

Modelarea distribuției pe categorii de diametre a numărului de arbori vătămați de cervide din arborete de molid

Radu Vlad

1. Introducere

Una din problemele capitale ale gestionării pădurilor din anumite zone forestiere ale țării noastre privește refacerea echilibrului acelor ecosisteme care, în decursul timpului, a fost grav perturbat prin acțiuni antropice nechibzuite, în special ca urmare a gospodăririi neadecvate a arboretelor obținute prin substituirea pădurilor dotate cu structuri naturale, stabile (Ichim, 1975, 1990; Giurgiu, 1978).

La molid, s-a considerat că în special vânturile de mare intensitate sunt periculoase și provoacă calamități, însă mai puțin s-a arătat că și putregaiul roșu (în cazul de față apărând ca urmare a rănilor produse de cervide și localizat pe trunchiul arborelui) cauzează calamități, provocând pierderi calitative de masă lemnoasă ireversibile. De asemenea, el constituie unul din factorii favorizanți în manifestarea rupturilor produse de zăpadă și a doborâturilor produse de vânt (Ichim, 1975, 1990; Giurgiu, 1979).

Pentru a surprinde specificul structural al repartiției numărului de arbori într-un arboret, este necesar să se ajungă la o profundă înțelegere a variabilității dimensionale a acestora. În acest sens, se cunoaște că într-un arboret echien sau relativ echien, în

raport cu vârsta se constată un proces continuu de trecere a arborilor dintr-o clasă cenotică în alta, inferioară sau superioară (Hanewinkel, Pretzsch, 1999), alimentându-se în acest fel procesul de eliminare naturală care se manifestă cu intensitate în clasele cenotice inferioare (Leahu, 1994).

Diferențierea dimensională a arborilor se produce datorită deosebirilor de potențial biologic individual și acțiunilor mediului intern în aer și în sol, fiind o consecință a stării de integralitate și duce în cele din urmă la eliminarea naturală a arborilor, respectând proprietățile de autoreglare a sistemelor biologice (Zeide, Zhang, 1999; Chertov et al., 1998).

În procesul diferențierii, relațiile interspecifice fac ca arborii viguroși să ocupe poziții din ce în ce mai favorabile pentru acumularea de biomasă lemnoasă. Astfel, un număr mic de arbori favorizați ajung la diametre mari prin stânjenirea unui număr cu mult mai mare de exemplare cu diametre mici. Acest fapt a condus la ideea că repartiția arborilor pe categorii de diametre, caracterizată grafic printr-o anumită asimetrie și aplatizare, este cu mult mai complexă decât curba repartiției normale (Lähde et al., 1993; Kolström, 1993; Pretzsch, 1997; Bartelnik, 1999; Porté, Bartelnik, 2001).

Numărul parametrilor ce intervin în funcția de repartizare a arborilor pe categorii de diametre s-a dovedit a fi mai mare decât cel din repartiția normală, ajungându-se ca structura arboretelor echiene și relativ echiene să fie necesar a se exprima prin curbe de frecvență mult mai complexe și mai flexibile (Giurgiu, 1979; Leahu, 1994).

În prezenta lucrare, în vederea modelării distribuției numărului de arbori vătămați de cervide pe categorii de diametre în arborete de molid afectate, s-au urmărit următoarele aspecte: (1) corelarea parametrilor ce intervin în distribuția Charlier (abaterea standard - s , asimetria - α și excesul - ϵ) cu frecvența vătămărilor ($\%_{v_n}$), ținând cont de vârsta arboretelor, (2) stabilirea ecuațiilor de regresie ce reprezintă legătura dintre parametrii distribuției Charlier și frecvența vătămărilor ($\%_{v_n}$), pentru arborete de molid vătămate în diferite grade de cervide, (3) determinarea expresiilor modelelor matematice care exprimă distribuția arborilor vătămați de cervide pe categorii de diametre, în corelație cu vârsta și cu frecvența vătămărilor produse prin cojiri și roaderi, pentru valori ale procentului de vătămare de 10, 20 ... 100 % și (4) validarea modelelor structurale prin testarea statistico-matematică a diferenței dintre 12 distribuții experimentale și distribuțiile teoretice calculate cu ajutorul expresiilor modelelor matematice, ce caracterizează arborete de vârste diferite și cu valori specifice ale frecvenței vătămărilor.

2. Materiale și metode de cercetare

Cercetările au fost localizate în zone reprezentative din punct de vedere al impactului ecologic și economic generat de rănile produse de cervide asupra arbore-

telor de molid, din raza ocoalele silvice Iacobeni, Moldovița, Pojorâta, Vama (Direcția Silvică Suceava) și a Ocolului silvic experimental Tomnatic (I.C.A.S.).

S-au efectuat lucrări de cercetare pe itinerar și în suprafețe experimentale cu caracter permanent, al căror obiectiv a constat în studiul parametrilor structurali și calitativi specifici arboretelor de molid de productivitate superioară, cu vârste cuprinse între 21 și 80 de ani, afectate în diferite grade de cervide.

Lucrările de teren au constat din inventarieri statistice, conform metodologiei cunoscute (Ichim, 1975, 1990; Alexe și Milescu, 1983), în 120 unități amenajistice (1225 suprafețe experimentale volante: 485 cu suprafața de 300 m², 740 cu suprafața de 500 m²) și inventarieri în 6 suprafețe experimentale cu caracter permanent (2 cu suprafața de 2500 m² și 4 cu suprafața de 10000 m²). Datele primare culese au fost următoarele: diametrul la 2,0 m pentru arborii vătămați de cervide; diametrul la 1,30 m pentru arborii sănătoși din arboret; înălțimi la 20-25 arbori, vârsta rănilor pentru 20-25 arbori, avându-se în vedere să fie cuprinși arbori din toate categoriile de diametre.

La prelucrarea informațiilor de teren, primul pas a constat în stratificarea arboretelor de molid vătămate pe clase de vârstă (clasa de vârstă doi - arborete cu vârste între 21 și 40 ani, clasa de vârstă trei - arborete cu vârste între 41 și 60 ani, clasa de vârstă patru - arborete cu vârste între 61 și 80 ani), după care s-a trecut la utilizarea metodelor statistice specifice și la modelarea matematică. Datorită volumului foarte mare de date necesare a fi prelucrate, s-a apelat la facilitățile oferite de tehnica informatică, respectiv toate informațiile au fost înregistrate în baze de date, în vederea analizei relațiilor și pentru o gestionare

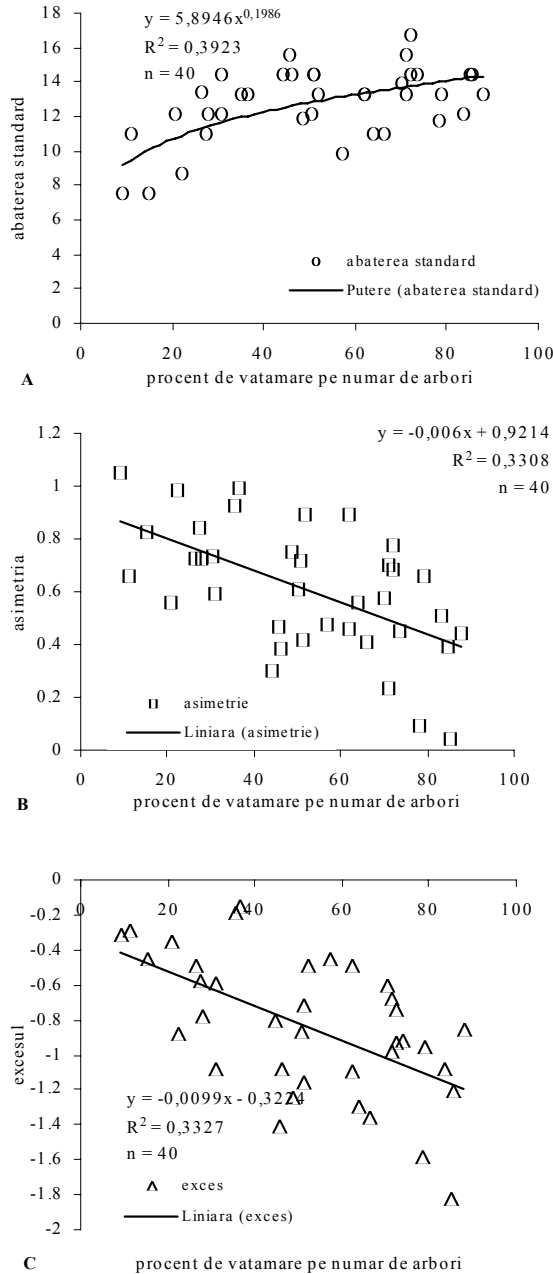


Fig. 2. Corelația dintre frecvența vătămarilor și parametrii ce intervin în distribuția Charlier pentru arborete de molid cu vârste între 41 și 60 de ani
 Correlation between the frequency of the deer damages and the parameters of the Charlier distribution, for spruce stands of 41 and 60 years old

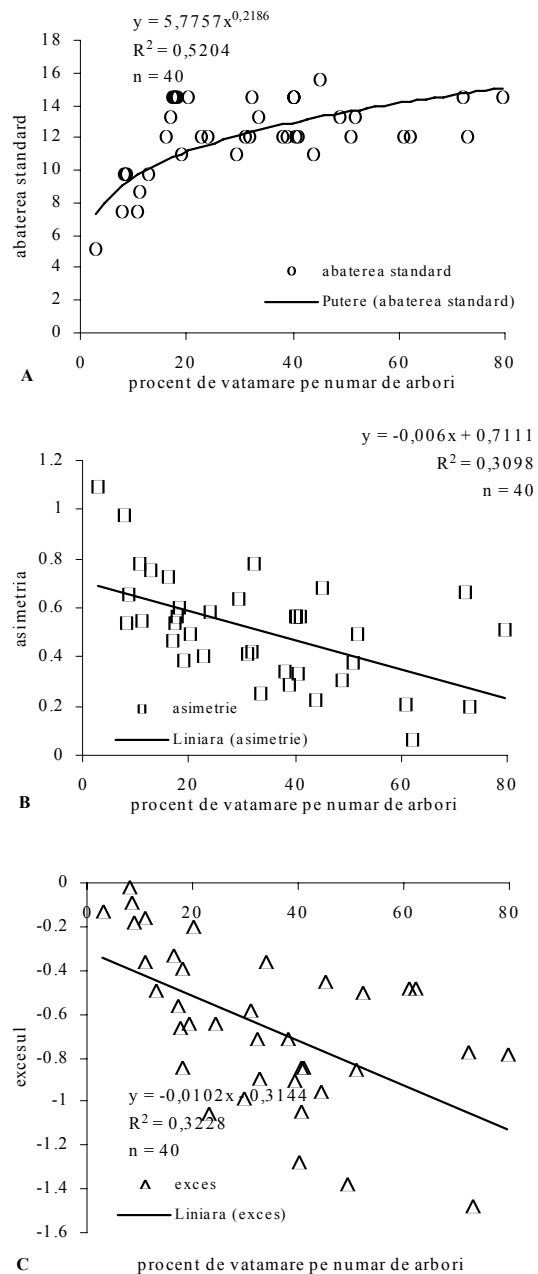


Fig. 3. Corelația dintre frecvența vătămarilor și parametrii ce intervin în distribuția Charlier pentru arborete de molid cu vârste între 61 și 80 de ani
 Correlation between the frequency of the deer damages and the parameters of the Charlier distribution, for spruce stands of 61 and 80 years old

interven în cadrul distribuției Charlier. S-au avut în vedere abaterea standard (s), asimetria (α) respectiv excesul (ε) celor 120 de distribuții empirice ale numărului de arbori vătămați de cervide prin cojiri și roaderi pe categorii de diametre (câte 40 de cazuri pentru fiecare clasă de vârstă).

Abaterea standard, specifică distribuțiilor experimentale studiate, crește pe măsură ce crește și frecvența vătămărilor, pentru arboretele componente ale celor trei clase de vârstă, în conformitate cu regresia de putere $y = a \cdot x^b$, în care y reprezintă abaterea standard, iar x procentul de vătămare pe număr de arbori. Corelațiile sunt foarte puternice și foarte semnificative: $r = 0,730^{***}$ pentru arborete de molid cu vârste între 21 și 40 de ani, $r = 0,626^{***}$ pentru arborete de molid cu vârste între 41 și 60 de ani și $r = 0,721^{***}$ pentru arborete de molid cu vârste între 61 și 80 de ani, pentru $n = 40$.

Asimetria caracteristică distribuției arborilor vătămați de cervide pe categorii de diametre descrește, pe măsură ce gradul de vătămare al arboretelor se intensifică, conform unei regresii de tipul $y = a + b \cdot x$, în care y reprezintă asimetria, iar x procentul de vătămare pe număr de arbori. Și de

această dată corelațiile ($r = 0,571^{***}$ - arborete de molid cu vârste între 21 și 40 de ani, $r = 0,575^{***}$ - arborete de molid cu vârste între 41 și 60 de ani respectiv $r = 0,557^{***}$ - arborete de molid cu vârste între 61 și 80 de ani, pentru $n = 40$) sunt puternice și foarte semnificative.

Ultimul parametru al distribuției numărului de arbori vătămați de cervide pe categorii de diametre, studiat în corelație cu frecvența vătămărilor, și anume excesul, se mărește conform regresiei $y = a + b \cdot x$, în care y reprezintă excesul, iar x procentul de vătămare pe număr de arbori. Au fost identificate, și în acest caz, corelații puternice și foarte semnificative ($r = 0,577^{***}$ - arborete de molid cu vârste între 21 și 40 de ani, $r = 0,577^{***}$ - arborete de molid cu vârste între 41 și 60 de ani, respectiv $r = 0,568^{***}$ - arborete de molid cu vârste între 61 și 80 de ani, pentru $n = 40$).

Având în vedere caracteristicile relațiilor corelative prezentate, tabelul 1 prezintă ecuațiile de regresie ce reprezintă legătura dintre parametrii distribuției Charlier și frecvența vătămărilor ($\%V_n$), pentru arborete de molid vătamate în diferite grade de cervide.

Abaterea normată (u) folosită în deter-

Tabelul 1. Ecuațiile de regresie ce reprezintă relația dintre parametrii distribuției Charlier (abaterea standard - s , α – indicele asimetriei; ε – indicele excesului) și frecvența vătămărilor ($\%V_n$)
Regression equations witch represent relation between the Charlier distribution parameters (standard deviation - s , asymmetry - α , kurtosis - ε) and the frequency of the deer damages

Vârsta arboretelor (ani)	Parametrii distribuției Charlier	Ecuația de regresie
21 - 40	Abaterea standard (s)	$s = 3,9083 \cdot (\%V_n)^{0,2287}$ (2)
	Asimetria (\hat{a})	$\hat{a} = - 0,0052 \cdot \%V_n + 0,8827$ (3)
	Excesul ($\hat{\varepsilon}$)	$\hat{\varepsilon} = - 0,0124 \cdot \%V_n - 0,3811$ (4)
41 - 60	Abaterea standard (s)	$s = 5,8946 \cdot (\%V_n)^{0,1986}$ (5)
	Asimetria (\hat{a})	$\hat{a} = - 0,006 \cdot \%V_n + 0,9214$ (6)
	Excesul ($\hat{\varepsilon}$)	$\hat{\varepsilon} = - 0,0099 \cdot \%V_n - 0,3224$ (7)
61 - 80	Abaterea standard (s)	$s = 5,7757 \cdot (\%V_n)^{0,2186}$ (8)
	Asimetria (\hat{a})	$\hat{a} = - 0,006 \cdot \%V_n + 0,7111$ (9)
	Excesul ($\hat{\varepsilon}$)	$\hat{\varepsilon} = - 0,0102 \cdot \%V_n - 0,3144$ (10)

minarea valorii funcției de frecvență a repartiției normale reduse ($f_{(u)}$), a derivatei a treia a funcției $f_{(u)}$ și respectiv a derivatei a patra a funcției $f_{(u)}$ s-a calculat folosind formula (Giurgiu, 1972; Leahu, 1994):

$$u = \frac{d - \bar{d}}{s} \quad (11)$$

în care:

d reprezintă categoria de diametre;

\bar{d} - media aritmetică a categoriilor de diametre (d), specifice distribuției arborilor vătămați de cervide pe categorii de diametre;

s - abaterea standard.

Se știe că între \bar{d} (diametrul mediu aritmetic) și d_{gM} (diametrul central al suprafeței de bază) există relația (Giurgiu, 1972; Leahu, 1994):

$$\bar{d} = \sqrt{d_{gM}^2 - s^2} \quad (12)$$

în care: d_{gM} reprezintă diametrul central al suprafeței de bază caracteristic arborilor vătămați de cervide, iar s - abaterea standard.

Ținând cont de relația (12), expresia (11) devine:

$$u = \frac{d - \sqrt{d_{gM}^2 - s^2}}{s} \quad (13)$$

Media aritmetică (\bar{d}) a categoriilor de diametre (d), specifice distribuției arborilor vătămați de cervide pe categorii de diametre, a fost determinată în baza corelației cu frecvența vătămărilor ($\%v_n$) (figura 4). Expresia diametrului mediu aritmetic funcție de frecvența vătămărilor, în corelație cu vârsta, pentru arboretele de molid vătămate de cervide studiate este urmă-

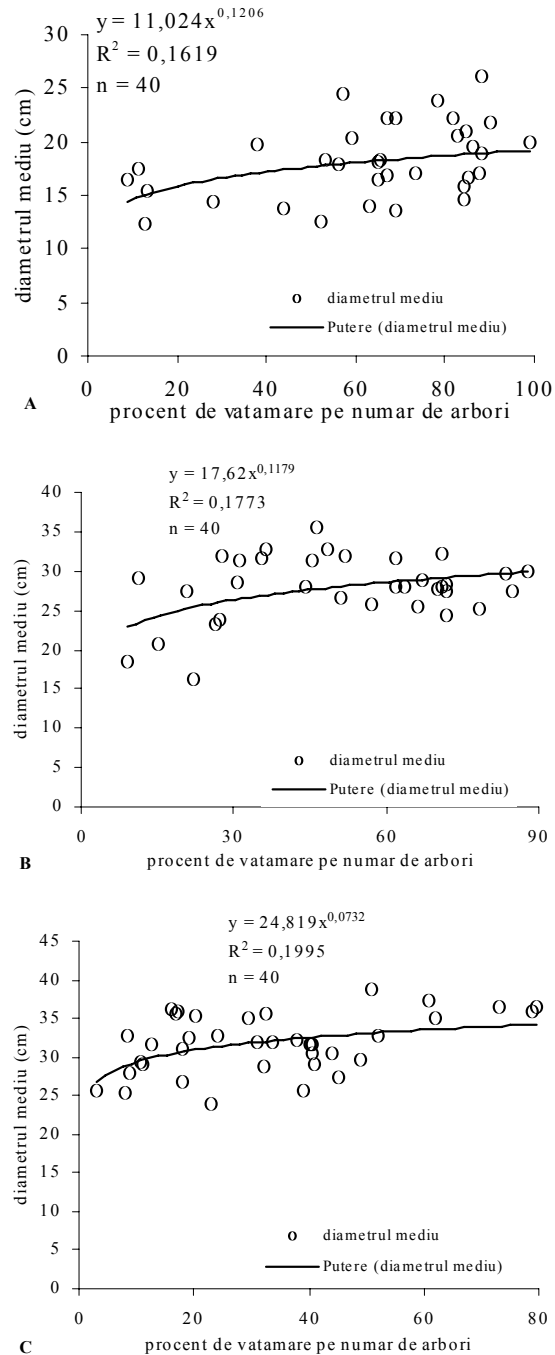


Fig. 4. Corelația dintre frecvența vătămărilor și diametrul mediu aritmetic (\bar{d}) caracteristic arborilor vătămați de cervide în arborete de molid cu vârste de 21-40 ani (A), 41-60 ani (B) și 61-80 de ani
Correlation between the frequency of the deer damages and mean diameter (\bar{d}), for spruce stands of 21-40 (A), 41-60 (B) and 61-80 years old

toarea:

- arborete de molid cu vârste între 21 și 40 de ani

$$\bar{d} = 11,024 \cdot (\%V_n)^{0,1206} \quad (14)$$

- arborete de molid cu vârste între 41 și 60 de ani

$$\bar{d} = 17,62 \cdot (\%V_n)^{0,1179} \quad (15)$$

- arborete de molid cu vârste între 61 și 80 de ani

$$\bar{d} = 24,819 \cdot (\%V_n)^{0,0732} \quad (16)$$

Având la îndemână parametrii specifici distribuției Charlier, determinați funcție de valoarea procentului de vătămare pe număr de arbori, exprimând frecvențele absolute ajustate (\hat{n}) în procente:

$$\hat{n} = \frac{n}{N} \cdot 100$$

ținând seama de ecuațiile de regresie (2)-(10) și considerând intervalul de clasă $h = 4$ cm, se obțin modelele matematice ale structurii arboretelor de molid vătămate de cervide prin cojiri și roaderi, ce exprimă dis-

tribuția arborilor vătămați pe categorii de diametre, pentru valori ale procentului de vătămare pe număr de arbori de 10, 20 ... 100 %. În funcție de vârstă, pentru arborete de molid, acestea sunt date de expresiile din fig. 5, respectiv arborete de molid cu vârste între 21 și 40 de ani (17), arborete de molid cu vârste între 41 și 60 de ani (18) și arborete de molid cu vârste între 61 și 80 de ani (19).

Modelele structurale care exprimă distribuția arborilor vătămați de cervide pe categorii de diametre funcție de frecvența vătămarilor produse, calculate cu expresiile 17-19, în corelație cu vârsta arboretelor, se prezintă în figura 6.

În vederea validării statistico-matematice a modelelor structurale, care exprimă distribuția arborilor vătămați pe categorii de diametre, în corelație cu vârsta și cu frecvența vătămarilor produse de cervide, s-a calculat ajustarea distribuției empirice folosind modelele matematice prezentate în relațiile (17)-(19), funcție de caracteristicile calitative specifice fiecărui arboret (figura 7).

Pentru stabilirea semnificației diferenței dintre distribuțiile experimentale și distribuțiile teoretice s-a folosit testul χ^2 (tabelul 2) deoarece reprezintă un instrument riguros de examinare statistico-

Fig. 5. Expresiile modelelor matematice pentru arborete de molid vătămate de cervide, pe clase de vârstă (17) - 21-40 ani, (18) - 41-60 ani și (19) - 61 și 80 ani
Expression of models for Norway spruce stands affected by game (17) - 21-40 ani, (18) - 41-60 and (19) - 61-80 years old

$$(17) \hat{n}\% = \frac{400}{3.9083 \cdot (\%V_{n(10, \dots, 100)})^{0,2287}} \cdot \left[f_{(u)} - \frac{-0,0052 \cdot \%V_{n(10, \dots, 100)} + 0,8827}{6} \cdot f_{(u)}^{III} + \frac{-0,0124 \cdot \%V_{n(10, \dots, 100)} - 0,3811}{24} \cdot f_{(u)}^{IV} \right]$$

$$(18) \hat{n}\% = \frac{400}{3.9083 \cdot (\%V_{n(10, \dots, 100)})^{0,2287}} \cdot \left[f_{(u)} - \frac{-0,0052 \cdot \%V_{n(10, \dots, 100)} + 0,8827}{6} \cdot f_{(u)}^{III} + \frac{-0,0124 \cdot \%V_{n(10, \dots, 100)} - 0,3811}{24} \cdot f_{(u)}^{IV} \right]$$

$$(19) \hat{n}\% = \frac{400}{3.9083 \cdot (\%V_{n(10, \dots, 100)})^{0,2287}} \cdot \left[f_{(u)} - \frac{-0,0052 \cdot \%V_{n(10, \dots, 100)} + 0,8827}{6} \cdot f_{(u)}^{III} + \frac{-0,0124 \cdot \%V_{n(10, \dots, 100)} - 0,3811}{24} \cdot f_{(u)}^{IV} \right]$$

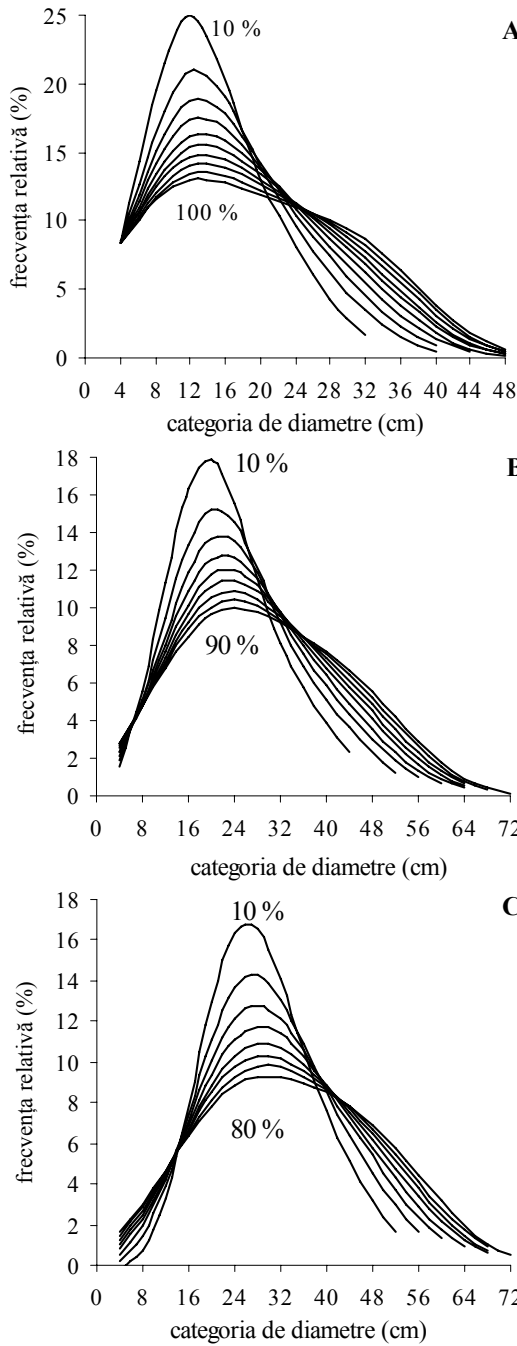


Fig. 6. Modele structurale specifice distribuției arborilor vătămați de cervide pe categorii de diametre în funcție de frecvența vătămărilor, în arborețe de 21-40 (A), 41-60 (B) și 61- 80 ani (C)
Structural models of the deer damaged tree distribution on the diameter classes correlated with the frequency of the deer damages in spruce stands of 21-40 (A), 41-60 (B) and 61-80 ani (C) years old

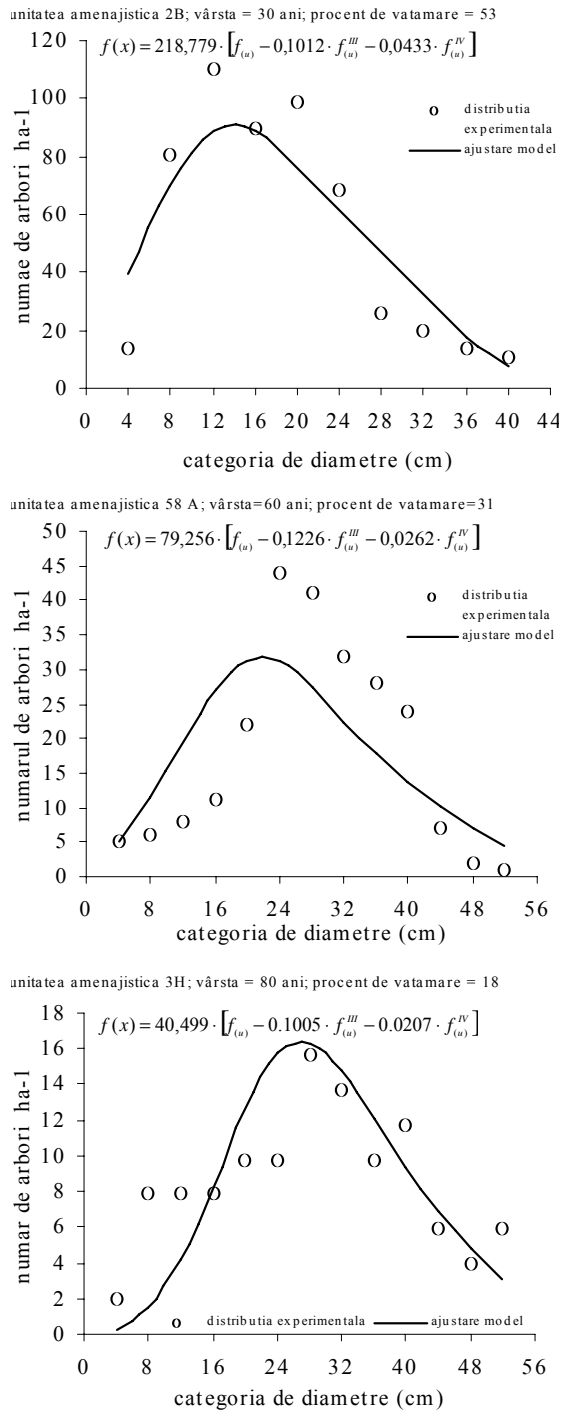


Fig. 7. Ajustarea distribuției experimentale caracteristică distribuției numărului de arbori vătămați de cervide pe categorii de diametre prin intermediul modelului teoretic elaborat
Adjustment the experimental distribution of the deer damaged tree distribution on the diameter classes through theoretical model

Tabelul 2. Examinarea semnificației diferenței dintre distribuțiile experimentale și distribuțiile teoretice corespunzătoare modelelor de repartizare a numărului de arbori vătămați de cervide pe categorii de diametre, prin intermediul testului χ^2
Significance of the distinction between experimental distribution and theoretical distribution, of the deer damaged tree distribution on the diameter classes, through χ^2 test

Unitatea amenajistică	Vârsta	Frecvența vătămarilor	Grade de libertate	χ^2 experimental	χ^2 teoretic	Semnificația
Arborete de molid cu vârste între 21 și 40 de ani						
47 B	25	9	3	0,0004351	7,81	-
71 A	35	38	3	1,457E-31	7,81	-
2 B	30	53	5	1,928E-07	11,07	-
55 C	40	67	4	5,399E-24	9,49	-
Arborete de molid cu vârste între 41 și 60 de ani						
81 A	55	15	2	0,209	5,99	-
340 A	50	27	4	6,073E-06	9,49	-
58 A	60	31	8	3,480E-08	14,07	-
43 D	50	51	7	1,556E-10	12,59	-
Arborete de molid cu vârste între 61 și 80 de ani						
3 H	80	18	8	2,203E-06	14,07	-
68 C	70	32	8	5,545E-05	14,07	-
2 H	70	44	7	1,210E-14	12,59	-
42 E	65	61	5	1,465E-07	11,07	-

Notă: * : semnificativ; - : nesemnificativ

matematică des folosit în astfel de cazuri (Giurgiu, 1972).

Se constată că diferența dintre distribuțiile experimentale și distribuțiile teoretice corespunzătoare modelelor elaborate, pentru punerea în evidență a distribuției numărului de arbori vătămați de cervide pe categorii de diametre, stabilite prin intermediul testului χ^2 , sunt nesemnificative.

4. Discuții și concluzii

Prin creșterea frecvenței vătămarilor, în arboretele de molid vătămate de cervide, curbele de frecvență se deplasează spre dreapta și se aplatizează din ce în ce mai mult. Ele devin din ce în ce mai largi, prin majorarea amplitudinii de variație a diametrelor corespunzătoare arborilor vătămați de cervide, iar arboretele devine și el tot mai

eterogen din punct de vedere al combinației arborilor vătămați de diferite mărimi. Acest fenomen este sesizat în cadrul arboretelor de molid încadrate într-o anumită clasă de vârstă (II, III sau IV). Studiul evolutiv al arboretelor de molid cu vârste cuprinse între 21 și 80 de ani, indică faptul că deplasarea spre dreapta este caracteristică și maximului valoric al frecvenței absolute specific numărului de arbori vătămați, care scade pe măsura înaintării în vârstă, ca o consecință a dezvoltării arboretelor prin trecerea într-un alt stadiu de dezvoltare (figura 6).

Deoarece diferența dintre distribuțiile experimentale și distribuțiile teoretice corespunzătoare modelelor elaborate, stabilite prin intermediul testului χ^2 , sunt nesemnificative (tabelul 2), s-a demonstrat statistico-matematic faptul că modelele teoretice elaborate pot fi folosite cu succes în esti-

marea distribuției numărului de arbori pe categorii de diametre, cunoscând numai două caracteristici calitative specifice arboretelor de molid vătămate de cervide și anume vârsta, respectiv frecvența vătămarilor.

Prin tabelarea formulelor (17)-(19) se pot obține frecvențele teoretice ale numărului de arbori vătămați pe categorii de diametre, care reflectă unul dintre elementele caracteristice structurii arboretelor de molid vătămate de cervide, prin cojiri și roaderi, în raport cu frecvența vătămarilor.

De asemenea, ecuațiile de regresie (2)-(10) și funcțiile de frecvență (17)-(19) prezintă importanță deosebită pentru elaborarea modelului matematic complex al structurii arboretelor de molid din zone de risc la acțiunea factorilor biotici și abiotici (vânt, zăpadă, cervide). Ele permit, de asemenea, prelucrarea automată a datelor în vederea elaborării modelelor de structură optimă în raport cu funcțiile ecologice, economice și sociale pe care le exercită arboretele și pădurea în ansamblul ei.

Mai mult, cunoașterea structurii arboretelor de molid afectate în diferite grade de cervide, din punct de vedere al repartiției numărului de arbori vătămați pe categorii de diametre, prezintă importanță atât la determinarea structurii pe sortimente a volumului real ce rezultă din astfel de arborete, cât și la stabilirea dinamicii volumului pe sortimente dimensionale în raport cu vârsta și cu caracteristicile calitative ale arboretelor de molid vătămate de cervide (frecvența vătămarilor, vârsta medie a rănilor, procentul ocupat de lemnul cu putregai de trunchi apărut ca urmare a rănilor produse de cervide).

De asemenea, în executarea lucrărilor silvotehnice specifice fiecărui stadiu de dezvoltare, se poate prevedea asupra căror categorii de diametre va trebui intervenit

pentru a reduce frecvența vătămarilor, în scopul ridicării calității arboretelor de molid vătămate de cervide. Punând bazele unor modele de prognoză care să țină cont de starea actuală cât și de starea probabilă a acestei categorii de arborete, sub influența factorilor perturbatori abiotici din zonă (vânt, zăpadă), corelat cu probabilitatea, posibilitatea și cu necesitatea executării lucrărilor silvotehnice specifice, impuse de starea arboretelor într-un anumit moment al dezvoltării lor, vor putea fi adoptate decizii asistate de calculator cu privire la gestionarea optimă pe termen mediu și lung a ecosistemelor artificiale de molid instalate în zonele de risc la acțiunea factorilor perturbatori, în conformitate cu principiile gestionării durabile a ecosistemelor forestiere montane.

Bibliografie

- Alexe, A., Milescu, I., 1983. Inventarierea pădurilor. Editura Ceres, București. 491 p.
- Anonymous, 1999. Ministry of Forest Resources Inventory Branch Victoria, BC: Adjusting tree, volume, decay, and waste estimates in British Columbia. 9 p.
- Bartelnik, H. H., 1999. A growth model for mixed forest stands. *Forest Ecology and Management*, 134: 29-43.
- Chertov et al., 1999. A combined simulation model of Scots pine, Norway spruce and Silver birch ecosystems in the European boreal zone. *Forest Ecology and Management*, 116: 189-206.
- Giurgiu, V., 1972. Metode ale statisticii matematice aplicate în silvicultură. Editura Ceres, București. 566 p.
- Giurgiu, V., 1978: Conservarea pădurilor. Editura Ceres, București. 308 p.
- Giurgiu, V., 1979: Dendrometrie și auxologie forestieră. Editura Ceres, București. 692 p.
- Hanewinkel, M., Pretzsch, H., 2000. Modelling the conversion from even-aged to uneven-aged stands of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) with a distance-dependent growth simulator.

- Forest Ecology and Management, 134: 55-70.
- Ichim, R., 1975. Cercetări asupra calității lemnului în arboretele de molid din nordul țării. Manuscris. I.C.A.S. București. 46 p.
- Ichim, R., 1990. Gospodărirea rațională pe baze ecologice a pădurilor de molid. Editura Ceres, București. 186 p.
- Kolström, T., 1993. Modelling the development of an uneven-aged stand of *Picea abies*. Scandinavian Journal of Forest Research 8: 373-383
- Lähde, E., et al., 1994. Structure and yield of all-sized and even-sized Scots pine-dominated stands, Annual Science Forest 51: 111-120.
- Leahu, I., 1994. Dendrometrie. Editura didactică și pedagogică București. 374 p.
- Porté, A., Bartelnik, H. H., 2001. Modeling mixed forest growth: a review of models for forest management. Ecological modelling 150: 141-188.
- Pretzsch, H., 1997. Analysis and modeling of spatial stand structures. Methodological considerations based on mixed beech-larch stands in Lower Saxony. Forest Ecology and Management, 97: 237-253.
- Vlad, R., 2002. Fundamente științifice auxologice și amenajistice privind gestionarea pădurilor de molid din nordul țării vătămate de cervide. Teză de doctorat, Universitatea „Ștefan cel Mare” Suceava.
- Zeide, B., Zhang, Y., 2000. Diameter variability in loblolly pine plantation. Forest Ecology and Management, 128: 139-143.

the frequency of the deer damages; validation of the theoretical model.

Using an original method, it was possible to establish a model predicting the deer damaged tree distribution on the diameter classes, based on the relationship between frequency of the deer damages and stand age in spruce forests.

This research brought up some unknown aspects that can be considered as new contributions concerning scientific basis for the sustainable forest management in mountains ecosystems affected by disturbances factors.

Keywords: Norway spruce, modelling tree distribution, deer damage

Summary

Modelling the deer damage trees distribution on the diameter classes within the spruce stands

The paper presents the result of the research carried out in even-aged spruce stands, regarding to the deer damaged tree distribution on the diameter classes. The main studied topics were: correlation between the frequency of the deer damages and the Charlier distribution; regression equations witch represent relation between the Charlier distribution parameters (standard deviation, asymmetry, kurtosis) and the frequency of the deer damages; structural models of the deer damaged tree distribution on the diameter classes correlated with

Autorul. Dr. ing. Radu Vlad este cercetător principal II în cadrul Stațiunii Experimentale de Cultura Molidului, Calea Bucovinei 73, 5950 Câmpulung Moldovenesc, jud. Suceava. E-mail: vlad.radu@icassv.ro.