



Universitatea
Ștefan cel Mare
Suceava

Facultatea de Silvicultură

TEZĂ DE DOCTORAT

DOMENIUL SILVICULTURĂ

CERCETĂRI BIOMETRICE ASUPRA LEMNULUI MORT ÎN NORD - VESTUL PARCULUI NAȚIONAL CĂLIMANI

REZUMAT

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC:
Cerc. princ. I dr. ing. Ionel POPA

DOCTORAND:
Ing. Dan GRIGOROAEA

SUCEAVA, 2015

CUPRINS

1. Introducere	2
2. Scopul și obiectivele cercetărilor	3
3. Stadiul cunoștințelor	4
3.1. Rolul lemnului mort în ecosistemele forestiere	4
3.2. Clasificarea lemnului mort	5
3.3. Dinamica lemnului mort	6
3.4. Metode de evaluare a lemnului mort	7
4. Materialul și metoda de cercetare	9
4.1. Locul cercetărilor	9
4.1.1 Caracteristici climatice	9
4.1.2. Caracteristici staționale	11
4.2 Metodologia de cercetare	12
4.2.1 Culegerea și înregistrarea informațiilor de teren	12
4.2.2 Analiza și prelucrarea statistică a datelor	19
5. Rezultate obținute	21
5.1. Caracteristici dendrometrice ale arborilor vii și a lemnului mort în zona cercetată	21
5.2. Caracterizarea cantitativă și calitativă a lemnului mort	26
5.2.1 Distribuția lemnului mort în funcția de proveniență, cauza probabilă a morții și tipuri de vătămări	27
5.2.2. Distribuția lemnului mort în raport cu caracteristicile dimensionale	35
5.2.3. Distribuția lemnului mort în raport cu factorii staționali	50
5.2.4. Distribuția lemnului mort în raport cu condițiile de arboret	65
5.3. Distribuția spațială a lemnului mort și a unor parametri dendrometrici în zona cercetată	72
6. Concluzii și contribuții personale	78
6.1 Concluzii	78
6.2 Contribuții personale	83
7. Bibliografie	84

1. Introducere

Pe parcursul dezvoltării pădurii, existența arborilor poate fi încadrată în două etape distincte, una reprezentată de arborii vii, de dezvoltarea acestora ca urmare a acumulărilor de substanțe în corpul lor, și una care începe în momentul morții arborilor și care se întinde pe toată perioada degradării acestora, până la descompunerea totală a materialului lemnos în elementele inițiale. Mortalitatea arborilor, este un proces important în ceea ce privește asigurarea biodiversității, din acest motiv, cercetările asupra acestui fenomen și asupra urmărilor sale, sunt esențiale în obținerea de informații privind distribuția cantitativă și calitativă a necromasei în ecosistemele forestiere și dinamica acesteia. Astfel, studiul lemnului mort din perspectiva acestor elemente de caracterizare, reprezintă un obiectiv clar de cercetare, cu aplicații practice deosebite în managementul eficient și gestionarea durabilă a pădurilor și a biodiversității.

Fiind recunoscut în prezent rolul extrem de important al lemnului mort în conservarea biodiversității ecosistemelor forestiere, tot mai numeroase cercetări studiază dinamica lemnului mort și distribuția spațială a acestuia în păduri, alături de metodele cele mai practice de evaluare cantitativă și calitativă. Rezultatul acestor evaluări, face posibilă elaborarea unui model al dispersiei necromasei în ecosistemele forestiere, iar extrapolarea acestuia pe suprafețe mai mari permite stabilirea de măsuri de management viabile în conservarea biodiversității.

Echilibrul din ecosistemele forestiere, indiferent de funcția pe care o îndeplinește pădurea la un moment dat, este susținut de un nivel ridicat al diversității genetice și de specii, al diversității ecosistemice sau de peisaj. Impactul schimbărilor climatice asupra ecosistemelor forestiere poate genera dezechilibre majore, de aceea se impun măsuri coerente în gestionarea durabilă a biodiversității și în consecință, în managementul lemnului mort. În acest context, stimularea acumulărilor de lemn mort și păstrarea acestuia în păduri, reprezintă o condiție esențială în managementul corespunzător al biodiversității.

Cuvinte cheie: *lemn mort, molid, Parcul Național Călimani, ecosisteme forestiere*

2. SCOPUL ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRILOR

Scopul cercetărilor

Odată cu recunoașterea importanței lemnului mort în echilibrul ecosistemelor forestiere, a rolului său ca principal factor generator de biodiversitate, studiul acestuia se impune ca o necesitate în gestionarea durabilă a fondului forestier. Scopul cercetărilor este acela de a aduce informații referitoare la acumularea, dinamica și distribuția cantitativă și calitativă a lemnului mort în nord-vestul Parcului Național Călimani, și a legăturilor existente între aceste rezultate și o serie de factori biotici și abiotici, informații necesare în managementul durabil al ariilor protejate. Studiul mortalității arborilor și al efectului acestuia, proces natural de importanță majoră în echilibrul ecosistemelor forestiere reprezintă un scop specific în studiul și evaluarea stării de conservare a biodiversității.

Obiectivele cercetărilor

Pentru atingerea scopului propus, s-a stabilit realizarea următoarelor obiective:

- Evaluarea cantitativă și calitativă a lemnului mort din zona cercetată;
- Analiza distribuției spațiale a lemnului mort în raport cu factorii staționali și cu condițiile de arboret din zona de studiu;
- Evaluarea cantitativă a biomasei și a carbonului stocat în lemnul mort din nord-vestul Parcului Național Călimani.

3. STADIUL CUNOȘTINȚELOR

3.1. Rolul lemnului mort în ecosistemele forestiere

Rezultatele cercetărilor efectuate după 1970, au arătat rolul important al lemnului mort într-o serie de relații și procese ce au loc la nivelul ecosistemului, cu impact semnificativ în circuitul nutrienților, stocarea acestora, sau prezența/ dispariția anumitor specii (Harmon *et al*, 1986). De aceea, studiul ecologic al lemnului mort, presupune nu numai evaluarea cantităților, ci și dinamica acestuia în funcție de caracteristicile staționale și de arboret (Cenușă, 1995).

Lemnul mort este cel mai bogat habitat din păduri, fiind în același timp, un indicator important în evaluarea gradului de naturalitate al ecosistemelor forestiere. Analizând lemnul mort prin prisma importanței sale, atunci vorbim nu despre unul, ci despre zeci de microhabitate, în care trăiesc, pentru perioade mai lungi sau mai scurte, numeroase specii.

Rolul ecologic al lemnului mort în ecosistemele forestiere. Rolul variat pe care îl îndeplinește lemnul mort în ecosistemele forestiere, face ca prezența acestuia, să influențeze desfășurarea numeroaselor procese biologice, fizice sau chimice care au loc în păduri (Anderson *et al.*, 1986; Fischer, 2010; Kirby *et al*, 1998). Productivitatea pădurii, circuitul sau stocarea nutrienților, asigurarea de către ecosistem a anumitor tipuri de habitat sunt doar câteva din procesele care depind de prezența sau absența lemnului mort (Stevens, 1997).

Astfel, în ecosistemele forestiere, lemnul mort poate interveni în menținerea biodiversității, în productivitatea arboretelor, în geomorfologia albiilor și a terenurilor înclinate și în depozitarea carbonului și azotului pentru perioade lungi de timp. De prezența lemnului mort pe picior este legată existența a peste 40% din speciile de pasări de pădure (Hunter, 1990), de lemnul mort doborât pe sol depind numeroase specii de nevertebrate și amfibieni (Patrik *et al*, 2006), acesta asigurând și substrat germinativ pentru semințele diferitelor specii ierboase, lemnoase sau ciuperci (Hagan and Grove, 1999; McGee, 2001).

Rolul în asigurarea habitatelor pentru diversele specii. Lemnul mort asigură un habitat esențial pentru diferite specii de plante epifite sau saprofite (Harmon *et al*, 1986; Lonsdale *et al*, 2008), pentru specii de moluște, fungi, sau briofite, pentru peste 45% din speciile de nevertebrate, iar pentru multe din acestea prezența lemnului mort are chiar caracter limitativ (Grove *et al*, 2003). În toată perioada existenței sale, de la apariție și până la descompunerea totală, lemnul mort asigură o gamă variată de microhabitate necesare unui număr mare de specii, asigură loc de hrană sau cuibărit, și adăpost pentru perioadele cu temperaturi extreme (Bader *et al*, 1995; Christensen, Emborg, 1996; Lonsdale *et al*, 2008; Lemperiere, Marage, 2010).

În mulciul format prin descompunerea putregaiului roșu și alb din trunchiul arborilor morți își găsesc habitat peste 15 % din speciile de insecte nominalizate în lista roșie britanică (Butler *et al*, 2002), iar în rezervația Izvoarele Nerei, studiile arată că 33 de specii de mamifere își găsesc habitat tot în trunchiul arborilor morți (Tomescu *et al*, 2011). În lemnul mort își găsesc habitat așadar un număr mare de vertebrate, reprezentate de mamifere, amfibieni, păsări și reptile.

Umiditatea asigurată de lemnul mort în interiorul sau în jurul său este un factor esențial în germinația semințelor atunci când pe sol acestea nu găsesc condiții prielnice. În astfel de situații, plantele parcurg într-o primă etapă un stadiu epifit, germinația având loc pe trunchiurile moarte din care își extrag apa sau nutrienții, iar ulterior pe parcursul dezvoltării,

rădăcinile acestora străpung lemnul mort pentru a se ancora definitiv în sol (Harmon *et al*, 1986).

Condiționat de tipul de lemn mort (trunchiuri sau ramuri), de dimensiunile acestora sau de orientarea față de sol, habitatul asigurat de către lemnul mort, favorizează anumite specii, influențând prezența și abundența acestora. Heterogenitatea lemnului mort și multitudinea de forme și caracteristici fizice pe care le îmbracă în decursul degradării sale, face ca numărul de specii care depind de lemnul mort să fie foarte mare (Grove *et al*, 2003).

Rolul în productivitatea arboretului. Tot ceea ce au acumulat arborii în timpul vieții, după moarte și cu ajutorul diverselor specii, în special a speciilor de ciuperci, prin procesul de descompunere, restituie mai mult sau mai puțin integral, solului, constituind astfel, o importantă sursă de nutrienți și elemente minerale. În acest fel, lemnul mort sprijină fertilitatea solului, cheia creșterii și productivității arboretelor (Tomescu *et al*, 2011). În funcție de regimul termic și de umiditate, lemnul mort adaugă o cantitate semnificativă de material organic în sol, asigură habitat pentru diverse organisme descompunătoare, reține umezeala în perioadele secetoase, asigură un sit pentru bacteriile fixatoare de azot, reprezintă o sursă de nutrienți pentru ecosistem, asigură un spațiu fertil pentru regenerarea coniferelor și contribuie la fertilizarea solului (Stevens, 1997).

Rolul geomorfologic. Proprietățile fizice a lemnului mort de mari dimensiuni au un rol important în procesele geomorfologice, în funcție de tipul și poziția pe care o are la un moment dat. Prezența lemnului mort doborât pe versanții cu înclinație mare, asigură stabilitatea terenurilor și prevenirea eroziunilor prin reducerea debitului și a vitezei de scurgere a apelor pluviale, și pentru prevenirea avalanșelor. Prezența lemnului mort pe cursul apelor regularizează viteza de curgere a viiturilor sau a debitelor mari ale cursurilor de apă, asigurând astfel prevenirea eroziunii malurilor (Stevens, 1997)

Rolul în stocarea carbonului. Pe lângă contribuția esențială în păstrarea biodiversității, relativ recent a fost recunoscută și importanța lemnului mort în stocarea carbonului (Kueppers *et al*, 2004; Woodall *et al*, 2008; Olajuyigbe *et al*, 2011). Din studiile realizate în acest scop, a rezultat că între 16 și 20% din totalul de carbon stocat în păduri se află în lemnul mort (Oswalt *et al*, 2008).

Pădurea este singura care are capacitatea atât de a emite cât și a stoca carbonul din atmosferă. Pe termen lung, stocarea carbonului este afectată prin extragerea materialului lemnos din ecosistemele forestiere, în cazul în care după extragere acesta nu este supus unui proces de descompunere mai rapidă decât în păduri, știind că în mod natural, descompunerea lemnului depinde de specie și unele condiții ecologice și staționale și poate dura până la cca. 1000 ani.

Lemnul mort rămas în păduri funcționează ca un depozit de carbon pe termen lung, pe care, îl eliberează treptat în sol, prin descompunere. Descompunerea, este provocată de ciuperci și alte microorganisme și este sprijinită de multe ori de insecte sau alte nevertebrate. Descompunerea este mijlocul prin care carbonul și mulți alți nutrienți sunt eliberați înapoi în sol, și de care, pot beneficia mai departe ceilalți arbori din pădure

3.2 Clasificarea lemnului mort

Clasificarea lemnului mort, are în vedere o serie de caracteristici fizice și spațiale, și tot odată, urmărește și scopul cercetărilor. În acest sens, lemnul mort în funcție de poziția față de sol, poate fi lemn mort pe picior (LMP), lemn mort doborât desprins sau nu din cioată (LMS), și lemn mort format din cioatele rămase în contact cu solul (LMC). În funcție de dimensiuni,

acesta poate fi lemn mort gros, subțire, sau resturi lemnoase, iar în funcție de gradul de descompunere, fiecare tip se împarte la rândul său în mai multe clase de degradare.

Aceste clasificări sunt necesare, deoarece, fiecare studiu vizează un anumit rol al lemnului mort, iar acesta este îndeplinit de un anumit tip. Studiile generale care vizează evaluarea calitativă, cantitativă sau starea de conservare a biodiversității, sunt studii care urmăresc lemnul mort indiferent de tipul său. Pentru această teză de doctorat, lemnul mort a fost considerat ca fiind reprezentat de arborii pe picior, trunchiurile, vârfurile, crengile sau alte resturi lemnoase căzute pe sol și cioatele, care din diferite cauze nu prezintă nici cea mai mică urmă de viață.

În funcție de scopul cercetărilor, fiecare lucrare abordează un sistem mai mult sau mai puțin diferit pentru clasificarea lemnului mort, de aceea, bazat pe scopul prezentelor cercetări, în lucrarea de față, am folosit un sistem de clasificare mixt, preluat din mai multe lucrări (Stokland 2004, Marchetti M., 2004, xxx. 2001, xxx. 2007, Montes F. 2004).

3.3 Dinamica lemnului mort

Distribuția spațială și continuitatea în timp a lemnului mort, este importantă în dinamica și volumul populațiilor speciilor dependente într-o anumită măsură de acesta. Mobilitatea și volumul populațiilor speciilor, depinde strict de fluctuațiile intrărilor de lemn mort, astfel, în situația unor fluctuații mari și mobilitatea speciilor este mare, la fel cum pentru o evoluție uniformă a dinamicii lemnului mort este de așteptat ca speciile sedentare să fie majoritare, și se poate prezice și volumul populațiilor speciilor dependente de acesta.

Pentru stabilirea unei strategii viabile de gestionare a lemnului mort, ciclurile naturale ale intrărilor și ieșirilor acestuia din ecosistem reprezintă indicatorii de bază ai viitorului plan de management. Dinamica lemnului mort, este influențată nu numai de intrările de lemn mort ci și de ieșirile acestuia în diferite forme din ecosistem, fenomene diferite ca natură, volum și periodicitate, diferite ca și cauze al apariției lor și ca durată a acestora.

În raport cu fazele de dezvoltare, există deasemenea, o variație importantă a cantităților de lemn mort, fapt ce prezintă o importanță ecologică deosebită, știut fiind că, necromasa în diferitele sale etape de degradare, reprezintă o bioskenă pentru diferite viețuitoare, culminând cu instalarea unei noi generații de arbori. Cantitatea totală de lemn mort scade în timpul perioadei de dezvoltare a arboretului, atingând un minim la mijlocul perioadei de desiş și în fazele de maturitate (Cenușă, 1995; Kirby *et al*, 1998). După aceste faze, începe acumularea continuă de lemn mort, până când echilibrul ecosistemului este deranjat de activități umane sau fenomene naturale majore (Cenușă, 1995; Kirby *et al*, 1998).

Intrările de lemn mort în ecosistemele forestiere, se realizează prin o serie de mecanisme, incluzând incendiile de pădure, vântul, atacurile de insecte, bolile arborilor, concurența inter - și intra specifică, mortalitatea naturală datorată vârstei înaintate a arborilor sau alunecările de teren. Rezultatele studiilor privind intrările de lemn mort nu sunt aplicabile pe perioada lungă de timp și nici pentru suprafețe mari de pădure, datorită variabilității mari a cantităților. În unele studii, cantitățile variază de la $0,3 \text{ m}^3 \text{ an}^{-1} \text{ ha}^{-1}$, până la $34,3 \text{ m}^3 \text{ an}^{-1} \text{ ha}^{-1}$, și sunt apărute ca urmare a acțiunii concertate a mai multor factori, care diferă ca amploare de la zonă la zonă (Harmon *et al*, 1986).

Ieșirile lemnului mort din ecosistemele forestiere, apar ca urmare a acțiunii unor factori naturali și antropici, și se realizează datorită fragmentării fizice a acestuia, a degradării structurii interne prin absorbția și eliminarea repetată a apei, prin prăbușirea și descompunerea sub acțiunea organismelor descompunătoare, a schimbărilor climatice anuale, ieșirea propriu-zisă prin acțiuni antropice sau naturale (alunecări de teren, viituri), datorită respirației organismelor din lemn mort, care duc la conversia carbonului stocat în bioxid de carbon și la eliminarea lui în atmosferă (Stevens, 1997).

În pădurile în care sunt permise operațiunile silviculturale, lemnul mort este în cea mai mare parte extras, deci intrările de lemn mort sunt reduse chiar dacă, pe moment, poate apare o abundență de crăci și vârfuri subțiri. Tulburările asupra echilibrului ecosistemului, datorită intervenției antropice în aceste păduri, sunt de obicei regulate ca periodicitate și de regulă înainte ca pădurea să ajungă la bătrânețe, sunt așadar, distribuite uniform în timp și puțin probabil ca pădurea să ajungă la faza bătrâneții fără să fie afectată de tăieri (Kirby *et al*, 1998).

Ciclicitatea acumulărilor în timp a lemnului mort este importantă pentru întreg ecosistemul, iar Harmon *et al*, (1986), au studiat-o ca acumulare sezonieră, anuală, și pe termen lung. Variațiile sezonale sunt destul de importante, și sunt datorate în primul rând anotimpului. S-au înregistrat maxime în anotimpul ploios, în lunile august și septembrie, și un minim în lunile decembrie – martie. Zăpada umedă și grea, chiciura, incendiile, sunt o serie de factori care pot influența acumulările sezonale de lemn mort (Harmon *et al*, 1986).

Variația acumulărilor pe termen lung este influențată în primul rând de vârsta arboretului. Astfel, în zonele studiate în doi ani consecutiv, cantitățile acumulate au fost de $0,92 \text{ m}^3 \text{an}^{-1} \text{ha}^{-1}$, în păduri de 20 ani până la $9,43 \text{ m}^3 \text{an}^{-1} \text{ha}^{-1}$, în păduri de 40 ani. În arborete cu vârste mai mari de 40 ani, variația acumulărilor este foarte mare, mergând de la un minim în prima perioadă de $3 \text{ m}^3 \text{an}^{-1} \text{ha}^{-1}$, până la un maxim de $33,4 \text{ m}^3 \text{an}^{-1} \text{ha}^{-1}$, în păduri bătrâne (Harmon *et al*, 1986).

3.4 Metode de evaluare a lemnului mort

Scopul cercetărilor și zona de studiu, au impus analiza mai multor metode de evaluare a lemnului mort, diferențiate în general pe tipuri de lemn mort. Astfel, s-au utilizat metode diferite, separat pentru lemnul mort pe picior și cel doborât. Pentru lemnul mort doborât, s-au folosit în general două metode, cea a transectelor și cea a suprafețelor de probă permanente, iar pentru lemnul mort pe picior, o metoda bazată pe inventarierea integrală a acestuia în suprafețe de forme și mărimi diferite.

Metoda de evaluare adoptată a fost cea a transectelor (linii care intersectează piesele de lemn căzute pe sol, denumită uzual, LIS- line intersect sampling), metodă ce a fost dezvoltată inițial de Canfield în 1941 și utilizată pentru prima oară pentru lemnul mort de Warren și Olsen în 1964 (Corrow, 2010). Această metodă a fost utilizată cu succes în ecosistemele forestiere o perioadă lungă de timp, pentru evaluarea resturilor lemnoase din păduri (Waddell *et al*, 2001). Van Wagner (1968), descrie această metodă ca fiind utilă în evaluarea resturilor lemnoase de mici dimensiuni, iar Brown (1971), o adaptează și dezvoltă o metodă numită metoda planelor de intersecție.

De Vries (1973) descrie din punct de vedere teoretic metoda transectelor cu detalii matematice și statistice, făcând apoi o descriere a metodei pe etape. Howard și Ward (1972), folosesc această metodă în Oregon și compară totodată mai multe metode din punct de vedere al preciziei. Menard și Dione (1972) folosesc și ei această metodă în Quebec (Van Wagner, 1976).

În cazul metodei transectelor, precizia finală depinde de lungimea transectelor și de structura claselor de diametre, însă, pentru lemnul gros cel puțin, diametrul este recomandat să se măsoare individual sau pe clase mici (Van Wagner 1982).

Metoda transectelor vizează inventarierea tuturor pieselor lemnoase căzute pe sol, intersectate de o linie imaginară de lungime și orientare variabilă. Această metodă, în forma inițială, presupune măsurarea tuturor diametrelor pieselor intersectate de transect exact în punctul de intersecție, doar dacă transectul intersectează și axul piesei, dacă transectul corespunde cu acesta atunci acea piesă va fi ignorată, iar dacă transectul intersectează o piesă curbată în două puncte, vor fi măsurate ambele intersecții.

Metoda transectelor are totuși trei dezavantaje, care pot influența mai mult sau mai puțin rezultatul evaluării. Un prim dezavantaj ar fi acela că formula de calcul în cadrul aceste

metode se bazează pe măsurarea diametrului în punctul de intersecție al transectului cu trunchiul, considerând că forma trunchiului este cilindrică, iar punctul de intersecție este mijlocul său. Un alt dezavantaj al utilizării acestei metode este acela că, în cazul unei suprafețe care a fost afectată de doborâtură de vânt în masă sau de o lucrare de exploatare de masă lemnoasă, direcția de cădere a arborilor este unică, iar dacă aceasta corespunde cu orientarea transectului, acesta din urmă va merge paralel cu trunchiurile și nu le va intersecta. De aceea Van Wagner (1968), propune utilizarea a două sau mai multe transecte, orientate. Un ultim aspect ce poate denatura rezultatele, însă într-o mică măsură, este poziția trunchiului față de sol, aspect ce este de obicei neglijat (Waddell *et al*, 2002). În acest caz, planul secțiunii format de intersecția transectului cu piesa de lemn are suprafața mai mare decât în cazul unei secțiuni perpendiculare pe axul central al acesteia, fiind favorizată astfel mărimea suprafeței de bază. Stabilirea unei lungimi totale a transectului mai mare de 100 m și utilizarea unui număr mai mare de transecte, poate asigura un nivel de precizie superior comparativ cu alte metode (Woldendorp *et al*, 2004).

Există și metode combinate, unde în interiorul unei suprafețe circulare, sunt amplasate trei transecte de lungime variabilă, dispuse sub un unghi de 120 grade între ele, sau suprafețe de formă dreptunghiulară, situate în jurul transectului, cu o lungime egală cu lungimea acestuia și având lățimea de 2m de fiecare parte a acestei linii (Kirby *et al*, 1998).

Principalele atribute necesare descrierii prezenței lemnului mort, sunt tipul acestuia (deasupra solului, pe sol, sau în sol), dimensiunile sale, clasa de degradare și specia (în fazele avansate de degradare aspect mai dificil de identificat) (Stevens, 1997).

Metoda transectelor, folosită pentru cuantificarea lemnului mort doborât, împreună cu piețele pentru evaluarea arborilor pe picior vii și morți, reprezintă o cale sigură și rapidă ce poate fi utilizată în orice sondaje care urmăresc obținerea de informații legate de cantitățile de lemn mort existente la un moment dat în ecosistemul forestier studiat. Totuși, pentru analize mai complete, sunt necesare observații legate și de prezența arborilor foarte groși, cu diametre peste 60 cm, pe picior sau doborâți, care sunt destul de găsiți în suprafețele de studiu din afara pădurilor naturale bătrâne (Kirby *et al*, 1998).

4. MATERIALUL ȘI METODA DE CERCETARE

4.1. Locul cercetărilor

Suprafața totală pe care o administrează Parcul Național Călimani este de 24.556 ha, iar din această suprafață, 16.245,6 ha reprezintă fond forestier. Zona de studiu are o suprafață totală de 5.746,3 ha, din care 3.991 ha de fond forestier (24,5% din suprafața totală de fond forestier administrată de parc), este situată în partea de nord-vest a parcului ocupând bazinele superioare ale râului Dorna și al afluentului său, pârâul Negrișoara și este cuprinsă între 47°15' - 47°23' latitudine nordică și 25°11' - 25°14' longitudine estică.

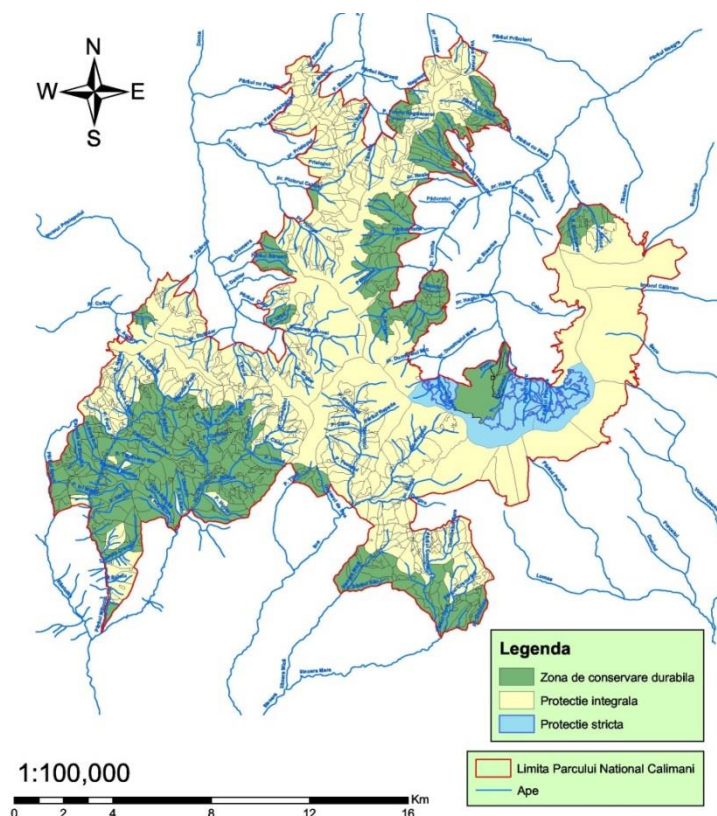


Fig. 4.1 Harta Parcului Național Călimani

4.1.1. Caracteristici climatice

Geologie. Munții Călimani sunt munți vulcanici, formați prin erupții de riolite, dacite, andezite și bazalte, iar relieful format prin acumulare vulcanică se suprapune peste o zonă de fliș. Din lanțul masivului vulcanic Călimani se desprind pânze de lavă, cea mai mare parte a acestora fiind andezitice, andezite bazaltice sau mai rar andezite cu bazalt.

Geomorfologie. Formele de relief cele mai frecvent întâlnite în această zonă, sunt cele care au la bază activitatea vulcanică, și sunt caracterizate de versanții puternic înclinați și abrupti, fiind în general un relief accidentat, tranzitat de văi adânci și înguste.

Din punct de vedere altitudinal, se constată existența a două puncte de maxim, situate în partea centrală a zonei cercetate. Altitudinea minimă unde au fost efectuate cercetări, este de 1294 m, în timp ce altitudinea maximă este de 1856 m.

Referitor la panta terenului, zona de maxim se găsește în partea de nord-est a zonei cercetate. Panta minimă a punctelor în care au fost făcute investigații a fost de 3^0 , iar panta maximă de 32^0 .

În ceea ce privește expoziția, pe 17,4% din totalul suprafeței cercetate s-a constatat prezența terenurilor cu expoziție parțial însorită (E, V), pe 48,7% sunt terenuri cu expoziție umbră (NV, N, NE) și pe 33,9% din suprafață vegetează arborete pe expoziție însorită (SV, S, SE).

Rețeaua hidrografică de pe suprafața în care s-au desfășurat studiile este constituită din două cursuri principale și anume râul Dorna cu afluenții săi, și pârâul Negrișoara, cel mai important dintre aceștia.

Regimul de alimentare al rețelei hidrografice este mixt, atât nival cât și pluvial, fiind caracterizat printr-un debit fluctuant, în strânsă legătură cu nivelul anual al precipitațiilor. Regimul hidrologic este de tip A, și se caracterizează prin cursuri cu debite mici în perioada de iarnă, un val de apă primăvara format din topirea zăpezii urmat de viituri și un altul alimentat de ploile de la începutul verii, iar apoi o scădere a debitelor până în iarnă cu câteva fluctuații în perioada de toamnă (***, 2000).

Clima. Întreaga zonă în care s-au făcut cercetările este caracterizată de o climă temperat-continentală, de obicei umedă și rece, cu variații locale importante impuse de diferențele altitudinale semnificative. În cadrul peisajului fizico-geografic general, variația climatică și derularea proceselor meteorologice, sunt influențate în principal de relieful accidentat, de apariția și propagarea fenomenelor de Föhn și a inversiunilor termice.

Regimul termic se caracterizează printr-o temperatură medie anuală de cuprinsă între 4, °C în zona joasă la $-0,4^{\circ}\text{C}$ în cea înaltă, cu perioada cea mai friguroasă în lunile ianuarie - februarie cu temperaturi medii de $-6,9 - 9,9^{\circ}\text{C}$, iar cea mai călduroasă în perioada iulie - august, cu temperaturi de $+9,3 + 14,2^{\circ}\text{C}$. Gradientul termic variază cu altitudinea și este de $0,5 - 0,6^{\circ}\text{C}$ la fiecare 100 m. (***, 2000; Chiriță 2003).

Pentru masivul Călimani, temperaturile maxime sunt atinse în luna august cu o medie de $9,3^{\circ}\text{C}$, iar minimele în luna ianuarie cu valoare medie de $-8,2^{\circ}\text{C}$ (fig. 4.2.).

Regimul eolian este puternic influențat de formele de relief însă direcția vântului predominant este cea de la vest la est (fig. 4.3 a și b).

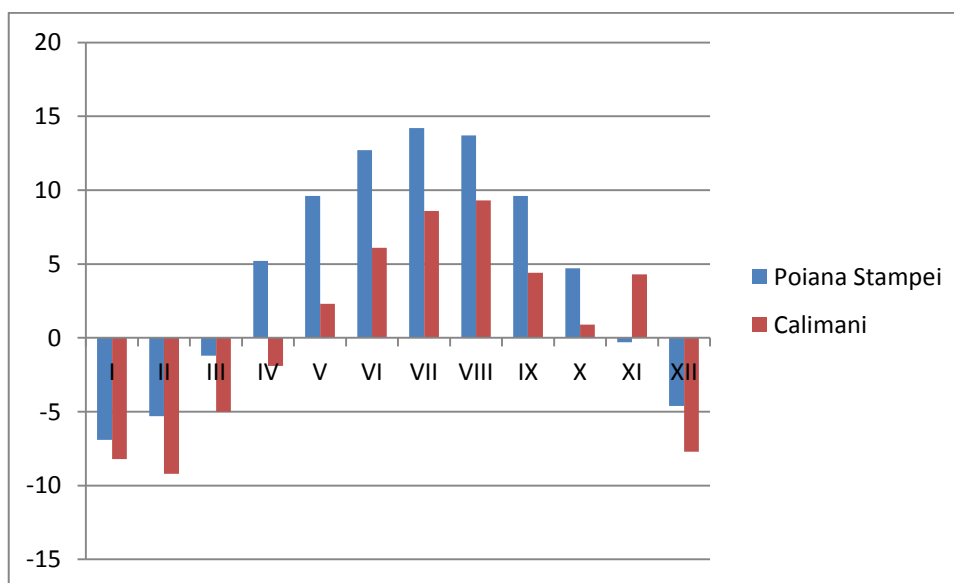


Figura 4.2. Variația lunară a temperaturilor în stațiile Călimani și Poiana Stampei

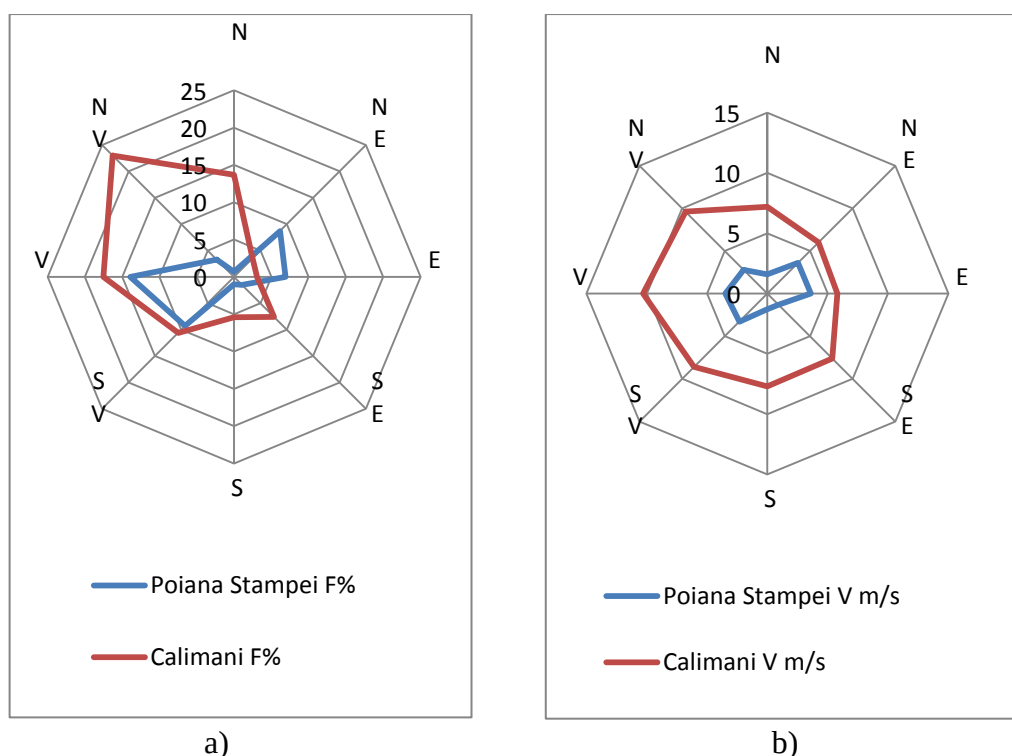


Figura. 4.3. a) Frecvența medie anuală a vântului; b) Viteza medie anuală a vântului (m/s)

4.1.2. Caracteristici staționale

Soluri. Din punct de vedere litologic, munții Călimani sunt alcătuiți în general din roci vulcanice masive, dure, iar procesul de formare a solului a avut loc într-un climat rece și umed. Structura chimică și fizică a rocii parentale, alături de mediul aspru caracteristic acestei zone, au făcut ca procesele de pedogeneză să genereze în general soluri din clasa cambisolurilor și spodisolurilor (Țărău *et al*, 2014). Din aceste clase, spodisolurile, și anume prepodzolul (brun feriiluvial tipic) ocupă cea mai mare suprafață din zona de studiu, urmat de cambisoluri (districambosol- brun acid umbric și tipic) (tabelul 4.5) (Cenușă, 2010).

Tabelul 4.5 Frecvența tipurilor de sol în funcție de categoria de arboret în zona de studiu

Tip de sol	Districambosol tipic (3301)	Districambosol umbric (3302)	Prepodzol (4101)
Frecvența total	4,11%	46,58%	49,32%
A1	0%	2,7%	16,5%
A2	1,4%	20,5%	17,8%
A3	2,7%	15,1%	2,7%
A4	0%	8,2%	12,3%

Tipuri de stațiuni. Sub raportul zonalității fitoclimatice, arboretele din zona de studiu, sunt încadrate în etajul montan de molidișuri FM3, grupele ecologice G.E-4 G.E-6 G.E-8 G.E-10 și G.E-11, stațiuni de bonitate inferioara-mijlocie (96%) și superioară (4%), cu soluri acide,

situate în zone cu condiții climatice favorabile sau mai puțin favorabile și condiții edafice în general puțin prielnice. Distribuția stațiunilor funcție de productivitatea arboretelor este echilibrată, 51% din stațiuni fiind de productivitate superioară (montan de molidișuri de productivitate superioară, pe districambosoluri, edafic submijlociu- mare, cu *Oxalis-Dentaria*), iar restul de 49% fiind stațiuni montane și montan presubalpine de productivitate inferioară, pe podzoluri cu humus brut și *Vaccinium*.

Tipuri de habitate. Suprafața studiată se încadrează în categoria habitatelor de păduri de conifere și a tufărișurilor și pajiștilor boreale și subalpine, cu valoare conservativă moderată și mare, fiind încadrate în cinci tipuri de habitate conform clasificării Natura 2000. Astfel arboretele din zona de studiu se încadrează în habitatul 9410 - păduri acidofile de *Picea abies* din regiunea montană (*Vaccinio- Piceetea*), caracteristic solurilor acide, superficiale sau mijlociu profunde, cu o valoare conservativă mare.

Tipurile de stațiune, tipurile de pădure și tipurile de sol, specifice zonei cercetate sunt, în general, caracteristice etajului montan de molidișuri.

4.2. Metodologia de cercetare

4.2.1 Culegerea și înregistrarea informațiilor de teren

În cadrul prezentei lucrări, lemn mort a fost considerat tot materialul lemnos pe picior, trunchiurile, vârfurile, crengile sau alte resturi lemnoase căzute pe sol și cioatele, care din diferite motive nu prezintă nici cea mai mică urmă de viață. În acest sens lemnul a fost împărțit în trei categorii în funcție de poziția acestuia față de sol, astfel: lemn mort pe picior (LMP), lemn mort doborât aflat pe sol (LMS) și lemn mort provenit din cioate (LMC).

Lemnul mort pe picior, a fost considerat lemnul pe picior întreg sau rupt, cu înălțimea minimă de 1,3 m, diametrul minim de 5 cm la înălțimea de 1,3 m și fără nici cea mai mică urmă de viață.

Lemnul mort doborât, este considerat lemnul întreg sau rupt și resturile lemnoase, desprinse sau nu din cioate, înclinate mai mult de 45 grade față de verticala locului sau culcate pe sol, cu lungimea minimă de 0,5 m, și diametrul minim de 5 cm în punctul de intersecție al acestuia cu transectul.

Lemnul mort provenit din cioate, a fost considerat lemnul aflat în poziție verticală, în contact cu solul prin intermediul propriilor rădăcini, cu înălțimea maximă de 1,3 m și diametrul minim de 5 cm, indiferent de originea acestora.

Pentru determinarea stării de descompunere a lemnului mort, s-a adoptat un sistem de clasificare utilizat pe scară largă la acest tip de studii, specific pentru fiecare tip de lemn mort în parte (Stokland 2004, Marchetti M., 2004, xxx. 2001, xxx. 2007, Montes F. 2004).

Pentru lemnul mort pe picior (LMP) a fost folosit un sistem de clasificare format din cinci clase de degradare, cu caracteristici specifice.

În cazul lemnului mort doborât (LMS) au fost stabilite un număr de 5 (cinci) clase de degradare a lemnului după cum urmează:

În ceea ce privește lemnul mort provenit din cioate (LMC) sunt utilizate un număr de 6 clase de degradare.



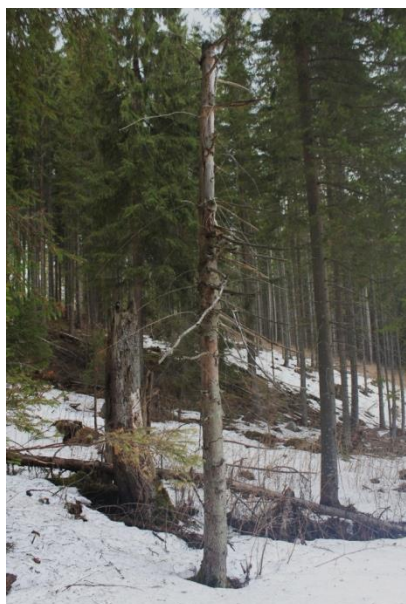
A



B



C



D



E

Figura. 4.4. Clase de degradare specifice lemnului mort pe picior (A - Clasa I-a; B - Clasa a II-a; C - Clasa a III-a; D - Clasa a IV-a; E - Clasa a V-a)



A



B



C



D



E

Figura. 4.5. Clase de degradare specifice lemnului mort doborât (A - Clasa I-a; B - Clasa a II-a; C - Clasa a III-a; D - Clasa a IV-a; E - Clasa a V-a)



A



B



C



D



E



F

Figura. 4.6. Clase de degradare specifice lemnului mort provenit din cioate (A - Clasa I-a; B - Clasa a II-a; C - Clasa a III-a; D - Clasa a IV-a; E - Clasa a V-a; E - Clasa a VI-a)

Tabelul 4.7: Încadrarea în cele 4 clase de duritate pentru LMC

Caracteristici duramen	Caracteristici alburn		
	tare	poros	Moale
tare	Clasa III	Clasa IV	Clasa V
poros	Clasa IV	Clasa IV	Clasa V
moale	Clasa V	Clasa V	Clasa V
putred	Clasa V	Clasa V	Clasa VI

Rețeaua de sondaje. Peste suprafața parcului a fost suprapus un grid cu ecartul de 1000 m, iar fiecare punct de intersecție a liniilor rețelei a devenit centrul suprafețelor de inventariere. Au rezultat astfel un număr de 59 de puncte reprezentând tot atâtea suprafețe de inventariere, situate la 1000 de metri unul de altul și dispersate sistematic pe întreaga suprafață (fig. 4.5). În zonele unde a fost posibil acest lucru și cu scopul de a crește gradul de reprezentativitate a categoriilor de teren mai slab reprezentate după suprapunerea rețelei pe hartă (în general A3), și pentru a majora numărul total de puncte de inventariere, a fost îndesită rețeaua, amplasându-se câte un punct suplimentar în mijlocul ochiurilor rețelei, rezultând astfel încă 14 piețe și în final un număr total de 73 de puncte de inventariere.

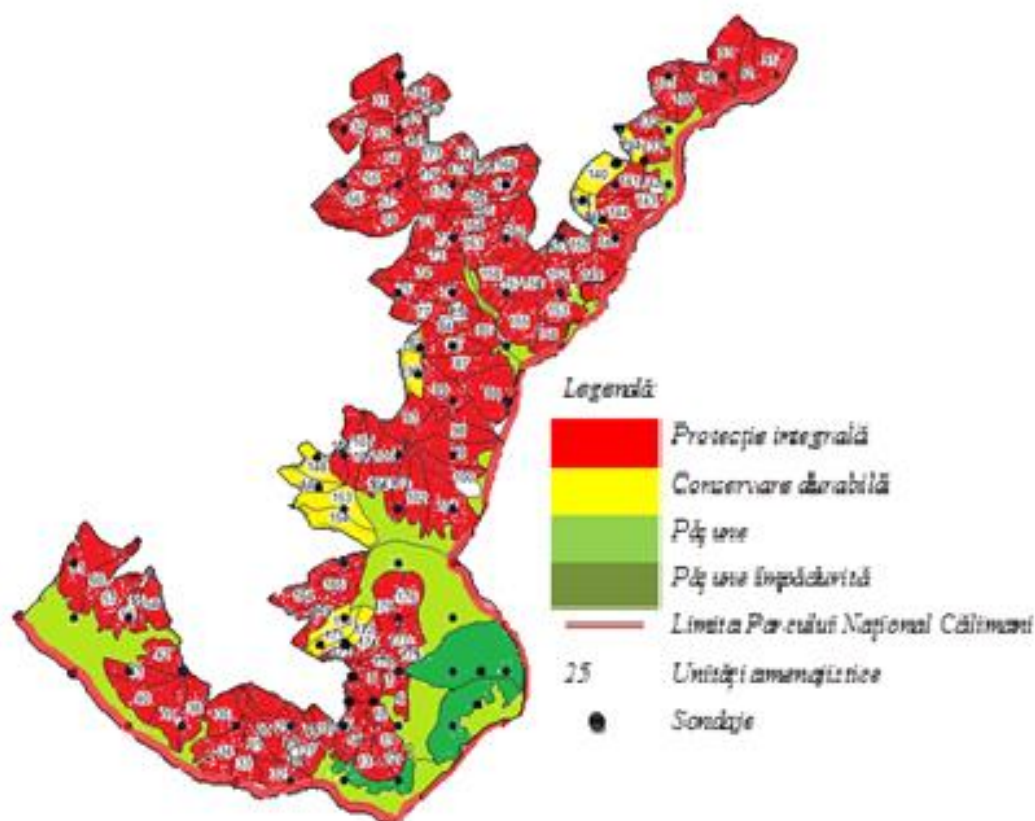


Figura. 4.7 Amplasarea rețelei de sondaje în zona de studiu

Pentru activitatea de teren a fost realizată o hartă cu poziția punctelor rezultate din suprapunerea rețelei peste suprafața parcului, iar în teren, cu ajutorul GPS-ului au fost identificate și marcate în teren cu plăcuțe de identificare, cele 73 de puncte.

În fiecare punct astfel identificat s-au delimitat suprafețe de inventariere de formă circulară, denumite în continuare sondaje, cu raza de 12,62 m, și suprafața de 500 m², fiecare punct devenind astfel centrul fiecărui sondaj.

Pentru inventarierea lemnului mort doborât, din fiecare punct astfel identificat, s-au trasat trei transecte pe trei direcții diferite pe care a fost măsurat tot lemnul doborât intersectat de acestea.

Deoarece precizia rezultatelor depinde de lungimea transectelor, de structura claselor de diametre și de gradul de subiectivitate în analiza individuală a pieselor, pentru materializarea liniilor de intersecție s-au amplasat în teren, trei transecte cu lungimea de 50 m fiecare. Acestea au fost orientate una spre nord, iar celelalte sub un unghi de 120 grade unul față de celălalt (fig.4.6.), evitându-se astfel posibilitatea suprapunerii sau a poziționării în paralel a transectelor cu direcția predominantă în care este căzut lemnul (în situația în care există așa o direcție) (Densmore, 2004; Corrow, 2010), și s-a procedat la cubarea individuală a pieselor înlăturând astfel sursa erorilor.

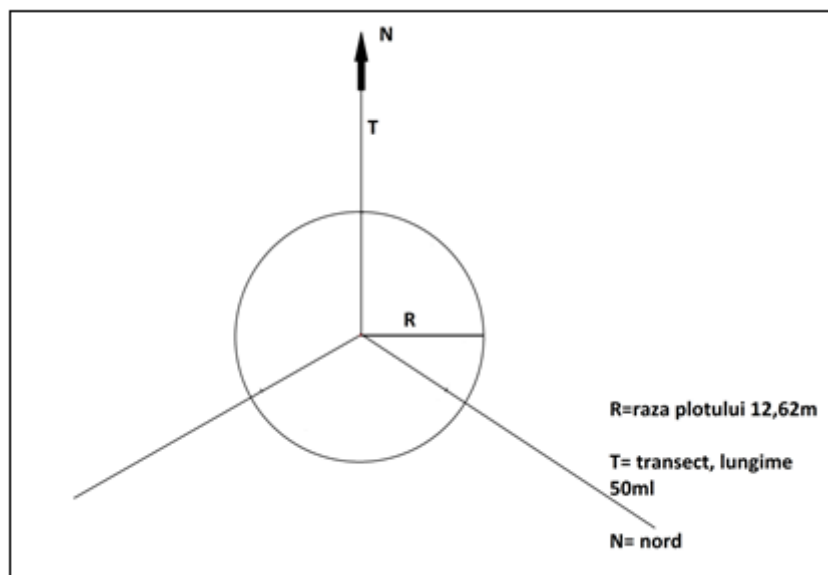


Figura. 4.8 Schița sondajului

În fiecare din aceste suprafețe s-au măsurat și înregistrat în fișele de teren toate caracteristicile dimensionale ale lemnului mort pe picior și a cioatelor, iar de pe transecte ale materialului lemnos doborât intersectat de acestea, în funcție de clasificările prezentate în capitolele anterioare. Au fost inventariați toți arborii pe picior, cu diametrul la 1,3 m mai mare de 5 cm și înălțimea mai mare de 1,3 m. Au fost măsurate două diametre perpendiculare la înălțimea de 1,3 m și înălțimea, pentru toți arborii vii sau morți aflați în interiorul cercului sau care au trecut cu axa verticală în interiorul suprafeței. Au fost inventariate în același timp și toate cioatele care au fost identificate în interiorul suprafeței de inventariere și care depășeau diametrul de 5 cm la baza lor, înregistrându-se diametrele măsurate la bază și la vârf și înălțimea acestora.

S-au inventariat toate piesele lemnoase căzute pe sol cu diametrul minim în punctul de intersecție al transectelor cu acestea de 5 cm și lungimea minimă de 0,5 m. Lemnul mort doborât, intersectat de către transect, a fost inventariat bucată cu bucată, măsurându-se pentru fiecare, diametrul în punctul de intersecție, diametrele la cele două capete și lungimea acestora.

Au fost înregistrați astfel un număr de 4102 de piese de diferite tipuri și dimensiuni. Din aceștia, un număr de 2701 au fost arbori pe picior, 843 piese de lemn aflate pe sol și un număr de 558 a fost reprezentat de cioate. Din totalul de 2701 arbori pe picior, 2135 erau arbori sănătoși iar restul de 566 de bucăți reprezintă lemnul mort aflat pe picior la acea dată.

Pe lângă datele privitoare la piesele de lemn mort, în interiorul suprafețelor a fost inventariat integral și lemnul sănătos pe picior. Datele au fost înregistrate în fișe de teren caracteristice pentru fiecare tip de lemn mort în parte (tabelele 4.7 – 4.9).

Tabelul 4.7 Fișă de teren pentru arborii pe picior

Nr. Crt	Diametru	Înălțime	Specia	Starea fiziologică	Clasa de degradare	Vătămări	Proveniență	Observații
1								
2								

Tabelul 4.8 Fișă de teren pentru lemnul mort doborât

Nr transect	Diametrul la intersecție	Diametrul la capătul gros	Diametrul la capătul subțire	Lungimea	Direcția de cădere față de nord	Clasa de degradare	Stare	Proveniență	Cauza probabilă a morții	Vegetație existentă pe piesă	Observații
1 N											
2											

Tabelul 4.9 Fișă de teren pentru cioate

Nr. Crt	Diametrul la bază	Diametrul la vârf	Înălțimea	Specia	Clasa de degradare	Proveniența	Observații
1							
2							

Au fost evaluate și înregistrate în același timp caracteristicile staționale, respectiv panta, expoziția și altitudinea cât și condițiile de arboret și anume vârsta, consistența și grupa de arboret, caracteristici necesare analizei distribuției și dinamicii lemnului mort. Observațiile făcute asupra condițiilor și caracteristicilor staționale și de arboret, au fost înregistrate completându-se o fișă separată pentru aceste aspecte.

4.2.2 Analiza și prelucrarea statistică a datelor

Datele statistice generale analizate în prezenta teză de doctorat, au fost următoarele: media aritmetică ($\bar{x}$), abaterea standard (s), coeficientul de variație ($s\%$), utilizând formule consacrate (Giurgiu, 1979) valoarea minimă, valoarea maximă a variabilelor considerate, precum și numărul de observații efectuate.

Parametrii statistici, au fost calculați atât pentru lemnul pe picior (lemn viu și mort), cât și pentru celelalte categorii de lemn mort (doborât și cioate), analizând caracteristici biometrice diferite pentru fiecare categorie de lemn în parte. Pentru lemnul pe picior (arbori sănătoși și lemn mort) au fost avuți în vedere următorii parametri biometrici: diametrul de bază mediu și înălțimile medii.

Parametrii biometrici supuși analizei pentru categoria de lemn mort doborât, sunt: diametrul la capătul gros, diametrul la capătul subțire și lungimea piesei de lemn mort doborât. În ceea ce privește parametrii biometrici analizați în cazul lemnului mort format din cioate, aceștia sunt: diametrul la baza cioatei, diametrul la partea superioară a cioatei precum și înălțimea corespunzătoare a cioatei.

În final s-a prezentat repartiția lemnului mort pe categoriile analizate (LMP, LMS, LMC) în zona cercetată, repartizarea lemnului mort doborât pe clase de degradare precum și repartizarea parametrilor biometrici specifici analizați pentru fiecare categorie de lemn mort, pe clase de degradare.

Programul de calcul folosit a fost Microsoft Office Excel.

Caracterizarea cantitativă și calitativă a lemnului mort. După finalizarea activității de teren în urma căreia s-au completat toate fișele de teren aferente fiecărui punct în parte, s-a creat o bază de date în programul Microsoft Office Excel cu toate datele rezultate, obținând în acest fel un fișier de bază în vederea prelucrării și interpretării tuturor rezultatelor.

După înscrierea datelor inițiale, s-a efectuat calculul volumelor, total și separat pe tipuri de lemn (mort și sănătos, pe picior și doborât) și pe clase de degradare, folosindu-se diametrele la ambele capete în cazul lemnului doborât, a diametrului de bază în cazul lemnului pe picior sau a celor două diametre în cazul cioatelor.

Pentru evaluarea cantitativă a biomasei și a carbonului stocat la data cercetărilor în pădurile din nord-vestul Parcului Național Călimani, s-au transformat volumele calculate pentru fiecare tip de lemn mort în biomasă și apoi în carbon asimilat, utilizând indicii de densitate a lemnului.

În baza măsurărilor efectuate pe teren au fost obținute o serie de distribuții experimentale care fac referire la: distribuția numărului de arbori pe categorii de diametre și distribuția numărului de arbori pe categorii de înălțimi, pentru arboretul inițial și pentru lemnul mort pe picior, distribuția numărului de arbori (piese) pe categorii de diametre (diametrul la capătul gros și diametrul la capătul subțire) și distribuția numărului de arbori (piese) pe categorii de lungimi, pentru lemnul mort doborât, respectiv distribuția numărului de cioate pe categorii de diametre (diametrul la baza cioatei și diametrul la partea superioară a cioatei) și distribuția numărului de cioate pe categorii de înălțimi.

Distribuțiile teoretice folosite pentru ajustarea distribuțiilor experimentale obținute ca urmare a cercetărilor efectuate au fost: distribuția teoretică Meyer, distribuția teoretică *Gamma* și distribuția teoretică *Pearson tipbeta*.

În final a fost prezentată caracterizarea cantitativă și calitativă a lemnului mort, în funcție de proveniență, după cauza probabilă a morții, după tipul de vătămare, după caracteristicile dimensionale și după starea actuală.

Programele de calcul folosite au fost: Microsoft Office Excel, SilvaStat (Popa, 1999) Statistica 8.0.

Variația lemnului mort în raport cu factorii staționali, a presupus analiza distribuțiilor experimentale și teoretice privind parametrii biometrici ai acestuia în relație cu altitudinea, panta, expoziție și tipul de sol.

Variația lemnului mort în raport cu condițiile de arboret. Dinamica lemnului mort în raport cu condițiile de arboret, a presupus cuantificarea și reliefaarea distribuției volumului lemnului mort, raportat la vârsta arboretului, categoria de arboret, consistența și tipul de pădure specifice suprafeței supusă studiului.

Ca și în cazul precedent, s-a prezentat distribuția volumului total (arbori sănătoși și lemnul mort pe picior), distribuția lemnului mort pe picior, a lemnului mort doborât și a lemnului mort provenit din cioate. Volumul corespunzător categoriilor de lemn mort a fost prezentat în relație cu condițiile de arboret prezentate, analizate diferențiat pe clasele de degradare caracteristice fiecărei categorii de lemn mort.

Distribuția spațială a unor a unor parametrii dendrometrici ai arboretului pe picior și a lemnului mort în zona cercetată.

Distribuția spațială a unor parametrii dendrometrici specifici arboretului pe picior, face referire la diametrul mediu corespunzător acestuia, a înălțimii medii și a volumului total al arboretelor din zona cercetată.

În ceea ce privește distribuția spațială a lemnului mort în zona cercetată, au fost avute în vedere repartiția spațială a parametrilor biometrici pentru lemnul mort pe picior (diametrul mediu, înălțimea medie, volumul), a parametrilor biometrici pentru lemnul mort doborât (diametrul la capătul gros, diametrul la capătul subțire, lungimea pieselor de lemn, volumul total și volumul diferențiat pe clase de degradare) și a parametrilor biometrici pentru lemnul mort provenit din cioate (diametrul la baza cioatei, diametrul la partea superioară a cioatei, înălțimea cioatei, volumul total și volumul diferențiat pe clase de degradare).

Programele folosite, pentru reliefaarea distribuției spațială a unor factori staționali, a unor parametrii dendrometrici specifici arboretului total și a lemnului mort în zona cercetată, a fost QGIS Lisboa 9.0.

5. REZULTATE OBTINUTE

5.1. Caracteristicile dendrometrice ale arborilor vii și a lemnului mort

Arbori vii

În arboretele cercetate, valoarea diametrului mediu al arborilor vii este de 23,1 cm (cu o variație a valorilor cuprinsă 7,2 cm și 42,9 cm). Diametrul mediu la nivelul sondajului variază între 7,2 și 42,9 cm, valoarea maximă fiind de 68 cm. Abaterea standard în arboretele cercetate are o amplitudine a valorilor cuprinsă între 1,5 cm și 18,2 cm. Referitor la coeficientul de variație ecartul de variație al acestuia este cuprins între 13,1% și 79,9%, cu o valoare medie de 31,2% (tabelul 5.1).

Tabelul 5.1 Date statistice generale privind arborii vii pentru arboretele cercetate

Parametrii biometrici Parametrii statistici	Diametrul (cm)	Înălțimea (m)	Număr de arbori ($N \cdot ha^{-1}$)	Volum ($m^3 \cdot ha^{-1}$)
Media ($\bar{x}$)	23,1 ($\pm 7,6$)	16,8 ($\pm 4,0$)	585 ($\pm 431,4$)	283,7 ($\pm 198,3$)
Coeficient de variație ($\bar{s\%}$)	31,2	24,2	73,9	69,8
Valoarea minimă ($\bar{min}$)		2	40	3,8
Valoarea maximă ($\bar{max}$)	68	35	2320	721,2

În ceea ce privește numărul de observații efectuate, acesta variază conform cu starea arboretelor din teren. Numărul minim de observații înregistrate în sondajele din arboretele cercetate a fost 2, în timp ce numărul maxim de observații a fost 135, cu o medie corespunzătoare de 40 observații.

Înălțimea medie a arborilor vii, are valori medii cuprinse între 3,6 m și 28,9 m (în punctele de sondaj) cu o valoare medie pentru suprafața cercetată de 16,8 m (tabelul 5.1).

Numărul de arbori $\cdot ha^{-1}$, pentru categoria arbori vii, are valoarea de 585. Abaterea standard are valoarea $\pm 431,4$, cu o valoare a coeficientului de variație 73,9%. Astfel, în arboretele cercetate variabilitatea este accentuată și mai mare ca în cazul arborilor pe picior. Valoarea minimă a numărului de arbori $\cdot ha^{-1}$ este 40, în timp ce valoarea maximă înregistrată este 2320.

Volumul mediu al arborilor vii este de $283,7 m^3 \cdot ha^{-1}$. Abaterea standard, în arboretele studiate, este de $\pm 198,3 m^3 \cdot ha^{-1}$, cu o valoare a coeficientului de variație 69,8%. Și în cazul volumului se constată o variabilitate accentuată și mai mare ca în cazul arboretului pe picior, din punct de vedere al volumului $\cdot ha^{-1}$. Valoarea minimă a volumului este $3,8 m^3 \cdot ha^{-1}$, iar valoarea maximă înregistrată este de $721,2 m^3 \cdot ha^{-1}$.

Analiza comparativă a datelor obținute prin actualele cercetări cu datele din literatura de specialitate, privind o serie de parametri biometrici specifici ecosistemelor forestiere de molid din zona subalpină, arată arboretele cercetate din străinătate, au valori mai mari din punct de vedere al diametrului și al volumului $\cdot ha^{-1}$ și valori mai mici cu referire la numărul de arbori $\cdot ha^{-1}$.

În cadrul sondajelor efectuate, lemnul mort pe picior a fost identificat în 82% din numărul total al cazurilor analizate (73), lemn mort doborât în 85% din cazuri, iar lemnul mort format din cioate în 78% din cazuri. Din punct de vedere al volumului lemnului mort, din totalul de $63,4 m^3 \cdot ha^{-1}$, $28,4 m^3 \cdot ha^{-1}$ sunt corespunzători lemnului mort pe picior, $29,5 m^3 \cdot ha^{-1}$ lemnului mort doborât, respectiv $5,5 m^3 \cdot ha^{-1}$ lemnului mort provenit din cioate.

Lemn mort pe picior

Studiul lemnului mort pe picior, a constat din analiza următorilor parametri biometrici: diametrul, înălțimea, numărul de arbori·ha⁻¹, volumul·ha⁻¹. Aceștia au fost analizați pentru suprafața cercetată și în relație cu pe cele cinci clase de degradare ale lemnului mort pe picior avute în vedere în prezenta lucrare.

Analizând diametrul mediu al lemnului mort pe picior în relație cu clasele de degradare se constată o creștere a acestuia de la clasa de degradare 1, 14,5 cm (±8,8 cm), la clasa de degradare 2, 16,8 cm (±10,8 cm) și de la clasa de degradare 3, 13,8 (±8,8 cm) la clasa de degradare 4, 30,7 cm (±30,5 cm).

Tabelul 5.2 Date statistice generale privind lemnul mort pe picior pentru arboretele cercetate

Parametrii statistici	Media ($\bar{x}$)	Coeficient de variație (s%)	Valoarea minimă	Valoarea maximă
Parametrii biometrici				
<i>Diametrul (cm)</i>	15,7 (±10,5)	64,1		76
Clasa de degradare 1	14,5 (±8,8)	60,2		46
Clasa de degradare 2	16,8 (±10,8)	63,8		54
Clasa de degradare 3	13,8 (±8,8)	59,4		38
Clasa de degradare 4	30,7 (±30,5)	99,2		76
<i>Înălțimea (m)</i>	9,5 (±6,3)	67,1	1,4	30
Clasa de degradare 1	9,1 (±5,8)	64,0	1,5	30
Clasa de degradare 2	10,1 (±6,8)	67,7	1,4	30
Clasa de degradare 3	6,3 (±5,1)	80,9	1,4	18
Clasa de degradare 4	3,9 (±1,9)	48,1	1,8	6
<i>Număr de arbori (N·ha⁻¹)</i>	155 (±171,1)	110,8	20	800
Clasa de degradare 1	79 (±109,6)	138,4	20	440
Clasa de degradare 2	70 (±111,8)	161,8	20	620
Clasa de degradare 3	5 (±13,7)	264,2	20	80
Clasa de degradare 4	1 (±4,6)	418,2	20	20
<i>Volum (m³·ha⁻¹)</i>	28,4 (±34,9)	123,0	0,4	147,4
Clasa de degradare 1	11,4 (±17,7)	156,2	0,2	99,2
Clasa de degradare 2	16,3 (±27,4)	168,0	0,1	129,2
Clasa de degradare 3	0,5 (±2,7)	509,5	0,1	22,0
Clasa de degradare 4	0,2 (±1,1)	690,6	0,4	9,6

Analizând înălțimea medie în relație cu clasele de degradare se constată o creștere a valorilor acesteia de la clasa de degradare 1 - 9,1 m (±5,8 m), la clasa de degradare 2 - 10,1 (±6,8 m), după care scade la clasa de degradare 3 - 6,3 m (±5,1 m) și la clasa de degradare 4 - 3,9 m (±1,9 m) (tabelul 5.2). Comparativ cu media pentru totalul lemnului mort pe picior se constată că înălțimea corespunzătoare clasei de degradare 2 este cu 6% mai mare, în timp ce pentru celelalte clase de degradare se constată înălțimi mai mari decât media, cu 4% (clasa de degradare 1), 34% (clasa de degradare 3), respectiv cu 59% (clasa de degradare 4).

Numărul mediu de arbori·ha⁻¹ pentru categoria de lemn mort pe picior în suprafața cercetată din Parcul Național Călimani este de 155. Abaterea standard, în arboretele cercetate, este de ±171,1 arbori·ha⁻¹, cu o valoare a coeficientului de variație de 110,8%, ceea ce indică în arboretele cercetate o variabilitate accentuată. Valoarea minimă a numărului de arbori·ha⁻¹ este 20, în timp ce valoarea maximă înregistrată este 800 (tabelul 5.2).

Analizând numărul de arbori·ha⁻¹ în relație cu clasele de degradare se observă că din totalul calculat 51% (79 arbori·ha⁻¹ ±93,4) sunt din clasa de degradare 1, 45,2% (70 arbori·ha⁻¹ ±96,9) din clasa de degradare 2, 3,2% (5 arbori·ha⁻¹ ±12,2) din clasa de degradare 3, respectiv 0,6% (1 arbori·ha⁻¹ ±4,1) din clasa de degradare 4 (tabelul 5.2).

În ceea ce privește volumul lemnului mort pe picior (28,4 m³·ha⁻¹), în suprafața cercetată din Parcul Național Călimani, se constată o variabilitate accentuată a acestuia. Valoarea minimă calculată a volumului este 0,4 m³·ha⁻¹, în timp ce valoarea maximă înregistrată este de 147 m³·ha⁻¹. Volumul mare de LMP este datorat prezenței numeroaselor ochiuri de arbori uscați pe picior datorat atacurilor de insecte, și a restricțiilor privind extragerea arborilor uscați din zona de protecție integrală a parcului. Abaterea standard, în arboretele analizate, este de ±34,9 m³·ha⁻¹, cu o valoare a coeficientului de variație 123,0%.

Valoarea care reprezintă procentul lemnului mort pe picior din volumul total pe picior în arboretele cercetate variază între valorile 2,8% și 100%. Valoarea medie a lemnului mort pe picior are valoarea de 22%. Ca urmare, se observă faptul că în cadrul Parcului Național Călimani se găsesc zone cu foarte puțin lemn mort pe picior, dar și zone unde prezența acestuia este foarte semnificativă, din punct de vedere al răspândirii acestuia.

Analiza volumului lemnului mort pe picior din Parcul Național Călimani în relație cu valorile corespunzătoare obținute în străinătate, indică faptul că acestea sunt în general mai mici comparativ cu valorile anterior prezentate. O anumită apropiere a valorilor se constată cu arboretele de molid din Rezervația Valbona din Paneveggio – Italia.

Lemn mort doborât

Cum s-a specificat anterior parametrii statistici analizați, în cadrul lemnului mort doborât, au fost puși în evidență pentru diametrul la capătul gros, diametrul la capătul subțire și lungimea. Aceștia au fost analizați pentru suprafața totală cercetată și diferențiat pe cele cinci clase de degradare ale lemnului mort doborât considerate în actualele cercetări (tabelul 5.3).

Tabelul 5.3 Date statistice generale privind lemnul mort doborât pentru arboretele cercetate

Parametrii statistici Parametrii biometrici	Media ($\bar{x}$)	Coeficient de variație (s%)	Valoarea minimă	Valoarea maximă
<i>Diametrul la capătul gros (cm)</i>	20,8 (±11,8)	56,9	4	90
Clasa de degradare 1	23,2 (±12,6)	54,3	7	90
Clasa de degradare 2	20,4 (±11,7)	57,2	5	80
Clasa de degradare 3	19,4 (±11,2)	57,9	6	64
Clasa de degradare 4	21,9 (±12,4)	56,7	4	72
Clasa de degradare 5	21,3 (±11,8)	55,6	6	48
<i>Diametrul la capătul subțire (cm)</i>	7,9 (±6,8)	79,3	1	42
Clasa de degradare 1	5,9 (±6,4)	107,2	2	42
Clasa de degradare 2	5,8 (±4,9)	85,6	1	34
Clasa de degradare 3	7,6 (±5,4)	71,9	2	30
Clasa de degradare 4	11,5 (±8,1)	70,8	2	42
Clasa de degradare 5	14,1 (±8,6)	61,0	2	42
<i>Lungimea piesei (m)</i>	9,9 (±6,7)	67,8	0,8	30
Clasa de degradare 1	14,3 (±7,4)	51,5	1,2	30
Clasa de degradare 2	11,2 (±6,6)	58,9	1,2	28,4
Clasa de degradare 3	8,9 (±6,2)	69,8	0,8	28
Clasa de degradare 4	7,9 (±5,6)	70,8	1	25,3

Clasa de degradare 5	5,1 ($\pm 4,4$)	86,3	1	24,5
<i>Număr de piese ($N \cdot 100m^{-1}$)</i>	8 ($\pm 6,9$)	89,9	1	29
Clasa de degradare 1	1 ($\pm 1,5$)	170,7	1	8
Clasa de degradare 2	3 ($\pm 3,3$)	101,2	1	13
Clasa de degradare 3	2 ($\pm 1,9$)	115,9	1	9
Clasa de degradare 4	1 ($\pm 1,6$)	141,7	1	7
Clasa de degradare 5	1 ($\pm 1,1$)	123,4	1	4
<i>Volum ($m^3 \cdot ha^{-1}$)</i>	29,5 ($\pm 31,7$)	107,3	0,3	150,0
Clasa de degradare 1	3,9 ($\pm 9,7$)	237,5	0,2	54,7
Clasa de degradare 2	10,5 ($\pm 14,0$)	133,6	0,1	77,6
Clasa de degradare 3	5,8 ($\pm 9,1$)	152,4	0,2	52,2
Clasa de degradare 4	4,9 ($\pm 9,6$)	190,8	0,4	58,6
Clasa de degradare 5	4,4 ($\pm 6,6$)	144,6	0,3	27,4

În arboretele studiate valoarea diametrului mediu este de 7,9 cm. Cele mai mici și mai apropiate valori ale acestuia se înregistrează la clasa de degradare 2 (5,8 cm) și la clasa de degradare 1 (5,9 cm). Cea mai mare valoare corespunzătoare diametrului mediu la capătul subțire, se înregistrează la clasa de degradare 5 (14,1 cm) (tabelul 5.3).

Valoarea medie minimă a diametrului mediu la capătul subțire înregistrată a fost de 1 cm (clasa de degradare 2), în timp ce valoarea medie maximă a fost de 42 cm (clasele de degradare 1, 4 și 5) (tabelul 5.3).

Analiza valorii coeficientului de variație, în cazul diametrului mediu la capătul subțire, specific lemnului mort doborât, indică o variabilitate ridicată a parametrului biometric analizat, având în vedere faptul că valoarea acestuia este de 79,3% (mult mai mare de 30%). Ecartul de variație, al valorii coeficientului de variație pentru diametrului mediu la capătul subțire, este cuprins între 107,2% (clasa de degradare 1) și 61,0% (clasa de degradare 5) (tabelul 5.3).

Abaterea standard, în cazul diametrului mediu la capătul subțire pentru lemnul mort doborât, are valoarea $\pm 6,8$ cm. Valorile specifice claselor de degradare sunt: 6,4 cm (clasa de degradare 1), 5,0 cm (clasa de degradare 2), 5,5 cm (clasa de degradare 3), 8,1 cm (clasa de degradare 4), respectiv 8,6 cm (clasa de degradare 5) (tabelul 5.3).

Lungimea lemnului mort doborât. Valoarea medie minimă a lungimii lemnului mort doborât a fost de 0,8 m (clasa de degradare 3), în timp ce valoarea medie maximă a fost de 30 m (clasa de degradare 1) (tabelul 5.3). De remarcat faptul că lungimea maximă a lemnului mort doborât este cuprinsă între 24 m și 30 m (tabelul 5.3).

În arboretele parcurse, se constată că lungimea medie a pieselor de lemn este de 9,9 m. Lungimea medie a lemnului mort doborât scade de la clasa de degradare 1, la clasa de degradare 5. Valoarea cea mai mare a lungimii medii a lemnului mort doborât, se întâlnește la clasa de degradare 1 (14,3 m), iar cea mai mică valoare, la clasa de degradare 5 (5,1 m) (tabelul 5.3).

Numărul de piese. Numărul de piese $\cdot 100m^{-1}$ pentru lemnul mort doborât în suprafața studiată din Parcul Național Călimani este de 8. Abaterea standard, în arboretele cercetate, este de $\pm 6,9$, cu o valoare a coeficientului de 89,9%, ceea ce indică că arboretele cercetate au o variabilitate accentuată din punct de vedere al parametrului biometric analizat. Valoarea minimă a numărului de arbori $\cdot 100m^{-1}$ este 1, în timp ce valoarea maximă înregistrată este 29 (tabelul 5.3).

Analiza numărului de piese $\cdot 100m^{-1}$ în relație cu clasele de degradare reliefează faptul că 12,5% din total sunt la clasele de degradare 1, 4 și 5 ($1 \pm 1,5$; $1 \pm 1,6$; $1 \pm 1,1$), 37,5% ($3 \pm 3,3$) la clasa de degradare 2, respectiv 25% ($2 \pm 1,9$) la clasa de degradare 3 (tabelul 5.3).

Volumul. Volumul lemnului mort doborât, în suprafața cercetată din Parcul Național Călimani, are valoarea de $29,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Abaterea standard, în arboretele analizate, este de $\pm 31,7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, cu o valoare a coeficientului de variație de 107,3%. Și în cazul volumului variabilitatea valorilor este semnificativă. Valoarea minimă calculată a volumului este $0,3 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, în timp ce valoarea maximă înregistrată este de $150,0 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (tabelul 5.3).

Analiza volumului lemnului mort doborât din Parcul Național Călimani în relație cu valorile corespunzătoare prezentate mai sus, indică faptul că acestea sunt în general mai mici comparativ cu valorile anterior prezentate. Excepție fac arboretele analizate din Rezervația Pol'ana Rezervația Valbona din Paneveggio – Italia, care au valori mai mici ale lemnului mort doborât decât cele calculate prin prezenta teză de doctorat.

Lemn mort provenit din cioate

Pentru lemnul mort provenit din cioate au fost cuantificați următorii parametri statistici: diametrul la baza cioatei, diametrul la partea superioară a cioatei și înălțimea cioatei. Aceștia au fost analizați diferențiat pe cele șase clase de degradare corespunzătoare lemnului mort provenit din cioate.

Tabelul 5.4 Datele statistice generale privind lemnul mort provenit din cioate pentru arboretele cercetate

Parametrii statistici Parametrii biometrici	Media ($\bar{x}$)	Coeficient de variație (s%)	Valoarea minimă	Valoarea maximă
<i>Diametrul la baza cioatei (cm)</i>	33,7 ($\pm 19,2$)	57,1	6	130
Clasa de degradare 1	34,4 ($\pm 11,7$)	34,0	9	64
Clasa de degradare 2	26,6 ($\pm 16,4$)	61,6	7	100
Clasa de degradare 3	29,6 ($\pm 14,5$)	49,1	6	65
Clasa de degradare 4	29,2 ($\pm 14,9$)	51,0	8	80
Clasa de degradare 5	32,8 ($\pm 17,8$)	54,3	7	82
Clasa de degradare 6	39,1 ($\pm 22,7$)	58,1	7	130
<i>Diametrul la partea superioară (cm)</i>	25,4 ($\pm 13,6$)	53,7	2	90
Clasa de degradare 1	27,8 ($\pm 10,9$)	39,3	4	57
Clasa de degradare 2	22,0 ($\pm 13,1$)	59,6	2	70
Clasa de degradare 3	24,8 ($\pm 12,4$)	49,9	6	60
Clasa de degradare 4	23,3 ($\pm 11,7$)	50,4	4	62
Clasa de degradare 5	26,1 ($\pm 14,7$)	56,3	5	68
Clasa de degradare 6	26,5 ($\pm 14,3$)	54,1	4	90
<i>Înălțimea cioatei (cm)</i>	31,1 ($\pm 18,8$)	60,3	10	120
Clasa de degradare 1	35,2 ($\pm 18,7$)	53,0	18	110
Clasa de degradare 2	38,4 ($\pm 28,9$)	75,1	10	120
Clasa de degradare 3	25,3 ($\pm 9,6$)	38,0	10	45
Clasa de degradare 4	28,1 ($\pm 12,0$)	42,7	10	70
Clasa de degradare 5	31,7 ($\pm 16,6$)	52,5	10	100
Clasa de degradare 6	31,1 ($\pm 19,5$)	62,8	10	100
<i>Număr de cioate ($N \cdot \text{ha}^{-1}$)</i>	153 ($\pm 158,3$)	103,5	20	740
Clasa de degradare 1	6 ($\pm 25,4$)	386,3	20	160
Clasa de degradare 2	18 ($\pm 39,9$)	224,3	20	260
Clasa de degradare 3	19 ($\pm 36,9$)	197,9	20	200
Clasa de degradare 4	20 ($\pm 32,9$)	166,8	20	160
Clasa de degradare 5	30 ($\pm 44,1$)	149,1	20	180
Clasa de degradare 6	60 ($\pm 81,6$)	134,7	20	320

<i>Volum ($m^3 \cdot ha^{-1}$)</i>	5,5 ($\pm 6,7$)	122,2	0,3	32,4
Clasa de degradare 1	0,2 ($\pm 0,7$)	392,9	0,2	3,6
Clasa de degradare 2	0,5 ($\pm 1,5$)	301,4	0,1	11,8
Clasa de degradare 3	0,4 ($\pm 1,1$)	263,8	0,2	6,6
Clasa de degradare 4	0,5 ($\pm 1,1$)	222,9	0,4	5,4
Clasa de degradare 5	1,0 ($\pm 2,1$)	214,5	10	13,6
Clasa de degradare 6	2,9 ($\pm 6,0$)	205,9	0,3	31,7

Numărul de cioate. Numărul de cioate $\cdot ha^{-1}$ în relație cu clasele de degradare arată că 4% ($6 \pm 25,4$) din total se găsește la clasa de degradare 1, 12% ($18 \pm 39,9$) la clasa de degradare 2, 12% ($19 \pm 36,9$) la clasa de degradare 3, 13% ($20 \pm 32,9$) la clasa de degradare 4, 20% ($30 \pm 44,1$) la clasa de degradare 5, respectiv 39% ($60 \pm 81,6$) la clasa de degradare 6 (tabelul 5.4).

Numărul de cioate $\cdot ha^{-1}$ pentru lemnul mort provenit din cioate în suprafața studiată din Parcul Național Călimani este de 153. Abaterea standard, în arboretele cercetate, este de $\pm 158,3$, cu o valoare a coeficientului de 103,5%, ceea ce indică că arboretele cercetate au o variabilitate accentuată din punct de vedere al parametrului biometric analizat.

Volumul. Volumul lemnului mort provenit din cioate, în suprafața cercetată din Parcul Național Călimani, este $5,5 m^3 \cdot ha^{-1}$.

Studiul volumului $\cdot ha^{-1}$ în relație cu clasele de degradare indică faptul că 4% din total ($0,2 \pm 0,7 m^3 \cdot ha^{-1}$) se găsește la clasa de degradare 1, 9% ($0,5 \pm 1,5 m^3 \cdot ha^{-1}$) la clasa de degradare 2, 7% ($0,4 \pm 1,1 m^3 \cdot ha^{-1}$) la clasa de degradare 3, 9% ($0,5 \pm 1,1 m^3 \cdot ha^{-1}$) la clasa de degradare 4, 18% ($1,0 \pm 2,1 m^3 \cdot ha^{-1}$) la clasa de degradare 5, respectiv 53% ($2,9 \pm 6,0 m^3 \cdot ha^{-1}$) la clasa de degradare 6 (tabelul 5.4).

5.2. Caracterizarea cantitativă și calitativă a lemnului mort

Pentru categoriile analizate, s-a stabilit că lemnul mort pe picior ocupă 44,7%, lemnul mort doborât 46,6%, iar lemnul mort format din cioate 8,7%, din volumul total de lemn mort. Analizând volumul mediu pentru fiecare clasă identificată, se observă, pentru zona studiată, valorile apropiate pentru categoriile de lemn mort pe picior și lemn mort doborât, cu un ușor plus pentru lemnul mort doborât (fig. 5.1).

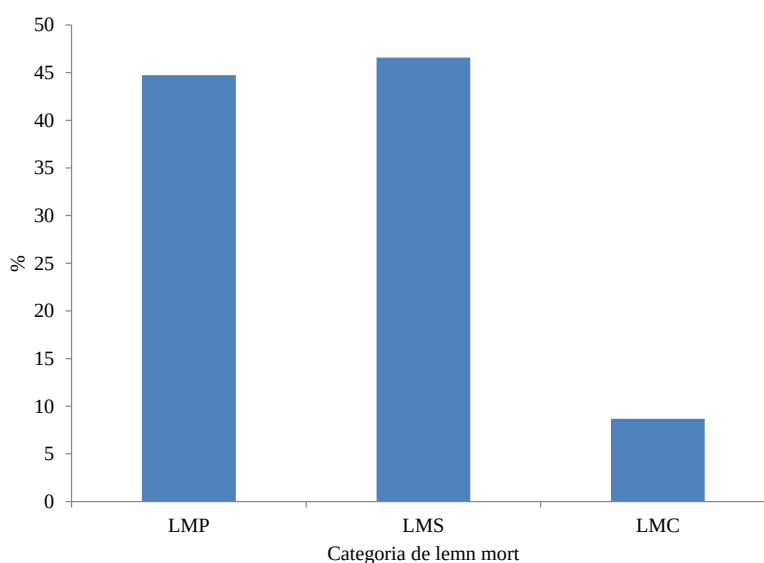


Figura 5.1 Distribuția volumului lemnului mort (%) pe categorii (LMP - lemn mort pe picior; LMS - lemn mort doborât; LMC lemn mort format din cioate)

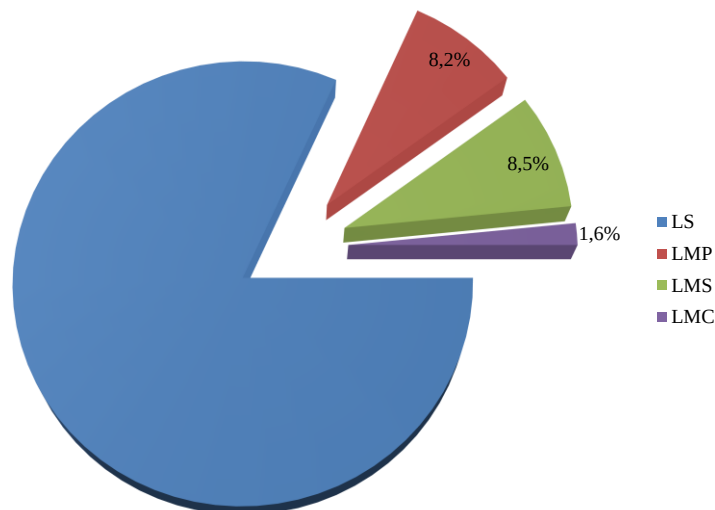


Figura. 5.2 Ponderea lemnului mort (%) raportat la volumul mediu·ha⁻¹ de material lemnos din zona cercetată (LS - lemn sănătos; LMP - lemn mort pe picior; LMS - lemn mort doborât; LMC - lemn mort format din cioate)

Dacă se raportează cantitatea de lemn mort existentă în arboretele de molid din nord-vestul Parcului Național Călimani, la volumul mediu·ha⁻¹ total de material lemnos din zona cercetată, rezultă că 18,3% reprezintă procentul corespunzător lemnului mort. Lemnul mort pe picior deține 8,2%, lemnul mort doborât 8,5%, iar lemnul mort provenit din cioate 1,6% (fig. 5.2).

5.2.1 Distribuția lemnului mort în funcție de proveniență, cauza probabilă a morții și tipuri de vătămări

În funcție de proveniență, necromasa poate apare ca urmare a activităților antropice sau a influenței unor factori naturali (concurență inter- sau intraspecifică, factori biotici sau abiotici). Pentru lemnul mort pe picior, singura proveniență identificată a fost cea naturală. În cazul lemnului mort doborât, din volumul total, 95,8% este provenit pe cale naturală, în timp ce 4,2% a provenit din cauze antropice. Pentru lemnul mort format din cioate, proveniența este în primul rând de origine naturală (64,3%). Spre deosebire de celelalte tipuri de lemn mort, diferența față de volumul de proveniență antropică (35,7%) este mică (fig. 5.3).

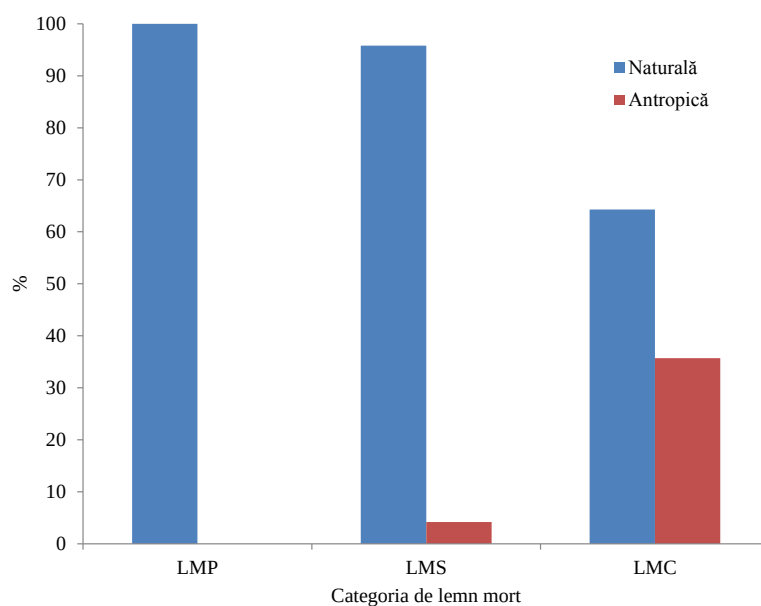


Figura. 5.3 Distribuția volumului lemnului mort (%) pe categorii în raport cu proveniența acestuia (LMP - lemn mort pe picior; LMS - lemn mort doborât; LMC lemn mort format din cioate)

Având în vedere diferența semnificativă dintre subcategoriile de lemn identificate ca urmare a influenței provenienței, s-a considerat oportună o analiză statistică generală, pentru lemnul mort provenit din cioate, în relație cu proveniența acestuia și cu clasa de degradare.

Tabelul 5.5 Date statistice specifice pentru lemnul mort format din cioate, apărut pe cale naturală și ca urmare a activității antropice

Parametrii statistici	Proveniența lemnului mort / Parametrii biometrici					
	Pe cale naturală			Antropică		
	Diametrul la baza cioatei (cm)	Diametrul la partea superioară a cioatei (cm)	Înălțimea cioatei (cm)	Diametrul la baza cioatei (cm)	Diametrul la partea superioară a cioatei (cm)	Înălțimea cioatei (cm)
Media	30,4	22,6	39,9	34,1	27,9	25,7
Abaterea standard	16,4	12,7	20,6	15,4	12,3	8,8
Coeficientul de variație (%)	54,3	56,8	50,4	44,9	43,7	34,4
Minim	9,0	5,7	14,7	12,5	9,7	11,7
Maxim	78,8	57,0	92,7	74,7	60,5	49,2
Număr mediu observații	5	5	5	3	3	3
Număr total observații	326	326	326	232	232	232

Analizând valorile prezentate în tabelul 5.5, din punct de vedere al provenienței lemnului mort provenit din cioate, se constată că valorile medii corespunzătoare lemnului mort apărut pe cale naturală, în general, sunt mai mari decât valorile corespunzătoare lemnului mort apărut datorită activităților antropice.

Analizând valoarea diametrului mediu la baza cioatei se constată că valorile acestuia sunt relativ apropiate, dacă se face raportarea la clasa de degradare și la proveniența acestuia (fig. 5.4). Valorile diametrului mediu la baza cioatei variază, în funcție de proveniență și în relație cu clasa de degradare, între valorile 26,6 cm (clasa de degradare 3) și 38,8 cm (clasa de degradare 6), pentru proveniența naturală și între valorile 26,8 cm (clasa de degradare 3) și 40,6 cm (clasa de degradare 6), pentru proveniența antropică.

În ceea ce privește valoarea diametrului mediu la partea superioară a cioatei se constată că valorile corespunzătoare provenienței antropice sunt mai mari decât cele corespunzătoare provenienței naturale. Diferența cea mai mare se înregistrează la clasele de degradare 5 și 6. Ecartul de variație al diametrului mediu la partea superioară a cioatei se situează între 19 cm și 25 cm, pentru proveniența naturală, respectiv între 23 cm și 35 cm, pentru proveniența antropică (fig. 5.5). Diferențele în plus pentru LMC apărut pe cale antropică sunt justificate de dimensiunile arborilor care au fost extrași (în general arbori groși) și nu în ultimul rând de suprafața secțiunii la partea superioară a cioatei. Cele de proveniență antropică au suprafața secțiunii netedă, de obicei cu înclinație spre exterior (fapt care permite scurgerea apei și a zăpezii), iar cele de proveniență naturală au suprafață neregulată, cu așchii și zone îngropate care permit stagnarea apei, favorizează procesele de descompunere și fac ca partea superioară a cioatei să fie de multe ori redusă la o așchie sau o ruptură.

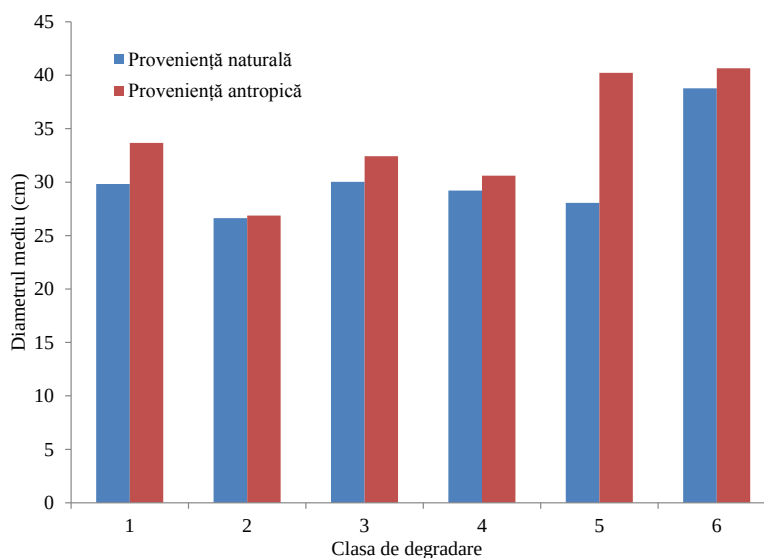


Figura 5.4 Diametrul mediu la baza cioatei în relație cu clasa de degradare și cu proveniența

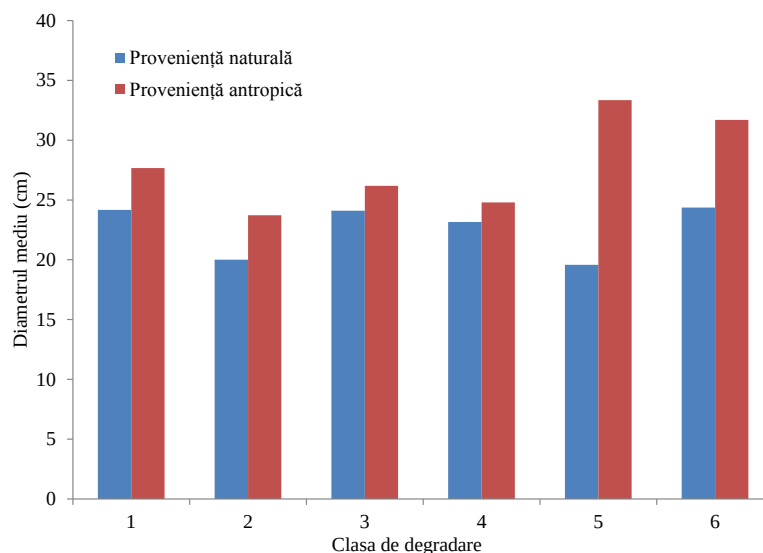


Figura. 5.5 Diametrul mediu la partea superioară a cioatei în relație cu clasa de degradare și cu proveniența

O primă constatare, asupra abaterii standard corespunzătoare diametrului mediu la partea superioară a cioatei, este aceea că, pentru clasa de degradare 1 are cele mai mici valori pentru proveniențele considerate (sub 10% - proveniența naturală, respectiv sub 6% - proveniența antropică). Ca tendință generală, se constată că, pentru proveniența naturală, valoarea abaterii standard crește până la clasa de degradare 2, după care are o ușoară tendință descrescătoare. Valorile corespunzătoare provenienței antropice sunt ușor crescătoare de la clasa de degradare 1 spre clasa de degradare 6. Abaterea standard are valori cuprinse între 9,6 cm (clasa de degradare 1), 15,4 cm (clasa de degradare 2), pentru proveniența naturală și valori cuprinse între 5,5 cm (clasa de degradare 1) și 18,3 cm (clasa de degradare 6) pentru proveniența antropică.

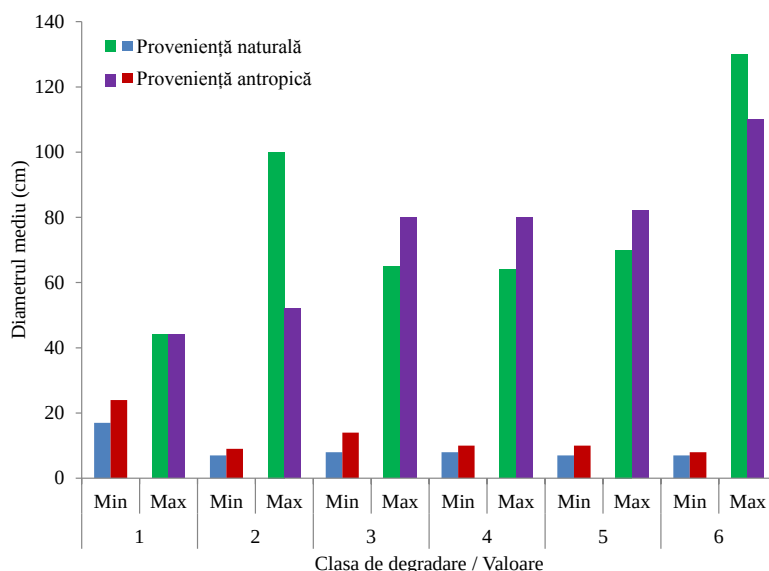


Figura 5.6 Diametrul mediu minim și diametrul mediu maxim la baza cioatei în relație cu clasa de degradare și cu proveniența

Analiza coeficientul de variație, indică faptul că variabilitatea diametrului mediu la baza cioatei este ridicată (valoarea coeficientului de variație este mai mare de 30%). Excepție face clasa de degradare 1, din cadrul provenienței antropice (18,6%).

Pentru diametrul mediu la partea superioară cioatei, analiza coeficientul de variație arată că variabilitatea este ridicată (valoarea coeficientului de variație este mai mare de 30%). Excepție face clasa de degradare 1, din cadrul provenienței antropice (20,0%).

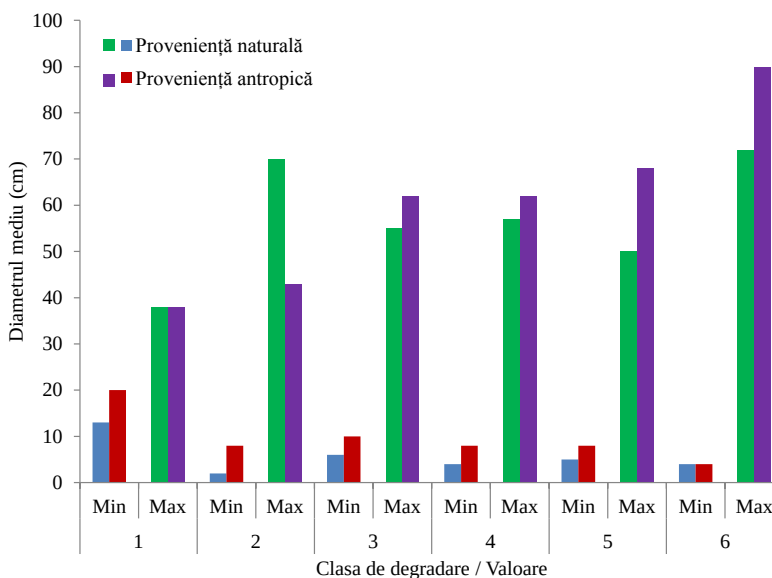


Figura 5.7 Diametrul mediu minim și diametrul mediu maxim la partea superioară a cioatei în relație cu clasa de degradare și cu proveniența

Pentru diametrul la partea superioară a cioatei, coeficientul de variație are valori cuprinse între 39,9% (clasa de degradare 1) și 78,2% (clasa de degradare 2), pentru proveniența naturală și între 20,0% (clasa de degradare 1) și 57,8% (clasa de degradare 6), în cazul provenienței antropice.

Numărul total de cazuri identificate (numărul de cioate), în urma inventarierilor efectuate, a fost de 558. Dintre acestea 58,5% (326) au provenit pe cale naturală, iar 41,5% (232) ca urmare a activităților antropice. Repartizarea numărului de cazuri identificate pe teren variază între valorile 1,8% (clasa de degradare 1) și 46,1% (clasa de degradare 6), pentru proveniența naturală și între 7,6% (clasa de degradare 1) și 22,0% (clasa de degradare 6), pentru proveniența antropică. Se observă că în cazul provenienței antropice, creșterea numărului de cazuri se face aproximativ liniar de la clasa de degradare 1 spre clasa de degradare 6, în timp ce în cazul provenienței naturale această creștere are o tendință exponențială (fig. 5.8).

Creșterea liniară în cazul provenienței antropice se explică prin faptul că în Parcul Național Călimani, în acest moment tăierile sunt interzise, ca urmare, cioate noi, proaspete, pot apărea doar accidental.

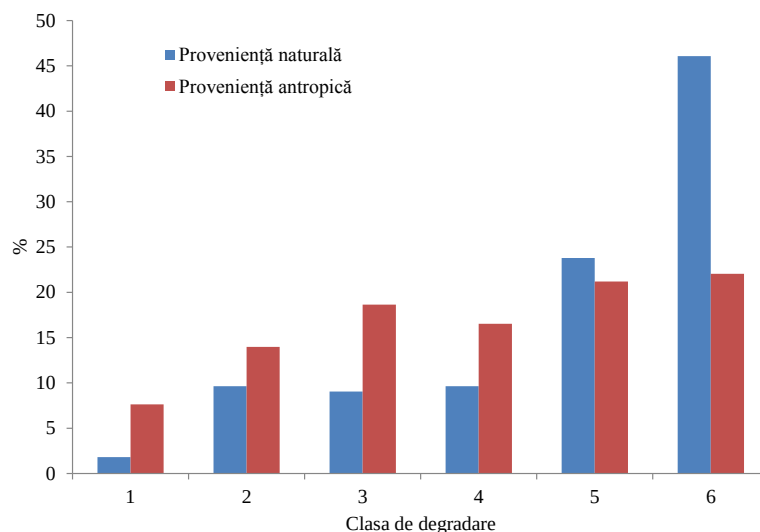


Figura 5.8 Distribuția numărului de cazuri identificate pe teren (%) în relație cu clasa de degradare și cu proveniența

Analizând valoarea înălțimii medii a cioatei se constată că valorile corespunzătoare provenienței naturale sunt mult mai mari decât cele corespunzătoare provenienței antropice, pentru clasele de degradare 1 și 2. În al doilea rând, se constată înălțimea relativ apropiată a cioatelor, pentru toate clasele de degradare, în cazul provenienței antropice. Acest fapt se justifică de către prevederile normativelor silvice care stabilesc o înălțime maximă a cioatelor rezultate în urma lucrărilor de exploatare a pădurilor. Înălțimea medie a cioatei, variază în cazul provenienței antropice, între 24 cm și 28 cm (fig. 5.9).

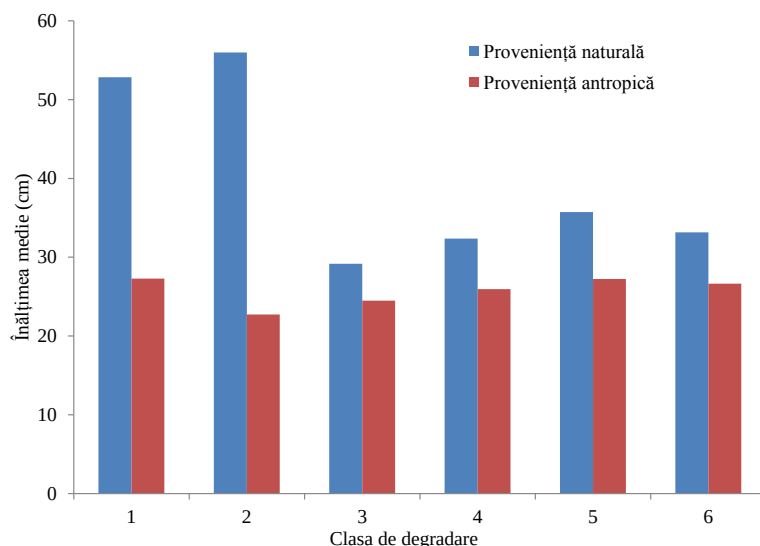


Figura 5.9 Înălțimea medie a cioatei în relație cu clasa de degradare și cu proveniența

Analizând coeficientul de variație se constată variabilitatea ridicată corespunzătoare înălțimii medii a cioatei (valoarea coeficientului de variație este mai mare de 30%), pentru proveniența naturală. Specific provenienței antropice este variabilitatea ridicată pentru clasele de degradare 3, 4 și 6, respectiv variabilitatea scăzută a înălțimii cioatei (valoarea coeficientului de variație este mai mică de 30%), pentru clasele de degradare 1, 2 și 5).

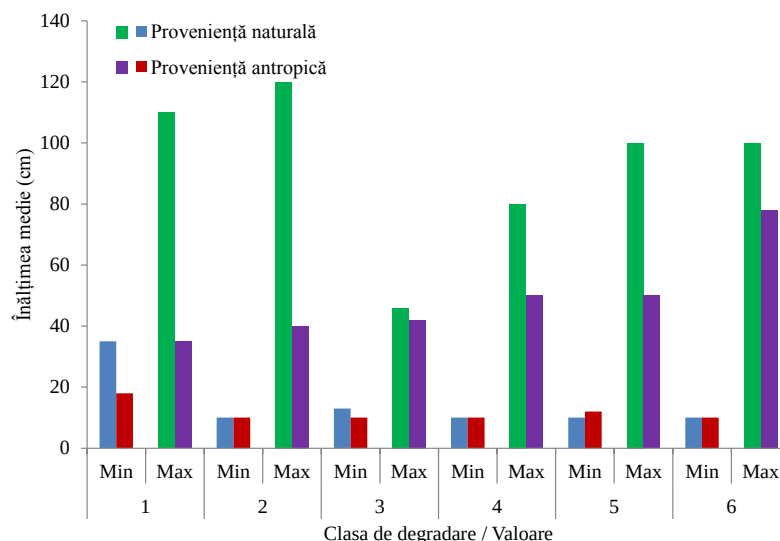


Figura 5.10 Înălțimea medie minimă și înălțimea medie maximă a cioatei în relație cu clasa de degradare și cu proveniența

Cauza probabilă a morții, a fost evaluată ca fiind motivul cel mai probabil pentru care acel lemn și-a întrerupt definitiv starea de vegetație, fiind luată astfel în calcul factorii principali și în același timp cel mai des întâlniți în fenomenele de mortalitate a arborilor (concurența inter- sau intraspecifică, acțiunea vântului, atacurile de insecte). În cazul lemnului mort doborât și a lemnului mort provenit din cioate cauza probabilă este considerată aceeași cu proveniența, deoarece din simpla examinare vizuală a unei piese, este practic imposibil de determinat motivul pentru care a fost tăiat sau doborât arborele respectiv.

Cea mai răspândită cauză pentru lemnul mort pe picior o reprezintă atacul gândacilor de scoarță (ipidae). Din totalul volumului lemnului mort pe picior, 53,5% are drept cauză a morții atacul de ipidae, 23,8% concurența intraspecifică, 17,7% vântul, iar 5,0% este reprezentat de alte cauze (fig. 5.11).

Distribuția lemnului mort, pe clase de degradare, în relație cu cauza probabilă a morții indică faptul că 61% din volumul corespunzător lemnului mort apărut ca urmare a atacurilor de ipidae este încadrat în clasa de degradare 2, 37,1% în clasa de degradare 3, respectiv 1,9% în clasa de degradare 4.

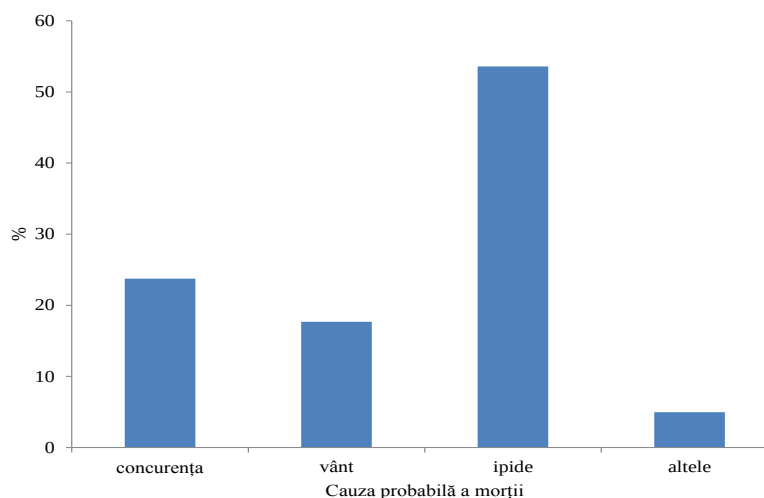


Figura. 5.11 Distribuția lemnului mort pe picior în funcție de cauza probabilă a morții

În ceea ce privește repartitia volumului lemnului mort pe picior apărut ca urmare a acțiunii factorilor abiotici perturbatori din zonă (vântul), diferențiat pe clase de degradare, s-a constatat faptul că 38,6% din volumul corespunzător lemnului mort este încadrat în clasa de degradare 1, 56,3% în clasa de degradare 2, 2,3% în clasa de degradare 3, respectiv 2,8% în clasa de degradare 4.

Alte cauze care au condus la apariția lemnului mort pe picior, au condus la identificarea unei proporții de 50,1% din volumul total, în clasa de degradare 1, respectiv 49,9% în clasa de degradare 2.

Distribuția lemnului mort după tipul de vătămare. Totalitatea volumului afectat de diferite tipuri de vătămări însumează 26,2% din totalul ce îl reprezintă volumul lemnului mort pe picior. Analiza distribuției cantitative pentru lemnul mort pe picior, în funcție de prezența și tipul vătămarilor ne arată că rupturile de vârf datorate vântului sau zăpezii, sunt principalele vătămări identificate în arboret, urmate apoi de găurile de ciocănitori și de zdreliturile produse de către urs.

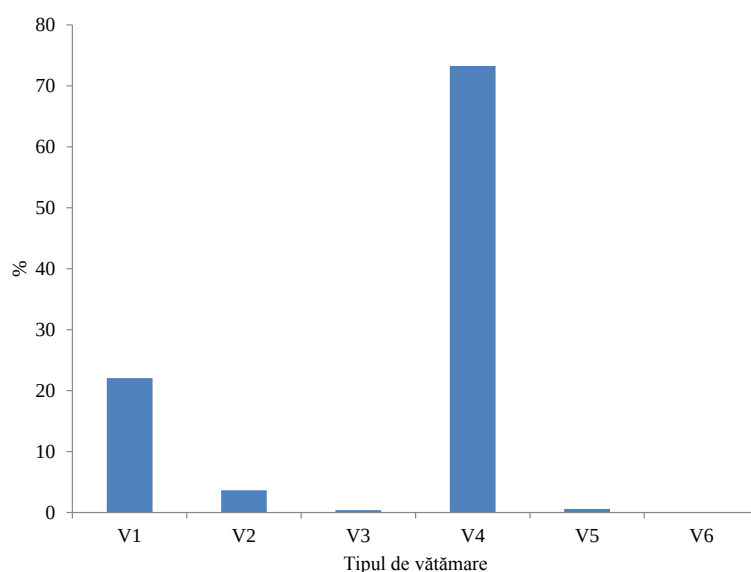


Figura 5.12 Distribuția lemnului mort pe picior în relație cu tipul de vătămare (V1- găuri de ciocănitori; V2 - zdrelituri de urs; V3 - roaderi de cervide; V4 - rupturi de vânt și zăpadă; V5 - antropice; V6 - altele)

Analizând comparativ rezultatele obținute privind distribuția lemnului mort pe picior, observăm că principala cauză a morții este atacul insectelor de scoarță, iar vătămarile cel mai des întâlnite sunt rupturile de vânt și zăpadă. Acești doi factori pot acționa împreună sau separat, și pot fi considerați astfel responsabili de input-urile de lemn mort pe picior din ecosistemele forestiere.

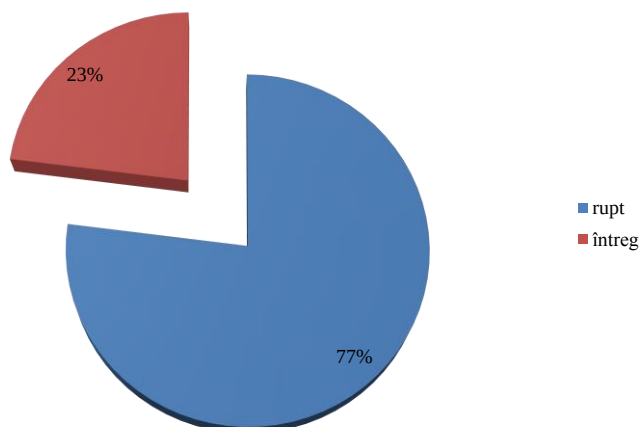


Figura 5.13 Ponderea volumului lemnului mort doborât (%) în funcție de starea actuală (rupt din cioată și doborât întreg cu tot cu cioată)

5.2.2. Distribuția lemnului mort în raport cu caracteristicile dimensionale

Lemn mort pe picior. Ca urmare a rezultatelor obținute, în urma inventarierilor efectuate pe teren și a calculelor aferente, la birou, conform metodologiei de lucru, a rezultat faptul că lemnul mort pe picior, în cadrul suprafeței cercetate, însumează $28,4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

Compensarea distribuției experimentale a numărului de arbori pe categorii de diametre a fost realizată cu distribuția teoretică Meyer (Giurgiu, 1979). Testul χ^2 arată că diferența dintre distribuția experimentală și distribuția teoretică este nesemnificativă.

Ca urmare se poate afirma faptul că distribuția numărului de arbori pe categorii de diametre, componenți ai categoriei de lemn mort analizată, și anume lemnul mort pe picior, este în concordanță cu legitatea exprimată de distribuția teoretică Meyer, care este caracteristică în special distribuțiilor experimentale din pădurea naturală (fig. 5.15).

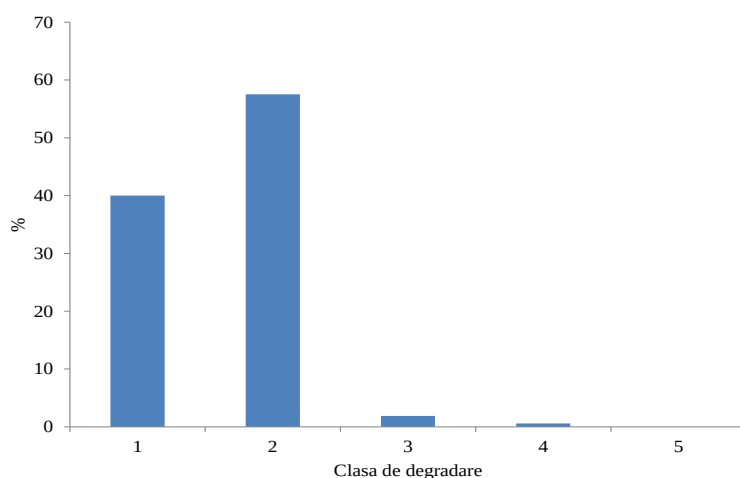


Figura 5.14 Repartizarea volumului corespunzător lemnului mort pe picior (%) pe clase de degradare

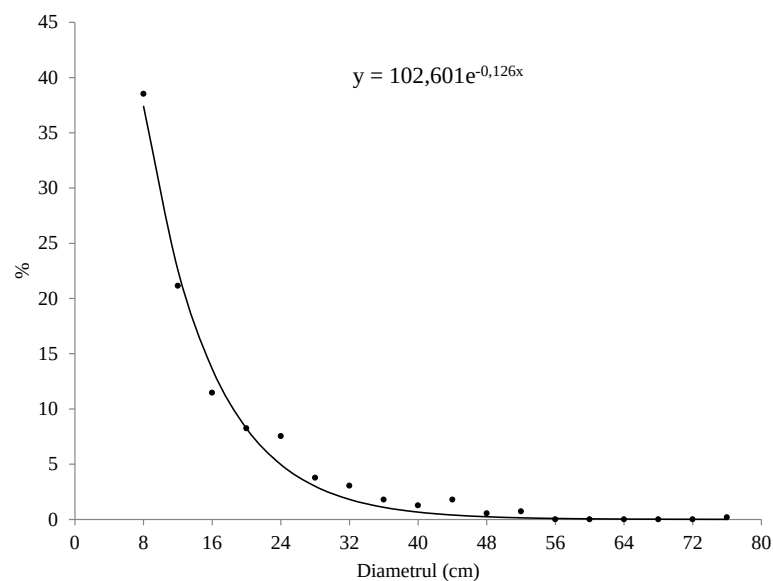


Figura 5.15 Distribuția numărului de arbori pe categorii de diametre

În ceea ce privește distribuția numărului de arbori, ce fac parte din lemnul mort pe picior, pe categorii de diametre, diferențiat pe clasele de degradare specifice, se constată că pentru primele două clase de degradare, distribuția teoretică specifică după care se face compensarea distribuției experimentale, este, ca și în cazul lemnului mort pe picior total, distribuția teoretică Meyer.

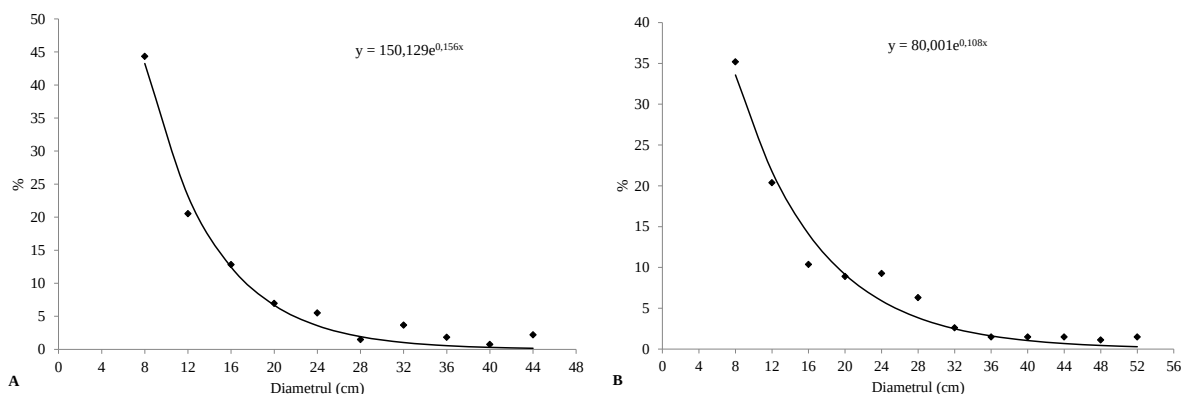


Figura 5.16 Distribuția numărului de arbori pe categorii de diametre, în relație cu clasele de degradare pentru lemnul mort pe picior (a - clasa de degradare 1; b - clasa de degradare 2)

În cazul distribuției numărului de arbori pe categorii de înălțimi, compensarea repartizării pe categorii de înălțime a fost efectuată cu distribuția teoretică Gamma (Giurgiu, 1979) (fig. 5.17). Testul χ^2 arată că diferența dintre distribuția experimentală și distribuția teoretică este nesemnificativă. Ca urmare distribuția numărului de arbori pe categorii de înălțimi este în concordanță cu legitatea exprimată de distribuția teoretică Gamma.

În ceea ce privește distribuția volumului (%) corespunzător lemnului mort pe picior pe categorii de diametre se constată că acesta prezintă două maxime, de valori apropiate, la categoriile de diametre 24 cm (14,2%), respectiv 44 cm (14,4%). Aceste două maxime sunt

justificate de faptul că suprafețele unde au fost inventariate aceste volume fac parte din zona de protecție integrală a Parcului Național Călimani, categoriile de arboret A1 și A2 (zone restricționate de la tăieri), numărul de fire inventariat în aceste ploturi depășind cu 235% numărul mediu de arbori morți pe picior, identificat pentru întreaga suprafață (tabelul 5.2.).

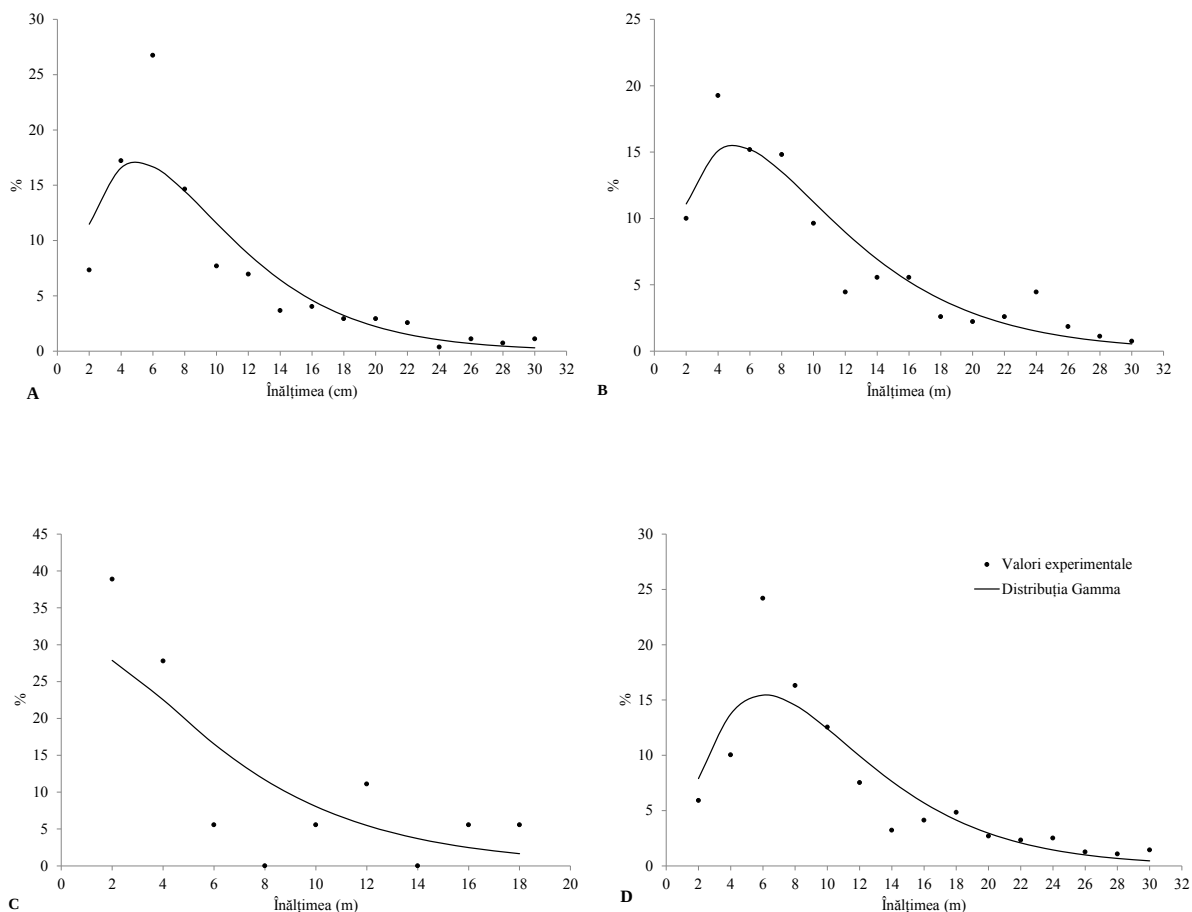


Figura 5.17 Distribuția numărului de arbori pe categorii de înălțime, în relație cu clasele de degradare, pentru lemnul mort pe picior (A - clasa de degradare 1; B - clasa de degradare 2; C - clasa de degradare 3; D – total categorie lemn mort)

În ceea ce privește distribuția volumului corespunzător lemnului mort pe picior (%), pe categorii de înălțimi, aceasta crește pe măsură ce crește valoarea înălțimii (fig. 5.19).

Dacă s-ar face abstracție de maximele distribuției volumului (%) corespunzător lemnului mort pe picior, pe categorii de diametre (încadrându-se într-o distribuție normală), atunci se constată că aceasta ar fi similară cu distribuția volumului pe categorii de diametre în cadrul unui arboret de molid (Giurgiu, 1979).

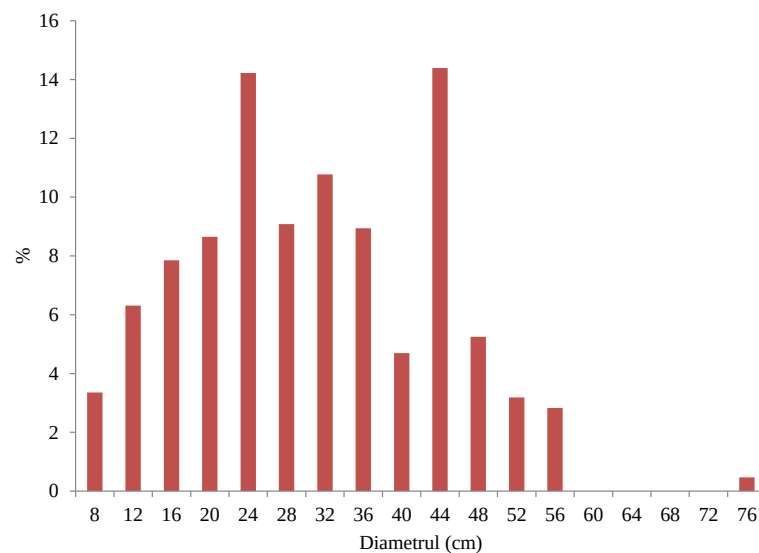


Figura 5.18 Distribuția volumului lemnului mort pe picior (%) pe categorii de diametre

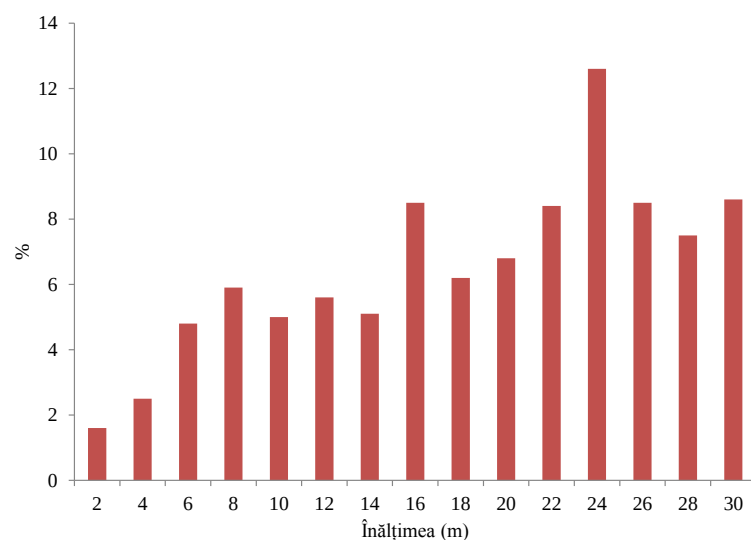


Figura 5.19 Distribuția volumului lemnului mort pe picior (%) pe categorii de înălțime

Distribuția volumului și a numărului de piese predominant în primele clase de degradare, este justificată de faptul că începând cu clasele 2 - 3 de degradare, țesuturile de rezistență ale tulpinilor arborilor pe picior sunt deteriorate, în așa manieră încât, capacitatea de autosusținere este mult redusă. Astfel, începând cu această clasă, arborii pe picior sunt doborâți destul de ușor la sol de fenomene naturale, și întră în acest fel în categoria lemn mort doborât, clasele 2-3 de degradare. Înființarea Parcului Național Călimani și zona internă a acestuia, alături de restricțiile corespunzătoare acestor zone, fac ca primele clase de degradare să fie mai bine reprezentate. Ecartul mare al categoriilor de diametre arată faptul că arboretele din zona în care s-au desfășurat cercetările sunt arborete pluriene, cu arbori cu diametre cuprinse între 8 și 76 cm, ponderea cea mai mare fiind reprezentată de categoriile 24 cm și 44 cm.

Lemn mort doborât. O primă analiză, din punct de vedere cantitativ și calitativ, a lemnului mort doborât, indică faptul că în cadrul zonei cercetate volumul de lemn mort doborât însumează $29,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Din punct de vedere al repartiției pe clase de degradare, s-a constatat că cel mai bine reprezentată este clasa de degradare 2, ce însumează 42,8% din total. Cea mai mică cantitate de lemn mort doborât, se găsește în cadrul clasei de degradare 5 (7,1%) (fig. 5.20).

Dacă se face raportarea la numărul total de piese ce constituie lemnul mort doborât, rezultă faptul că 11,0% din numărul total se găsește în clasa de degradare 1, 42,2% în clasa de degradare 2, 21,4% în clasa de degradare 3, 15,2% în clasa de degradare 4, iar 10,2% în clasa de degradare 5.

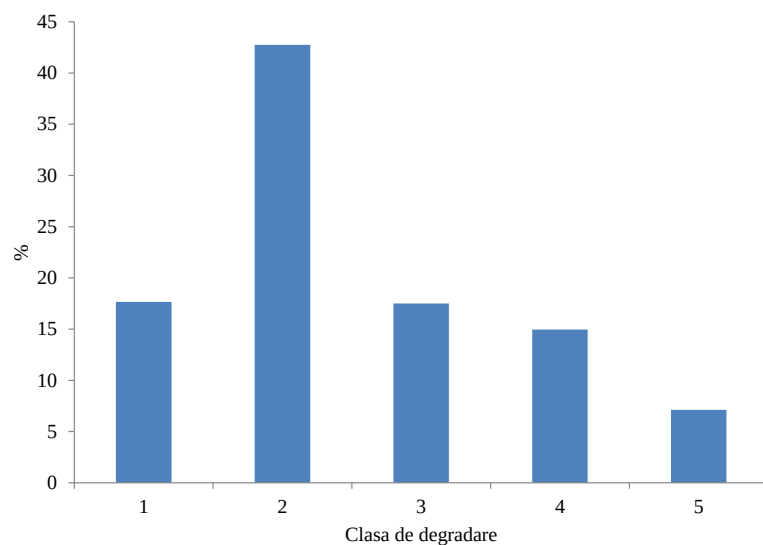
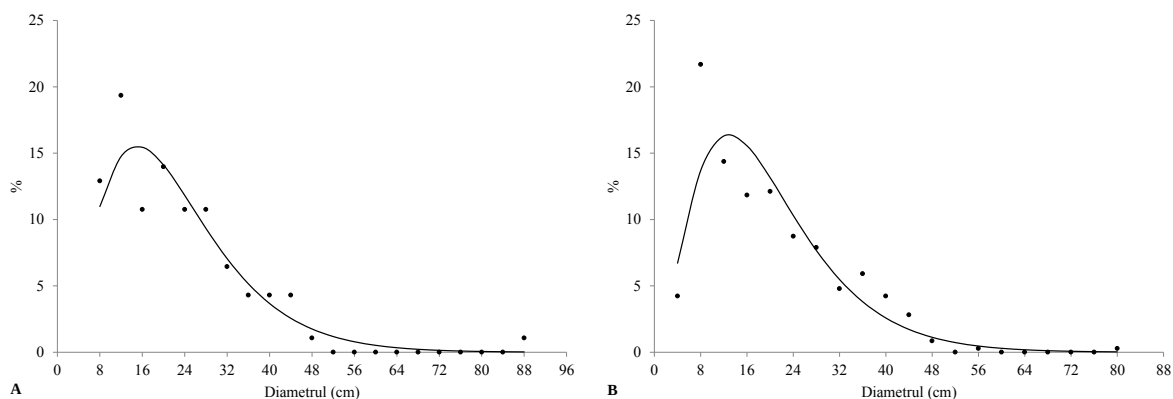


Figura 5.20 Repartizarea volumului corespunzător lemnului mort doborât (%) pe clase de degradare

Distribuția numărului de piese pe categorii de diametre, luând în considerare diametrul la capătul gros al piesei de lemn, în relație cu clasa de degradare, se face în conformitate cu repartiția teoretică Gamma pentru toate subcategoriile de lemn mort analizate și pentru totalul categoriei considerate (fig. 5.21).



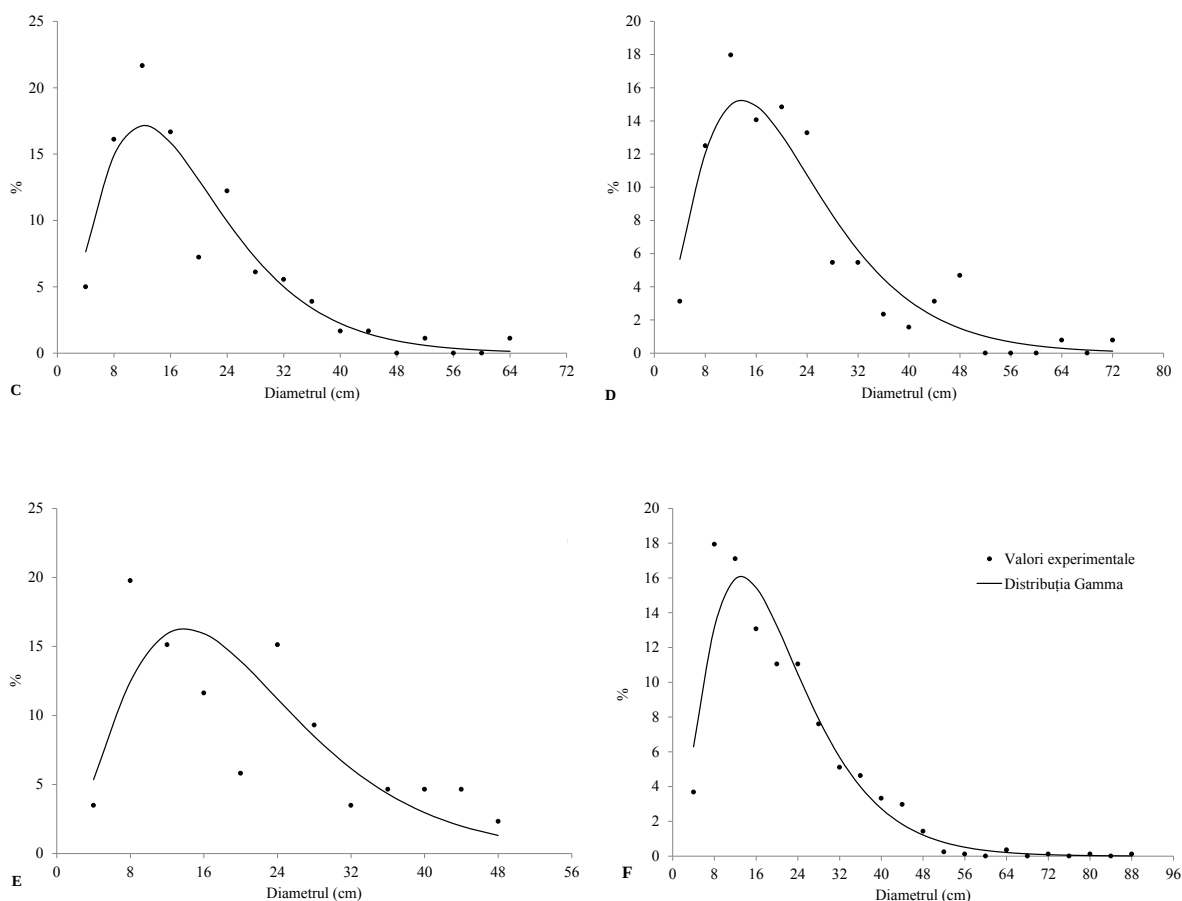


Figura 5.21 Distribuția numărului de piese pe categorii de diametre (considerând diametrul la capătul gros al lemnului mort doborât) (A - clasa de degradare 1; B - clasa de degradare 2; C - clasa de degradare 3; D - clasa de degradare 4; E - clasa de degradare 5; F - total lemn mort doborât)

Testul χ^2 arată că diferența dintre cele două distribuții analizate (distribuția experimentală și distribuția teoretică) este nesemnificativă. Ca urmare se poate afirma faptul că distribuția numărului de piese pe categorii de diametre (considerând diametrul la capătul gros al piesei de lemn) se face după legitatea exprimată de distribuția teoretică Gamma.

În ceea ce privește distribuția volumului (%) pe categorii de diametre se observă de la bun început, ca aceasta este neregulată, pentru toate clasele de degradare studiate, (fig. 5.22). Aceasta distribuție se datorează faptului că numărul de piese diferă de la un plot la altul, iar dimensiunile arborilor, precum și intervalul de timp în care s-a format lemnul mort doborât (degradarea lemnului prin trecerea de la o clasă de degradare la alta) este diferit în timp și spațiu.

Chiar dacă, pentru clasele de degradare, distribuția volumului (%) pe categorii de diametre este neregulată, analiza distribuției volumului (%) pe categorii de diametre, în aceleași condiții menționate anterior, pentru toată categoria de lemn mort doborât, se face conform cu distribuția teoretică Gamma (fig. 5.22).

Referitor la distribuția numărului de piese pe categorii de diametre, luând în considerare diametrul la capătul subțire al piesei de lemn, în relație cu clasa de degradare, se constată faptul că aceasta este în concordanță cu repartiția teoretică Meyer pentru toate clasele de degradare (fig. 5.23).

Conform testului χ^2 care indică faptul că diferența dintre distribuția experimentală și distribuția teoretică este nesemnificativă, se poate afirma faptul că distribuția numărului de

arbori pe categorii de diametre (considerând diametrul la capătul subțire al piesei de lemn) se face după legitatea exprimată de distribuția teoretică Meyer.

Distribuția volumului (%) pe categorii de diametre se face conform cu repartiziția teoretică Meyer pentru clasele de degradare 1, 2 și 3. Pentru clasele de degradare 4 și 5 aceasta este neregulată (fig. 5.24).

Repartiția pe categorii de diametre (pentru diametrul la capătul subțire) pentru întreaga categorie de lemn mort doborât (însușind toate cele cinci clase de degradare) indică faptul că aceasta se face, ca și în cazul claselor de degradare conform cu repartiziția teoretică Meyer (fig. 5.24).

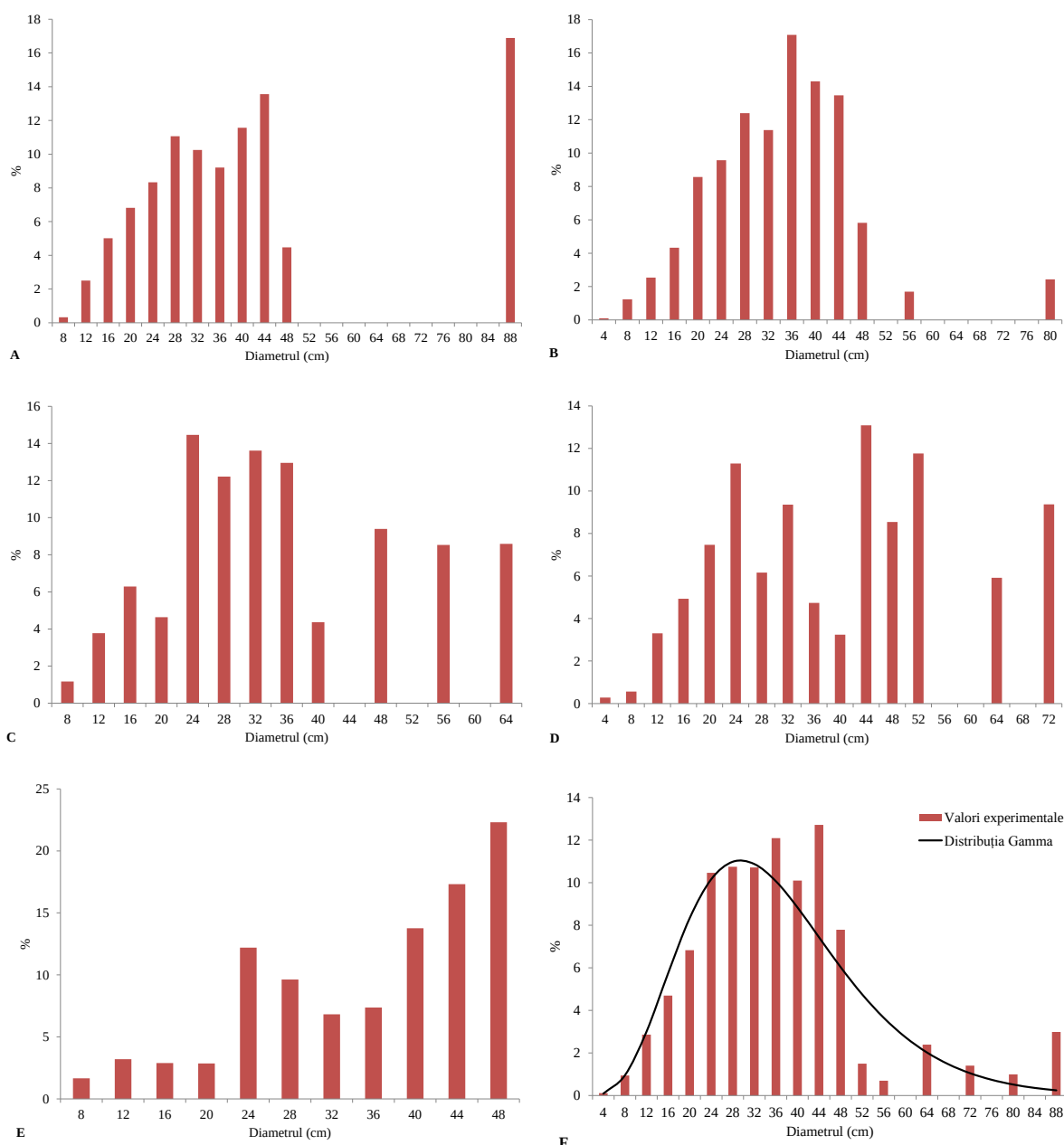


Figura 5.22 Distribuția volumului (%) pe categorii de diametre (considerând diametrul la capătul gros al lemnului mort doborât) (A - clasa de degradare 1; B - clasa de degradare 2; C - clasa de degradare 3; D - clasa de degradare 4; E - clasa de degradare 5; F – total lemn mort doborât)

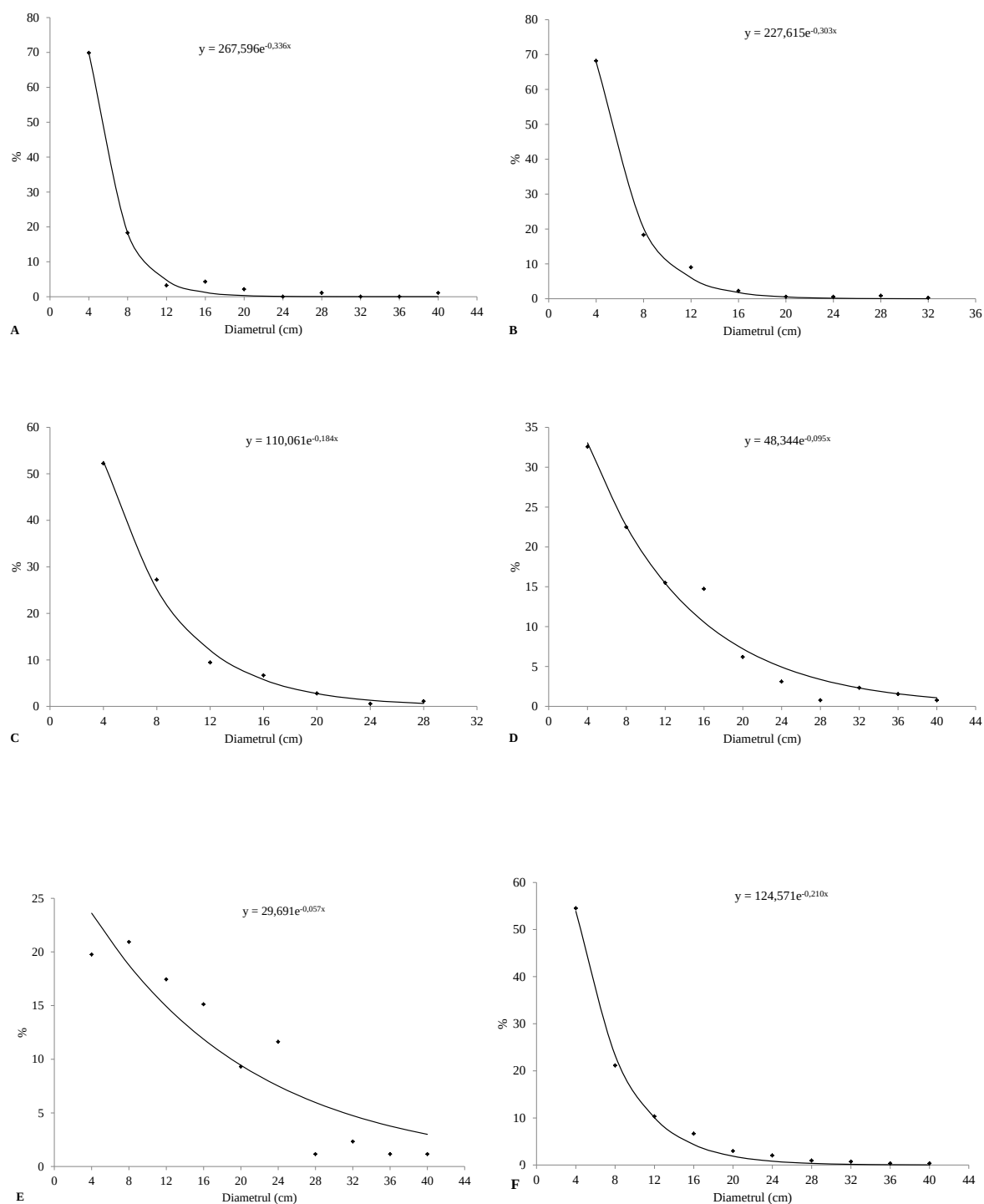


Figura. 5.23 Distribuția numărului de piese pe categorii de diametre (considerând diametrul la capătul subțire al lemnului mort doborât) (A - clasa de degradare 1; B - clasa de degradare 2; C - clasa de degradare 3; D - clasa de degradare 4; E - clasa de degradare 5; F – total categorii lemn mort)

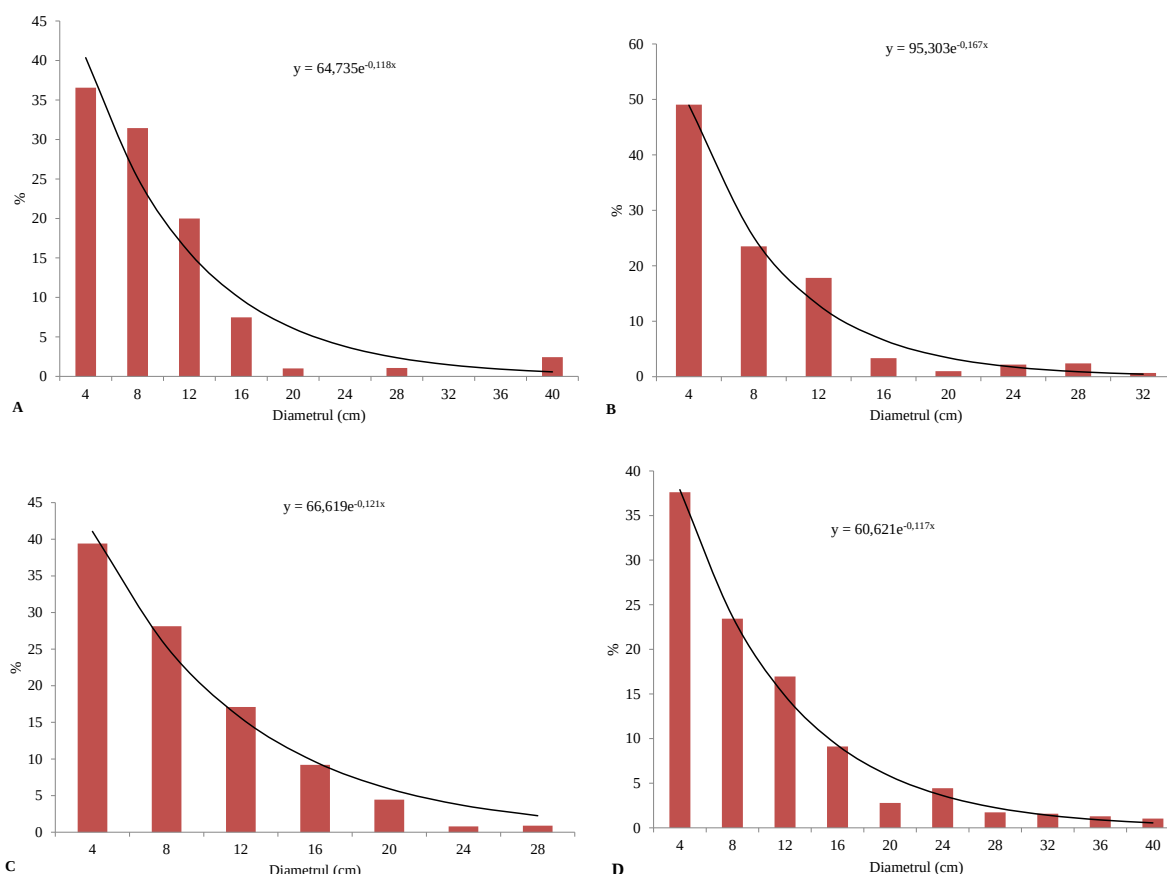


Figura. 5.24 Distribuția volumului (%) pe categorii de diametre (considerând diametrul la capătul subțire al lemnului mort doborât) (A - clasa de degradare 1; B - clasa de degradare 2; C - clasa de degradare 3; D - total lemn mort doborât)

Chiar dacă, ca și în cazul diametrului la capătul gros, distribuția volumului (%) pe categorii de diametre este neregulată, pentru două clase de degradare (4 și 5) din analiza acestuia, a rezultat faptul că, distribuția volumului (%) pe categorii de diametre în cazul diametrului la capătul subțire se face conform cu distribuția teoretică Meyer (fig. 5.24). Cum testul χ^2 care indică faptul că diferența dintre distribuția experimentală și distribuția teoretică este nesemnificativă, rezultă veridicitatea celor exprimate anterior.

Prezența lemnului mort doborât cu preponderență în primele clase de degradare, arată perioada scurtă care s-a scurs de la apariția acestuia, perioadă care corespunde cu înființarea Administrației Parcului Național Călimani și implementarea restricțiilor privind extragerea de masă lemnoasă. Se poate prognoza din acest punct de vedere, creșterea pe viitor a cantității de lemn mort doborât și reprezentarea tuturor claselor de degradare, în sprijinul stabilității ecosistemelor forestiere și a păstrării și conservării biodiversității.

Lungimea lemnului mort doborât. Analiza acestui parametru s-a făcut prin exprimarea distribuției numărului de piese și a repartiției volumului (%) pe categorii de lungime (din 2 m în 2 m).

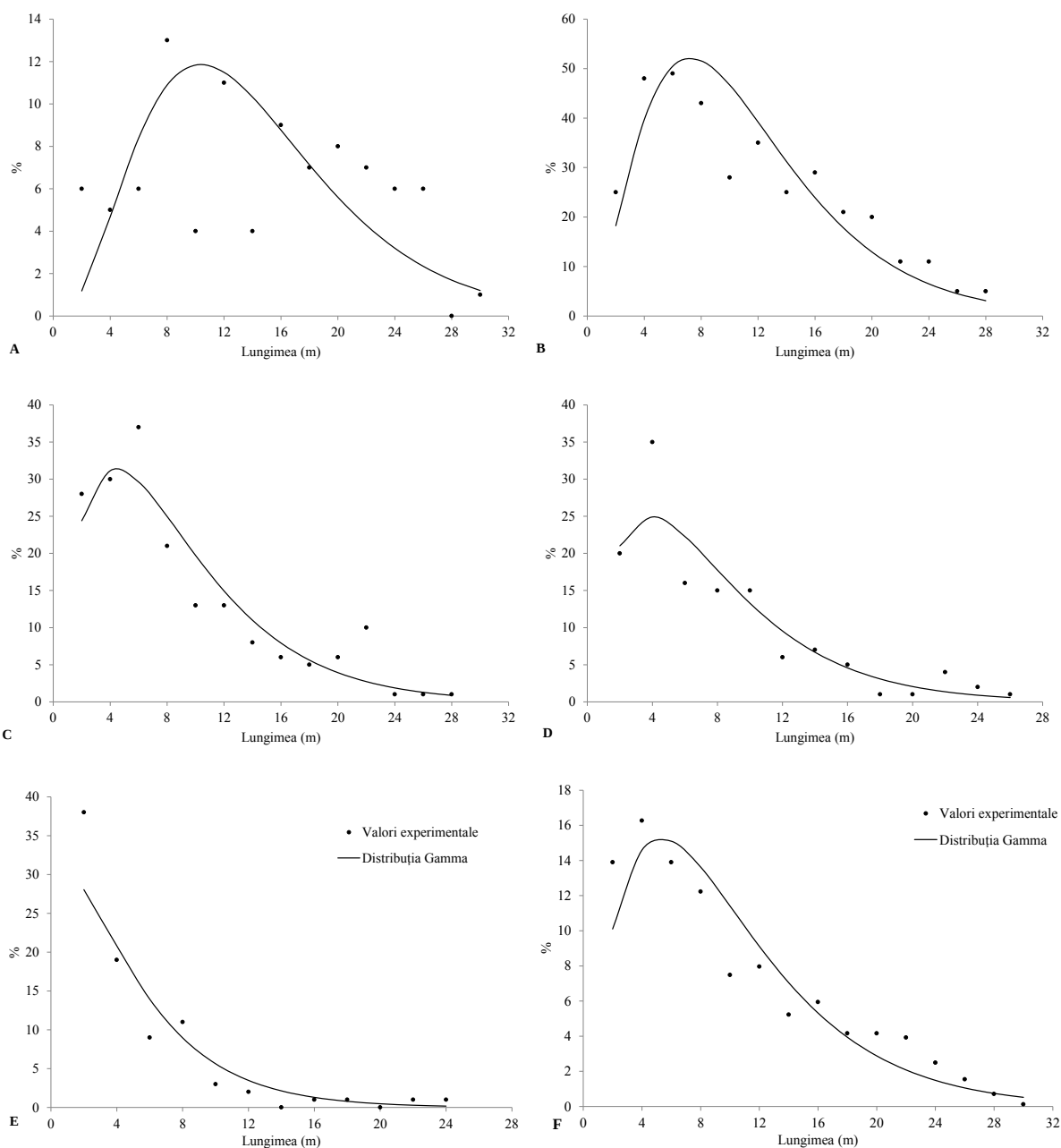


Figura 5.25 Distribuția numărului de arbori pe categorii de lungime (A - clasa de degradare 1; B - clasa de degradare 2; C - clasa de degradare 3; D - clasa de degradare 4; E - clasa de degradare 5; F – total lemn mort doborât)

Analizând distribuția numărului de piese pe categorii de lungime, în relație cu clasa de degradare, se constată faptul că aceasta este în concordanță cu repartiția teoretică Gamma pentru toate clasele de degradare analizate (fig. 5.25).

Testul χ^2 indică faptul că diferența dintre distribuția experimentală și distribuția teoretică este nesemnificativă, ca urmare, distribuția numărului de piese pe categorii de lungime se face conform cu legitatea exprimată de distribuția teoretică Gamma. (clasa de degradare 1: $\chi^2_{\text{exp}} = 1,854$, $\chi^2_{\text{teor}} = 21,026$; clasa de degradare 2: $\chi^2_{\text{exp}} = 1,997$, $\chi^2_{\text{teor}} = 19,675$; clasa de degradare 3: $\chi^2_{\text{exp}} = 1,137$, $\chi^2_{\text{teor}} = 19,675$; clasa de degradare 4: $\chi^2_{\text{exp}} = 1,402$, $\chi^2_{\text{teor}} = 18,307$; clasa de degradare 5: $\chi^2_{\text{exp}} = 1,699$, $\chi^2_{\text{teor}} = 16,919$; total lemn mort doborât $\chi^2_{\text{exp}} = 3,956$, $\chi^2_{\text{teor}} = 21,026$; $p = 0,05$).

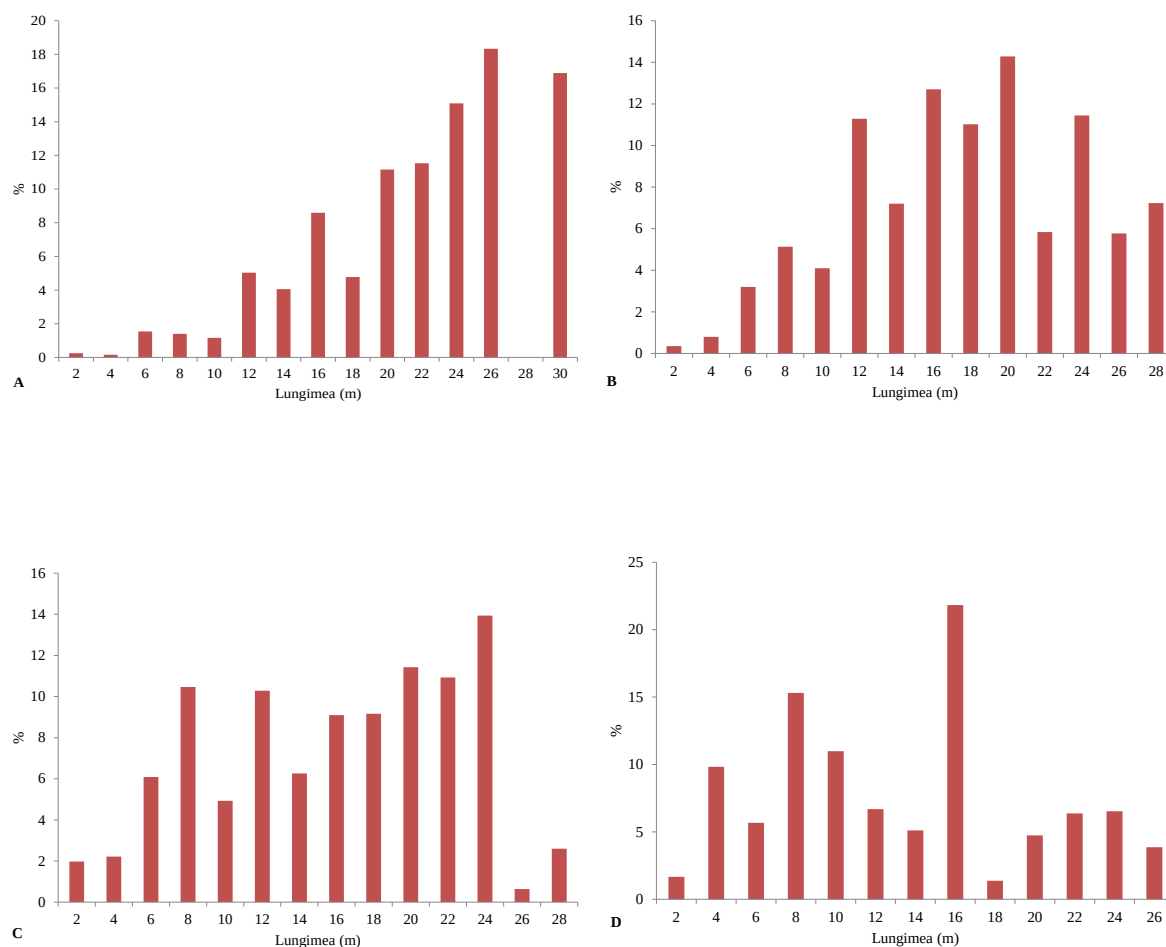
În ceea ce privește, repartitia volumului (%) pe categorii de lungime, acestea îi este caracteristică o distribuție aleatoare (fig. 5.26).

Dacă se face raportarea la întreaga categorie de lemn mort (lemnul mort doborât), rezultă faptul că repartitia pe categorii de lungime se face, ca și în cazul claselor de degradare, conform cu repartitia teoretică Gamma (fig. 5.26).

În ceea ce privește distribuția volumului (%), pe categorii de lungime, cel mai bine reprezentată, din punct de vedere al volumului, este categoria de lungime 16 m, care deține 12,1% din volumul lemnului doborât. Clasele de lungimi de 20 m și 24 m înmagazinează volume corespunzătoare lemnului mort doborât ce depășesc 10%. Cele mai slab reprezentate, din punct de vedere al criteriului specificat, sunt clasele de lungimi: sub 10 m și cele peste 28 m, ce au valori ale volumului de sub 5% (fig. 5.26).

Lemn mort provenit din cioate. În suprafața cercetată, lemnul mort provenit din cioate însumează un volum de $5,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Cea mai semnificativă proporție se înregistrează la clasa de degradare 6, care deține 51,2% din volumul total, iar cea mai mică valoare este corespunzătoare clasei de degradare 1 (5,1%) (fig. 5.27).

Dacă raportarea se face la numărul total de cioate, se constată că 5,2% din numărul total se găsește în clasa de degradare 1, 11,6% în clasa de degradare 2, 13,3% în clasa de degradare 3, 12,2% în clasa de degradare 4, 20,8% în clasa de degradare 5 iar 36,9% în clasa de degradare 6.



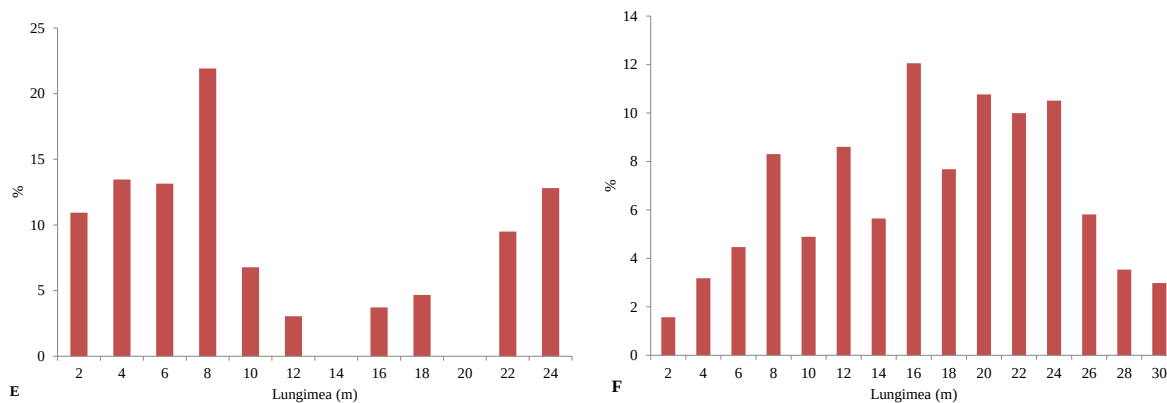


Figura 5.26 Distribuția volumului (%) pe categorii de lungime (A - clasa de degradare 1; B - clasa de degradare 2; C - clasa de degradare 3; D - clasa de degradare 4; E - clasa de degradare 5; F – total lemn mort doborât)

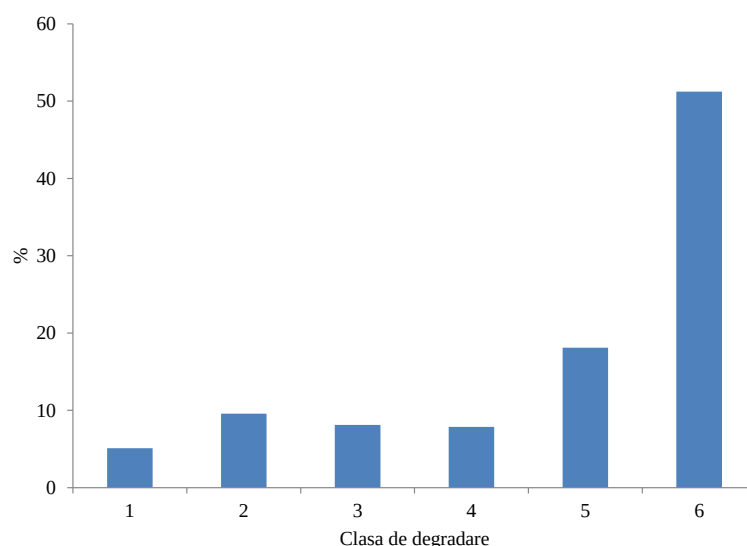


Figura. 5.27 Distribuția volumului (%) pe clase de degradare, pentru categoria de lemn mort provenit din cioate

În ceea ce privește distribuția numărului de cioate pe categorii de diametre, pentru întreaga categorie de lemn mort, se observă că acesta este caracteristică distribuției teoretice Gamma (fig. 5.28). Testul χ^2 indică faptul că diferența dintre distribuția experimentală și distribuția teoretică este nesemnificativă ($\chi^2_{\text{exp}} = 0,336$, $\chi^2_{\text{teor}} = 42,557$, $p = 0,05$). Ca urmare se poate afirma faptul că distribuția numărului de cioate pe categorii de diametre, componente a categoriei de lemn mort analizată, este în concordanță cu legitatea exprimată de distribuția teoretică Gamma.

Referitor la distribuția volumului cioatelor pe categorii de diametre (în funcție de diametrul la baza cioatei), diferențiat pe clase de degradare, acesta are aceleași caracteristici, din punctul de vedere al raportării la o distribuție teoretică, ca și în cazul distribuției numărului de cioate, în sensul că distribuția este neregulată.

Aceeași situație se întâlnește și în cazul distribuției volumului pe categorii de diametre, specifică întregii categorii de lemn mort și anume cioatele care sunt încadrate în categoria de diametre 44 cm, după diametrul la baza cioatei, dețin ponderea cea mai mare din volumul total, cu valoarea de 12,7%. Categoriilor de diametre 4 cm, 8 cm, 12 cm, 16 cm, 20 cm, 96 cm, 108 cm, le corespunde o valoare de sub 2% (fig. 5.29).

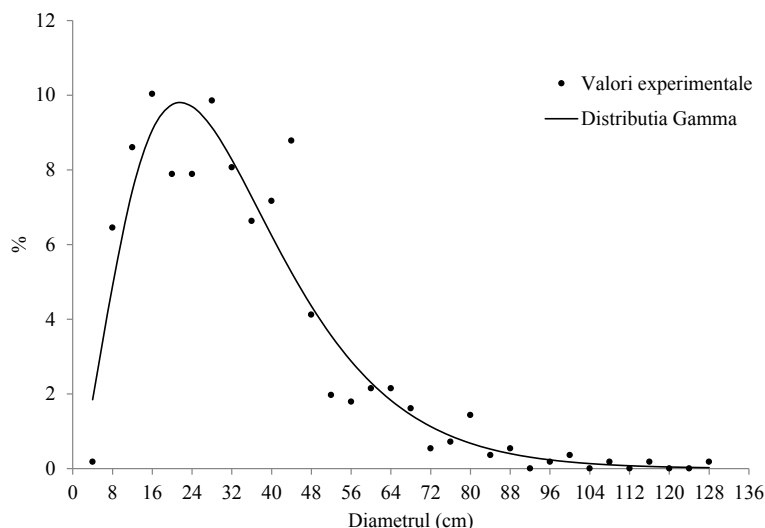


Figura 5.28 Distribuția numărului de cioate pe categorii de diametre (considerând diametrul la baza cioatei), pentru categoria de lemn mort format din cioate

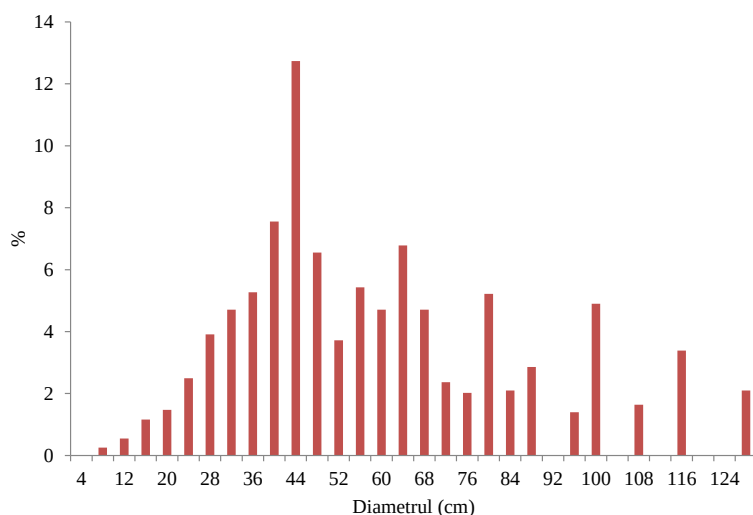


Figura 5.29 Distribuția volumului (%) pe categorii de diametre (considerând diametrul la baza cioatei), pentru categoria de lemn mort format din cioate

Distribuția numărului de cioate pe categorii de diametre, folosind în acest scop drept element de studiu diametrul la partea superioară a cioatei, are un aspect neregulat pentru toate cele șase clase de degradare identificate în teren. Ecartul de variație al diametrului la partea superioară a cioatei, indică faptul că limita superioară a acestuia variază între 56 cm (clasa de degradare 1) și 88 cm (clasa de degradare 6).

Pentru întreaga categorie de lemn mort, distribuția numărului de cioate pe categorii de diametre, este caracteristică distribuției teoretice Beta (fig. 5.30). Se poate afirma faptul că distribuția numărului de cioate pe categorii de diametre, componenți ai categoriei de lemn mort analizată, este în concordanță cu legitatea exprimată de distribuția teoretică Beta, deoarece testul χ^2 indică faptul că diferența dintre distribuția experimentală și distribuția teoretică este nesemnificativă.

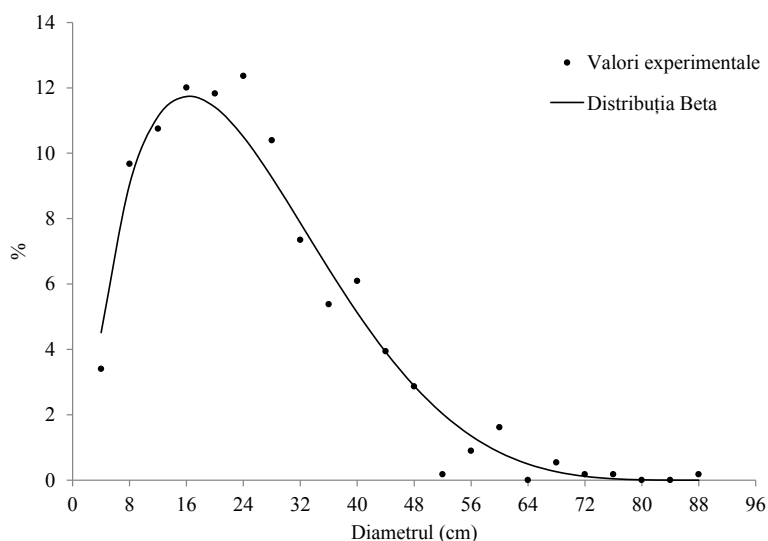


Figura 5.30 Distribuția numărului de cioate pe categorii de diametre (considerând diametrul la partea superioară a cioatei), pentru categoria de lemn mort format din cioate

În ceea ce privește distribuția volumului cioatelor pe categorii de diametre (în funcție de diametrul la partea superioară a cioatei), se observă că acesta este neregulat pentru toate clasele de degradare. Maximul distribuției volumului (%), pe categorii de diametre, se găsește la categoria de diametre 32 cm (clasa de degradare 1), 68 cm (clasa de degradare 2), 28 cm (clasa de degradare 3), 32 cm (clasa de degradare 4), 40 cm (clasa de degradare 5), respectiv 40 cm (clasa de degradare 6). În ceea ce privește valoarea minimă, aceasta se găsește în categoria de diametre 4 cm pentru toate clasele de degradare.

În cazul distribuției volumului pe categorii de diametre, specifică întregii categorii de lemn mort, se observă faptul că cioatele care sunt încadrate în categoria de diametre 68 cm, după diametrul la partea superioară a cioatei, dețin ponderea cea mai mare din volumul total, cu valoarea de 16,4%. Categoriilor de diametre 4 cm, 8 cm, 12 cm, 52 cm, 76 cm, le corespunde o valoare de sub 4% (fig. 5.31).

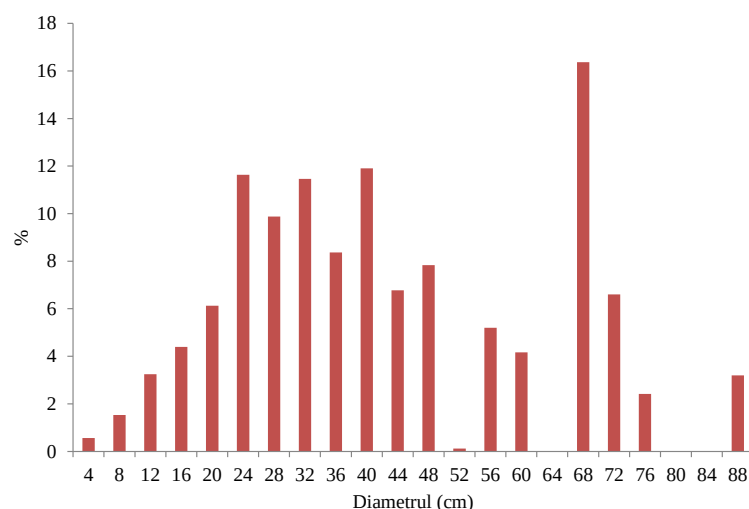


Figura 5.31 Distribuția volumului (%) pe categorii de diametre (considerând diametrul la partea superioară a cioatei), pentru categoria de lemn mort format din cioate

În cazul distribuției numărului de cioate pe categorii de înălțime, specifică întregii categorii de lemn mort, se observă faptul că cioatele care sunt încadrate în categoria de înălțime 28 cm, dețin ponderea cea mai mare, cu valoarea de 15,9% (fig. 5.32).

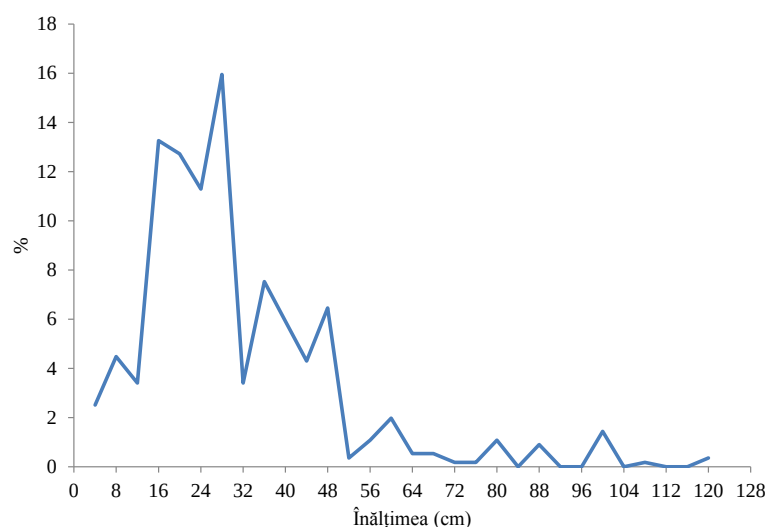


Figura 5.32 Distribuția numărului de cioate pe categorii înălțime, pentru categoria LMC

Distribuția volumului cioatelor pe categorii de înălțime este neregulată pentru toate clasele de degradare. Maximul distribuției volumului (%), pe categorii de înălțime, se găsește la categoria 28 cm (clasa de degradare 1), 100 cm (clasa de degradare 2), 28 cm (clasa de degradare 3), 28 cm (clasa de degradare 4), 48 cm (clasa de degradare 5), respectiv 48 cm (clasa de degradare 6). În ceea ce privește valoarea minimă, aceasta este specifică categoriei de diametre 8 cm și 12 cm pentru toate clasele de degradare.

În cazul distribuției volumului pe categorii de înălțime, specifică întregii categorii de lemn mort, se observă faptul că cioatele care sunt încadrate în categoria 28 cm, dețin ponderea cea mai mare din volumul total, cu valoarea de 15,3%. Categoriilor de diametre 4 cm, 8 cm, 12 cm, 52 cm, 56 cm, 64 cm, 68 cm, 72 cm, 76 cm și 88 cm le corespunde o valoare de sub 2% (fig. 5.33).

Distribuția volumului LMC funcție de clasa de degradare, arată din nou influența instituirii unui regim oarecare de protecție, fapt concretizat prin lipsa sau slaba reprezentare a cioatelor din primele clase degradare. Repartiția crescătoare a volumului dar și a numărului de piese, de la prima spre ultima clasă de degradare, arată de fapt reducerea intensității factorilor naturali și antropici care favorizează apariția LMC.

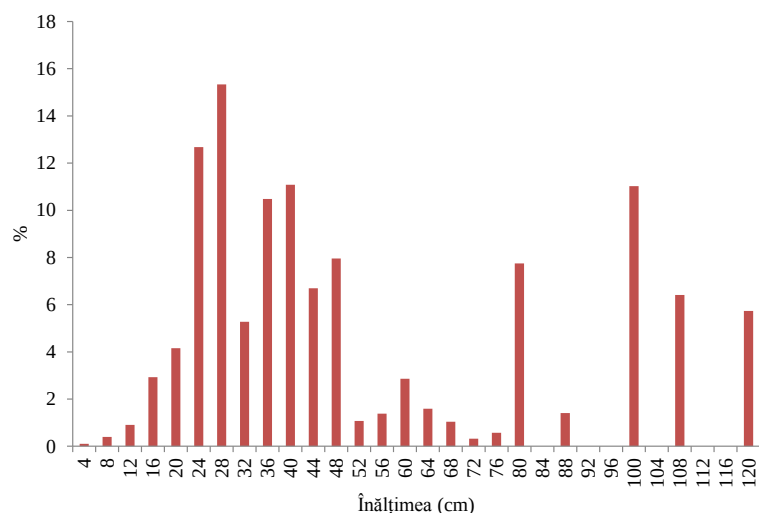


Figura. 5.33 Distribuția volumului (%) pe categorii de înălțimi, pentru categoria de lemn mort format din cioate

5.2.3. Distribuția lemnului mort în raport cu factorii staționali

Variația lemnului mort în funcție de altitudine

Lemn mort pe picior. Ca mai mare valoare corespunzătoare volumului lemnului mort pe picior, se înregistrează în arborete ce vegetează la altitudini mai mici de 1400 m. Dacă se face raportarea la volumul total de lemn al categoriei de altitudine, se constată că volumul LMP, reprezintă aproximativ 13% din totalul volumului lemnului pe picior. Cea mai mică valoare a volumului, se întâlnește la categoria de altitudine >1700 m (fig. 5.34).

Repartiția numărului total de sondaje (73) pe categorii de altitudine, în zona cercetată, indică faptul că 15% sunt localizate la altitudini mai mici de 1400 m, 21% la altitudini cuprinse între 1400 m și 1500 m, 29% la altitudini cuprinse între 1500 m și 1600 m, 26% la altitudini cuprinse între 1500 m și 1600 m, respectiv 10% la categoria de altitudine >1700 m.

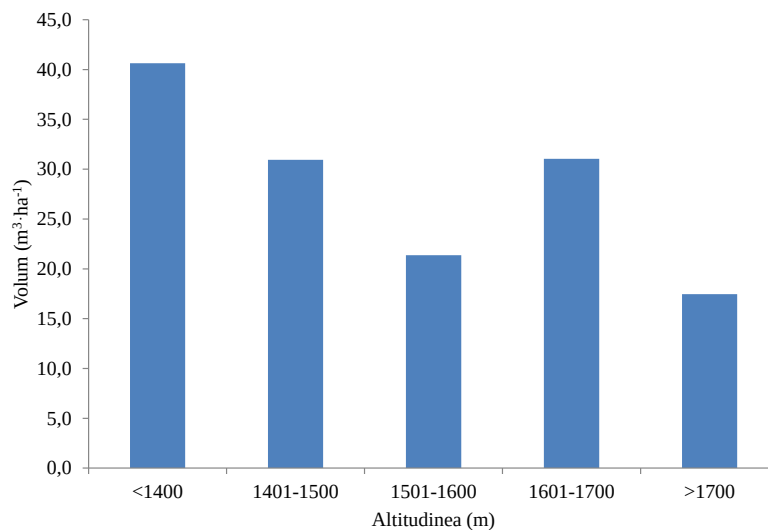


Figura. 5.34 Variația volumului la hectar pentru lemnul mort pe picior în relație cu altitudinea pentru zona de studiu

Analiza distribuției lemnului mort pe picior, în raport cu clasele de degradare și diferențiat pe categorii de altitudine, indică faptul că cele mai bine reprezentate, sunt clasele de degradare 1 și 2 pentru categoriile altitudinale cuprinse între <1400 m și 1501-1700 m (fig. 5.35).

Ca tendință generală, valoarea volumului lemnului mort pe picior, crește de la clasa de degradare 1, la clasa de degradare 2, după care scade brusc la clasa de degradare 3, tendința menținându-se până la clasa de degradare 5. Valoarea maximă înregistrată pentru volum, este specifică clasei de altitudine <1400 m și pentru clasa de degradare 2.

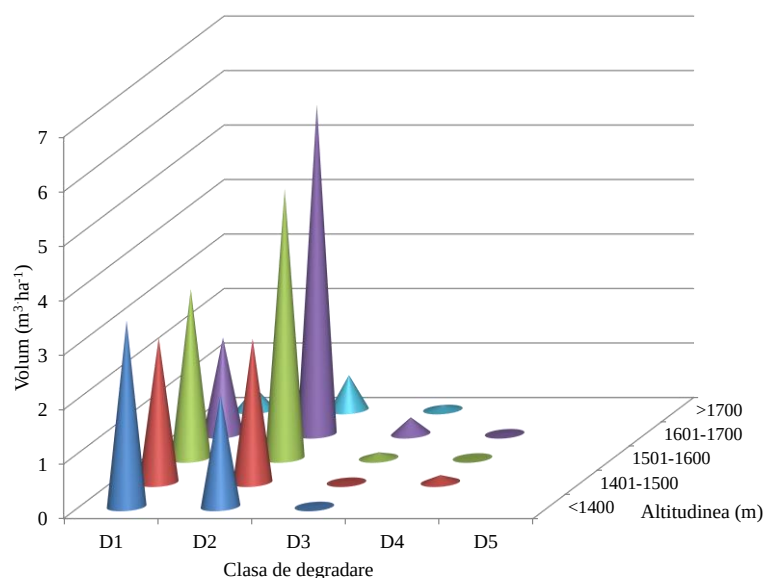


Figura 5.35 Distribuția lemnului mort pe picior în raport cu clasele de degradare, diferențiat pe categorii de altitudine

Lemn mort doborât. Cantitatea cea mai mare de lemn mort doborât, din cadrul zonei cercetate, s-a înregistrat la categoria de altitudine 1401-1500 m. Raportând valoarea corespunzătoare lemnului mort doborât, la volumul total corespunzător categoriei de

altitudine, rezultă că acesta reprezintă aproximativ 11% pentru categoria de lemn mort, analizată în relație cu clasa altitudinală.

Analiza volumului mediu la hectar, pentru lemnul mort doborât, indică faptul că dinamica acestuia este neregulată în raport cu altitudinea. Într-o primă fază, se constată o creștere, de la altitudini <1400 m spre altitudini cuprinse între 1401-1500 m. Urmează o scădere a volumului la hectar, spre categorii de altitudine de 1501-1600 m, urmate de o creștere spre altitudini de 1601-1700 m și în final de o scădere, a volumului considerat, spre altitudini >1700 m (fig. 5.36).

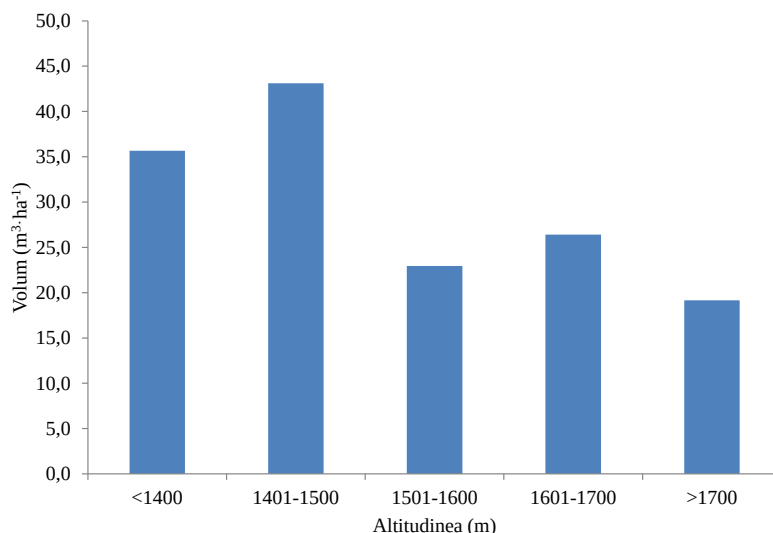


Figura 5.36 Variația volumului la hectar pentru lemnul mort doborât în relație cu altitudinea

Specific categoriilor de altitudine precizate, în relație cu valoarea medie pentru suprafața investigată, este faptul că se constată valori mai mari pentru clasele altitudinale <1400 m și 1401-1500 m, din punct de vedere al parametrului analizat. Superioritatea evidențiată, se concretizează într-o valoare peste media considerată, cu 20,9%, respectiv cu 46,1%. Volumul la hectar, pentru lemnul mort doborât, specific categoriilor de înălțime 1501-1600 m, 1601-1700 m și >1700 m, este mai mic decât media pe suprafața cercetată cu 22,2%, cu 10,5%, respectiv cu 24,5%.

Lemn mort format din cioate. Analiza repartiției volumului lemnului mort provenit din cioate, pe categorii de altitudine, indică faptul că valoarea cea mai mare a acestuia se înregistrează în arborete ce vegetează la altitudini de 1401-1500 m.

Raportând volumul corespunzător categoriei de lemn mort, la valoarea corespunzătoare categoriei de altitudine, rezultă că lemnul mort provenit din cioate reprezintă 2% din totalul categoriei de altitudine analizate. Ca și în cazurile precedente (lemn mort pe picior, lemn mort doborât) valoarea cea mai mică a volumului se înregistrează la categoria de altitudine >1700 m (fig. 5.38).

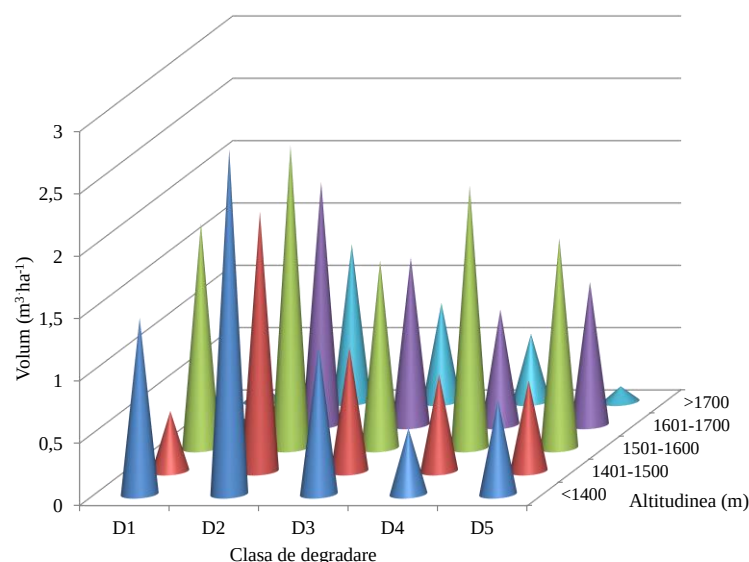


Figura. 5.37 Distribuția lemnului mort doborât în raport cu clasele de degradare, diferențiat pe categorii de altitudine

Analizând volumul mediu la hectar, pentru lemnul mort format din cioate, se constată că, într-o primă etapă, acesta crește, de la altitudini <1400 m spre altitudini cuprinse între 1401-1500 m. După acest maxim se constată o scădere constantă a volumului categoriei de lemn mort, spre altitudini >1700 m (fig. 5.38).

Caracteristic volumului lemnului mort provenit din cioate, pentru categoriile de altitudine precizate, în relație cu valoarea medie pentru suprafața investigată, este faptul că se constată o valoare peste medie pentru clasele altitudinale <1400 m, 1401-1500 m și 1501-1600 m, cu 3,1%, 59,0%, respectiv cu 28,7%. Valoarea înregistrată de volumul la hectar, specific categoriilor de înălțime 1601-1700 m și >1700 m, este mai mic decât media pe suprafața cercetată cu 29,4%, respectiv cu 59,5%.

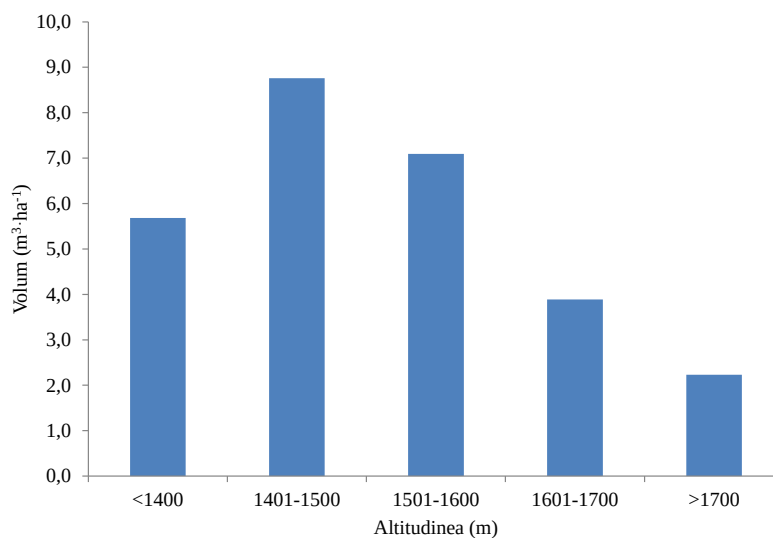


Figura 5.38 Variația volumului la hectar pentru lemnul mort format din cioate în relație cu altitudinea

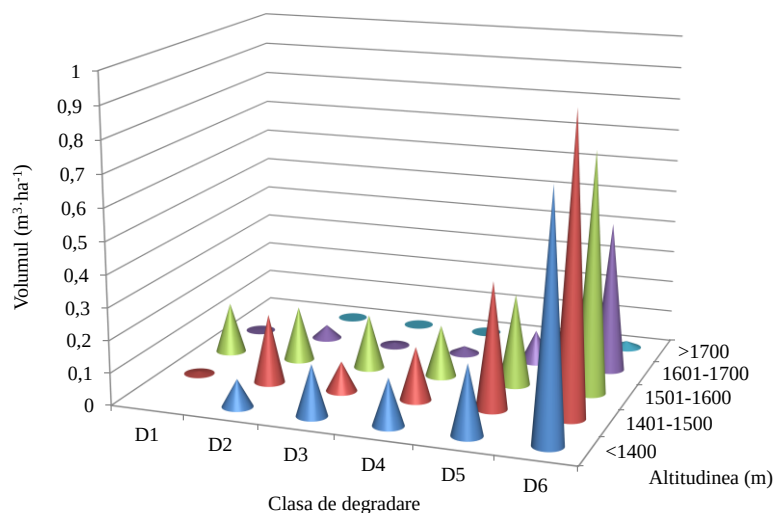


Figura. 5.39 Distribuția lemnului mort provenit din cioate, în raport cu clasele de degradare, diferențiat pe categorii de altitudine

Sintetizând cele exprimate mai sus, cu referire la variația categoriilor de lemn mort în raport cu altitudinea, se constată că pentru categoriile altitudinale de 1601-1700 m și >1700m, valorile specifice categoriilor de lemn mort sunt mai mici. Cu alte cuvinte, cu cât crește altitudinea și cantitatea de lemn mort se află într-o cantitate mai mică. Acest lucru demonstrează faptul că altitudinea reprezintă un factor limitativ în apariția și răspândirea lemnului mort în Parcul Național Călimani, în special și în cadrul pădurilor naturale, în general.

Variația lemnului mort în funcție de pantă

Lemn mort pe picior. Referitor la distribuția volumului lemnului mort pe picior, pe categorii de pantă, se constată faptul că, valoarea cea mai mare a acestuia se înregistrează în arborete ce vegetează pe pante de 21-30°.

Din numărul total de sondaje (73) s-a constatat faptul că 13,7 % sunt localizate pe terenuri cu panta <10°, 63% pe terenuri cu pante cuprinse între 11° și 20°, 21,9 % pe terenuri cu pante cuprinse între 21° și 30°, respectiv 1,4% pe pante >30°.

Raportând volumul corespunzător categoriei de lemn mort, la volumul total de LMP, rezultă că lemnul mort pe picior reprezintă 13% din totalul categoriei de pantă analizate. Valoarea cea mai mică a volumului se înregistrează la categoria de pantă >30° (fig. 5.42).

Volumul mediu la hectar este diferit în fiecare categorie de pantă, astfel, că acesta crește de la terenuri cu panta <10°, până la terenuri cu pante cuprinse între 21° și 30°, după care scade la terenuri cu pante >30° (fig. 5.40).

Comparând volumul mediu corespunzător categoriilor de pantă analizate, la valoarea medie pentru zona de studiu, se observă că pentru categoria de pantă 21°-30° valoarea volumului la hectar este mai mare decât media analizată, cu 45%. Pentru categoria de pantă >30° valoarea volumului la hectar este mai mare decât media pe suprafața cercetată, cu 66,2%.

Analizând distribuția lemnului mort pe picior, în relație cu panta și cu clasele de degradare specifice, se constată faptul că, valori semnificative ale parametrului studiat, se înregistrează pentru categoriile de pantă 10-20°, respectiv 20-30°, la clasele de degradare 1 și 2. Valoarea maximă înregistrată pentru volum, se găsește la clasa de degradare 2, pentru categoria de pantă 10-20°. Valoarea minimă a volumului analizat, este specific clasei de degradare 3, pentru categoria de pantă >30° (fig. 5.41).

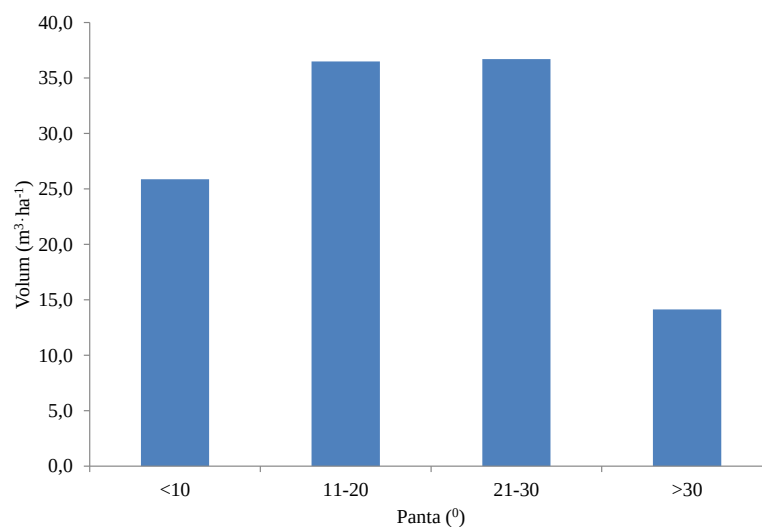


Figura 5.40 Variația volumului la hectar pentru lemnul mort pe picior în relație cu panta pentru suprafața cercetată

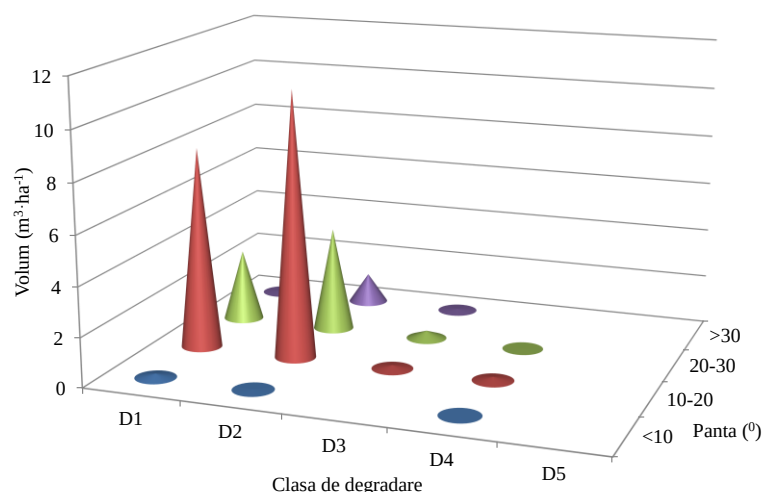


Figura. 5.41 Distribuția lemnului mort pe picior, în raport cu clasele de degradare, diferențiat pe categorii de pantă

Lemn mort doborât. Din analiza distribuției lemnului mort doborât pe categorii de pantă, rezultă faptul că valoarea cea mai mare se înregistrează în arborete ce vegetează pe pante de 21-30°. Din raportarea volumului corespunzător categoriei de lemn mort, la valoarea specifică categoriei de pantă, rezultă că lemnul mort doborât se află într-o proporție de 12% din totalul categoriei de pantă supusă analizei. Valoarea cea mai mică a volumului este specifică categoriei de pantă <10° (fig. 5.42).

Analiza volumului mediu la hectar, pentru lemnul mort doborât, indică faptul că dinamica acestuia este neregulată în raport cu panta. Într-o primă fază, se constată o creștere, de la pante <10° spre pante ale terenului cuprinse între 21-30°, urmată de o scădere a volumului la hectar, spre categoria de pantă >30° m (fig. 5.42).

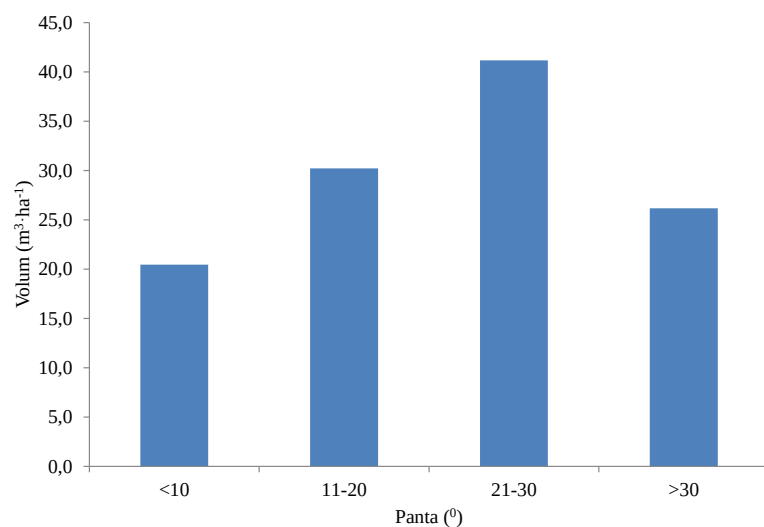


Figura. 5.42 Variația volumului la hectar pentru lemnul mort doborât în relație cu panta pentru zona cercetată

Volumul la hectar, al lemnului mort doborât, specific categoriilor de pantă $<10^0$ și $>30^0$, este mai mic decât media pe suprafața cercetată cu 30,6%, respectiv cu 11,3% (fig. 5.42).

Din punct de vedere al distribuției lemnului mort doborât, în relație cu panta și cu clasele de degradare specifice, se constată faptul că, pentru categoriile de pantă $10-20^0$, respectiv $20-30^0$, dinamica volumului lemnului mort se caracterizează printr-o creștere, de la clasa de degradare 1 la clasa de degradare 2, după care se constată o descreștere către clasa de degradare 5.

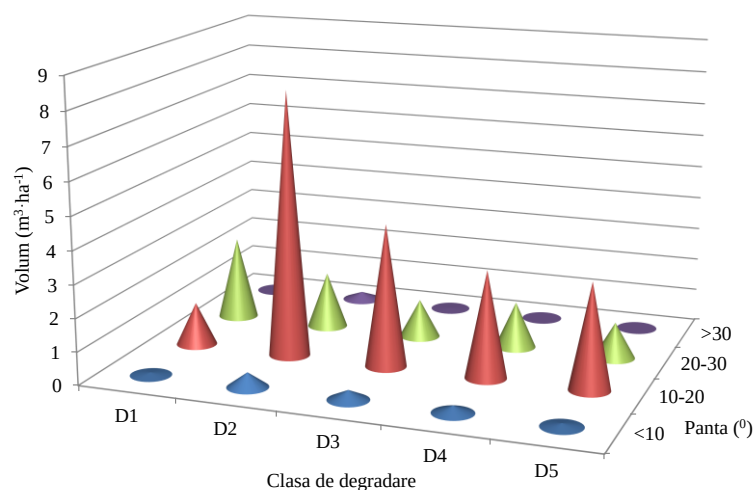


Figura 5.43 Distribuția lemnului mort doborât, în raport cu clasele de degradare, diferențiat pe categorii de pantă

Lemn mort format din cioate. Repartizarea lemnului mort provenit din cioate, pe categorii de pantă, arată că volumul cel mai mare este specific categorie de pantă $>30^0$. Lemnul mort, format din cioate, se află într-o proporție de 3%, din volumul total al categoriei de pantă supusă analizei. Valoarea cea mai mică a volumului este specifică categoriei de pantă $<10^0$ (fig. 5.44).

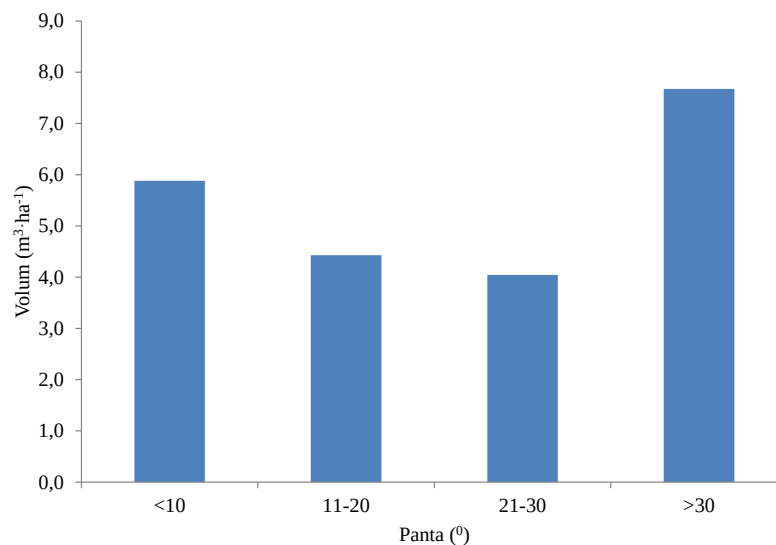


Figura 5.44 Variația volumului la hectar pentru lemnul mort format din cioate în relație cu panta pentru suprafața cercetată

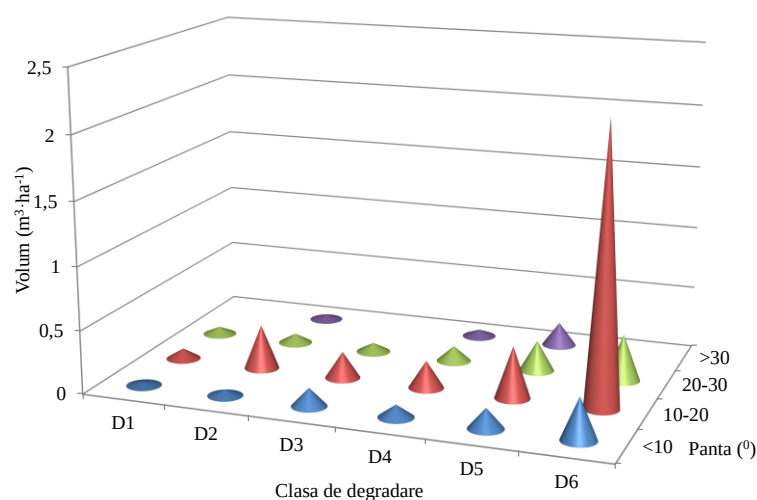


Figura 5.45 Distribuția lemnului mort provenit din cioate, în raport cu clasele de degradare, diferențiat pe categorii de pantă

Volumul mediu la hectar, pentru lemnul mort format din cioate, are o tendință descrescătoare de la categoria de pantă $<10^{\circ}$, până la categoria de pantă $21-30^{\circ}$, după care se constată o creștere bruscă spre categoria de pantă $>30^{\circ}$ (fig. 5.44).

Dacă se face referire la volumul lemnului mort provenit din cioate, pentru categoriile de pantă precizate, în relație cu valoarea medie pentru suprafața investigată, se constată o valoare peste medie pentru clasele de pantă extreme $<10^{\circ}$ și $>30^{\circ}$, cu 6,7%, respectiv cu 39,2%. Valoarea înregistrată de volumul la hectar, specific categoriilor de pantă $11-20^{\circ}$ și $21-30^{\circ}$, este mai mic decât media pe suprafața cercetată, cu 19,6%, respectiv cu 39,2%.

Sintetizând cele exprimate mai sus, cu referire la variația categoriilor de lemn mort în raport cu panta, se constată că, pentru categoriile de pantă analizate, valoarea corespunzătoare pentru categoriile de lemn mort are un trend ascendent până la categoria de pantă $20-30^{\circ}$, după care scade la pante ale terenului mai mari de 30° . Excepție face categoria de lemn mort format

din cioate. Explicația ar putea fi dată prin faptul că lemnul mort provenit din cioate apare mai ales ca urmare a acțiunii antropice și mai puțin se supune unor mecanisme de dezvoltare specifice pădurii naturale, ca în cazul celorlalte categorii de lemn mort. În concluzie, se poate afirma faptul că, în anumite condiții și pentru anumite categorii de lemn mort panta reprezintă și ea un factor limitativ, pentru răspândirea lemnului mort, în cadrul pădurii naturale.

Variația lemnului mort în funcție de expoziție

Lemn mort pe picior. Cantitatea cea mai mare de lemn mort pe picior, din cadrul suprafeței cercetate, s-a înregistrat pe expoziția sudică. Raportând valoarea corespunzătoare lemnului mort pe picior, la volumul total corespunzător expoziției, rezultă că lemnul mort reprezintă aproximativ 8% pentru categoria de lemn mort.

Cel mai bine reprezentată, din punct de vedere al numărului de puncte de sondaj, din suprafața cercetată este expoziția nordică care deține 23% din numărul total, iar cel mai slab reprezentate sunt expozițiile nord-estică și sudică cu un procent de 7%.

Analiza volumului mediu la hectar, pentru lemnul mort pe picior, în relație cu valoarea medie pentru suprafața cercetată indică faptul că acesta are o valoare specifică din punct de vedere al repartiției pe expoziții considerate în actualele cercetări. Astfel, se observă că, pentru expoziția S volumul la hectar, este superior mediei considerate, cu 27,8%, Pentru expoziția E valoarea volumului la hectar este mai mic decât media pe suprafața cercetată cu 45,5%.

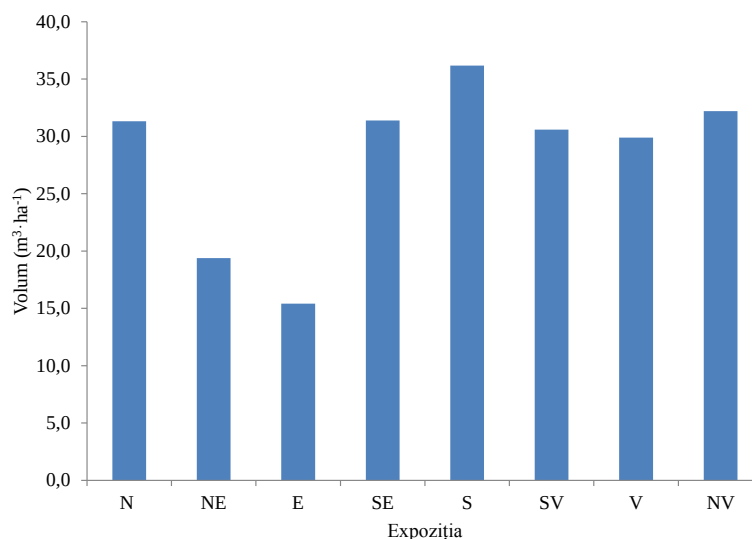


Figura 5.46 Variația volumului la hectar pentru lemnul mort pe picior în relație cu expoziția pentru suprafața cercetată

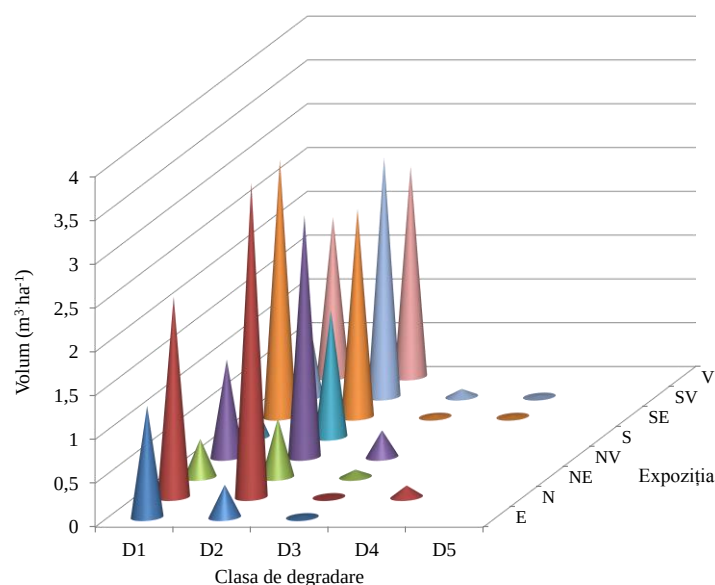


Figura 5.47 Distribuția lemnului mort pe picior, în raport cu clasele de degradare, diferențiat pe expoziții

Analiza distribuției lemnului mort pe picior, în relație cu clasele de degradare și diferențiat pe expoziții ale ternului, indică faptul că cele mai bine reprezentate clase de degradare, din punct de vedere al volumului analizat, sunt clasele de degradare 1 și 2, cu valori semnificative la aproape toate expozițiile. Excepție fac expoziția E, NE, unde se constată valori mai mici pentru ambele clase de degradare, respectiv expozițiile NV și SV, unde se constată valori mai mici pentru o anumită clasă de degradare (fig. 5.47).

Lemn mort doborât. Referitor la distribuția volumului lemnului mort doborât, pe expoziții, se constată faptul că valoarea cea mai mare a acestuia se înregistrează în arborete ce vegetează pe expoziții estică. Raportând volumul corespunzător categoriei de lemn mort, la valoarea corespunzătoare categoriei de pantă, rezultă că lemnul mort doborât reprezintă 29% din totalul categoriei de expoziție analizate.

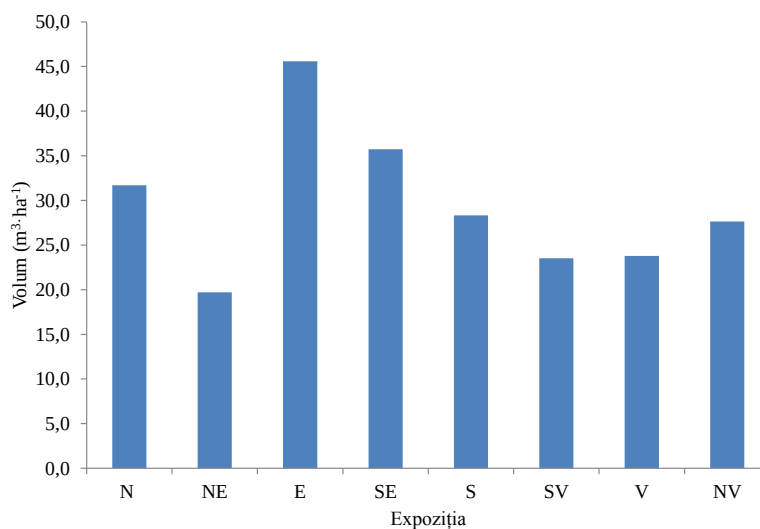


Figura 5.48 Variația volumului la hectar pentru lemnul mort doborât în relație cu expoziția pentru zona cercetată

Specific expozițiilor precizate, este faptul că se constată superioritatea valorilor specifice, în raport cu media pentru suprafața cercetată, pentru expoziția E cu 54,5%. Cele mai mici valori comparativ cu media pe suprafața cercetată, cu 33,2%, se înregistrează pe expoziții NE.

Din punct de vedere al repartizării lemnului mort doborât, în relație cu clasele de degradare și diferențiat pe expoziții ale terenului, se constată că cea mai bine reprezentată clasă de degradare, din punct de vedere al volumului analizat, este clasa de degradare 2, cu valori semnificative pentru expozițiile nordice și sud-estice.

Lemn mort provenit din cioate. Lemnul mort provenit din cioate, înregistrează cele mai mari valori în cadrul arboretelor ce vegetează pe expoziții vestice și nordice. Dacă se face raportarea la volumul total, specific categoriilor de expoziție analizate, se obțin valorile de 2% (pentru ambele expoziții), procent ce reprezintă proporția LMC din totalul specific categoriilor de expoziție analizate.

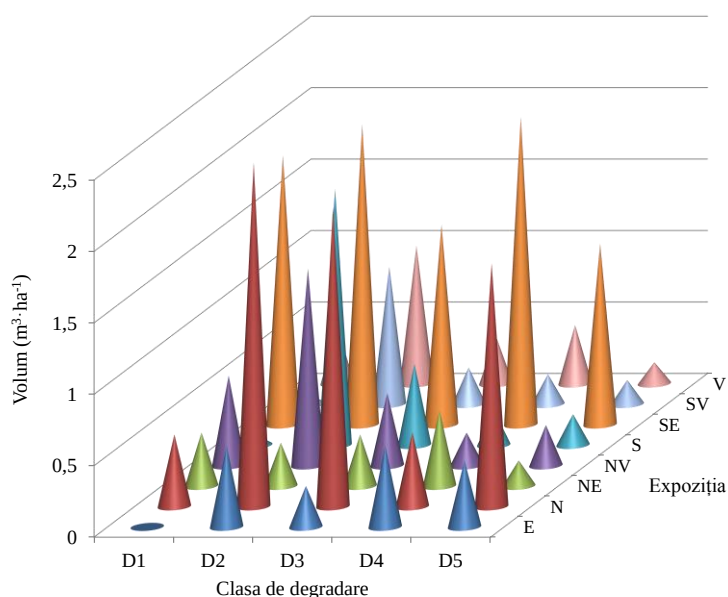


Figura. 5.49 Distribuția lemnului mort doborât, în raport cu clasele de degradare, diferențiat pe expoziții

Referitor la lemnul mort provenit din cioate, analiza volumul mediu la hectar, în raport cu expoziția și cu media pe suprafața cercetată, indică faptul că pentru expoziția vestică, înregistrează o valoare mai mare cu 30,2%, iar pentru expoziția sud-vestică valoarea corespunzătoare este mai mică cu 36,9%.

Analiza distribuției lemnului mort provenit din cioate, în raport cu clasele de degradare și diferențiat pe expoziții, indică faptul că, cea mai bine reprezentată clasă de degradare, din punct de vedere al volumului analizat, este clasa de degradare 6, pentru expozițiile est, sud+est și vest.

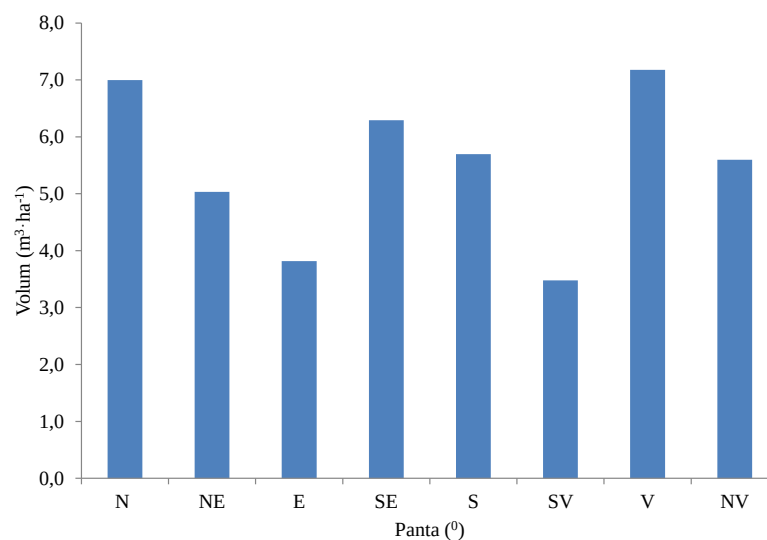


Figura 5.50 Variația volumului la hectar pentru LMC în relație cu panta

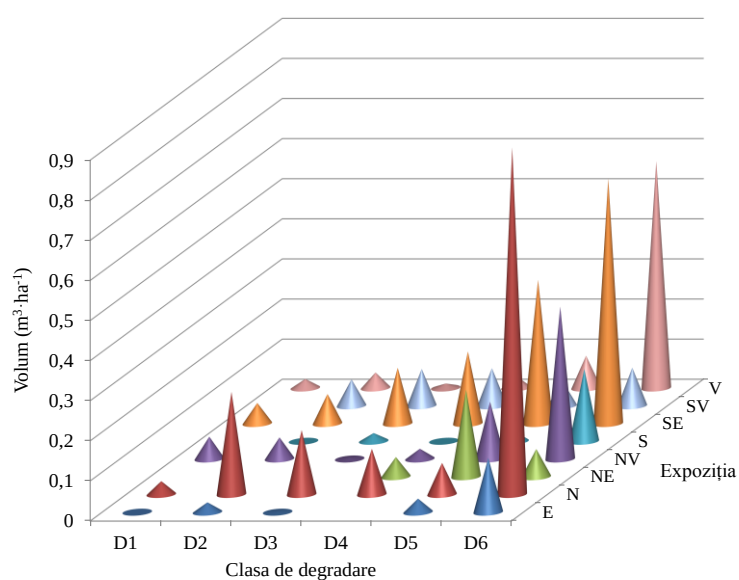


Figura 5.51 Distribuția lemnului mort provenit din cioate, în raport cu clasele de degradare, diferențiat pe expoziții

Variația lemnului mort în funcție de tipul de sol

Lemn mort pe picior. Lemn mort pe picior, are cele mai mari valori, în cadrul arboretelor încadrate în tipul de sol districambosol tipic. Raportând valoarea menționată anterior, la volumul total, specific tipului de sol analizat, se obține valoarea de 11%, ce reprezintă proporția lemnului mort pe picior, din cadrul tipului de sol districambosol tipic. Valoarea cea mai mică este specifică tipului de sol districambosol umbric (fig. 5.52).

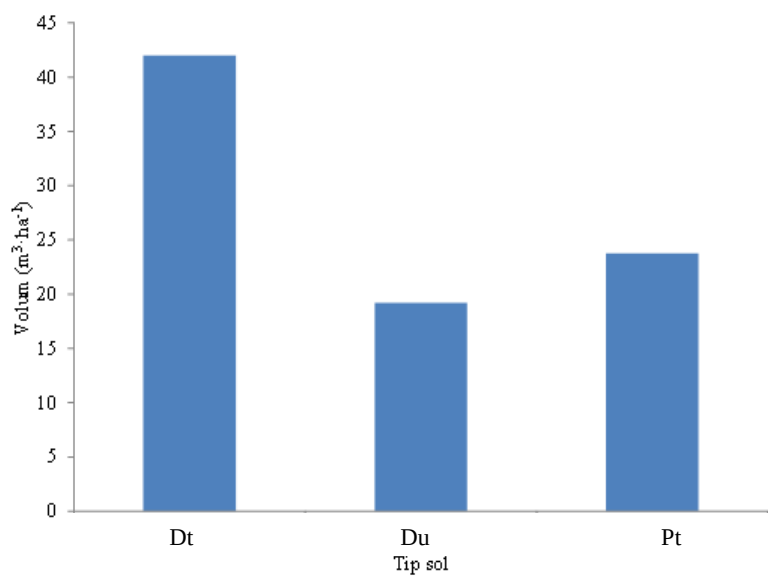


Figura 5.52 Variația volumului la hectar pentru lemnul mort pe picior în relație tipul de sol pentru suprafața cercetată (Dt - districambosol tipic; Du - districambosol umbric; Pt - prepodzol tipic)

Analizând volumul lemnului mort pe picior în raport cu tipul de sol și clasele de degradare, se observă faptul că cel mai bine reprezentată este clasa de degradare 2, corespunzătoare tipului de sol prepodzol tipic. Valoarea minimă a volumului analizat, este specific clasei de degradare 4 și tipului de sol districambosol umbric.

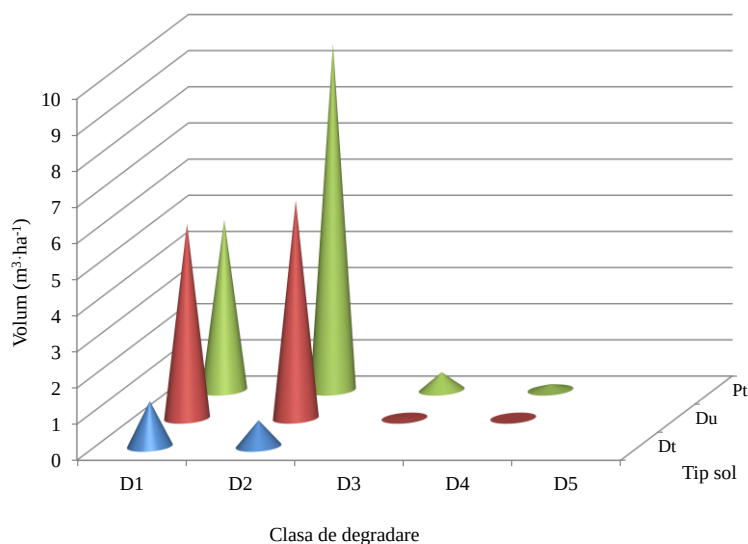


Figura 5.53 Distribuția lemnului mort pe picior, în raport cu clasele de degradare diferențiat pe tipuri de sol (Dt - districambosol tipic; Du - districambosol umbric; Pt - prepodzol tipic)

Lemn mort doborât. Din punct de vedere al tipului de sol, cele mai mari valori, ale lemnului mort doborât, s-au înregistrat în cadrul arboretelor ce vegetează pe soluri din clasa districambosol tipic.

Pentru tipurile de sol analizate, se observă că tipul de sol districambosol tipic înregistrează o valoare mai mare, în raport cu media pentru suprafața cercetată, cu 22,2%.

Celelalte două tipuri de sol analizate, districambosol umbric și prepodzol tipic, au valori mai mici comparativ cu media pe suprafața cercetată, cu 10,5%, respectiv cu 11,6%.

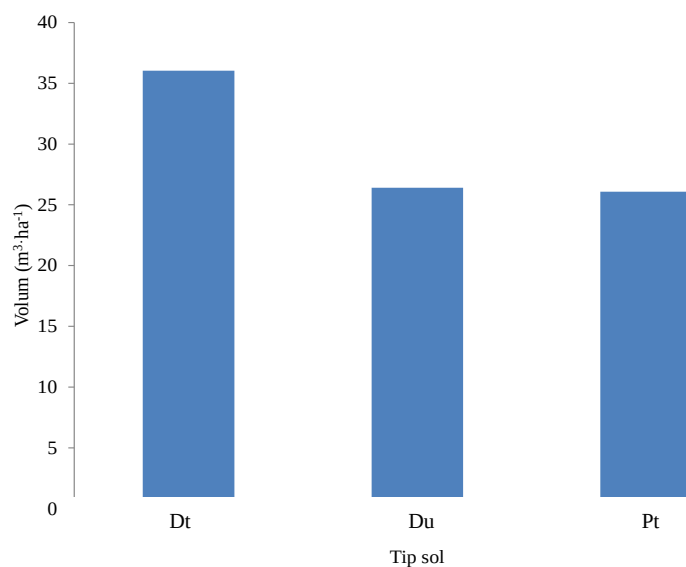


Figura 5.54 Variația volumului la hectar pentru lemnul mort doborât în relație tipul de sol pentru zona cercetată (Dt - districambosol tipic; Du - districambosol umbric; Pt - prepodzol tipic)

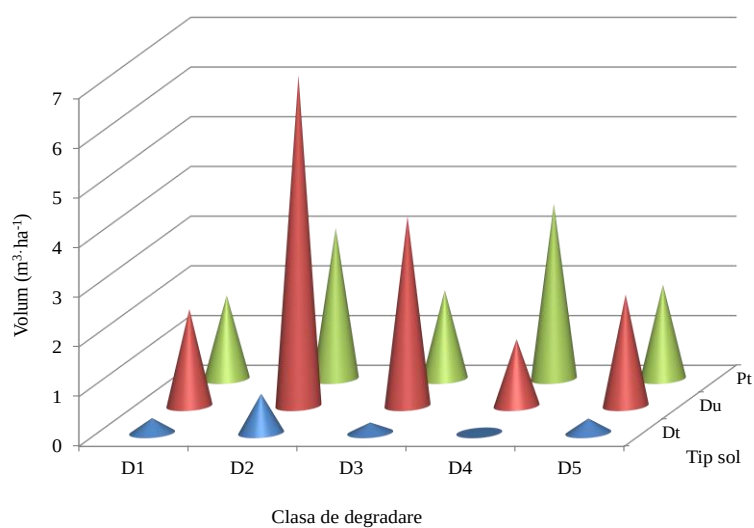


Figura 5.55 Distribuția lemnului mort doborât, în raport cu clasele de degradare, diferențiat pe tipuri de sol (Dt - districambosol tipic; Du - districambosol umbric; Pt - prepodzol tipic)

Lemn mort format din cioate. Cea mai mare valoare a volumului lemnului mort provenit din cioate, se înregistrează în arborete ce vegetează pe tipul de sol districambosol tipic, iar cea mai mică valoare, este specifică tipului de sol prepodzol tipic (fig. 5.56).

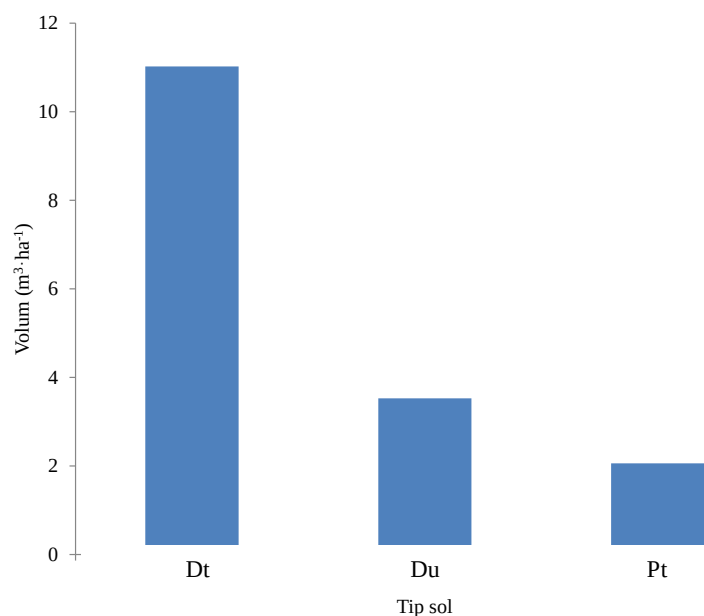


Figura 5.56 Variația volumului la hectar pentru lemnul mort format din cioate în relație cu tipul de sol pentru zona cercetată (Dt - districambosol tipic; Du - districambosol umbric; Pt - prepodzol tipic)

Repartiția volumului corespunzător lemnului mort provenit din cioate, în relație cu tipul de sol și cu clasele de degradare analizate, indică faptul că, cel mai bine reprezentate este clasa de degradare 6, corespunzătoare tipului de sol districambosol umbric.

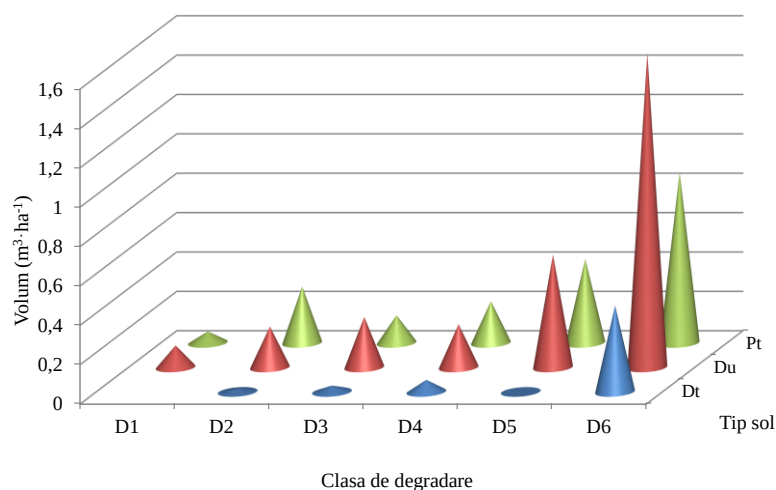


Figura 5.57 Distribuția lemnului mort provenit din cioate, în raport cu clasele de degradare, diferențiat pe tipuri de sol (Dt - districambosol tipic; Du - districambosol umbric; Pt - prepodzol tipic)

5.2.4. Distribuția lemnului mort în raport cu condițiile de arboret

Distribuția lemnului mort în raport cu vârsta

Lemn mort pe picior. Cea mai mare valoare corespunzătoare volumului pentru lemnul mort pe picior, se înregistrează în în arborete cu vârste între 141 și 160 ani, respectiv 181 și 200 ani.

Tabelul 5.5 Variația volumului categoriilor de lemnul mort în raport cu vârsta arboretelor

Vârsta arboretelor (ani)	Lemn mort pe picior (m^3ha^{-1})	Lemn mort doborât (m^3ha^{-1})	Lemn mort provenit din cioate (m^3ha^{-1})
1-20	3,4	11,9	0
21-40	0,8	7,0	9,0
41-60	20,4	18,8	13,6
61-80	42,7	35,8	4,5
81-100	15,9	26,3	5,7
101-120	47,7	32,2	5,2
121-140	5,2	39,0	4,1
141-160	63,7	82,7	4,0
161-180	46,0	35,5	5,9
181-200	63,2	21,0	6,5
pășune	3,7	14,4	2,0

Analizând variația volumului mediu la hectar, pentru categoriile de lemn mort, se constată că acesta are o evoluție crescătoare până la vârste între 181 și 200 ani. (tabelul 5.5).

Raportând volumul mediu corespunzător claselor de vârstă analizate, la valoarea medie pentru zona cercetată ($28,4 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$), se constată că pentru arborete cu vârste între 141 și 160 ani (181 și 200 ani), se înregistrează un volum al lemnului mort pe picior mai mare față de medie cu 124% (122%).

Lemn mort doborât. Cantitatea cea mai mare de lemn mort doborât, din cadrul suprafeței cercetate, s-a înregistrat în arborete încadrate în arborete de 141-160 ani.

Analiza volumului mediu la hectar, pentru lemnul mort doborât, indică faptul că valoarea acestuia crește până la arborete de 141- 160 de ani, urmând apoi o scădere spre arborete cu vârste de 181-200 ani (tabelul 5.5).

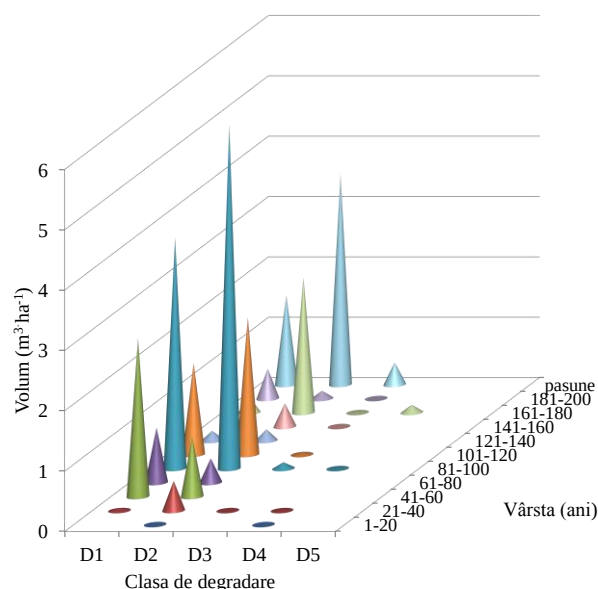


Figura. 5.58 Distribuția volumului LMP în raport cu clasele de degradare, diferențiat pe clase de vârstă

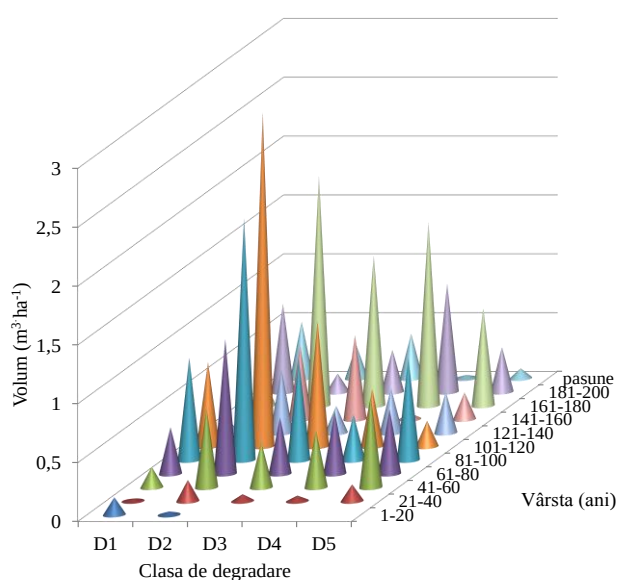


Figura 5.59 Distribuția volumului LMS în raport cu clasele de degradare, diferențiat pe clase de vârstă

Superioritatea specifică claselor de vârstă analizate în relație cu valoarea medie pentru suprafața investigată ($29,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), se constată pentru arborete cu vârste de 141-180 ani cu 180%. Volumul la hectar, corespunzător lemnului mort doborât, este mai mic decât media pe suprafața cercetată cu 76%, pentru arborete cu vârste de 21- 40 ani.

Lemn mort format din cioate. Analiza repartiției volumului lemnului mort provenit din cioate, pe clase de vârstă, indică faptul că valoarea cea mai mare a acestuia se înregistrează în arborete de 41- 60 ani.

Analizând volumul mediu la hectar, pentru lemnul mort format din cioate, se constată că, acesta are o distribuție neregulată pe clase de vârstă (tabelul 5.5).

Analiza distribuției lemnului mort provenit din cioate, în raport cu clasele de degradare și diferențiat pe clase de vârstă, indică faptul că cea mai bine reprezentată clasă de degradare,

din punct de vedere al volumului analizat, este clasa de degradare 6, pentru majoritatea claselor de vârstă (fig. 5.60).

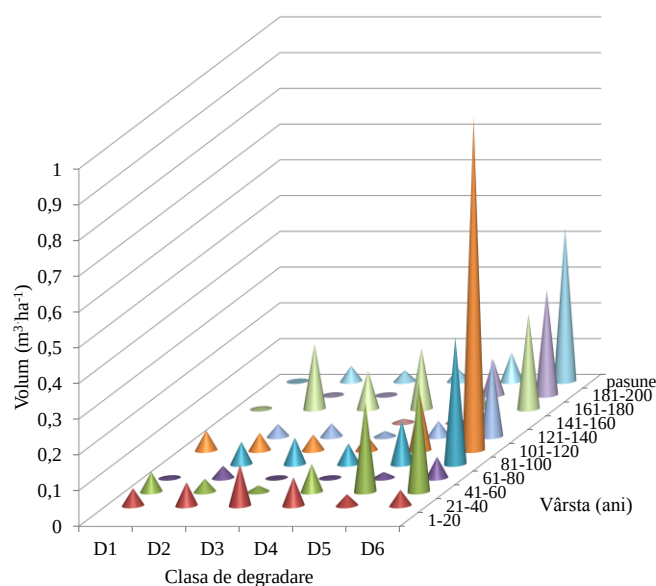


Figura 5.60 Distribuția lemnului mort provenit din cioate, în raport cu clasele de degradare, diferențiat pe clase de vârstă

Distribuția lemnului mort în raport cu categoria de arboret

Categoria de arboret reprezintă o sortare în funcție de zonarea actuală internă și pe categorii de folosință a suprafețelor din Parcul Național Călimani și în relație cu gradul de antropizare a acestora. Analiza acestui factor este deosebit de importantă deoarece urmărește dinamica lemnului mort în funcție de unul din cele mai importante elemente, limitative și în aceeași măsură favorizante, în intrările și ieșirile acestuia din ecosistemele forestiere și anume activitatea antropică.

În raport cu categoria de arboret, dinamica lemnului mort, are aspecte particulare fiecărei categorii de lemn analizată (tabelul 5.6).

Tabelul 5.6 Variația lemnului de lemn pe picior și a categoriilor de lemn mort în raport cu categoria de arboret

Categoria de arboret	Lemn mort pe picior (m³ ha⁻¹)	Lemn mort doborât (m³ ha⁻¹)	Lemn mort provenit din cioate (m³ ha⁻¹)
A1	40,3	39,1	7
A2	41,7	41,8	4,3
A3	19,3	20,3	9,5
A4	12,3	17	1,5

Lemn mort pe picior. Referitor la distribuția volumului lemnului mort pe picior, pe categorii de arboret, se constată faptul că, valoarea cea mai mare a acestuia se înregistrează în arborete încadrate în categoria A2 (tabelul 5.6).

Raportând volumul mediu specific categoriilor de arborete analizate, la valoarea medie pentru suprafața cercetată ($28,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), se observă că pentru categoriile A1 și A2 valoarea volumului la hectar este mai mare decât media analizată, cu 42,4%, respectiv cu 47,3%. Pentru categoriile A3 și A4 valoarea volumului la hectar este mai mică decât media pe suprafața cercetată, cu 31,8%, respectiv cu 56,5.

Analizând distribuția lemnului mort pe picior, în relație cu categoriile de arboret și cu clasele de degradare specifice, se constată faptul că, valori semnificative ale parametrului studiat, la clasele de degradare 1 și 2.

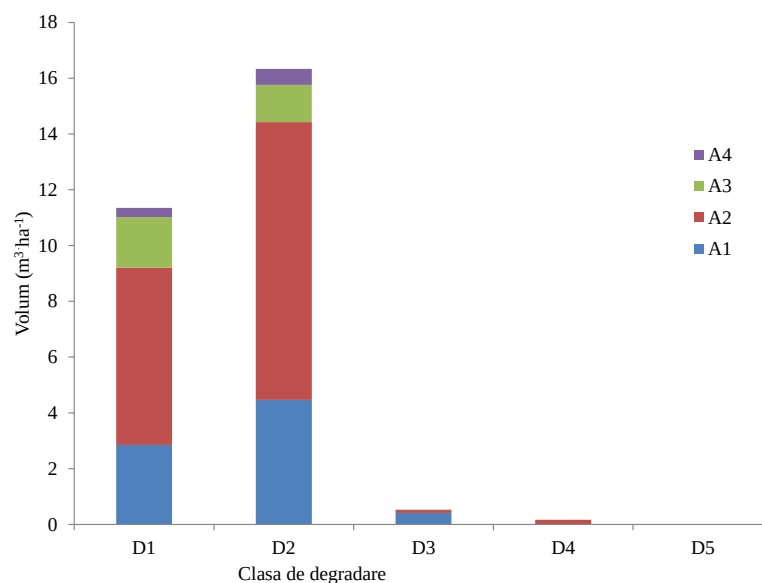


Figura 5.61 Distribuția lemnului mort pe picior, în raport cu clasele de degradare, diferențiat pe categorii de arboret

Lemn mort doborât. Din analiza distribuției lemnului mort doborât pe categorii de arborete, rezultă faptul că valoarea cea mai mare se înregistrează în categoria A2.

Specific categoriilor de arborete analizate, în relație cu valoarea medie pentru suprafața investigată, este faptul că se constată superioritatea categoriilor A1 și A2. Valoarea, peste media considerată ($29,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), pentru fiecare categorie specificată, este mai mare cu 33% (categoria A1), respectiv cu 42% (categoria A2). Volumul la hectar, caracteristic lemnului mort doborât, specific categoriilor de arborete A3 și A4, este mai mic decât media pe suprafața cercetată cu 31,2%, respectiv cu 42,4%.

Din punct de vedere al distribuției lemnului mort doborât, în relație cu categoriile de arboret și cu clasele de degradare specifice, se constată faptul că, pentru categoria de arboret A2, dinamica caracteristică volumului lemnului mort se caracterizează printr-o creștere, de la clasa de degradare 1 la clasa de degradare 2, după care se constată o descreștere către clasa de degradare 3.

Lemn mort format din cioate. Repartizarea lemnului mort provenit din cioate, pe categorii de arborete, arată că volumul cel mai mare este specific categoriei A3.

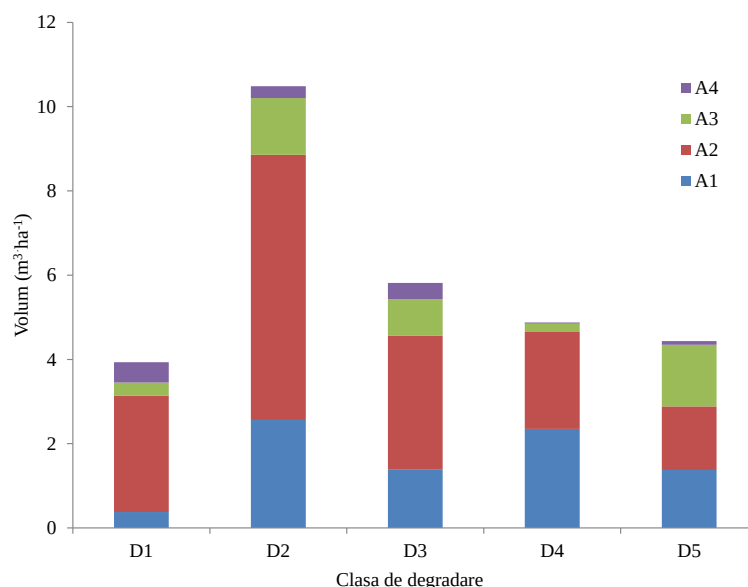


Figura 5.62 Distribuția lemnului mort doborât, în raport cu clasele de degradare, diferențiat pe categorii de arboret

Dacă se face referire la volumul lemnului mort provenit din cioate, pentru categoriile de arborete precizate, în relație cu valoarea medie pentru suprafața investigată ($5,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), se constată o valoare peste medie pentru categoriile A1 și A3, cu 27%, respectiv cu 72%. Valoarea înregistrată de volumul la hectar, specific categoriilor de arborete A2 și A4, este mai mică decât media pe suprafața cercetată, cu 22%, respectiv cu 73% (tabelul 5.6).

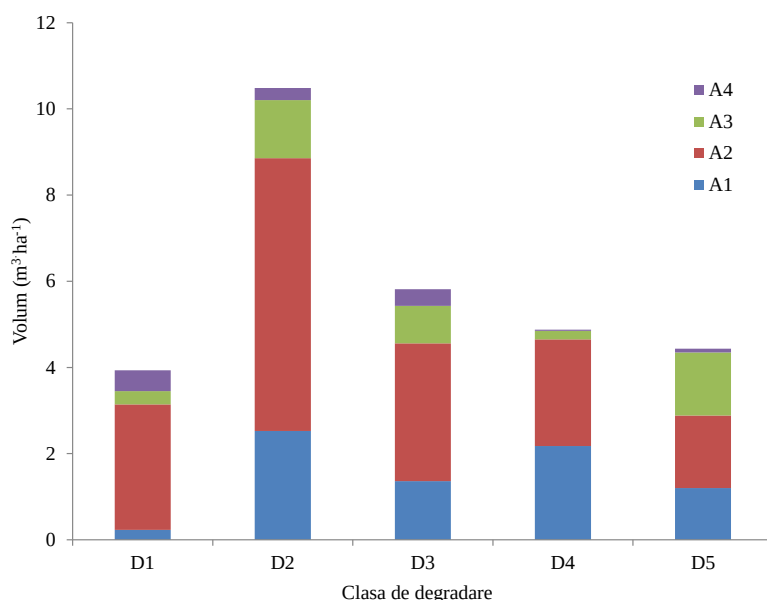


Figura. 5.63 Distribuția lemnului mort provenit din cioate, în raport cu clasele de degradare, diferențiat pe categorii de arboret

Distribuția lemnului mort în raport cu tipul de ecosistem

Cercetările efectuate în suprafața de studiu din parcul Național Călimani au dus la identificarea a unui număr de șase tipuri de ecosisteme după cum urmează: (1) Molidiș presubalpin, slab productiv cu humus brut - turbă, pe podzoluri și districambosoluri

criptospodice, oligobazice și extrem oligobazice, hidric optimale, cu *Vaccinium-Hylocomium* (1157); (2) Molidiș înalt și mijlociu productiv, cu mull moder (mull, pe districambosoluri tipice și andice, oligomezoibazice, hidric echilibrate, cu *Oxalis-Dentaria-Asperula* (1226); (3) Molidiș mijlociu productiv, cu moder - humus brut, pe prepodzoluri, oligomezo - până la oligobazice, hidric optimale, cu *Hylocomium* (1247); (4) Molidiș slab productiv, cu humus brut pe podzoluri și prepodzoluri oligobazice și extrem oligobazice, hidric echilibrate, cu *Vaccinium* (1256); (5) Molidiș slab productiv, cu humus brut - turbă, pe prepodzoluri și podzoluri gleice-turboase, oligobazice, hidric excedentare în profunzime cu *Polytrichum* (1268); (6) Molidiș presubalpin cu moder pe prepodzoluri, oligomezobazice, hidric echilibrate cu *Oxalis-Soldanella*, (1136) (Doniță *et al*, 2003)

Tabelul 5.7 Variația lemnului total pe picior și a categoriilor de lemnul mort în raport cu tipurile de ecosistem

Tipul de ecosistem	Lemn mort pe picior (m^3ha^{-1})	Lemn mort doborât (m^3ha^{-1})	Lemn mort provenit din cioate (m^3ha^{-1})
pășune	4	19,6	1,9
1226	29,7	35,4	8,3
1247	36,6	20,6	8,8
1268	19,6	16,1	5,2
1136	50,6	47,6	2,8
1256	2,2	16,1	2,5
1157	56,3	50,9	8,9

Lemn mort pe picior. Lemnul mort format pe picior, are cele mai mari valori în cadrul arboretelor din ecosistemele ce se încadrează în tipul 1157.

Referitor la distribuția volumului corespunzător lemnului mort pe picior, în relație cu tipul de ecosistem și cu clasele de degradare specifice, se constată faptul că, cel mai bine reprezentate sunt clasele de degradare 1 și 2, pentru tipul de ecosistem 1226.

Lemn mort doborât. Cele mai mari valori, ale lemnului mort doborât, s-au înregistrat în cadrul arboretelor din ecosistemele forestiere de tip 1157.

Se constată superioritatea valorilor specifice tipurilor de ecosistem 1226, 1136 și 1157, în raport cu media pentru suprafața cercetată ($29,5 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$), cu valori cuprinse între 72,5% (tipul de ecosistem 1157) și 20% (tipul de ecosistem 1226). Celelalte tipuri de ecosistem analizate, au valori mai mici comparativ cu media pe suprafața cercetată, cu valori cuprinse între 30% (tipul de ecosistem 1247) și 45,4% (tipul de ecosistem 1256 și 1268).

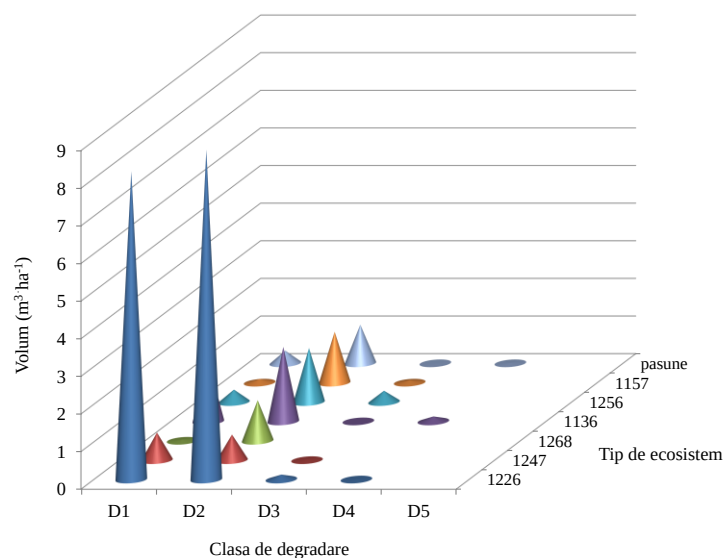


Figura. 5.64 Distribuția lemnului mort pe picior, în raport cu clasele de degradare, diferențiat pe tipuri de ecosistem

Analiza dinamicii volumului corespunzător lemnului mort doborât, în relație cu tipul de pădure și cu clasele de degradare specifice, indică faptul că cel mai bine reprezentată este clasa de degradare 2, pentru tipul de ecosistem 1226. Valoarea minimă a volumului analizat, corespunde clasei de degradare 5 și tipul de ecosistem 1268 (fig. 5.65).

Lemn mort format din cioate. Cea mai mare valoare a volumului lemnului mort provenit din cioate, se înregistrează în arborete ce vegetează pe tipul de ecosistem 1157, iar cea mai mică valoare, este specifică tipului de ecosistem 1256 (tabelul 5.7).

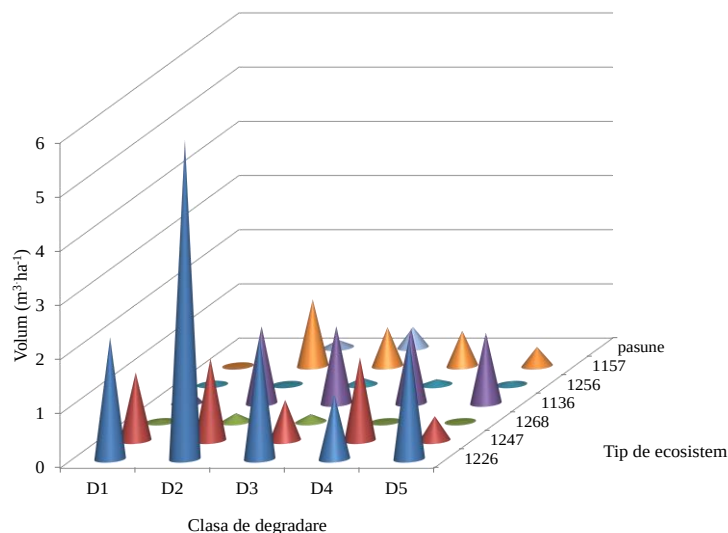


Figura 5.65 Distribuția lemnului mort doborât, în raport cu clasele de degradare, diferențiat pe tipuri de pădure

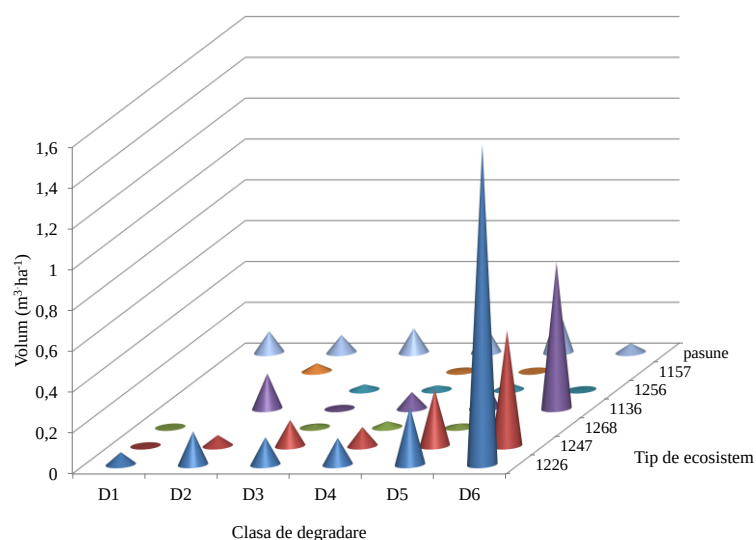


Figura 5.66 Distribuția lemnului mort provenit din cioate, în raport cu clasele de degradare, diferențiat pe tipuri de ecosistem

Analiza volumul mediu la hectar, în raport cu tipul de pădure și cu media pe suprafața cercetată ($5,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), indică faptul că pentru tipul de ecosistem 1157 se înregistrează o valoare mai mare, cu 61,8%, iar pentru tipul de ecosistem 1256 valoarea corespunzătoare este mai mică, cu 54,5%.

5.3. Distribuția spațială a unor parametri dendrometrici și a lemnului mort în zona cercetată

Distribuția spațială a unor parametri dendrometrici în zona studiată

Analizând distribuția spațială a diametrului mediu al arboretului (lemn sănătos și lemn mort pe picior) se constată prezența unui maxim în partea nordică a zonei cercetate. Diametrul mediu maxim specific arboretelor investigate în punctele de lucru a fost de 44,8 cm, în timp ce diametrul mediu minim de 7,3 cm.

Referitor la distribuția spațială a înălțimii medii, pentru arboretul total, se constată că zona de maxim se înregistrează tot în partea nordică a zonei cercetate, dar nu se suprapune peste cea corespunzătoare diametrului mediu. Înălțimea medie maximă corespunzătoare arboretelor cercetate din suprafața de lucru a fost de 26,9 m, în timp ce înălțimea medie minimă de 3,6 m.

Distribuția spațială a lemnului mort în zona studiată

În ceea ce privește volumul total de lemn mort în zona analizată, se constată că acesta prezintă două maxime de peste $200 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ situate în partea nordică a zonei de studiu, în suprafețe situate în zona de protecție integrală a Parcului Național Călimani, în arborete din categoria A2, și la altitudini cuprinse între 1578 și 1645 m. Din punct de vedere al valorii parametrului biometric analizat, rezultă că cea mai mare valoare calculată a fost de $238,13 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, iar cea mai mică valoare $0,96 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (fig. 5.67).

Se observă așadar că volumul maxim de lemn viu este concentrat în arborete mature și bătrâne, pe pante moderate cuprinse între 11° și 20° și la altitudini între 1400 și 1750m, motivul fiind asocierea de factori favorizanți formată din arbori de dimensiuni mari situați pe pante moderate și consistențe reduse ale arboretelor la aceste altitudini (consistența redusă și tipul de înrădăcinare trasantă a molidului favorizează apariția doborâturilor de vânt), alături de faptul că aici sunt concentrate și cca 60% din piețele de inventariere.

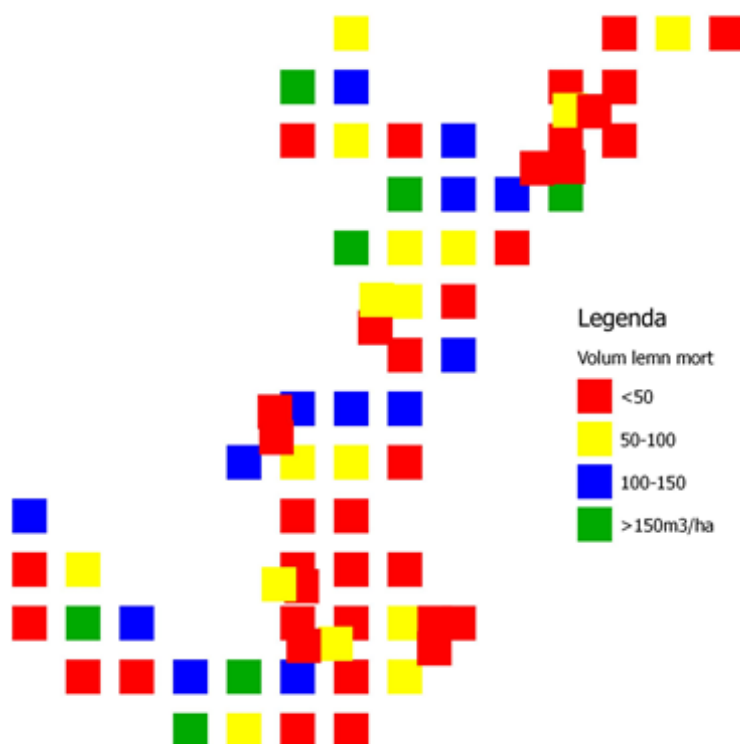


Figura. 5.67 Repartiția spațială a volumului lemnului mort în zona cercetată

Analizând comparativ distribuția lemnului sănătos și a lemnului mort constatăm că zonele care acumulează volume maxime nu coincid în cele două cazuri, fapt care ne duce la concluzia că volumul este influențat mai degrabă de factorii staționali decât de volumul total al arboretului.

Lemn mort pe picior

Din punct de vedere al diametrului mediu, pentru lemnul mort pe picior a fost identificat un maxim în partea nordică a zonei cercetate, care se suprapune peste maximul corespunzător diametrului mediu pentru arboretul total.

Din punct de vedere al volumului lemnului mort pe picior, se constată faptul că acesta prezintă un maxim în partea de nord a zonei analizate, într-o suprafață situată în zona de protecție integrală a parcului, încadrată în categoria de arboret A2.



Figura. 5.68 Repartiția spațială a volumului lemnului viu în zona cercetată

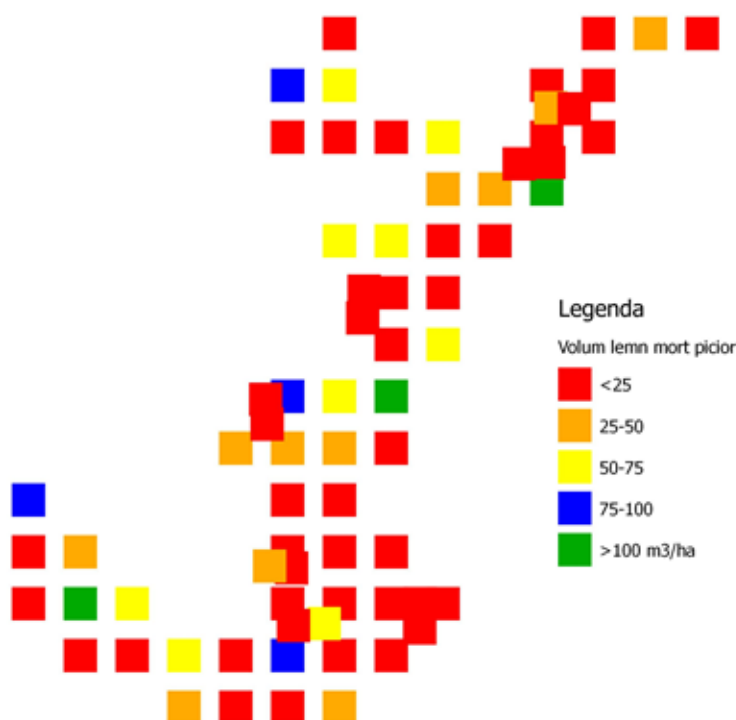


Figura. 5.69 Repartiția spațială a volumului pentru lemnul mort pe pământ în zona cercetată

Cea mai mare valoare identificată, a fost de $147,4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, iar cea mai mică valoare $0,4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (fig. 5.69).

Valori semnificative (peste $75 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) au fost identificate tot în clasa doua de degradare, în trei puncte situate în zona sud, sud-estică a suprafeței.

Lemn mort doborât

Maximul valorilor lungimilor pieselor de lemn mort doborât se regăsește în partea de sud-vest a suprafeței cercetate. Cea mai mare lungime identificată, a fost de 20,8 m, iar cea mai mică de 1,8 m.

Din punct de vedere al volumului lemnului mort doborât, acesta prezintă două zone de maxim în partea de sud-vest a zonei cercetate. A mai fost identificat un punct, în partea de nord-est, cu valori semnificative ale parametrului analizat. Cea mai mare valoare identificată, a fost de $150,0 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, iar cea mai mică valoare $0,3 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (fig. 5.70).

Lemn mort provenit din cioate

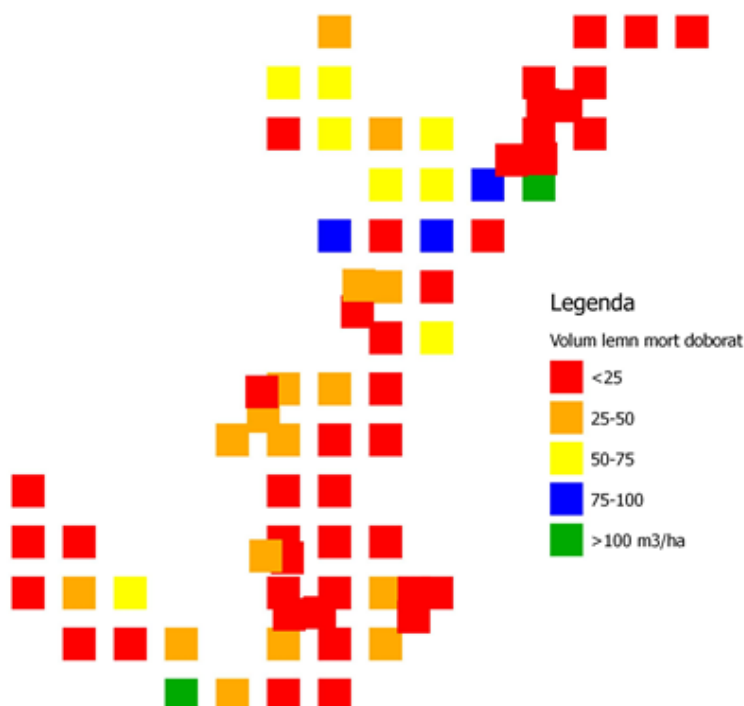


Figura. 5.70 Repartiția spațială a volumului, pentru lemnul mort doborât, în zona cercetată

Din punct de vedere al volumului cioatelor, acesta prezintă o zonă de maxim în partea centrală a zonei cercetate, într-o suprafață cu regim de conservare durabilă, (categoria A3 de arboret), suprafață în care sunt permise activități de utilizare a resurselor regenerabile, cu anumite restricții. Au mai fost identificate două puncte, cu valori semnificative ale parametrului analizat, în partea de sud-vest. Cea mai mare valoare identificată, a fost de $32,3 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, iar cea mai mică valoare $0,1 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (fig. 5.71).

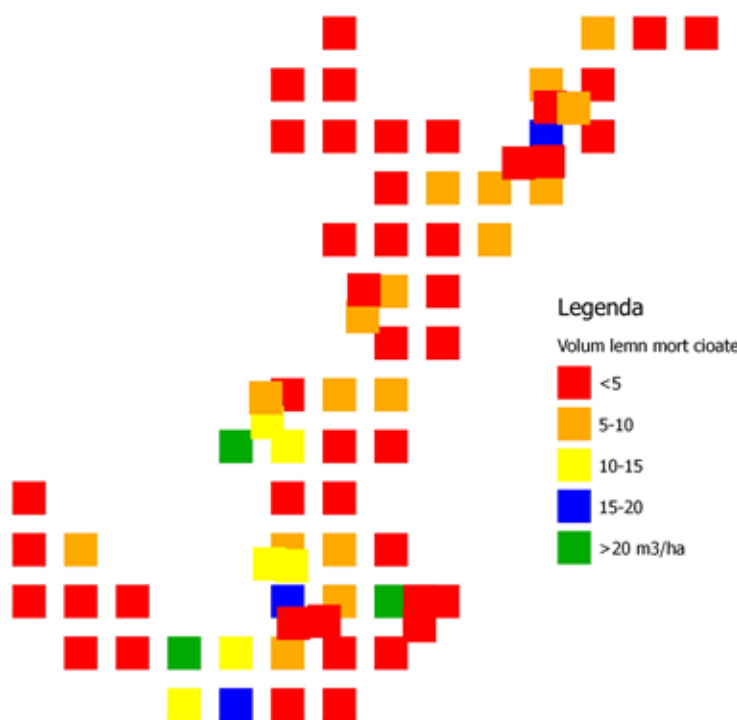


Figura. 5.71 Repartiția spațială a volumului, pentru lemnul mort provenit din cioate, în zona cercetată

Distribuția spațială a biomasei în zona studiată

Acumularea de lemn mort în ecosistemele forestiere are un impact semnificativ favorabil asupra biodiversității, asupra cantității de biomasă ce se pastrează în păduri și nu în ultimul rând asupra stocării de carbon în diferitele tipuri de lemn mort din diferitele stadii de degradare. Acumularea de biomasă are două componente intercondiționate între ele și anume cantitatea acumulată la un moment dat și intensitatea procesului, sau cantitatea raportată la timp. În ceea ce privește prima componentă, în zona cercetată a fost evaluată o cantitate medie de cca. 17,8 to/ha biomasă lemnoasă. Distribuția biomasei arată trei maxime de peste 50 t/ha situate în partea de nord a suprafeței și unul în sud (fig. 5.72). În toate aceste puncte arborele se află în clasa 3 de vârstă. Pe tipuri de lemn mort, o medie de 9,1 to/ha biomasă este acumulată în lemnul mort pe picior, 7,5 to/ha în lemnul mort doborât și 1,2 to/ha în lemnul mort provenit din cioate. În funcție de clasele de vârstă, maximul cantității de biomasă este acumulat pentru toate tipurile de lemn mort în arborete peste 100 de ani, iar în funcție de condițiile staționale (pantă și altitudine), cantitatea de biomasă nu diferă foarte mult de la o clasă la alta.

Distribuția spațială a stocului de carbon în zona studiată

Dioxidul de carbon este gazul care are un aport major în apariția efectului de seră, iar ecosistemele forestiere sunt recunoscute ca fiind principalele depozite de absorbție și stocare a acestor gaze. Studiile privind acumularea de carbon în ecosistemele forestiere arată că evaluarea volumului de carbon fără a lua în calcul necromasa sunt neconcludente, deoarece în lemnul mort, funcție de specie, structura pădurii și productivitatea arboretului, se pot acumula între 16% și 20% din cantitatea totală de carbon aflată la un anumit moment în păduri (Teodosiu *et al.*, 2012).

Rezultatele estimărilor arată că stocul total de carbon evaluat la unitate de suprafață în Parcul Național Călimani în zona cercetată a fost de 3985,3 toC/ha, din care 16,3% este acumulat în lemnul mort (650,72 to/ha). Din aceasta, 333,5 toC/ha este acumulat în lemnul mort pe picior, 272,73 toC/ha în lemnul mort doborât, iar 44,49 toC/ha în lemnul mort format

din cioate. Media cantităților de carbon pe categorii de lemn arată că cantitatea maximă este acumulată în lemnul mort pe picior (4,57 to/ha), iar minima în lemnul mort format din cioate (0,61 to/ha).

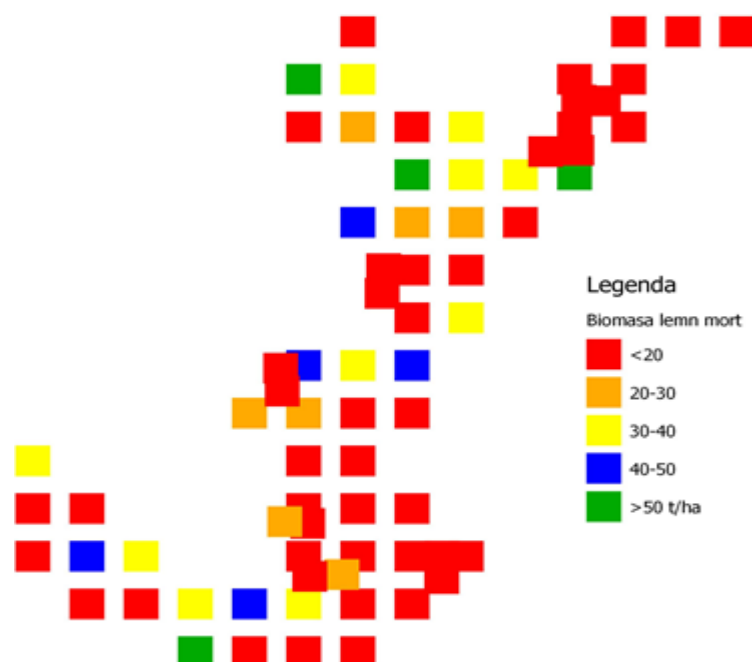


Figura. 5.72 Repartiția spațială a biomasei în zona cercetată

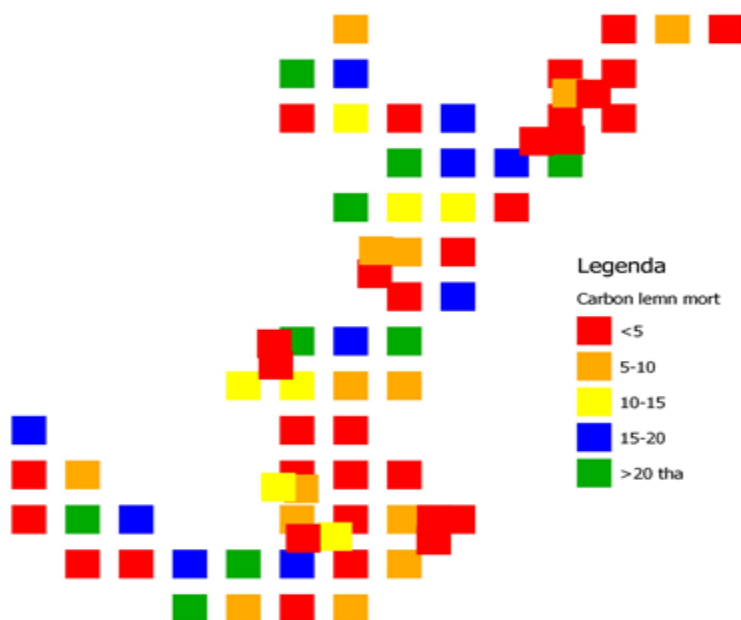


Figura. 5.73 Repartiția spațială a stocului de carbon în zona cercetată

6. CONCLUZII GENERALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

6.1 Concluzii

Lemnul mort este o componentă esențială a ecosistemelor forestiere naturale și artificiale, în general și a pădurilor din Parcul Național Călimani, în special. Având în vedere rolul major al acestora în viața diferitelor specii de plante sau animale, el asigură totodată și continuitatea vieții pădurii asigurând în același timp suport, hrană sau adăpost pentru biocenoză și nutrienți pentru biotop.

Rezultatele obținute, prin prezenta teză de doctorat, ne arată că atât fenomenele naturale cât și activitățile antropice au avut efecte diferențiate asupra dinamicii cantitative și calitative a lemnului mort în zona supusă actualelor cercetări. Ca urmare, pe baza cercetărilor ecologice efectuate în nord vestul Parcului Național Călimani, din punct de vedere al particularităților statistico-matematice, cantitative și calitative ale arboretelor și ale lemnului mort, se pot contura următoarele concluzii:

- **Cu privire la datele statistice generale caracteristice arboretelor cercetate și ale lemnului mort**

Valoarea diametrului mediu, corespunzătoare arboretului total (arbori sănătoși și lemnul mort pe picior), în zona în care s-au efectuat cercetările, variază între valorile 7,3 cm și 44,8 cm, iar abaterea standard corespunzătoare, are valori cuprinse între 1,5 și 17,8. Se constată faptul că ca înălțimile medii au o variabilitate mult mai mare, în arboretele cercetate. Acest lucru este pus în evidență de valoarea maximă a coeficientului de variație în cazul înălțimilor medii, precum și de valoarea mai mare a coeficientului de variație mediu, pentru arborete la care înălțimile medii au un coeficient de variație mai mare de 30%.

Referitor la lemnul mort pe picior, în arboretele studiate din parcul Național Călimani, diametrul mediu, variază între valorile 7,6 cm și 44,8 cm. Dispersia valorilor diametrelor în jurul mediei (abaterea standard), are valori cuprinse între 0,9 și 32,4. În 26% din cazurile cercetate există o variabilitate scăzută, valoarea coeficientului de variație mediu fiind de 19,6%, iar în 74% din cazurile cercetate se constată o variabilitate ridicată, cu o valoare medie de 54,7%. Înălțimea medie, are valori cuprinse între 2,4 m și 25,0 m, cu o abatere standard cuprinsă între 0,7 și 13,9. Coeficientul de variație al înălțimilor medii are valori cuprinse între 6,9% și 111,4%.

În ceea ce privește lemnul mort doborât, diametrul mediu la capătul gros al acestuia variază între valorile 19,4 cm (clasa de degradare 3) și 23,2 cm (clasa de degradare 1). Diametrul mediu la capătul subțire are cele mai mici valori 5,8 cm la clasa de degradare 2 și cea mai mare valoare la clasa de degradare 5, 14,1 cm. Abaterea standard, variază între 4,9 (clasa de degradare 2), respectiv 8,6 (clasa de degradare 5). Valorile coeficientului de variație, indică o variabilitate ridicată a parametrului biometric analizat, fiind cuprinse între 107,2% (clasa de degradare 1) și 61% (clasa de degradare 5). Lungimea pieselor de lemn mort doborât scade de la clasa de degradare 1 (14,3 m), la clasa de degradare 5 (5,1 m). Valoarea caracteristică abaterii standard, este cuprinsă, între 4,4 și 7,4. Se constată o creștere a variabilității lungimii pieselor de lemn mort doborât de la clasa de degradare 1 (51,5%) spre clasa de degradare 5 (86,3%).

Caracteristic pentru lemnul mort provenit din cioate, cu referire la diametrul mediu la baza cioatei este faptul că acesta ia valori cuprinse între 39,1 cm (clasa de degradare 1) și 26,6 cm (clasa de degradare 2). Diametrul mediu la partea superioară a cioatei, înregistrează cea mai mică valoare la clasa de degradare 2 (22,0 cm), iar cea mai mare la clasa de degradare 1 (27,8 cm). Ecartul de variație al valorii coeficientului de variație, pentru înălțimea medie a

cioatelor, este cuprins între 38,0% (clasa de degradare 3) și 75,1% (clasa de degradare 2), indicând o variabilitate ridicată a parametrului analizat.

- **Cu privire la caracterizarea cantitativă și calitativă a lemnului mort**

Prin cercetările efectuate în Parcul Național Călimani s-a stabilit că din volumul total specific lemnului mort ($63,4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), 44,7% este reprezentat de lemnul mort pe picior, 46,6% de lemnul mort doborât iar 8,7% de lemnul mort provenit din cioate. De asemenea, raportarea volumului de lemn mort, la volumul mediu total de material lemnos din zona cercetată, indică faptul că acesta reprezintă 18,3% din volumul arboretelor de molid din nord-vestul Parcului Național Călimani.

În ceea ce privește proveniența categoriilor de lemn mort (concurență inter- sau intraspecifică, factori biotici sau abiotici) cercetările au stabilit că lemnul mort pe picior, a apărut în proporție de 100% pe cale naturală. În ceea ce privește lemnul mort doborât, 95,8% din volumul total este provenit pe cale naturală, iar 4,2% din cauze antropice. Pentru lemnul mort provenit din cioate, proveniența este în primul rând de origine naturală (64,3% din volum), restul de 35,7% este de proveniență antropică.

În ceea ce privește înălțimea cioatei, valoarea corespunzătoare, în cazul apariției pe cale naturală (39,9 cm), este cu 35% mai mare decât cea corespunzătoare activităților antropice (25,7 cm). Din punct de vedere al coeficientului de variație, ambele proveniențe de lemn mort analizate, au o variabilitate ridicată. Din punct de vedere al numărului total de observații (numărul de cioate identificate) se constată că cele apărute pe cale naturală (326) însumează 58,5% din total, în timp ce cele provenite ca urmare a activităților antropice sunt într-o proporție de 41,5% (232).

Analiza cauzei probabile a morții, pentru lemnul mort pe picior, indică faptul că din totalul volumului, 53,5% are drept cauză a morții atacul de ipidae, 23,8% mortalitate naturală datorată concurenței intraspecifică, 17,7% ca urmare a acțiunii vântului, iar 5,0% este reprezentată de alte cauze

Distribuția cantitativă caracteristică lemnului mort pe picior, în funcție de prezența și tipul vătămărilor, arată că rupturile de vârf datorate vântului sau zăpezii, sunt principalele vătămări identificate în arboret, afectând 73,2% din totalul volumului lemnului mort pe picior, urmate apoi de găurile de ciocănitori ce afectează 22,0% din volum, zdreliturile produse de către urs - 3,7%, vătămările antropice - 0,6%, roaderi de cervide - 0,4%, respectiv alte vătămări - 0,1%.

Ca urmare a rezultatelor obținute, în urma inventarierilor efectuate pe teren și a calculurilor aferente, la birou, a rezultat faptul că lemnul mort pe picior, în cadrul arboretelor de molid din nord-vestul Parcului Național Călimani, însumează $28,4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

Distribuția volumului (%) corespunzător lemnului mort pe picior, pe categorii de diametre, prezintă două maxime de valori apropiate, la categoriile de diametre 24 cm (14,2%), respectiv 44 cm (14,4%).

În cadrul suprafeței cercetate, volumul de lemn mort doborât însumează $29,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. În ceea ce privește distribuția volumului lemnului mort doborât pe clase de degradare, s-a constatat că cel mai bine reprezentată este clasa de degradare 2, ce însumează 42,8% din totalul volumului, iar cea mai mică cantitate de lemn mort doborât, se găsește în cadrul clasei de degradare 5 (7,1%).

Distribuția numărului de piese pe categorii de lungime (din 2 m în 2 m), cu referire la întreaga categorie de lemn mort (lemnul mort doborât), se face conform cu repartiția teoretică Gamma, atât în cazul totalului categoriei de lemn doborât, cât și în cazul claselor de degradare. Testul χ^2 indică faptul că diferența dintre distribuția experimentală și distribuția

teoretică este nesemnificativă. În ceea ce privește, repartitia volumului (%) pe categorii de lungime, acestea îi este caracteristică o distribuție aleatoare.

În suprafața cercetată din Parcul Național Călimani, lemnul mort provenit din cioate însumează un volum de $5,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

- **Cu privire la variația lemnului mort în raport cu factorii staționali**

Volumul lemnului mort pe picior, înregistrează cea mai mare valoare în arborete ce vegetează la altitudini mai mici de 1400 m. Acesta reprezintă 13% din totalul volumului lemnului pe picior caracteristic categoriei de altitudine susmenționate. Cea mai mică valoare a volumului, se întâlnește la categoria de altitudine >1700 m. Cel mai mare volum din categoria lemn mort doborât, din cadrul suprafeței cercetate, s-a înregistrat la categoria de altitudine 1401-1500 m. Acesta reprezintă aproximativ 11% din volumul total corespunzător categoriei de altitudine specificate. Cel mai mic volum se înregistrează în cadrul arboretelor ce vegetează la altitudini >1700 m. Valoarea maximă înregistrată pentru volum, pentru clasa de degradare 2 este specifică clasei de altitudine <1400 m. Valoarea cea mai mare a volumului lemnului mort provenit din cioate se înregistrează în arborete ce vegetează la altitudini de 1401-1500 m. Lemnul mort provenit din cioate reprezintă 2% din totalul volumului categoriei de altitudine analizate.

Sintetizând datele rezultate, cu referire la variația categoriilor de lemn mort în raport cu altitudinea, se constată că pentru categoriile altitudinale de 1601-1700 m și >1700 m, valorile specifice categoriilor de lemn mort sunt mai mici. Cu alte cuvinte, cu cât crește altitudinea și cantitatea de lemn mort se află într-o cantitate mai mică. Acest lucru demonstrează faptul că altitudinea reprezintă un factor limitativ în apariția și răspândirea lemnului mort în Parcul Național Călimani, în special și în cadrul pădurilor naturale, în general.

Repartiția spațială a volumului total de lemn mort pe categorii de pantă, arată că 68% din volumul total se află în categoria de pantă 10^0 - 20^0 ($3150,3 \text{ mc/ha}^{-1}$). Distribuția volumului lemnului mort pe picior, pe categorii de pantă, arată că, valoarea cea mai mare a acestuia se înregistrează în arborete ce vegetează pe pante de 21^0 - 30^0 .

Valoarea cea mai mare a volumului lemnului mort doborât, în relație cu panta se înregistrează în arborete ce vegetează pe pante de 21 - 30^0 .

Volumul cel mai mare specific lemnului mort provenit din cioate, în relație cu panta este de specific categoriei de pantă $>30^0$.

Sintetizând rezultatele obținute, cu referire la variația categoriilor de lemn mort în raport cu panta, se constată că, pentru categoriile de pantă analizate, valoarea corespunzătoare pentru categoriile de lemn mort are un trend ascendent până la categoria de pantă 20 - 30^0 , după care scade la pante ale terenului mai mari de 30^0 . Excepție face categoria de lemn mort format din cioate. Explicația ar putea fi dată prin faptul că lemnul mort provenit din cioate apare mai ales ca urmare a acțiunii antropice și mai puțin se supune unor mecanisme de dezvoltare specifice pădurii naturale, ca în cazul celorlalte categorii de lemn mort. În concluzie, se poate afirma faptul că, în anumite condiții și pentru anumite categorii de lemn mort panta reprezintă și ea un factor limitativ, pentru răspândirea lemnului mort, în cadrul pădurii naturale.

Din punct de vedere al expoziției, cantitatea cea mai mare de lemn mort pe picior, din cadrul suprafeței cercetate, s-a înregistrat la expoziția sudică. Acesta reprezintă aproximativ 8% din totalul volumului pentru categoria de expoziție specificată. Volumul cel mai mic, se înregistrează în cadrul arboretelor ce vegetează pe expoziții estice E. Referitor la distribuția volumului lemnului mort doborât, pe expoziții, se constată faptul că valoarea cea mai mare a acestuia se înregistrează în arborete ce vegetează pe expoziții estice. El reprezintă 29% din totalul categoriei de expoziție analizate.

Lemnul mort provenit din cioate, înregistrează cele mai mari valori în cadrul arboretelor ce vegetează pe expoziții vestice și nordice. Dacă se face raportarea la volumul total, specific categoriilor de expoziție analizate, se obțin valorile de 2% (pentru ambele expoziții), procent ce reprezintă proporția din totalul specific categoriei de expoziție analizate. Valoarea cea mai mică este specifică expoziției SV.

Lemn mort pe picior, are cele mai mari valori, în cadrul arboretelor încadrate în tipul de sol districambosol tipic. Raportând valoarea menționată anterior, la volumul total, specific tipului de sol analizat, se obține valoarea de 11%, ce reprezintă proporția lemnului mort pe picior, din cadrul tipului de sol districambosol tipic. Valoarea cea mai mică este specifică tipului de sol districambosol umbric.

Din punct de vedere al tipului de sol, cele mai mari valori, ale lemnului mort doborât, s-au înregistrat în cadrul arboretelor ce vegetează pe soluri din clasa districambosol tipic. Din analiza dinamicii volumului specific lemnului mort doborât, în relație cu tipul de sol și cu clasele de degradare analizate, rezultă faptul că, se înregistrează o creștere a volumului analizat de la clasa de degradare 1, spre clasa de degradare 2, după care parametrul analizat scade constant până la clasa de degradare 5.

Cea mai mare valoare a volumului lemnului mort provenit din cioate, se înregistrează în arborete ce vegetează pe tipul de sol districambosol tipic, iar cea mai mică valoare, este specifică tipului de sol prepodzol tipic.

- **Cu privire la variația lemnului mort în raport cu condițiile de arboret**

Cea mai mare valoare corespunzătoare volumului pentru lemnul mort pe picior, se înregistrează în arborete cu vârste între 141 și 160 ani, respectiv 181 și 200 ani. Cantitatea cea mai mare de lemn mort doborât, din cadrul suprafeței cercetate, s-a înregistrat în arborete încadrate în arborete de 141-160 ani.

Analiza repartiției volumului lemnului mort provenit din cioate, pe clase de vârstă, indică faptul că valoarea cea mai mare a acestuia se înregistrează în arborete de 41-60 ani.

Referitor la distribuția volumului lemnului mort pe picior, pe categorii de arboret, se constată faptul că, valoarea cea mai mare a acestuia se înregistrează în arborete încadrate în categoria A2. Din analiza distribuției lemnului mort doborât pe categorii de arborete, rezultă faptul că valoarea cea mai mare se înregistrează în categoria A2. Din raportarea volumului corespunzător categoriei de lemn mort, la volumul lemnului viu din categoria A2, rezultă că lemnul mort doborât se află într-o proporție de 10,9% din totalul categoriei supusă analizei. Repartizarea lemnului mort provenit din cioate, pe categorii de arborete, arată că volumul cel mai mare este specific categoriei A3.

Lemnul mort format pe picior, are cele mai mari valori în cadrul arboretelor din ecosistemele ce se încadrează în tipul 1157. Raportând valoarea acestuia, la volumul total, specific tipului de ecosistem analizat, se obține valoarea de 48,4%, ce reprezintă proporția lemnului mort pe picior, din cadrul tipului de ecosistem menționat. Cele mai mari valori, ale lemnului mort doborât, s-au înregistrat în cadrul arboretelor din ecosistemele forestiere de tip 1157. Valori semnificative sunt înregistrate și la tipurile de ecosistem 1136 și 1226. Cea mai mare valoare a volumului lemnului mort provenit din cioate, se înregistrează în arborete ce vegetează pe tipul de ecosistem 1157, iar cea mai mică valoare, este specifică tipului de ecosistem 1256.

- **Cu privire la variația lemnului mort în raport cu zonarea internă a Parcului Național Călimani și a categoriilor de arboret**

Funcție de zonarea internă, volumul maxim de lemn mort total se găsește în zona de protecție integrală ($68,9 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), cu 7,4% mai mult decât media volumului total pe unitate de suprafață, iar în zona de conservare durabilă, volumul se situează sub această medie, adică $45,4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Analiza volumului pe categorii de lemn mort arată că în zona de protecție integrală, cele mai bine reprezentate categorii sunt lemnul mort pe picior și lemnul mort doborât, cu cantități de cca $31 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, în detrimentul categoriei lemn mort format din cioate, care are în această zonă volume sub media categoriei, adică $4,4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. În zona de conservare durabilă, volumul de lemn mort, comparativ cu distribuția din zona de protecție integrală, este așa cum era de așteptat, cel mai bine reprezentat de categoria lemn mort format din cioate ($9,6 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), iar cel mai mic volum este reprezentat de lemnul mort pe picior, $15,4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (față de $31,7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ în protecție integrală), chiar dacă numărul suprafețelor de studiu din această zonă reprezintă 20% din numărul total al ploturilor. Se observă așadar, influența zonării interne din aria protejată în acumularea de lemn mort, nu doar ca volum total ci și pe categorii de lemn mort, asigurând acumulări în categoriile cele mai importante pentru păstrarea și conservarea biodiversității și anume lemn mort pe picior și lemn mort doborât.

Analiza repartiției volumului total (viu și mort), pe categorii de arboret, indică faptul că valoarea cea mai mare ($416,7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) se înregistrează la categoria de arboret A2 (păduri care conform amenajamentelor silvice au fost parcurse cu lucrări silvice iar în prezent lucrările sunt restricționate deoarece fac parte din zona de protecție integrală).

Valoarea cea mai mare a volumului lemnului mort pe picior, se înregistrează în arborete încadrate în categoria A2 ($41,7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$).

Din analiza distribuției lemnului mort doborât pe categorii de arborete, se observă că valoarea cea mai mare se înregistrează în categoria A2 ($41,8 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$).

Repartizarea lemnului mort provenit din cioate, pe categorii de arborete, arată că volumul cel mai mare este specific categoriei A3 ($9,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$). Lemnul mort, format din cioate, se află într-o proporție de 4%, din volumul total al categoriei de arborete supusă analizei. Valoarea cea mai mică a volumului este specifică categoriei de arborete A4 ($1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$).

- **Cu privire la variația cantităților de biomasă și de carbon**

Biomasă acumulată în lemnul viu și mort în zona studiată din Parcul Național Călimani are un volum mediu de $91,4 \text{ to/ha}^{-1}$, din care în lemnul mort este acumulată o cantitate de $17,8 \text{ to/ha}^{-1}$. Repartiția biomasei pe categorii de lemn mort arată că în lemnul mort pe picior este acumulat 51% din volumul total al biomasei, depozitat în lemnul mort. În lemnul mort format din cioate, cantitatea de biomasă lemnoasă este de doar 6,7% din total. Rezultatele estimărilor, arată că stocul mediu de carbon acumulat în biomasă lemnoasă (lemn viu și mort), evaluat la unitate de suprafață în Parcul Național Călimani, a fost de $45,7 \text{ toC/ha}$, din care $8,9 \text{ to/ha}$ este acumulat în lemnul mort. Din aceasta, $4,57 \text{ toC/ha}$ este acumulat în lemnul mort pe picior, $3,75 \text{ toC/ha}$ în lemnul mort doborât, iar $0,61 \text{ toC/ha}$ în lemnul mort format din cioate.

6.2 Contribuții personale

Rezultatele obținute în cadrul cercetărilor desfășurate pentru elaborarea actualei teze de doctorat și concluziile formulate au permis evidențierea unor contribuții personale, cu caracter de originalitate după cum urmează:

- Inițierea unor cercetări biometrice de amploare, analitice și comparative, privind dinamica lemnului mort (și a arboretelor de molid aferente), în cadrul unor ecosisteme naturale situate la limita altitudinală de vegetație, parte componentă a Parcului Național Călimani. Rețeaua experimentală și rezultatele științifice obținute, constituie fundamentul unor cercetări viitoare în domeniu.

- Crearea unei bazei de date specifice privind dinamica lemnului mort în relație cu factorii care influențează procesul, în cadrul unor ecosisteme forestiere de molid, situate la limita altitudinală de vegetație (zona de nord vest a Parcului Național Călimani).

- Analiza în premieră, pe spații mari forestiere, a unor elemente definitorii pentru dinamica arboretelor și ale lemnului mort (date statistice generale; caracteristici cantitative și calitative; variația lemnului mort în raport cu factorii staționali și în raport cu condițiile de arboret; distribuția spațială a unor factori staționali, a unor parametri dendrometrici și a lemnului mort).

- Cuantificarea unor date statistice generale (media, abaterea standard, coeficientul de variație, minim, maxim) pentru o serie de parametri biometrici specifici categoriilor de lemn mort (diametrul și înălțimea - lemn mort pe picior; diametrul la capătul gros, diametrul la capătul subție și lungimea - lemn mort doborât; diametrul la bază, diametrul la partea superioară și înălțimea cioatei - lemn mort provenit din cioate), din zona supusă cercetărilor.

- Evaluarea și surprinderea variației lemnului mort în raport cu cauza probabilă a morții, cu tipul de vătămare și cu starea actuală, în suprafața cercetată.

- Evidențierea pentru zona cercetată, pentru categoria lemn mort pe picior, a modului de distribuție al numărului de arbori pe categorii de diametre și a modului de distribuție al numărului de arbori pe categorii de înălțime.

- Stabilirea pentru zona cercetată, a distribuției volumului și a numărului de arbori (piese de lemn doborât) pe categorii de diametre (luând în considerare diametrele la ambele capete), și categorii de lungime.

- Stabilirea pentru suprafața analizată, a distribuției numărului de cioate pe categorii de diametre (luând în considerare diametrul la baza cioatei și la partea superioară a acesteia).

- Reliefarea variației lemnului mort în raport cu o serie de factori staționali caracteristici suprafeței cercetate (altitudinea, panta, expoziția, tipul de stațiune și tipul de sol).

- Prezentarea variației lemnului mort în raport cu o serie condiții de arboret (vârsta arboretelor și tipul de pădure).

- Analiza influenței modului de gestionare a pădurilor asupra dinamicii lemnului mort, prin reliefarea variației lemnului mort în raport cu proveniența și cu categoria de arboret, în zona unde s-au desfășurat cercetările.

7. BIBLIOGRAFIE

- Anderson, N.H., Cline, S.P., Aumen, N.G., Sedell, J.R., Lienkaemper, G.W., Cromack, K., Cummins K.W., 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in Ecological Research* 15, 133–302.
- Bader, P., Jansson, S., Jonsson, B.G., 1995. Wood-inhabiting fungi and substratum decline in selectively logged boreal spruce forests. *Biological Conservation* 72, 355–362.
- Bailey G. R., 1970: A simplified method of sampling logging residue, *The Forestry Cronicle* 46, 288-296
- Bândiu C., Doniță N., 1988: *Molidișurile presubalpine din România*, ed. CERES, București 1988
- Bouriaud O, Teodosiu M, Turcu M, Guiman Ghe, Bragă C, Ciobanu L, Ștefan Ghe; 2011-2012: Forest GHG management, raport științific, faza 2; PN-II-ID-PCE-2011-3 – Proiecte de cercetare exploratorie
- Brown, J.K. 1971: A planar intersect method for sampling fuel volume and surface area. *Forest Sci* 17(1): 96-102.
- Brown J.K., 1974: Handbook for inventorying downed woody material, USDA Forest service, general technical report, int.16
- Butler, J., Alexander, K., Green, T., 2002: Decaying wood: an overview of its status and ecology in the United Kingdom and Continental Europe, USDA Forest service , general technical report, PSW- GTR – 181
- Buzdugan I., 2003: *Pedologie*. Universitatea Stefan Cel Mare - Suceava, Facultatea de Silvicultură
- Castagneri D., Garbarino M., Berretti R., Motta R., 2010: Site and stand effects on coarse woody debris in montane mixed forests of Eastern Italian Alps, *Forest Ecology and Management* 260 (2010) 1592–1598
- Cenușă R., 1995: Câteva aspecte privind dinamica și importanta necromasei lemnoase, în *arborete naturale de molid, Bucovina Forestiera* , Anul III, nr. 2/1995.
- Cenușă R., 1996: Probleme de ecologie forestieră, teoria fazelor de dezvoltare. Aplicații la molidișuri naturale din Bucovina. Universitatea Stefan cel Mare Suceava, 1996.
- Cenușă R., Popa C., Teodosiu M., 2002, Cercetări privind relația structură-funcție și evoluția ecosistemelor forestiere naturale din nordul țării, *Analele I.C.A.S.*, 45
- Cenușă E., 2010: Cercetări privind instalarea vegetației natural în zone afectate de calamități miniere din Parcul Național Călimani. Teză de doctorat. Universitatea Transilvania-Brașov, Facultatea de Silvicultură și Exploatare Forestiere
- Chiriță V., 2003: *Depresiunea Dornelor- studiu fizico-geografic*, ed. Universitatea Stefan Cel Mare - Suceava
- Cline S. P., 1977: The characteristics and dynamics of snags in douglas-fir forests of the Oregon coast range, thesis
- Cline, S. P., A. B. Berg, and A. M. Wright. 1980: Snag characteristics and dynamics in Douglas-fir forests, western Oregon. *J. Wildl. Manage.* 44:773-786.
- Corrow A., 2010: Double Sampling For Coarse Woodz Debries Estimations Following Line Intersect Sampling. Thesis- parțial fulfillments. The University of Montana Missula.
- Christensen, M., Emborg, J., 1996. Biodiversity in natural versus managed forest in Denmark. *Forest Ecology and Management* 85, 47–51.
- De Vries P.G. 1973: A general theory on line intersect sampling, with application to logging residue inventory. *Mededelingen Landbouw Hogeschool* 73-11. Wageningen, Netherlands. 23 p.

- Densmore, N., Parminter J., Stevens V.. 2004: Coarse woody debris: Inventory, decay modelling, and management implications in three biogeoclimatic zones. *BC Journal of Ecosystems and Management* 5(2):14–29.
- Dixon R.K., et al. “Carbon pools and flux of global forest ecosystems”. *Science* 263: 185-190 (1994).
- Domke G. M., Woodall C. W., Smith J. E., 2011: Accounting for density reduction and structural loss in standing dead trees: Implications for forest biomass and carbon stock estimates in the United States, *Scientific journal, Carbon balance and management*, 6:14.
- Doniță, N., Chiriță, C., Stănescu V., 2003. Forest ecosystems types in Romania. *Agricultural technique*, Bucharest. 390 p.
- Doniță N., Popescu A., Paucă-Comănescu M., Mihăilescu S., Biriș I. A., 2005: *Habitatele din Romania*, Ed. Tehnica Silvica.
- Evans A. M., Ducey M. J., 2010: Carbon accounting and management of lying dead wood, *Forest Guild*, 2010.
- Fischer, M., 2010. Large-scale and long-term functional biodiversity research, messages from implementing the Biodiversity Exploratories. *Basic Appl. Ecol.* 11, 473–485.
- Flatebo G., Foss C. R., Pelletier S. K., 1999: Biodiversity in the forests of Maine: guidelines for land management
- Giurgiu V. 1979: *Dendrometrie și auxologie forestieră*. Ceres, București.
- Giurgiu V., Drăghiciu D., 2004: *Modele matematico-auxologice și tabele de producție pentru arborete*. Ed. Ceres, București 2004.
- Grove S , Jeff M., 2003: Coarse woody debris, biodiversity and management: a review with particular reference to Tasmanian wet eucalypt forests, *Australian Forestry* Vol. 66, No. 4 pp. 258–272
- Gurnell M., K. J. G., G. E. Petts,. 1995. The Role of Coarse Woody Debris in Forest Aquatic Habitats: Implications for Management. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 5(2):143-166
- Hagan, J. M., Grove S., 1999: Coarse Woody Debris: Humans and Nature Competing for Trees. *Journal of Forestry* 97(1):6-11
- Hapca A.I., 2004: *Contribuții dendrometrice, auxologice și la studiul lemnului în arborete de molid de la limita superioară din nordul Carpaților Orientali*, teză de doctorat, Universitatea Ștefan cel Mare, Suceava.
- Harmon, M. E., J. F. Franklin, F. J. Swanson, P. Sollins, S. V. Gregory, J. D. Lattin, N. H. Anderson, S. P. Cline, N. G. Aumen, J. R. Sedell, G. W. Lienkaemper, K. Cromack Jr., and K. W. Cummins., 1986: Ecology of Coarse Woody Debris in Temperate Ecosystems, *Advances in Ecological Research*. Pages 133-302 în A. M. a. E. D. Ford, editor. Academic Press.
- Harmon M.E., Sexton J., 1996: Guidelines for measurements of woody detritus in forest ecosystems, U. S. LTER Network office, april 1996.
- Howard, J. O., and F. R. Ward. 1972: Measurement of logging residue - alternative applications of the line intersect method. *USDA Forest Serv Res Note PNW-183*, 8 p.
- Hunter, 1990: *Wildlife, Forests and Forestry: Principles of Managing Forests for Biological Diversity*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ. 370 p.
- Holeksa J., Saniga M., Szwagrzyk J., Dziedzic T., Ferenc S., Wodka M., 2007: Altitudinal variability of stand structure and regeneration in the subalpin spruce forests of the Pol'ana biosphere reserve, central Slovakia, *Eur J Forest Res* 126: 303–313
- Jonsson, B.G., Kruys, N. & Ranius, T. 2005: Ecology of species living on dead wood – Lessons for dead wood management., *Silva Fennica* 39(2): 289–309.

- Kaarik A. 1974: Decomposition of wood, in *Biology of plant litter decomposition*. Academic Press. London, pp 129-174.
- Keisker, D. G. 2000: Types of wildlife trees and coarse woody debris required by wildlife of north-central British Columbia. Res. Br., Min. For., Victoria, B.C. Work. Pap. 502000.
- Kirby K. J, Reid C. M, Thomas R. C, Goldsmith F. B, 1998: Preliminary estimates of fallen dead wood and standing dead trees in managed and unmanaged forests in Britain, , *Journal of applied ecology* 1998, 35, 148 -155.
- Kueppers, L., Southon, J., Baer, P., Harte, J., 2004. Dead wood biomass and turnover time, measured by radiocarbon, along a subalpine elevation gradient. *Oecologia* 141 (4), 641–651.
- Leahu, I., 1994: *Dendrometrie*. Editura didactică și pedagogică București. 374 p.
- Lemperiere, G.U.Y., Marage, D., 2010. The influence of forest management and habitat on insect communities associated with dead wood, a case study in forests of the southern French Alps. *Insect Conserv. Diver.* 3, 236–245.
- Lonsdale, D., Pautasso, M., Holdenrieder, O., 2008. Wood-decaying fungi in the forest, conservation needs and management options. *Eur. J. Forest Res.* 127, 1–22.
- Marchetti M., 2004 – Monitoring and indicators of forest biodiversity in Europe – from ideas to operationality, European Forest Institute, nr. 51
- Maser, C., R.G. Anderson, K. Cromack Jr., J.T. Williams and R.E. Martin. 1979. Dead and down woody material. In J.W. Thomas (technical editor). *Wildlife habitats in managed forests: the Blue Mountains of Oregon and Washington*. USDA Forest Service Agricultural Handbook No. 553. pp.78-95
- McGee, G. G. 2001: Stand-Level Effects on the Role of Decaying Logs as Vascular Plant Habitat in Adirondack Northern Hardwood Forests. *The Journal of the Torrey Botanical Society* 128(4): 370-380
- Menard, M., and J. Dionne. 1972: Essai d'une methode par transects pour estimer le volume de bois non utilise lors d'une exploitation forestiere. Quebec Ministry of Lands and Forests, Res Serv Note No. 2 (1972), 9 p.
- Montes F., Canellas I., Montero G., 2004 : Characterisation of coarse woody debris in two scots pine forests in Spain, Monitoring and indicators of forest biodiversity in Europe – from ideas to operationality, European Forest Institute, nr. 51.
- Motta, R., Berretti, R., Castagneri, D., Lingua, E., Nola, P., Vacchiano, G., 2010, Stand and coarse woody debris dynamics in subalpine Norway spruce forests withdrawn from regular management, *Ann. For. Sci.* 67. 803.
- Naum, Tr., Butnaru E., 1989: *Munții Călimani*. Ed. Sport-Turism, București, 234 p.
- Olajuyigbe, S., Tobin, B., Gardiner, P., Nieuwenhuis, M., 2011. Stocks and decay dynamics of above-and belowground coarse woody debris in managed Sitka spruce forests in Ireland. *For. Ecol. Manage.* 262 (6), 1109–1118.
- Oswalt, S., Brandeis, T., Woodall, C., 2008. Contribution of dead wood to biomass and carbon stocks in the Caribbean: St. John, US Virgin Islands. *Biotropica* 40 (1), 20–27.
- Popa, C., 2007: Cercetări privind structura și dendrocronologia ecosistemelor cu *Pinus cembra* L din Munții Rodnei, teză de doctorat.
- Popa, I., 1999: Aplicații informatice utile în silvicultură. Programul CAROTA și programul PROARB. *Revista pădurilor* nr. 2, pp. 41 - 42.
- Parminter J., 2002: Optimizing wildlife trees and coarse woody debris retention at the stand and landscape level. January 22 - 24, 2002. Prince George, B.C.
- Patrick, D. A., Hunter J., Malcolm L., and Calhoun A.J.K., 2006: Effects of Experimental Forestry Treatments on a Maine Amphibian Community. *Forest Ecology and Management* 234(1-3): 323-332.

- Rice, A., Pyle, E., Saleska, S., Hutyrá, L., Palace, M., Keller, M., de Camargo, P., Portilho, K., Marques, D., Wofsy, S., 2004. Carbon balance and vegetation dynamics in an old-growth Amazonian forest. *Ecol. Appl.* 14, 55–71.
- Schuck A., Meyer P., Menke N., Lier M., Lindner M., 2004: Monitoring and indicators of forest biodiversity in Europe, Forest biodiversity indicator : dead wood – a proposed approach towards operationalising the MCPFE indicator (Ministerial Conferences on the Protection of Forests in Europe), European Forest Institute nr. 51.
- Sefidi K., Mohadjer M. R., 2010: Characteristics of coarse woody debris in successional stages of natural beech (*Fagus orientalis*) forests of Northern Iran, *Journal of forest sciences*, 56, 2010, (1): 7-17
- Stevens, Victoria. 1997: The ecological role of coarse woody debris: an overview of the ecological importance of CWD in British Columbia forests. Research Branch., British Columbia Ministry of Forests., Victoria, B.C. work paper 30
- Stokland N. J., Touter S. M., Söderberg U., 2004: Development of dead wood indicators for biodiversity monitoring: experiences from Scandinavia. In *Monitoring and indicators of biodiversity in Europe*, EFI Proceedings, nr 51/2004.
- Svoboda M., Pouska V., 2008. Structure of a Central-European mountain spruce old-growth forest with respect to historical development. *For. Ecol. Manage.* 255: 2177–2188.
- Teodosiu M., 2012: Structura și dinamica arboretelor de molid din ecosistemele Rezervației Giumalău, teză de doctorat.
- Teodosiu M., Bouriaud O. B., 2012: Deadwood specific density and its influential factors: A case study from a pure Norway spruce old-growth forest in the Eastern Carpatians. *Forest Ecology and Management*, 283 (2012) 77-85.
- Teodosiu M., 2014: Evaluarea naturalității și a structurii arboretelor în rezervațiile Pădurea Voievodeasa și Codrul Secular Loben din Obcinele Bucovinei, *Bucovina Forestieră* 14(2): 173-184, 2014
- Thomas J. W., 2002: Dead Wood: From Forester's Bane to Environmental Boon, USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-181.
- Tomescu R., Tarziu D. R., Turcu D., 2011: Importanța pentru pădure a lemnului mort, *ProEnvironment* 4 (2011) 104-113
- Țărău D., Dicu D. D., 2014: Cartarea și bonitarea solurilor/terenurilor, Note de curs, Universitatea de științe agricole și medicină veterinară a Banatului, Regele Mihai I al României, 2014.
- Van Wagner, C.E., 1968: The line-intersect method in forest fuel sampling. *Forest Sci.* 14, 20–26
- Van Wagner C. E., Wilson A. L., 1976 : Diameter Measurement in the Line Intersect Method. *Forest Science*, 22: 230-232
- Van Wagner C.E., 1982: Practical aspects of the line intersect method, Information Report PI-X-12, 1982.
- Vanderwel M C. , Jay R. Malcolm, Sandy M. Smith, 2006: An integrated model for snag and downed woody debris decay class transitions. *Forest Ecology and Management*, 234: 48–59
- Waddell K., 2002: Sampling coarse woody debris for multiple attributes in extensive resource inventories, USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, P.O. Box 3890, Portland, OR 97208-3890, USA, *Ecological Indicators* 1 (2002) 139–153
- Warren, W.G. and P.F. Olsen, 1964: A line intersect technique for assessing logging waste. *For. Sci.* 10: 267-276.
- Watt R. W., Cáceres C. M., 1999: Managing the snags in the boreal forests of northeastern Ontario, NEST technical note TN-016 October 1999.
- West, P., W., 2009: *Tree and Forest Measurement*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 191 p.

- Woldendorp G., R.J. Keenan, S. Barry, R.D. Spencer, 2004: Analysis of sampling methods for coarse woody debris, *Forest Ecology and Management* 198: 133–148.
- Woodall, C., Heath, L., Smith, J., 2008. National inventories of down and dead woody material forest carbon stocks in the United States: challenges and opportunities. *Forest Ecol. Management* 256(3), 221–228.
- Zielonka T., 2006. Quantity and decay stages of coarse woody debris in old-growth subalpine spruce forests of the western Carpathians, Poland, *Canadian Journal of Forest Research*; Oct 2006; 36, 10; ProQuest Central, pg. 2614.
- *** 2007: Environmental Protection Agency. Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2005. USEPA #430-R-07-002, Washington, DC.
- *** 2007: Reporting Biological Carbon Stocks and GHG Emissions from Forest Entities, Forest Sector Protocol, Version 2.1, september 2007.
- *** 2000: Amenajamentele silvice, Ocolul Silvic Dorna Candrenilor
- *** 2001: Field data collection procedures for phase 2 plots with phase 3 indicators, National core field guide, West Coast Forest Inventory and Analysis, Volum 1
- *** 2007: Ground sampling procedures, Vegetation resources inventory, version 4.7
- *** 2011: Planul de Management al Parcului Național Călimani
- *** 2005: Down woody materials, Forest inventory and analysis Național Program, USDA Forest Service, january 2005.