

Evaluarea biodiversității în arborete de amestec din nordul Carpaților Orientali: un studiu de caz bazat pe indicele biodiversității potențiale

M.C. Burlui, R.L. Cenușă

Burlui M.C., Cenușă R.L., 2017. Biodiversity assessment on mixed forest stands in north of Eastern Carpathians: a study case based on Potential Biodiversity Index. Bucov. For. 17(1): 35-45.

Abstract. In this article we present an application of the IBP index (Potential Biodiversity Index), used for assessing potential biodiversity in forest stands. The proposed index is based on the score of ten factors: seven are related to forest management (structural particularities of the forest) and three are related to environmental context. The study was conducted in a mixed forest located in Ursoaia area from Frasin, Suceava Forest Department, Romania. The factors were evaluated in 96 plots from 6 forest stands, 3 of them included in a scientific reservation, and 3 are timber production stands. The index values were calculated for each plot, and further for each forest stand. Index values varied from a stand to another, also within the same stand, from one sample plot to another according to the specific feature identified in each plot. The index values were higher in the stands included in the scientific reservation. This is explained by the number of tree species, the high number of large trees, the vertical structure of the stands, the amount of dead wood. IBP – index is a good tool to evaluate the forest biodiversity. The results can be analyzed for longer periods of time, and also may indicate the factors that can be improved by specific actions.

Keywords biodiversity, Eastern Carpathians, dead-wood, biodiversity trees, mixed stands, old-growth trees

Authors. Mihai-Cătălin Burlui (burluicatalin@yahoo.com) - Ștefan cel Mare University of Suceava, 13 Universității, 720229 Suceava, Romania; National Forest Department, Suceava Forest Directorate, 1st May no. 6 Av., 720224 Suceava; Radu-Leontie Cenușă - Ștefan cel Mare University of Suceava, 13 Universității, 720229 Suceava, Romania.

Manuscript received May 15, 2017; revised June 22, 2017; accepted June 30, 2017; online first July 2, 2017.

Introducere

Biodiversitatea, un concept utilizat pentru prima dată în 1968 (de către Raymond F. Dasmann), respectiv conservarea acesteia, au devenit subiecte de o importanță majoră la nivel

global o dată cu Convenția privind Diversitatea Biologică semnată la Conferința Națiunilor Unite pentru Dezvoltare și Mediu de la Rio de Janeiro (1992). Dintre definițiile biodiversității, cea formulată de OTA (eng. Office of Technology Assessment 1987) caracterizează

diversitatea biologică drept “varietatea și variabilitatea organismelor vii, precum și complexele ecologice în care acestea apar” (Marcot 2007), abordând prin aceasta toate cele trei nivele ale acesteia - ecosistemică, specifică și genetică.

În prezent, la nivel global biodiversitatea este într-o continuă scădere, numărul speciilor pe cale de dispariție este unul ridicat, între cauzele importante figurând și impactul antropic. Și ecosistemele forestiere, cele mai importante depozite ale diversității biologice, sunt din ce în ce mai amenințate cu pierderea biodiversității, principalele cauze fiind despăduririle și schimbarea destinației terenului, fragmentarea ecosistemelor forestiere, respectiv degradarea acestora manifestată prin pierderea bunurilor și serviciilor oferite de ecosistemele forestiere (Heymell et al. 2011).

Complexitatea biodiversității face ca acest concept să fie unul greu de cuantificat în întregime, ale cărui valori sunt variabile, în funcție de context (McElhinny et al. 2005). În vederea evaluării și monitorizării biodiversității au fost dezvoltati diferiți indicatori, de la cei mai ușor de aplicat, ce iau în calcul doar un singur parametru structural al pădurii până la cei mai cuprinzători, ce iau în considerare un număr mai ridicat de parametri de la mai multe populații (Teodosiu 2016). De exemplu, Koop et al. (1994) au elaborat un indice de evaluarea rapidă a biodiversității pădurii tropicale (*indicele de măsurare a integrității pădurii*), prin evaluarea unui set de nouă atribute considerate favorabile existenței biodiversității. Van den Meererschaut și Vandekerckhove (1998) au elaborat un indice aditiv, la nivel de arboret, ce combină 18 atribute ale arboretelor, atât biologice cât și structurale (Van den Meererschaut & Vandekerckhove, 1998), un indice similar fiind dezvoltat și de Parkes et al. (2003), care se bazează pe comparații între caracteristicile vegetației existente și cele considerate de referință din pădurile primare. În vederea identificării pădurilor virgine din Estonia, Trass et al. (1999) au propus folosirea unui set de 10 caracteristici atât structurale cât și compo-

ziționale, fiecare dintre acestea divizată în 3 grupe. Pastorella și Paletto (2011) au construit un indice complex (*S-index*) de evaluare a biodiversității ecosistemelor forestiere, bazat pe alți trei indici: primul luând în considerare structura orizontală a arboretului, cel de-al doilea diversitatea compozițională iar cel de-al treilea poziția reciprocă a arborilor. La nivel internațional sunt cunoscuți o multitudine de indicatori de monitorizare a evoluției biodiversității, însă nu toți pot fi utilizați în evaluarea nivelului de suport al biodiversității unui arboret (sau suprafețe de pădure). Un indice cu aceste caracteristici este indicele biodiversității potențiale (IBP - fr. L'indice de Biodiversité Potentielle, Larrieu și Gonin 2008), ce permite evidențierea arboretelor intacte din punct de vedere ecologic. Acesta utilizează un set de zece factori, atât staționali, cât și structurali, dependenți de managementul forestier, pe baza unor ponderi ale fiecărui factor la nivelul biodiversității totale, din care pot rezulta factorii ce pot fi ameliorați. Factorii ce intră în formula de calcul a indicelui sunt considerați ca fiind favorabili existenței și dezvoltării biodiversității forestiere, motiv pentru care indicele IBP a fost ales ca instrument pentru determinarea nivelului biodiversității suprafeței de pădure analizate.

Scopul lucrării constă în analiza nivelului biodiversității unei suprafețe eterogene de pădure, la nivelul unui bazin hidrografic (Ursoaia), prin utilizarea indicelui biodiversității potențiale (IBP). De asemenea, acesta își propune să analizeze și în ce măsură IBP este senzitiv la variabilitatea structurală și stațională a suprafeței analizate.

Material și metodă

Locul cercetărilor

Analiza s-a concentrat asupra vegetației forestiere din bazinul hidrografic al pârâului Ursoaia, (unitatea de producție II “Ursoaia”, Ocolul

silvic Frasin, Direcția Silvică Suceava), pe o zonă de studiu de 104 ha. Din punct de vedere geografic, zona studiată se află în partea de nord a Carpaților Orientali, în ultima ramificație a Munților Stânișoara, cu variații ale altitudinii cuprinse între 520 și 1135 m. Temperatura medie anuală este de 8,2 °C, o durată a sezonului de vegetație de 150 de zile și o temperatură medie de 12,8° C. Media anuală a precipitațiilor este de 830 mm (500 de mm în sezonul de vegetație). Substratul litologic este reprezentat din gresii silicioase, pe care s-au format soluri brune acide de tipul districambosolurilor. Parametrii climatici indică o clasă de favorabilitate ridicată pentru speciile de bază ce compun arboretele (Mo, Br, Fa), rășinoasele ocupând 80% din suprafața totală, restul de 20% revenind fagului. Pe aceste considerente, pe o suprafață de 161,50 de hectare (u.a. 28A-33A), pentru cele două specii de rășinoase, s-a constituită o rezervație de semințe (Ursoaia, cod: RG-MO, BR/FA-A220-6) (Pârnuță et al. 2011). Din punct de vedere tipologic (Doniță et al. 1990), vegetația corespunde cu două tipuri de ecosisteme de amestecuri de rășinoase cu fag: (i) molideto-făgeto-brădet, înalt și mijlociu productiv, cu mull (mull-moder), pe soluri brune tipice, rendzinice, și luvise, eu- și mezobazice sau brune feriiluviale oligomezobazice, hidric bine echilibrate, cu *Oxalis-Dentaria-Asperula* (2316) și (ii) molideto-brădet, înalt și mijlociu productiv, cu mull (mull-moder), pe soluri brune, brune luvise

eumezobazice și brune acide mezobazice, hidric echilibrate cu *Oxalis-Dentaria-Asperula* (2216).

Cele trei arborete ce fac parte din rezervația de semințe "Ursoaia" (30 A, 31, 33 A), prezintă omogenitate din punct de vedere al factorilor staționali (pante între 15-20°, altitudine medie între 740-775 m și expoziții ale terenului sud-vestice și sud estice). Vegetația forestieră are vârste similare (cca. 130 de ani), compoziție similară, precum și aceleași valori pentru clasa de producție (I) și consistență (0,8). Sub raportul lucrărilor executate, arboretele au fost parcurse cu lucrări de îngrijire, însă nu s-au extras produse principale. Principalele caracteristici ale arboretelor analizate sunt prezentate în tabelul 1.

Colectarea datelor

Datele necesare au fost obținute prin inventariere (parcelele 26 A, 27 A, B, 30 A, 31, 33 A, cele trei din urmă făcând parte din rezervația de semințe Ursoaia). Pentru colectarea datelor s-a utilizat o rețea de suprafețe de probă de formă circulară cu mărimea de 500 m² (în total, 96 suprafețe), corespunzând unui procent de inventariere de 4,61% (4,8 ha din totalul de 104 ha). Identificarea și amplasarea în teren s-a realizat cu ajutorul GPS-ului (Trimble Geo XH 2008 Series).

Datele colectate în fiecare suprafață au vizat structura verticală a comunităților (plantele er-

Tabelul 1 Caracteristicile arboretelor studiate

Characteristics of the studied forest stands

Unitate amenajistică	Grupă funcțională	Vârsta (ani)	Altitudine (m)	Pantă (°)	Expoziție	Consistență	Clasă de producție	Tip de pădure	Tip de ecosistem
26A	II	124	955	25	S	0,6	2	1211	2216
27A	II	119	950	20	SV	0,7	1	1211	2216
27B	II	109	1005	30	S	0,9	2	1211	2216
30A	I	129	775	15	SV	0,8	1	1211	2216
31	I	134	740	20	SV	0,7	1	1311	2316
33A	I	129	740	20	SV	0,8	1	1211	2216

bacee, arbuști cu înălțimea mai mică de 7 m, arbori dominați sau din etajul al II-lea cu înălțimea cuprinsă între 7 și 20 m și dominanți cu înălțimea de peste 20 de metri). Etajarea s-a realizat pe baza caracteristicilor înălțimilor individuale (măsurate cu Vertex Laser v.1.6, produs de Haglof).

De asemenea, s-au cuantificat caracteristicile ținând cont de speciile de arbori existente; măsurătorile au inclus lemnul mort, atât cel pe picior cât și cel doborât. Toți arborii morți pe picior, cât și cioatele cu înălțimea mai mare de 1,5 m și diametrul de peste 40 cm au fost înregistrate, iar în cazul lemnului mort la sol au fost luate în evidență doar trunchiurile cu lungimea mai mare de un metru și diametrul de peste 40 cm. Lemnul mort cu diametrul de peste 40 cm este considerat ca fiind favorabil dezvoltării biodiversității forestiere (Bartels et al. 1985, Raphael 1980, Mannan et al. 1980).

Toți arborii pe picior cu diametrul de bază de >8 cm au fost au fost inventariați, precum și microhabitatele asociate arborilor vii, indiferent de dimensiunile acestora. Prin microhabitate s-au considerat găurile și scorburile, cuiburile de păsări, necrozele cu scurgeri de sevă, părțile din arbore fără coajă, corpurile sporifere ale ciupercilor, lianele ce ocupă o suprafață mai mare de 1/3 din suprafața trunchiului, cavitățile umplute cu apă sau pământ, licheni. Au fost luate în calcul zonele deschise cu un diametru de aproximativ 1-1,5 înălțimi de arboret, habitatele acvatice (care să ocupe o suprafață de cel puțin 100 m²). În acest caz a fost notat și tipul acestora, rangul fiind maxim în situația în care în aceeași parcelă se găsesc două sau mai multe tipuri (tabelul 2); acesta a fost valabil și pentru factorul J, cu deosebirea că suprafața ocupată trebuie să fie de cel puțin 1% din suprafața analizată.

Tabelul 2 Factorii utilizați în calculul indicelui (Larrieu și Gonin 2008)

Factors used in the index calculus (Larrieu și Gonin 2008)

Factori dependenți de managementul forestier	Factori		Nota 0	Nota 2	Nota 5
	Vegetația				
	A	Bogăția în specii forestiere autohtone	1 sau 2 genuri	3 sau 4 genuri	5 genuri și peste
	B	Structura verticală a vegetației	1 sau 2 strate	3 strate	4 strate
	Microhabitate asociate arborilor				
	C	Arbori morți pe picior de mari dimensiuni	<1 arbore/ha	2 la 3 arbori/ha	3 arbori/ha și peste
	D	Arbori morți la sol de mari dimensiuni	<1 trunchi/ha	2 la 3 trunchiuri/ ha	3 trunchiuri/ha și peste
	E	Arbori în viață de mari dimensiuni	<1 arbore/ha	1 sau 4 arbori/ha	5 arbori/ha și peste
	F	Arbori în viață purtători de microhabitate	<1 arbore/ha	1 la 5 arbori/ ha	6 arbori/ha si peste
Factori staționali	Habitat asociate				
	G	Zone deschise	<1 zonă/10 ha	1-4 zone/10 ha	>4 zone/10 ha
	H	Continuitatea în timp a pădurii	Arboretul este parte a unei păduri recente	Arboretul se învecinează cu o pădure veche	Arboretul este parte a unei păduri vechi
	I	Habitat acvatice	Absenta	Omogen: un singur tip	Diverse: 2 sau mai multe tipuri
	J	Zone cu stâncării	Absenta	Omogen: un singur tip	Diverse: 2 sau mai multe tipuri

Calculul IBP

Indicele biodiversității potențiale (IBP), utilizat în calculele prezente permite evidențierea arboretelor intacte din punct de vedere ecologic. Calculul acestuia constă în evaluarea pe teren a unui set de zece factori ce sunt considerați favorabili existenței biodiversității, împărțiți în două categorii: șapte factori dependenți de managementul forestier și trei factori staționali (tabelul 2). Indicele este conceput pentru pădurile din zona Atlanticului precum și cele din zonele continentale, pentru pădurile din zona de câmpie până în subalpin. Se poate aplica de asemenea și în pădurile boreale, precum și cele de productivitate inferioară utilizându-se în acest caz pragurile stabilite.

Evaluarea factorilor s-a realizat prin deplasarea în fiecare suprafață de probă de 500 m², în interiorul fiecăreia efectuându-se măsurători și observații privitoare la cei 10 factori. Pentru fiecare suprafață de probă s-a calculat nivelul biodiversității în valori relative (% din valoarea maximă cf. tabelul 3), prin cumularea notelor acordate celor șapte factori dependenți de managementul forestier (A-G), suma fiind raportată la valoarea maximă a acestora (35). Influența factorilor staționali asupra biodiversității s-a calculat de asemenea în valori relative (% din valoarea maximă cf. tabelul 3), prin cumularea notelor acordate celor trei factori staționali (H-J), suma fiind raportată la valoarea maximă a acestora (15). Notele au fost acordate în funcție de scara prezentată în tabelul 1. În continuarea valorii indicelui IBP pentru o suprafață de probă, s-a determinat ca medie ponderată între valoarea obținută pentru categoria factorilor dependenți de managementul forestier (A-G) și cea obținută pentru categoria factorilor staționali (H-J). La nivel de parcelă, valoarea indicelui s-a determinat ca medie între valorile obținute pentru fiecare suprafață de probă.

Conform amenajamentului silvic (ediția 2009), zona studiată a fost atestată documentar pentru prima dată în anul 1783. De asemenea,

pădurea analizată provine din regenerare naturală, nefiind parcursă niciodată cu tăieri rase, asigurându-se în acest fel continuitatea pădurii și efectele sale benefice acestea fiind motivele pentru care acestui factor i s-a acordat nota maximă pe toată suprafața analizată, indiferent de tipul de ecosistem și parcela parcursă.

Analiza datelor

În vederea realizării de comparații între arborete, valorile indicelui biodiversității potențiale s-au analizat prin indicatorii statistici clasici ai variației (la nivel de suprafață de probă), iar testarea diferențelor dintre medii s-a realizat cu testul Kruskal-Wallis. Prelucrarea datelor s-a realizat în Excel (Microsoft Office 2010).

Rezultate

Variabilitatea diferitelor componente ale biodiversității

Comparativ cu arboretele din grupa a II-a funcțională, valorile factorilor A-F ai indicelui din arboretelele încadrate în grupa a I-a sunt superioare, iar diferența dintre ele este semnificativă. Valoarea medie a notelor indicelui pentru grupa I este de 2,58, iar pentru grupa a II-a 1,87. În ambele cazuri, nota 0 a fost acordată factorului corespunzător zonelor deschise (G), iar cel mai bine reprezentat factor a fost cel legat de arbori purtători de microhabitate (F). Aceasta a impus acordarea celor mai mari note, media lor fiind apropiată de valoarea maximă: 4,78 (gr. I), respectiv 4,56 (gr. II). De asemenea, cf. tabelului 4, se observă diferențe majore între media notelor asociate arborilor vii de mari dimensiuni ($d > 70$ cm) (E) în arboretele din grupa I (valoare 3,72) și cele din grupa II (1,56).

Dacă în cazul factorilor A-F mediile notelor au fost mai mari în arborete din grupa I, în cazul factorilor H-J valorile sunt mai apropiate. Astfel, stâncările sunt prezente doar în două cazuri (parcelele 26A și 27B), iar habitatele

acvatice apar într-o mai mare măsură în parcelele din grupa II, în comparație cu cele ce fac alcătuiesc rezervația de semințe Ursoaia; aceste aspecte se reflectă pozitiv și asupra notelor acordate. Pentru continuitatea în timp a pădurii (H), valoarea 5 a fost acordată în ambele situații.

Variația indicelui IBP

Valorile indicelui IBP sunt variabile în cadrul aceluiași tip de ecosistem, valorile minime și maxime fiind înregistrate în același tip de ecosistem, dar în arborete diferite: 31,33 (parcele 27 B), respectiv 46,46 (30 A) (figura 1).

Analizat la nivel de grupă funcțională, diferența dintre valorile medii ale indicelui, cores-

punzătoare grupelor I și II, este semnificativă din punct de vedere statistic (Kruskal-Wallis $K = 4,316$, $p = 0,5$). Valoarea medie a indicelui calculată pentru arboretele din grupa I este de 43,95, corespunzând unui nivel mediu al biodiversității (valoarea relativă a factorilor A-G: 46,78%), influența factorilor staționali asupra biodiversității prezentând și ea una importantă (valoarea relativă a factorilor H-J: 37,35%). Corespunzător arboretelor din grupa II, valoarea medie a indicelui are valoarea 38,06, nivelul biodiversității fiind scăzut (valoarea relativă a factorilor A-G de 36,78%), de asemenea cu o influență mare a factorilor staționali (valoare relativă a factorilor H-J: 41,04) (tabelul 3). De asemenea, și valorile minime și maxime ale indicelui calculate pentru fiecare suprafață de probă sunt mai mari în parcelele ce fac parte din grupa I (tabelul 5).

Indicatorii variabilității (tabelul 4) au indicat variații ale valorilor indicelui mai reduse pentru grupa I (30A, 31, 33A), comparativ cu cele din grupa II (26A, 27A, 27B). Rezultatele din figura 2 arată și că factorii ce definesc indicele nu se regăsesc în mod constant în toate cele 6 arborete analizate. Factorii cu cele

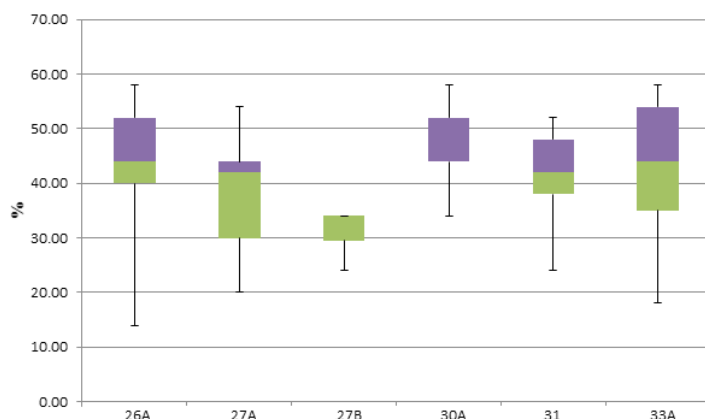


Figura 1 Valoarea indicelui IBP în unitățile amenajistice analizate
The value of the IBP index in the analysed forest stands

Tabelul 3 Valoarea indicelui IBP în funcție de notele acordate (Larrieu și Gonin, 2008)

The value of the IBP index function of the ranked scores (Larrieu și Gonin 2008)

Criteriile A-G			Criteriile H-J		
Notă acordată		Nivelul biodiversității	Notă acordată		Inluența factorilor staționali asupra biodiversității
Absolută	Relativă (% din valoarea maximă)		Absolută	Relativă (% din valoarea maximă)	
0 la 7	0 la 20	foarte scăzut	0	<10	nulă
8 la 12	21 la 40	scăzut	2 la 9	10 la 60	importantă
15 la 21	41 la 60	mediu			
22 la 28	61 la 80	ridicat	10 la 15	>60	foarte importantă
29 la 35	81 la 100	foarte ridicat			

Tabelul 4 Valori medii ale notelor acordate factorilor corespunzător celor două grupe funcționale*Mean values of the index scores, corresponding to the functional zoning groups*

Mărimă	Mediile și abaterile standard ale notelor acordate factorilor pe cele doua grupe funcționale									
Factori	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Grupa I	2,00 (0,00)	1,04 (0,93)	2,86 (1,64)	3,66 (2,32)	3,72 (2,01)	4,78 (0,57)	0,00 (0,00)	5,00 (0,00)	0,72 (1,09)	0,00 (0,00)
Grupa II	1,03 (0,75)	0,37 (0,56)	1,83 (1,64)	3,76 (2,13)	1,56 (1,60)	4,56 (0,74)	0,00 (0,00)	5,00 (0,00)	0,62 (0,80)	0,27 (0,20)

Tabelul 5 Valorile medii ale indicatorilor variabilității calculate pentru cele două grupe de factori, precum și pentru valoarea finală a indicelui, în funcție de grupa funcțională*Statistical parameters of the variability on forest functional zoning*

Caracteristica	Valori medii - grupa I			Valori medii - grupa II		
	A-F	H-J	IBP	A-F	H-J	IBP
Minima	21,90	33,33	25,33	11,43	37,78	19,33
Maxima	60,00	53,33	56,00	51,43	57,78	48,67
Amplitudinea de variație	38,10	20,00	30,67	40,00	20,00	29,33
Media	46,78	37,35	43,95	36,78	41,04	38,06
Varianța	131,33	55,05	75,45	148,79	57,40	78,88
Abaterea standard	10,77	7,10	8,26	11,10	5,35	8,03
Coeficientul de variație	23,25	19,07	18,89	29,17	13,45	20,38

mai largi limite de variație (dintre A-G) sunt arborii morți pe picior (C), respectiv numărul stratelor de vegetație (B). Arborii purtători de microhabitate (F), sunt cel mai bine reprezentați la nivelul suprafețelor de probă, media coeficienților de variație calculată pentru cele 6 arborete având o valoare de 16,59, inferioară celorlalți factori: A - 60,64, B - 117,20, C - 70,69, D - 64,06, E - 62,82. Dintre factorii staționali, continuitatea în timp a pădurii (H) a primit notă maximă în toate cazurile, în timp ce habitatele acvatice (I) s-a dovedit a fi cel mai variabil, media coeficienților de variație fiind de 136,58. Prezența zonelor cu stâncării a fost constatată doar în mod izolat.

Discuții

Rezultatele obținute indică faptul că în cadrul suprafeței de pădure analizate, vegetația forestieră este una heterogenă sub raportul speciilor,

al vârstelor, al structurii pe verticală și orizontală, al lucrărilor aplicate, precum și al condițiilor staționale pe care vegetația se dezvoltă. Valorile mai ridicate ale indicelui înregistrate în parcelele încadrate în grupa I funcțională se datorează în principal măsurilor de management aplicate pădurii de-a lungul timpului (potențial, intervenții mai reduse).

Diversitatea specifică a stratului arborescent prezintă importanță ecologică, întrucât pădurile multispecifice susțin o mai mare diversificare a habitatelor. Astfel, prezența speciilor de foioase în amestec cu molidul influențează pozitiv dezvoltarea populațiilor de licheni și de gândaci saprofiți (Jonsel et al. 2007), în timp ce Felton (2010) și Saetre (1999) demonstrează că prezența mestecănelui în arboretele pure de molid are efecte benefice asupra abundenței speciilor de plante ierboase. Molder et al. (2008) susține că arboretele monospecifice de fag, spre deosebire de cele constituite din mai

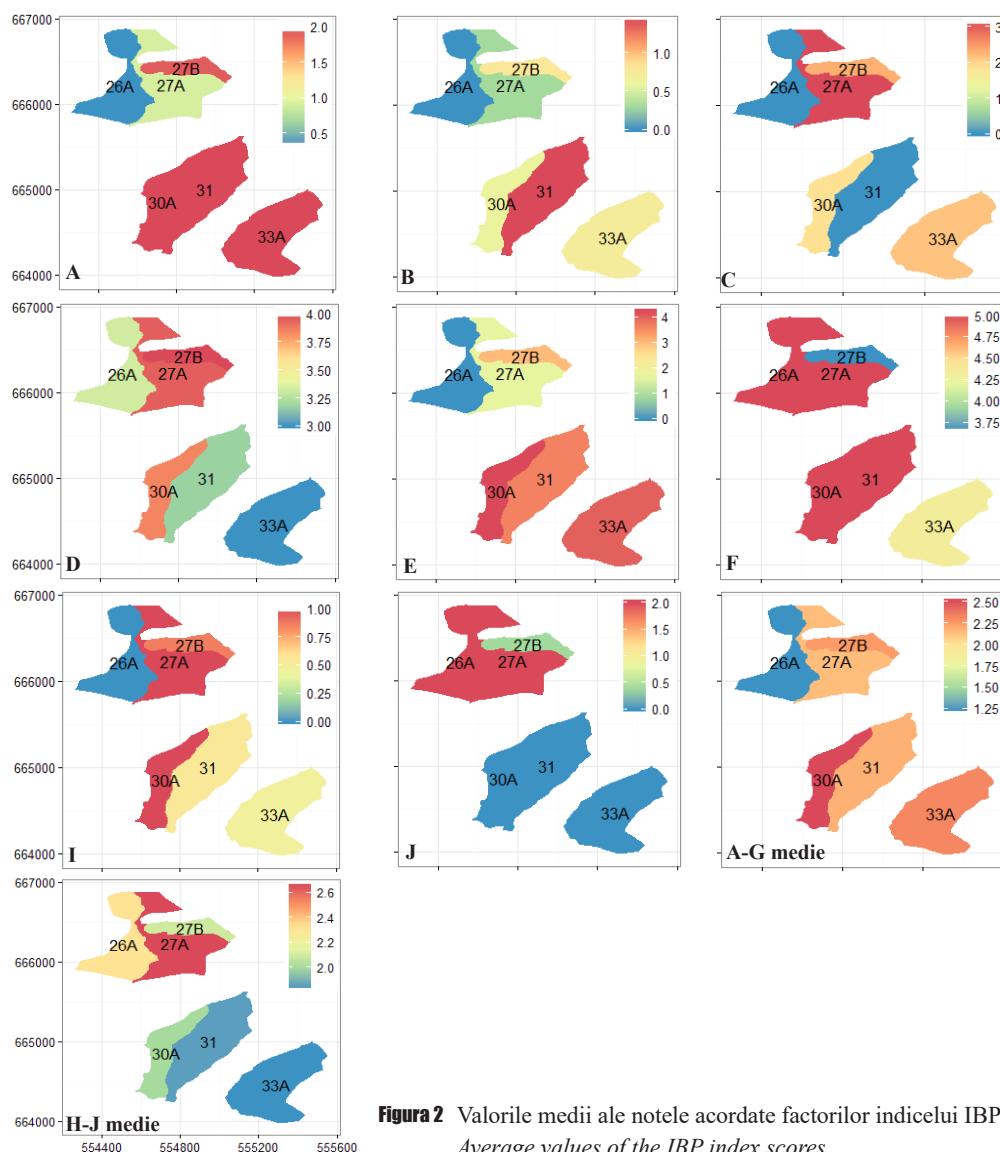


Figura 2 Valorile medii ale notele acordate factorilor indicelui IBP
Average values of the IBP index scores

multe specii de foioase, au efecte inhibitoare asupra bogăției speciilor de plante ierboase din stratul ierbaceu. În continuare, bogăția straturilor ierbaceu influențează pozitiv populațiile de păsări ce cuibăresc la nivelul solului, precum și cele de mamifere ierbivore datorită condițiilor de hrană existente. Pe lângă influențele pozitive pe care le are diversitatea speciilor de arbori asupra biodiversității pădurii, alte studii

indică și faptul că arboretele multispecifice, spre deosebire de cele monospecifice, prezintă efecte amelioratoare asupra solurilor forestiere (Schua et al. 2015), reduc riscul de izbucnire a incendiilor (Gonzalez et al. 2006), au efecte pozitive asupra gradului de defoliere produs de insectele defoliatoare (Jactel et al., 2007), și nu în ultimul rând oferă industriei prelucrătoare sortimente de lemn mai valoroase și mai varia-

te (Stinghe și Sburlan, 1968).

Compoziția arboretelor este una dintre cauzele ce determină dezvoltarea structurii verticale, alături de perturbațiile suferite de arborete în decursul existenței (rupturi și doborâturi produse de vânt și de zăpadă, atacuri produse de factorii biotici), împreună cu structura pe vârste și productivitatea stațională (Flatebo 1999). Structura verticală a pădurii variază în studiul de față, de la structură monoetajată (parcele 27B), la o structură verticală mai complexă (parcelele 26A, 33A). Cauzele acestor variații sunt datorate probabil diferenței de vârstă existente între arboretele în cauză (între 15 și 25 de ani), dar și gradului de expunere al arboretelor la acțiunea distructivă a vântului, care a creat condiții favorabile dezvoltării straturilor de vegetație subarborescente. Este cunoscut faptul că arboretele multietajate, oferă o gamă mai largă de habitate, și nișe ecologice, medii de viață pentru diferite organisme: specii de insecte (Malcolm 1997), lilieci (Hayes et al. 2000), păsări (Măciucă 2003), cervide (DeGraaf et al. 1992, Cibien și Sempere 1989, Gill și Peace 1996).

În ceea ce privește prezența lemnului mort la suprafața solului, aceasta este una constantă, iar numărul pieselor la ha (între 22-39), depășește valorile de prag din tabelul 2. Aceasta se poate justifica probabil și prin faptul că exploatarea masei lemnoase puse în valoare nu s-a realizat în totalitate, rămânând în pădure o parte din lemnul de foc, precum și trunchiurile greu accesibile utilajelor de exploatare.

Abundența lemnului mort pe picior variază de la absență (27 B), până la 23 trunchiuri ha⁻¹ (33A). O posibilă explicație a lipsei trunchiurilor de lemn mort pe picior poate fi dată de structura specifică a arboretului, care prezintă rezistență contra acțiunii distructive a vântului, acesta neputând penetra arboretele închise, cu un coronament continuu (Oliver și Mayhed 1974). Pentru restul suprafeței analizate, numărul trunchiuri de lemn mort pe picior raportat la un hectar de pădure (între 8 și 20) este superior valorilor de prag stabilite în tabelul 2, probabil și un efect al aplicării Standardului

de Certificare FSC®, ce a impus păstrarea unui număr de arbori morți pe picior neexploatați (2-3/ha).

Arborii purtători de microhabitate au fost identificați într-un număr mare pe suprafața studiată, între 38 și 85 arbori/ ha, în concordanță cu recomandările existente în literatura de specialitate (2-4 arbori/ha) (Gosselin et al. 2006). Distribuția acestora pe tipuri de microhabitate este variabilă, arborii ce nu prezintă coajă pe toată suprafața trunchiului fiind cel mai des identificați, lucru ce poate fi explicat atât prin prisma unor cauze naturale (expunerea bruscă la soare etc.), cât și exploatării incorecte a lemnului. Acest tip de microhabitat este preferat îndeosebi de lilieci, ce se adăpostesc sub coaja desprinsă de pe trunchi sau specii de insecte ce aparțin ordinelor *Araneae* și *Hemiptera*. De asemenea din evoluția diferitelor răni provocate arborilor în decursul vieții lor, s-a format așa-numitele scorburile de la baza arborilor, populate în funcție de dimensiunea lor de mamifere, reptile, amfibieni și păsări.

Prezența arborilor cu licheni este benefică biodiversității, aceste organisme oferă microhabitate speciilor de insecte, reprezentând și sursă de hrană pentru larvele unor specii de fluturi (*Manulea lurideola*, *Cryphia domestica*). De asemenea au fost identificați arbori ce prezentau corpuri sporifere ale ciupercilor din speciile *Heterobasidion annosum*, *Armillaria mellea*, *Fomes fomentarius*, acestea din urmă în situația în care se dezvoltă pe trunchiurile de mesteacăn sunt populate de un număr ridicat de specii de insecte, ce reprezintă ulterior sursă de hrană pentru păsările pădurii (Lohmus et al. 2010).

Habitatele acvatice, sunt bine reprezentate la nivelul suprafeței analizate, fiind identificate două tipuri (curs de apă, mlaștină). Prezența habitatelor acvatice în pădure are efecte favorabile asupra speciilor de animale ce sunt legate parțial sau total de existența habitatelor acvatice (ex. mamifere, amfibieni). De asemenea, lemnul mort aflat în descompunere în acest mediu oferă habitat atât speciilor de animale acvatice, amfibienilor cât și mamiferelor

mici, realizând o ”punte de legătură” între mediul acvatic și cel terestru (Bartels et al. 1985). Zonele cu stâncării, de tipul grohotișurilor stabile, au fost identificate doar la limita altitudinală a zonei studiate (parcela 27B).

Concluzii

Indicele biodiversității potențiale poate fi folosit pentru evaluarea nivelului biodiversității dintr-o suprafață de pădure (bazin hidrografic, unitate de producție, ocol silvic etc). Rezultatele obținute pot fi analizate pe perioade mai lungi, fiind posibilă și studierea factorilor ce pot fi ameliorați, prin lucrări silvice, în decursul timpului.

Indicele Biodiversității Potențiale a surprins variabilitatea specifică, structurală și stațională existentă în suprafața analizată, reușind să clasifice arboretele într-o ordine crescătoare în funcție de nivelul biodiversității, începând cu arboretul pur, monospecific, echien de molid din u.a. 27 B, și culminând cu arboretul din 30A face parte din rezervația de semințe Ursoaia. Clasificarea parcelelor a fost realizată și în funcție de influența factorilor staționali asupra biodiversității. De asemenea indicele a reușit să pună în evidență factorii care, ulterior, pot fi ameliorați prin aplicarea unui management forestier corespunzător creșterii nivelului biodiversității.

Bibliografie

- Amenajamentul Unității de Producție II ”Ursoaia”, Ocolul Silvic Frasin, ediția 2009.
- Bartels R., Dell J.D., Knight R. L., Schaefer G, 1985. Dead and down woody material, pp: 171-186.
- DeGraaf, R.M., M. Yamasaki, W.B. Leak, and J.W. Lanier. 1992. New England wildlife: management of forested habitats. USDA For. Serv., Radnor, P.A. Gen. Tech. Rep. 144, 271 p.
- Cibien C., Sempere A., 1989. Food availability as a factor in habitat use by roe deer. *Acta Theriologica* 34: 111-123.
- Doniță N., Chiriță C., Stănescu V., 1990. Tipuri de ecosisteme forestiere din România. Editura Tehnică Silvică.
- Felton A., Lindbladh M., Brunet J., Fritz O., 2010. Replacing coniferous monocultures with mixed-species production stands: An assessment of the potential benefits for forest biodiversity in northern Europe. *Forest Ecology and Management* 260: 939-947.
- FSC Forest Stewardship Council, 2015. Manualul de Proceduri de Management Forestier.
- Gill R.M.A., Peace A.J. 1996. Changes in roe deer (*Capreolus capreolus* L.) population density in response to forest habitat succession. *Forest Ecology and Management* 88: 31-41.
- Gonzalez J. R., Palahi M., Trasobares A., Pukkala T., 2006. A fire probability model for forest stands in Catalonia (north-east Spain). *Annals of Forest Science* 63: 136-176.
- Gosselin M., Valadon A., Bergès L., Dumas Y., Gosselin F., Baltzinger Ch., Archaux F., 2006 — *Prise en compte de la biodiversité dans la gestion forestière: état des connaissances et recommandations*. ONF, Nogent-sur-Vernisson. Cemagref, 161 p.
- Gro Flatebo, 1999. Vertical Structure and crown closure. University of Maine, cooperative extension, pp. 17-22.
- Hayes P.J., Gruver J.C., 2000. Vertical stratification of bat activity in an old-growth forest in western Washington. *Northwest Science* 74: 102-108.
- Jactel H., Brockerhoff E-G., 2007. Tree diversity reduces herbivory by forest insects. *Ecology Letters* 10: 835-848.
- Jonsell M., Hansson J., Wedmo L., 2007. Diversity of saproxylic beetle species in logging residues in Sweden – comparisons between tree species and diameters. *Biological Conservation* 138: 89-99.
- Koop H., Rijkse H.D., Wind J., 1994. Tools to diagnose forest integrity: an appraisal method substantiated by Silvi-Star assessment of diversity and forest structure.
- Laurent Larrieu, Pierre Gonin, 2008. L'indice de Biodiversité Potentielle (IBP): une méthode simple et rapide pour évaluer la biodiversité potentielle des peuplements forestiers. *Revue Forestière Française* LX: 727-748.
- Lõhmus, A., Kinks, R. and Soon, M. 2010. The importance of dead-wood supply for woodpeckers in Estonia. *Baltic Forestry*, 16 (1): 76-86.
- McElhinny C., Gibbons P., Brack C., Bauhus J., 2005. Forest and woodland stand structural complexity: Its definition and measurement. *Forest Ecology and Management* 218: 1-24.
- Măciucă A., 2003. *Ecologie cu elemente de meteorologie și Climatologie*, Editura Universității Ștefan cel Mare Suceava, 219 p.
- Mannan, R.W., E.C. Meslow, H.M. Wight. 1980. Use of snags by birds, Douglas-fir forests, western Oregon. *Journal of Wildlife Management* 44(4): 787-797.
- Marcot B., 2007. Biodiversity and the lexican zoo. *Forest Ecology and Management* 246: 4-13.
- Molder A., Bernhardt-Romermann, Schmidt W. 2008. Herb layer diversity in deciduous forests: Raised by tree richness or beaten by beech. *Forest Ecology and Management* 256: 272-281.

- Oliver H.R., Mayhead G.J. 1974. Wind measurements in pine forests during a destructive gale. *Forestry* 47:185–195.
- Parkes, D., Newell, G. and Cheal, D., 2003. Assessing the quality of native vegetation: the ‘habitat hectares’ approach. *Ecological Management & Restoration*, 4(s1).
- Pastorella F., Paletto A., 2011. Stand structure indices as tools to support forest management: an application in Trentino Forests (Italy). *Journal of Forest Science* 59: 159-168.
- Pârnuță G., Stuparu E., Scărlătescu V., Lalu I., Lorentz A., Teodosiu M., Chesnoiu E., Mirancea I., Pepelea D., Marin S., Daia M., Șofletea N., Budeanu M., Marica F., Tudoroiu M., Filat M., Nică M., Pârnuță P., Marcu C., Dinu C., Dima G., Curtu A., 2012. Catalogul national al resurselor genetice forestiere. Editura Silvică.
- Raphael M.G. 1980. Utilization of standing dead trees by breeding birds at Sagehen Creek, California.
- Saetre P., 1999. Spatial patterns of ground vegetation, soil microbial biomass and activity in a mixed spruce-birch stand. *Ecography* 22: 183-192.
- Schua K., Wende S., Wagner S., Feger K-H., 2015. Soil chemical and microbial properties in a mixed stand of spruce and birch in the Ore Mountains (Germany) - A case study. *Forests* 6: 1949-1965.
- Teodosiu M., 2016. Păduri cu grad ridicat de naturalitate: Rezervația Codrul Secular Giumalău Structură, diversitate și regenerare. Editura Silvică, pp. 1, 128.
- Trass, H., Vellak, k., Ingerpuu, N., 1999. Floristical and ecological properties for identifying primeval forests in Estonia. *Annales Botanici Fennici* 36: 67-80.
- Van Den Meersschaut, Diego; Vandekerkhove, Kris 2000. Development of a stand-scale forest biodiversity index based on the state forest inventory. In: Hansen M., Burk, T. (eds.), *Integrated tools for natural resources inventories in the 21st century*. Gen. Tech. Rep. NC-212. St. Paul, MN: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station, pp. 340-350.
- V.N. Stinghe, D.A. Sburlan, 1968. *Agenda forestieră*. Editura Agro Silvică.

Material suplimentar

Tabelul 1. Parametrii variației factorilor componenți ai indicelui IBP

Material suplimentar

Burlui M.C., Cenușă R.L., 2017. Evaluarea biodiversității în arborete de amestec din nordul Carpaților Orientali: un studiu de caz bazat pe indicele biodiversității potențiale. Bucov. For. 17(1): 35-45.

Tabelul 1. Parametrii variației factorilor componenți ai indicelui IBP

Unitate amena-jistică	Para-metru statistic	A Diver-sitatea specifică	B Struc-tura verticală	C Arbori morti pe picior	D Lemn mort la sol	E Arbori în viață de mari dimensiuni	F Arbori vii purtători de microhabitate	G Zone deschise	H Continuitatea în timp a pădurii	I Habitate acvatice	J Zone cu stâncării	A-G medie	H-J medie
26A	Media	1,93	0,80	2,33	4,00	3,00	3,67	0,00	5,00	0,87	0,40	2,25	2,09
	Var	0,35	1,03	6,67	4,29	6,43	5,24	0,00	0,00	2,12	0,69	3,43	0,94
	SD	0,57	0,98	2,49	2,00	2,45	2,21	0,00	0,00	1,41	0,80	1,53	0,74
	CV	29,66	122,47	106,90	50,00	81,65	60,30	0,00	0,00	162,45	200,00	64,43	120,82
27A	Media	0,90	0,30	3,16	3,95	1,67	5,00	0,00	5,00	1,00	2,00	2,14	2,67
	Var	1,04	0,54	6,14	4,39	6,06	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	2,60	0,67
	SD	0,99	0,71	2,41	2,04	2,36	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,22	0,33
	CV	110,55	238,05	76,38	51,64	141,42	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	88,29	33,33
27B	Media	0,33	0,00	0,00	3,33	0,00	5,00	0,00	5,00	0,00	2,00	1,24	2,33
	Var	0,67	0,00	0,00	6,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,05	0,00
	SD	0,75	0,00	0,00	2,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,00
	CV	223,61	0,00	0,00	70,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	42,05	0,00
30A	Media	2,00	0,62	1,92	3,85	4,23	5,00	0,00	5,00	1,00	0,00	2,52	2,00
	Var	0,00	0,92	6,41	4,81	3,53	0,00	0,00	0,00	1,14	0,00	2,24	0,38
	SD	0,00	0,92	2,43	2,11	1,80	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,04	0,33
	CV	0,00	150,00	126,49	54,77	42,64	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	53,41	33,33
31	Media	2,00	1,45	0,00	3,18	3,64	5,00	0,00	5,00	0,55	0,00	2,18	1,85
	Var	0,00	0,87	0,00	6,36	5,45	0,00	0,00	0,00	1,02	0,00	1,81	0,34
	SD	0,00	0,89	0,00	2,41	2,23	0,00	0,00	0,00	0,96	0,00	0,79	0,32
	CV	0,00	61,24	0,00	75,59	61,24	0,00	0,00	0,00	176,38	0,00	28,30	58,79
33A	Media	2,00	0,73	2,17	3,00	4,00	4,33	0,00	5,00	0,47	0,00	2,32	1,82
	Var	0,00	0,96	6,35	6,21	4,14	2,99	0,00	0,00	1,77	0,00	2,95	0,59
	SD	0,00	0,96	2,48	2,45	2,00	1,70	0,00	0,00	1,31	0,00	1,37	0,44
	CV	0,00	131,43	114,35	81,65	50,00	39,22	0,00	0,00	280,67	0,00	59,52	93,56