

ANALÝZA VLASTNOSTÍ INDEXOV DRUHOVEJ BOHATOSTI A VYROVNANOSTI

Ján M E R G A N I Č

Merganič, J.: Analýza vlastností indexov druhovej bohatosti a vyrovnanosti. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLIII, 2001, s. 231–243.

Vo väčšine ekologických prác autori používajú pri posudzovaní biologickej diverzity indexy biodiverzity. Voľba vhodného indexu biodiverzity vyžaduje znalosti o jeho vlastnostiach. V predkladanej práci je predmetom analýzy skupina najčastejšie uvádzaných indexov druhovej bohatosti a druhovej vyrovnanosti, z ktorých sme vybrali nasledujúcich osem indexov: N_0 , R_1 , R_2 , E_1 – E_5 . V prípade, že biologickú diverzitu hodnotíme na podklade indexu z niektorej z uvedených skupín odporúčame použiť indexy R_2 (Menhinick 1964), E_5 (Hill 1973), E_1 (Pielou 1975, 77) alebo E_3 (Heip 1974).

Kľúčové slová: indexy biodiverzity, indexy druhovej bohatosti, indexy druhovej vyrovnanosti

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Veľmi frekventovaným pojmom na prelome milénia sa stáva pojem biodiverzita – pojem označujúci rozmanitosť (variabilitu) všetkých živých organizmov ako aj ich životného prostredia. Snahy o zachovanie biodiverzity patria medzi hlavné úlohy ekologických programov takmer všetkých štátov planéty. Vláda Slovenskej republiky schválila 1.4.1997 ako odpoveď na ustanovenia článku 6 Dohovoru o biologickej diverzite „Národnú stratégiu ochrany biodiverzity na Slovensku“, ktorá sa stala principiálnym dokumentom pre implementáciu Dohovoru na území Slovenska. Realizácia stratégie na základe vládou Slovenskej republiky schválených akčných plánov zaviazala rezort lesné hospodárstvo, ktorého sa táto problematika bytostne dotýka, k naplneniu prijatých uznesení. Táto ekologizácia v lesníctve speje ku potrebe skúmať, zisťovať a monitorovať aj zložky, ktoré sú v blízkom prepojení na biodiverzitu, čo vedie k snahe zabudovať ich do rôznych aplikačných programov. V súčasnosti má táto oblasť zväčša iba popisný charakter a bližšia snaha o objektívnejšiu kvantifikáciu chýba.

Hodnotenie biodiverzity lesného ekosystému sa v prevažnej miere zameriava na vyššie rastliny. Existuje veľké množstvo spôsobov, ktorými je možné biodiverzitu hodnotiť, ale v podstate každý z nich je založený minimálne na jednom z troch nasledujúcich znakov (Bruciamacchie 1996), a to na:

- druhovej bohatosti, ako na najstaršom a najjednoduchšom poňatí druhovej diverzity vyjadrenej iba na základe počtu druhov;

- druhovej vyrovnanosti, ako mieri rovnomernosti zastúpenia jednotlivých druhov v spoločenstve a
- druhovej heterogenite, ako charakteristike zahŕňajúcej v sebe druhovú bohatosť a vyrovnanosť v jednom.

Na meranie druhovej diverzity bolo navrhnutých veľmi veľa spôsobov, ale medzi najpopulárnejšie a najčastejšie používané metódy sa radia indexy biodiverzity. Počas ich historického vývoja sa postupne vyšpecifikovali tri samostatné skupiny, t. j. indexy druhovej bohatosti, indexy druhovej vyrovnanosti a indexy druhovej diverzity. Do prieskumu, ktorý zahŕňa matematický popis a stručnú charakteristiku, sme vybrali tie indexy, ktoré väčšina autorov (sumarizované v Ludwig & Reynolds 1988, Krebs 1989) považuje za vhodné na číselné vyjadrenie diverzity skúmaných populácií.

2. MATERIÁL A METÓDY

Empirický materiál pre rozbor správania sa vybraných indexov druhovej bohatosti a vyrovnanosti, sme získali simuláciou na počítači. Do prieskumu sme vybrali tri indexy druhovej bohatosti a päť indexov druhovej vyrovnanosti. Vybrané indexy biodiverzity sme podrobili analýze citlivosti ich reakcie na zmenu v početnosti jedincov (pri indexoch druhovej bohatosti) resp. citlivosti ich reakcie na zmenu v zastúpení druhov (indexy druhovej vyrovnanosti), ako aj ich reakcii na druhové zloženie.

2.1 Indexy druhovej bohatosti

Indexy druhovej bohatosti sú založené na tom, že diverzitu skúmaného spoločenstva vyjadrujú iba na základe počtu druhov alebo počtu druhov daného do pomeru k veľkosti spoločenstva. Matematická formulácia vybraných indexov je nasledovná:

$$N_0 = S \quad \text{(Hill 1973)} \quad [1]$$

$$R1 = (S-1)/\ln(M) \quad \text{(Margalef 1958)} \quad [2]$$

$$R2 = S/\sqrt{M} \quad \text{(Menhinick 1964)} \quad [3]$$

kde: S – počet druhov
 M – počet jedincov

Reakciu indexov ($R1$, $R2$) na zmenu v početnosti jedincov sme posudzovali dvojakým spôsobom ako:

- relatívnu celkovú zmenu hodnoty indexu ($\Delta_1\%$) voči jeho maximálnej hodnote

$$\Delta_1\% = \frac{R1_M}{R1_{MAX}} \cdot 100 \quad \text{resp.} \quad \Delta_1\% = \frac{R2_M}{R2_{MAX}} \cdot 100 \quad [4]$$

- relatívnu okamžikóvú zmenu ($\Delta_2\%$), t. j. zmenu spôsobenú pridaním jedného jedinca

$$\Delta_2\% = \frac{R1_{M+1}}{R1_M} \cdot 100 \text{ resp. } \Delta_2\% = \frac{R2_{M+1}}{R2_M} \cdot 100 \quad [5]$$

2.2 Indexy druhovej vyrovnanosti

Mnoho desaťročí si ekológovia uvedomujú, že väčšina rastlinných a živočíšnych spoločenstiev sa skladá z niekoľkých dominantných druhov a z veľkého počtu druhov, ktoré sú málo zastúpené, čo vytvára medzi nimi určitý pomer, resp. nepomer. Táto miera vyrovnanosti zastúpenia jednotlivých druhov sa vyjadruje jedným číslom – indexom vyrovnanosti. Ako prvý navrhli tento koncept Lloyd & Ghelardi (1964). Pri úplne vyrovnanom zastúpení druhov v populácii sa indexy vyrovnanosti rovnajú maximálnej hodnote 1.0.

Indexy vyrovnanosti je možné kvantifikovať dvojakým spôsobom:

1. ako pomer skutočnej diverzity D k maximálnej možnej diverzite D_{MAX} t. j.

$$\text{vyrovnanosť} = \frac{D}{D_{MAX}} \text{ alebo} \quad [6]$$

1. ako pomer rozdielu skutočnej diverzity D a minimálnej diverzity D_{MIN} k variačnému rozpätiu diverzity t. j.

$$\text{vyrovnanosť} = \frac{D - D_{MIN}}{D_{MAX} - D_{MIN}} \quad [7]$$

Vo väčšine ekologických prác sa najčastejšie používa výpočet vyrovnanosti podľa vzťahu [6]. Z veľkého množstva indexov, ktoré boli navrhnuté sme vybrali nasledovných päť indexov vyrovnanosti:

$$E1 = H'/\ln(S) = \ln(N_1)/\ln(N_0) \quad (\text{Pielou 1975, 77}) \quad [8]$$

$$E2 = e^{H'}/S = N_1/N_0 \quad (\text{Sheldon 1969}) \quad [9]$$

$$E3 = (e^{H'} - 1)/(S - 1) = (N_1 - 1)/(N_0 - 1) \quad (\text{Heip 1974}) \quad [10]$$

$$E4 = (1/\lambda)/e^{H'} = N_2/N_1 \quad (\text{Hill 1973}) \quad [11]$$

$$E5 = ((1/\lambda) - 1)/(e^{H'} - 1) = (N_2 - 1)/(N_1 - 1) \quad (\text{Hill 1973}) \quad [12]$$

kde: H' – Shannonov index druhovej diverzity $H' = -\sum_{i=1}^S p_i \cdot \ln(p_i)$ pričom $[13]$

$$p_i = \frac{M_i}{M} \quad (\text{Shannon \& Weaver 1949})$$

$$\lambda - \text{Simpsonov index druhovej diverzity } \lambda = \sum_{i=1}^S p_i^2 \quad (\text{Simpson 1949}) \quad [14]$$

p_i – je pravdepodobnosť výskytu i – teho druhu v spoločenstve

$$N_1 - \text{Hillov index druhovej diverzity } N_1 = e^{H'} \quad (\text{Hill 1973}) \quad [15]$$

$$N_2 - \text{Hillov index druhovej diverzity } N_2 = 1 / \lambda \quad (\text{Hill 1973}) \quad [16]$$

Už sme čiastočne spomenuli, že vo väčšine spoločností môžeme vylišiť jeden, prípadne viac dominantnejších druhov a niekoľko málo zastúpených druhov. V takýchto druhovo bohatších spoločnostiach ide už o viacdimenzionálny priestor vzájomných závislostí, preto sme kvôli jednoduchosti v nasledujúcich analýzach dali všetky indexy druhovej vyrovnanosti do funkčného vzťahu k sumárnemu zastúpeniu vedľajších druhov, ako k jednému z dvoch jednoznačne určiteľných pólov (zastúpenie dominantného – hlavného druhu versus sumárne zastúpenie ostatných druhov). Hlavným druhom sa rozumie druh, ktorý má najväčšie zastúpenie z celkového množstva vyskytujúcich sa druhov (napr. v spoločnosti zloženom z 3 druhov je druh A = 35 % – hlavným druhom a druhy B = 33 % a C = 32 % sú vedľajšie. Suma zastúpenia vedľajších druhov je 65 %).

Obdobne ako pri indexoch druhovej bohatosti sme analyzovali citlivosť reakcie indexov druhovej vyrovnanosti na zmeny spôsobené zastúpením druhov nasledovne, t.j. ako:

- relatívnu celkovú zmenu indexu ($\Delta_1\%$) voči hodnote pri úplne vyrovnanom zastúpení druhov;
- relatívnu okamžitú zmenu ($\Delta_2\%$) – reakcia indexu na zmenu v sumárnom zastúpení vedľajších druhov o 0.5 %.

$$\Delta_1\% = \frac{(ID_i - ID_{MAX})}{ID_{MAX}} \cdot 100 \quad [17]$$

$$\Delta_2\% = \frac{(ID_{\Sigma ZAS_i + 0.005} - ID_{\Sigma ZAS_i})}{ID_{\Sigma ZAS_i}} \cdot 100 \quad [18]$$

kde: ID – index druhovej vyrovnanosti (E1 – E5)
 ΣZAS_i – i -ta hodnota sumárneho zastúpenia vedľajších druhov

3. VÝSLEDKY A DISKUSIA

3.1 Indexy druhovej bohatosti a ich reakcia na počet druhov a počet jedincov

Diverzita hodnoteného spoločnosti na podklade indexov druhovej bohatosti je tým väčšia, čím viac druhov sa v danom spoločnosti nachádza. Použitie druhov (S) ako indexu N_0 (Hill 1973) je limitované čiastočnými obmedzeniami. Pri hodnotení diverzity veľkých populácií sa nevyhneme použitiu výberových metód, čo znamená, že diverzitu spoločnosti hodnotíme na základe niekoľkých výberových vzoriek. A práve veľkosť výberovej vzorky ovplyvňuje index N_0 , pretože sa predpokladá, že čím väčšia vzorka, tým väčší počet druhov. Názornú interpretáciu tejto vlastnosti vysvetľujeme na obrázku 1.

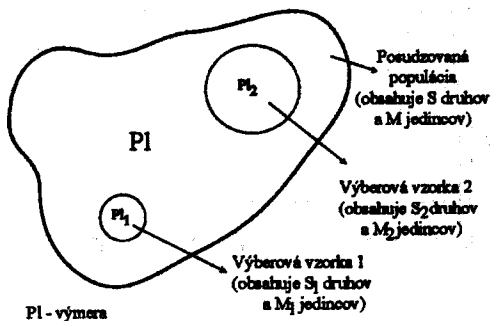
Z obrázku 1 z čisto teoretického hľadiska vyplýva, že $S_1 < S_2 < S$ resp. $M_1 < M_2 < M$. V skutočnosti môžu nastať prípady, kedy táto teoretická hypotéza neplatí a na menšej výberovej ploche zachytíme väčší počet druhov ako na ploche väčšej. Avšak pri aplikácii väčšieho množstva opakovaných výberových meraní, môžeme predpokladať, že zo zväčšovaním výberovej vzorky bude rásť aj počet zachytených druhov. Keďže so zväčšovaním veľkosti výberovej vzorky sa zväčšuje aj počet druhov, túto nerovnosť môžeme upraviť do nasledovného tvaru:

$$S_1 \cdot \text{konštanta} = S_2 \text{ a } S_2 \cdot \text{konštanta} = S \quad [19]$$

Jednoznačnosť týchto vzťahov je však narušená tým, že rozmiestnenie druhov ako aj jedincov po ploche populácie nie je rovnomerné. Z tohto dôvodu neexistuje funkčný vzťah medzi veľkosťou výberovej vzorky a počtom druhov. Ak by to tak bolo, bol by porušený základný princíp biologickej prirodzenosti a jedinečnosti živých sústav. Táto vlastnosť v podstate ovplyvňuje všetky indexy biodiverzity, ide už iba o to, do akej miery sa prejaví nehomogenita rozloženia druhov a jedincov po ploche populácie na hodnotách jednotlivých indexov.

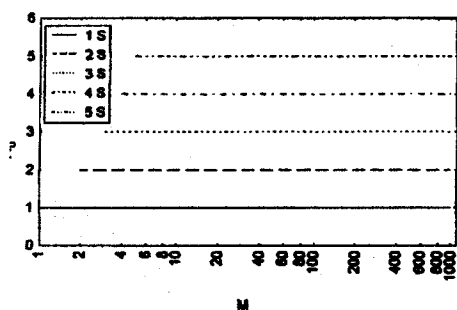
Index N_0 , ako uvádza Yapp (1979), závisí aj na dĺžke času, počas ktorého prebieha skúmanie spoločenstva. Napr. počet druhov v bylinnej synúzii v lesných fytocenózach sa počas roka mení. Ak je výskum určitého spoločenstva natoľko časovo náročný, že prelína viacero takýchto periód, môže nastať chyba v hodnotení biodiverzity. V takýchto prípadoch je preto potrebné výskum zamerať a rozplánovať tak, aby bol z časového hľadiska čo najrýchlejší zvláduteľný.

Z ďalších indexov, ktoré kvantifikujú druhovú bohatosť a z historického hľadiska patria k najznámejším, sú indexy $R1$ a $R2$. Autori, ktorí tieto indexy zaviedli, sa snažili zohľadniť vplyv veľkosti výberovej vzorky tak, že „relativizovali“ počet druhov k veľkosti populácie. O tomto kroku je tiež možné polemizovať, pretože ak je naším cieľom určiť druhovú bohatosť, teda počet druhov, je jedno, či je druh tvorený 5 alebo 10 jedincami. Na druhej strane je z pohľadu odolávania vplyvu vonkajších faktorov veľkosť populácie dôležitá, pretože je rozdiel, či jeden jedinec určitého druhu odumrie v spoločenstve, v ktorom je daný druh tvorený dvoma jedincami alebo v spoločenstve s 1000 jedincami tohto druhu. V prvom prípade zostane v spoločenstve už iba jeden jedinec zastupujúci daný druh a populácia je v podstate na pokraji druhovej straty.



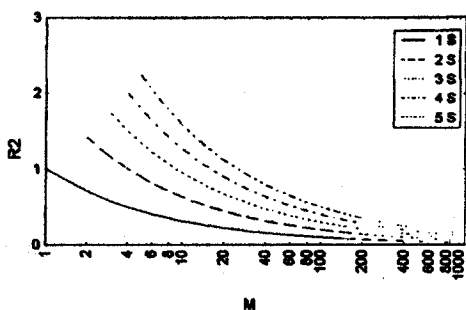
Obr. 1 Závislosť počtu druhov S od veľkosti výberovej vzorky

Fig. 1 Relation of number of species S to sample size



Obr. 2 Závislosť indexu N_0 od počtu jedincov (M) a počtu druhov (S)

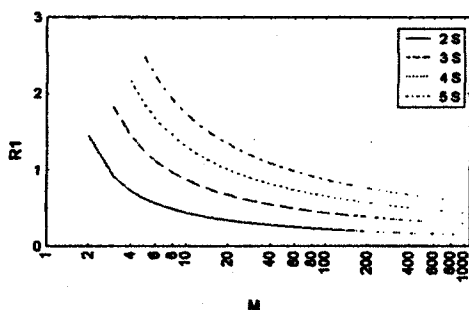
Fig. 2 Relation of index N_0 to number of individuals (M) and number of species (S)



Obr. 4 Závislosť indexu R_2 od počtu jedincov (M) a počtu druhov (S)

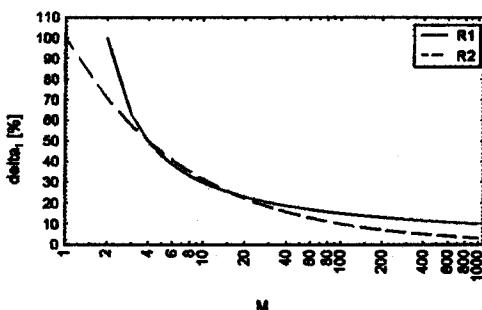
Fig. 4 Relation of index R_2 to number of individuals (M) and number of species (S)

Na obrázkoch 2 až 4 uvádzame priebeh hodnôt indexov N_0 , R_1 a R_2 v závislosti od počtu jedincov M a počtu druhov S . Index N_0 je stály, počet jedincov v populácii ho neovplyvňuje. Naproti tomu hodnoty indexov R_1 a R_2 klesajú s narastajúcim počtom jedincov. Pri indexe R_1 je tento pokles výraznejšie strmší ako pri indexe R_2 , ale intenzita tohto výrazného poklesu končí skôr ako pri indexe R_2 .



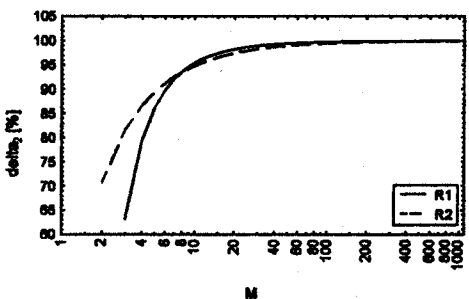
Obr. 3 Závislosť indexu R_1 od počtu jedincov (M) a počtu druhov (S)

Fig. 3 Relation of index R_1 to number of individuals (M) and number of species (S)



Obr. 5 Celková relatívna zmena indexov R_1 a R_2 (M – počet jedincov)

Fig. 5 Overall relative change of indices R_1 and R_2 (M – number of individuals)



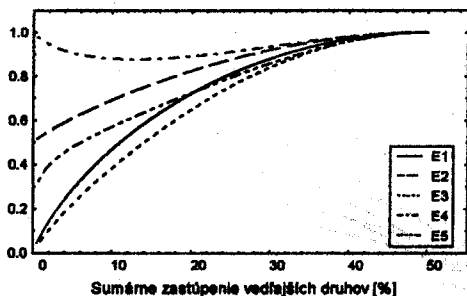
Obr. 6 Okamžiková relatívna zmena indexov R_1 a R_2 (M – počet jedincov)

Fig. 6 Immediate relative change of indices R_1 and R_2 (M – number of individuals)

Ako citlivo reagujú tieto zmeny na zmenu v početnosti jedincov? Na obrázkoch 5 a 6 je znázornený priebeh týchto zmien v závislosti od počtu jedincov. Celková relatívna zmena pri indexe $R1$ sa prejavuje náhlym poklesom, ktorý sa pri cca 20 jedincoch ustáfuje. Pri počte 1000 jedincov hodnota indexu $R1$ dosahuje zhruba 11 % z jeho maximálnej hodnoty. Pri indexe $R2$ je tento pokles vyrovnanejší, pričom je z obrázku zrejmé, že hodnoty indexu $R2$ sa pohybujú v širšom rozpätí (pri 1000 jedincoch dosahuje hodnota indexu $R2$ iba 2 % z jeho maximálnej hodnoty). Pri porovnávaní relatívnej okamžikovej zmeny je situácia obdobná. Index $R1$ reaguje pri malých početnostiach veľmi rýchlo, ale s narastajúcim počtom jedincov sa rozdiely vyrovnávajú.

3.2 Indexy druhovej vyrovnanosti a ich reakcia na zastúpenie a počet druhov

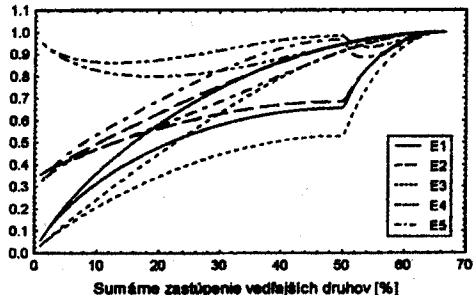
Hodnotenie diverzity spoločenstva indexami vyrovnanosti sa zakladá na rovnomernosti zastúpenia jednotlivých druhov a diverzita je tým väčšia, čím vyrovnanejšie je zastúpenie medzi nimi. Priebeh jednotlivých indexov v závislosti od sumárneho zastúpenia vedľajších druhov v spoločenstve tvorenom dvoma druhmi znázorňuje obrázok 7. V spoločenstvách zložených z viac ako dvoch druhov nastáva určitý matematický problém v tom, že index môže pri určitom sumárnom zastúpení vedľajších druhov dosiahnuť rôzne hodnoty.



Obr. 7 Priebeh indexov $E1 - E5$ pri počte druhov dva
Fig. 7 Behaviour of indices $E1 - E5$ in case of occurrence of two species

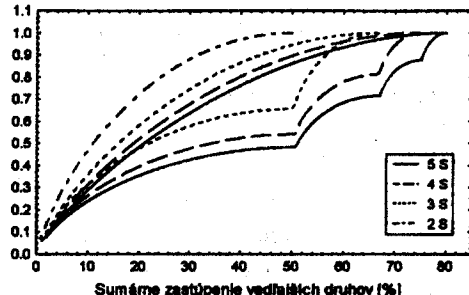
Napr. index $E1$ v spoločenstve zloženom z troch druhov pri sumárnom zastúpení vedľajších druhov 45% (t.j. dominantný druh má zastúpenie 55%) môže dosiahnuť hodnoty, ktoré budú v intervale medzi minimálnou hodnotou (pri najnižšej vyrovnanosti medzi dvoma vedľajšími druhmi, napr. $0.5 + 44.5 = 45\%$) a maximálnou hodnotou (pri úplne vyrovnanom zastúpení vedľajších druhov, t.j. $22.5 + 22.5 = 45\%$). Preto priebeh indexov v druhovo bohatších spoločenstvách je znázorňovaný variačným rozpätím týchto indexov. Ich tvar sa dá prirovnáť k podobe „netopierieho krídla“ (okrem indexov $E4$ a $E5$).

Priebeh variačných rozpätí jednotlivých indexov v závislosti od počtu druhov a sumárneho zastúpenia vedľajších druhov je znázornený na obrázkoch 8–12. Z nich vyplýva, že z matematického hľadiska je najmenej vhodný index $E4$, pretože nadobúda rovnaké hodnoty pri dominancii jedného druhu a takmer vyrovnanom zastúpení druhov. Hodnoty indexov $E1$ a $E3$ sa pohybujú vždy v rozpätí 0 po 1, čo je ich veľká výhoda, pretože v tomto smere nie sú závislé od počtu druhov, čo je jedna z dôležitých podmienok kladených na dobrý index vyrovnanosti (Ludwig & Reynolds 1988). Správanie sa indexu $E2$ naznačuje, že jeho hodnoty sú silne závislé od počtu vyskytujúcich sa druhov a pohybujú sa v rozpätí $1/S$ po 1.0. Tieto poznatky sú čiastočne v rozpore s poznatkami, ku ktorým dospel Peet (1974) a ktorý tvrdí, že indexy $E1$, $E2$ a $E3$ sú silne závislé od počtu druhov. Vplyv počtu druhov pri



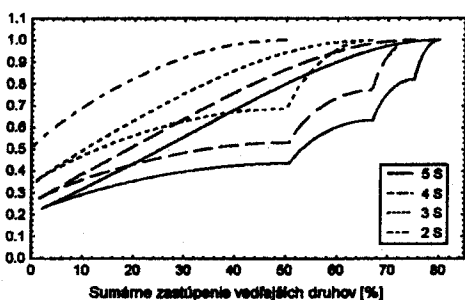
Obr. 8 Priebeh variačných rozpätí indexov $E1 - E5$ pri výskyte troch druhov

Fig. 8 Performance of ranges of distributions for indices $E1 - E5$ in case of occurrence of three species



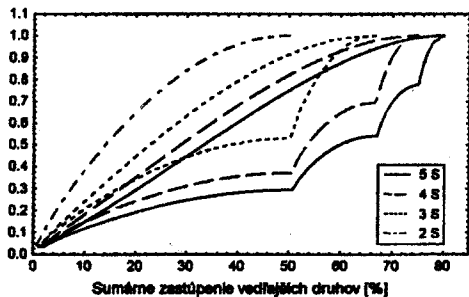
Obr. 9 Priebeh variačných rozpätí indexu $E1$ v závislosti od počtu druhov (S)

Fig. 9 Development of ranges of distribution for index $E1$ depending on number of species (S)



Obr. 10 Priebeh variačných rozpätí indexu $E2$ v závislosti od počtu druhov (S)

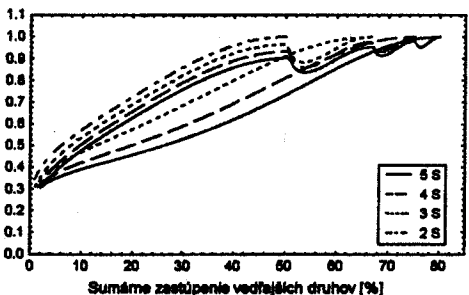
Fig. 10 Development of ranges for index $E2$ depending on number of species (S)



Obr. 11 Priebeh variačných rozpätí indexu $E3$ v závislosti od počtu druhov (S)

Fig. 11 Development of ranges for index $E3$ depending on number of species (S)

indexoch $E1$ a $E3$ sa prejavuje iba tým, že priebeh variačných rozpätí sa stáva menej strmým a mierne sa posúva smerom doprava k vyšším hodnotám sumárneho zastúpenia vedľajších druhov. Index $E5$ vystupuje spomedzi skúmaných indexov ako najstabilnejší voči vplyvu druhovej bohatosti, čo súhlasí s poznatkami Peeta (1974) a Alatala (1981). Tento index, tiež nazývaný ako modifikovaný Hillov pomer, je počítaný ako pomer, v ktorom počet druhov S sa nachádza v čitateli aj v menovateli, čím sa efektívne ruší vplyv počtu druhov. Hodnoty tohto indexu sa pohybujú v rozpätí hodnôt od 0 po 1.0, ale už pri relatív-

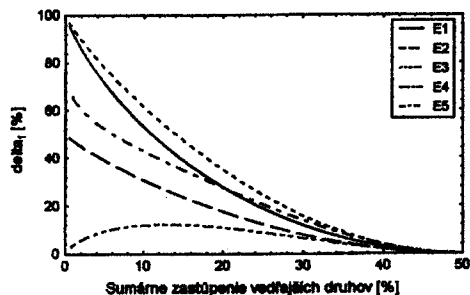


Obr. 12 Priebeh variačných rozpätí indexu $E5$ v závislosti od počtu druhov (S)

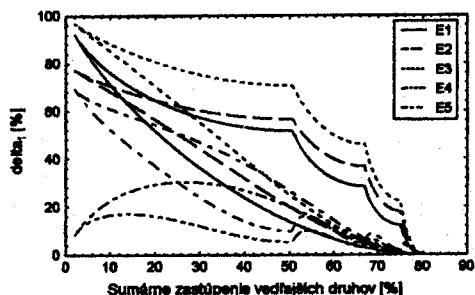
Fig. 12 Development of ranges for index $E3$ depending on number of species (S)

nom zastúpení vedľajších druhov 0.5 % (dominantný druh má zastúpenie 99.5 %) má už hodnotu cca 0.31. Z tohoto dôvodu sa domnievame, že hodnotu 0.30 môžeme považovať za spodnú (minimálnu) hodnotu indexu $E5$ v reálnych prírodných podmienkach.

Priebeh celkovej zmeny jednotlivých indexov v závislosti od počtu druhov a sumárneho zastúpenia vedľajších druhov je znázornený na obrázkoch 13–14. Ako najcitlivejší index z uvedeného pohľadu sa javí index $E3$ nasleduje index $E1$, potom $E5$ a nakoniec $E2$ a $E4$. Aj tu sa veľmi viditeľne prejavila nevhodná matematická formulácia indexu $E4$, pri ktorom sa hodnoty menia iba veľmi málo, čo spôsobuje, že index reaguje nedostatočne na zmenu v zastúpení druhov.

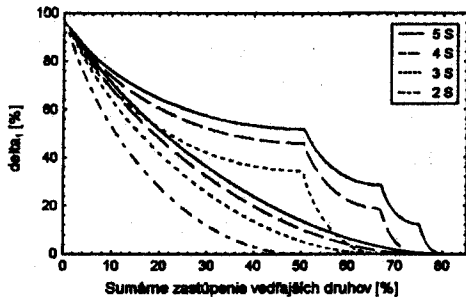


Obr. 13 Celková zmena indexov vyrovnanosti ($E1$ – $E5$) v spoločenstve zloženom z dvoch druhov
 Fig. 13 Overall change of evenness indices ($E1$ – $E5$) in community consisting of two species

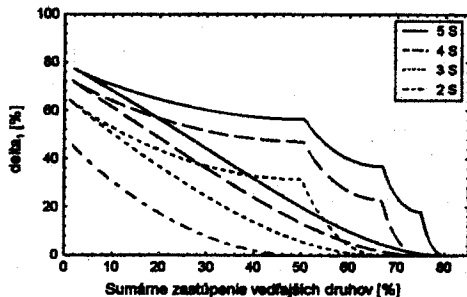


Obr. 14 Celková zmena indexov vyrovnanosti ($E1$ – $E5$) v spoločenstve zloženom z piatich druhov
 Fig. 14 Overall change of evenness indices ($E1$ – $E5$) in community consisting of five species

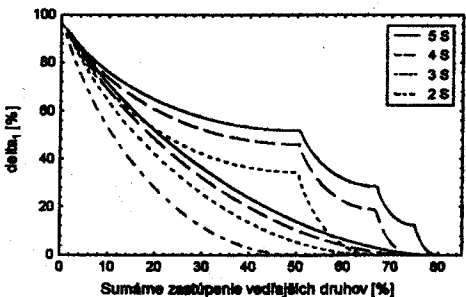
Zvyšovanie druhovej bohatosti spôsobuje nárast citlivosti indexu $E2$ a pokles v citlivosti indexu $E5$. Vplyv druhovej bohatosti na celkovú zmenu jednotlivých indexov je znázornený na obrázkoch 15–18. Aj tu má opäť počet druhov najväčší vplyv na index $E2$, ktorý reaguje jednak zvislým posunom (so zvyšujúcim počtom druhov sa zvyšuje sa citlivosť indexu), ale aj posunom na osi x doprava k vyšším hodnotám sumárneho zastúpenia. Indexy $E1$, $E3$ a $E5$ reagujú iba posunom na osi x, pričom index $E5$ vystupuje aj z tohoto pohľadu ako najstabilnejší.



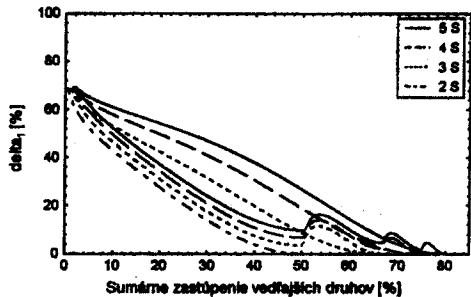
Obr. 15 Vplyv druhovej bohatosti (S) na celkovú zmenu indexu $E1$
 Fig. 15 Influence of species abundance (S) on overall change of index $E1$



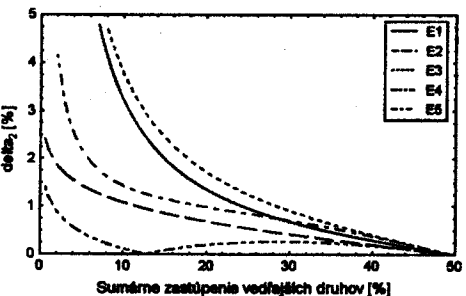
Obr. 16 Vplyv druhovej bohatosti (S) na celkovú zmenu indexu $E2$
 Fig. 16 Influence of species abundance (S) on overall change of index $E2$



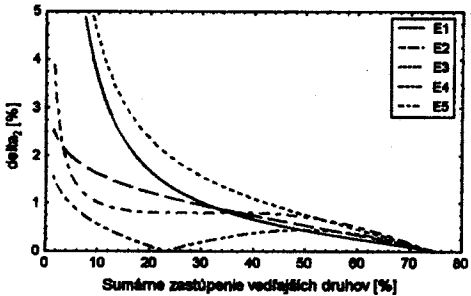
Obr. 17 Vplyv druhovej bohatosti (S) na celkovú zmenu indexu $E3$
 Fig. 17 Influence of species abundance (S) on overall change of index $E3$



Obr. 18 Vplyv druhovej bohatosti (S) na celkovú zmenu indexu $E5$
 Fig. 18 Influence of species abundance (S) on overall change of index $E5$



Obr. 19 Priebeh okamžikovej zmeny indexov vyrovnanosti ($E1-E5$) v spoločenstve zloženom z dvoch druhov
 Fig. 19 Development of immediate change of evenness indices ($E1-E5$) in community consisting of two species



Obr. 20 Priebeh okamžikovej zmeny indexov vyrovnanosti ($E1-E5$) v spoločenstve zloženom zo štyroch druhov (maximálna hodnota variačného rozpätia)
 Fig. 20 Development of immediate change of evenness indices ($E1-E5$) in community consisting of four species (maximal value of range of distribution)

4. ZÁVER

Práca sa zaoberá analýzou vlastností vybraných ôsmich indexov biodiverzity (N_0 , $R1$, $R2$, $E1$ – $E5$). Predmetom hodnotenia je skupina indexov druhovej bohatosti a vyrovnanosti, ktoré ekológovia najčastejšie aplikujú pri skúmaní biologickej diverzity. Z výsledkov rozboru vyplývajú nasledovné poznatky:

- pri hodnotení druhovej bohatosti sa ako najvhodnejší javí index $R2$, pretože:
 - zohľadňuje veľkosť populácie;
 - hodnoty indexu majú vyrovnanejší priebeh;
 - hodnoty indexu sa pohybujú v širšom variačnom rozpätí, čo umožňuje lepšie diferencovať druhovú bohatosť;
 - medzi hodnotami indexu $R2$ sa rozdiely prejavujú aj pri vyšších početnostiach ako pri indexe $R1$.
- z analýzy vlastností indexov druhovej vyrovnanosti vyplýva:
 - úplne nevhodným indexom vyrovnanosti je index $E4$, pretože nadobúda rovnaké hodnoty pri dominancii jedného druhu ako aj pri takmer vyrovnanom zastúpení druhov;
 - index $E2$ je veľmi silne závislý na druhovej bohatosti a taktiež je málo citlivý na zmeny v druhovej štruktúre spoločenstva, čo tiež nie je vyhovujúcou vlastnosťou indexu vyrovnanosti;
 - najvhodnejšie vlastnosti spomedzi skúmaných indexov vyrovnanosti vykazujú indexy $E1$, $E3$ a $E5$. Sú relatívne málo citlivé na počet druhov v spoločenstve a dobre reagujú na zmeny v jeho štruktúre.

PodĎakovanie

Práca je riešená v rámci grantových projektov VEGA 1/4030/97 „Metódy zisťovania, regulácie a prognózovania produkcie lesov v zmenených ekologických podmienkach a formách vlastníctva k lesom“ a VEGA 1/7053/20 „Integrovaná sústava výberových metód na permanentné sledovanie stavu lesných ekosystémov“.

Literatúra

- BRUCIAMACCHIE, M., 1996: Comparison between indices of species diversity. Munich, 3/96, 14 s.
- KREBS, C. J., 1989: Ecological methodology. Harper and Row, New York, 471 s.
- LUDWIG, J. A.-REYNOLDS, J. F., 1988: Statistical Ecology a primer on methods and computing. John Willey & Sons, 337 s.
- HILL, M. O., 1973: Diversity and Evenness: a unifying notation and its consequences. Ecology 54/2, s. 427–432
- MARGALEF, R., 1958: Information theory in ecology. General Systematics 3, s. 36–71
- MENHINICK, C. F., 1964: A comparison of some species – individuals diversity indices applied to samples of field insects. Ecology 45, s. 859–861

- LLOYD, M. – GHELARDI, R. J., 1964: A table for calculating the „equitability“ component of species diversity. *J. Anim. Ecology*, 33, s. 217–225
- PIELOU, E. C., 1975: *Ecological Diversity*. Wiley, New York
- PIELOU, E. C., 1977: *Mathematical Ecology*. Wiley, New York
- SHELDON, A. L., 1969: Equitability indices: dependence on the species count. *Ecology*, 50, s. 466–467
- HEIP, C., 1974: A new index measuring evenness. *Journal of Marine Biological Association*, 54, s. 555–57
- SHANNON, C. – WEAVER, W., 1949: *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press. Urbana. Illinois
- SIMPSON, E. H., 1949: Measurement of diversity. *Nature* 163, s. 688
- YAPP, W. P., 1979: Specific diversity in woodland birds. *Field Studies* 5, s. 45–58
- PEET, R. K., 1974: The measurement of species diversity. *Ann. Rev. Ec. Sys.* 5, s. 285–307
- ALATALO, R. V., 1981: Problems in the measurement of evenness in ecology. *Oikos*, 37, s. 199–204
-

Adresa autora:

Ing. Ján Merganič

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta

Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie

Masarykova 24

960 53 Zvolen

Analysis of attributes of biodiversity indices estimating species abundance and evenness

Summary

In most ecological studies authors usually assess diversity using species evenness indices. To select an appropriate index requires to be aware of its attributes. This paper analyses the group of the most frequently used indices of species abundance and species evenness, from which we have selected the following eight indices: N_p , $R1$, $R2$, $E1 - E5$. Providing we evaluate biological diversity with one of the mentioned indices from the two groups, we recommend to use the indices: $R2$ (Menhinick 1964), $E5$ (Hill 1973), $E1$ (Pielou 1975, 77) or $E3$ (Heip 1974).

Translated by Ing. Katarína Šuchtová