

Un model al variației în raport cu vârsta a infradesității medii a trunchiului arborilor de molid

Sergiu Horodnic

1. Introducere

Atingerea obiectivelor economice privind producerea de lemn mai mult, de calitate corespunzătoare anumitor utilizări și într-un timp cât mai scurt impune o aprofundată cercetare științifică, pentru ca informațiile privind masa lemnoasă din fondul forestier să fie completate cu indici ai calității lemnului și estimări ale utilizărilor sale posibile.

Densitatea aparentă convențională prezintă importanță pentru că, multiplicată cu volumul lemnos valorificabil, poate exprima în mod obiectiv, sub formă de masă lemnoasă uscată, randamentul arboretelor. Ea constituie, de asemenea, un mijloc de apreciere a posibilităților de folosire a lemnului pentru obținerea anumitor produse, având influență asupra proprietăților materialelor pe bază de lemn (placaj, plăci aglomerate etc.).

Deși noțiunea de densitate a fost recent înlocuită prin cea de masă volumică datorită faptului că densitatea convențională a lemnului se abate de la definiția generală a densității unui material, consider justificată menținerea termenilor consacrați în literatura de specialitate: densitate aparentă convențională sau infradensitate (Dumitriu-Tătăranu et al., 1983).

Cercetările efectuate au pus în evidență faptul că aprecierea capacității silvoproductive după criteriul substanței lemnoase uscate

evidențiază mai bine condițiile staționale, iar sub raportul calităților tehnologice ale lemnului acest criteriu apare mai cuprinzător; greutatea în substanță lemnoasă uscată exprimă mai fidel întreaga biomasă a unui arboret pe unitatea de suprafață. Astfel, în ansamblul speciilor, molidul - cea mai productivă specie de rășinoase din țara noastră sub aspectul volumetric ($17 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$, la clasa I de producție) - ocupă un loc modest în eșalonarea după greutatea de substanță uscată (numai $7,2 \text{ tone} \cdot \text{an}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$, la clasa I de producție) (Armășescu și Milescu, 1973).

2. Metoda de cercetare

În vederea evidențierii modului de variație a infradensității medii a trunchiului arborilor de molid în raport cu vârsta acestora, s-a considerat populația practic infinită a arborilor din arboretele echiene de molid existente în zona luată în studiu. Pentru coeficientul de variație al caracteristicii infradensitate $s_{\%} = 13 \%$ (după valorile medii aflate în literatura de specialitate) și o eroare limită admisibilă $\Delta_{\%} = 5 \%$, la o probabilitate de transgresiune de 5% , s-a obținut un număr de arbori de probă $n = 25,96 \approx 26$. Datorită faptului că acesta este mai mic decât 30, n a fost recalculat înlocuind în relație u prin t din distribuția Student ($t_{5\%} = 2,060$ pentru 25 grade

de libertate). Astfel a rezultat $n = 28,69 \approx 29$ arbori de probă, dar pentru a preveni unele erori de prelucrare a probelor (arbori cu defecte interne, de exemplu) s-a optat pentru un număr acoperitor de 31 arbori. Aceștia au fost repartizați în cele patru locuri de probă astfel: nouă arbori la Coșna, nouă arbori la Breaza, nouă arbori la Tomnatec și patru arbori la Gura Humorului. Caracteristicile arboretelor în care s-au efectuat cercetările sunt prezentate în tabelul 1.

Ca verificare ulterioară, după determinarea densității aparente convenționale pentru cei 31 arbori de probă incluși în sondaj, s-a obținut o valoare medie a acestei caracteristici de $0,3547 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, cu o abatere standard $s = 0,0206 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, rezultând un coeficient de variație $s_{\%} = 5,81 \%$. În funcție de această valoare experimentală, se poate afirma că numărul de arbori de probă utilizați pentru determinarea legăturilor statistice între infradensitatea trunchiului și variabilele ce o influențează ar fi fost suficient chiar și pentru o eroare limită admisibilă $\Delta_{\%} = 2,5 \%$.

Valoarea mult mai mică a coeficientului de variație, pentru caracteristica infradensitate, decât cea întâlnită în lucrările de cercetare cu tematică asemănătoare poate fi justificată prin faptul că zona luată în studiu este destul de restrânsă, ca suprafață și limite latitudinale, comparativ cu întreaga arie de răspândire a acestei specii pe teritoriul țării noastre.

Pentru fiecare suprafață de probă, de la cei 31 arbori incluși în sondaj s-au prelevat cu burghiul Pressler, după ce au fost doborâți, câte două carote, de la fiecare nivel considerat (1,30 m; 0,1h; 0,3h; 0,5h; 0,7h; 0,9h) și de la coajă până la măduvă. Această modalitate de extragere a carotelor s-a utilizat pentru a realiza condiția de omogenitate, în sensul ameliorării variațiilor valorilor densității convenționale în sens radial.

Determinările de laborator și prelucrarea ulterioară a valorilor infradensității s-au realizat după metoda proprie prezentată în lucrările anterioare (Horodnic, 1999a; 1999b).

Având în vedere corelația foarte semnificativă dintre infradensitatea arborelui și vârstă ($r = 0,603^{***}$), precum și faptul că prin metoda tip analiză de arbore s-a reușit să se obțină valori într-un interval larg de variație a vârstei (de la 10 ani până la 140 ani), a fost posibilă modelarea creșterii densității aparente convenționale a lemnului în arboretele echine de molid studiate.

Modul de variație a infradensității lemnului de molid în secțiune transversală pentru fiecare nivel pe trunchi se repercutează asupra mediei infradensității trunchiului arborelui. Datorită acestui fapt, îmi exprim opinia că și în cazul infradensității este vorba despre o creștere în raport cu vârsta, ca și pentru alte caracteristici dendrometrice (diametru, înălțime etc.). Apare normală constatarea că, odată cu înaintarea în vârstă,

Tabelul 1. Date referitoare la arboretele din care s-au extras arborii de probă
Data concerning the stands there have been extracted the sample trees

Caracteristici ale arboretului	O.s. Gura Humorului U.P. III, u.a. 50A	O.s. Tomnatec U.P. I, u.a. 41B	O.s. Breaza U.P. III, u.a. 106A	O.s. Coșna U.P. IV, u.a. 74C
Vârsta (în ani, la data recoltării probelor)	78,0	110,0	112,0	70,0
Clasa de producție	2,0	1,0	3,0	2,0
Consistența	0,8	0,4	0,7	0,7
Elagajul	0,6	0,4	0,5	0,5
Diametrul mediu (cm)	44,0	48,0	38,0	28,0
Înălțimea medie (m)	30,0	38,5	30,0	27,5

arborele tinde să-și creeze, prin majorarea valorilor caracteristicilor fizico-mecanice, acea structură internă care să-i permită mărirea rezistenței, pe de o parte la solicitările datorate greutateii proprii, iar pe de altă parte la acțiunile factorilor externi.

În sprijinul acestei afirmații vin și rezultatele altor studii privind variația infradensității lemnului arborilor și arboretelor (Mitchell & Wheeler, 1959, citați de H. Polge, 1962; Jodin, 1994; Dumitriu-Tătăranu et al., 1983; Trendelenburg și Mazer-Wegelin, 1955, citați de V. Giurgiu, 1979; Giurgiu și Decei, 1997).

J. Pardé și J. Bouchon (1988) prezintă mai multe modele utilizate pentru exprimarea creșterii diverselor caracteristici dendrometrice ale arborilor și arboretelor:

1. Duplat și Tran-Ha:

$$y = (a_0 + a_1 \cdot x) \cdot \left[1 - e^{-\left(\frac{x}{a_2}\right)^{a_3}} \right]^{a_4} + a_5 \cdot x \quad (1)$$

în care:

e este baza logaritmului natural,

a_0 - parametru liber,

a_1, \dots, a_5 - parametri constanți pentru aceeași stațiune;

2. Lundqvist și Matérn:

$$y = a_1 + a_2 \cdot e^{-\frac{a_3}{(x-a_4)^{a_5}}} \quad (2)$$

unde:

e este baza logaritmului natural,

a_1, \dots, a_5 - coeficienți de regresie (a_2, a_3 și a_5 strict pozitivi).

Se observă că pentru $a_5 = 1$ se obține modelul lui Schumacher.

3. Chapman - Richards:

$$y = a_1 + a_2 \cdot \left[1 - e^{-a_3 \cdot (x-a_4)^{\frac{1}{1-a_5}}} \right] \quad (3)$$

în care:

e este baza logaritmului natural,

a_1, \dots, a_5 - coeficienți de regresie

($a_3 < 0$ și $a_5 < 1$).

Pentru $a_1 = a_4 = a_5 = 0$ se obține modelul logistic.

În cele trei modele, y reprezintă valoarea caracteristicii studiate, determinată în funcție de vârsta x.

S-a arătat la metoda de eșantionare că infradensitatea medie a arborilor de molid variază destul de puțin în zona studiată (un coeficient de variație de numai 5,81 %), așa că, făcându-se abstracție de unitatea amenajistică, s-au luat în considerare valorile rezultate prin analiza de arbore pentru toți cei 31 de arbori doborâți, pentru fiecare obținându-se valorile infradensității medii a trunchiului la vârsta actuală și la vârstele anterioare la intervale de 10 ani (un set de 309 valori).

3. Rezultate

Prin testarea modelelor de creștere a infradensității menționate anterior, precum și a modelului de forma:

$$y = \frac{a_1 \cdot x^3 + a_2 \cdot x^2 + a_3 \cdot x}{x^2 + a_4 \cdot x + a_5} \quad (4)$$

cu aceeași semnificație a notațiilor, s-a observat (tabelul 2 și fig. 1-4) că ecuația de creștere cea mai potrivită este de tipul 1, cu raportul de corelație cel mai mare ($\eta = 0,493^{***}$).

Deși aceste modele au dat rezultate foarte bune atunci când au fost aplicate pentru creșterea diametrului de bază, a înălțimii sau a volumului arborilor în raport cu vârsta, se observă (tabelul 2) că se ajunge la o explicare de numai 24,3 %, în cel mai bun caz, din variația în timp a infradensității medii a trunchiului arborelui.

Acest fapt este confirmat și de valoarea

Tabelul 2. Comparație între cele patru modele utilizate pentru exprimarea legăturii corelative dintre infradensitatea medie a trunchiului arborelui și vârsta acestuia (N=309 arbori)
Comparison between the four models used to represent the relationship between the stem wood mean infradensity and the age (N = 309 trees)

Nr. crt.	Tipul ecuației	Suma pătratelor abaterilor, SPA	R ²	η
1.	model (1)	0,4151	0,243	0,493***
2.	model (2)	0,4275	0,220	0,469***
3.	model (3)	0,4202	0,233	0,483***
4.	model (4)	0,4497	0,180	0,424***

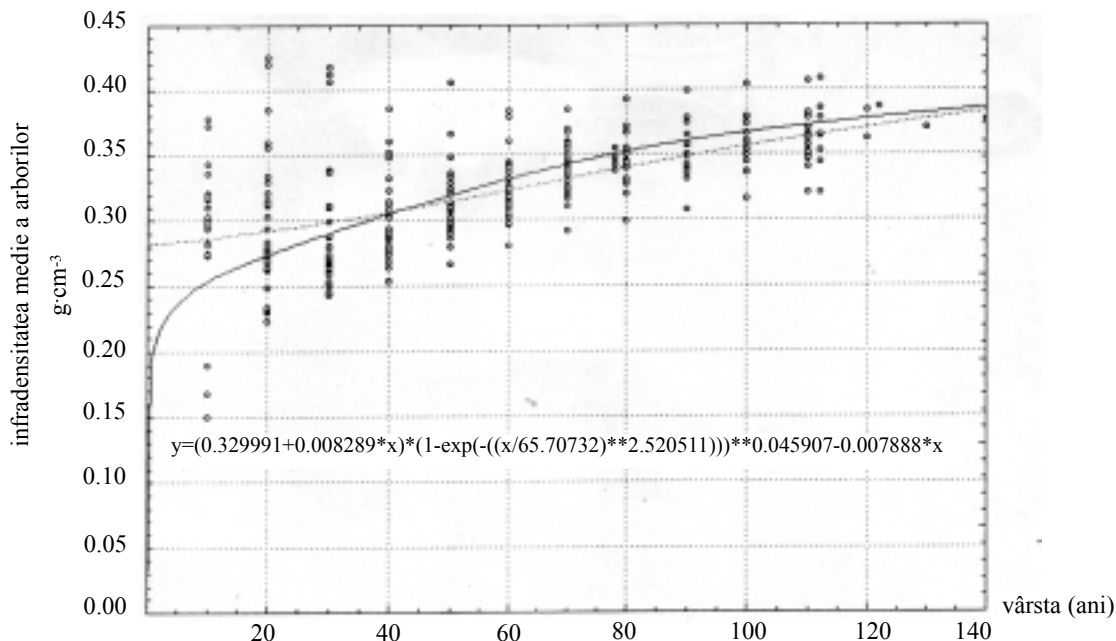


Fig. 1.* Creșterea infradensității medii a trunchiului arborilor în funcție de vârstă după modelul 1
The increase of the mean infradensity of the tree trunk depending on the age using the model 1

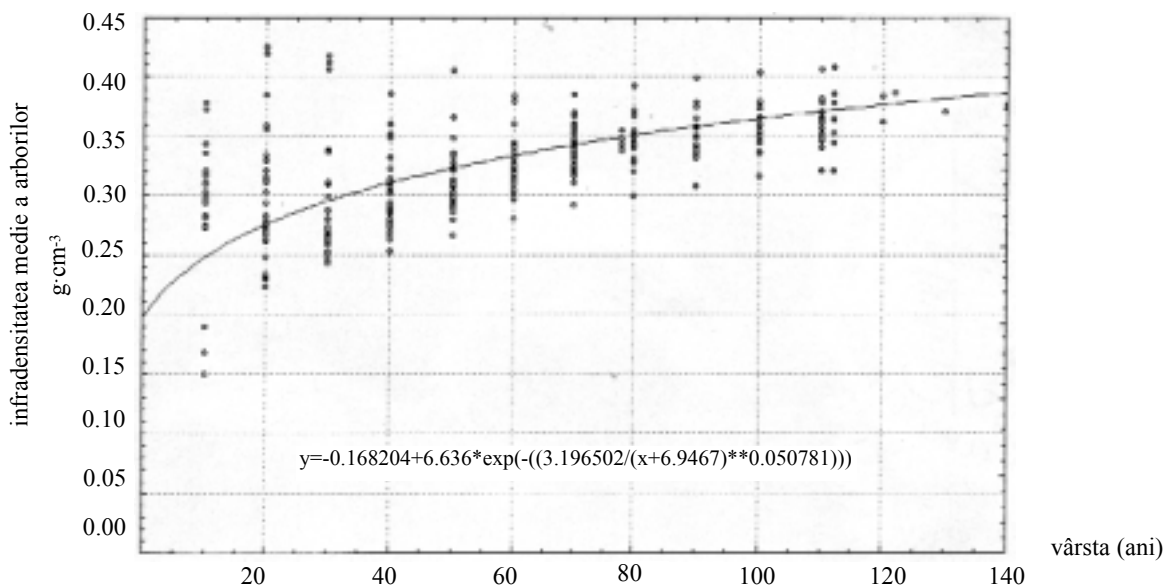


Fig. 2. Creșterea infradensității medii a trunchiului arborilor în funcție de vârstă după modelul 2
The increase of the mean infradensity of the tree trunk depending on the age using the model 2

* Parametrii ecuațiilor de regresie prezentate în fig. 1–4 au rezultat prin utilizarea programului CSS, specializat pentru calcule statistice, cu notațiile specifice acestui program.

Echivalența acestor notații este următoarea:
 $x^y \equiv x^{**}y \equiv x^y$, $\exp(x) \equiv e^x$.

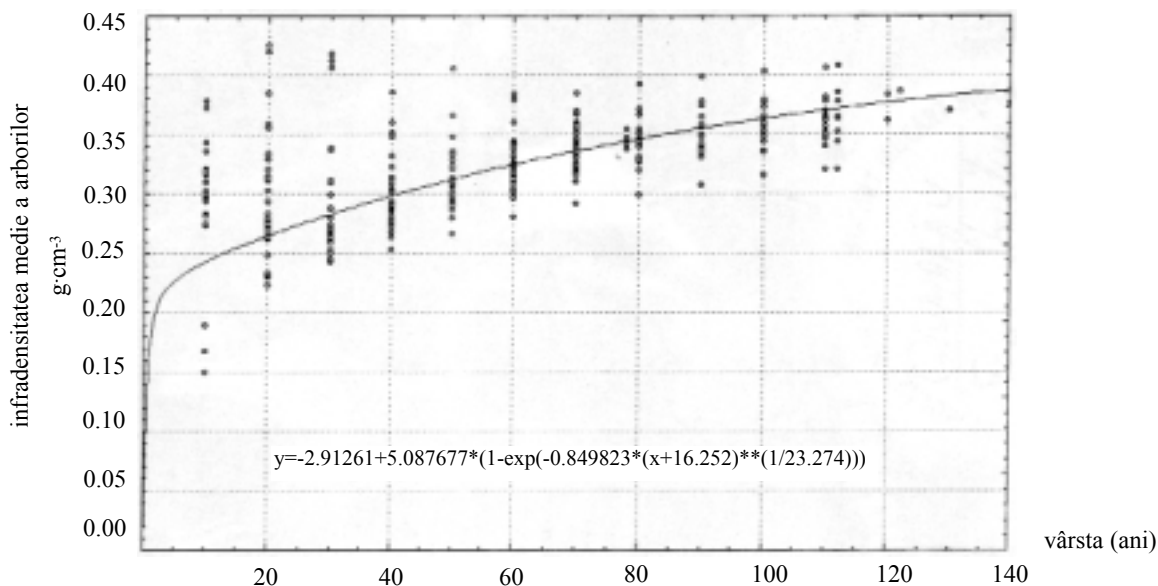


Fig. 3. Creșterea infradensității medii a trunchiului arborilor în funcție de vârstă după modelul 3
The increase of the mean infradensity of the tree trunk depending on the age using the model 3

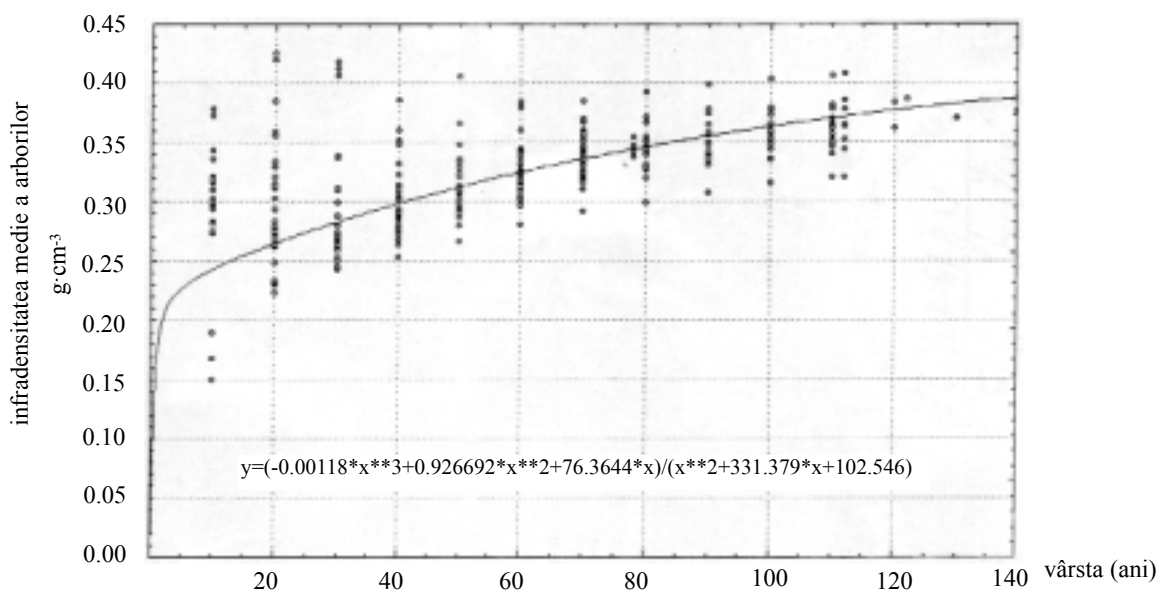


Fig. 4. Creșterea infradensității medii a trunchiului arborilor în funcție de vârstă după modelul 4
The increase of the mean infradensity of the tree trunk depending on the age using the model 4

raportului de corelație care este mai mică decât cea a coeficientului de corelație obținut prin considerarea unei legături liniare între cele două caracteristici ($r = 0,603^{***}$).

Explicația poate consta în faptul că, prin metoda utilizată, erorile de determinare a infradensității trunchiului la o vârstă anterioară celei din momentul prelevării probelor sunt din ce în ce mai mari pe măsură ce vâr-

ta considerată este mai mică.

Se observă că modelul utilizat se depărtează de curba valorilor medii, mai ales în intervalul de vârstă 0–30 ani.

Fără a elimina posibilitatea unei variații de o formă diferită de cea impusă de modelul considerat, se pot emite unele ipoteze care să încerce explicarea deviației față de valorile experimentale, inconvenientul major fiind cel

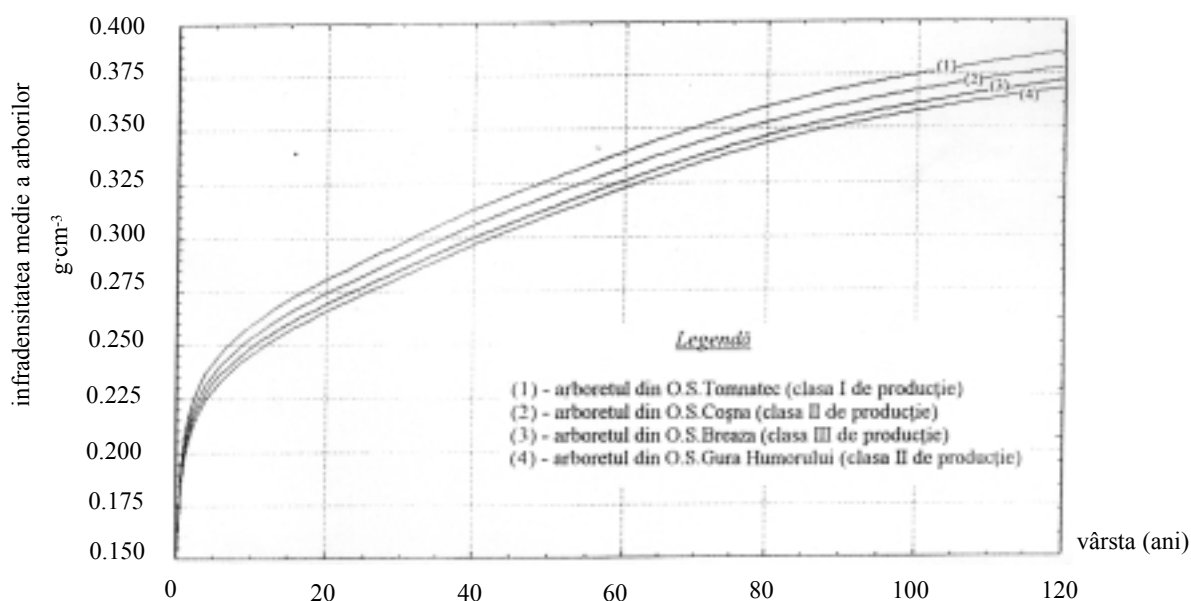


Fig. 5. Creșterea densității aparente convenționale a lemnului trunchiului arborilor de molid în arboretele studiate

The increase of the mean infradensity of the spruce tree trunk in the studied stands

al lipsei de informații despre variația infradensității arborilor analizați în intervalul 0–10 ani.

O primă cauză ar putea fi modul de determinare a infradensității medii a trunchiului arborilor pentru o vârstă anterioară celei din momentul doborârii. Conform metodei tip analiză de arbore, la început trunchiul a fost considerat împărțit în cinci tronsoane egale ca lungime cu 0,2h.

Infradensitatea trunchiului a rezultat ca o medie a infradensităților acestor tronsoane, ponderată cu volumul acestora. Pe măsură ce s-a luat în considerare o vârstă tot mai mică, tronsoanele superioare și-au redus volumul și chiar au dispărut din calcule, iar ponderea tronsonului de la bază în determinarea mediei a crescut, fapt ce a dus, probabil, la supraestimarea valorii infradensității trunchiului întreg.

Altă explicație ar putea consta în modificările ce apar în lemnul secundar odată cu înaintarea în vârstă, concretizate prin duramenificarea zonei centrale, inactivă fiziologic. Aceasta duce la îngroșarea membranelor celulare și impregnarea lor cu rășini, în cazul

molidului (Parascan și Danciu, 1983).

Dacă se vor confirma, justificările prezentate impun o anumită precauție în utilizarea acestei metode de lucru și îndreptățesc recomandarea ca în cercetările viitoare să se ia în considerare și arborete cu vârste mai mici (20–30 de ani), din care să se doboare și să se analizeze arbori de probă în vederea edificării asupra modului de variație a infradensității trunchiului la aceste vârste.

4. Concluzii

Prin suprapunerea curbelor de creștere pentru cele patru arborete studiate (fig. 5), obținute după modelul 1, pe care îl consider cu siguranță valabil pentru vârste ale arboretului de peste 30 ani, se poate spune că tendința generală este cea de creștere accentuată a infradensității în primii ani, urmată de o creștere din ce în ce mai lentă odată cu înaintarea în vârstă până la o cvasistabilizare la valori cuprinse între 0,350 g·cm⁻³ și 0,400 g·cm⁻³. Valorile determinate pentru coefi-

cienții de regresie sunt: $a_1 = 0,00829$, $a_2 = 65,7073$, $a_3 = 2,5205$, $a_4 = 0,0459$, $a_5 = -0,00789$, iar a_0 este diferit pentru fiecare arboret în parte (0,3208 pentru arboretul din O. s. Gura Hu-morului, 0,3380 pentru arboretul din O. s. Tomnatec, 0,3247 pentru arboretul din O. s. Breaza și 0,3306 pentru cel din O. s. Coșna).

Parametrul a_0 , singurul considerat variabil cu condițiile staționale în modelul ales, variază de la valoarea 0,321 pentru arboretul din O. s. Gura Humorului până la 0,338 pentru arboretul din O. s. Tomnatec. Interpretat geometric, acest parametru modifică panta curbei compensatoare și, implicit, valorile maxime ale infradensității medii a trunchiului arborilor (fapt ușor sesizat prin observarea reprezentărilor din fig. 5) și ar putea constitui un criteriu de formare, în cercetările viitoare, a unor clase de producție a arboretelor în raport cu densitatea aparentă convențională a lemnului arborilor componenți.

Remarca este îndreptățită de faptul că se întrevide o corespondență între valorile parametrului a_0 (care poate reprezenta o valoare medie pe arboret) și clasa de producție a fiecărui arboret luat în studiu (o valoare mai mare pentru clasa I de producție și valori mai mici pentru clasele inferioare). Se menționează, însă, că arboretele studiate nu acoperă întreaga gamă de clase de producție.

Bibliografie

- Armășescu, S., Milescu, I., 1973. Considerații privind capacitatea silvoproductivă a speciilor forestiere din România după greutatea în substanță lemnoasă uscată. *Revista pădurilor*, nr. 11.
- Dumitriu-Tătăranu, I., 1983. Estimarea calității lemnului prin metoda carotelor de sondaj. Ed. Tehnică, București.
- Giurgiu, V., 1979. Dendrometrie și auxologie forestieră. Ed. Ceres, București.
- Giurgiu, V., Decei, I., 1997. Biometria arborilor din România - metode dendrometrice. Ed. Snagov,

București.

- Horodnic, S., 1999a. Cercetări privind structura arboretelor echiene de molid în raport cu densitatea lemnului. Teză de doctorat, Universitatea "Ștefan cel Mare" Suceava.
- Horodnic, S., 1999 b. Utilizarea metodei analizei de arbore pentru estimarea biomasei trunchiului. *Revista pădurilor*, 4.
- Jodin, Ph., 1994. Le bois, materiau d'ingenierie; A.R.BO.LOR.(Association pour la Recherche sur le BOis en LORraine), ENGREF, Nancy.
- Parascan, D., Danciu, M., 1983. Morfologi și fiziologia plantelor lemnoase. Ed. Ceres, București
- Parde, J., Bouchon, J., 1988. Dendrometrie. ENGREF, Nancy.
- Polge, H., 1962. Recherches sur l'utilisation de prelevments effectues a la tariere de Pressler pour l'e-tude des proprietes physiques et mecaniques des bois. *Revue Forestiere Francaise*, 10.

Summary

A model of variation depending on age of the mean of the trunk infradensity for spruce trees

The paper presents the results of the research carried out in even-aged spruce stands regarding the density of wood. This research brought up some unknown aspects that can be considered as new contributions concerning the variation way of wood density, one of the most important wood quality components.

Using an original method to determine the infradensity and a special methodology for data treatment, it was possible to establish a model predicting intratree variation of wood infradensity based on the relationship between this characteristic and the cambial age, ring width and relative height on the trunk of spruce trees.

Keywords: spruce trees, mean infradensity of the wood, wood quality.

Autorul: dr. ing Sergiu Horodnic este șef de lucrări la Facultatea de Silvicultură din cadrul Universității "Ștefan cel Mare" din Suceava, str. Universității nr. 1, 5800 Suceava, jud. Suceava.