

Model statistic regional pentru estimarea diametrului de bază al molidului în funcție de diametrul cioatei la înălțimea de referință de 30 cm

I. Popa, A. Popa, A. Horvath, I. Ștețco, A. Korpos

Popa I., Popa A., Horvath A., Ștețco I., Korpos A. 2021. Regional model for estimating the breast height diameter of Norway spruce as a function of stump diameter. Bucov. For. 21(2): 157-164

Abstract. In forestry practice it is often necessary to estimate the diameter at breast height and the volume of the trees starting from the diameter of the stump left after extraction. The elaboration of local dendrometric tables regarding the derivation of the diameter at breast height according to the stump diameter represents a necessity for the forest administration. In the present study, a local regressive model was calibrated, of parabolic type with modeling of the residual variance, to obtain the diameter at breast height of Norway spruce depending on the diameter of the stump with a height of 30 cm, representative of the forest fund administered by the Gheorgheni Forest District. The data set used to estimate the parameters of the statistical model consists of 4050 trees from 111 stands, with various biometric characteristics. The proposed statistical model and the volumes differentiated by production classes allow a more accurate assessment of the damages resulting from illegal logging, having a high reliability in the conditions of the forest fund managed by OSR Gheorgheni.

Keywords: stump diameter, diameter at breast height, statistical model, residual variance modeling

Authors. Andrei Popa (popa.andrei.dorna@gmail.com) - "Marin Drăcea" National Research-Development Institute in Forestry, Station Câmpulung Moldovenesc, 73bis, Calea Bucovinei, 725100 Câmpulung Moldovenesc, Romania; Transilvania University of Brașov, Faculty of Silviculture and Forest Engineering, Sirul Beethoven, no. 1, 500123 – Brașov, Romania, Ionel Popa - "Marin Drăcea" National Research-Development Institute in Forestry, Station Câmpulung Moldovenesc, 73bis, Calea Bucovinei, 725100 Câmpulung Moldovenesc, Romania; Center of Mountain Economy-INCE-CE-MONT Vatra Dornei, 49 Petreni Street, 725700 Vatra Dornei, Romania; Arnold Horvath - Regime Forest District Gheorgheni, Kossuth Lajos 36, Gheorgheni, România, Research Development Center in Silviculture, Kossuth Lajos 34, Gheorgheni, România; Istrate Ștețco - Transilvania University of Brașov, Faculty of Silviculture and Forest Engineering, Sirul Beethoven, no. 1, 500123 – Brașov, Romania, Forest Guard Cluj, Bulevardul Muncii 18, 400641, Cluj-Napoca, Romania; Attila Korpos - Regime Forest District Gheorgheni, Kossuth Lajos 36, Gheorgheni, România, Research Development Center in Silviculture, Kossuth Lajos 34, Gheorgheni, România.

Manuscript received August 27, 2022; revised November 25, 2022; accepted November 26, 2022; online first December 18, 2022.

Introducere

Procedura clasică de calcul a volumului arborilor pe picior se bazează pe măsurarea diametrului la înălțimea de 1,3 m (diametrul de bază - d) și a înălțimii totale (h) aplicând modele regresive specifice (Giurgiu et al. 2004). În cazul arborilor volumul pe picior se evaluează prin măsurarea diametrului de bază la toți arborii din sondaj, respectiv înălțimea totală la un eșantion în jurul diametrului mediu (central) al suprafeței de bază (metoda seriilor de înălțimi sau volume relative), respectiv distribuite pe toată amplitudinea de variație a diametrelor de bază (metoda ecuației de regresie a volumelor).

Aplicarea metodelor de evaluare a volumului arborilor sau arboretelor pe picior prin măsurarea diametrului de bază și a înălțimii este posibilă înainte de extragerea exemplarelor în cauză. În unele cazuri particulare se impune evaluarea volumului de lemn după recoltarea arborilor, situație în care nu mai este posibilă măsurarea diametrului de bază, diametrul cioatei (d_c) rămânând singurul indicator al volumului (Özçelik et al. 2010, Pompa-García et al. 2011). Aceste situații sunt întâlnite în cazul doborâturilor produse de vânt în masă, tăierilor ilegale sau necesităților de ordin administrativ sau juridic care impun reconstituirea actelor de punere în valoare după exploatare (Badea et al. 2013, Di Cosmo și Gasparin 2020). Utilitatea modelelor statistice privind legătura dintre diametrul de bază și diametrul cioatei se regăsește și în cercetările privind reconstituirea dinamicii istorice a structurii arboretelor parcurse cu lucrări silviculturale sau afectate de perturbări naturale (Kulla et al. 2017, Pond și Froese 2014).

Pentru evaluarea pagubelor provenite din tăieri ilegale, conform reglementărilor în vigoare (O.U.G. 85/2006 privind stabilirea modalităților de evaluare a pagubelor produse vegetației forestiere din păduri și din afara acestora cu modificările și completările ulterioare), se utilizează tabele generale de stabilire a volumului unitar în raport cu diametrul cioatei, diferențiate pe grupe mari de specii ((i) rășinoase, (ii)

cvercinee, paltin, frasin, cireș, sorb și (iii) alte foioase). Stabilirea volumelor unitare ale arborilor pe baza diametrului cioatei are la bază tabelele dendrometrice generale elaborate pentru principalele specii forestiere, pentru o înălțime de referință a cioatei de 30 cm (Giurgiu et al. 2004, Giurgiu și Decei 1997).

În numeroase cazuri, cu efecte juridice sau administrative, evaluarea volumului pe baza diametrului cioatei utilizând tabele dendrometrice generale este contestată, în principal din două motive: i) datorită nereprezentativității la nivel local a tabelelor dendrometrice generale; ii) înălțimea cioatelor diferă în majoritatea cazurilor de înălțimea de referință considerată în legislație (30 cm). Pentru minimizarea erorilor determinate de obținerea diametrului de bază pornind de la diametrul cioatei s-a elaborat o metodologie unitară, având suport statistic, oficializată prin O.M. 1323/2015 – Metode dendrometrice pentru evaluarea volumului de lemn destinat valorificării și valorile necesare calculului volumului de lemn destinat valorificării (Badea et al. 2013).

Aplicarea metodologiei propuse nu se justifică în cazul unui număr redus de arbori, dispersați spațial în diferite arborete, cum este cazul tăierilor ilegale punctuale la nivelul cantoanelor silvice sau a unităților de administrare a fondului forestier. Normele tehnice și literatura de specialitate recomandă elaborarea de tabele dendrometrice locale pentru calculul diametrului de bază pornind de la diametrul cioatei la înălțimea de referință de 30 cm, cu aplicabilitate, în general, la nivel de ocol silvic (Giurgiu et al. 2004,; MAPPM 2000). În literatură silvică românească sunt relativ puține tabele dendrometrice locale privind legătura dintre diametrul cioatei la înălțimea de referință de 30 cm sau alte înălțimi ale cioatei și diametru de bază, impunându-se noi cercetări (Nicolescu et al. 2004).

Modelarea legăturii statistice dintre diametrul cioatei la înălțimea de referință de 30 cm și diametrul de bază se realizează pe bază de modele regresive liniare (Bylin 1982,; Kulla et al. 2017,; Nicolescu et al. 2004), polinomiale

de diferite grade (Corral-Rivas et al. 2007, Milios et al. 2016), logaritmice sau exponențiale (Senyurt et al. 2020). Înălțimea cioatei a fost utilizat drept variabilă suplimentară în modele regresive multiple pentru creșterea preciziei (Demaerschalk și Omule 1982, Westfall 2010).

Prezentul studiu aduce informații noi referitoare la gradul de reprezentativitate al tabelelor dendrometrice generale privind determinarea diametrului de bază pornind de la diametrul cioatei la înălțimea de referință de 30 cm pentru molidul din fondul forestier administrat de Ocolul silvic de regim Gheorgheni (Jud. Harghita).

Materiale și metodă

Zona de studiu este reprezentată de fondul forestier administrat de Ocolul silvic de regim (OSR) Gheorgheni, localizat în depresiunea Gheorgheni (Carpații Orientali), (între 46°50'N, 25°20'E și 46°40'N, 25°40'E). Pădurile administrate de OSR Gheorgheni sunt reprezentate majoritar de moliduri pure sau în amestec cu brad. Diseminat sau în proporții reduse se întâlnesc exemplare de fag, paltin de munte, mesteacăn, plop tremurător.

În vederea surprinderii variabilității staționale și de arboret cercetările s-au desfășurat într-un număr de 111 arborete cu vârste cuprinse între 20 și 120 de ani, din diferite clase de producție, distribuite spațial în tot fondul forestier administrat. În fiecare arboret s-au ales, în mod aleatoriu, un număr de 20-40 de arbori la care s-au efectuat măsurători dendrometrice specifice. Pentru fiecare arbore s-au măsurat câte două diametre perpendiculare în partea din amonte la înălțimea de 30 cm, respectiv la 130 cm. Primul diametru s-a măsurat paralel cu curba de nivel, iar cel de-al doilea perpendicular. Înălțimile de măsurare s-au stabilit cu ajutorul unui reper gradat.

Datele primare au fost verificate referitor la prezența erorilor de măsurare sau de înregistrare a datelor de teren. Identificarea valorilor extreme s-a realizat prin analiza grafică a câmpului de corelație dintre diametrul cioatei la

înălțimea de referință de 30 cm și diametrul de bază, respectiv analiza valorilor extreme influente prin intermediul distanței Cook (Cook 1977, McDonald 2002). Valorile extreme identificate provin de la arbori cu baza trunchiului excesiv lăbărtată, având un coeficient de descreștere a diametrului de la înălțimea cioatei la înălțimea de 1,30 m foarte mare. Deoarece obiectivul studiului nu este elaborarea unui model statistic pentru arbori cu deformări excesive, astfel aceste valori extreme influente (36 de înregistrări – 0,9%) au fost eliminate din setul de date final utilizat la calibrarea modelului regresiv. Setul de date final validat cuprinde un număr de 4050 de arbori.

Pentru elaborarea tabelelor dendrometrice locale privind legătura dintre diametrul de bază și diametrul cioatei la înălțimea de referință de 30 cm s-a utilizat un model regresiv parabolic având drept variabilă explicativă diametrul trunchiului la înălțimea de 30 cm. Analiza preliminară privind calibrarea modelului regresiv prin metoda celor mai mici pătrate a evidențiat o creștere a varianței valorilor reziduale standardizate odată cu creșterea diametrului cioatei la înălțimea de referință de 30 cm, respectiv o încălcare a ipotezei de homoscedasticitate a erorilor. Valorile reziduale standardizate (Pearson) s-au calculat prin raportarea diferenței dintre valorilor măsurate și cele estimate prin model la eroarea standard a valorilor reziduale (Mehtatalo și Lappi 2020). Expriarea valorilor reziduale în unități standardizate permite o mai bună vizualizare a omogenității varianței acestora, respectiv identificarea posibilelor valori extreme. Pentru soluționarea acestei probleme parametrul modelului regresiv au fost estimați prin metoda generalizată a celor mai mici pătrate (GLS) cu modelarea varianței reziduale cu ajutorul funcției putere, utilizând un model de forma:

$$d = a_0 + a_1 \cdot dc + a_2 \cdot dc^2 + \varepsilon \quad \text{cu (1)}$$

$$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 \cdot dc^{2\delta})$$

unde:

d - diametrul de bază (cm);

dc - diametrul cioatei la înălțimea de referință de 30 cm (cm);

a_1 - coeficienții modelului statistic;

ε - eroarea reziduală;

N - distribuția normală;

σ^2 - varianța;

δ - coeficient funcția putere.

O valoare pozitivă a parametrului δ indică o creștere a varianței valorilor reziduale în raport cu diametrul cioatei la înălțimea de referință de 30 cm, respectiv o valoare negativă a lui δ indică o descreștere a varianței valorilor reziduale (Mehtatalo și Lappi 2020).

Evaluarea fiabilității modelului regresiv s-a realizat prin analiza numerică și grafică a valorilor reziduale utilizând următorii indicatori statistici: coeficientul de determinare (R^2), rădăcina din eroarea medie pătratică (RMSE) și eroare medie absolută (MAE):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n}} \quad (3)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|}{n} \quad (4)$$

unde:

\hat{y}_i - valorile modelate;

y_i - valorile măsurate;

\bar{y} - valoarea medie;

n - numărul total de măsurători

Validarea modelului regresiv s-a realizat prin împărțirea setului de date în două sub-seturi: calibrare (80% din valori) și validare (20% din valori).

În baza modelului regresiv parabolic cu modelarea varianței s-a calculat diametrul de bază pentru amplitudinea de diametre ale cioatei la înălțimea de referință de 30 cm cuprinse între 10 și 80 cm, cu pasul de 1 cm. Calculul

volumului unitar s-a realizat prin intermediul ecuației de regresie a volumelor adoptând coeficienții propuși pentru molid (Giurgiu et al. 2004). Înălțimea medie aferentă diametrului de bază a fost obținută pe baza modelului regresiv polinomial logaritm de gradul 3 pentru specia molid, diferențiat pe clase de producție relative propus de Leahu (2004).

Rezultate și discuții

Setul de date utilizat pentru elaborarea tabelor dendrometrice locale privind determinarea diametrului de bază pornind de la diametrul cioatei la înălțimea de referință de 30 cm cuprinde 4050 de arbori, cu o variație a diametrelor de bază între 8 și 70 cm, respectiv a diametrului cioatei între 9 și 88 cm. Diametrul de bază mediu este $34,6 \pm 10,8$ cm cu un coeficient de variație de 32%, respectiv diametrul mediu al cioatei la înălțimea de referință de 30 cm este de $41,5 \pm 13,9$ cm cu un coeficient de variație de 30%. Distribuțiile numărului de arbori pe categorii de diametre de bază, respectiv diametre ale cioatei la înălțimea de referință de 30 cm urmează o distribuție unimodală cu asimetrie redusă (Figura 1).

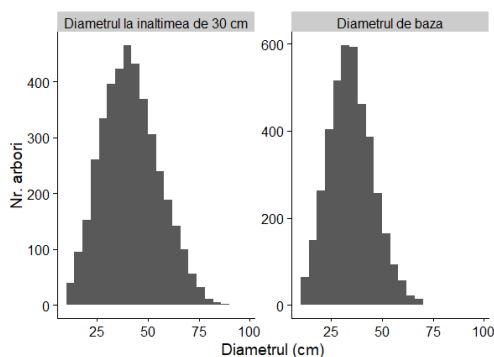


Figura 1 Distribuția numărului de arbori pe categorii de diametre de bază și diametre ale cioatei la înălțimea de referință de 30 cm

Distribution of number of trees by breast height diameter and stump diameter classes at 30 cm height

O condiție esențială impusă de aplicarea metodei celor mai mici pătrate pentru estimarea parametrilor modelului regresiv parabolic liniarizat este distribuția normală și varianța constantă a erorilor. Modelarea statistică a variabilelor biometrice ale arborilor și arboretelor este însoțită adeseori de existența problemelor de heteroscedasticitate în datele primare (Meh-tatalo și Lappi 2020, Corral-Rivas et al. 2007, Parresol 1998). Depășirea acestei probleme se poate realiza fie prin transformarea variabilelor (ex. prin logaritmare) sau prin aplicarea unor modele regresive care permit modelarea varianței valorilor reziduale (Parresol 1993, Westfall și Mcroberts 2017). Analiza variației valorilor reziduale standardizate în raport cu variabila explicativă (dc), în cazul modelului regresiv inițial (fără modelarea varianței erorilor reziduale), evidențiază o creștere progresivă a varianței acestora la valori mari ale diametrului cioatei la înălțimea de referință de 30 cm (Figura 2). Prin modelarea varianței erorilor reziduale cu funcția putere în cadrul metodei generalizate a celor mai mici pătrate se observă o varianță constantă a valorilor reziduale standardizate. Neomogenitatea varianței valorilor reziduale în cazul modelării relației dintre diametrul de bază și diametrul cioatei a fost observată și la ale specii de interes forestier (Özçelik et al. 2010, Parresol 1993). De asemenea eroarea standard asociată coeficienților modelului se reduce la jumătate comparativ cu estimarea parametrilor regresiei prin metoda celor mai mici pătrate (ex. termen liber de la 0,28 la 0,11).

Fiabilitatea modelului regresiv privind variația diametrului de bază în raport cu diametrul cioatei la înălțimea de referință de 30 cm, specific fondului forestier administrat de OSR Gheorgheni, este foarte bună, reflectată de valori reduse ale RMSE (2,38) și MAE (1,73), comparativ cu alte modele calibrate pe specii de rășinoase (Sakici și Ünal 2017). Eroarea standard reziduală este de 0,017, iar variabilitatea explicată de model este egală cu 95,1% ($R^2 = 0,951$) (Figura 3, Tabel 1). Validarea mo-

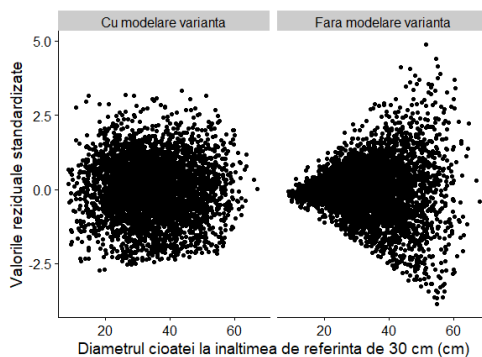


Figura 2 Distribuția valorilor reziduale standardizate în raport cu diametrul cioatei la înălțimea de referință de 30 cm (model varianță valori reziduale: $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 \cdot dc^{2 \cdot 1,2931})$)
Distribution of standardized residuals by stump diameter at 30 cm height (residuals variance model: $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 \cdot dc^{2 \cdot 1,2931})$)

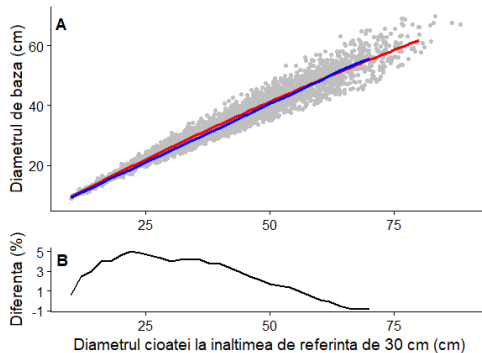


Figura 3 A. Modelul regresiv parabolic cu modelarea varianței privind diametrul de bază în funcție de diametrul cioatei la înălțimea de referință de 30 cm (cu linie roșie modelul propus, cu linie albastră – valorile din tabelele dendrometrice generale (Giurgiu et al. 2004)). B. Diferența dintre diametrul de bază estimat prin modelul propus și cel din tabelele dendrometrice generale (exprimat în procente), funcție de diametrul cioatei la înălțimea de referință de 30 cm
A. Quadratic regressive model with variance modelling regarding the variation of breast height diameter by stump diameter at 30 cm height (with red line the proposed model, with blue line the values from general dendrometric tables (Giurgiu et al. 2004)). B. Differences between breast height diameter estimated by the proposed model and that from general dendrometric tables (as percentage), by stump diameter at 30 cm height

Tabel 1 Parametrii modelului statistic pentru determinarea diametrului de bază funcție de diametrul cioatei la înălțimea de referință de 30 cm la molid
Model parameters for estimate the breast height diameter by stump diameter at 30 cm height for Norway spruce

Coefficient	Valoare	Eroare standard	Valoare test t	Semnificație statistică
a_0	0,6994	0,1074	6,5116	***
a_1	0,8913	0,0073	121,7501	***
a_2	-0,0015	0,0001	-14,3906	***
δ	1,2931	-	-	-

delului regresiv prin estimarea parametrilor modelului utilizând setul de date de calibrare și aplicarea acestui la setul de date de validare confirmă fiabilitatea modelului propus (RMSE = 2,25, MAE = 1,65, $R^2 = 0,958$). Coeficienții de determinare obținuți sunt similari cu cei recomandați în literatura românească sau obținuți în alte studii similare (Giurgiu și Decei 1997; Kulla et al. 2017, Milios et al. 2016, Nicolescu et al. 2004).

Se remarcă faptul că valorile din tabelele dendrometrice generale privind obținerea d funcție de dc subestimează diametrul de bază pentru majoritatea diametrelor cioatei la înălțimea de referință de 30 cm, cu excepția valorilor mai mari de 60 cm. Diferențele maxime se observă pentru diametre ale cioatei cuprinse între 20 și 30 cm (4-5%), fiind minime pentru diametre ales cioatei mai mari de 50 cm.

Utilizând modelul regresiv calibrat pe baza întregului set de date disponibil s-a calculat volumul unitar al arborelui în raport cu diametrului cioatei la înălțimea de referință de 30 cm, diferențiat pe clase de producție relative (Figura 4). Volumele utilizate pentru calculul pagubelor provenite din tăieri ilegale, oficializate prin OUG85/2006, sunt similare valorilor modelate aferente clasei a IV-a de producție. În cazul claselor de producție superioare metodologia de calcul a pagubelor pentru molid, considerând o înălțime a cioatei de 30 cm, subestimează volumele unitare cu 10-20% pentru diametre ale cioatelor cuprinse între 20 și 40 cm, respectiv cu 30-40% în cazul diametrelor mai mari de 40 cm. Pentru clasa a V-a de producție tabelele generale de calcul a pagubelor supraestimează volumele unitare în medie cu 10-15%.

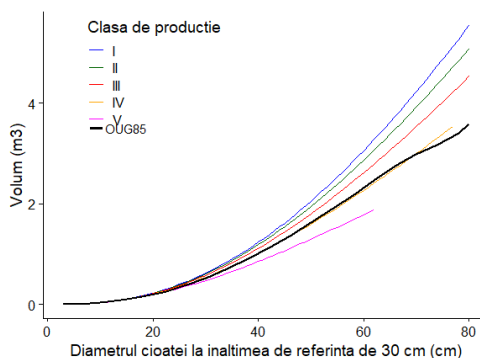


Figura 4 Distribuția valorilor reziduale standardizate în raport cu diametrul cioatei la înălțimea de referință de 30 cm (model varianță valori reziduale: $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 \cdot dc^{2 \cdot 1,2931})$)
Distribution of standardized residuals by stump diameter at 30 cm height (residuals variance model: $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 \cdot dc^{2 \cdot 1,2931})$)

Extrapolarea modelului statistic calibrat pentru diametre ale cioatelor la înălțimea de referință de 30 cm mai mari de 80 cm trebuie realizată cu precauție având în vedere variabilitatea ridicată determinată de deformările semnificative la nivelul bazei trunchiului.

Forma fusului la baza trunchiului variază în raport cu specia, vârsta, densitatea arboretului, fiind influențată de condițiile staționale de vegetație (Milios et al. 2016). Utilizarea tabelor dendrometrice și a modelelor statistice aferente, generale sau locale, pentru estimarea diametrului de bază în funcție de diametrul cioatei la înălțimea de referință de 30 cm, pe stațiuni extreme, mai ales caracterizate de pante accentuate, este recomandabil a se evita, urmare a deformărilor semnificative care apar la nivelul cioatei. În astfel de cazuri se recomandă calibrarea de modele statistice particulare care să

permite surprinderea particularităților induse de condițiile geomorfologice specifice.

În prezentul studiu înălțimea cioatei nu a fost inclusă drept variabilă explicativă, măsurătorile efectuându-se la înălțimea de referință de 30 cm. Cercetări similare au evidențiat o creștere a fiabilității modelului prin includerea înălțimii cioatei în analiza statistică, respectiv extinderea aplicabilității modelelor statistice pentru înălțimi diferite ale cioatei (Di Cosmo și Gasparini 2020; García-Cuevas et al. 2017; Kozak și Omule 1992; Özdemir et al. 2020; Pompa-García et al. 2011).

Concluzii

Prezentul studiu propune un model statistic regional privind estimarea diametrului de bază la molidul din depresiunea Gheorgheni funcție de diametrul cioatei la înălțimea de referință de 30 cm. Modelarea varianței valorilor reziduale și estimarea parametrilor modelului prin metoda generalizată a celor mai mici pătrate a permis rezolvarea problemelor de heteroscedasticitate constatate în structura datelor primare. Rezultatele obținute evidențiază diferențe reduse între diametrul de bază estimat pe baza modelului regional comparativ cu valorile din tabelele dendrometrice generale, în raport cu diametrul cioatei la înălțimea de referință de 30 cm (valori maxime de 4-5%). În baza acestor rezultate preliminare, cu valabilitate pentru zona Gheorgheni, se poate concluziona că dezvoltarea de tabele dendrometrice locale pentru determinarea diametrului de bază funcție de diametrul cioatei la înălțimea de referință de 30 cm, nu aduc un plus de precizie semnificativ. Acestea se justifică numai în cazuri excepționale determinate de condiții staționale și de arboret particulare sau situații în care este necesară o precizie foarte ridicată impusă de condiții juridice sau administrative. De asemenea analizele efectuate au evidențiat diferențe ridicate între volumele unitare în raport diametrului cioatei la înălțimea de referință de 30 cm, din legislația în vigoare, și cele calculate diferențiat pe clase

de producție relative.

Având în vedere realitățile din activitatea de administrație silvică, respectiv exploatare forestieră, se recomandă orientarea cercetărilor în direcția elaborării de tabele dendrometrice pentru determinarea diametrului de bază funcție de diametrul cioatei la diferite înălțimi.

Mulțumiri

Cercetările s-au realizat în cadrul proiectului CRESFORLIFE (SMIS 105506), contract subsidiar nr. 16/2020, proiect cofinanțat din Fondul European de Dezvoltare Regională prin Programul operațional Competitivitate 2014-2020.

Bibliografie

- Badea, O., Iacob, C., Silaghi, D., 2013. Procedee tehnice și metode practice pentru determinarea volumului arborilor în raport cu diametrul măsurat la cioată. Editura Silvica, București., 100 p.
- Cook, R.D., 1977. Detection of Influential Observation in Linear Regression. *Technometrics* 19: 15. <https://doi.org/10.2307/1268249>
- Di Cosmo, L., Gasparini, P., 2020. Predicting diameter at breast height from stump measurements of removed trees to estimate cuttings, illegal loggings and natural disturbances. *South-East Eur. For.* 11: 1–9. <https://doi.org/10.15177/see-for.20-08>
- Giurgiu, V., Decei, I., 1997. Biometria arborilor din România. Metode dendrometrice. Editura Snagov, București, 307p.
- Giurgiu, V., Decei, I., Draghiciu, D., 2004. Metode si tabele dendrometrice. editura Ceres, București, 575 p.
- Kulla, L., Bosela, M., Murgas, V., Roessiger, J., Seben, V., 2017. Reconstructing past forest status using inventory and tree ring data to support uneven-aged forest management. *Cent. Eur. For. J.* 63: 203–211.
- Leahu, I., 2005. O expresie matematică a curbei de contur a fusului a unui arbore la stabilirea diametrului de bază în funcție de diametrul și înălțimea cioatei. *Rev. Pădurilor*, 120(4): 3–8.
- MAPP, 2000. Norme tehnice pentru evaluarea volumului de lemn destinat comercializării.
- McDonald, B., 2002. A teaching note on Cook's distance - A Guideline. *Res.Lett.Inf.Math.Sci* 3:127-128.
- Mehtatalo, L., Lappi, J., 2020. Biometry for forestry and environmental data: With examples in R. CRC Press. 411 p.
- Milios, E., Kitikidou, K.G., Dalakouras, V., Pipinis, E.,

2016. Diâmetro á altura do peito estimada a partir de tocos de quercus frainetto na região de evros no Nordeste da Grécia. *Cerne* 22: 337–344. <https://doi.org/10.1590/01047760201622032193>
- Nicolescu, N.V., Stăncioiu, P.T., Petrițar, I.C., Vasilecu, M.M., 2004. O tabelă locală pentru stabilirea legăturii dintre diametrul de bază și diametrui cioatei la fag și brad, în zona Cristian - Brașov, *Rev. Pădurilor*, 119 (2): 15–18
- Özçelik, R., Brooks, J.R., Diamantopoulou, M.J., Wiant, H. V., 2010. Estimating breast height diameter and volume from stump diameter for three economically important species in Turkey. *Scand. J. For. Res.* 25: 32–45. <https://doi.org/10.1080/02827580903280053>
- Pompa-García, M., de los Santos-Posadas, H.M., Zepe-da-Bautista, M.E., Corral-Rivas, J.J., 2011. A dendrometric model for estimation of the diameter at breast height from stump dimensions. *Agrociencia* 45: 379–387
- Pond, N.C., Froese, R.E., 2014. Evaluating published approaches for modelling diameter at breast height from stump dimensions. *Forestry* 87: 683–696. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpu029>
- Sakici, O.E., Ünal, G., 2017. Stump Diameter and Diameter at Breast Height Relationships for Oriental Beech and Kazdağı Fir at Mixed Stands in Karabük. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Derg.* 17: 298–306. <https://doi.org/10.17475/kastorman.298713>