

Vegetační zóny u kyselé dystrofni nádrže: 1-dno, mech srpnatka, 2-hvězdoš háčkatý, 3-mířík *Apium inundatum*, 4-sítina cibulkatá, 5-bahnička mokřadni, 6-pobřežnice jednokvětá, 7-pryskyřník plamének, 8-ostřice obecná, 9-smilka tuhá, 10-rašeliniště s vřesem a borůvkou, 11-rašeliniště s šichou

Tab. 1 Charakteristika základních typů vod podle obsahu živin

Typ vod	Barva	Průzračnost	pH	Půdní typ	Typ břehu	Rozšíření ve střední Evropě
oligotrofičké, bohaté vápníkem	modrá, zelená	velmi čirá	>7,5	vápnitá gytja	většinou strmý	vápencové hory, úpatí
eutrofičké	špinavě šedá, modrozelená	více nebo méně zakalená	≥7	sapropel, gytja	mělký	morénové areály a jiná místa
oligotrofičké, chudé vápníkem	zelenavá, hnědá	čirá	> 4,5 <7	gytja, protopedon	většinou strmý	silikátové hory, písčité oblasti
dystrofičké	žlutavá až tmavě hnědá	velmi zakalená	<5	dy, dygytja, rašelina	mělký	vrchoviště, okrsky s kyselým humusem

Vysvětlivky: sapropel (hnilokal) – páchnoucí bahno, vzniká rozkladem planktonu za nepřístupu kyslíku; gytja – půda obsahující organickou složku výměšků organismů, oživená červy apod.; protopedon – surová ponořená půda, čisté sedimenty, nepatrně oživené; dy, dygytja – půda kyselá, hnědá, neoživená, s vysokým obsahem huminových kyselin. Ve všech případech jde o málo vyvinuté půdy jen s 2 horizonty (A/C)

-*Magnocaricetea*) jako jsou rákos obecný, orobince, skřípínek jezerní, ostřice štíhlá a mnoho druhů příbuzných. Spolu se zvedáním pobřeží pak nastupují společenstva přechodná k porostům lučního typu. Zejména nízkostébelné ostřicové porosty (třída *Scheuchzerio-Caricetea fuscae*), ať už v kyselé (s ostřicí obecnou) nebo v bazičtější řadě (s ostřicí Dávallovou).

Je důležité si uvědomit, že vody z naší krajiny ubylo a ubývá, s mizením lesů, přeměnou půdy na pole, napřimováním a „kanalizací“ řek. Ekosystémy, o nichž náš díl pojednává, jsou neméně pestré než ekosystémy čistě suchozemské, ne-li pestřejší (pomiňme na chvíli fakt, že z toků pro znečištění a přehradu zmizely charakteristické druhy ryb a z mnoha mokřadů byli chemizací nebo rušením vytlačeni ptáci a obojživelníci). O vododržné a stabilizující funkci těchto ekosystémů v krajině dnes nemusíme přesvědčovat ani tak veřejnost jako spíš dychtivé investory vybavené odpočívající technikou z minulých časů gigantománie.

## Praktická ekologie – případová studie V.

### Testování rozdílu druhové diverzity v živých plotech

Živé ploty (liniové porosty, okraje) jsou důležitým rezervoárem planých rostlin v zemědělské krajině většiny západoevropských zemí. Představují důležitý biotop jak pro flóru, tak faunu – zvláště pro ptáky a drobné savce. Zejména pokud je souběžně s plotem veden kanál zvlhčující prostředí, biodiverzita narůstá. Stanovištní variabilita na průřezu touto linií je podobná jako na okraji lesa. Zmíněný fenomén vedl Eltona a Millera (1954) k tomu, že pro něj vymysleli název: „stanoviště okrajů“. Používání biocidů v zemědělství způsobuje snižování druhového bohatství v oblastech s ornou půdou a scelování honů navíc odstraňuje živé ploty z krajiny. Kromě toho jsou další faktory

ovlivňující biodiverzitu: druh a věk dřevin (bylin) tvořících živý plot, místní půdní podmínky, způsob ošetřování plotu a zemědělské technologie. Ve světle těchto informací můžeme testovat vzorky živých plotů ze dvou oblastí, kde např. v jedné převažují pastviny a louky a v druhé pole.

### Statistická formulace problému

Pozorování naznačuje, že v oblasti, kde se farmaří se skotem (bez užívání herbicidů) a kde je hustší síť zachovalých živých plotů, bude druhová diverzita cévnatých rostlin na jednotku délky plotu patrně vyšší než v oblasti s ornou půdou. Zajímáme se proto, zda získané údaje poskytnou důkaz ve prospěch tohoto modelu proti nulové hypotéze (viz Živa 1/1993, Ekol. metodika).

Nulová hypotéza ( $H_0$ ): Počet druhů rostlin v živých plotech v oblasti (1) se významně neliší od počtu rostlinných druhů v oblasti (2).

Alternativní přímá hypotéza ( $H_1$ ): Počet druhů rostlin v živých plotech oblasti (1) je významně vyšší než v oblasti (2).

Data pro test hypotézy byla získána ze vzorků 15 živých plotů o délce vždy 32 m v oblasti (1) a 13 stejných délek plotů v oblasti (2). U každého jednotlivého úseku byl zjištěn celkový počet druhů (tab. 2). K testování hypotézy  $H_1$  bylo použito Mann-Whitneyova U-testu pro nezávislé vzorky.

### Výpočet

Podle stoupajícího počtu druhů jsou vzorkům (bez ohledu na to, z které oblasti pocházejí) přiřazena odpovídající pořadová čísla. Pokud se některé stejné hodnoty (počty druhů) vyskytnou vícekrát, přiřadí se jim opakovaně průměr z normálního pořadí (viz tab. 2). Např. počet 14 druhů byl zaznamenán celkem 3x; to odpovídá 4., 5. a 6. místu v řadě; výpočet průměru:

$$(4 + 5 + 6) : 3 = 5.$$

Proto všem 3 vzorkům se 14 druhy rostlin přidělíme hodnotu pořadí 5.

Hodnoty pořadí pro každou řadu vzorků jsou pak odděleně sečteny ( $\Sigma r_1$  a  $\Sigma r_2$ ). Tyto hodnoty jsou použity ve vzorcích pro výpočet hodnot  $U_1$  a  $U_2$ :

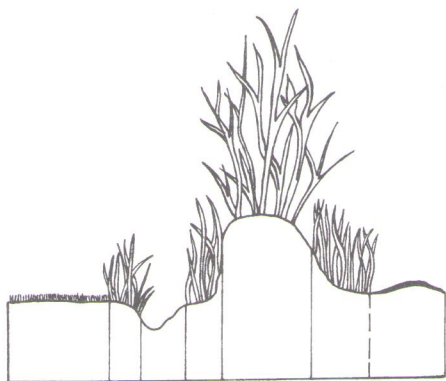
$$U_1 = n_1 n_2 + [n_1(n_1 + 1) / 2] - \Sigma r_1$$

$$U_2 = n_1 n_2 + [n_2(n_2 + 1) / 2] - \Sigma r_2$$

kde  $n_1$  je počet vzorků v oblasti (1) a  $n_2$  je počet vzorků v oblasti (2). Nižší z výsledných dvou hodnot je použita k posouzení významnosti rozdílu mezi oběma soubory vzorků. Zde je to hodnota 19, kterou užijeme k odečtu hladiny významnosti pro danou velikost datového souboru z tabulky signifikance (významnosti) pro Mann-Whitneyův U-test (tabulka zde není otiskována pro nedostatek místa). Důležitým rysem tohoto testu je, že čím větší je rozdíl mezi dvěma soubory vzorků, tím nižší bude hodnota  $U_1$  nebo  $U_2$ . Proto, když je vypočítaná hodnota nižší než kritická hodnota v tabulce, je opuštěna nulová hypotéza ( $H_0$ ) na dané hladině významnosti. Pokud je spočítána hod-

nota větší než kritická, nulová hypotéza se akceptuje. Na hladině významnosti 0,05 při  $n_1=13$  a  $n_2=15$  je kritická hodnota v tabulce 61. Vypočtená hodnota 19 je mnohem menší, a proto je nulová hypotéza ( $H_0$ ) zavržena a přijata hypotéza ( $H_2$ ), že v oblasti (1) je významně vyšší počet rostlinných druhů v živých plotech než v oblasti (2).

Interpretace: přestože známe mnoho odlišných faktorů, které mohly způsobit rozdíl v druhové diverzitě živých plotů obou oblastí (hospodaření, substrát, stáří atd.), skutečný důvod nám pozorované rozdíly nedovolují odhadnout. To je důležitý bod, jímž uzavřeme případ. Vytyčení daných hypotéz a užití statistické analýzy bylo pouze prostředkem k adekvátnímu závěru. Nicméně, výsledky si vynucují další hypotézy a nové myšlenky, na nichž lze vystavět pokračování projektu.



Schematický průřez živým plotem: 1-hlavní linie plotu (keře), 2-pás vysokých trav, 3-příkop (vodoteč), 4-louka nebo pastvina, 5-pole

Tab. 2: Analýza počtu cévnatých rostlin v živých plotech v oblastech (1) a (2) pomocí Mann-Whitneyova U-testu

Počet druhů v oblasti		Hodnota pořadí vzorků v oblasti	
(1)	(2)	(1)	(2)
28	14	26	5
27	20	25	13,5
33	16	28	8,5
23	13	20	2,5
24	18	23	11
17	21	10	16
25	23	24	20
23	20	20	13,5
31	14	27	5
23	20	20	13,5
23	20	20	13,5
22	14	17	5
15	11	7	1
	16		8,5
	13		2,5

$$n_1 = 13 \quad n_2 = 15 \quad \sum r_1 = 267 \quad \sum r_2 = 139$$

$$U_1 = (13 \times 15) + [13(13+1) / 2] - 267 = 19$$

$$U_2 = (13 \times 15) + [15(15+1) / 2] - 139 = 176$$

$$U_1 = (\text{nižší hodnota}) = 19$$

## Ekologická metodika V.

### Modelování v ekologii

Někdy potřebujeme vytvořit systém, který by svými vlastnostmi odpovídal skutečnému systému v přírodě, s nímž nemůžeme experimentovat pro náročnost práce, jedinečnost nebo proměnlivost materiálu. Takový systém nazveme model a proces jeho tvorby modelování. Model může být buď reálný nebo abstraktní. V procesu abstrakce postupujeme od verbálních (slovních) modelů ke grafické formě (diagramy, schémata), která poslouží v poslední fázi k formulaci matematického modelu.

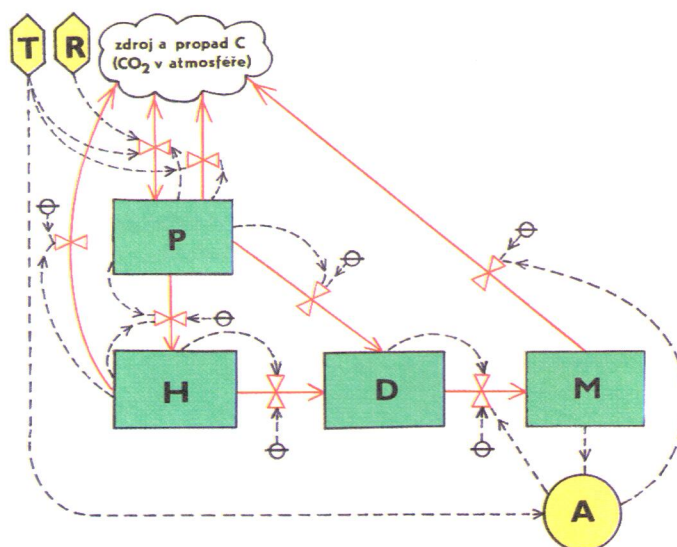
Zjednodušený příklad: Chceme modelovat tok energie ekosystémem pomocí chování uhlíku. Nejprve slovně popíšeme složky procesu ( $CO_2$  ve vzduchu pokládáme pro účely modelu za zdroj a propad uhlíku). Velikost asimilace  $CO_2$  ze vzduchu je přímo úměrná velikosti biomasy rostlin a závisí na teplotě prostředí a světelném záření. Dýcháním vyprodukované množství  $CO_2$  závisí na teplotě a zároveň s produkcí detritu je úměrné biomase.

Býložravci konzumují biomasu rostlin v množství úměrném své vlastní biomase a ve stejné úměře zároveň dýchají a produkují detritus. Ten je spotřebováván

detritofágy. Množství spotřebovaného detritu je přímo úměrné jeho celkovému množství a aktivitě detritofágů stejně jako množství  $CO_2$  jimi vyprodukované. Aktivita detritofágů roste s jejich množstvím a s teplotou.

Stav systému bude charakterizován čtyřmi stavovými proměnnými, které budou vyjadřovat obsah organického uhlíku (na  $m^2$ ) ve složkách ekosystému (ve složce primárních producentů, herbivorů, detritu, detritofágů). Pomocnou proměnnou bude aktivita detritofágů a řídicími proměnnými budou teplota a intenzita světelného záření. Slovní popis, respektive model nyní můžeme převést do grafického modelu diagramu (viz obr. níže), na jehož základě lze sestavit matematický model zapsáním rovnic pro všechny proměnné (pro které zvolíme písmena). Tuto poslední fázi zde pro nedostatek místa pouze konstatujeme, ale nebudeme již provádět. Nalezneme řešení modelu, kterým bude průběh hodnot stavových (popř. pomocné) proměnných v čase.

Tento velmi zjednodušeně vyjádřený případ není jediným způsobem konstrukce modelů a užití matematických postupů závisí na tom co chceme modelovat. Co do přesnosti a věrnosti se liší modely teoretické ekologie a modely experimentální a aplikované ekologie. V jiném dělení mluvíme o modelech statistických a dynamických, dále o simulacích a analytických. Modelovat můžeme růst populace, konkurenci, kořisti nebo sukcesí. K řešení praktickým je však ještě dlouhá cesta vedoucí přes důkladné studium.



Grafický model cyklu uhlíku v ekosystému. Zelené obdélníky – stavové proměnné: P – obsah organického uhlíku v primárních producentech H – v herbivorech, D – v detritu, M – v tělech detritofágů. A – pomocná proměnná (aktivita detritofágů), T, R – řídicí proměnné (teplota a intenzita světelného záření). Červené plné šipky – toky hmoty a energie, mašličky na šipkách – bradla řídicí toky, čárkované šipky – toky informací (ovlivňují stavové proměnné prostřednictvím hradel na tocích), obláček – zdroj a propad uhlíku. Kroužky přeškrtnuté vodorovnou čarou – parametry ovlivňující nastavení hradel. Všechny kresby E. Listíková