

Aspecte privind diversitatea și succesiunea în ecosisteme forestiere marginale (Dealul Radu) din Obcinele Bucovinei

Radu Cenușă, Marius Teodosiu, Elena Cenușă

1. Introducere

Prezența unor ecosisteme rare pentru o anumită zonă poate constitui un motiv pentru efectuarea unui studiu mai detaliat, un astfel de caz fiind și cel al ecosistemelor forestiere cantonate pe Dealul Radu, oarecum neobișnuite zonei în care se găsesc, și justificate prin așa-numita marginalitate ecologică. Aceasta este susținută de prezența speciilor atipice pentru zona respectivă: carpen, frasin, tei; prezența unui mediu termoxerofil; condiții ecologice marginale, care au favorizat conservarea speciilor din postglaciar (faza carpenului); necesitatea unor măsuri de gestionare durabilă a acestor ecosisteme forestiere.

Studiul a urmărit, pe baza utilizării unor metode cantitative specifice, o analiză a aspectelor referitoare la diversitate, precum și a tendințelor succesionale ale populațiilor de arbori și arbuști din zona menționată.

2. Materiale și metodă

2.1. Locul cercetărilor

Sub aspect geografic, Dealul Radu este

o terminație secundară a Obcinei Feredeului, fiind delimitat la nord-est și est de pârâul Ioneilor, la sud și sud-vest de râul Moldova, la vest și nord-vest de pârâul Crăciuneștilor și la nord de șeaua dintre vârful Lelii și vârful Radu. Sub raport altitudinal, media este de 712,2 m, cu limite între 625 m (nivelul râului Moldova) și 802 m, peste 35 % din suprafață fiind deținută de altitudini cuprinse între 701-750 m (Anonymous, 2003).

Principala caracteristică a Obcinelor Bucovinei - paralelismul culmilor și văilor pe direcția NV-SE - concordă cu aceea a structurii geologice și în cazul de față (Barbu, 1976). Analiza hărții geologice a zonei arată o litologie simplă, care are la bază două categorii de substraturi din seria șisturilor negre, caracteristice în mare parte fiecărui versant: argile și șisturi negricioase lidiene - versant sudic și argile și șisturi negricioase combinate cu gresii calcaroase și calcare sideritice - versant nordic. De altfel, din cauza eroziunii avansate, pe unele porțiuni de teren aceste roci apar la zi.

Se menționează faptul că, sub raport pedologic, pe Dealul Radu solurile dominante sunt cele brune acide litice și brune eumezobazice litice. În special pe versantul

sudic, supus mai intens activităților umane, se întâlnesc suprafețe întinse de soluri litice, cu un bogat conținut de fragmente de rocă, în special gresii și marne. Marnele prezintă, în cazul de față, o eroziune avansată, ca urmare a exploatării necorespunzătoare a pajiștilor și pășunilor pe o perioadă de peste 250 de ani, nefiind favorabile instalării vegetației, aceasta instalându-se cu greu în zonele în care este acum prezentă.

Sub raport administrativ, Dealul Radu se află în raza Ocolului Silvic Tomnatic - U.P. VI Tomnatic (tabelul 1), locul cercetărilor fiind situat în apropierea municipiului Câmpulung Moldovenesc (Anonymous, 1993; 2003). În plus, Dealul

Radu reprezintă un obiect nimerit pentru cercetări ecosistemice, întrucât prin așezarea versanților (majoritar expoziții N și NE, respectiv S și SV) permite obținerea de rezultate comparative.

2.2. Metoda de cercetare

Culegerea datelor de teren (2003) s-a făcut prin inventariere, după o rețea sistematică de 100 x 100 m, formată din 38 de cercuri, cu o suprafață fixă de 500 m². Cercurile au avut raza variabilă, acolo unde a fost cazul aplicându-se corecțiile de pantă; delimitarea s-a făcut pe cale optică, prin utilizarea unui dispozitiv de măsurare Vertex III. Suprafața totală inventariată a

Tabelul 1. Date privind unitățile amenajistice incluse în studiu
Data about the management units included in study

U.a.	Su- pra- fața (ha)	Grupa și subgr. funcț.	Tip de sol	Tip de pădure	Tip de stațiune	Compoziție	Vârș- tă (ani)	Prove- niență
71A	1,5	1-2A, 4B, 4I	Brun eume- zobazic	Molideto-brădet pe soluri scheletice, facies floră de mull	Montan de amestecuri, de productivitate mijlocie, brun, edafic mijlociu, cu <i>Asperula</i> – <i>Dentaria</i>	100 % molid	75	Rege- nerare naturală
71B	3,8	1-2A, 4B, 4I	Brun acid litic	Amestec de molid, brad, fag pe stâncării	Montan de amestecuri, slab productiv, stâncărie și eroziune excesivă	30 % molid, 20 % paltin, 10 % larice, 10 % pin silvestru, 10 % carpen, 20 % diverse tari	65	Rege- nerare naturală
72A	23,9	1-2A, 4B, 4I	Brun acid litic	Amestec de molid, brad, fag pe stâncării	Montan de amestecuri, slab productiv, stâncărie și eroziune excesivă	20 % molid, 20 % carpen, 20 % tei, 10 % frasin, 10 % paltin de munte, 10 % pin silvestru, 10 % larice	75	Rege- nerare naturală
72B	6,2	1-2A, 4B, 4I	Brun eume- zobazic litic	Molideto-brădet pe soluri scheletice	Montan de amestecuri, de productivitate mijlocie, brun, edafic mijlociu, cu <i>Asperula</i> – <i>Dentaria</i>	100 % molid	90	

fost de 1,9 ha, dintr-un total de 34,5 ha, corespunzător unui procent de inventariere de 5,5 %. Pentru arborii inventariați, în fiecare dintre cercuri s-au înregistrat următoarele caracteristici: specie, diametrul la înălțimea de 1,30 m, iar pentru un număr de 4-6 arbori/cerc, la principalele specii arborescente s-au măsurat și înălțimile și lungimea coroanei. De asemenea, în fiecare cerc s-au inventariat și speciile arbustive.

Este cunoscut faptul că analiza sinecologică are în vedere în principal grupele dominante din diferitele straturi ale ecosistemului, considerându-se că acestea participă la metabolismul materiei din biocenoză în proporții de aproximativ 80 %. Probele luate din unități standard de arie sau volum ale unui strat oarecare se supun apoi unei analize matematice, estimându-se o serie de indicatori care sunt în măsură să reliefeze caracteristicile biocenozelor, exprimate prin două categorii de indicatori ecologici: analitici și sintetici (Stugren, 1982).

2.2.1. Indicatori ecologici analitici

Indicatorii ecologici analitici pentru caracterizarea diversității specifice exprimă următoarele caracteristici biocenotice: abundența, constanța, dominanța (Stugren, 1982).

Abundența (A) reprezintă numărul absolut al indivizilor unei specii, prezenți într-o anumită suprafață. Acest indicator se exprimă prin valoarea lui absolută, fiind mărimea de care ne folosim în calcularea celorlalți indicatori. După valoarea abundenței, caracterizăm speciile prezente în aria dată folosind următoarele expresii: rară, puțin rară, abundentă și foarte abundentă.

Constanța (C) exprimă continuitatea apariției unei specii în biotopul dat. Această caracteristică este considerată ca fiind un

indicator structural, deoarece arată în ce proporție o specie oarecare participă la realizarea structurii biocenozelor. Cu cât valoarea indicatorului este mai mare, cu atât se consideră că specia dată este mai bine adaptată la condițiile oferite de biotop. Constanța se estimează cu ajutorul relației:

$$C_A = \frac{n_p A}{N_p}$$

unde: CA - constanța speciei A ;

npA - numărul probelor în care se găsește specia A ;

Np - numărul total de probe examinate.

În funcție de valoarea acestui indicator, speciile se distribuie în următoarele clase: C_1 - accidentale, prezente între 1-25 % din probe; C_2 - accesorii, prezente între 25,1-50 % din probe; C_3 - constante, prezente între 50,1-75 % din probe și C_4 - euconstante, prezente între 75,1-100 % din probe.

Dominanța (D) arată în ce relație se găsește efectivul unei specii date față de suma indivizilor celorlalte specii cu care se asociază, exprimând abundența relativă. Dominanța este considerată ca fiind un indicator al productivității, căci arată procentul de participare al fiecărei specii la realizarea producției de biomasă din biocenoză. Se calculează cu ajutorul indicelui de dominanță (Balogh, 1958, citat de Stugren, 1982):

$$D_A = \frac{nA \cdot 100}{N}$$

unde: D_A - dominanța speciei A ;

nA - numărul total de indivizi din specia A , găsiți în probele examinate;

N - numărul total de indivizi al tuturor speciilor prezente în probele examinate.

În funcție de valoarea acestui indicator,

speciile se distribuie în următoarele clase: D_1 - subprecedente (sub 1,1 %), D_2 - recedente (între 1,1-2 %), D_3 - subdominante (între 2,1-5 %), D_4 - dominante (între 5,1-10 %) și D_5 - eudominante (peste 10 %).

2.2.2. Indicatorii ecologici sintetici

Acești indicatori cumulează valorile unor indicatori analitici sau introduc în relația de calcul mai mulți parametri, în mod frecvent calculându-se indicele de semnificație ecologică și indicele de afinitate cenotică

Indicele de semnificație ecologică (W) reprezintă relația dintre indicatorul structural (C) și cel productiv (D), ilustrând mai bine poziția unei specii în biocenoză:

$$W_A = \frac{C_A \cdot D_A}{100}$$

În funcție de valoarea acestui indicator, speciile se distribuie în următoarele clase: W_1 - cu valori sub 0,1 % (specii accidentale), W_2 - cu valori între 0,1-1 % (specii accesorii), W_3 - cu valori între 1,1-5 % (specii accesorii), W_4 - cu valori între 5,1-10 % (specii caracteristice cenozei date) și W_5 - cu valori peste 10 % (specii caracteristice cenozei date).

Indicele de afinitate cenotică (q) evidențiază afinitățile existente între speciile unui grup dintr-o biocenoză dată, stabilite în baza preferințelor comune pentru condițiile aceluiași mediu de viață și permite punerea în evidență a speciilor caracteristice - speciile cu afinitatea cea mai mare.

În mod frecvent, afinitatea cenotică se calculează cu ajutorul coeficientului lui Jaccard (q), aplicat prin relația (Ivan, 1979):

$$q = \frac{c \cdot 100}{a + b - c}$$

unde:

a - numărul probelor în care se găsește specia A, indiferent dacă este sau nu și B;

b - numărul probelor în care se găsește specia B, indiferent dacă este sau nu și A;

c - numărul probelor care conțin ambele specii.

2.2.3. Diversitatea specifică

Diversitatea specifică reprezintă raportul dintre numărul total de specii și numărul total de indivizi dintr-o biocenoză dată, numită și diversitate ecologică. Indicele de diversitate specifică este o măsură a gradului de stabilitate structurală al unei biocenoze date. O biocenoză stabilizată se caracterizează printr-un indice de diversitate ridicat, ceea ce presupune condiții ecologice echilibrate, care pot permite unui număr mare de specii să conviețuiască și să se dezvolte normal.

Unul din indicii prin care diversitatea specifică se poate estima, în baza probelor extrase din ecosistem, este indicele de diversitate, care se bazează pe probabilitățile de întâmplare ale evenimentelor legate în lanț (Leahu, 1976):

$$H_{(s)} = -k \cdot \sum_{i=1}^s p_i \cdot \lg p_i$$

unde:

$H(s)$ - indicele diversității;

S - numărul de specii;

$p_i - n_i / N$ - dominanța speciei;

n_i - numărul de indivizi ai speciei i ;

N - numărul total de indivizi;

k - factorul de conversie pentru schimbarea bazei logaritmului de la 10 la 2 cu

valoarea de 3,32192.

Conceptul diversității include următoarele noțiuni: diversitatea reală, diversitatea maximală, diversitatea relativă (echitabilitatea) (Mac Arthur, 1957 citat de Stugren, 1982).

Diversitatea reală ($H_{(s)}$) este aceea observată din analiza probelor și va fi cu atât mai mare cu cât indicatorul $H_{(s)}$ va avea o valoare mai mare și reciproc. Pentru același număr de indivizi, diversitatea va crește cu numărul de specii, în timp ce pentru același număr de specii, diversitatea va crește cu numărul de indivizi.

Diversitatea maximală ($H_{(s)MAX}$) se atinge atunci când toate speciile prezente ar avea același număr de indivizi și se obține prin:

$$H_{(s)MAX} = k \cdot \lg S$$

Diversitatea relativă (echitabilitatea) (H_r) reprezintă raportul dintre $H_{(s)}$ și $H_{(s)MAX}$:

$$H_r = \frac{H_{(s)}}{H_{(s)MAX}}$$

Valoarea H_r arată în ce măsură diversitatea observată se îndepărtează de cea ipotetică (maximală), cu cât procentajul este mai mare, cu atât diversitatea reală se apropie de cea ipotetică. Când în probele studiate există specii dominante, reprezentate printr-un număr mare de indivizi, $H_{(s)}$ scade, iar când există multe specii fără ca unele să domine evident pe celelalte, $H_{(s)}$ crește, apropiindu-se de $H_{(s)MAX}$; așadar, diversitatea relativă reprezintă o măsură a gradului de echilibru sau dezechilibru al unei comunități. Acest mod de a estima echitabilitatea este în prezent neutilizat, pe motivul că diversitatea maximă nu se poate atinge niciodată în natură, speciile nepu-

tând avea abundențe egale.

S-a ales astfel o altă cale de calcularea echitabilității, propusă de Lloyd și Ghelardi și care constă în compararea diversității observate $H_{(s)}$ cu diversitatea teoretică $M_{(s')}$, aceasta din urmă îndepărtându-se mai puțin de situația reală, fiind calculată pentru un același număr de specii observate, dar pentru care numărul de indivizi ar fi repartizat egal. Se propune calcularea echitabilității ca raportul dintre numărul teoretic de specii S' și numărul observat S (Lloyd și Ghelardi, 1964, citat de Stugren, 1982):

$$\mathcal{E} = \frac{S'}{S}$$

Numărul teoretic de specii S' corespunde la acea valoare a diversității teoretice $M_{(s')}$ egală cu $H_{(s)}$, calculat pe datele empirice, $M_{(s')}$ fiind stabilită prin rezultatele consemnate într-un tabel conceput de autori (Stugren, 1982). Valoarea se apropie de 0 când speciile au o divergență maximă (numărul de indivizi corespunzător fiecărei specii este foarte variabil) între ele și este egală cu 1 când toate speciile au frecvențe egale. Procentul obținut arată cât la sută reprezintă diversitatea comunității studiate față de o comunitate ideală, cu același număr de specii, dar cu indivizi distribuiți echitabil.

2.2.4. Indicatori pentru caracterizarea diversității structurale

Diversitatea structurală are în vedere modul de grupare a indivizilor în spațiu, raporturile lor funcționale și variabilitatea dimensiunilor. Este cunoscut faptul că structura geometrică a unui ecosistem prezintă o importanță deosebită, întrucât asigură stabilitatea internă a componentelor, ilustrează modul în care sunt exploatate

resursele și, în final, capacitatea indivizilor, respectiv a speciilor de a face față concurenței, sub controlul multitudinii factorilor ecologici.

Pentru evaluarea diversității structurale s-a apelat la o serie de indici, o parte din aceștia fiind cunoscuți și utilizați în mod curent din lucrările de biometrie forestieră - suprafața de bază, diametrul mediu și coeficientul de variație al acestuia, indicele Gini.

O primă prezentare și aplicație a indicelui Gini și a curbei Lorenz (Camino, 1976) în literatura românească de specialitate este făcută de Barbu și Cenușă (2001). Stocker (2002), utilizând drept punct de plecare alura curbelor lui Lorenz, recomandă utilizarea coeficientului Gini - numit grad de eterogenitate - care are ca bază de calcul raportul dintre suprafața desemnată de curba Lorenz și diagonală, și suprafața totală a triunghiului determinat de cele două laturi și diagonală. În acest caz, valoarea zero reprezintă omogenitatea maximă, iar valoarea unu eterogenitatea maximă. Utilizat ca indice structural global, indicele Shannon poate exprima cantitatea de informație introdusă de numărul de specii și de distribuția numărului de arbori pe categorii de diametre pentru fiecare specie.

3. Rezultate

Pentru cazul studiat, expoziția, panta și insolația, coroborate cu activitatea antropică - manifestată cu o intensitate puternică în ultima jumătate de mileniu (Barbu, 1982) - sunt factori importanți, care este necesar a fi luați în considerare. În cazul pantei, este cunoscut rolul acesteia ca factor ce determină gradul de încălzire al solului, acumularea și scurgerea precipitațiilor lichide și solide, gradul de înrădăcinare al

arborilor; pentru zona studiată, analiza efectuată pe baza modelului digital al terenului (scara 1:5000) a pus în evidență că majoritatea suprafețelor au pante cuprinse între 31 și 40 de grade, ceea ce corespunde unei înclinări pronunțate.

Gradul de insolație - indicator al posibilităților termice ale suprafețelor - a fost calculat ca o combinație între latitudine, expoziție, pantă, după metoda Stanciu (1972), determinându-se trei nivele de insolație: semiînsorit (valoarea 2), însorit (valoarea 3) și supraînsorit (valoarea 4), în concordanță cu metodologia citată aceste grade de insolație reprezentând fracțiuni din insolația maxim-possibilă: semiînsorit - 51-70 %; însorit - 71-90 %; supraînsorit - 91-100 %.

3.1. Caracterizarea diversității specifice

Diversitatea specifică, calculată potrivit relațiilor menționate anterior, este prezentată în tabelul 2.

Valorile calculate pentru diversitatea reală, diversitatea maximă și diversitatea relativă (echitabilitatea) sunt: $H_{(s)} = 2,4758$, $H_{(s)MAX} = 10,1382$ și $H_R = 0,2442$. Datele din tabelul 1 arată că speciile cele mai abundente sunt molidul, păducelul și carpenul, în timp ce între speciile rare pot fi enumerate frasinul, laricele, teiul, cireșul și pinul, iar dintre speciile foarte rare, mărul, plopul, părul, paltinul, fagul și ulmul.

Din punctul de vedere al constanței, singura specie euconstantă este molidul, ceea ce demonstrează faptul că aceasta este cel mai bine adaptată condițiilor din zonă. Clasa speciilor constante include carpenul și păducelul - și acestea prezentând o adaptabilitate crescută, în timp ce în clasa speciilor accesorii se încadrează teiul și frasinul. Majoritatea speciilor - larice, cireș, măr, pin, plop, paltin, fag și ulm, păr - sunt

incluse în categoria speciilor accidentale.

Din punctul de vedere al dominanței speciilor, în categoria speciilor eudominante intră molidul, păducelul și carpenul, aceste specii având procentul cel mai important în creșterea productivității primare a ecosistemului. În categoria speciilor dominante intră frasinul și laricele, specii cu un aport semnificativ în producerea de biomasă. Speciile subdominante sunt repre-

zentate de tei, în timp ce dintre speciile recedente, în suprafața studiată apar cireșul și pinul. Clasa cea mai bine reprezentată este cea a speciilor subrecedente: măr, plop, păr, paltin, fag și ulm.

Indicele de semnificație cenotică (tabelul 3) ne indică faptul că speciile caracteristice fitocenozei luate în discuție sunt molidul, carpenul și păducelul, speciile accesorii - cuprinse în două clase - sunt

Tabelul 2. Indicatori ecologici ai diversității
Ecological indicators of the diversity

Specia	Nr. total indivizi	Numărul de probe în care se află specia	Constanța		Dominanța		Indice de semnificație ecologică		Indice de diversitate
			%	C	%	D	%	W	
Molid	377	28	73	C4	33,4	D5	24,38	W5	0,1590
Păducel	265	20	52	C3	23,5	D5	12,22	W5	0,1478
Carpen	259	24	63	C3	22,9	D5	14,42	W5	0,1467
Frasin	70	11	28	C2	6,2	D4	1,73	W3	0,0749
Larice	60	5	13	C1	5,3	D4	0,68	W2	0,0677
Tei	47	16	42	C2	4,1	D3	1,72	W3	0,0575
Cireș	15	5	13	C1	1,3	D2	0,16	W2	0,0249
Pin	14	3	7	C1	1,2	D2	0,08	W1	0,0236
Măr	5	4	10	C1	0,4	D1	0,04	W1	0,0103
Plop	4	2	5,2	C1	0,3	D1	0,01	W1	0,0085
Păr	3	1	2,6	C1	0,2	D1	0,005	W1	0,0066
Paltin	3	2	5,2	C1	0,2	D1	0,01	W1	0,0066
Fag	3	2	5,2	C1	0,2	D1	0,01	W1	0,0066
Ulm	2	2	5,2	C1	0,1	D1	0,005	W1	0,0046
Total	1127								

Tabelul 3. Diagrama indicelui de afinitate cenotică
Matrix of the Jaccard index

Specia	Molid	Păducel	Carpen	Frasin	Larice	Tei	Cireș	Pin	Măr	Plop	Păr	Paltin	Fag	Ulm
Molid		37,14	30,00	25,80	17,85	25,71	10,00	10,71	6,66	7,14	0,00	3,44	7,14	3,44
Păducel			41,17	34,78	19,04	24,13	19,04	9,52	20,00	4,76	5,00	4,76	0,00	10,00
Carpen				34,61	0,00	37,93	20,83	3,84	7,69	8,33	0,00	4,00	4,00	8,33
Frasin					14,28	17,39	14,28	0,00	15,38	8,33	0,00	8,33	0,00	18,18
Larice						5,00	0,00	14,28	11,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tei							10,52	11,76	5,26	5,88	6,25	5,88	0,00	0,00
Cireș								14,28	12,50	16,66	0,00	0,00	0,00	16,66
Pin									16,66	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Măr										20,00	0,00	0,00	0,00	20,00
Plop											0,00	0,00	0,00	0,00
Păr												0,00	0,00	0,00
Paltin													0,00	0,00
Fag														0,00
Ulm														

reprezentate de frasin și tei, respectiv cireș, în timp ce speciile accidentale sunt cele predominante: pin, măr, plop, paltin și fag, păr și ulm.

3.2. Caracterizarea diversității structurale

Pentru caracterizarea diversității structurale, ambii indici - Lorentz și Gini - au fost calculați pentru fiecare suprafață de probă. S-a constatat că un procent ridicat din suprafață (92,1%) corespunde unor valori ale acestui indice cuprinse între 2,1 și 3,0. Pentru zona studiată, valoarea medie a indicelui Lorentz (fig. 1) este 2,52, cuprinsă între 1,5 și 4,22 cu un coeficient de variație de 30%. Este de remarcă faptul că domeniul de variație al acestui indice este foarte restrâns, cantonându-se în jumătatea valorilor mici (<5), ceea ce indică o omogenitate ridicată, care însă nu reflectă întotdeauna situația din teren. Din punct de vedere al distribuției spațiale, analiza (neprezentată în lucrarea de față), omogenitatea structurală se întâlnește pe versanții umbriți unde participarea molidului este mare, în timp ce pe versanții sudici se întâlnesc zone cu o eterogenitate mai ridicată.

Corespunzător indicelui Gini, (fig. 2) procentul cel mai ridicat (28,9 %) este ocupat de zone cu o eterogenitate medie (0,5-0,6), 32,5% din suprafață având o structură complexă, cu eterogenitate ridicată. Valoarea medie este de 0,52, aceasta fiind cuprinsă între 0,26 și 0,73, cu un coeficient de variație de 25 %. După cum se poate constata, valorile arătate indică o eterogenitate medie (fig. 2), corespunzătoare unor arbori amestecați, dar echieni (de aceeași vârstă) sau relativ echieni (de vârste apropiate). Relația dintre acești doi indici are o valoare foarte semnificativă, negativă ($R = -0,788$), ceea ce arată faptul că indi-

cațiile lor pot fi considerate complementare.

În prezentul studiu, indicele Shannon ia valori cuprinse între 2,23 și 4,28. Distribuția suprafețelor în raport cu acest indice se prezintă în figura 3. Se constată că 47,4 % din suprafața studiată are indicele cuprins în treapta valorică 3,6-4,0. Sub valoarea 3 este înregistrat un procent de 15,7 %. Valoarea medie a acestui indice este de 3,52 - corespunzătoare unui grad redus de

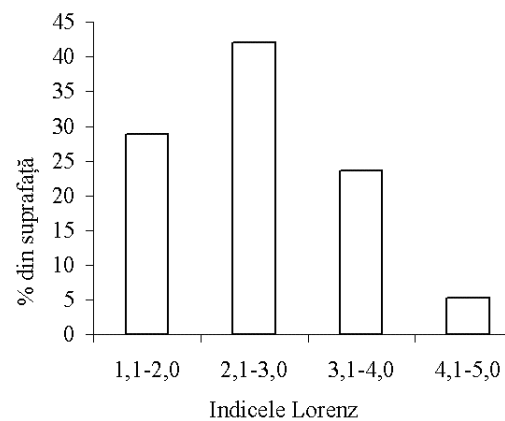


Fig. 1. Procentul din suprafață corespunzător valorilor indicelui Lorentz

Percentage from surface corresponding to different classes of the Lorenz index

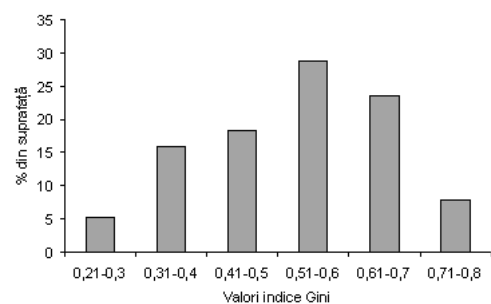


Fig. 2. Procentul din suprafață corespunzător valorilor indicelui Gini

Percentage from surface corresponding to different classes of the Gini index

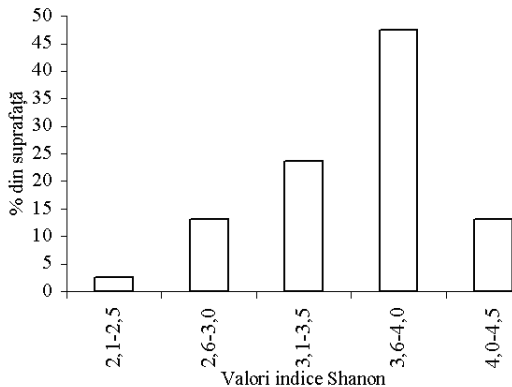


Fig. 3. Procentul din suprafață corespunzător valorilor indicelui Shannon
Percentage from surface corresponding to different classes of the Shannon index

organizare, cu un coeficient de variație de 13,1 %.

3.4. Analiza interacțiunilor dintre factorii și elementele luate în studiu

Este cunoscut faptul că între diferitele componente ecosistemice există numeroase relații complexe: factori microstaționali - diversitate specifică, factori microstaționali - diversitate structurală, între diferitele componente ale diversității specifice, între diferitele componente ale diversității structurale, diversitate specifică - diversitatea structurală. Aceste relațiile bilaterale dintre diferitele componente au fost evidențiate prin aplicarea metodei de analiză a corelației, obținându-se matricea coeficienților de corelație (tabelul 4). Valorile limită ale acestor coeficienți la 37 grade de libertate sunt: $R = 0,317$ pentru nivelul semnificativ, $R = 0,407$ pentru nivelul distinct semnificativ și $R = 0,508$ pentru nivelul foarte semnificativ.

4. Discuții și concluzii

4.1. Caracterizarea diversității

Sub raportul diversității specifice, faptul că păducelul are o afinitate cenotică cu principalele specii poate fi considerată o consecință a pășunatului. De exemplu, afinitatea cenotică dintre păducel și molid este una conjuncturală, spre deosebire de afinitatea cenotică dintre carpen, frasin și tei, cele trei specii fiind întâlnite frecvent în șleaurile de deal. Valoarea procentuală a diversității relative (24 %) ne arată că diversitatea observată reprezintă numai un sfert din diversitatea ipotetică, aceasta din urmă, însă, nu poate fi atinsă, datorită marii variabilități a condițiilor microstaționale și a cerințelor speciilor inventariate. Toate datele referitoare la diversitatea specifică probează faptul că Dealul Radu prezintă o mare diversitate a speciilor de arbori forestieri, dată de modul de grupare în raport cu condițiile microstaționale, cu gradul de degradare a solului și cu intensitatea pășunatului.

Utilizând indicele Gini, Camino (1976) a demonstrat că în arboretele cu structuri diversificate, având raporturi bune de creștere, omogenitatea este mai redusă decât în arboretele slab productive, gradul de omogenitate putând furniza informații valoroase asupra evoluției structurale a pădurii: la început, omogenitatea este ridicată, ea scăzând o dată cu înaintarea în vârstă. În general, intervențiile silviculturale ridică gradul de omogenitate. Testarea în condițiile pădurilor naturale - Slătioara (Cenușă, 2002) - a pus în evidență valori ale indicelui Lorentz (H) între 1,7 și 7,3 și ale indicelui Gini (G) între 0,3 și 0,8, găsindu-se că nu ambii indici reflectă întotdeauna același grad de omogenitate, indicele Gini fiind mai reprezentativ. În același caz,

**Tabelul 4. Matricea coeficientilor de corelație între elementele luate în studiu
 Matrix of the correlation coefficients for the studied parameters**

	Alt.	Pantă	Insol.	Molid	Carpen	Păducel	Frasin	Tei	Larice	Cireș	Pin	Plop	Palatin	Măr	Fag	Ulm	Pâr	Alun	Nr. sp.	N/ha	G/ha	D	CV D	Lorenz	Gini	Shanon	
Alitudine	1																										
Pantă	0,240	1																									
Insolația	0,024	0,030	1																								
Molid	0,242	-0,015	-0,534	1																							
Carpen	-0,430	-0,079	0,136	-0,648	1																						
Păducel	0,146	-0,010	0,436	-0,196	-0,246	1																					
Frasin	-0,011	0,112	0,203	-0,352	0,035	-0,123	1																				
Tei	-0,143	0,147	0,121	-0,230	0,033	-0,319	0,098	1																			
Larice	0,444	0,052	0,192	-0,002	-0,252	0,128	-0,103	-0,132	1																		
Cireș	-0,052	0,138	0,054	-0,214	0,156	-0,173	-0,101	0,082	-0,094	1																	
Pin	-0,039	0,047	0,223	0,040	-0,204	-0,028	-0,125	0,118	-0,066	0,313	1																
Plop	0,078	0,359	0,000	-0,137	-0,107	-0,099	-0,075	0,281	-0,052	0,590	0,576	1															
Palatin	0,058	-0,033	-0,006	0,129	-0,225	-0,002	0,141	0,061	-0,082	-0,095	-0,073	-0,052	1														
Măr	-0,157	0,065	0,210	-0,247	0,108	0,297	-0,018	-0,137	-0,064	0,061	-0,004	-0,033	-0,092	1													
Fag	0,004	-0,243	-0,342	0,147	-0,147	-0,181	-0,116	-0,119	-0,067	-0,078	-0,060	-0,043	0,336	-0,075	1												
Ulm	0,094	0,047	0,214	-0,192	0,098	-0,062	0,337	-0,113	-0,064	0,134	-0,057	-0,041	-0,065	0,591	-0,053	1											
Pâr	-0,245	-0,220	0,000	-0,153	0,170	0,058	-0,081	0,012	-0,047	-0,054	-0,042	-0,030	-0,047	-0,052	-0,039	-0,037	1										
Alun	-0,016	0,397	0,050	-0,174	-0,050	-0,066	0,369	0,129	-0,180	0,293	0,154	0,433	0,163	0,119	0,070	0,246	-0,017	1									
Nr. specii	-0,128	0,000	0,415	-0,515	-0,014	0,380	0,405	-0,006	-0,088	0,324	0,281	0,350	-0,011	0,444	-0,058	0,376	0,078	0,413	1								
Nr. arb/ha	0,240	-0,189	0,382	0,011	-0,259	0,636	-0,176	-0,292	0,286	-0,126	0,172	-0,132	-0,172	0,067	-0,181	-0,159	-0,008	-0,318	0,244	1							
G/ha	0,137	-0,394	-0,402	0,493	-0,271	-0,251	-0,287	0,059	-0,100	-0,223	0,019	-0,214	-0,039	-0,204	0,288	-0,073	-0,110	-0,539	-0,491	-0,062	1						
Diametru D-0,111	0,020	-0,517	0,360	-0,034	-0,609	-0,044	0,216	-0,243	-0,041	-0,084	-0,024	0,072	-0,094	0,269	0,063	-0,111	-0,061	-0,465	-0,729	0,583	1						
CV D	0,084	-0,200	0,286	-0,278	-0,032	0,604	0,088	-0,090	-0,054	-0,208	-0,277	-0,212	0,055	0,017	-0,035	0,099	0,083	-0,074	0,185	0,216	-0,030	-0,388	1				
Lorenz	0,022	0,218	-0,248	0,353	-0,196	-0,298	-0,111	0,051	0,066	0,158	0,256	0,253	-0,125	-0,032	-0,087	-0,121	-0,075	0,107	-0,039	0,170	0,022	0,078	-0,780	1			
Gini	0,019	-0,191	0,290	-0,299	0,010	0,580	0,104	-0,101	-0,055	-0,197	-0,303	-0,239	0,047	0,067	-0,010	0,152	0,097	-0,008	0,221	0,176	-0,109	-0,383	0,977	-0,789	1		
Shannon	0,027	-0,462	0,041	-0,146	0,103	-0,244	0,181	0,035	-0,030	0,253	0,225	0,089	0,257	-0,045	0,136	0,192	0,085	-0,114	0,291	0,156	0,208	-0,132	-0,094	0,141	-0,137	1	

aplicarea indicelui Shannon în cazul diametrelor a evidențiat o valoare medie de 4,39.

Valorile spațiale calculate (neincluse în lucrare) ale indicilor diversității structurale indică faptul că aceasta crește odată cu variabilitatea condițiilor staționale. Totodată, ei pun în evidență o omogenitate mare, comparativ cu pădurile naturale din zonă, semnificația acesteia stând în faptul că pădurea studiată se află, încă, în stadiile incipiente ale succesiunii secundare.

4.2. Interacțiuni

Analiza comparativă a valorilor coeficienților de corelație (tabelul 3) a condus la identificarea unor relații corelative, în continuare luându-se în considerare numai cele foarte semnificative și distinct semnificative, atât pozitive (+), cât și negative (-).

Relații foarte semnificative. Din punct de vedere al factorilor ecologici, a rezultat că insolația terenului este un factor limitativ (-), atât pentru procentul de răspândire a molidului, cât și pentru valoarea diametrului mediu. Sub raport structural, majoritatea legăturilor sunt, de asemenea, negative: păducelul, prin dimensiunile reduse influențează negativ valoarea diametrului, în timp ce stadiul de dezvoltare al pădurii, exprimat sintetic prin suprafața de bază, determină scăderea numărului de tufe de alun. S-au identificat și o serie de legături autocorelative: (+) valoarea diametrului influențează valoarea suprafeței de bază, iar valoarea coeficientului de variație a diametrului mediu influențează indicele Gini și (-) între coeficientul de variație al diametrului mediu și valoarea indicelui Lorenz, și între aceasta din urmă și valoarea indicelui Gini, toate date de modul de calcul al indicilor respectivi.

Sub raportul relațiilor dintre specii - cazul a două dintre speciile eudominante -

procentul molidului este în relație inversă cu procentul carpenului (-), fapt pus pe seama pretențiilor ecologice complementare. În cazul celei de-a treia specii din această categorie, s-a găsit că (+) procentul de răspândire a păducelului influențează direct numărul de arbori, coeficientul de variație al diametrului și valoarea indicelui Gini, deci este un element de influență pentru diversitatea structurală. Între participarea cireșului și a plopului există o legătură sinergică (+), ambele specii având cerințe pentru umiditatea solului, găsindu-se deci pe microdepresiuni, prezența ultimei specii fiind, de asemenea, legată de prezența pinului silvestru (+). Procentul de răspândire a ulmului este (+) în strânsă legătură cu prezența mărului, pe baza unor cerințe staționale echivalente.

Relații distinct semnificative. Dintre factorii ecologici, (+) treapta de insolație determină procentul de răspândire a păducelului și numărul de specii, în timp ce procentul de răspândire a laricelui crește în raport cu altitudinea, fapt explicat de temperamentul acestei specii. De asemenea, valoarea pantei influențează, prin înrăutățirea condițiilor de vegetație, nivelul indicelui Shannon pentru diversitatea structurală, în timp ce (-) creșterea altitudinii determină scăderea procentului de participare a carpenului.

Structural, procentul de participare a molidului determină în mod direct valoarea suprafeței de bază (+), în timp ce creșterea participării pinului duce la uniformizarea diametrelor (scăderea coeficientului de variație a diametrului mediu) și, cu cât crește numărul de specii, cu atât descrește valoarea diametrului mediu și, implicit a suprafeței de bază, ca efect al concurenței (-).

Din punctul de vedere al relațiilor dintre specii, răspândirea plopului este strâns legată de prezența alunului, ca urmare a

acelorași cerințe față de lumină, în timp ce prezența mărilor și a alunului influențează numărul de specii.

4.3. Succesiunea vegetației pe Dealul Radu

Utilizarea unor date cu caracter istoric în analiza succesiunilor este o practică obișnuită, acestea putând compensa informații care, prin utilizarea experimentelor - chiar pe termen lung - nu pot fi obținute; acest gen de investigație a fost utilizat, spre exemplu, în cazul validării modelului SORTIE (Pacala et al., 1996), fiind adoptat și în cazul Dealul Radu, în vederea înțelegerii evoluției ecosistemelor studiate.

Se poate considera că impactul activității umane asupra acestor ecosisteme are origini vechi, susținute și de legenda istorică "Dodul și tătarii", publicată pentru prima dată de către Simion Florea Marian în anul 1878 (Marian, 1981) și în care se găsește următorul pasaj: "Toți sătenii, dintre care partea cea mai mare era dusă la lucru pe Valea Caselor, unii însă pe dealul Hâga și Cucoara, iar alții dincolo de Moldova, pe muntele Radu, precum și pe văile din apropierea acestora, cum auziră toaca sunând, părăsiră lucrul, alergară din toate părțile, unii cu coasele, alții cu furci și iarăși alții cu securi și lănci, mai pe scurt fiecare cu ce-a putut mai degrabă apuca în mâini ...". Din relatările legendei, se pot deduce cel puțin două aspecte: (i) Dealul Radu (denumit munte) era supus unei activități umane intense alături de zonele învecinate, datorită existenței localității Valea Caselor, cu o populație în expansiune și (ii) după uneltele luate la repezeală în scop de apărare se poate deduce că activitățile zilnice erau îndreptate cel puțin spre două ecosisteme: pajiștile și pădurile.

O dovadă certă privind exploatarea

intensă și îndelungată a terenului din zona Dealului Radu o constituie un act de vânzare-cumpărare încheiat în 1790, din care se citează: "precum să știi că avându eu moșioară dreaptă a me de la moșii mei cari să chiamă dealul Radu cari hotarul esti din gios din gura pârăului Ioneilor și acole purcedi pi cărare în sus până în vadul cailor în Moldova și apucă Moldova în sus până în gura pârăului Crăciuneștilor, și pârău la deal până în vârvul dealului și tot vârvul dealului până ci coboară iarăși ăn pârăul Ioneilor, și s'au încheiatu haturile." Documentul de mai sus, publicat de către T. V. Ștefanelli (1915), prezintă o importanță istorică deosebită, deoarece face dovada unei utilizări foarte intense a terenurilor din zonă, pe de o parte, și stabilește pentru prima dată limitele naturale ale Dealului Radu, pe cealaltă parte.

În aceste condiții, se poate afirma că activitatea umană a început în jurul anului 1500, o dată cu primele dovezi de așezări umane. Această activitate s-a desfășurat în primul rând în scopul dobândirii unor spații cât mai extinse pentru fânețe și pășuni, făcându-se totdeauna în detrimentul pădurii, astfel că, treptat, structura pădurii a fost modificată prin defrișări (lăzuiri) sau prin incendieri, până la dispariția acestuia.

În condițiile în care fânețele au pierdut din productivitate, suprafețele respective au fost supuse unui pășunat intens, care practicat pe versanți sudici, pe pante mari și pe substraturi litologice friabile, a condus la pierderea învelișului de sol și, ulterior, la abandonarea terenului.

În raport cu cele două zone distincte determinate de expoziția dominantă a versanților (N și NE, respectiv S și SE), evoluția succesională s-a manifestat diferit. Astfel, pe versantul nord-estic pădurea s-a menținut cu continuitate, fără ca intensitatea activităților umane să afecteze ecosis-

temul. Pe versantul sudic însă, pădurea a suferit un șir lung de transformări concretizate în: (i) înlăturarea pădurii în scopul obținerii de suprafețe pentru pășuni și fânețe de către o populație aflată în creștere; supraexploatarea suprafețelor defrișate pe parcursul a peste trei secole, (ii) declanșarea fenomenelor de eroziune a terenurilor și favorizarea alunecărilor, (iii) abandonarea terenurilor, care a corespuns cu faza de declanșare a succesiunii secundare, (iv) colonizarea terenurilor practic nude cu specii adaptate la condiții grele (pășunat, încălzirea solului, lipsa humusului, etc.), favorizată de natura substratului (roci friabile, de reacție neutră la moderat-bazică) și de existența carpenului ca relict al unei faze distincte la această zonă altitudinală și (v) consolidarea vegetației în structurile existente și extinderea spațială. Prin aceste procese se poate explica menținerea carpenului ca specie de bază pe versantul însoțit și lipsa concurenței din partea fagului care, ca specie de umbră, nu se putea dezvolta în aceste condiții.

În raport cu pășunatul intens, speciile forestiere mai robuste adoptă o strategie care le permite să supraviețuiască. Vătămată an de an prin ciupire sau roadere, specia respectivă (carpen, alun, tei) dezvoltă creșteri reduse, până depășește nivelul critic de vătămare (1,5-2,0 m). Odată depășit acest nivel, creșterile se activează și arbo-rele se poate dezvolta nestingherit. Speciile forestiere adaptate la pășunat sunt echipate cu țepi care le permit supraviețuirea. În prezentul studiu au fost întâlnite măceșul, dracila și păducelul. Aceste specii se dezvoltă la marginea pădurii, constituind avangarda înaintării acesteia în zonele des pășunate (fig. 7). Se poate constata o organizare specifică a lizierei, constituită din succesiunea spațială: mărcinișuri-manta-pădure.

Abandonarea terenurilor intens degradate a însemnat declanșarea evoluției ecosistemelor forestiere de pe Dealul Radu în două direcții diferite: (i) împădurirea pe cale artificială a unor zone mai accesibile, începută la sfârșitul secolului al XIX-lea ca o consecință a unei politici de împădurire a izlazurilor degradate adoptate de Fondul Bisericesc al Bucovinei (Gârbu, 1934) și în care s-au utilizat în principal molidul, laricele și, mai rar, pinul silvestru (fig. 8) și (ii) regenerarea naturală pe terenurile cu degradare extremă a unor specii pioniere de mare rezistență, în special la pășunat, fie datorită habitusului (măceș, păducel), fie datorită unei ridicate capacități de lăstărire (alun, carpen, tei), sau de regenerare (plop, frasin). Procesul de colonizare se desfășoară și la ora actuală pe terenuri lipsite de sol sau cu început de solificare (fig. 9). Astfel, se poate explica de ce Dealul Radu prezintă o diversitate ridicată a speciilor forestiere.

Vegetația forestieră s-a instalat pe versantul sudic al Dealului Radu, prin ambele căi arătate: partea vestică (parcelele 71A) a fost constituită prin împădurirea cu molid a terenurilor abandonate, iar parcelele 71B și 72A reprezintă rezultatul succesiunii secundare a pădurii în lipsa intervenției antropice, cu întreaga serie de transformări ulterioare. Privite prin prisma noilor teorii privind succesiunea ecosistemelor forestiere (Thomasius, 1998) rezultatele obținute evidențiază clar importanța activităților umane și a condițiilor micro-staționale în dirijarea sensului evoluției succesionale a vegetației forestiere. Sub influența condițiilor staționale specifice, pe versantul însoțit este frânată dezvoltarea fagului, astfel încât porțiunile aflate în stadiul pionier vor evolua către stadiul intermediar, cu participarea carpenului, teiului și eventual a frasinului, fiind eliminate dreptat specii pre-

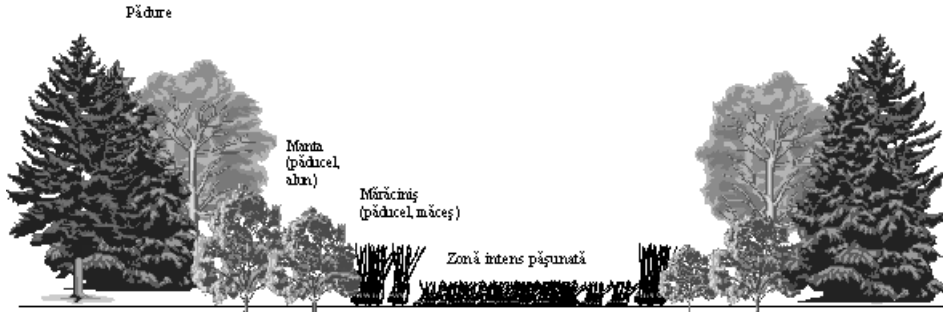


Fig. 7. Conformația structurală specifică lizierelor din zonele intens pășunate
Structural pattern of the forest edges affected by an intens grazing

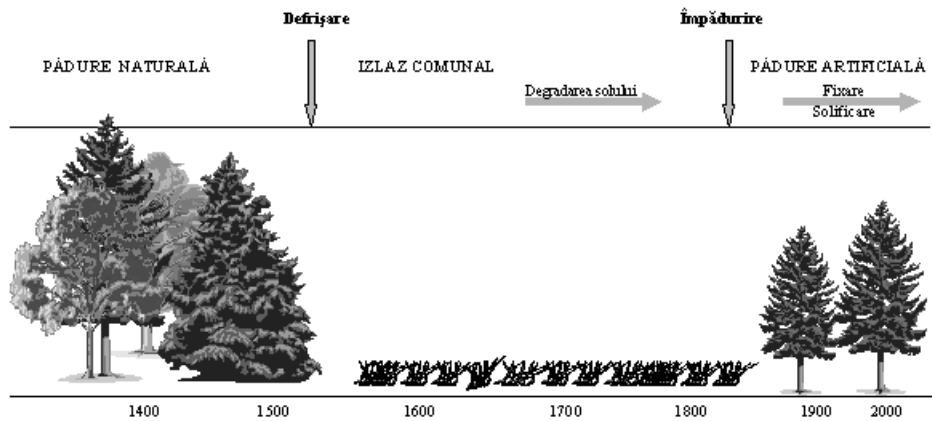


Fig. 8. Evoluția probabilă a pădurii în cazul ameliorării terenurilor degradate prin regenerări artificiale
The probable evolution of the forest in the case of improvement of degraded lands by reforestation

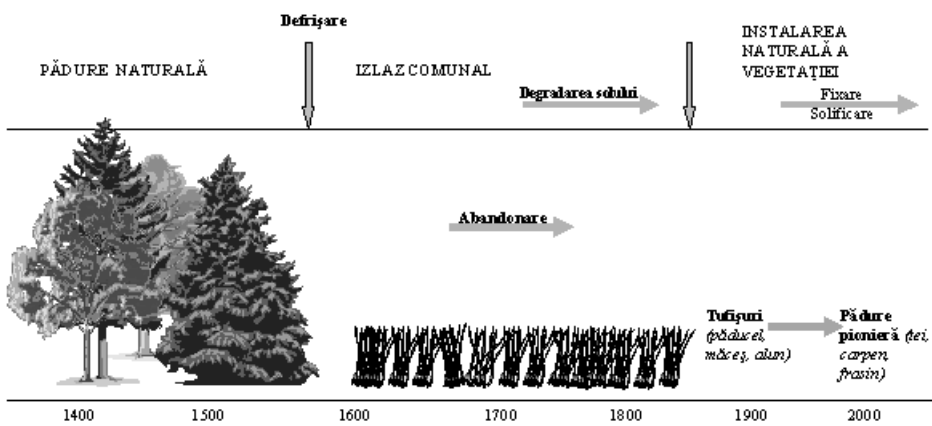


Fig. 9. Evoluția probabilă a pădurii în cazul abandonării terenurilor degradate și declanșarea succesiunii secundare
The probable evolution of the forest in the case of the abandon of degraded lands and start of the secondary succession

cum păducelul sau alunul. Cu alte cuvinte, pentru condiții staționale modificate, în care s-a declanșat succesiunea de tip alogen, atractorul rămâne asociația vegetală de tip intermediar, pe bază de carpen-frasintei. În schimb, pe versantul umbrit, în condiții staționale nemodificate, succesiunea de tip autogen poate evolua de la faza intermediară, bazată pe molid, către o fază climax, al cărui atractor va fi amestecul de rășinoase și fag, determinat de constelația originală a factorilor staționali.

O altă problemă este aceea a relației dintre condițiile staționale modificate antropice și biodiversitate. Din rezultatele obținute se poate constata că nivelul de biodiversitate crește în condițiile unor ecosisteme marginale, de altfel, prin declanșarea succesiunii secundare fiind de așteptat ca acest fenomen să se producă.

Necesitatea unor asemenea studii este evidentă, cu atât mai mult cu cât valoarea biopatrimonială a pădurii se cere a fi din ce în ce mai mult pusă în evidență.

Bibliografie

- Anonymous, 1993. Amenajamentul Ocolului silvic Tomnatic. Studiu general.
- Anonymous, 2003. Amenajamentul Ocolului silvic Tomnatic. Studiu general.
- Barbu, I., 1982. Cercetări privind influența factorilor din sol și a altor factori staționali asupra rupturilor și doborâturilor produse de zăpadă în pădurile din Bucovina. Teză de doctorat, Universitatea din Brașov.
- Barbu, N., 1976. Obcinele Bucovinei. Ed. Științifică și Enciclopedică, București.
- Camino, R., 1976. Zur Bestimmung der Bestandeshomogenität. A.F.J.Z. 147 (2-3): 54-58.
- Cenușă, R., 2002. Cercetări privind relația structură-funcție și evoluția ecosistemelor forestiere naturale din nordul țării. Manuscris I.C.A.S.
- Gârbu, St., 1934. Monografia Fondului Bisericesc

- din Bucovina. Manuscris I.C.A.S.
- Ivan, Doina, 1979. Fitocenologia și vegetația Republicii Socialiste România. Ed. Didactică și Pedagogică, București, p. 136-153.
- Leahu, Ștefania, 1978. Structura arboretelor în gradul lor de organizare în lumina teoriei informației. Rev. Păd. 6.
- Marian, S. F., 1981. Legende istorice din Bucovina (ed. Paul Leu). Ed. Junimea, Iași.
- Pacala, S. W., C. D. Canham, J. Saponara, J. A. Silander, Jr., R. K. Kobe, and E. Ribbens. 1996. Forest models defined by field measurements: II. Estimation, error analysis and dynamics. Ecol. Monogr. 66: 1-43.
- Stanciu, N., 1972. Insolția și rezerva de apă a solului. Ed. Ceres, București.
- Stefanelli, Th. V., 1915. Documente din vechiul ocol al Câmpulungului Moldovenesc, Ed. Academiei, București.
- Stoecker, G., 2002. Analyse und Vergleich von Bestandesstrukturen naturnaher Fichtenwälder mit Lorenz- und Gini-Koeffizienten. Centralbl. Fur das gesamte Forstwesen, Heft 1, 5: 12-39.
- Stugren, B., 1982. Bazele ecologiei generale. Ed. Știință și Enciclopedică, București, 435 p.

Summary

Aspects regarding the diversity and succession in marginal ecosystems (Dealul Radu) from the North of Eastern Carpathians

The study is performed in marginal ecosystems from the Northern part of Eastern Carpathians. Aim of the study was sustained by some reasons: (i) the presence of *Carpinus betulus*, *Fraxinus betulus* and *Tilia cordata* in an area where these are not typically; (ii) favorable ecological conditions which have promoted the conservation of, after glacial age species (*Carpinus betulus*).

The evaluation of the main characteristics regarding the diversity was performed using specific indices and the study of the succession included assertions regarding geology and soil, insolation and from hystorical books related to the study area. Relationship between diversity and succession suggest the presence of the initial stages, sustained by some characteristic species: *Crategus monogyna*,

Corylus avellana, *Malus sylvestris* etc. Some future possible pathways of succession, function of the land use, are presented.

Keywords: marginal ecosystems, diversity, succession pathways

Autorii. Conf.dr.ing. Radu Cenușă, este decanul Facultății de Silvicultură, Universitatea “Ștefan cel Mare” Suceava. Poate fi contactat la adresa de e-mail: raducenusa@usv.ro

Ing. Marius Teodosiu este cercetător științific la Stațiunea Experimentală de Cultura Molidului Câmpulung Moldovenesc. Poate fi contactat la adresa de e-mail: mteo@go.ro

Ecol. Elena Cenușă, este ecologul Parcului Național Călimani. Poate fi contactată la adresa de e-mail: ecenusa@yahoo.com