



**Universitatea
Transilvania
din Brașov**

TEZĂ DE ABILITARE

**Calitatea lemnului, nivelul prejudiciilor, productivitatea muncii și
măsurarea sortimentelor de lemn în exploatarea pădurilor**

Domeniul: SILVICULTURĂ

**Autor: Conf. Dr. Ing. Câmpu Vasile Răzvan
Universitatea Transilvania din Brașov**

BRAȘOV, 2018

CUPRINS

(A) Summary	3
(B) Realizări științifice și profesionale și planuri de evoluție și dezvoltare a carierei.	5
(B-i) Realizări științifice și profesionale	5
1. Introducere.....	5
1.1. Aspecte generale.....	5
1.2. Lucrări științifice pe baza cărora a fost elaborată teza de abilitare.....	7
2. Impactul gelivurii asupra calității lemnului de fag	8
2.1. Introducere.....	8
2.2. Material și metoda de cercetare	10
2.3. Rezultate și discuții	12
2.4. Concluzii	16
3. Efectele ecologice ale activității de exploatare a pădurilor	17
3.1. Introducere	17
3.2. Material și metoda de cercetare	18
3.3. Rezultate și discuții	21
3.4. Concluzii	29
4. Consumul de timp, productivitatea și performanța muncii la recoltarea lemnului de rășinoase	29
4.1. Doborârea arborilor	29
4.1.1. Introducere	29
4.1.2. Material și metoda de cercetare	31
4.1.3. Rezultate și discuții	36
4.2. Curățirea de crăci și secționarea arborilor în parchet.....	45
4.2.1. Introducere	45
4.2.2. Material și metoda de cercetare	46
4.2.3. Rezultate și discuții	49
4.3. Concluzii	57
5. Măsurarea lemnului stivuit	58
5.1. Introducere	58

5.1.1. Determinarea factorului de cubaj	59
5.1.2. Determinarea masei volumice și a umidității lemnului	60
5.2. Material și metoda de cercetare	61
5.2.1. Metodologia de cercetare pentru determinarea factorilor de cubaj și de așezare a lemnului	62
5.2.2. Metodologia de cercetare pentru determinarea masei volumice aparente a lemnului	66
5.2.3. Metodologia de cercetare pentru determinarea scăderii în masă a lemnului	70
5.3. Rezultate și discuții	71
5.3.1. Factorul de cubaj	71
5.3.1.1. Precizia determinării factorului de cubaj	71
5.3.1.2. Importanța determinării factorului de cubaj pentru sortimente de lemn cu lungimi mai mari de 1 m	77
5.3.2. Determinarea masei volumice aparente	79
5.3.3. Determinarea scăderii în masă a lemnului pe perioada de depozitare	89
5.3.4. Măsurarea umidității lemnului	93
5.3.4.1. Alegerea metodei de măsurare	93
5.3.4.2. Mărimea și constituirea eșantionului de piese de probă	95
5.3.4.3. Secțiunea de unde se extrage proba de lemn	97
5.4. Concluzii	99
5.4.1. Cu privire la factorul de cubaj	99
5.4.2. Cu privire la masa volumică aparentă	100
5.4.3. Cu privire la scăderea în masă a lemnului și la măsurarea umidității lemnului ..	100
(B-ii) Planuri de evoluție și dezvoltare a carierei.....	101
1. Introducere	101
2. Experiența profesională	101
3. Dezvoltarea carierei universitare	105
(B-iii) Bibliografie	108

(A) Summary

This thesis presents the author's scientific accomplishments during the postdoctoral period. The Introduction (Chapter 1) displays the author's main research directions in the larger context of post 1990 forestry evolution. Chapters 2,3,4 and 5 describe the author's research with regard to activities characteristic of timber harvesting. Thus, the impact of frost-crack on beech wood quality is discussed in chapter 2, knowing the fact that wood quality evaluation based on exterior defects is an important activity in wood valuing as well as in wood sorting.

Frost crack represents one of the main defects which affect European beech wood quality. The purpose of this research is to improve the knowledge regarding both the impact of frost crack on European beech wood quality and the frost crack characteristics which affect wood quality. The defects which accompany frost crack have also been identified. Moreover, the possibility of determining these defects using the IML RESIF500 – S Resistograph has been tested. The research has emphasized the existence of statistical correlations between frost crack star-shaped heart expansion, frost crack rib prominence and frost crack length. The presence of defects which affect wood structure leading to a decrease in penetration resistance can be determined accurately with the resistograph. The measurements made on the frost cracks studied have been gathered in a graph which shows frost crack impact on European beech wood quality.

Chapter 3 looks at the ecological impact of timber harvesting on forests – The research was aimed at determining the amount of damage to trees, identifying the damage types, their frequency, extent, form and distribution at the level of trees and at the level of the entire stand. The research was conducted in a spruce stand with disseminated beech and larch trees from the Carpathian Mountains, where thinning operations had taken place. The CTL (Cut-To-Length) system was applied by using harvester and forwarder. Thus, 7.5 % of remaining trees were damaged with the amount of damage depending on the following factors: species, initial density of the stand, harvesting intensity, slope trail, terrain configuration, mechanization level and work organization. Moderate damage prevailed, the damaged trees presenting: bark removal 50%, gouged wounds 43%, and bark abrasion 7%. Most of the damage (65%) was situated at a height below 1 meter, 67% of these being located on trees situated at a distance of 4 meters at most, from the harvesting-forwarding trails centerline.

Chapter 4 tackles the problem of time consumption, productivity and work performance in coniferous wood harvesting.

The purpose of this research is to establish time consumption and productivity when using Husqvarna 365 chainsaw for resinous tree felling and primary processing (delimiting and cross-cutting) in mountainous regions. The research was conducted in the Romanian Southern Carpathians, in mixed spruce (*Picea abies* L. Karst.) and fir (*Abies alba* Mill.) tree stands. Only one team of workers, made up of a feller and an assistant was used. The felling operation was divided into nine specific stages for which work times were measured. Work time structure used here includes WP - workplace time (PW - productive work time; SW - supportive work time, NT - non-work time) and NW - non-workplace time. The results indicated a productivity of $10.138 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ($4.55 \text{ tree} \cdot \text{h}^{-1}$) in stand1 and of $11.374 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ($4.33 \text{ tree} \cdot \text{h}^{-1}$) in stand 2. Productivity is influenced by dbh, stump diameter and the distance between trees. In the case of primary processing, the results indicated a total time of $536.32 \text{ s} \cdot \text{m}^{-3}$ ($1145.26 \text{ s} \cdot \text{tree}^{-1}$), work performance (including delays) of $6.716 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ($3.14 \text{ tree} \cdot \text{h}^{-1}$), and work productivity (without delays) of $35.459 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ($16.58 \text{ tree} \cdot \text{h}^{-1}$). The chainsaw productivity during tree cross-cutting was $82.29 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Delimiting accounted for 96.18% of the real work time, while cross-cutting accounted for 3.82%. The time consumption for delimiting and cross-cutting, as well as the work productivity and performance in the primary processing of coniferous trees in the felling area, were influenced by the breast height diameter, stem length, and tree volume, while the chainsaw productivity was influenced by the diameter of the cross-cut sections. The relationships between the aforementioned dependent and independent variables were determined by simple and linear multiple regression equations.

Chapter 5 deals with the measurement of stacked wood and presents the author's research concerning the determination of the conversion factor of stacked to solid content, of specific wood mass, mass loss during the stacking period and the measurement of wood moisture content for spruce, beech, hornbeam and oak trees in pulpwood and firewood assortments with the length of 2 and 3 meters. The conversion factors have been determined by using the xylometric, diagonal and surface method. Moisture content and specific mass have been determined by using the samples extracted from freshly felled wood. Mass loss over a period of three months has been determined in stacked wood. This part presents the methods used for the measurement of wood moisture content, wood moisture content variation as compared to log ends as well as the way to build a log sample representative of a wood stack as far as wood moisture content is concerned.

The final part of this thesis represents the development plan of the author's academic career (in research, teaching and cooperation with the economic environment). The thesis ends with a list of references mentioned throughout it.

(B) Realizări științifice și profesionale și planuri de evoluție și dezvoltare a carierei

(B-i) Realizări științifice și profesionale

1. Introducere

1.1. Aspecte generale

În intervalul de timp scurs de la revoluția anticomunistă din anul 1989 și până în prezent, domeniul silvic a parcurs o etapă de importante transformări datorate atât unor schimbări în administrația fondului forestier, cât și modalităților noi de valorificare a masei lemnoase. Aceste transformări au fost determinate la rândul lor de schimbările politice, sociale și economice care au avut loc în România, începând cu anul 1990. Astfel, importante suprafețe de teren aflate în fondul forestier național, proprietate a statului, au trecut, ca urmare a promovării unei noi legislații în domeniul fondului funciar (Legea 18/1991; Legea 1/2000; Legea 247/2005; Legea 165/2013), în posesia altor proprietari de pădure (persoane fizice sau juridice), schimbându-se totodată și aria beneficiarilor produselor lemnoase ale pădurii. În acest fel, modelul de gospodărire a pădurilor pe suprafețe mari, de 3000 – 5000 ha în cadrul unităților de producție, a devenit inoperant. Amenajamentele silvice au fost înlocuite, în pădurile proprietate privată, cu studii de amenajare care au reglementat procesul de producție în funcție de categoria proprietății și caracteristicile arboretului. Constatându-se direcția greșită în care a evoluat activitatea de valorificare a masei lemnoase din păduri, în special în pădurile proprietate privată, în ultimii ani, au fost luate unele măsuri de reglementare a procesului de producție, precum renunțarea la studiile de amenajare și condiționarea întocmirii amenajamentelor pe suprafețe de minim 100 ha sau obligativitatea ca societățile de exploatare a lemnului să își poată desfășura activitatea numai pe baza atestării de către o comisie special constituită în acest scop (Dumitrache, 2014). În amenajamentul românesc lemnul de lucru reprezintă cel mai important țel de producție pus în sarcina pădurii, în funcție de care sunt stabilite toate celelalte măsuri de gospodărire. Chiar efectele ecologice ale pădurii se corelează, în general pozitiv, cu producția de sortimente de lemn de lucru valoroase (Drăghiciu 2005). Valorificarea, la un nivel maxim, a calității lemnului este una din căile importante de eficientizare a sectorului forestier. Atingerea acestui obiectiv se

poate realiza printr-o evaluare corectă a calității lemnului corespunzător proporției, mărimii și gravității defectelor caracteristice (Ciubotaru 2005). Perfecționarea metodologiei de evaluare a calității lemnului la arborii pe picior în cadrul lucrărilor de punere în valoare a masei lemnoase a reprezentat principala preocupare a autorului în perioada doctoratului. În timpul cercetărilor s-au abordat aspecte ce au constat din determinarea frecvenței defectelor lemnului, influența vârstei, a expoziției și a înclinării terenului asupra frecvenței acestora. De asemenea, s-au stabilit numeroase corelații între caracteristici măsurabile la exteriorul trunchiului și particularități ale defectelor la interior. Prin prisma calității arborilor s-a evaluat calitatea arboretelor studiate și s-a determinat ponderea de participare a defectelor la clasificarea calitativă a arborilor. Cercetările au continuat și după terminarea doctoratului prin studierea impactului gelivurii asupra calității lemnului de fag. Rezultatele obținute sunt prezentate în teza de abilitare, ele fiind publicate în revista *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* indexată ISI Web of Science.

În același timp, au apărut firmele private de exploatare dar și de prelucrare și valorificare a produselor lemnoase, care și-au schimbat și diversificat gama produselor lemnoase conform cerințelor pieții. Multe din aceste structuri noi s-au aflat la începutul activității lor, aspect ce s-a resimțit uneori în modul negativ de gestionare a activității acestora. În multe cazuri s-a manifestat dorința de câștiguri bănești imediate, ceea ce a avut unele repercusiuni negative asupra sectorului, fiind exploatare, cu prioritate, pădurile ușor accesibile și de foarte bună calitate. În România, tehnologia cea mai frecvent utilizată la recoltarea și colectarea lemnului, atât la rărituri cât și la aplicarea tratamentelor, constă în doborârea arborilor cu fereștrăul mecanic și colectarea acestora cu tractorul, funicularul, atelajele sau prin corhănire. După anul 2000, proprietari de pădure și firmele de exploatare și-au pus problema importului tehnologiei de recoltare și colectare a lemnului din țările nordice, bazată pe folosirea harvesterului și forwarderului (Jarmo și Ciubotaru 2005). Nivelul prejudiciilor rezultat ca urmare a folosirii unor tehnologii moderne de recoltare și colectare nu era cunoscut având în vedere complexitatea arboretelor și relieful diferit existent în țara noastră. Prin urmare, această temă a fost abordată de autor într-un contract cu terți care a avut ca scop principal determinarea nivelului și structurii prejudiciilor produse arborilor pe picior la folosirea tehnologiei Cut – to – length (CTL) de exploatare a lemnului, rezultatele fiind publicate în revista *Environmental Engineering and Management Journal* indexată ISI Web of Science. Nivelul prejudiciilor produse arborilor pe picior prin activitatea de exploatare condiționează în mare măsură frecvența și gravitatea unor

defecte (lemn mort, cancer, putregai etc.) într-un arboret, cu implicații directe asupra calității lemnului din arborii prejudiciați.

Efectele lucrărilor de exploatare a pădurilor asupra calității ecosistemelor forestiere depind, într-o mare măsură, de durata de desfășurare a operațiilor specifice acestei activități. Este binecunoscut și acceptat faptul că odată cu creșterea duratei de desfășurare a lucrărilor de exploatare a unui parchet se reduc efectele benefice ale acestora (Ciubotaru 1998) ca urmare a creșterii nivelului de stres produs, în primul rând, asupra componentelor zoocenotice ale ecosistemului forestier (Krause 1993; Radle 2007; Kight și Swaddle 2011). În aceste condiții, un obiectiv major al managementului exploatării pădurilor îl constituie planificarea activităților astfel încât acestea să se încadreze într-o durată maximă permisă conform prescripțiilor legale, în conformitate cu condițiile de lucru din fiecare parchet (MMP 2011). Atingerea acestui obiectiv impune dimensionarea corespunzătoare a mărimii formației de lucru și a numărului și tipului de utilaje necesare. În acest sens, autorul a întreprins cercetări cu scopul de a cunoaște structura timpului de lucru, consumul de timp, productivitatea și performanța muncii la recoltarea arborilor cu ferăstrăul mecanic. Rezultatele obținute sunt prezentate în teza de abilitare, ele fiind publicate în reviste indexate ISI Web of Science (Silva Fennica, Forests). Consumul de timp, productivitatea și performanța muncii în exploatarea pădurilor pot fi optimizate prin adoptarea unei structuri a proceselor tehnologice care să corespundă condițiilor concrete de lucru din parchetele de exploatare cu luarea în considerare, în primul rând, a protecției muncitorilor și a calității lemnului din arborii marcați.

În ultimii ani, au apărut sortimente de lemn noi, ca urmare a importului de tehnologii de exploatare, transport și prelucrare a lemnului. Se constată o creștere a cererii de sortimente de lemn cu lungimi reduse (2...3 metri) destinate industriei celulozei și consumului ca lemn de foc, fapt ce a generat unele probleme la măsurarea cantităților de lemn. Pe de o parte, măsurarea acestor sortimente de lemn, piesă cu piesă, este mare consumatoare de timp, iar pe de altă parte, folosirea unor factori de cubaj nu este oportună întrucât, la noi în țară, nu s-au determinat factori de cubaj, pe specii, pentru sortimente de lemn cu lungimi mai mari de 1 m. Mai mult, cantitățile de lemn expediate din pădure și măsurate în metri cubi sau metri steri, sunt recepționate în depozitele fabricilor de prelucrare prin cântărire, fiind exprimate în tone. Apare astfel necesară determinarea umidității lemnului. Lucrările de cercetare întreprinse de autor au abordat aspecte legate de determinarea volumului de lemn prin intermediul factorului de cubaj (s-au aplicat patru

metode diferite pentru determinarea factorului de cubaj) și a masei volumice specifice la speciile fag, carpen, molid, stejar și gorun. Lucrările au abordat și aspecte legate de scăderea în greutate a lemnului și elaborarea unei metodologii pentru determinarea umidității la lemnul stivuit. Toate aceste aspecte privind măsurarea lemnului constituie preocupări ale autorului și sunt redată în teza de abilitare, rezultatele fiind publicate în revista Wood Research indexată ISI Web of Science și în cartea de specialitate „Măsurarea lemnului stivuit“.

Cele patru direcții de cercetare în care a activat autorul sunt complementare și împreună însumează cunoștințe importante, necesare cunoașterii în ansamblu și în detaliu a procesului de exploatare a pădurilor, a implementării principiilor acestei activități în practica forestieră.

1.2. Lucrări științifice pe baza cărora a fost elaborată teza de abilitare

Pentru elaborarea tezei de abilitare s-au utilizat articole științifice publicate în reviste indexate ISI Web of Science (5), articole științifice publicate în volumele conferințelor internaționale, indexate ISI Proceedings (2), articole științifice publicate în reviste indexate în baze de date internaționale (3) și o carte științifică publicată la o editură națională, recunoscută CNCS, după cum urmează:

1. CIUBOTARU A., **CÂMPU V.R.**, (2018). Delimiting and cross-cutting of coniferous trees – time consumption, work productivity, and performance. Forest 9(4), 206. DOI 10.3390/f9040206.
2. **CÂMPU V. R.**, CIUBOTARU A., (2017). Time consumption and productivity in manual tree felling with a chainsaw – a case study of resinous stands from mountainous areas. Silva Fennica 51(2):1-19. DOI 10.14214/sf.1657
3. **CÂMPU V. R.**, BORZ S. A., (2017). Amount and structure of tree damage when using cut-to-length system. Environmental Engineering and Management Journal, 16(9):2053-2061.
4. **CÂMPU V. R.**, DUMITRACHE R., BORZ S.A., TIMOFTE I. A, (2015). The impact of log length on the conversion factor of stacked wood to solid content. Wood Research 60(3):503-518.
5. **CÂMPU V. R.**, DUMITRACHE R., (2015). Frost Crack Impact on European Beech (*Fagus sylvatica* L.) Wood Quality. Not Bot Horti Agrobi 43(1), DOI 10.15835/nbha4319655.

6. **CÂMPU V.R.**, (2014). Mass loss and the measurement of beech and oak pulpwood moisture content. In Proceedings of 14th GeoConference on Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems, Vol. II:399-406.
7. **CÂMPU V. R.**, (2014). Măsurarea lemnului stivuit. Editura Universității Transilvania din Brașov, 224 p.
8. **CÂMPU V.R.**, CIUBOTARU A., (2013). Apparent volumic mass models for pulpwood Norway spruce logs. In Proceedings of Rural Development 2013 Aleksandras Stulginskis University, Lithuania, Vol. 6:215-220.
9. **CÂMPU V.R.**, (2013). Research concerning norway spruce wood apparent volumic mass and weight decrease during the storage period. In Proceedings of Biennial International Symposium Forest and Sustainable Development, Transilvania University Press, p. 109-113.
10. **CÂMPU V.R.**, (2012). Research concerning hornbeam wood apparent volumic mass and weight decrease. Journal of EcoAgriTourism, Vol.8, nr.1(24):24-26.
11. **CÂMPU V.R.**, (2012). Moisture content determination at freshly felled common hornbeam wood. Journal of EcoAgriTourism, Vol.8, nr.1(24):20-23.

2. Impactul gelivurii asupra calității lemnului de fag

2.1. Introducere

La noi în țară, fagul, aflat la limita estică a arealului său, este specia cea mai răspândită ocupând circa 1.915.600 ha (Stănescu *et al.* 1997). Fagul ocupă cca 31% din fondul forestier național al României (MMP 2010). Din totalul de 9,5 milioane m³ de lemn reprezentând volumul de lemn recoltat în anul 2010 din pădurile proprietate a statului cca 3,3 milioane m³ sunt din specia fag, de altfel, din anul 2006 până în anul 2012 lemnul de fag reprezintă între 30...35% din masa lemnoasă recoltată din fondul forestier național (MMS 2013). Pădurile de fag se întind în întregul lanț carpatic, începând de la dealuri joase până în regiunea muntoasă, de la altitudini de 300 m până la altitudini de 1400 m. În acest areal altitudinal foarte larg, fagul constituie frecvent arborete pure pe suprafețe mari, mai ales pe versanții sudici ai Carpaților Meridionali, în Apuseni și în Munții Banatului (Stănescu *et al.* 1997).

Deși este cea mai răspândită specie forestieră de la noi, fagul s-a bucurat de atenția

cuvântul mult mai târziu comparativ cu alte specii, abia după jumătatea secolului XX. La începutul secolului amintit, fagul era considerat, alături de plopul tremurător și mesteacăn, ca o specie fără nici o valoare economică ca „o pecingine, ca o calamitate din punct de vedere al intereselor noastre, ca esență copleșitoare și nerentabilă” (Rădulescu 1894, citat de Milesco *et al.* 1967). Interesul asupra fagului crește odată cu restrângerea tăierilor în pădurile de rășinoase ale Europei, ceea ce a determinat ca țările cu mari suprafețe ocupate de fag să acorde din ce în ce mai multă atenție acestei specii al cărui lemn se pretează la multe utilizări. În ziua de astăzi lemnul de fag este folosit sub diferite forme în multiple domenii de activitate, constituind una din principalele surse de lemn (Câmpu 2008).

Preocupările autorului au fost în direcția cunoașterii mai bune a factorilor implicați în scăderea calității lemnului arborilor de fag. De asemenea, în cunoașterea mai exactă a corelației dintre calitatea lemnului pe picior și caracteristicile exterioare ale arborilor de fag, în funcție de care se face încadrarea arborilor pe clase de calitate. Gelivura reprezintă unul dintre defectele luate în considerare la clasificarea calitativă a arborilor pe picior care determină declasări cu una până la trei clase de calitate, în funcție de gravitatea defectului (Câmpu 2008; Câmpu *et al.* 2008; Câmpu *et al.* 2009a).

Gelivura reprezintă crăpătura radială a trunchiului, dezvoltată în lungul acestuia, uneori cu mers elicoidal fiind cauzată de gerurile excesive survenite brusc, în timpul iernii. În general, este mai frecventă la speciile de foioase decât la cele de rășinoase. Printre speciile de foioase afectate de gelivură se regăsesc: arțarul (Hart și Dennis 1978), stejarul, ulmul, plopul, nucul, fagul, platanul și castanul (Franklin și Clatterbuck 2004), mesteacănul (Kula *et al.* 2006), și arțarul de zahăr (Burton *et al.* 2008). Dintre speciile rășinoase, gelivura este mai frecventă la brad (Dinulică 2007). Kula *et al.* (2006) afirmă că gelivura ia naștere prin înghețarea trunchiului arborilor la schimbări bruște de temperatură și se exteriorizează sub forma unor crăpături longitudinale situate spre baza arborilor, la speciile cu raze medulare late. Un factor determinant în producerea gelivurilor îl constituie conținutul de apă din arbori în timpul iernii, acesta fiind în strânsă legătură cu conținutul apei în sol (Cinotti 1989). Gelivura se datorează tensiunilor interne, inegale din trunchiurile arborilor cauzate de contragerea diferită a straturilor de lemn la scăderea puternică și bruscă a temperaturii (Decei 1975; Northover 2006; Wagener 1970). Tensiunile interne apărute pe direcție tangențială determină într-o măsură mai mare crăparea lemnului decât cele pe direcție radială (Kubler 1983, 1988; Parker 1963; Wagener 1970).

Interiorul trunchiului fiind mai ferit de înghețare și relativ sărac în apă, nu se contrage, în timp ce coaja și partea periferică a lemnului, mai bogată în apă, se contrage puternic prin înghețare. Tensiunile interne devin foarte puternice astfel că scoarța și straturile externe ale lemnului se despică în sens longitudinal, pe o linie de minimă rezistență, în lungul unor raze medulare. Gelivurile astfel rezultate pot fi profunde până către centrul tulpinii sau superficiale. Gelivurile profunde rămân pe trunchiul arborilor toată viața acestora, iar cele superficiale se pot cicatriza fără a lăsa urme pe trunchi. Gelivurile profunde nu se cicatrizează din cauză că, an de an, iarna, ele se redeschid fiind linii de minimă rezistență (Decei 1975; Northover 2006). Shigo și Larson (1969) afirmă că gelivurile care prezintă la exterior creastă sunt gelivuri profunde, care penetrează trunchiul, iar cele care nu au creastă sunt adesea superficiale. Un arbore poate fi afectat de mai multe gelivuri profunde, caz în care în secțiune transversală apare un model de formă stelată, ceea ce la noi a fost numit inimă stelată de gelivură (Decei 1975). Același autor afirmă că gelivurile produc în toate cazurile inimă stelată de gelivură, a cărei prezență declasează lemnul rotund apt pentru lucru în lemn despicat. Gelivura mai poate fi însoțită de rultură, precum și de coajă înfundată, aceasta din urmă făcându-și apariția dacă, după o vreme, discontinuitatea a fost acoperită cu țesuturi noi (Beldeanu 2001).

2.2. Material și metoda de cercetare

Cercetările s-au efectuat în platforma parchetelor de exploatare, acolo unde au putut fi identificate trunchiuri de fag care prezentau gelivură. În primăvara anilor 2008, 2009 au fost analizate gelivurile din bazinul Tărlungului, iar în martie 2014 cele din bazinul Argeșului. Au fost analizate în total 19 trunchiuri de fag, 11 în bazinul Tărlungului și 8 în bazinul Argeșului. Aceste trunchiuri au fost secționate la lungimi de un metru, în dreptul fiecărei secțiuni fiind măsurate principalele caracteristici ale gelivurii și inimii stelate de gelivură conform metodologiei stabilite de Câmpu (2008; 2009a) (Fig. 1) astfel:

- creasta gelivurii – s-a determinat lungimea ei (L) pe trunchiul arborilor, precum și proeminența maximă (P_{max}) a acesteia;
- vechimea gelivurii (A) – a fost determinată prin numărarea inelelor anuale ale valului de acoperire ce formează creasta gelivurii;

- inima stelată de gelivură – s-a determinat extinderea ei în secțiune transversală (E), pe direcția maximă de dezvoltare, ca procent din diametrul secțiunii;
- lungimea de trunchi afectată, situată deasupra gelivurii (La) – s-a determinat prin secționarea trunchiului din metru în metru, deasupra locului unde dispăre creasta gelivurii;
- lungimea de trunchi afectată, situată sub gelivură (Lb) - s-a determinat prin secționarea trunchiului, sub nivelul unde dispăre creasta gelivurii;

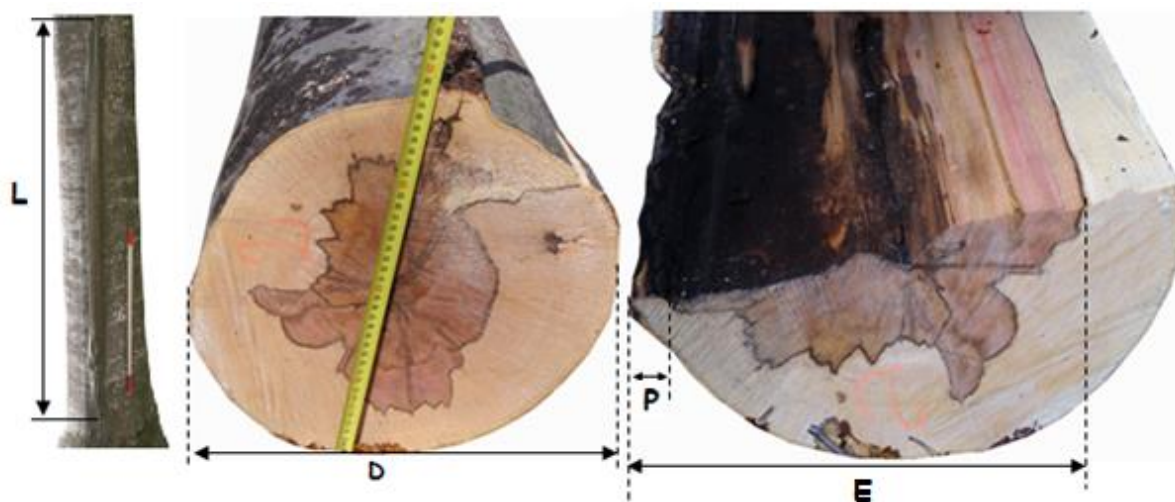


Fig. 1. Măsurarea caracteristicilor gelivurii și ale inimii stelate de gelivură (Câmpu 2008; 2009a)

L – lungimea gelivurii; D – diametrul secțiunii transversale a trunchiului;

P – proeminența crestei gelivurii; E – extinderea inimii stelate de gelivură.

În fiecare secțiune s-au identificat defectele interioare care însoțesc gelivura și s-au măsurat principalele lor caracteristici. De asemenea, s-a verificat posibilitatea determinării prezenței și mărimii defectelor interioare cu ajutorul rezistografului IML RSIF500 – S, pe baza diagramei rezistenței la penetrarea lemnului (Fig. 2).

Utilizarea Rezistografului IML RESIF500 – S reprezintă o metodă nedistructivă de analiză a calității lemnului la interior. Rezistograful a fost proiectat să corespundă cerințelor practice impuse de examinarea arborilor pe picior și a structurilor din lemn (Rinn *et al.* 1996; Isik și Li 2003; Ukrainetz și O’Neill 2010). Aparatul folosește un burghiu cu diametrul cuprins între 1,5 – 3,0 mm acționat de un motor electric, alimentat de la o baterie reîncărcabilă ce poate fi înlocuită, oferindu-i astfel o mai mare autonomie în funcționare și măsoară rezistența lemnului

la penetrare corespunzătoare adâncimii găurii. Burghiul avansează rotindu-se la viteză constantă pe toată adâncimea găurii. Cuplul necesar pentru a menține viteza de pătrundere a burghiului constantă corespunde rezistenței lemnului și este înregistrat pe o diagramă la adâncimea corespunzătoare vârfului burghiului (Lear 2005). Vârfurile variației de pe diagramă corespund rezistențelor și densităților mari, în timp ce, punctele joase de pe diagramă sunt asociate cu rezistență și densitate redusă care pot fi cauzate de unele defecte interioare cum sunt scorburi, putregai, zone cu lemn în diferite faze de degradare sau crăpături (Kasal și Anthony 2004).



Fig. 2. Utilizarea Rezistografului IML RESIF500 – S la identificarea și măsurarea caracteristicilor defectelor care însoțesc gelivura

Un prim pas în analiza statistică îl reprezintă determinarea proporției reprezentată de inima stelată de gelivură din diametrul trunchiului, pe direcția maximă de dezvoltare. Un al doilea pas l-a presupus determinarea indicatorilor statistici ai caracteristicilor studiate (media, eroarea standard, mediana, abaterea standard, coeficientul de variație). Mai departe prin intermediul regresiei lineare multiple s-au pus în evidență corelațiile existente între caracteristicile gelivurii și ale inimii stelate de gelivură. Astfel, a fost pus în evidență un model liniar pentru estimarea extinderii inimii stelate de gelivură folosind ca variabile independente caracteristicile P_{max} și L . Semnificația regresiei a fost testată cu testul Fisher (F), iar semnificația variabilelor independente cu testul t Student la probabilitatea de transgresiune de 5%, 1% și 0,1%. Intensitatea corelației, exprimată prin intermediul coeficientului de corelație a fost estimată folosind scara Roemer – Orphal (0,0 – 0,1, nu există corelație; 0,10 – 0,25,

intensitate foarte slabă; 0,25 – 0,40 intensitate slabă; 0,40 – 0,50, intensitate moderată; 0,50 – 0,75, intensitate puternică; 0,75 – 0,90 – intensitate foarte puternică; 0,90 – 1,00, corelație plină).

2.3. Rezultate și Discuții

Gelivura este un defect care afectează între 14...18% din arborii de fag din cele două zone studiate depinzând de vârsta și diametrul arborilor, de expoziția terenului și direcția dominantă a vânturilor (Câmpu și Dumitrache 2013). Defectul este important prin frecvența lui de apariție, dar mai ales prin impactul asupra calității lemnului, putând declasa lemnul de lucru în lemn de foc (Câmpu *et al.* 2008). Astfel, gelivura face parte din defectele lemnului care se iau în considerare la stabilirea clasei de calitate a arborilor pe picior (MAPPM 2000a). Arborii de fag care prezintă gelivură pot fi declasați cu 2 sau 3 clase de calitate. De altfel, frecvența gelivurii pe clase de calitate a arborilor a fost determinată ca fiind de 4% la clasa I de calitate; 15% la clasa a II-a de calitate, 25% la clasa a III-a de calitate și 40% la clasa a IV-a de calitate (Câmpu 2008; Câmpu *et al.* 2008). Decei (1975) spune despre gelivură că micșorează valoarea lemnului fiind o zonă prin care intră în interior microorganisme care colorează lemnul, în cele din urmă producând alterări ale acestuia.

Analiza celor 19 trunchiuri cu gelivură a condus la obținerea valorilor pentru principalele caracteristici ale gelivurii și inimii stelate de gelivură (tabelul 2). Pe baza datelor din tabelul 2 au fost determinați principalii indicatori statistici ai variațiilor caracteristicilor gelivurii și inimii stelate de gelivură (tabelul 3). Astfel, se poate observa că variația cea mai mare o are lungimea gelivurii fiind caracterizată de un coeficient de variație de 60%. În arboretele de fag cele mai frecvente gelivuri sunt cele cu lungimi între 2 - 4 m (52%) urmând cele cu lungimi mai mici de 2 m (36%) și pe urmă cele cu lungimi mai mari de 4 m (36%) (Câmpu 2008; 2009a). Pe de altă parte, variația cea mai mică o prezintă extinderea inimii stelate de gelivură în secțiune radială, unde coeficientul de variație este de 16%.

Analiza celor 19 gelivuri (128 secțiuni) a condus la elaborarea unui model care arată modul în care gelivura afectează calitatea lemnului (Fig. 3) și la unele observații cu importanță practică privind legăturile între principalele caracteristici ale gelivurii și inimii stelate de gelivură. Astfel, în majoritatea cazurilor distanța între baza gelivurii și baza arborelui nu depășește înălțimea cioatei (cca 30 cm). În cazul gelivurilor la care distanța între baza gelivurii și

baza arborelui este mai mare decât înălțimea cioatei, inima stelată de gelivură se dezvoltă pe cel mult 1 m sub gelivură. Privitor la acest aspect Decei (1975) spune că inima stelată de gelivură se dezvoltă numai pe porțiunea pe care apar crăpăturile, numai în cazuri izolate și sub gelivură pe cca 1m. Totuși cercetările prezente au pus în evidență existența inimii stelate de gelivură și deasupra crăpăturilor pe cca 1 - 2,5 m, unde trepatat scade ca mărime și trece spre o inimă roșie, aceasta din urmă putând să fie determinată și de pătrunderea oxigenului prin gelivură (Wernsdörfer *et al.* 2005; Sorz și Hietz 2008).

Tabelul 2. Caracteristicile gelivurii și ale inimii stelate de gelivură

Nr. arborelui	<i>D</i>	<i>P max</i>	<i>A</i>	<i>L</i>	<i>E</i>	<i>La</i>	<i>Lb</i>	Alte defecte
-	cm	cm	ani	m	%D	m	m	-
Bazinul Tărlungului								
1	40	4	8	3	60	1,7	-	Rulură
2	32	5	16	2,6	58	2,1	1,0	Putregai
3	60	4	10	5	67	2,5	-	Rulură Putregai
4	46	3	8	2,2	42	1,5	0,7	-
5	52	3,5	10	2,5	54	1,8	-	Putregai
6	36	2,5	6	1,7	42	1,0	-	-
7	44	5	10	2,1	54	1,8	-	Putregai
8	66	7	15	2,5	65	2,5	-	Rulură Putregai
9	54	4	12	2	55	2,0	0,5	Putregai
10	70	6	15	3	70	2,4	-	Rulură Putregai
11	48	3	8	1,7	45	1,4	-	-
Bazinul Argeșului								
1	60	4	9	5	54	2,0	0,5	Rulură Putregai
2	71	5	11	7,1	66	1,7	0,5	Putregai
3	96	5,5	8	4,5	59	1,5	0,5	Rulură
4	33	4	8	9,9	57	1,4	0,3	Rulură Putregai
5	44	4	15	2,5	40	1,0	0,3	-
6	55	6	8	2	55	1,3	0,5	Rulură
7	64	5	10	3	58	1,5	0,5	Rulură Putregai
8	46	3	7	3,5	50	1,0	0,5	Rulură

Note: *D* – diametru arborelui la 1,3 m înălțime; *Pmax* – proeminența maximă a crestei gelivurii; *A* – vechimea gelivurii; *L* – lungimea gelivurii; *E* – extinderea inimii stelate de gelivură în secțiune radială; *La* – Lungimea de trunchi afectată situată deasupra gelivurii; *Lb* – lungimea de trunchi afectată situată sub gelivură; *D*, *A*, *L*, s-au măsurat în dreptul lui *Pmax*.

Tabelul 3. Indicatorii statistici ai caracteristicilor gelivurii și inimii stelate de gelivură

Caracteristicile gelivurii și ale inimii stelate de gelivură	Indicatori statistici					
	$\bar{x} \pm SE_{\bar{x}}$	\tilde{x}	s	$s\%$	<i>minimum</i>	<i>maximum</i>
<i>L</i>	$3,46 \pm 0,48$	2,60	2,09	60	1,70	9,90
<i>Pmax</i>	$4,39 \pm 0,27$	4,00	1,20	27	2,50	7,00
<i>La</i>	$1,69 \pm 0,11$	1,70	0,47	28	1,00	2,50
<i>E</i>	$55,32 \pm 1,98$	55,00	8,63	16	40	70

Notă: \bar{x} - media; $SE_{\bar{x}}$ - eroarea standard; \tilde{x} - mediana; s – abaterea standard; $s\%$ - coeficientul de variație

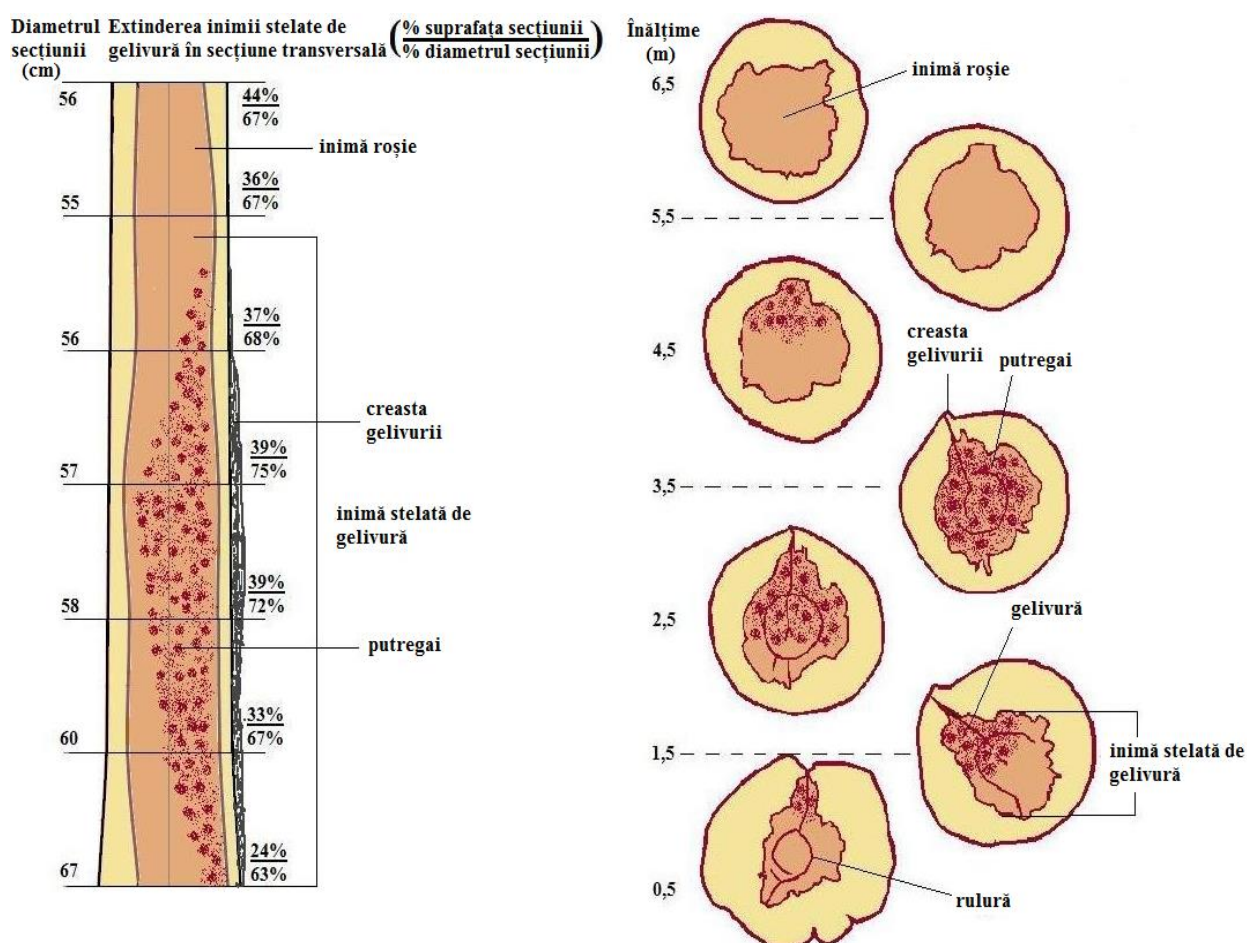


Fig. 3. Impactul gelivurii asupra calității lemnului

Proeminența crestei gelivurii este cu atât mai mare cu cât vechimea gelivurii este mai mare. În procesul de cicatrizare, cambiumul produce valuri de cicatrizare cu inele anuale largi, din cauza cărora, cu timpul, ia naștere în lungul tulpinii o creastă proeminentă, caracteristică (Decei 1975; Northover 2006). Această creastă este importantă prin faptul că de proeminența ei maximă

depinde extinderea radială a inimii stelate de gelivură (Decei 1975). Astfel, MAPP (2000a) spune că o proeminență de 1,00 – 2,00 cm indică o gelivură recentă, închisă în care nu s-a dezvoltat inimă stelată de gelivură, calitatea lemnului nefiind afectată, în timp ce la o proeminență mai mare de 2,00 cm corespunde o gelivură deschisă, cu scurgeri de sevă negricioasă care are inimă stelată de gelivură, declasând lemnul în lemn de foc pe toată lungimea gelivurii. Cercetările întreprinse în lucrare au pus în evidență o corelație lineară multiplă între extinderea radială a inimii stelate de gelivură, lungimea gelivurii și proeminența maximă a crestei gelivurii ($F < 0,001$). Rezultatele obținute arată că există o corelație foarte puternică ($R = 0,773$) între extinderea radială a inimii stelate de gelivură (E), lungimea gelivurii (L) și proeminența crestei (P_{max}) (tabelul 4). Se observă că P_{max} are cea mai mare influență asupra extinderii inimii stelate de gelivură (P -value $< 0,001$).

Tabelul 4. Analiza regresiei liniare multiple dintre caracteristica E și caracteristicile L și P_{max}

ANOVA				Semnificația coeficientului variabile independente				
R^2	Eroarea standard	Grade de libertate	F	Variabila	Coeficient	Eroarea standard	t Statistic	P - value
0,597	5,814	k = 2 n - k - 1 = 16	$F < 0,001^{***}$	Constantă	28,945	5,599	5,169	$< 0,001^{***}$
				L	1,470	0,656	2,240	$0,040^*$
				Pmax	4,842	1,146	4,225	$< 0,001^{***}$

Notă: Nivelul de semnificație, *** P -value $< 0,001$; ** $0,001 < P$ -value $< 0,01$; * $0,01 < P$ -value $< 0,05$

În cazul gelivurilor studiate extinderea inimii stelate de gelivură variază între 40 - 70%, valoarea maximă fiind în dreptul proeminenței maxime, în cele mai multe cazuri la jumătatea lungimii gelivurii. Inima stelată de gelivură are o culoare brun roșiatică cu un contur neregulat delimitat de o dungă brun închis. Suprafața inimii de gelivură, în secțiune transversală, este brăzdată de dungi de culoare brun închis, ceea ce sugerează un avans în valuri, determinat probabil de creșterea în adâncime a gelivurii și de închiderea și deschiderea acesteia (Fig. 4).

În ceea ce privește defectele interioare care însoțesc cel mai frecvent gelivura, rezultatele au arătat că în cele 19 cazuri studiate pe lângă gelivură, în 4 cazuri a apărut doar rulura (la gelivurile cu vârsta mai mică sau egală cu 8 ani), în 5 cazuri a apărut numai putregaiul, iar în 6 cazuri au fost identificate atât rulura cât și putregaiul. În 4 cazuri calitatea lemnului este afectată doar de gelivură și de inima stelată de gelivură (la gelivurile tinere cu vârsta ≤ 8 ani). La toate gelivurile cu vârste mai mari de 8 ani apare putregaiul, calitatea lemnului fiind puternic afectată.

În cazul în care un arbore de fag este afectat de mai multe gelivuri, extinderea inimii stelate de gelivură și a putregaiului se face în timp mai scurt decât la arborii cu o singură gelivură putând ocupa întreaga secțiune radială. Câmpu (2009) menționează că circa 9% din arborii de fag cu diametre mai mari de 50 cm prezintă 2 sau chiar 3 gelivuri.



Fig. 4. Aspectul inimii stelate de gelivură în secțiune transversală și longitudinală

Identificarea defectelor interioare pe diagramele obținute cu Rezistograful IML RESIF500 – S este precisă și facilă în cazul în care defectele afectează structura lemnului și determină scăderi ale rezistenței la penetrare. Astfel, în figura 5, sunt prezentate diagrame specifice rezistografului, suprapuse pe secțiunea și direcția din care au fost extrase. Se poate observa că acolo unde există o crăpătură în cuprinsul lemnului sau putregai în diferite stadii de dezvoltare, curba rezistenței la penetrare scade atingând valoarea minimă. Nu se înregistrează scăderi ale rezistenței lemnului în cuprinsul inimii stelate de gelivură, astfel că, estimarea extinderii acestuia în secțiune transversală pe baza diagramelor nu este posibilă. În acest caz variația rezistenței la penetrare este comparabilă cu cea a lemnului sănătos. Ukrainetz și O’Neill (2010) menționează că măsurătorile efectuate cu rezistograful pot fi afectate de erori cauzate de mișcarea operatorului, umiditatea lemnului, temperatura aerului și vecinătatea nodurilor. Astfel, măsurătorile cu rezistograful trebuie făcute când temperatura aerului este situată deasupra punctului de îngheț, în puncte localizate la distanță față de noduri și fără ca operatorul să se miște în timpul burghierii.

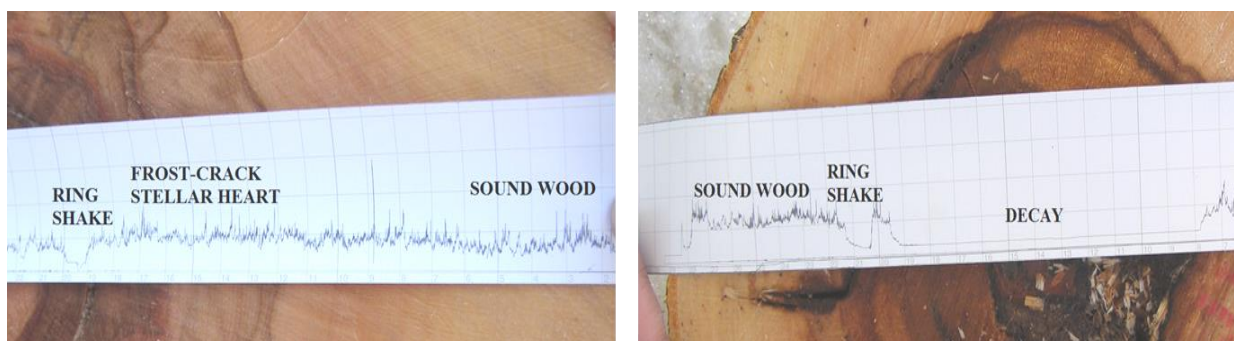


Fig. 5. Identificarea defectelor interioare (putregai și crăpături) pe diagramele extrase cu Rezistograful IML RESIF500 – S

2.4. Concluzii

Gelivura afectează calitatea lemnului prin extinderea inimii stelate de gelivură și prin faptul că constituie o poartă de intrare a ciupercilor xilofage în lemn. Aceste ciuperci vor determina în timp putrezirea lemnului. Rezultatele obținute au arătat că extinderea inimii stelate de gelivură se corelează pozitiv cu lungimea gelivurii ($0,01 < P\text{-value} < 0,05$) și cu proeminența maximă a crestei gelivurii ($P\text{-value} < 0,001$). Astfel, extinderea maximă a inimii stelate de gelivură, exprimată în procente din diametrul secțiunii, poate fi determinată în funcție de lungimea gelivurii și de proeminența maximă a crestei gelivurii cu ajutorul regresiei liniare multiple ($F < 0,001$). Rezultatele au arătat și că inima stelată de gelivură poate depăși în lungime gelivura cu până la 1 m în partea de jos și cu 1...2,5 m în partea de sus. De asemenea graficul întocmit arată cum inima de gelivură se transformă în partea de sus în inima roșie a fagului.

În ceea ce privește defectele care însoțesc gelivura s-a constatat că cele mai frecvente sunt putregaiul și rulura. Putregaiul este prezent la toate gelivurile cu vechimea mai mare de 8 ani. Putregaiul, rulura precum și alte crăpături, pot fi identificate precis cu rezistograful pe baza diagramelor rezistenței la penetrare. Nu se înregistrează scăderi ale rezistenței lemnului la penetrare în cuprinsul inimii stelate de gelivură, astfel că, estimarea extinderii acestuia în secțiune transversală pe baza diagramelor nu este posibilă. În acest caz variația rezistenței la penetrare este comparabilă cu cea a lemnului sănătos.

3. Efectele ecologice ale activității de exploatare a pădurilor

3.1. Introducere

În România, tehnologia cea mai frecvent utilizată la recoltarea și colectarea lemnului, atât la rărituri cât și la aplicarea tratamentelor, constă în doborârea arborilor cu ferăstrăul mecanic și colectarea acestora cu tractorul, funicularul, atelajele sau prin corhănire. După anul 2000, proprietarii de pădure și firmele de exploatare și-au pus problema importului tehnologiei de recoltare și colectare a lemnului din țările nordice, bazată pe folosirea harvesterului și forwarderului (Jarmo și Ciubotaru 2005). În prezent această tehnologie este destul de puțin aplicată, pe de o parte datorită costurilor mari de achiziție a utilajelor, iar pe de altă parte datorită reliefului (cca 60% din păduri se află în zona montană) și ponderii reduse a rășinoaselor (cca 30%).

Silvicultura arboretelor de molid recomandă executarea răriturilor la un interval de 6-10 ani în arboretele cu consistență plină (MAPPM 2000b), ultima răritură fiind în jurul vârstei de 75-80 de ani. În intervalul de timp dintre rărituri și dintre ultima răritură și până când arboretul devine exploatabil (vârsta de 120 ani) arboretele se parcurg cu tăieri de igienă a căror intensitate este de maximum 5m³/an/ha. În aceste intervale de timp, rănila deschise prezente la arborii rămași după rădirea arboretului, expun direct lemnul și devin porți de intrare a ciupercilor xilofage și a altor agenți patogeni, conducând la reducerea creșterilor și la modificări ale proprietăților fizice și mecanice ale lemnului. Rănirea arborilor poate reactiva ciuperci pătrunse deja în lemn și care se află într-un stadiu latent (Filip *et al.* 1995). Rănirea arborilor poate cauza deformarea trunchiurilor și apariția putregaiului afectând astfel volumul și valoarea produselor principale extrase la vârsta exploatabilității (Nevill 1997; Solgi și Najafi 2007). Mai departe, deformarea trunchiului la nivelul rănii și pierderea calității lemnului devin mai accentuate cu cât arborele rămâne mai mult timp în arboret (Câmpu 2009b). Arborii prejudiciați, care dezvoltă putregai, prezintă un risc crescut de a produce pagube colaterale întrucât probabilitatea ca aceștia să fie ruși de vânt sau zăpadă este mult mai mare (Seifert 2007).

Infestarea rănilor și răspândirea agenților patogeni în interiorul arborelui depind de acțiunea următorilor factori: localizarea rănilor pe arbore, mărimea, adâncimea, forma, vârsta rănilor și anotimpul în care se produce rănirea (Nevill 1997). În general, 60 – 100% din rănila

produse arborilor pe picior produc colorații sau putregai (Vasiliauskas 1998; 2001). În ceea ce privește nivelul prejudiciilor produse arborilor rămași după intervenție, acesta depinde de următorii factori: specia, dimensiunile arborilor, desimea arboretului (Froehlich 1976; Bobik 2008), anotimpul în care se execută răriturile (Limbeck – Lilienau 2003), intensitatea intervenției, utilajele folosite, metoda de exploatare (Picchio *et al.* 2011), amplasarea căilor de colectare (Tavankar *et al.* 2013) și nu în ultimul rând de competența operatorilor utilajelor și de lățimea căilor de colectare (Fries 1976; Bobik 2008).

Având în vedere influența prejudiciilor asupra dezvoltării arborilor, arboretului și calității lemnului, precum și caracterul de noutate al aplicării tehnologiei CTL la rărituri în arborete de molid din munții Carpați, cercetarea întreprinsă a avut ca scop determinarea nivelului de prejudiciere al arborilor, identificarea prejudiciilor, frecvența, gravitatea, forma și distribuția acestora atât la nivelul arborilor cât și la nivelul întregului arboret, raportate la apropierea de traseele de colectare. Mai mult, s-a urmărit obținerea și furnizarea de informații proprietarilor de pădure, administratorilor, firmelor de exploatare a lemnului despre efectele tehnologiei CTL asupra arborilor rămași pe picior.

3.2. Material și metoda de cercetare

Cercetările s-au desfășurat în bazinul Văii Doftana Prahoveană, în partea de vest a Munților Baiului, situați la extremitatea sud vestică a Carpaților Orientali (45°18'57,96" N; 25°40'29,79" E).

Arboretul studiat este localizat pe versant cu panta medie de 21%, expoziție SV și este alcătuit din arbori de molid (*Picea abies* (L.) Karst) cu exemplare diseminate de fag (*Fagus sylvatica* L.) și larice (*Larix decidua* Mill). Suprafața luată în studiu este de 9,3 ha, vârsta arborilor variază între 50 și 60 de ani (vârsta medie este de 50 de ani), diametrul central al suprafeței de bază fiind de 25 cm și înălțimea medie a arborilor de 24 m. Arboretul are consistența plină, suprafața de bază a acestuia înainte de intervenție fiind de 42 m²ha⁻¹ și volumul estimat la 560 m³ha⁻¹.

Recoltarea și colectarea arborilor s-au efectuat folosind tehnologia CTL (harvesterul Valmet 911.4 și forwarderul Valmet 840.4) în lunile noiembrie – decembrie 2010, în condiții cu strat permanent de zăpadă la sol, gros de 20...30 cm și solul înghețat la suprafață. Lățimea

traseelor de colectare este de 4 m, iar distanța dintre axele lor de 20 m, panta longitudinală a acestora variind între 4...32%. Prin executarea răriturii, suprafața de bază a arboretului a fost redusă cu cca 17% ajungându-se la $35 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ și o distanță medie între arbori de cca 4 m.

Pentru stabilirea numărului de arbori prejudiciați, pentru identificarea prejudiciilor și determinarea frecvenței, gravității, formei și distribuției acestora s-au amplasat 9 suprafețe experimentale în lungul traseelor de colectare (Fig. 6). Acestea cuprind și suprafețele situate până la o distanță de 10 m față de axele traseelor, situate de o parte și de alta a acestora. Suprafața acestora însumează 1.864 ha, ceea ce reprezintă cca 20% din suprafața arboretului.

În aceste suprafețe s-au verificat toți arborii, pentru fiecare arbore prejudiciat s-au înregistrat: specia, diametrul de bază, tipul prejudiciului, înălțimea la care se află rana față de nivelul solului, lungimea, lățimea și adâncimea acesteia, distanța de la axul traseului cel mai apropiat până la arbore (Fig. 7). Fiecare rană a fost fotografiată, pe baza fotografiei, prin vectorizare, s-a determinat suprafața prejudiciului utilizând programul Autodesk Civil Series 3.

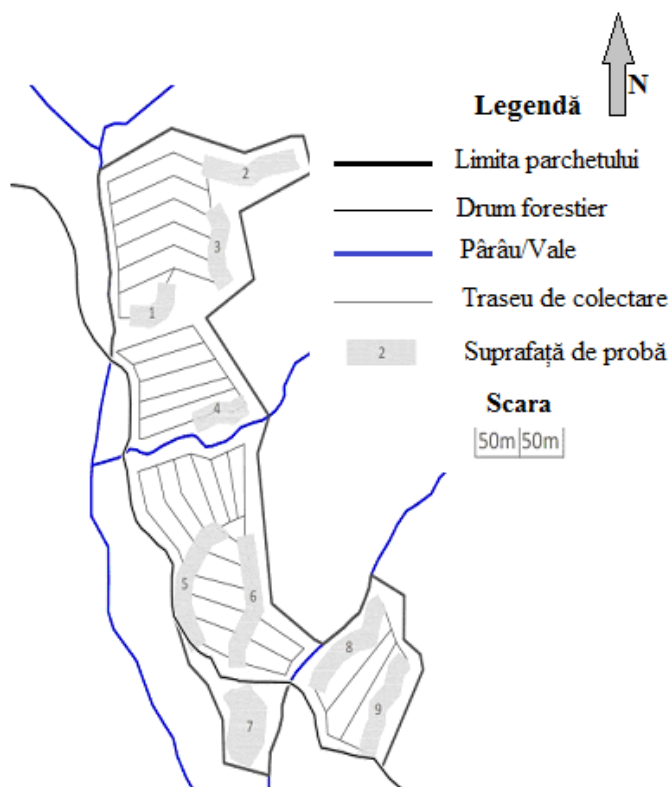


Fig. 6. Harta suprafeței exploatare și amplasarea suprafețelor experimentale

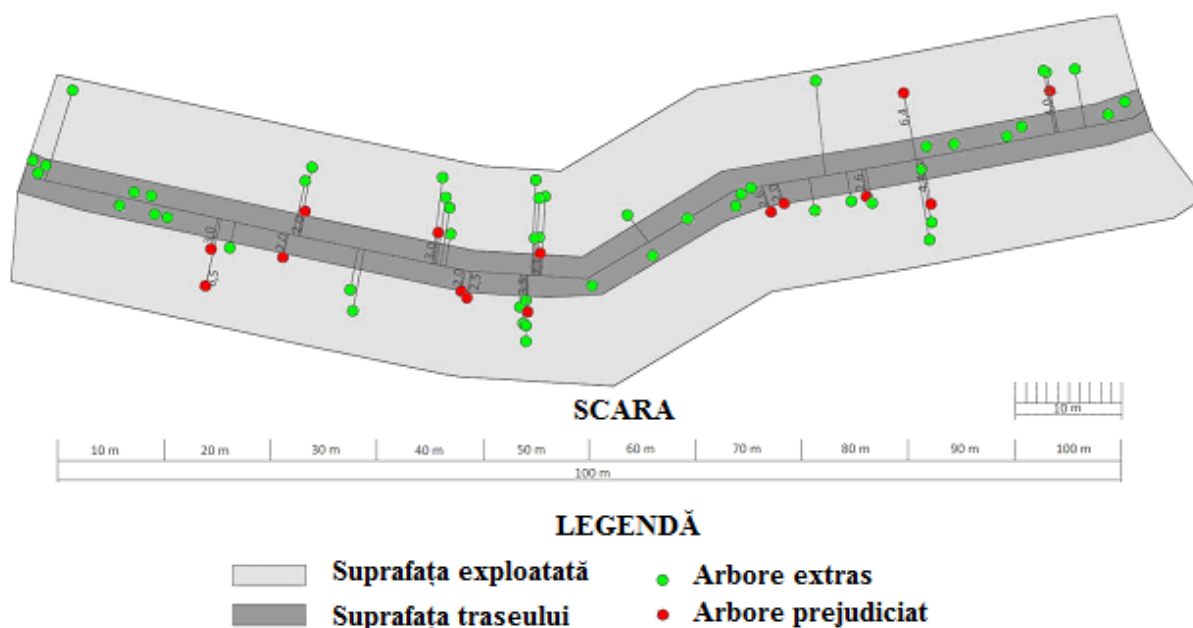


Fig. 7. Detalii din suprafața de probă nr.2

Clasificarea prejudiciilor se face în funcție de: localizarea prejudiciului (în coroană, pe trunchi sau rădăcini), înălțimea pe trunchiul arborelui unde este localizat prejudiciul ($< 0,3$; $0,3 - 1,0$ și $> 1,0$ m), intensitatea și mărimea prejudiciului (Limbeck – Lilienu 2003; Tavankar *et al.* 2013). În cercetare prezentată prejudiciile au fost clasificate în funcție de intensitatea lor și de straturile de lemn afectate, astfel (Ciubotaru 2002):

- zdrelirea - îndepărtarea parțială a scoarței fără afectarea zonei cambiale (Fig. 8a);
- cojirea - îndepărtarea unor porțiuni de coajă până la lemn (Fig. 8b);
- așchiera - îndepărtarea unor porțiuni de coajă și lemn (Fig. 8c);
- ruperea unor crăci sau a trunchiului (Fig. 8d);
- deșrădăcinarea parțială sau totală a arborelui.

În funcție de gravitatea prejudiciilor acestea au fost grupate pe trei niveluri: prejudicii slabe (zdrelirea), moderate (cojirea și așchiera) și puternice (ruperea și deșrădăcinarea). De asemenea s-a ținut cont de forma prejudiciilor astfel: alungită vertical când raportul (R) dintre lungimea maximă (L) și lățimea maximă (l) este $> 1,2$, circulară când R este cuprins în intervalul $[0,8; 1,2]$ și alungită orizontal când $R < 0,8$.



Fig. 8. Tipuri de prejudicii: a – zdrelire; b – cojire; c – aşchiere; d – trunchi rupt

3.3. Rezultate și discuții

În cele nouă suprafețe experimentale existau înainte de intervenție 1704 arbori. Dintre aceștia au fost extrași 261 însemnând o intensitate a intervenției de 15% după număr de arbori și de 14% după suprafața de bază. După intervenție a rămas un număr de 1443 arbori, din care 1329 arbori de molid (92%), 85 arbori de fag (6%) și 29 arbori de larice (2%).

Un prim aspect analizat îl reprezintă nivelul prejudiciilor produse arborilor pe picior prin aplicarea tehnologiei CTL. Astfel, din cei 1443 de arbori inventariați, 108 arbori prezentau răni noi, produse la recoltarea și colectarea lemnului, nivelul de prejudiciere al arborilor rămași fiind de 7,5% (7,8% pentru arborii de molid și 6% pentru arborii de fag și 0% pentru arborii de larice). Cei 108 arbori prejudiciați au aparținut speciilor de molid (103 arbori) și fag (5 arbori). Arborii

de larice nu au fost prejudiciați. Au fost identificate 168 de răni noi (163 la molid și 5 la fag), numărul de prejudicii pe arbore prejudiciat variază în cazul de față între 1 și 4, media fiind de 1,6 răni pe arbore prejudiciat (tabelul 5). Pe specii, numărul mediu de prejudicii pe arbore este de 1,6 la molid și 1 la fag. Dintre arborii prejudiciați 63% prezintă un prejudiciu, 29% două prejudicii, 7% trei prejudicii și 1% patru prejudicii.

Table 5. Nivelul prejudiciilor și numărul mediu de prejudicii pe arbore

Suprafața experimentală		Arbori înainte de răritură		Arbori extrași		Arbori după răritură		Arbori prejudiciați		Nivelul prejudiciilor		Prejudicii noi		Numărul mediu de prejudicii pe arbore		Înclinarea traseului	
No.	m ²	No.	No.	%	No.	No.	%	No.	%	No.	No.	%	No.	No.	%	No.	%
1	1 260	146	30	21	116	16	13,8	20		1,3	32						
2	2 180	238	51	21	187	15	8,0	21		1,4	23						
3	1 560	166	21	13	145	12	8,3	17		1,4	21						
4	1 260	130	27	21	103	16	15,5	43		2,7	25						
5	2 600	198	32	16	166	11	6,6	17		1,5	4						
6	2 560	217	30	14	187	6	3,2	6		1,0	5						
7	2 800	238	25	11	213	10	4,7	13		1,3	5						
8	2 360	173	21	12	152	9	5,9	13		1,4	21						
9	2 060	198	24	12	174	13	7,5	18		1,4	25						
Total	18 640	1704	261	15	1443	108	7,5	168		1,6	-						

Un alt aspect cercetat îl reprezintă repartizarea tipurilor de prejudicii și a frecvenței acestora pe specii. Din acest punct de vedere se observă predominarea prejudiciilor din categoria celor moderate, din cei 103 arbori de molid prejudiciați prezentau: cojiri 50% și așchieri 44%, numai 6% dintre arbori prezentau zdreliri. Arborii de fag prejudiciați prezentau 2 zdreliri și 3 cojiri. Din cauza frecvenței reduse a zdrelirilor, discuțiile vor viza, în special, cazul cojirilor și cel al așchierilor.

Analiza distribuției prejudiciilor în funcție de localizarea lor pe arbore a arătat că acestea sunt situate pe trunchi, în zona coletului și pe rădăcinile proeminente. În cazul cojirilor, 66% sunt localizate pe trunchi la înălțimi mai mici de 1 m, 33% sunt localizate la înălțimi mai mari de 1 m și 1% încep de la înălțimi mai mici de 1 m și depășesc 1 m în înălțime. În cazul așchierilor, 76% sunt localizate la înălțimi mai mici de 1 m, pe trunchi, la baza acestuia și pe rădăcinile proeminente, 22% sunt localizate la înălțimi mai mari de 1 m și numai 2% încep din primul metru și depășesc înălțimea de 1 m. În cazul fagului, zdrelirile au fost localizate la înălțimi mai mari de 1 m iar cojirile și așchierile la înălțimi mai mici de 1 m.

În ceea ce privește mărimea medie a suprafeței rănilor s-a constatat că aceasta este de 144 cm² (maximum 1120 cm² și minimum 21 cm²) în cazul cojirilor și 277 cm² (maximum 1427 cm² și minimum 25 cm²) în cazul așchierilor. Variația mărimii suprafeței rănilor în cazul cojirilor și așchierilor este redată în figura 9.

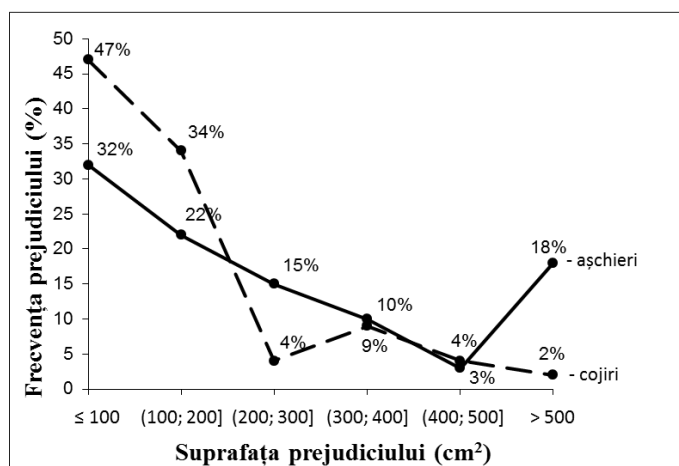


Fig. 9. Distribuția frecvenței prejudiciilor în funcție de suprafața lor

Avînd în vedere forma rănilor, rezultatele au arătat că forma predominantă este cea vertical alungită (85% din cojiri și 82% din așchieri), urmată de cea circulară (9% din cojiri și 15% din așchieri) și în final de cea orizontal alungită (6% din cojiri și 3% din așchieri) (tabelul 6). Țesuturile de lemn afectate, în cazul așchierilor, nu ocupă întreaga suprafață a răni. Suprafața ocupată efectiv de țesuturile de lemn afectate reprezintă până la 20% din suprafața răni la 10% din așchieri, se situează între (20%; 40%] pentru 13% din așchieri, între (40%; 60%] pentru 16% din așchieri, între (60%; 80%] pentru 19% din așchieri și între (80%; 100%] pentru 42% din așchieri.

Adâncimea așchierilor variază de la 1 cm la 6 cm. Astfel, 34% dintre așchieri au adâncimi de până la 1 cm, 48% au adâncimile cuprinse între (1; 2] cm, 14% între (2; 3] cm, 4% între (3; 6] cm.

Un alt aspect cercetat a fost determinarea raportului dintre lățimea răni și circumferința trunchiului. Rezultatele au arătat că rănilor care afectează mai mult de 20% din circumferința trunchiului reprezintă 13% în cazul cojirilor și 7% în cazul așchierilor (Fig. 10). Cele mai

frecvențe sunt rănilile care afectează între (10; 15%] din circumferința trunchiului, acestea reprezentând 32% în cazul cojirilor și 45% în cazul așchierilor.

Tabelul 6. Forma și suprafața prejudiciilor la arborii de molid

S.e.*	Tipul ** (Nr.)	Suprafața prejudiciului (cm ²)						Forma prejudiciului (R)			
		< 100	101-200	201-300	301-400	401-500	> 500	< 0.8	0.8 - 1.2	> 1.2	
1	C.	9	5	2	1	-	-	1	7	1	1
	A.	9	1	4	1	1	-	2	6	2	1
	Z.	1	-	1	-	-	-	-	1	-	-
2	C.	11	4	5	-	1	1	-	11	-	-
	A.	8	4	-	2	1	-	1	8	-	-
	Z.	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-
3	C.	7	4	2	-	1	-	-	4	2	1
	A.	9	3	2	2	1	-	1	5	4	-
	Z.	1	-	1	-	-	-	-	-	1	-
4	C.	22	9	10	-	1	2	-	18	2	2
	A.	17	6	2	3	2	-	4	5	1	-
	Z.	2	1	-	1	-	-	-	1	1	-
5	C.	7	2	3	1	1	-	-	7	-	-
	A.	9	4	1	2	-	1	1	7	2	-
	Z.	1	-	-	1	-	-	-	1	-	-
6	C.	3	3	-	-	-	-	-	3	-	-
	A.	3	2	-	-	-	-	1	3	-	-
	Z.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	C.	7	3	2	-	1	-	1	6	1	-
	A.	5	1	2	1	-	-	1	5	-	-
	Z.	1	-	-	-	1	-	-	1	-	-
8	C.	8	4	3	-	1	-	-	7	-	1
	A.	5	1	2	-	1	1	-	1	3	1
	Z.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	C.	7	4	1	1	1	-	-	6	1	-
	A.	7	1	3	-	1	-	2	7	-	-
	Z.	3	1	1	1	-	-	-	2	-	1
Total	C.	81	38	28	3	7	3	2	69	7	5
	A.	72	23	16	11	7	2	13	59	11	2
	Z.	10	3	3	3	1	-	-	7	2	1

*Suprafață experimentală; **C. – cojiri, A. – așchieri, Z. – zdreliri

În ceea ce privește localizarea arborilor prejudiciați față de traseele de colectare s-a observat că majoritatea arborilor prejudiciați (60%) sunt situați la o distanță de cel mult 4 m de axul traseelor de colectare, între (4; 8] m distanță procentul arborilor prejudiciați este de 30%, iar între (8; 10] m distanță acesta este de numai 10%. În ceea ce privește distribuția frecvenței tipurilor de prejudicii în funcție de distanța dintre arborele prejudiciat și axul traseelor de colectare se observă (Fig. 11) că la distanțe mai mici de 4 m predomină așchierile cu 55%, urmate de cojiri cu 42% și în cele din urmă de zdreliri cu numai 3%. La distanțe mai mari de 4

m, ordinea frecvenței se schimbă, astfel că cele mai frecvente sunt cojirile, urmate de aşchieri și apoi de zdreliri.

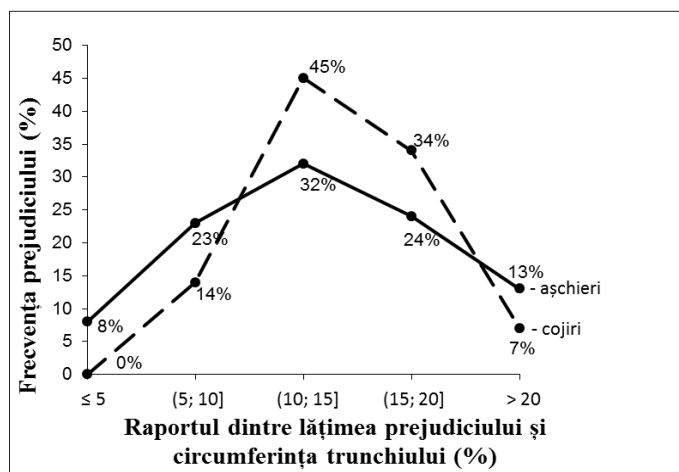


Fig. 10. Distribuția frecvenței prejudiciilor în funcție de raportul dintre lățimea prejudiciului și circumferința trunchiului

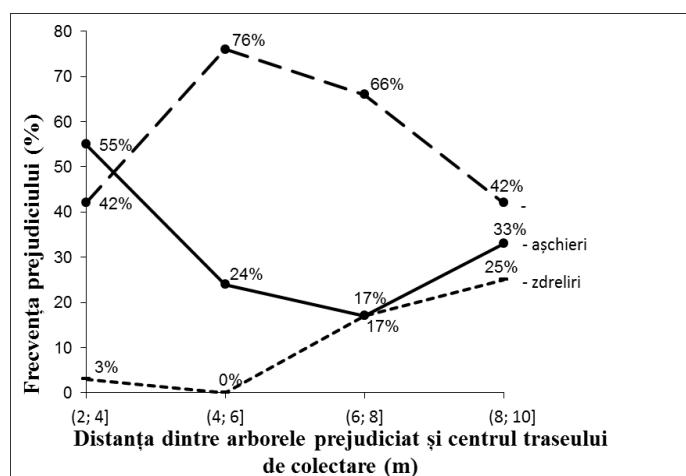


Fig. 11. Distribuția frecvenței prejudiciilor în funcție de distanța dintre arborele prejudiciat și centrul traseului de colectare

Prin folosirea tehnologiei CTL, la rărituri, în țările cu tradiție, unde se aplică această tehnologie de cel puțin 20 de ani, nivelul prejudiciilor este, în general, mai mic de 5% în țările nordice, între 25 – 46% în Statele Unite ale Americii, 27% în Germania, 7.8 % în Polonia (Wallentin 2007; Bobik 2008) și 25 – 46 în Canada (Heitzman și Grell 2002). Vasiliauskas

(2001) arată că nivelul prejudiciilor în arboretele de molid parcurse cu rărituri este, în general, cuprins între 4 și 21% (Suedia 6%; Rusia 4%, Germania 13 – 16%, Lituania 7 – 28%, Anglia 20 – 46%). Cercetări recente întreprinse de Modig *et al.* (2012) au arătat un nivel al prejudiciilor în arboretele de molid din partea centrală și de vest a Suediei de 4,5%.

Comparativ cu alte tehnologii de exploatare a lemnului, Hann și Kellog (2000) situează nivelul prejudiciilor (26,3%) produse prin tehnologia CTL între tractor (31,8%) și funicular (19,7%). Ciubotaru *et al.* (2007) obține un nivel al prejudiciilor de 25% în cazul funicularului și 31% în cazul tractorului. De asemenea, Tavankar *et al.* (2013) determină un nivel al prejudiciilor de 21,5% atunci când recoltarea se face cu ferăstrăul mecanic și colectarea cu tractorul. Spinelli *et al.* (2010) arată că nivelul de prejudiciere este de 12 – 14% în cazul tractorului echipat cu pneuri și ajunge până la 20% în cazul tractorului echipat cu șenile. Atunci când se folosesc trolii, nivelul de prejudiciere poate să ajungă la 36% (Picchio *et al.* 2012). Când doborârea arborilor și curățirea de crăci este realizată cu ferăstrăul mecanic iar colectarea lemnului cu tractorul agricol modificat și catări, nivelul prejudiciilor este de 19,7% (Tsioras și Liamas 2010). Având în vedere datele menționate se poate spune că utilizarea tehnologiei CTL conduce la un nivel de prejudiciere inferior celui obținut prin tehnologiile clasice de recoltare – colectare a lemnului.

În rărituri, rănirea arborilor care rămân pe picior în arboret după intermenție, este inevitabilă. Este important să se minimizeze atât nivelul prejudiciilor cât și intensitatea lor (Tavankar *et al.* 2013). Comparativ cu datele prezentate, nivelul prejudiciilor în cazul de față este de 7,5%, fiind destul de scăzut. Nivelul prejudiciilor aduse arborilor rămași pe picior depinde, în cazul de față, de următorii factori: specia, anotimpul în care se execută răriturile, intensitatea intervenției, panta traseelor de colectare și configurația terenului.

Specia influențează nivelul prejudiciilor prin grosimea cojii, duritatea lemnului și prin tipul de înrădăcinare (Petrescu, 1980). Din acest punct de vedere molidul face parte din categoria speciilor cu coaja subțire, lemnul moale și înrădăcinare trasantă, cu rădăcinile dezvoltate în plan orizontal ceea ce predispune arborii la răniri în urma abraziunilor și loviturilor fie de către utilajele folosite, fie cu alți arbori sau părți ale acestora. Nivelul arborilor de molid prejudiciați este de 7,8%, aceștia prezentând atât zdreliri, cojiri cât și așchieri. În cazul fagului nivelul arborilor prejudiciați este de 6%, fagul făcând parte din categoria speciilor cu coaja subțire și lemnul tare. Specia influențează și frecvența tipurilor de prejudicii, observăm că așchierile apar doar la molid, în cazul fagului predomină cojirile (60%), așchierile se produc numai în cazul unor abraziuni sau

loviri repetate (Câmpu 2009b). Observăm că arborii de larice nu au fost prejudiciați, o explicație o reprezintă prezența ritidomului gros care a protejat baza trunchiului.

Exploatarea a fost efectuată iarna când zăpada și solul înghețat pot favoriza prejudicierea arborilor prin manevrarea mai dificilă a utilajelor. Literatura de specialitate menționează un nivel al prejudiciilor mai redus iarna, deoarece încă din toamnă rezistența scoarței este de 1,5 ori mai mare decât primăvara (Wasterlund 1986; Bobik 2008). De asemenea, rănila cauzate rădăcinilor și trunchiului sunt mai puțin severe în timpul iernii, când solul este înghețat și acoperit de zăpadă, iar coaja este puternic atașată de trunchi. Rănila produse iarna sunt de obicei mai mici și mai puțin adânci decât cele produse în timpul verii (Kovbasa 1996; Vasiliauskas 2001). Mai mult, nivelul prejudiciilor poate fi de până la trei ori mai mare în timpul verii decât în timpul iernii (Limbeck - Lilienau 2003). Pe de altă parte, reacția fiziologică a țesuturilor și modul în care aceste țesuturi sunt colonizate de către ciupercile xilofage, depind de perioada în care se produce rănirea (Petrescu 1974). Astfel, în cazul molidului, rănila care au avut loc în timpul iernii sunt mai puțin periculoase chiar dacă procesul de cicatrizare durează mai mult. Rănila pot fi acoperite cu rășină înainte de venirea sezonului cald care accelerează descompunerea lemnului și germinarea ciupercilor xilofage.

Desimea inițială mare (914 arbori/ha) alături de panta medie a terenului (21%) a favorizat prejudicierea arborilor, mai ales a celor care mărginesc căile de colectare, distanța medie dintre arbori înainte de intervenție fiind de cca 3 m. Intensitatea intervenției de cca 17% din suprafața de bază a redus numărul de arbori la 774 pe hectar, la o distanță medie între aceștia de cca 4 m. Intensitatea extragerii influențează frecvența prejudiciilor în cazul răriturilor; intensități ale intervențiilor mai mici de 30% din suprafața de bază a arboretelor conduc la cele mai grave prejudicii în timp ce intensitățile mai mari de 45% conduc la prejudicii mai puțin grave (Nevill 1997). Rezultatele obținute arată existența unei corelații puternice ($r = 0,749$) între intensitatea intervenției și nivelul prejudiciilor, în toate cele 9 suprafețe experimentale (tabelul 7).

Configurația frământată a terenului, alături de înclinarea transversală a traseelor de colectare a făcut, în unele cazuri, ca lățimea traseelor de colectare de 4 m să fie insuficientă favorizând prejudicierea arborilor care le mărginesc, prin înclinarea semiremorcii forwarderului, aceasta lovind și rănind arborii. Nevill (1997) arată că nivelul prejudiciilor crește odată cu gabaritul utilajelor folosite, cu numărul intervențiilor și cu mișcarea utilajelor în arboret. Cu toate acestea, destul de frecvent, nivelul prejudiciilor depinde de calificarea, aptitudinile și

responsabilitatea oamenilor care operează aceste utilaje. De asemenea, panta traseelor de colectare influențează nivelul prejudiciilor. Rezultatele obținute au scos în evidență o corelație puternică ($r = 0,742$) între nivelul prejudiciilor și panta traseelor de colectare în toate cele 9 suprefețe experimentale analizate (tabelul 8).

Tabelul 7. Analiza regresiei liniare simple a nivelului prejudiciilor în funcție de intensitatea intervenției

ANOVA				Semnificația coeficientului variabile independente				
R^2	Eroarea standard	Grade de libertate	F	Variabila	Coeficient	Eroarea standard	t Statistic	P - value
0,56	2,858	$k = 1$ $n - k - 1 = 7$	$F < 0,05^*$	Constantă	-2,996	3,851	-0,778	0,462
				Intensitatea intervenției	0,713	0,238	2,991	0,020*

Notă: Nivelul de semnificație: *** P -value $< 0,001$; ** $0,001 < P$ -value $< 0,01$; * $0,01 < P$ -value $< 0,05$

Table 8. Analiza regresiei liniare simple a nivelului prejudiciilor în funcție de panta traseelor de colectare

ANOVA				Semnificația coeficientului variabile independente				
R^2	Eroarea standard	Grade de libertate	F	Variabila	Coeficient	Eroarea standard	t Statistic	P - value
0,55	2,890	$k = 1$ $n - k - 1 = 7$	$F < 0,05^*$	Constantă	3,034	2,001	1,516	0,173
				Panta traseului	0,287	0,098	2,927	0,022*

Notă: nivelul de semnificație: *** P -value $< 0,001$; ** $0,001 < P$ -value $< 0,01$; * $0,01 < P$ -value $< 0,05$

Numărul mediu de prejudicii pe arbore este influențat pe de o parte de specie fiind de 1,6 la molid și 1 la fag, iar pe de altă parte de localizarea arborelui prejudiciat față de traseul de colectare, dintre arborii care prezentau 3 sau 4 răni noi, 90% mărgineau traseele de colectare.

Rezultatele obținute arată că majoritatea prejudiciilor produse se află la înălțimi mai mici de 1 m (65%), cele situate la înălțimi mai mari de 1 m reprezintă 31%, iar cele care încep din primul metru și depășesc înălțimea de 1 m reprezintă 4%. Dintre rănilor situate la înălțimi mai mici de 1 m, 67% sunt localizate pe arborii situați la o distanță de cel mult 4 m față de axul traseelor de colectare. Aceste răni prezintă riscul cel mai mare de a fi infestate cu spori ai ciupercilor xilofage și de a dezvolta ulterior putregai. Rănilor localizate pe rădăcini și cele care intră în contact cu solul se infestază în cele mai multe cazuri (Karkkainen 1970). În aceste răni putregaiul se dezvoltă mult mai repede decât în cele localizate în partea superioară a trunchiului

(Nevill 1997). Din acest punct de vedere se justifică protejarea bazei trunchiului la arborii ce mărginesc traseele de colectare. Deși frecvența rănilor cu putregai scade cu înălțimea, mai mult de 80% din rănilor localizate mai sus de 1,3 m vor fi infestate (Aho *et al.* 1983), dar frecvența și dezvoltarea putregaiului va fi mai redusă, acestea sunt valabile atât în cazul rănilor mari cât și în cazul rănilor mici (Nevill 1997). Rezultatele cercetărilor întreprinse de Froese și Han (2006) au arătat că 67,2% din răni sunt localizate sub 2 m înălțime, 42,3% fiind la înălțimi mai mici de 1m. Bettinger și Kellog (1993) au arătat că 55,2% din răni sunt localizate cu partea de jos la înălțimi mai mici de 0,91 m și 82,7% din răni au partea de jos localizată la înălțimi mai mici de 2,13 m. Heitzman și Grell (2002) au obținut rezultate similare, cele mai multe prejudicii situându-se la înălțimi cuprinse între 0,91 – 1,82 m deasupra solului. Aceste răni sunt produse la deplasarea utilajelor (harvester și forwarder) precum și în timpul fasonării arborilor.

Mărimea rănilor exprimată prin suprafața lor reprezintă unul din factorii care determină conținutul ulterior de putregai (Aho *et al.* 1983; 1989). Astfel, s-a observat mai mult putregai în rănilor care expun lemnul pe o suprafață mai mare. Între 60 - 85% dintre rănilor cu suprafața mai mare de 900 cm² au aproximativ de două ori mai mult putregai decât rănilor mici (Aho *et al.* 1989; Wallis *et al.* 1971). Rezultatele obținute au arătat că suprafața medie a rănilor este mai mică în cazul cojirilor (144 cm²) decât în cazul așchierilor (277 cm²). Rănilor cu suprafața mai mare de 500 cm² nu se mai cicatrizează, sau timpul necesar vindecării lor depășește 10 ani, suficient cât să se declanșeze procesul de putrezire (Petrescu 1974). Din acest punct de vedere, rezultatele au arătat că 17% din așchieri și 2% din cojiri au suprafața mai mare de 500 cm². Vasaitis *et al.* (2012) au arătat la molid, că rănilor cu suprafața mai mare de 300 cm² nu s-au cicatrizat complet nici după 20 de ani. Viteza de vindecare la molid fiind de 0,2 – 0,4 cm·an⁻¹ (Vasiliauskas 2001).

Apariția putregaiului este mai frecvent asociată cu așchierile decât cu cojirile datorită profunzimii acestora (Wallis și Morrison 1975; Petrescu 1984). Așchierile cu adâncimi cuprinse între 3 și 6 cm reprezintă 4% din totalul așchierilor. În cazul de față, la molid, așchierile care prezintă țesuturi de lemn afectate pe (80; 100]% din suprafața lor reprezintă 42%. Este de așteptat ca în aceste răni putregaiul să se instaleze mai repede și să aibă o dinamică de dezvoltare mai accentuată decât în cazul cojirilor. În general rănilor cu adâncimea mai mică de 5 cm sau cu suprafața mai mică de 900 cm² prezintă pete colorate și un conținut redus de putregai. După 20 de ani, conținutul în putregai al rănilor este considerabil (Petrescu 1984).

O altă caracteristică analizată, care influențează durata de vindecare a rănilor și implicit dezvoltarea putregaiului, a fost forma rănilor. Conținutul în putregai este cel puțin de două ori mai mare în cazul rănilor late din cauza duratei de timp mai mare în care are loc cicatrizarea (Han *et al.* 2000). Rezultatele obținute au arătat că 18% din așchieri și 14 % din cojiri au formă circulară sau orizontal alungită, forme care măresc durata de vindecare a răni. De asemenea, rănilor care afectează mai mult de 20% din circumferința trunchiului reprezintă 13% în cazul cojirilor și 7% în cazul așchierilor. Rănilor sunt considerate defecte importante atunci când depășesc 25% din circumferința trunchiului la arborii cu diametre cuprinse între 10 – 31 cm. De asemenea, toate rănilor cu suprafața mai mare de 1000 cm² sunt considerate grave indiferent de diametrul trunchiului (OMNR 2004). Lățimea răni (măsurată pe orizontală) este mai importantă decât lungimea (măsurată pe verticală) acesteia în procesul de vindecare; dacă lățimea este mai mică și timpul de vindecare va fi mai mic (Suzuki 2000). În felul acesta rănilor late conțin mai mult putregai decât cele înguste (Nevill 1997).

Localizarea arborilor prejudiciați față de traseele de colectare a arătat că probabilitatea ca un arbore să fie prejudiciat este mai mare cu cât acesta este mai aproape de traseul de colectare. S-a observat că majoritatea arborilor prejudiciați 60% sunt situați la o distanță de cel mult 4 m de axul traseelor de colectare. Distanța dintre arbore și traseul de colectare este un parametru care influențează nu numai nivelul arborilor prejudiciați ci și frecvența tipurilor de prejudicii, localizarea lor la nivelul arborelui, inclusiv mărimea rănilor. Lățimea traseelor de colectare trebuie aleasă în funcție de gabaritul utilajelor și de configurația terenului. În cazul de față există suspiciunea că lățimea adoptată de 4 m a fost prea mică. Dacă lățimea ar fi fost de 4,5 m, din punct de vedere strict teoretic, nivelul prejudiciilor s-ar fi redus cu 35%. Din totalul de 108 arbori prejudiciați, 38 de arbori sunt localizați la o distanță de până la 2,5 m de axul traseului de colectare. Pe de altă parte, rectitudinea traseelor de colectare reduce riscul impactului dintre utilaje și arborii care le mărginesc (Granhus și Fjeld 2001). O supralărgire a traseelor de colectare, în curbe, cu 1 – 1,5 m, asigură spațiul necesar trecerii utilajelor și poate reduce riscul de prejudiciere al arborilor.

Un alt aspect este reprezentat de legislația românească, care impune ca arborii să fie marcați înainte de intervenție, ceea ce potrivit spuselor lui Fjeld și Granhus (1998) înseamnă că operatorul harvesterului nu poate să-și adapteze tehnica de lucru la condițiile concrete de lucru

din parchet pentru a evita prejudicierea inutilă a arborilor. Majoritatea operatorilor nu dispun de competențele și cunoștințele inginerilor silvici.

În România nu există norme care să reglementeze nivelul maxim al prejudiciilor admise la rărituri în cazul folosirii tehnologiei CTL. Pe măsură ce această tehnologie devine tot mai mult aplicată, este de o mare importanță corelarea ei cu obiectivele silviculturale urmărite.

3.4. Concluzii

Nivelul prejudiciilor înregistrat în cazul de față de 7,5% din arborii rămași pe picior, reprezintă un nivel acceptabil dacă avem în vedere caracterul de noutate în aplicarea tehnologiei CTL în arboretele de molid din zona montană a României, lipsa altor cercetări de acest fel și a unor norme care să reglementeze acest lucru.

Totuși, rezultatele au arătat că nivelul de prejudiciere al arborilor poate fi redus prin folosirea unor utilaje a căror gabarit să corespundă cu mărimea arborilor, cu caracteristicile arboretului și condițiile de teren și nu în ultimul rând cu lățimea traseelor de colectare. Sarcina de a reduce nivelul prejudiciilor revine firmelor de exploatare. Acest lucru se poate realiza printr-o planificare și proiectare corespunzătoare a lucrărilor de teren, prin instruirea personalului cu privire la necesitatea de a limita nivelul prejudiciilor din arboret și prin luarea unor măsuri suplimentare de protecție a arborilor, în special a celor care mărginesc căile de colectare.

În ceea ce privește caracteristicile prejudiciilor studiate în prezenta lucrare, rezultatele au arătat că ele sunt comparabile cu cele din literatura de specialitate. Pe lângă importanța cunoașterii nivelului de prejudiciere a arborilor, a tipurilor de prejudicii, a frecvenței, gravității, formei și distribuției acestora atât la nivelul arborilor cât și la nivelul întregului arboret, rezultatele obținute au menirea de a scoate în evidență unele aspecte particulare corespunzătoare condițiilor de lucru și tehnologiei de exploatare aplicate în arborete de molid parcurse cu rărituri din Carpații Românești.

4. Consumul de timp, productivitatea și performanța muncii la recoltarea lemnului de rășinoase

4.1. Doborârea arborilor

4.1.1. Introducere

Efectele lucrărilor de exploatare a pădurilor asupra calității ecosistemelor forestiere depind, într-o mare măsură, de durata de desfășurare a operațiilor specifice acestei activități. Este bine cunoscut și acceptat faptul că odată cu creșterea duratei de desfășurare a lucrărilor de exploatare a unui parchet cresc cheltuielile de exploatare, prin creșterea cheltuielilor fixe (Conway 1982) și se reduc efectele benefice ale acestora (Ciubotaru 1998), ca urmare a creșterii nivelului de stres produs, în primul rând, asupra componentelor zoocenotice ale ecosistemului forestier (Krause 1993; Radle 2007; Kight și Swaddle 2011).

În aceste condiții, un obiectiv major al managementului exploatării pădurilor îl constituie planificarea activităților astfel încât acestea să se încadreze într-o durată maximă permisă conform prescripțiilor legale, în conformitate cu condițiile de lucru din fiecare parchet (MMP 2011). Atingerea acestui obiectiv impune dimensionarea corespunzătoare a mărimii formației de lucru și a numărului și tipului de utilaje necesare. Numărul de utilaje necesare depinde de eficiența sau productivitatea acestora în condițiile de lucru specifice parchetului pentru care se face planificarea lucrărilor. Consumul de timp (Magagnotti și Spinelli 2012) sau eficiența (Richards *et al.* 1995; Lindroos 2010) reprezintă timpul consumat pe unitatea de produs, pentru realizarea unei faze, operații sau grup de operații și variază în limite largi în funcție de specie, dimensiunile arborilor fasonați, caracteristicile terenului, tratamentul aplicat și felul tăierii, tipul de utilaj folosit și vechimea acestuia, nivelul de calificare al fasonatorilor etc., în timp ce productivitatea, influențată de aceiași factori, reprezintă cantitatea de produse realizate în unitatea de timp (Kanawaty 1992; Richards *et al.* 1995; Pulkki 2001).

Analiza consumului de timp are o lungă tradiție în domeniul forestier (Samset 1990) și a constituit o parte importantă a cercetărilor privind studiul muncii în silvicultură, în special pentru stabilirea normelor de muncă, pentru îmbunătățirea productivității și planificarea producției (Magagnotti și Spinelli 2012).

De-a lungul timpului cercetările privind consumul de timp au urmărit, în mod deosebit, stabilirea unor corelații între eficiența lucrărilor sau productivitățile realizate cu diverse mijloace de lucru și factorii de influență specifici activității de exploatare. Un domeniu abordat, cu precădere, a fost cel al consumului de timp la operațiile desfășurate cu ferăstraiile mecanice, în parchet și platforma parchetului, respectiv pentru operațiile de doborâre, curățire de crăci și secționare. Cercetările efectuate până în prezent au evidențiat faptul că la doborârea arborilor variabila care influențează semnificativ consumul de timp este diametrul de bază al arborilor marcați (Sobhani 1984; Kluender și Stokes 1996; Lortz *et al.* 1997; Ciubotaru și Maria 2012a), dependența timpului de doborâre de diametrul de bază fiind exprimată prin corelații liniare (Samset 1990; Gaffariyan și Sobhani 2007; Uotila *et al.* 2014) sau curbilinii (Peterson 1987; Lortz *et al.* 1997). Complexitatea operației de doborâre a arborilor cu ferăstrăul mecanic a făcut ca această operație să fie analizată și sub aspectul consumului de timp la nivelul fiecărei faze (Nurminen *et al.* 2006; Azarnoush și Fathi, 2014). Trebuie menționat faptul că în cercetările efectuate nu există o unitate în ceea ce privește numărul și semnificația fazelor specifice operației de doborâre, existând mari diferențe între abordările autorilor cercetărilor efectuate. Pot fi menționate ca extreme în acest sens numărul de faze considerate de Azarnoush și Fathi (2014) care definesc 6 faze ale operației de doborâre, în timp ce Mousavi *et al.* (2011) definesc 13 faze. O diferență semnificativă apare și în ceea ce privește conținutul operației de doborâre; Lortz *et al.* (1997), Wang *et al.* (2004) includ în această operație și curățirea de crăci, iar Mousavi *et al.* (2011) includ, pe lângă curățirea de crăci și secționarea.

Dintre multitudinea de factori care influențează consumul de timp la doborârea arborilor, în cercetările efectuate, au mai fost luați în considerare și specia (Gaffariyan și Sobhany 2007), distanța dintre arborii marcați și suprafața de bază extrasă (Kluender și Stokes 1996; Wang *et al.* 2004), înclinarea terenului și înclinarea traseului pe care se deplasează fasonatorii între arborii marcați (Ghaffariyan *et al.* 2012), abaterea direcției tehnice de doborâre față de direcția naturală de cădere a arborilor (Azarnoush și Fathi 2014), tratamentul aplicat (Lortz *et al.* 1997) și volumul arborilor marcați.

Productivitatea, exprimată prin raportul ieșirilor și intrărilor (Björheden 1991; Kanawayt 1992; Lindroos 2010), este un indicator sintetic care exprimă nivelul de utilizare a capacității de producție a unui sistem în anumite condiții de lucru și se exprimă, la doborâre, de obicei, sub forma: volum doborât/timp (Magagnotti și Spinelli 2012). Stabilirea mărimii productivității

presupune, în situația analizată în lucrare, măsurarea volumului de lemn doborât într-o unitate de timp. Mărimea productivității este influențată de aceiași factori ca și consumul de timp, cei doi parametri fiind invers proporționali, respectiv:

$$W = \frac{V}{TU}$$

în care:

W este productivitatea;

V – volumul de lemn doborât într-o unitate de timp;

TU – unitatea de timp considerată (oră, durata unui schimb etc.).

Ferăstraiele mecanice rămân încă utilaje de bază la doborârea arborilor (Jourgholami *et al.* 2013) în condițiile în care folosirea harvesterelor, în arboretele exploatabile de rășinoase, este limitată de doi factori importanți: diametrul arborilor la nivelul cioatei și înclinarea terenului (Hiesel și Benjamin 2013). Analiza combinată a efectului celor doi factori limitativi a scos în evidență faptul că, în situația arboretelor de rășinoase din România, doar pentru 10,5% din suprafața acestora este recomandată folosirea harvesterelor pentru doborâre (Yarmo și Ciubotaru 2004).

În aceste condiții analiza structurii timpului de lucru și a mărimii productivității muncii la fasonarea lemnului cu ferăstraiele mecanice vor constitui preocupări importante în managementul durabil al activității de exploatare. De aceea autorii și-au propus ca scop al cercetării stabilirea consumului de timp și a productivității utilizării ferăstrăului mecanic Husqvarna 365, la doborârea arborilor de rășinoase în parchete din zona de munte. Aceasta în condițiile în care în pădurile României rășinoasele, amplasate într-o proporție de 96 % în zona de munte, reprezintă 30% din volumul de lemn pe picior și ocupă 24 % din suprafață (IFN 2016).

4.1.2. Material și metoda de cercetare

Cercetările s-au desfășurat în două suprafețe experimentale, denumite 1 și 2, amplasate pe versantul sudic al Carpaților Meridionali, în munții Iezer-Păpușa, localizate latitudinal între 45°25' - 45°32' N, longitudinal între 24°48' – 24°54' E și altitudinal între 930 și 1500 m (Fig. 12).

Geomorfologic terenul se caracterizează prin versanți cu expoziție dominant sudică și înclinări medii de circa 33° (65%).

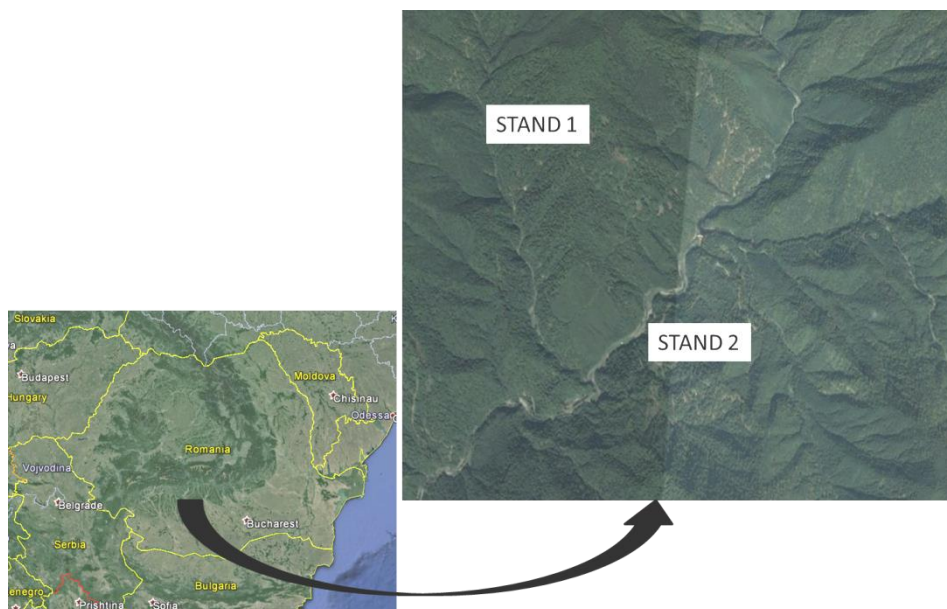


Fig. 12. Locul cercetărilor

Arboretele analizate fac parte din categoria amestecurilor de molid și brad, în care se aplică, la vârsta exploatabilității, tratamentul tăierilor progresive. Principalele caracteristici ale arboretelor și arborilor de rășinoase marcați sunt date în tabelul 9.

Tabelul 9. Caracteristicile arboretelor și a arborilor marcați

Caracteristicile arboretelor			Caracteristicile arborilor marcați		
Cacteristica	Parchetul 1	Parchetul 2	Caracteristica	S1	S2
Aria parcelei (ha)	20,6	14,4	Suprafața parchetului (ha)	20,6	12,4
Vârsta medie (ani)	130	160	Volumul total (m^3)	1145	2376
Diametru de bază (cm)	46	58	Număr de arbori	475	1063
Înălțimea medie (m)	26	29	Volumul mediu pe arbore ($m^3 \cdot arbore^{-1}$)	2,41	2,24
Clasa de producție	III	III	Dbh (cm)	52	56
Desimea ($arbori \cdot ha^{-1}$)	302	164	Înălțimea medie (m)	29,5	29
Consistența (%)	70	40	Elagaj (%)	60	60
Elagaj (%)	60	60	Distanța dintre arborii marcați (m)	20,8	10,8
Distanța dintre arbori (m)	5,8	7,8	-	-	-
Tipul de tăiere	Deschidere	Lărgire	-	-	-

Pentru măsurătorile efectuate s-a folosit o singură echipă de muncitori formată din fasonator mecanic și ajutor. A fost aleasă o echipă reprezentativă, formată din muncitori cu un nivel de reprezentativitate mediu (Groover 2007). Selectarea echipei (Kanawaty 1992) s-a făcut prin calculul vechimii medii în munca de fasonator a muncitorilor din zona analizată și a vârstei medii a acestora. În continuare au fost selectate 4 echipe cu vechime și vârstă apropiate de cele medii calculate. Din acest grup, pe baza discuțiilor cu conducătorii punctelor de lucru s-a selectat echipa folosită în cadrul cercetărilor. Nivelul de îndemânare al fasonatorilor, exprimat prin numărul arbori doborâți a depășit valoarea recomandată de 8000 (Kanawaty 1992).

Ferăstrăul mecanic (Husqvarna 365) ales pentru efectuarea cercetărilor a avut o perioadă de utilizare de circa 2000 de ore, ceea ce reprezintă durata medie de utilizare a unui utilaj din această categorie (Monitorul Oficial 2005, Calvo *et al.* 2013).

Structura timpului de lucru la doborâre a fost analizată la nivel de schimb de lucru, operații și faze. În cercetările efectuate, pentru analiza structurii timpului total de lucru (Fig. 13), s-a adoptat clasificarea propusă de Björheden și Thompson (2000).

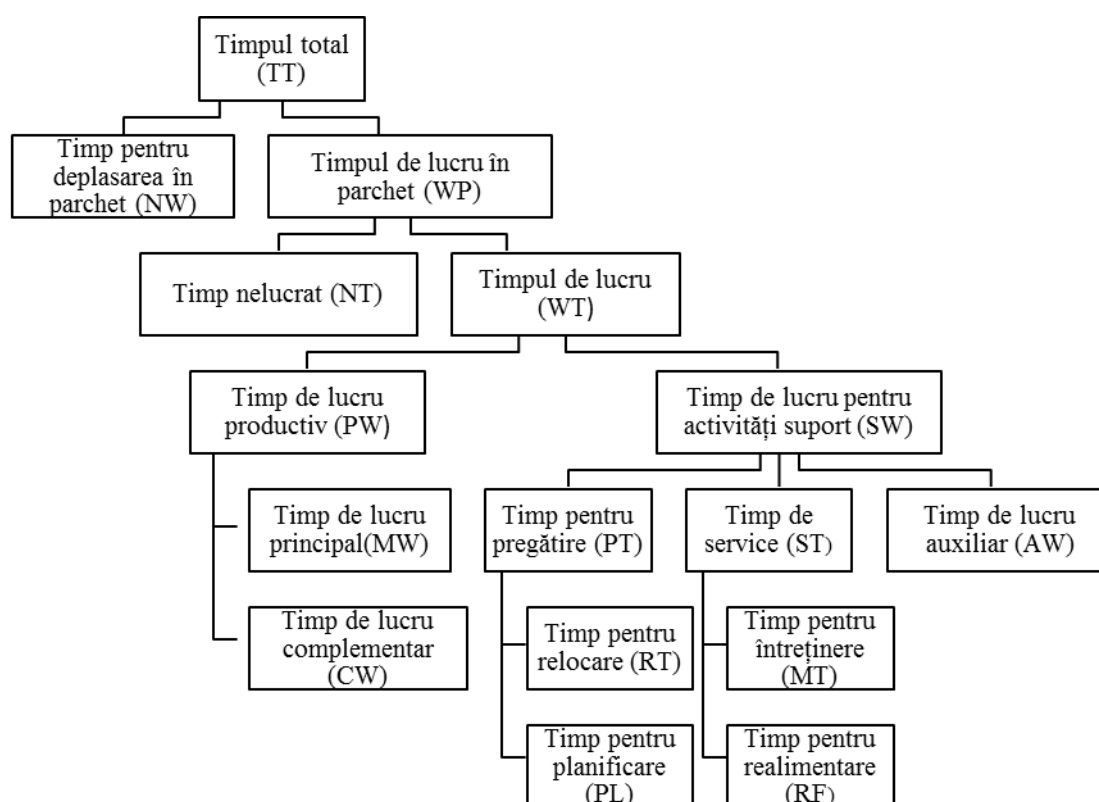


Fig. 13. Structura timpului de lucru (modificat după Björheden și Thompson 2000)

Operația de doborâre a fost divizată în faze de lucru conform datelor din tabelul 10.

Au fost considerate faze de lucru acele acțiuni strict necesare tehnologic, în sensul desfășurării normale a procesului de producție. La acestea s-au adăugat și o serie de activități care nu sunt absolut necesare tehnologic, acceptarea lor fiind justificată pentru asigurarea unor condiții impuse de normele de protecție a muncii, de specificul activităților din domeniul forestier, precum și de cerințe ergonomice sau fiziologice. Structura detaliată a timpului de lucru pe operații, faze și activități asociate este dată în tabelul 11. Măsurarea timpului, în secunde (BIMP 2006), s-a făcut prin metoda cronometrării continue. Timpul a fost măsurat, cu un cronometru, prin înregistrarea momentului începerii și încheierii fiecărei operații, faze sau activități și cu ajutorul unui ceas de mână pentru durata unui schimb. Schimbul de lucru s-a considerat din momentul plecării echipei din platforma parchetului și până la revenirea în același loc. Toate măsurătorile referitoare la timpul de lucru au fost făcute de către același cercetător.

Tabelul 10. Structura operației de doborâre

Faza	Simbol	Start	Sfârșit
Deplasarea la arborele de doborât	<i>depl</i>	Când fasonatorul începe să se deplaseze spre arborele de doborât	Când fasonatorul ajunge la arborele de doborât
Pregătirea locului de muncă	<i>plm</i>	Când fasonatorul începe să pregătească locul de muncă prin tăierea vegetației, îndepărtarea obstacolelor din jurul arborelui și tăierea crăcilor de la baza arborelui	Când fasonatorul a încheiat pregătirea locului de muncă
Alegerea direcției de doborâre și pregătirea potecilor de refugiu.	<i>add</i>	Când fasonatorul evaluează factorii ce intervin în alegerea direcției de doborâre	Când fasonatorul a terminat de pregătit potecile de refugiu
Executarea tapei	<i>et</i>	Când fasonatorul începe să execute tapan	Când fasonatorul a extras tapan
Executarea tăieturii din partea opusă tapei	<i>etpot</i>	Când fasonatorul începe tăierea din partea opusă	Când arborele începe să cadă
Retragerea muncitorilor, căderea arborelui și revenirea muncitorilor	<i>rm</i>	Când arborele începe să cadă și muncitorii se retrag pe poteciile de refugiu	Când arborele lovește pământul și muncitorii revin lângă cioată
Netezirea cioatei	<i>nc</i>	Când fasonatorul începe să taie fibrele de lemn de pe cioată, care sau smuls din zona de frânare	Când fasonatorul a terminat de netezit cioata
Tăierea crestei trunchiului	<i>tct</i>	Când fasonatorul începe să taie fibrele de lemn de pe trunchi smulse din zona de frânare	Când fasonatorul a tăiat creasta trunchiului
Cojirea cioatei începe când	<i>cc</i>	Când ajutorul începe cojirea cioatei cu toporul	Când ajutorul termină cojirea cioatei cu toporul

Tabelul 11. Structura timpului de lucru pe faze și activități

Structura timpului de lucru				Operația	Faze	Activități	
TT	NW			Doborâre	-	Deplasarea la și de la locul de muncă, la începutul și sfârșitul programului.	
	WP	NT		Doborâre	-	Masă, odihnă, necesități, deplasarea de la un grup de arbori la altul, organizare.	
		WT	PW	MW	Doborâre	<i>et</i> <i>etpot</i>	Executarea și scoaterea tapei; Executarea tăieturii din partea opusă și impulsionearea căderii arborelui.
				CW	Doborâre	<i>plm</i> <i>add</i> <i>rm</i>	Înlăturarea obstacolelor din jurul arborelui și a crăcilor până la 2 m înălțime; Analiza factorilor care intervin în alegerea direcției de doborâre și stabilirea acesteia; Retragerea muncitorilor, căderea arborelui și revenirea muncitorilor.
		SW	PT	RT	Doborâre	<i>depl</i>	Deplasarea de la un arbore la altul.
					Doborâre	-	Ascuțirea și întinderea lanțului; Schimbarea lanțului și întoarcerea lamei; Curățirea filtrului de aer.
			ST	MT	Doborâre	-	Alimentarea ferăstrăului cu carburant și ulei pentru ungerea lanțului.
					Doborâre	-	
		AW		Doborâre	<i>nc</i> <i>tct</i> <i>cc</i>	Tăierea fibrelor de lemn de pe cioată și trunchi; Cojirea cioatei cu toporul.	

Pentru a nu perturba procesul de lucru al echipei, elementele dendrometrice ale arborilor sau pieselor analizate au fost măsurate și înregistrate de un al doilea cercetător. Într-un schimb de lucru s-a efectuat și măsurat aceeași operație. Înălțimea arborilor s-a măsurat cu hipsometrul, lungimea buștenilor cu ruleta, iar diametrul cioatei și diametrul de bază cu clupa forestieră. Distanțele dintre arborii doborâți s-au măsurat cu telemetrul TruePulse 200. Pentru primul arbore distanța s-a măsurat de la intrarea în parchet. Timpul corespunzător parcurgerii distanței de la ultimul arbore doborât într-un schimb până la limita parchetului a fost inclus în elementul de timp NW.

În analiza statistică a datelor, un prim pas l-a reprezentat determinarea mărimii lotului de sondaj. Numărul de măsurători necesare s-a stabilit cu relația propusă de Kanawaty (1992):

$$n = \frac{p \cdot q \cdot t^2}{e^2}$$

în care:

- n este numărul minim de măsurători;

- p – procentul de timp neproductiv;
- q – procentul de timp activ;
- t – valoarea distribuției Student;
- e - eroarea maximă admisă.

Valorile parametrilor p și q au fost stabilite prin măsurători de probă, pe un lot format din 50 de arbori. Numărul minim de măsurători s-a stabilit pentru un nivel de semnificație de 95% și o eroare maximă admisă de 10%. În tabelul 12 sunt date numărul minim calculat și numărul efectiv de măsurători efectuate.

Tabelul 12. Numărul minim de măsurători

Operația	Locul de desfășurare	Mărimea lotului de probă	Valorile parametrilor (%)		Numărul de măsurători	
			p	q	calculat	efectuat
Doborâre	Parchet	50	52	48	96	491

S-a adoptat un număr mare mai de măsurători pentru normalizarea distribuției valorilor măsurate și pentru diminuarea efectului Hawthorne. Verificarea normalității distribuțiilor s-a făcut cu testul Kolmogorov-Smirnov la probabilitatea de transgresiune de 5%. Toate distribuțiile au fost de tip distribuție normală.

În continuare s-au determinat indicatorii statistici (media, eroarea standard, mediana, abaterea standard, coeficientul de variație) ai timpilor de lucru corespunzători fiecărei faze de lucru și ale variabilelor măsurate în parchete. Mai departe, pe baza timpilor de lucru consumați pentru realizarea fiecărei faze de lucru, a fost stabilită structura timpului de lucru la doborârea arborilor. Pe baza timpului de lucru total, a numărului de arbori și a volumului acestora s-a determinat productivitatea muncii la doborârea arborilor cu ferăstrăul mecanic. A urmat identificarea modelelor matematice care exprimă cel mai bine variația productivității. S-au identificat relațiile existente între timpul de lucru corespunzător fazelor de la doborâre și variabilele independente folosind ANOVA, regresia liniară simplă și multiplă.

4.1.3. Rezultate și discuții

În cele două parchete au fost doborâți 491 de arbori însumând un volum de 1193,509 m³. Timpul total de lucru (TT) necesar pentru doborârea arborilor în cele două suprafețe a fost de

6641,66 minute (3181,33 minute în S1 și 3460,33 minutes în S2). În tabelul 13 este prezentată structura timpului de lucru, luată în considerare în cercetarea de față, la doborârea arborilor în cele două suprafețe experimentale.

Tabelul 13. Structura timpului de lucru la doborâre

S	Nr. arbori	Volum m ³	WP						NW		TT	
			PW		SW		NT		s·m ⁻³	%	(s·m ⁻³)	%
			s·m ⁻³	%	s·m ⁻³	%	s·m ⁻³	%				
1	241	537,528	69,55	19,59	120,30	33,88	124,78	35,14	40,48	11,39	355,11	100
			s·arbore ⁻¹		s·arbore ⁻¹		s·arbore ⁻¹		s·arbore ⁻¹			
			155,12		268,32		278,31		90,29		792,03	
2	250	655,981	55,92	17,66	97,25	30,73	111,98	35,38	51,35	16,23	316,50	100
			s·arbore ⁻¹		s·arbore ⁻¹		s·arbore ⁻¹		s·arbore ⁻¹			
			146,72		255,19		293,82		134,75		830,48	

Notă: WP - timpul de lucru în parchet; PW - timp de lucru productiv; SW – timp de lucru pentru activități suport; NT – timp nelucrat; NW – Timp pentru deplasarea în parchet; TT – timp total de lucru.

Productivitatea muncii la doborârea cu ferăstrăul mecanic Husqvarna 365 a fost de 10,138 m³·h⁻¹ (4,55 arbori·h⁻¹) în S1 și de 11,374 (m³·h⁻¹) (4,33 arbori·h⁻¹) în S2. Productivitatea este foarte puternic influențată de diametrul de bază (*dbh*). Pentru a pune în evidență dependența productivității de *dbh* s-a luat în considerare timpul de lucru mediu (*T_{eff}* mediu), corespunzător unui ciclu complet, pe clase de diametre, neincluzând întreruperile (*ST*, *NT* and *NW*). Astfel, în figura 14, sunt prezentate principalele funcții matematice, menționate în literatura de specialitate, folosite pentru estimarea productivității la doborârea arborilor.

Structura timpului de lucru, pe elemente de timp, este prezentată în figura 15. Se observă că raportul *WT:(NT+NW)* este 53,5%:46,5% în S1 și 48,4%:51,6% în S2. Diferențele existente între structura timpului de lucru în cele două suprafețe se datorează în principal elementului de timp *NW*, timpul de deplasare la și de la locul de muncă, la începutul și sfârșitul programului fiind mai mare în cazul suprafeței 2.

Structura timpului de lucru la doborârea arborilor, pe faze, este prezentată în figura 16. Se observă că cea mai mare pondere o au fazele *cc*, *et*, *depl* și *etpot*, împreună reprezintă 78,6% în S1 și 78,4% în S2 din *T_{eff}*.

Principalii indicatori statistici ai variației timpului de lucru pe faze la doborâre și a variabilelor operaționale măsurate în cele două suprafețe sunt redați în tabelul 14.

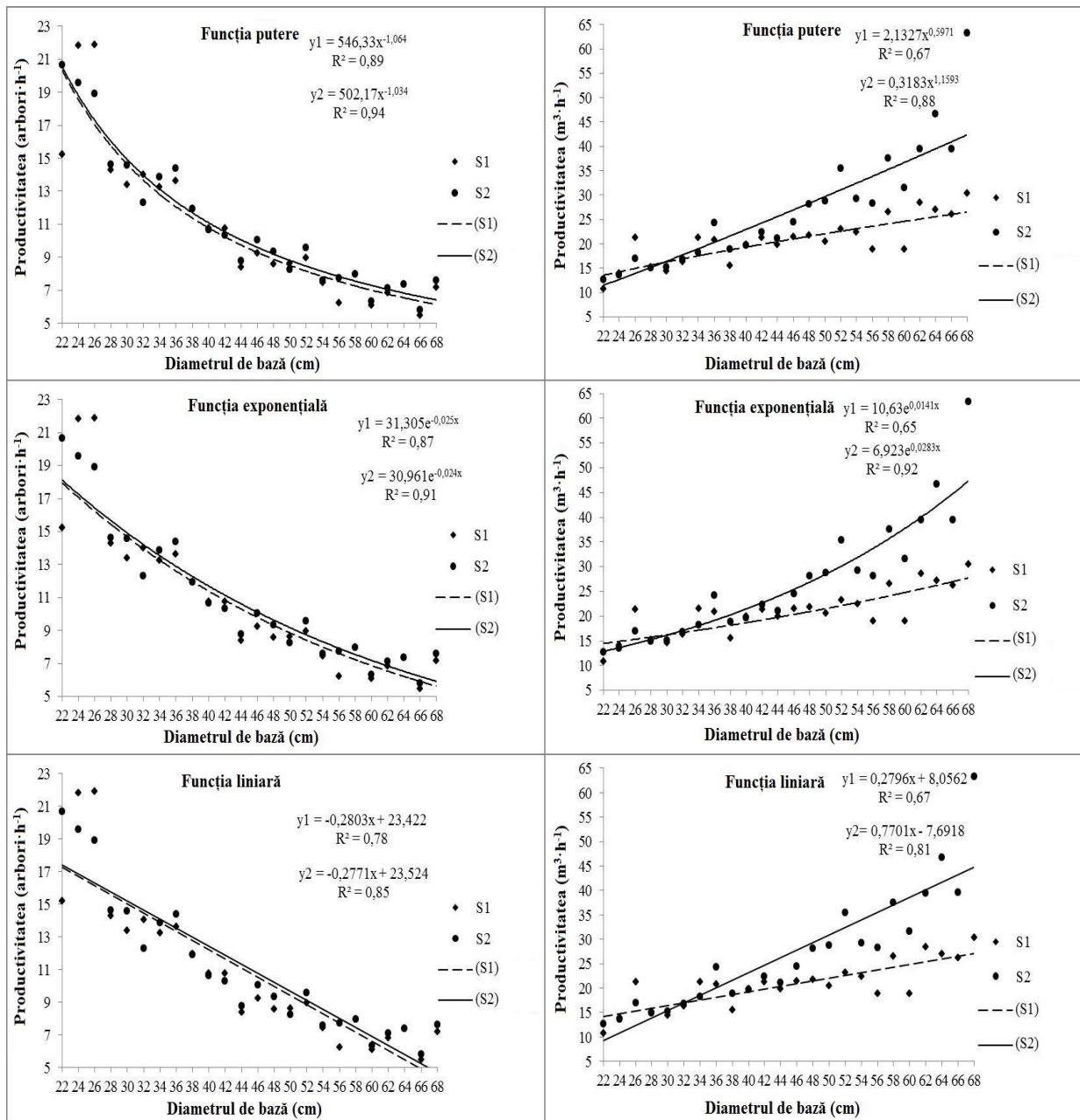


Fig. 14. Productivitatea muncii la doborârea arborilor (fără întreruperi)

Faza *depl* (deplasarea la arborele de doborât) – T_{depl} mediu a fost de $19,94 \text{ s} \cdot \text{m}^{-3}$ ($43,31 \text{ s} \cdot \text{arbore}^{-1}$) în S1 și de $17,66 \text{ s} \cdot \text{m}^{-3}$ ($38,94 \text{ s} \cdot \text{arbore}^{-1}$) în S2 fiind puternic influențat de distanța dintre arborii de doborât (d). Aceasta a fost de 20,9 m (min 2 m; max 105 m) în S1 și de 10,5 m (min 1 m; max 57 m) în S2. Corelația dintre cele două variabile este una foarte puternică ($0,87 < r < 0,88$) în amândouă suprafețele (tabelul 15). T_{depl} depinde în proporție de 77 – 78 % de

distanța dintre arbori. Restul de 22 – 23 % fiind atribuit altor factori ca desimea arboretului, intensitatea intervenției, panta traseului, sinuozitatea traseului, sensul de deplasare în amonte sau în aval etc., care nu au putut fi cuantificați printr-o ecuație de regresie.

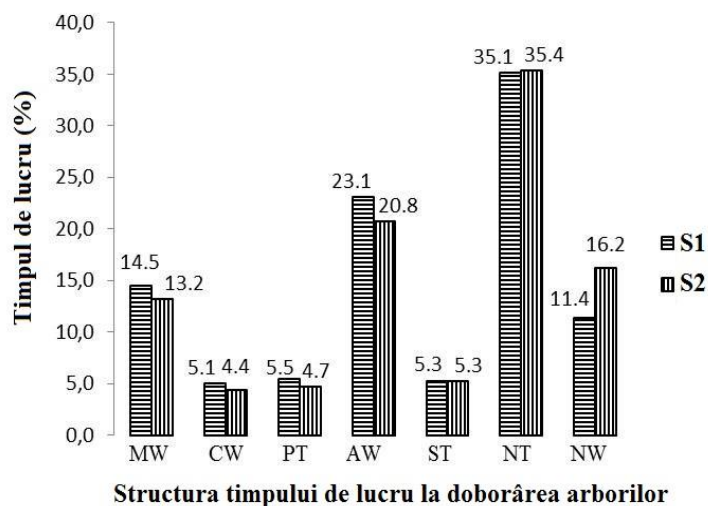


Fig. 15. Structura timpului de lucru la doborârea arborilor

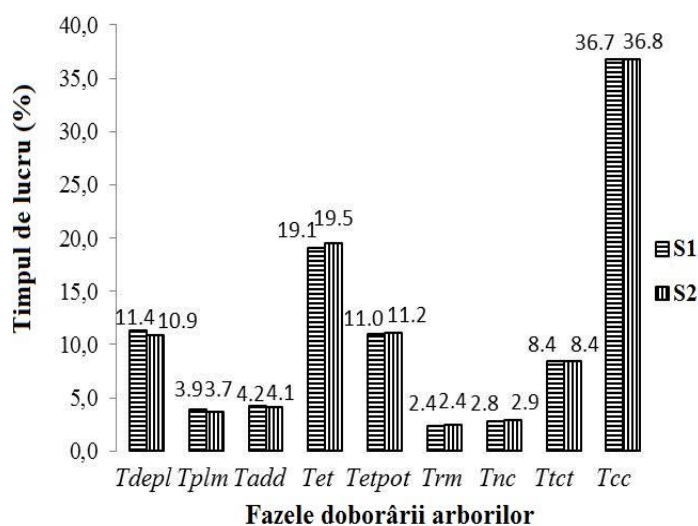


Fig. 16. Timpul consumat la doborârea arborilor

Faza *plm* (pregătirea locului de muncă) – *Tplm* mediu a fost de $7,16 \text{ s} \cdot \text{m}^{-3}$ (min $0,00 \text{ s} \cdot \text{m}^{-3}$; max $26,12 \text{ s} \cdot \text{m}^{-3}$) ($14,95 \text{ s} \cdot \text{arbore}^{-1}$) în S1 și de $6,83 \text{ s} \cdot \text{m}^{-3}$ (min $0,00 \text{ s} \cdot \text{m}^{-3}$; max $26,32 \text{ s} \cdot \text{m}^{-3}$) ($13,29$

s·arbore⁻¹) în S2. Acesta este influențat de prezența sau absența obstacolelor (semînțiș, crăci rupte, cioate etc.) din jurul arborelui de doborât, elagajul arborelui ca o expresie a desimii arboretului.

Faza add (alegerea direcției de doborâre) – *Tadd* mediu a fost de 7,39 s·m⁻³ (min 2,48 s·m⁻³; max 13,35 s·m⁻³) (16,12 s·arbore⁻¹) în S1 și de 6,55 s·m⁻³ (min 1,42 s·m⁻³; max 22,43 s·m⁻³) (14,79 s·arbore⁻¹) în S2. Timpul consumat cu alegerea direcției tehnice reprezintă 4,2% în S1 și 4,1% în S2 din timpul efectiv de lucru consumat pentru doborârea unui arbore.

Tabelul 14. Indicatorii statistici ai variației timpului de lucru corespunzători fazelor doborârii unui m³ de lemn și ai variabilelor operaționale măsurate în parchete

Indicatorii statistici	Media		Mediana		Eroarea Standard		Abaterea Standard		Coeficientul de variație (%)	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Indicatorii statistici ai timpului de lucru (s·m ⁻³) corespunzători fazelor doborârii										
<i>Tdepl</i>	19,94	17,66	19,72	15,51	1,11	1,80	5,85	10,35	29,33	58,62
<i>Tplm</i>	7,16	6,83	7,39	3,40	1,02	1,27	5,39	7,30	75,27	106,9
<i>Tadd</i>	7,39	6,55	7,02	5,95	0,45	0,75	2,36	4,32	32,92	66,01
<i>Tet</i>	33,16	29,95	33,41	27,36	1,14	2,01	6,06	11,55	18,26	38,56
<i>Tetpot</i>	19,15	16,76	18,91	14,71	0,64	0,95	3,41	5,44	17,81	32,44
<i>Trm</i>	4,11	4,11	4,10	3,92	0,19	0,41	0,99	2,33	24,16	56,65
<i>Tnc</i>	4,86	4,57	4,62	4,31	0,26	0,36	1,38	2,08	28,34	45,55
<i>Ttct</i>	14,46	13,36	13,67	13,55	0,77	1,26	4,09	7,26	28,29	54,33
<i>Tcc</i>	64,55	58,84	61,16	58,55	2,28	4,00	12,06	22,98	18,68	39,06
<i>Teff</i>	174,78	158,63	174,76	163,08	6,31	11,06	33,37	63,53	19,09	40,05
Indicatorii statistici ai <i>dbh</i> , <i>sd</i> (cm), <i>d</i> (m) and <i>V</i> (m ³)										
<i>dbh</i>	44,6	43,6	44,0	44,0	0,66	0,67	10,18	10,56	22,80	24,20
<i>sd</i>	53,7	52,7	54,5	53,0	0,82	0,82	12,68	12,95	23,63	24,56
<i>d</i>	20,9	10,5	16,0	8,0	1,12	0,59	17,31	9,32	8,29	8,87
<i>V</i>	2,230	2,624	2,005	2,313	0,07	0,10	1,048	1,57	46,99	59,78

Tabelul 15. Analiza regresiei liniare simple a lui *Tdepl* în funcție de *d*

ANOVA				Semnificația coeficientului variabile independente				
<i>R</i> ²	Eroarea standard	Grade de libertate	<i>F</i>	Variabila	Coeficient	Eroarea standard	<i>t</i> Statistic	<i>P</i> - value
S1								
0,77	15,629	k = 1 n - k - 1 = 239	779,313***	Constantă	9,362	1,579	5,930	< 0,001***
				<i>d</i>	1,630	0,058	27,916	< 0,001***
S2								
0,78	14,663	k = 1 n - k - 1 = 248	894,867***	Constantă	7,527	1,401	5,372	< 0,001***
				<i>d</i>	2,970	0,099	29,914	< 0,001***

Notă: Nivelul de semnificație, *** *P*-value < 0,001; ** 0,001 < *P*-value < 0,01; * 0,01 < *P*-value < 0,05

Faza *et* (executarea tapei) – *Tet* mediu a fost de $33,16 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$ (min $20,07 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$; max $44,70 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$) ($72,92 \text{ s}\cdot\text{arbore}^{-1}$) în S1 și de $29,95 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$ (min $13,73 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$; max $57,65 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$) ($69,99 \text{ s}\cdot\text{arbore}^{-1}$) în S2. Fasonatorul a executat de regulă o tapă până cu adâncimea de $1/3-1/4 \text{ dbh}$ și o deschidere cuprinsă între $30 - 45^\circ$.

Faza *etpot* (executarea tăieturii din partea opusă tapei) – *Tetpot* mediu a fost de $19,15 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$ (min $14,28 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$; max $28,99 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$) ($42,08 \text{ s}\cdot\text{arbore}^{-1}$) în S1 și de $16,76 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$ (min $7,55 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$; max $27,35 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$) ($39,95 \text{ s}\cdot\text{arbore}^{-1}$) în S2. La tăierea din partea opusă fasonatorul a început tăierea de la marginea trunchiului din partea opusă tapei și a executat o singură tăietură în plan orizontal.

Influențele cele mai mari asupra timpului de lucru pentru fazele *et* și *etpot* le au variabilele independente diametrul de bază al arborilor (*dbh*) și diametrul cioatei (*sd*). Legături corelaționale puternice ($0,59 < r < 0,71$) au fost puse în evidență cu ajutorul regresiei liniare simple (tabelul 16). În aceste situații coeficientul de determinație R^2 arată că dependența lui *Tet* de *sd* este în proporție de $42 - 49\%$ și dependența lui *Tetpot* de $38 - 47\%$. *Dbh* influențează pe *Tet* în proporție de $40 - 47\%$ și pe *Tetpot* în proporție de $35 - 43\%$.

Faza *rm* (retragerea muncitorilor, căderea arborelui și revenirea muncitorilor) – *Trm* mediu fost de $4,11 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$ ($9,05 \text{ s}\cdot\text{arbore}^{-1}$ în S1 și $8,70 \text{ s}\cdot\text{arbore}^{-1}$ în S2) în ambele suprafețe și a variat între $2,35 - 9,86 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$. Fasonatorul a respectat, de regulă, recomandările (Kestel, 2007) ca lățimea zonei de frânare și înălțimea pragului să fie de cca. 10% din *dbh*.

Faza *nc* (netezirea cioatei) – *Tnc* mediu a fost de $4,85 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$ (min $0,00 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$; max $9,03 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$) ($10,70 \text{ s}\cdot\text{arbore}^{-1}$) în S1 și de $4,57 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$ (min $0,00 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$; max $8,52 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$) ($10,41 \text{ s}\cdot\text{arbore}^{-1}$) în S2. O corelație de intensitate moderată a fost identificată între *Tnc* și *sd* ($0,46 < r < 0,49$), precum și între *Tnc* și *dbh* ($0,40 < r < 0,43$) (tabelul 17).

Faza *tct* (tăierea crestei trunchiului) – *Ttct* mediu a fost de $14,46 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$ (min $4,57 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$; max $22,54 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$) ($32,17 \text{ s}\cdot\text{arbore}^{-1}$) în S1 și de $13,36 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$ (min $3,28 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$; max $28,21 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$) ($30,08 \text{ s}\cdot\text{arbore}^{-1}$) în S2. Între *Ttct* și variabilele independente *sd* și *dbh* au fost puse în evidență corelații de intensitate slabă ($0,35 < r < 0,36$).

Faza *cc* (cojirea cioatei) – *Tcc* mediu a fost de $64,55 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$ (min $44,62 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$; max $97,11 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$) ($140,13 \text{ s}\cdot\text{arbore}^{-1}$) în S1 și de $58,84 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$ (min $30,57 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$; max $111,96 \text{ s}\cdot\text{m}^{-3}$) ($131,90 \text{ s}\cdot\text{arbore}^{-1}$) în S2. Între *Tcc* și variabilele independente *sd* și *dbh* există, de asemenea, corelații directe de intensitate puternică ($0,66 < r < 0,68$ între *Tcc* și *sd*; $0,67 < r < 0,70$ între *Tcc* și *dbh*) (tabelul 18).

Tabelul 16. Analiza regresiei liniare simple a lui *Tet* și *Tetpot* în funcție de *sd* și *dbh*

ANOVA				Semnificația coeficientului variabile independente				
R^2	Eroarea standard	Grade de libertate	F	Variabila	Coeficient	Eroarea standard	t Statistic	P - value
<i>Analiza regresiei liniare simple a lui Tet în funcție de sd</i>								
S1								
0,49	26,665	k = 1 n - k - 1 = 239	234,216***	Constantă	-38,433	7,476	-5,141	< 0,001***
				<i>sd</i>	2,072	0,135	15,304	< 0,001***
S2								
0,42	28,964	k = 1 n - k - 1 = 248	182,171***	Constantă	-31,017	7,705	-4,026	< 0,001***
				<i>sd</i>	1,917	0,142	13,497	< 0,001***
<i>Analiza regresiei liniare simple a lui Tet în funcție de dbh</i>								
S1								
0,47	27,349	k = 1 n - k - 1 = 239	210,854***	Constantă	-39,666	7,951	-4,989	< 0,001***
				<i>dbh</i>	2,520	0,174	14,521	< 0,001***
S2								
0,40	29,614	k = 1 n - k - 1 = 248	163,506***	Constantă	-29,343	7,991	-3,672	< 0,001***
				<i>dbh</i>	2,277	0,178	12,787	< 0,001***
<i>Analiza regresiei liniare simple a lui Tetpot în funcție de sd</i>								
S1								
0,47	15,112	k = 1 n - k - 1 = 239	206,574***	Constantă	-17,184	4,237	-4,056	< 0,001***
				<i>sd</i>	1,103	0,077	14,373	< 0,001***
S2								
0,38	16,543	k = 1 n - k - 1 = 248	151,244***	Constantă	-12,618	4,401	-2,867	< 0,001***
				<i>sd</i>	0,998	0,081	12,298	< 0,001***
<i>Analiza regresiei liniare simple a lui Tetpot în funcție de dbh</i>								
S1								
0,43	15,625	k = 1 n - k - 1 = 239	177,786***	Constantă	-16,982	4,542	-3,739	< 0,001***
				<i>dbh</i>	1,322	0,099	13,334	< 0,001***
S2								
0,35	16,912	k = 1 n - k - 1 = 248	134,008***	Constantă	-11,408	4,564	-2,500	< 0,001***
				<i>dbh</i>	1,177	0,102	11,576	< 0,001***

Notă: Nivelul de semnificație, *** P -value < 0,001; ** $0,001 < P$ -value < 0,01; * $0,01 < P$ -value < 0,05

Timpul efectiv de lucru (T_{eff}) corespunzător unei succesiuni complete a fazelor la doborârea arborilor reprezintă suma timpilor de lucru corespunzători fiecărei faze și poate fi exprimat în ($s \cdot m^{-3}$) sau ($s \cdot arbore^{-1}$):

$$T_{eff} = T_{depl} + T_{plm} + T_{add} + T_{et} + T_{etpot} + T_{rm} + T_{nc} + T_{ct} + T_{nc}$$

Având în vedere structura timpului de lucru folosită în lucrare, relația de mai sus corespunde cu relația:

$$T_{eff} = MW + CW + PT + AW$$

Tabelul 17. Analiza regresiei liniare simple a lui *Tnc* în funcție de *sd* și *dbh*

ANOVA				Semnificația coeficientului variabile independente				
R^2	Eroarea standard	Grade de libertate	F	Variabila	Coeficient	Eroarea standard	t Statistic	P - value
<i>Analiza regresiei liniare simple a lui Tnc în funcție de sd</i>								
S1								
0,24	5,593	k = 1 n - k - 1 = 239	74,898***	Constantă	-4,870	1,849	-2,634	0,009**
				<i>sd</i>	0,290	0,033	8,654	< 0,001***
S2								
0,21	6,503	k = 1 n - k - 1 = 248	65,385***	Constantă	-3,180	1,730	-1,838	0,067
				<i>sd</i>	0,258	0,032	8,086	< 0,001***
<i>Analiza regresiei liniare simple a lui Tnc în funcție de dbh</i>								
S1								
0,18	6,821	k = 1 n - k - 1 = 239	54,356***	Constantă	-3,555	1,983	-1,793	0,074
				<i>dbh</i>	0,319	0,043	7,373	< 0,001***
S2								
0,16	6,712	k = 1 n - k - 1 = 248	46,223***	Constantă	-1,563	1,811	-0,863	0,388
				<i>dbh</i>	0,274	0,040	6,799	< 0,001***

Notă: Nivelul de semnificație, *** P -value < 0,001; ** $0,001 < P$ -value < 0,01; * $0,01 < P$ -value < 0,05

Tabelul 18. Analiza regresiei liniare simple a lui *Tcc* în funcție de *sd* și *dbh*

ANOVA				Semnificația coeficientului variabile independente				
R^2	Eroarea standard	Grade de libertate	F	Variabila	Coeficient	Eroarea standard	t Statistic	P - value
<i>Analiza regresiei liniare simple a lui Tcc în funcție de sd</i>								
S1								
0,50	35,323	k = 1 n - k - 1 = 239	237,089***	Constantă	-14,057	10,269	-1,369	< 0,001***
				<i>dbh</i>	3,452	0,224	15,398	< 0,001***
S2								
0,44	38,100	k = 1 n - k - 1 = 248	197,969***	Constantă	-8,728	10,282	-0,849	< 0,001***
				<i>dbh</i>	3,223	0,229	14,070	< 0,001***
<i>Analiza regresiei liniare simple a lui Tcc în funcție de dbh</i>								
S1								
0,47	36,399	k = 1 n - k - 1 = 239	209,360***	Constantă	-3,572	10,205	-0,350	< 0,001***
				<i>sd</i>	2,674	0,185	14,469	< 0,001***
S2								
0,43	38,529	k = 1 n - k - 1 = 248	188,092***	Constantă	-4,634	10,250	-0,452	< 0,001***
				<i>sd</i>	2,591	0,189	13,715	< 0,001***

Notă: Nivelul de semnificație, *** P -value < 0,001; ** $0,001 < P$ -value < 0,01; * $0,01 < P$ -value < 0,05

T_{eff} mediu a fost de $174,78 \text{ s} \cdot \text{m}^{-3}$ (min $117,43 \text{ s} \cdot \text{m}^{-3}$; max $257,38 \text{ s} \cdot \text{m}^{-3}$) ($381,43 \text{ s} \cdot \text{arbore}^{-1}$) în S1 și de $158,63 \text{ s} \cdot \text{m}^{-3}$ (min $69,46 \text{ s} \cdot \text{m}^{-3}$; max $290,22 \text{ s} \cdot \text{m}^{-3}$) ($358,06 \text{ s} \cdot \text{arbore}^{-1}$) în S2. De remarcat că T_{eff} exprimat în $\text{s} \cdot \text{m}^{-3}$ reprezintă 49,21 % în S1 și 50,12% în S2 din TT , iar când este exprimat în $\text{s} \cdot \text{arbore}^{-1}$ reprezintă 48,16 % în S1 și 43,11 în S2.

Pentru estimarea lui T_{eff} s-a folosit regresia liniară multiplă folosind ca variabile

independente sd și d . S-a optat pentru folosirea lui sd în locul lui dbh pentru că în toate corelațiile obținute coeficientul de corelație a fost mai mare când s-a folosit sd ca variabilă independentă. În această situație coeficientul de corelație multiplă este $R = 0,80$ în suprafața 1 și $R = 0,76$ în suprafața 2 (tabelul 19).

Tabelul 19. Analiza regresiei liniare simple a lui T_{eff} în funcție de sd și d

ANOVA				Semnificația coeficienților variabilelor independente				
R^2	Eroarea standard	Degrees of freedom	F	Variabila	Coeficient	Eroarea standard	t Statistic	P - value
<i>Simple linear regression analysis of T_{eff} in relation to the sd and d</i>								
S1								
0,65	86,320	k = 2 n - k - 1 = 238	218,149***	Constantă	-77,353	24,486	-3,159	0,002**
				sd	7,146	0,442	16,169	< 0,001***
				d	3,590	0,325	11,043	< 0,001***
S2								
0,58	97,215	k = 2 n - k - 1 = 247	170,368***	Constantă	-48,664	26,036	-1,869	0,062
				sd	6,258	0,483	12,959	< 0,001***
				d	7,277	0,667	10,917	< 0,001***

Notă: Nivelul de semnificație, *** P -value < 0,001; ** $0,001 < P$ -value < 0,01; * $0,01 < P$ -value < 0,05

Dezvoltarea de modele matematice pentru determinare productivității muncii la doborârea arborilor cu ferăstrăul mecanic ajută firmele de exploatare și administratorii de păduri să stabilească resursele umane și materiale necesare pentru planificarea operațiunilor astfel încât acestea să se încadreze în timpul disponibil pentru exploatare, impactul asupra ecosistemului forestier fiind astfel minim. Modelele de productivitate și structura timpului de lucru utilizate în această cercetare sunt, de asemenea, utile în dezvoltarea simulărilor și în formarea fasonatorilor mecanici. Această metodologie de cercetare se bazează pe utilizarea unei singure echipe de lucru. În consecință, rezultatele obținute nu indică variațiile care pot fi cauzate de factorul uman. Este cunoscut în literatura de specialitate din domeniu că, în aceleași condiții de lucru, diferite echipe de lucru realizează productivități diferite. De asemenea, este bine cunoscut faptul că operatorul are o mare influență asupra productivității în majoritatea lucrărilor forestiere (Gullberg 1955). În studiile de timp comparative este dificil să se asigure exact aceleași condiții. De fapt, dintre toți factorii care influențează consumul de timp, cel mai greu de păstrat constant este factorul uman (Gullberg 1995). Metodologia prezentă poate fi utilizată și în cazul altor arbori exploatabili. Rezultatele obținute pot fi comparate cu cele prezentate în această lucrare, precum și cu cele prezentate în alte lucrări din domeniu obținute în condiții similare.

În studii similare s-a găsit că productivitatea la doborârea arborilor de rășinoase este mai puțin consumatoare de timp decât în cazul speciilor de foioase (Nurminen *et al.* 2006; Liepiņš *et al.* 2015). Principala caracteristică care influențează productivitatea la doborârea arborilor cu ferăstrăul mecanic este mărimea arborelui. Cele mai multe cercetări folosesc *dbh* ca principal factor pentru estimarea productivității și a timpului de lucru fie prin ecuații liniare (Samset 1990; Gaffariyan și Sobhani 2007; Uotila *et al.* 2014), fie prin funcții de tip putere (Peterson 1987; Lortz *et al.* 1997; Liepiņš *et al.* 2015) sau *sd* într-un model exponențial.

Rezultatele obținute prin cercetarea curentă au arătat că funcția putere descrie cel mai bine relația dintre productivitate și *dbh* ($R^2 = 0,89$ în S1 și $R^2 = 0,94$ în S2) atunci când productivitatea este exprimată în $\text{arbori} \cdot \text{h}^{-1}$. Rezultate bune s-au obținut folosind și funcțiile exponențială ($R^2 = 0,87$ în S1 și $R^2 = 0,91$ în S2) și liniară ($R^2 = 0,78$ în S1 și $R^2 = 0,85$ în S2). Atunci când productivitatea este exprimată în $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ rezultatele obținute în cazul celor trei funcții sunt comparabile: funcția putere $R^2 = 0,67$ în S1 și $R^2 = 0,88$ în S2; funcția exponențială $R^2 = 0,65$ în S1 și $R^2 = 0,92$ în S2; funcția liniară $R^2 = 0,67$ în S1 și $R^2 = 0,81$ în S2. Totuși, în practică se preferă funcțiile liniare pentru ușurința cu care pot fi aplicate. În cercetarea curentă productivitatea rezultată a fost de $10,138 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ în S1 și de $11,374 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ în S2.

O particularitate a acestei cercetări este folosirea lui *sd* în estimarea timpului de lucru pe faze la doborâre folosind regresia liniară. La estimarea timpului de lucru pentru fazele (*et*, *etpot*, *nc*, *tct*, *cc*) coeficientul de determinație R^2 a fost mai mare când s-a folosit *sd* față de *dbh*. Distanța dintre arbori de extras (*d*) influențează *Tdepl* și prin acesta *Teff* (Wang *et al.* 2004). Prin urmare la estimarea lui *Teff* s-a folosit un model liniar multiplu în care variabilele independente au fost *sd* și *d*. Coeficientul de determinație ($R^2 = 0,65$ în S1 și $R^2 = 0,58$ în S2) arată că 58 – 65% din variația lui *Teff* se datorează lui *sd* și *d*. Behjou *et al.* (2009) a folosit variabilele *dbh* și *d* în modelul liniar și a obținut un coeficient de determinație de $R^2 = 0,84$. Pe lângă variabilele independente *sd* și *d*, *Teff* este influențat într-o proporție de 35 – 42% de alți factori pe care literatura de specialitate îi menționează. Astfel, *Tdepl* este influențat de desimea arboretului, intensitatea extragerii (Wang *et al.* 2004), panta terenului între doi arbori de extras (Behjou *et al.* 2009; Mousavi *et al.* 2011). Terenul accidentat îngreunează doborârea arborilor și mișcările fasonatorului comparativ cu terenul așezat. Productivitatea muncii la doborârea și fasonarea arborilor este mai mare în cazul terenurilor așezate decât în cazul terenurilor accidentate (Gaffariyan și Sobhani, 2007). Un alt factor îl reprezintă panta terenului în jurul cioatei (Behjou

et al. 2009) care influențează timpii de lucru corespunzători celorlalte faze, ca urmare a poziției de lucru a fasonatorului. Prezența stratului de zăpadă și mai ales grosimea lui poate crește consumul de timp. Cu cât stratul de zăpadă este mai gros cu atât efortul depus de fasonator la deplasare este mai mare (Yongan și Baojun, 1998). De asemenea, temperatura scăzută reduce productivitatea. Muncitorii sunt nevoiți să îmbrace mai multe haine, ceea ce îngreunează mișcările acestora și deplasare de la un arbore la altul. De asemenea, temperatura scăzută face ca brațele și picioarele, chiar și degetele să fie mai rigide decât în condiții de temperatură normală (10°C) (Yongan și Baojun, 1998).

Nerespectarea recomandărilor în ceea ce privește adâncimea tapei, lățimea zonei de frânare, înălțimea pragului, pot cauza întârzieri la timpii *Tet*, *Tetpot*, *Trm* (Wójcik, 2014). O tapă prea adâncă poate fi periculoasă putând cauza căderea prea rapidă a arborelui, ruperea zonei de frânare și imposibilitatea introducerii penelor în tăietura din partea opusă, în timp ce o tapă prea puțin adâncă conduce la scăderea productivității prin durata mai mare a tăierii din partea opusă (Wójcik 2014). O zonă de frânare prea subțire poate conduce la o cădere necontrolată a arborelui, în timp ce o zonă de frânare prea groasă conduce la creșterea timpului de lucru necesar pentru doborârea arborelui, la o oboseală suplimentară a muncitorului cauzate de baterea penelor, la un consum mai mare de carburant rezultat din tăieri suplimentare ale zonei de frânare. De asemenea, un prag prea mic poate conduce la pierderea controlului asupra direcției de cădere, în timp ce un prag prea mare crește timpul de lucru necesar pentru doborârea arborelui. Astfel, se remarcă importanța instruirii temeinice a fasonatorului mecanic, încât acesta din urmă să fie familiarizat cu tehnicile de tăiere care asigură productivitatea și siguranța maximă.

Există și alți factori care nu sunt amintiți în literatura de specialitate și care țin de condițiile de lucru din parchet, de caracteristicile arborilor și arboretelor. Acești factori pot influența timpii de lucru corespunzători fazelor de la doborâre și prin aceștia *Teff*. *Tplm* este influențat, de exemplu, de prezența obstacolelor în jurul arborelui (puieți, lăstari, cioate, bolovani etc.) precum și de prezența crăcilor la baza arborilor. *Tcc* este influențat de mărimea cioatei (sd $0,47 < R^2 < 0,50$). Dar, ținând sama că această fază se execută de către ajutor, cu toporul, forma cioatei, prezența lăbărțărilor și priceperea acestuia pot determina mărirea lui *Tcc*.

În structura timpului de lucru o pondere foarte mare o reprezintă întreruperile încadrate în elementele de timp *ST* (5,3%), *NT* (35,1% în S1; 35,4% în S2) și *NW* (11,4% în S1; 16,2% în S2). Întreținerea și alimentarea ferăstrăului mecanic are rolul de a asigura funcționarea

ferăstrăului la parametri optimi, prin urmare întreruperile încadrate în elementul de timp *ST* sunt greu de diminuat. De asemenea, cele incluse în elementul de timp *NW*, cauzate de deplasarea în parchet, la locul de muncă, la începutul programului și de aici înapoi la sfârșitul programului. Întreruperile incluse în elementul de timp *NT* pot fi reduse printr-o mai bună organizare și planificare a lucrărilor.

4.2. Curățirea de crăci și secționarea arborilor în parchet

4.2.1. Introducere

Managementul activității de exploatare are obiective multiple prin care trebuie să se asigure valorificarea masei lemnoase în condiții economice rentabile, cu respectarea cerințelor impuse de gospodărirea durabilă a resurselor forestiere și de țelul de gospodărire stabilit pentru fiecare arboret. În acest context fasonarea lemnului joacă un rol important pentru că prin acest proces se asigură: condițiile de valorificare superioară a masei lemnoase (Conway 1982; Murphy *et al.* 2007; Akay *et al.* 2010); eficiența economică și ecologică a activității de exploatare (Ciubotaru 1998; Nakahata *et al.* 2014); valorificarea integrală a volumului comercial al arborilor marcați.

Fasonarea arborilor este un proces tehnologic prin care arborele doborât este transformat, prin operațiile de curățire de crăci, secționare, cojire, despicare sau tocarea, în sortimente de lemn brut. Operațiile de fasonare necesare se stabilesc în funcție de caracteristicile sortimentelor ce vor fi realizate. Procesul de fasonare poate fi caracterizat după: locul de desfășurare - la cioată sau în platforma parchetului; nivelul de realizare - parțial sau definitiv; obiectivele prioritare urmărite - valorificarea calității lemnului sau respectarea cerințelor impuse de beneficiarii sortimentelor de lemn brut. În general, în condițiile de lucru din România, în prezent, fasonarea se realizează, parțial la cioată, cu ferăstrăul mecanic și definitiv în platforma parchetului. Pentru aceasta în parchet, după doborâre, se realizează în totalitate operația de curățire de crăci și parțial operația de secționare. Cele două operații au unele caracteristici distincte dintre care cele mai importante sunt: curățirea de crăci este o operație cu un grad ridicat de risc (Ciubotaru 1998) și cu o pondere mare în structura consumului de timp la recoltare (Woycik și Petrov 2013); secționarea este considerată, sub aspectul valorificării calității masei lemnoase, respectiv a

lungimii pieselor rezultate, cea mai importantă operație din cadrul recoltării (Acuna și Murphy 2005; Ciubotaru și Maria 2012b).

Prin fasonarea parțială la cioată a arborilor doborâți se urmărește crearea condițiilor optime pentru deplasarea pieselor rezultate la colectare (Mousavi *et al.* 2011), astfel încât să corespundă posibilităților de deplasare a mijloacelor folosite, să asigure condițiile de livrare a sortimentelor de lemn brut, respectiv a lungimii acestora și respectarea exigențelor ecologice (Conway 1982; Waddell 1988; Ciubotaru 1998).

Consumul de timp și structura acestuia la curățirea de crăci și secționare sunt influențate de factori cuantificabili: condițiile de lucru (condițiile de teren, caracteristicile arboretului, caracteristicile arborilor marcați, sezonul etc.), caracteristicile tehnice ale mijloacelor de lucru folosite, nivelul de calificare și experiența fasonatorilor, procedeele de lucru (Nurminen *et al.* 2006; Magagnoli *et al.* 2012), precum și de factori a căror variabilitate nu poate fi cuantificată: motivația muncitorilor, nivelul de salarizare, nivelul de planificare și organizare a lucrărilor (Olsen *et al.* 1998). Acțiunea simultană a acestor factori precum și influența diferită pe care o are fiecare factor de la un loc de muncă la altul fac ca în domeniul forestier să se constate diferențe mari de productivitate în condiții de lucru aparent asemănătoare, fapt pentru care în cercetările efectuate privind consumul de timp și structura acestuia la fasonare trebuie să se ia în considerare doar factorii de influență relevanți (Lindroos 2010).

Cercetările referitoare la consumul de timp la operațiile de fasonare au urmărit stabilirea unor corelații între mărimea și structura acestui parametru și o gamă largă de factori de influență: diametrul de bază al arborilor fasonați și tratamentul aplicat (Lortz *et al.* 1997); volumul arborelui mediu și lungimea pieselor rezultate prin secționare (Gaffariyan și Sobhani 2007; Szyber și Wojcik 2007); suma diametrelor secționate la un arbore și caracteristicile tehnice ale mijloacelor folosite (Wojcik 2007); experiența fasonatorului mecanic (Wojcik și Petrow 2013).

Productivitatea muncii este influențată de aceiași factori ca și consumul de timp (Akay *et al.* 2010; Lortz *et al.* 1997; Nurminen *et al.* 2006). Creșterea eficienței activității de fasonare a arborilor în parchet poate fi realizată și prin cunoașterea structurii și consumului de timp pentru fiecare operație și fază, precum și a productivității muncii corespunzătoare acestora. Structura timpului de lucru și productivitatea muncii constituie elemente de bază în programarea și planificarea activităților, în dimensionarea formației de lucru, estimarea costurilor și a consumurilor de carburanți și lubrifianți, precum și pentru evidențierea necesității diversificării și

perfecționării tehnicilor și a mijloacelor de lucru (Pfeiffer 1967; Kuhlant *et al.* 2013; Borz și Popa 2014).

Cercetarea făcută de autori a urmărit evidențierea mărimii și structurii timpului de lucru precum și a productivității muncii la fasonarea arborilor de rășinoase, respectiv pentru operațiile de curățire integrală de crăci și secționare parțială cu ferăstrăul mecanic în parchete amplasate în zona de munte a României.

4.2.2. Material și metoda de cercetare

Cercetările s-au desfășurat în parchetul 2 luat în considerare la doborâra arborilor. Localizarea parchetului și caracteristicile arborilor marcați sunt menționate în figura 12, respectiv tabelul 9.

Metoda de exploatare aplicată, în parchetul analizat a fost cea a multiplilor de sortimente, metodă care presupune fasonarea lemnului la cioată prin curățire integrală de crăci și secționare parțială. În cadrul acestei metode secționarea se realizează la lungimi corespunzătoare lungimii unui sortiment sau lungimilor a două sau trei sortimente, în concordanță cu cerințele impuse de condițiile și restricțiile de la colectare (Ciubotaru 1998). Alegerea locului de secționare are o importanță deosebită în asigurarea condițiilor optime de valorificare a masei lemnoase exploatare. În acest sens la secționarea la cioată s-au avut în vedere atât cerințele secționării conform calității lemnului, cât și cele ale secționării conform cerințelor beneficiarului (Nybakk *et al.* 2008).

În măsurătorile efectuate s-a folosit aceeași echipă de muncitori ca și la doborârea arborilor, formată din fasonator mecanic și ajutor. Fasonatorul mecanic este responsabil cu curățirea de crăci și secționarea. La curățirea de crăci, taie crăcile și vârful și întreține ferăstrăul mecanic. La secționare, execută tăieturile de secționare și întreține ferăstrău mecanic. Ajutorul este responsabil la curățirea de crăci cu îndepărtarea crăcilor tăiate și voltarea lemnului în vederea tăierii crăcior de sub trunchi. La secționare, măsoară și înseamnă locurile de secționare, asigură stabilitatea arborelui și a pieselor de lemn rezultate pe pante mari, bate penele, în cazul lemnului tensionat, și ajută la scoaterea lamei ferăstrăului mecanic prins în tăietură. Fasonatorul a lucrat cu același ferăstrău (Husqvarna 365) la toate operațiile de fasonare executate în parchet. Modalitatea de alegere a echipei de lucru este prezentată la doborârea arborilor.

În cercetările efectuate consumul de timp de lucru și structura acestuia a fost analizată la nivel de schimb de lucru, operații și faze. Pentru analiza structurii timpului total de lucru, s-a adoptat clasificarea propusă de Björheden și Thompson (2000). În acest sens au fost mășurați: i) timpii consumați la locul de muncă, respectiv timpii pentru activitățile efective de lucru și cei pentru activitățile neproductive; ii) timpii consumați pentru activități desfășurate în afara locului de muncă. Și în acest caz, faza de lucru a fost considerată acea acțiune unitară din cadrul unei operații, strict necesară tehnologic, obligatorie pentru desfășurarea normală a procesului de producție. La acestea s-au adăugat și o serie de activități care nu sunt absolut necesare tehnologic, acceptarea lor fiind justificată pentru asigurarea condițiilor impuse de normele de protecție a muncii, de specificul activităților din domeniul forestier, precum și de cerințe ergonomice și fiziologice.

Folosindu-se o singură echipă de muncitori și de cercetare s-a putut evidenția mai bine variația structurii timpului de lucru în funcție de parametrii dendrometrici ai masei lemnoase fasonate. Au fost considerate, în acest fel, constante: condițiile fizico-geografice, condițiile silvotehnice, echipa de fasonatori, echipamentul de lucru, echipa de cercetare. Structura detaliată a timpului de lucru pe operații, faze și activitățile asociate acestora este dată în tabelul 20.

Având în vedere importanța definirii clare a conținutului fiecărei operații și a începutului și sfârșitului fiecărei faze (Pfeiffer 1967), în cercetarea de față fazele tehnologice ale fasonării lemnului în parchet au fost delimitate astfel: (1) tăierea și îndepărtarea crăcilor și a vârfului (*tcv*): începe când fasonatorul taie crăcile arborelui doborât și se termină atunci când toate crăcile sunt tăiate și vârful arborelui este îndepărtat; (2) măsurarea lungimii pieselor și secționarea trunchiului (*s*): începe când ajutorul măsoară trunchiul începând de la bază și înseamnă locurile de secționare corespunzător lungimii sortimentelor sau multiplilor de sortimente și se termină când fasonatorul a tăiat ultima secțiune și se pregătește pentru deplasarea la următorul arbore de doborât.

Timpul consumat pentru fiecare operație, fază și activitate s-a măsurat în secunde, prin metoda cronometrării continue (BIPM 2006). Durata unui schimb de lucru s-a măsurat cu ajutorul unui ceas de mână. Schimbul de lucru s-a considerat din momentul plecării echipei din platforma parchetului și până la revenirea în același loc. Diametrele secționate au fost măsurate cu clupa forestieră, cu precizia de 1 cm, lungimea trunchiului arborilor și lungimea buștenilor rezultați prin secționare s-au măsurat cu ruleta, cu precizia de 10 cm (Guvernul României 2000).

Echipa de cercetare din teren a fost alcătuită din doi membri: unul pentru măsurarea timpului de lucru și celălalt pentru măsurarea diametrelor și lungimii pieselor rezultate. Toate măsurătorile au fost făcute de către aceeași echipă de cercetători, cunoscută fiind influența nivelului de calificare și a experienței cercetătorului asupra preciziei datelor colectate (Nuuntinen *et al.* 2008).

Tabelul 20. Structura timpului de lucru la curățirea de crăci și secționare

Structura timpului de lucru*				Operații	Faze	Activități		
TT	NW			Curățirea de crăci Secționarea	-	Deplasarea la și de la locul de muncă, la începutul și sfârșitul programului.		
	WP	NT		Curățirea de crăci Secționarea	-	Masă, odihnă, necesități, organizare.		
		PW	MW	Curățirea de crăci Secționarea	<i>tcv</i> <i>s</i>	Tăierea crăcilor și a vârfului. Secționarea catargului în parchet.		
			CW	Curățirea de crăci Secționarea	<i>tcv</i> <i>s</i>	Îndepărtarea crăcilor și a vârfului. Măsurarea lungimii pieselor și stabilirea locului de secționare în parchet.		
		WT	PT		Curățirea de crăci Secționarea	<i>tcv</i> <i>s</i>	Analiza stabilității arborilor. Analiza piesei și stabilirea lungimii pieselor rezultate.	
			SW	ST	MT	Curățirea de crăci Secționarea	-	Ascuțirea și întinderea lanțului. Schimbarea lanțului și întoarcerea lamei. Curățirea filtrului de aer.
					RF	Curățirea de crăci Secționarea	-	Alimentarea ferăstrăului cu carburant și ulei pentru ungerea lanțului.
			AW	Curățirea de crăci Secționarea	<i>tcv</i> <i>s</i>	Asigurarea stabilității trunchiului. Baterea penelor la secționarea lemnului tensionat		

* Semnificația elementelor de timp din structura timpului de lucru este aceeași ca la doborârea arborilor (fig. 38)

Numărul de măsurători necesare s-a stabilit cu relația propusă de Kanawaty (1992) (vezi doborârea arborilor). Situația concretă, respectiv numărul de măsurători necesare și cele efectiv realizate este prezentată în tabelul 21.

Tabelul 21. Numărul minim de măsurători

Operația	Locul de desfășurare	Mărimea lotului de probă	Valorile parametrilor (%)		Numărul de măsurători	
			p	q	calculat	efectuat
Curățire de crăci și secționare	Parchet	48	36	64	89	148

Stabilirea structurii consumului de timp, respectiv a ponderii fiecărei faze și activități la operațiile analizate și corelarea consumului de timp cu caracteristicile arborilor marcați a impus,

pentru condițiile de lucru în care s-au făcut cercetările, un număr minim de 89 de arbori în parchet (tabelul 3). Numărul mare de măsurători efectuate (148) s-a adoptat din necesitatea de a se asigura distribuția normală a arborilor pe categorii de diametre și de a respecta condiția ca pentru fiecare categorie de diametre să fie măsuțați cel puțin 5 arbori (Rumșiski 1974). Pentru a nu denatura condițiile normale de lucru nu s-a făcut o selecție a arborilor și pieselor analizate. Ordinea de lucru a fost stabilită de către echipa de fasonatori, fiind înregistrați toți arborii și piesele fasonate într-un schimb.

Pe baza timpilor de lucru consumați pentru realizarea fiecărei faze de lucru, a fost stabilită structura timpului de lucru corespunzătoare fiecărei operații. S-au determinat ponderile timpilor de lucru consumați pentru curățirea de crăci și pentru secționarea arborilor în parchet în cadrul elementelor de timp analizate.

Productivitatea muncii a fost calculată, pe baza consumului de timp, în variantele: (i) *pentru fasonarea la cioată* – productivitatea operațională (PM), exprimată în $m^3 \cdot h^{-1}$ și $arbori \cdot h^{-1}$, calculată pe baza timpului de lucru principal (MW); performanța (Pm) exprimată $m^3 \cdot h^{-1}$ și $arbori \cdot h^{-1}$ calculată pe baza timpului total de lucru (TT); (ii) *pentru secționarea la cioată* – productivitatea ferăstrăului mecanic (Pf) calculată ca raport între suprafața secționată și timpul efectiv de secționare (Ts) exprimată în $cm^2 \cdot s^{-1}$. S-au determinat principalii indicatori statistici (media, eroarea standard, mediana, abaterea standard, coeficientul de variație) ai variației productivității și performanței muncii precum și a variabilelor studiate.

Verificarea normalității distribuțiilor experimentale s-a făcut cu testul Kolmogorov – Smirnov la probabilitatea de transgresiune de 5%. În toate situațiile analizate distribuțiile au fost de tip distribuție normală. Relațiile dintre timpul de lucru, productivitate și variabilele independente au fost studiate folosind ANOVA, regresia liniară și multiplă. Semnificația regresilor a fost testată cu testul Fisher – F iar semnificația coeficienților variabilelor independente cu testul t - Student.

4.2.3. Rezultate și discuții

Fasonarea reprezintă transformarea arborilor doborâți în piese de lemn cu forme, dimensiuni și calitate corespunzătoare condițiilor impuse de beneficiar. Fasonarea se realizează în parchet (cuprinde operațiile de curățire de crăci și secționare) și se continuă în platforma

parchetului cu operații de sortare, secționare, cojire, despicare etc. (Ciubotaru 1998). Ea reprezintă un pas important în transformarea arborelui pe picior în sortimente definitive și joacă un rol fundamental în determinarea rentabilității firmelor de (Waddell 1988).

Curățirea de crăci și secționarea arborilor ca faze ale fasonării lemnului în parchet au fost puțin studiate. În unele situații aceste faze au fost considerate etape ale doborârii. Lortz *et al.* (1997), Wang *et al.* (2004) includ în operația de doborâte și curățirea de crăci. Curățirea de crăci și secționarea arborilor în parchet sunt mai mari consumatoare de timp decât doborârea. În parchetul luat în studiu un metru cub de lemn este doborât în 316,5 s, în timp ce pentru curățirea de crăci și secționarea unui metru cub de lemn sunt necesare 536,32 s (Câmpu și Ciubotaru 2017). Wang *et al.* (2004) artă că ponderea curățirii de crăci și secționării este de 43,98% din operația de doborâre ($2,01 \text{ min} \cdot \text{arbore}^{-1}$ din $4,57 \text{ min} \cdot \text{arbore}^{-1}$). Liepiņš *et al.* (2015) împarte recoltarea în doborâre căreia îi revine cca 50% din timpul consumat și fasonare căreia îi revine tot 50%. Atunci când curățirea de crăci și îndepărtarea vârfului este inclusă în operația de doborâre (Lorz *et al.* 1997), timpul consumat reprezintă mai mult de jumătate din timpul total necesar pentru doborârea unui arbore. Curățirea de crăci și secționarea se face după metode și tehnici de lucru specifice, timp în care fasonatorul și ajutorul sunt expuși altor factori de risc. Toate acestea, justifică necesitatea și importanța studierii curățirii de crăci și secționării lemnului în parchet ca fază independentă de operația de doborâre.

În total au fost curățați de crăci și secționați 148 de arbori într-un timp total (TT) de 2824,96 minute. În tabelul 22 este prezentată structura timpului de lucru, luată în considerare în cercetarea de față, pentru curățirea de crăci și secționarea arborilor în parchetul studiat.

Tabelul 22. Structura timpului de lucru pentru curățirea de crăci și secționarea arborilor

Nr. arbori	Volume m ³	WP						NW		TT	
		PW		SW		NT		s·m ⁻³	%	s·m ⁻³	%
148	316,038	311,77	58,13	165,94	30,94	26,97	5,03	31,64	5,90	536,32	100
		s·arbore ⁻¹		s·arbore ⁻¹		s·arbore ⁻¹		s·arbore ⁻¹			
		665,76		354,34		57,59		67,57		1145,26	

Notă: WP - timpul de lucru în parchet; PW - timp de lucru productiv; SW – timp de lucru pentru activități suport; NT – timp nelucrat; NW – timp pentru deplasarea în parchet; TT – timp total de lucru.

Cunoașterea structurii timpului de lucru este deosebit de importantă pentru că prin elementele de timp conținute arată distribuția timpului de lucru pe activități. În felul acesta se

poate intervenii pentru optimizarea activităților în vederea reducerii consumului de timp. Structura timpului de lucru arată că 58,13% reprezintă timpul productiv PW (timpul efectiv de lucru MW reprezintă 18,94%), 30,94% reprezintă timpul pentru pregătire PT (include întreruperile ST care reprezintă 2,84%), 5,03% timpul nelucrat și 5,90% timpul necesar deplasării în parchet. O parte importantă în structura timpului de lucru este reprezentată de întreruperi (13,77%) care fac parte din elementele de timp ST (2,84%), NT (5,03%) și NW (5,9%). Întreținerea și alimentarea ferraștrăului mecanic cu combustibil asigură funcționarea acestuia la parametrii optimi și, prin urmare, întreruperile care fac parte din elementul de timp ST sunt dificil de redus. Același lucru este valabil și pentru întreruperile incluse în elementul de timp NW , cauzate de deplasarea în și din parchet la începutul, respectiv sfârșitul programului de lucru. Întreruperile incluse în elementul de timp NT ar putea fi reduse printr-o mai bună organizare și planificare a operațiunilor. Structura detaliată a timpului de lucru la curățirea de crăci și secționarea în parchet este prezentată în figura 17.

Timpul consumat pentru fasonarea unui arbore a fost de 1145,26 s, iar pentru fasonarea unui metru cub de lemn de 536,32 s. Literatura de specialitate menționează modelele matematice folosite pentru estimarea timpului consumat și factorii care influențează consumul de timp. Astfel, Lortz *et al.* (1997) a determinat, în arborete de pin, timpul consumat cu curățirea de crăci în funcție de mărimea coroanei exprimată cu ajutorul lui dbh , folosind un model exponențial. Timpul consumat crește și în această situație cu dbh de la 1 minut pe arbore la diametrul de 16 cm, la 5 minute pe arbore la diametrul de 56 cm. Sztyber și Wójcik (2007) au arătat, la pin, că timpul consumat cu secționarea arborilor depinde mai mult de lungimea sortimentelor de lemn decât de dbh . Astfel, timpul consumat la secționare este invers proporțional cu lungimea sortimentelor de lemn.

Elementul de timp MW este format din timpul efectiv de lucru corespunzător curățirii de crăci ($T_{tcv}(MW)$) la care se adaugă timpul efectiv de lucru corespunzător secționării lemnului ($T_s(MW)$) conform relației:

$$MW = T_{tcv}(MW) + T_s(MW),$$

Rezultatele obținute arată că din totalul MW , $T_{tcv}(MW)$ reprezintă 96,18% iar $T_s(MW)$ reprezintă 3,82%. Asemenea relații de calcul pot fi scrise și pentru elementele de timp CW , PT și

AW. Ponderea de participare a operațiilor de curățire de crăci și secționare în elemntele de timp luate în considerare este prezentată în figura 18.

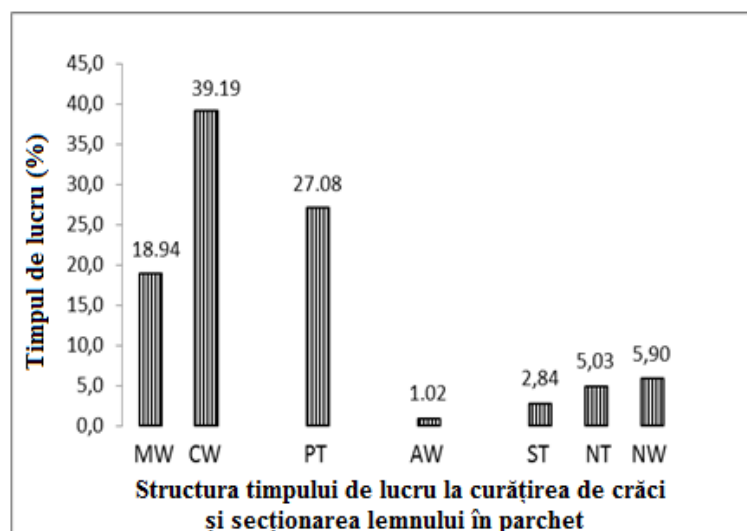


Fig. 17. Structura timpului de lucru la curățirea de crăci și secționarea lemnului în parchet

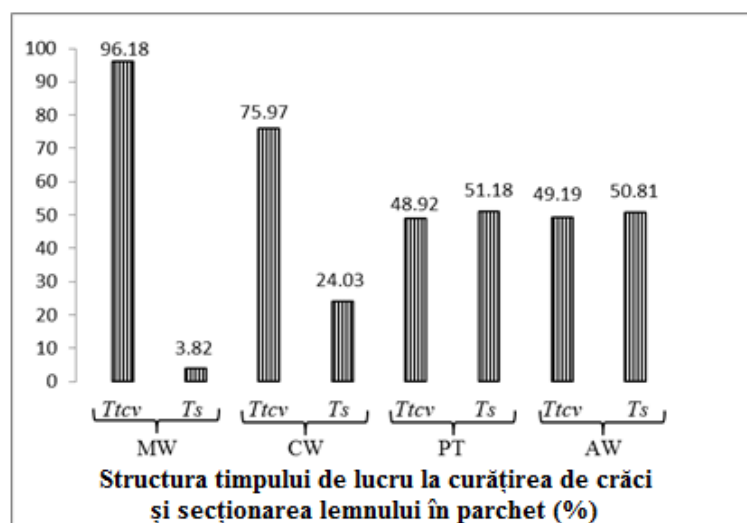
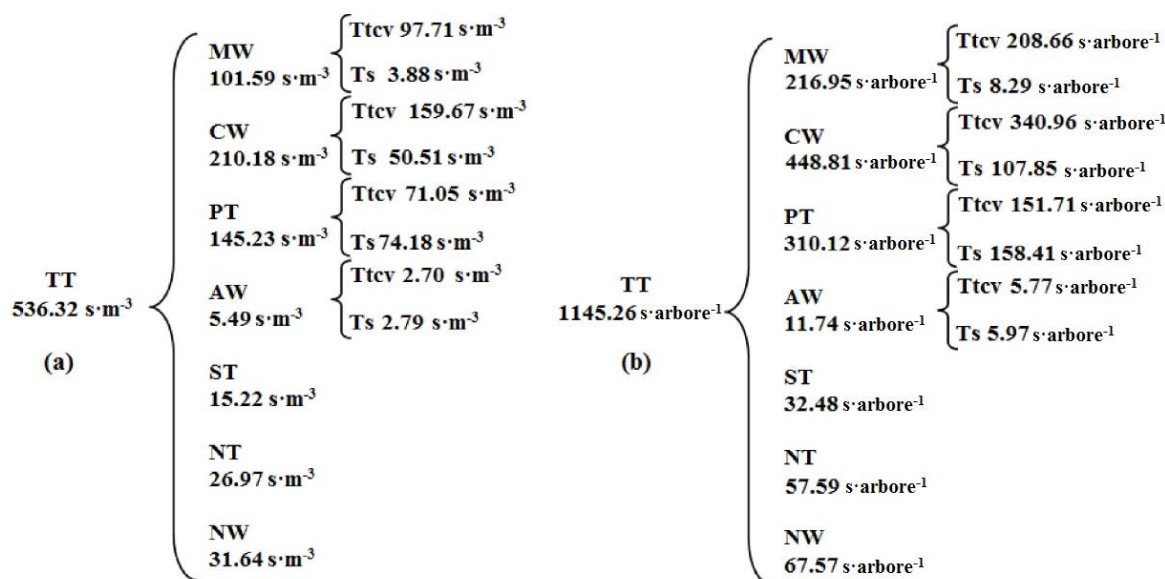


Fig. 18. Structura elementelor de timp pe operații în parchetul studiat

Astfel, pentru un metru cub de lemn curățat de crăci și secționat s-a consumat un timp total (TT) de 536,32 s. Acest timp include toate elementele de timp luate în considerare conform figurii 19.

Fig. 19. Structura timpului total (TT) de lucru

Se observă că $Ttcv$ (timpul de lucru consumat la curățirea de crăci) și respectiv Ts (timpul de lucru consumat la secționarea arborilor în parchet) are câte o componentă în elementele de timp MW , CW , PT , și AW , care reprezintă timpul consumat pentru realizarea activităților corespunzătoare elementelor de timp menționate în tabelul 52. Pentru elementele de timp ST , NT și NW , componentele timpilor $Ttcv$ și Ts nu pot fi determinate. Activitățile corespunzătoare acestor elemente de timp nu vizează direct curățirea de crăci și secționarea ci, mai degrabă asigurarea unor condiții optime de lucru pentru muncitori, impuse de desfășurarea normală a procesului de producție și funcționarea la parametrii optimi ai ferăstrăului mecanic. Prin urmare, așa cum reiese și din figura 44, timpul consumat pentru curățirea de crăci ($Ttcv$) și secționare în parchet (Ts), precum și timpul total de lucru (TT) pot fi calculați cu relațiile:

$$Ttcv [s \cdot m^{-3}] = Ttcv(MW) + Ttcv(CW) + Ttcv(PT) + Ttcv(AW)$$

$$Ts [s \cdot m^{-3}] = Ts(MW) + Ts(CW) + Ts(PT) + Ts(AW)$$

$$TT [s \cdot m^{-3}] = Ttcv + Ts + ST + NT + NW$$

Și în cazul fasonării arborilor în parchet, principala caracteristică care influențează

consumul de timp este mărimea arborelui. Timpul consumat crește în funcție de mărimea trunchiului (Nurminen *et al.* 2006) exprimată de regulă prin intermediul lui *dbh*. În cercetările întreprinse în lucrarea de față, pentru identificarea caracteristicilor arborilor care influențează timpul de lucru consumat, s-a folosit regresia liniară simplă și multiplă. În figura 20 sunt prezentate variațiile lui *Ttcv* și *Ts* exprimate în $s \cdot \text{arbore}^{-1}$ și $s \cdot m^{-3}$ în funcție de clasele de diametre ale arborilor fasonați. Atunci când timpii *Ttcv* și *Ts* sunt exprimați în $s \cdot \text{arbore}^{-1}$, intensitatea corelației dintre *dbh* și timpii *Ttcv* și *Ts* este foarte puternică (în ambele situații avem $r > 0,9$). Deci, pe măsură ce crește diametrul arborilor, timpul consumat pentru curățirea de crăci și secționarea unui arbore crește. Atunci când *Ttcv* și *Ts* sunt exprimați în $s \cdot m^{-3}$, intensitatea corelației dintre *dbh* și *Ttcv* este moderată ($r = 0,54$) iar între *dbh* și *Ts* puternică ($r = 0,79$). Se observă astfel, că pe măsură ce crește diametrul arborilor timpul consumat pentru curățirea de crăci și secționarea unui metru cub de lemn scade.

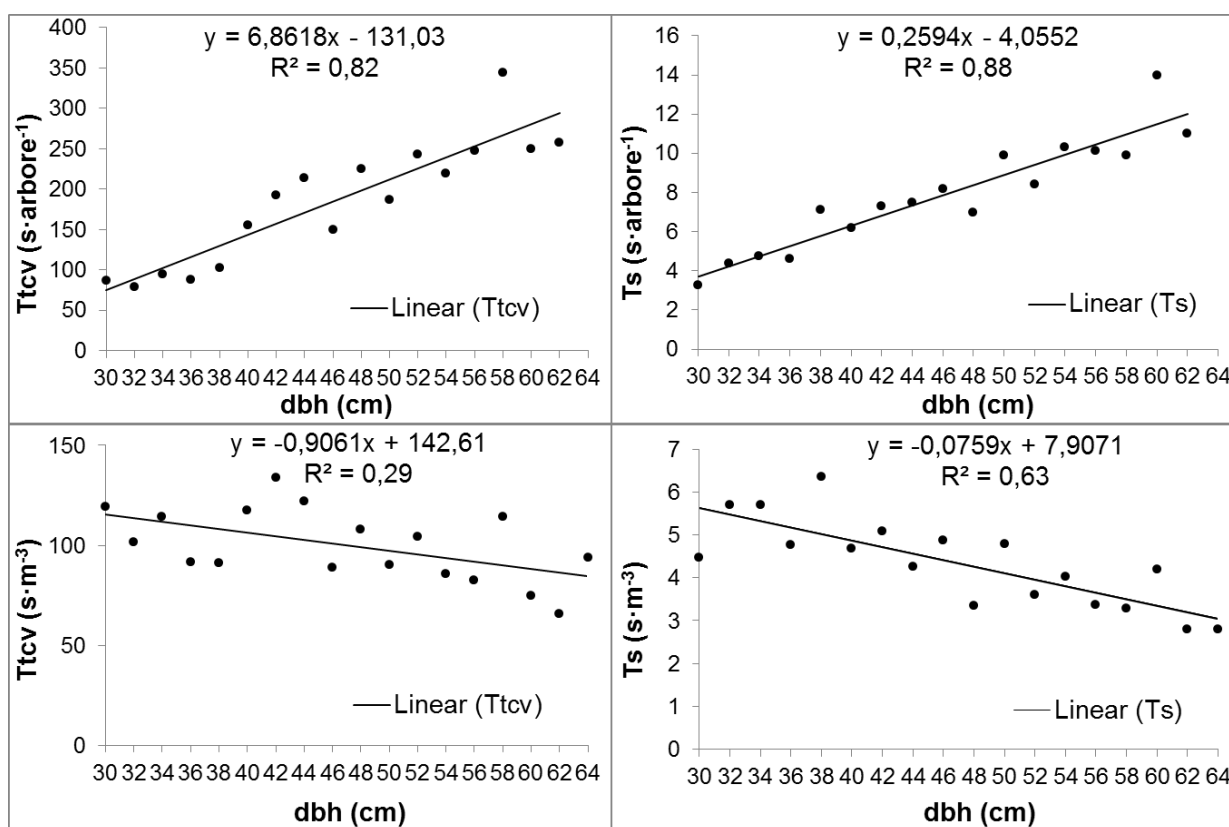


Fig. 20. Variația timpilor de lucru *Ttcv* și *Ts* în funcție de *dbh* în suprafața cercetată

În tabelele 23 și 24 sunt redată regresii liniare care arată intensitatea legăturii dintre timpii T_{tcv} , T_s și variabilele independente dbh , l și V . Intensitatea corelației dintre T_{tcv} și variabila independentă dbh este puternică ($r = 0,65$). Intensitatea corelației dintre T_s și variabila independentă dbh este, de asemenea puternică ($r = 0,67$). În toate situațiile analizate, dbh influențează foarte semnificativ ($p < 0,001$) T_{tcv} și T_s . Variabila independentă lungimea catargului (l) influențează foarte semnificativ T_{tcv} , intensitatea legăturii fiind moderată ($r = 0,59$) (tabelul 23). În cazul lui T_s , acesta este influențat foarte semnificativ de l , intensitatea legăturii fiind slabă ($r = 0,37$) (tabelul 24). Având în vedere că variabilele dbh și l influențează foarte semnificativ T_{tcv} și T_s , și că aceleași variabile sunt folosite la determinarea volumului arborelui (V), a rezultat că V poate fi folosit într-un model liniar pentru estimarea lui T_{tcv} și T_s (tabelele 23 și 24). V influențează foarte semnificativ T_{tcv} și semnificativ T_s , în aceste situații intensitatea legăturii fiind puternică ($r = 0,66$) și respectiv moderată ($r = 0,57$).

Pentru a observa influența conjugată a variabilelor dbh și l asupra lui T_{tcv} și T_s , acestea au fost introduse într-o regresie liniară multiplă (tabelele 23 și 24). A rezultat că variabila dbh influențează foarte semnificativ T_{tcv} și T_s în ambele situații intensitatea corelației fiind puternică ($R = 0,67$ respectiv $R = 0,70$). Variabila l influențează semnificativ ($0,01 < p < 0,05$) T_{tcv} și foarte semnificativ ($p < 0,001$) T_s .

Tabelul 23. Analiza regresiei liniare simple a timpului de lucru consumat la curățirea de crăci (T_{tcv}) în funcție de dbh , l și V

ANOVA				Semnificația coeficientului variabilei independente				
R^2	Eroarea standard	Grade de libertate	F	Variabila	Coeficient	Eroarea standard	t Statistic	P - value
<i>Analiza regresiei liniare simple a lui T_{tcv} în funcție de dbh</i>								
0,43	87,941	k = 1 n - k - 1 = 146	108,615***	Constantă	-184,758	38,435	-4,807	< 0,001***
				dbh	8,206	0,787	10,422	< 0,001***
<i>Analiza regresiei liniare simple a lui T_{tcv} în funcție de l</i>								
0,35	93,812	k = 1 n - k - 1 = 146	77,739***	Constantă	-215,672	48,741	-4,425	-
				l	17,626	1,999	8,817	< 0,001***
<i>Analiza regresiei liniare simple a lui T_{tcv} în funcție de V</i>								
0,44	87,271	k = 1 n - k - 1 = 146	112,536***	Constantă	45,342	16,985	2,669	< 0,01**
				V	76,483	7,210	10,608	< 0,001***
<i>Analiza regresiei liniare multiple a lui T_{tcv} în funcție de dbh și l</i>								
0,45	86,746	k = 2 n - k - 1 = 145	58,337***	Constantă	-240,609	45,337	-5,307	< 0,001***
				dbh	6,128	1,208	5,075	< 0,001***
				l	6,457	2,874	2,247	< 0,05*

Notă: Nivelul de semnificație, *** P -value < 0,001; ** $0,001 < P$ -value < 0,01; * $0,01 < P$ -value < 0,05; T_{tcv} – timpul consumat pentru curățirea de crăci; l – lungimea trunchiului; V – volumul arborilor.

Tabelul 24. Analiza regresiei liniare simple a timpului de lucru consumat la secționarea lemnului (T_s) în funcție de dbh , l și V

ANOVA				Semnificația coeficientului variabilei independente				
R^2	Eroarea standard	Grade de libertate	F	Variabila	Coeficient	Eroarea standard	t Statistic	P - value
<i>Analiza regresiei liniare simple a lui T_s în funcție de dbh</i>								
0,44	2,403	k = 1 n - k - 1 = 146	117,859***	Constantă	-2,916	1,050	-2,766	< 0,01**
				dbh	0,234	0,022	10,856	< 0,001***
<i>Analiza regresiei liniare simple a lui T_s în funcție de l</i>								
0,14	2,994	k = 1 n - k - 1 = 146	24,043***	Constantă	0,753	1,555	0,484	-
				l	0,313	0,064	4,903	< 0,001***
<i>Analiza regresiei liniare simple a lui T_s în funcție de V</i>								
0,33	2,650	k = 1 n - k - 1 = 146	71,011***	Constantă	4,344	0,516	8,423	< 0,001***
				V	1,845	0,219	8,427	< 0,001***
<i>Analiza regresiei liniare multiple a lui T_s în funcție de dbh și l</i>								
0,49	2,313	k = 2 n - k - 1 = 145	69,998***	Constantă	-0,555	1,209	-0,459	-
				dbh	0,321	0,032	9,985	< 0,001***
				l	-0,273	0,077	-3,563	< 0,001***

Notă: Nivelul de semnificație, *** P -value < 0,001; ** $0,001 < P$ -value < 0,01; * $0,01 < P$ -value < 0,05; T_s – timpul consumat pentru secționarea lemnului în parchet; dbh – diametrul de bază al arborilor; l – lungimea trunchiului; V – volumul arborilor.

Analiza corelației existente între T_{tcv} , T_s și variabila independentă V se justifică prin aceea că, de cele mai multe ori în proiectarea și organizarea lucrărilor de exploatare, volumul arborelui joacă un rol foarte important, majoritatea normelor de timp existente fiind exprimate în funcție de acesta.

Prin prisma rezultatelor obținute se poate afirma că într-adevăr caracteristicile arborilor dbh , l și V pot fi folosite în modele liniare pentru estimarea timpilor T_{tcv} și T_s . Variația timpilor T_{tcv} și T_s nu este însă influențată numai de variabilele menționate ci și de alți factori a căror influență cu greu poate fi cuantificată prin intermediul regresiei liniare. Acești factori au fost menționați la doborârea arborilor și se concretizează în: panta terenului, înclinarea terenului în jurul cioatei și a arborelui doborât, prezența sau absența obstacolelor în jurul arborelui (bolovani, semințiș, trunchiuri căzute, crăci rupte care atârână în coroana arborilor etc.), grosimea stratului de zăpadă, temperatura scăzută etc.

Performanța muncii (P_m) la fasonarea lemnului la cioată a fost de $6,716 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ($3,14 \text{ arbori} \cdot \text{h}^{-1}$). Variația performanței pe clase de diametre (Fig. 21) a fost stabilită ținând cont de ponderea elementelor de timp din structura timpului de lucru, așa cum a fost prezentată în figura 18. Se observă o corelație de intensitate puternică ($r = 0,60$) și foarte puternică ($r = 0,90$) între P_m și dbh . În acest caz, dbh influențează distinct semnificativ P_m exprimată în $\text{arbori} \cdot \text{h}^{-1}$ ($p <$

0,001) și foarte semnificativ atunci când P_m este exprimată în $m^3 \cdot h^{-1}$ ($0,001 < p < 0,01$).

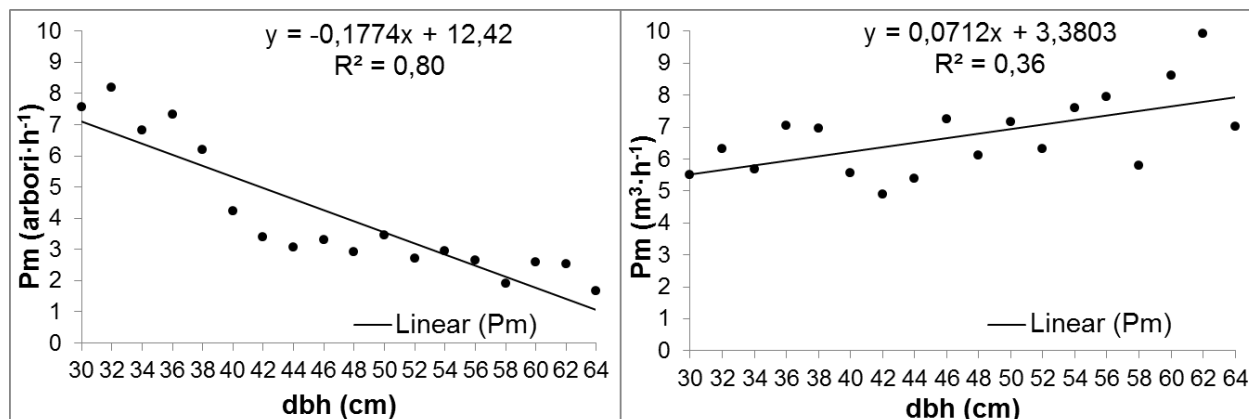


Fig. 21. Variația lui P_m în funcție de dbh

Productivitatea muncii la fasonarea arborilor în parchet (PM) corespunzătoare productivității operaționale a fost de $35.459 m^3 \cdot h^{-1}$ ($16.58 \text{ arbori} \cdot h^{-1}$). PM calculată pe baza timpului efectiv de lucru (elementul de timp MW) reprezintă un estimator important a lui P_m , cunoscând că MW reprezintă 18,94% din TT . În tabelul 25, sunt prezentați principalii indicatori statistici a lui P_m și PM .

Tabelul 25. Indicatorii statistici ai variației productivității operaționale și ai performanței muncii la fasonarea arborilor în parchet

Indicatori statistici	Media	Mediana	Eroarea standard	Abaterea standard	Coefficientul de variație (%)
Indicatorii statistici ai lui (P_m)					
P_m [arbori·h ⁻¹]	3,14	3,06	0,50	2,11	51,78
P_m [m ³ ·h ⁻¹]	6,716	6,650	0,30	1,27	18,86
Indicatorii statistici ai lui (P_M)					
P_M [arbori·h ⁻¹]	16,58	16,16	2,64	11,14	51,78
P_M [m ³ ·h ⁻¹]	35,459	35,111	1,58	6,71	18,86

Notă: P_m – performanța muncii la fasonarea arborilor în parchet; P_M – productivitatea muncii la fasonarea arborilor în parchet.

Productivitatea ferăstrăului mecanic (P_f), la secționare, a fost de $82.29 cm^2 \cdot s^{-1}$. În tabelul 26 este prezentată P_f la secționarea în parchet, alături de principalii indicatori statistici ai variației timpului de secționare și a diametrului secțiunii.

Tabelul 26. Indicatorii statistici ai variației performanței ferăstrăului mecanic la secționarea lemnului în parchet

Indicatori statistici	Media	Mediana	Eroarea standard	Abaterea standard	Coefficientul de variație (%)
Indicatorii statistici ai productivității ferăstrăului mecanic (Pf)					
Pf [$\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]	82,29	82,18	2,16	26,29	31,95
Indicatorii statistici ai lui Tc și dc					
Ts [s]	8,28	8,00	0,26	3,22	38,87
dc [cm]	28,43	28,00	0,56	6,78	23,87

Notă: Pf – productivitatea ferăstrăului mecanic; Tc – timpul de secționare; dc – diametrul secțiunii.

Între Pf și dc există o corelație directă foarte puternică ($r = 0,87$), diametrul secțiunii influențând foarte semnificativ variația lui Pc (tabelul 27).

Tabelul 27. Analiza regresiei liniare simple a productivității ferăstrăului mecanic (Pf) în funcție de diametrul secțiunii (dc)

ANOVA				Semnificația coeficientului variabilei independente				
R^2	Eroarea standard	Grade de libertate	F	Variabila	Coeficient	Eroarea standard	t Statistic	P - value
<i>Analiza regresiei liniare simple a lui Pf în funcție de dc</i>								
0,76	9,462	k = 1 n - k - 1 = 16	50,150***	Constantă	8,216	10,345	0,794	-
				dc	1,522	0,215	7,082	< 0,001***

Notă: Nivelul de semnificație, *** P -value < 0,001; ** 0,001 < P -value < 0,01; * 0,01 < P -value < 0,05; Pf – productivitatea ferăstrăului mecanic; dc – diametrul secțiunii.

Rezultatele obținute arată că Pf este determinată în proporție de 76% ($R^2 = 0,76$) de diametrul secțiunii. Cercetări anterioare au arătat că Pf variază și în funcție de parametrii constructivi ai ferăstrăului mecanic și anume: de tipul de carburator, de turația motorului, de tipul de lama deghidare, de pasul lanțului tăietor, de unghiul de ascuțire și de diametrul pieselor de lemn (Ciubotaru *et al.* 1993). Un loc important ocupă asigurarea parametrilor de funcționare optimi ai ferăstrăului mecanic și corectitudinea ascuțirii lanțului tăietor (Dumbravă și Ciubotaru 1991). Procedeele de lucru cu ferăstrăul mecanic, alese în funcție de diametrul secțiunii și de lungimea utilă a lamei pot de asemenea să influențeze Pf . Priceperea și abilitățile fasonatorului mecanic reprezintă un alt factor de influență. Condițiile de lucru din parchet reprezentate de panta terenului, starea de tensiune a lemnului reprezintă de asemenea factori care influențează Pf .

4.3. Concluzii

Recoltarea arborilor prin operațiile de doborâre, curățire de crăci și secționare reprezintă o activitate care se desfășoară în condiții specifice de lucru corespunzătoare parchetelor de exploatare, într-un interval de timp limitat, bine precizat, folosind mijloace și metode specifice care expun muncitorii riscului de accidentare.

Structura operațiilor de doborâre, curățire de crăci și secționare adoptată în lucrare permite etichetarea etapelor acestor operații în conformitate cu specificațiile făcute de Kanaway (1992), Björheden și Thompson (2000) și Groover (2007) și în același timp respectă prevederile standardelor internaționale de siguranță în lucrul cu ferăstrăul mecanic, la care adaugă unele particularități impuse de reglementările existente la nivel național (de ex: cojirea cioatei). Astfel, a fost stabilită ponderea fiecărei etape în structura operațiilor amintite și au fost identificați factorii care influențează timpul de lucru al fiecărei etape, împreună cu modul în care aceștia acționează. Analiza detaliată a structurii timpului de lucru la doborârea și fasonarea arborilor cu ferăstrăul mecanic, în condiții de muncă specifice, are un rol important în găsirea factorilor limitativi ai acestei activități și, prin aceasta, în luarea unor măsuri tehnice și tehnologice care să conducă la un nivel ridicat al productivității.

Metodologia de cercetare folosită bazată pe folosirea unei singure echipe de lucru (considerată reprezentativă cu o experiență mai mare de 10 ani) alături de structura operațiilor de doborâre, curățire de crăci și secționare și de structura de timp adoptată reprezintă o abordare nouă și permite identificarea elementelor de timp și a factorilor care cauzează variația acestora.

Rezultatele obținute și comparațiile cu alte studii similare justifică necesitatea studierii fasonării lemnului în parchet (prin curățire de crăci și secționare) ca operații distincte de doborârea arborilor.

Mărimea arborilor este una din principalele caracteristici care influențează timpul consumat și prin acesta productivitatea muncii atât la doborârea arborilor cât și la fasonarea acestora în parchet. Astfel, diametrul de bază și diametrul cioatei în cazul doborârii și diametrul de bază, lungimea trunchiului, volumul arborelui și diametrul secțiunii în cazul fasonării lemnului în parchet, pot fi folosiți ca variabile independente în modele matematice (cel mai frecvent liniare, simple sau multiple) pentru estimarea timpului de lucru. Dezvoltarea de modele matematice pentru determinarea productivității muncii la doborârea și fasonarea arborilor în

parchet cu ferăstrăul mecanic poate ajuta firmele de exploatare și administratorii de păduri la stabilirea resursei umane și a echipamentelor ce trebuie utilizate, la planificarea și organizarea activităților astfel încât exploatarea unui parchet să se încadreze în termenele prevăzute în autorizația de exploatare.

5. Măsurarea lemnului stivuit

5.1. Introducere

În prezent, unitatea de măsură folosită în gestiunea materialului lemnos destinat industriei de celuloză, precum și a lemnului de foc, fasonat sub forma lemnului de steri sau la lungimi de doi și trei metri, este metrul cub. În practică apare nevoia trecerii de la volumul real de lemn, exprimat în metri cubi, la volumul spațiat, așezat în stive și exprimat în metri steri. Mai mult, recepția acestor categorii de material lemnos la unii beneficiari se face prin cântărire, masa lemnoasă exprimându-se în t/m^3 sau kg/m^3 , de asemenea pentru evaluarea costurilor și consumurilor de combustibili, la colectare și transport importantă devine unitatea de masă (Kruch 1994). Din cauza unităților de măsură diferite și a transformărilor efectuate apar diferențe între cantitatea de masă lemnoasă expedită și cantitatea de masă lemnoasă recepționată. Această trecere din metri cubi în metri steri și invers, se face prin intermediul a doi factori de transformare care se determină experimental numiți factor de cubaj și factor de așezare. Cercetările efectuate de Decei și Anca (1968) au condus la determinarea factorilor de cubaj pentru sortimentele de lemn (lemn de foc așezat în steri, lobde pentru distilare uscată, lemn de stejar pentru extracte tanante, lemn de fag pentru celuloză, lemn de foioase pentru plăci din așchii, lemn pentru plăci din fibre etc.) fasonate la lungimi de un metru, valorile determinate fiind folosite și astăzi în practica silvică. În ultima vreme se constată o creștere a cererii de sortimente de lemn cu lungimi reduse (2...3 metri) (Borz *et al.* 2011) destinate industriei celulozei și consumului ca lemn de foc, se pune problema determinării pentru aceste sortimente a factorului de cubaj și implicit a factorului de așezare. De asemenea, este necesar să se stabilească factorii de conversie pentru transformările ce se fac între masă și volum. Mărimea fizică care

permite acest lucru este masa volumică aparentă¹, reprezentată de raportul dintre masa și volumul lemnului determinate în aceleași condiții de umiditate. Datorită celor două elemente anatomice, lemnul și coaja, există trei mase volumice diferite și anume: a lemnului cu coajă, a lemnului fără coajă și a cojii (Kruch 1994). În lucrarea de față prin masa volumică aparentă se va înțelege masa volumică aparentă a lemnului cu coajă întrucât sortimentele de lemn luate în studiu se comercializează cu coajă.

Cunoștințele actuale cu privire la măsurarea lemnului stivuit menționează ca soluții pentru determinarea volumului real de lemn din stivă: (i) factorul de cubaj și (ii) masa volumică aparentă a lemnului.

5.1.1. Determinarea factorului de cubaj

Factorul de cubaj este definit ca fiind valoarea subunitară care reprezintă volumul efectiv ocupat de lemn dintr-un volum aparent de un metru cub (Ciubotaru 1998). Această valoare rezultă ca urmare a raportului dintre volumul efectiv ocupat de lemn din stivă și volumul aparent al stivei. Așadar, folosirea acestei mărimi se impune în practica silvică atunci când apare nevoia trecerii de la volumul aparent, al lemnului așezat în stive și exprimat în metri steri, la volumul real de lemn din stivă, exprimat în metri cubi. Inversul factorului de cubaj se numește factor de așezare.

Problema determinării factorului de cubaj a preocupat pe cercetători din întreaga lume, diferitele concepte, principii și metode fiind redată în continuare. Astfel, în Canada și USA se pornește de la ideea că un volum aparent de 1 metru cub cuprinde circa 66% lemn, 12% coajă și 22% aer, pentru sortimentele de lemn cu coajă aplicându-se un factor de cubaj de 0,66 iar pentru cele cojite de 0,78 (Fonseca 2005). Lungimea sortimentelor de lemn așezate în stive nu depășește, de regulă, 2,6 m (** 2012), 2,8 m (** 2007a; ** 2011) sau 3,14 m (** 2007b), cele mai frecvente fiind de 1,22 m, 2,44 m și 2,50 m, pentru lungimi mai mari recomandându-se alte metode de măsurare a lemnului. În Europa, de regulă, sortimentele de lemn pentru care s-au determinat factorii de cubaj au lungimi de 1 m (Giurgiu *et al.* 1972; Pardé și Bouchon 1988; Giurgiu *et al.* 2004, Ljubojević *et al.* 2011), 1,1 m și 1,2 m (Panagiotidis 1981; Damalas și

¹ În lucrarea de față este folosit termenul *masă volumică* în loc de *densitate*, conform *Sistemului internațional de unități de măsură* (BIPM, 2006).

Panagiotidis 1981; Damalas 1982). În general, în cazul lemnului rotund, mărimea factorului de cubaj variază între 0,60 și 0,70, ocazional între 0,50 și 0,80 (Fonseca 2005; *** 2010) depinzând de grosimea lemnului, prezența cojii și de grosimea acesteia, de rectitudinea și conicitatea pieselor de lemn, de prezența cioturilor, de prezența lăbărțărilor și a lemnului nesănătos (Fonseca 2005). De asemenea, în ghidul suedez de măsurare a lemnului de celuloză stivuit (Swedish National Board of Forestry stacked measure guidelines for pulp logs) (VMF Nord 1999; Fonseca 2005; *** 2010), pentru determinarea factorului de cubaj se consideră o valoare de referință de 0,60 la care se adaugă sau se scad valori corespunzătoare următoarelor criterii: diametrul mediu al buștenilor fără coajă (-0,04...+0,09); calitatea stivuirii (0...-0,07); prezența nodurilor, cioturilor și a lăbărțărilor (0...-0,07); curbura (0...-0,12); volumul cojii (-0,02...+0,07).

În ceea ce privește metodele folosite pentru determinarea factorului de cubaj, în literatura de specialitate sunt menționate *metode aproximative* când măsurătorile se fac pe fața (metoda diagonalelor, metoda rețelei, metoda fotografică, metoda Bitterlich), *metode exacte* în care volumul real de lemn din stivă se determină prin metoda xilometrică, hidrostatică și gravimetrică având la bază principii din fizică (Pardé și Bouchon 1988; Leahu 1994; Husch *et al.* 2003), *metode digitale* (metoda suprafețelor, aplicații IT) și *instalații pentru măsurarea lemnului* (Logmeter 4000).

5.1.2. Determinarea masei volumice și a umidității lemnului

Lemnul este un material higroscopic, umiditatea lui fiind condiționată în orice moment de umiditatea și temperatura mediului înconjurător, orice schimbare a acestor două elemente atrage după sine și o schimbare a umidității lemnului (Vintilă 1942). Umiditatea reprezintă o caracteristică a lemnului deosebit de importantă, cu influențe semnificative asupra proprietăților fizico-mecanice ale lemnului (Beldeanu 2001). În contextul prezentei lucrări prezintă importanță întrucât este unul din factorii determinanți ai masei volumice aparente a lemnului, folosită la măsurarea și în gestiunea volumelor de masă lemnoasă. Toate tabelele dendrometrice ce fac referire la masa volumică aparentă a lemnului, la greutatea lemnului sau la factori de conversie pentru transformarea tonelor în metri cubi au ca principal factor determinant umiditatea lemnului. La orice schimbare a umidității lemnului situată sub punctul de saturație a fibrei cu apă, urmează și o schimbare a dimensiunilor lui, se produce contragerea sau umflarea lemnului,

respectiv schimbarea masei volumice aparente a lemnului. Peste punctul de saturație al fibrei, dimensiunile și volumul lemnului rămân constante, influența asupra masei volumice aparente datorându-se gradului de umplere cu apă liberă a spațiilor intercelulare și a golurilor celulare (Beldeanu 2001). Punctul de saturație al fibrei prezintă o deosebită importanță și în alegerea metodei de determinare a umidității lemnului, cunoscându-se faptul că umidometrele electrice au o precizie corespunzătoare la valori ale umidității lemnului situate sub punctul de saturației al fibrei (Beldeanu 2001).

Determinarea volumului de lemn dintr-o stivă prin intermediul masei volumice aparente a lemnului se bazează pe relația existentă între masa volumică, masa și volumul lemnului determinate în aceleași condiții de temperatură și umiditate:

$$\rho = \frac{m}{v};$$

unde:

ρ – reprezintă masa volumică aparentă a lemnului;

m – masa lemnului;

v – volumul lemnului.

Masa lemnului se determină destul de ușor prin cântărire, însă volumul lemnului se determină cu o oarecare dificultate, pentru aceasta fiind elaborate și descrise mai multe metode în literatura de specialitate (Beldeanu 2001). Astfel, volumul lemnului poate fi determinat *prin metoda stereometrică, metoda hidrostatică, metoda xilometrică, metoda volumetrului cu mercur* etc. De asemenea, s-au elaborat metode foarte performante pentru determinarea densității lemnului printre care *metoda saturației și metoda densiometrică*, cea din urmă bazată pe folosirea razelor X. În ceea ce privește posibilitățile de determinare a umidității lemnului sunt amintite următoarele metode indirecte (Beldeanu 2001):

- *metoda electrică*, recomandată pentru umidități absolute cuprinse între 0...25%;

- *metoda higrometrică*, recomandată pentru umidități cuprinse între 3...25%;

- *metoda indicatorilor chimici*, pentru umidități situate între 6...23%.

Dintre metodele directe de determinare a umidității lemnului fac parte:

- metoda prin uscarea probelor, care presupune uscarea probelor în etuvă la o temperatură de $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ până când masa acestora rămâne constantă;
- metoda prin extracția apei, recomandată lemnului cu conținut ridicat de substanțe volatile;
- metoda titrării, pentru determinarea umidității lemnului sub formă de particule și a lemnului cu conținut ridicat de substanțe volatile.

5.2. Material și metoda de cercetare

Cercetările s-au desfășurat pe raza administrativă a 6 direcții silvice și 13 ocoale silvice conform tabelului 28, în platforma parchetelor aflate în exploatare, în cursul anilor 2011 și 2012. La O.S. Măneciu cercetările s-au desfășurat în cuprinsul depozitului de bușteni de pe Valea Orăștii.

Tabelul 28. Locul de desfășurare al cercetărilor

Specia	Direcția Silvică	Ocolul Silvic	Unitatea de Producție	Partida
Anul 2011				
Molid	Sibiu	Miercurea Sibiului	U.P. V Pode	148
	Brașov	Teliu	U.P. I Buzăiel	671
	Prahova	Măneciu	U.P. II Orăștii	Valea Orăștii
	Argeș	Vidraru	U.P. VI Tulburea	436
Carpen	Sibiu	Mediaș	U.P. I Șeica Mică	504
			U.P. IV Bazna	610
	Vâlcea	Dumbrăveni	U.P. IV Valchid	613
		Râmnicu Vâlcea	U.P. II Goranu	841
Anul 2012				
Fag	Sibiu	Avrig	U.P. II Porumbacu	576
			U.P. IV Sebeș	542
	Prahova	Câmpina	U.P. III Florei	985
			U.P. V Orjogoia	1004
	Dâmbovița	Moreni	U.P. V Ruda	526
Argeș	Curtea de Argeș	U.P. I Tutana	145	
Cvercinee (GO, ST)	Sibiu (GO)	Sibiu	U.P. I Sibiu	1001
			U.P. II. Hârțibaciu	830
	Prahova (ST)	Ploiești	U.P. III Varnița	281
	Dâmbovița(GO)	Moreni	U.P. V Ruda	526
Argeș(GO)	Curtea de Argeș	U.P. I Tutana	208	

Punctele de lucru au fost amplasate în partea centrală și de sud a țării (Fig. 22), condiția de bază fiind ca arboretul să fie natural și să aibă ca specie principală speciile studiate. Materialul lemnos supus măsurătorilor a rezultat ca urmare a aplicării răriturilor și tratamentelor silviculturale prevăzute în planul decenal al amenajamentelor silvice.

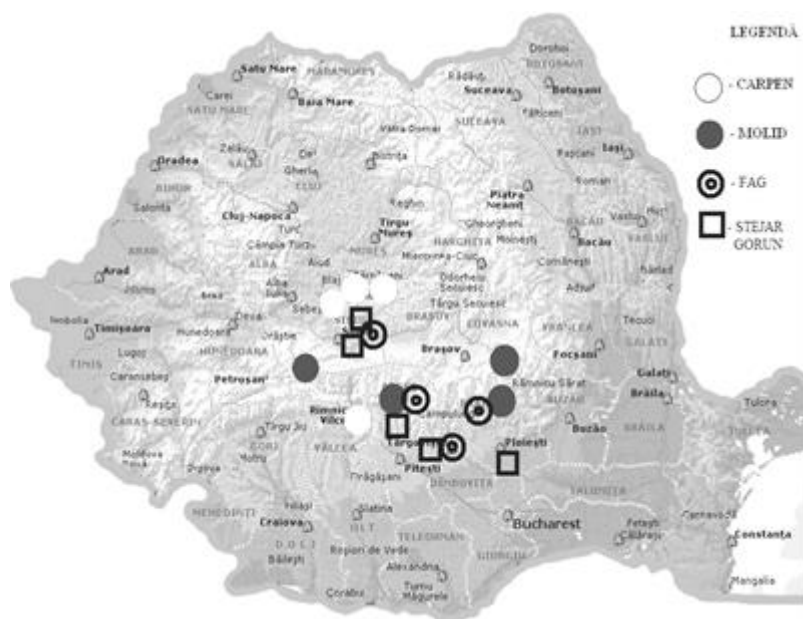


Fig. 22. Localizarea punctelor de lucru pentru speciile studiate

5.2.1. Metodologia de cercetare cu privire la determinarea factorilor de cubaj și de așezare a lemnului

Pentru determinarea factorului de cubaj s-au folosit trei metode. Prima metodă luată în considerare a fost metoda xilometrică (X), rezultatele obținute constituind valori de referință în compararea și validarea rezultatelor obținute prin celelalte două metode. A doua metodă o reprezintă metoda diagonalelor (D), în timp ce a treia metodă este o metodă nouă, propusă de autor și intitulată metoda suprafețelor (S).

Metoda xilometrică (X)

Această metodă presupune parcurgerea câtorva etape. În primul rând buștenii cu lungimea de 2 și 3 metri sunt aranjați în figuri care corespund sortimentelor luate în studiu. Acestea sunt lemn de celuloză cu lungimea de 2 și 3 metri și diametre cuprinse între 10...30 cm și lemn de foc cu lungimea de 2 și 3 metri și diametre cuprinse între 5...15 cm. Figurile de lemn rezultate au lungimea de 1 m, lățimea de 2 sau 3 m corespunzătoare lungimii pieselor de lemn și înălțimea medie de 1 m.

Factorul de cubaj (f_c) și cel de așezare (f_a) s-au determinat pentru fiecare figură în parte cu relațiile:

$$f_c = \frac{V_r}{V_a}; \quad f_a = \frac{V_a}{V_r}$$

în care:

V_a - reprezintă volumul spațiat sau aparent al figurii, exprimat în metri steri și rezultă prin înmulțirea celor trei dimensiuni *lățime x înălțime x lungime*;

V_r - volumul real de material lemnos din figură, exprimat în metri cubi, determinat prin xilometrarea pieselor de lemn.

Modul în care s-a determinat volumul aparent al figurii și volumul real de lemn din aceasta, prin xilometrare, este prezentat schematic în figura 23.

Pentru a putea fi xilometrate, piesele de lemn cu lungimi de doi și trei metri, au fost secționare la lungimi de 1 m. Volumul piesei inițiale a rezultat din însumarea volumelor pieselor cu lungimi de un metru, obținute prin xilometrare, la care s-a adăugat volumul de lemn pierdut prin secționare.

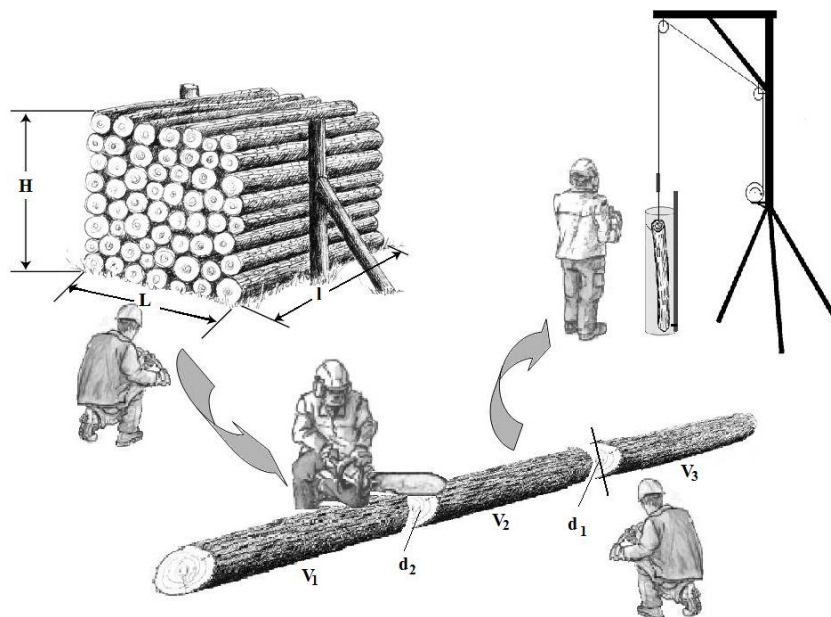


Fig. 23. Determinarea volumului aparent al figurii și a volumului real de lemn

Acest volum a fost calculat cu relațiile:

- pentru lemnul cu lungimi de 3 metri:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \frac{0,008 \cdot \pi}{4} (d_1^2 + d_2^2) (\text{m}^3);$$

- pentru lemnul cu lungimi de 2 metri:

$$V = V_1 + V_2 + \frac{0,008 \cdot \pi \cdot d^2}{4} \text{ (m}^3\text{)};$$

unde:

V - este volumul piesei de lemn cu lungimea de 2 sau 3 m, exprimat în m^3 ;

V_1, V_2, V_3 - reprezintă volumele pieselor cu lungimi de 1m, exprimate în m^3 ;

d, d_1, d_2 - reprezintă diametrele secțiunilor create, exprimate în metri;

0,008 - lățimea tăieturii, exprimată în metri.

Pentru ca metoda xilometrică să poată fi aplicată a fost necesară construirea unui xilometru. Cilindrul xilometrului a fost construit dintr-un tub de PVC cu diametrul interior de 38,18 cm și lungimea de 1,20 m, prevăzut la partea inferioară cu un capac cu garnitură de cauciuc pentru a împiedica scurgerea apei. De asemenea, la partea inferioară are un orificiu prin care comunică cu un tub incolor, transparent, din plexiglas cu diametrul de 1 cm. Lângă tub a fost lipită o riglă gradată în milimetri, astfel că fiecărui milimetru pe rigla gradată îi corespunde un volum de apă din cilindru de $144,943 \text{ cm}^3$ (Fig. 24). Volumul unei piese de lemn rezultă prin diferența dintre valoarea finală corespunzătoare nivelului apei când piesa de lemn este complet scufundată și valoarea inițială corespunzătoare nivelului apei înainte ca piesa să fie introdusă în cilindru.



Fig. 24. Xilometrul folosit la determinarea volumului pieselor de lemn

Metoda diagonalelor (D)

În practica silvică este necesar să existe o metodă expeditivă pentru determinarea factorului de cubaj, fiecare stivă de material lemnos fiind caracterizată printr-un factor de cubaj propriu. În cazul lemnului de steri, metoda consacrată la noi în țară este metoda diagonalelor, astfel că, cercetările au urmărit aplicarea acestei metode și în cazul lemnului fasonat la lungimi de doi și trei metri. Unde au existat posibilități de stivuire mecanizată a materialului lemnos, s-au realizat stive cu lungimi de 4 m, făcând astfel posibilă determinarea factorului de cubaj de verificare conform STAS 2340 – 80, tot prin metoda diagonalelor (Fig. 25).



Fig. 25. Determinarea factorului de cubaj de verificare

Metoda suprafețelor (S)

Principiul care stă la baza metodei suprafețelor constă în determinarea factorului de cubaj ca raport între suprafața ocupată de capetele pieselor de lemn și suprafața unei figuri geometrice cunoscute, care include capetele pieselor de lemn și spațiile libere, ocupate de aer, dintre acestea. Acest principiu stă și la baza metodei cadranelor folosită în Irlanda (***) (1999). Astfel, metoda suprafețelor constă în fotografierea figurilor de lemn la unul sau la ambele capete, fotografia trebuie să fie clară, să permită identificarea conturului capetelor pieselor de lemn din figură. Ulterior, fotografia se încarcă într-un program de calculator (AUTOCAD sau altul similar). Cu ajutorul acestui program se trasează pe capătul figurii un pătrat cu latura de cel puțin

1 m, fiecare capăt al pieselor de lemn incluse în pătrat se vectorizează, determinându-i-se suprafața (Fig. 26).

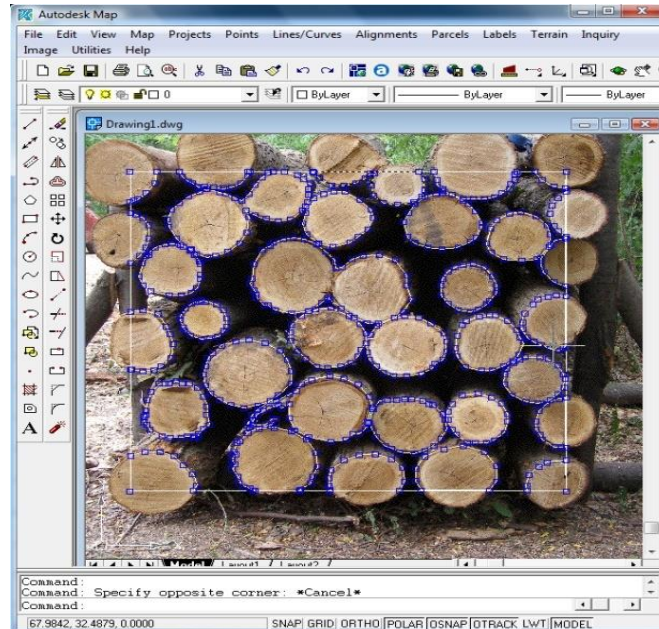


Fig. 26. Determinarea factorului de cubaj prin metoda suprafețelor

În acest caz factorul de cubaj rezultă prin raportarea sumei suprafețelor capetelor pieselor de lemn la suprafața pătratului, cu relația:

$$f_c = \frac{\sum S_i}{S_p},$$

în care:

$\sum S_i$ - este suma suprafețelor capetelor pieselor de lemn;

S_p - reprezintă suprafața pătratului.

Analiza statistică

Analiza statistică a rezultatelor obținute presupune într-o primă fază determinarea valorilor medii pentru factorul de cubaj, a numărului de piese de lemn din figură și a diametrului pieselor de lemn pentru fiecare sortiment de lemn luat în studiu. Pentru a identifica eventualele diferențe dintre factorii de cubaj obținuți prin cele trei metode s-a trecut la compararea valorilor factorilor de cubaj obținuți prin metoda *D* și metoda *S* având ca valori de referință pe cele

obținute prin metoda X utilizând testul t și Wilcoxon Signed Rank, întrucât, din cauza șirului destul de redus de valori nu s-a putut verifica normalitatea distribuției. De asemenea, s-au determinat coeficienții de variație a factorului de cubaj obținuți prin cele trei metode, pentru fiecare sortiment de lemn studiat. Deoarece metoda S este o metodă nouă, netestată, s-a încercat stabilirea unor relații între timpul consumat pentru determinarea factorului de cubaj și numărul de piese de lemn din figură. Astfel au fost luate în calcul două variante: (i) când se vectorizează suprafețele capetelor pieselor de lemn și (ii) când se vectorizează golurile dintre piesele de lemn. În final s-a încercat să se surprindă relația existentă între factorul de cubaj, numărul de piese de lemn și diametrul acestora folosindu-se regresia liniară multiplă. Semnificația regresiei a fost testată cu testul Fisher (F) iar semnificația coeficienților variabilelor independente cu testul t Student la probabilitatea de transgresiune de 5%, 1% și 0,1%. Intensitatea corelației a fost estimată în funcție de valoarea coeficientului de corelație (0,0-0,10, lipsa unei corelații; 0,10-0,25, corelație de intensitate foarte slabă; 0,25-0,40, corelație de intensitate slabă; 0,40-0,50, corelație de intensitate medie; 0,50-0,75, corelație de intensitate puternică; 0,75-0,90, corelație de intensitate foarte puternică; 0,90-1,0, corelație absolută).

5.2.2. Metodologia de cercetare pentru determinarea masei volumice aparente a lemnului

Pentru determinarea masei volumice aparente la diferite valori ale umidității lemnului este necesar să se cunoască masa volumică uscată a lemnului. Astfel, în toate punctele de lucru, din fiecare categorie de material lemnos (celuloză și foc) s-au constituit piese de probă care au folosit mai departe la determinarea masei volumice uscate a lemnului. Numărul pieselor de probă s-a determinat statistic cu formula:

$$n = \frac{u^2 \cdot s_{\%}^2 \cdot N}{N \cdot \Delta_{\%}^2 + u^2 \cdot s_{\%}^2};$$

în care:

n – numărul de piese de probă;

$u = 1,96$ – abaterea normată a distribuției normale, corespunzătoare probabilității de transgresiune $\alpha = 5\%$;

$s_{\%} = 10\%$ - coeficientul de variație al densității specifice (Giurgiu 1972);

$\Delta_{\%} = \pm 15\%$ - eroarea limită adoptată;

N - numărul total de piese de lemn (365 pentru molid, 416 pentru carpen, 539 pentru fag și 615 pentru cvercinee);

Cunoscând parametrii care intervin în stabilirea numărului de piese de probă, prin aplicarea formulei s-a ajuns la un număr de două piese pentru fiecare specie. Pentru că $n < 30$, rezultatul obținut se consideră ca valoare provizorie n' , n fiind recalculat, cu aceeași formulă în care u se înlocuiește cu t (distribuția t Student) (Giurgiu 1972). Valoarea lui t se determină în funcție de numărul gradelor de libertate $f = n' - 1$ și de α . La 1 grad de libertate și $\alpha = 5\%$ rezultă $t = 12,706$.

Aplicând din nou formula s-a obținut un număr de piese de probă de 60 pentru molid, 61 pentru carpen, 63 pentru fag și 64 pentru cvercinee. Împărțind aceste valori la categoriile de material lemnos studiate (6 la molid, 4 pentru celuloză și 2 pentru foc; 7 la carpen, 4 pentru celuloză și 3 pentru foc; 8 la fag, 4 de celuloză și 4 de foc; 8 la gorun și stejar, 4 de celuloză și 4 de foc), s-a ajuns în medie, în cazul molidului, la 10 piese de probă pe categorie de material lemnos (celuloză și foc), în cazul carpenului la 9 piese de probă, în cazul fagului la 8 piese de probă și în cazul cvercineelor la 8 piese de probă. În final s-a adoptat un număr de piese de probă între 10 și 15 pentru fiecare categorie de material lemnos, la toate speciile studiate.

Din fiecare piesă de probă s-a extras câte o rondea, aceasta fiind cântărită la locul de recoltare cu ajutorul unei balanțe electrice de teren a cărei precizie este de 1 gram (Fig. 27).



Fig. 27. Cântărirea rondelor preluate din piesele de probă

La laborator rondelele au fost uscate în etuvă, la o temperatură de $103 \pm 2^\circ\text{C}$ (Vintilă 1943; Ghelmeziu 1944; Leahu 1994; Dumitrașcu și Bădescu 2009) până când masa acestora a rămas constantă, aceasta reprezentând masa lemnului în satare absolut uscată sau masa lemnului în stare anhidră (Fig. 28).



Fig. 28. Uscarea rondelilor în etuvă

Astfel determinată masa uscată a pieselor de probă, a putut fi calculată umiditatea lemnului cu relațiile:

- umiditatea absolută - $u = \frac{m_u - m_o}{m_o} \cdot 100$;

- umiditatea relativă - $x = \frac{m_u - m_o}{m_u} \cdot 100$;

în care:

- m_u reprezintă masa rondelii în stare verde;
- m_o reprezintă masa rondelii în stare absolut uscată.

În continuare a fost determinat volumul rondelilor în stare uscată, grosimea acestora a fost măsurată cu șublerul electronic, grosimea adoptată fiind media a patru determinări. Pentru determinarea suprafeței rondelilor, acestea au fost fotografiate, suprafața fiind determinată cu

ajutorul programului Autodesk Civil Services 3, prin vectorizarea rondelor pe fotografie (Fig. 29).

Pentru determinarea scării fotografiei, în momentul efectuării acesteia rondoarea a fost așezată pe o coală de hârtie milimetrică. Astfel, a putut fi determinat corespondentul unui cm² de pe hârtia milimetrică pe fotografie și implicit suprafața rondelor.

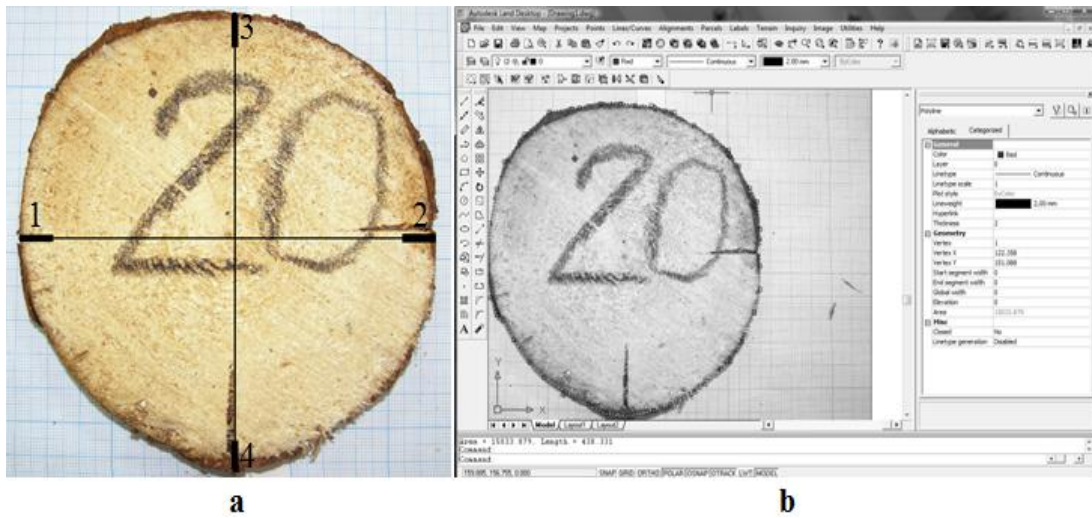


Fig. 29. Determinarea grosimii (a) și suprafeței (b) rondelor

Cunoscând masa (m_o) și volumul rondelor (v_o) în stare anhidră, a putut fi determinată masa volumică uscată (ρ_o) pentru fiecare lot în parte cu relația:

$$\rho_o = \frac{m_o}{v_o};$$

Pe baza masei volumice uscate a lemnului, a putut fi determinată masa volumică aparentă la diferite valori ale umidității lemnului cu relațiile:

$$\rho_u = \frac{\rho_o(100+u)}{100 + K_{\alpha_v} \cdot u}, \text{ pentru } u < 30\%;$$

$$\rho_u = \frac{\rho_o(100+u)}{100 + 30 \cdot K_{\alpha_v}}, \text{ pentru } u \geq 30\%.$$

în care:

ρ_o – reprezintă masa volumică uscată a lemnului;

ρ_u – reprezintă masa volumică aparentă a lemnului, la umiditatea u ;

u – reprezintă umiditatea absolută a lemnului, la care se face determinarea lui ρ_u .

K_{α_v} – reprezintă coeficientul de umflare volumică și are valorile medii: 0,38% pentru molid, 0,63% pentru carpen, 0,58% pentru fag, 0,46% pentru gorun și 0,49% pentru stejar (Beldeanu 2001);

- Valoarea de referință de 30% reprezintă valoarea umidității absolute corespunzătoare punctului de saturație a fibrei.

Masa volumică aparentă astfel determinată trebuie însoțită întotdeauna de indicarea umidității lemnului la care s-a făcut determinarea.

Pe baza masei volumice aparente (ρ_u) astfel determinată, s-a calculat în continuare factorul de conversie (c) corepunzător acesteia cu relația:

$$c = \frac{1000}{\rho_u} .$$

5.2.3. Metodologia de cercetare cu privire la determinarea scăderii în masă a lemnului

În timpul perioadei de depozitare a materialului lemnos, masa acestuia scade datorită uscării lemnului, astfel că, determinările asupra masei și umidității lemnului s-au efectuat lunar, pe o perioadă de trei luni, pe piesele de probă stabilite la determinarea masei volumice a lemnului. Pentru determinarea scăderii în masă a lemnului pe perioada de depozitare de 3 luni, în fiecare punct de lucru s-au constituit loturi de probă care cuprind între 10 și 30 de piese de lemn cu diametrul între 10 și 30 cm și lungimea de 1 m. Trebuie menționat faptul că speciile de stejari sunt tratate împreună deoarece în zonele studiate arealul acestora se suprapune existând forme hibride care fac dificilă determinarea speciei principale după aspectul ritidomului și al lemnului. Piesele de lemn au fost depozitate în platforma parchetelor de exploatare sub influența directă a factorilor climatici. Acestea au fost cântărite cu cântarul electronic Kern (sarcina maxima de 150 Kg) cu tara de 50 de grame (Fig. 30). Ulterior, în fiecare lună, în aceeași zi piesele de lemn au fost recântărite.

În practică apare necesară măsurarea umidității lemnului stivuit. În această situație, trebuie rezolvate următoarele aspecte: (i) alegerea metodei de determinare a umidității (cu umidometrul electric sau prin uscare în etuvă); (ii) mărimea și constituirea eșantionului din piese de probă și (iii) determinarea locului de recoltare a probei.



Fig. 30. Cântărirea pieselor de lemn

Alegerea metodei de măsurare trebuie făcută având în vedere domeniile de aplicabilitate a metodelor menționate și recomandările literaturii de specialitate.

Mărimea eșantionului s-a determinat prin calcul statistic plecând de la formula sondajului simplu. Pentru aceasta a fost necesară determinarea coeficientului de variație a numărului de piese de lemn din stivă. Astfel, au fost analizate câte 8 stive de lemn pentru fiecare specie cu dimensiunile 2 x 1 x 1 m.

Pentru stabilirea locului de recoltare a probei, respectiv a secțiunii lemnului unde umiditatea rămâne constantă și devine reprezentativă pentru întreaga piesă de lemn, s-au ales 3 piese de lemn din cele depozitate în vederea determinării scăderii în masă, cu diametrul egal cu diametrul mediu al pieselor. După cele trei luni de depozitare, la fiecare specie studiată, din cele 3 piese de lemn s-au preluat rondele din 5 în 5 centimetri până la o distanță de 50 de cm față de capete. Acestor rondele li s-a determinat umiditatea absolută prin metoda uscării în etuvă. Toate aceste aspecte conduc la elaborarea unei metodologii pentru măsurarea umidității lemnului.

5.3. Rezultate și discuții

5.3.1. Factorul de cubaj

5.3.1.1. Precizia determinării factorului de cubaj

Pentru fiecare specie, în fiecare punct de lucru, s-au realizat figuri de lemn corespunzătoare sortimentelor de lemn luate în studiu: lemn de celuloză cu lungimea de 2 și 3 metri cu diametrul între 10 și 30 cm și lemn de foc cu lungimea de 2 și 3 metri cu diametrul între 5 și 15 cm. Acestor figuri li s-a determinat volumul aparent și volumul real de lemn. Astfel, au fost măsurate cantitățile de material lemnos prezentate în tabelul 29.

Tabelul 29. Cantitatea de masă lemnoasă măsurată pentru determinarea factorului de cubaj

Ocolul Silvic	Categorია de material lemnos							
	Celuloză 2 metri		Celuloză 3 metri		Foc 2 metri		Foc 3 metri	
	Va (mst)	Vr (m ³)	Va (mst)	Vr (m ³)	Va (mst)	Vr (m ³)	Va (mst)	Vr (m ³)
MOLID								
Miercurea Sibiului	4,200	3,227	3,150	2,158	2,290	1,648	3,783	2,459
Teliu	2,184	1,449	3,523	2,217	-	-	-	-
Măneciu	2,352	1,647	3,245	2,224	2,117	1,482	3,404	2,349
Vidraru	2,161	1,533	3,339	2,375	-	-	-	-
CARPEN								
Mediaș -Șeica Mică-	2,553	1,377	3,830	1,967	-	-	3,465	1,475
Mediaș -Bazna-	2,183	1,229	3,523	1,969	-	-	-	-
Dumbrăveni	-	-	3,762	2,079	2,394	1,169	-	-
Râmnicu Vâlcea	2,390	1,551	3,820	2,235	2,472	1,354	3,499	1,862
FAG								
Avrig	2,204	1,561	3,427	2,100	4,324	1,512	-	-
Câmpina	2,158	1,579	2,204	2,403	3,339	1,438	3,529	1,906
Moreni	2,333	1,593	3,420	2,183	2,202	1,364	3,335	1,799
Curtea de Argeș	2,266	1,592	3,333	2,309	2,178	1,459	3,369	2,136
GORUN ȘI STEJAR								
Sibiu	2,280	1,409	3,433	1,783	2,184	1,175	3,401	1,530
Ploiești	2,184	1,495	3,120	2,144	2,141	1,394	3,366	1,995
Moreni	2,242	1,437	3,244	2,017	2,332	1,332	3,303	2,082
Curtea de Argeș	2,300	1,567	3,562	2,355	2,242	1,459	3,432	1,958

Va – volumul aparent, exprimat în metri steri; Vr – volumul real, determinat prin xilometrare, exprimat în metri cubi.

În tabelele 30, 31, 32 și 33 sunt prezentate valorile factorilor de cubaj și de așezare pentru lemnul de celuloză și foc fasonat la doi și trei metri. De asemenea, sunt prezentate valorile medii

obținute pentru fiecare sortiment, alături de numărul de piese de lemn din figură și de diametrul mediu al pieselor.

Tabelul 30. Factorul de cubaj și de așezare pentru lemnul de celuloză din specii de foioase tari

Ocolul Silvic	Lemn de celuloză 2 m						Lemn de celuloză 3 m					
	D. ¹⁾ mediu (cm)	Nr. piese	f _c ²⁾			f _a ³⁾	D. mediu (cm)	Nr. piese	f _c			f _a
			X	S	D				X	S	D	
CARPEN												
Mediaș - Șeica Mică -	13	45	0,54	0,55	0,63	1,85	16	32	0,51	0,54	0,78	1,96
Mediaș - Bazna -	18	22	0,56	0,55	0,57	1,79	23	15	0,56	0,54	0,74	1,79
Dumbrăveni	-	-	-	-	-	-	21	18	0,55	0,53	0,73	1,82
Râmnicu Vâlcea	19	25	0,65	0,63	0,73	1,54	19	25	0,59	0,57	0,62	1,69
Media	17	31	0,58	0,58	0,64	1,72	20	23	0,55	0,55	0,72	1,82
<i>P - value</i> ⁴⁾	-	-	-	> 0,05	> 0,05	-	-	-	-	> 0,05	> 0,05	-
FAG												
Avrig	22	20	0,71	0,73	0,76	1,41	21	20	0,61	0,59	0,69	1,64
Câmpina	23	19	0,73	0,72	0,83	1,37	23	18	0,72	0,70	0,68	1,39
Moreni	17	32	0,68	0,68	0,70	1,47	18	27	0,64	0,63	0,62	1,56
Curtea de Argeș	19	25	0,70	0,69	0,73	1,43	20	24	0,69	0,66	0,67	1,45
Media	20	24	0,71	0,71	0,76	1,41	21	22	0,67	0,65	0,67	1,49
<i>P - value</i>	-	-	-	> 0,05	> 0,05	-	-	-	-	> 0,05	> 0,05	-
STEJAR ȘI GORUN												
Sibiu	20	20	0,62	0,65	0,69	1,61	18	23	0,52	0,51	0,48	1,92
Ploiești	19	24	0,68	0,69	0,82	1,47	19	25	0,69	0,70	0,80	1,45
Moreni	17	31	0,64	0,64	0,67	1,56	18	29	0,62	0,64	0,69	1,61
Curtea de Argeș	15	40	0,68	0,69	0,65	1,47	17	31	0,62	0,61	0,69	1,61
Media	18	29	0,66	0,67	0,71	1,52	18	27	0,61	0,62	0,67	1,64
<i>P - value</i>	-	-	-	> 0,05	> 0,05	-	-	-	-	> 0,05	> 0,05	-

¹⁾ D. mediu – diametrul mediu; ²⁾ f_c – factorul de cubaj; ³⁾ f_a – factorul de așezare calculat în raport cu factorul de cubaj obținut prin metoda X; ⁴⁾ *P - value* – indică semnificația diferențelor dintre metodele X, S, și D ca rezultat al aplicării testului *t* și a testului Wilcoxon Signed Rank (***P-value* < 0,001; **P-value* < 0,01; * 0,01 < *P-value* < 0,05).

În analiza valorilor obținute se consideră valori de referință cele obținute prin metoda xilometrică, considerată ca fiind cea mai precisă dintre metodele folosite. Trebuie amintit faptul că factorul de cubaj depinde în aceeași măsură de volumul real de lemn din figură cât și de volumul aparent al figurii. Astfel, pentru determinarea volumului aparent este absolut necesar ca piesele de lemn să aibă aceeași lungime, iar în cazul în care profilul la partea superioară a figurii nu este uniform, înălțimea luată în calcul să fie una medie, reprezentativă pentru figura de lemn.

Tabelul 31. Factorul de cubaj și de așezare pentru lemnul de celuloză din specia molid

Ocolul Silvic	Lemn de celuloză 2 m							Lemn de celuloză 3 m						
	D. ¹⁾ mediu (cm)	Nr. piese	f _c ²⁾				f _a ³⁾	D. mediu (cm)	Nr. piese	f _c				f _a
			X	S	D1 ⁴⁾	D2				X	S	D1	D2	
MOLID														
Miercurea Sibiului	22	20	0,77	0,78	0,82	0,76	1,30	21	20	0,69	0,70	0,75	0,78	1,45
Teliu	18	29	0,66	0,67	0,70	-	1,52	17	32	0,63	0,65	0,66	0,69	1,59
Măneciu	19	27	0,70	0,68	0,70	-	1,43	16	34	0,69	0,67	0,76	-	1,45
Vidraru	17	34	0,71	0,68	0,69	-	1,41	16	37	0,71	0,68	0,68	-	1,41
Media	19	28	0,71	0,70	0,73	0,76	1,41	18	31	0,68	0,68	0,71	0,74	1,47
<i>P – value</i> ⁵⁾	-	-	-	> 0,05	> 0,05	-	-	-	-	-	> 0,05	> 0,05	-	-

¹⁾ D. mediu – diametrul mediu; ²⁾ f_c – factorul de cubaj; ³⁾ f_a – factorul de așezare calculat în raport cu factorul de cubaj obținut prin metoda X; ⁴⁾ D1 – metoda diagonalelor; D2 – metoda diagonalelor pentru determinarea factorului de cubaj de verificare; ⁵⁾ *P – value* – indică semnificația diferențelor dintre metodele X, S, și D ca rezultat al aplicării testului *t* și a testului Wilcoxon Signed Rank (***P-value* < 0,001; ** 0,001 < *P-value* < 0,01; * 0,01 < *P-value* < 0,05).

Tabelul 32. Factorul de cubaj și de așezare pentru lemnul de foc din specii de foioase tari

Ocolul Silvic	Lemn de foc 2 m						Lemn de foc 3 m					
	D. ¹⁾ mediu (cm)	Nr. piese	f _c ²⁾			f _a ³⁾	D. mediu (cm)	Nr. piese	f _c			f _a
			X	S	D				X	S	D	
CARPEN												
Mediaș - Șeica Mică -	-	-	-	-	-	-	10	69	0,43	0,47	0,47	2,33
Dumbrăveni	12	52	0,49	0,52	0,46	2,04	-	-	-	-	-	-
Râmnicu Vâlcea	10	66	0,55	0,57	0,75	1,82	12	47	0,53	0,55	0,59	1,89
Media	11	59	0,52	0,55	0,61	1,92	11	58	0,48	0,51	0,53	2,08
<i>P – value</i> ⁴⁾	-	-	-	> 0,05	> 0,05	-	-	-	-	> 0,05	> 0,05	-
FAG												
Avrig	7	95	0,35	0,38	0,37	2,86	-	-	-	-	-	-
Câmpina	13	45	0,65	0,62	0,72	1,54	10	78	0,54	0,52	0,63	1,85
Moreni	13	45	0,62	0,60	0,53	1,61	14	36	0,54	0,51	0,65	1,85
Curtea de Argeș	18	26	0,67	0,69	0,58	1,49	17	29	0,63	0,65	0,62	1,59
Media	13	53	0,57	0,57	0,55	1,75	14	48	0,57	0,56	0,63	1,75
<i>P - value</i>	-	-	-	> 0,05	> 0,05	-	-	-	-	> 0,05	> 0,05	-
STEJAR ȘI GORUN												
Sibiu	10	72	0,54	0,56	0,71	1,85	10	68	0,45	0,48	0,57	2,22
Ploiești	15	36	0,65	0,68	0,65	1,54	15	37	0,59	0,60	0,58	1,69
Moreni	13	50	0,57	0,59	0,49	1,75	15	38	0,63	0,60	0,78	1,59
Curtea de Argeș	13	52	0,65	0,62	0,69	1,54	13	39	0,57	0,59	0,62	1,75
Media	13	53	0,60	0,61	0,64	1,67	13	46	0,56	0,57	0,64	1,79
<i>P - value</i>	-	-	-	> 0,05	> 0,05	-	-	-	-	> 0,05	> 0,05	-

¹⁾ D. mediu – diametrul mediu; ²⁾ f_c – factorul de cubaj; ³⁾ f_a – factorul de așezare calculat în raport cu factorul de cubaj obținut prin metoda X; ⁴⁾ *P – value* – indică semnificația diferențelor dintre metodele X, S, și D ca rezultat al aplicării testului *t* și a testului Wilcoxon Signed Rank (***P-value* < 0,001; ** 0,001 < *P-value* < 0,01; * 0,01 < *P-value* < 0,05).

Tabelul 33. Factorul de cubaj și de așezare pentru lemnul de foc din specia molid

Ocolul Silvic	Lemn de foc 2 m							Lemn de foc 3 m						
	D. ¹⁾ mediu (cm)	Nr. piese	$f_c^{2)}$				$f_a^{3)}$	Diametrul mediu (cm)	Nr. piese	f_c				f_a
			X	S	D1 ⁴⁾	D2				X	S	D1	D2	
MOLID														
Miercurea Sibiului	21	23	0,72	0,73	0,87	0,78	1,39	23	19	0,65	0,68	0,76	0,74	1,54
Măneciu	16	33	0,70	0,68	0,75	-	1,43	16	37	0,69	0,70	0,75	-	1,45
Media	19	28	0,71	0,71	0,81	0,78	1,41	20	28	0,67	0,69	0,76	0,74	1,49
<i>P - value</i> ⁵⁾	-	-	-	> 0,05	> 0,05	-	-	-	-	-	> 0,05	0,027*	-	-

¹⁾ D. mediu – diametrul mediu; ²⁾ f_c – factorul de cubaj; ³⁾ f_a – factorul de așezare calculat în raport cu factorul de cubaj obținut prin metoda X; ⁴⁾ D1 – metoda diagonalelor; D2 – metoda diagonalelor pentru determinarea factorului de cubaj de verificare; ⁵⁾ *P - value* – indică semnificația diferențelor dintre metodele X, S, și D ca rezultat al aplicării testului *t* și a testului Wilcoxon Signed Rank (***P-value* < 0,001; ** 0,001 < *P-value* < 0,01; * 0,01 < *P-value* < 0,05).

Având în vedere cele menționate, se constată că cele mai apropiate valori de cele de referință au fost obținute prin metoda suprafețelor. Diferențele obținute între cele două șiruri de valori nu depășesc 3% la niciuna din speciile studiate.

În ceea ce privește metoda diagonalelor, diferențele înregistrate variază foarte mult, diferența maximă fiind +27% în cazul sortimentului de lemn de celuloză cu lungimea de 3 m, specia carpen, proveniența Șeica Mică. Se consideră acceptabilă eroarea de $\pm 3\%$ cât este precizia metodei diagonalelor în cazul lemnului de steri (Leahu 1994). Lupușanschi (1976) arată că erorile înregistrate la determinarea factorului de cubaj prin metoda diagonalei, la lemnul de celuloză cu lungimea de 1 m, sunt în limita de $\pm 3\%$ numai în 41% din cazuri, în celelalte cazuri sunt mult mai mari ajungând la $\pm 19\%$. Această ierarhizare a metodelor folosite, în funcție de precizia obținută, este justificată și prin aceea că metoda xilometrică determină volumul pieselor de lemn ținând cont de forma spațială specifică a acestora, metoda suprafețelor de două dimensiuni și cea a diagonalelor de o singură dimensiune. Un dezavantaj major al metodei diagonalelor îl reprezintă dependența de modul de așezare al pieselor de lemn în figuri, pe diagonale putând să existe spații goale sau capete groase cu lăbărțări, pe când celelalte două metode raportează volumul real, respectiv suprafața reală, ocupate de piesele de lemn la volumul aparent, respectiv la suprafața pătratului analizat. Aplicarea metodei diagonalelor pentru determinarea factorului de cubaj a condus la obținerea unor valori, în general, mai mari decât cele obținute prin xilometrare. Această tendință se observă mai ales la lemnul de celuloză, unde

datorită diametrelor mai mari, piesele de lemn ocupă mai mult din lungimea diagonalelor (Câmpu, 2012a).

Testarea semnificației diferenței între valorile medii ale factorului de cubaj s-a realizat prin intermediul testelor t și Wilcoxon Signed Rank. Astfel în toate situațiile – X versus D sau X versus S – diferențele nu au fost semnificative ($P > 0,05$) (tabelele 30, 31, 32 și 33). Există totuși o excepție, în cazul lemnului de foc cu lungimea de 3 m din specia molid (tabelul 33) unde apare o diferență semnificativă ($0,01 < P < 0,05$) la compararea X versus D .

Ierarhizarea metodelor folosite în funcție de precizia obținută în ordinea X, S, D , este pusă în evidență și de coeficienții de variație a factorilor de cubaj obținuți prin cele trei metode. Astfel, se poate observa că (tabelul 34), în general, la aceeași specie și la același sortiment de lemn coeficientul de variație al factorului de cubaj obținut prin metoda S este mai apropiat de cel al factorului de cubaj determinat prin metoda X . De asemenea, coeficientul de variație al factorului de cubaj determinat prin metoda D are cele mai mari valori. Coeficientul de variație al sortimentelor de lemn cu lungimi de 1 m a fost determinat de Decei și Armășescu (1959), Decei (1962) ca fiind cuprins între 5 și 10%. În comparație cu acesta, se poate observa că în cazul sortimentelor de lemn cu lungimea de 2 m, coeficientul de variație este cuprins între 1,99 și 8,20% la metoda X , între 2,92 și 7,39% la metoda S și între 6,39 și 13,62% la metoda D . În cazul sortimentelor de lemn cu lungimea de 3 m coeficientul de variație este cuprins între 4,22 și 11,98% la metoda X , între 2,05 și 11,39% la metoda S și între 0,94 și 17,4% la metoda D .

Tabelul 34. Valorile coeficientului de variație corespunzătoare factorului de cubaj determinat prin metodele X, S și D

Specia	Lemn de celuloză					
	Lungimea 2 m			Lungimea 3 m		
	X	S	D	X	S	D
Molid	6,40	7,39	8,50	5,09	3,08	7,01
Carpen	8,20	6,54	10,26	5,18	2,75	8,27
Fag	2,56	2,92	6,39	6,42	6,25	4,05
Stejar și Gorun	3,97	3,41	9,40	9,89	11,18	17,42
-	Lemn de foc					
Molid	1,99	5,01	10,48	4,22	2,05	0,94
Carpen	5,77	4,59	12,38	10,42	7,84	11,32
Fag	3,18	6,06	13,18	7,44	11,39	1,97
Stejar și Gorun	8,08	7,24	13,62	11,98	8,93	13,23

În cazul metodei *S*, și nu numai, pentru ca valorile factorului de cubaj să se înscrie în limitele acceptate de $\pm 3\%$ trebuie respectate câteva reguli la alcătuirea stivelor de lemn. Astfel, experiența muncitorilor are o mare influență asupra factorului de cubaj. Muncitorii cu experiență vor clădi stive cu un factor de cubaj mai mare decât cei fără experiență. Datorită conicității pieselor de lemn este important ca așezarea pieselor de lemn în stivă să se facă alternativ, cu capătul gros la capătul subțire și invers cu capătul subțire la capătul gros, astfel ca jumătate din piesele de lemn să fie cu capătul gros pe o față laterală a stivei, iar cealaltă jumătate pe cealaltă față laterală (*** 1999). În situațiile în care la formarea stivelor piesele de lemn sunt așezate preponderent cu capătul gros în aceeași parte, se recomandă ca măsurătorile să se facă pe ambele fețe ale figurii sau stivei, iar valoarea adoptată să fie media celor două determinări. Aceste situații trebuie însă evitate întrucât dublează munca depusă pentru determinarea factorului de cubaj.

În ceea ce privește timpul necesar pentru determinarea factorului de cubaj prin metoda *S*, s-a constatat că acesta este în general mai mic atunci când este vectorizată suprafața golurilor dintre piesele de lemn incluse în pătrat. Timpul depinde de numărul de piese de lemn incluse în pătratul analizat, de claritatea și regularitatea conturilor și nu în ultimul rând de abilitățile celui care face determinarea. Această dependență a timpului necesar determinării factorului de cubaj de numărul de piese de lemn, a fost pusă în evidență prin intermediul unei regresii liniare simple (tabelul 35).

Tabelul 35. Rezultatele analizei legăturii dintre timpul necesar determinării factorului de cubaj și numărul de piese de lemn

ANOVA				Semnificația coeficientului variabilei independente				
R ²	Eroarea standard	Grade de libertate	F	Variabila	Coeficient	Eroarea standard	t Statistic	P - value
<i>Analiza regresiei liniare simple a factorului de cubaj în funcție de timpul necesar vectorizării capetelor pieselor de lemn</i>								
0,94	2,042	k = 1 n - k - 1 = 40	F < 0,001***	Constanță	10,048	0,707	14,208	< 0,001***
				Nr. piese de lemn	0,441	0,017	25,912	< 0,001***
<i>Analiza regresiei liniare simple a factorului de cubaj în funcție de timpul necesar vectorizării golurilor dintre piesele de lemn</i>								
0,89	1,391	k = 1 n - k - 1 = 40	F < 0,001***	Constanță	9,598	0,482	19,927	< 0,001***
				Nr. piese de lemn	0,208	0,612	17,994	< 0,001***

Notă: Nivelul de semnificație, *** P -value < 0,001; ** 0,001 < P -value < 0,01; * 0,01 < P -value < 0,05

Coeficientul de corelație simplă ($r = 0,97$ când se măsoară suprafața capetelor pieselor de lemn și $r = 0,94$ când se măsoară suprafața golurilor dintre piesele de lemn) indică în ambele situații o legătură foarte puternică între variabilele studiate, numărul de piese de lemn influențând foarte semnificativ mărimea timpului (Fig. 31).

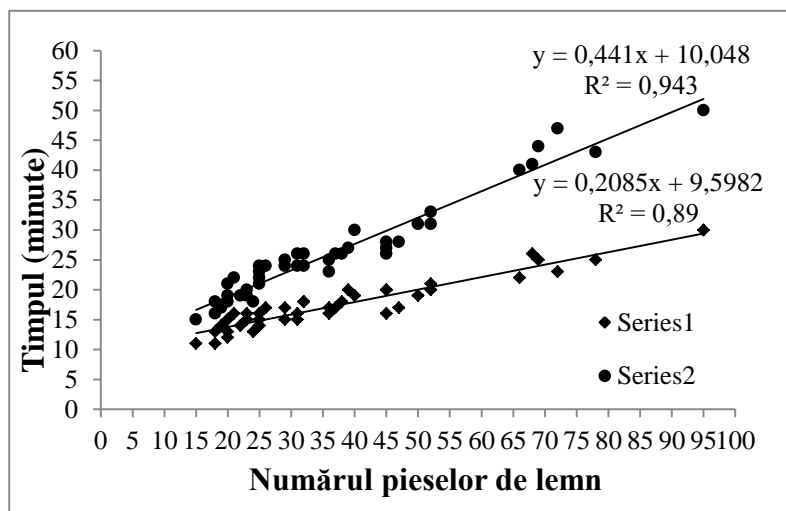


Fig. 31. Timpul necesar pentru măsurarea factorului de cubaj prin metoda S: Seria 1 – se măsoară suprafața capetelor pieselor de lemn; Seria 2 – se măsoară suprafața golurilor dintre piesele de lemn.

Pe lângă precizia asigurată, metoda suprafețelor prezintă avantajul că fotografiile pot fi stocate într-o bază de date și pot fi accesate ulterior expediției lemnului în cazul unor litigii, verificări și controale, în felul acesta contribuind la o mai bună evidență a mișcării cantităților de material lemnos. Mai mult, fotografiile pot fi făcute astfel încât pe ele să apară numărul autotrenului forestier cu care s-a transportat materialul lemnos, data și ora de expediție.

5.3.1.2. Importanța determinării factorului de cubaj pentru sortimente de lemn cu lungimi mai mari de 1 m

Importanța și necesitatea cercetărilor întreprinse reiese în primul rând din diferențele constatate între factorul de cubaj mediu (0,62) determinat pentru lemnul de foc din specii de

foioase cu lungimea de 1 m, care se folosește în prezent și la sortimentele de lemn de foc și celuloză cu lungimi de 2 și 3 metri.

Valorile mai mici ale factorului de cubaj obținute pentru sortimentele de 2 și 3 metri confirmă scăderea factorului de cubaj odată cu majorarea lungimii pieselor de lemn. Dacă se are în vedere factorul de cubaj mediu pentru specii de foioase (0,62) pentru lungimi de 1 m și valorile obținute pentru lungimi de 2 și 3 metri, această descreștere devine și mai evidentă (Fig. 32). Pentru lemnul de celuloză de fag cu lungimea de 1 m, Decei și Anca (1964) au determinat, folosind metoda xilometrică, valoarea factorului de cubaj ca fiind 0,72. Astfel, scăderea factorului de cubaj odată cu majorarea lungimii pieselor de lemn devine evidentă și în cazul lemnului de fag pentru celuloză. De altfel, și în cazul molidului se observă o ușoară scădere a factorului de cubaj odată cu creșterea lungimii pieselor de lemn de la 0,70 la lemnul lung de 1 m, la 0,68 la lemnul de celuloză cu lungimea de 3 m și la 0,67 la lemnul de foc cu lungimea de 3 m.

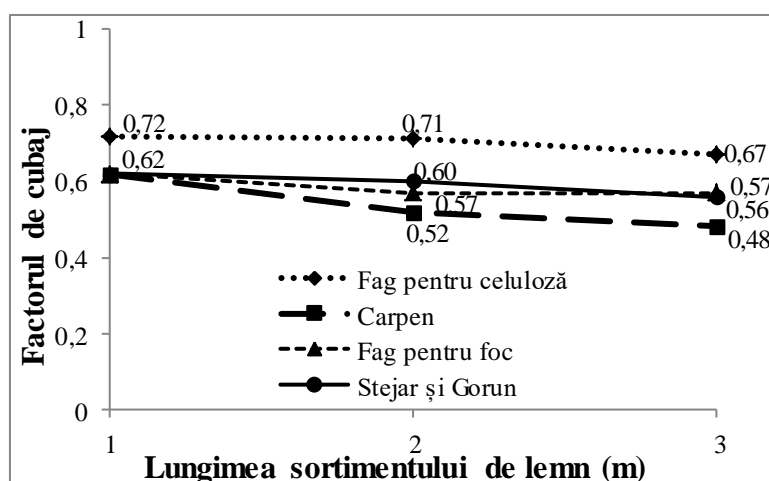


Fig. 32. Descreșterea factorului de cubaj odată cu creșterea lungimii lemnului

În ceea ce privește mărimea factorilor de cubaj medii determinați pentru sortimentele de lemn de celuloză (0,65 pentru lungimi de 2 m și 0,61 pentru lungimi de 3 m) putem spune că valorile obținute sunt mai mari decât cele folosite în alte țări unde pentru lemnul de celuloză de foioase cu lungimea de 2,54 m se folosește valoarea de 0,5078, iar pentru lemnul de celuloză din specia plop valoarea 0,6094 (***) 2012). În cazul lemnului de foc valorile obținute (0,56 pentru lungimi de 2 m și 0,54 pentru lungimi de 3m) sunt mai mici decât cele obținute de Makkonen

(1960) pentru lemn de foc de mesteacăn cu lungimea de 2 m, unde factorul de cubaj este de 0,605.

Spre deosebire de lemnul fasonat la lungimi de 1 m, care poate fi și despicat, lemnul de foc și celuloză fasonat la doi și trei metri lungime se constituie doar din piese rotunde. Astfel, valorile factorilor de cubaj depind în primul rând de apariția defectelor de formă, a curburilor, înfurcirilor, nodurilor, gălmelor sau umflăturilor, probabilitatea apariției acestor defecte fiind mai mare odată cu majorarea lungimii pieselor (Giurgiu, 1979; Leahu, 1994). De asemenea, prezența sau absența defectelor care afectează forma lemnului rotund, într-o măsură mai mare sau mai mică, este condiționată și de specia sau grupa de specii. Astfel, frecvența defectelor de formă este mai mare în cazul foioaselor, iar dintre speciile studiate la carpen. Factorul de cubaj variază cu specia și cu populația și este dependent de rectitudinea pieselor de lemn (Lowore *et al.* 1994). Piesele de lemn curbate ocupă un volum aparent mai mare decât cele drepte. Piesele de lemn necurățate de crăci la fața lemnului și care prezintă cioturi, conduc și ele la creșterea volumului aparent și deci, la micșorarea factorului de cubaj. Cu alte cuvinte cu cât este mai bună calitatea pieselor de lemn cu atât va fi mai mare valoarea factorului de cubaj (*** 1999). Astfel, în cazul lemnului de foc fasonat din crăci, cu diametre mici (cuprinse între 5...10 cm), s-a detreminat un factor de cubaj semnificativ mai mic decât în cazul lemnului de foc provenit din trunchiul arborilor sau din crăcile groase, care nu sunt în aceeași măsură afectate de curburi multiple și în mai multe planuri. Este cazul lemnului de foc fasonat la 2 metri lungime, specia fag, proveniența Avrig, provenit din crăci cu diametrul mediu de 7 cm, unde valoarea factorului de cubaj obținută este de 0,35. Această valoare diferă mult față de 0,65 media obținută în cazul lemnului de foc fasonat la 2 metri lungime, provenit din trunchi și crăci groase cu diametre între 13...18 cm în cazul proveniențelor Cămpina, Moreni și Curtea de Argeș. Această situație, alături de amplitudinea variației factorilor de cubaj obținuți, arată încă odată, necesitatea de a utiliza metode care să permită determinarea factorului de cubaj pentru fiecare lot în parte, în detrimentul folosirii unor valori medii stabilite la nivelul întregii țări. De aceeași părere sunt și Decei și Armășescu (1959), care consideră că adoptarea unui factor de cubaj mediu nu este indicată, în primul rând, datorită variabilității factorilor de cubaj. Decei și Anca (1968) menționează că pentru loturile de material lemnos care se plasează din punct de vedere al grosimii la limitele câmpului de variație ale sortimentului respectiv, se recomandă folosirea unor factori de cubaj diferențiați.

Literatura de specialitate (Giurgiu, 1979; Leahu, 1994) menționează existența unei legături liniare între factorul de cubaj și numărul de piese de lemn dintr-un metru ster. Astfel, cercetările întreprinse în prezenta lucrare au scos în evidență existența unei legături liniare multiple (tabelul 36) între factorul de cubaj al sortimentelor de lemn cu lungimi de 2 și 3 metri, diametrul mediu al pieselor de lemn și numărul de piese de lemn incluse într-o suprafață de un metru pătrat de pe fața laterală a stivei:

$$f_c = a_0 + a_1 d + a_2 n,$$

a_0, a_1, a_2 – coeficienții ecuației de regresie;

d – diametrul mediu al pieselor de lemn;

n – numărul pieselor de lemn incluse într-o suprafață de 1 m² pe fața laterală a stivei.

Coeficientul de corelație multiplu R variază între 0,75 și 0,88 în toate cazurile prezentate și indică o corelație puternică spre foarte puternică între factorul de cubaj și variabilele independente (diametru mediu și numărul pieselor de lemn). Totuși, o influență semnificativă a numărului de piese de lemn ($0,01 < P\text{-value} < 0,05$) și a diametrului mediu ($0,001 < P\text{-value} < 0,01$) asupra factorului de cubaj a fost identificată doar în cazul lemnului de celuloză cu lungimi de trei metri.

Tabelul 36. Rezultatele analizei regresiei liniare multiple dintre factorul de cubaj, diametrul mediu și numărul pieselor de lemn

ANOVA				Semnificația coeficientului variabilei independente				
R ²	Eroarea standard	Grade de libertate	F	Variabila	Coeficient	Eroarea standard	t Statistic	P - value
<i>Lemn de celuloză 2 m lungime</i>								
0,63	0,041	k = 2 n - k - 1 = 8	F < 0,05*	Constanță	a ₀ = -0,323	0,334	-0,969	0,361
				Diametrul mediu	a ₁ = 0,039	0,012	3,188	0,012*
				Nr. piese de lemn	a ₂ = 0,009	0,004	2,275	0,052
<i>Lemn de celuloză 3 m lungime</i>								
0,55	0,050	k = 2 n - k - 1 = 9	F < 0,05*	Constanță	a ₀ = -1,286	0,579	-2,218	0,054
				Diametrul mediu	a ₁ = 0,067	0,580	3,331	0,009**
				Nr. piese de lemn	a ₂ = 0,025	0,008	3,026	0,014*

Tabelul 36 - Continuare

<i>Lemn de foc 2 m lungime</i>								
0,77	0,054	k = 2 n - k - 1 = 7	F < 0,05*	Constantă	a ₀ = 0,904	0,512	1,767	0,121
				Diametrul mediu	a ₁ = -0,005	0,025	-0,181	0,861
				Nr. piese de lemn	a ₂ = -0,005	0,004	-1,334	0,224
<i>Lemn de foc 3 m lungime</i>								
0,77	0,039	k = 2 n - k - 1 = 6	F < 0,05*	Constantă	a ₀ = 0,040	0,286	0,141	0,893
				Diametrul mediu	a ₁ = 0,033	0,015	2,299	0,061
				Nr. piese de lemn	a ₂ = 0,002	0,002	0,072	0,500

Notă: Nivelul de semnificație, *** P -value < 0,001; ** 0,001 < P -value < 0,01; * 0,01 < P -value < 0,05

5.3.2. Determinarea masei volumice aparente

În tabele următoare 37...52 este prezentată masa volumică aparentă a lemnului de celuloză și foc pentru speciile molid, carpen, fag și cvercinee (stejar și gorun) calculată la diferite valori ale umidității, precum și factorii de conversie, necesari la transformările din masă în volum și invers. Prima valoare reprezintă masa volumică uscată în funcție de care s-au determinat celelalte valori ale masei volumice aparente.

a) Pentru lemnul de celuloză

Tabelul 37. Masa volumică aparentă a lemnului de celuloză

-MOLID-

Ocolul Silvic	Umiditatea absolută (%)															
	Umiditatea relativă (%)															
	$\frac{0}{0}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{20}{17}$	$\frac{30}{23}$	$\frac{40}{29}$	$\frac{50}{33}$	$\frac{60}{38}$	$\frac{70}{41}$	$\frac{80}{44}$	$\frac{90}{47}$	$\frac{100}{50}$	$\frac{110}{52}$	$\frac{120}{55}$	$\frac{130}{57}$	$\frac{140}{58}$	$\frac{150}{60}$
Masa volumică aparentă (kg/m ³)																
Miercurea Sibiului	369	405	442	479	516	553	590	627	663	700	737	774	811	848	884	921
Teliu	327	360	393	425	457	490	523	555	588	621	653	686	719	751	784	817
Măneciu	418	460	501	543	585	626	668	710	752	793	835	877	919	960	1002	1044
Vidraru	308	339	369	400	431	461	492	523	554	585	615	646	677	708	738	769
Valori medii	356	391	426	462	497	533	568	604	639	675	710	746	782	817	852	888

Tabelul 38. Factori de conversie pentru transformarea tonelor în metri cubi de lemn

– MOLID –

Ocolul Silvic	Umiditatea absolută (%)										
	Umiditatea relativă (%)										
	<u>0</u>	<u>10</u>	<u>20</u>	<u>30</u>	<u>40</u>	<u>50</u>	<u>60</u>	<u>70</u>	<u>80</u>	<u>90</u>	<u>100</u>
	0	9	17	23	29	33	38	41	44	47	50
	Factori de conversie pentru transformarea tonelor în metri cubi de lemn										
Miercurea Sibiului	2,7100	2,4691	2,2624	2,0877	1,9380	1,8083	1,6949	1,5949	1,5083	1,4286	1,3569
Teliu	3,0581	2,7778	2,5445	2,3529	2,1882	2,0408	1,9120	1,8018	1,7007	1,6103	1,5314
Măneciu	2,3923	2,1739	1,9960	1,8416	1,7094	1,5974	1,4970	1,4085	1,3298	1,2610	1,1976
Vidraru	3,2468	2,9499	2,7100	2,5000	2,3202	2,1692	2,0325	1,9120	1,8051	1,7094	1,6260
Valori medii	2,8090	2,5575	2,3474	2,1645	2,0121	1,8762	1,7606	1,6556	1,5649	1,4815	1,4085

Ocolul Silvic	Umiditatea absolută (%)				
	Umiditatea relativă (%)				
	<u>110</u>	<u>120</u>	<u>130</u>	<u>140</u>	<u>150</u>
	52	55	57	58	60
	Factori de conversie				
Miercurea Sibiului	1,2920	1,2330	1,1792	1,1312	1,0858
Teliu	1,4577	1,3908	1,3316	1,2755	1,2240
Măneciu	1,1403	1,0881	1,0417	0,9980	0,9579
Vidraru	1,5480	1,4771	1,4124	1,3550	1,3004
Valori medii	1,3405	1,2788	1,2240	1,1737	1,1261

Tabelul 39. Masa volumică aparentă a lemnului de celuloză

-CARPEN-

Ocolul Silvic	Umiditatea absolută (%)										
	Umiditatea relativă (%)										
	<u>0</u>	<u>10</u>	<u>20</u>	<u>30</u>	<u>40</u>	<u>50</u>	<u>60</u>	<u>70</u>	<u>80</u>	<u>90</u>	<u>100</u>
	0	9	17	23	29	33	38	41	44	47	50
	Masa volumică aparentă (kg/m ³)										
Mediaș -Șeica Mică-	584	642	700	758	816	874	933	991	1049	1108	1166
Mediaș -Bazna-	554	609	664	719	774	829	885	940	995	1051	1106
Dumbrăveni	603	663	723	782	843	903	963	1023	1083	1144	1204
Vâlcea	605	665	725	785	845	906	966	1027	1087	1147	1208
Valori medii	587	645	703	761	820	878	937	995	1054	1113	1171

Tabelul 40. Factori de conversie pentru transformarea tonelor în metri cubi de lemn

– CARPEN –

Ocolul Silvic	Umiditatea absolută (%) Umiditatea relativă (%)										
	$\frac{0}{0}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{20}{17}$	$\frac{30}{23}$	$\frac{40}{29}$	$\frac{50}{33}$	$\frac{60}{38}$	$\frac{70}{41}$	$\frac{80}{44}$	$\frac{90}{47}$	$\frac{100}{50}$
	Factori de conversie pentru transformarea tonelor în metri cubi de lemn										
Mediaș -Șeica Mică-	1,7123	1,5576	1,4286	1,3193	1,2255	1,1442	1,0718	1,0091	0,9533	0,9025	0,8576
Mediaș -Bazna-	1,8051	1,6420	1,5060	1,3908	1,2920	1,2063	1,1299	1,0638	1,0050	0,9515	0,9042
Dumbrăveni	1,6584	1,5083	1,3831	1,2788	1,1862	1,1074	1,0384	0,9775	0,9234	0,8741	0,8306
Vâlcea	1,6529	1,5038	1,3793	1,2739	1,1834	1,1038	1,0352	0,9737	0,9200	0,8718	0,8278
Valori medii	1,7036	1,5504	1,4225	1,3141	1,2195	1,1390	1,0672	1,0050	0,9488	0,8985	0,8540

Tabelul 41. Masa volumică aparentă a lemnului de celuloză

-FAG-

Ocolul Silvic	Umiditatea absolută (%) Umiditatea relativă (%)										
	$\frac{0}{0}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{20}{17}$	$\frac{30}{23}$	$\frac{40}{29}$	$\frac{50}{33}$	$\frac{60}{38}$	$\frac{70}{41}$	$\frac{80}{44}$	$\frac{90}{47}$	$\frac{100}{50}$
	Masa volumică aparentă (kg/m ³)										
Avrig	587	645	703	761	820	878	937	995	1054	1113	1171
Câmpina	566	622	678	734	791	847	904	960	1017	1073	1130
Moreni	542	596	650	704	758	812	866	920	974	1028	1082
Curtea de Argeș	639	702	765	829	892	956	1020	1084	1147	1211	1275
Valori medii	584	641	699	757	815	873	932	990	1048	1106	1165

Tabelul 42. Factori de conversie pentru transformarea tonelor în metri cubi de lemn

– FAG –

Ocolul Silvic	Umiditatea absolută (%) Umiditatea relativă (%)										
	$\frac{0}{0}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{20}{17}$	$\frac{30}{23}$	$\frac{40}{29}$	$\frac{50}{33}$	$\frac{60}{38}$	$\frac{70}{41}$	$\frac{80}{44}$	$\frac{90}{47}$	$\frac{100}{50}$
	Factori de conversie pentru transformarea tonelor în metri cubi de lemn										
Avrig	1,7036	1,5504	1,4225	1,3141	1,2195	1,1390	1,0672	1,0050	0,9488	0,8985	0,8540
Câmpina	1,7668	1,6077	1,4749	1,3624	1,2642	1,1806	1,1062	1,0417	0,9833	0,9320	0,8850
Moreni	1,8450	1,6779	1,5385	1,4205	1,3193	1,2315	1,1547	1,0870	1,0267	0,9728	0,9242
Curtea de Argeș	1,5649	1,4245	1,3072	1,2063	1,1211	1,0460	0,9804	0,9225	0,8718	0,8258	0,7843
Valori medii	1,7123	1,5601	1,4306	1,3210	1,2270	1,1455	1,0730	1,0101	0,9542	0,9042	0,8584

Tabelul 43. Masa volumică aparentă a lemnului de celuloză

-GORUN și STEJAR-

Ocolul Silvic	Umiditatea absolută (%)										
	Umiditatea relativă (%)										
	$\frac{0}{0}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{20}{17}$	$\frac{30}{23}$	$\frac{40}{29}$	$\frac{50}{33}$	$\frac{60}{38}$	$\frac{70}{41}$	$\frac{80}{44}$	$\frac{90}{47}$	$\frac{100}{50}$
Masa volumică aparentă (kg/m ³)											
Sibiu (GO)	569	626	683	739	796	853	910	967	1023	1080	1137
Ploiești (ST)	543	597	651	705	759	813	867	921	976	1030	1084
Moreni (GO)	597	657	716	776	835	895	955	1014	1074	1134	1193
Curtea de Argeș (GO)	561	617	673	728	784	840	897	953	1009	1065	1121
Valori medii	568	624	681	737	794	850	907	964	1021	1077	1134

Tabelul 44. Factori de conversie pentru transformarea tonelor în metri cubi de lemn

- GORUN și STEJAR -

Ocolul Silvic	Umiditatea absolută (%)										
	Umiditatea relativă (%)										
	$\frac{0}{0}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{20}{17}$	$\frac{30}{23}$	$\frac{40}{29}$	$\frac{50}{33}$	$\frac{60}{38}$	$\frac{70}{41}$	$\frac{80}{44}$	$\frac{90}{47}$	$\frac{100}{50}$
Factori de conversie pentru transformarea tonelor în metri cubi de lemn											
Sibiu	1,7575	1,5974	1,4641	1,3532	1,2563	1,1723	1,0989	1,0341	0,9775	0,9259	0,8795
Ploiești	1,8416	1,6750	1,5361	1,4184	1,3175	1,2300	1,1534	1,0858	1,0246	0,9709	0,9225
Moreni	1,6750	1,5221	1,3966	1,2887	1,1976	1,1173	1,0471	0,9862	0,9311	0,8818	0,8382
Curtea de Argeș	1,7825	1,6207	1,4859	1,3736	1,2755	1,1905	1,1148	1,0493	0,9911	0,9390	0,8921
Valori medii	1,7606	1,6026	1,4684	1,3569	1,2594	1,1765	1,1025	1,0373	0,9794	0,9285	0,8818

b) Pentru lemnul de foc**Tabelul 45.** Masa volumică aparentă a lemnului de foc

-MOLID-

Ocolul Silvic	Umiditatea absolută (%)															
	Umiditatea relativă (%)															
	$\frac{0}{0}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{20}{17}$	$\frac{30}{23}$	$\frac{40}{29}$	$\frac{50}{33}$	$\frac{60}{38}$	$\frac{70}{41}$	$\frac{80}{44}$	$\frac{90}{47}$	$\frac{100}{50}$	$\frac{110}{52}$	$\frac{120}{55}$	$\frac{130}{57}$	$\frac{140}{58}$	$\frac{150}{60}$
Masa volumică aparentă (kg/m ³)																
Miercurea Sibiului	366	402	439	475	512	548	585	621	658	695	731	768	804	841	877	914
Măneciu	399	439	478	518	558	598	638	678	717	757	797	837	877	917	957	996
Valori medii	383	421	459	497	535	573	612	650	688	726	764	803	841	879	917	955

Tabelul 46. Factori de conversie pentru transformarea tonelor în metri cubi de lemn

– MOLID –

Ocolul Silvic	Umiditatea absolută (%) Umiditatea relativă (%)										
	$\frac{0}{0}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{20}{17}$	$\frac{30}{23}$	$\frac{40}{29}$	$\frac{50}{33}$	$\frac{60}{38}$	$\frac{70}{41}$	$\frac{80}{44}$	$\frac{90}{47}$	$\frac{100}{50}$
	Factori de conversie pentru transformarea tonelor în metri cubi de lemn										
Miercurea Sibiului	2,7322	2,4876	2,2779	2,1053	1,9531	1,8248	1,7094	1,6103	1,5198	1,4388	1,3680
Măneciu	2,5063	2,2779	2,0921	1,9305	1,7921	1,6722	1,5674	1,4749	1,3947	1,3210	1,2547
Valori medii	2,6110	2,3753	2,1786	2,0121	1,8692	1,7452	1,6340	1,5385	1,4535	1,3774	1,3089

Ocolul Silvic	Umiditatea absolută (%) Umiditatea relativă (%)				
	$\frac{110}{52}$	$\frac{120}{55}$	$\frac{130}{57}$	$\frac{140}{58}$	$\frac{150}{60}$
	Factori de conversie pentru transformarea tonelor în metri cubi de lemn				
Miercurea Sibiului	1,3021	1,2438	1,1891	1,1403	1,0941
Măneciu	1,1947	1,1403	1,0905	1,0449	1,0040
Valori medii	1,2453	1,1891	1,1377	1,0905	1,0471

Tabelul 47. Masa volumică aparentă a lemnului de foc

-CARPEN-

Ocolul Silvic	Umiditatea absolută (%) Umiditatea relativă (%)										
	$\frac{0}{0}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{20}{17}$	$\frac{30}{23}$	$\frac{40}{29}$	$\frac{50}{33}$	$\frac{60}{38}$	$\frac{70}{41}$	$\frac{80}{44}$	$\frac{90}{47}$	$\frac{100}{50}$
	Masa volumică aparentă (kg/m ³)										
Mediaș -Șeica Mică -	591	650	708	767	826	885	944	1003	1062	1121	1180
Dumbrăveni	582	640	698	755	813	871	929	988	1046	1104	1162
Vâlcea	581	639	696	754	812	870	923	986	1044	1102	1160
Valori medii	586	643	701	759	817	875	932	992	1051	1109	1167

Tabelul 48. Factori de conversie pentru transformarea tonelor în metri cubi de lemn

– CARPEN –

Ocolul Silvic	Umiditatea absolută (%) Umiditatea relativă (%)										
	$\frac{0}{0}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{20}{17}$	$\frac{30}{23}$	$\frac{40}{29}$	$\frac{50}{33}$	$\frac{60}{38}$	$\frac{70}{41}$	$\frac{80}{44}$	$\frac{90}{47}$	$\frac{100}{50}$
	Factori de conversie pentru transformarea tonelor în metri cubi de lemn										
Mediaș -Șeica Mică-	1,6920	1,5385	1,4124	1,3038	1,2107	1,1299	1,0593	0,9970	0,9416	0,8921	0,8475
Dumbrăveni	1,7182	1,5625	1,4327	1,3245	1,2300	1,1481	1,0764	1,0121	0,9560	0,9058	0,8606
Vâlcea	1,7212	1,5649	1,4368	1,3263	1,2315	1,1494	1,0834	1,0142	0,9579	0,9074	0,8621
Valori medii	1,7065	1,5552	1,4265	1,3175	1,2240	1,1429	1,0730	1,0081	0,9515	0,9017	0,8569

Tabelul 49. Masa volumică aparentă a lemnului de foc

-FAG-

Ocolul Silvic	Umiditatea absolută (%)										
	Umiditatea relativă (%)										
	<u>0</u> 0	<u>10</u> 9	<u>20</u> 17	<u>30</u> 23	<u>40</u> 29	<u>50</u> 33	<u>60</u> 38	<u>70</u> 41	<u>80</u> 44	<u>90</u> 47	<u>100</u> 50
Masa volumică aparentă (kg/m ³)											
Avrig	570	627	684	740	797	854	911	968	1025	1082	1139
Câmpina	587	645	703	761	820	878	937	996	1054	1113	1171
Moreni	573	630	687	744	801	858	915	972	1030	1087	1144
Curtea de Argeș	610	671	732	792	853	914	975	1036	1097	1158	1219
Valori medii	585	643	702	759	818	876	935	993	1052	1110	1168

Tabelul 50. Factori de conversie pentru transformarea tonelor în metri cubi de lemn

- FAG -

Ocolul Silvic	Umiditatea absolută (%)										
	Umiditatea relativă (%)										
	<u>0</u> 0	<u>10</u> 9	<u>20</u> 17	<u>30</u> 23	<u>40</u> 29	<u>50</u> 33	<u>60</u> 38	<u>70</u> 41	<u>80</u> 44	<u>90</u> 47	<u>100</u> 50
Factori de conversie pentru transformarea tonelor în metri cubi de lemn											
Avrig	1,7544	1,5949	1,4620	1,3514	1,2547	1,1710	1,0977	1,0331	0,9756	0,9242	0,8780
Câmpina	1,7036	1,5504	1,4225	1,3141	1,2195	1,1390	1,0672	1,0040	0,9488	0,8985	0,8540
Moreni	1,7452	1,5873	1,4556	1,3441	1,2484	1,1655	1,0929	1,0288	0,9709	0,9200	0,8741
Curtea de Argeș	1,6393	1,4903	1,3661	1,2626	1,1723	1,0941	1,0256	0,9653	0,9116	0,8636	0,8203
Valori medii	1,7094	1,5552	1,4245	1,3175	1,2225	1,1416	1,0695	1,0070	0,9506	0,9009	0,8562

Tabelul 51. Masa volumică aparentă a lemnului de foc

-GORUN și STEJAR-

Ocolul Silvic	Umiditatea absolută (%)										
	Umiditatea relativă (%)										
	<u>0</u> 0	<u>10</u> 9	<u>20</u> 17	<u>30</u> 23	<u>40</u> 29	<u>50</u> 33	<u>60</u> 38	<u>70</u> 41	<u>80</u> 44	<u>90</u> 47	<u>100</u> 50
Masa volumică aparentă (kg/m ³)											
Sibiu (GO)	519	570	622	673	725	777	829	881	932	984	1036
Ploiești (ST)	566	622	679	735	791	848	905	961	1018	1074	1131
Moreni (GO)	581	639	697	755	813	871	929	987	1045	1103	1161
Curtea de Argeș (GO)	536	590	643	696	750	803	857	910	964	1017	1071
Valori medii	551	605	660	715	770	825	880	935	990	1045	1100

Tabelul 52. Factori de conversie pentru transformarea tonelor în metri cubi de lemn

– GORUN și STEJAR –

Ocolul Silvic	Umiditatea absolută (%) Umiditatea relativă (%)										
	$\frac{0}{0}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{20}{17}$	$\frac{30}{23}$	$\frac{40}{29}$	$\frac{50}{33}$	$\frac{60}{38}$	$\frac{70}{41}$	$\frac{80}{44}$	$\frac{90}{47}$	$\frac{100}{50}$
Factori de conversie pentru transformarea tonelor în metri cubi de lemn											
Sibiu	1,9268	1,7544	1,6077	1,4859	1,3793	1,2870	1,2063	1,1351	1,0730	1,0163	0,9653
Ploiești	1,7668	1,6077	1,4728	1,3605	1,2642	1,1792	1,1050	1,0406	0,9823	0,9311	0,8842
Moreni	1,7212	1,5649	1,4347	1,3245	1,2300	1,1481	1,0764	1,0132	0,9569	0,9066	0,8613
Curtea de Argeș	1,8657	1,6949	1,5552	1,4368	1,3333	1,2453	1,1669	1,0989	1,0373	0,9833	0,9337
Valori medii	1,8149	1,6529	1,5152	1,3986	1,2987	1,2121	1,1364	1,0695	1,0101	0,9569	0,9091

Masa volumică aparentă depinde de mai mulți factori. Unii autori (Gräns *et al.* 2009) susțin că aceasta este controlată genetic, alții (Leahu 1994; Giurgiu *et al.* 2004) au arătat că cei mai importanți factori care influențează masa volumică aparentă sunt vârsta și condițiile staționale exprimate prin bonitatea stațiunii. Aceste afirmații sunt confirmate în cea mai mare parte și de rezultatele obținute în urma cercetărilor întreprinse. Astfel, se observă, la molid, în cazul lemnului de celuloză, că masa volumică aparentă este mai mare în stațiuni de bonitate inferioară față de stațiuni de bonitate mijlocie. De asemenea, masa volumică este mai mare la vârste înaintate, 110 – 145 de ani la O.S Miercurea Sibiului față de 30 – 35 de ani la O.S. Teliu și Vidraru. Proveniențele Teliu și Vidraru situate în condiții staționale identice înregistrează cele mai mici valori ale masei volumice aparente. Aceleași lucruri se pot spune și în cazul carpenului, unde valoarea cea mai mică a masei volumice se înregistrează în condiții de bonitate stațională superioară la proveniența Bazna. Valori mai mari ale masei volumice aparente se înregistrează, în cazul de față, în condiții de bonitate mijlocie la proveniențele Șeica Mică, Dumbrăveni și Vâlcea (Câmpu 2012b). În cazul fagului valoarea cea mai mare a masei volumice se înregistrează atât în cazul lemnului de celuloză cât și la lemnul de foc la proveniența Curtea de Argeș în condiții de bonitate mijlocie, în toate celelalte situații bonitatea stațiunii fiind superioară. La cvercinee, valoarea cea mai mare a masei volumice se înregistrează la proveniența Moreni în condiții de bonitate superioară. La această specie valorile cele mai mici s-au obținut în condiții de bonitate mijlocie a stațiunii.

Creșterea masei volumice aparente a lemnului odată cu creșterea vârstei arborilor este determinată în principal de scăderea lățimii medii a inelului anual. Lățimea inelului anual determină o creștere semnificativă a masei volumice aparente a lemnului pe măsură ce scade

bonitatea stațiunii (Giurgiu *et al.* 2004). La molid, odată cu creșterea lățimii inelelor anuale, densitatea lemnului descrește, cauza fiind diminuarea proporției de lemn târziu și respectiv a proporției de traheide cu pereți groși, în timp ce proporția de lemn timpuriu și cea a traheidelor cu pereți subțiri se majorează. La fel se întâmplă în cazul fagului și carpenului, specii cu porii împăștiați atât în cuprinsul lemnului timpuriu cât și al lemnului târziu, precum și la cvercinee, care au porii așezați inelar, unde zona inelară de pori care se formează în lemnul timpuriu se remarcă prin mărimea superioară a porilor comparativ cu a celor din lemnul târziu. În general, lemnul târziu este mai dens decât lemnul timpuriu, masa volumică fiind de până la 1,5...3 ori mai mare (Beldeanu 2001). Raiskila *et al.* (2006) au arătat, la molid, că densitatea medie a inelului anual este de $0,461 \text{ g/cm}^3$, cea a lemnului târziu fiind de $0,750 \text{ g/cm}^3$ față de cea a lemnului timpuriu de $0,415 \text{ g/cm}^3$. Masa volumică este relativ independentă de ritmul de creștere și de condițiile climatice în prima parte a sezonului de vegetație și crește cu descreșterea ritmului de creștere de la sfârșitul sezonului de vegetație (Bouriaud *et al.* 2005). Masa volumică a lemnului cu coajă depinde și de proporția cojii. Astfel, Decei (1962) menționează că proporția cojii reprezintă între 30 și 36% din volumul unui ster de stejar și între 8...10% din volumul unui ster de fag.

Este cunoscută din literatura de specialitate corelația existentă între masa volumică aparentă și umiditate ca fiind una de tip liniar ce poate fi exprimată sub forma unei ecuații de tipul (Decei and Anca 1964; 1968):

$$y = a + bx;$$

în care:

- y – reprezintă masa volumică aparentă;
- x – reprezintă umiditatea absolută a lemnului;
- a, b – coeficienții ecuației de regresie.

Astfel, pe baza valorilor masei volumice aparente medii, din tabelele de mai înainte, s-au prezentat grafic modele de tipul ecuațiilor de regresie care descriu dependența acesteia de umiditatea lemnului pentru fiecare sortiment de lemn (Fig. 33...36). La speciile de carpen și fag s-au prezentat modele doar pentru lemnul de celuloză deoarece diferențele existente între masa volumică aparentă a lemnului de celuloză și a lemnului de foc sunt mai mici de 1 kg/m^3 la ambele specii.

Utilizarea unor astfel de ecuații de regresie face ca determinarea masei volumice aparente să fie mult mai ușor de aplicat în practica silvică, fiind necesare determinări numai pentru aflarea umidității lemnului.

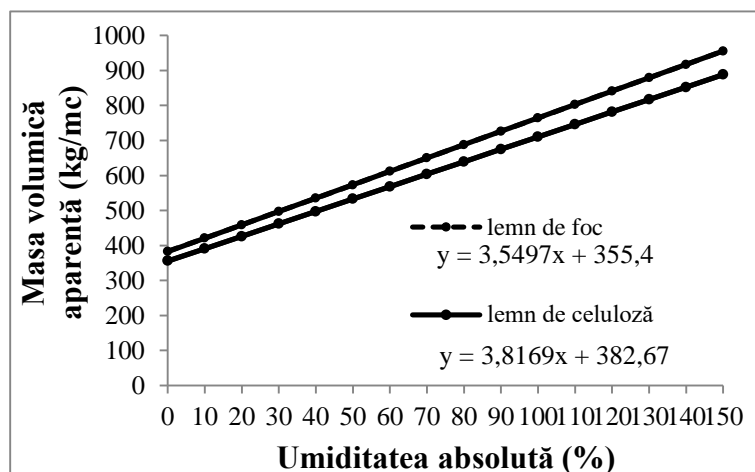


Fig. 33. Model linear pentru estimarea masei volumice aparente la lemnul de molid

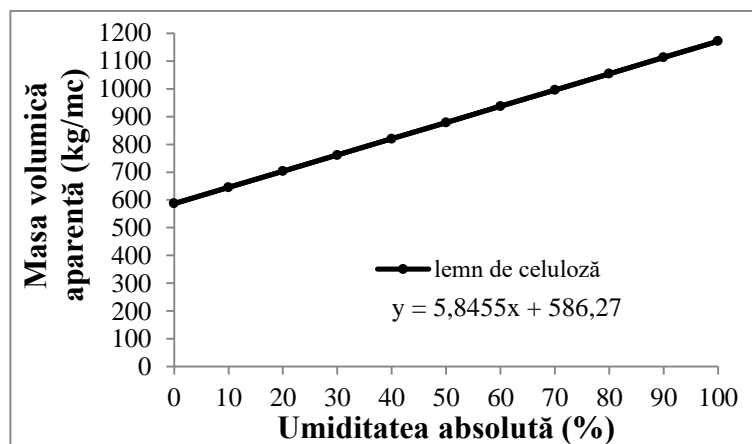


Fig. 34. Model linear pentru estimarea masei volumice aparente la lemnul de carpen

În urma analizării rezultatelor obținute cu privire la masa volumică aparentă, ca urmare a aplicării metodologiei de cercetare menționată, se poate constata că masa volumică în stare anhidră și implicit masa volumică aparentă variază în interiorul aceleiași specii cu proveniența. Valorile coeficientului de variație al masei volumice, pentru speciile și sortimentele de lemn luate în studiu, sunt prezentate în tabelul 53.

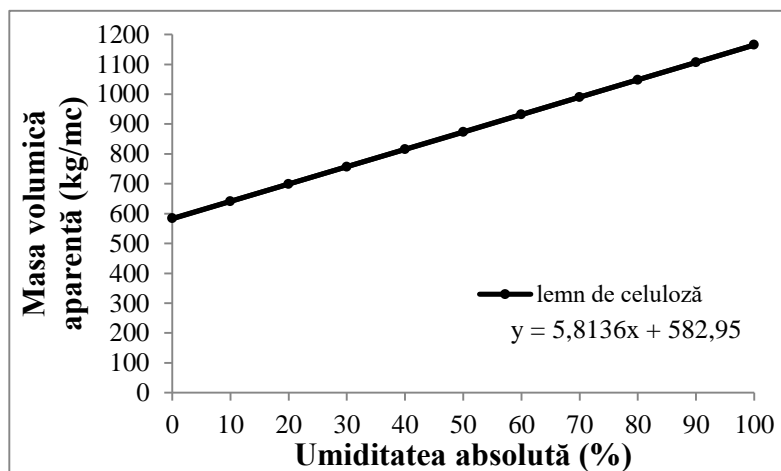


Fig. 35. Model linear pentru estimarea masei volumice aparente la lemnul de fag

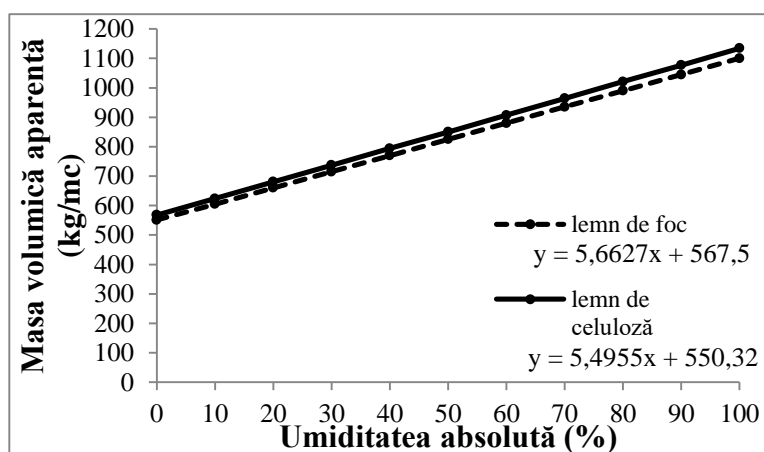


Fig. 36. Model linear pentru estimarea masei volumice aparente la lemnul de stejar și gorun

În general, valorile coeficientului de variație a masei volumice aparente a lemnului, la nivel intrapopulațional cât și interpopulațional, se situează sub valoarea de 10% menționată în literatura de specialitate ca fiind coeficientul de variație al densității specifice a lemnului (Giurgiu 1972). Vârsta arborilor, răspunsul acestora la condiții staționale diferite fac ca masa volumică a lemnului să varieze în cadrul aceleiași specii și chiar în cadrul aceleiași populații (Câmpu 2013; Câmpu și Ciubotaru 2013). Mai mult, masa volumică aparentă variază și în cuprinsul aceluiași arbore, având valori diferite la baza, mijlocul și vârful acestuia. Piesele de lemn din care s-au recoltat rondelele pentru analiză au provenit de la înălțimi diferite și potrivit

lui Duchesne *et al.* (1997) lemnul provenit din același arbore, de la baza, mijlocul și vârful acestuia are proprietăți diferite.

Tabelul 53. Coeficientul de variație al masei volumice aparente

Specia	Ocolul silvic	Coeficientul de variație intrapopulațional (s%)		Coeficientul de variație interpopulațional (s _i %)	
		Lemn de celuloză	Lemn de foc	Lemn de celuloză	Lemn de foc
Molid	Miercurea Sibiului	8,6	-	13,7	6,09
	Teliu	7,55	-		
	Măneciu	9,2	-		
	Vidraru	5,1	-		
Carpen	Mediaș -Șeica Mică-	-	-	4,03	0,98
	Mediaș -Bazna-	-	-		
	Dumbrăveni	-	-		
	Vâlcea	-	-		
Fag	Avrig	10,40	4,90	7,08	3,12
	Câmpina	9,04	5,56		
	Moreni	5,96	6,01		
	Curtea de Argeș	7,89	6,58		
Cvercinee	Sibiu	5,01	6,96	3,96	5,11
	Ploiești	7,08	6,29		
	Moreni	6,32	6,15		
	Curtea de Argeș	5,65	6,74		

5.3.3. Determinarea scăderii în masă a lemnului pe perioada de depozitare

Prin cântărirea pieselor de probă în fiecare lună, pe o perioadă de trei luni, s-a putut determina scăderea masei lemnului de celuloză și foc. Astfel în tabelele ce urmează (tabelele 54, 55, 56 și 57) este prezentată variația masei lemnului pe perioada de depozitare. În fiecare punct de lucru s-au preluat probe de lemn atât pentru lemnul de celuloză cât și pentru lemnul de foc. Probele de lemn au servit la determinarea umidității prin metoda uscării în etuvă până ce masa lor a rămas constantă. În parchetele în care lemnul de celuloză și lemnul de foc au provenit din același material lemnos umiditatea inițială a fost aceeași, scăderea în masă depinzând mai mult de poziția ocupată în stivă.

Scăderea în masă a materialului lemnos depozitat se datorează scăderii umidității lemnului și depinde în mare măsură de mersul vremii și de condițiile de depozitare. Astfel, Vintilă (1942) arată că umiditatea lemnului în aer liber este determinată în primul rând de variația umidității atmosferice și apoi de temperatură. De asemenea, a constatat că efectul unei ploii, asupra umidității lemnului, nu este decât la suprafață, iar după încetarea ploii suprafața lemnului cedează imediat atmosferei surplusul de apă pe care îl conține.

Tabelul 54. Scăderea în masă a lemnului de MOLID

Ocolul Silvic	Perioada de depozitare	Masa inițială (kg)	Umiditatea absolută inițială (%)	Scăderea în masă ($\frac{kg}{\%}$)		
				După ... luni de depozitare		
				1	2	3
Miercurea Sibiului	14.07 14.10.2011	510,15	37	<u>-5,10</u> -1,00	<u>-30,35</u> -5,95	<u>-25,60</u> -5,02
Teliu	02.08 02.11.2011	274,95	71	<u>-45,60</u> -16,58	<u>-64,35</u> 23,40	<u>-65,45</u> -23,80
Măneciu	17.08 17.11.2011	288,10	65	<u>-35,80</u> -12,43	<u>-49,35</u> -17,13	<u>-51,75</u> -17,96
Vidraru	30.08 30.11.2011	681,65	151	<u>-80,05</u> -11,74	<u>-135,60</u> -19,89	<u>-150,55</u> -22,09

Tabelul 55. Scădere în masă a lemnului de CARPEN

Ocolul Silvic	Perioada de depozitare	Masa inițială (kg)	Umiditatea absolută inițială (%)	Scăderea în masă ($\frac{kg}{\%}$)		
				După ... luni de depozitare		
				1	2	3
Mediaș -Șeica Mică-	05.08 05.11.2011	537,30	75	<u>-89,15</u> -16,59	<u>-105,00</u> -19,54	<u>-114,05</u> -21,23
Mediaș -Bazna-	08.08 08.11.2011	278,75	85	<u>-24,00</u> -8,61	<u>-45,65</u> -16,38	<u>-54,15</u> -19,42
Dumbrăveni	10.08 10.11.2011	328,45	77	<u>-29,15</u> -8,88	<u>-38,20</u> -11,63	<u>-45,60</u> -13,88
Vâlcea	25.08 25.11.2011	689,75	69	<u>-83,10</u> -12,05	<u>-98,95</u> -14,35	<u>-105,90</u> -15,35

În ceea ce privește dinamica scăderii masei lemnului depozitat se observă că scăderea cea mai accentuată se produce atunci când lemnul are o umiditate ridicată, respectiv în prima lună cu valori cuprinse între 11...17% la molid, 8...17% la carpen, 9...15% la fag și 6...11% la stejari, în

ultima lună scăderea în masă se situează între 0,4...2,2% la molid, 1,00...3,04% la carpen, 2,17...4,47% la fag și între 1,54...4,27% la stejari.

Tabelul 56. Scădere în masă a lemnului de FAG

Ocolul Silvic	Perioada de depozitare	Masa inițială (kg)	Umiditatea absolută inițială (%)	Scăderea în masă ($\frac{kg}{\%}$)		
				După ... luni de depozitare		
				1	2	3
Avrig	15.05 15.08.2012	623,55	69	<u>-80,90</u>	<u>-136,25</u>	<u>-164,10</u>
				-12,97	-21,85	-26,32
Câmpina	5.07 5.10.2012	806,85	68	<u>-74,82</u>	<u>-118,00</u>	<u>-135,50</u>
				-9,27	-14,62	-16,79
Moreni	12.06 12.09.2012	664,30	68	<u>-100,05</u>	<u>-158,30</u>	<u>-175,95</u>
				-15,06	-23,83	-26,49
Curtea de Argeș	26.06 26.09.2012	641,80	62	<u>-82,15</u>	<u>-116,90</u>	<u>-139,25</u>
				-12,80	-18,21	-21,70

Tabelul 57. Scădere în masă a lemnului de GORUN și STEJAR

Ocolul silvic	Perioada de depozitare	Masa inițială (kg)	Umiditatea absolută inițială (%)	Scăderea în masă ($\frac{kg}{\%}$)		
				După ... luni de depozitare		
				1	2	3
Sibiu	17.05 17.08.2012	655,15	64	<u>-51,00</u>	<u>-84,90</u>	<u>-112,90</u>
				-7,78	-12,96	-17,23
Ploiești	23.07 23.10.2012	593,05	58	<u>-35,30</u>	<u>-49,05</u>	<u>-58,15</u>
				-5,95	-8,27	-9,81
Moreni	14.06 14.09.2012	543,55	58	<u>-44,65</u>	<u>-71,05</u>	<u>-83,10</u>
				-8,21	-13,07	-15,29
Curtea de Argeș	28.06 28.09.2012	489,60	73	<u>-51,60</u>	<u>-74,45</u>	<u>-90,20</u>
				-10,54	-15,21	-18,42

În figurile 37a, 38a, 39a și 40a sunt prezentate curbele de descreștere a masei lemnului pe perioada de depozitare în fiecare locație studiată, iar în figurile 37b, 38b, 39b și 40b sunt prezentate curbele medii de descreștere a masei lemnului. Potrivit curbelor medii, scăderea masei lemnului față de masa inițială, la lemnul de molid, este în prima lună de 13,44%, în a doua lună de 20,14%, iar în a treia lună de 21,28%. Trebuie menționat că în cazul molidului, la calculul valorilor medii nu a fost luată în considerare populația Miercurea Sibiului deoarece lemnul de aici era provenit din arbori uscați pe picior (umiditatea inițială 37%), extrași prin tăieri de igienă. În cazul carpenului, masa scade în prima lună cu 11,53%, în a doua lună cu 15,47% și în a treia lună cu 17,47%. La lemnul de fag, după prima lună de depozitare masa scade cu 12,52%, după

două luni cu 19,63% iar după trei luni cu 22,82%. La lemnul de cvercinee, după prima lună de depozitare masa scade cu 8,12%, după două luni cu 12,38% iar după trei luni cu 15,19%.

În ceea ce privește curbele medii de descreștere, se observă că acestea pot fi estimate cu ajutorul unui model matematic de tipul funcției polinomiale de ordinul 2, în toate situațiile analizate, coeficientul de determinație R^2 fiind mai mare de 0,99 ($R^2 = 0,9998$ la molid, $R^2 = 0,9913$ la carpen, $R^2 = 0,9996$ la fag și $R^2 = 0,9978$ la cvercinee).

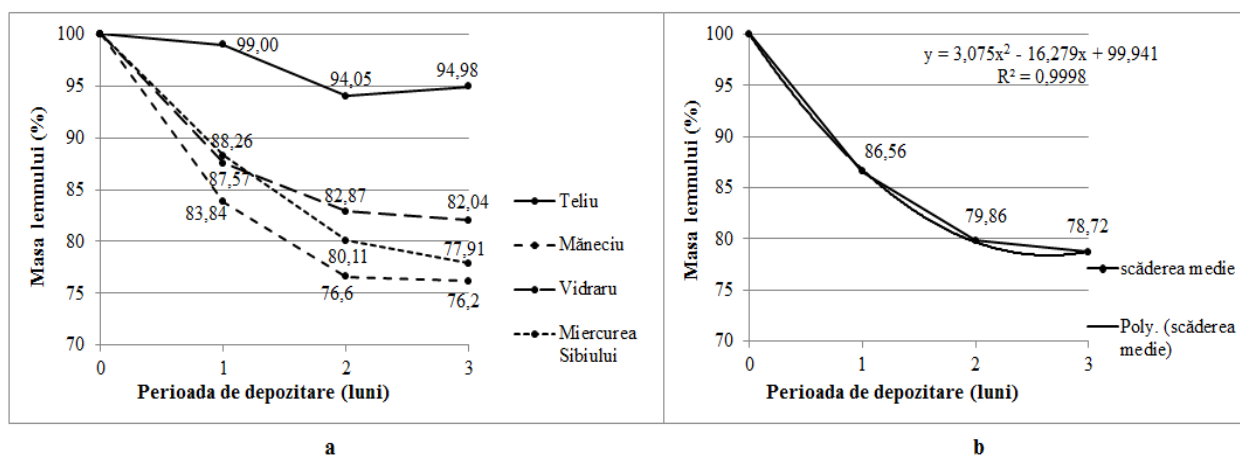


Fig. 37. Scăderea masei lemnului de molid: a – scăderea masei lemnului în locațiile studiate; b – curba medie a scăderii masei lemnului de molid

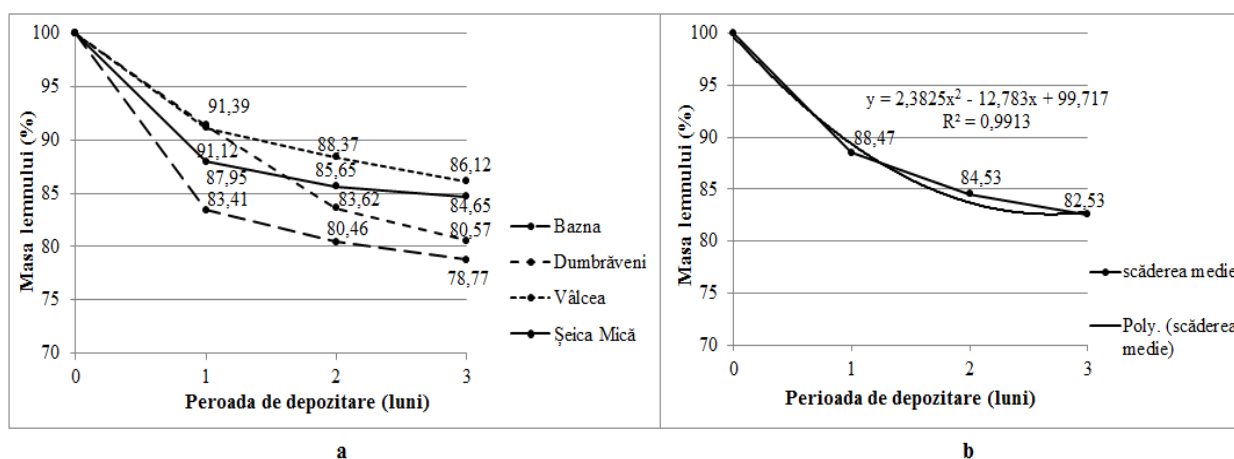


Fig. 38. Scăderea masei lemnului de carpen: a – scăderea masei în locațiile studiate; b – curba medie a scăderii masei lemnului de carpen.

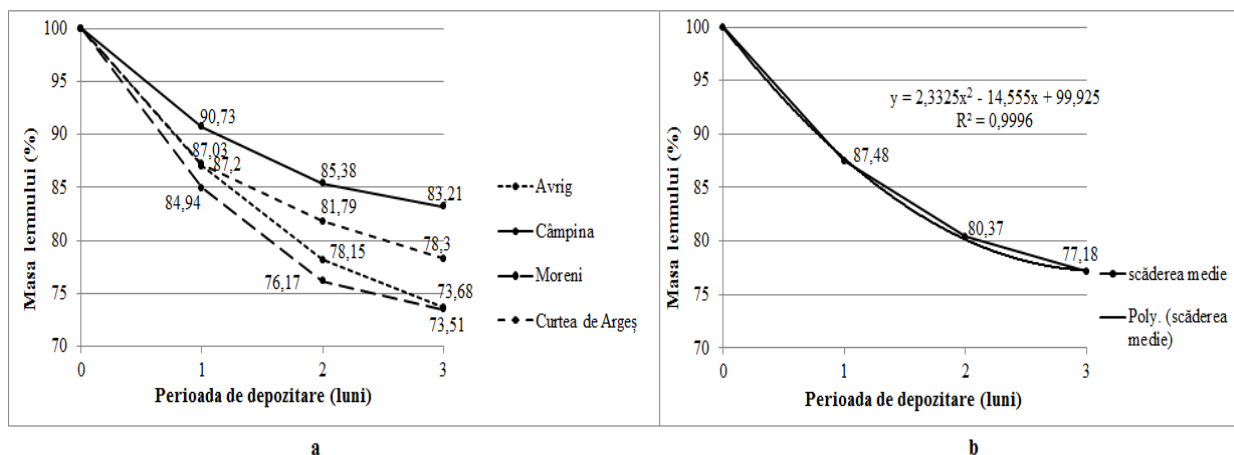


Fig. 39. Scăderea masei lemnului de fag: a – scăderea masei în locațiile studiate; b – curba medie a scăderii masei lemnului de fag.

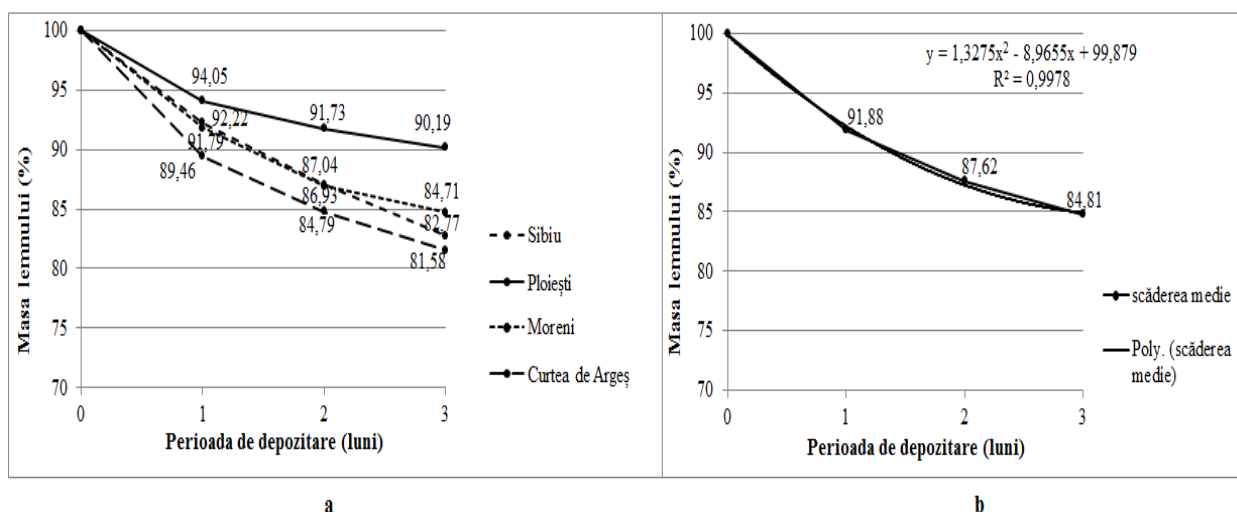


Fig. 40. Scăderea masei lemnului de cvercinee: a – scăderea masei în locațiile studiate; b – curba medie a scăderii masei lemnului de cvercinee.

5.3.4. Măsurarea umidității lemnului

5.3.4.1. Alegerea metodei de măsurare

Metoda de determinare a umidității lemnului prin utilizarea umidometrelor electrice, deși este ușor de aplicat, prezintă unele dezavantaje majore. Domeniul de aplicabilitate al metodei electrice la măsurarea umidității lemnului este limitat la domeniul apei legate, la umidități situate

sub 25% (Beldeanu 2001). Precizia de măsurare a umidității lemnului stivuit depinde de mai mulți factori, dintre care cei mai importanți sunt uniformitatea distribuției apei în lemn și temperatura lemnului. Majoritatea umidometrelor electrice măsoară rezistența lemnului la trecerea curentului electric. Această rezistență este mare în cazul lemnului uscat și scade odată cu creșterea umidității lemnului, pe măsură ce apa pătrunde în golurile intracelulare, măsurătorile fiind mai precise la umidități situate sub punctul de saturație a fibrei. La aceeași umiditate rezistența lemnului la trecerea unui curent electric scade cu creșterea temperaturii lemnului și invers. Dependența de temperatura lemnului fiind mai mare cu cât umiditatea este mai mare. De asemenea, odată cu creșterea temperaturii, punctul de saturație a fibrei se micșorează. La fag acesta are valorile de 39% la 20°C și de 29% la 60°C (Beldeanu 2001). Pe de altă parte, umidometrele electrice măsoară umiditatea relativă a lemnului în timp ce, tabelele dendrometrice ce fac referire la masa volumică aparentă a lemnului, la greutatea lemnului sau la factori de conversie pentru transformarea tonelor în metri cubi au ca principal factor determinant umiditatea absolută a lemnului, fiind astfel necesară transformarea umidității relative în umiditate absolută. Mai mult, valorile umidității absolute a lemnului proaspăt doborât menționate în tabelele 54, 55, 56 și 57 sunt mult peste limita domeniului de aplicabilitate a metodei electrice de 25%. În general, speciile de foioase tari sunt cotate cu o umiditate absolută cuprinsă între 60...100% iar speciile de rășinoase între 100...150% (Beldeanu 2001).

Metoda de determinare a umidității lemnului prin uscarea în etuvă a unor probe de lemn, deși mai laborioasă, este precisă. Umiditatea probei de lemn, în acest caz o rondea, este mult mai reprezentativă pentru secțiunea din care provine decât umiditatea determinată punctiform cu umidometrul electric. Această metodă este indicată mai ales în cazul speciilor care au alburn și duramen, cazul stejarului, unde umiditatea în alburn este de 60...90% iar în duramen de 45...65% (Beldeanu 2001). O atenție deosebită trebuie acordată temperaturii de uscare. Aceasta nu trebuie să depășească $103 \pm 2^\circ\text{C}$ (Vintilă 1943; Ghelmeziu 1944; Leahu 1994; Beldeanu 2001; Dumitrașcu and Bădescu 2009) deoarece la temperaturi mai mari de 110°C se înregistrează o pierdere de masă datorită degradărilor ce se produc în compoziția chimică a lemnului. Astfel, Kollmann și Côté (1968) estimează pierderea de masă la lemnul de fag ca fiind de 5% la temperatura de 150°C și de 28% la temperatura de 180°C pentru o perioadă de uscare de 30 de ore.

Pentru exemplificare, la specia carpen, în cele patru locații cercetate, odată cu preluarea rondelilor în vederea determinării umidității lemnului prin metoda uscării în etuvă și a masei uscate a acestuia, s-a măsurat umiditatea lemnului cu umidometrul electronic Gann Hydromette HT 85 T (Câmpu 2012c). În acest fel a fost determinată umiditatea relativă a lemnului în secțiune transversală, aceasta fiind media a trei măsurători. Măsurătorile au fost efectuate la o distanță față de periferia secțiunii transversale de cca 1/3 din lungimea razei (Fig. 41). Umiditatea absolută a fost determinată pe baza următoarei relații de calcul cunoscută în literatura de specialitate:

$$u = \frac{x}{1 - x},$$

în care:

u – este umiditatea absolută;

x – umiditatea relativă măsurată cu umidometrul electronic.

S-au determinat astfel, valorile umidității lemnului de carpen proaspăt doborât prin cele două metode luate în considerare, rezultatele fiind prezentate în tabelul 58.

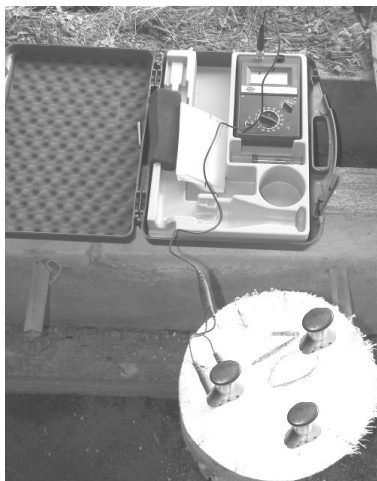


Fig. 41. Măsurarea umidității relative a lemnului

Rezultatele obținute au arătat la lemnul de carpen proaspăt doborât diferențe între valorile umidității absolute a lemnului determinate cu umidometrul electric și prin uscare în etuvă cuprinse între 19,58% și 68,81%. Diferențele mari obținute prin aplicarea celor două metode recomandă, încă odată, folosirea metodei electrice doar în domeniul ei de aplicabilitate,

menționat în literatura de specialitate (Beldeanu 2001) ca fiind până la valori ale umidității absolute de 25%.

Tabelul 58. Umiditatea absolută a lemnului de carpen proaspăt doborât

Nr. crt.	Locul cercetărilor							
	Șeica Mică		Bazna		Dumbrăveni		Vâlcea	
	u (%)		u (%)		u (%)		u (%)	
	a	b	a	b	a	b	a	b
1	73,93	85,87	86,51	131,75	91,63	133,10	70,59	90,48
2	77,76	101,61	101,04	128,83	70,68	96,66	71,60	135,29
3	79,44	104,8	106,36	107,47	76,12	101,01	82,03	129,89
4	75,05	76,68	60,30	127,01	76,58	107,04	74,33	124,72
5	75,78	80,50	108,34	135,29	78,95	131,75	65,22	110,97
6	74,27	108,33	98,23	99,60	78,14	133,64	62,31	110,97
7	72,08	85,18	77,73	98,41	90,12	120,26	75,48	122,22
8	73,23	90,47	75,42	165,25	79,82	104,92	64,92	138,10
9	71,63	73,91	45,93	143,90	78,43	126,76	53,63	124,47
10	76,87	104,08	96,48	150,00	70,76	119,78	57,60	125,23
11	96,74	106,39	-	-	71,55	118,82	71,08	136,41
12	70,18	100,20	-	-	75,29	89,75	60,19	139,52
13	63,26	92,12	-	-	74,09	87,97	72,84	135,85
14	65,08	99,40	-	-	79,43	87,62	70,58	167,74
15	78,60	88,14	-	-	79,76	96,08	60,77	142,72
16	70,32	86,39	-	-	-	-	64,50	142,13
17	74,79	90,11	-	-	-	-	60,89	140,96
18	58,87	94,93	-	-	-	-	61,90	118,34
19	68,53	93,05	-	-	-	-	85,77	145,10
20	78,98	113,67	-	-	-	-	81,63	140,96
21	77,72	121,23	-	-	-	-	85,15	139,23
22	96,83	111,19	-	-	-	-	84,60	135,85
23	79,70	84,33	-	-	-	-	72,16	130,95
24	66,27	82,81	-	-	-	-	64,51	149,38
25	78,04	113,90	-	-	-	-	71,50	134,74
26	80,63	102,02	-	-	-	-	67,80	186,53
27	79,97	108,11	-	-	-	-	58,39	121,48
28	63,47	84,16	-	-	-	-	69,00	150,00
29	74,34	74,21	-	-	-	-	56,81	108,99
30	66,83	78,57	-	-	-	-	65,16	135,29
Valoarea medie	74,59	94,17	85,05	126,24	77,18	110,13	68,84	136,85

a – metoda uscării în etuvă; b – metoda electrică.

5.3.4.2. Mărimea și constituirea eșantionului de piese de probă

În cuprinsul stivelor de lemn umiditatea este variabilă, astfel că pentru determinarea unor valori reprezentative trebuie analizat un număr de probe luate din mai multe puncte. Se pune,

astfel problema determinării mărimii eşantionului și a zonelor din stivă de unde să se extragă probele de lemn.

Determinarea statistică a mărimii eşantionului presupune următoarele calcule (Câmpu 2014):

$$n = \frac{u^2 \cdot s_{\%}^2 \cdot N}{N \cdot \Delta_{\%}^2 + u^2 \cdot s_{\%}^2};$$

în care:

n – numărul de piese de probă;

$u = 1,96$ – abaterea normată a distribuției normale, corespunzătoare probabilității de transgresiune $\alpha = 5\%$;

$S_{\%}$ - coeficientul de variație al numărului de piese de lemn dintr-o suprafață de 1 m^2 de pe fața unei stive ($S_{\%} = 20,71\%$ la fag și $S_{\%} = 22,57\%$ la stejari). Coeficientul de variație s-a calculat pentru 8 stive de lemn de celuloză cu dimensiunile $2 \times 1 \times 1 \text{ m}$ și diametrul mediu de 20 cm la fag și 18 cm la stejari.

$\Delta_{\%} = \pm 10\%$ - eroarea limită adoptată;

N - numărul mediu de piese de lemn dintr-o suprafață de 1 m^2 de pe fața unei stive (23 pentru fag și 28 pentru stejari);

Cunoscând parametrii care intervin în stabilirea numărului de piese de probă, prin aplicarea formulei s-a ajuns la un număr de 10 piese pentru fag și 12 pentru stejari. Pentru că $n < 30$, rezultatul obținut se consideră ca valoare provizorie n' , n fiind recalculat, cu aceeași formulă în care u se înlocuiește cu t (distribuția t Student) la $f = n' - 1$ grade de libertate (Giurgiu 1972).

Aplicând din nou formula s-a obținut un număr de piese de probă de 11 pentru fag și 13 pentru stejari. Calculul mărimii eşantionului pentru stive de lemn având caracteristicile menționate mai sus este prezentat în tabelul 59 pentru stive de lemn cu suprafața unei fețe laterale de până la 30 m^2 .

Se observă că mărirea eşantionului crește semnificativ până la o suprafață a stivei de 10 m^2 , după care creșterea este cu cel mult o piesă la fiecare 10 m^2 adăugați la suprafața stivei, la fiecare specie studiată. Astfel, pentru stive de lemn de celuloză cu suprafața de până la 30 m^2 , în

cazul fagului, mărimea eşantionului este din 19 de piese de lemn, iar în cazul stejarului din 22 de piese de lemn. Mărimea eşantionului depinde de valoarea coeficientului de variație al numărului de piese de lemn din stivă și de numărul pieselor din stivă. De aceea, determinarea coeficientului de variație al numărului de piese de lemn din stivă trebuie să se facă pe stive de lemn din același sortiment, acestea fiind considerate populații statistice omogene sub raportul dimensiunilor. Procedând în același mod, se poate determina mărimea eşantionului și în cazul celorlalte specii.

Piese de lemn stivuite, depozitate o perioadă de timp, ajung la umidități reprezentative pentru zonele stivei din care provin. Referitor la acest aspect Ghelmeziu (1944) distinge trei zone (de sus, de la mijloc și de jos) în cuprinsul unei stive. Zonei de mijloc îi revine $\frac{1}{2}$ din înălțimea stivei și este considerată o zonă cu umiditate medie, iar zonelor de sus și de jos câte $\frac{1}{4}$, zona de sus fiind considerată cu umiditate mai redusă iar cea de jos cu umiditate mai ridicată decât cea medie. Astfel, numărul de piese ce trebuiesc măsurate se repartizează pe cele trei zone, zonei din mijloc revenind $\frac{1}{2}$ din numărul de piese, iar celorlalte de sus și de jos câte $\frac{1}{4}$ din numărul de piese. Odată stabilit numărul pieselor de lemn pe zone de umiditate ale stivei, alegerea pieselor de probă trebuie să se facă astfel încât acestea să aibă un diametru apropiat de diametrul mediu al pieselor de lemn din stivă.

Tabelul 59. Calculul statistic al mărimii eşantionului

Număr de piese din stivă	Suprafața feței stivei (m ²)	Mărimea eşantionului		Număr de piese din stivă	Suprafața feței stivei (m ²)	Mărimea eşantionului	
		Nr. piese de lemn	%			Nr. piese de lemn	%
Fag				Stejar			
23	1	11	48	28	1	13	46
46	2	14	30	56	2	17	30
69	3	16	23	84	3	18	21
92	4	16	17	112	4	19	17
115	5	17	15	140	5	20	14
138	6	17	12	168	6	20	12
161	7	17	11	196	7	20	10
184	8	18	10	224	8	21	9
207	9	18	9	252	9	21	8
230	10	18	8	280	10	21	8
460	20	19	4	560	20	22	4
690	30	19	3	840	30	22	3

5.3.4.3. Secțiunea de unde se extrage proba de lemn

La capetele pieselor de lemn depozitate, umiditatea măsurată este mai mică decât în cuprinsul lemnului. Pentru determinarea distanței față de capete, unde umiditatea lemnului devine reprezentativă pentru întreaga piesă de lemn, pe baza determinărilor umidității la rondelele de lemn extrase din 5 în 5 centimetri, s-a determinat variația umidității până la o distanță de 50 de cm față de capete (Fig. 42, 43, 44 și 45) (Câmpu 2014).

Din analiza figurilor menționate mai sus se observă că umiditatea lemnului la capetele pieselor de lemn scade repede și se apropie de umiditatea aerului specifică locului de depozitare. Determinările făcute la speciile studiate, au scos în evidență că distanța față de capete, unde umiditatea lemnului devine reprezentativă pentru întreaga piesă, depinde de perioada de depozitare. Cu cât perioada de depozitare este mai mare cu atât distanța față de capetele piesei este mai mare, nedeșăind însă 20 cm la molid și 10 cm la speciile de foioase studiate pentru o perioadă de depozitare de trei luni. Peste 10 cm, respectiv 20 cm la molid, distanță față de capetele pieselor de lemn, umiditatea lemnului specifică secțiunii din care provine roneaua rămâne relativ constantă, variația fiind mai mică de 5%. Ghelmeziu (1944) a stabilit, la lobde de fag, că umiditatea cea mai apropiată de a lobdei întregi se găsește la 15 și 30 cm de la ambele capete ale lobdei. Caracteristic însă pieselor de lemn cu coajă este faptul că acestea pierd apa conținută numai pe la capetele lor.

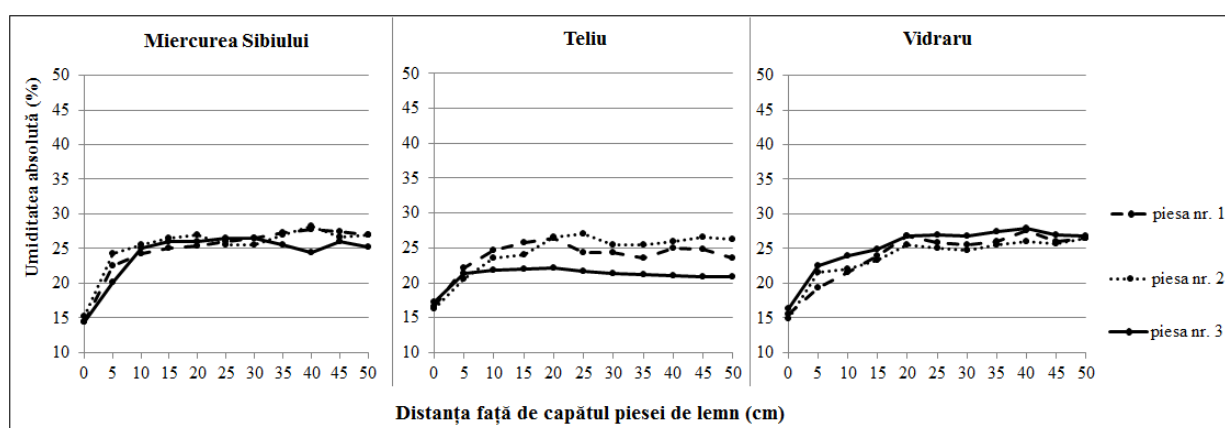


Fig. 42. Variația umidității absolute a lemnului de molid pe o distanță de 50 cm de la capătul pieselor de lemn

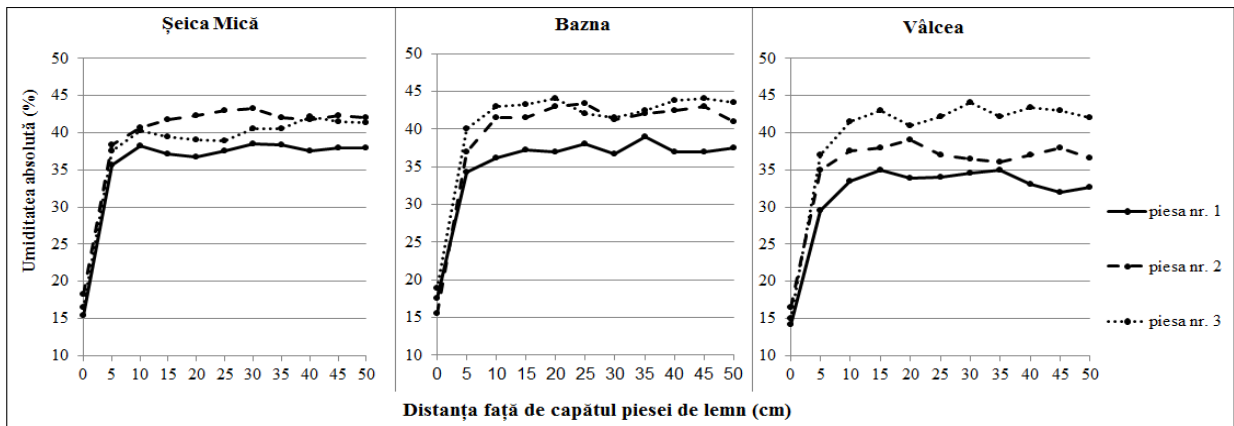


Fig. 43. Variația umidității absolute a lemnului de carpen pe o distanță de 50 cm de la capătul pieselor de lemn

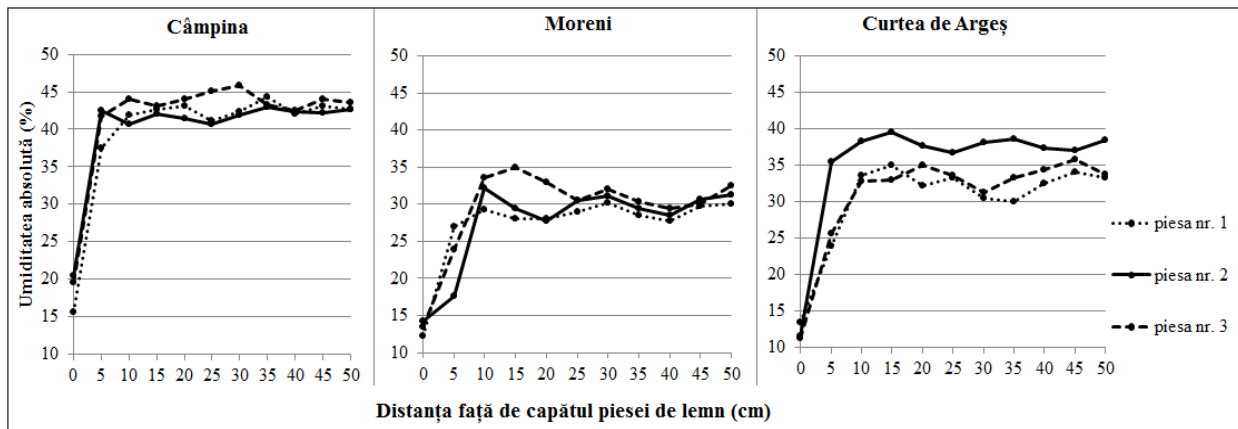


Fig. 44. Variația umidității absolute a lemnului de fag pe o distanță de 50 cm de la capătul pieselor de lemn

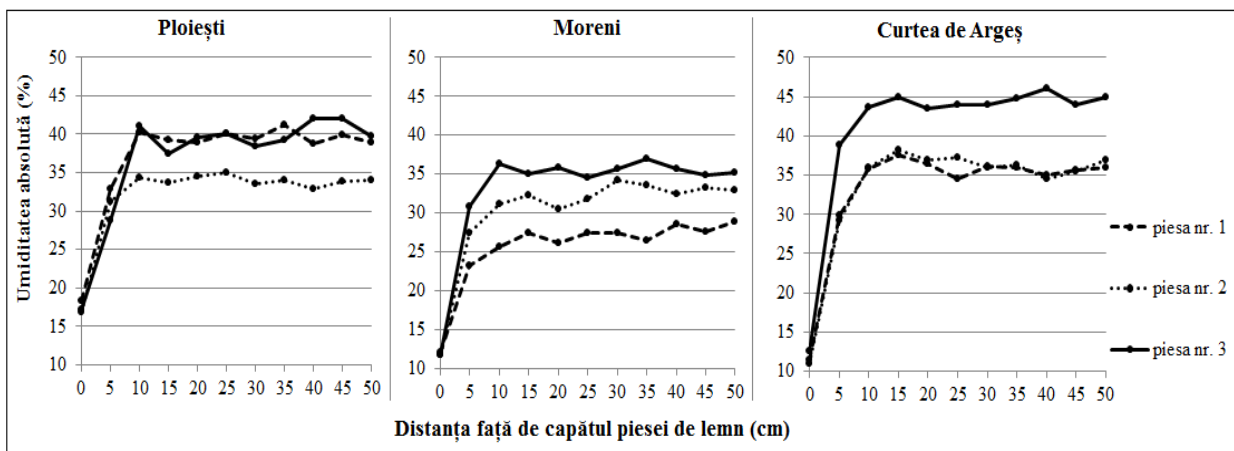


Fig. 45. Variația umidității absolute a lemnului stejar și gorun pe o distanță de 50 cm de la capătul pieselor de lemn

5.4. Concluzii

5.4.1. Cu privire la factorul de cubaj

Diferențele constatate între valorile factorilor de cubaj pentru sortimentele de lemn de 1 m lungime și cele obținute pentru sortimentele cu lungimi de 2 și 3 metri scot în evidență necesitatea determinării factorilor de cubaj pentru sortimentele de lemn cu lungimi mai mari de 1 m. Pe de altă parte, variația valorilor factorilor de cubaj obținute pentru sortimentele de lemn studiate evidențiază, necesitatea introducerii, în practica silvică, a unor metode care să permită determinarea factorilor de cubaj pentru fiecare stivă de lemn, în detrimentul folosirii unor factori de cubaj medii. O astfel de metodă o reprezintă *metoda suprafețelor* luată în considerare în această lucrare și care se încadrează din punct de vedere al erorii în limita acceptată de $\pm 3\%$. În ceea ce privește metoda diagonalelor, aceasta nu se recomandă la determinarea factorului de cubaj pentru sortimentele de lemn cu lungimi mai mari de 1 m, valorile obținute depășesc în majoritatea cazurilor limita acceptată. Deși diferențele între factorii de cubaj obținuți prin metodele *S* și *D* raportate la cei obținuți prin metoda *X* sunt ne semnificative ($p > 0,05$, la testul *t* și la testul Wilcoxon Signed Rank), coeficienții de variație (între 2,5 – 13,6% la metoda *S* și între 2,0 – 17% la metoda *D*) plasează metoda *S* în fața metodei *D* în ceea ce privește precizia de determinare a factorilor de cubaj.

Stabilirea de corelații între factorii de cubaj, diametrul mediu al pieselor de lemn și numărul acestora cuprins într-o suprafață de 1 m² pe fața stivei este destul de dificilă fiind necesar un număr mare de măsurători. În lucrarea de față deși s-a stabilit că există o corelație lineară multiplă între variabilele studiate ($F < 0,05$), numai în cazul lemnului de celuloză cu lungimea de 3 m s-a determinat o influență semnificativă a numărului de piese ($0,01 < P\text{-value} < 0,05$) și a diametrului mediu ($0,001 < P\text{-value} < 0,01$) asupra factorului de cubaj.

Metodologia folosită la determinarea factorilor de cubaj, bazată pe raportul dintre volumul real de lemn și cel aparent al figurii, poate fi folosită atât în cazul sortimentelor de lemn fasonate la lungimi de doi și trei metri, precum și la alte lungimi cu condiția să fie respectate cerințele referitoare la pregătirea și măsurarea figurilor de lemn.

5.4.2. Cu privire la masa volumică aparentă

Rezultatele obținute arată că masa volumică în stare anhidră și implicit masa volumică aparentă variază în funcție de vârsta arborilor și de condițiile de vegetație exprimate prin bonitatea stațiunii. Metodologia de lucru aplicată a permis determinarea factorilor de conversie necesari la transformările între masă și volum, de asemenea a permis stabilirea unor ecuații de regresie pentru determinarea masei volumice aparente în care singura variabilă independentă este umiditatea absolută a lemnului. Prin determinarea coeficienților de variație a masei volumice a lemnului s-a scos în evidență, pe de o parte, importanța constituirii unor loturi reprezentative pentru materialul lemnos supus determinărilor, iar pe de altă parte importanța utilizării valorilor locale în detrimentul valorii medii.

5.4.3. Cu privire la scăderea în masă a lemnului și la măsurarea umidității lemnului

După doborârea arborilor și fasonarea lor, piesele de lemn rezultate pierd apa liberă conținută, ca urmare a procesului de uscare naturală. Această pierdere de apă înseamnă o scădere a masei lemnului, care pe o perioadă de trei luni ajunge la 17,96...23,80% la molid, 13,88...21,23% la carpen, 16,79...26,49% la fag și 9,81...18,42 la stejar, în funcție de condițiile de depozitare și sub directă influență a factorilor climatici. Scăderea cea mai accentuată se produce atunci când lemnul are o umiditate ridicată, respectiv în prima lună de depozitare.

Cercetările întreprinse au arătat că scăderea în masă a lemnului pe o perioadă de depozitare de trei luni de zile poate fi estimată cu ajutorul unui model matematic de tipul funcției polinomiale de ordinul 2. În toate situațiile analizate, coeficientul de determinație R^2 fiind mai mare de 0,99.

Alegerea metodei de determinare a umidității lemnului trebuie făcută ținând cont de domeniul de aplicabilitate al fiecărei metode în parte.

Mărimea eșantionului de piese de probă este determinată de coeficientul de variație al numărului de piese de lemn și de suprafața stivei. În general, un eșantion din 20 de piese de lemn, în cazul fagului și de 22 de piese de lemn în cazul stejarului, este reprezentativ pentru stive de lemn de celuloză cu o suprafață între 10...30 m².

Distanța față de capătul pieselor de lemn, unde umiditatea lemnului devine reprezentativă pentru întreaga piesă, depinde de durata de depozitare și de specie.

(B-ii) Planuri de evoluție și dezvoltare a carierei

1. Introducere

Activitatea profesională desfășurată în decursul ultimilor nouă ani s-a dezvoltat în colectivul Departamentului de Exploatare Forestiere, Amenajarea Pădurilor și Măsurători Terestre al Facultății de Silvicultură și Exploatare Forestiere din Brașov. În acest context am participat la diverse activități de natură didactică, științifică, de cercetare și colaborare cu firme din domeniul silviculturii și exploatare forestiere. Colectivul departamentului este unul dinamic și valoros cu un potențial foarte ridicat de evoluție în domeniul științific și educațional. În cadrul acestui colectiv doresc să îmi construiesc profilul profesional în următorii ani, să dezvolt relații profesionale cu colegii de departament care să conducă la un câștig dublu, atât al meu cât și al colegilor de departament. De asemenea, îmi doresc să rămân la fel de prolific, să măresc vizibilitatea departamentului prin adăugarea unui plus de valoare ca urmare a creșterii numărului și calității lucrărilor de cercetare și dezvoltării relațiilor cu mediul universitar și economic. În același timp îmi doresc ca prin aportul personal adus realizărilor departamentului și facultății, aceasta din urmă să continue să reprezinte principala școală formatoare de ingineri silvici cu o calitate profesională, morală și umană de excepție.

În cele ce urmează sunt prezentate experiența profesională în activitatea didactică și de cercetare ca punct de plecare în elaborarea planului de dezvoltare a carierei universitare.

2. Experiența profesională

➤ Activitatea de cercetare

Acumularea de experiență în cercetare începe în luna iunie a anului 2004, odată cu ocuparea postului de inginer cercetare în cadrul Colectivului de Cercetare al Institutului de Cercetări și Amenajări Silvice, Stațiunea Brașov, biroul de Biometrie. În cadrul acestui colectiv am participat la lucrări de teren și birou în cadrul următoarelor teme de cercetare:

- Tema R24.RB / 2004, beneficiar I.C.A.S. București: *Cercetări complexe în suprafețe experimentale permanente privind dinamica structurii creșterii și productivității arboretelor în vederea optimizării gospodăririi acestora;*

- Tema P8 / 2004, beneficiar I.C.A.S. București: *Cercetări privind stabilirea țelurilor de gospodărire în făgetele și amestecurile de fag cu rășinoase din Bazinul Superior al Tărlungului;*
- Tema P7 / 2005, beneficiar O.S.E. Săcele: *Actualizarea și recondiționarea rețelei suprafețelor experimentale de lungă durată din cadrul O.S.E. Săcele;*

Este perioada în care am acumulat importante informații cu privire la organizarea lucrărilor de teren în cadrul temelor de cercetare, la modalitatea de amplasare a suprafețelor experimentale, la măsurarea caracteristicilor biometrice ale arborilor. Informațiile dobândite s-au dovedit a fi foarte utile pe perioada doctoratului.

În luna octombrie a anului 2005 am fost admis la doctorat, forma cu frecvență, avându-l îndrumător pe domnul prof. dr. ing. Arcadie Ciubotaru. Tema abordată în cadrul tezei de doctorat a fost intitulată *Cercetări privind posibilitățile de evaluare a calității lemnului pe picior, în arborete pure de fag (Fagus Sylvatica L.) din Bazinul Tărlungului* și a dus la câștigarea grantului TD 275 în Competiția CNCSIS în anul 2007, cu un punctaj de 93 de puncte. În timpul derulării grantului și după terminarea acestuia și a tezei de doctorat au fost publicate 11 articole despre principalele defecte care afectează calitatea arborilor de fag. De asemenea, a fost publicată cartea științifică *Defectele vizibile și calitatea arborilor în făgete*. În timpul cercetărilor s-au abordat aspecte ce au constat în determinarea frecvenței defectelor, influența vârstei, a expoziției și a înclinării terenului asupra frecvenței acestora. Totodată, s-au stabilit numeroase corelații între caracteristici măsurabile la exteriorul trunchiului și particularități ale defectelor la interior. Prin prisma calității arborilor s-a evaluat calitatea arboretelor studiate și s-a determinat ponderea de participare a defectelor la clasificarea calitativă a arborilor.

Pe perioada doctoratului am făcut parte din echipa de cercetare a două proiecte câștigate în competiție națională și anume:

- PN-II IDEI 172/2007, *Indicatori de evaluare a calității ecosistemelor forestiere (IECEF), în corelație cu punerea în valoare a masei lemnoase, 2007 – 2010, finantare CNCSIS, director de proiect prof.dr.ing. Arcadie Ciubotaru, Universitatea Transilvania din Brașov;*
- PN-II IDEI 204/2007 *Elaborarea ghidurilor silviculturale ale unor specii de foioase prețioase (cireș, frasin comun și paltin de munte) de interes major în*

România și în Europa, 2007 – 2010, finanțare CNCSIS, director de proiect prof.dr.ing. Nicolescu Valeriu Norocel, Universitatea Transilvania din Brașov.

După terminarea doctoratului am revenit pentru un an în colectivul de Biometrie de la I.C.A.S. Brașov unde am deținut calitatea de membru în echipa de cercetare a două contracte:

- Tema 8.5 / 2009, beneficiar Regia Națională a Pădurilor – Romsilva: *Procedee tehnice și metode practice pentru determinarea volumului arborilor în raport cu diametrul măsurat la cioată*, responsabil temă dr. ing. Ovidiu Badea, I.C.A.S. București;
- Proiect Life Futmon 07 ENV/D/000218/2009: *Further development and implementation of an EU – level forest monitoring system*, coordonator pentru Romania dr. ing. Ovidiu Badea, I.C.A.S. București.

Începând cu luna octombrie a anului 2009 am ocupat prin concurs postul de Șef de lucrări în Catedra de Exploatare Forestiere, ulterior Departamentul de Exploatare Forestiere, Amenajarea Pădurilor și Măsurători Terestre a Facultății de Silvicultură și Exploatare Forestiere din Brașov. În această calitate activitatea de cercetare a continuat fiind preocupat de următoarele direcții de cercetare:

- *Efectele ecologice ale activității de exploatare a pădurilor exprimate prin nivelul prejudiciilor produse arborilor pe picior și semințului*. Tema a fost abordată în 3 articole și într-un contract cu terți 10767/2010 „*Cercetări privind eficiența metodelor moderne de exploatare a pădurilor și oportunitatea introducerii lor în arborete situate în condiții naturale variate*”, care a avut ca scop principal determinarea structurii prejudiciilor produse arborilor pe picior la folosirea tehnologiei CTL de exploatare a lemnului. Rezultatele s-au concretizat într-un articol publicat în revista indexată ISI Environmental Engineering and Management Journal.

- *Măsurarea lemnului și a particularităților acestuia* reprezintă tema abordată în contractul cu terți 5847/2011 „*Cercetări privind determinarea factorilor de cubaj, de așezare și a masei specifice a lemnului destinat industriei de celuloză și a lemnului de foc, pe specii, fasonat la doi și trei metri*” finanțat de Regia Națională a Pădurilor

Romsilva. Rezultatele obținute au condus la publicarea mai multor articole: 4 în publicații indexate BDI, 2 în proceedings indexate ISI, 1 în revista Wood Research indexată ISI și a cărții științifice „Măsurarea lemnului stivuit”. Preocuparea pentru determinarea cât mai exactă a volumelor de lemn stivuite a continuat și după terminarea contractului, pentru sortimente de lemn despicat cu lungimi mai mici de 1 m, stivuite pe paleți sau în figuri cilindrice. Mai mult, experiența acumulată a fost ulterior folosită la inventarea unui dispozitiv pentru măsurarea lemnului stivuit. În colaborare cu ing. Vlad Moașa, la acea vreme student în anul IV, în cadrul lucrărilor de elaborare a proiectului de diplomă a fost dezvoltat dispozitivul amintit, astăzi fiind în curs de brevetare.

Din anul 2006 până în prezent am publicat 28 de articole și 4 cărți (2 cărți științifice ca unic autor, 1 carte de specialitate ca unic autor și 1 carte de specialitate în calitate de coautor). Din cele 28 de articole, 6 sunt articole în reviste indexate ISI, 2 în proceedings indexat ISI și 15 în reviste sau buletine indexate BDI (tab. 1). De asemenea, dețin calitatea de a fi prim autor la 22 de articole din cele 28. Permanenta preocupare în ceea ce privește activitatea de cercetare reiese și din cererea de brevet de invenție depusă la OSIM pentru dispozitivul electronic de determinare a volumelor de lemn stivuite. Aceste rezultate arată directă implicare în organizarea, conducerea și elaborarea lucrărilor de cercetare.

Tabelul 1. Performanța în cercetare

Articole publicate	Unic autor	Autor principal/auror corespondent	Coautor	Total
Indexate ISI	-	5	1	6
Lucrări în proceedings ISI	1	1	-	2
Indexate în baze de date internaționale	8	5	2	15
În volumele conferințelor naționale și internaționale	3	-	2	5
Total articole	12	11	5	28
Cărți				
Cărți științifice	2	-	-	2
Cărți de specialitate	1	-	1	2
Total cărți	3	-	1	4
Cerere de brevet de invenție	-	1	-	1

➤ **Activitatea didactică**

Activitatea didactică am început-o în perioada doctoratului în anul 2005, când am coordonat activitățile didactice de la lucrările practice ale disciplinelor Exploatarea pădurilor, Prelucrarea lemnului și Tehnologia prelucrării lemnului. Mai târziu, în anul 2009, am ocupat prin concurs postul de Șef de lucrări în Catedra de Exploatare Forestiere devenind astfel titularul disciplinelor amintite mai sus. În anii care au urmat 2010 – 2012 am absolvit Modul psihopedagogic nivelul I și II. Participarea mea la cursurile din aceste programe de pregătire a cadrelor didactice m-a făcut să intru în contact cu metodele moderne de predare ceea ce a condus la perfecționarea strategiilor de predare – învățare – evaluare. Cunoștințele dobândite în această perioadă au fost intens aplicate în activitatea didactică, în relația cadru didactic – student. Astfel, lucrările practice au un caracter aplicativ, interacțiunea dintre cadru didactic și student fiind maximă. Totodată, am fost preocupat de a asigura transmiterea unor cunoștințe fundamentale, permanent actualizate, în concordanță cu cerințele impuse de o pregătire corespunzătoare, în domeniu, a inginerului silvic. În acest sens am colaborat la elaborarea și publicarea cărții de specialitate - *Exploatarea și prelucrarea lemnului*. Această lucrare se înscrie în rândul lucrărilor cu caracter didactic și prezintă cunoștințele teoretice necesare pentru formarea profesională a studenților și inginerilor care profesază în domeniile exploatareii pădurilor și prelucrării lemnului. O a patra carte - *Ghidul utilizatorilor de ferăstraie mecanice* - referitoare la lucrul cu ferăstrăul mecanic și riscurile asociate acestuia a fost publicată în anul în curs.

Preocuparea permanentă a subsemnatului de a asigura transmiterea unor informații actualizate și acordate la realitățile domeniului de activitate în exploatarea lemnului reiese și din stagiul de documentare efectuat la Albert Ludwigs Universitat Freiburg (Germania). Participarea în perioada 2015 - 2017 în cadrul programului Erasmus+ VET Safety are drept scop instruirea și implementarea unor standarde de siguranță în lucrul cu ferăstrăul mecanic fiind un program destinat țărilor nou intrate în Uniunea Europeană, printre care și România. În cadrul acestui proiect m-am instruit și perfecționat reușind să promovez toate testele aferente standardelor europene de siguranță în lucrul cu ferăstrăul mecanic. Astfel, am devenit instructor, evaluator și membru al grupului de experți în elaborarea și îmbunătățirea standardelor europene amintite, pentru organizația internațională ABA International, cea care a coordonat programul Erasmus+ mai sus amintit. Un prim efect al acestei preocupări l-a constituit înființarea programului de studii

„Managementul riscului la fasonarea arborilor și valorificarea superioară a lemnului”. Programul s-a derulat prin Centrul de Formare Continuă al Universității Transilvania din Brașov. La acest program au participat 45 de ingineri silvici angajați ai Regiei Naționale a Pădurilor – Romsilva. De asemenea, am recrutat studenți dornici să învețe să lucreze corect cu ferăstrăul mecanic. Cu aceștia am participat la instructaje și demonstrații de lucru cu ferăstrăul mecanic. O parte dintre studenți au ales astfel, să elaboreze proiecte de diplomă sau lucrări de dizertație având ca tematică acest subiect.

Un loc important în activitatea didactică îl ocupă îndrumarea proiectelor de an, a proiectelor de diplomă, la disciplinele Exploatarea pădurilor, Prelucrarea lemnului și Tehnologia prelucrării lemnului, precum și a proiectelor de diplomă și lucrărilor de dizertație cu caracter de lucrare de cercetare (au fost coordonate peste 35 de proiecte de diplomă și lucrări de dizertație). De asemenea, organizarea practicii de specialitate în calitate de coordonator pe facultate, întocmirea caietelor de practică pentru fiecare an de studiu și participarea în comisia de licență în calitate de secretar de comisie sau membru, arată implicarea în activității care sprijină procesul didactic.

3. Dezvoltarea carierei universitare

Planul de dezvoltarea a carierei universitare se sprijină pe experiența acumulată până în prezent și cuprinde următoarele direcții de dezvoltare rezultate din principalele atribuții ale cadrului didactic din învățământul superior:

- dezvoltarea carierei în cercetarea științifică;
- dezvoltarea carierei didactice;
- dezvoltarea relației cu mediul economic, creșterea vizibilității Departamentului EFAPMT și a Facultății de Silvicultură și Exploatare Forestiere din Brașov;

➤ Dezvoltarea carierei în cercetarea științifică

Cercetarea științifică valoroasă trebuie să constituie o componentă esențială a activității cadrelor didactice universitare, să răspundă nevoilor de cunoaștere și să se adapteze provocărilor apărute în mediul socio – economic. Prin urmare, în activitatea de cercetare, îmi propun să continui pe direcțiile de cercetare menționate, precum și pe o direcție nouă și anume: *evaluarea*

riscului prezentat de arbori în zonele urbane. Pentru aceasta, voi încerca să atrag fonduri pentru cercetare prin următoarele modalități:

- propuneri de proiecte în competiții naționale (Resurse umane, Parteneriate etc.) și internaționale;
- propuneri de contracte de cercetare în cadrul târgurilor științifice (Târgul bianual de cercetare științifică organizat de Regia Națională a Pădurilor – Romsilva);
- contracte de cercetare cu terți;
- contracte de asistență tehnică;
- realizarea unor prestări de servicii care să valorifice baza materială existentă în facultate, competența mea profesională și potențialul studenților.

Reușita atragerii de fonduri pentru cercetare alături de organizarea lucrărilor de cercetare și prelucrarea judicioasă a datelor constituie premise extrem de favorabile obținerii unor rezultate valoroase care să poată fi diseminate în publicații de prestigiu. Pe de altă parte, reprezintă principala modalitatea de dotare a laboratoarelor cu echipamente și aparatură modernă de investigație.

Din punct de vedere al activității publicistice îmi propun valorificarea superioară a rezultatelor cercetării astfel:

- Articole în reviste indexate ISI și BDI (cu preponderență ca prim autor)
- Publicarea de cărți științifice și cărți de specialitate care să includă rezultatele cercetării;
- Participarea la conferințe naționale/internaționale de specialitate și publicarea de articole în proceedings-urile acestora.

➤ **Dezvoltarea carierei didactice**

În plan didactic îmi propun următoarele:

- Actualizarea cursurilor predate și publicarea lor într-un format bine structurat, atractiv și ușor de lecturat;

- Introducerea unui curs nou de *arboricultură urbană* care să cuprindă informații referitoare la criteriile de alegere a speciilor în zonele urbane, tehnicile de toaletare a coroanelor arborilor, estimarea riscului prezentat de arbori, metode de evaluare a stabilității arborilor, metode de consolidare a arborilor, tehnici de cățărare în arbori, echipamente folosite pentru toaletarea arborilor și procedee de lucru etc.;
- Atragerea și implicarea studenților în lucrări de cercetare și prezentarea lor în cadrul sesiunilor studențești și în cadrul Conferinței Absolvenți în fața Companiilor;
- Atragerea și implicarea studenților în elaborarea proiectelor de diplomă și a lucrărilor de dizertație bazate pe lucrări de cercetare și proiectare, care să răspundă nevoilor unor beneficiari;
- Asigurarea sprijinului logistic al studenților pentru participarea în competiții, schimburi de experiență, în activități care să facă mai ușoară integrarea lor pe piața muncii;
- Participarea la schimburi de experiență cu instituții de stat sau private din țară sau străinătate în vederea cunoașterii modului de abordare a problematicilor legate de disciplinele predate;
- Continuarea activității de instruire a studenților și a fasonatorilor mecanici prin participarea la instructaje organizate de entități din țară sau străinătate;
- Aducerea contribuției la îmbunătățirea standardelor ocupaționale naționale (Fasonator mecanic; Operator la recoltarea și toaletarea arborilor forestieri) prin prisma experienței dobândite și a implicării active în îmbunătățirea standardelor europene prin intermediul grupului de experți din care fac parte.
- Elaborarea unui ghid destinat utilizatorilor de ferăstraie mecanice și celor responsabili de formarea fasonatorilor mecanici.

➤ **Dezvoltarea relației cu mediul economic și creșterea vizibilității Departamentului EFAPMT**

Pentru dezvoltarea și consolidarea relației cu mediul economic și creșterea vizibilității Departamentului EFAPMT îmi propun următoarele:

- Participarea în comisiile de lucru pentru elaborarea de acte normative în domeniile silvicultură, exploatarea pădurilor, prelucrarea lemnului;
- Participarea alături de firme din domeniile silvicultură, exploatarea pădurilor, prelucrarea lemnului în competiții de proiecte naționale și internaționale ca partener;
- Încheierea de acorduri de parteneriat și convenții de practică cu firme private în vederea desfășurării practicii de specialitate a studenților, a cercetărilor pentru elaborarea proiectelor de diplomă și a lucrărilor de disertație, iar după obținerea dreptului de conducere de doctorat și a acestora;
- Participarea ca membru în cadrul asociațiilor profesionale din domeniile amintite;
- Participare ca membru în structurile științifice internaționale;
- Participarea ca membru în colectivele editoriale și ca recenzor pentru reviste de specialitate;
- Participarea ca membru în colectivele științifice ale conferințelor naționale și internaționale.

În urma consolidării cooperării cu membrii din colectivul departamentului și a dezvoltării cooperării inter-universitare și cu mediul economic și social, rezultatele științifice din proiectele comune atrase și finalizate precum și calitatea publicațiilor ca rezultat al cercetărilor întreprinse vor conduce la creșterea vizibilității științifice a departamentului, a facultății și universității în ansamblu.

(B-iii) Bibliografie

1. Acuna M.A., Murphy G.E., (2005) Optimal bucking of douglas fir taking into consideration external properties and wood density. *New Zealand Journal of Forestry science* 35(2):139-152.
2. Aho P.E., Fiddler G., Srago M., (1983). Logging damage in thinned, young growth true fir stands in California and recommendations for prevention. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Portland, Oregon, Research Paper, PNW – 304, 8 p.
3. Aho P.E., Fiddler G., Filip G.E., (1989). Decay losses associated with wounds in commercially thinned true fir stands in Northern California. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Portland, Oregon, Research Paper, PNW – 403, 8 p.
4. Akay A.E., Sessions J., Serin H., Pak M., Yenilmez N., (2010) Applying optimum bucking method in producing Taurus Fir (*Abies cilicica*) logs in Mediterranean region of Turkey. *Baltic Forestry* 16(2):273-279.
5. Azarnoush M.R., Fathi J., (2014). Efficiency economic of chainsaw and Timber Jack 450C Skidder evaluation in felling operation and ground-base skidding system. *Journal of Advances in Biology* 4(3):461-476.
6. Beldeanu C.E. (2001). *Produse forestiere și studiul lemnului*. Editura Universității Transilvania din Brașov, 362 p.
7. Behjou F.K., Majnounian, B., Dvořák, J., Namiranian A., Saeed M., Fegghi, J., (2009). Productivity and cost of manual felling with a chainsaw in Caspian forests. *Journal of Forest Science* 55(2):96-100.
8. Bettinger P., Kellog L.D., (1993). Residual stand damage from cut-to-length thinning of second-growth timber in the Cascade Range of western Oregon. *Forest Products Journal*, 43, 59-65.
9. BIMP, (2006). *Le Système international d'unités (SI) 8^e édition*, Bureau international des poids et mesures, Organisation intergouvernementale de la Convention du Mètre, Paris, 92 p.
10. Björheden R., (1991). Basic time concepts for international comparisons of time study reports. *Journal of Forest Engineering*, 2(2):33-39.

11. Björheden R., Thompson M.A. (2000). An international nomenclature for forest work study. In: Field, D.B., ed. Proceedings, IUFRO 1995 S3:04 subject area: 20th World Congress; 1995 August 6 – 12; Tampere, Finland. Misc, Rep. 422. Orono, ME: University of Maine, p. 190-215.
12. Bobik M., (2008). Damages to residual stand in commercial thinning operations. Master Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.
13. Bouriaud O., Leban J.-M., Bert D., Deleuze C., (2005). Intra-annual variations in climate influence growth and wood density of Norway spruce. *Tree Physiology*, 25:651-660.
14. Borz S.A., Birda M., Ignea Gh., Oprea I., (2011). Technological aspects regarding timber exploitation using mounty 4100 cable yarder. In: Bulletin of the Transilvania University of Braşov, Volume 4(53), no.1, p. 1-6.
15. Borz S.A., Popa B., (2014). The use of time studies in Romanian forestry: importance, achievements and future. In: Bulletin of the “Transilvania” University of Braşov, Series II: Forestry • Wood Industry • Agricultural Food Engineering 7(56) no.1:1-6.
16. Burton J.I., Zenner E.K., Frelich L.E., (2008). Frost Crack Incidence in Northern Hardwood Forests of the Southern Boreal – North Temperate Transition Zone. *Northern Journal of Applied Forestry* 25(3):133-138.
17. Calvo A., Manzone M., Spinelli R., (2013). Long term repair and maintenance cost of some professional chainsaws. *Croatian Journal of Forest Engineering* 34(2):265-272.
18. **Câmpu V.R.**, (2008). Research concerning the evaluation possibilities of wood quality at standing trees in pure beech (*Fagus sylvatica* L.) stands of Tărlung area. Transilvania University of Braşov, PhD Thesis, 196 p.
19. **Câmpu V.R.**, Ciubotaru A, Dima D.P., (2008). Beech stands quality and the share of participation of visible defects in the classification according to quality classes of standing beech trees. In: Bulletin of the Transilvania University of Braşov 1(50), Series II:5-8.
20. **Câmpu V.R.**, (2009a). Defectele vizibile și calitatea arborilor în fâgete. Editura Universității Transilvania din Braşov, 115 p.
21. **Câmpu V.R.**, (2009b). Research concerning the setting and development of rot within wounds at beech trees. In: Bulletin of the Transilvania University of Braşov, 2, 7-12.

22. **Câmpu, V.R.**, (2012a). Determination of the conversion factor of stacked wood to solid content at spruce pulpwood and firewood with the length of two and three meters. In: Bulletin of the Transilvania University of Braşov, Volume 5(54), no.2, p. 31-36.
23. **Câmpu V.R.**, (2012b). Research concerning hornbeam wood apparent volumic mass and weight decrease. Journal of EcoAgriTourism, Vol.8, nr.1(24):24-26.
24. **Câmpu V.R.**, (2012c): Moisture content determination at freshly felled common hornbeam wood. Journal of EcoAgriTourism, Vol.8, nr.1(24):20-23.
25. **Câmpu V.R.**, (2013). Research concerning norway spruce wood apparent volumic mass and weight decrease during the storage period. In Proceedings of Biennial International Symposium Forest and Sustainable Development, Transilvania University Press, p. 109-113.
26. **Câmpu V.R.**, Dumitrache R., (2013). Frost crack frequency in beech stands. In: Bulletin of the Transilvania University of Braşov 6(55) No. 2, Series II:9-14.
27. **Câmpu V.R.**, (2014). Mass loss and the measurement of beech and oak pulpwood moisture content. In Proceedings of 14th GeoConference on Water Resources, Forest, Marine and Ocean Ecosystems, Bulgaria, Vol. II, p. 399 – 406.
28. **Câmpu V.R.**, Ciubotaru A., (2013). Apparent volumic mass models for pulpwood Norway spruce logs. In Proceedings of Rural Development 2013, Aleksandras Stulginskis University, Lithuania, Vol. 6, p. 215 – 220.
29. **Câmpu V.R.**, 2014. Măsurarea lemnului stivuit. Editura Universităţii Transilvania din Braşov, 224 p.
30. **Câmpu V.R.**, Ciubotaru A., (2017). Time consumption and productivity in manual tree felling with a chainsaw – a case study of resinous stands from mountainous areas. Silva Fennica 51(2) article 1657, pp. 19. <https://doi.org/10.14214/sf.1657>.
31. Cinotti B., (1989). Winter moisture content and frost crack occurrence in oak trees (*Quercus petraea* Liebl. and *Q. robur* L.). Annals of Forest Science 46 (Suppl):614s-616s.
32. Cinotti B., (1991). Recherche de propriétés intrinsèques du bois pouvant expliquer la sensibilité à la gélivure de *Quercus petraea* (Liebl) et *Q. robur* (L). Annals of Forest Science 48:453-468.
33. Ciubotaru A., Chiru V., Dumbravă S., (1993). Cercetări privind unii parametrii de exploatare ai ferăstraielor mecanice. In Proceedings of „Silviculture and Forest Engineering”, 14 Octombrie, Braşov, p. 408 – 414.

34. Ciubotaru A., (1998). *Exploatarea pădurilor*. Editura LuxLibris. Braşov, 351 p.
35. Ciubotaru A., (2002). Sistem unitar de evaluare și măsurare a prejudiciilor. Sesiunea științifică *Pădurea și Viitorul*, Editura Universității Transilvania, Braşov, p. 385-388.
36. Ciubotaru A., (2005). Cercetări privind posibilitățile de evaluare a calității lemnului pe picior. *Lucrările Celei De A 7-A Conferință Națională Pentru Protecția Mediului Prin Biotehnologii Și A 4-A Conferință Națională De Ecosanogeneză*, p.387 – 392.
37. Ciubotaru A., Stroescu M., **Câmpu R.**, (2007). Cercetări privind corelația dintre tehnologiile de exploatare și nivelul prejudiciilor produse arborilor pe picior. *Proceedings of the Biennial International Symposium Forest and Sustainable Development*, Braşov, p. 421-426.
38. Ciubotaru A., Maria Gh.D., (2012a). Research regarding structure of working time in spruce felling with mechanical chainsaw Husqvarna 365. In: *Bulletin of the Transilvania University of Braşov, Series II: Forestry. Wood Industry. Agricultural Food Engineering*. 5(54) no.1:43-48.
39. Ciubotaru A., Maria Gh.D., (2012b). Research regarding the characteristics of the cross-cutting operation on landing area of spruce wood (*Picea abies*) with Husqvarna 365 chainsaw. In: *Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series II: Forestry. Wood Industry. Agricultural Food Engineering* 5 (54) no.1:15 – 20.
40. Ciubotaru A., **Câmpu V.R.**, (2018). Delimiting and cross-cutting of coniferous trees – time consumption, work productivity, and performance. *Forest* 9(4), 206. DOI 10.3390/f9040206.
41. Conway S., (1982). *Logging Practices. Principles of Timber Harvesting Systems*. Miller freeman Publications, Inc. 431 p.
42. Damalas G., Panagiotidis D.N., (1981). Determination of conversion factors for stacked oak and chestnut wood into solid volume. *Dasiki Erevna Volume II(4):501-515*.
43. Damalas G., (1982). Determination of conversion factors for stacked black pine wood. *Dasiki Erevna Volume III(2):137-152*.
44. Decei I., Armășescu S., (1959). Cercetări asupra factorilor de cubaj și de așezare la lemnul de foc fasonat în steri. *Revista Pădurilor nr.2:87-90*.
45. Decei I., (1962). Cercetări și date în problema factorilor de cubaj la lemnul de foc. *Revista Pădurilor, nr.8:498-502*.

46. Decei I., Anca T., (1964). Cercetări privind factorii de cubaj și greutatea lemnului de fag pentru distilare și celuloză. *Revista Pădurilor*, nr.6:291-295.
47. Decei I., Anca T., (1968). Cercetări privind determinarea factorilor de cubaj și a greutateii specifice la lemnul fasonat și așezat în figure. *Analele I.C.A.S.*, 26(1):364-382.
48. Decei I., (1975). Cercetări privind calitatea lemnului de fag în raport cu forma arborelui. Editura Ceres, București, 49 p.
49. Dinulică F., (2007). Observații asupra gelivurii la brad, în brădeto – făgetele de pe valea Troainer Brașov. *Proceedings of “A 8 - a conferință națională pentru protecția mediului prin biotehnologii și a 5 - a conferință națională de ecosanogeneză”*, Brașov, 2007, p. 280-282.
50. Drăghiciu D., (2005). Cercetări privind calitatea lemnului arborilor de fag în raport cu vârsta, condițiile staționale și intervențiile silviculturale. *Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice, București*, referat științific.
51. Duchesne I., Wilhelmsson L., Spangberg K., (1997). Effects of in-forest sorting of Norway spruce (*Picea abies*) and Scots pine (*Pinus sylvestris*) on wood and fibre properties. *Can. J. For. Res.*, 27:790–795.
52. Dumbravă S., Ciubotaru A., (1991) Influența tipurilor de lanțuri tăietoare asupra productivității și vibrațiilor mecanice. In *Proceedings of „Pădurea patrimoniu național”*, 30 mai, Brașov, p. 205 – 210.
53. Dumitrache R., (2014). Cercetări privind caracteristicile defectelor vizibile ale arborilor pe picior în arborete exploatabile de fag din bazinul superior al râului Argeș. Teză de doctorat, *Universitatea Transilvania din Brașov*, 227 p.
54. Dumitrașcu R.E., Bădescu L.A., -M., (2009). Determination moisture and density from trunks of spruce (*Picea Abies* K.) obtained from cultural operations made in forest. *Challenges in Higher Education & Research*, Vol. 7:249-252;
55. Evans J.D., (1996). *Straightforward Statistics for the Behavioral Sciences*. Brooks/Cole Publishing, Pacific Grove, 600 p.
56. Filip G.M., Parks C.A., Wickman B.E ., Mitchell R.G., (1995). Tree wound dynamics in thinned and unthinned stands of grand fir, ponderosa pine, and lodge pole pine in eastern Oregon. *Northwest Science*, 69:276-283.

57. Fjeld D., Granhus A., (1998). Injuries after selection harvesting in multi-storied spruce stands – the influence of operating system and harvest intensity. *Journal of Forest Engineering*, 9:33-40.
58. Fonseca M.A., (2005). *The Measurement of Roundwood. Methodologies and Conversion Ratios*. Cabi Publishing, Oxfordshire.
59. Franklin J., Clatterbuck W.K., (2004). *Bark splitting on trees*. University of Tennessee, Knoxville, 2 p.
60. Fries J., (1976). Views on the choice of silvicultural methods and logging techniques in thinning. *Forestry Commission Bulletin*, 55:95-101.
61. Froese K., Han H-S., (2006). Residual stand damage from Cut – to – Length thinning of a mixed conifer stand in northern Idaho. *Western Journal of Applied Forestry*, 21:142-148 .
62. Froehlich H.A., (1976). The influence of different thinning systems on damage to soil and trees. *Forestry Commission Bulletin*, 55:102-105.
63. Gaffariyan M.R., Sobhani H., (2007). Cost production study of motor-manually felling and processing of logs. *Forest Science* 3:69-76.
64. Ghaffariyan M.R., Naghdi R., Ghajar I., Nikooy M., (2012). Time Prediction Models and Cost Evaluation of Cut-To-Length (CTL) Harvesting Method in a Mountainous Forest. *Small-scale Forestry*, 12 (2):181-192.
65. Ghelmeziu N., (1944). Contribuțiuni la întocmirea unei norme pentru măsurarea umidității lemnului de foc. *Analele I.C.A.S.*, 10(1):45-74;
66. Giurgiu V., Decei I., Armășescu S., (1972). *Biometria arborilor și arboretelor din România*. Editura Ceres, București, 1157 p.
67. Giurgiu V., (1972). *Metode ale statisticii matematice aplicate în silvicultură*. Editura Ceres, București, 566 p.
68. Giurgiu V., (1979). *Dendrometrie și auxologie forestieră*. Editura Ceres, București, 692 p.
69. Giurgiu V., Decei I., Drăghiciu D., (2004). *Metode și tabele dendrometrice*. Editura Ceres, București, 575 p.
70. Granhus A., Fjeld D., (2001). Spatial distribution of injuries to Norway spruce advance growth after selection harvesting. *Canadian Journal of Forest Research*, 31:1903-1913.
71. Gräns D., Hannrup B., Isik F., Lundqvist S.O., Mckeand S., (2009). Genetic variation and relationships to growth traits for microfibril angle, wood density and modulus of elasticity in

- a *Picea abies* clonal trial in southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 24:494-503.
72. Groover M.P., (2007). *Work systems and methods, measurement, and management of work*. Upper Saddle River (NJ): Pearson Prentice Hall, 778 p.
 73. Gullberg T., (1995). *Evaluating Operator-Machine Interactions in Comparative Time Studies*. *Journal of Forest Engineering* 7(1):51-61.
 74. Guvernul României (2000). H.G.1090/2000 Criterii de măsurare, clasificare și marcarea a lemnului în stare brută.
 75. Han H.S., Kellogg L.D., Filip G.M., Brown T.D., (2000). Scar closure and future timber value losses from thinning damage in western Oregon. *Forest Products Journal*, 50:36-42.
 76. Han H.S., Kellogg L.D., (2000). Damage Characteristics in young douglas – fir stands from commercial thinning with four timber harvesting systems. *Western Journal of Applied Forestry*, 15:27-33.
 77. Hart J.H., Dennis G.K., (1978). Effect of tree wrap on the incidence of frost crack in Norway maple. *Journal of Arboriculture* 4(10):226-227.
 78. Heitzman E., Grell A.G., (2002). Residual tree damage along forwarder trails from cut-to-length thinning in Maine spruce stands. *Northern Journal of Applied Forestry*, 19:161-167.
 79. Hiesl P., Benjamin J.G., (2013). Applicability of International Harvesting Equipment Productivity Studies in Maine, USA: A Literature Review. *Forests*, 4:898-921.
 80. Husch B., Beers T.W., Kershaw J.A.Jr., (2003). *Forest mensuration*. 4th Edition. Published by John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, 435 p.
 81. IFN, 2016. Inventarul Forestier Național. Evaluarea resurselor forestiere din România. <http://roifn.ro/site/rezultate-ciclul-i/>.
 82. Isik F., Li B., (2003). Rapid assessment of wood density of live trees using the Resistograph for selection in tree improvement programs. *Canadian Journal of Forest Research* 33:2426–2435.
 83. Jarmo Y., Ciubotaru A., (2005). Posibilități de evaluare a transferului de tehnologie în domeniul exploatării pădurilor. Studiu de caz privind posibilitățile de transfer de tehnologie din țările nordice în condițiile de lucru de pe Valea Tărlungului. *Proceedings of the Symposium Forest and Sustainable Development, Brașov*, p. 329-334.

84. Jourgholami M., Majnounian B., Zargham N., (2013). Performance, capability and costs of motor-manual tree felling in Hyrcanian hardwood forest. *Croatian Journal of Forest Engineering* 34(2):283-293.
85. Kanawaty G., (1992). *Introduction to work study* (4th edition). Geneva, International Labour Office, 524 p.
86. Kasal B., Anthony R., (2004). *Advances in situ* evaluation of timber structures, p. 94-103. In: *Progress in Structural Engineering and Materials*. John Willey & Sons Ltd. London. UK. Vol. 6 No 2.
87. Kärkkäinen M., (1970). A Study on tree injuries caused by mechanized timber transportation in thinning operations. *Proceedings of the Symposium Thinning and Mechanization, IUFRO Meeting, Royal College of Forestry, Stockholm, Sept. 1969*, p. 136-140.
88. Kestel B.R., (2007). *Chainsaw operator's manual. The safe use of chainsaws*. 6th edition. Landlinks Press, Collingwood, Australia, 101 p.
89. Kight C.R., Swaddle J.P., (2011). How and why environmental noise impacts animals: an integrative, mechanistic review. *Ecology Letters* 14(10):1052-1061.
90. Kluender R.A, Stokes B.J., (1996). Felling and skidding productivity and harvesting cost in southern pine forests. In: *Proceedings of Certification-Environmental implications for forestry operations*, 1996, September 9-11, p. 35-39.
91. Kovbasa N.P., (1996). *Distribution and spreading of wound rot in Belarus spruce stands and measures to limit the losses*. PhD Thesis, Byelorussian Plant Protection Research Institute, Priluki – Minsk, Belarus.
92. Kollmann F.P., Côté Jr., (1968). *Principles of Wood Science and Tehnology*. Vol I, Solid Wood, Springer – Verlag, Berlin, Heidelberg, New-York.
93. Krause B., (1993). The Niche Hypothesis. *The Soundscape Newsletter*, June 6, <http://www.appohigh.org/ourpages/auto/2010/12/21/52074732/niche.pdf>.
94. Kruch J., (1994). Considerații privind utilizarea densității aparente în gestionarea masei lemnoase, *Revista Pădurilor*, nr.2:17-21.
95. Kubler H., (1983). Mechanism of frost crack formation in trees - a review and synthesis. *Forest Science* 29:559-568.
96. Kubler H., (1988). Frost cracks in stems of trees. *Arboricultural Journal* 12:163-175.

97. Kuhlang P., Erohin O., Krebs M., Sihn W., Deuse J., (2013). The Renaissance of Industrial Engineering presented in the example of the competencies for time data determination. In: Proceedings of CIRP sponsored International Conference on Competitive Manufacturing, Stellenbosch, RSA p. 379-384.
98. Kula E, Buchta I, Stránský P., (2006). Frost cracks and their effect on the stability of birch stands in the Krušné hory Mts. Journal of Forest Science 52(8):348-356.
99. Laitila J., Asikainen A., Nuutinen Y., (2007). Forwarding of whole trees after manual and mechanized felling bunching in pre-commercial thinnings. Journal of Forest Engineering 18(2):29-39.
100. Leahu I., (1994). Dendrometrie. Editura Didactică și Pedagogică, București, 374 p.
101. Lear G.C., (2005). Improving the assessment of *in situ* timber members with the use of nondestructive and semi-destructive testing techniques. North Carolina State University, Raleigh, Master thesis, 137 p.
102. Legea fondului funciar nr. 18 / 1991, republicată 1998 în Monitorul Oficial, Partea I nr. 1 din 05.01.1998.
103. Legea nr. 1/2000 pentru reconstituirea dreptului de proprietate asupra terenurilor agricole și celor forestiere solicitate potrivit prevederilor Legii fondului funciar nr. 18 / 1991 și ale Legii nr. 169/1997. Publicată în Monitorul Oficial, nr. 8 din 12.01.2000.
104. Legea nr. 247/2005 din 19 iulie 2005 privind reforma în domeniile proprietății și justiției, precum și unele măsuri adiacente. Publicată în Monitorul Oficial, nr. 653 din 22.07.2005.
105. Legea nr. 165/2013 privind măsurile pentru finalizarea procesului de restituire, în natură sau prin echivalent, a imobilelor preluate în mod abuziv în perioada regimului comunist în România. Publicată în Monitorul Oficial, nr.278 din 17.05.2013.
106. Liepiņš K., Lazdiņš A., Liepiņš J., Prindulis U., (2015). Productivity and cost-effectiveness of mechanized and motor-manual harvesting of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench): A case study in Latvia. Small-scale Forestry 14:493-506. DOI 10.1007/s11842-015-9302-1.
107. Limbeck – Lilienau B., (2003). Residual stand damage caused by mechanized harvesting systems. Proceedings of the Austro2003 meeting „High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain”, October 5-9, Schlaegl, Austria, 11.
108. Lindroos O., (2010). Scrutinizing the theory of comparative time studies with operator as a block effect. Journal of Forest Engineering 21(1):20-30.

109. Ljubojević S., Marčeta D., Kremenović S., (2011). Conversion coefficients for distilling wood in running standards and everyday practice. *Seefor (South – East European Forestry)*, 2(1):51-57.
110. Lortz D., Kluender R., McCoy W., Stokes B., Klepac J., (1997). Manual felling time and productivity in southern pine forests. *Forest Product Journal* 47(10):59-63.
111. Lowore J.D., Abbot P.G., Werren M., (1994). Stackwood volume estimations for miombo woodlands in Malawi. *Commonwealth Forestry Review*, 73(3):193-197.
112. Lupuşanschi Şt., (1976). Contribuţii la studiul metodelor de stabilire a volumului real al lemnului de steri. *Revista Pădurilor*, no.1:50-52.
113. Magagnotti N., Spinelli R., (2012). Good practice guidelines for biomass production studies. COST Action FP-0902, WG 2 Operations research and measurement methodologies. Published by CNR IVALSIA, 50 p.
114. Makkonen O., (1960). Measurements of stacking density of unbarked 2,4 metre birch pulpwood and 2 metre birch fuelwood. *Metsäteho, Information Laflet no. 173*, Helsinki, 8 p.
115. MAPP, (2000a). Norme tehnice pentru evaluarea volumului de lemn destinat comercializării. Ministerul Apelor, Pădurilor și Protecției Mediului, România, 192 p.
116. MAPP, (2000b). Norme tehnice pentru amenajarea pădurilor. Ministerul Apelor, Pădurilor și Protecției Mediului, România, 163 p.
117. Milescu I., Alexe A., Nicovescu H., Suci P., (1967). *Fagul*. Editura Agro-Silvică, București.
118. MMP, 2011. Ministerul Mediului și Pădurilor. Ordinul 1540 pentru aprobarea Instrucțiunilor privind termenele, modalitățile și perioadele de colectare, scoatere și transport a materialului lemnos, 26 p.
119. MMP., (2010). *Starea pădurilor 2010*. Ministerul Mediului și Pădurilor, România, 103 p.
120. MMSC., (2013). Raport național privind starea mediului – anul 2012. Ministerul Mediului și Schimbărilor Climatice, Agenția Națională pentru Protecția Mediului, România, 272 p.
121. Modig E., Magnusson B., Valinger E., Cedergren J., Lundqvist L., (2012). Damage to residual stand caused by mechanized selection harvest in uneven aged *Picea abies* dominated stands. *Silva Fennica*, 46, 267-274.

122. Monitorul Oficial (2005). H.G. nr.2139/2004, pentru aprobarea catalogului privind clasificarea și duratele normale de funcționare a mijloacelor fixe. No. 46 din 13 Ianuarie 2005, 15 p.
123. Mousavi R., Nikouy M., Uusitalo J. (2011). Time consumption, productivity, and cost analysis of the motor manual tree felling and processing in the Hyrcanian Forest in Iran. *Journal of Forestry Research* 22(4):665-669.
124. Murphy G.E., Gordon A.D., Marshall H.D., (2007). Adaptive control of bucking in a douglas fir stand: adjustment frequency effects. *New Zealand Journal of Forestry science* 37(3):372-382.
125. Nakahata C., Aruga K., Saito M., (2014). Examining the optimal bucking method to maximize profits in commercial operations. *Croatian Journal of Forest Engineering* 35(1):45-61.
126. Nevill R.J., (1997). A review of a tree wounding. B.C. Min. of For. Tech. Transf. Note no. 3, 4 p.
127. Northover P., (2006). Winter sunscald and frost cracking: Tree bark damaged from winter bite. Crops Knowledge Centre, Manitoba Agriculture, Food and Rural Initiatives.
128. Nurminen T., Korpunen H., Uusitalo J., (2006). Time consumption analysis of the mechanized cut-to-length harvesting system. *Silva Fennica* 40(2): 335–363.
129. Nybakk E., Birkeland T., Flæte P.O., Finstad K., (2008). From a bucking-to-value to a bucking-to-demand system in Norway: A case study in forests with varying growth conditions. In: *Proceedings of the 51st International Convention of Society of Wood Science and Technology* November 10-12, Concepción, CHILE. Paper WS-37:1-9.
130. Olsen E.D., Hossain M.M., Miller M.E., (1998). Statistical comparison of methods used in harvesting work studies. Forest Research Laboratory, Oregon State University. Research Contribution 23, 41 p.
131. OMNR, (2004). Ontario Tree Marking Guide, Version 1.1, Ont. Mint. Nat. Resour. Queen's Printer for Ontario, Toronto, 252 p.
132. Örn J., Väkevä J., (2005). Puunkorjuu ja kaukokuljetus vuonna 2004. *Metsätöiden Katsaus* no. 4, 4 p.
133. Panagiotidis, D. N., (1981). Determination of Conversion Factors for Stacked Fir Wood. *Dasiki Erevna*, Volume II(1):5-32.

134. Pardé J., Bouchon J., (1988). Dendrométrie. École Nationale du Génie Rural, Des Eaux et des Forêts, Nancy, 328 p.
135. Parker J., (1963). Cold resistance in woody plants. *The Botanical Review* 29(2):123-201.
136. Peterson J. T., (1987). Harvesting economics: Hand falling second-growth timber. Technical, Research Note TN-98, Forest Engineering Research Institute of Canada, Vancouver, BC, Canada, 12 p.
137. Petrescu L., (1974). Vătămări cauzate la colectarea lemnului din rărituri. MEFMC, Inspectoratul General de Stat al Silviculturii, București.
138. Petrescu L., (1980). Noi contribuții în problema prejudiciilor ce pot fi aduse arborilor rămași prin lucrările de exploatare a lemnului. *Revista Pădurilor*, 4:227-231.
139. Petrescu L., (1984). Tehnologiile îmbunătățite de îngrijire a arboretelor de fag, de stejar și de șleau, în condițiile exploatării mecanizate a lemnului. Ministerul Silviculturii, Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice, Seria II, București.
140. Pfeiffer K., (1967). Analysis of methods of studying operational efficiency in forestry. Master of Forestry Thesis. The University of British Columbia, Vancouver, Department of Forestry, 94 p.
141. Picchio R., Neri F., Maesano M., Savelli S., Sirna A., Blasi S., Baldini S., Marchi E., (2011). Growth effects of thinning damage in a Corsican pine (*Pinus laricio* Poiret) stand in central Italy. *Forest Ecology and Management* 262:237-243.
142. Picchio R., Magagnotti N., Sirna A., Spinelli R., (2012). Improved winching technique to reduce logging damage. *Ecological Engineering* 47: 83-86.
143. Pulkki R., (2001). Forest Harvesting I. On the Procurement of Wood with Emphasis on Boreal and Great Lakes St. Lawrence Forest Regions. Lakehead University, Faculty of Forestry and Forest Environment, Forestry 3211 Lecture Notes, 156 p.
144. Radle A. L., (2007). The effect of noise on wildlife: A Literature Review. http://interact.uoregon.edu/medialit/wfae/library/articles/radle_effect_noise_wildlife.pdf.
145. Raiskila S., Saranpää P., Fagerstedt K., Laakso T., Löija M., Mahlberg R., Paajanen L., Ritschkoff A-C., (2006). Growth rate and wood properties of Norway spruce cutting clones on different sites. *Silva Fennica* 40(2):247-256.

146. Richards J., Skaar R., Häberle S., Apel K., Björheden R., (1995). Forest Work Study - Nomenclature. Swedish University of Agricultural Science. Department of Operational Efficiency, 16 p.
147. Rinn F., Schweingruber F-H., Schär E., (1996). Resistograph and X-ray density charts of wood comparative evaluation of drill resistance profiles and X-ray density charts of different wood species. *Holzforschung*, 50(4):303-311.
148. Rumșiski L.Z., (1974). Prelucrarea matematică a datelor experimentale. Editura Tehnică, București, 215 p.
149. Samset I., (1990). Some observations on time and performance studies in forestry. *Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning* 43(5), 80 p.
150. Savill P.S., Kanowski P.J., (1993). Tree improvement programs for European oaks: goals and strategies. *Annals of Forest Science* 50 (Suppl 1):368s-383s.
151. Seifert T., (2007). Simulating the extent of decay caused by *Heterobasidion annosum* s. l. in stems of Norway spruce. *Forest Ecology and Management* 248:95-106.
152. Shigo A., Larson vH. E., (1969). A photo guide to the patterns of discoloration and decay in living northern hardwood trees. Res Rap NE – 127. Upper Darby, PA, US. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, 100 p.
153. Sobhani H., (1984). A method data collection for the evaluation of forest harvesting systems. PhD Thesis, Virginia Tech University, 150 p.
154. Solgi A., Najafi A., (2007). Investigating of residual tree damage during ground – based skidding. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10:1755-1758.
155. Sorz J., Hietz P., (2008). Is oxygen involved in beech (*Fagus sylvatica*) red heartwood formation? *Trees* 22:175-185.
156. Spinelli R., Magagnotti N., Nati C., (2010). Benchmarking the impact of traditional small-scale logging systems used in Mediterranean forestry. *Forest Ecology and Management* 260:1997-2001.
157. Stănescu V., Șofletea N., Popescu O., (1997). Flora forestieră lemnoasă a României. Editura Ceres, București, 451 p.
158. Suzuki Y., (2000). Damage to residual stands from thinning with short – span tower yarders: re-examination of wounds after five years. *Journal of Forest Research*, 5:201-204.

159. Szyber F.J., Wójcik K., (2007). Analysis of chain saw operational time during cross-cutting of pine bolt assortments. *Annals of Warsaw Agricultural University – SGGW Agriculture (Agricultural Engineering)* 50:65-69.
160. Tavankar F., Majnounian B., Bonyad A.E., (2013). Felling and skidding damage to residual trees following selection cutting in Caspian forests of Iran. *Journal of Forest Science*, 59:196203.
161. Toma, G. T., (1948). Cercetări asupra factorilor de cubaj și factorilor de așezare la steri și la grămezi de crăci. *Revista Pădurilor*, no. 6:217-222.
162. Tsioras P.A., Liamas D.K., (2010). Hauling damages in a mixed beech-oak stand. *Proceedings of FORMEC 2010 Forest Engineering: Meeting the Needs of the Society and the Environment*, July 11 – 14, Padova –Italy, 8 p.
163. Ukrainetz N.K., O’Neill G.A., (2010). An analysis of sensitivities contributing measurement error to Resistograph values. *Canadian Journal of Forest Research* 40:806-811.
164. Uotila K., Saksa T., Rantala J., Kiljunen N., (2014). Labour consumption models applied to motor-manual pre-commercial thinning in Finland. *Silva Fennica* 48(2), 14 p. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.982>.
165. Vasiliauskas R., (1998). Ecology of fungi colonizing wounds of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.), with special emphasis on *Stereum sanguinolentum*. PhD Thesis (*Acta. Univ. Agric. Sueciae Silvestria* 79), Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.
166. Vasiliauskas R., (2001). Damage to trees due to forestry operations and its pathological significance in temperate forests. A literature review, *Forestry*, 74:319-336.
167. Vasaitis R., Lygis V., Vasiliauskaite I., Vasiliauskas A., (2012). Wound occlusion and decay in *Picea abies* stems. *European Journal of Forest Research*, 131:1211-1216.
168. Vintilă, E., (1942). Cercetări cu privire la umiditatea relativă a lemnului în întrebuințările lui curente, *Analele I.C.A.S.*, Volumul 8(1):3-29.
169. Vintilă, E., (1943). Cercetări asupra umidității lemnului de stejar în stare verde. *Analele I.C.A.S.*, Volumul 9(1):19-38;
170. VMF Nord, (1999). Estimation of the Solid Volume Percentage (Circular A 13). The Swedish Timber Measurement Council, Sweden.

171. Waddell D.A., (1988). A practical system for determining optimal tree bucking at the stump. Master's thesis, University of British Columbia, 108 p.
172. Wagener W.W., (1970). Frost crack... a common defect in white fir in California. USDA Forest Service, Research Note PSW – 209.
173. Wallis G.W., Reynolds G., Craig H.M., (1971). Decay associated with logging scars of immature western hemlock in coastal British Columbia. Canadian Forest Service, Pacific Forest Research Centre, Victoria, B.C. Report BC-X-54, 8 p.
174. Wallis G., Morrison D.J., (1975). Root rot and stem decay following commercial thinning and guidelines for reducing losses. *Forestry Chronicle*, 51:203-207.
175. Wallentin C., (2007). Thinning of Norway spruce. PhD Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.
176. Wang J., Ch. Long J., McNeel J., Baumgras J., (2004). Productivity and cost of manual felling and cable skidding in central Appalachian hardwood forests. *Forest Product Journal* 54(12):45-51.
177. Wästerlund I., (1986). Damages and growth effects after selective mechanical cleaning. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 3:259-272.
178. Wernsdörfer H., Constant T., Mothe F., Badia M.A., Nepveu G., Seeling U., (2005). Detailed analysis of the geometric relationship between external traits and the shape of red heartwood in beech trees (*Fagus sylvatica* L.). *Trees* 19:482-491.
179. Wójcik K., (2007). Analysis of processing operation time and its percent share in timber harvesting with the chain saws. *Annals of Warsaw Agricultural University – SGGW Agriculture (Agricultural Engineering)* 50:71-77.
180. Wójcik K., Petrow A., (2013). Effect of sawmen' professional experience on working time structure in pine-timber harvesting under conditions of the clear felling. *Annals of Warsaw Agricultural University – SGGW Agriculture (Agricultural Engineering)* 61:65-72.
181. Wójcik K., (2014). Effect of kerf execution correctness during felling with internal combustion chain saw on direction of tree fall. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Agriculture* 64:89-96.
182. Yongan W., Baojun J., (1998). Effects of low temperature on operation efficiency of tree – felling by chainsaw in North China. *Journal of Forestry Research* 9(1):57-58.
183. ***, (1980). STAS 2340-80, Lemn de steri și crăci pentru mangalizare și combustibil.

- 184.***, (1999). Timber Measurement Manual. Standard Procedures for the Measurement of Round Timber for Sale Purposes in Ireland. Department of the Marine & Natural Resources, Forest Services, Republic of Ireland.
- 185.***, (2007a). Scaling Manual. Third Edition, Ontario Ministry of Natural Resources.
- 186.***, (2007b). Nova Scotia Scaling Manual. 2nd Edition, Department of Natural Resources, Renewable Resources Branch, Forestry Division.
- 187.***, (2010). Forest Product Conversion Factors for the UNECE Region. Geneva Timber and Forest Discussion Paper 49. United Nations Economic Commission for Europe, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- 188.***, (2011). Manual of Scaling Instructions. Fourth Edition, Manitoba Conservation.
- 189.***, (2012). New Brunswick Scaling Manual. 4th Edition, Forest Management Branch Natural Resources.