



EKOSYSTÉMOVÁ A KRAJINNÁ EKOLOGIE

PAVEL KOVÁŘ

Recenzovali: prof. RNDr. Karel Prach, CSc.
doc. RNDr. Zdeněk Lipský, CSc.

KATALOGIZACE V KNIZE – NÁRODNÍ KNIHOVNA ČR

Kovář, Pavel

Ekosystémová a krajinná ekologie / Pavel Kovář. – 3. vyd. – Praha : Karolinum, 2014. – 166 s.

Vydavatel: Univerzita Karlova v Praze

ISBN 978-80-246-2788-5

502.5 * 502.171:574.4/.5

– krajinná ekologie

– ochrana ekosystémů

– učebnice vysokých škol

502 – Životní prostředí a jeho ochrana [2]

37.016 – Učební osnovy. Vyučovací předměty. Učebnice [22]

© Univerzita Karlova v Praze, 2014

Text © Pavel Kovář, 2014

ISBN 978-80-246-2788-5

ISBN 978-80-246-2805-9 (pdf)

OBSAH

Předmluva	7
Předmluva ke třetímu vydání	9
1. Úvod	11
2. Postoje k přírodě, vnímání – percepce krajiny.....	27
3. Struktury a škály zemského povrchu	33
4. Dynamika v krajině	65
5. Změny stanovišť a ekologická stabilita	77
6. Vizualizace prostorových dat	87
7. Typologie a regionalizace krajiny	95
8. Ekologie člověka: město a venkov	99
9. Znečištění v krajině a biodiagnostika	117
10. Biodiverzita: ochrana a obnova ekotopů	129
11. Správa ekosystémů	143
12. Globální ekologické změny	153
Literatura	161

Předmluva

Tato publikace představuje upravenou a doplněnou edici učebního textu *Ekosystémová a krajinná ekologie* (textové teze) z roku 2008. Je základním vodítkem pro stejnojmenný přednáškový kurs a primárně je určena bakalářské úrovni studia, jakkoli nevylučuje užitečnost pro zájemce specializovaných kursů magisterského stupně, pokud jejich zaměření či uplatnění míří k přesahům původní užší specializace. Tématem přednášky je interdisciplinární oborové pole, jehož předmětem je „komplexita“. Proto kurs mapuje poměrně široký prostor subtemat, která mohou být v odborných přístupech nazírána dominantně jedním oborem, jenž se však v ekologickém kontextu neobejde bez přispění oborů dalších (někdy jde v odborné realizaci o *ad hoc* týmové sestavy složené i ze značně oborově vzdálených specialistů počínaje vědami přírodními a konče disciplínami humanitními nebo sociálními – komunikační náročnost je nasnadě). Jednosemestrální rozsah při úrovni bakalářské logicky znamená limity možností probírat výše vymezenou tematickou šíři do větší hloubky. Samotná publikace je pouze základní orientační pomůckou a má fungovat v kombinaci se zevrubnějšími prezentacemi doprovázejícími jednotlivé lekce a s další doporučenou literaturou. Výchozím předpokladem

je, že pokud se absolvent v navazujícím studiu vydá směrem majícím těžiště ve vybraném výseku celkového zaměření, daný základ mu pomůže vytvořit konzistentní curriculum pro kontinuitu žádaného poznání. V dosavadní praxi kurs navštěvovali studující především bakalářských studijních programů: Ekologie a ochrana prostředí, Biologie (studijní obor Ekologická a evoluční biologie), Geologie (studijní obory Hospodaření s přírodními zdroji a Praktická geobiologie), Chemie (studijní obor Chemie životního prostředí).

Praha, září 2011

Pavel Kovář

Předmluva ke třetímu vydání

Po dvou letech od vydání této učební pomůcky je díky rozebranému nákladu čas na nové vydání. Jakkoli by autor měl nutkání publikaci výrazněji doplnit o rychle narůstající poznatky a přepracovat ji, přistoupil prozatím k nezměněnému vydání, obohacenému pouze o drobnější korekce a dodatky. Možná je to dobře, protože zachování útlosti v obtížně mezioborově vybalancované poloze – primárně pro bakalářské studium – bylo v recenzích hodnoceno jako jedno z pozitiv. Protože každý univerzitní kurs – pokud má dobře sloužit – se v prezentační rovině vyvíjí, rád bych vyjádřil kladné pocity z převažující odezvy studentů na inovace, byť jejich oborové směřování v celém spektru je různorodé, jak zmíněno v původní předmluvě (ke všem zaměřením z PřF UK přibyli navíc zájemci např. z FF UK nebo z ČZU). Zpětná vazba formou studentské hodnotící ankety přinesla příjemné zjištění, že snaha o větší interaktivnost formou „diskusních rozcviček“ u jednotlivých lekcí, kdy jde o debatu uvedenou krátkým referátem studenta, jenž si dobrovolně vzal ke zpracování téma z určité nabídky otázek, je vesměs kvitována nejvíc (a nově je žádáno ještě dokonalejší aranžmá). Samozřejmě a vědomě je publikace jenom jedním „pilířem“ výuky v kurzu a jako taková obsahuje pouze menší fragment ilustrací

(grafů, diagramů, schémat). Několikanásobně víc i s obrazovým doprovodem je jich komentováno v průběžně doplňovaných powerpointových prezentacích, které jsou po jednotlivých lekcích studentům k dispozici na fakultním intranetu (druhý pilíř). Praktickým doplňkem, také studenty dobře hodnoceným, bývá např. návštěva architektonického ateliéru (ekologie města) nebo jiný typ exkurzního seznámení s výsekem tématu.

Rád bych ještě poznamenal, že sama „složitost“ (krajiny, ekosystému) uchopená sesazením a napojením příbuzných i dosti nepříbuzných disciplín, začne postupně ukazovat své půvaby. Něco na způsob Darwinova paradoxu (odvozeného od jeho pozorování korálového rifu, tedy relativně „malého“ životadárného ekosystému uprostřed oceánu, který lze připodobnit k poušti, kdy se překvapivě ve vodách mimořádně chudých na živiny rozvinulo neobyčejné množství forem života obývajících mnoho ekologických nik). Tento fenomén jako by demonstroval kreativitu či inovativnost hnacích sil života v prostředí, kde nezbyvá než stavět nové adaptace a funkční průniky na předchozí dosazené vrstvě složitosti (platformě či paradigmatu). Věda, jež Darwinův paradox vysvětluje a předává jiným směrům, ekosystémová ekologie, je sama příkladem „vrstvy“ (poznání), vyrůstající na základech geologických a biochemických disciplín, biologické systematiky, populační, genetické a systémové ekologie... Analogicky žánry v umění jsou platformami s vlastními pravidly soudržnosti stavějícími či vymezujícími se ve vztahu k těm minulým, stejně tak architektonické vrstvy velkoměst nebo sociální sítě těžící z prostornosti internetových médií. Sféra vrstevnaté a retikulární kreativity přesahující styly a žánry jde však mnohem hlouběji, napříč doménami odvětví a oborových disciplín. Zajímavé na tom je, že tohle mnohazměrné inovační pole těží z „odpadů“ již vytvořených vrstevnatých stupňů, využívá odlišně vše, co již bylo využito jiným způsobem, jiným organickým uskupením, jiným oborem, jinou (sub)kulturou... Postřeh Charlese Darwina z přírodní oblasti východního Indického oceánu v 19. století je podobné povahy, jako když o více než sto let později Jane Jacobsová zaznamenala v prostředí amerických velkoměst, že kreativité se vede dobře v opuštěných „nikách“ zástavby. Ať už bezděčný nebo hledaný nápad se významně často najde v myšlenkových sférách, které by běžně nepřišly do styku, a nejde pak o součet poznatků, ale o systémový přesah samonosný a perspektivní pro další vývoj. Prostě: i úspěch je souzen propojením.

Pavel Kovář, srpen 2014

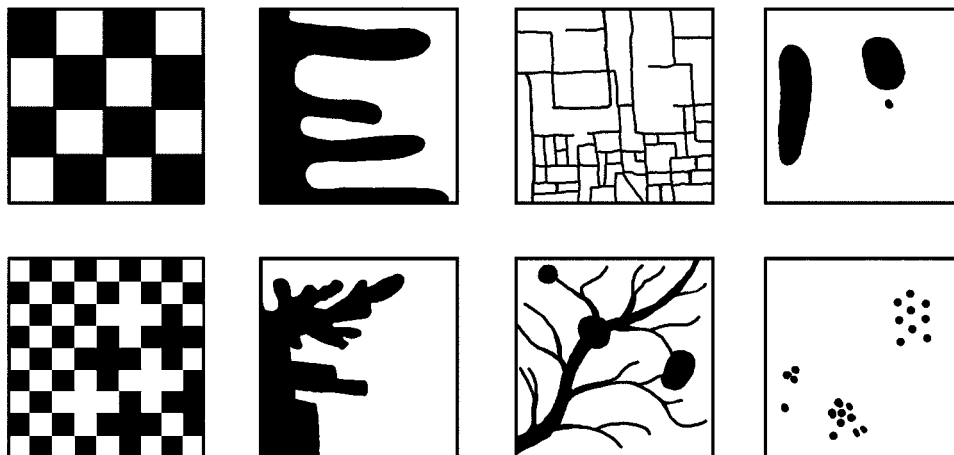
Úvod

Ekosystémová ekologie byla hlavním vědeckým směrem, o nějž se opíralo ovlivňování vztahu k prostředí – k přírodě i k lidským sídlům a výtvorům kultury. Dělo se to po většinu 20. století, přinejmenším od třicátých let s vyvrcholením v letech sedmdesátých (Odum 1977). Toto odvětví ekologie vneslo do obecného povědomí principy kauzality v oblasti především destruktivních změn v biosféře, jež lze odvodit z principů „ekonomie přírody“, což je jedna z více definic oboru (viz série Boxů I–XVII). V době svého největšího rozkvětu, v intencích Mezinárodního biologického programu (IBP), přinesla obrovský objem nových dat o základních světových biomech, dat dodnes ne zcela do důsledku zpracovaných a využitých (Lieth 1975). Přímý dopad oboru můžeme v současnosti sledovat na základě různých uplatnění uvnitř ekologie jako vědeckého směru, například ve srovnávací ekologii (Cole et al. 1991, comparative ecology) nebo v projektech tzv. dlouhodobého ekologického výzkumu (Gosz 1999, long-term ecological research – LTER), kde se víc než v tradici observačně-terénních oborů uplatňují metody experimentu (Likens 1985, Mooney et al. 1991). Další uplatnění je ve sféře správy a řízení (Korn et al. 1999). Dnešní obecná ekologie, zaměřující se více na organizační měřítka (škály)

a na vhodné interpretace jevů mezi úrovněmi od jedinců po společenstva, zatlčila bezrozměrný pojem ekosystému poněkud do pozadí, přičemž považuje studium energomateriálových toků za spíše pomocný prostředek k poznání struktur a funkcí (Begon et al. 1997). Výslovně na fungování ekosystémů se zaměřuje terestrická ekologie – přívlastek „pozemní“ neznamená ani tak omezení na suchozemské prostředí, ale je užito spíše ve smyslu „kontinentální“, tzn. zahrnuje i vnitrozemské vodní prostředí (Ågren et Andersson 2012).

Naproti tomu **krajinná ekologie** jako jedna z nejmladších větví ekologie (vyvinula se po 2. světové válce v zemích střední a východní Evropy a teprve nedávno expandovala jako sjednocená, dynamická a integrovaná globální nauka) se nevyhne při studiu heterogenity zemského povrchu konceptům, které nahrávají poznávání dálkových, velkorozměrných a mezisystémových toků či procesů (Farina 1998, Turner et al. 2001 a další). Skladebné jednotky krajiny jako biotopy/ekotopy (Obr. 1), uspořádané případně do katén, evokují ekosystémový přístup jako praktický poznávací nástroj i v širším prostorovém měřítku (typickým příkladem jsou bilanční studie povodí). Kořeny krajinné ekologie pak tkví hluboko v geografii, geobotanice, humánní ekologii a územním plánování.

Německý geograf Alexander von Humboldt před více než 200 lety považoval za krajinu „celkový charakter oblasti“, termín krajinná ekologie však byl respektován teprve díky působení německého biogeografa Carla Trolla na konci 30. let minulého století (Troll 1971). Troll věřil, že nová věda by se mohla rozvíjet jako kombinace prostorového, „horizontálního“ přístupu geografů s funkčním, „vertikálním“ přístupem ekologů.



Obr. 1: Čtyři základní typy krajiny charakterizované strukturou. U každé z krajiny jsou pouze dva typy krajinných prvků (konkrétních ekosystémů resp. způsobů územního využití) rozlišené černobíle. Dendritický případ kombinuje charakteristiky dvou krajinných typů – síťově a šachovnicově uspořádaných ploch (upraveno podle: Forman et Godron 1986).

BOX I: PRŮVODCE EKONOMIÍ PŘÍRODY. 1. LINNÉ

Esej „Ekonomie přírody“ pochází od autora-přírodovědce, z jehož dílny by to možná málokdo čekal. Byl jím švédský botanik, zakladatel systematického třídění rostlin, Carl von Linné (1707–1778). Akademická práce vznikla roku 1749 v Uppsale a byla hned přeložena do latiny. Rychle se stala nejdůležitější sumarizací ekologických náhledů, byť v jejich „dětské“ podobě. Zároveň to byl jeden ze série traktátů „racionalistického náboženství“ široce čtených v Evropě i v Americe. Podpůrným účelem těchto esejů bylo nalézat ruku Boží v přírodě. Podstatné je, že „Ekonomie přírody“ předkládá (důsledně statický) portrét geo-biologických vztahů v přírodě. Linné připouští pouze jeden druh změn v systému hospodářství přírody – cyklické rozložení, které udržuje pravidelný návrat do stavu počátku. Jedním ze základů tohoto přirozeného řádu je hydrologický cyklus, cirkulace vody z „exhalací“ moře a řek do podoby deště a sněhu, a odtud opět do moře. Podle Linnéa je tento model přírodou používán opakovaně, je základním vzorcem či paradigmatem, od něhož všechny jevy odehrávající se v pozemském životním prostředí odvozují svůj tvar: střídání ročních období, životní běh člověka od narození do stáří, cyklus dne, tvorba a zvětřování skal... Skladebné procesy těchto koloběhů definuje jako „množení, zachovávání a destrukci“. Zrání zemského povrchu například začíná „ustavičnou sukcesí“ rostlin. Mokřady vysychají, sítiny střídají rašelínky, až se mokřina postupně promění v louku. Avšak jednoho dne bude louka zase zalita vodou a cyklus zrání započne znovu.

Koloběh v přírodní ekonomii představuje oslňující funkční vybavenost druhů, kde všechny pracují společně, se symfonickou přesností. Linné vysvětluje racionální řád a harmonii Stvořitelovým určením speciální výživy a série limitů v geografickém rozšíření druhů. Z důkazů o specifických adaptacích druhů Linné vyvozuje, že každé stvoření má své „přidělené místo“ sestávající jak z umístění v prostoru, tak z provozní funkce v celkové ekonomice. Ustavením potravní jedinečnosti, hlásá Linné, měl Bůh v úmyslu podpořit společenství v mírové koexistenci. Diferencovaná ekonomika garantuje dost možností pro všechny. Už proto, že zároveň existují minimální a maximální rychlosti reprodukce pro každou rostlinu a živočicha, což reguluje například velikost populací dravců.

Člověk a jeho ambice ve vztahu k hospodaření s přírodou jsou integrální součástí Linného modelu. Člověk je povinen důkladně sledovat svou přidělenou práci při využívání jiných druhů, svých společníků, pro vlastní prospěch. Tato odpovědnost musí být rozšířena tak, aby se vyloučilo nežádoucí a nadměrně nezmnožovalo pouze jednostranně prospěšné.

Přesto jeden ze základních axiomů Linnéovské ekologie (víra, že Stvořitel vytvaroval integrovaný pořádek přírody, který funguje jako jednotný, univerzální, dobře promazaný stroj) vedl později prostřednictvím prací Galileje, Descarta, Leibnize, Newtona k adopci mechanistického pohledu na svět, jenž podřídil veškerou živou přírodu výhradně zákonům fyziky. Linnéovští ekologové potlačili původní resp. předkřesťanskou ekologickou etiku a zvýraznili Bohem člověku dané vice-regentství na Zemi a z něho vyplývající svolení řídit ekonomiku přírody k svému bezprostřednímu užitku.

Krajinná ekologie se zrodila více jako obor vztahující se k člověku, humanitní disciplína (Naveh et Lieberman 1984), v současnosti je však přijímáno, že krajina je velmi slibným objektem pro ekologické studie (Risser et al. 1984, Forman et Godron 1986, Turner 1989, Forman 1995, Farina 1998, Wu et Hobbs 2007, Fanta et Siepel 2010). Do dnešních dnů se krajinná ekologie změnila z okrajové a kontroverzní subdisciplíny časných 80. let 20. století v jeden z hlavních proudů. Až překvapivě se naplnily integrační výzvy: populační biologie či topologické základy geověd si dnes nelze představit bez zohlednění krajinného měřítka. Od roku 2000 se objevila řádka titulů se souslovím „landscape ecology“ v názvu a nelze si nevšimnout, že mezi autory se převážně objevuje další generace (zhruba padesátníků) navazující na zakladatelskou generaci Mezinárodní asociace pro ekologii krajiny – IALE (1982): Zonnevelda, Naveha, Schreibera, Formana, Merriama a další. Tato mladší generace autorů se hned na přelomu letopočtu distancuje už při základní definici pojmů od toho, že by „krajina“ měla být jakýmsi „větším ekosystémem“, tedy rozměrovou entitou v hierarchizované organizaci přírody, jak je to někdy vnímáno (ekosystém z definice může mít jakýkoli rozměr). Rozlišuje se působení shora („top-down“ přístup) a zdola („bottom up“ přístup) (Sanderson et Harris 2000). Klade se důraz na definici principiálně odlišnou – objektem krajinné ekologie je heterogenita sama o sobě při zdůraznění prostorově jednoznačně zvýrazněné povahy krajinných fenoménů (jezero propojené s jinými jezery se liší od toho, které je obklopeno výhradně terestrickými ekosystémy; malý les obklopený kukuřičnými poli funguje jinak než velký les anebo ten s pestrým okolím).

Zrod a rozvoj krajinné ekologie byl progresivní, dynamický a globální proces a stále probíhá: překrývá mnoho sfér ekologie a příbuzných disciplín, jako je geografie, botanika, zoologie, behaviorální biologie a krajinná architektura. Krajinná perspektiva je plna příslibů pro integraci různých nauk (Krönert et al. 2001, Bastian et Steinhardt 2002, Ingegnoli 2002, Gergel et Turner 2002, Burel et Baudry 2003).

Měřítka krajiny zahrnuje kompletní soubor socioekonomických a ekologických procesů. Všechny utvářejí reálný svět, ale zvažovány odděleně zůstávají svým charakterem jednotlivinou bez kontextu. Změna přístupu od studia oddělených ekosystémů k přístupu krajinnému pravděpodobně spočívala v těžšti neřešených otázek a zastíněných oblastí, které ekosystémový přístup nedokázal osvětlit.¹

1 Vztah ekosystém-krajina je v popředí našeho zájmu proto, že podmiňuje zpětnou vazbu mezi organismy a strukturou jejich prostředí. Jinými slovy, druhové chování organismů je vázáno na určité pásmo heterogenity stanovišť v jimi obývaném areálu (stanoviště = habitat zde může zastoupit pojem ekosystém; krajinu v tomto kontextu může tvořit jeden, jindy více ekosystémů/stanovišť – viz například Kovář 2005a).

BOX II: PRŮVODCE EKONOMIÍ PŘÍRODY. 2. HUMBOLDT

Slovo „oecconomy“ použité v Linnéově eseji (viz Box I) označovalo již předtím, v roce 1530, umění řídit domácnost. Z odvození od řeckého slova „oikos“ neboli dům byl význam rozšířen na politickou administraci pravidelné produkce všech zdrojů společnosti nebo státu. V jiné linii vývoje používali teologové po dlouhou dobu latinské slovo „oeconomia“ jako zaměnitelné za Boží „rozložení moci, rozdělení“ a v 17. století byla „ekonomie“ často používána k označení duchovní vlády nad světem přírody. Byl to Sir Kenelm Digby (1603–1665), velmi aktivní podporovatel přírodních věd, který jako první (v roce 1658) hovořil o „ekonomii přírody“. Během 18. století do sebe naše fráze vstřebala něco ze všech uvedených definic, aby tak popsala organizaci a správu života na Zemi jako celkové racionální uspořádání materiálních zdrojů se všemi interakcemi. A tak studium „ekologie“ (slovo, které pro sebe objevilo 19. století jako především vědecké označení nahrazující starší výraz) se ve svých začátcích napájelo jak politikou a ekonomikou, tak křesťanským pohledem na přírodu. Země byla chápána jako svět, který se musí spravovat tak, aby z něho byl maximální výtěžek.

Mezi soupeřícími proudy postav přírodního romantismu a mechanistického scientismu se objevují „cestující vědci“ s profesionálním zázemím a schopností spojovat literární a osobní zkušenost v novém výkladu. Německý geograf Alexander von Humboldt na sebe upozornil vícesvazkovým dílem vytěženým z cest po Latinské Americe *Osobní příběhy* z let 1799–1804. Charles Darwin později vysoce ocenil tuto impozantní syntézu geologie, klimatologie, fyziky, historie a ekonomiky přírody. V jednom z dochovaných Humboldtových dopisů (1799) zaznamenáváme jeho vědomé úsilí o holistický pohled na přírodu, jak bychom to označili dnes: „Budu sbírat rostliny a fosilie a s co nejlepšími instrumenty dělat astronomická pozorování. I když to není hlavní účel mého cestování. Budu se snažit odhalit, jak přírodní síly působí jedna na druhou a jakým způsobem geografické prostředí projevuje svůj vliv na živočichy a rostliny. Krátce, musím nahlédnout harmonii přírody.“ Není pochyb o tom, že hybným momentem tohoto rozhodnutí bylo dřívější setkání s Johannem von Goethe. Po nějakou dobu spolu studovali na univerzitě v Jeně – Goethe a Alexander se svým bratrem Wilhelmem strávili hodiny diskusemi o přírodě a bádání. Sdíleli zanícení pro analytický výzkum a to dovedlo Alexandra ke studiu geografie a interakcí mezi organismy pod vlivem klimatu.

Mezi sedmi díly *Osobních příběhů* najdeme jeden nazvaný „Esej o geografii rostlin“ (dedikovaný Goethovi). Hlavním konceptem je, že rostliny našeho světa se musí posuzovat nejen co do svých biosystematických vztahů, ale i podle svého seskupování v závislosti na zeměpisných podmínkách, v nichž žijí. Humboldt nazval tyto skupiny „fyziognomická oddělení“ a identifikoval 15 hlavních kategorií: s dominancí palem, jehličanů, kaktusů, trav, mechorostů, atd. Efekt této klasifikační procedury byl, že se zdůraznilo viditelné uspořádání vegetace v podobě společenstev či formací. Samozřejmě zůstávala otázka po původu takto odhalených skupin rostlinstva: Které faktory určují, jak rostliny porostou v jistém prostředí? Vnučující se odpověď byla: podnebí. Jedním z hlavních Humboldtových přínosů se stala myšlenka izotermálních linií po zeměkouli, které vytvářely grafiku rozmístění světového klimatu a zároveň zákonitost, podle níž jsme mohli očekávat určité typy rostlinstva v jednotlivých regionech. Esteticko-krajinářský aspekt, který vyvěral z nového členění, byl spíše vedlejší a nebyl zdůrazňován, sám Humboldt – vědom si i jiných zákonitostí, napří-

klad vertikálního rozmístění vegetace (výšková stupňovitost) – kladl důraz na statistickou a matematickou podloženost vývodů. Stal se tak pionýrem ekologické biologie. A ačkoli se ve svých pozdějších pracích ve snaze o co největší univerzálnost a obecnost svých vizí vzdálil analytické vědě, stal se pro následující generaci otcem fytogeografie, objevitelem komplexity v ekonomii přírody, vzorem pro integrativní pořádání znalostí a také symbolem dobrodružství, které obnáší věda.

Ekologie zabývající se úrovní krajiny pokračuje ve svém rozvoji jako přitažlivá a dynamizující disciplína, je „novou frontou poznání“. Jako obor s důrazně průnikovým multidisciplinárním přístupem nabízí jak základní výzkum, tak aplikace se správou půdy, územním plánováním, ekosystémovým managementem a ochrannářskou biologií (Dale et Haeubner 2001, Gutzwiller 2002). Tvoří jedinečné příspěvky ve vědecké komunitě věnované především ekologické dynamice napříč širokou škálou prostorových a časových měřítek.² Proto narůstá její význam pro zájemce o přírodní vědy ve smyslu získání základního porozumění předmětu. Na většině univerzit, kde se podobné přednášky zavedly, převažuje důraz na fundamentální koncepty spíše než na vysoce specializované, technické metody. Dříve než studenti získají zkušenost s pestrout nabídkou nástrojů, které jsou v ekologii krajiny užívány, je užitečné vštěpovat konceptuální porozumění nezbytné k tomu, aby byly konkrétní techniky aplikovány vhodně, odpovídajícím způsobem.

BOX III: PRŮVODCE EKONOMIÍ PŘÍRODY. 3. LYELL

První díl *Základů geologie* od Charlese Lyella (publikovaný v roce 1830) patřil k nejzákladnější Darwinově výbavě spolu s Humboldtovými spisy, barometrem, klinometrem, mikroskopem a geologickým kladívkem. Charles Lyell byl skutečně vedle Humboldta nejvhodnějším modelem „cestujícího badatele“. Nešlo ani tak o to najít mentora v oboru, který byl právě potřeba. Darwin především shledal v *Základech geologie* – tak jako mnozí další – velice svěží, vzrušující a nové zpracování starého tématu. Tehdy ještě neexistovalo jasné vymezení vědecké oblasti známé dnes jako „ekologie“, ale existoval volně spojený „balík problémů“ a také způsob pohledu na ně, který je už dnes ekologii vlastní. Aby mohl Darwin pohlédnout na Jižní Ameriku tak, jak ji pak skutečně uviděl – přes ekologické prisma –, musel nezbytně pochopit, jak jeho dva zde jmenovaní předchůdci přispěli k formování vědeckého přístupu jako takového.

- 2 Koncept škál (měřítek) – „scaling“ – je pro ekologii základní. Důležitost měřítka je silně zvýrazněna na úrovni prostředí bezprostředně vnímatelného člověkem. Jedním z důvodů, proč je koncept měřítka ve vazbě na disciplínu tak významný je, že prostorová data tu jsou odvozována z velmi různorodých zdrojů a po transformaci mapována v jiných měřících. Různé zdroje dat zahrnují například letecké a družicové snímky, topografické mapy anebo záznamy pozemního průzkumu. Organizujícím nástrojem pro datové soubory mohou být GIS (Geografické informační systémy) pomáhající ptát se a na otázky odpovídat tím, že umožňují data tvarovat ve vizuálně přístupné podobě.

Charles Lyell ovlivňoval Darwina i později, neboť spolu korespondovali poté, co Darwin opustil Londýn. Jak dopisy dokládají, tento vliv na tehdy již autora *Původu druhů* nebyl nevýznamný. Darwin ve svých časných teoriích kladl důraz na konkurenční vyřazování (a nahrazování) druhu v evoluci předcházejícího (jednoduššího) druhem následujícím (pokročilejším). Princip divergence (rozrůžňování) se mu zdál příliš komplikovaný a protiřečící principu nahrazování. Lyell kladl sugestivní otázky: Jak se mohlo dospět od dávné ekonomie jednoho druhu v určitém prostředí k současné obrovské početnosti a rozmanitosti typů? Nejsou variace, individualita a odchylka alternativou ke konfrontaci v přírodní ekonomii? V jednom dopise Lyell doznal, že tuto věc považuje za nejvýznamnější opomenutí v *Původu druhů*. Darwin, mimo jiné i na základě svých galapážských pozorování, postupně změnil názor. Byl to další významný krok směrem od tradičního Linnéovského pojetí ekonomie přírody, v němž si druhy udržovaly své místo navěky.

Lyellovy myšlenky našly ještě jiný dopad – v oblasti environmentální filosofie. Zatímco Darwinův raný koncept pokroku způsobeného vzájemnou konkurencí pomáhal průmyslníkům a politikům zdůvodnit přeměnu světa pouze ve svůj prospěch – a vyhubit třeba orangutany, protože jsou konkurenčně slabší –, Lyell byl pionýrem filosofie „přirozených práv“ aplikovaných na vztah člověk–příroda.

1.1 OTÁZKY A ZAČLENĚNÍ RŮZNÝCH DISCIPLÍN

Ekologie byla a stále je vědou, na kterou se nehodí rysy nauky vytyčené podle modelu klasické fyziky. Zabývá se ve svém dosahu jevy běžně se dotýkajícími lidských vjemů včetně estetiky, morálky, etiky, a dokonce ekonomiky. Zároveň však ekologie doznává újmy spíše od svých obdivovatelů a přátel, kteří někdy špatně interpretují a příliš nafukují její kompetence, než od kritiků. Koncepty a metody ekologie – této přinejmenším polymorfní nauky – se často ztrácely v přílišném „roztažení“ tohoto pojmu, který nasál téměř jakoukoli ideu nebo ideál související s životním prostředím. Velký objem „tvrdého“ poznání získaného ekology, jež mohlo požívat oprávnění k důkazu environmentální krize a fungovat jako průvodce tím, čím se obor zabývá, byl obcházen nebo pokroucen jen proto, aby za každou cenu podpořil domnělé „ekologické všeléký“. Ekologie nebyla a není striktně prediktivní vědou, ale ekologové mají v zásobě poznatků o dost víc, než je možné za daného stupně verifikace přenést přímo do zorného pole rozhodovatelů o životním prostředí (McIntosh 1995). Jednou z pokračujících obtíží ekologie je, že zdroje a hranice oboru je těžké specifikovat.

CO JE EKOLOGIE?

Ernst Haeckel (autor termínu „oecologie“, 1866, viz též Box VI) přiřadil pojmu následující náplň (1870): „Ekologií míníme tu část poznání, která se soustřeďuje na ekonomii přírody – zkoumání celkových vztahů živočichů jak k je-

jich anorganickému, tak organickému prostředí; nadto zahrnuje jejich vztahy s těmi živočichy a rostlinami, s kterými přichází přímo nebo nepřímo do kontaktu. Jedním slovem, ekologie je studium všech složitých vzájemných vztahů, na něž se Darwin odkazoval jako na podmínky boje o existenci.“

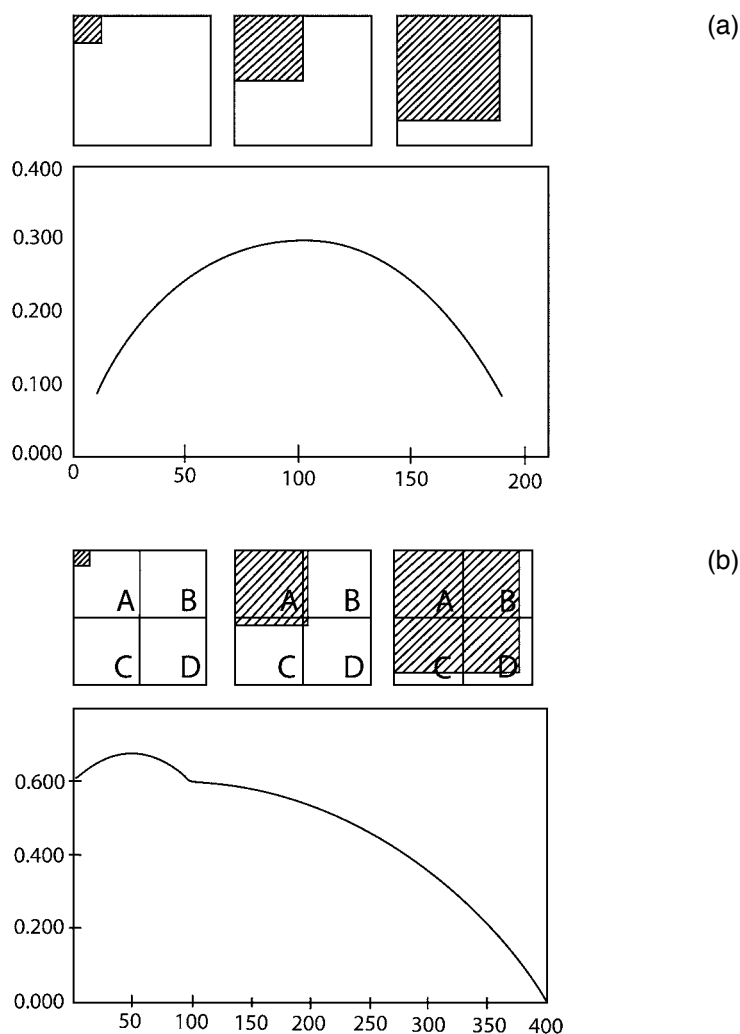
KDO „ZALOŽIL“ EKOLOGII?

Jakmile se ponoříme do prohledávání dějin kvůli původu resp. kořenům ekologie, souběžně s tím se vynoří otázka, koho z řady jedinců uznat coby zakladatele, „otce či matku“, ekologie nebo alespoň některého aspektu tohoto oboru (Boxy I–XVII). Může se do toho místo od místa přimíchávat nacionalistické hledisko, zvlášť poté, kdy se ekologie stala výrazně viditelnou součástí věd a kdy navíc veřejnost i myslitelé začali zdůrazňovat etický přístup ve vztahu člověk – životní prostředí.

Kredit původnosti slova ekologie drží bezpochyby vědec E. Haeckel, ale posun k odlišnému vyznění, ke specifické etice obstaral milovník přírody, básník a filosof Henry David Thoreau. Je však třeba zmínit, že Thoreau je zároveň považován za otce fenologie, tedy toho aspektu v ekologii, který se týká zkoumání chronologie biologických dějů. Řada autorů pokládá za skutečného tvůrce ekologie A. Humboldta pro jeho prioritu v myšlence vertikální zonace vegetace založené na jeho výstupu na Tenerife. Jiní přisuzují hlavní zásluhu o zrod ekologie Ch. Darwinovi; Američané obhajují G. P. Marsche (dílo *Man and nature in America*, 1864); evropští klasici zase E. Warminga (dílo *Plantesamfund*, 1895).

Rozpoznání krajiny jako vhodného prostorového měřítka, v němž je zkoumání ekologických procesů komplikovaným procesem, mělo kořeny ve zjevně vzdálených teoriích. Dnes je běžně rozšířen názor, že ostrovní teorie (MacArthur et Wilson 1967) a zaostření na ekologickou geografii (MacArthur 1972) jsou dva fundamenty, jež otevřely cestu k rozvoji moderní krajinné ekologie. Jde o důležitou součást přístupu v určování a posuzování diverzity životních forem. Většina ekologického uspořádání struktur a procesů má jednotné tvarující faktory – což může být považováno za nejvlivnější paradigma: prostor se zavádí jako fundamentální prvek v ekologii sám o sobě (rozměr – ostrova nebo třebas hraniční zóny mezi vegetačními formacemi – je ekologickým faktorem *sui generis* se zásadní vlastností: měřítkem; to vysvětluje četnost termínu „scaling“ v oborových publikacích a řazení oborů mezi „nauky o prostoru“).

Ekologické systémy našly své místo v interpretačních propojeních velkých myšlenkových soustav (paradigmat) a teorií – například coby komponenty „hnízdí hierarchie“ (Allen et Starr 1982, O'Neill et al. 1986). Výsledkem bylo zavedení konceptu měřítka resp. škály. Nové směry jako fraktální geometrie byly také využity na poli ekologie (Mandelbrot 1982) – ke zkoumání složitosti přírody. Komplexita po desetiletí vzrušovala ekology – přinejmen-



Obr. 2: Stanovištní heterogenita jako funkce prostorového měřítka disturbance. Heterogenita – kombinace narušovaných a nenarušovaných ploch – je mírou Shannonova indexu diverzity $H (\log_{10})$. Stínovaná plocha symbolizuje stadia simulovaného plošného rozšiřování disturbance. (a) Čtverec reprezentuje jednotlivé, na počátku homogenní stanoviště. Rozměr (200 jednotek) je arbitrární. Disturbance se nakonec rozšíří na celkovou rozlohu stanoviště. (b) Čtverec reprezentuje heterogenní stanoviště složené ze čtyř typů – A, B, C, D. Rozměr (400 jednotek) je arbitrární. Disturbance se opět postupně rozšíří na celou rozlohu složeného stanoviště (upraveno podle: Kolasa et Pickett 1991).

ším od doby, co si začali všímat styčných zón ekosystémů, jako jsou pobřeží a mokřady.

Nové myšlenky kolem heterogenity (Kolasa et Pickett 1991) a role disturbancečního režimu (Pickett et White 1985) v ekologických procesech reprezen-

tuji další stadium (Obr. 2). V něm nově „objevené“ fenomény, jako jsou ekotony (Hansen et di Castri 1992), dávají do vztahu procesy s výsledkem utváření krajinné funkčnosti (například konektivita, Merriam 1984). Do ekologie krajiny byly včleněny teoretické koncepty se svými klíčovými pojmy – jako je metapopulace (Gilpin et Hanski 1991). Další teoretické zkoumání heterogenity krajiny stálo u zrodu paradigmatu zdroj-propad (Pulliam 1988) rozpoznávajícího nové role plošných útvarů skládajících krajinnou mozaiku.

Teoretický koncept krajinné škály se často objevuje ve vědecké literatuře v tematickém rozmezí od nauky o půdách (Buol 1992) až po nové perspektivy v geoeologii (Huggett 1995).

BOX IV: PRŮVODCE EKONOMIÍ PŘÍRODY. 4. THOREAU

Kdybychom ignorovali „romantické naturalisty“ 19. století, těžko bychom porozuměli dnešku. Vztah mezi soudobou ekologií a „romantickým“ přístupem k přírodě je totiž spíše přímý než antagonistický, jak se někdy dodatečně interpretuje. „Romantismus“ byl ekologický svou podstatou, tzn. soustřeďoval se na vztahy, vzájemné závislosti a holismus. Nikde to nelze lépe ukázat než na tom, co činil a psal Henry David Thoreau (1817–1862). Byl terénním ekologem a filosofem přírody v jedné osobě a jeho ideje anticipovaly mnohé ze způsobu dnešního myšlení. Po letech vandrování lesy se v 35 letech stává přírodovědcem-samoukem: s učebnicí v ruce (například Bigelowovy *Rostliny Bostonu a okolí*) se učí identifikovat druhy a posléze na Harvardu studuje klasiku 18. století (například Smellieho *Filosofii dějin přírody*). V letech 1845–47 žil opuštěně v dřevěném domku, který si postavil v divočině u rybníka Walden (proslavila ho stejnojmenná kniha, u nás vydaná v Odeonu roku 1991). Jeho životním modelem se stal vikář Gilbert White, Angličan z Hampshire narozený v Selborne v roce 1720, který viděl důkaz harmonie mezi přírodou a lidmi v rustikálním prostředí místa, kde v jednotě ze země vyrůstaly stromy i kostely. Mezi oběma naturalisty byl však přece jen podstatný rozdíl, Thoreau nebyl ctihodný gentleman v očích svých sousedů (náboženství měšťáků nazýval „shnilou dýní“ a byl ve vězení za to, že nezaplacením daní protestoval proti válce vedené jeho vládou v Mexiku a proti šíření otrokářství na Jihu). Přes svůj individualismus nezavrhoval syntézu zbožnosti a vědy představovanou C. Linnéem, J. Rayem nebo G. Whitem. Ve svých poznámkách (*Kniha faktů*) má obsáhlé výpisky z Linnéovy *Ekonomie přírody*.

Za éry Thoreaua se rapidně měnily starší statické představy o přírodě a nové zdůrazňovaly ekologickou změnu a turbulenci. H. D. Thoreau měl možnost číst také Lyella a raného Darwina, nové koncepce zemského geologického dávnověku a transformací přírody. Ačkoli Linnéovské ekologické paradigma bylo přitažlivé pro indiánsky šetrnou Thoreauovu mysl, vyvíjel se k poznání, že „každá muchomůrka, želva nebo větrný den musí hrát roli nezbytnou v ekonomii přírody“. Každý organismus v přírodě je jejím perfektně adaptovaným obyvatelem tak, aby v cyklickém procesu roku nic nebylo nadbytečné („... jak parciální a nahodilé je naše hospodářství... V přírodě nic není odpadem.“). V padesátých letech byly Thoreauovy vědecké studie jednoznačně ekologické. Intenzivně se

věnoval taxonomii, aby mohl dobře porozumět vztahům mezi jednotlivými druhy rostlin a živočichů k prostředí. Inspirován Humboldtovými pracemi z And se naučil rozpoznávat vegetační pásma amerických hor odrážející rovnováhu s klimatem. V Nové Anglii konfrontoval ekologické systémy radikálně pozměněné invazními druhy, které provázely lidskou civilizaci. Od svých začátků v hnutí transcendentalistů v Concordu a inspirace jeho vůdcem R. W. Emersonem v díle *Příroda* (1836) tak Thoreau dospěl k vědomí, že člověk je enormně velkou silou rozvrcejší a vyhlazující přirozené živé systémy víc, než si dřívější generace uvědomovaly.

1.2 DEFINICE

Bratři Odumové, O. P. Odum a H. T. Odum, rozpracovali v 60. a 70. letech 20. století ekosystémovou ekologii postavenou na neoddělitelné svázanosti a vzájemných interakcích všech organismů s abiotickým prostředím na určité ploše. Takto vymezená přírodní soustava znamenala, že tok energie v ní vedl k jasně definované trofické struktuře, koloběhu látek a biodiverzitě definující **ekosystém**. Autotrofní složka (především rostliny) v ekologickém systému transformují látky s využitím sluneční energie a heterotrofní složka (organismy živící se jinými) využívají, přestavují a rozkládají látky složité (Odum 1977). Koncept ekosystému zavedl Tansley (1935) jako reakci na pojetí přírodních společenstev coby „superorganismů“ (Clements 1916) – odmítl názor, že by takto nazíraná přírodní entita nebyla podrobitelná redukcionistickému rozboru. V jeho očích byly celky v přírodě výsledkem „syntetizujících akcí“ jejich komponent a věcí ekologie jako vědy je, aby izolovala tyto základní jednotky přírody, a odhalila tak jejich funkce v rámci celku. Ekosystém je tedy možné z funkčního hlediska analyzovat podle různých hledisek: toků energie (Odum et Odum 1976), potravních sítí, typů rozdílností v čase a v prostoru, biogeochemických cyklů, vývoje a řízení. Své uplatnění tu nachází systémová teorie a kybernetika (Bertalanffy 1950, Margalef 1957).

Do mladého směru zajímavějšího se o ekologii krajiny konverguje široké spektrum disciplín – z toho důvodu se můžeme setkat s různými definicemi **krajiny**:

- „celkový charakter území“ (von Humboldt 1805);
- „krajiny pojednávají v úhrnu o fyzikálních, ekologických a geografických entitách integrující přitom všechny přírodní a člověkem působená uspořádání a procesy...“ (Naveh 1987);
- „krajina jako heterogenní areál zemského povrchu složený ze skupiny interagujících ekosystémů, jež se opakují v podobné formě“ (Forman et Godron 1986);
- zvláštní konfigurace topografie, vegetace, zemského pokryvu, využití zemského povrchu a sídelního uspořádání, což vymezuje určitou koherenci přírodních a kulturních procesů a aktivit (Green et al. 1996);

- Haber definoval krajinu jako „úsek zemského povrchu, který vnímáme komplexně bez specifického zaměření na jednotlivé komponenty a který je nám blízký“ (Farina 1998).

Poslední z uvedených definic je obecnější a více vhodná pro definování krajiny, jak je vnímána všemi dalšími organismy, od rostlin po živočichy. To přináší nové slibné pole pro výzkum a pro teorie otevřené ke kladení důrazu na prostorové vzorce různých uspořádání a procesů – k tomu, jak fungují u organismů, jejich skupin a ekosystémů. Touto definicí je možné sjednotit různé náhledy a koncepty na krajinu vztažené.

Zmíněná různá pojetí krajin vznikla v rámci různých kulturních a vědeckých přístupů. Nejaktuálnější podoba krajinné ekologie je ta, která se zabývá člověkem narušenými ekosystémy, což je nevyhnutelné pro široké rozšíření lidských populací po zemském povrchu. Nicméně, nedotčené oblasti mohou být také účinně poznávány nazíráním zmíněných škol krajinné ekologie.

Obecně je za krajinu považována relativně velká část území, homogenní ve svém rázu a rozpoznatelného typu vztahů mezi strukturními a funkčními prvky. Z rozmezí krajinné škály vyplývá, že mnohé procesy lze pozorovat uvnitř poměrně širokého řádu časových měřítek.

Navzdory velkému počtu definic krajiny, jež na malém prostoru příručky nelze uvést, bude prakticky užitečné zaznamenat tu, kterou deklaruje Evropská úmluva o krajině (2000), která v mnoha ohledech čerpá z výstupů Konference Spojených národů o životním prostředí ve Stockholmu (1972). Podle ní je krajina „část území vnímaná obyvateli, jejíž ráz je výsledkem působení a interakcí přírodních a/nebo lidských faktorů.“

Ekologie krajiny obnáší studium komplikovaných systémů, ale potřebuje se opírat o organismy (Turner et al. 1995). Například lidmi je krajina vnímána vlivem rozměrového aspektu jinak než brouky nebo mravenci (Wiens et Milne 1989, Kovář 2005b). Odtud, pro člověka je krajina kus zemského povrchu velkého měřítko složený zpravidla z mozaiky plošných útvarů (geografický pohled) resp. ekotopů (ekologický pohled), v nichž se integrují fyzikální, biologické a kulturní prvky. Pokud se zabýváme mikrokrajinou (mravenců – „antscape“, krtků – „molescape“ atd.), redukuje fyzikální a biologickou entitu na vnímání takové „krajiny“ příslušným druhem (nebo bionomickým typem) organismu.

Ekologie krajiny nabízí výjimečnou příležitost provádět nové experimenty, v nichž je podstatný příspěvek různých disciplín, takže dnes se lze setkat s více školami krajinné ekologie, od sofistikovaných, v nichž je lidská percepce (vnímání) konfrontována s přírodními procesy, k jednodušším, kde nabývají metodologické převahy redukcionistické a důsledně formalizující přístupy za využití přechodů na vyšší organizační a prostorové škály.

BOX V: PRŮVODCE EKONOMIÍ PŘÍRODY. 5. DARWIN

Charles Darwin (1809–1882) byl produktem tradice vedoucí od slavné knihy *Historie přírody v Selborne* (1789), kterou napsal G. White (viz Box IV) a která coby první nespatořovala rostliny a živočichy jako izolované kuriozity, ale spíše jako součásti organismálních společenstev vztahujících se k prostředí a také k člověku (ještě dnes je to čtvrté nejčastěji reeditované dílo v anglickém jazyce). Ačkoli je Darwinův *Původ druhů* (1859) především evoluční prací, reprezentuje zároveň pokrok v definování ekologických otázek. Autor knihy nám nabízí svou představu „různě tvarovaných klínů zatlučených do sudu“ jakožto metaforu pro způsob adaptivního vytvoření společenstva. Jeho přirovnání předjímá pozdější definici niky a otázky po mechanismech kontrolujících počty druhů v ekosystémech.

Bez ohledu na nejrozmanitější názory vědeckých i mimovědeckých komunit na Darwina je třeba zdůraznit, že nikdo jiný nepřispěl víc k myšlenkovému rozvoji v novém vědeckém odvětví a že nikdo jiný neměl tak velký vliv na způsob vnímání přírody západní civilizací. Je proto třeba snažit se rozumět nejen Darwinovi jako badateli, ale rozpoznat kontury jeho ekologických idejí ve spojení s osobnostními vlohami a intelektuálním klimatem, v němž žil.

„Lekce Galapágy“ způsobila v odstupu kritický posun od vztahu k přírodě v pojetí Thoreaua (Box IV) k pesimističtějšímu náhledu. Šestadvacetiletý Darwin poprvé dorazil na tyto pouštní „dábelské ostrovy světa“, jak byly přezdívány díky vulkanickým skaliskům bez jediného stromu s požitelnými plody, v září 1835. Jeho první reakce na krajinu, jakou předtím na jihoamerické pevnině neviděl, byla geologická: každý z 15 ostrovů byl vyzdvižen z mořského dna v sérii sopečných vln, o jejichž sekvenci se neodvažoval spekulovat. Stále víc se však jeho zájem přesouval k biologii, zvláště k organizaci přítomných druhů v ekonomickém řádu zdejší přírody. Přítomnost mořských ptáků nebyla hádankou na rozdíl od suchozemských druhů. Těch tu žilo 26, z toho 25 endemických včetně 13 druhů „pěnkav“, jež se lišily nejen od pevninských vzdálených příbuzných, ale také vzájemně, a to ve velkém počtu znaků. Pokryly veškeré typy prostředí – některé louskaly tvrdá semena nalézaná mezi skalami, jiné byly hmyzožravé a ještě jiné konzumovaly plody jako papoušci. Když tedy podle přijímané teorie božího stvoření byl Bůh sám zodpovědný za tyto adaptace, proč pouze na tomto místě použil „pěnkavy“ k tomu, co všude jinde dělali papoušci? „Když vidíte tuto gradaci a strukturní rozmanitost v rámci jediné malé skupiny ptáků, prostě musíte dojít k domněnce, že z původní ptačí druhové chudosti na souostroví byl jeden druh modifikován do různých podob,“ říká Darwin. Avšak proč se všemohoucí Stvořitel omezil na tak nouzové ekonomické prostředky? V prvním dojmu stál Darwin jednoduše „v úžasu před množstvím tvořivé síly, jestli lze tohoto vyjádření použít, tváří v tvář těmto malým, neúrodným a skalnatým ostrovům“. Po sérii návratů na ostrovy, kdy ho upoutali do pozoruhodných forem rozrůznění leguáni „pracující“ zde jako jinde herbivorní savci, se pro Darwina Galapágy stávají samy o sobě silou konfrontovanou s konvenční přírodní teologií. Z této konfrontace vzešla nová vysvětlení biologické variability, nový směr vědy.

Brazílie a zvláště Argentina se staly svými kontrasty hlavními učiteli. Nevyhnutelné účinky lidské invaze do přírodního řádu formou konquesty – snadnější než je kooperace s přírodou tak, jak ji viděl Thoreau – působily ambivalentní vývoj Darwinova myšlení. V říjnu

1838 si napsal do deníku: „Je těžké věřit v strašnou, ale tichou válku organických bytostí při vstupu do klidných lesů a líbezných polí.“

V témže roce poprvé četl *Esej o populaci* reverenda Thomase Malthuse, jenž formuloval známé tragické poměry: zatímco zásoby potravy rostou aritmeticky ($1 : 2 : 3 : 4 \dots$), lidská populace roste geometrickou řadou ($1 : 2 : 4 : 8 \dots$). První reakcí, jak píše Darwin v autobiografii z roku 1876, byl úžas nad tím, že se tu potvrzují jeho poznatky o vlivu úživnosti prostředí. Souhlasil, že každý organismus má pevné uspořádání potravních vazeb v komplexu přírody, pokud je sdílí s jinými druhy. Stále více to považoval za podstatnou determinantu přírodní ekonomie. Avšak co určovalo úživnost samu? Na rozdíl od Malthuse Darwin nechtěl činit Boha zodpovědného za tuto sílu. Jako vědec se cítil být pověřen hledáním pozorovatelných příčin pro přírodní jevy, ať už šlo o evoluci „pěnkav“ nebo o geologickou historii Země. Aby se zajistil blahobyt a přežití druhu, úživnost prostředí má svou optimální hodnotu – ani příliš mnoho potomstva na konzum, ani příliš málo záruk pro novou generaci. Takový argument byl konzistentní s Darwinovi vlastním druhem teleologického myšlení. To muselo odhalit malthusiánskou poučku o poměrech jako falešnou, s výjimkou platnosti za speciálních podmínek ekologického narušení.

V eseji z roku 1844 se Darwin poprvé pokusil vysvětlit povahu genetické variace, což byl další stupeň jeho ekologického modelu. Spekuloval, že během period geologického vývoje potkávají organismy nepříznivé podmínky, které ovlivňují jejich potomstvo ve směru značné variability. Stejný efekt vidíme při migraci organismů do nového prostředí. V tomto bodě své představy konstruoval Darwin evoluční teorii pomocí ekologického nahrazování (jeden typ vymře, jiný ho nahradí). Ekonomický systém vždy udržel stabilitu svých podsystémů, aniž by to bránilo výměně živých aktérů, kteří nebyli nikdy zcela stejní.

Ukázky ekologických originalit v Darwinově uvažování však nevyklučují vážný klam v jeho logice. Po linnéovsku měl počet „rozdělených míst“ v přírodě za stálý, nepočítal s jejich expanzí a diverzifikací. Intuitivně se však nedostatek snažil později reflektovat: „Modifikované potomstvo všech dominant a narůstajících forem má tendenci se přizpůsobovat v mnohých a vysoce rozrůzněných prostorech v ekonomii přírody.“ (Jinými slovy, spíše než by si vzájemně konkurovalo ve snaze obsadit tentýž ekonomický prostor, vypracovává si potomstvo divergencí nové možnosti v osidlování prostředí a využívání nových zdrojů). Ne ve všem měl Darwin pravdu, byly další dimenze ekonomie přírody, které ignoroval nebo podcenil. Avšak on a celá viktoriánská anglo-americká kultura 19. století určili směr pro stále obtížněji zranitelný svět vědy.

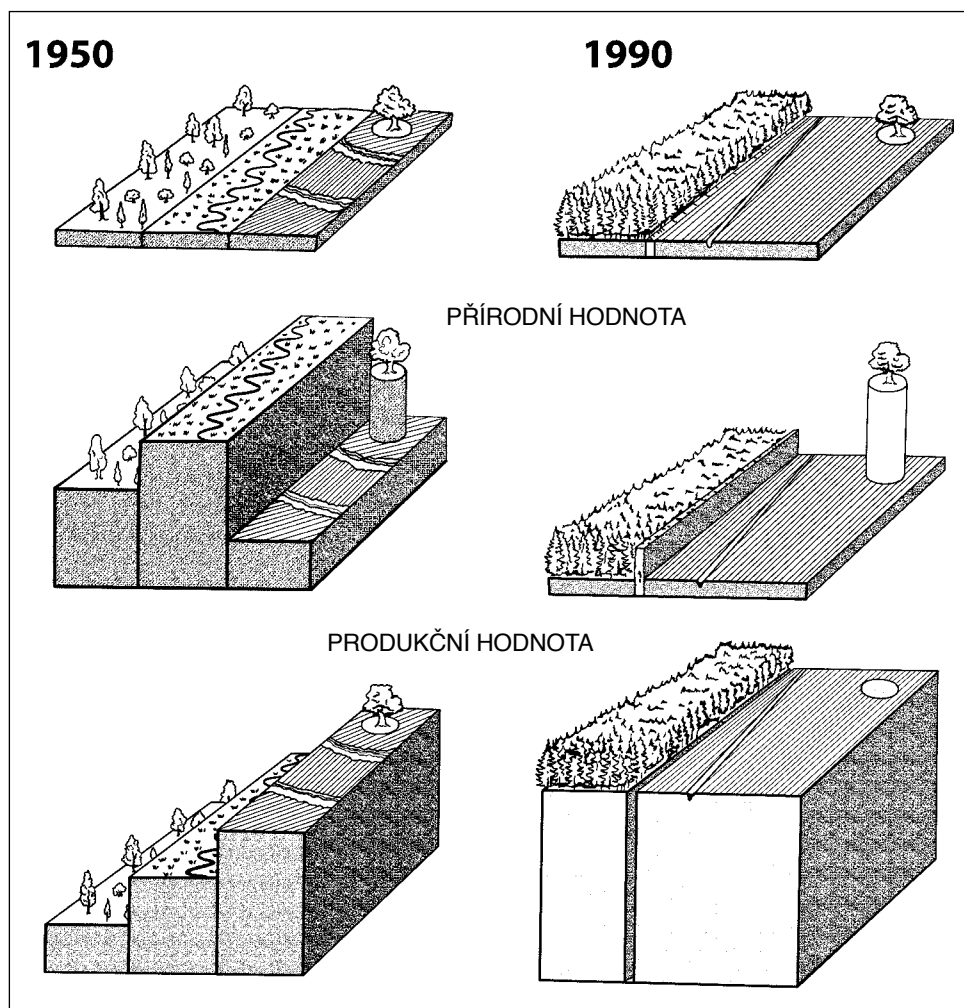
1.3 TŘI KRAJINNĚ-EKOLOGICKÉ PERSPEKTIVY

Protože má krajinná ekologie různé a komplikované kořeny, mohou v ní převažovat také různé přístupy. Relevantní knižní edice týkající se ekologie krajiny zdůrazňují tento fakt ve svých úvodních poznámkách (Naveh et Lieberman 1984, Forman et Godron 1986, Forman 1995, Zonneveld 1995, Wu et Hobbs 2007). Nicméně, tyto odlišné přístupy potřebují být sladěny. Historicky vzato, obor se zrodil na úrovni lidské percepce a první popisy provázaných procesů

v krajinách byly striktně spojeny s životem lidí (Obr. 3). Jak se krajinná ekologie vyvíjela směrem ke studiu prostorového uspořádání struktur a procesů v souhrě půd, vegetace, živočichů a lidské společnosti, zejména v Severní Americe, byl uveden v chod impozantní nástroj.

Přinejmenším tři perspektivy se dají v krajinné ekologii rozlišit:

- Lidská: V této perspektivě je krajina tříděna do funkčních entit, které mají význam pro lidský život.
- Geobotanická: Prostorové rozmístění biotických a abiotických komponent prostředí od půdních součástí po ty, jež jsou výrazem „vnímání“ prostře-



Obr. 3: Změny v podílu biologické a produkční hodnoty severské krajiny v letech 1950–1990. Krajinná mozaika v roce 1950 se skládala z pastvin, luk a polí s rozptýlenou zelení. V roce 1990 je mozaika jednodušší, složená ze smrkových plantáží a polí s napřimenými živými ploty (upraveno podle: Farina 1998).

- dí rostlinami a zprostředkování rostlinnými společenstvy – lesy, prériemi, mozaikovitým typem vegetace atd. U vnímání rostlinami nutno zvažovat široké pásmo sensitivity k životním požadavkům a schopnost rostlin začlenit informace z jejich prostředí. To je přímo spojeno s adaptací, kolonizací a přežíváním tváří v tvář jak přírodním, tak člověkem navozeným stresům.
- Živočišná: Tato perspektiva je konceptuálně spřízněná s lidským vnímáním, ačkoli mohou být podstatné rozdíly, pokud jde o přímé/zprostředkované vnímání, předvídavost a druhově specifické rozměrové měřítko.

Postoje k přírodě, vnímání – percepce krajiny

Sami na sobě denně poznáváme, jak emocionální podněty působené vnějším prostředím mají vliv na to, co člověk dělá sám se sebou a jak ovlivňuje své okolí, přírodu, krajinu. Lze si domyslet, že každý člověk jako příslušník určité kultury vědomě či nevědomě vyznává určité **privilegované hodnoty**, jimž přizpůsobuje svou představu o vlastním domově, tedy o svém krajinném prostředí (Richerson et McEvoy 1976). Téma sladkého plynutí proniká Polynésií, téma vždy hrozící smrti se rýsuje jak ve španělské, tak japonské kultuře, téma fyzické statečnosti inspiruje Germány, ale i africké Masaje. Každá kultura upřednostňuje poněkud jinou vizi, která více či méně odpovídá hmotnému prostředí.

Lovec bizonů k nám ve svých jeskynních freskách vyslal poselství, z něhož tušíme, jak se musel adaptovat v neustálém boji s živými tvory jako zdrojem obživy, ale i jako božstvy, kterým bylo nutno odevzdat oběť. Příroda častěji znamenala hrozbu než ochranu, ať už to byla někdejší divočina smíšených evropských pralesů anebo současný tropický deštný les. Monotónní typy rostlinstva, například rákosiny, mohly poskytovat uklidnění nebo ochranu jako u čínských rybářů, jak to ukazují staré čínské obrazy. Vegetace byla vždy určujícím činitelem při vnímání přírody jako celku. Bujnost rostlinstva jiho-

východní Asie nebo Jižní Ameriky hluboce působila na charakter tamějších náboženství. Hinduismus se považuje za „vegetační náboženství“ – hýřivost forem přesahovala lidskou existenci i fantazii a vedla ke vzniku mytologického světa (Mayové apod.). Zatímco v mírném klimatickém pásu člověk s vegetací pracoval – vše, co souvisí s ošetřováním rostlin, chápe proto jako podmínku pro život –, tropická džungle ovlivňuje lidskou psychiku zcela jinak – hrozí pochlčením, udušením –, v takovém světě vládne spíše letargie než aktivita. Jako buddhistické svatyně slouží často staré stromy (fikus, cedr a jiné) – svaté lesy patří neodmyslitelně k náboženskému ritualismu, jejich nedotknutelnost se bezděky stává jednou z prvních forem ochrany přírody. Morální kodex starých obyvatel Austrálie a Tichomoří zahrnuje vzájemné spojení člověka, přírody a bohů v jednotu. Tato jednotu přirozeného a mystického je příznačná pro většinu orientálních náboženství: harmonii, to jest možnost vyčíst boha z přírody, snad nejdokonaleji představují čínská náboženství včetně konfucianství. Dokonce i daleko mladší islám přenáší ráj do svých pozemských zahrad.

Vývoj evropské společnosti je příkladem zcela opačného pojetí: člověk byl oddělen od přírody a bůh od obou. Prvním zdrojem **antropocentrismu** byla antika, ačkoli racionalismus ve vztahu k přírodě nebyl jen utilitární, tedy užité povahy, ale akceptoval i její krásy a požitky z nich plynoucí. Křesťanství přineslo dualistický pohled na přírodu a lidský rod. Rozšířením mystiky nebeského domu (celestial home) „vytáhlo“ člověka ven z přírody, spřížnilo ho prostřednictvím každodenních gest s Bohem za předpokladu vyhnání lidí z původního prostředí. Disciplína středověku, který centralizoval lidskou ne-živočišnost pomocí formální poslušnosti tvrdým církevním trestáním rozměrné škály hříchů, „poučila“ lidstvo o svrchovanosti nadpřirozena. To otevřelo dveře opovření vůči fyziologickým potřebám. Dokonce i když renesance rehabilitovala přímé pozorování a reformace vrátila hodnotu svědomí jednotlivce, nezměnilo to příliš rámec vnímání prostředí. Křesťanská oslava lásky v zástupné oběti pokračovala, aby se stala aktem sublimace – přetavení jinak nepřekročitelné hranice mezi světem přirozeným a nadpřirozeným. Je však třeba se zmínit, že už ve středověku vystoupily osobnosti křesťanské éry, jejichž změněný přístup ve vztahu k pozemskému světu překonal očekávání. Zejména to byl zakladatel františkánského řádu, František z Assisi, který se pokusil nahradit ortodoxní pravidla přístupu k Stvoření **ideálem rovnosti všeho stvořeného** (v roce 1979 byl na vatikánském koncilu potvrzen jako svatý patron pro ekologii). Ovšem skutečný nástup změn v myšlení je až v renesanci symbolizován Petrarkou – jeho výstupem na horu Mont Ventoux, kterou v roce 1336 slezl „jen“ pro potěšení a ne z praktických důvodů. Ve stejné době se v malbě rozvíjí krajinářství, vegetace a květy přestávají být zobrazovány pouze v náboženských scénách.

Výslovně formulovanou potřebu „nové etiky“ předkládá práce G. P. Marsche z roku 1864 (*Man and Nature*). Popisuje tu destruktivnost vyrůstající z „nevědomé bezohlednosti k zákonům přírody“. Mnoho přírodovědců ho pak následovalo v tomto požadavku „etiky ochrany“.

Ovšem **mechanistické chápání přírody** (jako „stroje“), tradující se od Descarta, Bacona a Newtona, přijali vzdělanci minulého století v širokém měřítku. Příroda sama o sobě nemá hodnotu, je soběstačným komplexem převážně fyzikálních sil. Tato koncepce mocně ovlivnila současné evropské ideologie a prakticky přežívá dodnes.

Moderní věda – která se vyvinula převážně v západních, židovsko-křesťanských zemích – ještě umístila člověka do centra přírody, avšak aniž by stál na vrcholu. Ovšem racionalizovala jej tím, že ho oddělila od rostlin a živočichů („člověk je myslící rákos“, říká B. Pascal, a „rozumný živočich“). R. W. Emerson (1836) a transcendentalisté, navzdory jejich nedůvěřivosti vůči puritánské etice, se od ní nijak ostře neodlišili („Největší chudoba není žít ve fyzikálním světě“: Emerson; avšak také řekl: „Příroda vždy na sobě nese barvy ducha.“). Není udivující, že Charles Darwin (1859) vyrostl jako hrozba pro toto manželství racionalismu a romantismu, které odělo náš druh do takového množství jednotlivých privilegií humanistického antropocentrismu. Svrchovanost člověka byla ve středu pozornosti společnosti spíše než jeho integrace do prostředí. Reflexe hodnot klíčových pro přežití se ani v první polovině 20. století při konfliktech v genezi lidstva a stále víc poškozovaného prostředí účinně neprojevila. Výstrahy Malthuse (1789) byly sice čas od času připomínány, ale posuzovaly se spíše jako moralistně odvozené než jako hlas poznání. Snad to tak bylo vnímáno proto, že advokáty ochrany přírody byli převážně naturalisté nebo alespoň autoři jimi inspirovaní (například Teddy Roosevelt) – všichni ve spojení s evangelickými principy správcovství (stewardship), jež vyzývaly k odpovědnosti člověka vůči živočichům a rostlinám, případně k samé půdě.

V evropském myšlení existovalo **více proudů**, které nějakým způsobem připravovaly půdu ekologicky cenným postojům dneška:

- (1) Primitivní mystika sjednocení člověka s přírodou se objevuje v přírodní filosofii H. D. Thoreaua. Pěstovala se mezi filosofy, básníky i teology, ale i u lidí, kteří tyto myšlenky aplikovali přímo v krajině (Emerson, Walt Whitman, Wordsworth, Herman Hesse, u nás K. H. Mácha).
- (2) Významná tradice chápající člověka jako „správce“ přírody se vrací ke Starému zákonu (v Genesis je člověk instruován Bohem, aby spravoval a ochraňoval zahradu Edenskou). V praxi byla tato myšlenka rozvíjena u některých církevních řádů, například cisterciáků nebo benediktinů.
- (3) Idea spolupráce s přírodou přijímá odpovědnost nejen za udržování přírody, ale i za její zlepšování. Rozvíjet krajinu při takovém způsobu nazírání znamená obnovit její potenciál a tímto způsobem ji „vylepšovat“. Jeden z filosofických původců pojetí „spolupráce“ J. G. Fichte (1762–1814) zdůrazňuje, že příroda, jak ji známe v Evropě, byla už většinou člověkem modifikována. Odtud vyplývá právo současníků rozmyslně do přírody zasahovat. Jako míra pozitivního zasahování do přírody bývá obvykle zdůrazňováno zvyšování druhové nebo obecné rozmanitosti.

Tyto myšlenky mají nejkonkrétnější vyjádření v **krajině a zahradní architektuře**. Velkoplošná zahrada je vlastně integrovaným vyjádřením přírodního potenciálu místa a postoje člověka k přírodě. Klasický francouzský styl 17. století založil André Lenôtre (1653–1700) – „vylepšuje“ přírodu vkládáním nového tvaru. Zahrady tohoto stylu jsou obvykle soustředěny kolem hradu nebo zámku. Anglické krajinné zahrady založené na myšlenkách J.-J. Rousseaua (1712–1778) nejsou soustředěny kolem stavby, ale zauímají přirozené rysy, hlavně meandrujících toků. Cesty opisují nepravidelné křivky, výhledy se proměňují. Nejslavnějším zahradníkem tohoto stylu byl Lancelot Brown. Imaginace takového ideálního parku v anglickém stylu je obsažena v díle E. A. Poea *Panství arnheimské*.

Analogii nalezneme v Japonsku, i když odvozenou z jiné koncepce světa. Na jedné straně to jsou zahrady ve stylu zen, zpravidla náležející k zen-budhistickému chrámu. Skládají se ze skromných prvků, u nichž je v případě rostlinstva divoký růst vyloučen: potůček, můstek, několik balvanů, malé stromy, nízké keře. Celek je založen na principu, který svým aforismem osvětluje Liu-Tang: „Moudrost života spočívá ve vyloučení nepodstatného.“ Zenové zahrady míří k témuž principu jako záhony francouzských geometrických zahrad. Na druhé straně existují – zvláště na Honšū – chrámy a lesní zahrady, v nichž je udržována původní a spontánní flóra, zvláště dřeviny. Nicméně vegetace je přizpůsobena volnému pohybu mnichů, aniž by se tím bránilo bujnému vzrůstu. Přízemní patro se ošetřuje, uhrabává, časté jsou pouhé koberce mechů. Tento způsob je velmi blízký evropské myšlence kooperace s přírodou sledující její zušlechťení.

Jedno z pronikavých hnutí současnosti nese název „deep ecology“ (**hlubinná ekologie** jako protiklad mělké – „shallow ecology“). Jeho duchovní otec, norský filosof Arne Naess, zavádí pojem „biosférické rovnosti“ nebo „biocentrické etiky“ (Naess 1989). V obecné rovině jde o „etiku rozšířených práv“ (ekosofii), kdy je uznána svébytná vnitřní hodnota „o sobě“ všech živých tvorů, případně i neživých součástí ekosystému, bez nichž by život na Zemi utrpěl. V jiné podobě se obdobné etické implikace objevují u koncepce „živé planety Země“ J. Lovelocka, která zhruba říká, že fenomén života a jeho prostředí jsou propojeny tak těsně, že evoluce je evolucí Gaie, a ne zvlášť organismů a zvlášť prostředí. Gaia je tedy pojímána jako superorganismus, jehož tělem není pouze biosféra, ale i atmosféra, hydrosféra i litosféra – proto i struktura těchto zemských obalů je z větší části dílem živých bytostí. Gaia jako každý živý organismus udržuje homeostázi a v minulosti mnohokrát musela čelit katastrofám v prostředí (Lovelock 1987). Ty největší vedly k drastickému snížení počtu druhů, aby se z nich záhy vynořila původní rozrůzněnost, i když s odlišným spektrem druhů. To vede k optimismu vůči budoucímu osudu Země, aniž by se tento optimismus musel týkat osudu člověka na „živé“ planetě. Z českých přírodovědců a myslitelů v jedné osobě lze považovat za myšlenkově blízkého „předchůdce“ J. Lovelocka Jana Evangelistu Purkyně s jeho specifickou naturfilosofií přiznávající Zemi jako celku individuální „plnost života“ (smysl), což je dáno souhrou živého a neživého (Purkyně 2010 [1850], Kovář 1992b, 1994).

Etika vztahu k prostředí má však sama o sobě více rozměrů a více poloh, bude tedy užitečné vymezit rámec souvisejících pojmů, které se někdy rozplývají v mlze moralizování (Meadows et al. 1992). Klíčovým konceptem a pilířem jakékoli etiky je **odpovědnost**. Souřadnice etické ideje odpovědnosti bývají tři (Kovář 1993), což si lze představit v trojrozměrném grafu (můžeme pro ni však vytvořit i představu vícerozměrného prostoru). Popišme tyto koordináty: osa x – odpovědnost za co/za koho, osa y – odpovědnost k čemu/ke komu, osa z – zdůvodnění odpovědnosti čím. Odpovědnost lze nést (X1) za přírodu nebo (X2) za sebe; je možné se zodpovídat (Y1) sobě samým (jedinci, skupině, všem lidem), (Y2) přírodě, (Y3) něčemu, co nás přesahuje; a vše proto, že (Z1) je to etický imperativ, (Z2) jde o věc lidské moudrosti, (Z3) je to záležitost vyšší moci, boží požadavek. Výzva k odstranění znečištění motivovaná užitekem (ohrožené zdraví nebo kvalita zemědělské produkce) je jistě pozitivní projev lidské racionality či moudrosti, ale ve své podstatě je hluboce odlišná od motivace vyvěrající z religiozity nebo etického imperativu. Být odpovědný za přírodu (ve smyslu „rozšířeného Já“ podle ekosofie, kdy do odpovědnosti přibíráme víc subjektů, které s námi sdílejí prostor, od dalších organismů až po neústrojný vesmír), to je něco jiného, „obtížnějšího“ než při odpovědnosti za konkrétní osobu. Tam jde o jednoduchou, protože personifikovanou interakci (na rozdíl od toho neosobní komplex přírody, například ekosystém, vydává signály přes příčinné ekologické odpovědi; srovnatelné citové vazby chybějí). Životní prostředí vstupuje do naší odpovědnosti nikoli přímo, ale častěji jako objekt – spíše přijímáme odpovědnost za to, co činíme než za prostředí jako takové. Více uplatňujeme hledisko „našeho zájmu“ než ryze etickou motivaci. Je jistě jasné, že teď bychom mohli přinést řadu příkladů pro všechny možné kombinace souřadnicového metaprostoru v oblasti etiky podle výše uvedeného schématu, vraťme se však k původnímu záměru.

Začneme s ilustrací, která by mohla naznačit jeden přístup k vztahům mezi poznáním a etikou. Uprostřed výše naznačeného souřadnicového zobrazení nalezneme tezi, že mechanismy, jimiž lidstvo působí na přírodu, vyvolávají také způsoby, jakými poznáváme, vysvětlujeme a nahlížíme svět přírody. A obráceně, způsoby, jimiž interpretujeme přírodu (například prostřednictvím vědeckých teorií) konstituují druh testu nebo scénáře, jenž inspiruje náš přístup, chování a způsob obývání přírody. Odtud plyne, že změny ve sféře vědy povzbuzují změny ve sféře etické a opačně. Jestliže je způsob pobývání ve světě přírody vnímán jako étos mravního přístupu k prostředí, můžeme k němu v širokém slova smyslu odkazovat jako k etice vztahu vůči prostředí. Jestliže je způsob chápání světa přírody nazýván vědou, můžeme – opět v širokém smyslu toho slova – odkazovat na porozumění ztotožněné s evolučně-ekologickými naukami. S pomocí těchto definic může být základ z předchozího obrázku přeformulován do pevnější podoby: **Environmentální etika a vědy o prostředí se ovlivňují navzájem** v reciprocitě a dynamice. Etika a věda ustavují vzájemně doplňkový vztah, který se historicky vyvíjí v oboustranných postupných modifikacích.

Neustálé vzájemné vlivy mezi přírodovědeckými teoriemi a etickými normami, jež respektují přírodu, zaujaly své místo na pomezí dvou rozlehlých světů: **kultury a přírody**. Dynamické vztahy mezi etikou vůči prostředí a vědami jsou proto otevřeny širším vlivům: jak sociologické, tak přírodní jevy mají význačný vliv na genezi vědeckých koncepcí i na etické přístupy k přírodě. Od počátečních prací tzv. Římského klubu na přelomu 60. a 70. let se hledala praktická řešení v klíčových problémech světa, která vyústila v koncept tzv. „sustainable development“ (trvale udržitelného rozvoje), tedy vyrovnaného čerpání zdrojů s důrazem na uzavřenost materiálových cyklů a celkově šetrný přístup k životárným systémům naší Země.

Už v průběhu této statě jsme se na mnohých místech dotkli otázek rozmanitého vnímání krajiny a prostředí (Dansereau 1975). Ve stručnosti se dá říci, že charakteristiky, které mají určující vliv na to, jak krajina působí, jsou čtyři: tvar, linie, barva a textura. Označují se jako charakteristiky dominantní. Leonardo da Vinci postihl fakt, že tvar je trojrozměrnou záležitostí a že vyznačuje mohutnost krajiny; že pozadí scenérie můžeme někdy vnímat jako dvourozměrnou kulisu a že linie jsou už pouze jednorozměrnou charakteristikou, která nás upozorňuje na přírodní hranice nebo siluety tvarů. Dále, že převládnutí některého z prvků vzniká jeho zdůrazněním – kontrastem v barvě nebo tvaru, jindy opakováním anebo perspektivou, jako je tomu například u stromořadí. Je možná překvapivé, že výsledek velkých změn v krajině vnímají lidé různě – nejen pod vlivem fyzikálních faktorů, jako je osvětlení nebo pozice pozorovatele, ale také pod vlivem faktorů ryze lidských, jako jsou emoce a intelekt.

Prostorové uspořádání („spacing“) vstupuje jako **charakteristika vnímání** životních podmínek do bionomie každého druhu prostřednictvím percepce individuů, populací, společenstev a metaspolečenstev (Farina 2000). Reakce na vnější stimuly jsou druhově specifické podle biologické potřeby optimalizovat zdroje a množství energie vynakládané k jejich získávání. Jinak řečeno, jde o ekologickou odpověď organismů na neuniformní rozložení zdrojů a na vnitro- či mezidruhovou konkurenci v čase a v prostoru. Tento koncept je důležitý v ekosystémové a krajinné ekologii. Zahrnuje pojem „zrno“ (grain) – tj. minimální plochu, jakou organismus vnímá a reaguje na ni v rámci mozaikovitě struktury krajiny. Rozsah („extent“) znamená nejhrubší škálu prostorové heterogenity, v jejímž rámci organismus ještě reaguje. Příklad odlišného chování ve vztahu k prostorovému uspořádání lze demonstrovat na příkladu frugivorních ptáků v zimě. Za teplejších dní jsou hejna rozvolněná a druh rozptýlen v prostředí, ale jakmile se teploty sníží, stimulují jedince koezistovat v hejnu blízko sebe tam, kde jsou zdroje nejvíce dostupné. Uspořádání populace se tedy řídí nejen prostorovou distribucí zdrojů samotných, ale také fyziologickými limity – dohromady tak tvoří složitější scénář v chování.

Struktury a škály zemského povrchu

3.1 MOZAIKA A KRAJINNÝ MODEL: PLOCHY–LINIE–MATRICE

Z letadla se krajina téměř vždy jeví jako mozaika. Jednotlivé složky jako stavební kameny různých barev spoluvytvářejí plochy, pásy, jemné linie a celoplošný podklad (matrici). Lesíky, pole, sídla se jeví jako **plošné útvary**. Komunikace, živé ploty, větrolamy, řeky představují **liniové útvary**. Zkulturněná zemědělská krajina s převládající ornicí nebo step nebo lesy mohou formovat pozadovou **matrici**.

BOX VI: PRŮVODCE EKONOMIÍ PŘÍRODY. 6. HAECKEL

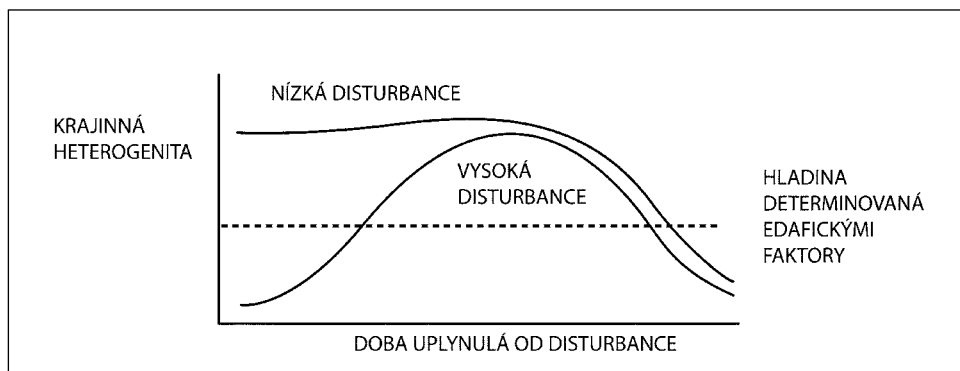
„Ekologie“ se novodobě stala jedním z nejdůležitějších slov, jímž se zaklínáme. Ti, kdo ho objeví, si často myslí, že takto objevili novou podstatu, jiný názorový svět, cestu ke spáse. Nelze zapřít, že jazyk má svou nezávislou moc – slova jsou jako prázdné balóny, vyzývající nás k naplnění asociacemi. Když se to stane, začínají získávat vnitřní sílu a vposledku tvarují

naše vnímání a očekávání. Zrovna tak slovo „ekologie“. Na začátku nic víc než neobvyklé spojení řeckých kořenů navržené nejspíše k označení komplikovaného břemene poznání se nakonec stalo možná více ohebným a obsažným, než jeho autor předvídal. Objevilo se v roce 1866. Slovo „oecologie“ bylo jedním z mnoha novotvarů Ernsta Haeckela, vůdčího z německých žáků Darwina a nejpilnějšího z tvůrců jmen své doby. Název „ekologie“ měl zahrnovat „der Wissenschaft von der Oeconomie, von der Lebensweise, von der äusseren Lebensbeziehungen der Organismen zu einander“. V nejširším smyslu to tedy znamenalo studium biologické existence v podmínkách prostředí, anebo jak to později formuloval překladatel, „vědu o vztazích živých organismů k vnějšímu světu“. Jak jsme dosud stopovali dřívější posuny ekologického nazírání v proměnách integrativních vizí ekonomie přírody od Whitea a Linnéa po Humboldta, Lyella a Darwina, vidíme nyní, kterak hluboko v západním myšlení jsou ponořeny tyto vize jako vrstvy naskládaných sedimentů.

Haeckel odvodil novou nálepku od téhož kořenového základu, který nalézáme ve slově „ekonomie“: z řeckého „oikos“, původně odkazujícího k domácnosti (domu, domovu) v denním ošetřování a udržování. Navrhnul, že živoucí organismy světa konstituují ekonomickou jednotku podobnou hospodářící rodině, která je částečně jak v konfliktu, tak ve shodě cílů. V jeho inaugurační profesorské přednášce (Jena 1869) najdeme explicitní vyjádření darwiniánské hranice onoho slova: „souhrn poznatků soustřeďujících se na ekonomii přírody [Naturhaushalt],... studium komplexních vztahů zmiňovaných Darwinem coby podmínek v soutěži o existenci“. Ačkoli biologové absolutně ignorovali Haeckelovu inovaci po mnoho desítek let ve prospěch starší fráze „ekonomie přírody“, nový termín se přece jen stal populárním, nejdříve jako „oecology“ a později, po Mezinárodním botanickém kongresu v roce 1893, ve své moderní úpravě jako „ecology“.

Prominentní disciplínou té doby byla geografie a stejně tak, jako si činila nárok na ovlivnění celé kultury objevováním bílých míst na mapách zemského povrchu, přisvojovala si i bílá místa na těle vědy. Nejznámější v biogeografii 19. století bylo studium flóry a fauny. Zpracovávání statistických dat o distribuci druhů ve světě vedlo ke klasifikaci geografických oblastí. Fytogeograf se zároveň zajímal o adaptace rostlin k jejich prostředí – tedy o proces, který Haeckel zahrnul do cílů ekologie. Avšak tento zájem byl omezen, protože dominantní vědecká škola byla taxonomická spíše než ekologická. K obrácení pořádku v prioritách došlo u zatím méně známé, rivalitní školy, která byla označována jako „fyziognomická“, pak „fyziologická“ a nakonec „ekologická“ geografie. Ta preferovala diskusi o formách „vegetace“ a jejich determinantách oproti diskusi o rozšíření jednotlivých rostlinných druhů. Představitelem byl například August Grisebach z Göttingen, Humboldtův žák, který v roce 1838 zavedl termín „formace“ pro vzájemně podobná seskupení rostlin v podobném klimatu bez ohledu na druhové složení. Avšak těmi, kdo nejvýznamněji přeměnili Haeckelův neologismus „oecologie“ na funkční vědecké odvětví, byli ekologicky orientovaní fytogeografové – Němci Oskar Drude (Dražďany) a Andreas Schimper (Bonn), a Dán Eugenius Warming (Kodaň). Jejich přičiněním se centrálním tématem nově pojmenované nauky stává komunální život organismu.

Mozaikovitě uspořádání můžeme shledat na všech prostorových škálách, od submikroskopické po planetární. Mluvíme-li o krajinných mozaikách, máme na mysli měřítko uchopitelné lidským pohledem – přiměřené rozměru



Obr. 4: Vývoj prostorové krajinné heterogenity v čase uplynulém od disturbance o různé intenzitě (upraveno podle: Wiens et al. 1985).

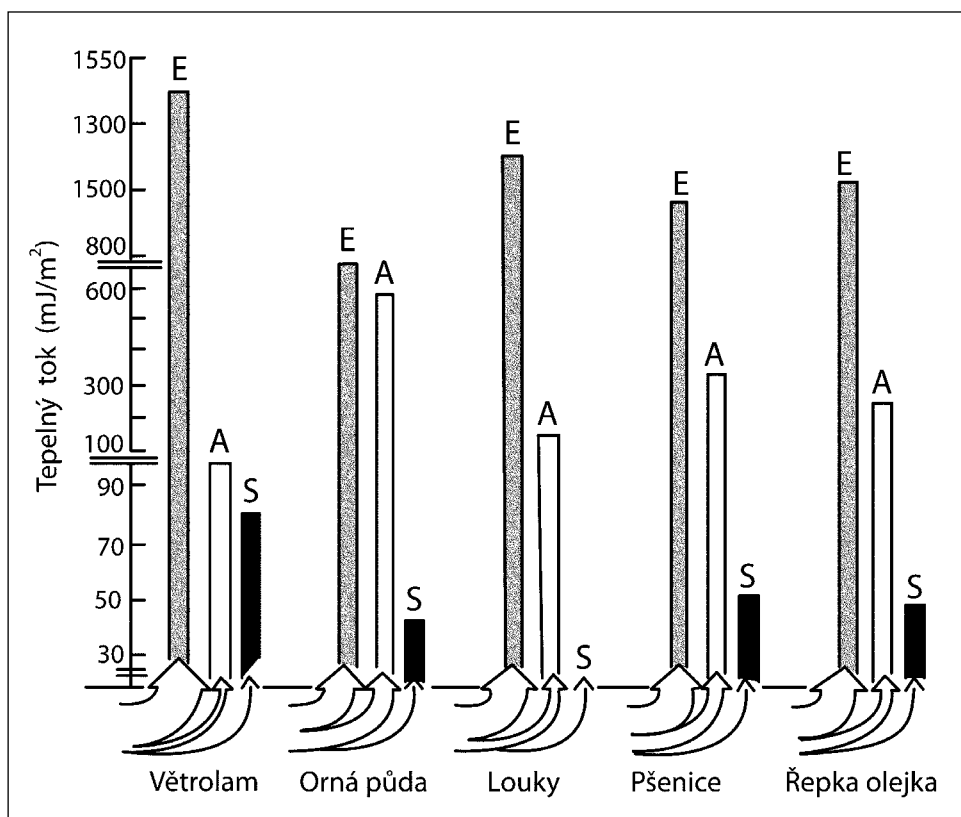
jím obývaného životního prostředí. Jde tedy o řády kilometrů až stovek kilometrů, případně tisíců kilometrů. Tomu odpovídají tři prakticky zvolená měřítka: měřítko jednotlivých krajin, měřítko regionů (oblastí) a měřítko kontinentů.

Co způsobuje mozaiku? Podobně jako dětský pokoj s hračkami bez vstupu energie, která by věci vrátila do šuplíků, směřuje uzavřený systém k desorganizaci – zvyšuje entropii (2. zákon termodynamiky). Podle tohoto zákona snižující se stupeň organizovanosti vede nakonec k homogenitě. Nicméně povrch zemský je vždy prostorově heterogenní (obsahuje nenáhodné uspořádání objektů). Klíčem je sluneční energie – po celé geologické éry produkuje terénní tvary (skrze erozně-denudační a opětne akumulární procesy) a dnes selektuje různá rostlinná uskupení (formace, společenstva), která tvoří strukturu zemského povrchu a přitom odrážejí heterogenitu fyzikálně-chemickou (Obr. 4).

Prostorová heterogenita může mít dvojí povahu. Gradienty nebo série gradientů představují postupné změny v prostoru. Gradient nezahrnuje žádné hranice, žádné ohraničené plochy a žádné linie, ale přesto objekt, kterého se týká (třeba vegetace), je heterogenní. Například v tropickém deštném lese se seskupení stromů mění zvolna v závislosti na zvlnění terénu a tedy na zásobě vody v profilu. Ovšem **gradienty krajinného měřítka** jsou vzácnější (například plynulé přechody velkoplošných říčních bazénů do monolitních horstev; přechody mezi jednotlivými saharskými ergy).

Alternativní podoba prostorové heterogenity je mozaika, kde objekty jsou agregovány a tvoří **ostré hranice**. **Krajinná mozaika** může obsahovat pouze plochy, nebo navíc k nim ještě svébytné linie (koridory). Není známa mozaika „špagetového“ typu – výhradně z koridorů. Krajinná mozaika je přímo závislá na termodynamicky otevřených podmínkách, kde sluneční energie podmiňuje (udržující) struktury.

Ještě přesněji – jsou to tři hlavní mechanismy utvářející pattern, tedy **uspořádání**. Substrátová rozmanitost (konkávní a konvexní tvary zemského povr-



Obr. 5: Teplo využívané pro evapotranspiraci (E), ohřátí vzduchu (A) a půdy (S) u různých ekosystémů. Průměrné toky tepelné energie byly měřeny po celou vegetační sezónu, 225 dnů (upraveno podle Forman 1995).

chu, geologické a půdní podmínky). Dále přírodní disturbance (faktory narušování) – jako je oheň, ničivý vítr, populační exploze škůdců apod. A nakonec lidské aktivity, které mohou působit podobnými mechanismy jako předchozí vlivy (stresem – zamoření prostředí látkami nebo jejich nedostatkem, disturbance – kácením lesů, vkládáním nových prvků do krajiny, které tam pak působí jako bariéry, koridory, ostrovy apod.).

Povědomí, co to je heterogenita a jaké může být povahy, je prvním stupněm v práci s krajinou. Určité množství prostorových zásahů do uspořádání krajiny může mít za výsledek zvláštní úroveň heterogenity, nízké nebo vysoké. Proto jsou speciální konfigurace při zacházení s krajinou ekologicky velmi důležité.

Abychom obecně pochopili **zákonitosti utváření krajiny** (strukturu), měli bychom umět dát do vztahu pohyb a změnu v nich, někdo by řekl „hybné síly“ (driving forces). Krajinu písčiny dun určuje vítr, krajinu vinic traktor a dendritickou síť vodotečí vodní eroze. Kromě toho jsou **zpětné vazby mezi strukturou a funkcí** evidentní. Neplatí, že pouze toky určují strukturu, ale

i struktura určuje toky (Obr. 5). Například uspořádání ploch a linií určuje pohyb organismů včetně člověka napříč krajinou, ale jejich pohyb v čase opět proměňuje krajinou mozaiku čili časová sekvence změn vypadá jako kaleidoskop.

Plochy, linie a matrice jsou označovány jako **krajinné prvky** (mohou být přirozeného nebo antropogenního původu a tudíž aplikovány na vznik uspořádání různých ekosystémů, sukcesních stadií vegetace nebo typů územního využití). **Model plocha–linie–matrice** má analogie v jiných oborech, například v umění a v architektuře (vztah mezi bodem, linií a plochou), rovněž v medicíně. V urbanismu, kde se rozeznává pět prostorových prvků založených na tom, jak působí na osoby: okrasek, okraj, dráha, uzel a mezník (tomu v krajinné ekologii odpovídají ploška, hranice, koridor, uzel a neobvyklý krajinný prvek, Forman et Godron 1986).

BOX VII. PRŮVODCE EKONOMIÍ PŘÍRODY. 7. CLEMENTS

Sotva ekologie získala své vlastní jméno a pak náplň určenou zpočátku geografy zaměřenými na rostlinné formace, objevil se ještě jiný model toho, jak pracuje ekonomie přírody. Byla to představa sukcese směřující ke klimaxovému stadiu, s kterou přišel respektovaný badatel z Nebrasky, Frederic Clements. Vývojový model připomínal Američanům pionýrské osidlování nové země. Navíc se nový směr výkladu fungování přírody stal věcí veřejnou po epizodě velkého sucha v 30. letech 20. století, kdy byl koncept přijat jako základ ochrany a obnovy prostředí.

O Clementsovi je známo, že se jednoho podzimního dne roku 1890 představil coby šestnáctiletý asketický a nikterak humorný mladík na nebraské univerzitě v Lincolnu, kde organizoval botanické semináře Charles Bessey. O osm let později publikují dva Besseyho chráněnci (R. Pound, F. Clements) *Fytogeografii Nebrasky* – práci, která se nezabývá jen rozšířením druhů, ale také ekologií: „vzájemnými vztahy organických prvků v květenném pokryvu“. Frederic Clements zůstal ekologii věrný, nejprve jako profesor v Nebrasce do roku 1907, pak na Minnesotské univerzitě po víc než deset let a nakonec v Carnegieho ústavu ve Washingtonu až po odchod do důchodu v roce 1941. Během oněch čtyř desetiletí neměl žádný jedinec důležitější vliv na vývoj amerického i britského ekologického myšlení. Byl „zdaleka největší tvůrčí jednotlivec v moderní nauce o vegetaci“, jak to vyjádřil A. G. Tansley.

U Clementse dominovala dvě témata: dynamika ekologické sukcese rostlinných společenstev a organismální charakter rostlinných formací. Titul *Vývoj a struktura vegetace* publikoval ve svých třiceti letech. Psal tam: „Vegetace je svou podstatou dynamická.“ To bylo ústředním článkem jeho vědeckého kréda. Společenstva v přírodě se mění a vyvíjejí v čase. Přírodní krajina musí dosáhnout konečného (klimaxového, tj. „dospělého“) stadia, které je v rovnováze s podnebím. Systém vývojových stadií od primitivních druhových shluků po složité formace na určitém stanovišti nazýval „sérií“. Tyto myšlenky vtělil do stěžejní knihy z roku 1916 – *Rostlinná sukcese: analýza vývoje vegetace*. Kromě toho přirovnával sukcesní stadia v sérii a klimax k rostlinnému nebo živočišnému organismu, ovšem „komplexnímu organismu“

(„vyššího řádu než je individuum kakostu, akátu či šimpanze... Jde o jednotný mechanismus, kde celek je víc než pouhá suma jeho částí...“). Klima určuje, který „komplexní organismus“ mezi rivalitními formacemi přežije existenční soutěž, anebo zmizí. Biom, kterému Clements rozuměl nejlépe a který „stál modelem“ jeho dynamické ekologii, byly americké travinné formace. V oblastech s omezeným přísunem srážek představovaly vysokobylinné prerie klimaxové stádium sukcese. Adaptace na cykly sucha se staly převažujícím Clementsovým zájmem; předpokládal, že farmaření bude hlavní ekonomickou aktivitou v zóně prérií a že člověk bude bojovat s ekologickou sukcesí. Zvažováno realisticky, úlohou ekologa musí být ukázat lidem, jak mají manipulovat sukcesní sérii k svému užtku odkloněním nebo zbrzděním sukcesního procesu s příslušnou péčí a odborností (o lese stejně tak jako o prerii Clements poznamenával: „klimaxové dominanty nejsou nezbytně pro člověka nejcennější“).

Podobně jako horizontální pohyb organismů a tepla mezi místními ekosystémy, analogické toky propojují krajinné prvky v hierarchii vertikálně, například může jít o růst lesa v mezerách po padlých kmenech nebo v ohňovém klimaxu požárový režim pohybu živin v rozsahu povodí atp. Proto, když chceme pochopit stabilitu jednotlivých prvků, měli bychom znát minimálně tři spoje: (1) propojení našeho krajinného prvku na nejbližší vyšší hladinu, (2) propojení na sousední prvky téhož měřítka a (3) propojení na skladebné prvky nejbližší nižší.

3.2 PROSTOROVÁ A ČASOVÁ ŠKÁLA

Příklady škál (měřitek):

- tropické záby obývají zápoj deštného lesa, který se periodicky koupe v slunečních paprscích pronikajících mezi listy – sluneční skvrny se pohybují, jsou velké několik decimetrů nebo metrů a ohřívají žabky cca v 15-30minutových intervalech;
- naproti tomu hurikán může měnit území o rozměru desítek kilometrů a může – než se přesune jinam – řádit přinejmenším 4 hodiny;
- kontinentální ledovec se pohybuje přes tisíce kilometrů a alespoň desítky tisíc let.

Většina krátkodobých změn ovlivňuje spíše malé plochy a většina dlouhodobých změn spíše velké rozlohy. Tento generalizovaný **časoprostorový princip** je pozorován také pro řadu biologických procesů. Princip je příliš hrubý pro naši předpověďací schopnost v konkrétním detailu. Časová měřítka spojená s krajinami jsou nejčastěji roky až desetiletí (výjimkami jsou změny v uspořádání populací obratlovců – v hodinách, nebo na druhé straně vegetační posuny za tisíciletí). S proměnami měřitek a s tím, k čemu jsou pro nás užitečné se setkáme v kapitole o vizualizaci dat (mapy).

„Hierarchy theory“ se vztahuje k tomu, jak systém diskrétních funkčních prvků nebo jednotek vzájemně pospojovaných operuje na dvou nebo více šká-

lách. Například zalesněná krajina může být hierarchicky poskládaná do drénovaných pánví (říčních niv), kde jsou dílčí povodí přítoků složena z místních ekosystémů nebo porostů a ty jsou zase konstruovány jednotlivými stromy a prostory mezi nimi. Každý z prvků, počínaje stromem až po lesní krajinu funguje jako jednotka, má své vlastní omezení a vykazuje svůj vlastní stupeň stability nebo variability. Krajinový systém je hierarchií, kde každá úroveň zahrnuje další hierarchické úrovně nižší.

Toky hmoty a energie spojují krajinné prvky na jedné úrovni hladiny. Posuzujeme-li tedy náš krajinný element podle výše zmíněného časoprostorového principu, měl by být tím stabilnější, čím větší variabilitu vykazují jeho skladebné prvky. Na výše zmíněných třech hierarchických spojích je závislé jak uspořádání prostorových prvků, tak procesy, které v jejich rámci probíhají (například bilance dusíku v rámci několikahektarové výsadby lesa uvnitř zalesněného povodí závisí na přísunu dusíku z pozadíového znečištění, dále na toku dusíku ze sousedních ploch lesa – nocování ptáků, rytí kanců apod., a dále na obratu dusíku přes jednotlivé exempláře stromů – metabolismus dusíku u bezinky je diametrálně jiný než u buku).

Kybernetika referuje o systému tak, že prvky v něm jsou spojeny **zpětnovazebnými smyčkami**. Zjednodušeně, zpětnovazebná smyčka zahrnuje prvek, který ovlivňuje druhý prvek a ten naopak zase působí na ten první. Když jsou oba spoje pozitivní resp. stimulační, jde o pozitivní zpětnou vazbu. Z tohoto druhu zpětné vazby nevyplyvá stabilita (naopak třeba exponenciální populační růst škůdce krajinu destabilizuje). Naproti tomu negativní zpětná vazba je podivuhodným **regulačním mechanismem udržujícím stabilitu** (čím víc králíků, tím víc lišek; čím víc lišek, tím méně králíků; čím méně králíků, tím méně lišek atd.). Zpětná vazba nemá za výsledek konstantnost (spíše cykličnost uvnitř jistých limitů).

Zrno – pojem v krajinné ekologii, který nás odkazuje k hrubosti nebo zrnitosti prostorových prvků skládajících území. Determinace jde přes velikost plošky, která je ještě rozeznatelná. Krajiny s jemným zrnem mají primárně malé plošné útvary, krajiny s hrubým zrnem jsou složeny převážně z velkých ploch. Měřítko (škála) se tedy vztahuje k proporci zobrazovaného území a zrno se vztahuje k hrubosti prvků v zobrazované ploše. Zrno je dáno ovšem také subjektivním vybavením člověka nebo zvířete „čist“ fyzikální dimenzi či kontrast v krajině – živočišné druhy mají odlišné odezvy (grain response) na zrno, jsou různě citlivé na odlišně velké zrno (jinak „čte“ krajinu myšice lesní, jinak rys). Vždy, když testujeme závislost vazby druhů na velikosti plochy, zjistíme také závislost na škále (měřítku) – dostaneme-li se na úroveň ekosystému, získáme společenstva; úroveň krajiny – fyto- nebo zoogeografické skupiny (flo-roelementy, zooelementy); úroveň kontinentu – skupiny určené klimatickými faktory (biomy). U vodního prostředí je tato závislost slabší. S měřítkem jeví souvisí též **doba odezvy**. Například klimax je v rovnováze s dlouhodobým klimatem, ale na kratší časové škále dochází i k nerovnovážným stavům – díky

pozdním mrazům může vyhynout řada druhů a nějakou dobu trvá jejich doplnění. **Perspektiva** – čím se díváme dál dozadu, vidíme menší výkyvy a detaily; úrovni staletí odpovídá výpověď dendrochronologie, úrovni tisíciletí (změny v interglaciálech) resp. metody paleobotaniky (analýza sedimentů). Vždy, když sledujeme určitý systém určitou metodou, uvědomme si, že výsledek platí jen pro daný systém (hierarchickou úroveň). Neměli bychom opomíjet (vynechávat) žádnou úroveň. Například vyšší (krajinotvorné) struktury vegetace nazýval R. Tüxen sygmassociace (užívá se termín sygmata – vegetační komplex, odpovídá půdním komplexům – **katénám**).

Zvířata i lidé vnímají a reagují pouze na frakci heterogenity, která je více-měřítková (Dansereau 1957). Prostorové prvky způsobují odpovídající určení směru, složitosti a rychlosti pohybu. Plánování a management území tak musí brát ohled také na zrno krajinné struktury a na odpovědi obyvatelů na ně.

Zatímco v kartografii měřítko reprezentuje redukci skutečného rozměru Země a může být absolutní nebo relativní, v ekologii je **škála** fundamentálním pojmem – každý organismus interaguje s prostředím jemu vrozeným vnímáním. Škálování (scaling) je dlouho užíváno rostlinnými ekology (Greig-Smith 1964, Mueller-Dombois et Ellenberg 1974, recentněji byl obecněji využit například při formulaci ostrovního biogeografického modelu – McArthur et Wilson 1967).

Jinak řečeno, mnozí ekologové považují měřítko za **vlastnost vrozenou organismu**, zatímco jiní mu nepřisuzují vliv na uspořádání a procesy (pouze **metoda uchopení rozměru**). Oba přístupy však mohou mít opodstatnění podle kontextu bádání.

V ekologii krajiny je změna škály při analýze prostorové mozaiky posun velikostních buněk nebo růst území při průzkumu (Bissonette 1997). Škála může být definována jako **výsek času nebo prostoru, přes který jsou integrovány signály, aby zprostředkovaly poselství resp. výpověď** (Allen et Starr 1982).

Krajinně-ekologický výzkum se odehrává od měřítka několika metrů do tisíců kilometrů, pokud na takových škálách kompletně probíhají ekologické procesy. Totéž rozpětí se týká časových měřítek, kdy se některé krajinně relevantní děje uskutečňují v rámci sezony a jiné, například metapopulační dynamika ovlivňující modifikaci biomů, se dějí v řádu tisíců let.

Důležitost parametrů u různých měřítek: Jisté proměnné nemohou změnit škálu, ale jejich důležitost je v tom, že se samy mění. Když předpovídáme dekompozici v půdě (rychlost rozkladu odumřelé biomasy), určující variabilitu prostředí udávají mikroklima a vlastnosti opadu – to je měřítko lokality. Na regionální škále je dobrým **prediktorem** teplota a humidita. Podobně evapotranspirace je kontrolována v rozměru listu nebo jednoho stromu stomatálními charakteristikami, ale na regionální úrovni je klíčovou proměnnou sluneční záření.

Velikost zrna a škály: Jedinci vnímají prostředí jako hrubě či jemně zrnité – podle vrozených charakteristik. Obecně, rostliny nebo jiné přisedlé organismy,

jež tráví většinu svého života na stejném místě, mají „hrubozrnné“ vnímání prostředí, ale pokud rozeznáváme procesy konkurence od procesů šíření, i u těchto organismů rozpoznáme více škál. Rostlinný druh může vykazovat interakci genotyp–prostředí na malých prostorových škálách – konkurence se uplatňuje v měřítku 10–20 cm, zatímco šíření semen v měřítku 3 m. Když vzorkujeme krajinu, často to vyžaduje škálovaný kontext – záznam na úrovni jak makro-, tak mikrostanoviště. **Víceměřítkové vnímání** je běžné u řady živočichů (například jemné měřítko u hrabošů při hledání potravy, hrubé při hledání biotopu – pole).

Velké měřítko je charakteristické nízkými variacemi mezi vzorkovanými jednotkami, vysokou variabilitou uvnitř jednotek, vysokou předpovědatelností nebo rovnováhou. Při malém měřítku jsou variace mezi jednotkami vysoké, prediktabilita nízká a nejsou indikace, které by umožňovaly predikovat stabilní či chaotické chování.

Úroveň (říše – dominion) mikroměřítko – uvažují se období 1 rok až 500 let a prostor od 1 m^2 do 10^6 m^2 (1 km^2). Badatelé pracující na této úrovni jsou geomorfologové, ekologové studující vegetační sukcesi a přesuny živočichů, plánovači.

Procesy odpovídající této škále jsou disturbance typu požárů nebo mýcení lesa:

- geomorfnní procesy jako eroze půdy, pohyb pouštních dun, laviny, kryotur-bace, odnos a sedimentace substrátů řekou;
- biologické procesy jako obnova lesa v mezerách po padlých stromech, cykly živočišných populací, sukcese po opuštění narušovaných ploch (polí apod.).

Úroveň (říše – dominion) mesoměřítko – klade se zhruba do mezí 500 až 10 000 roků a do prostoru 10^6 – 10^{10} m^2 (1 km^2 – $10\,000 \text{ km}^2$, tj. $100 \times 100 \text{ km}$).

V takovém měřítku lze vidět děje, které se odehrály od posledního interglaciálu, prostor odpovídá povodí řeky (počínaje řekou 2. řádu); můžeme sem zahrnout kulturní evoluci lidstva.

Úroveň (říše – dominion) makroměřítko – 10 000 až 1 000 000 roků; 10^{10} – 10^{12} m^2 (100 mil. km^2 tj. $10\,000 \times 10\,000 \text{ km}$); odehrávají se glaciální-in-terglaciální cykly, procesy speciace nebo extinkce druhů.

Úroveň (říše – dominion) megaměřítko – 10^6 až $4,6 \times 10^9$ miliard roků; $> 10^{12} \text{ m}^2$ kryje například americký kontinent (pevninské kry) a časové dimenze pohybů v zemské tektonice.

Souhrn:

- (1) Pohled přes více měřítek nám dovoluje propojit krajinnou dynamiku, biodiverzitu a ekosystémové procesy.

- (2) Organismy a procesy navzájem interagují napříč vrozenými škálami.
- (3) Výzkum napříč škálami nám dovoluje vidět procesy, které fungují uvnitř (podél) jednotlivých hierarchických systémů.
- (4) Respektování měřítek v krajině ekologii má význam pro poznání komplexity v uspořádání a v procesech náležejících ke krajinám.
- (5) Velikost zrna (grain size) a rozsah jsou komponenty škál.

BOX VIII: PRŮVODCE EKONOMIÍ PŘÍRODY. 8. TANSLEY

Od příchodu průmyslové revoluce v Americe v 19. století nebylo mezi zastánci přírody a zastánci lidské kultury tak žhavých debat jako těch, které vyvolala Clementsova doktrína klimaxu (viz Box VII) v 30. letech našeho století. Prašné bouře nad pšeničnými farmami Velkých planin prohlubovaly podezření, že superorganismus prerie spjatý s klimatem začíná podléhat kolapsu přírodní ekonomie. Pesimistická reakce na technologie symbolizované traktorem měla protějšek v entuziasmu vkládaného do strojů farmáři. Jeden z nich, Tom Campbell, který s federální vládou podepsal smlouvu o zemědělském využívání 10 milionů akrů indiánských rezervací, vlastnil těchto strojů třicet tři. Farmáři považovali klimaxovou teorii přinejlepším za akademickou a přinejhorším za ohrožení své hegemonie. Návrat k zatraceným pláním a bizonům nebyl pravděpodobný. Našla se také řada vědců, kteří antitechnologické důsledky teorie klimaxu neshledávali akceptovatelnými. Tzv. „antiklimaxová“ skupina našla vážné východisko v práci Huberta Gleasona z Univerzity v Michiganu, „Individualistický koncept rostlinné asociace“, publikované v roce 1926. V kontrastu s organismálním pojetím rostlinného společenstva Gleason argumentoval, že rostliny sice vstupují do asociací, ale ty jsou náhodným seskupením, kdy výsledek je dán nezávislým chováním jednotlivých druhů za vždy unikátních okolností. Vskutku dobře tak reagoval na přílišnou rigidnost myšlenky orchestrálně sehraené komunity rostlin, posunující se v sukcesních sériích ke klimaxu.

Oxfordský botanik Arthur G. Tansley, ač podle svých vlastních slov „odkojen Clementsovským mlékem“, strávil období 1926–1935 intenzivními diskusemi jak se samotným nescotorem sukcesně-klimaxové školy, tak hlavně s jeho žákem působícím v Jižní Africe, Johnem Phillipsem. Tansley byl nade vše přesvědčen, že ideál „monoklimaxu“ není v této podobě udržitelný, protože kterýkoli klimatický region zahrnuje více typů vegetace, z nichž každý si zaslouží být nazýván klimaxem. Na speciálním substrátu tak může vzniknout edafický klimax, pod vlivem masivní pastvy zvířat biotický klimax a tam, kde se pravidelně vyskytují požáry, ohňový klimax. Tyto biologické systémy však existovaly v izolaci od vlivů člověka – té důsažné síly, jejímž působením mohly rovněž vznikat relativně stabilní a vyvážené formace, například zemědělské kultury, takové tedy označil jako antropogenní klimax.

Zatímco paradigma Clementsovy ekologie klimaxu zahrnovalo protiklad mezi přírodou a kulturou (civilizací) – tradičně v Americe zdůrazňovaný –, Tansley, který vyrostl v historicky dlouho osídlené Británii, neviděl v takovém kontrastu jasný význam. Necítil potřebu přijímat žádný klimax vyvinutý čistě přírodními procesy za ideál pro člověka, který by byl nezbytně nutný k následování. Jestliže tedy oba systémy – přírodní i člověkem

vytvořený – jsou kvalitativně srovnatelné, pak lze hledat rozumná pravidla, jak pracovat s biologickými společenstvy.

Tansley provedl další krok k moderní ekologii – v eseji z roku 1935 v časopise *Ecology* („Využití a zneužití vegetačních konceptů a termínů“) odmítl přehnaný názor, že „kvaziorganismus“ společenstva odolává redukcionistickému rozboru. Diskutované celky v přírodě jsou výsledkem „syntetizujících akcí“ jejich komponent. V jeho očích je věc vyspělé vědy, aby izolovala tyto základní jednotky přírody a „rozpletla jejich příběh až do jednotlivých částí“. Odmítal používat slovo společenstvo (community) pro jeho antropomorfní zabarvení (vytvářet paralelu lidské společnosti a seskupení rostlin–živočichů se mu nezdálo vhodné pro absenci psychosociálních vazeb v přírodě, jejichž důležitost v lidském společenství zároveň oslabuje ryze kvantitativní analytické přístupy, které razil v ekologii). Pro organizaci přírody navrhl nový model: ekosystém. V této integrované jednotce byly všechny vztahy mezi organismy popsány prostřednictvím výměny hmoty a energie, jakož i toků chemických látek v potravních sítích. Chemicko-fyzikální transport může být měřen v kterémkoli časovém i prostorovém bodu existence ekosystému, ať už je to les, louka nebo rybník. Vědecká nezralost spočívající v dichotomii, která rozdělovala po desetiletí biologické a fyzikálně-chemické vědy, skončila, a přestala tak zpomalovat ekologické poznání.

3.3 HIERARCHIE ZEMSKÉHO POVRCHU

Kvazistabilní mozaiky, jimž se vyhýbají rapidní změny, reprezentují „panství (doménu) škál“. Každá taková doména vykazuje jisté prostorové uspořádání, které je dáno určitými kauzativními mechanismy nebo skupinami procesů.

Planeta je prostorově podrozdělena mnoha způsoby – politicky, ekonomicky, klimaticky, zeměpisně – podle účelu, vztahujeme-li to k člověku. Jedna z hierarchií je zdůvodněna bilancí hmoty a energie, jejich toky a limity:

Biosféra (planetární měřítko) je rozdělena do kontinentů (a oceánů). Světadíly jsou rozděleny do oblastí, ty do krajín a ty do místních ekosystémů resp. krajinných složek. Existují také kategorie, které do této hierarchie nebyly vloženy – biomy nebo ekoregiony se často opomíjejí, protože se soustřeďují primárně na biologický rozměr a jejich hranice jen sporadicky korelují s lidmi vytvořenými (administrativními) hranicemi. Povodí (drainage basins) jsou také ignorována, protože se vzájemně značně liší ve velikosti.

3.4 KRAJINY A REGIONY

Ekologie krajín – ekologie opakujícího se rozložení několika typů ekosystémů dosahujícího až k významné změně, která znamená hranici mezi krajinaми. Řádový rozměr: kilometry až desítky kilometrů. Například krajina polabských luhů, krajina pískovcových skalních měst s bory, krajina jedlobukových pahorkatin.

Ekologie regionů – ekologie územní jednotky na zemském povrchu, kterou vymezuje hlavně makroklima určující půdy, ekosystémy, přírodní procesy. Jsou ovšem regiony determinované též spoluúčastí lidských aktivit. Řádový rozměr – stovky až tisíce kilometrů. Například region české kotliny, region centrálních Alp, region chilského altiplana, region pouště Gobi, tropický deštný region Amazonie.

3.5 PROSTOROVÉ USPOŘÁDÁNÍ KRAJIN

Podílejí se na něm rozměrově se lišící prvky: plochy a linie zapuštěné do matrice.

Některé krajiny obsahují vyhraněné tvary (útvary) – například pásy typu horského hřebene, říčního údolí, písčitého pobřeží, příměstské zástavby včetně například soustředných silničních okruhů. Není pak překvapující, že takovéto prvky v uspořádání krajiny mají hlavní vliv na regionální toky a že zpětnovazebné účinky zase působí na uspořádání krajiny (Simmonds 1983).

Spojení s jinými regiony: uspořádání krajiny v regionu ovlivňuje také sousední regiony. Například odlesnění jednoho povodí může mít vliv na klima sousední oblasti. Zpětná vazba – tlak veřejnosti – může zpětně ovlivnit uspořádání v téže oblasti: zpřísnění ochrannářských opatření a zachování určité struktury přirozených ekosystémů.

3.6 PLOŠNÉ ÚTVARY

Plochy v krajině (patches – „políčka“, „záplaty“, „plošky“) jsou nelineární území na zemském povrchu lišící se nápadně od okolí. Vyznačují se variabilitou ve velikosti, tvaru, heterogenitě a charakteristikách hranic. Jsou na pozadí okolí matrice, která má odlišné materiálové nebo druhové složení. Vzájemně se navíc liší v dynamice, původu a v příčinných mechanismech svého udržování. Mohou mizet a zase se objevovat – tuto jejich vlastnost ilustruje charakteristika zvaná obrat („patch turnover“) – rychlost mizení a znovuobjevování.

Podle povahy je možné je třídit:

(1) **Disturbanční plochy** – vznikají na pozadí krajinné matrice maloplošnými disturbancemi, jako jsou větrné bouře nebo krupobití, zemětřesení, spásání vegetace herbivory, sešlapávání velkými skupinami živočichů. V suchých oblastech pravidelně vznikají požáry. Celou škálu narušení způsobuje člověk (povrchová těžba, kácení lesů, rozorávání půdy na pole a podobně).

Co se stane, je-li území narušováno? (Jedna ze základních otázek ekologie.) Můžeme testovat „postdisturbanční“ druhovou dynamiku. Zpočátku se velikost populace mnoha druhů rapidně mění, zpravidla jako výsledek smrti nebo poškození jednotlivců přímým vlivem disturbance. Obvykle některé druhy lokálně vyhynou, tj. z území zmizí (1). Jiné druhy disturbanci přežijí (v závislosti

na její intenzitě) a zůstávají přítomny v redukovaných populacích nebo v dormantních formách jako jsou semena, spory, vajíčka, cysty. U některých z nich dochází k dalšímu typu odpovědi, která následuje zpravidla bezprostředně a týká se také změny ve velikosti populací. Počty jedinců vzrostou (2), často víc než by odpovídalo kompenzaci počátečních ztrát (semenáčky hlavních dřevin). Třetí odpovědí je rychlý nárůst imigrace – invaze druhů, které předtím v území chyběly (3) – například živočichové, semena nebo spory kolonizují nově otevřený prostor.

Shrnuto: sukcese nebo návrat do původního stavu po disturbance zahrnuje **tři hlavní procesy: změny ve velikosti populací, extinkci a imigraci**. Sekvence odpovědí na disturbance má za výsledek relativní stabilitu plošného krajinného útvaru – plocha mizí, útvar konverguje k podobnosti s krajinnou maticí a je nyní nerozlišitelný (znovuobnovení původního lesa na ploše polo-mu). Znamená to, že druhové složení, relativní početnost (pokryvnost) druhů a rychlosti změn se nyní u bývalého „políčka“ a matrice významně neliší.

Disturbanční plochy jsou obecně typem, který nejrychleji mizí. To znamená, že mají nejvyšší „patch turnover“ (obrat) resp. nejnižší „persistence time“ (dobu trvání). Plošné útvary v krajině jsou formovány nejen nárazovou disturbance, ale také chronickou (nebo opakovanou) disturbance existující po dlouhou dobu (Mooney et al. 1983). Jisté formy atmosférického znečištění se na některých místech vyskytují každý den anebo se na stejná místa vrací nepravidelná pastva či kempování. Plochy chronicky disturbované vznikají často antropogenním narušováním (sešlap vegetace, vlnobití při březích splavněné řeky, stahování klád po svažitém terénu atd.). Máme-li na mysli přirozené disturbance, lze uvést pravidelné záplavy, vlivy migrací stád velkých savců nebo přirozené požáry. Provázejí je druhy na takto vzniklé plochy vázané, které se přizpůsobily disturbančnímu režimu. Proto takové plochy v krajině zůstávají odlišné od okolní matrice a v rovnováze s ní (suťové lesy na plochách svahů, luhy na říčních náplavech v krajině dubohabrového stupně).

Jednorázové narušení vyvolá velký růst rychlosti imigrace a extinkce v ploše. Tato rychlost slábne a nakonec plocha zmizí.

V druhém případě (chronická disturbance) počáteční disturbance způsobuje velký nárůst vymírání, ale vymírání narůstá jen do určité míry, protože všechny následující disturbance zabraňují normální následnosti druhů v sukcesi. Plocha pak vstupuje do stabilní fáze s nízkou imigrační i extinkční rychlostí. Když chronická disturbance skončí, vidíme nový velký nárůst imigrační a extinkční rychlosti, protože sukcese začne nanovo a to posléze vede k zničení plochy.

(2) **Zbytkové plochy** – jsou způsobeny velkoplošnou disturbance v okolí malých teritorií, inverzně k výše uváděným disturbančním plochám. Zbytek společenstva rostlin a živočichů je vložen do matrice, která sama vznikla působením disturbance. Příkladem může být požár, který se vyhnul prostorům v zamokřené sníženině nebo vykácení lesa s ponecháním skupin (pásů) matečných stromů. Lze nalézt mnohé paralely mezi zbytkovými a disturbančními plochami. V obou

případech změnami ve velikosti populací, imigraci a extinkci a následně podléhají sukcesi, pokaždé konvergují do podobnosti a mají rychlý obrat, nicméně poslední charakteristika je odlišuje (studie ostrovů utvořených záplavením jejich okolí ukázaly, že po jejich utvoření došlo ke zvýšené rychlosti vymírání druhů). Udává se, že tato zvýšená rychlost extinkce je největší na začátku, postupně klesá blízko k nule tak, jak ostrov dosahuje ekvilibria v počtu druhů. Doba následující po disturbanci, během níž je extinkční rychlost zvýšená, se označuje jako relaxační perioda. Vymřelé druhy jsou často ty s malou velikostí populace anebo s velkými teritoriálními požadavky – někteří ptáci nebo savci. Další druhy přežívající na ostrově mohou být ztraceny během relaxační periody. Nicméně, zvláště v případě zbytkových ploch v krajině se relaxační období zdá být součástí delší vyrovnávací periody (modulace), která je charakterizována vyrovnanou rychlostí v druhové dynamice (po disturbanci krajinné matrice mohou imigrovat do zbytkové plochy některé druhy a část z nich se tam může usadit).

(3) **Regenerační plošné útvary** – v krajině připomínají zbytkové, ale jsou odlišného původu. Vznikají tak, že na pozadí chronicky narušované krajiny je v její malé části zamezeno vlivu disturbance, takže se zde může realizovat sukcese (například záměrně nezoraný výsek zemědělské krajiny, v němž se podporuje vznik lesa).

(4) **Efemérní plošné útvary** jsou takové, které jsou způsobeny sociálními interakcemi nebo krátkodobými fluktuacemi faktorů prostředí. Může to být zatopení území při povodních nebo čerstvě napadlý a opět roztátý sníh nebo nocoviště bílých volavek ve zbytku lužního lesa.

(5) **Introdukované plošné útvary** – do krajiny člověkem zavedené, zpravidla kultury dřevin nebo plodin, zahrádkářské kolonie a sady.

3.7 VELIKOST A POČET PLOCH

Je mnoho rozdílů mezi malými a velkými plošnými útvary v krajině. Proč jsou charakteristiky jako velikost a počet ploch důležité? Například v lesnictví velikost lesa ovlivňuje konstrukci cest a erozi, mnoho stromů je ovlivněno okrajovým efektem, stejně tak i úspěšnost semenné reprodukce. V příměstském plánování jde o rozměr sídlišť a naproti tomu velikosti chráněných částí přírody. V oblastech jezer nebo rybníků závisí kvalita vody na velikosti ploch s přirozenou vegetací (filtrační efekt rákosin).

BOX IX: PRŮVODCE EKONOMIÍ PŘÍRODY. 9. ELTON

Charakteristiky moderního ekonomického systému jsou blízké tomu, co bychom označili jako „druhá příroda“. Uvědomujeme si, že jsme složitou, propojenou společností. Výhradní spoléhání na sebe sama je věcí minulosti. Přes veškerou oficiální rétoriku o přednostech

konkurence už jen málo byznysmanů v Británii nebo USA dnes doopravdy věří ve staré slogany. Ctnost vzájemné závislosti a kooperace nabývá na novém významu, protože bez ní by se složitý průmyslový systém kymácel jako bárka v bouři. Kooperace je definována pomocí termínů produkce a konzumace. Uvidíme, jak výstižně ekologie předjímala tyto hodnoty.

Druhý aspekt moderního industriálního systému je nadvláda efektivity a produktivity jako lidských cílů. Od zemědělské a průmyslové revoluce 18. století tyto cíle v anglo-americké kultuře převažovaly a dnes jsou nevyhnutelně určujícími hodnotami doby. Až na výjimky ten, kdo neprojde těmito dobovými kritérii, nemůže být společností brán vážně, natož patřit mezi její vůdce. To souvisí s dalším rysem moderní ekonomie – manažerským étosem. Stále víc se přijímá předpoklad, že žádný člověk ani příroda nemůže dlouho přežít bez řízení a kontroly trénovaného manažera.

Už ve 30. letech H. G. Wells a Julian Huxley popisovali ekologii jako „přesah ekonomiky na celý živý svět“. Tento vědomý tok idejí byl mimořádně významný. Ekonomika si nebrala nic z ekologické biologie, jež si byla vědoma mezí průmyslového růstu daných prostředím. Byla to spíše ekologie, která aplikovala ekonomické myšlení na studium přírody. Tato jednosměrnost vytrvala ještě v dalších čtyřech desetiletích a stala se charakteristickým rysem toho, co se v poválečném období stalo známým jako Nová ekologie

Vědcem, který položil základy tohoto směru, byl zoolog z univerzity v Cambridge, Charles Elton. V roce 1927 publikoval svou první velkou práci *Ekologie živočichů*. Elton, popisující svůj předmět slovy „sociologie a ekonomika živočichů“, hlásal, že jeho pojetí má větší praktickou hodnotu než kterýkoli jiný aspekt zoologie. Avšak bezprostřednější účel byl teoretický: vybrat a spojit existující ekologické poznání do nového modelu společnosti. Elton se zabýval přirozenými společenstvy – jejich provozem, rozšířením a skladebnými populacemi. A ačkoli zařadil také kapitulu o sukcesi, opřenu o Clementsovo dílo, daleko více se věnoval dynamice výše zmíněného typu. Pro Eltona byl způsob organizace společnosti ústředním problémem a to zůstalo anglickým a americkým ekologům dodnes.

Charles Elton navrhl čtyři principy, které popisují, jak příroda pracuje všude na světě. První byl nazván „potravní řetězec“. V každém rostlinném společenstvu dochází k fotosyntetické konverzi sluneční energie do biomasy – potravy. Tvoří se tak první článek v řetězci živin. Někdo může říci, že potrava je základním kapitálem v přírodním ekonomickém řádu. Zbývající články – obvykle ne více než dva tři, výjimečně čtyři – zahrnují býložravé živočichy a dravce. Komplex všech křížících se řetězců ve společenstvu Elton označil jako „potravní síť“. V této síti jsou jasně rozdělené role: rostliny – producenti, živočichové – konzumenti (několika řádů) a reducenti (rozkladači) odklízějící odpad. Tyto termíny zavedl August Thieneman v roce 1926, ale Elton je zobecnil pro jakýkoli potravní řetězec v přírodě.

Druhý a třetí princip Eltonovy syntézy se týkal účinku množství potravy a velikosti druhové populace na strukturu řetězce. Velké zvíře jako je například slon by nemohlo přežít na výživě tak malé a pohyblivé jako je hmyz; potřebuje velký objem potravy, aniž by se vyčerpávalo honbou za ní. Proto požaduje podstatnějiš, stacionární a neodporující druh potravy. Velryba je schopná přežít naopak při konzumaci drobných korýšů, ale jen proto, že jsou početní a snadno dostupní. Zákon tedy zní, že každý druh má potravu optimálního rozměru, a tento zákon určuje strukturu potravního řetězce. Aby v řetězci níže postavené organismy sloužily jako potrava pro ty výše postavené, musí být početné a rychle se množit.

Čím menší organismus, tím je běžnější. Naproti tomu, tvorové vysoko na řetězci se musí reprodukovat pomaleji, aby měli dost potravy a musí mít řidší hustoty výskytů v prostoru. U mnohých šelem se například vyvinulo teritoriální chování – svůj okrsek brání proti příslušníkům vlastního druhu, a to jim pomáhá přežít. Systém takto interagujících populací, jenž je výsledkem rozdílů v jejich chování, nazval Elton „četnostní pyramidou“. Jedna a tatáž plocha může být domovem pro miliony mikroskopických půdních bakterií, tisíce bylin a exemplářů hmyzu, stovky stromů a několik rodin králíků, veverek nebo ptáků.

Čtvrtým elementem Eltonovské struktury společenstva se stala „nika“, což je – ekologickou mluvou vyjádřeno – výstup evolučního procesu diferenciací a specializace. Prvním, kdo termín použil, byl kalifornský ornitolog Joseph Grinnell. Darwin totéž označoval jako „místo“ v ekonomii přírody. Byl to však Elton, kdo dal myšlence niky její výjimečné postavení v ekologii 20. století. Definoval ji jako „status“ nebo „povolání“ organismu ve společenstvu. Ekonomický stavební plán všech společenstev umožňoval říci, že polární medvěd okupuje shodnou niku jako africká hyena, myšleno samozřejmě v kontextu potravní sítě. Zato v jediném společenstvu nikdy žádné dva druhy nemohou zaujímat tutéž niku. Ačkoli se Elton později věnoval zejména ochrannářským problémům, víc než kdo jiný v ekologii otiskl svou stopu na cestě k „bioekonomice“.

U velkého území, které obsahuje mnoho plošných útvarů v různých sukcesních stadiích (pole, louky, křoviny, lesy) se mluví o „shifting mosaic“ (pohyblivá resp. posunující se mozaika). Ačkoli celá plocha je v rovnovážném stavu, jednotlivé typy ploch na různých místech se prostřídávají, někde mizejí, jinde se objevují (v závislosti na lokální disturbanci a rychlosti sukcese). Každá plocha má svůj směr vývoje (kdyby nebylo zasahování člověka, tak by se jednalo o vývoj od iniciálních sukcesních stadií ke klimaxu dané řady).

Dynamika této mozaiky je součástí širších změn v rámci transformačního procesu krajiny, kde linie a plochy zásadně proměňují proporce vzájemného zastoupení i svou vlastní kvalitu (malá políčka a původnější skladba lesů při soukromém hospodaření, velké lány a monokultury po socializaci vlastnictví). Stupeň nahromadění ploch má ekologické důsledky, z nich patrně nejdůležitější je rychlost změn (čím víc rozptýlených zdrojů bioty, tím rychlejší celkový posun sukcese – dřeviny a podobně). Podobně důležitá je závislost na substrátech v plošných útvarech – čím víc stabilizovaných půd (anebo také zcela cizorodých deponií) v krajině, tím jsou změny pomalejší v kontrastu s těmi na disturbovaných plochách (mladé suťové půdy a podobně). Další je závislost na množství ploch jednorázově nebo opakovaně disturbovaných (povzbuzování nebo vracení sukcese).

Při srovnávání, co je ekologicky lepší – **malá nebo velká plocha** –, má otázka smysl jen tehdy, když se jedná o **stejný typ ekosystému** (stanoviště, prostředí). V praxi zachování této podmínky není časté – velké plochy zpravidla zahrnují víc typů prostředí. Na druhé straně zase víc rozptýlených malých ploch také obvykle zahrnuje náhodně prostorově rozložené různé typy stanovišť. Rovněž sběr dat (vzorkování) pro naše hodnocení vytváří problém – pro velké plochy díky náročnosti vzorkování často chybějí data.

EKOLOGICKÉ HODNOTY PRO MALÉ A VELKÉ PLOŠNÉ ÚTVARY V KRAJINĚ:

(a) velké plochy

1. Lepší ochrana vod ve vodních rezervoárech (samočisticí a jiné procesy).
2. Lepší propojenost v rámci sítě vodních toků nižšího řádu než je patch.
3. Existence „vnitřního“ prostředí pro živočichy, kteří jsou na ně vázány a vyžadují větší teritorium.
4. Úkryt pro mnohé druhy před nebezpečím z otevřené krajiny (dravci, člověk).
5. Zdroj druhů, které se mohou šířit přes krajinnou matici.
6. Mikrostanovištní prostředí pro druhy, které vyžadují více biotopů.
7. Prostedí zachovaných přirozených režimů disturbance pro druhy, které je vyžadují.

(b) malé plochy

1. Prostedí pro šíření a rekolonizaci významných druhů („stepping stones“, v překladu označováno jako „nášlapné kameny“ sensu – Míchal et Plesník 1995 – v tomto smyslu jde o potenciální „odrazové můstky“; odhaduje se, že rozpad biotopu vede k radikální změně celkové bioty při ztrátě 30 až 70 % plochy, což souvisí také s dalším termínem užívaným v souvislosti s meta-populační dynamikou druhu „home range“ – domovský okrsek).
2. Vysoká hustota druhů a velké rozměry populací druhů okrajů.
3. Zvýšení heterogenity a snížení eroze, úkryt před dravci.
4. Stanoviště pro druhy vázané na malé okrsky, kterým nevyhovují velké plochy.
5. Ochrana minoritních typů prostředí (stanovišť) a vzácných druhů na ně vázaných.

Většinou se klade důraz na vztah mezi velikostí plochy a počtem druhů – s tím souvisí studium **fragmentace ekosystémů**. Při studiu tohoto jevu se zjistilo, že jsou významné změny v dalších parametrech – v ekosystémových procesech, jako jsou cykly minerálních živin, hydrologický režim, rovnováha v bilanci slunečního záření, uspořádání větrných systémů, pohyb zeminy. Je tedy nějaké optimum, minimum nebo maximum pro pole obhospodařovaná farmáři anebo pro lesy spravované lesníky? Pravděpodobně existují prahové hodnoty důležité při rozhodování.

Lesní vegetace obklopující pole může sloužit jako tlumící bariéra proti větru, která vytváří příznivější mikroklima. V závislosti na směru převládajících větrů je produkce plodin vyšší na místech s menší větrnou rychlostí. Snížení produkce na okrajích pole je dáno kombinací faktorů – kořenovou konkurencí, zastíněním, sešlapem zvěří, která okraje vyhledává pro pohyb napříč krajinou atd. Maximální velikosti proto závisí na typu místního klimatu a na charakteru půd (čím víc jsou tyto faktory takové, že podporují erozi, tím menší je dovolená velikost polí).

V případě lesů je produktivita také svázána s velikostí – u malých lesíků zpravidla chybějí predátoři, kteří kontrolují škůdce. Okraje zvláště malých lesů a dřeviny v nich jsou více vystaveny meteorologickým vlivům snižujícím produkci i kvalitu dřeva. Liší se také prostředí potřebné pro obnovu hlavních dřevin semenáčky (méně příznivé u malých lesů). Velké lesy vyvažují vodní režim krajiny (až regionu).

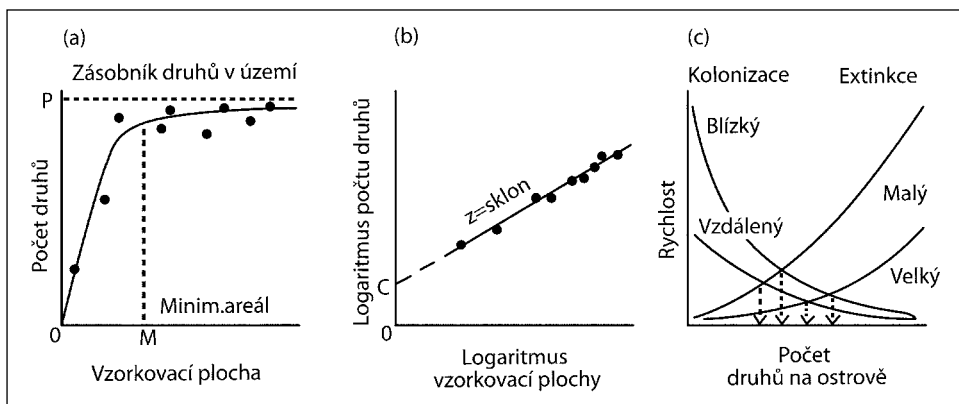
3.8 TEORIE OSTROVNÍ BIOGEOGRAFIE A JEJÍ APLIKACE

Robert MacArthur a Edward Wilson (1967) pozorovali na ostrovech v Tichém oceánu i jinde, že (1) velké ostrovy mají víc druhů než malé, (2) ostrovy blízké k pevnině mají víc druhů než ostrovy izolované. Vyvinuli teorii, která tyto skutečnosti vysvětlovala pomocí kolonizace a extinkce (teorie ostrovní biogeografie). Platí předpoklad, že biodiverzita organismů na ostrově je určována vztahem mezi imigrací a vymíráním a ustaluje se jako dynamická rovnováha mezi oběma procesy v situaci, kdy přírůstek organismů množením domácích populací plus imigrace zvenčí zhruba odpovídá tempu extinkce (Obr. 6). Tento princip umožňuje řadu prognóz a je přenášen na plošné útvary v terestrickém prostředí (ostrovy azonálního podnebí, vodní plochy, enklávy extrémních půdotvorných substrátů, lesní paseky nebo kotlíky, chráněné části přírody v zkulturněné krajině, zaledněné vrcholy hor a podobně):

- (1) Počet druhů na ostrově se časem ustaluje na úrovni, která je výsledkem nepřetržité dynamiky druhového bohatství, kdy některé druhy na ostrově vymírají a jiné se sem stěhují.
- (2) Velké ostrovy mají obvykle větší druhové bohatství než malé ostrovy. Při překročení minimální velikosti ostrova se na něm nemůže ustavit druhové vyrovnané společenstvo – tuto minimální velikost lze odhadnout.
- (3) Druhové bohatství obvykle klesá s rostoucí vzdáleností nejbližšího ostrova.
- (4) Druhové bohatství území, jež bylo ekologicky součástí přírodního kontinua, se přeměnou v malý izolovaný ostrov zákonitě sníží. Pro trvalou existenci a rozvoj potřebuje takový ostrov zdroje k dosycování svého druhového inventáře z jiných ostrovů v přijatelné vzdálenosti; tato vzdálenost musí odpovídat biologickým požadavkům jednotlivých druhů.

U skutečných ostrovů je dobře datovatelný čas vzniku, jsou proto výhodnými objekty pro studium (Darwin, Wallace). Efekt izolace a efekt okrajů jsou dobře dokumentovány. Kdybychom sumarizovali pro skutečné ostrovy, je druhová diverzita S funkcí:

$S = f(+ \text{ stanovištní diverzity, } - \text{ disturbance, } + \text{ velikosti plochy, } - \text{ izolace, } + \text{ stáří ostrova})$
+ pozitivní vliv na S , – negativní vliv na S



Obr. 6: Závislost počtu druhů na velikosti plochy v (a) lineární, (b) logaritmické podobě. Patrný je jen malý přírůstek počtu druhů (a) mezi bodem M (osa x) označující minimální vzorkovací plochu, a bodem P (osa y) označující maximální možnou úroveň danou zásobou druhů v území („species pool“). (c) Rychlost kolonizace a extinkce při odpovídající druhové rozmanitosti v případech různých parametrů ostrovů (upraveno podle: Forman et Godron 1986).

Terestrické krajiny znamenají značnou odlišnost od ostrovů obklopených vodou. Mnoho druhů krajinné matrice přesahuje hranice „ostrova“, tyto hranice mohou být ostré nebo neostře, na rozdíl od vody může krajinná matrice vykazovat dosti vysokou heterogenitu. Hlavní charakteristika ostrova, izolace, je u krajiny redukována.

$S = f(+ \text{ stanovištní diverzity, } -(+) \text{ disturbance, } + \text{ velikosti plochy, } + \text{ stáří, } + \text{ heterogenity matrice, } - \text{ izolace, } - \text{ diskretnosti hranic})$

Většina prací, které potvrzují korelaci mezi druhovou diverzitou a velikostí plošného útvaru („ostrova“) v krajině, přihlíží ke stanovištní diverzitě. Species-area křivky (terminus technicus) zahrnují systematické zvětšování zpravidla čtvercové plochy současně s vynášením počtu přítomných druhů.

Nejde jen o efekt biodiverzity, ale též o efekt energie a živin – čím větší plocha, tím masivnější jsou energomateriálové toky uvnitř i v rámci interakcí s okolím.

Když jdeme od okraje nějakého plošného útvaru v krajině dovnitř do interiéru, rychle se mění struktura (hustota) vegetace. Například u zbytkového ekosystému lesa ve volné krajině řídne vegetace ve směru od okraje do nitra. Souvisí to s větší dostupností světelné a tepelné energie při okraji a se sníženou konkurencí v otevřeném prostoru (Bramwell 1979). Kumulace energie a živin v biomase v podobě výnosu může být rychlejší na okraji, ale její distribuce z hledisek spotřebních (těžba lesa) je příhodnější uvnitř interiéru lesa (stromy na pokraji bývají díky bočnímu osvětlení pokroucené, hustě větevnaté, poškozované disturbancemi z okolí). Biomasa a produktivita živočichů je jednoznačně vyšší na okrajích než v interiéru zbytkových plošných formací.



Obr. 7: Expandující (a) a kontrahující (b) hranice – tvary plošných útvarů, které indikují možný směr pohybu, (c) zbytková plocha, (d) disturbanční plocha (upraveno podle: Forman 1995).

Jejich aktivita (predace a podobně) se odehrává převážně podél okrajů. U velkých plošných formací bývá na okrajích více druhů, jsou delší potravní řetězce a je větší zastoupení druhů vyšších trofických hladin (jsou na velikost nejcitlivější). Práci na toto téma je málo.

Otázka, která zajímá současnou ochranu přírody, je, **jaký design by měla mít přírodní rezervace**, aby se udržela (a) vysoká původní druhová diverzita, (b) vzácné a ohrožené druhy a (c) stabilní ekosystémy. Přitom velikost rezervace je primárním faktorem, který je třeba vzít do úvahy, kdežto izolovanost, stáří, tvar, disturbanční režim a jiné faktory jsou sekundárního významu. Dilema jedné velké nebo několika malých rezervací už bylo zmíněno na začátku.

Tvar plošných útvarů je záležitost málo prostudovaná. Snad nejvíce informací mají biogeografové, kteří studují areály rozšíření různých druhů a porovnávají jejich tvary, z čehož se dá usuzovat na mezidruhové vazby, dynamiku druhů (stabilita, expanzivnost, kontraktivnost nebo migrace, Obr. 7).

Tvar je důležitý z hlediska odběru vzorků nebo terénních záznamů – známa věc už v měřítku samotného vzorku (kruh či čtverec, náhodné rozmístění, síťové rozmístění).

Tvar ploch je také důležitý z hlediska rozšíření a dostupnosti potravy organismů, možnosti přímého pohybu nebo nutných oklik.

Izodiametrické tvary – kruh, čtverec a jiné souměrné tvary.

Protáhlé tvary – pásy vegetace.

Poloostrovy – zjištěno, že druhová diverzita je nižší než v území, odkud poloostrov vybíhá (Florida, Kalifornie).

Na rozdíl od ostrovů je u poloostrovů usnadněna imigrace druhů – mateřská „pevnina“ funguje jako zdroj a závisí na geometrii poloostrova, jak je migrace ze zdroje účinná. Druhová diverzita zpravidla klesá od báze ke konci. Rozložení druhové diverzity reflektuje odlišné schopnosti šířit se z vnitrozemí přes bariéry napříč poloostrovem (odlehlý konec).

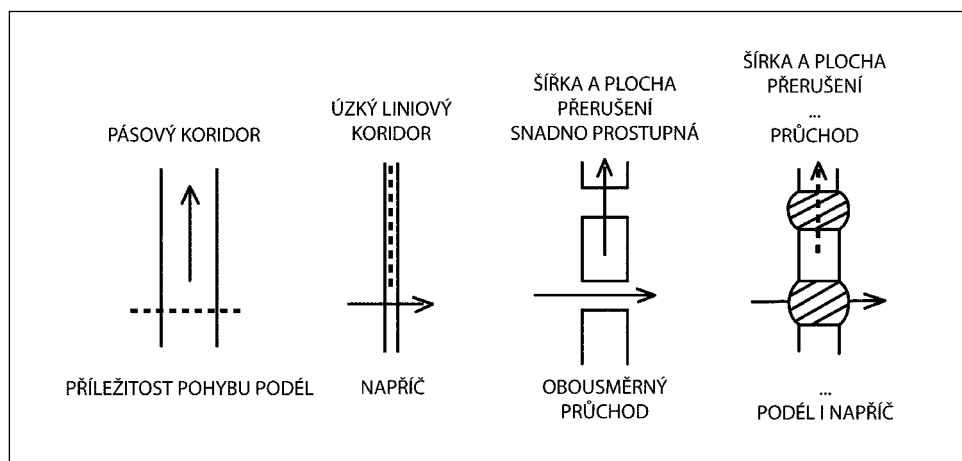
3.9 LINIE (KORIDORY, HRANICE, EKOTONY)

Ekologické funkce krajinné mozaiky významně závisí na vzájemné propojenosti obyvatelných okrsků (ploch) a ta se realizuje prostřednictvím liniových útva-

rů. (V příručkách bývají označovány jako koridory a definovány jako napřímené pásy země, které se liší od matrice na obou stranách.) Vzájemně se mohou lišit v původu, šířce, stupněm a počtem zakřiveností resp. linearity, někdy spádem (usměrněním pohybu mobilních médií) a schopností tvořit síť. Horský terén má zpravidla převahu přímých linií, nížiny kombinují tvary složitější (meandry, přechodná společenstva). Koridory, které po tisíciletí buduje člověk, slouží pro transport, umožňují mobilitu (zákopy ve válce, odlesnění, budování zemědělství, těžba zdrojů). Mohou mít i funkci ochrannou (proti erozi, zadržování větru nebo prachu, konzervace druhů). Proudové koridory prostředkují toky vody, sedimentů, živin, organismů (potok v krajině). Mohou fungovat jako přírodní zdroj – lovná zvěř, genofond. Umožňují nebo znemožňují průchodnost krajiny.

Příspěvek liniových prvků ke krajinné heterogenitě bývá vyjádřen stupněm **spojitosti resp. propojenosti (konektivity) – index gama**. Je dán poměrem počtu spojů v síti k maximu možných spojů ($L/L_{\max}$). Podobně index **oběhovosti (cirkulativity) alfa** je dán poměrem počtu uzavřených okruhů k maximu možných okruhů. Jiné charakteristiky heterogenity mohou být blízkost (proximity), styčnost (contiguity), složitost (complexity).

Konektivita je mírou toho, jak jsou propojeny prostorově související koridory, což má být kvantifikováno jednoduše s pomocí počtu zlomů na jednotku délky koridoru. Vyjadřuje funkci matrice jako soustavy bariér mezi dvěma krajinnými prvky nebo složkami, anebo jako funkci migračních možností resp. genových výměn mezi druhy, anebo je funkcí tvorby ostrovů, když obklopuje minoritní krajinné složky. Málokdy je matrice kompletně propojena – častěji je do různého stupně fragmentována.



Obr. 8: Vliv šířky koridoru a mezer, které ho přerušují, na průchodnost krajiny. Čtyři případy (zleva doprava): zlepšení průchodu koridorem, zlepšení překonání koridoru, zlepšení pohybu podél i napříč, bránění pohybu podél i napříč – pokud jsou mezery neprůchodné (upraveno podle: Forman et Godron 1986).

Zlomy resp. přerušení (breaks) v koridorech jsou delší či kratší diskontinuity. Jsou významné pro pohyb jak podél, tak napříč koridory.

Uzly (nodes) jsou plošné útvary (rozšířeniny) přimykající se ke koridoru, mohou být zároveň místy větvení.

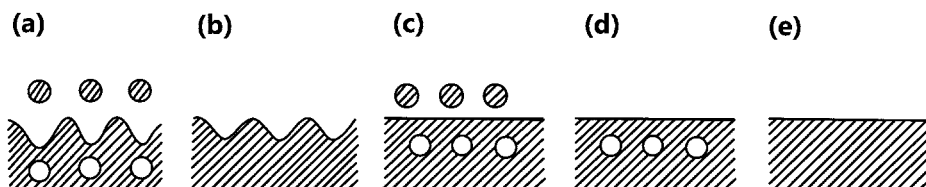
Rozmístění zlomů a uzlů na koridorech je náhodné. Dá se rozeznat různé uspořádání (Obr. 8). V typickém dendritickém uspořádání proudových koridorů, tj. podobným větvení stromu, vidíme často nody obklopující napojení přítoků. Přerušení (zlomy) jsou typické antropické zásahy, často místa křížení dvou různých koridorů.

BOX X: PRŮVODCE EKONOMIÍ PŘÍRODY. 10. MACARTHUR

Matematická teorie byla objevena jako zdroj velkého pokroku v ekologii právě díky Eltonovým konceptuálním pracím, o nichž jsme se již zmiňovali (Box IX). Pionýry využití matematických postupů však byli již dříve, ve 20. letech našeho století, V. Volterra (matematik) a A. J. Lotka (biolog s fyzikální průpravou), kteří nezávisle na sobě odvodili logistické rovnice dvoudruhové interakce živočichů resp. cyklické fluktuace vzájemně závislých populací dravce a jeho kořisti. Odstartovaný „zlatý věk teoretické ekologie“ kulminoval ovšem teprve v 60. letech a dalších dekádách, zejména pod vlivem školy Roberta MacArthura. Ta se oddělila od tábora antiteoretických ekologů a do svého programu si dala za cíl hledat „prediktivní teorii ekologie“. Proti zůstali kritici „zjednodušující teorie“, kteří nepovažovali za podmínku významnějšího pokroku vyvinutí jasného teoretického základu, který by teprve z ekologie učinil vědu. R. MacArthur vnesl do oboru nový, teoretizující pohled a oživil zájem o ekologii zoocenóz. Z jeho dílny zapršelo a záplava byla tu – stoupenci to označili za revoluci nebo nové paradigma v ekologii. Přitáhl k ekologii řadu spolupracovníků a žáků, kteří obor významně ovlivnili: E. Deevey, D. Gates, G. E. Hutchinson, G. Woodwell, L. B. Slobodkin, R. P. McIntosh, R. Margalef, E. Odum, N. G. Hairston a další.

MacArthurovy „kvantitativní teorie“ zahrnující matematické modely se týkaly zejména druhové rozmanitosti, relativních četností druhů, konkurence a druhových vazeb jako součástí teorie niky, a rovněž r a K selekční teorie. Ekologii přesáhla jeho teorie ostrovní biogeografie publikovaná v roce 1967 s E. O. Wilsonem a dávající do vztahu druhové bohatství izolovaných okrsků (ostrovů) s jejich rozlohou a dalšími parametry. Dnes je široce používána v terestrické ekologii, ochraně přírody, ekologii krajiny, územním plánování apod. Ačkoli byla škola teoretické ekologie někdy „trestána“ ekologickou realitou, její rozvoj v 70. letech patrně nepředčila žádná jiná a existuje dodnes. Už první MacArthurovy eseje v intencích teoretické ekologie byly dobře testovatelné podle požadavků na standardní vědecké postupy ve smyslu K. Poppera. Ekologie byla v 60. letech vnímána přes kontext krize životního prostředí. Nebylo nikterak bezprecedentní, že ekologické myšlenky a ekologové byli spojováni s těmito starostmi. Ekologie travinného biomu se objevila zčásti jako odpověď na předchozí krizi prostředí stejně jako ekologie vod reagovala na útlum rybolovu. Terestrická ekologie živočichů, zvláště hmyzích populací, byla produktem potíží zemědělství a lidského zdraví. Administrativní konvence v nazírání na vědu ji idealizuje na objektivní soubor

zákonitostí, teorií a modelů pohotově využitelných k řešení praktických problémů. Ačkoli ekologové měli rozsáhlé zkušenosti a určité úspěchy v empirické oblasti, stáli v 60. letech tváří v tvář dvojímu problému. Na jedné straně čelili výzvě rozvíjet teoretickou ekologii vrůstající do vědeckého oboru a zároveň byli vystaveni tlaku doposud chudě rozvinutou teorii mladé disciplíny dát všanc mnoha aplikovaným testům. Rozdvojení, k němuž došlo mezi „systémovými“ a „teoretickými“ ekology, bylo zčásti následkem požadavků rychle vypěstovat na management zaměřené ekologické inženýry oproti přirozenému směřování k teoretické vědě vyrůstající z evoluční teorie. Je však třeba říci, že ani jedna z těchto dvou větví dichotomie neabdikovala na reciproké cíle. Tedy ani teoretická ekologie neopustila přesvědčení, že matematická populační teorie bude nejlepším základem pro účinné posílení managementu zdrojů. A tak stejně jako kdysi na počátku století první z teoretiků H. A. Gleason z USA a L. G. Ramenskij v Rusku hledali ekologické ekvilibrium pomocí „hluboké analýzy vztahů, působících faktorů a rovnovážných mechanismů“, o půl století později je přijímán macarthurovský koncept „společenstva jako entity složené z populací druhů v rovnováze“ vycházející z exaktních metod studia rozložení vzájemně se regulujících přírodních populací. Intelektuální „hormony“ jedné školy posunuly ekologii k dospělosti. R. MacArthur je zmiňován coby doyen teoretických ekologů. Autoři Cody a Diamond (1995) píší: „Během dvou desetiletí nová paradigmata přeměnila rozsáhlé oblasti ekologie do strukturované prediktivní nauky, která kombinuje silné kvantitativní teorie s poznáním běžně rozšířených uspořádání přírody. Tato revoluce v ekologii se uskutečnila převážně díky práci Roberta MacArthura.“



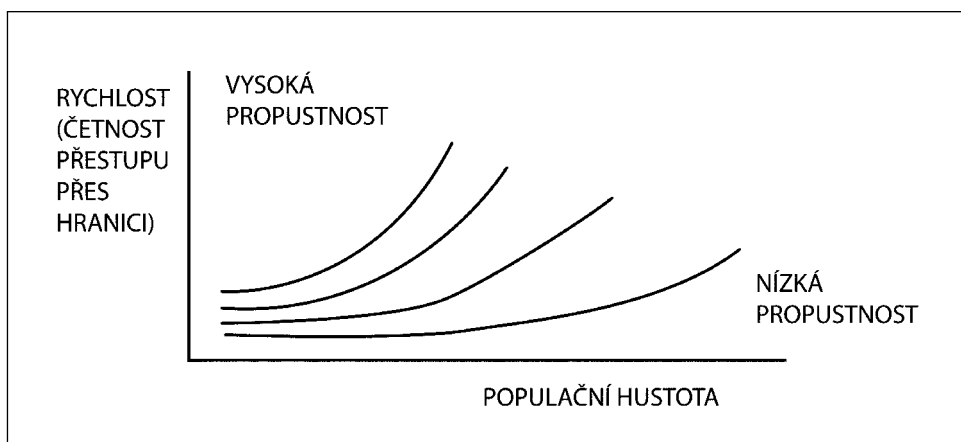
Obr. 9: Uspořádání různých typů hranic mezi ekosystémy. Hraniční linie může být zakřivená nebo přímá, s drobnými exklávami jednoho, druhého nebo obou typů při přesahu do druhého ze sousedících ekosystémů (upraveno podle: Forman 1995).

Překryv pojmů koridor a **ekoton**: přestože se plošné útvary v krajině odlišují, mohou obsahovat společné prvky (Obr. 9), například druhy – tzv. druhy okrajů (edge effect). Přejídné pásmo může být velmi úzké, anebo odstupňovaně širší. Vždy však má z hlediska krajinného rozměru liniový charakter. Tak jako plošné formace mají své typické „vnitřní“ druhy, tak také ekotony mají specifické druhy vázané jenom na ně (jiná možnost – směs některých druhů z obou sousedních ploch). **Stupeň kontrastu** může u ekotonu spočívat například v morfologii terénu, v odlišnosti geologického podloží nebo v sukcesním stáří sousedících ploch. Zdá se, že čím větší kontrast v sukcesní zralosti, tím potenciálně větší škála druhů se v ekotonu může vyskytovat – tím větší druho-

vá diverzita je potenciálně možná. Biodiverzita byla studována zejména v silně zkulturněných krajinách Severní Ameriky a Evropy (Anglie, Francie a jiné) na modelových liniích živých plotů, větrolamů, remízků apod. Bylo zjištěno kolem 500–600 druhů cévnatých rostlin vázaných na tyto útvary. Prakticky žádné rostliny zde nejsou limitovány – vyskytují se v nich skupiny druhů otevřené krajiny, ale i druhů lesního interiéru a mnohé z nich jsou druhy lesních okrajů.

Jak se tyto charakteristiky vztahují k **dynamice ekotonu**? Jednou z možností je efekt bariéry – to znamená, že ekoton odkloní nebo blokuje pohyb tzv. **vektorů** (větru nebo vody, jež transportují hmotu – například prašné částice nebo semena rostlin). Stupeň, v jakém takto ekoton funguje, lze vyjádřit pomocí **propustnosti (permeability)** a může sloužit jako míra, pomocí níž lze nazírat ekotonem ohraničenou plochu jako otevřený nebo uzavřený systém. Propustnost je funkcí jak charakteristik samotného ekotonu, tak vektoru. Mezi měřitelné vegetační parametry, jež ovlivňují propustnost ekotonu, patří výška porostu, denzita, vertikální struktura, pokryvnost (zápoj), biomasa. Populační hustota rostlin budujících ekoton, ale též populační hustota živočichů v plochách po stranách má vliv na pravděpodobnost (častost) překročení hranice mezi plochami (Obr. 10). Epidemiologové dokonce stanovili takové teoretické podmínky, které vymezují denzitní prahy, při nichž může z populačního ohniska nákaza narůst („přeskočit“) do rozměru epidemie.

Faktory, které určují povahu ekotonů, jsou zejména **klimatické a edafické**. Makroklima se svými fluktuacemi může způsobit například vyhynutí některých druhů při extrémním průběhu zimy. Mikroklima může zvýhodnit vyklíčení určitých diaspor, které by normálně v krajině neměly šanci (například pod skalní clonou). Edafické faktory jsou zpravidla výrazem prostorové a časové distribuce klíčových zdrojů (živiny, voda) a určují uspořádání vegeta-



Obr. 10: Závislost intenzity transportu materiálů (přestupu přes hranici) na populační hustotě „vektoru“ překonávajícího hranici při různé propustnosti hranice (upraveno podle: Wiens et al. 1985).

ce a tím i transformaci energie do primární produkce (pásmovitost vegetace kolem rybníka).

Zvláštní pozornost si zaslouží role fyzikální a biologické disturbance. Přímé narušení – například požár (protáhlé vegetační pásy) nebo zaplavení terénních depresí při povodních. Biologická disturbance může výrazně redukovat krajinnou heterogenitu (při masívní zátěži například spásáním nebo sešlapáváním se rozpouštějí meziplošné hranice).

Souhrn: Které fenomény spojené s ekotonem opravňují k tomu, aby mohl být jako ekoton vymezen?

- (1) Intermediární postavení charakterizované škálou podob diskrétnosti hranice (příkrý přechod na diskontinuálním nebo hladkém gradientu prostředí, postupný nebo „mozaikovitý“ ekoton, kde jsou přítomny poloostrovy či ostrovy) – například Hansen et di Castri 1992.
- (2) Kontrast mezi sousedními plošnými útvary v různých rysech – například u geomorfologických liniových zlomů, sukcesních diferencí (například Kovář 1989, 1992a).
- (3) Hraniční dynamika a hraniční (polo)propustnost (odolnost vůči tokům energie, materiálu a organismů závisí na trvání sousedních ploch a změnách struktury ekotonu v čase – například synmorfologie rostlinných porostů ovlivňuje efekty „bariéry“ nebo „filtru“) – například Wiens et al. 1985, Kovář 1990.
- (4) Podpora častosti pohybu podél ekotonu (šíření rostlin, živočichů nebo disturbance – například vodou, ohněm nebo pasoucími se živočichy) – například Forman 1983.
- (5) Ekologická odpověď na disturbance (odolnost nebo pružnost ekotonu k narušování různé intenzity a rozměrů se liší podle předchozího „nastavení“, uspořádání, fenofáze apod.) – například O'Neill et al. 1986.
- (6) Příčinné mechanismy vzniku ekotonu (vnější nebo vnitřní procesy, události vytvářející a udržující ekotony působené lidmi nebo přírodními fenomény) – například Holland 1988.
- (7) Fenomény biodiverzity:
 - (a) okrajový efekt – tendence společenstev mít vysokou hustotu a rozrůzněnost bioty v přechodné zóně; ekoton podporuje druhy z každého ze sousedních společenstev – například Leopold 1933;
 - (b) druhová diverzita je intermediární mezi sousedícími plošnými útvary – například Hansen et di Castri 1992;
 - (c) druhová diverzita a pokryvnost je menší než v kterékoli ze sousedních ploch – efekt uplatňující se zvláště v dramaticky fluktuujícím hraničním prostředí – například van der Maarel 1980.
- (8) Zdroj environmentálních a biotických účinků na přiléhající plochy (zárodky organismů nebo minerální živiny se pohybují z ekotonu do krajiny a způsobují tam různé efekty) – například Forman 1981.

3.9.1 NEJVÝZNAMNĚJŠÍ TYPY KORIDORŮ

S výjimkou přirozených koridorů (vodní toky, cesty zvěře k napajedlům apod.) jsou všechny koridory existenčně vázány na lidskou aktivitu (dodávky energie), a proto je jejich dynamika spojena se specifickým druhem zasahování (správa – management).

Strukturu koridorů můžeme vidět ve dvou perspektivách – zvnějšku (hledisko fyziognomie, tvaru a začlenění do krajiny) a zevnitř (hledisko vnitřního mikroprostředí). Rozlišujeme tak:

- (a) **liniové koridory** – úzké pásy (živé ploty, silnice, kanály, navigace, hráze). Jejich prostředí a druhové obsazení je vysoce ovlivňováno přilehlým okolím a biotou (zpravidla žádné specifické druhy);
- (b) **pásové koridory** s okrajovým efektem na každé straně, jsou dosti široké, aby mohly obsahovat původní vnitřní prostředí uprostřed (například ptačí společenstva v lese a pod vedením vysokého napětí);
- (c) **proudové (průtočné) koridory** – pruhy vegetace podél vodního toku (role v regulaci vody a toku minerálních živin) – migrační cesty;
- (d) **biologické koridory** – (i) disturbanční, (ii) zbytkové, (iii) vázané na zdroje, (iv) pěstované, (v) regenerované.

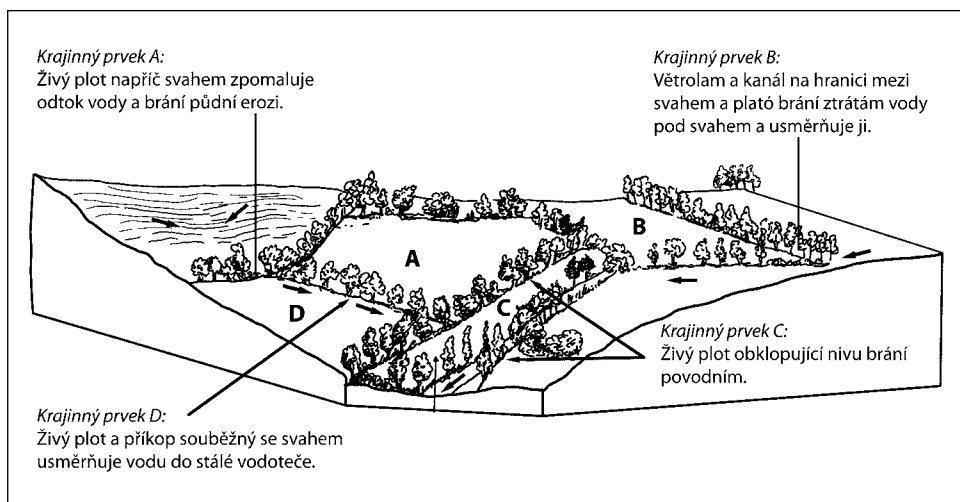
Pásové koridory obsahují „vnitřní“ prostředí a „vnitřní“ druhy, zatímco úzké koridory jsou složeny z druhů okrajů. Proudové koridory (vodních toků) jsou nejúčinnější v kontrole pohybu vody a minerálních živin z okolní ploché krajiny do toku, když kryjí nivu a břehy a když jsou dost široké na to, aby podpořily pohyb druhů vnitřního prostředí z okolních plošných formací. Síť obsahuje alternativní cesty pro pohyb druhů, má rozrůzněné typy přerušení, uzavírá (obklopuje) krajinné elementy a vykazuje různý rozměr ok sítě. Velké plošné útvary nebo uzly přisledající ke koridoru slouží jako důležitý zdroj druhů pro koridor.

3.9.2 HLAVNÍ FUNKCE KORIDORŮ

- (1) stanoviště pro zcela určité druhy
- (2) kanál (vodič) pro pohyb podél koridorů
- (3) bariéra nebo filtr oddělující území
- (4) zdroj environmentálních nebo biotických účinků na okolní matici

Všechny tyto funkce (Obr. 11) se týkají pohybu (toku) živočichů a rostlin; pouze poslední dvě funkce se vztahují k toku energie a minerálních živin.

Například silnice s lemy: (1) pás speciálních rostlinných druhů, které nejsou v okolní matici, (2) pankejt s vysokou vegetací, kudy v noci migruje zvěř přicházející z okolních ploch, (3) silnice a pankejt jsou filtrem, který snižuje pohyb malých živočichů mezi opačnými stranami přisledajícími k silnici, (4) silnice je zdrojem prachu, který je větrem přenášen na přilehlé plochy.



Obr. 11: Diagramatické znázornění funkčních jednotek kontrolujících toky vody v krajině protkané sítí živých plotů a stromořadí. Každá jednotka je složena ze sady liniové dřevinné zeleně a napojených příkopů – některé prvky vodu zadržují, jiné usměrňují její odvádění svažitým terénem (upraveno podle: Burel et Baudry 1990).

Když se díváme na mobilitu objektů v krajině matrici, je pro nás důležitých sedm charakteristik:

(1) Matrice s vysokou **konektivitou (propojeností)** může být rozdělena několika bariérami, které by mohly zabránit pohybu přes krajinu. Horko, prach a semena dispergovaná větrem se mohou pohybovat v relativně uniformním toku přes matrici. Živočichové nebo oheň se mohou šířit v téměř nerušené expanzi v určitém typu krajiny. Pak se projeví úsilí lidí konstruovat překážky šíření ohně ve smyslu snížit konektivitu. Na druhé straně, při snaze chránit jisté „vnitřní“ druhy, které nemohou překračovat úzké koridory, se konektivita matrice zvyšuje. Dá se proto očekávat, že nejvyšší průměrné rychlosti pohybu jsou tam, kde matrice vykazuje vysokou konektivitu.

(2) **Resistance krajiny** vůči pohybu (průchodnosti) – dána souborem strukturálních charakteristik, které ovlivňují rychlost toků (pohybu) objektů v krajině. Krajinná resistance vyplývá ze dvou charakteristik hraničních struktur: (a) frekvence přestupu hranice, (b) diskretnosti hranic. Navíc ještě přistupují dvě charakteristiky krajinných elementů: (c) pohostinnost (obyvatelnost), (d) délka (rozměr) každého elementu. Diskretnost hranic znamená stupeň náhlosti nebo pozvolnosti přechodu z jednoho prostředí do druhého, což ovlivňuje rychlost pohybu.

(3) **Zúženiny, soutěsky.** Na některých místech je matrice zúžena. Tam pak může docházet ke zrychlení, nebo naopak zpomalení pohybu objektů. Například v zúženém místě vodního toku nebo ve větrné průrvě rychlost ak-

celeruje. Objekty, které se přemísťují lokomocí, jsou naopak často zpomaleny – stáda migrujících živočichů se zastaví při průchodu soutěskou. Například sobi využívají průchodu podél vybudovaného potrubí z Aljašky.

(4) **Poréznost** (porosity) a interakce mezi plošnými útvary. Poréznost je mírou hustoty ploch v krajině. Chceme-li hodnotit poréznost matrice, jednoduše spočítáme přítomné plochy. V nejjednodušším případě obsahuje studovaná krajina jedinou hranici, která přetíná obvod na obou stranách. To je otevřená hranice. Uzavřená hranice znamená kružnice nebo polygony apod. Obkroužený element zpravidla není matricí a druhové složení hraje roli při determinaci – je velká pravděpodobnost, že okolí kontroluje plochy, což má význam třeba při sukcesi (přisun diaspor rostlin tvořících klimax z okolí). Konektivita matrice může být kompletní, ale zůstává nejasné, jestli M nebo P je matricí. Další případ nastává, když konektivita matrice není kompletní.

Čím větší je počet políček uvnitř uzavřených hranic, tím poréznější je matrice. Příklady ukazují, že koncept poréznosti je nezávislý na konektivitě.

Vysoká poréznost matrice může mít jak malý, tak velký efekt na pohyb objektů krajinou, což závisí na povaze toků mezi matricí a plochami. Jestliže jsou plochy neobyvatelné nebo na nich číhají dravci, pak pro zvířata pohybující se krajinou je transport riskantní a bude pomalý. Jestliže naopak jsou plochy lákavé, pak pohyb bude saltační (skokem). **Stupeň interakce** mezi jednotlivými plochami bude záviset na vzdálenosti mezi nimi.

Souhrn: Na to, abychom popsali pohyb objektů přes matrici, není formule, která by inkorporovala faktory pro nízkou a vysokou konektivitu, resistenci, častost zúžení a poréznost.

(5) **Pole vlivu** (influence field). Geografové používají tento termín pro označení území, které je pod vlivem nějakého nodu (uzlu) nebo plošného útvaru (bodového nebo plošného „zdroje“). Intenzita vlivu může kolísat podle vzdálenosti. Příklady: Semena šířená kolem stromu, prach šířící se z otevřené plochy, znečištění z průmyslového zdroje apod. Je třeba rozlišovat podle toků vysokého, středního a nízkého řádu. Vysoký řád mohou reprezentovat toky znečištění devastující řádově kilometry kolem hutě. Pole vlivu mohou být mapována na různé rozměrové škále (v různém řádu). Pro tento účel je třeba provést klasifikaci toků různých řádů – vznik hierarchické prostorové struktury. Tato klasifikace je preciznějším přístupem k pochopení účinků poréznosti.

(6) **Poloostrovní propojení** (peninsular interdigitation). Dendritické uspořádání vegetace, které odráží propojení údolí říční sítě s kopcovitým terénem je příkladem. Toto uspořádání v krajině je běžné a dá se z něho modelovat eroze.

Krajinná konfigurace by měla ukazovat uspořádání druhové diverzity. Dá se vyslovit hypotéza, že celková druhová diverzita je největší v centrální části prostupujících se „poloostrovů“ (kontakt), kde jsou přítomny druhy obou krajinných složek (elementů). Většina druhů v úzkých „poloostrovech“ jsou druhy okrajů. Diverzita druhů „vnitřních“ by měla být nejvyšší v homogenních oblastech vždy na jedné straně prostupujících se arel. Rychlost pohybu přes krajinu

„poloostrovů“ se bude značně lišit podle směru toku. Paralelně s poloostrovními „prsty“ bude velká, pokud jsou poloostrovy kanály s dobrou „vodivostí“. Při pohybu napříč tomu bude naopak.

(7) **Prostorová orientace** (poloha) ve vztahu k toku. Významnou charakteristikou je zde tvar plošných útvarů: determinuje úhel interakce (vítr, svažitost, šíření od zdroje jeví souběžnost s podélnou osou plošného útvaru). Přesychání lesa je menší, když převládající větry jsou souběžné s podélnou osou.

Sít je tvořena nody a koridory. Nody mají dvě funkce: přerušují koridory a jsou zdrojem (anebo propadem) objektů, které se pohybují v toku. Alternativní trasy v rámci sítě koridorů představují smyčky (okruhy): loops. Zvyšují účinnost pohybu v krajinných úsecích. Jinak by byl pomalejší. Zvyšuje se tak stupeň, v němž jsou uzly sítě propojeny – konektivita.

3.9.3 KONEKTIVITA, SPOJITOST (CONNECTIVITY), SOUVISLOST (CONNECTEDNESS) A KORIDORY

Heterogenita krajiny je dána přítomností ploch s různým stupněm izolovanosti od jiných ploch téhož typu. Je zřejmé, že izolace vytváří podmínky pro difuzi organismů a snižuje schopnost přežití, pokud jsou organismy málo početné. S problémem izolace se snaží vypořádat tři koncepty.

(1) **Connectedness (kontaktnost, souvislost)** je stupeň fyzického kontaktu mezi plochami. Je to strukturní atribut krajiny a může být mapován (odtud – matrice je nejpropojenějším resp. nejsouvislejším elementem krajiny). Obecně se kontaktnost užívá k posuzování jiných prvků krajiny, jako jsou lesíky, živé ploty, říční toky a podobně.

V některých kulturních krajinách je síť živých plotů prvkem s největší kontaktností s maticí polí. Kontaktnost lesa hraje zásadní roli pro druhy vyžadující stromový zápoj. Například nárůst kontaktnosti lesa v krajině s opuštěnou půdou (úhory) favorizuje v celé Evropě divoká prasata.

(2) Merriam (1984) použil **konektivitu (propojenost, spojitost)** jako „parametr k měření procesů, jimiž jsou subpopulace v krajině propojeny do demograficky funkční jednotky“. Konektivita tak může být nazírána jako inverzní korelát nepřátelství meziplošného prostředí. Krajiny s velkou konektivitou mohou zajišťovat větší pravděpodobnost přežívání izolovaných populací.

V určitých případech může být kontaktnost nízká, ale propojenost vysoká, a v takovém případě se dá předpokládat, že existují funkční koridory.

(3) **Koridory** – struktura a funkce. Koridory jsou funkční struktury v krajině a jejich přítomnost je zásadní pro zmírňování efektů fragmentace nebo pro migraci organismů. Existují koridory s výraznou strukturou – například živé ploty. Koncept koridoru není úplně jasný, protože pojem bývá užíván v různém smyslu. Nejčastěji je definován jako úzký pás jednoho typu prostředí, který je ze stran obklopen jinými typy prostředí.

Souhrn

- Kontaktnost a propojenost jsou dva atributy heterogenních krajín.
- Kontaktnost je stupeň fyzického kontaktu mezi plochami.
- Propojenost je proces, jímž jsou subpopulace propojeny do demograficky funkčních jednotek.
- Koridory jsou fyzikálně nebo funkčně vymezené úzké pásy, které zvyšují propojenost a dovolují pohyb rostlin a živočichů přes nepřátelskou matici (ačkoli jsou silně diskutabilní, koridory jsou důležitými komponentami krajiny).
- Funkce a atributy koridorů jsou druhově specifické.

BOX XI: PRŮVODCE EKONOMIÍ PŘÍRODY. 11. ODUMOVÉ

Myšlenkový proud, u jehož základů stáli Tansley a Elton (Boxy VIII a IX) košatěl v obsažnou, na energetice založenou ekonomii přírody. Poslední krok byl učiněn v roce 1942, kdy postgraduální student univerzity v Yale, Raymond Lindeman (27 let), publikoval titul „Troficko-dynamický aspekt ekologie“. Bohužel ještě předtím, než práce vyšla, její autor po delší nemoci zemřel a vědecká komunita tak přišla o jeden z nejbrilantnějších mozků. Jeho učitel G. E. Hutchinson napsal: „Poprvé tu máme dynamiku biocenózy prezentovanou v podobě, kterou lze upravit pro plodnou abstraktní analýzu.“ Jezerní ekosystém (Cedar Bog Lake v Minnesotě) byl pro Lindemana tím nejlepším případem ke studiu využívání energie, hlavně díky jednoduše podchytitelným rostlinným populacím a snadnému měření biomasy. Všechny přítomné organismy bylo možné seskupit do sérií více méně diskrétních „trofických hladin“ a zachycením potravně-energetického cyklu postihnout metabolismus celku. Významným cílem Lindemanovy ekologie bylo kvantifikovat energetické ztráty a určit „účinnost“ přenosu energie mezi potravními hladinami.

Energeticko-ekonomický model dominoval anglo-americké ekologické scéně už v meziválečném období a pak po 2. světové válce, kdy se díky vstupu matematicky orientovaných ekologů (Box X) nová nauka zařadila po bok „tvrdých věd“. V řadě poválečných vůdčích osobností se objevuje jméno Eugene Odum, a také jméno jeho bratra Howarda. V té době ekosystém se svými závisle propojenými trofickými úrovněmi představuje modernější náhled na přírodní řád. Jako ekonomický systém soudobé západní civilizace se příroda stává korporativním státem, řetězcem továren, montážní linkou. Konflikt má málo místa v tak dobře regulované ekonomii. Stávky jsou neslýchanou věcí: zelené rostliny pracují pro býložravce, aniž by se vyhýbaly práci nebo nařikaly. Na jednom z odumovských diagramů ekosystému všechny energetické spoje prudce běží vedle sebe, konvergují, vystřelují do zpětněvazebných smyček tam, kde začaly, a sledující termodynamické šipky způsobně směřují k bodům výstupu. Dopravní kontrolor by nemohl žádat lépe naprogramovaný svět. Bylo to období rozbíhající se počítačové organizace a ekologie zdůrazňovala tok „zboží a služeb“, energie – v podobě automatizované, pacifikované přírody, kde nechybí manažerský étos.

K významným nálezům 50. let patřilo, že detritový potravní řetězec (jenž byl Lindemanem víceméně ignorován) je povážlivě větší než pastevně-kořistnický, jak se tradovalo

v produkčních studiích manifestujících jeho důležitost pro člověka. Došli k tomu bratři Odumové ve snaze zkonstruovat lindemanovské diagramy toků energie v ekosystémech. H. T. Odum byl hlavním aktérem v oživení „zákona maximální energie“ A. J. Lotky a zavedl interpretaci klimaxového společenstva s využitím aparátu „vstup-výstup“, „energie-entropie“ (2. zákon termodynamiky). R. Margalef (1958) spojil ekologii a teorii informace zavedením měření „řád-informace“ nebo „řád-negentropie“ ve společenstvech. Teorie informace vpustila Shannon-Weaverovu informační rovnici do ekologie, aby měřila diverzitu (rozmanitost) objektů. B. C. Patten (1959) se pokusil studovat ekosystém z kybernetického hlediska a integroval řád a informace s komplexitou, produktivitou, diverzitou a stabilitou během sukcese a v klimaxu. Práci opatřil úvodem pro statistickou mechaniku ve formě Boltzmanovy-Planckovy rovnice. Teorie informace byla oslavována coby velmi slibná pro biologii, ale objevily se práce argumentující pro její nevhodnost. Polemiky vedly k empirickým výzkumům – mnoho znamenal široce založený Mezinárodní biologický program (IBP) studující produktivitu světových biomů. E. P. Odum identifikoval desetiletí 1968–78 jako éru počínající systémové ekologie. Bratři Odumové jsou (na rozdíl od populačního teoretika R. MacArthura) prominentními zastánci holismu („celek je víc než pouhý součet částí“). E. P. Odum (1977) připouští, že věda je jak redukcionistická, tak holistická, ale upřesňuje, že prvého bylo až dosud moc a druhého málo (a dodává, že mezi akademickými subjekty je ekologie jedním z mála, jenž patří holismu). Systémová teorie se „nenápadně“ prolнула do ekologie v různých „přestrojeních“. Van Dyne (1980) pátral po „otcovství“ a uvedl 66 odkazů – pionýři systémové ekologie byli (jako průkopníci kdekoli jinde) vysoce individualističtí, takže se špatně stopuje každý příspěvek, ačkoli jsou jasná centra původu, vzájemné interakce a síť recipročních citací. Nakonec nominoval J. Olsona, rostlinného ekologu z Oak Ridge National Laboratory, jako „otce systémové ekologie“. A to na základě práce z roku 1962, jež modelovala ekologické systémy za použití diferenciálních rovnic a vytvořila simulace ekosystémů jako analogových a digitálních počítačů.

Po „zakladatelské fázi“ přišly na pořad jiné pohledávky. Van Dyne označuje jako „skutečný průlom“ v systémové ekologii analogově-počítačový model simulující izotopový pohyb mezi částmi ekosystému. Oba Odumové byli mezi průkopníky výzkumu radioaktivního spadu z nukleárních testů – atomový věk posunul díky rozvoji izotopových metodik studie do oblasti životního prostředí. Vůdčím pracovištěm byla Sekce pro radiační ekologii v již zmíněném Oak Ridge. Systémová ekologie vyrašila v 60. letech a uplatnila výhody matematiky v pokroku ekologické teorie. Ekologové od 20. let pocítovali zásadní nedostatek v artikulaci obecných ekologických principů (už H. C. Cowles se v roce 1904 vyjádřil o ekologii jako o chaosu). Proto také jedním z důvodů opakovaných reedic známé učebnice E. P. Oduma *Základy ekologie* (1953) bylo to, že současně představovala kompendium ekologických principů; její třetí vydání jich obsahovalo 30. Český překlad učebnice vyšel v nakladatelství Academia v roce 1977, kodifikoval na desetiletí ekologickou terminologii a ovlivnil celou generaci našich odborníků.

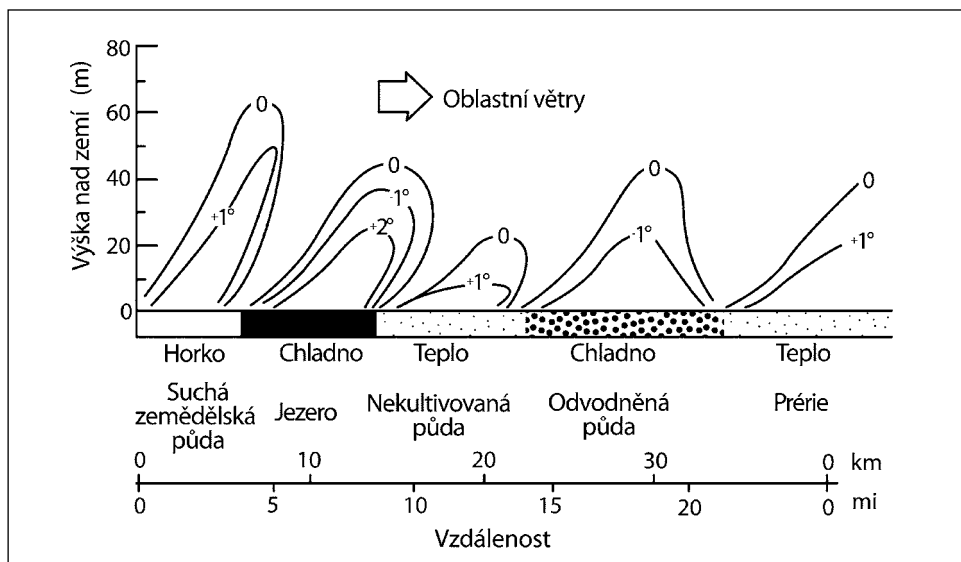
Dynamika v krajině

Nic v krajině není statické. Energie, živiny a většina druhů organismů se pohybují z jedné krajinné složky do jiné (z lesa na jeho okraj, z okraje do otevřené krajiny). Děje se tak frontálně i liniově v závislosti na transportních mechanismech (Obr. 12): větrem, vodou, živočichy (létavými, plovoucími, podzemními), člověkem. Jiné mechanismy mohou být důležité v lokálním měřítku: například šíření semen explozí plodu (netýkavka), kutálením po svahu (gravitace apod.). Rozměr změn je stejně jako jiné jevy hierarchizován: přesun diaspory trvá chvíli, sukcesní sled střídajících se vegetačních formací přesahuje mnohonásobně život kteréhokoli pozemského jednotlivce bez ohledu na druh, k němuž patří.

Větr má škálu působnosti – ve vztahu k tepelné energii, prachu, obecně aerosolům resp. polutantům, sněhu, písku, pylu, rostlinným diasporám (malé plody nebo semena s chmýrem), drobným živočichům (babí léto – pavouci), často hmyzu (mšice, blanokřídlí).

Voda – povrchová nebo podzemní nese minerální živiny, plody, semena, hmyz nebo toxické látky.

Létající organismy (ptáci, netopýři, včely) přenášejí semena, spóry, pylová zrna, jiné (parazitické) organismy.



Obr. 12: Přenos horkého a chladného vzduchu přes různé typy krajiny. Stupně Celsia udávané nad nebo pod teplotou hraniční vrstvy platí pro odpoledne 6. 8. 1968 v jižní Albertě, Kanada (upraveno podle Forman et Godron 1986).

Pozemní živočichové – transportují plody, vlastní trus – živiny, jiné organismy, biomasu rostlin nebo detritus.

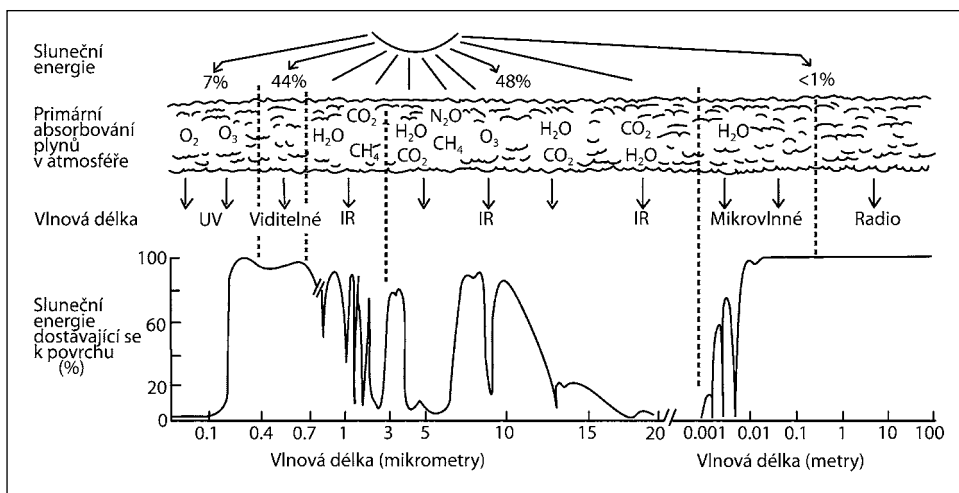
Člověk – transportuje vše, co se dá, nejen osobně – na sobě či v sobě, ale v kontejnerech nejrozličnějších sort (velikostí a kvality).

4.1 PŘESTUP ENERGIE V KRAJINNÉ MOZAICE

4.1.1 VERTIKÁLNÍ ENERGETICKÉ TOKY

(a) Sluneční záření a albedo

Většina sluneční energie zahrnuje záření o vlnové délce menší než 3 μm (krátkovlnné záření), naproti tomu radiace vyzařovaná Zemí je převážně v rozmezí vlnových délek 3–25 (1000) μm (dlouhovlnné záření). Naše atmosféra rozdílně filtruje sluneční energii – téměř všechno krátkovlnné záření (gamma a UV) je pohlcováno vrstvou ozonu a kyslíku několik kilometrů silnou. Část sluneční energie o maximální vlnové délce 0,5 μm (zelené světlo) projde atmosférou k zemskému povrchu. Zde je mimo jiné využito pro fotosyntézu. Infračervené záření (0,7–1000 μm) je pro nás neviditelné. Každý z atmosférických plynů pohlcuje jinou část spektra (například H_2O a CO_2 pohlcují část IR, metan CH_4 a N_2O jinou část IR atd. – to souvisí se změnami teploty, viz například rostoucí teplota se vzrůstem koncentrace CO_2 , Obr. 13).



Obr. 13: Sluneční energie různých vlnových délek pronikající skrz atmosférické plyny než dosáhne zemského povrchu – generalizované globální průměry (upraveno podle: Forman 1995).

Sousedící lokální ekosystémy obdrží přibližně totéž množství solární energie, krajiny v širším měřítku se však v proporcích jednotlivých spekter mohou lišit právě pro rozdíly v podílech atmosférických plynů nad oblastmi (oceán, poušť, tajga, urbánní krajina). Dopadající radiace je zemským povrchem buď pohlcována nebo odrážena. Krátkovlnné záření (0,3–3,0 μm) dosahující zemského povrchu je pohlcováno, jen část je odrážena zpět do prostoru. Tato reflexe krátkovlnné energie se nazývá **albedo**. Albedo je vyšší pro hladké povrchy se světlými barvami a nižší pro drsné tmavé povrchy. Proto má čerstvý sníh albedo 80–95 % celkově vstupujícího záření, absorbuje pouze 5–20 %. Písek nebo světlé písčité půdy mají albedo 25–45 %, v kontrastu s tím tmavé rašeliny 5–15 %. Většina polních kultur má odrazivost 20–30 %, opadavé lesy 15–20 %, jehličnaté lesy 10–15 %. Nejméně odrážejí v krajině jezera.

(b) Tepelná energie a evapotranspirace

Co se stane s energií po jejím „přerozdělení“ po dopadu na zemský povrch? Část záření neodražená zpět do atmosféry, pohlcená povrchy (půdou, vegetací) tyto povrchy ohřívá a vyzařuje i do okolí. Nejvíce tepelné energie vydávají zpět do atmosféry tmavé povrchy (například les v noci). Další klíčovou funkci má povrchy absorbovaná energie v tom, že poskytuje teplo pro metabolismus, růst, dekompozici, evapotranspiraci (ET) apod. ET je odpařování vody z půdy a z rostlinných povrchů. Různé biomy se výrazně liší v ET – například severoamerické opadavé lesy mají výrazně vyšší ET než poušť (ta se zdá horká, ale není to pro neobvykle velký přísun sluneční energie, nýbrž pro velmi malou ET).

Pokud víme, že vstupující radiační energie je shodná u různých krajinných mozaik, pak první kontrolou energetického toku je albedo. Nejvyšší odrazi-

vost je u plně vyvinutých polních kultur a luk, nejnižší albedo je u větrolamů, tmavých půd, luk po seči a u ozimé pšenice, která začíná odnožovat. Albedo se samozřejmě mění v sezóním vývoji. Plodiny před sklizní odrážejí nejméně dvakrát víc energie na jednotku plochy než neolistentá stromořadí resp. větrolamy.

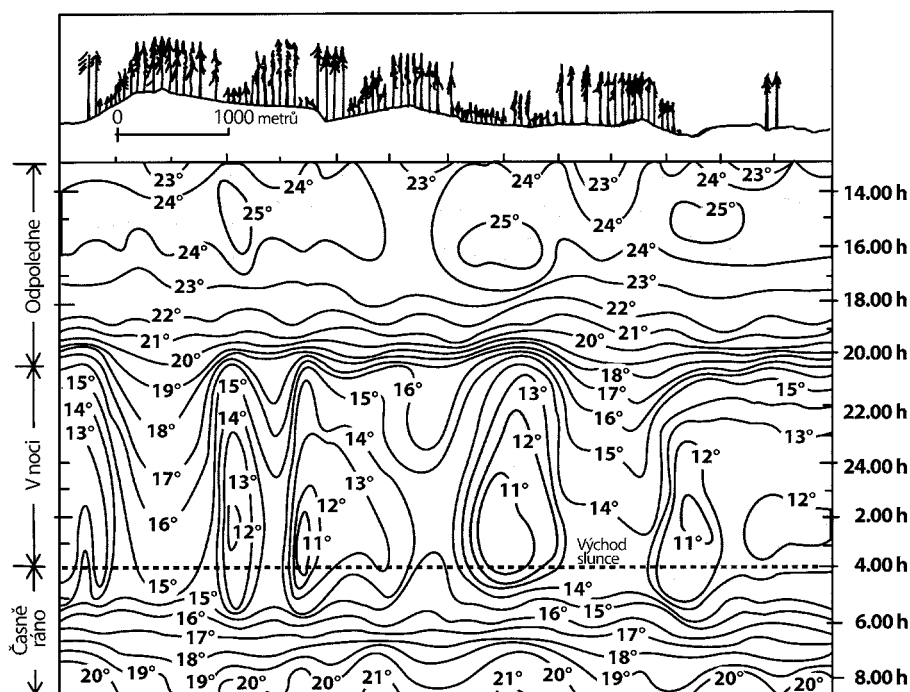
Co se týče ET, tam, kde je vysoká spolu s velkou distribucí pohlčené energie do ohřevu půdy a do ovzduší, je i velká produktivita rostlin. ET bývá nejvyšší u rozptýlené zeleně v krajině (živých plotů, větrolamů) a nejmenší u čerstvě zoraných polí (rozdíl dvojnásobku). Větrolam využije o 40 % víc absorbované energie pro ET než pšeničné pole. Za jednu sezónu tento větrolam může vykazovat ET o 17 cm vody víc než stejná plocha pšenice. Zároveň jeho ET za sezónu převyšuje vstup srážek o 62 %. Znamená to tedy, že větrolam vysušuje přilehlou půdu v okolí. Tato čísla u větrolamu jsou vysvětlitelná: má větší půdní vlhkost (zadržuje víc deště a sněhu), dlouhé kořeny (horizontální i vertikální), menší rezistenci průduchů vůči ET a větší výšku zápoje (vertikální rozložení listoví) resp. „drsnost“, což způsobuje turbulenci a obecně komplikovanější proudění vzduchu.

Měření energetické bilance v středoevropském mozaikovitém typu krajiny ukázala, že u různých mozaik nejsou rozdíly nikterak význačné. Vysvětluje se to zhruba čtyřmi důvody: (1) i přes různost zastoupených polních kultur a půdních typů je jejich albedo podobné; (2) nejsou přítomny žádné rozsáhlé lesy s radikálně odlišnými toky energie; (3) liniové resp. pásové prvky vegetační (větrolamy a podobně) zaujímají pouze velmi malé procento plochy; (4) energie se pohybuje horizontálně mezi ekosystémy, což průměruje rozdíly na krajinné úrovni.

4.1.2 ADVEKCE

Vodorovný pohyb energie a materiálů. Na rozdíl od albeda a teplotních kontrastů mezi zemí a ovzduším se vytváří mezi sousedními ekosystémy energetické gradienty nebo více či méně ostré rozdíly (Obr. 14). Teplo stéká z horkých do chladnějších míst – žádný terestrický ekosystém není vůči těmto vstupům a výstupům izolován. Tři až čtyřstupňové rozdíly nočních teplot například mezi lesem a přilehlým bezlesím znamenají, že za typické bezvětrné noci se vzduch pohybuje pomalu horizontálně – od lesa na mýtinu. Přitom se otevřená plocha zbavuje tepla, které putuje vertikálně do prostoru. Samozřejmě, že vodorovně i svislé proudění unáší plyny, aerosoly, spory a jiné partikule.

Advekce je také důležitá v širším – regionálním – měřítku a nese s sebou difference. Tak například mořský vítr (bríza) ochlazuje v létě pobřeží. Horizontální proudění může lokálně ovlivňovat například ET – pak se mluví o tzv. efektu oázy. Dochází k akceleraci vertikálního pohybu vodu přes rostliny díky denním výsušným podmínkám působeným horkým větrem z pouště. Efekt oázy se vyskytuje i ve vlhkých územích (například u lužního lesa sousedícího proti větru s křovinnou formací).



Obr. 14: Srovnání změn letních teplot na lesních plochách a pasekách v rozmezí dvaceti hodin. Podél linie 7 km (horní část diagramu) bylo provedeno měření teplot (ve °C) v prsní výšce každou hodinu. Horní stínované plochy = nejvyšší odpolední teploty; dolní stínované plochy = nejnižší noční teploty (upraveno podle: Forman 1995).

Převládající typ advekce mezi rozsáhlými oblastmi umožňuje předpovídání například počasí, obecně pak vzájemného ovlivňování. Jejím prostřednictvím se odehrávají změny klimatu – včetně skleníkového efektu, posunu vegetačních pásem, přesunů zemědělství, narůstající eroze, velkých záplav, masivních vymírání druhů atd.

Podle Formana a Godrona (1986), abychom mohli studovat pohyb energie, materiálů a druhů – tedy jak daleko a v jakém směru –, musíme vzít do úvahy síly determinující transportní mechanismy. Pohyb vyžaduje energii. Tato energie je uložena v zásobě jako potenciálně použitelná a je vydávána převážně jako teplo při pohybovém procesu. Na krajinné úrovni působí tři síly. Dvě z nich – difuze a tok hmoty – závisí na teplotních rozdílech a v těchto případech zahrnutá (obsažená) energie u transportovaných věcí není ovlivněna. V případě třetí síly, lokomoce, například živočichů vydává energii na pohyb a zároveň může přenášet pasivní předměty z místa na místo.

(1) **Difuze**, v přísném vědeckém smyslu se jedná o pohyb rozpuštěného resp. suspendovaného materiálu z oblasti vysoké koncentrace do oblasti s nízkou koncentrací. Materiály se šíří v náhodných směrech způsobem, který jim

jsou vlastní. Například v pokoji s vonnou rostlinou v koflíku vzniká gradient vůně, vonné molekuly se šíří řídnouc do prostoru. Difuze se vyskytuje obecně ve vesmíru, ačkoli rychlosti difuze enormně varírují. Difuze může chybět v homogenním systému, objevuje se však ruku v ruce s heterogenitou a je zvláště vhodná při úvahách v kontextu heterogenní krajiny.

Technicky je sice odvozena od pohybu molekul, ale difuzní modely se používají široce s předpokladem náhodného pohybu objektů v krajině. Problémem nicméně je, že tento náhodný pohyb se spíš zdá být výjimkou než pravidlem. Obecně – náhodné prostorové uspořádání je obtížné v ekologickém světě najít. Dalo by se očekávat, že distribuce semen plevelů na poli je náhodné. Avšak zjistíme například, že většina těchto semen je soustředěna (díky trusu živočichů, kteří je konzumují) v okolí míst odpočinku polních ptáků nebo na místech zvýšených, která využívají častěji kvůli rozhledu. Může jít o návétrné partie, kde se hromadí anemochorií (rozšiřování větrem) či o zoochorií (semenáčky smrku původem z šišek konzumovaných veverkami nebo žlunami na mraveništích v pastvině u lesa, Kovář et al. 2001). V dalším vývoji přistupuje faktor konkurence semenáčků, z nichž jsou některé eliminovány – tím se zvyšuje nenáhodnost rozptýlu rostlin. Nicméně mnohé fenomény v přírodě se skutečně vymykají podchycení naším vnímáním. Něco studujeme a není to uspořadatelné, predikovatelné, takže jev považujeme za náhodný. Zůstaňme u semenáčků – dokud jsme nerozpoznali místa preference a dráhy pohybu ptáků, zdálo se nám uspořádání náhodné, ale jakmile výsledek vztáhneme k podmínkám zoochorie, můžeme koncentrace semen předpovídat.

Difuze jako nízkoenergetický proces ve srovnání s hmotovými toky a lokomocí může být důležitý pro pohyb objektů ve velmi jemném prostorovém měřítku. Proto se nejeví jako příliš důležitá síla pro transport objektů mezi krajinnými prvky. Druhé dvě síly jsou považovány za významnější z tohoto hlediska.

(2) **Hmotový tok** (transport, přenos) je pohyb hmoty podél energetického gradientu. Větr a voda v krajinné mozaice jsou dva nejvýznamnější činitelé mobility v krajině – transferová média hmoty a energie. Počasí a klima obecně se uplatňuje v krajině v interakci s jejími interními charakteristikami (s povahou terénu – geomorfologií, geologií, vegetačním krytem). Atmosférické prostředí působí nejen fyzikálně (mechanické účinky srážek, větru, kolísání teplot), ale také chemicky – přenosem látek dostávajících se do ovzduší jak z průmyslových nebo zemědělských zdrojů (Kovda 1980), tak – původněji – také ze zdrojů přirozených (z aktivních sopek, horkých vývěrů, fumarol, lesních nebo pouštních území). Samozřejmě i zde je při posuzování jednotlivých efektů důležité měřítko (škála působnosti). Jsou typické situace – významné z hlediska krajiny –, kdy lokální větrné systémy interagují s vegetací, mikroklimatem a půdou v měřítku metrů a hodin (studium větrolamů, remízků, kaňonovitých potočních zářezů). Na druhé straně, regionální proměny vegetačního krytu mají rozměr desítek a stovek km a a tisíců let.

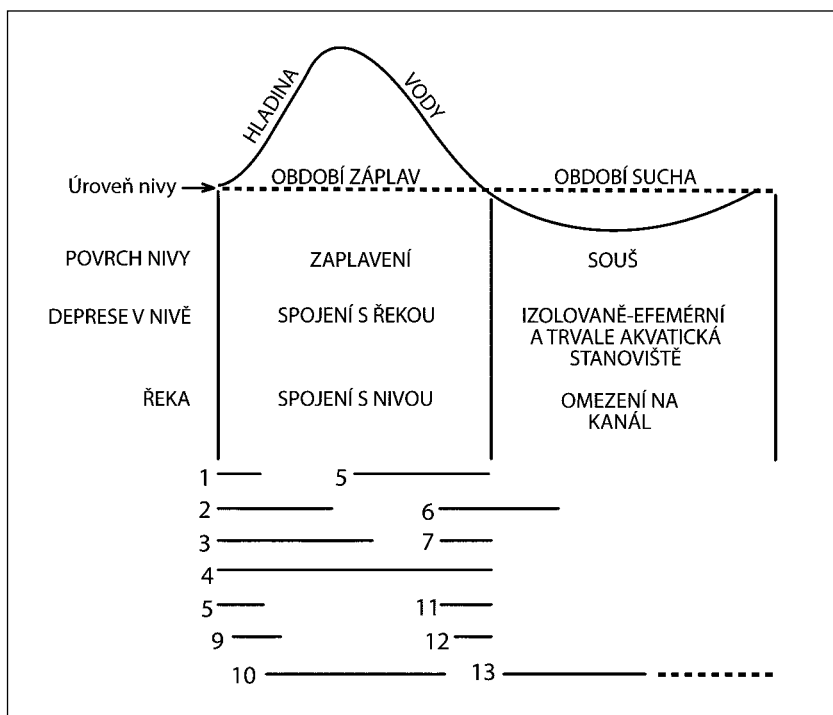
Vítr – příklad hmotového toku – je způsoben tlakovými diferencemi v atmosféře – molekuly vzduchu se pohybují z vyšších tlakových oblastí do nižších. Krajinářsky relevantní může být ukázka vzájemného propojení bioty s reliéfem, podložím a atmosférou u horského pohoří. V našich poměrech (Sudety) byl odhalen zajímavý fenomén, který autor (Jeník 1961) pojmenoval **anemo-orografický systém (větro-horopisná soustava)**.

Sudety tvoří soustavu pohoří, hřbetů i izolovaných vrcholů rozloženou do protáhlého pásma o délce asi 250 km orientace SZ–JV. Z tohoto pásma vynikají Krkonoše, Králický Sněžník a Jeseníky – to vše značného tektonického stáří (kaledonské vrásnění), tvarově přemodelované naposledy pleistocénním ledovcem. To, co přírodovědce odedávna fascinovalo, byly určité pro Sudety charakteristické prvky, které geomorfologové označují jako „kary“ (místně lidově „jámy“). Ty jsou zároveň obdivuhodnými nalezišti vzácné květeny a pestrého vývoje fytoocenóz (Sněžné jámy, Labské jámy, Kotelné jámy, Úpská jáma, Studničné jámy, Melzerova jáma, Malá a Velká kotlina v Jeseníku). Většina těchto botanických nalezišť souvisí s místy, kde v zimních měsících vznikají mohutné akumulace sněhu (převěje, laviny). Podobná koincidence je s dlouho ležícími sněhovými poli na jaře, případně až v létě. Další nápadnou vlastností svahů a skalních stanovišť, kde se nalézá nejbohatší vegetace, je shodná orientace ke světovým stranám – k východu (resp. od JV po SV). To, co nehraje významnou roli, je nadmořská výška, nicméně důležité je alespoň sousedství s některými nejvyššími vrcholy, hřbety nebo plošinami (a opět je pravidelná pozice karů vůči nim – na východním okraji nebo v jeho sousedství). Když prostudujeme podrobně mapu, zjistíme ještě jednu podstatnou vlastnost karových lokalit – jsou vždy protipólem některého mohutného údolí západo-východního směru (Sněžné jámy, Labská a Kotelné jámy leží na protilehlém konci Mumlavského dolu; Studničná jáma s Čertovými roklemi nebo Úpská jáma tvoří protipól Dolu Bílého Labe; bohaté alpské nivy na Rýchorech leží ve směru údolí Úpy mezi Pecí a Horním Maršovem; nejbohatší lokality na Králickém Sněžníku jsou na protilehlých svazích vůči údolí Černé Vody; Velká kotlina je protipólem mohutného zářezu Divoké Desné atd.). Vyloučíme-li specifčnost co do geologického podkladu nebo co do množství dopadajícího záření na východní orientaci (měření ukázala, že tu žádná zvláštní osobitost není), dojdeme k tomu, že nejnápadnějším rysem jsou převládající západní větry – některá údolí působí jako sběrná koryta, která větrné proudnice usměrňují, a vedou v podélné ose. V závěru údolí proud vystoupá a na úrovni hřebenů a náhorních plošin, kde se zmenšuje průtočný profil, se rychlost proudění zvyšuje. Když větrný proud dospěje k hornímu okraji (hraně) sudetských karů, můžeme tu pozorovat strhávanou oblačnost nebo převívaný sníh, což ilustruje fakt, že vítr tu má mimořádnou rychlost – na hraně se odtrhává od povrchu horského terénu a dává vznik komplikovaným turbulencím. Jejich důsledkem pak je zvýšené ukládání eolických sedimentů, které proud s sebou unáší (v létě minerální prach a organický detritus včetně semen a plodů rostlin). Dalším

průvodním jevem je hromadění sněhu, který je při jarním tání zdrojem lavin a dlouholežících sněhových políček. Laviny periodicky destruuji les a otvírají terén pro druhově bohatá bylinná společenstva z nahromaděných diaspor, podporovaná vlhkostními a úživnými poměry. Tento kauzální mechanismus vysvětlující vysokou biodiverzitu sudetských karů, byl označen jako A-O systém, který má tři hlavní části:

- (a) vodící návětrné údolí,
- (b) zrychlující vrcholovou část,
- (c) turbulentní závětrný prostor.

Tok vody na povrchu nebo pod povrchem země je silně ovlivňován gravitací. Za silných dešťů nebo prudkého sněhového tání je značné množství vodního toku postupně vedeno k efektu povrchového smyvu. S výjimkou arid-



Obr. 15: Schéma změn vodní hladiny v průběhu ročního cyklu v říční nivě. Číslované úsečky indikují charakteristické rozložení: (1) živiny uvolněné z povrchu nivy v době záplavy, (2) živiny z řeky, (3) rychlý růst vodních rostlin a bezobratlých v nivě, (4) hlavní perioda tvorby a užití detritu v nivě, (5) materiálový export do řeky, (6) maximum produkce planktonu v depresích nivy, (7) přesun planktonu, bentosu a makrofyty do řeky, (8) vstup ryb z řeky a ryb přežívajících období sucha v tůňkách do prostoru zaplavené nivy, (9) hlavní období vytírání ryb v nivě, (10) období největšího růstu ryb, (11) období pohybu ryb z nivy do řeky, (12) ztráty ryb predací při vyústění kanálů drénujících nivu, (13) vysoká úmrtnost ryb uvízlých v depresích nivy (upraveno podle: Naiman et Bilby 1998).

ních oblastí, voda, která perkoluje do půdy, obvykle teče laterálně a souběžně s blízkým hlavním vodním tokem ve formě podpovrchového toku. Tyto vodní masy s sebou mohou unášet mnoho věcí. Rozpuštěné substance jako jsou minerální živiny, malé organismy nebo propagule. Eroze se běžně vyskytuje současně s povrchovým smyvem, to znamená, že půdní částice jsou odtrhávány od kompaktní půdy a odnášeny vodou.

Ekologický **režim říčních krajín (fluvial landscapes)** představuje další klíčový fenomén terestrické dynamiky (Obr. 15). Opět je dán interakcí klimatických charakteristik (režim srážek), sklonitosti terénu, geologickým podložím v povodí a stavem vegetace. Přirozeným rytmem záplav s periodicitou sezónní či vícesezónní je dán charakter vegetace (u nás převážně lesní – měkký či tvrdý luh, případně různé typy zonálního klimaxu). Podle frekvence, s níž se vyskytují různé výšky záplavových hladin, se vytváří podél toku zonace společenstev a také celkové utváření terénu (terasy, kaňonovité zářezy, meandry a podobně). Limitní hodnoty zátop jsou popisovány podle této častosti výskytu jako desetileté, stoleté, případně tisícileté vody. V určitých úsecích toku pak převažuje buď erozně-denudační nebo sedimentační aktivita řeky a mění se proporce aluviální nivy. Jakékoli vlivy narušující původní hydrologickou dynamiku (odlesnění na horním toku, hydromeliorace luk, přeměna mokřadů na pole a podobně) ovlivní strukturu krajiny. Stejně tak regulace (napřímení toku a izolace koryta od okolní nivy – tzv. kanalizace) radikálně ovlivní krajinu – může mít opačný než původně zamýšlený efekt, rytmická periodicitu průtoků se mění a s ní biota v závislých ekosystémech (Kovář 1983).

BOX XII: PRŮVODCE EKONOMIÍ PŘÍRODY. 12. MAY

Zlatý věk teoretické (matematické) ekologie (Box X) nebyl ničím idylickým. Stále se vynořovaly kritiky upozorňující na to, že teorie spojené s populacemi jsou založeny na málo faktech, příliš zjednodušují a zobecňují, drží se předpokladů vzatých odjinud, a ne z biologické reality. Matematické formule vyjadřující logistický nebo jiný tvar křivky, jež popisovala chování biologické populace, se v ekologickém žargonu přetvřily do termínů odolný („resistant“), pružný („resilient“) a setrvalý („persistent“). Každý z těchto druhů stability byl zcela jiný: systém (populace, společenstvo) se v některé své charakteristice (četnosti jedinců, pokryvnosti, biomase) po zásahu (1) neodchýlil ze svého směřování – byl odolný, (2) vychýlil, ale s různou rychlostí se vracel k normálu – byl pružný, (3) oscilloval kolem konstantní hodnoty v rámci určitých mezí – byl setrvalý. Robert R. May se stal v 70. letech hlavním vykladačem teoretické populační ekologie. Doktorát získal v roce 1960 na Univerzitě v Sydney, poté strávil dva roky na katedře aplikované matematiky Harvardské univerzity, vrátil se na domovskou univerzitu do Austrálie, ale po přelomu 60. a 70. let se začal intenzivně věnovat problémům ekologie společenstev, už jako profesor zoologie a předseda vědecké rady na Princetonské Univerzitě v USA. V roce 1976 vyšla pod jeho editorstvím kniha *Teoretická ekologie*. „Pro společenstva s mnoha druhy je popis populační dynamiky jednotlivých

druhů v jejich interakcích vnitrodruhových i mezidruhových obvykle velmi obtížný.“ Tím vyjádřil podstatu potíží, které spočívají v tom, že matematické modely izolovaných populací nebo dvoudruhových směsí se nedají použít u složitějších společenstev a v situacích, kdy biologicky nereálný předpoklad logistické rovnice činí výsledek nepravdivým. R. May se zabýval koncepty ekologické stability ve vztazích k dalším významným parametrům společenstev, jako byly například druhová rozmanitost nebo produktivita. Úspěšně nacházel protipříklady k již generalizovaným modelům – bylo tomu tak i v případě zdánlivě jasného vztahu, jenž ukazoval, že s rostoucí biodiverzitou roste stabilita ekosystému.

May patří k několika málo ekologům, kteří upozornili na fakt, že obtíže při hodnocení teoretické ekologie nepramení pouze z přirozené pestrosti ekologů jako osobností a z vrozené složité povahy přírodní organizace, jež je objektem ekologie, ale především z početných filosofických rozdílů, na nichž věda a uvnitř ní ekologie staví. Poukazoval na to, že rozdíly musí být vyjasněny a pojmenovány, aby mohla ekologická teorie být jasně formulována a účinně prověřována. Jmenoval Bacona, Poppera nebo Feyerabenda či Darwina jako příklady udávající „ideologické“ atributy klasické vědy, jež však v ekologických pracích nejsou vhodné za každých okolností. Postupně dospíval k názoru, že teorie v ekologii přichází v různých formách, verbální modely nevylučuje. Navzdory této modifikaci svých časných názorů, kladoucích důraz na teorii matematickou, získal punc arbitra moderní ekologie.

(3) **Lokomoce** je pohyb objektu z jednoho místa na jiné s vynaložením vlastní energie. V širším smyslu lze pojem použít nejen na zvíře nebo člověka, ale i na umělé stroje poháněné fosilními palivy. Lokomoce je tedy závislá na přítomnosti mobilních tvorů nebo artefaktů, jež jsou podle našich znalostí rozšířeny pouze na naší planetě.

Létající živočichové dobře ilustrují rozdíl mezi hmotovým tokem a lokomocí. Komáři, sovy nebo netopýři mistrně ovládají svá křídla při nalézání co nejchutnější potravy. Požadovaná energie se získává z organických komponent. Nicméně, když vane vítr, mnozí z těchto lovců částečně využívají toky vzdušných hmot k pasivnímu transportu. Nejdůležitější ekologickou charakteristikou lokomoce je hromadění (agregace) organického depozitu v recipientním krajinném okrsku (elementu) – trus, vývržky dravců pod určitou skálou apod. Tímto způsobem se na vymezené ploše hromadí například fosfor nebo dusík, což může být předpokladem vzniku nového (malo) plošného útvaru, třeba vegetačního. Neolitický člověk soustřeďoval semena některých rostlin pro osetí malých zemědělských ploch. Nějaká lady pěstuje své krásné květiny v městské mikrozahrádce. Ve všech těchto případech položky, které byly široce po krajině rozšířeny, se soustředily do malých koncentrovaných arel v jiném krajinném prvku. Jistý druh opic deštného pralesa se nějakou dobu živí na jediném stromě rodu *Ficus* a pak roznese semena do okolní krajiny. V takových případech je rozmístění (pattern) míst sběru a opětná depozice nenáhodné, hlavně proto, že živočichové se jen vzácně pohybují náhodně.

Shrneme-li, difuze produkuje zejména agregované uspořádání, hmotový tok středně a lokomoce nejpravidelnější (nejlépe klasifikovatelné) uspořádání v krajině.

Dodatek. Toky jsou většinou jednosměrné, některé položky se však pohybují v jednom směru a jiné v opačném. Směr toku je tedy ten, v němž se nejvíc položek v daném intervalu pohne. Kvantita toku (například přes nějakou hranici) je rozdílem mezi počtem položek pohybujících se v opačných směrech.

Některé **kvantitativní míry (indexy) pro podchycení krajinných změn** uvádí Farina (1998) – například index změny povrchu (C), index kontrastu (CON), index blízkosti pro měnící se stupeň izolace (PX), mezernatost D (míra heterogenity při fragmentaci krajiny založená na přístupu fraktální geometrie).

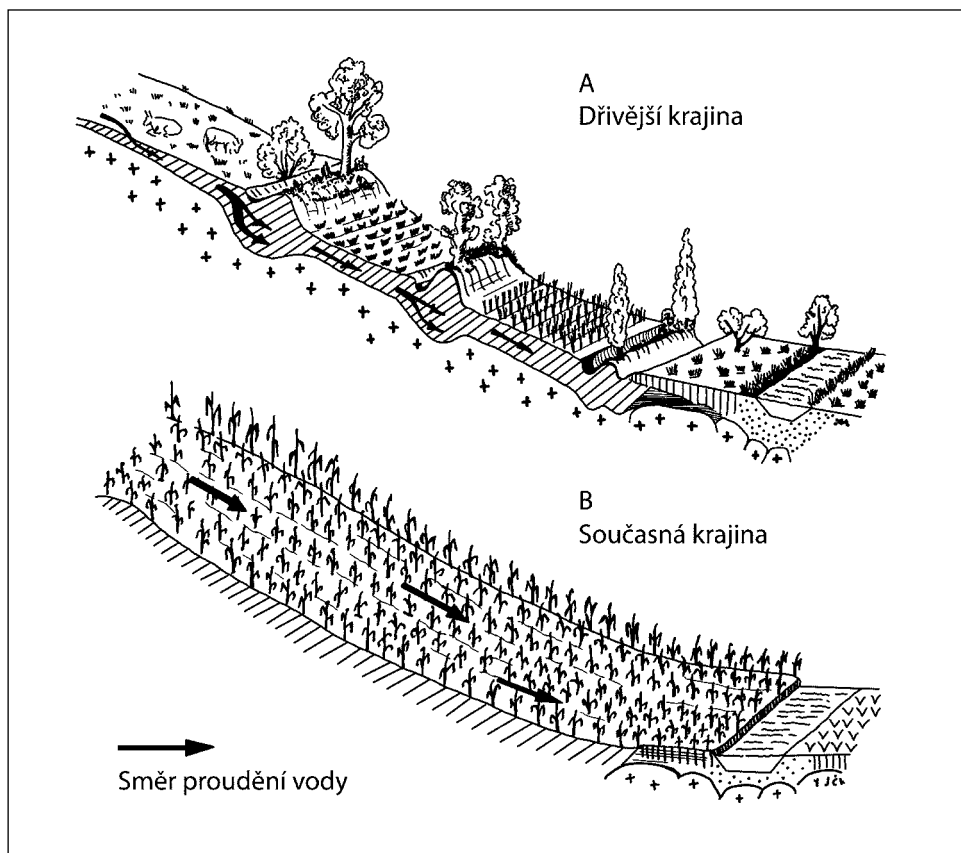
Změny stanovišť a ekologická stabilita

Otázka: Proč se ekosystémy mění, kdy je změna poruchou stability a kdy je pouze výrazem dynamiky jinak stabilního ekosystému?

V ostrovní biogeografii jsme řešili otázky související s přibýváním či mizením druhů v souvislosti zejména s prostorovými parametry jejich prostředí. Kvantitativní přístup k dynamice ekosystému je podstatný. Při zjišťování toho, jak příroda dosahuje konstantních stavů, budou kritickou záležitostí odchylky od stanovení hladiny konstantnosti, velikost výkyvů (amplituda) a častost (frekvence) výkyvů. Protože ekosystémy jsou systémy složité, nastává potíž s tím, jak rozeznat změny působené zvnějšku a změny systému „vrozené“.

Na počátku takových studií převládaly výsledky dokazující, že strukturně jednoduché ekosystémy jsou méně stabilní než ty složitější (Obr. 16). Avšak v pozdějších pracích se začaly vyskytovat i opačné závěry. Kontroverznost výsledků vyprovokovala záplavu studií na dané téma a hypotéza, že vzrůstající složitost podporuje stabilitu (ať už populační, ekosystémovou nebo krajinnou) se v ekologických testech stala klíčovou.

Oba základní **typy změn biocenóz – adaptivní a sukcesní** – můžeme podchytit kvantifikací změn různých parametrů, tedy i biodiverzity (Kovář



Obr. 16: Změny zemědělské krajiny během posledních desetiletí v Bretani. (a) dřívější krajina, (b) současná krajina. Živé ploty umístěné příčně ve svahu byly odstraněny kvůli zvětšování polí, louky se změnily v ornou půdu, kukuřice se pěstuje na rozsáhlých plochách, údolní mokřady byly odvodněny (upraveno podle: Burel et al. 1993).

2012). U vodních ekosystémů došel Margalef v 70. letech 20. století k následujícím zobecněním:

(1) během sukcese **roste druhová diverzita** a svého maxima dosáhne buď ve stadiích maximální zralosti společenstev, anebo tam mírně poklesne (díky větším rozměrům, dlouhověkosti a konkurenci organismů); nárůst druhové diverzity je odrazem hlubších organizačních změn biocenóz – stoupající diverzity chemické, prostorové a komplexity potravních sítí;

(2) během sukcese **roste celková biomasa** biocenóz, v závěrečných stadiích se ustaluje na určité hodnotě;

(3) současně se stoupající diverzitou **klesá** „energetický tok na jednotku biomasy“ (turnover, obrat), tj. **poměr produkce/biomasy** (Margalef označuje jako produktivitu) – zvyšuje se energetická efektivnost;

(4) **s narůstající diverzitou stoupá rezistence biocenóz**, tj. redukce fluktuací a nezávislost na změnách prostředí;

(5) během sukcese se **s rostoucí druhovou diverzitou snižuje diverzita fenotypová a genotypová uvnitř zastoupených druhů**; zvyšuje se podíl dlouhověkých druhů a druhů s menším počtem potomstva, ale s jejich lepší ochranou.

Na modelových příkladech se ukázalo, že například přidání určité substance do prostředí, například živného roztoku do zralých planktonních společenstev nebo dusíku do lesa (po požáru uvolněním živin) způsobilo „zmlazení“ systému. Pokles druhové diverzity a vzrůst poměru produkce/biomasa. Po určité době se biocenóza vrací k původnímu stavu (regenerace, sekundární sukcese).

Dočasný pokles druhové diverzity v době zapojování porostu bude pravděpodobně průvodním jevem v sukcesi cenóz cévnatých rostlin. Různí autoři docházejí k závěru, že maximální diverzita se dostavuje mezi 100-120 lety, kdy jsou přítomny jak druhy pionýrské, tak druhy zralých sukcesních stadií (Prach 1987).

Dnes můžeme říci, že obecné měřítko stability biocenóz neexistuje – stabilitu můžeme posuzovat z různých hledisek:

- z hlediska změn prostorové, druhové nebo věkové struktury,
- z hlediska změn produkce,
- z hlediska změn v rychlosti obratu živin.

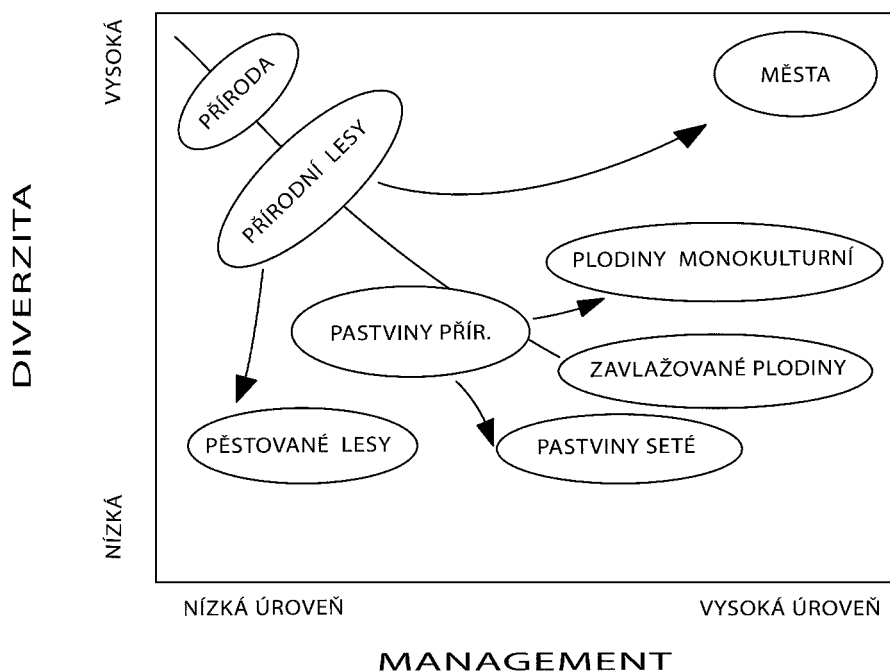
Zároveň je třeba si uvědomit, že stabilita může vznikat dvěma způsoby:

(1) je vlastní jednotlivým druhům přítomným v ekosystému (pak je třeba znát jejich fyziologii a další vlastnosti a posuzovat vždy konkrétní případ);

(2) je výsledkem organizace společenstva (zobecnitelnější případ).

Právě pozorování spadající pod bod (2) vedla k některým předčasným zobecněním, majícím však omezenou platnost. Například sukcesně zralé (pralesní) ekosystémy, kde je nápadně velká biomasa na první pohled „udržovatelem organizace“ (May 1973). Můžeme uvažovat tak, že během sukcese (směny společenstev od primitivních po složité klimaxové) klesá poměr produkce/biomasa, pak by průvodním jevem mělo být zvyšování stability. U lesních kultur se stářím také klesá poměr produkce/biomasa, nicméně stabilita je velmi nízká (větrné kalamity – polomy, populační exploze škůdců a podobně). Na tento případ je daleko spíše aplikovatelná závislost stability na biodiverzitě – první je případ velké druhové bohatosti korespondující s vysokou stabilitou. A opět je generalizace ošidná – například horské smrčiny se ukázaly být v podmínkách značného znečištění ovzduší málo stabilní – nahrazují je však strukturně ještě jednodušší trávníky s jediným dominantním druhem, třtinou chloupkatou, a ty mají stabilitu nesrovnatelně vyšší.

Další souvislosti zjistíme, studujeme-li společenstva živočichů – například že podstatnou roli pro jejich stabilitu hraje **počet drah v potravních sítích**. Ten nemusí být v přímé úměře k počtu druhů. To dokazují některé experimenty – například v nádržích s napěstovanými společenstvy vodních rostlin



Obr. 17: Vztah biologické diverzity k různě intenzivním typům managementu resp. stupňům zkulturnění krajiny (upraveno podle: Wiens et al. 1985).

a planktonu se testovaly interakce mezi několika druhy žab; při pouhé konkurenci mezi pulci čtyř druhů byly dva druhy zcela potlačeny; když se však do systému přidal predátor (další potravní vztah), byly předtím úspěšné druhy žab silně potlačeny a na konci vývinu výrazně převážil jeden ze dvou druhů, který předtím za pouhé konkurence z prostředí vymizel. Pouze větší počet takových potravních drah, které vedou ke konkurenci na stejné potravní hladině, zvyšuje – ač se to zdá nepravděpodobné – stabilitu. To vedlo k úvaze, že stabilitu zoocenóz podporuje prostředí s menšími podíly využitelné potravy pro zastoupené druhy. Ekosystémy monokultur (zemědělských nebo lesních) představují právě opačný typ prostředí (Obr. 17).

BOX XIII: PRŮVODCE EKONOMIÍ PŘÍRODY. 13. ELLENBERG

V roce 1996 spatřilo světlo světa páté německé vydání práce, jež je životní syntézou vegetačního ekologa Heinze Ellenberga, *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen* (čtvrté vydání z roku 1986 bylo přeloženo do angličtiny a vydáno v roce 1988 jako *Vegetation Ecology of Central Europe*).

H. Ellenberg (narozen 1913) začínal své poválečné univerzitní působení v intencích evropské fytoecologické školy J. Braun-Blanqueta a R. Tüxena po boku profesora Heinricha Waltera ve Stuttgartu-Hohenheimu. Zemřel roku 1997 v Göttingen. Jednou ze základních otázek, které si prof. Ellenberg kladl, bylo: Co odpovídá za kombinace rostlinných druhů v přirozených společenstvech? K jejímu zodpovězení vedly jeho „klasické“ pokusy se společenstvy závislými na podzemní vodě, kdy jasně demonstroval rozdíl mezi fyziologickým a ekologickým chováním rostlin, v prvním případě za absence a v druhém za přítomnosti konkurence jiných rostlin. Odtud pocházejí termíny fyziologické optimum a ekologické optimum, které pomohly vyjasnit příčinnost v rozšíření rostlin v přírodě.

Tyto a další aspekty jako například Ellenbergův „koncept ekologických skupin“ jsou zachyceny v knize D. Mueller-Domboise a H. Ellenberga *Cíle a metody vegetační ekologie* (1974). Kniha je první syntézou evropských a anglo-amerických přístupů k ekologii rostlinstva.

Ellenbergovy předpoklady k syntéze různých metodologií tkvěly už v dřívější zkušenosti. V roce 1930 vyvinul E. Rübél fyziognomickou soustavu rostlinstva (v klasické práci *Rostlinná společenstva světa*), jež byla založena na již známých životních formách rostlin C. Raunkiaera a tzv. odděleních G. E. Du Rietze z roku 1921. H. Ellenberg (1956) inkorporoval vegetační systém Braun-Blanqueta (1932) do výše zmíněného a vytvořil hodnotný referenční systém klasifikace vegetace využívající životních forem. V dalším díle, na němž se podílel D. Mueller-Dombois žijící na Havaji, hledali oba autoři poměrnou váhu klimatických, edafických a strukturálních faktorů pro zeměpisné vegetační variace a vytvořili fyziognomicko-ekologické třídění (1966). Je tu vidět návaznost na starší autory (Box V) reprezentované na jedné straně A. Schimperem nebo na straně druhé F. R. Fosbergem.

Ellenberga (1956) zajímala „věrnost“ druhu vůči společenstvu. Zdůrazňoval, že každý druh má potenciálně mnohem širší ekologické rozpětí (amplitudu) než jaké normálně v přírodě demonstruje. Tato amplituda je omezena nikovým „prostorem“ spoluvytvářeným konkurenčně (jinými druhy a jinými životními formami) tak, že druhy přežívají pouze v optimálních stanovištních podmínkách. Prostřednictvím tohoto výběrového upřednostňování se pak manifestuje četnost druhu v určitém společenstvu jako výsledek jeho ekologické amplitudy plus sociologické niky.

Další důležitou věcí jsou „ekologické indikační hodnoty“ (tzv. Zeigerwerte) cévnatých rostlin, později rozšířené na bezcévné rostliny. Rostlinnému druhu v tabelárním zpracování přísluší hodnoty určitých ekologických proměnných (například koncentrace dusíku v půdě, teplota, světlo atd.), podle nichž lze na základě botanické prospekce charakterizovat vlastnosti stanoviště. Po Evropě jsou široce používány pod označením „Ellenbergovy indikační hodnoty“. Podobně jako L. G. Ramenskij na ruském teritoriu (Box X), byl H. Ellenberg tak trochu vědeckým disidentem na pozadí (středoevropské tradice věd o vegetaci. Možná právě proto se nakonec stal prezidentem Mezinárodní asociace pro vegetační vědu (IAVS). Byl například pozván Britskou ekologickou společností, aby přednesl prestižní tzv. Tansleyho lekcí v roce 1977, která pak byla následně zveřejněna s titulem „Vliv člověka na tropické horské ekosystémy v Jižní Americe“ v *Journal of Ecology* (1979). Na začátku vzpomínané dílo o středoevropské vegetaci zůstává svéráznou nepřekonanou učebnicí plnou dynamického a kauzálního chápání ekosystémové výstavby. Originalita a otevřenost Ellenbergova myšlení do značné míry sjednotila zdánlivě protistojné, leč vzájemně doplňkové přesoceánské náhledy na ekonomiku zelené přírody.

5.1 SYSTÉMY EKOLOGICKÉ STABILITY

Cíl územního zabezpečování ekologické stability: stanovit zátěže krajiny, aniž bychom ekosystémy v krajině významně narušili. (Pojem „ekologické stability“ je aproximativní, vyjadřuje spíše schopnost, nikoliv stav; existuje více typů stability, vždy nutno přesně vědět, o čem konkrétně mluvíme).

5.1.1 TYPY EKOLOGICKÉ STABILITY

Neexistuje obecná univerzální vlastnost vyrovnávat se s vnějšími vlivy, ale vždy je specifikovatelná vůči určitým skupinám faktorů a pomocí dynamiky reakce systému.

Pro praktické použití lze například rozeznávat čtyři typy ekologické stability (Míchal 1992). Kritériem vymezení je dynamika (chování) určité ekologické charakteristiky v čase a přítomnost „cizího“ faktoru.

Kritéria ekologické degradace u terestrických ekosystémů (sestupně podle citlivosti):

- změny relativní početnosti druhů (pokles diverzity původní bioty; vzestup podílu zavlečených druhů, mizení citlivých druhů),
- pokles zásoby biomasy na jednotku plochy,
- pokles průměrné produkce biomasy na jednotku plochy,
- rozvoj antropogenní eroze.

Stabilita – změny a fluktuace (endogenní a exogenní)

Situace: (a) vnější faktor nepůsobí

- (1) změny ekologické charakteristiky K jsou zanedbatelné: **konstace (stálost)**

Příklad: Konstantnost počtu cévnatých rostlin nebo biomasy v sukcesně zralém lesním porostu v průběhu desetiletí (změna menší než 5–10 % středních hodnot).

- (2) změny K jsou velké, téměř pravidelné, praktický význam: **cykličnost**

Příklad: Pravidelné kolísání početnosti živočichů v systému dravec–kořist v přírodě (rys–králík), změny dřevinné skladby boreálních lesů na ploše několika hektarů.

Situace: (b) vnější faktor působí

- (1) změny K velmi malé nebo žádné: **resistance (odolnost)**

Příklad: Ekologický systém není vychýlen. Například resistance listnatých lesů vůči plyným imisím určitého složení a intenzity.

- (2) změny (kolísání) K velké, téměř jednorázové, relativně rychlý návrat, autoregulační mechanismy, významné: **resilience (pružnost, elasticita)**

Příklad: Rychlé zarůstání mokřých luk olšemi, ustane-li disturbance sečí, nebo v případě pasek zarůstání náletovými dřevinami.

Labilita (nestabilita) – změny a fluktuace (endogenní a exogenní)

Situace: (a) vnější faktor nepůsobí

- (1) endogenní změny: ekologický systém vykazuje velké změny bez „cizího“ podnětu

Příklad: Růst biomasy v průběhu sukcese, růst populace invazně silného druhu (zaplňování nik); změny lužního lesa v závislosti na pravidelných záplavách.

- (2) endogenní fluktuace: nepravidelné kolísání K bez vnějšího podnětu. U přirozených ekosystémů řídký případ (hlubší analýza zpravidla odkryje „vnější faktor“.

Příklad: Nepravidelné změny velikosti populací živočišných druhů dané nikoli vztahem dravec–kořist nebo parazit–hostitel. Příklad: zajíc polní (7–11leté cykly).

Situace: (b) vnější faktor působí

- (1) exogenní změny: ekologický systém vykazuje působením „cizího“ faktoru velké změny

Příklad: Rozvoj půdní eroze po dlouhodobém nevhodném obhospodařování těžkými stroji; odumírání lesů (v extrémě nevratné) vlivem imisí; hnojení pastviny – zvýšení biomasy.

- (2) exogenní fluktuace: ekologický systém vykazuje působením vnějšího faktoru výrazné nepravidelné kolísání

Příklad: Změny lužního lesa v důsledku regulace toku (eliminace endogenních změn záplav); nepravidelné změny ve fauně po introdukci nového druhu (divoký králík nebo kočka v Austrálii); populační výbuchy škůdců v důsledku vzniku rezistence na pesticidy apod.

Pojem resilience zavedl Kanaďan C. S. Holling (1973). Rozdíly mezi resiliencí a resistencí vyjádřil metaforou: **resistence** – rozpad jako sklo, **resilience** – schopnost vracet se do původního stavu jako guma. Systémy s nízkou resistencí mohou mít vysokou resilienci a naopak. Pro resistantní systémy je důležité posoudit „velikost“ zakladatelské odchylky, u posouzení resilience je směrodatná rychlost, již je systém schopen návratu.

společenstva

resistence

resilience

pionýrská
středně sukcesně zralá
klimaxová

nízká
střední
vysoká

vysoká
střední až vysoká
nízká

Resistance a resilience mohou být považovány za **doplňující se typy** jedné ekologické stability (z praktických hledisek – viz úvod kapitoly). Jakmile intenzita „cizího“ faktoru překročí prahovou hodnotu, ekologický systém změni své chování bez indikačních signálů: půda přestane rodit, les odumře a nedaří se jej obnovit, z řeky je mrtvá stoka...

Při posuzování typu stability se dostáváme do **závislosti na časovém i prostorovém měřítku** – pak chování téhož systému může být klasifikováno různě (například lesní porost 40 let starý o rozloze několika ha může být pro časový úsek 5 let považován za dokonale stabilní: konstantnost; za 50 let vykáže změny typu endogenní nestability).

Abychom se dohodli, je třeba stanovit rámec:

- časový,
 - prostorový,
 - podstatnou ekologickou charakteristiku,
 - kvantifikovatelné kritérium (důkaz stavu).
- Důležité je podchycení „cizích“ faktorů, které působí téměř vždy.
- Změny mohou být:
- zanedbatelné (nevymykají se z amplitudy dynamiky),
 - únosné (spontánní návrat),
 - kritické (stresová reakce systému s nejistým výsledkem),
 - katastrofické (příznaky zhroucení systému).

5.1.2 ZÁKLADNÍ POJMY

Ekologická optimalizace hospodaření v krajině – soubor nejrůznějších úprav využívání území. Složka prostorová (optimalizace územního uspořádání) a funkční (optimalizace hospodářského provozu).

Za hlavní nástroj prostorové optimalizace je uvažována tvorba územních systémů ekologické stability (zde je ekologická stabilita přiřazena takové krajině, kde jsou zajištěny produkční i mimoprodukční funkce a kde nedochází k nezvratnému narušení krajinného potenciálu).

Nositeli ekologicky pozitivního působení (stabilizujícího) jsou ekologicky významné části (segmenty) krajiny, které se dělí:

- z prostorového hlediska na prvky (zhruba do 0,1 km²), celky (zhruba do 10 km²) a oblasti (zhruba do 100 km²),
- z funkčního hlediska na biocentra, biokoridory a interakční prvky (lokální úroveň),
- z hlediska významu na lokální, regionální a nadregionální.

Kostra ekologické stability je existující soubor ekologicky relativně stabilnějších krajinných segmentů, vymezený bez ohledu na jejich funkční vazby.

Uzemní systém ekologické stability – nepravidelná síť ekologicky významných segmentů krajiny, které jsou účelně rozmístěny na základě funkčních a prostorových kritérií.

Kritéria:

- rozmanitost potenciálních přírodních ekosystémů v území,
- jejich prostorové vazby (směry biokoridorů, poloha migračních bariér),
- nezbytné prostorové parametry (minimální plochy biocenter různého typu, maximální délky a minimální šířky biokoridorů),
- aktuální stav krajiny,
- společenské záměry determinující dokompletování.

Biocentrum – krajinný segment, který svou velikostí a ekologickými podmínkami umožňuje dlouhodobou existenci druhů resp. společenstev přírodního druhového i genového bohatství krajiny.

Výběr podle kritérií: přirozenosti (zachovanosti), rozlohy a polohy, reprezentativnosti. Významem lokální, regionální, nadregionální.

Biokoridor – krajinný segment, který propojuje biocentra způsobem umožňujícím migraci organismů (aniž by jejich rozhodující části musel poskytovat trvalé existenční podmínky).

Interakční prvek – krajinný segment jakéhokoli tvaru, který zprostředkovává zpravidla na lokální úrovni příznivé působení ostatních ekologicky významných segmentů.

Pro výběr biocenter je důležitý význam ekosystémů reprezentativních (typické, zonální ekosystémy) a unikátních (extrémní vlastnosti prostředí).

Principy vymezování kostry – její velikost a rozmístění dáno přírodními podmínkami a historií využívání území. Zhodnocení aktuálního stavu všech ekosystémů – z hlediska jejich významu pro ekologickou stabilitu (pětistupňová typologická klasifikace, v níž ekologická stabilita je v obráceném poměru k stupni jejich přirozenosti). Podrobný terénní průzkum (mapové podklady 1 : 10 000).

5.1.3 HIERARCHICKÉ ČLENĚNÍ ÚSES

(1) Lokální ÚSES

Má v celém systému specifické, z funkčního hlediska rozhodující postavení, protože stabilizační působení sítě všech prvků se naplňuje na této hladině. Hledisko reprezentativnosti je v tomto případě druhořadé, škálu typu přírodních ekosystémů zabezpečuje ÚSES vyššího (regionálního, nadregionálního) stupně. Biocentra jsou často na plochách hospodářsky obtížně využitelných (polní lada, ochranné lesy na extrémních stanovištích). Obvykle jsou skladebné prvky lokálního ÚSES součástí jiných (tím pádem polyfunkčních) subsystémů krajiny (výnosové lesy s přirozenou dřevinnou skladbou, polokulturní louky, rybníky, stromořadí). Vyhovujícím mapovým měřítkem je 1 : 10 000.

Uchovávací funkce genofondu, spočívající v ochraně reprezentativní sítě přirozených ekosystémů, má být naplňována ÚSES regionálního a nadregionálního významu tak, aby byl schopen „dosycovat“ volně žijící organismy ÚSES lokálního významu.

(2) Regionální ÚSES

Tvoří síť ekologicky významných segmentů krajiny zajišťující požadované podmínky v regionálním rozměru. Zahrnuje zóny nadprůměrně zvýšené péče o krajinu, hospodářské aktivity musí být přizpůsobeny. Jejich začlenění do širších územních souvislostí je třeba provádět v rámci územních plánů velkých územních celků. Postačujícím měřítkem kartografického znázornění je 1 : 50 000.

(3) Nadregionální ÚSES

V územním rámci celé republiky a pokud možno přesahujících území našeho státu. Záležitost široké mezinárodní spolupráce (biosférický ÚSES – síť biosférických rezervací pod patronací UNESCO, hlavní typy biomů).

Účelná je časová návaznost při projektování ÚSES ve sledu: nadregionální – regionální – lokální.

Uplatnění principů ekologické stabilizace krajiny v územním plánování:

Z územně plánovacího hlediska je pro posilování ekologické stability rozhodující (protože přes územní plán ovlivnitelná) *územní souvislost biocenter a biokoridorů*. Projektant hledá optimální spoje pro šíření druhů původní bioty – různé formy interakcí mezi krajinnými prvky; to závisí na jejich typu, počtu, konfiguraci, vzdálenosti, omezení bariérami a podobně. Provázanost (ekologické interakce) s výsledky krajinné ekologie. Celý postup analogický tvorbě územně plánovací dokumentace (pracovní operace: průzkum – rozbor – koncept – připomínkové řízení – výsledný návrh).

Vizualizace prostorových dat

Dvoufázový proces:

- (1) získávání údajů, které je smysluplné interpretovat v mapovém zobrazení (tj. v projekci do určitého měřítka), pozemním nebo dálkovým průzkumem (to znamená sběr dat v terénu, sběr pomocí leteckých, družicových a jiných snímků),
- (2) přenos resp. transformace údajů dvourozměrného prostoru, mapové vyjádření.

6.1 MAPY

Mapy poskytují výpověď zhruba dvojího druhu:

- (1) První mají za cíl manipulovat komplikovanými vlastnostmi mapovaného obsahu, tj. mají zviditelnit komplexy dat. Takové mapy usilují o postižení ekologické složitosti (například krajiny), využívají multifaktoriálních diagramů nebo hnízdních matic a podobně. Tento směr je v popředí zájmu geografie, ale i jiných oborů.

- (2) Druhý směr kartografické práce se soustřeďuje na specifické, indikační mapované vlastnosti. Ze souboru kartografických listů jednotlivých mapovaných charakteristik by jejich vhodné kombinace (superpozicí) měly být převeditelné v mapový obraz určitého ekologického jevu. Například: odvození mapy potenciální eroze půdy z charakteristik klimatických, geologických, pedologických, sklonových a jiných.

Geobotanická rekonstrukční mapa může podle potřeby sloužit oběma účelům. pokud zobrazenou vegetaci budeme považovat za syntetickou charakteristiku prostředí zdůrazňující současně klimatické, substrátové a nejrůznější geografické momenty, pak jde o mapování „komplexity“ a čtení mapy vyžaduje odpovídající, dostatečně obsažnou legendu (z hlediska kvalifikace uživatele). Nejčastěji řešené jsou problémy již existujících vegetačních jednotek (syntaxonů) pro tvorbu mapovacích jednotek – s ohledem na to, co mají indikovat (dílní nebo komplexní jevy). Shrnutí teoretických otázek geobotanického mapování najdeme například v práci o revizi geobotanické mapy Třeboňska (Jeník 1974) nebo v knize (Küchler et Zonneveld 1988).

Mapa aktuální (nebo rekonstruované) vegetace může sloužit jako jedna ze souboru kartografovaných charakteristik (Neuhäuslová et al. 1998), jejichž další syntézou vznikne mapa s vyšším stupněm komplexity (například mapa kvality životního prostředí, mapa erozního rizika apod.). V tomto případě jde o nalezení takových vegetačních jednotek k mapování, které mají vysokou hodnotu požadované indikace, například u jednotek signalizujících erozi by mohlo jít o společenstva sutí nebo drolivých skal, v druhém plánu o azonální suťové lesy (vždy jde o úroveň nižších ranků – tj. asociací, subasociací).

Ve vztahu k volbě jednotek (jejich stejnocennosti či různocennosti v rámci jedné mapy, obecně jejich ranku) je důležité měřítko (lapidární příklad – na mapě malého měřítka, například 1 : 200 000 lze stěží mapovat asociace, zatímco na mapě 1 : 10 000 by bylo téměř bezobsažné, vymapují-li vegetaci na úrovni tříd). V mapě malého měřítka je informace více generalizována než na mapě velkého měřítka. Mapy malého měřítka jsou zpravidla odvozeny z map velkého měřítka.

Příklad **vztahu mezi měřítkem a mapovým obsahem** – mapa lesa ve Francii s rozměry 2 km × 800 m (Molinier et al. 1951):

- měřítko 1 : 2000, les pokrývá plochu 1 m × 40 cm; v tomto velkém měřítku je možno vidět detaily jako lokalizaci některých vzácných druhů;
- 1 : 5000, plocha 40 × 16 cm, ještě je možné vidět většinu detailů jako u předchozí mapy, ačkoli je nezbytné použít jinou symboliku;
- 1 : 20 000, plocha 10 × 4 cm, možné je vidět facie dubového a bukového lesa, ovšem už bez indikace například density; nicméně všechny podstatné rysy vegetace mohou být ukázány;

- 1 : 50 000, plocha $4 \times 1,6$ cm, může být rozlišen pouze dubový a bukový les případně další přilehlá společenstva (lemy, pláště), hranice jsou pouze aproximativní;
- 1 : 200 000, plocha 10×4 mm, hranice hlavních vegetačních skupin jsou nyní nepřesné a uživatel nevyčte více než obecnou ideu o zobrazované vegetaci.

Největší měřítko jsou nejvíce využitelná pro zemědělské plánování, protože ekologické poměry varírují často na několika metrech. V Evropě je konstantní tlak na zvýšení produktivity půdy – tomu právě nahrává velkoměřítkové zobrazení. Problém (nepraktičnost) spočívá v obrovském množství listů – máme ve velkém měřítku pokryt velké území. **Generalizace** do malého měřítko přináší zneprůhlednění – zde je velkou pomocí dálková fotografie, která zobrazuje zemský povrch přímo v požadovaném měřítku bez nutnosti používat proceduru přenosu z jedné mapy do druhé spojenou se změnou mapovaného obsahu.

6.2 PROSTŘEDKY DPZ

Prostředky dálkového průzkumu (DPZ) společně s geografickými informačními systémy (GIS) bývají často využívány ke krajinné analýze a klasifikaci. Škála pracovních prostředků DPZ (distančního sondování, teledetekce, fotogrammetrie, fotointerpretace a podobně) je široká (například Swain et Davis 1978, Davis et Goetz 1990). **Konvenční fotografie, spektrozónální fotografie, televizní, multispektrální a tepelné infračervené snímání, radarové snímání.** Každý objekt snímání má svou spektrální charakteristiku (reflexní a emisní vlastnosti) – v závislosti na tom je zobrazen na různých typech snímků.

Výhodou konvenční fotografie je dobrá rozlišovací schopnost, geometrická přesnost zobrazení, snadná interpretace snímků. Nevýhoda – méně informací (o vegetaci a stanovištích). Negativ lze zpracovat lépe fotogrammetrickými metodami, například densitometrie umožní vylišit velké množství odstínů šedi, automaticky jsou zakresleny hranice těchto vylišených ploch do snímku nebo mapy.

Podstatně více informací lze vyčíst ze spektrozónální a infračervené fotografie. Zemský povrch se snímá synchronizovaným systémem spřažených optických kamer nebo speciální leteckou kamerou s více objektivy a s použitím různých filtrů. To znamená, že synchronizovaně, najednou se zhotoví několik stejných zobrazení v různých vlnových délkách viditelného a blízkého infračerveného záření. Při menších leteckých výškách je na takto získaných snímcích možné rozeznat populace jednotlivých dřevin.

Multispektrální snímání zobrazuje na principu odrazivosti s pomocí radiometrů a spektrometrů předměty v několika spektrálních pásmech – většinou jde o část ultrafialového záření a viditelné a odrážené infračervené záření. Prvky krajinné infrastruktury, například liniové, jako jsou živé ploty, drenáž-

ní kanály nebo silnice, mohou být dobře detekovány právě multispektrálním snímáním, které reflektuje také výšku objektů (vyšší útvary mají delší stín než nižší), úhel slunečního osvětlení (délka stínu se mění během dne) nebo orientaci okrajů ploch (konturování v závislosti na směru stínu).

Další fotointerpretační zpracování na speciální infračervený papír vyrobí nepravé barevné zabarvení, které ukáže rozdíly ve **spektrální charakteristice**. Podobně jako u černobílých snímků densitometrie lze u barevných využít kolorimetrické metody (odstínů šedi je asi 200, barevných odstínů několik tisíc). Rozlišování matečné horniny, stupně zamokření půdy, půdních typů dokážou radiometry pracující v oblasti tepelného infračerveného záření.

Data získaná prostředky dálkového průzkumu mohou být sbírána na různých časových a prostorových škálách, a jsou tak významným nástrojem ke studiu procesů na zemském povrchu. Jejich zpracování a zlepšení pro interpretace probíhá přes digitální techniky a stupeň rozlišení varíruje od 10 do 20 nebo 30 m (například Landsat Thematic Mapper snímá povrch v jednotkovém rozměru 30 × 30 m).

Dálkový průzkum přináší mnoho informací o vegetaci – o kroužkových škodách na lesních porostech v pohraničních horách, rozlišení větších vegetačních jednotek pro různé účely. Na základě technického zdokonalení (větší rozlišovací schopnost spektrozónální fotografie nebo multispektrálního snímání) se zlepšuje odlišení výrazných edifikátorů (dominant), stanovení hranic jejich rozšíření. Pokud je identické s diferenciálními druhy fytoecologických jednotek, dalo by se odvodit rozšíření těchto jednotek. Nejvíce informací o ekologii stanovišť lze vyčíst ze snímků zhotovených v oblasti tepelného infračerveného záření (kvalita půd, vlhkost apod.). Satelity pro civilní účely se začaly používat od počátku 70. let 20. století – například v ekologii lesa (land cover classification). Krajinné hranice různého typu jsou zpravidla přechodnými zónami a ekologicky důležitými strukturami – jejich detekce prostředky dálkového průzkumu a následná analýza přispěly k interpretování krajinné komplexity (parametry jako tvar, členitost, rozmanitost nebo podíl skrytých úseků – například u vodních toků – jsou na zobrazeních významnými měřitelnými deskriptory).

6.3 GEOGRAFICKÉ INFORMAČNÍ SYSTÉMY (GIS)

Geografické informační systémy (GIS) představují technologie pro manipulaci s prostorovými údaji. Jinak řečeno, označují se tak konfigurace počítačového hardwaru a softwaru (programové produkty), které umožňují ukládání, organizování, analyzování a předvádění dat, vztahených ke shodným geografickým souřadnicím. Jsou jedním ze způsobů, jak zprostředkovat **multidisciplinární pohled** na krajinu a její problémy. Poskytují možnosti pro modelování vlivů a jejich dopadů, jsou poměrně účinným prostředkem pro prostorovou simula-

ci možných zájmových střetů a rizik v krajině. Znamenají účinnou podporu při rozhodování. Proto také nacházejí uplatnění v územním plánování, managementu krajiny a její ochraně. GIS je užitečný nejen pro „tvorbu map a modelů“, ale také jako pomůcka, umožňující měnit přístupy lidí k hledání řešení. Rychlý vývoj těchto systémů s kořeny v geografii a počítačové sféře se stal pro informační proces v transformaci prostorových dat určujícím faktorem aplikací.

U nás v nedávné minulosti nejrozšířenějšími geografickými informačními systémy jsou rastrově orientovaný výukový systém IDRISI a vektorově orientovaný systém ARC/INFO, oba vytvořené v USA. Zřejmě jedinou domácí realizací, týkající se využití GIS a dálkového průzkumu Země v managementu chráněných území, je již v úvodu zmíněný prototypový projekt, vytvořený pro CHKO Žďárské vrchy (Pauknerová 1991). Vzhledem k analytickému pojetí řešení a použití dat ve vektorové a rastrové podobě zde byl zvolen geografický informační systém SPANS – zatím byly zpracovány čtyři tematické aplikace, zaměřené na

- predikci vývoje lesních ekosystémů vystavených imisím,
- ekologickou optimalizaci krajiny,
- analýzu stanovišť ohrožených druhů,
- modelování vlivu rekreace na chráněná území.

Pro tvorbu databází je důležitá volba měřítka a projekce. Volba **měřítka** souvisí s velikostí území i druhem řešené úlohy. Mezi publikovanými realizacemi lze proto najít nejrůznější případy. Měřítka použitá pro databáze kanadských národních parků se například pohybovala v rozmezí od 1 : 12 500 až po 1 : 250 000. Obdobně volba projekce závisí na řadě kritérií. Databáze pro GIS Žďárské vrchy byla vytvořena v projekci UTM používané i pro kanadské parky. Databáze uváděné pro americké národní parky (NPS) jsou vektorové i rastrové. Složení databází je ovlivňováno správami parku, případně regionálními koncepcemi. V databázích figurují nejrůznější témata významná obecně nebo pouze z místního hlediska. Příklad: tematická data v amerických databázích GIS – archeologická naleziště, bariéry a dálková vedení, bonita půdy, cestní síť, doly a drtírny, energovody, exotické rostliny, expozice k světovým stranám (oslunění), geologické podloží, historická vegetace, historická stanoviště, historické využití krajiny a zemský pokryv, historická pole, historie požárů, horizonty (výhledy), hydrografie, hygrofilní vegetace, hranice národních parků, hranice přírodních rezervací, kanalizační systém, kulturní atrakce (zajímavosti), ložiska nerostů, modely zásobování pohonnými látkami, mokrady, námořní data, nejkvalitnější zemědělská půda, nerostné zdroje, pachtovní smlouvy a přidělené díly půdy pro těžbu nerostů, oblasti přílivu a odlivu, oblasti zvýšené krajinářské hodnoty, ochrana proti úniku oleje a plynu, pachtovní smlouvy pro těžbu ropy a plynu, pobřežní vegetace, podpovrchová hydrografie, podpovrchové vlastnictví, podzemní voda, povodňové oblasti, pozemky pastvin, požární zóny, prameny, rekreační oblasti, ropovody a plynovody, rozvodí, říční

síť, skládky, správní okrsky, srážkové zóny, stanoviště vybraných živočišných druhů a rostlinných druhů, státní honitby, stavby (konstrukce), stezky (pěšiny, chodníky), svažitost, tábořiště, vegetační mapy (fotointerpretace), vegetační oblasti, vlastníci půdy, vrstevnice, výhledové stavební pozemky, výnosy (zisk z půdy), výskyt škůdců, využití krajiny, výzkumné plochy, významné prvky, vzácná a ohrožená vegetace, zaměření půdy, zónování, železnice.

Z hlediska **ochrany krajiny** jsou velmi hodnotnou složkou této existující databáze (banky digitálních map) tzv. ekologické inventury: polygonové mapy ekosystémů (1 : 12 500 až 1 : 125 000) vytvořené metodou ekologické klasifikace krajiny. Typický kanadský park má tisíc až deset tisíc ekologických mapových jednotek, každá z nich je popsána až 70 proměnnými, vystihujícími místní podmínky z hlediska geologie, reliéfu, pedologie, vegetačního krytu, hydrologie i kulturního vývoje.

Pořizování vstupních dat a jejich kvalita: Zdrojem pro databáze jsou satelitní data, digitalizované nebo nasnímané mapy a již existující digitální data. Analogová data často neodpovídají požadavkům standardního zpracování. Scházejí různé průvodní doklady jako popis zdrojových informací, formátu atd. Proto je třeba opravit před digitalizací nepřesnosti, ověřit věrohodnost dat. Dalším problémem je původ dat. Mnohé základní mapy byly rozřezány a poslepovány bez ohledu na správnou mapovou projekci, zeměměřičskou síť a měřítko. Při výběru základních materiálů pro digitalizaci je proto na místě kritičnost. Digitální data mohou být také zatížena chybami. Samotná digitalizace bývá zdrojem chyb. Důležité je například kontrolovat správné kódování jmen a vlastností digitalizovaných objektů. Zde je užitečná spolupráce s místními odborníky.

Přenos dat mezi systémy: Je třeba upozornit na časovou náročnost a rozdíl mezi plánovanou a skutečnou dobou převodu, kdy z hodin se stávají týdny. Kompilace dat je zdoluhavý proces, který často vyžaduje specializované odborné znalosti. Aby byla možná syntéza dat, je nutná jejich standardizace.

Aplikace GIS: Obecně jde o mapování, hodnocení a následnou analýzu současného stavu (využití krajiny, stanovišť jednotlivých druhů atd.), zkoumání vývoje, sledování vlivů a modelování rizik, návrhy opatření pro management a územní plánování. Příklady aplikací:

- mapování vegetace, generování map potenciální vegetace,
- určování rozšíření jednotlivých druhů,
- hledání vztahů mezi stanovišti volně žijících živočichů a vegetačním krytem,
- monitorování stanovišť ohrožených druhů, výběr kriticky ohrožených lokalit a parametrů stanoviště,
- vymezení biokoridorů,
- analýza klimatických změn,

- sledování znečištění ovzduší a jeho vlivu na ekosystémy,
- usměrňování vodní turistiky a rekreace...

Práce s GIS nabízí prakticky nekonečné možnosti aplikací. Je však třeba počítat s tím, že výhod a zvýšené produktivity lze dosáhnout až po jistém období nashromáždění dat a kvalifikovaného personálu.

Výstupy a jejich reprodukce: Výsledky, které lze získat nejrůznějšími postupy, řešitel vytvoří a sleduje na obrazovce počítače. Může však dojít k absurdní situaci: hodnotný výsledek analýzy či syntézy ztrácí téměř veškerou hodnotu, nelze-li ho zreprodukovat. Proto bývá velká pozornost a část finančních prostředků věnována i závěrečné části celého procesu. Zde je vhodné řešit technické zajištění vícestupňově.

1. Pracovní výstupy (na všech uživatelských stupních):
 - operativní černobílé bodové tisky,
 - barevné pérové výkresy na jednoduchém plotru,
 - barevné tisky na tryskové tiskárně.
2. Výstupy pro veřejné prezentace (centrálně):
 - vysoce kvalitní výkresy, pořízené na elektrostatickém plotru s vysokou rozlišovací schopností,
 - kvalitní tisky pomocí laserové nebo fotochemické tiskárny,
 - vysoce kvalitní výstupy, zpracované na zakázku profesionální kartografickou firmou.

Typologie a regionalizace krajiny

Obecně třídění (klasifikace) znamená systematické řazení objektu do zpravidla hierarchicky strukturovaných jednotek na základě společných znaků. Také krajinní ekologové používají klasifikace (typologie) k usnadnění práce se svým objektem. Každá legenda k mapě je svého druhu **klasifikačním systémem**, v závislosti na účelu vytvořeným podle specifických vůdčích principů.

Cílem zpřehlednění pomocí klasifikace je odedávna motivovaná touha co nejlépe spravovat krajinu – asi proto, aby byla zároveň maximálně využita co do zdrojů, zůstala obyvatelnou a poskytovala i jiné požitky než materiální (například estetické, rekreační atd.).

Výchozí hypotézou je **potenciál** (krajiny), který se místo od místa liší (Hadač et al. 1977). Aby mohl být efektivně využit, je třeba prostřednictvím poznání sjednotit principy spravování tak, aby byly univerzální pro krajiny se společnými znaky, které daný potenciál determinují. Které znaky to jsou (které určují hranice krajin) – to je předmětem typologie krajiny. Součástí je získání objektivních poznatků o procesech a zákonitostech uplatňujících se při utváření krajinných systémů (například Lipský 1995, 1996).

Geoekologický typ – obsahově homogenní, uzavřená, vydělitelná jednotka území I. řádu (soubor krajin s charakteristickými společnými znaky; je opakovatelný). Rozlišují se typy základní (přirozené) a odvozené (ovlivněné antropickou činností).

Geoekologický region je dán strukturou rozmístění geoekologických typů ve sledované oblasti, územní jednotka II. řádu (například elementární jednotka ve smyslu E. Hadače: ZKC, základní krajinný celek – konkrétní soubor krajin se specifickými znaky; je neopakovatelný – Hadač 1982).

Je snahou využít při delimitaci geoekologického typu kritéria míry odolnosti ekosystému vůči určitému deteriorizačnímu vlivu (hledisko „nejslabší složky systému“). Územní plánování v této dimenzi dostává „ekologičtější“ podklad.

Postupy – **analýza území**: mapové podklady ke genezi území, tj.

- 1) mapa geologických substrátů (převládající procesy sedimentační, vulkanické, erozně-denudační);
- 2) mapy půdních typů a druhů;
- 3) geomorfologické podklady (vrstevnicový systém – plochy s různou svažitostí, nadmořskou výškou a orientací k světovým stranám; odvoditelné jsou mapy eroze) – tzv. energie reliéfu;
- 4) klimatologické podklady a mohutnost vodních ploch;
- 5) biotické a biogeografické aspekty (vegetační kryt, zoocenózy).

Odvozené krajinné typy

- 1) Vlivy prvovýroby (lesnické a zemědělské hospodaření, těžba surovin)
- 2) Míra zprůmyslnění, vliv znečištění
- 3) Demografické podklady (hustota obyvatelstva, zástavba, podklady hygienické služby atd.)

Problémem k řešení je vzájemná **zastupitelnost komponent**. Klima je nepřímou vyjádřitelnou vegetačním krytem. Pro určení krajinného typu se dá vystačit například s dvěma komponenty – z abiotických energie reliéfu, z biotických rekonstruovaná vegetace (geobotanická mapa). Princip zastupitelnosti podporuje i využití prostředků dálkového snímání povrchu zemského (zpravidla do 2000 m letové výšky) – konfrontace s pozemním průzkumem.

Metodika: **Superpozice mapových podkladů** – teoretické vymezení základních krajinných typů. Upřesnění charakterizace takovým způsobem, aby typy byly identifikovatelné v terénu. Měřítko vymezování krajinných typů například pro České země – 1 : 200 000 nebo 1 : 50 000 (při popisu „krajinné enklávy“ 1 : 10 000). **Postup**: Mapování recentní vegetace nebo indikačních skupin druhů a na základě znalostí sukcesních vztahů extrapolace rekonstruované vegetace do stanovištních podmínek. Po vymapování základních rekonstrukčních jednotek (například asociací) nastupuje proces generalizace hledání takových sdružených mapovacích jednotek, které jsou relevant-

ní z hlediska mapového měřítka a indikační ekologické hodnoty. Významné vegetační hranice se pak stávají determinující pro přesné vymezení regionů. Srovnání se současným typem krajiny slouží k odvození základních trendů vývoje v jednotlivých krajinných typech. Dnes lze využít GIS.

Pro návrh územní regionalizace byl počet jednotek geobotanické mapy (Mikyška 1968–1972, 1 : 200 000) snížen – blíží se zonálním vegetačním stupňům (akceptuje i mozaikovitě poměry na rozhraních vertikálních stupňů a také vegetaci azonální). Jejich počet lze naopak zvýšit – například pro potřeby indikace v rámci malého území (investiční zásah, odvození ekologického jevu, jako je eroze a podobně).

Základní krajinný celek (ZKC) – taková celistvá část krajiny, která má jednotný charakter a lze ji zřetelně ohraničit. Je jedinečný v určitých znacích, ale znaky společné umožňují seskupování do krajinného typu (dále ve skupiny krajinných typů, série krajinných typů).

Jiný systém – **biogeoklimatická klasifikace** (V. Krajina, Vancouver, Kanada). Syntéza vychází z vegetace, půdních a klimatických dat (integruje klasifikační systémy Cajandera, Barnese, Daubenmira aj.). Klimatický klimax (asociace) je identifikován cestou: biogeoklimatická subzóna – ta se člení do variant a shlukuje do zón, oblastí a formací. Rostlinné asociace jsou transformovány do stanovištních asociací, to znamená environmentálně charakterizovaných ekologických systémů s podobným biologickým potenciálem. Stanovištní asociace se pak rozděluje do sérií a typů.

Celá klasifikace využívá vegetační indikace místního krajinného potenciálu a sukcesních trendů (lesnický management).

Systémové paradigma otevřelo geografii nové perspektivy – vznikl obor s novým přízviskem „komplexní geografie“. Jednou z význačných škol je leningradská, „sibiřská“. Zakladatel Sočava ztotožňuje „učení o geosystémech“ s moderní fyzickou geografii a zároveň s krajinnou ekologií (je geobotanikem Sukačevovy školy). Jeho koncepce je akceptována evropskými i zámořskými autory (Sočava 1978).

Dvouřadý princip klasifikace krajin. Třídí geosystémy (krajiny) do dvou paralelních kategorií: řady geomerů a řady geochor. Základní jednotkou první řady je elementární homogenní areál (biogeocenóza), kterému jsou nadřazeny facie, skupina facií a geom v topologické úrovni; v regionální úrovni je to skupina a třída geomů; v planetární úrovni typ přírodního prostředí (typ krajin) a řetěz (svita) těchto typů.

Základní jednotkou druhé řady je elementární heterogenní areál (elementární geochora), nadřazeny jsou mikro-, mezo-, topo- a makrogeochora v topologické úrovni; v regionální úrovni je to provincie či podzóna a fyzicko-geo-

grafická oblast; v planetární pak subkontinent, skupina fyzicko-geografických oblastí a fyzicko-geografické pásmo.

Systém dosti složitý – v základu stojí rozlišování homogenních a heterogenních jednotek (není definována homogenita – závislá na měřítku, například nově vyvinutý systém klasifikace ekotopů pro dlouhodobé monitorování – Bunce et al. 2005).

USA – klasifikace a regionalizace krajiny (Bailey 1996)

Aplikovaná na lokální a regionální úrovni (grupování krajinných jednotek s podobnými vlastnostmi). Logicky proces induktivní.	Území (krajina) rozděleno do přirozených jednotek na základě prostorového uspořádání, jež ovlivňuje zdroje a přírodní procesy (dedukce – postup „dolů“).
---	--

Příklady: Humidní temperátní oblast (domain); teplé kontinentální oddělení; provincie smíšeného východního lesa.

V souvislosti se stále důraznější potřebou dlouhodobě sledovat resp. **monitorovat změny v krajinách** (například v kontextu globálních klimatických změn, viz kap. 12) se projevují snahy vyvíjet operativní, uživatelsky přístupné, snadno využitelné a měřítkově přiměřené typologie terestrického prostředí, vhodné například pro rozměr sjednocující se Evropy. Přijatelným kompromisem škály pro plošnou monitorovací síť využitelnou malými i velkými státními útvary může být „habitat“ (stanoviště, biotopové nebo ekotopové mapování) jako skladebná komponenta tvořící krajinu, u níž má smysl použít i zavedené míry pro biodiverzitu. Praktická definice říká, že jde o „prvek zemského povrchu, který lze konzistentně prostorově definovat v prostoru tak, aby postihoval základní prostředí, v němž organismy žijí“ (Bunce et al. 2005). Dosud existující klasifikace evropských stanovišť byly založeny na družích, geografických parametrech, vegetačních jednotkách a faktorech prostředí (například systém EUNIS, Davies et Moss 2002). Tyto systémy se dobře hodily k obecnému popisu kategorií ochrany přírody, ale ne už k monitorování, protože zahrnovaly některé kategorie s velmi různě používanou náplní a mlhavou definicí (například „montánní“ nebo „submediteránní“). Zde publikovaná (Bunce et al. 2008) procedura monitorovacích záznamů vychází při klasifikaci z Raunkierových životních forem rostlin dominujících vegetačním formacím jako základ stanovištních jednotek, což ji činí operabilní (použitelnou i poučenými laiky, například farmáři), ne složitou (co do množství typů ve srovnání například s fytocenologickými klasifikacemi, založenými na taxonech, jejichž chování se areálově navíc mění a druhy nezřídka vstupují do různých prostředí) a přitom citlivou pro zachycení viditelných změn. Na nejnižší hierarchické úrovni systému figuruje 130 GHC (= general habitat classes) pro Panevropské teritorium (bez Turecka). Koncept doplňují kvalifikátory charakteristik prostředí, například k popisu managementu nebo stupně přirozenosti (Kovář 2007).

Ekologie člověka: město a venkov

8.1 URBÁNNÍ A RURÁLNÍ EKOLOGIE

Město a venkov jsou kategorie, v jejichž rámci se přes pět tisíciletí odehrávají lidské dějiny. Ze změn poměru mezi těmito póly územního rozložení života jsou vidět etapy vývoje lidské civilizace.

Vznik řemesel a obchodu – oddělování od zemědělské činnosti. Soustřeďování do sídel s odlišnou strukturou – do měst (první konflikty za antiky – zemědělské provincie proti městským státům). Obrana proti růstu moci měst. Evropský středověk – stále mocný venkov díky teritoriálnímu ovládnutí šlechtou, která svá sídla umísťovala na solitérní pevnosti (hrady, tvrze, zámky). Postupná koncentrace obyvatelstva kolem těchto opevněných sídel – růst měst uvnitř hradeb a posilování obchodu a druhovýroby. V době zrodu „velkého“ finančnictví a slévání firemních majetků z předtím oddělených odvětví podnikání nejprve dominují města, ale postupně se velkopodnikatelské aktivity přelévají do venkovského prostoru, takže rozdíly mezi městem a venkovem se zmenšují. Zatímco se zmenšují hlavně po stránce výrobních technologií, zvětšují se v oblasti přírodních složek životního prostředí – kva-

lita ovzduší a vody, množství zeleně, dostupnost rekreace ve volné krajině a podobně.

OKRUH RELEVANTNÍCH OTÁZEK

Jaké jsou územní důsledky rozvoje buď urbánního nebo rurálního prostředí (prostorový aspekt vztahu města a venkova)?

Jakou komunikační a informační infrastrukturu vytvořit, aby se udržela vyvážená demografická situace?

Jakou roli hrají ekologické aspekty ve vztahu města a venkova?

Jestliže přistoupíme na hypotézu některých autorů, že město a venkov se budou sbližovat, musíme přemýšlet nad tím, co splnutí měst a vesnic může znamenat.

Někteří se domnívají, že homogenizace životního způsobu ve městě a na vesnici povede k tomu, že zanikne vesnice a budou pouze města rozličné velikosti (obráží se tu historická zkušenost posledních staletí). Doklady pro takový trend lze shledat třeba v konstrukci měšťanských domů ve starověku či středověku a později: antický či středověký měšťanský dům připomíná svým prostorovým uspořádáním původní dům venkovský (včetně dvora, křídel a hospodářských částí) – i co do univerzálnosti funkcí (má část výrobní, obytnou, skladovací). Za rozvinuté průmyslové výroby v důsledku dělby práce začíná venkov napodobovat město – i venkovský obytný dům připomíná příměstskou vilu, často s více podlažími.

KRITÉRIA ODLIŠENÍ MĚSTA

Způsob zástavby: větší podíl zaujímají vícepodlažní budovy, převážná část intravilánu je zastavěnou plochou (Stearns et Montag 1974) – vysoká hustota obyvatel; ekonomické, sociální a správní funkce (centrum průmyslové výroby a obchodu, křižovatka cest, vybavenost úřady).

KRITÉRIA ODLIŠENÍ VESNICE

Nízkopodlažní rozvolněná zástavba (nízká hustota obyvatel), závislost na zemědělství.

Venkovské území odlišováno v různých státech různě – různé „stropy“ v počtu obyvatel (avšak problém: trend neustálého slučování obcí – změna hustoty obyvatel). Například v USA se řadí do venkova sídla od rodinných farem do 2500 obyvatel (širší definice zahrnuje i města do 5000 obyvatel; v Rusku sídla do 12 000 obyvatel).

Terminologie:

- městská aglomerace – mono- až polycentrická (urbanizovaná území kolem městských center – například Hradeckopardubická aglomerace);
- městský region – rozsáhlejší sídelní soustava s jádrem jednoho nebo několika měst (například Ostravsko);
- urbanizace – soustřeďování nezemědělských činností a obyvatel do městských sídel plus šíření městských forem života na venkov;
- ruralizace – působení prvků venkova na rozvoj měst a na život městského obyvatelstva (kompenzace znečištěného prostředí ve městě zahrádkařením nebo chalupařením);
- územní plánování – činnost s cílem harmonického uspořádání a správy území.

BOX XIV: PRŮVODCE EKONOMIÍ PŘÍRODY. 14. WHITTAKER

Přesvědčení o existenci rozpoznatelných, popsatelných, klasifikovatelných a mapovatelných přirozených jednotek vegetace, jež jsou označovány jako „asociace“, „cenózy“, „formace“ nebo „společenstva“, má dlouhou historii zhruba od začátku 19. století, signovaného „ekologickou geografii rostlin“ (Box II). Byl to Robert Whittaker, Američan, který ve své práci z roku 1962 nazval jmenovaný přístup „jednotkovou teorií společenstva“ (community-unit theory). Podstata byla asi nejjednodušeji vyjádřena dánským biologem se zkušeností z brazilských tropů Eugenem Warmingem již v roce 1895: „Asociace je společenstvo pevného floristického složení“ (nicméně Warming kladl důraz na individualitu rostlin a byl kritický vůči vegetačním jednotkám vyšší úrovně jako byly například formace). Whittaker mluví o dvou interpretacích celého konceptu: (1) rostlinné společenstvo je základní přirozenou jednotkou – produktem vývoje, nebo (2) je praktickým důsledkem metody analýzy. V prvním případě společenstva v přírodě existují a stačí je jen objevit, v druhém případě jsou podle určitého schématu navržena resp. odvozena badatelem. Jsou tři hlavní cesty k rozpoznání a kategorizaci společenstev: (a) podle stanoviště, (b) podle fyziognomie (udávané životními formami rostlin), (c) podle taxonomického složení (doplněného o kvantitativní odhad zastoupení druhů).

R. Whittaker si dal tu práci a zřehlednil problémy a teorie klasifikace přirozených rostlinných společenstev. Rozlišil sedm hlavních tradic, které vymezil jako jednoduché prostředky přijatelně reprezentující obrovský počet „škol“, jež se snažily odpovídat na problémy vznikající při popisu a třídění vegetace. Trass (1976) stopoval vývoj široce pojaté ekologie rostlin – geobotaniky v Americe a Anglii, a na starém kontinentě. Westhoff (1970) pak identifikoval čtyři kategorie vegetačních studií: „praktické, logické, konvenční anglo-americké a negativní“. Rozpoznal, že „z dělení vyplývá, že běžná anglo-americká terminologie v oblasti výzkumu vegetace není ani praktická ani logická“, a tvrdil, že tento názor zastává většina evropských vegetačních badatelů.

Zatímco tradiční ekologové považovali ekosystém za evolučně vzniklou entitu, jiní jej měli za výsledek interakcí mezi populacemi a přírodními zdroji, za následek druhového vý-

voje a druhově specifického chování bez centrální kontroly nebo organizace. Tento názor publikoval R. Whittaker spolu s G. Woodwellem v roce 1972. Kořeny jeho názoru však vidíme už v 50. letech, kdy opakovaně kritizoval Clementsovu teorii klimaxu (Box VII) a upozorňoval spolu s dalšími autory (například s R. C. Lewontinem) na nekonzistentnost pojmů sukcese a evoluce společenstev. Došel k názoru (1957), že Clementsovo myšlení bylo ovlivněno deduktivním systémem nacházejícím vzor ve filosofii, matematice a fyzice.

Koncem 70. let poukazoval na to, že požadavek ekologů mít obecnou ekologickou teorii může být frustrující, pokud chybí generální plán ke zvládnutí rozmanitosti a komplexity ekologických vztahů. Jakékoli úvahy o tom, že ekologie by mohla být pouze nedospělou formou (bio)fyziky či (bio)chemie je třeba podle něho konfrontovat s možností existence zcela nového typu teoretického rámce pro různorodost ekologických fenoménů.

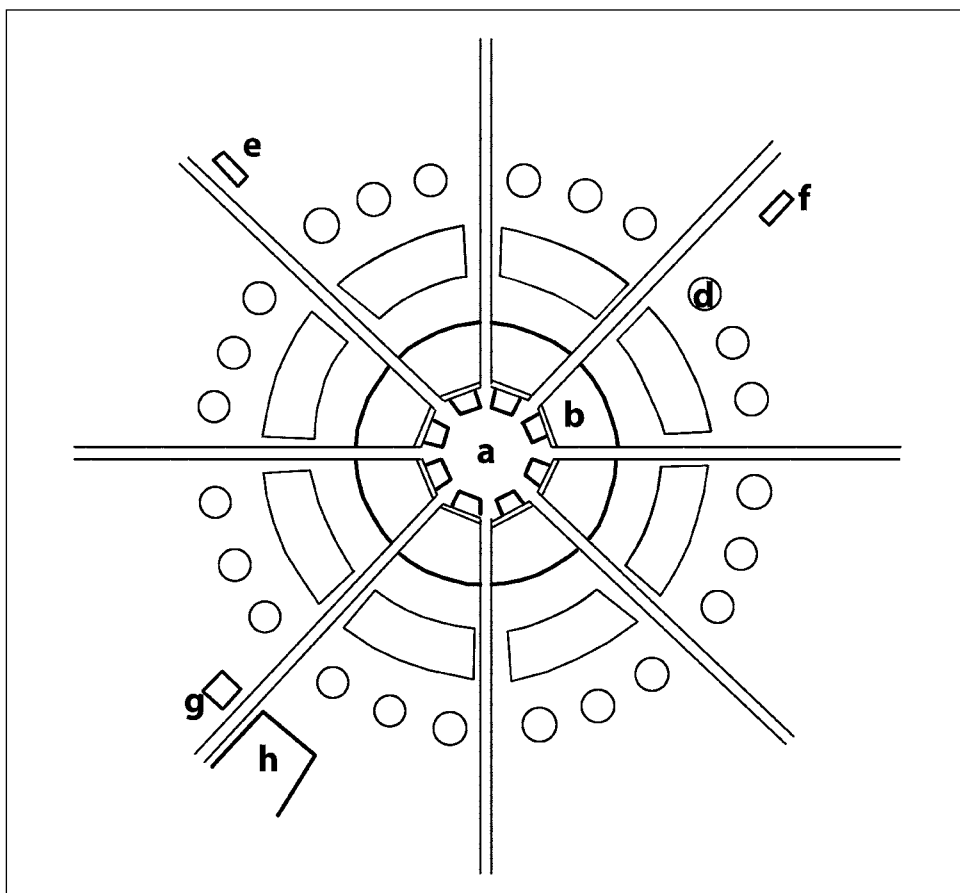
R. Whittaker zavedl v roce 1970 tři míry biologické rozmanitosti. Alfa diverzita postihuje počet druhů v rámci lokality resp. vzorkované plochy. Beta diverzita vyjadřuje rozdíl v druhovém složení mezi plochami. Plochy s velmi vysokou druhovou bohatostí jsou ty, které mají mnoho druhů ve vymezeném čtverci, ale žádné dva čtverce nejsou podobné v druhovém složení (to znamená, že se jedná o plochy s velkou alfa i beta diverzitou – Naveh a Whittaker 1980). V územích s velmi nízkou druhovou bohatostí je několik málo druhů ve všech vzorcích – vegetace je v prostoru monotónní (to znamená, že alfa i beta diverzita jsou nízké). Poslední Whittakerův typ v hodnocení biologické rozmanitosti je gama diverzita – počet druhů na úrovni regionu, tedy větší oblasti. Pravděpodobně žádný aspekt krystalizace terestrické rostlinné ekologie (tedy pevninské ekologie nebo ekologie souše) nebyl tak závažný jako terminologický maras, který se beze zbytku nepročistil do dneška a který se týká i názvu odvětví samého. Robert Whittaker svým úsilím výrazně přispěl k opodstatnění existence terestrické ekologie a jeho učebnice *Společenstva a ekosystémy* (1970, 1975) a *Ordinance a klasifikace společenstev* (1973) patří mezi klasická díla ekologické botaniky.

8.2 VÝVOJ NÁZORŮ

Thomas More (1478–1535) – *Utopia* (na ostrově je rovnoměrně rozmístěno 54 měst, vzdálených od sebe přibližně 18 km; mezi městy jsou široké zelené pásy, které nesmějí být porušeny, všechna města jsou střediska řemeslné i zemědělské výroby a jsou situována v centru svěřeného areálu o výměře nejméně 25 000 ha zemědělské půdy pro každé z nich: snaha po rovnováze).

Tomaso Campanella (1568–1639) – *Civitas Solis* (*Sluneční stát*, 1602). Obyvatelé sídlí ve městě (ztotožněno se státem), odkud obyvatelé vycházejí na pole vykonávat zemědělské práce. Kromě stanovení jiných pravidel se odráží i snaha Campanelly o názorné vzdělávání pomocí obrazů hvězd, minerálů, rostlin, živočichů, řek a zemí, i řemesel a pracovních nástrojů, vynálezů atd. Město je vybudováno na návrší ve formě sedmi kruhových opevněných pásem.

Morelly (18. stol.) – francouzský spisovatel a myslitel – *Zákoník přírody* (*Code de la Natur*, 1755). Obsahuje několik skupin zákonů (Obr. 18). Zajímavá jsou pravidla týkající se vztahu sídel a zemědělství – například:



Obr. 18: Návrh ideálního města (Morelly: Zákoník přírody, 1755): a – náměstí s veřejnými budovami, b – obytná zástavba, c – dílny, d – zemědělská sídla, e – nemocnice, f – domov pro starší občany, g – vězení, h – hřbitov (upraveno podle Slepíčka 1981).

- (1) každé město bude mít své vlastní území, pokud možno uzavřené a pravidelné formy, a to nikoliv jako vlastnictví, nýbrž jen postačující pro výživu jeho obyvatel a zaměstnání těch občanů, kteří se budou věnovat zemědělství;
- (2) bude-li město ležet na neúrodné půdě, budou v něm provozovány jen řemeslnické práce a obyvatelstvo bude zásobováno potravinami ze sousedních měst. Přesto bude mít toto město jako všechna ostatní svou korporaci pracovníků pro zemědělské práce, aby pokud možno co nejvíce získali z vlastní půdy a aby pomohli sousedním městům při polních pracích.

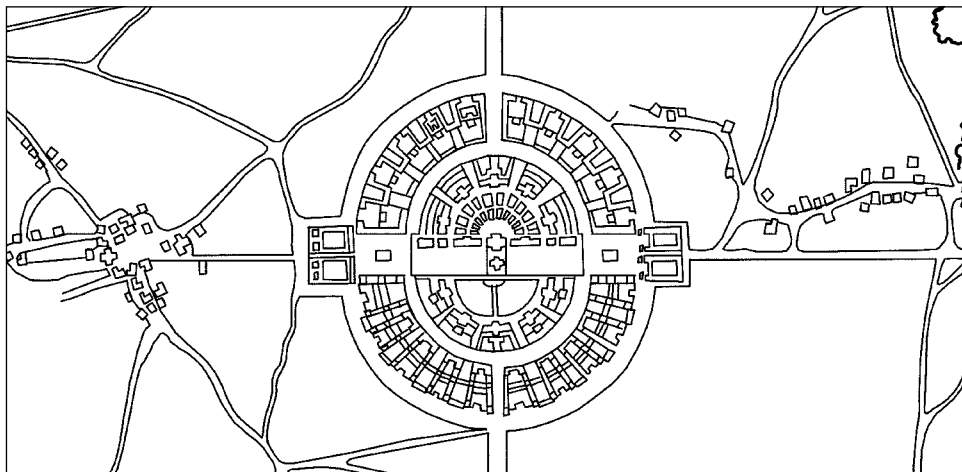
V 13 stavebních zákonech určil Morelly zásady pro výstavbu renesančních měst. Velikost sídel odvozoval z rozsahu půdy obdělátné z jednoho místa. Vůbec poprvé stanovil všechny základní složky města a jeho zázemí – centrum, bydlení, vybavení, výrobní část (rozdělena na řemeslné cechy a zeměděl-

ské budovy), rekreaci. Domovy pro staré lidi a nemocnice situoval do nejzdravějších částí venkovského území.

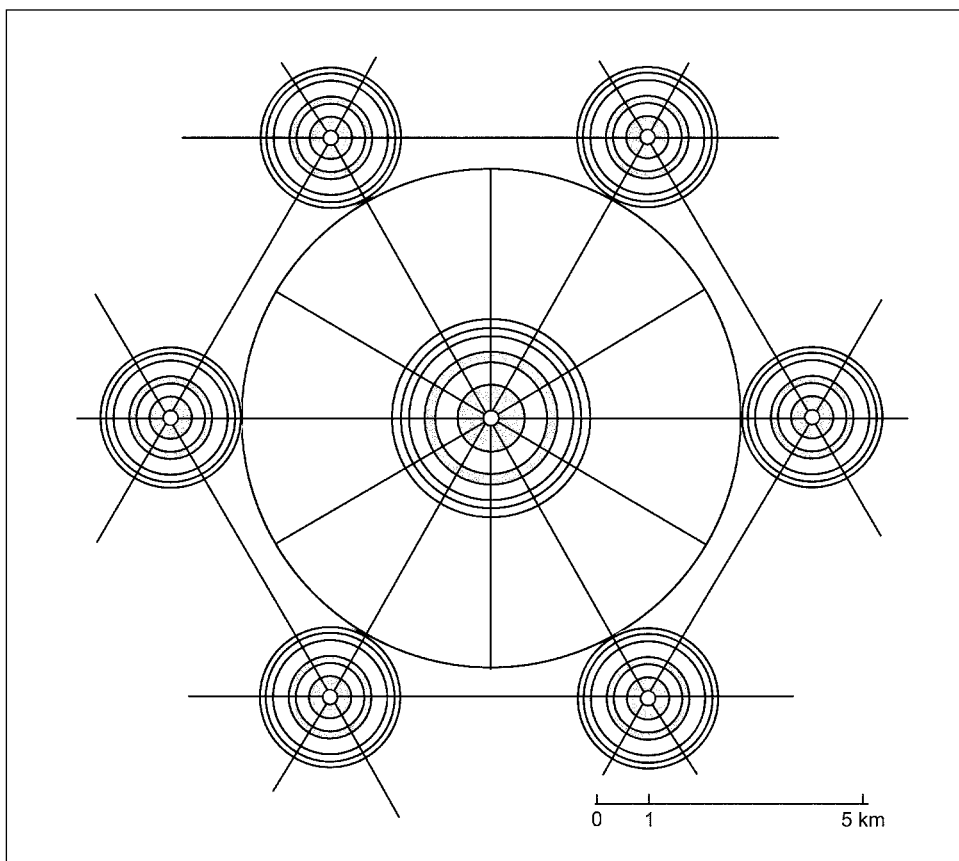
Utopisté 18. a 19. stol. – **C. H. Saint-Simon (1760–1825)**, **Ch. F. M. Fourier (1772–1837)**, **R. Owen (1771–1858)**, **W. Morris (1834–1896)**: různé tvary zónování – separace výrobních a obytných částí (někdy čtvercové sídlo s podstatnou částí parkové úpravy zpravidla při obvodu; typ uspořádání sevřených komplexů s částí průmyslovou a zemědělskou (označovány jako falangy).

Přelom 19. a 20. století: koncepce zahradních měst – francouzský architekt **C. N. Ledoux (1804)** – ideální město s oválným půdorysem, v němž volné zastavění budovami prolínají zahrady; dobré komunikační spojení s okolními venkovskými sídly (Obr. 19); Angličan **E. Howard (1850–1928)** – *Zahradní města budoucnosti* (1902) – návrh soustavy zahradních satelitních měst, chápaných jako soběstačné jednotky, spojující ve svém spádovém území průmyslovou i zemědělskou výrobu (Obr. 20). Společnost pro budování zahradních měst vznikla v Anglii roku 1899 a pod změněným jménem existuje dosud – idea vedla k většímu rozvolnění zástavby, důrazu na hygienická kritéria a pochopení funkce zeleně v sídle. (I u nás tato koncepce měla zastánce – v praxi například Louny – Jan Kotěra, Most – F. A. Libra, dostavba Ořechovky – J. Vondrák, výstavba Spořilova – J. Berka; teoretik územního plánování Vladimír Zákrevs.)

Teorii centrálních míst resp. střediskových sídel – rozvinuli němečtí geografové **W. Christaller** a **A. Lösch** (přelom 19. a 20. stol.). Vznikající strojový velkopřůmysl vyvolal potřebu lepšího vzájemného spojení venkovských sídel s diferencovanými sídelními středisky (městy) k pronikání kapitálu na venkov. Na základě teorie jmenovaní navrhli hierarchické uspořádání sídel s dělením



Obr. 19: Návrh ideálního města v Chaux (Claude Nicholas Ledoux, 1804): předobraz malého zahradního města se zdravým podílem zeleně (upraveno podle: Slepíčka 1981).



Obr. 20: Seskupení zahradních měst (Ebenezer Howard, 1898): v centru je město pro 58 000 obyvatel, navazují města o 30 000 obyvatel. Vysoký je podíl zeleně ve vícevrstevných páslech, dalším z principů je dobré mezisídelní komunikační spojení (upraveno podle: Slepíčka 1981).

obslužných funkcí do sedmi kategorií. Do centra šestiúhelníkové sítě umístili město oblastního významu s 300 000 obyvateli a spádovým územím 2 mil. obyvatel. Další velikostně a funkčně odstupňované typy byly rozmístěny tak, že nižší střediska byla umístěna do vrcholů a vyšší do středů šestiúhelníků.

Christallerova práce *Die zentrale Orte in Süddeutschland* (Centrální místa v jižním Německu) byla vydána v roce 1933. V této práci si kladl za cíl vysledovat zákony ovlivňující počet, rozmístění a velikost sídel. A. Lösch se především soustředil na vztahy v rozmístění velkých průmyslových podniků. Jeho teorii po druhé světové válce zpopularizovala především americká geografická škola.

Teorie má šest základních předpokladů:

1. homogenní rovina se stejnou mírou dopravní dostupnosti v každém bodě, jeden typ dopravy, dopravní náklady jsou proporcionální,
2. rovnoměrně rozmístěná populace,

3. centrální místa poskytují zboží, služby a administrativní funkce jejich zázemí,
4. spotřebitelé minimalizují svoji cestovní vzdálenost,
5. poskytovatelé služeb se snaží pokrýt co nejširší možnou oblast trhu,
6. všichni spotřebitelé mají stejný příjem a stejné požadavky na služby.

Základem teorie je postulát, že malá sídla jsou schopna produkovat pouze omezený okruh zboží, ale jejich obyvatelé žádají sortiment mnohem rozmanitější a bohatší, k jehož obstarávání existuje nabídka v dosažitelné vzdálenosti. Čím častěji obyvatelé dané zboží (případně služby, což je aktuální zvláště v dnešní době) potřebují, tím je centrum jeho poskytování lokalizováno blíže. Vytvářejí se určité sféry vlivu ovlivněné časovou dostupností a dopravními náklady. Vznikají tak regiony s centry obsahujícími takový minimální počet obyvatel, který má potenciál provozovat určité konkrétní ekonomické zařízení. Hovoří se o tzv. ekonomickém prahu efektivnosti (prahové populaci, threshold population).

Střediskové sídlo (centrum) by pak mělo splňovat následující předpoklady: lokalizace přibližně v geometrickém středu oblasti, obchodní centrum (export a import zboží i služeb). Taková centra si postupně vyvíjejí obslužnou funkci pro své širší zázemí. Význam střediskového sídla se nehodnotí podle počtu obyvatelstva, ale podle tzv. centrality, tedy podle rozsahu poskytovaných služeb nebo zboží – z této funkce je odvozena hierarchie centrálních míst. Maximální vzdálenost, kterou jsou lidé ochotni cestovat za danou službou, neboli tzv. limit prahové populace je označován jako horní hranice dosahu (rozpětí zboží a služeb). Například dražší a méně často potřebné služby (zboží) mají vyšší hranici dosahu než služby (zboží) levnější nebo používané častěji.

8.3 PROMĚNY SÍDELNÍ STRUKTURY U NÁS

Území s relativně příznivými přírodními podmínkami – 1/3 lesní plochy, členitá krajina středních poloh, 110–120 lidí na 1 km² – tj. podstatně méně než v nej hustěji osídlených zemích Evropy. Naše sídelní síť byla založena ve středověku – kolonizace započala v 10. století a byla v podstatě ukončena v 16. století. Vznikla hustá síť poměrně malých sídel, která se dochovala do současnosti. V současné ČR je přibližně 16 000 místně oddělených sídel (včetně osad). Většina měst, vesnic a průmyslu je soustředěna v nížinách a pahorkatinách do 300 m (více než 1/2 obyvatelstva). Na další výškové pásmo 300–500 m připadá 1/4 obyvatel. Koncentrace 3/4 obyvatel je „dole“ – rozpor mezi zemědělským využíváním nejrůznějších pozemků a růstem měst. Další důležitý faktor – zdroje vody (díky poloze na rozvodí tří moří jsme odkázáni na dešťové a sněhové srážky doplňující zásoby podzemní vody). Nicméně v minulosti se objevovalo nerovnoměrné rozmístění – agrární přelidnění a koncentrovaná městská centra průmyslu, problémy poválečně vysídleného pohraničí.

Volná krajina se ve srovnání s intravilány změnila v poválečném vývoji daleko pronikavěji. V roce 1948 činila průměrná výměra jedné parcely jen cca 1/4 ha, v roce 1979 dosáhla průměrná výměra půdních bloků orné půdy 10–15 ha (tedy mnohonásobný nárůst). Podstatně se zkrátila délka polních cest a zanikla převážná část mezí, remízků a strukturální zeleně (dnes je třeba zvládnout trend opačný v souvislosti s útlumem naddimenzovaného zemědělství).

Proměny měst: malá městečka s širokým venkovským zázemím získala zpravidla funkci střediskových obcí místního významu. V jejich intravilánu obvykle kontrastuje zanedbané historické jádro s nahloučením nových rodinných domů.

V menších a středních městech (mnohá jsou okresní) má poválečná výstavba dominantní postavení (5000–20 000 obyvatel). Více pracovních příležitostí, dostupnější služby, možnost volby bydlení – i v kontaktu s přírodou.

Největší nedostatky jsou v rozvoji velkých měst a velkých aglomerací. Bytová tíseň (negativa panelákových sídlišť), znečištění a hluk, uspěchaný životní styl, dopravní problémy, vzdálené možnosti rekreace.

8.4 EKOLOGIE MĚSTA

Jak uskutečnit vstup ekologické informace do plánování města? Fytosociologické mapy poskytují vstup ekologické informace do urbánního plánování. Využit pozorování rostlinných společenstev při organizaci ekologicky relativně homogenního území navrhl už Tüxen (1956), na základě potenciální přirozené vegetace (Schwickerath 1954) – u nás byla taková mapa pořízena pro Prahu (Moravec et al. 1991). Uplatňuje se tu idea dynamických pásem vegetace (popsal Matuskiewicz 1974). Základ metody je příprava map potenciální vegetace na základě terénního průzkumu a interpretace sebraných dat v jednotlivých fázích postupu se uplatňují:

- poznání diverzity vegetace,
- studium topografie, obecně pak půdy, vodních poměrů, klimaxové asociace,
- terénní průzkum,
- mapy potenciální přirozené vegetace,
- mapa stanovištního hodnocení,
- návrh map managementu a program městského rozvoje,
- plán prostorového městského managementu,
- kritické posouzení práce a vývody (predikce),
- oponentura.

Jednotky **potenciální přirozené vegetace** indikují stanovištní poměry – mikroklima, půdní typ, vodní poměry a jiné rysy. Interpretací lze vyjádřit prostorovou strukturu a diverzitu městského prostředí, takže lze konstruovat zónování města s lokalitami vhodnými pro ochranu, pro zvlhčení klimatu (mokřady), pro znovuzalesnění nebo dobudování parků, odvozovat výběr dřevin pro městské a příměstské areály.

Příklad: malé město v Polsku – rekreační areály (*Potentillo albae-Quercetum*, *Pino-Quercetum*), vyloučení stavby domů (*Alnion glutinosae*, *Alno-Padion*, *Cladonio-Pinetum*) atd.

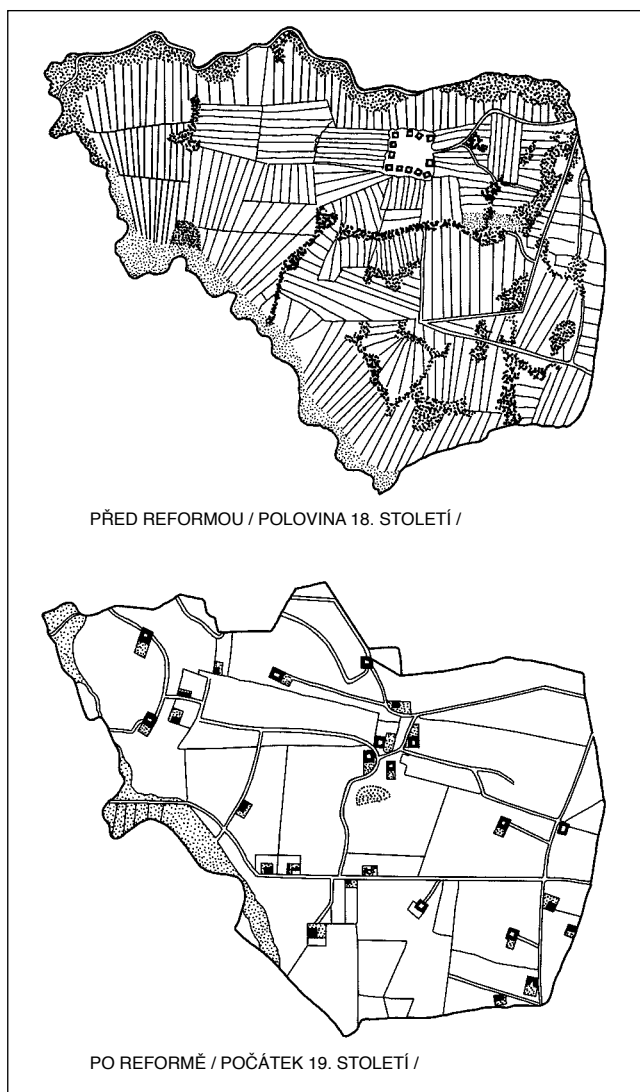
Tak zvané **ekologické zónování** se používá při územním plánu velkoměst – téměř klasická metoda, nověji často kritizovaná (jednak výběr kritérií pro stanovení zón, jednak samotný princip „segregace“). Pokud jde o vytvoření více méně přírodních zón ve smyslu uchování divoké přírody (New York – návrh 25 zón – Will et al. 1982), bere se zřetel hlavně na geologii, vegetaci a klima. Vedení hranic těchto zón vyplývá z kompilace několika faktorů v regionu, ze superpozice jejich vymapování, konfrontace jejich přesahů a volby demarkační linie na základě podobností v jejich uspořádání. Vzniklých 25 zón (okrsků) se dá grupovat na podkladě ekologických podobností do 4 kategorií: agrární, přechodné (ekotonální), lesní a netypické (skály tvořené speciálními horninami apod.).

Útok na převažující způsob plánování a přestavbu měst učinila J. Jacobsová ve své knize *Smrt a život amerických velkoměst* (1961). Její kritika se týká ortodoxního urbanismu, zásad plánování rozvoje, způsobu řízení měst apod.

Zabývá se například otázkami: Co způsobuje přesuny městských center? Co je městský okrsek a jaké funkce plní ve velkých městech? Jaké typy městské zástavby jsou bezpečné a jaké ne? Proč jsou některé městské parky nádherné a v jiných bují neřesti a dochází tam k vraždám? Proč vznikají slumy, některé přetrvávají a jiné se vrací do normálního života města? K tomu, aby město vytvářelo funkční rámec sociálního provozu, je třeba určité klasifikace hodnot. Jakmile se nahradí cena osobního prožitku mírou vyprodukovaných spotřebních předmětů, ztratí se i vazba na obytné místo (hodnota správcovství). A také občanská spoluúčast na tomto prostředí (v době „reálného socialismu“ u nás tento aspekt indikoval nápadný kontrast v čistotě sídel nebo estetice krajiny při přejezdu hranic například z Čech do Rakouska). Právě takové rysy jsou spojníky s biologickým pozadím životního prostředí. Takto projevený vztah je v menším měřítku tímtež, co by se mělo praktikovat už při koncipování města: mělo by být „šité na míru“, a ne jen skrumáží shluků domů, seřazených do různých tvarů, aniž dokážeme dobře říci proč (paneláková sídliště s nedostatkem příležitostí k hrám, ke sdružování, k realizaci zájmů, k dennímu odpočinku, ke sportu apod.). Podstatné je funkční propojení nezbytných sfér: administrativa, kultura, školství, zdravotnictví, obytná zóna, komunální služby, obchod a oběh zboží a materiálu, energorozvod, zóna materiálního zajištění, rekreace a sport (koncept tzv. metabolismu města rozvíjel Duvigneaud, 1988).

8.5 AGROEKOLOGIE

Zemědělství se stalo dominantní ekologickou silou na více než 1/3 zemského povrchu. Do značné míry právě prostřednictvím zemědělství se člověk stal významným geochemickým agens (Obr. 21). Začal s mobilizací minerálních



Obr. 21: Rozvolnění dánské vesnice v 18. stol. při změnách agrární struktury – usedlosti vybudované nově uprostřed přidělených pozemků (upraveno podle: Slepíčka 1981).

prvků, s proměnou substancí z jedné chemické formy do jiné, odstartoval tok chemických látek prostředím, což ovlivnilo složení atmosféry a hydrosféry (Budyko 1977). Stimuloval geologickou erozi kontinentů – to vše v měřítku, které působí proti přírodním procesům (vymrskávání půdy v semiaridních oblastech – desertifikace, šíření pouště). S téměř geometricky rostoucí populací se úměrně snižuje schopnost dalšího růstu v produkci potravin, což silně determinuje budoucnost.

BOX XV: PRŮVODCE EKONOMIÍ PŘÍRODY. 15. DANSEREAU

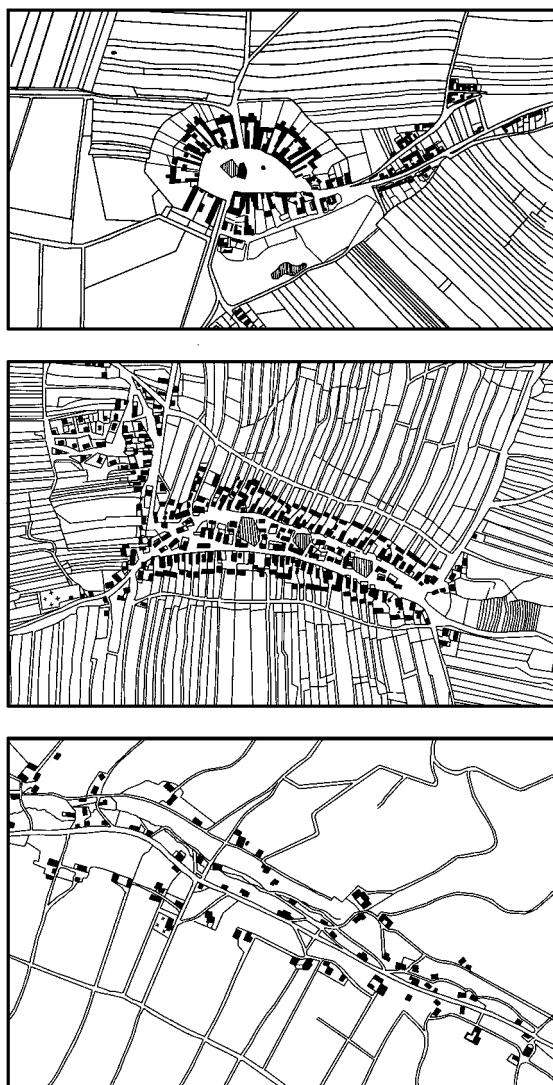
Terestrická ekologie má logické těžiště zájmu v kontinentálních ekosystémech, ale přesahy do mozaikovitého prostředí mísících se katén nebo územních celků s opakující se vnitřní ekologickou heterogenitou vedou k ekologii krajinné. Není snadné v množství postav široké oborové scény rozpražené od geografie přes biologii až po humánní ekologii vybrat jedno jméno jako upoutávku pro daný směr práce. Krajinnou ekologii (Landschaftsökologie) pokřtil německý geograf C. Troll (1939), její otázky však anticipovali už A. von Humboldt (1799), G. P. Marsh (1864) nebo V. V. Dokučajev (1889). Principy ekonomie přírody (ekologie) byly objevovány a zobecňovány cestou spíše „zdola nahoru“, od měřítka „hospodaření v malém“ (úroveň mikroekosystému) po geosférickou dimenzi, která s globalizací civilizačních procesů naléhá na dnešek. Rozměr krajiny patří v hierarchizaci objektů ekologie k nejobtížněji uchopitelným, znamená vysokou míru složitosti, malou možnost experimentovat a předpovídat. S jistou opatrností však lze přenášet již známé principy z jiných odvětví ekologie, o jejichž představitelích jsme psali v minulých dílech seriálu.

Jednu z hlavních linií, k níž se všichni, kdo zacházejí s krajinou, musí opakovaně vracet, představuje vývojová cesta ekologické geografie (biogeografie). Zahrnuje typicky procesy v krajinném prostoru od šíření organismů a jejich společenstev (V. N. Sukačev, 1954) přes produkční ekologii světových biómů (P. Duvigneaud, 1964) až po biogeochemické cykly (W. I. Vernadskij, 1944). Spjatost těchto procesů s podnebnými a substrátovými podmínkami vedla k syntetičtějším konceptům zonace přírody (například biogeoklimatické zóny V. J. Krajiny, 1965, působícího v Kanadě). Právě proto je mezi všemi těmito provázanými směry vhodné uvést jméno P. Dansereau a jeho dodnes všeobecně citované dílo z roku 1957 *Biogeography – an ecological perspective*. Kanadský Francouz publikující v angličtině (uvedená kniha, která čítá přes 300 stran, byla vydána v New Yorku) nenapsal mnoho svazků s takovým ohlasem, ale v anglosaském světě se v jeho nasměrování rozkošatila do té doby zde nikoli dominantní disciplína, na jejímž konci je například nejnovější vydání *Ecosystem geography* (R. G. Bailey, 1996). P. Dansereau, profesor ekologie na quebecké univerzitě v Montrealu, by tu však nebyl v kontextu ekologie krajiny zmiňován pouze pro tento aspekt své činnosti. V roce 1975 vyšla jeho útlá knížka *Inscape and landscape. The human perception of environment*. Důležité dílko o „vnitřních krajinách v člověku“ konfrontovaných s těmi pozemskými promlouvá do dnes velice frekventované problematiky vnímání (percepce) prostředí. Odtud se odvíjí hodnotový systém jednotlivých společností ovlivňující to, jak ekonomie přírody vstoupí do tržního prostředí lidského hospodářství. Vydání knihy předcházely populární lekce rozhlasového vysílání Canadian Broadcasting Corporation (1972) působivé nejen pro přesvědčivý vědecký základ, ale také pro literární styl a humánní obsah.

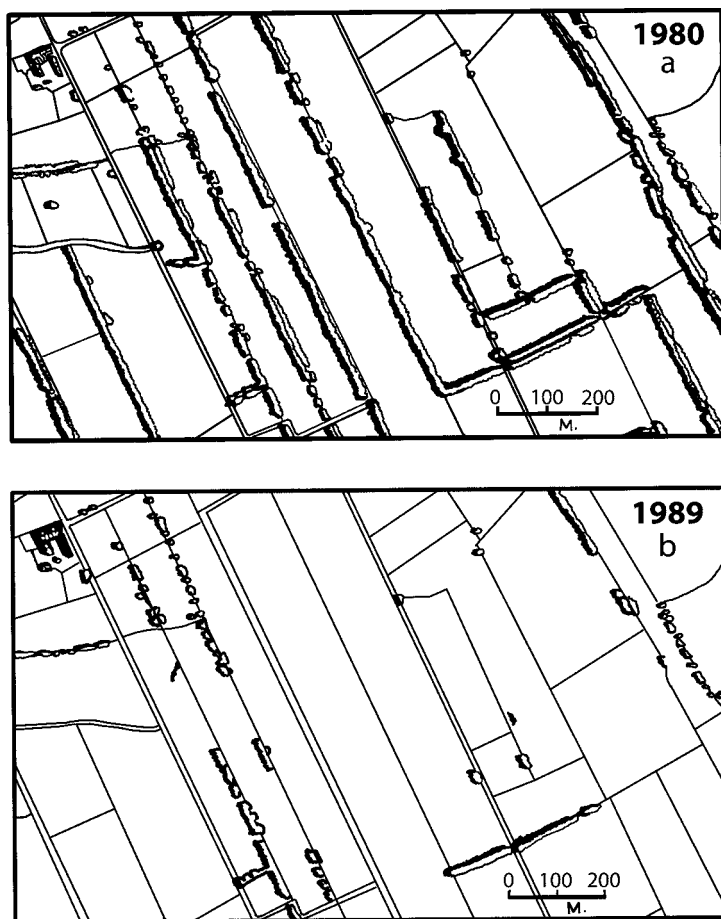
Zatímco před 30 lety vzbuzovalo vyslovení pojmu „ekologie krajiny“ rozpaky téměř v kterékoli resortní komunitě, o něco později se s příručkami v této průřezové oborové sféře začal trhat pytel – H. Leser, 1976: *Landschaftsökologie*; Z. Naveh a A. S. Lieberman, 1983: *Landscape ecology, theory and application*; R. T. T. Forman a M. Godron, 1986: *Landscape ecology*; R. H. G. Jongman a kol., 1987: *Data analysis in community and landscape ecology*; M. G. Turnerová a G. R. Gardner, 1990: *Quantitative methods in landscape ecology*; C. Vos a P. Opdam, 1993: *Landscape ecology of a stressed environment*; R. T. T. Forman, 1995: *Land*

mosaics. The ecology of landscapes and regions; I. S. Zonneveld, 1995: *Land ecology...* Ekologie krajiny je dnes integrujícím synonymem ekonomie (také člověkem zasahované) přírody v principiálně vymezitelných územních okresech.

Lidské zemědělské systémy jsou co do charakteristik různorodé. **Systémy permanentní kultivace plodin** – ty, které se spokojí s lidskou a zvířecí prací, až po ty, které vyžadují vysoce mechanizované systémy, jež závisí na velkých



Obr. 22: Charakteristické typy půdorysů venkovských sídel. Shora dolů: – vesnice s okrouhlicovým půdorysem, – vesnice s návěsním půdorysem, – vesnice s rozvolněnou zástavbou v podhorských, případně horských oblastech (upraveno podle: Slepíčka 1981).



Obr. 23: Příklad odstraňování stromové zeleně v centrální části údolí mezi Gerre Borghi a Gerre de Caprioli jihovýchodně Cremony v severní Itálii v rozmezí zhruba jedné dekády: 1980 – a, 1989 – b (upraveno podle: Groppali 1993).

vstupech energie a chemických látek. V tropech – různé modifikace **nonpermanentních systémů** včetně „pohyblivé“ kultivace (shifting cultivation) a kočovného pastevectví. Obecné trendy spočívají v expanzi mechanizace zemědělské výroby, a ta bude patrně ovlivňovat rozložení zemědělsky ovlivněných ploch (v současné době toto intenzivní zemědělství tvoří asi 40 %, bude se snižovat – nadprodukce). V současnosti najdeme v industrializovaných částech světa, v Evropě zvláště, jen málo míst vhodných pro srovnávací studie tradičních forem zemědělství s jeho zprůmyslněnými formami provázenými hlubokými dopady na ekosystémy (např. enklávy ve Středomoří resp. na Balzánském poloostrově, v rumunském Banátu – cf. Maděra et al. 2014).

Agrární systémy, nejčastěji prostorově diskontinuitní, jsou rozptýleny mezi přirozenými ekosystémy, které jsou s nimi těsně spojeny (Obr. 22). Na druhé

straně jsou agroekosystémy zasazeny do celkového kulturního krajinného uspořádání – jejich produkce jsou z místa vzniku distribuovány do urbánních a průmyslových center (zásobování surovinami, potravinami apod.). Zpětně jsou praktiky, které uplatňují zemědělci, ovlivňovány komerčními zájmy městských a průmyslových center. Intenzivní **kultivace půdy** přináší některé ekologické problémy – přerušení detritového potravního řetězce, vyčerpání organické hmoty z půdy, vyčerpání přirozené zásoby živin, přexponování půdního povrchu vůči slunci a srážkám vede k silné deteriorizaci půdní struktury a úživnosti. Dodávání velkých kvant vysoce rozpustných hnojiv spojené s lokální meliorací (zavodňovací kanály nebo naopak drenáže) zvyšuje odtok živin s vodou a eutrofizaci přilehlých vod. Synchronní kultivace geneticky homogenních odrůd plodin na velkých plochách působí pokles odolnosti vůči hmyzu a nemocem, což vede k zvýšenému užívání biocidů a intoxikaci sousedních ekosystémů. Celkově vzrůstá **nestabilita** zemědělské krajiny, kde nemohou plně fungovat přírodní regulační mechanismy (Obr. 23).

Přes negativní dopady moderního obhospodařování je třeba zabezpečit lidstvo proti hladovění a redukovat podvýživu. O výzkumné programy, hledající schůdné cesty, se stará **FAO** (Food and Agriculture Organisation). V poslední době se projevuje snaha nahlížet na zemědělské systémy jako na ekosystémy.

V ekologickém chápání zemědělství reprezentuje symbiotické vztahy mezi lidmi a domestikovanými rostlinami a zvířaty. Tyto nově utvořené systémy soužití zahrnují značnou **biologickou diverzitu** – můžeme vystopovat řady druhů přímo či nepřímo vázané na lidské aktivity – různé druhy mravenců vyhledávajících populace mšic na užitkových rostlinách, jiné druhy pěstující sortiment hub ve svých hnízdech, jež jim umožňuje vytvořit specifické lidské prostředí. Další typ symbiontů jsou hmyzí opylovači kulturních rostlin (včely apod.). Množství hmyzu v agrokulturách láká predátory, ptactvo, čtyřnohé hmyzožravce, za nimi jdou malé šelmy, ale za pící i býložravci (králík, zajíc...). Mozaikovitá kulturní krajina je biotopem zvýhodňujícím mnohé druhy lovné zvěře (pokud nejde o chemické předimenzování nebo znečištění). Tato poměrně vysoká diverzita byla dosažena v poměrně krátkém období historie, zhruba za posledních 12 000 let. Cesty a stadia (od lovců, sběračů po usedlé kultivátory půdy) vývoje se liší podle kontinentů. **Ekologie domestikace** jednotlivých užitkových druhů zvířat, plodin na zrno a na list tvoří samostatné kapitoly.

BOX XVI: PRŮVODCE EKONOMIÍ PŘÍRODY. 16. LIKENS

Rychlý vývoj v nauce o ekosystémech byl odpovědí na všeobecně sdílené tvrzení, že ekosystém je vskutku velmi složitý. Badatelům, kteří ekosystémy studovali, bylo jasné, že jejich studie nevystačí s tradicí výzkumu v malém rozměrovém měřítku, se skromným finančním rozpočtem. Už v 50. letech byla řada výzkumných konceptů na stole, ale názor, že velkoměřítkové, komplexně a interdisciplinárně řešené problémy s velkorysou a slušně dotovanou organizací je třeba podpořit, se prosazoval nesnadno. Patrně prvními, kteří dosáhli projektu

detailního a integrovaného studia struktury a funkce určitého ekosystému, byli F. H. Bormann (rostlinný ekolog), G. E. Likens (limnolog), N. M. Johnson (geochemik) a R. S. Pierce (lesnický ekolog). Začátkem roku 1963 získali velký grant od americké National Science Foundation a na experimentálních plochách klimaxového lesa začala slavná éra tzv. Hubbard Brook Ecosystem Study. Cílem týmu bylo vyvinout model fungování přírodního ekosystému s pomocí institucionalizovaného, dlouhodobého a víceoborového studia. Hlavní protagonisté projektu, Bormann a Likens, v něm chtěli bilančně zmapovat všechny podstatné procesy – „oživené i neoživené“ (s účastí živé složky ekosystémů i bez ní). Technické zázemí pro získávání meteorologických a hydrologických dat zajistil americký lesnický úřad (U.S. Forest Service) a experimentální stanice Hubbard Brook. Mohlo se začít se zkoumáním chemismu vodních toků vymezených malým povodím, které bylo vybráno s ohledem na nepropustné geologické podloží. Současně se nastartoval dlouhodobý výzkum interakcí mezi suchozemskými a vodními ekosystémy. Přirozeně vymezitelný územní systém s jasnými vstupy a výstupy hmoty a energie s jezerem na konci řetězce materiálového toku umožňoval získat informace o jednotlivých parametrech ekosystémů a dovozoval též experimentální manipulaci s nimi. Výsledkem byly například kalkulace živinového režimu, průběh aktivit biotických skupin ve vztahu k zásobování vodou a minerálními prvky, apod.

Dalším mezníkem u těchto ekosystémových studií byl „pohyb k velké biologii“. Tradičně se ekologický výzkum prováděl jedním badatelem, kterému pomáhali jeden až dva kolegové, případně několik studentů nebo techniků. Klasický ekolog je popisován jako terénní pracovník s kusem motouzu a pH-metrem v batůžku na zádech. V případě, o němž mluvíme, však šlo o kontinuální práci na jednom místě a spektrum prací, které vyžadovaly koordinaci. Během prvních 18 let se v pokusném lese Hubbard Brook vystříдалo přibližně 150 lidí, z toho 50 renomovaných badatelů, a vzešlo z toho 450 vědeckých článků. Lze pozorovat stabilní vzestup v počtu publikací, od průměru 2,4 na rok za období 1962–66 na 36 ročně v období 1978–80. Práce se rozšířila na studium sukcese, biogeochemických cyklů, vlivů znečištění a odpovědi ekosystému na narušení. Významným výstupem byl „model akumulace biomasy“, který rozeznával čtyři fáze vývoje ekosystému od vykácení lesa. Některá získaná data se uplatnila jako testy dřívějších tvrzení E. P. Oduma o trendech v ekosystému (Box XI). V tomto kontextu je známa řada prací se jmény dalších autorů navazujících na studie zakladatelů projektu – P. M. Vitousek, W. A. Reiners, E. Gorham, R. G. Woodmansee.

Na okraj Hubbard-brookského výzkumu je třeba poznamenat, že byl od počátku více empirický a experimentální, a v menší míře zahrnoval abstraktní zobecňování a matematické formulace. Seznam 80 spolupracujících vědců zahrnoval pouze jediného systémového analytika. Situace přelomu 60. a 70. let, kdy se již také odehrál globální Mezinárodní biologický program (IBP), svědčí o tom, jak rozličné byly cesty ekosystémové ekologie. Například R. C. Wiegert obhajoval zcela jiný přístup k rozvíjení ekologické teorie na ekosystémové úrovni. Byl založen na populačních složkách nebo trofických (potravních) skupinách organismů, na modelování jejich vztahů a konečně na předpovědích ekosystémových vlastností. Navzdory tomu se výzkum v Hubbard Brook Experimental Forest zapsal do dějin ekonomie přírody mimo jiné vznikem silného fóra komparativní (srovnávací) ekologie s vůdčí postavou G. E. Likense a prosazením projektů dlouhodobého ekologického výzkumu (LTER) jako seriózní databáze pro management biosférických rezervací.

Dynamika agroekosystémů (teorie ekocyklů a ekofází: Kropáč et al. 1971). Vztah ke klimatu – základní meteorologické procesy – sluneční záření, atmosférická cirkulace, mechanismy vypadávání srážek.

Pro jednotlivé typy zemědělského hospodaření jsou důležitá kritéria jako délka vegetační sezóny, počet mrazových dnů, počet účinných a absolutních úhrnů srážek. Mikrometeorologie se soustřeďuje na fenomény jako albedo (odrazivost), mořské větry (bríza, monzun atd.), horské nebo údolní větry, inverze apod.

Organismy jsou charakterizovány odpovědí na faktory prostředí, zpravidla na jejich spojené působení (coupling factor).

Odpověď (na teplotu, přítomnost vláh, radiaci a podobně) se může odehrávat v rovině fyziologické (transpirace a podobně) nebo v rovině chování (u živočichů změna stanoviště).

Měřitelnost efektu může být dosažena různě – například přes extinkční koeficient u vegetace, kde popisuje pokles světla procházejícího porostem na jednotku LAI (leaf area index – sumární povrch listů vztažený na jednotku plochy půdy).

Samostatnou kapitolu představuje **tvorba půdy a její struktura**. Půda, nazírána jako subsystém ekosystému využívaného člověkem, sestává z živé a neživé komponenty, které interagují výměnou energie a zvláštních chemických substancí. Živá složka zahrnuje autotrofy, konzumenty a rozkladače. Velikost od mikroskopické po makroskopickou úroveň. Vývoj půd se mění s topografickou změnou reliéfu, a tím i ekologických podmínek. Setkáme se s termínem **ekologická katéna** – sekvence půdních typů, které se diferencují na tomtéž geologickém podloží, ale v odlišných topografických situacích. Při velkoplošném obhospodařování jsou povrchové vrstvy katény rozrušeny, promíchány a na půdě se začnou projevovat fenomény **degradace** – únava půdy (tlaky půdy, absence humuso-koloidního komplexu, toxicita díky dodávaným chemikáliím).

Dostáváme se opět na úroveň **krajinného managementu** – role ekotónů, optimalizace velikosti honů, vybalancování zásahů (disturbancí a stresů), nalezení „sustainable development“, tedy trvale udržitelný rozvoj zahrnující šetrnou, přírodě blízkou péči o druhovou rozmanitost (Löw et Míchal 2003, Kovář et al. 2012).

Systém **mezinárodní kontroly** zemědělství – na úrovni biosféry (souvisí se všemi globálními problémy, zvláště s růstem populace – hlavně v rozvojových zemích).

Znečištění v krajině a biodiagnostika

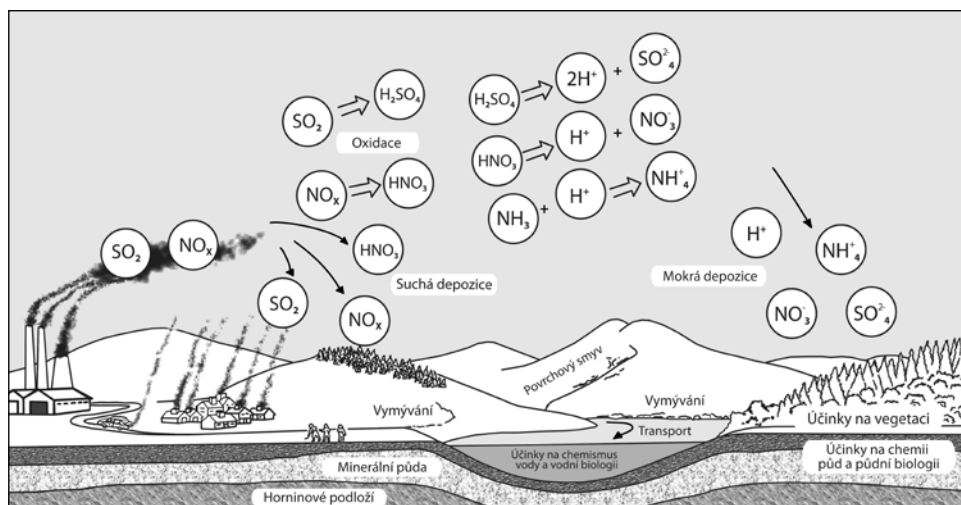
Co je znečištění? Někteří jej definují tak, že to je jakákoli odchylka od hodnoty koncentrace určité látky v prostředí existující při absenci lidské činnosti. To by znamenalo, že vulkanická erupce, požáry lesů nebo písečné bouře neznamenají v regionální nebo globální ekologii nic mimořádného. Z tohoto pohledu se zdá dotyčná definice nepraktická resp. nepoužitelná. Jiné definice jsou použitelnější, například že jde o „přítomnost substancí v obklopující nás atmosféře, přičemž jejich zdrojem je buď lidská činnost anebo přirozené procesy, způsobující nepříznivý účinek na člověka a prostředí“ (Weber 1982). Tato definice může být do různé míry rozšiřována.

9.1 TYPY POLUTANTŮ

V našem století bylo znečištění ovzduší (air pollution) pro většinu lidí synonymem pro suspendované částice (saze, smog) a oxid siřičitý. Tedy produkty hlavně z domácích topenišť, celé škály průmyslových zdrojů a tepelných elektráren. Jak se 20. století vyvíjelo, zájem se rozrůstal na značný počet znečiš-

těnin (Obr. 24). Velký nárůst výrobků, hlavně naftou poháněných dopravních prostředků, přidal nové polutanty. Výfukové plyny obsahují oxidy dusíku, oxid uhelnatý, uhlovodíky a olovo – to vše se hromadí zejména v městských oblastech. Z oxidů dusíku a uhlovodíků také vznikají sekundární polutanty, tzv. fotochemické oxidanty. Do znečištění se v neposlední řadě započítává také odpadní energie – hluk a teplo. Rozvoj nových průmyslových odvětví přinesl problém toxických chemikálií, zatímco jaderné elektrárny a atomové testy vnesly do prostředí ionizující záření coby polutant.

Do 60. let byly polutanty považovány za problém pouze okolí jednotlivých emisních zdrojů nebo urbanizovaných oblastí. Vzápětí se ukázalo, že polutanty jsou transportovány přes dlouhé vzdálenosti a že mohou mít negativní efekt na lokalitách značně vzdálených od zdroje. Dálkový přenos sloučenin síry a dusíku přes hranice států měl za výsledek spad **kyselého deště** ve vzdálených místech a objevil se problém znečištění jako problém mezinárodní. Zlepšené monitorování a odhalení trendů dílčích znečištění spolu s modelováním atmosférických procesů ukázalo, že problém znečištění je globální. Ztenčováním stratosférické **ozónové vrstvy** díky plynům vnášeným do ovzduší, zejména freonů (chlorofluorocarbons) se stalo hlavním „šlágregem“ v roce 1985 po zjištění masivní ozónové díry nad Antarktidou. V procesu známém jako **skleníkový efekt** jsou to oxid uhličitý, metan, oxidy dusíku, chlorované uhlovodíky spolu s ozónem (nízké hladiny pocházející z antropického znečištění), jež zachycují infračervené záření emitované ze země, které by se jinak rozptýlilo do vnějšího prostoru. Atmosférické koncentrace těchto skleníkových plynů významně narostly v posledních dekádách a někteří vědci upozorňují na **globální oteplení** o půl stupně za poslední století, což se přisuzuje tomuto skleníkovému

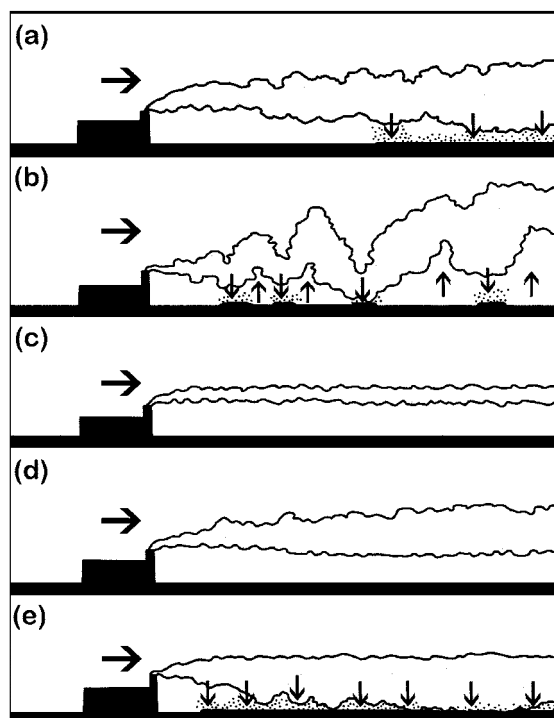


Obr. 24: Transport oxidů síry a dusíku, jejich chemická přeměna, depozice a účinky v prostředí (upraveno podle: Elsom 1992).

efektu. Zrychlené oteplování očekávané v nadcházejících desetiletích spolu se zvednutím hladiny oceánů (tání ledovců) má způsobit různé účinky na světové zemědělství, přírodní ekosystémy, zásoby energie a sladké vody (více v kap. 13). Ozývá se čím dál častější volání po kooperaci na co nejširší mezinárodní úrovni.

9.2 DOPADY ZNEČIŠTĚNÍ

Průmyslové a zemědělské znečištění (emise, polévatý prach, aerosoly, těžké kovy, radionuklidy, ropné látky, fotochemický smog, kysličníky síry a dusíku, fosfor, biocidy): je třeba zkoumat, jak zabránit při nákladně zvyšované produkci znehodnocování prostředí (Bouška et al. 1980). Bohužel celá škála nově vyvíjených a do prostředí vnášených látek (jako jsou organické mikropolutanty, rezidua kosmetických přípravků léčiv, čisticích prostředků, veterinárních léčiv nebo herbicidů či pesticidů – např. glyfosáty, neonikotinoidy ad.) byla do nedávné doby v dopadech opomíjena, chybí monitoring, natož praktické purifikační procedury.



Obr. 25: Kouřové vlečky a depozice znečištění ve vztahu k teplotám nad zemí: (a) mírný pokles teploty ve směru vzhůru od povrchu, (b) podstatný pokles teploty ve směru vzhůru od povrchu, (c) svršek kouřové vlečky při inverzním zvrstvení, (d) inverze dole, pokles teploty nahoře, (e) inverze nahoře, pokles teploty dole (upraveno podle: Forman 1995).

Zdroje: **bodové a plošné** (například komíny – erozní plochy), **stacionární a mobilní** (například sídlištní topeniště – dopravní prostředky), **lokální a dálkový přenos** (závislost na výšce komínů, Obr. 25).

Dva přístupy k znečištění:

- (1) studium vlivu znečištění na organismy (odpověď jedince, populace, společenstva, ekosystému na vnější vliv, zásah);
- (2) studium vlivu organismů na šíření toxické látky (podél potravního řetězce, v biogeochemickém cyklu apod.)

První přístup hledá odpověď organismů na vliv znečištění v různých úrovních:

- cytologie – poškozené funkce buněk nebo výseku tkání (pletiv), mikroskopicky až makroskopicky viditelné symptomy (například místně nezelené plochy u jehlicí konifer);
- jedinec – kolaps funkcí, například opad listový až celkové zhroucení; blokovány fenologické fáze – nevytvoří květy, plody a semena apod. Příp. toxický efekt poškození dědičné výbavy (semena neschopná vyklíčit nebo znetvoření jedinci – úhyn);
- populace – impakt přesahuje variabilitu v toleranci populace, převýšen práh selekce (nepodléhají jen slabší jedinci, ale dochází k totální mortalitě);
- společenstvo – rozkládá se, ekosystém se hroutí, extinkce druhů přes narušení mezidruhových vazeb, funkce symbiontů (například mykorrhiza), nastupují invazní alochtonní druhy.

Působení znečištění

typ znečištění	akutní (epizody, katastrofy)	chronický (časové kontinuum)	Chamberlain 1970
typ impaktu	disturbance (destrukce biomasy), například zablokování	stres (postupné dosažení prahové hodnoty, kumulace toxicity)	Grime 1979
odpovídající bionomická strategie	ruderální (plevelné jednoleté rostliny)	stres-tolerantní (pomalu rostoucí polokeře, sukulenty apod.)	Grime 1979

BOX XVII: PRŮVODCE EKONOMIÍ PŘÍRODY. 17. HARPER

Zatímco E. P. Odum v roce 1977 popisoval „novou ekologii jako holistickou“ a zastával názor „že nové vlastnosti systémů se objevují v průběhu ekologického vývoje“ (Box XI), aniž by přitom myslel na druhovou úroveň, ve stejném roce populační ekolog John L. Harper razantně kritizoval „nebezpečí systémového přístupu“ a pobízel ekology, aby sledovali stopu například takových populačních teoretiků, jako byl R. MacArthur (Box X). Harper se zajímal o zjišťování a význam adaptací. Dospěl k přesvědčení, že pozorování a teorie

týkající se rostlinných populací nejsou použitelné pro živočichy – ti jsou pohybliví. Zdálo se mu také, že slovo adaptace ztratilo svou hodnotu. Přes všechny tyto obtíže věřil (spolu s částí jak rostlinných, tak živočišných populačních ekologů), že „nejzazší ekologická vysvětlení“ musí být odvozena ze studia populací – z poznání „životů a smrtí jednotlivých rostlin“, redukcionistickým přístupem. Ostatně, vyskytly se hlasy (R. Levins, R. C. Lewontin v roce 1980) argumentující, že počítačové modely systémové ekologie neznamenaají holismus, ale toliko formu velkoměřítkového redukcionismu, v němž jsou celky, ekosystémy, pouze „naivně“ definované části. T. H. F. Allen a T. B. Starr (1982) šli ještě dále, když hovořili o „duální redukcionisticko-holistické strategii“. Začalo být zjevné, že ekosystémy lze studovat jednak jako agregáty přítomných populací a s nimi spojeného prostředí, jednak jako části krajiny, v nichž probíhají jisté procesy. Koncept vybalancované ekonomie přírody, rovnoměrně inkorporoval tři zřetelná teoretická hlediska, která nyní charakterizovala ekologii: (1) populační ekologii, (2) ekologii společenstva a (3) systémovou ekologii.

Speciace, utváření druhů, byla tradičně ústřední záležitostí evoluční teorie. J. Harper patřil k těm ekologům, kteří upozorňovali na skutečnost, že biologický druh nezbytně nemusí být ve vývoji funkční ekologickou jednotkou. A na druhé straně ho mrzelo, že ekologie opustila evoluci kvůli genetice a že teoretická genetika se vyvíjela s malým zájmem o ekologii. Ačkoli byl Harper zastáncem ekologie jako teoretické prediktivní nauky, mnohé překvapoval tím, že pracoval induktivním způsobem. V roce 1982 napsal, že většina ekologických zobecnění se s největší pravděpodobností rodí z opakovaných studií individuů ve zvláštních, lokálních podmínkách – ovšem mnohé z těchto generalizací jsou spíše koncepty, nikoli zákonitosti.

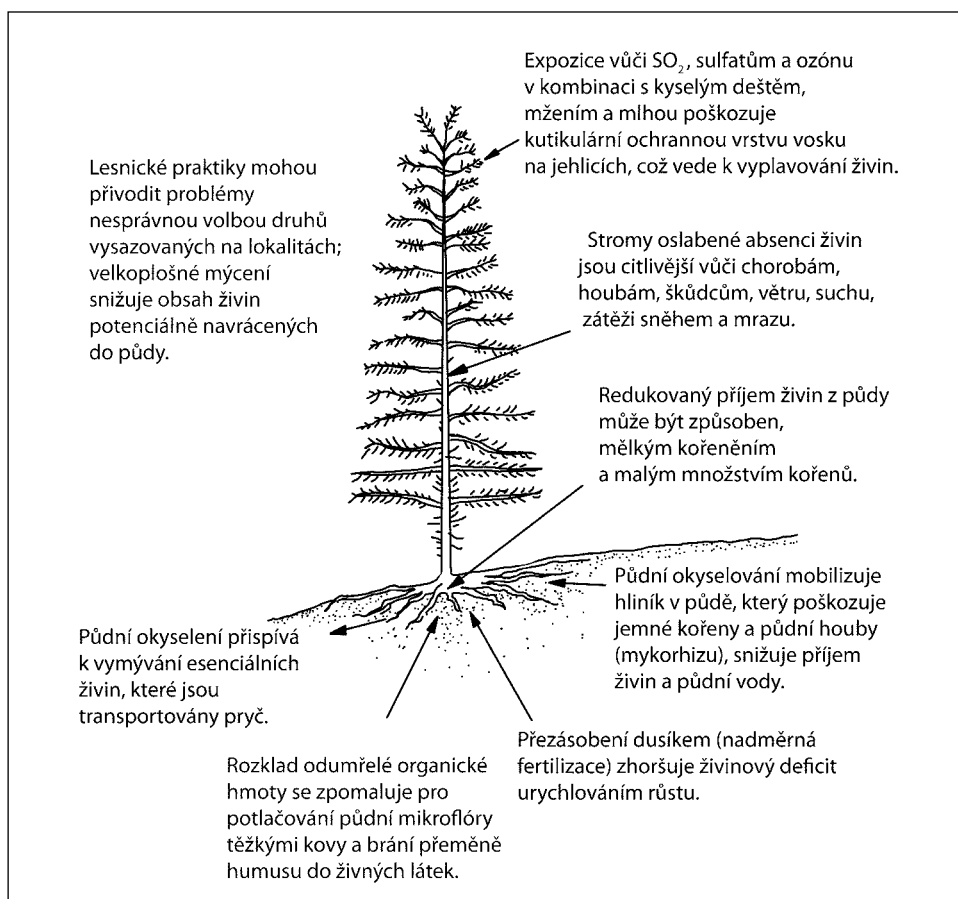
Harper se svými anglickými žáky z univerzity v Bangoru vedl řadu podrobných studií, které objasnily životní vzorce a chování vyhraněných rostlinných typů. Tím, že proklamoval „odhalování sil, které svým působením určují rozšíření a početnost rostlin“, strhl mnohé ekology ke studiu ekobiologických determinant a vypěstoval si také vážné konkurenty. J. P. Grime působil nedaleko na univerzitě v Sheffieldu a jeho „komparativní ekologie rostlin“ se v tištěné podobě stala nepostradatelnou pokladnicí experimentálně získaných údajů o jednotlivých druzích britské flóry. Nově vymezil tzv. adaptivní strategie rostlin a do nám již známého r a K selekčního schématu (Box X) nově zařadil kromě konkurence a narušení také zátěž (stres), aby v typických, do trianglu aranžovaných souřadnicích klasifikoval funkční skupiny rostlin. Na druhé straně oceánu, v Minnesotě D. Tilman intenzivně studoval procesy ovlivňující rostlinstvo a zaujal svou „teorii limitujících faktorů“. Pokusil se stanovit klíčové faktory ovlivňující konkurenční schopnost a tím také výskyt jednotlivých druhů. Rozlišil dva typy zátěže z nedostatku limitujícího (omezujícího) zdroje – jeden působený nedostatkem světla, druhý nízkou hladinou půdního zdroje (vody nebo živin). Každá rostlina zaujímá určité místo podél gradientu půdního zdroje a světla, kde je nejsilnějším konkurentem. Takový gradient může představovat hlavní osu, podél níž dochází k diferenciaci a evoluci rostlin.

Zatímco někteří znova objevovali na poli badatelském to, co J. Harper vyčetl z cenných populačních studií prováděných již dříve zemědělci na polních plodinách nebo pastevních pánčinách, zrála nově vyvážená ekologie nahlízející přírodu jako hierarchicky strukturovanou jednotu, v níž pro nás má smysl hledat, co znamená změna na jedné organizační úrovni pro úroveň jinou, nižší nebo vyšší. (Také o tom je učebnice: M. Begon, J. L. Harper, C. R. Townsend: *Ekologie: Jedinci, populace a společenstva*.)

9.3 BIOINDIKACE A BIOMONITOROVÁNÍ

V závislosti na reakci organismu k faktorům prostředí můžeme rozlišit dva způsoby bioindikace.

Pro **nespecifickou bioindikaci** je typická reakce na komplex faktorů, u **specifické bioindikace** jde o reakci na jeden faktor prostředí. V přírodních podmínkách se častěji setkáváme s nespecifickou bioindikací. Fakt, že neznáme, na který faktor prostředí organismus, populace nebo společenstvo reaguje, je sice nedostatkem, ale cenné je, že známe komplexní biologickou odpověď, kterou bychom sotva mohli předpovědět na základě instrumentálních měření (ta jsou vysoce specifická, nezachytí například synergický efekt chemikálií). Proto je bioindikace nenahraditelná pro studium odpovědi živého (organu, jedince, populace, společenstva, Obr. 26).



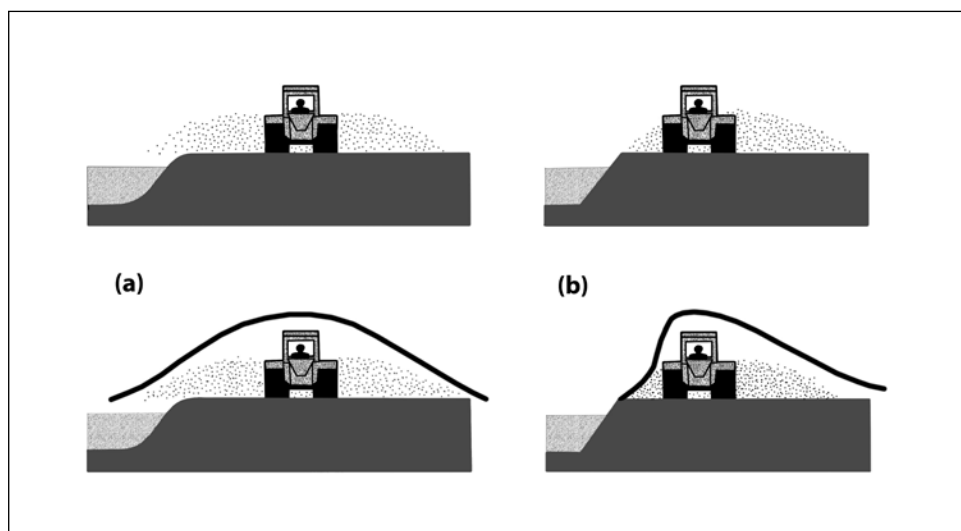
Obr. 26: Kyselá depozice poškozuje jehličnaté dřeviny – zejména v důsledku deformace v bilanci živin (upraveno podle: Elsom 1992).

Podle spektra adaptací organismu je možné charakterizovat podmínky prostředí (byly rozvinuty metody postihující: obsah živin a kyslíku, salinitu, teplotní režim, původ půd a některé jejich vlastnosti obsah – organických látek, pH, teplotní a vlhkostní režim).

Na organismy (od viru po savce, od řas po vyšší rostliny) vhodné pro bioindikaci jsou kladeny určité **požadavky**:

- měli by být dostupní na velkém spektru stanovišť a během celého roku, měli by žít na nevelkém teritoriu a neměli by mít sklon k migracím,
- měli by přijímat potravu ve znečištěném ekosystému a mít rychlý metabolismus (rychlá odpověď na toxicitu),
- měli by být dobře chovatelní v laboratorních podmínkách (kontrolní pokusy). Vhodné jsou skupiny organismů se značnou druhovou rozmanitostí, se spektrem ekologických nároků a druhy se schopností kumulace některých látek. Vhodné jsou druhy, u nichž jsou dostatečně rozpracovány metody sběru.

Příklad: bezobratlí – použitelní ke specifickým druhům znečištění. Zvlášť vhodnými indikátory jsou dešťovky (pohlcují spolu s potravou velká kvanta půdy – při znečištění radionuklidy jsou těla ozařována nejen zvenjšku, ale i zevnitř; přitom zevnitř jsou ozařována i radionuklidy vázanými v nerozpustných sloučeninách, které například rostlinou přijímány být nemohou). U dešťovek dochází k změnám struktury a funkce epitelu trávicího ústrojí. Ozáření ovlivňuje jejich aktivitu, růst, plodnost, dochází k ovlivnění genetického aparátu. U jiných půdních živočichů, například mnohonožek, stonožek byly zjištěny teratologické změny končetin. Celkem je půdními živočichy v ekosystémech hromaděno 80–97 % všeho Sr^{90} a Cs^{137} .

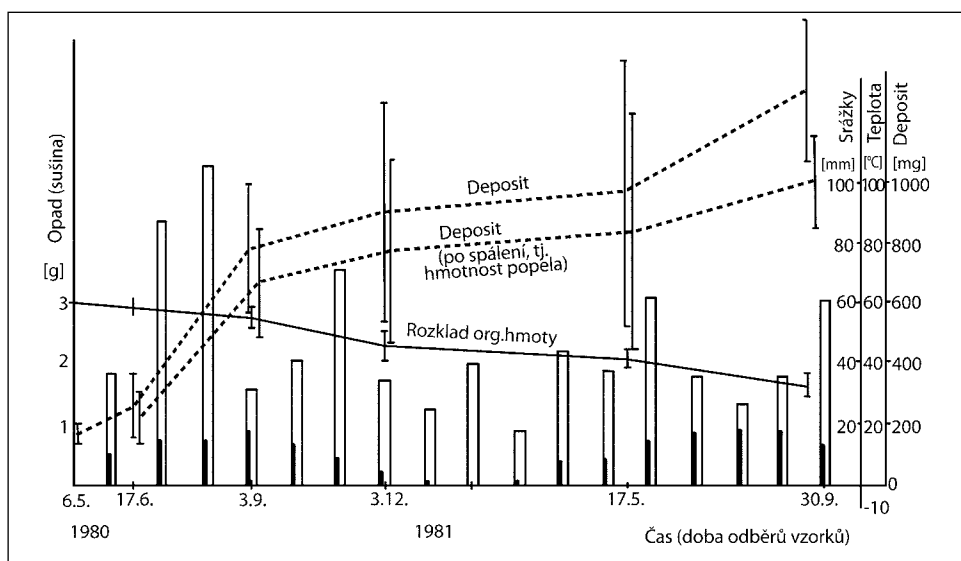


Obr. 27: Spektrum rozptylu hnojiva na orné půdě při použití (a) konvenčního fertilizátoru, (b) zařízení k odklonu hnojení mimo okrajový pás pole (upraveno podle: Vos et Opdam 1993).

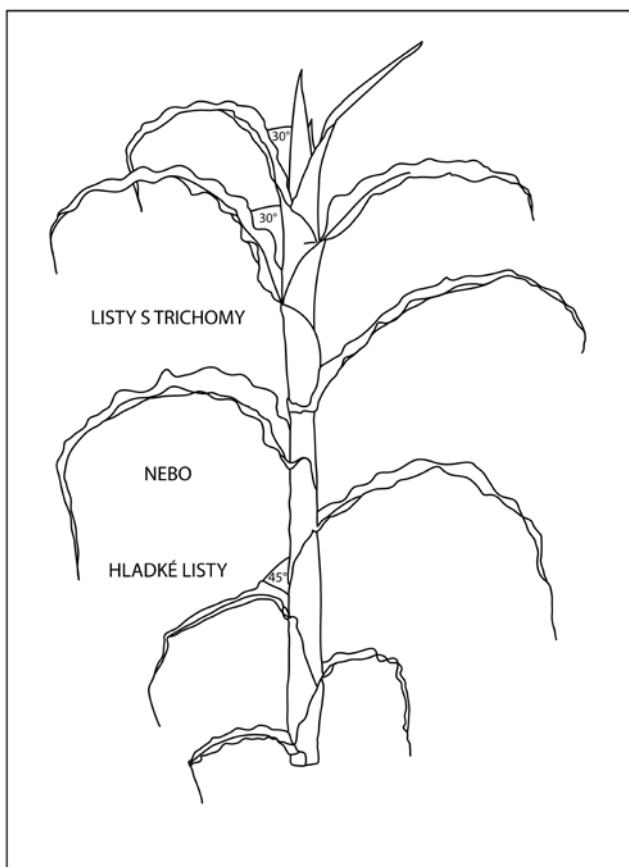
Na úrovni populací: u bezobratlých dochází ke změnám v poměru pohlaví. V zemědělské krajině (Obr. 27) často převládají samice (odolnější k různým stresovým faktorům). Naopak, v ekosystémech ostrovního charakteru (urbán-ní ekosystémy) mohou převládat samci – jsou ve většině případů schopnějšími letci než samice.

Fyziologické a biochemické charakteristiky jsou důležité u savců, protože jsou podobné s fyziologickými procesy u člověka (analogie mezi zdravotním sta-tem savčí a lidské populace v území). Průkazné snížení koncentrace hemoglo-binu u hraboše polního v průmyslově zatížené krajině. Stanoveny rozdíly v re-lativní hmotnosti jater, ledviny a nadledviny u téhož v zatížených a kontrolních oblastech. Mění se aktivita enzymu aspartátaminotransferázy a alaninamino-transferázy u zvířat v průmyslových oblastech. Studium velikosti snůšky, defek-tů raných vývojových stádií ontogeneze a mortality zárodků u racka chechtavé-ho na Třeboňsku může být příkladem indikace toxického potenciálu prostředí. Ornitocenózy mají výhodu, že je lze použít pro relativně rozsáhlá území.

Biomonitorování – je přesnější, do jisté míry supluje měřicí přístroje (Obr. 28), avšak rozdíl je v tom, že se nezjišťuje aktuální hladina specifického znečištění, nýbrž se využívá schopnosti bioakumulace prvků v tělech organis-mů (koncentrace v prostředí může být relativně nízká). Dělení například bez-obratlých na makro- a mikrokoncentrátory, dekoncentrátory. Jako kritérium je použit koeficient biologické kumulace – poměr mezi koncentrací prvku v těle organismu a koncentrací ve vodě nebo v půdě podle toho, kde organismus žije.



Obr. 28: Rozklad odumřelé biomasy v trvalém travinném porostu s dominantní třtinou křovištní (*Calamagrostis epigejos*) a depozice částic v porostu. Prázdné sloupce značí měsíční srážky, tmavě jsou na nich značeny průměrné měsíční teploty (upraveno podle: Kovář et Brabec 1987).

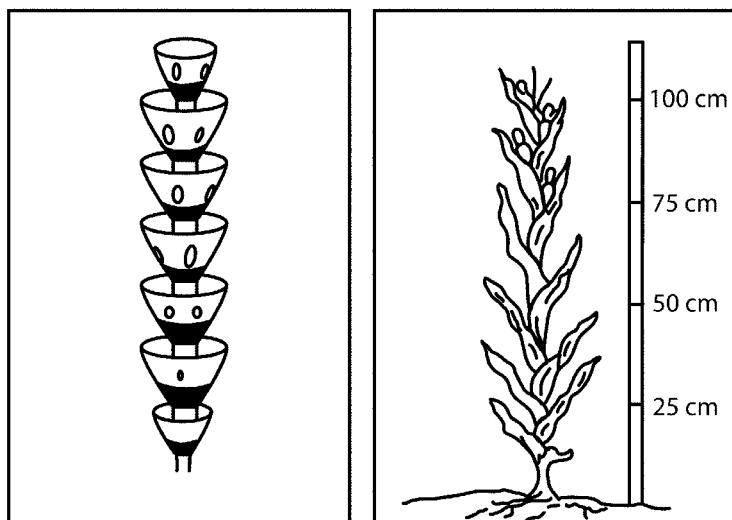


Obr. 29: Vybrané charakteristiky kukuřice (*Zea mays*) z hlediska důležitosti pro retenci spadu: architektura rostliny (upraveno podle: Kovář 1988).

Často užíváno pro těžké kovy nebo radionuklidy. Tzv. transplantace (lišejníky) nebo rozmístění „moss bags“ (mechu v nylonových obalech), ty jsou pak po určité době expozice analyzovány. „Biokolektorem“ u povrchové (prašné) depozice může být i cévnatá (vyšší) rostlina – například kukuřice, s vhodnou strukturou nadzemních částí (systém „sedimentačních dutin“, hlavně v úžlabí listů): odběr, omytí, zjištění kvanta, relativního depozitu (poměr k spadu na lokalitě), specifického depozitu (poměr vzhledem k jednotce biomasy) – Obr. 29. Pro biomonitorování je významný faktor času: dlouhodobé sledování (Spellerberg 1991).

9.4 EKOTOXIKOLOGIE

Jiný typ otázky: **Co se stane se znečištěním (s toxickou substancí), když vypadne z atmosféry?** (Předchází otázky týkající se „long-term“ transportu



Obr. 30: Model kukuřice vpravo – ideální typ z hlediska optimálního strukturního uspořádání vzhledem k využití sluneční energie a produktivity – podle Andersona 1974; vlevo tentýž typ plodiny znázorněný jako systém propojených nálevek s proděravělými stěnami, který se značnou účinností zachycuje znečištění z ovzduší (upraveno podle: Kovář 1988).

z bodového zdroje – kouřové vlečky komínu: modely – parametry jako výška komína, spektrum částic, směr větru, rychlost větru, přítomnost vodního aerosolu, reliéf atd.). Důležitá je predikční hodnota tohoto typu výzkumu (Moriarty 1990).

Přestup přes **hraniční vrstvu** z atmosféry do půdy: přes vegetaci (složitá struktura). Vstup (kontaminace, příjem – anglicky: uptake) rostlinnými povrchy přes nadzemní část (analogie s „hnojením na list“), přes podzemní orgány (příjem s vodou). Celý transport zahrnuje řadu depozičních mechanismů (intercepce, impakce, adsorpce, translokace, retence). Výsledek: vyuhovaná usazenina je pevně vázána na rostlinné orgány (kvantum depozitu závisí na drsnosti povrchů, chlupatosti pokožky, výměně kutikulárních buněk apod. – Obr. 30).

Celkový **geobiochemický transport** – v měřítku potravních řetězců. Zvláštní role detritového potravního řetězce.

Otázky ekotoxikologie:

- Čím je ovlivňována cesta emitovaných látek od zdroje k receptoru?
- Jaký je vztah mezi obsahem těžkých kovů v rostlinách a atmosférickým aerosolem?
- Co se děje s látkami, když opustí homogenní prostředí atmosféry a vstoupí do prostorově i látkově proměnlivého prostředí zemského povrchu?
- Jakým způsobem společenstva nebo populace fungují při šíření látek?

Studium **objektu šíření** (plyny, kapaliny, pevná fáze; dispergovaná soustava) má různé aspekty: velikostní frakce, mobilnost apod.

Studium **prostředníků šíření**: mikromorfologie a fyzikální stav orgánů, makromorfologie (tvar celých organismů), synmorfologie a strukturní charakteristiky porostu (plocha listoví, biomasa), metabolický typ (C3, C4 a CAM metabolismus – ekofyziologie), bionomické strategie (zvýhodněny ruderaly – krátká expozice, rychlý životní cyklus, velký počet životaschopných semen atd.).

Uspořádání testů (pokusů)

- laboratorní experiment (větrné tunely);
- terénní pokusy:
 - jednorázový zdroj (akutní situace, epizody),
 - chronický zdroj a jednorázové sledování,
 - chronický zdroj a sezónní sledování.

Při studiu **depozice** (ukládání znečištěnin) je často využíván koncept **depoziční rychlosti**: $V_g = F/C$ – rychlost závisí na výšce (F), odkud částice klesá, a na koncentraci (C) – počtu aerosolových částic v jednotce objemu (představa válce zvolna se zasouvajícího do země). Koncept může být aplikován tam, kde vegetace a půdní povrch fungují jako propad a nikoli jako zdroj částic. V nehybném vzduchu se depoziční rychlost (deposition velocity) rovná sedimentační rychlosti.

Je zřejmé, že **kontaminace** porostu je také výsledkem režimu klimatických resp. meteorologických prvků, vzdušné vlhkosti, hustoty ozáření a tepelné bilance, srážek a rychlosti větru. Dosud jsou tyto faktory v depozičních studiích respektovány zřídka. Snaha o korekci je v návrhu obecného depozičního modelu: – depoziční rychlost (cm/s) je aproximována rovnicí: $V_g = cBD\mu F$, kde je c – proporční konstanta, B – biologický faktor (charakterizuje povrch), D – biomasa vegetace, μ – třecí rychlost vzduchu, F – relativní vzdušná vlhkost. Snahou do budoucna by mělo být nahradit empirický faktor B kvantitativními parametry struktury vegetace, podobné omezení u empirické konstanty c .

Biodiverzita: ochrana a obnova ekotopů

10.1 HODNOCENÍ DRUHOVÉ ROZMANITOSTI

Organismy žijící v ekosystému patří k různým druhům. Každý druh je zastoupen populací jedinců. Početnost jedinců v populacích různých druhů je různě velká. Je pravidlem, že v každém potravním článku je jen několik málo druhů zastoupených velkým počtem jedinců (fenomén dominance, která reprezentuje jednu z krajních poloh druhové diverzity), zatímco populace ostatních druhů jsou málo početné. Druhová diverzita (rozmanitost, bohatost) charakterizuje celkový počet druhů v ekosystému. Patří mezi základní parametry společenstev (biocenóz). Vychází z toho, co formuloval Gleason (1922): kumulativní počet rostlinných druhů zhruba lineárně závisí na logaritmu zvětšované plochy. Zároveň pojem „species diversity“ začal zohledňovat nejen přítomnost/nepřítomnost druhů, ale také jejich početnost (pokryvnost). Druhová diverzita se stává četnostní charakteristikou struktury ekosystému (podobně jako například distribuce relativních druhových biomas aj.) a lze ji pak testovat ve vztazích ke kvantifikovatelným faktorům prostředí. Vyjadřují ji **indexy druhové diverzity**. (Strukturu systému vytvářejí (1) stejnorodé nebo různorodé

rodé prvky, (2) jejich počet a (3) souhrn vztahů mezi nimi včetně jejich spojení a prostorového uspořádání. Rozlišujeme proto (1) skladebné, (2) četnostní a (3) vztahové charakteristiky ekosystémů.)

Výše uvedené lze jinak vyjádřit takto: druhová diverzita může být považována za kritérium organizace (případně zralosti) biocenóz, bývá uváděna do vztahu k vlastnostem prostředí a do vztahů s produktivitou a stabilitou.

Užitečné je zabývat se

- (1) indexy diverzity,
- (2) vztahy mezi diverzitou, produkcí a stabilitou ve vývoji biocenóz,
- (3) vlivy prostředí na diverzitu.

R. H. Whittaker jako první navrhl systém zahrnující různé aspekty biotické diverzity (Whittaker 1956, 1960). V rámci svého pojetí měření a srovnávání diverzity vegetace etabloval terminologický aparát, přičemž rozlišil tři typy (úrovně) druhové diverzity:

α (alfa) diverzita – představuje druhovou diverzitu jednoho vzorku nebo biocenózy – původně podle Fishera et al. (1943). Whittaker (1970) považuje za vhodnější definovat ji pouze jako počet druhů (vzorkovaná plocha, například ve fytocelogii, znamená standardizovaný rozměr, u travinného porostu to bývá zpravidla 5×5 m).

β (beta) diverzita – charakterizuje rozsah změn druhového složení různých biocenóz podél gradientu prostředí (tj. stupeň vzájemné diferenciacce biocenóz v určité ekoklině; také jako nepodobnost vzorků z opačných konců gradientu – je možné využít hodnocení různými indexy podobnosti, například Jaccardův apod.). Whittaker (1960) to vyjádřil jako poměr druhové diverzity spojených vzorků všech biocenóz na ekoklině (γ diverzita) k průměrné diverzitě jednotlivých vzorků ($\beta = \gamma/\alpha$).

γ (gama) diverzita udává celkovou druhovou bohatost území (krajiny) a je složena z alfa a beta diverzity ($\gamma = \beta\alpha$).

Beta diverzita bývá někdy různými autory chápána nestejně – skrývá různé vlastnosti vztažené k druhové skladbě společenstev. V obecném smyslu bývá používána jako míra změny mezi vzorkovanými plochami (fytoecologickými snímky) nebo mezi klasifikačními jednotkami (Condit et al. 2002, Chust et al. 2006). Také někdy skrývá význam „obratu druhů“ (species turnover – Whittaker 1972, Caley et Schluter 1997), hodnoty β pak udávají průměrný počet druhů chybějících ve vzorku (Veitch et al. 2002) a v tomto pojetí ji lze vyjádřit vztahem k dalším úrovním diverzity: $\beta_T = \gamma - \bar{\alpha}$.

Simpsonův index diverzity je odvozován z teorie pravděpodobnosti. Simpson (1949) postuloval otázku: Jaká je pravděpodobnost, že dva náhodně zvolené organismy ve společenstvu patří k odlišným druhům? Zřejmě empirie napovídá, že pokud v severské tajze náhodně vybereme dva stromy, bude vysoká pravděpodobnost, že půjde o jeden druh, zatímco v tropickém deštném lese s vysokou pravděpodobností půjde o druhy různé. Pokud je druh

i ve společenstvu reprezentován s pravděpodobností p_i (podíl jedinců), pak pravděpodobnost náhodného výběru dvou druhů je pravděpodobností jejich „setkání“: $p_i \times p_i$ neboli p_i^2 .

Když sečteme všechny tyto pravděpodobnosti, dostaneme Simpsonův index diverzity (D):

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2,$$

kde p_i je podíl individuí i -tého druhu ve společenstvu a S je počet druhů.

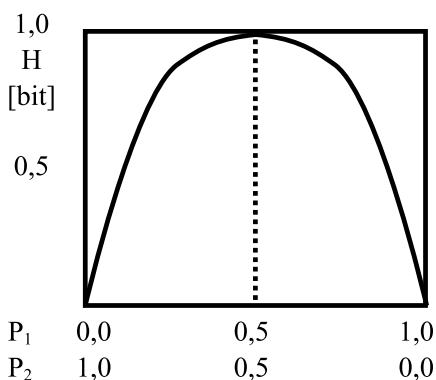
Nejjednodušší příklad: pro dvoudruhové společenstvo s 99 jedinci 1. druhu a 1 jedincem 2. druhu: $D = 1 - (0,99^2 + 0,01^2) = 0,02$.

Simpsonův index diverzity dosahuje mezní hodnoty 1 (všichni jedinci patří ke stejnému druhu) až $1/S$ znamenající maximum diverzity (všechny druhy mají stejný počet jedinců). Tento index přikládá velkou váhu vyrovnanosti skladby společenstva.

Největšího uplatnění v ekologických studiích doznaly **indexy odvozené z teorie informace**. MacArthur (1955) a Margalef (1957) zavedli do ekologie jako měřítko diverzity Shannonovu-Wieverovu míru entropie (1949), v učebnicích často jako Shannonův index (Shannon 1948):

$$H(p_1, p_2, \dots, p_s) = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \log_2 p_i$$

kde p_i jsou pravděpodobnosti jednotlivých jevů (například pravděpodobnosti výskytu určitých druhů). Takto definovaná **entropie** vyjadřuje střední množství informace dané znalostí toho, který z jevů ($1, 2, \dots, S$) se realizoval (například kterému druhu náleželo náhodně vybrané individuum z biocenózy). Při použití $\log_2$ je tato informace představována průměrným počtem otázek, které jsou nutné k identifikaci nějakého jevu (například číslo, jež padlo na hrací kostce, nebo druhové příslušnosti vybraného jedince při známém



Závislost entropie H na pravděpodobnosti dvou jevů p_1 a p_2

druhovém složení biocenózy). Používanou jednotkou informace (při $\log_2$) je bit. Jeden bit odpovídá informaci, že nastal jeden ze dvou stejně pravděpodobných jevů:

$$H_{(1/2, 1/2)} = -2 (1/2 \log_2 1/2) = \log_2 2.$$

Maxima funkce H je dosaženo pro určitý počet jevů vždy při rovnosti pravděpodobností všech těchto jevů, tedy $H_{\max}(S) = \log_2 S$. Je-li pravděpodobnost některého jevu 1 (maximální dominance), potom pravděpodobnosti ostatních jevů jsou rovny 0 a také $H' = 0$.

V praxi jsou hodnoty p_i odhadovány jako N_i/N , tj. jako relativní četnosti jednotlivých druhů (pravděpodobnosti výskytu individuů jednotlivých druhů nejsou dány jen jejich četností, ale také prostorovou distribucí). Místo symbolu H se potom užívá H' , přičemž při vlastních výpočtech H' je vhodné použít úpravy:

$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{N_i}{N} \cdot \log_2 \frac{N_i}{N} = \frac{N \cdot \log_2 N - \sum_{i=1}^S N_i \cdot \log_2 N_i}{N}.$$

Shannonův index dává velkou váhu počtu druhů ve společenstvu. Pro ilustraci toho, jakých hodnot funkce H' nabývá při různých četnostech druhů v čtyřdruhovém vzorku viz následující tabulka:

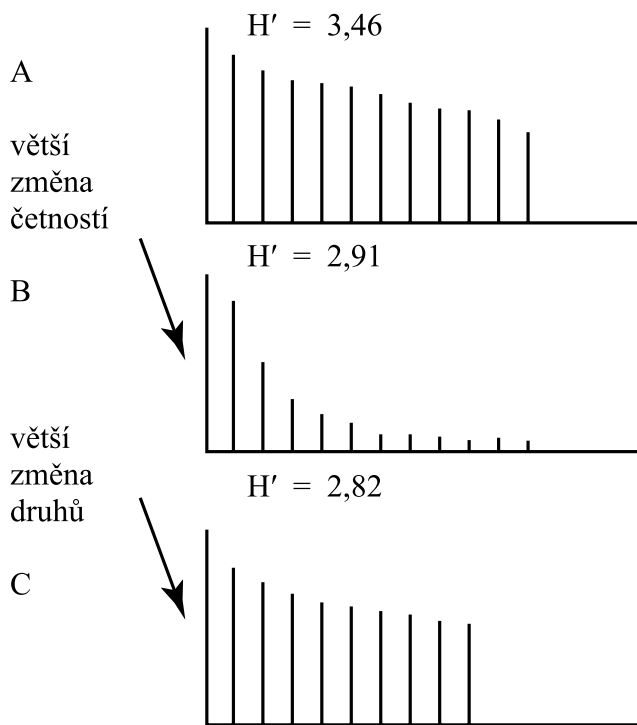
druh	N_i	N_i/N	$-\frac{N_i}{N} \cdot \log_2(N_i/N)$	N_i	N_i/N	$-\frac{N_i}{N} \cdot \log_2(N_i/N)$	N_i	N_i/N	$-\frac{N_i}{N} \cdot \log_2(N_i/N)$
S_1	90	0,90	0,14	40	0,40	0,53	25	0,25	0,50
S_2	5	0,05	0,22	30	0,30	0,52	25	0,25	0,50
S_3	3	0,03	0,15	20	0,20	0,46	25	0,25	0,50
S_4	2	0,02	0,11	10	0,10	0,33	25	0,25	0,50
	100	1,00	0,62	100	1,00	1,84	100	1,00	2,00

Význam indexu H' je zřejmý také z diagramu na str. 131. Ilustruje změnu původně značně vyrovnaného společenstva 12 druhů ve společenstvu s několika dominujícími a několik a vzácnými druhy; úplná absence dvou nejvzácnějších druhů už znamená pokles H' . Je zřejmé, jak nedostatečný je pouhý počet druhů pro charakterizaci populační struktury biocenózy.

Referenčními hodnotami pro H' mohou být maxima a minima této funkce:

$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{1}{S \cdot \log_2 \frac{1}{S}} = \log_2 S,$$

$$H' = \frac{N \cdot \log_2 N - (N+1-S) \cdot \log_2 S}{N}.$$



Hodnota H' je tedy závislá na (1) celkovém počtu druhů a (2) četnostech těchto druhů.

Indexy druhové diverzity odvozené z teorie informace umožňují hodnotit odděleně také tuto druhou složku – míru rovnosti četností druhů – **vyrovnanost** (equitability – Sheldon 1969):

$$E = H' / H'_{\max},$$

kde E je index vyrovnanosti, H' je pozorovaná a $H'_{\max}$ je maximální diverzita ($= \log_2 S$).

Z teorie informace je znám pojem a míra **redundance** (nadbytečná informace):

$$R = (H_{\max} - H) / H_{\max} = 1 - H / H_{\max}.$$

Při použití H' představuje R míru dominance, tedy opak vyrovnanosti.

Dominance je jednou z (krajních) poloh druhové diverzity. Jde o jev nápadný u otevřených, dynamických společenstev, jaká představují sukcesně mladá (ruderalní, plevelová apod.) společenstva.

Dominance je charakterizována velkou hustotou jedinců nebo velkou pokryvností (často v horním patře), anebo velkou nadzemní biomasou. Dominantní populace (druh) má **řídící význam** pro utváření prostorové struktury.

ry a fungování celého ekosystému. To se nejzřetelněji potvrdí při odstranění dominanty ze společenstva – okamžitě dojde k zásadní přeměně ve struktuře i ke změně mikroklimatu a půdních podmínek. Je-li odstraněn jiný než dominantní druh, k tak zásadním změnám nedojde.

Kvantitativně lze dominanci vyhodnotit **indexem dominance**. Jde o vyjádření poměru významu každého druhu ke všem ostatním druhům ve společenstvu. Je možné použít různé relativizované parametry: počet jedinců, pokryvnost, hmotnost nadzemní biomasy, výšku jedinců v populaci.

Nejjednodušší index:

$$D = \frac{N_{i=1} + N_{i=2}}{N} \cdot 100$$

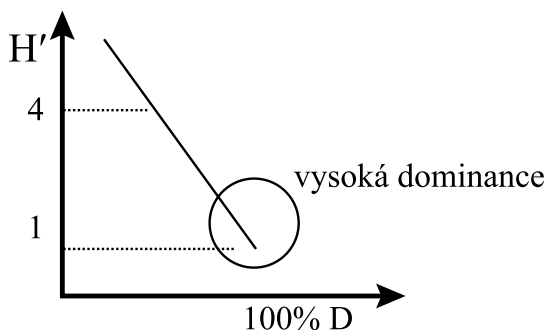
Vyjádřen je poměr významnosti 2 druhů s nejvyššími hodnotami k součtu hodnot všech druhů.

Aplikace výše zmíněného Simpsonova indexu:

$$D_s = \sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{N_i}{N} \right)^2$$

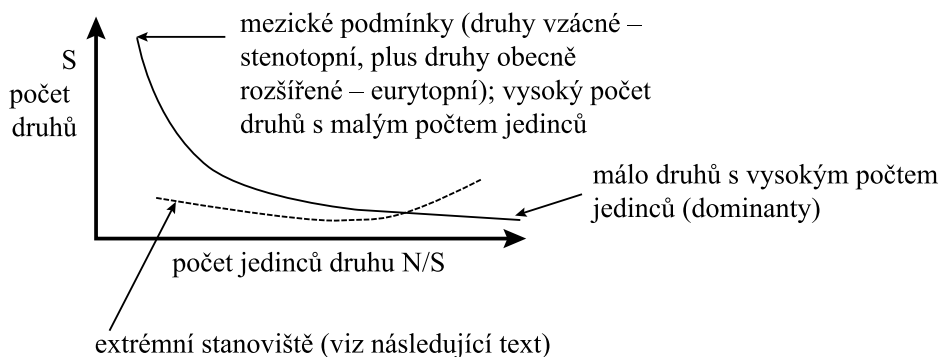
N_i je hodnota významnosti i -tého druhu (například biomasa) a N je součet hodnot významnosti všech druhů (například biomasa celého společenstva).

Legitimní otázka na stav ekosystému zní: Jak závisí druhové bohatství (H') na stupni dominance určitých druhů ve společenstvu?



Studium různých společenstev ukázalo záporný vztah mezi stupněm dominance a počtem druhů. Výrazná dominance potvrzující tento fakt je zejména na stanovištích s výrazným limitujícím faktorem, například při deficienci vody či mikroživin nebo naopak při jejich přebytku. Dominantu zpravidla tvoří druh, který příslušný fenomén snáší nebo dokonce využívá (pýr v lemových porostech silnic, rákos v zamokřených zónách apod.).

Na stanovištích se středními hodnotami ekologických parametrů (příznivých) lze nalézt velký počet druhů (louka: 30–60). Vyneseme-li proti počtu jedinců druhu (N/S) počet druhů (S) ve společenstvech, vyjde křivka:



Na **extrémních stanovištích** (například slaniska, písky, rašeliny, znečištěné lokality) nacházíme snížený počet vzácných druhů s malým počtem jedinců a zvýšený počet druhů s větším počtem jedinců; mezidruhovOf tlaky jsou menší – selekce probíhá přes toleranci vůči extrémům. Nedostatek druhů je nahrazen větším počtem jedinců druhů odolných.

Mechanismus **vzniku dominance** – zpravidla se váže na **změny**:

- (1) cyklické a fluktuace – převládnutí druhu v určité fenofázi (nejde o konkurenci, ale spíš o vyplnění, realizaci niky); probíhá na různých časových škálách;
- (2) necyklické (sukcese) – druhy resp. dominanty mladšího stadia připravují podmínky pro uplatnění převládajících druhů následujícího stadia (mechanismem může být allelopatie nebo konkurence: o živiny, vodu, světlo a podobně); dlouhodobost – časová škála roků, desetiletí;
- (3) náhodné – pod vlivem epizod (stresu, disturbance). Například při mechanickém narušení drnové svrchní vrstvy půdy dojde k odkrytí zásoby semen jednoletků – důsledkem je náhlá dominance a start sekundární sukcese; časová škála – týdny, měsíce.

Na začátku 70. let 20. století přišla poprvé kritika týkající se vhodnosti používání indexů diverzity odvozených z teorie informace (Hurlbert 1971). Hlavní námitkou bylo, že ještě nikdo nespecifikoval biologický význam H' , nikdo neřekl, co znamená určitý počet bitů na individuum, a proto také nelze řadit společenstva vedle sebe lineárně podle jejich druhové diverzity. Proto byl zaveden nový populační struktury biocenóz „pravděpodobnost druhových setkání“ (běžně označováno jako „**konektance**“). Vychází z předpokladu, že každý jedinec v biocenóze se může setkat nebo reagovat s každým jiným individuem této biocenózy. Konektanci lze tedy definovat jako frakci párů druhů, které přímo interagují (bez ohledu na druh interakce – kompetici, predaci, komensalismus atd.):

$$C = \frac{2I}{S(S-1)},$$

kde I je počet interakcí a S je počet druhů.

Pravděpodobnost druhových setkání můžeme považovat za ohodnocení diverzity, jehož smysl je biologičtější než u indexů odvozených z teorie informace.

Pro hodnocení diverzity na velkém prostoru má význam **hierarchické dělení diverzity**. Umožňuje posuzovat diverzitu uvnitř vzorků (záznamů), mezi nimi, uvnitř jejich souborů a mezi soubory. Odhaluje přínos jednotlivých složek diverzity na různých prostorových škálách k celkové diverzitě krajiny (Loreau 2000). Nejčastěji bývá za základ dělení diverzity na hierarchizovaných prostorových úrovních brán aditivní vztah alfa a beta diverzity. Za příklad může posloužit hierarchie: fytocenologické záznamy – soubory záznamů pro vymezené území, kdy sečtením průměrné alfa diverzity s beta diverzitou (rozdíl diverzity mezi fytocenologickými snímky) získáme hodnotu gama diverzity. Přístup má metodologická úskalí (Lande 1996, Jost 2007) promítající se do interpretací v souvislosti s počtem hierarchických hladin a s relativizací významu získaných hodnot, nicméně pro ilustraci možností v omezeném rámci daný nástin postačí.

10.2 OCHRANA PŘÍRODY A BIOLOGICKÉ PRINCIPY

Mezi vážné důvody pro hodnocení biologické diverzity patří skutečnost nerovnoměrného **rozložení druhové rozmanitosti** na Zemi. Tropický deštný les je navzdory jen asi 7 %, které jeho biom zaujímá v rámci terestrického prostředí kontinentů na glóbu, hostitelem více než 50 % světového druhového bohatství (vždy se jedná jen o odhady, protože dodnes zůstává mnoho druhů nepopsáno – různé biotické skupiny jsou navíc prozkoumány do různé míry). Některé oblasti tropického pásu jsou označovány jako „hot spots“ (horká místa biodiverzity) – například v severních státech Jižní Ameriky. Kritériem není jen sama druhová bohatost, ale též nejméně 1500 přítomných rostlinných endemitů. Přitom žádné ze současně uznávaných „horkých míst globální biodiverzity“ nevykazuje větší než třetinové plošné zastoupení původních biotopů. Enormně velké hodnoty biodiverzity vykazují dále korálové útesy, velká tropická jezera nebo hlubokomořské oblasti. Následují savany, stepi, smíšené a opadavé lesy, mediteránní křovinné formace a další.

Hrubý odhad říká, že popsáno dosud bylo asi 1,5 milionu druhů (předpokládá se, že cca dvojnásobek zatím teprve na determinaci a popis čeká). **Motivace k ochraně** mohou být různé: utilitární (druhy mohou být zdrojem potravy, léčiv, biomasy pro stavebnictví, energetiku, různá odvětví průmyslu, služeb ve smyslu ochrany rovnováhy v prostředí a bránění environmentálním extrémům), anebo eticky imperativní (nemáme právo svévolně ničit život jako takový, ať už má jakoukoli formu – viz kap. 2).

Ohrožení může nastat **na úrovni populace** (napříkladu endemického druhu vázaného na malý prostor, pokud poklesne počet jedinců dílčí populace

v rámci metapopulace pod práh, který přestane zajišťovat adekvátní výměnu genů), **druhů** (pokud nastane fatální změna prostředí na celém areálu rozšíření druhu), **společenstva** (ohrožení více druhů systematickým ničením celé formace, například určitého lesního společenstva nadměrnou poptávkou po dřevní hmotě zastoupených edifikátorů), **ekosystému** (ohrožení koevolučně spjatých konzorcií organismů úzce spojených se specifickým neústrojným prostředím, pokud je změnou prostředí – například klimatickou změnou – postižen celý biom).

Proto se také **ochrana biodiverzity** realizuje (1) na úrovni druhů a populací, (2) na úrovni společenstev. První kategorie rozlišuje chráněné druhy na jemnější (podle IUCN desetičlenné) škále: vyhynulé/vyhubené, vyhynulé/vyhubené v přírodě, kriticky ohrožené, ohrožené, zranitelné, na ochraně závislé, téměř ohrožené, málo dotčené, málo známé (s nedostatkem údajů), nezhodnocené. Pomůckou k zpřehlednění uvedených kategorií ve vymezených územích (například na území států) jsou **Červené knihy druhů ohrožených vyhynutím nebo vyhubením**, které slouží jako východisko k rozpracování programů k zachraně a ekologickému monitorování nebo méně podrobné Červené seznamy. Pravidla ochrany druhů jsou specifikována příslušnou legislativou. Ochrana na úrovni společenstev zahrnuje managementová opatření vycházející z vědeckého poznání fungování ekosystémů. Realizace praktické ochrany uvedených kategorií se odehrává v rámci přírodních rezervací, chráněných území s různým statutem nebo v podobě ekologických sítí podpořených územními plány.

Problematika má řadu správních, ekonomických a legislativních aspektů, které jsou náplní specializovaných přednášek a učebnic, takže zůstaneme u odkazu na ně a na vybranou literaturu (Primack et al. 2001).

10.3 EKOLOGICKÁ OBNOVA – IMITACE PŘÍRODY

Rekonstrukce, například druhového složení nebo poškozené či degradované krajiny (ekosystému), je dosti speciální lidská činnost (Jordan 1987, van Andel et Aronson 2006). Abychom takovou věc dělali dobře, bylo by hodnotné mít po ruce pádnou pracovní teorii, týkající se lidských schopností a talentů (dispozic), které by se při této aktivitě nejlépe uplatnily.

V ekologii se vyhranily **dva přístupy: organismální pojetí** Clementsovo, z něhož plyne, že ekosystém je víc než jen sumou svých částí; a **individuálně** Gleasonovo, které implikuje, že ekosystém je ve skutečnosti pouze jednoduchý produkt chování jednotlivých druhů resp. komponent ekosystémů. Bez ohledu na to, jak se ve vývoji vědy střídavě klade důraz na to, zda přijímáme spíše analytický redukcionistický přístup nebo přístup více holistický, je základem pro praxi v „restoration ecology“ především princip ekologické sukcese. Vždycky nás zajímá, co determinuje vývoj ekosystému. Podstatou restaurace je – na základě znalostí sukcesních vztahů a trendů –

uměle překonávat faktory, které omezují nebo (jindy, dle potřeby) naopak podporují vývoj ekosystému.

Řadě lidí, zvláště inženýrům, se rekultivace opuštěné půdy bude jevit jako věc čistě technická, jako následnost několika jednoduchých cílů: (1) stabilizace půdního povrchu, (2) kontrola znečištění, (3) vizuální zlepšení objektu a (4) všeobecná celková úprava. Pokud se od daného místa očekává produkční hodnota, lze jako další cíl čekat úpravy ve směru (5) zvýšení produktivity. Dáleko ambicióznější restaurace nakonec zahrnuje ekologická společenstva, jež byla původní na těchto místech před ovlivněním – z toho pak plynou další cíle: zajistit (6) diverzitu, (7) druhové složení a (8) ekosystémové funkce. Je rozdíl mezi rozpoznáním přijatelných cílů a volbou metod, jak oněch cílů dosáhnout, například chceme samoudržitelnou vegetaci – to je čistě ekologický problém (anebo chceme monokulturu dřevin – pak je to spíše lesnický problém, anebo chceme skliditelný travní porost – zemědělský problém).

První případ vegetace obnáší dvě základní kvality: (1) strukturu a (2) fungování. Pokud strukturou míníme hlavně druhovou diverzitu a fyzikálně-biologickou komplexitu, pak podle podmínek jsme postaveni před volbu – například slanomilné, téměř monocenotické společenstvo, anebo kupříkladu lužní les se všemi patry od mechového po stromové. Fungování můžeme označit také slovem „metabolismus“ („provoz“) – obvykle měřitelné v procesech produktivity (kolik biomasy naroste a zase se vrátí do dekompozičního cyklu za jednotku času na jednotce plochy) – totéž, sledujeme-li obrat živin nebo dalších prvků. Může se stát, že „úspěch“ má různé podoby. Dosáhneme pouze (1) jistého stadia sukcese ve směru původního ekosystému narušovaného (zpět vraceného) například erozí – pak se mluví o „rehabilitaci“; když je konečné stadium (2) kompletní, pak o „restauraci“; anebo se nepodaří vytvořit než (3) alternativní ekosystém, pak jde o „replacement“ (nahrazení). V prvních dvou případech může jít o primární sukcesí, v posledním případě – jde-li například o intaktní substráty – mluvíme o sekundární sukcesí.

Obnova (restoration) je v jistém smyslu protipólem **ochrany (conservation, protection)**. Tam, kde v krajině (ekosystému) již není co chránit, je vhodnější metodou spíše obnova. Otázkou je, co konkrétně je třeba obnovovat: (1) Soubor rostlin a živočichů, jež byli před počátkem působení ničivého faktoru v daném území přirozenými obyvateli (označení: **renaturation – renaturace, obnova přírody; nature reconstruction – rekonstrukce přírody**).

Například při obnově přirozených společenstev v nadměrně zemědělsky využívané oblasti. Předpokladem takové obnovy je, že se dosud nezměnily abiotické podmínky, a že tedy původní druhové kombinace jsou možné. I tak se však mohou vyskytnout problémy:

- nemusí být zcela jasné, jaké druhy se zde původně vyskytovaly;
- může trvat velmi dlouhou dobu než se prostřednictvím procesů rekolonizace a sukcese dané spektrum druhů usadí a vytvoří potřebnou rovnováhu;

– zkrácení tohoto procesu (v případě, že by bylo možné) je limitováno nedostatkem znalostí o ekobiologii řady druhů.

- (2) Soubor rostlin a živočichů, který je podobný, ale nikoli stejný jako byla původní seskupení či společenstva druhů.

To je obvyklé v případech, kdy se abiotické podmínky zásadně, někdy i nevratně změnily a tudíž jsou nepřijatelné pro mnohé původní druhy (označení: **rehabilitation – rehabilitace, revitalization – revitalizace**).

- (3) Zcela jiné společenstvo metodou rekultivace, která umožňuje zavést jakýkoli druh schopný se na místě usadit.

Používá se často při tvorbě rekreačního nebo estetického prostředí – parkové areály, někdy dokonce prostředí produktivního – lesů nebo travnatých ploch (označení: **recultivation – rekultivace, replacement – náhrada, recovery – navrácení rostlinného krytu**).

Součástí procesů (2) a (3) může být procedura zahrnující různé techniky nápravy resp. vyčištění kontaminovaných substrátů opuštěných složišť a skládek – tzv. **remediation – ozdravení** nebo **reclamation – zlepšení prostředí**, zpravidla půdního (navážkou, hnojením apod.).

Za otce rehabilitační ekologie se považuje Aldo Leopold. Na podzim roku 1935 pod jeho vedením skupina ochranářských dobrovolníků znovuobnovila (restaurovala) 24 ha vysokostébelné prerie na farmářské půdě při wisconsinské univerzitě, na okraji Madisonu. On sám použil slovo „restoration“ pro znovuzavedení původních rostlinných a živočišných společenstev na poškozený úsek země a celá akce vešla do historie jako pionýrský akt ekologické obnovy.

V kontextu ekologie jako přírodovědecké disciplíny se můžeme také ptát, jaká je relevance zemědělství či lesnictví pro ekologický výzkum. Ve většině se tu vytvářejí monokultury žádoucích druhů a udržují se ochranou před plevelely nebo jinými organismy. Právě zkušenosti s nimi však vedly k ekologickým zobecněním týkajícím se významu druhové diverzity v přirozených společenstvech. Poznání tohoto druhu pak postupovalo ke genetické variabilitě uvnitř populací a k tomu, že právě tato variabilita může zabráňovat rozvoji epidemií a přemnožení škůdců.

V poslední době se obnovují starodávné formy zemědělství nebo jejich analogie využívající směsi druhů, ať už jde o seté směsky na pastvinách nebo kombinované kultury dvou či více druhů trav a jednoho nebo více druhů leguminóz. Taková směs je pak soběstačná ve zdrojích dusíku dodávaného leguminózou, produktivní díky vzrůstu trav a výživná díky vysokému obsahu proteinů zásluhou kombinace tráva-leguminóza namísto pouhé trávy. Hlavní agronomický problém je dosáhnout a udržet ideální rovnováhu druhů podobnou, jaká se daří u výše zmíněné směsi. V případech zemědělství provozovaném v chudých, kyselých nebo jinak nedobrych půdních podmínkách může být nezbytná remediací substrátu formou infekce vysoce účinnými dusíkfikujícími kmeny Rhizobií a myceliem mykorhizních hub – do půdy se současně s inokulem vpravují semena rostlin. Design směsí rostlinných druhů kompletovaných

s rhizosférní houbou tudíž patří také do působnosti ekologie obnovy.

Pokud chce rehabilitační ekolog pomáhat na svět nejen produkčně užitočným směškám, ale fungujícím společenstvům, musí ho při plánování experimentů zajímat následující otázky:

- (1) Vzdělává při zařazování většího počtu druhů (zvětšování biodiverzity) do konstruovaného společenstva jeho odolnost či pružnost resp. stabilita?
- (2) Jak ovlivňuje genetická diverzita určitého skladebného druhu stabilitu společenstva?
- (3) Jak ovlivňuje věková struktura skladebného druhu celé společenstvo? (To je důležité zejména u dlouhověkých druhů jako jsou dřeviny – problém stejnověkých monokultur už byl zmíněn.)
- (4) Je možné obejít sukcesi? (Jde o umělé „přeskočení“ sukcesních stadií – může být neúspěšné, protože zkrácení takových pochodů, jako je postupné sycení svrchních horizontů půdy rozkládajícím se humusem nebo balnacování poměru C/N atd., není většinou možné.)
- (5) Jakou roli hrají v sukcesi živočichové? (Jsou různé názory na to, co v konkrétních případech předchází a tedy determinuje to druhé – zda živočichové podmiňují výskyt konkrétních rostlinných druhů, anebo je účelná až introdukce živočišných skupin do již etablovaných sukcesních stadií vegetace.)
- (6) Jaká je role mutualismu? (Je známa úspěšnost mykotrofních rostlin na extrémních substrátech – existuje tedy patrně speciální tolerance těchto těsně spjatých miniaturních společenstev resp. organismálních komplexů.)

Nejčastěji používané **kritérium úspěchu** ekosystémové rekonstrukce je jednoduše to, jak se výsledek podobá originálu, zda obsahuje tytéž dominanty či komponenty a má-li podobnou fyziognomii. Takové hodnocení však také může být povrchní a v dlouhodobější dimenzi může být uměle dotvořené společenstvo desintegrováno. Proto se berou v potaz přísnější kritéria, která umožňují pohled do struktury a fungování ekosystému:

(1) Trvalá udržitelnost (sustainability)

Ověření, zda – na rozdíl od agrocenózy nebo golfového hřiště – je společenstvo schopné se udržet a reprodukovat počínaje dostatečnou produkcí a klíčovostí semen na stanovišti, ecesí semenáčků až po sukcesní posuny při spontánních změnách, k nimž s vývojem dochází.

(2) Invadovatelnost (invasibility)

Test, zda je rekonstruované společenstvo odolné vůči invazím nových (agresivních) druhů. Intaktní společenstva spíše odolávají poškozením, opačný případ signalizuje buď absenci druhů nebo nekompletní využívání světla, vody, živin.

(3) Produktivita

Podobně jako předchozí kritérium, také produktivita závisí na účinnosti využívání zdrojů společenstvem. Restaurované společenstvo by mělo být stejně produktivní jako původní – už proto, že integruje všechny potřebné procesy jako je fotosyntéza, respirace, herbivorie a odumírání.

(4) Zadržování živin

Ačkoli jsou ekosystémy otevřenými systémy pro tok živin, některé jsou více otevřené než jiné. Rekonstruované společenstvo, které ztrácí více živin než originální, je defektní (vyplavování živin je měřitelné například lysimetry).

(5) Biotické interakce

Znovuseskupení předtím již asociovaných rostlinných populací může někdy, ne vždy, vést k přestavění celého společenstva. Živočichové a mikrobi ve své většině kolonizují spontánně díky své (odstupňované) mobilitě, opylovači nemusí být hned k dispozici. Klíčové potravní řetězce se odvíjejí od příjmu fosforu rostlinami a od fixace dusíku.

Správa ekosystémů

Teorie a praxe řízení nebo cíleného ovlivňování ekosystémů je hlavním námětem debat o tom, jak udržet zdraví a produktivitu našeho prostředí (Wathern 1988, Henning et Mangun 1989). Zvláště pak při odhalování role ekosystémů v ochraně biologické diverzity, jejich přispění k ekonomickému růstu a jejich vlivu na prosperitu lidského zdraví resp. kvality života (Dale et Haeubner 2001, Bissonette et Storch 2003).

Záměrně je v tomto textu používán termín „správa“, nikoli „péče“, pro poněkud odlišné významové konotace. Další v současnosti rozšířený konceptuální přístup nese označení „ekosystémové služby“ (ecosystem services), jehož základ spočívá v kvantitativním (příp. rovnou peněžním) hodnocení stavu ekosystémů a tím podmíněných procesů, podporujících život a životadárné funkce daného prostředí (bližší informace viz např. Hester et Harrison 2010, Kareiva et al. 2011).

Využívání území (land-use) je komplexní fenomén a můžeme nalézt řadu typů, které vedou k odlišným výstupům v závislosti na rozsahu a hloubce lidské intervence (Hobbs 2000). Houghton (1991) rozlišil sedm široce pojatých změn vyplývajících z využívání půdy:

1. konverze přírodních ekosystémů na trvalou ornou půdu (pěstování plodin),
2. konverze přírodních ekosystémů na dočasné kultury (shifting cultivation),
3. konverze přírodních ekosystémů na pastviny,
4. opuštění orné půdy,
5. opuštění pastvy,
6. těžba dřeva,
7. zavedení plantáží dřevin.

Tyto typy změn bývají diskutovány v kontextu vázání uhlíku resp. uvolňování oxidu uhličitého do atmosféry, ale zároveň umožňují posuzovat širší kontext (například na urbanizaci můžeme nahlížet jako na konverzi přírodních i zemědělských systémů při ještě hlubším stupni denaturalizace).

11.1 UKÁZKY PROBLÉMŮ – HLEDÁNÍ ŘEŠENÍ VE ČTYŘECH OBLASTECH

Než uvedeme konkrétní příklady správy vybraných typů ekosystémů, je užitečné předeslat, že vždy jde o hledání řešení alespoň ve čtyřech oblastech:

(1) Porozumění diverzitě

Jeden ze známých postulátů, jenž má opravňovat konzervaci biodiverzity, je, že diverzita plodí stabilitu. Dopady biodiverzity na populační dynamiku a na ekosystémové fungování se diskutovaly po dlouhé období. Například Tilman na případu travinných společenstev prokazuje, že odolnost (rezistence) ekosystémů vůči narušení a schopnost rychle se vracet do původního stavu po narušení (resilience), jsou dvě základní komponenty ekosystémové stability. Jemněji formulovaná nulová hypotéza, že víc druhů je funkčně nadbytečných (redundantních), byla vyvrácena – případ jednoho extrémního sucha v rozmezí 50 let u travních biotopů v Minnessotě, jež vedlo k větší než 40% redukci nadzemní biomasy a více než 35% ztrátě druhového bohatství.

Tři prostorové perspektivy ve vztahu k biodiverzitě ošetřil Whittaker (1975) zavedením alfa, beta a gama diverzity (viz kap. 10):

- alfa-diverzita – úroveň „bodu“, lokality, stanoviště;
- beta-diverzita – indikuje změnu mezi dvěma stanovišti, resp. jedním biotopem a okolím (bývá vztahována ke gradientové analýze);
- gama-diverzita – úroveň širšího území, regionu.

Každá úroveň prostorového hodnocení diverzity a každá biologická skupina do ní zařazená vyžaduje zvláštní zřetele – například na lokální úrovni je z hlediska cílů ochrany biodiverzity důležité sledovat zastoupení „ekologických generalistů“, kteří mají široké rozšíření, zatímco druhy třeba vyloženě endemické mají výskyt ojedinělý (rozdílná hodnota); jiný akcent se dá předpokládat u rozměrných liniových prvků – poríčních ekosystémů, kde na dů-

ležitosti nabývá beta-diverzita (sekvence diverzity srovnávané na podélném gradientu), a u velkých území, na nichž je důležitá dlouhodobá udržitelnost složitějších ekologických procesů, stoupá význam gama-diverzity.

(2) Znovuobnovení ekologických procesů

Preferovanější je zájem o ochranu uspořádání (pattern) biodiverzity, tedy o místa na glóbu, kde je na první pohled zřejmá vysoká a evidentně ohrožená druhová bohatost (tento požadavek se jeví jako urgentní). Jakkoli je to pochopitelné, zjevně se někdy riskují opatření, aniž byly hlouběji prozkoumány ekologické a evoluční mechanismy, které generují genetickou diverzitu a izolační mechanismy kritické pro speciaci. Jinými slovy: ochrana oblastí na bázi druhové bohatosti, ale bez zachování klíčových biotických procesů může také vést k podpoře pouze některých druhů.

Mizení (extinkce) druhů nemusí být vždy negativním jevem – například v mikrogeografickém měřítku je podmínkou obnovy například tropického deštného lesa (přirozená dynamika lesa přes tzv. „gaps“, tedy mezery v porostu). Problém vzniká, když máme „zbytkový ekosystém“ v krajině, na nějž je vázána malá populace endemického rostlinného druhu a kde už chybí přirozený roznašeč semen resp. mechanismus pro disperzi (vzniká otázka, jestli se spíše soustředit na udržení těch stanovišť, která nejsou na hranici existence a která dosud obsahují druhové populace důležité pro celkovou dynamiku společenstva). **Konzervační strategie** musí zahrnovat rovněž procesy na makrogeografické úrovni, reprezentované například sezónními migracemi živočichů (v tropech to jsou třeba přesuny motýlů mezi nížinnými a horskými mlžnými lesy, v boreálním pásmu biotopy tradičně využívané stády sobů apod.).

V poslední době se stále častěji začínají využívat molekulárněgenetické techniky k tomu, aby ovlivňovaly rozhodnutí o konzervaci. Nejenže mohou pomoci odhadovat fylogenetický status taxonomických jednotek v ochrannářských programech a měřit genetickou strukturu populací ohrožených druhů, ale mnohdy dovolují stopovat historické procesy, které generovaly biodiverzitu (dokáží definovat počet odlišných forem v území a stupeň jejich diferenciací). Poznání evoluční diverzity (tedy způsobu uchování specializovaných forem geografickou distribucí příhodných prostředí) může zamezit ztrátám vzácných druhů tím, že bychom nediferencovaně chránili celkovou biodiverzitu – umožní to nasadit hierarchizovanou – odstupňovanou ochranu.

Z toho vyplývá, že **integrativní přístup** k zamezení ztrát na biodiverzitě vyžaduje použití ekologických, demografických, morfologických a molekulárněgenetických dat k zajištění maxima evolučních informací obsažených v populacích cílových druhů.

(3) Důraz na biotickou integritu

Řada prací v posledních desetiletích (například v Hubbard Brook Experimental Forest) se soustředila na studium reakcí ekosystémů na disturbance. Napří-

klad už první studie lesních holin demonstrovaly, že po vykácení lesa dochází ke ztrátám živin a k vychýlení hydrologického režimu v povodí; dlouhodobá měření dokumentují znovunastolení biotických regulací cyklů živin a vody během sekundární sukcese.

Přírodní disturbance (oheň, periodické napadení hmyzími škůdci a podobně) mohou ekosystémy ovlivňovat podobně jako antropogenní narušování. V dlouhodobějším časovém měřítku se však mohou jevit jako součást normálního fungování mnohých ekosystémů.

Biologické invaze exotických druhů reprezentují zcela odlišný typ disturbance, ale mohou poskytnout jak teoretické, tak praktické poznatky. Introdukovaný taxon může ovlivnit primární nebo sekundární produktivitu, hydrologii, cyklizaci živin, vývoj půd atd., takže kontroluje celkové fungování ekosystému. Takové druhy tak mohou poskytnout rámec pro spojení populačních a fyziologických procesů v ekosystémových studiích.

Studium biologických invazí není jedinou cestou, jak testovat úlohu jednotlivého druhu na ekosystémové hladině. Některé studie se snaží určit roli druhů bez ovlivnění společenstva a jiné zase odstraněním druhu a sledováním následků.

Tyto ekosystémové pokusy lze provádět s kteroukoli skupinou organismů (zoologickou, botanickou), což představuje výhodu. Ať už zavedení silně invazivního druhu, anebo vymizení klíčového druhu („keystone species“ – determinuje strukturu ekosystému) může osvětlit integritu společenstva na úrovni trofické struktury, živinových poměrů, disturbanční frekvence a intenzity apod.

(4) Podpora ekologické udržitelnosti

Hrozby různých ekologických dopadů vedly ke konceptu **nosné kapacity prostředí**. Ta je funkcí charakteristik jak území, tak organismu, který území obývá. Větší nebo na zdroje bohatší území má vyšší nosnou kapacitu prostředí. Tato kapacita je definována velikostí populace druhu, kterou je území o dané rozloze schopno podporovat (uživit) bez snížení podpory téhož druhu v budoucnosti. Znamená to, že daná územní jednotka má dostatek obnovitelných zdrojů. Nosná kapacita území určitého rozměru a s určitým množstvím zdrojů se bude měnit pouze tak rychle, jak organismy vyvíjejí své požadavky na zdroje. Ačkoli koncept je jasný, nosnou kapacitu prostředí není snadné odhadnout.

Ve vztahu k lidské populaci (obyvatelnosti území) se někdy rozlišuje biofyzikální nosná kapacita (maximální populace udržitelná biofyzikálně při daných technologických schopnostech) a sociální nosná kapacita (maximální populace udržitelná za různých sociálních systémů – což je zvláště spojeno s rozložením konzumace zdrojů). Otázka, jestli současné technologie, hladiny spotřeby zdrojů a socioekonomická organizace činí lidskou populaci udržitelnou, má komplikovaný přesah za hranici bioekologických disciplín.

Trvalá udržitelnost vývoje byla definována ve známé studii OSN (UN Brundtlands Commission 1987: *Our common future*): Naše společná budoucnost, jako takový vývoj, který splňuje potřeby a aspirace současné lidské populace, aniž by ohrožoval schopnost budoucích generací naplnit jejich potřeby... Jak toho dosáhnout, je předmětem rozsáhlých programů, více či méně zdařilých.

11.1.1 MANAGEMENT AGROEKOSYSTÉMŮ – BIODIVERZITA A FUNKCE PLEVELOVÝCH SPOLEČENSTEV

Dynamika plevel/plodina a management

Zimdahl (1980) našel asi 600 publikací, které dokumentovaly ztráty na výnosu plodin způsobené plevely. Většina studií však pouze popisovala rozsah úrody anebo ekonomickou ztrátu, která se vyskytla při často arbitrárně stanovených hustotách plevelů. Ukazuje se, že mnohdy chybí dobrá charakterizace limitů ve zdrojích anebo v rostlinných parametrech. Dobrá predikce nezaložená na **dynamice vztahu plevel/plodina** nemůže ani vyústit v účinnou kontrolu potenciálních dopadů na plodinu. Kdy a jaká denzita určitého plevele ovlivňuje výnos určité plodiny? Jak dlouho tento účinek trvá? Podstatné je určit základní funkce plodiny a plevele od stadia klíčení a růstu jakožto báze pro sledování kompetice. Navíc dlouhodobé sledování druhové skladby segetálních (polních) společenstev může dodat údaje o rezistenci vůči herbicidům.

Praktiky hubení plevelů ovlivňují polní společenstva ve dvou směrech. Snižují celkovou **hustotu rostlin** a ovlivňují **druhové složení** společenstva. Oba dva účinky kontroly plevelů zlepšují relativní postavení plodiny mezi ostatními druhy. Jestliže plodina úspěšně roste a uzurpuje prostor (zdroje), stává se stále nebezpečnější pro potenciálně invadující plevely. Působí tedy sama jako účinné kontrolní agens, které způsobuje snižování hustoty plevelů a posuny ve floristickém složení tím, že biologicky limituje zdroje resp. podmínky prostředí. Tento aspekt konkurence mezi plodinou a plevelem byl úspěšně využíván dřívějšími hospodáři k potlačení plevelů v rámci několika **osevních postupů** a přísného dodržování „agrotechnických“ lhůt (střídání vojtěšky, pastviny a sadu). Dawson (1970) zmiňuje **kritické fáze během životního cyklu plodiny**, kdy kompetice s plevelem má největší dopad na výnos plodiny. Například merlík *Chenopodium album* a cukrovka vykazují malý vzájemný účinek v období do 3 týdnů, ale kritická fáze nastane v rozmezí 5–9 týdnů, zatímco pozdější období už není tak nebezpečné. Co se týče managementu, popisuje Dawson dvě důležitá stadia interakce plevel/plodina. V 1. stadiu dochází k vyklíčení rostlin a rychlému růstu spojenému s čerpáním zdrojů; pokud plodina dospěje ke stadiu 2, zvláště když je podpořena odstraňováním plevelů během stadia 1, stává se dominantou a je schopna efektivně kontrolovat plevele sama.

V časnějších fázích rozvoje vegetace je velmi důležité **časování zásahů** – například mechanická orba (obrácení svrchní vrstvy půdy – disturbance) pod-

poruje jednoleté plevely na úkor dvouletých a trvalek. Ti autoři, kteří sledovali životní formy jak plevelů, tak plodin, zjistili, že se vždy v tomtéž společenstvu podobají a jsou v korelaci. Kromě toho se zjišťuje, že jisté plevelové druhy převládají u jistých plodin nyní daleko více než třeba před 60 lety. Jiné druhy jsou naopak velmi vzácné. Samozřejmě, že to zpravidla nezpůsobuje pouze jediný faktor. Nicméně u některých faktorů je trend nápadný, například rostoucí koncentrace dusíku v prostředí a tudíž favorizace nitrofilů. Abychom mohli predikovat kompetiční vztahy, jsou pro nás důležité především tři faktory: prostorové uspořádání (řádky a podobně), doba klíčení (agrotechnická lhůta) a rychlost růstu rostlin (hnojení, závlivka).

Změna v kultivačních a sklizňových praktikách může ovlivnit genetiku populací plevelů. Elektroforetické techniky odhalily, že například *Avena fatua* může být geneticky manipulována kultivační technologií, v jiném případě *Medicago sativa* při více sečích selektuje prostrátní (poléhavé) formy a podobně. Dodržování osevních lhůt je důležité pro včasné vzcházení plodin, aby dosáhly včasné konkurenční schopnosti v závodu s růstem plevelů; dojde-li ke zpoždění, může vzniknout snížení výnosu, ale i naopak – dojde-li ke vzcházení plodiny časně, aniž by byla půda kryta semenáčky plevelů, které balancují kolísání přízemních teplot, výpar a další charakteristiky, může být také prosperita plodiny menší. **Ochrana druhového bohatství plevelných společenstev** je také jedním ze zájmů konzervační biologie a tomu se podřizují techniky managementu (například finanční dotace na podporu dostatečně širokých pásů v kulturách, které nejsou ošetřovány herbicidy).

11.1.2 ÚHORY – PŘÍPAD OPOUŠTĚNÉ PŮDY

Opouštění dříve využívané půdy je rysem, který provází vztah člověka ke světovým ekosystémům po dlouhou historii. Staré civilizace vyvinuly svébytné zemědělské systémy, které byly posléze ponechány svému osudu z jediného či více důvodů (často byl příčinou kolaps dotyčné kultury). Docházelo k tomu spíše v měřítku menších územních celků, úměrně populační velikosti dávných osídlení. V měřítku velkých regionů se opuštění zemědělské půdy odehrávalo v pozdější době, například na východě Severní Ameriky počínaje rokem 1870, přičemž tento proces probíhá prakticky do současnosti a přenesl se i do dalších oblastí USA nebo Kanady. V recentní době takové procesy zažívá Jižní Amerika, Evropa nebo Čína.

Co se stane, když je exploatované území ponecháno dalšímu vývoji bez zásahů člověka?

Lze na to nahlížet převážně dvěma způsoby:

- (1) Opouštění (abandonment) je vnímáno jako příležitost pro obnovený vývoj ekosystému – podobný, jaký probíhal před využíváním půdy v okrsku, anebo přinejmenším k obnově (restaurační) aktivitě.

- (2) Opouštění působí jako hrozba vyplývající z možné ztráty specifického ekosystému a druhové garnitury, přičemž obojí bylo závislé na určitém typu obhospodařování (managementu).

Úhory – pole zpravidla po jednu vegetační sezónu neobdělaná a ponechaná ladem (v systému dvojpolního hospodaření); často před obnovenou orbou ošetřená ohněm (etymologický vztah k „uhořet“) k likvidaci plevelů a jejich semen či plodů. Někdy se termín užívá pro víceleté opuštění, ale vždy je omezen na někdejší ornou půdu (pole).

Významem podobný termín **lada** má obecnější výklad (jakákoli země ležící ladem), v případě orné půdy obvykle více než jeden rok.

V ekologii bývají úhory studovány často a jejich výzkum vydatně přispívá ke vzniku nových idejí či konceptů v rámci teorie ekologické sukcese. Opuštěná pole – v závislosti na podmínkách – dávají vznik řadě typů ekologické dynamiky a vznikajících společenstev.

V ČR mezi lety 1940–1980 nebyla oficiálně opuštěna žádná orná půda, i když ve skutečnosti menší, špatně obdělávatelné plochy, hlavně v kopcovité krajině, opuštěny byly. Z našeho území jsou známy dlouhodobě vedené studie úhorů především v oblasti středních Čech (například v Českém krasu, Osbornová et al. 1990). Autoři při studiu sekundární sukcese rozlišují tři základní sukcesní řady: (a) suchou, (b) mezickou a (c) vlhkou (viz též Cramer et Hobbs 2007). V případě suché řady vede trajektorie hodnot druhové diversity rostlin k postupnému poklesu (na začátku je značná pestrost jednoletých druhů, v dosaženém sukcesním stadiu jsou pak relativně stabilizovaná, „zablokovaná“ stadia s několika dřevinami v životní formě keřů – například hlohy, růže, javor babyka). V případě mezické řady je trend srovnatelný při poměrně vysokých hodnotách druhové diversity středně starých stadií, kde však převažují klonální trávy, aby posléze v řádu desítek let prostor zaujaly husté keře (trnka, hlohy) připravující podmínky pro nástup stromových dřevin po odhadované době sta let od opuštění. V případě mokré sukcesní řady zůstává vyšší druhová diverzita od počátku do nejstarších dosažených (pravděpodobně stabilizovaných) stadií, tvořených zpravidla křovitými vrbamí (vrba jíva, vrba šedavá).

Ke zdrojům mezistanovištní variability patří **(a) proměnlivost podmínek prostředí**, a **(b) rozrůzněnost kolonizačního potenciálu (species pool)**.

Při managementu nebo restauračních praktikách je třeba nejprve rozhodnout, **jaká vegetace má být cílem**. V střeoevropských podmínkách přicházejí v úvahu následující strategie:

- (1) konzervace půdy jako potenciálu znovuoobnovení pole,
- (2) sečené louky a pastviny,
- (3) zalesnění,
- (4) porosty s ochrannářskou hodnotou, tzn. obnova druhově bohatých / přírodě blízkých porostů,

- (5) pufrační zóny kolem chráněných území nebo zdrojů vod,
(6) ochranné protieroční porosty.

Každému cílovému stavu odpovídá **aplikace managementu** – například v případě (1) jde hlavně o zamezení růstu dřevin, což implikuje ničení jejich semenáčů nebo výmladků (nasazení pastvy koz či mechanické každoroční probírky apod.).

11.1.3 TRAVINNÉ EKOSYSTÉMY – LOUKY A PASTVINY

Častěji jde spíš než o přirozené travinné formace – grasslands (asijské stepi, australské savany, africká riftová údolí, jihoamerické pampy nebo severoamerické prerie) – o člověkem **účelově ovlivňované porosty**. Specifické účely managementu mohou být různě zaměřené – produkce mléka, masa, textilní vlákniny (například vlny), biomasy na výrobu energie, estetika, ochrana vod a půd, atd. (Veen et al. 2009). Některé z těchto ekosystémů jsou schopny zachytit a využít více sluneční energie než kultivované plodiny, mnohé dokážou vázat více CO₂ než dospělé lesy a přispívat tak ke snížení rizik skleníkového efektu (Houghton 1991).

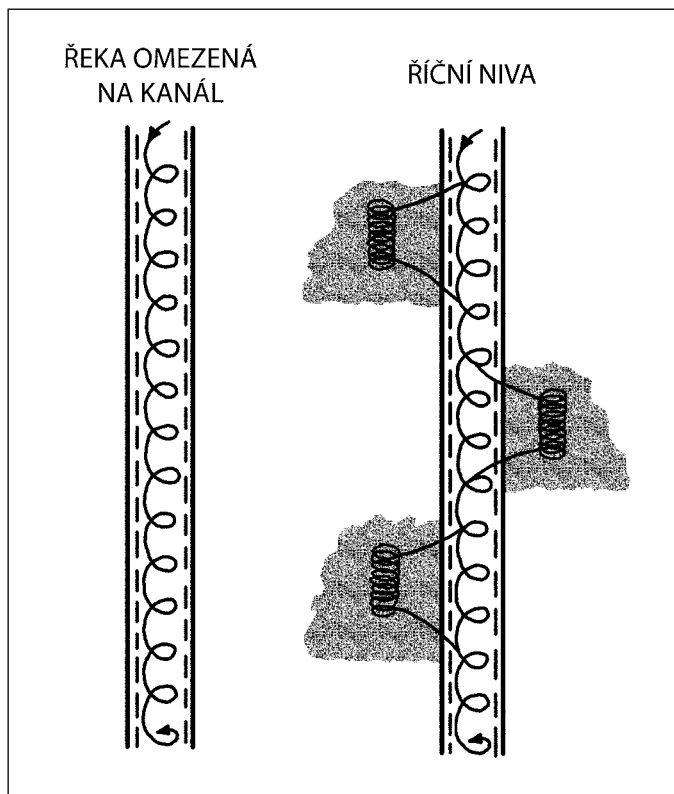
Kdy se objevily? Existovaly před vyvinutím *Homo sapiens* a člověk je poznal ještě jako sběrač a lovec před cca dvěma miliony let. Sociálně zkonstruované travinné systémy vznikly tehdy, když měl člověk plně vyvinutý mozek se schopností kreace (před 50 000–250 000 lety). Začal používat oheň a jiné formy manipulace se stády býložravců. Nomádské skupiny (kmeny) lidí následovaly stáda zvíře jak například ve východní Africe, nebo i v severní Evropě (stáda sobů). Odlišný způsob využívání travinných společenstev vznikl asi před 40 000 roky s opuštěním nomádismu, s přesunem důrazu na sběračství a s domestikací zvířat a rostlin. Evropa dlouho neměla husté osídlení, takže v ní převládala klimaxová vegetace převážně lesní. Travinné ekosystémy vznikaly ve větším rozsahu až po kolonizaci území ve vyšších nadmořských výškách, tedy s postupným vykloučením lesa. S rozvojem moderního intenzivního zemědělství také nastoupily procesy **domestikace rostlin** tvořících travinné porosty (Bickford 1997), tedy identifikace semen vhodných pro šlechtění, techniky jejich sběru, metody křížení, komercializace v množení a rozšiřování. Ustálily se metody agronomických postupů umožňujících dlouhodobé udržení travinných systémů, obranu proti jejich degradaci a ztrátě základních funkcí (Pearson et Ison 1997).

Jeden z trendů v intenzivním využívání travinných systémů je jejich **začleňování do systémů kultivace plodin**: mohou stát v řadě (jednoho roku nebo více let), tj. spočívat v sekvenci plodin na orné půdě, přičemž:

- zlepšují úživnost půdy, zvláště s ohledem na obohacení dusíkem při pěstování leguminóz; v důsledku roste kvalita sklizené biomasy a zvyšuje se obsah bílkovin;
- zlepšují strukturu a stabilitu půdy; to se demonstruje nárůstem vodosta-

bilních agregátů a celkovou stabilitou struktury svrchních vrstev půd; zároveň odumřelá zbylá biomasa po pastvě mulčuje povrch a termicky i živinově vyrovnává extrémy;

- může přerušovat cykly vývinu škůdců a chorob (například seč nebo pastva zruší dozrání semen parazitických plevelů jako jsou třeba zárazy);
- poskytuje lepší management plevelů ve smyslu odstranění těch, které jsou typické pro plodiny naseté v dalším sledu, jež by při opakování kultivace plodin měly větší šanci k rozvoji a k tvorbě půdní semenné banky;
- roste efektivita při kombinovaném využívání travinných porostů a plantáží dřevin v teplých oblastech (přiměřené hustoty dřevinného patra na jedné straně umožňují průnik dostatku světla k bylinám a na druhé straně přistiňují a umožňují travinám ochranu před extrémním osluněním a podporují regeneraci);
- umožňují vstup chovu zvířat do systémů rostlinné výroby; kombinují se tak dva typy produkce: živočišné a rostlinné.



Obr. 31: Diagramatické znázornění živinové spirály řeky spoutané regulací břehů izolující tok od okolí – vlevo, a řeky propojené s mokřadními ekosystémy v nivě – vpravo (upraveno podle: Naiman et Bilby 1998).

Trávníky jako prvek v rekreačních areálech (včetně sportovních – hřiště kolektivních sportů, sjezdovky, golf, jezdeckví aj.), městských parcích a ozdravných či lázeňských prostorách mají mnohonásobné **mimoprodukční funkce**. V hustě zalidněných okresech mohou být cíleně ošetřovány v souladu s terénními úpravami jako polopřirozené kolektory (purifikátory) prostředí zadržující spád znečištěnin, který tak může být po dobře načasované sklizni biomasy odvezen z dosahu obyvatel a imobilizován (Kovář 1988, 1990).

11.1.4 POŘÍČNÍ KRAJINY – LOTICKÉ SOUSTAVY V LINIOVÉ SÍTI

Krajiny vázané na řeky s jejich okolím determinovaným dosahem vodního faktoru jsou unikátním prostředím. Řadí se mezi rozměrné ekotony, tedy linie tvořené přechodem vodního a suchozemského prostředí. **Ekotonální charakter říčního prostředí** je variabilní – někde je přechod krátký, jinde rozšířený na delší vzdálenost. Podélná, příčná a svislá dimenze vodní dynamiky s sebou přináší specifické efekty (Obr. 31) – dynamiku dočasného (zátopy) i dlouhodobého výskytu druhů – jejich celkové chování může indikovat dalekosáhlé změny v prostředí včetně změn globálně-klimatických. Využívání řek (doprava dříví a produktů transportovaných plavidly, produkce vodních organismů, zdroj vody atd.) implikuje management. Splavnění – navigace, výměna vegetačních formací a směna druhových garnitur, úbytek hnízdišť ptactva, znečištění – purifikační funkce břehových porostů (viz též kap. 4).

Globální ekologické změny

12.1 KLIMATICKÁ ZMĚNA A VLIV ČLOVĚKA

Změny na konci doby ledové byly enormně velké a probíhaly relativně rychle. Klimatologie se zajímá především o období před 20 000 až 10 000 lety, neboť během těchto deseti tisíciletí stoupla teplota Země o 5 °C. Jedná se o nejrychlejší oteplení zaznamenané v novější historii Země. V naší době diskusí o hrozbě a příčinách trendu klimatických změn je proto užitečné pokusit se o srovnání rychlosti a rozsahu změn ze zmíněného období se současností, případně odhadem budoucnosti. Zatím většinově převládá názor, že pokud lidstvo nesníží emise skleníkových plynů – viz kap. 9, nárůst o 3 °C (± 2 °C) se nám během 21. století nevyhne.

V roce 1988 byl k vyhodnocování rizik změny klimatu dvěma organizacemi OSN – Světovou meteorologickou organizací (WMO) a Programem OSN pro životní prostředí (UNEP) založen vědecký orgán **Mezivládní panel pro změny klimatu** (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change). Je otevřen pro aktivní účast členských zemí WMO a UNEP. Nemá žádné rozhodovací pravomoci, ale zpracovává hodnotící zprávy, které jsou významným podkladem pro

smluvní strany **Rámcové úmluvy OSN o klimatických změnách (UNFCCC)**. IPCC zahrnuje tři specializované pracovní skupiny. První se zabývá fyzikálními základy změny klimatu, druhá se zajímá o dopady změn klimatu, adaptaci a zranitelnost, a třetí pracovní skupina zkoumá možnosti zmírnění dopadů změny klimatu (mitigace).

V roce 2000 odhalil rozbor vzorků z Bonapartova zálivu v tropické oblasti na jihozápadě Austrálie, že před 19 tisíci lety během pouhých 100 až 500 let stoupla náhle hladina moře o 10–15 m. To by naznačovalo, že **tání ledovců** začalo mnohem dříve, než se dosud předpokládalo. Nedůvěru k těmto zjištěním nepodpořil další výzkum, kdy se v Irském moři prokázal podobný, časově lépe detekovaný vzestup moře. Zvláštním zjištěním bylo, že poté nedošlo k dalšímu oteplení. Objasnila to bezprostřední příčina tohoto vzestupu mořské hladiny: do severního Atlantiku se tehdy vléval proud sladké vody pocházející z rozpadu severního polárního ledovce. Protože tento přísun vody narušil i Golský proud, došlo k dalekosáhlým důsledkům. Golský proud dopravuje z okolí rovníku směrem k severu obrovské množství tepla – téměř třetinu množství, které západní Evropě dodává Slunce. Toto teplo je nesenو proudem teplé a oproti severním mořím dosti slané vody. Jakmile voda předá teplo svému okolí, klesá ke dnu, protože je těžší kvůli vyššímu obsahu soli. Tím umožňuje proudění další slané vody na sever. Když se slaný Golský proud nařadí sladkou vodou, po ochlazení už ke dnu neklesá, čehož následkem je, že přestane nasávat teplotou vodu k severu. V minulosti už se stalo, že Golský proud přestal téci úplně. Bez tepla, které s proudem přichází, začnou dříve tající ledovce opět narůstat, a spolu s tím, jak jejich bílý povrch odráží sluneční teplo zpět do prostoru, ochlazuje se pevnina. Organismy migrují nebo vymírají a oblasti s mírným podnebím zachvátí sibiřská zima. Většina tepla se ovšem hromadí kolem rovníku na jižní polokouli, kde jeho vlivem mohou tát ledovce na jižním pólu. Sluneční paprsky pak místo na led dopadají na tmavou hladinu moře a ohřívají ho. To zeměkouli ohřívá „zdola“ a jakmile se činnost Golského proudu díky rostoucím severským ledovcům obnoví, začíná další cyklus oteplování Země.

Nejlépe popsany výkyv tohoto typu je znám z mladšího dryasu (pojmenovaného po alpinské rostlině dryádce osmíplátečné, jejíž pyl se objevuje na nečekaných místech jako doklad ochlazení). K prudkému **poklesu teplot** došlo před 12 700 lety poté, co se vlivem oteplování protrhla ledová hráz, která zadržovala obrovské jezero vody z tání, a přesměroval se tok severoamerických řek z povodí Mississippi do řeky Svatého Vavřince. Doba tuhých mrazů trvala 1000 let a na většině území Evropy zavládly podmínky doby ledové – mnoho oblastí bylo zcela neobyvatelných. Další ochlazení nastalo před 8200 lety, kdy v Grónsku na 200 let klesla teplota o 5 °C. Důvodem bylo nejspíše opět protržení ledovcové hráze, přičemž proud vody směřoval tentokrát do Hudsonova zálivu.

Přes tyto **extrémy**, které byly způsobeny **střídavým táním na severní a jižní polokouli**, Země pomalu směřovala k současnému stavu. Klimatické fluktuace vystřídalو klidové období (podle slov archeologa Briana Fagana

z University of California, Santa Barbara: „Bylo to, jako by nastalo dlouhé teplé a trvalé léto, jaké svět nezažil půl milionu let.“). Možná právě ono umožnilo lidem takový populační vzestup doprovázený velkoplošným pěstováním plodin a chovem domestikovaných zvířat spolu se zakládáním civilizačních sídel ve velkém rozsahu. „Dlouhé léto“ trvající už cca 8000 let je bezpochyby rozhodující periodou v historii lidstva.

Když se zkoumaly příčiny tak dlouhého vyrovnaného období („šťastná konfigurace“ v kontextu **Milankovičových cyklů**³, vzájemné pozice Země a Slunce, a dalších faktorů), vysvětlující konkrétní důvod se tu nenašel. Začal být „podezříván“ specifický faktor působící jen v tomto posledním cyklu narozdíl od těch předchozích a začalo se mluvit o tom, že postindustriální období lidské historie představuje novou geologickou etapu. Toto geologické období nazval nositel Nobelovy ceny za chemii (získal ji za výzkum ozonové díry) Paul Crutzen antropocénem („věkem lidí“). Za jeho počátek byl označen letopočet 1800 n. l. Tehdy počaly **emise vyvolané průmyslovou revolucí** ovlivňovat zemské klima (jsou ovšem názory, že člověk – i jinými druhy svého působení – ovlivňoval klima na Zemi už dávno před rokem 1800). Ruddiman (2003) analyzoval množství dvou klíčových skleníkových plynů – metanu a CO₂ – ve vzduchových bublinách z ledových vrstev v Grónsku a v Antarktidě. Zjistil, že až do doby před 8000 lety se většinou množství metanu v atmosféře řídilo Milankovičovým cyklem o délce 23 000 let, který je v koincidenci s intenzitou slunečního záření (velké množství metanu produkuje močály, tedy během teplých a vlhkých období, kdy je močálů hodně, vzniká metanu více než v chladných a suchých obdobích). Na počátku posledního cyklu před 8000 lety se však Milankovičův mechanismus poprvé rozchází s předpokládaným množstvím

- 3 Milutin Milankovič, stavební inženýr srbského původu, pracoval v Rakousko-Uhersku. V roce 1909 opustil své zaměstnání a nastoupil na místo vědeckého pracovníka v Bělehradě. Události 1. světové války a jeho internace v Budapešti vedly k tomu, že byl nucen pracovat pouze jako knihovník v Maďarské akademii věd. Ještě do konce války však dokončil monografii zabývající se příčinami doby ledové, která se stala základem pro přibývající nové poznatky. V roce 1941 pak vydal v angličtině velké dílo *Principy slunečního záření* v problematice doby ledové. Objevil tři základní cykly řídící proměny pozemského klimatu. Nejdelší z nich se týká oběhu Země kolem Slunce (Země se pohybuje nikoli na kruhové, ale na eliptické oběžné dráze, jejíž tvar se mění v cyklu známém jako excentricita Země, který trvá 100 000 let – s měnící se vzdáleností Země od Slunce se logicky značně mění intenzita slunečního záření dopadajícího na Zemi; tím mohou dosahovat rozdíly v přísunu záření mezi lednem a červencem od 6 do cca 25 % podle polohy Země vůči Slunci). Druhý cyklus souvisí se sklonem zemské osy, jeho trvání je 42 000 let (rozmezí sklonu osy je 21,8–24,4 stupňů, což určuje, na kterou část zemského povrchu dopadne nejvíce záření). Třetí, nejkratší cyklus, se týká kolísání zemské osy a jeho délka je 22 000 let. Během něho se zemská osa posune od bodu, v němž míří k Polárce, do bodu, v kterém směřuje k Veze. Ovlivňuje to intenzitu meteorologických výkyvů v jednotlivých ročních obdobích (když je Vega přesně na severu, mohou nastat kruté zimy a horká léta). Milankovičovy cykly jsou schopny způsobit dobu ledovou tehdy, když se v blízkosti pólů nacházejí velké pevniny či celé kontinenty, což je řízeno pomalým kontinentálním driftem. Pokud jsou tedy cykly ve správné fázi, může se z důvodu drsných zim a mírných lét v polárních oblastech začít hromadit sníh, který posléze vytvoří mocné vrstvy ledu. Navzdory souběhu faktorů v krajní konstelaci Milankovičových cyklů se podílejí na celkovém množství slunečního záření dopadajícího na Zemi nanejvýš jednou desetinou procenta ročně. I tento zdánlivě nepodstatný rozdíl však může snížit či zvýšit teplotu Země v krajním případě až o 5 °C.

emisí metanu na Zemi (podle předpokladů by jinak objem metanu měl začít klesat a přibližně před 5000 lety se měl pokles ještě urychlit). Namísto toho bylo klesání metanové produkce jen mírné a před 5000 lety se zastavilo úplně, trend se obrátil ve směru růstu, což by naznačovalo, že „kontrolu“ převzali lidé. Rovnováhu narušilo zemědělství, hlavně pěstování rýže na zavodněných polích v Asii, k tomu přibýly další systémy založené na využívání močálů produkujících ve zvýšené míře metan (pěstování kolokázie – například na Nové Guineji, nebo stavění hrází regulujících mělčiny k chovu úhořů – Austrálie). Ruddiman našel v bublinách ledu také důkazy, že rovněž koncentrace CO_2 v atmosféře byla lidmi ovlivněna dříve, než se uvažovalo. Ke konci ledového období se jeho množství prudce zvyšuje a pak dále k novému chladnému období začíná klesat. Poté během posledních 8000 let jeho koncentrace v atmosféře vzroste o více než polovinu původního stavu, což by se mohlo zdát přemrštěné (odpovídalo by naší průmyslové éře mezi lety 1850 až 1990), jenže je třeba si uvědomit délku období z hlediska lidských měřítek – jenom kácení a vypalování lesů během 8000 let mohlo i při malých příspěvcích jazýčkem vah nakonec přece jen pohnout.

Zajímavé jsou korelace mezi obdobími nízkých koncentrací CO_2 v atmosféře a velkými epidemiemi černého moru ve středověku. Tyto epidemie měly globální rozsah a zemřelo při nich tolik lidí, že na opuštěné zemědělské půdě se mohly znovu obnovit lesy. Protože dřeviny při svém růstu pohlcovaly ve zvýšené míře CO_2 , snížily jeho koncentraci, což s největší pravděpodobností vedlo k poklesu globální teploty a v Evropě pak následovala relativně chladná období.

Pomůckou pro předpovědi klimatických změn jsou **počítačové modely** procesů, které se odehrávají při zemském povrchu. Změnou vstupních dat lze zjistit, jak by zemské klima reagovalo například na různé koncentrace CO_2 nebo na změnu velikosti ozónové díry. Koordinaci měření parametrů počasí a podnebí ve světovém měřítku zajišťuje Světová meteorologická organizace OSN. Do programu je zapojeno 185 zemí, jež využívají 10 000 pozemních měřicích stanic, 7000 stanic na lodích a 10 umělých družic. Dosud bylo vyvinuto více než deset globálních cirkulačních modelů simulujících chování atmosféry a umožňujících předpovědi vývoje. Byly zpracovány v následujících nejuznávanějších institucích: Hadleyovo centrum pro předpovídání klimatu v Anglii, Národní laboratoř Lawrence Livermora v Kalifornii a Meteorologický institut Maxe Plancka v Německu. Přes komplikovanost **prověřování věrohodnosti modelů**, jež se musí vyrovnat s obrovskou tvarovou, barevnou, fyzikální či chemickou heterogenitou zemského povrchu, je důležité zmínit testy, kterými modely procházejí. První test přezkoumává, zda model funguje v souladu s fyzikálními zákony – zachování hmoty a energie apod. Druhý test zjišťuje, nakolik přesně model dokáže simulovat aktuální podobu klimatu. Třetí se zabývá tím, zda model dokáže den po dni simulovat vývoj meteorologických systémů skládajících klima. Čtvrtý test konfrontuje model se schopností simulovat to, co je známo o podobě podnebí v minulosti.

Fosilní záznamy ukazují, že ačkoli se faktory ovlivňující změnu klimatu mění dosti pomalu a kontinuálně, jejich důsledky vždy tak plynulé nebývají (Flannery 2007). Nový stav může být nastolen relativně náhle a změnu přeživší biota se buď přizpůsobí nebo vyhyne. Na základě dokladů z geologického záznamu v minulosti a při reflexi současných trendů, jsou uváděny následující možnosti v případných krajních scénářích změn:

1. Zánik Golského proudu

Pravděpodobné zpomalení Golského proudu by nastalo za předpokladu kumulace sladké vody z tajících ledovců v severním Atlantiku. Při pokračování dalšího pomalého oteplování by nastal dopad v podobě vysušení zemědělských oblastí na pevnině a odtud potravinovým deficitem a všemi odhadovatelnými následky v sociální sféře. „Oceánský vodopád“, kdy vody Golského proudu odevzdají své teplo atmosféře a pak klesají ke dnu, je známým mechanismem vstupujícím do systémů globálního energetického výměníku oceánického prostředí, jež udržuje klima (o fenoménu spjatého s Golským proudem je známo, že byl již opakovaně v dlouhodobé historii přerušen).

2. Zánik amazonských deštných lesů

Jeden z globálních cirkulačních modelů dává mimo jiné do souvislosti koloběh uhlíku a stav hlavních vegetačních formací na zemské kouli – respektuje význam pozitivních zpětných vazeb. Už nevelká změna teploty může způsobit, že namísto pohlcování CO₂ půdou jej začne ve značném množství uvolňovat (pod vlivem teplotní změny na intenzitu bakteriálního rozkladu organického podílu v zemině). Na základě znalostí fungování tropického deštného lesa model vychází z řetězení více kauzalit: pralesy v amazonské nížině spoluvytvářejí (izotopově prokázaným rychlým výparem vody) vysoký obrat srážkové vody v oblasti, předpokládaný nárůst CO₂ způsobí pokles (uzavírání průduchů v listoví) v obratu vody evapotranspirací a spolu s dalšími vlivy bude mít za následek razantní snížení srážek, nastartuje se proces degradace porostů s vyústěním v desertifikaci území. Podobný proces je pak pravděpodobný i v dalších oblastech pokrytých tropickými deštnými lesy, s logickým dopadem na globální hydrologickou a termickou bilanci.

3. Uvolnění metanu z mořského dna

Propojené shluky molekul ledu a metanu jsou označovány jako klatráty („uvězněná“ množství metanu). Velké množství klatrátů je pohřbeno na oceánických dnech – jejich odhad je až dvojnásobné množství všech ostatních fosilních paliv dohromady. Pokud by se snížil na ně působící tlak nebo pokud by hlubinná teplota v oceánech vzrostla, uvolnilo by se obrovské množství metanu (geohistorický doklad analogické situace existuje – před 55 miliony lety v Severním moři s následkem vymírání forem života). Atmosférickým dopadem přívalu metanu, jednoho ze skleníkových plynů, by byl s největší pravděpodobností

nárůst teploty, rozšíření kyselých dešťů, a tím uvolnění ještě většího množství uhlíku a další konsekvence.

V současné době se stále objevuje řada nových poznatků z různých oborů, které se někdy v predikcích klimatického vývoje planety podporují, jindy si protiřečí, ale postupně v nových kolech syntézy poznání znamenají stále lepší pochopení toho, kam by vývoj za jistých předpokladů mohl směřovat. Vznikla dokonce nová vědní disciplína resp. alespoň tak je označován směr výzkumu zabývající se dopady klimatických změn na glóbu na pozemský život: **biologie klimatické změny** (Hannah 2011). Máme-li uvažovat o osudu planety jakožto celku při vědomí, že průměrná teplota Země je 15 °C, a dovolíme-li, aby stoupla byť o jediný stupeň (naším civilizačním přičiněním), neseme svým rozhodováním odpovědnost za osud tisíců rostlinných a živočišných druhů, s nimiž je navíc i náš osud provázán. Jak to vyjádřil Flannery (2007) – v historii lidstva ještě nikdo neprováděl analýzu nákladů a výnosů, která by si zasloužila větší pozornost.

12.2 GLOBÁLNÍ PÉČE O PROSTŘEDÍ

Mezi silné tlaky na životní prostředí a krajinu **mezinárodního významu**, vyžadující okamžitou reakci, patří:

- genetické ztráty (hrozící extinkce mnoha ohrožených druhů),
- destrukce ekosystémů (ztráta ekotopů, kvality života, regenerativních schopností jak terestrického, tak mořského prostředí),
- odlesnění (redukce atmosférického kyslíku, půdní deteriorizace, záplavy apod.),
- desertifikace (snižující produkci potravin, šíření půdní eroze, znečištění ovzduší prachem apod.),
- kontaminace prostředí (průmyslovými toxikanty nebo radioaktivními materiály, degradace vod acidifikací nebo eutrofizací, vyčerpání spodních vod).

Všechny dílčí problémy biosféry přímo či nepřímo souvisejí s globální klimatickou změnou navozující stále častější extrémní environmentální situace s malou prediktabilitou a vzrůstající ekonomickou náročností při jejich nápravě. Přesná proporce příčin se stále intenzivně studuje a výše zmíněný **Mezivládní panel pro změny klimatu (IPCC)** jako vědecké a expertní sdružení zhruba 2500 odborníků zkoumá podíl vlivů lidské civilizace na celosvětových ekologických změnách, přičemž jako zásadní fenomén se jeví nárůst tzv. skleníkových plynů – zejména se jedná o „uhlíkový metabolismus“ celoplanetárního měřítka.

Mnoho aspektů životního prostředí je neřešitelných v rámci organizací národních a státních správ. Příklad **národního měřítka** řešení: vláda Spojených států se snaží řešit tři typy problémů prostředí:

(1) domácí kyselý déšť, který vyžaduje mezinárodní spolupráci;

- (2) záležitosti ovlivňující světové oceány nebo Antarktidu za kontroly mezinárodní jurisdikce;
- (3) záležitosti ovlivňující rozvinuté země, co se týče technické nebo materiální pomoci (při poznání, že ekologická nestabilita může indukovat nestabilitu politickou).

Problém kyselého deště přesahuje hranice přímo, bezprostředně. Problém tropických deštných lesů hrozbu skrývá – také **problém globální**, i když jako zdroj je lokalizován (proměna atmosféry). Největší rychlost odlesnění byla zaznamenána v letech 1981–85 v Nigérii (6,5 %). Podle toho by zdejší státy do 10 let zlikvidovaly víc než polovinu tropického lesa. V Jižní Americe byla největší rychlost likvidace 4,7 % v Paraguayi a v Asii to bylo 4,3 % v Nepálu.

Jedna z nadací, která zátěž bioty sleduje, World Wildlife Fund, informuje, že za posledních 100 let byla degradována nebo zničena asi 1/2 původních tropických lesů. Jiná organizace, Council on Environmental Quality (CEQ, Rada pro kvalitu prostředí), odhaduje, že za současných trendů by došlo k eliminaci všech tropických lesů v méně rozvinutých zemích do roku 2020.

To byly ukázky pokusů o analýzu a případně návrhů na řešení pro dílčí globální problémy. V roce 1987 se hlavní architekt Stockholmské konference (1972), Maurice Strong, dal slyšet, že globální prostředí se dál ničí navzdory tomu, že se stalo předmětem zájmu téměř všech zemí. To vedlo k úvaze, že rozvoj stávajících institucionálních mechanismů nestačí. Samozřejmě, globální řešení narážejí na limity – na geografické, teritoriální a politické hranice.

Nicméně International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN, Mezinárodní unie pro ochranu přírody a přírodních zdrojů) vypracovala tzv. **World Conservation Strategy**. Ta je adresována vládám a vymezuje odpovědnosti za prostředí. Jako nástroj nebo prostředek byl navržen tzv. United Nations Environmental Programme (UNEP) s vedením v Keni, Nairobi (poslání bylo určeno coby katalyzátor pro mezinárodní spolupráci v záležitostech prostředí; ve spolupráci s UNESCO a národními vládami pořádání výukových programů k tématu; zavádění různých opatření jako je Konvence o mezinárodním obchodu s ohroženými druhy a Ochrana mokřadních ekosystémů).

Klíčovou nevládní organizací je IUCN – nezávislá vědecká organizace sdružující reprezentanty ze suverénních států. Má několik komisí pro ekologii, vzdělání, plánování prostředí, zákonodárství a administrativu, národní parky a chráněná území, službu pro přežití (survival services).

Pro **třetí svět** mají velký význam organizace napojené na UNESCO – World Health Organisation (WHO) a Food and Agriculture Organisation (FAO). Mnoho potřebných objektů nemůže být v rozvojových zemích financováno, jednak pro nedostatek informací z oblasti prostředí, jednak pro bídu. Proto byly zřízeny Center for International Environmental Information a od roku 1981 devět hlavních světových zdrojů financuje rozvojové projekty včetně World Bank.

World Conservation Strategy IUCN do sebe inkorporovala i **strategii trvale udržitelného rozvoje** vypracovanou komisí OSN s norskou ministerskou předsedkyní Brundtlandovou v čele – navrhuje šetřící techniky a technologie, takový ekonomický růst resp. nerůst, který neničí prostředí (UN Brundtlands Commission 1987).

Projekty Vědeckého výboru pro otázky prostředí SCOPE (Scientific Committee on Problems of the Environment) byly motivovány **Stockholmskou konferencí** v roce 1972 a mají shromažďovat informace a odhalovat nové problémy v otázkách prostředí. Tento výbor existuje již od roku 1968 při Mezinárodní radě vědeckých sdružení (ICSU, International Council of Scientific Unions). Jedním z témat byla též Ekotoxikologie a pro záležitosti související s dlouhodobým monitorováním bylo zřízeno centrum v Londýně (Octagon Building), tzv. MARC (Monitoring and Assessment Research Centre). Dobře jsou známy vzájemně se doplňující mezinárodní programy – více kompilativní a syntetizující SCOPE program a MAB (Man and Biosphere) získávající originální nová výzkumná data o dílčích problémech biosféry.

V řetězu environmentálních aktivit nelze nezmínit setrvalé úsilí organizovat setkání se strukturovanou agendou v oblasti životního prostředí – s počátkem u Stockholmské konference (1972) či s důležitým mezníkem v podobě **konference v Rio de Janeiru** (1992) s velkou účastí (počet blížící se 200 státům) a zvláštním zřetelem na hledání řešení politicko-ekonomického vztahu bohatý Sever – chudý Jih.

Literatura

- Ågren, G. I., Andersson, F. O. 2012. *Terrestrial ecosystem ecology. Principles and application*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Allen, T. F. H., Starr, T. 1982. *Hierarchy perspectives for ecological complexity*. Chicago: Univ. of Chicago Press.
- Bailey, R. G. 1996. *Ecosystem geography*. New York: Springer.
- Bastian, O., Steinhardt, U., eds. 2002. *Development and perspectives of landscape ecology*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Begon, M., Harper, J. L., Townsend, C. R. 1997. *Ekologie. Jedinci, populace a společenstva*. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého.
- Bertalanffy, L. von 1950. The theory of open systems in physics and biology. *Science* 111: 23–29.
- Bickford, R. 1995. *Pasture management*. Chatswood – Stoneham: Inkata Press.
- Bissonette, J. A., ed. 1997. *Wildlife and landscape ecology: effects of pattern and scale*. New York: Springer.
- Bissonette, J. A., Storch, I., eds. 2003. *Landscape ecology and resource management. Linking theory with practice*. Washington: Island Press.
- Bouška, V. et al., eds. 1980. *Geochemie*. Praha: Academia.

- Bramwell, D., ed. 1979. *Plants and islands*. London – New York: Academic Press.
- Budyko, M. I. 1977. *Globalnaja ekologija*. Moskva: Mysl.
- Bunce, R. G. H., Groom, G. B., Jongman, R. H. G., Padoa-Schioppa, E., eds. 2005. *Handbook of Surveillance and Monitoring of European Habitats*. Wageningen: Alterra Report 1219.
- Bunce, R. G. H., Metzger, M. J., Jongman, R. H. G., Brandt, J., de Blust, G., Elena Rossello, R., Groom, G. B., Halada, L., Hofer, G., Howard, D. C., Kovář, P., Múcher, C. A., Padoa-Schioppa, E., Paelinx, D., Palo, A., Perez-Soba, M., Ramos, I. L., Roche, P., Skånes, H., Wrška, T. 2008. A standardized procedure for surveillance and monitoring European habitats and provision of spatial data. *Landscape Ecology* 23: 11–25.
- Buol, S. W. 1992. Fertility, capability, classification and its utilisation. *Lecture notes for the course "Evaluacion de Suelos"* UIMP 709.8, Valencia, Spain.
- Burel, F., Baudry, J. 1990. Structural dynamics of a hedgerow network landscape in Brittany, France. *Landscape Ecology* 4: 197–210.
- Burel, F., Baudry, J., Lefeuvre, J.-C. 1993. Landscape structure and the control of water runoff. In *Ecology and Agroecosystems*, eds. R. G. H. Bunce, L. Ryszkowski, M. G. Paoletti, 41–47. Boca Raton: Lewis Publishers.
- Burel, F., Baudry, J. 2003. *Landscape ecology. Concepts, methods and applications*. Enfield – Plymouth: Science Publishers, Inc.
- Caley, M. J., Schluter, D. 1997. The relationship between local and regional diversity. *Ecology* 78: 70–80.
- Clements, F. E. 1916. Plant succession. An analysis of the development of vegetation. In *Carnegie Inst. of Washington, Publ.* 242.
- Cole, J., Lovett, G., Findlay, S., eds. 1991. *Comparative analyses of ecosystems. Patterns, mechanisms, and theories*. New York: Springer.
- Condit, L., Pitman, N., Leigh, E. G., Chave, J., Terborgh, J., Foster, R. et al. 2002. Beta-diversity in tropical forest trees. *Science* 295: 1045–1055.
- Cramer, V. A., Hobbs, R. J., eds. 2007. *Old fields: dynamics and restoration of abandoned farmland*. Washington: Island Press.
- Dale, V. H., Haeubner, R. A., eds. 2001. *Applying ecological principles to land management*. New York: Springer.
- Dansereau, P. 1957. *Biogeography. An ecological perspective*. New York: Ronald Press.
- Dansereau, P. 1975. *Inscape and landscape. The human perception of environment*. New York: Columbia Univ. Press.
- Davies, C. E., Moss, D. 2002. *EUNIS habitat classification. Final report to the European topic centre of nature protection and biodiversity*. European environment agency.
- Davis, F. W., Goetz, S. 1990. Modeling vegetation pattern using digital terrain data. *Landscape Ecology* 4: 69–80.
- Duvigneaud, P. 1988. *Ekologická syntéza*. Praha: Academia.
- Elsom, D. M. 1992. *Atmospheric Pollution. A Global problem*. Cambridge: Blackwell.
- European Landscape Convention. 2000. Florencie.
- Fanta, J., Siepel, H., eds. 2010. *Inland drift sand landscapes*. Zeist: KNNV Publishing.
- Farina, A. 1998. *Principles and methods in landscape ecology*. London: Chapman & Hall.
- Farina, A. 2000. *Landscape ecology in action*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

- Fischer, R. A., Corbet, A. S., Williams, C. B. 1943. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *J. Anim. Ecol.* 12: 42–58.
- Flannery, T. 2007. *Měníme podnebí. Minulost a budoucnost klimatických změn*. Praha: Dokořán.
- Forman, R. T. T. 1981. Interaction among landscape elements: A core of landscape ecology. In *Perspectives in landscape ecology*, eds. S. P. Tjallingii, A. A. de Veer. Proc. Inst. Congr. Neth. Soc. Landscape Ecology, Veldhoven, Pudoc Wageningen.
- Forman, R. T. T. 1983. An ecology of the landscape. *BioScience* 33: 535.
- Forman, R. T. T. 1995. *Land mosaics. The ecology of landscapes and regions*. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Forman, R. T. T., Godron, M. 1986. *Landscape ecology*. New York: Wiley.
- Gergel, S. E., Turner, M. G., eds. 2002. *Learning landscape ecology. A practical guide to concepts and techniques*. New York: Springer.
- Gilpin, M., Hanski, I., eds. 1991. *Metapopulation dynamics: empirical and theoretical investigations*. London: Academic Press.
- Gleason, H. A. 1922. On the relation between species and area. *Ecology* 3: 158–162.
- Gosz, J. R. 1999. International long-term ecological research: collaboration among national networks of research sites for a global understanding. In *Nature and Culture in Landscape Ecology (Experiences for the 3rd Millennium)*, ed. P. Kovář, 59–68. Praha: Karolinum Press.
- Green, B. H., Simmons, E. A., Woltjet, I. 1996. *Landscape conservation. Some steps towards developing a new conservation dimension*. A draft report of the IUCN-CESP Landscape Conservation Working Group. Dept. Agriculture, Horticulture and Environment, Wye College, Ashford, Kent, UK.
- Grime, J. P. 1979. *Plant strategies and vegetation processes*. Chichester: Wiley.
- Groppali, R. 1993. Breeding birds in traditional tree rows and hedges in the central Po Valley (Province of Cremona, Northern Italy). In *Ecology and Agroecosystems*, eds. R. G. H. Bunce, L. Ryszkowski, M. G. Paoletti, 153–158. Boca Raton: Lewis Publishers.
- Gutzviller, K. J., ed. 2002. *Applying landscape ecology in biological conservation*. New York: Springer.
- Hadač, E. 1982. *Krajina a lidé. Úvod do krajinné ekologie*. Praha: Academia.
- Hadač E. et al. (1977): Complex interdisciplinary investigation of landscape. *Landscape Planning* 4: 333–348.
- Hannah, L. 2011. *Climate Change Biology*. Amsterdam: Elsevier.
- Hansen, A. J., di Castri, F., eds. 1992. *Landscape boundaries. Consequences for biotic diversity and ecological flows*. New York: Springer.
- Henning, D. H., Mangun, W. R. 1989. *Managing the environmental crisis*. London: Duke Univ. Press.
- Hester, R. E., Harrison R. M. (eds). 2010. Ecosystem services. *RSC Publishing* 176.
- Holland, M. M. 1988. SCOPE/MAB technical consultations on landscape boundaries: Report of a SCOPE/MAB workshop of ecotones. In *A new look at ecotones: Emerging inter-*

- national projects on landscape boundaries*, eds. F. di Castri, A. J. Hansen, M. M. Holland, 47–104. Biology International, Special Issue 17. Paris: International Union of Biological Sciences.
- Hobbs, R. J. 2000. Repair versus despair: hope and reality in ecological management and restoration. *Ecological Management and Restoration* 1(1): 1–2.
- Holling, C. S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 4: 1–23.
- Houghton, R. A. 1991. Tropical deforestation and atmospheric carbon dioxide. *Climatic Change* 19: 99–118.
- Huggett, R. J. 1995. *Geoecology. An evolutionary approach*. London – New York: Routledge.
- Humboldt, A. von 1805. *Essai sur la Géographie des Plantes: accompagne d'un tableau physique des régions equinoxiales*. Paris.
- Hurlbert, S. H. 1971. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology* 52: 577–586.
- Chamberlain, A. C. 1970. Interception and retention of radioactive aerosols by vegetation. *Atmos. Environ.* 4: 57–78.
- Chust, G., Chave, J., Condit, R., Aguilar, S., Lao, S., Pérez, R. 2006. Determinants and spatial modeling of tree beta-diversity in a tropical forest landscape in Panama. *Journal of Vegetation Science* 17: 83–92.
- Ingenhols, V. 2002. *Landscape ecology: A widening foundation*. Berlin: Springer.
- Jacobs, J. 1961. *The Death and Life of Great American Cities*. New York: Random House. (*Smrt a život amerických velkoměst*. Praha: Odeon, 1975.)
- Jeník, J. 1961. *Alpínská vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku*. Praha: ČSAV.
- Jeník, J. 1974. Geobotanická mapa Třeboňska: Druhé přiblížení. *Quaestiones Geobiologicae* 14: 7–31.
- Jordan, W. R. et al., eds. 1987. *Restoration ecology: A synthetic approach to ecological research*. New York: Cambridge Univ. Press.
- Jost, L. 2007. Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology* 88: 2427–2439.
- Kareiva, P., Talls, H., Ricketts, T. H., Daily, G. C., Polasky, S. (eds.) 2011. *Natural capital. Theory and practice of mapping ecosystem services*. Oxford – New York: Oxford University Press.
- Kolasa, J., Pickett, S. T. A. 1991. *Ecological heterogeneity*. New York: Springer.
- Korn, H., Stadler, J., Maltby, E., Kerr, A. J., eds. 1999. *Report of the scientific workshop on "The ecosystem approach – what does it mean for European ecosystems?"*. Bonn: BfN-Skripten 9, German Federal Agency for Nature Conservation.
- Kovář, P. 1983. The grassland communities of the southeastern basin of the Labe river. 2. Synecology. *Folia Geobot. Phytotax.* 18: 161–187.
- Kovář, P. 1988. A comparison of different life strategies and morphological types of plants with respect to seasonal particle deposition. *The Science of the Total Environment* 73: 203–216.

- Kovář, P. 1989. Vegetace jako dynamická strukturní složka velkoměstské a příměstské krajiny. *Sborn. Konf. „Metody krajinně-ekologických analýz a syntéz“*, 25.–26. 1. 1989, České Budějovice, 2. díl: 134–153.
- Kovář, P. 1990. Ecotoxicological contamination processes: Interaction with vegetation. *Folia Geobot. Phytotax.* 25: 407–430.
- Kovář, P. 1992a. Ecotones in agricultural landscape. *Ekológia (CSFR)* 11: 251–258.
- Kovář, P. 1992b. Purkyně a Lovelock. Živá planeta: skrytý etický rozměr? *Vesmír* 71: 29–31.
- Kovář, P. 1993. Odpovědnost: ke komu, za co a proč? (Vztah k přírodě a komponenty etiky). In *Lidské hodnoty a trvale udržitelný způsob života*, Sborník přednášek, Olomouc: 27–37.
- Kovář, P. 1994. Byl J. E. Purkyně předchůdcem J. E. Lovelocka? (Naše planeta Gaia a hodnotový systém přírodovědce). *Živa* 42, 191.
- Kovář, P. 2005a. Ekosystémový pohled, krajinný ráz a vize multifunkčnosti. In *Krajinný ráz – jeho vnímání a hodnocení v evropském kontextu. Sborník ekologie krajiny*. 1. Sborník příspěvků z konference CZ-IALE, 4.–5. 2. 2005, eds. P. Maděra, M. Friedl, J. Dreslerová, 77–82. Brno: Paido.
- Kovář, P. 2005b. Mikrokrajiny (kultura mravence). In *Tvář naší země – krajina domova*, Vol. 4: V přírodní krajině Evropy: 8–12. Praha – Průhonice.
- Kovář, P. 2007. A standardized procedure for surveillance and monitoring European habitats (excerption report on results of the EU fifth framework project BIOHAB EVK2-CT-2002-20018 – comments to its application in the Czech Republic) with original contribution: A new descriptor of plant cover syngeneses – degree of naturalness as a management qualifier. *Ekologie krajiny (Journal of Landscape Ecology)* 0(0): 75–90.
- Kovář, P., Brabec, E. 1987. Balance and seasonal trend of particle deposition in stands of grass and maize. *The Science of the Total Environment* 65: 227–240.
- Kovář, P., Kovářová, M., Dostál, P., Herben, T. 2001. Vegetation of ant-hills in a mountain grassland: effects of mound history and of dominant ant species. *Plant Ecology* 156: 215–227.
- Kovář, P. 2012. Biodiverzita v krajině a ekosystémový přístup. In: Machar I., Drobilová L. et al. (eds). *Ochrana přírody a krajiny v České republice. Vybrané aktuální problémy a možnosti jejich řešení 1*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci: 50–58.
- Kovář, P., Jandová, L., Pojer, F. 2012. National chapter - Czech Republic. In: Oppermann, R., Beaufoy, G., Jones, G. (eds). *High Nature Value Farming in Europe. 35 European countries – experiences and perspectives*. Verlag Regionalkultur, Ubstadt-Weiher etc.: 175–183.
- Kovda, V. A. 1980. *Narušování přírodních biogeochemických cyklů člověkem*. Praha: Studie ČSAV.
- Krönert, R., Steinhardt, U., Volk, M., eds. 2001. *Landscape balance and landscape assessment*. Berlin: Springer.
- Kropáč, Z., Hadač, E., Hejtný, S. 1971. Some remarks on the synecological and syntaxonomic problems of weed plant communities. *Preslia* 43: 139–153.
- Küchler, A. W., Zonneveld, I. S., eds. 1988. *Vegetation mapping. Handbook of vegetation science*, Vol. 10. Dordrecht: Kluwer Academic Press.

- Lande, R. 1996. Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos* 76: 5–13.
- Leopold, A. 1933. Game management. New York: Scriber.
- Lieth, H. 1975. Primary productivity of the major vegetation units of the world. In *Primary productivity of the biosphere*, eds. H. Lieth, R. H. Whittaker, 201–215. Berlin: Springer.
- Likens, G. E. 1985. An experimental approach for the study of ecosystems. *J. Ecol.* 73: 381–396.
- Lipský, Z. 1995. The Changing face of the Czech rural landscape. *Landscape and Urban Planning* 31: 39–45
- Lipský, Z. 1996. Historical development of the Czech rural landscape used to its present ecological stabilization. *Ekológia* 15(1): 105–109.
- Loreau, M. 2000. Are communities saturated? On the relationship between α , β , and γ diversity. *Ecology Letters* 3: 73–76.
- Löw, J., Michal, I. 2003. *Krajinný ráz. – Lesnická práce*. Kostelec nad Černými lesy.
- Lovelock, J. E. 1987. *Gaia. A new look at life on Earth*. Oxford: Oxford Univ. Press.
- Maarel, E. van der 1980. Towards an ecological theory of nature management. *Verh. Gesellschaft für Ökologie* 9: 13–24.
- MacArthur, R. H. 1955. Fluctuations of animal populations and a measure of community stability. *Ecology* 36: 533–536.
- MacArthur, R. H. 1972. *Geographical Ecology*. New York: Harper & Row.
- MacArthur, R. H., Wilson, E. O. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton: Princeton Univ. Press.
- Maďera, P., Kovář, P., Romportl, D., Buček, A. et al. 2014. *Czech villages in Romanian Banat: Landscape, nature, and culture*. Brno: Mendel University in Brno.
- Mandelbrot, B. B. 1982. *The fractal geometry of nature*. San Francisco: Freeman.
- Margalef, R. 1957. Information theory in ecology. *Gen. Systems* 3: 36–71.
- Matuszkiewicz, W. 1974. Teoretyczno-metodyczne podstawy badań roślinności jako elementu krajobrazu i obiektu użytkowania rekreacyjnego. *Wiadomości Ekologiczne* 20(1): 3–13.
- May, R. M. 1973. *Stability and complexity in model ecosystems*. Princeton: Princeton Univ. Press.
- McIntosh, R. 1995. *The background of ecology. Concept and theory*. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Meadows, D. H. et al. (1992): *Beyond the limits*. Post Mills: Chelsea Green.
- Merriam, G. 1984. Connectivity: a fundamental characteristic of landscape pattern. *Proc. Inst. Sem. IALE "Methodology of landscape ecological research and planning"*, Roskilde, Denmark, 15–19 October 1994, Vol. I: 5–15.
- Míchal, I. 1992. *Ekologická stabilita*. Praha: MŽP ČR.
- Míchal, I., Plesník J. 1995. Evropská ekologická síť – možný podíl České republiky. *Ochrana přírody* 50(5): 141–146.
- Mikyška, R. et al. 1968–1972. Geobotanická mapa ČSSR. 1. České země. In *Vegetace ČSSR*, ser. A, 2. Praha.

- Mooney, H. A., Godron, M., eds. 1983. *Disturbance and ecosystems. Components of response*. Berlin – New York: Springer.
- Mooney, H. A., Medina, E., Schindler, D. W., Schulze, E.-D., Walker, B. H., eds. 1991. *Ecosystem experiments*. Chichester: SCOPE 45 – John Wiley & Sons.
- Moravec, J., Neuhäusl, R., Blažková, D., Husová, M., Kolbek, J., Krahulec, F., Neuhäuslová-Novotná, Z. 1991. *Přirozená vegetace území hlavního města Prahy a její rekonstrukční mapa*. Praha: Academia.
- Moriarty, F. 1990. *Ecotoxicology. The study of pollutants in ecosystems*. London: Academic Press.
- Mueller-Dombois, D., Ellenberg, H. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. New York: Wiley.
- Naess, A. (1989): *Ecology, community and lifestyle*. New York: Cambridge Univ. Press.
- Naiman, R. J., Bilby, R. E. 1998. *River Ecology and Management*. New York: Springer.
- Naveh, Z. 1987. Biocybernetic and thermodynamic perspectives of landscape functions and land use pattern. *Landscape Ecology* 1: 75–83.
- Naveh, Z., Lieberman, A. I. 1984: *Landscape ecology. Theory and application*. New York: Springer.
- Neuhäuslová, Z. et al. 1998. *Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky*. Praha: Akademie věd České republiky, Botanický ústav.
- Odum, H. T., Odum, E. C. 1976. *Energy basis for man and nature*. New York: McGraw-Hill.
- Odum, E. P. 1977: *Základy ekologie*. Praha: Academia.
- O'Neill, R. V. et al. 1986. *A hierarchical concepts of ecosystems*. Princeton: Princeton Univ. Press.
- Osbornová, J. et al., eds. 1990. *Succession in abandoned fields*. Dordrecht – Boston: Kluwer Academic.
- Pauknerová, E. 1991. *Ochrana krajiny a geografické informační systémy*. Praha: ČÚOP.
- Pearson, C. J., Ison, R. L. 1997. *Agronomy of grassland system*. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Pickett, S. T. A., White, P. S., eds. 1985. *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Orlando: Academic Press.
- Prach, K. 1985. Sukcese – jeden z ústředních pojmů ekologie. *Biol. listy* 50: 205–217.
- Prach, K. 1987. Succession of vegetation on dump from strip coal mining, N. W. Bohemia, Czechoslovakia. *Folia Geobot. Phytotax.* 22: 339–354.
- Primack, R. B., Kindlmann, P., Jersáková, J. 2001. *Biologické principy ochrany přírody*. Praha: Portál.
- Pulliam, H. R. 1988. Sources, sinks, and population regulation. *American Naturalist* 132: 652–661.
- Purkyně, J. E. 2010. *Útržky ze zápisníku zemřelého přírodovědce*. (Překlad z německého originálu, 1850). Praha: Academia.
- Richerson, P. J., McEvoy III., J., eds. 1976. *Human ecology. An environmental approach*. North Scituate: Duxbury Press.
- Risser, P. G., Karr, J. R., Forman, R. T. T. 1984. *Landscape ecology: Directions and approaches*. Special Publication No. 2, Uillinois Natural History Survey, Champaign, Illinois, USA.

- Ruddiman, W. F. 2003. *The anthropogenic greenhouse era began thousands of years ago. Climatic Change* 61: 261–293.
- Sanderson, J., Harris, L. D., eds. 2000. *Landscape ecology. A top-down approach*. Boca Raton: Lewis Publishers.
- Shannon, C. E. 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal* 27: 379–423, 623–656.
- Shannon, C. E., Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. Urbana: Univ. of Illinois Press.
- Sheldon, A. L. 1969. Equitability indices: dependence on the species count. *Ecology* 50: 466–467.
- Schwickerath, M. 1954. *Die Landschaft und ihre Wandlung auf geobotanischer Grundlage entwickelt und erläutert im Bereich des Messtischblattes Stolberg*. Aachen: R. Georgi.
- Simonds, J. O. 1983. *Landscape architecture. A manual of site planning and design*. New York: McGraw-Hill.
- Simpson, E. H. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163: 688.
- Slepička, A. 1981. *Venkov a/nebo město: Lidé, sídla, krajina*. Praha: Svoboda.
- Sočava, V. B. 1978. *Vveděníje v učeníje o geosistémach*. Nauka. Novosibirsk.
- Spellerberg, I. F. 1991. *Monitoring ecological change*. Cambridge – New York: Cambridge Univ. Press.
- Stearns, F. W., Montag, R., eds. 1974. *The urban ecosystem: A holistic approach*. Stroudsburg: Dowden, Hutchinson & Ross.
- Swain, P. H., Davis, S. M., eds. 1978. *Remote sensing. The quantitative approach*. London – New York: McGraw-Hill.
- Troll, C. 1971. Landscape ecology (geo-ecology) and bio-cenology – a terminology study. *Geoforum* 8: 43–46.
- Turner, M. G. 1989. Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual Review of Ecological Systems* 20: 171–197.
- Turner, M. G., Gardner, R. H., O'Neill, R. V. 2001. *Landscape ecology in theory and practice. Pattern and process*. New York: Springer.
- Tüxen, R. 1956. Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung. *Angew. Pfl.-Soziol., Stolzenau/Weser*, 13: 5–42.
- UN Brundtlands Commission 1987. *Our common future*. New York.
- Van Andel, J., Aronson, J., eds. 2006. *Restoration ecology*. Carlton: Blackwell Publishing.
- Veech, J. A., Summerville, K. S., Crist, T. O., Gering, J. C. 2002. The additive partitioning of diversity: recent revival of an old idea. *Oikos* 99: 3–9.
- Veen, P., Jefferson, R., de Smidt, J., van der Straaten, J., eds. 2009. *Grasslands in Europe of high nature value*. Zeits: KNNV Publishing.
- Wathern, P., ed. 1988. *Environmental impact assessment. Theory and practice*. London – Boston: Unwin Hyman.
- Weber, E. 1982. *Air Pollution: Assessment Methodology and Modeling*. Report of the NATO/CCMS Pilot Study on Air Pollution: Assessment Methodology and Modeling. New York: Plenum Press.

- Whittaker, R. H. 1956. Vegetation of the Great Smoky Mountains. *Ecological Monographs* 26: 1-80.
- Whittaker, R. H. 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs* 30: 279-338.
- Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21: 213-251.
- Whittaker, R. H. 1975. *Communities and ecosystems*. 2nd ed. New York: Macmillan.
- Wiens, J. A., Crawford, C. S., Gosz, J. R. 1985. Boundary dynamics: a conceptual framework for studying landscape ecosystems. *Oikos* 45: 421-427.
- Wiens, J. A., Milne, B. T. 1989. Scaling of landscape in landscape ecology, or landscape ecology from a beetle's perspective. *Landscape Ecology* 3: 87-96.
- Wiens, J. A., Crist, T. O., With, K. A., Milne B. T. 1995. Fractal patterns of insect movement in microlandscape mosaics. *Ecology* 76: 663-666.
- Will, G., Stumvoll, R., Gotie, R., Smith, E. 1982. *The ecological zones of northern New York*. New York Fish and Game Journal 29: 1-25.
- Wu, J., Hobbs, R. J. 2007. *Key Topics in Landscape Ecology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Zonneveld, I. S. 1995. *Land ecology*. Amsterdam: SPB Academic Publishing.

Pavel Kovář

EKOSYSTÉMOVÁ A KRAJINNÁ EKOLOGIE

Vydala Univerzita Karlova v Praze

Nakladatelství Karolinum

Ovocný trh 3–5, 116 36 Praha 1

<http://cupress.cuni.cz>

Praha 2014

Prorektor-editor prof. PhDr. Ing. Jan Royt, Ph.D.

Redaktor publikace Jan Havlíček

Grafická úprava Jan Šerých

Ilustrace Polina Kazakova

Sazba DTP Nakladatelství Karolinum

Vytiskla tiskárna Nakladatelství Karolinum

Vydání třetí

ISBN 978-80-246-2788-5

ISBN 978-80-246-2805-9 (pdf)