

DOBORÂTURI PRODUSE DE VÂNT - FACTOR DE RISC ÎN ECOSISTEMELE FORESTIERE MONTANE

WINDTHROW - RISK FACTOR IN MOUNTAINOUS FOREST ECOSYSTEMS

IONEL POPA

Institutul de Cercetări și Amenajări Silvice, Stațiunea Câmpulung- Moldovenesc, Romania

Rezumat

Lucrarea prezintă rezultatele cercetărilor privind elaborarea și implementarea unor sisteme de cartare a riscului la doborâturi produse de vânt. Se analizează conceptul de risc la doborâturi produse de vânt în contextul unei abordări diferențiate a doborâturilor produse de vânt cu caracter catastrofal și cele endemice. Se realizează o analiză exhaustivă a dinamicii temporale și spațiale a doborâturilor produse de vânt cu caracter endemic, prin intermediul unor indicatori cu substrat economic, la nivelul Direcției silvice Suceava evidențindu-se impactul negativ major, economic și ecologic, al acestui factor perturbator. Integrarea doborâturilor produse de vânt în planurile de management forestier al ecosistemelor montane, ca factor de risc permanent, și luarea în considerare a volumului potențial al doborâturilor în calculul posibilității decenale trebuie să reprezinte o realitate. Astfel se propune un model probabilistic de calcul al volumului decenal probabil al produselor accidentale, cu relevanță la nivel de unitate de producție.

Cuvinte cheie: doborâturi produse de vânt, cartare, risc, modelare

Abstract

The paper presents the results of the researches concerning the elaboration and the implementation of the windthrow risk mapping systems. We analyse the concept of wind damage risk in the context of a differentiated study of catastrophic windthrow and endemic windthrow. We make an exhaustive analysis of temporal and spatial dynamics of endemic wind damage, using synthetic indicators with economic base, at the level of Forest Direction Suceava, making evident the major negative impact of this disturbing factor. The integration of wind damage factor in the management plans of mountain ecosystems, as permanent risk factor, and the taking in consideration the potential volume of windthrow must represent a reality. We propose a probabilistic model for estimation of the probable volume of wind damage, with relevance at mesoscale level.

Keywords: windthrow, mapping system, risk, modeling

1. INTRODUCERE

Gestionarea pe baze durabile a ecosistemelor forestiere impune o cunoaștere aprofundată și realistă a structurii și funcționării acestora în directă corelație cu factorii de mediu. Ecologia factorilor perturbatori constituie un domeniu nou al cercetării științifice fundamentale și aplicative cu valențe majore în cunoașterea interfeței de interacțiune dintre ecosisteme forestiere și factorii de mediu perturbatori (zăpadă, vânt, incendii, insecte, ciuperci etc.). Doborâturile produse de vânt prin efectele negative de ordin economic și ecologic au constituit și reprezintă în continuare o problemă stringentă a cercetării silvice, actualitatea lor accentuându-se în noile condiții generate de necesitatea elaborării de sisteme silvotehnice de gestionare durabilă a pădurilor.

Pierderile economice provocate de aceste calamități sunt anual de ordinul a sute de mii de ECU la nivel european. De exemplu, numai în decembrie 1999 peste 200 milioane m³ au fost afectați în urma uraganului Lothar. Aceste efecte negative sunt resimțite și la nivelul României, semnificative din acest punct de vedere fiind doborâturile catastrofale din noiembrie 1995, fiind calamitată o suprafață de peste 140000 ha și un volum total de circa 7,9 milioane m³, respectiv cele din martie 2002 din județul Suceava volumul doborâturilor produse de vânt fiind estimat la peste 7 milioane m³. În ultimele decenii în ecosistemele montane sunt semnalate tot mai frecvent dezechilibre ecologice cu profunde implicații asupra productivității lor, asupra capacității de satisfacere eficientă a funcțiilor multiple atribuite. Trecerea la o silvicultură rațională, pe baze ecologice, conservarea, protejarea și dezvoltarea pe baze durabile a acestor ecosisteme complexe constituie în prezent una dintre marile probleme ale silviculturii moderne (Ichim, 1990). Realizarea acestor obiective strategice ale silviculturii românești, de dezvoltare și gestionare durabilă a fondului forestier național, impune cunoașterea principalilor factori care provoacă dezechilibre ecologice, cauzele apariției acestora, caracteristicile, amploarea, modul cum acționează și se localizează, precum și măsurile care se impun pentru prevenirea și diminuarea efectului lor.

Cunoașterea pe baze realiste a procesului complex reprezentat de doborâturile produse de vânt și integrarea lor în sisteme moderne de management a riscului și a faptului că silvicultura montană este o silvicultură în condiții de risc, constituie premiza diferențierii sistemului de măsuri silvotehnice de management a arboretelor. Trecerea de la o silvicultură bazată pe norme general valabile la sisteme diferențiate, adaptate necesităților fiecărui ecosistem forestier, va asigura stabilitatea viitoare a pădurii montane. Sistemele de cartare a zonelor de risc la doborâturi produse de vânt reprezintă baza acestei diferențieri a sistemelor de gospodărire în zonele de risc. Actualul sistem de cartare a zonelor de risc la doborâturi produse de vânt, oficializat prin normele tehnice, și-a dovedit ineficiența, datorită caracterului mult prea general al criteriilor de încadrare în zone de risc a arboretelor. Elaborarea și implementarea unui sistem de cartare la nivel național nu își găsește oportunitatea. Variabilitatea foarte ridicată a factorilor determinanți ai riscului la doborâturi produse de vânt ne obligă la o abordare a problemicii la nivel mezo și microzonal, la nivelul unui bazin hidrografic care are asigurat un circuit relativ omogen al curenților de aer.

Elaborarea și implementarea unor sisteme de management a riscului la doborâturi produse de vânt trebuie să reprezinte o componentă cheie a strategiilor de dezvoltare durabilă a ecosistemelor forestiere montane.

Cercetările efectuate au avut drept scop elaborarea și testarea unor sisteme de cartare a riscului la doborâturi produse de vânt și a unei metodologii de prognoză a volumului lemnos provenit din produse accidentale.

Luând în considerare impactul economic și ecologic negativ al doborâturilor produse de vânt, mai ales a celor cu caracter endemic, cu manifestare anuală, și necesitatea oferirii unor soluții de cuantificare cantitativă a riscului la doborâturi produse de vânt în vederea diferențierii măsurilor silvotehnice de creștere a stabilității arboretelor, s-au avut în vedere următoarele obiective::

- definirea conceptului de risc la doborâturi produse de vânt și propunerea unei tipologii a vătămarilor produse de vânt;
- analiza impactului economic al doborâturilor produse de vânt cu caracter endemic în vederea evidențierii efectelor negative majore asupra aplicării planurilor de amenajament;
- elaborarea și implementarea unui sistem de cuantificare a riscului decenal la doborâturi produse de vânt și a metodologiei de prognoză a volumului probabil al doborâturilor produse de vânt;

2. MATERIAL ȘI METODĂ

Pentru realizarea obiectivelor propuse s-au coroborat cercetările de teren cu cele de birou și de documentare. În vederea analizei critice și cunoașterii stadiului actual al problemei în domeniul sistemelor de cartare a riscului la doborâturi produse de vânt s-a realizat o amplă documentare utilizând surse variate: reviste de specialitate, rapoarte de cercetare, teze de doctorat, documente diverse, apelându-se la tehnici moderne de obținere a informației - Internet, baze de date cu referințe bibliografice (CABI, TREECD). Datorită volumului foarte mare de informație, peste 500 de documente în problematica doborâturilor produse de vânt, s-a realizat un program informatic bazat pe o bază de date, care permite o gestionare unitară și eficientă a referințelor bibliografice.

Ținând cont de complexitatea fenomenului studiat și de obiectivele urmărite s-a ales drept zonă de studiu, de implementare și testare a sistemelor de cartare un număr de 4 unități de producție: 3 în bazinul Superior al Bistriței Aurii: U.P. I Rotunda, U.P. II Șesuri din O.S. Cârlibaba, D.S. Suceava, U.P. VII Izvoarele Bistriței din O.S. Borșa, D.S. Maramureș și o unitate de producție în bazinul Moldovei respectiv U.P. I Demacușa, O.S. Tomnatic, D.S. Suceava. Alegerea acestor zone de studiu a fost dictată pe de o parte de vulnerabilitatea foarte ridicată a arboretelor la doborâturi produse de vânt și pe de altă parte de condițiile de relief și vegetație diferite (în primul caz fiind vorba de molidișuri pure, iar în cel de-al doilea de amestecuri de rășinoase cu fag).

Lucrările de teren au vizat în special observații detaliate în zonele afectate de

doborâturi produse de vânt, fiind parcursă în detaliu zona de studiu, în care s-a realizat implementarea experimentală a sistemelor de cartare a riscului la doborâturi produse de vânt. Lucrările de birou au vizat aspecte multiple privind obținerea informațiilor de bază, analiza statistică detaliată și complexă a datelor, cuantificarea modelelor de risc, realizarea hărților în sistem GIS, a modelului digital al terenului, simulări utilizând programe specializate. În ceea ce privește procedurile de culegere a datelor primare privind doborâturile produse de vânt și condițiile staționale și de arboret s-au utilizat amenajamentele silvice, registrele de partizi, situații privind lucrările de punere în valoare a masei lemnoase, situații diverse existente la ocoalele silvice, gestionarea datelor realizându-se prin intermediul unor baze de date relaționale special concepute. S-au obținut informații privind: anul doborâturilor, unitatea amenajistică, suprafața (în ha), altitudinea medie (m), expoziția, panta (grade), proporția molidului (%), vârsta (ani), diametrul mediu (cm), înălțimea medie (m), consistența (zecimi), tipul de structură, clasa de producție, volumul la ha ($m^3 \square ha^{-1}$), volumul produselor accidentale ($m^3 \square an^{-1} \square ha^{-1}$). Informațiile culese au vizat perioada 1960 - 2002 (U.P. I Demacușa), 1970 - 2002 (U.P. VII Izvoarele Bistriței), 1960-2002 (U.P. I Rotunda și U.P. II Șesuri). Datele privind doborâturile produse de vânt incluse în baza de date au fost corelate cu observații directe pe teren și discuții cu personalul silvic din zonă privind zonele în care frecvența doborâturilor este ridicată. Analiza impactului economic al doborâturilor produse de vânt cu caracter endemic a avut la bază datele statistice din SILV 1 și SILV 3 pentru toate ocoalele silvice din D.S. Suceava din perioada 1981 - 2000.

În vederea cartării arboretelor prin diferite sisteme de evaluare a riscului la doborâturile produse de vânt s-a apelat la tehnica GOIS utilizându-se hărțile informatizate și modele digitale ale terenului. Metodele de cercetare utilizate au fost în special observația coroborată cu modelarea și simularea statistico-matematică. Pentru studierea influenței reliefului asupra direcției și vitezei vântului s-a apelat la metoda simulării în baza de modele aerodinamice utilizând un soft specializat, respectiv programul FLOWSTAR.

3. REZULTATE ȘI DISCUȚII

3.1 Conceptul de risc la doborâturi produse de vânt

Gestionarea durabilă a ecosistemelor forestiere este adeseori perturbată de incidența hazardelor care nu pot controlate. Aceste hazarde, cu origini biotice. Riscul este un termen care adeseori capătă conotații diferite funcție de context, interpretare etc. Definierea clară a aspectelor legate de hazard, risc, managementul riscurilor constituie fundamentul unei bune înțelegeri și analize a factorilor perturbatori. Riscul îmbracă diferite aspecte, fiind considerat fie hazard (factor perturbator), daune fizice provocate de acesta, pierderi economice, probabilitate de apariție etc. În contextul general al managementului riscurilor cu particularități specifice doborâturilor produse de vânt se

propun următoarele definiții:

riscul - probabilitatea estimată de apariție a unor vătămări într-un ecosistem forestier ca urmare a acțiunii unui factor perturbator (doborâturi produse de vânt) într-o anumită perioadă și zonă;

pierderi - estimarea valorică a efectului cuantificat al riscului exprimat într-o unitate monetară sau economică, incluzând atât pagube directe prin declasare (rupturi de trunchi, dezrădăcinari, scăderi ale prețului lemnului pe piață) cât și pagube indirecte (atacuri de insecte post doborâturi), precum și alte costuri induse (reconstrucția arboretelor afectate de vânt). Prin extensie pot fi incluse și alte efecte economice a căror evaluare este dificilă (sociale, estetice, culturale, de mediu);

pierderi estimate - produsul dintre pierderi și probabilitatea de apariție a doborâturilor produse de vânt;

hazard - proces stohastic legat de un anumit factor (hazard referitor la vânt, zapadă, incendii, etc.) care se manifestă cu anumite caracteristici (viteză a vântului peste 25 m/s). Fiecărui hazard individual îi este asociată o probabilitate de apariție (aspect temporal), putându-se distinge hazarde foarte rare (1 la un ciclu de producție), rare (2-3/ciclu de producție) sau frecvente (3-10 evenimente pe perioada unui ciclu de producție);

expunere - noțiune care se referă la aspectul spațial: geografic, climatic, topografic, stațional care determină vulnerabilitatea față de un hazard dat;

susceptibilitate - caracteristica unei entități date (arbore sau arboret) care poate influența relația cauză - efect la un anumit hazard. Astfel susceptibilitatea unui arbore la doborâturi de vânt (dezrădăcinări sau rupturi de trunchi) este legată de mărimea unor parametrii biometrici ca înălțime, indice de zveltețe, distribuția biomasei etc. În cazul unui arboret susceptibilitatea este legată de caracteristici precum consistența, vârsta, înălțimea, etc.

relația cauza - efect - relație între caracteristicile hazardului (viteza medie a vântului, direcția vântului) și pagubele rezultate din acțiunea acestuia asupra unei entități (arbore, arboret);

evaluarea riscului - proces complex de cuantificare obiectivă a componentelor riscului referitoare la hazard, expunere, relație cauză - efect, susceptibilitate;

managementul riscului - complex de măsuri tehnico-organizatorice și relațiile rezultate din strategiile utilizate pentru acceptarea sau/și reducerea riscului incluzând integrarea, prognoza și prevenirea acestuia;

împărțirea riscului - constă în împărțirea pagubelor produse de un anumit hazard prin mecanisme specifice între diferiți actori de pe piață, în special din domeniul asigurărilor.

Pentru evaluarea riscului la doborâturi produse de vânt se pot identifica trei mai categorii de metode:

metode observaționale - care constau în analiza unor indicatori de risc specifici (Popescu Zeletin, 1951; Dissescu, 1962; Ichim, 1976, 1980, 1990; Ichim și Barbu, 1981; Dissescu et al., 1962)

metode de experimentație mecanică - constau în testarea rezistenței arborilor

la acțiunea vântului fie prin tehnici de modelare mecanică a comportamentului arborilor la vânt sau prin experimente specifice. Tot în această categorie sunt incluse modelările matematice pe modele digitale sau în tunele aerodinamice privind estimarea direcției, vitezei și turbulenței curenților de aer (Talkkari et al., 2000; Peltola și Kellomaki, 1998; Peltola et al., 2000; Mayhead, 1973; Faure și Pellet, 1984; Milne, 1986, 1991; Fournier et al., 1993, Peltola, 1995; Skatter și Kucera, 2000).

metode statistice - constau în utilizarea tehnicilor de analiză a regresiei în estimarea probabilității asociate doborâturilor produse de vânt în funcție de factori staționali și de arboret (Popa, 1998; Valinger et al., 1993, Morgan și Cannell, 1993; Fredericksen et al., 1993; Papesch et al., 1997; Valinger și Fridman 1997).

Un sistem modern de management al riscului, particularizat pentru doborâturi produse de vânt, implica parcurgerea unui anumit flux de analize și studii, sintetizat schematic în figura 1 (Gardiner și Quine, 2000). Sistemele de cartare a riscului reprezintă o componentă cheie a procesului de management a riscului la doborâturi produse de vânt în ecosistemele forestiere.

Adeseori evaluarea riscului în domeniul forestier nu a beneficiat de o atenție deosebită ca urmare a complexității problemei. Este absolut necesară o cunoaștere reală a riscului, a factorilor care îl determină și a mărimii pierderilor determinate. În abseța unei evaluări obiective a riscului, factorii de decizie din domeniul managementului forestier și al politicilor sectoriale au doar un răspuns post factum determinat în special de nivelul pierderilor economice, adeseori această reacție fiind disproporțională cu nivelul de risc. Astfel reacția factorilor de decizie din domeniul forestier este rapidă, amplă și complexă în situația unor doborâturi catastrofale care impresionează prin nivelul volumului afectat, dar nu reacționează la doborâturile endemice care deși au o intensitate redusă (comparativ cu cele catastrofale) impactul economic generalizat este mult mai mare. Un exemplu elocvent este cazul doborâturilor produse de vânt în martie 2002 în Direcția Silvică Suceava care a determinat o mobilizare complexă a structurilor silvice, comparativ cu doborâturile endemice care se produc anual.

3.2 Tipologia doborâturilor produse de vânt și indicatori de cuantificare

Studiul oricărui fenomen presupune o sistematizare, o clasificare, a acestuia. Și în cazul doborâturilor produse de vânt se propune o clasificare pe baza unor criterii sintetice, scopul fiind o mai bună interpretare și clarificarea unor termeni, care adeseori sunt utilizați necorespunzător. Prin termenul de **doborâtură produsă de vânt** se înțelege orice vătămare mecanică ce afectează un arbore sau un arboret ca urmare a acțiunii vântului. Surprinderea principalelor aspecte privind mecanismul producerii vătămarilor mecanice în ecosistemele forestiere ca urmare a acțiunii perturbatoare a vântului este facilitată de sistematizarea doborâturilor produse de vânt în două mari grupe respectiv: **doborâturi produse de vânt cu efecte catastrofale** - doborâturi catastrofale și **doborâturi produse de vânt endemice**, având drept criteriu de clasificare intensitatea și amploarea fenomenului raportată la o anumită scară geografică de ana-

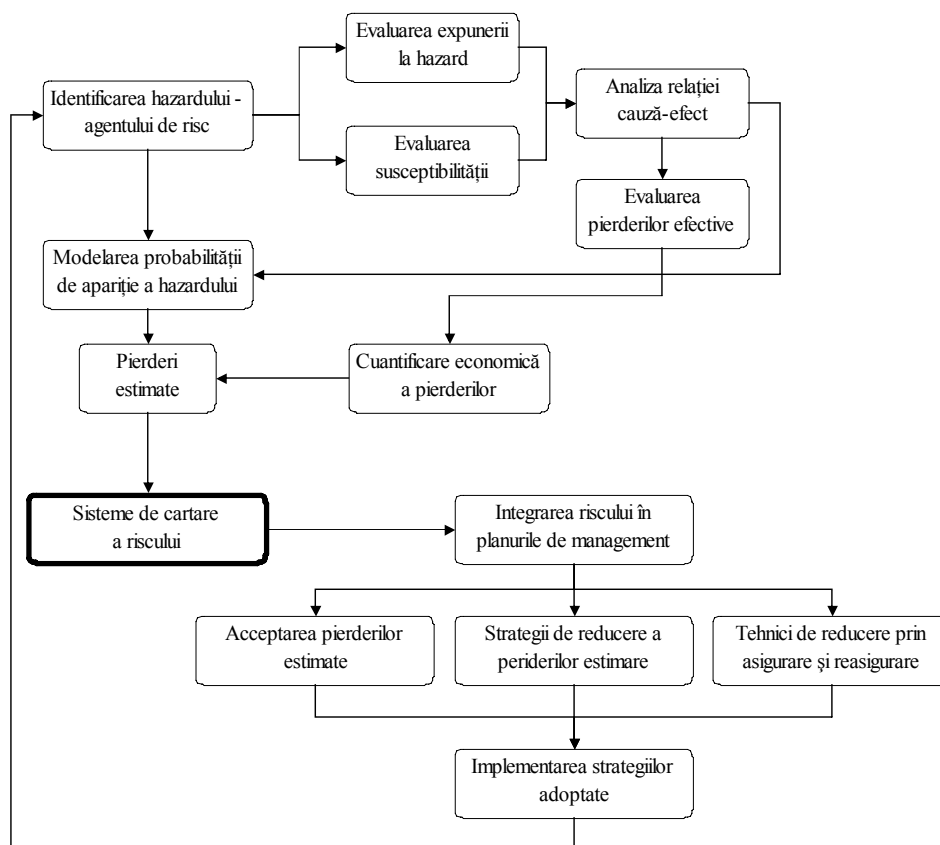


Fig. 1 Managementul riscului la doborâturi produse de vânt în ecosistemele forestiere (prelucrare după (Gardiner și Quine, 2000)
Windthrow risk management in forest ecosystem (adapted after Gardiner and Quine, 2000)

liză. Această clasificare a doborâturilor produse de vânt a fost adoptată pe plan internațional drept criteriu de bază în analiza riscului, fiind acceptată de toate mediile științifice din domeniul forestier. Integrarea și la noi a acestei tipologii a doborâturilor produse de vânt va permite o analiză și implementare eficientă și realistă a problemei vătămărilor produse de vânt în planurile de management forestier.

Doborâturile produse de vânt cu efecte catastrofale sunt acele doborâturi masive, datorate unor condiții meteorologice particulare, vânturi de intensitate foarte mare, ce afectează o suprafață întinsă. Criteriul de delimitare este volumul de masă lemnoasă calamitată care este de ordinul a sute de mii sau milioane de m³ funcție de scara geografică la care se face analiza. Încadrarea unei doborâturi produse de vânt în categoria celor catastrofale este condiționată de o serie de aspecte, respectiv:

- suprafața afectată de doborâturi în masă este de ordinul a sute de ha pe un spațiu geografic relativ restrâns;

volumul calamitat este de ordinul a sute de mii m^3 pe un spațiu geografic relativ redus, majoritatea acestuia provenind din doborâturi în masă;
este determinat de condiții meteorologice extreme cu caracter particular;
relieful, respectiv expunerea topografică joacă un rol esențial în estimarea riscului la astfel de doborâturi.

Aceste doborâturi se produc mai rar, odata la 10-15 ani, și afectează arboretele indiferent de stabilitatea acestora. Silviculorul nu poate prevedea și nu poate diminua efectele acestor fenomene, ele fiind supuse hazardului. Astfel, la nivel european doborâturi cu caracter catastrofal se pot considera cele care depășesc un volum calamitat de 1 milion m^3 , semnificative din acest punct de vedere fiind catastrofele eoliene din 1990 (peste 100 milioane m^3) și din decembrie 1999 (peste 200 milioane m^3 la nivel european). La nivelul României limita inferioară a volumului calamitat poate fi considerată ca fiind egală cu 100000 m^3 la un singur eveniment, respectând condițiile prezentate mai sus pentru a fi încadrate în această categorie. În această categorie se încadrează doborâturile care s-au produs în 1995 în arboretele din Harghita și Covasna, volumul de masă lemnoasă afectată fiind de 7-8 milioane m^3 , și în martie 2002 în județul Suceava volumul calamitat depășind 6-7 milioane m^3 . La nivelul unei zone mai mici, cum este de exemplu o unitate de producție, acest tip de doborâtură este identificat printr-un volum afectat de ordinul a zeci de mii de m^3 la un singur eveniment. O astfel de doborâtură catastrofală, la nivelul U.P. VII Izvoarele Bistriței din ocolul silvic Borșa, s-a produs în octombrie 1981 fiind calamitat un volum de peste 50000 m^3 .

Doborâturile endemice sunt acele doborâturi care se produc an de an în arboretele montane ca urmare a unor vânturi de intensitate medie și au cele mai mari efecte economice prin cumulare. Spre deosebire de doborâturile produse de vânt catastrofale acest tip de perturbare eoliana este răspândit spațial pe suprafețe mari, afectând majoritatea ecosistemelor montane cu intensități diferite. Ele sunt determinate atât de factorii staționali și meteorologici cât și de condițiile de arboret (parametrii biometrici și calitativi, structură etc.). Producerea lor este influențată de măsurile silvice aplicate, de condițiile de sol, de relief, iar intensitatea lor poate fi influențată prin intervenții adecvate. Reprezintă tipul de doborâturi asupra căruia este recomandat și necesar a se orienta cercetarea și practica silvică. Acest tip de doborâturi determină la nivelul sistemului de management forestier grave perturbări atât din punct de vedere economic prin reducerea calității materialului lemnos și prin dezechilibrele pe termen lung pe piața lemnului, cât și ecologic, prin destructurarea treptată a arboretelor. Această categorie de doborâturi produse de vânt grupează sub denumirea generică de doborâturi endemice atât doborâturile izolate sau în grupuri de 5-10 arbori cât și tipul de doborâturi în masă care afectează un anumit arboret sau o parte din ele, în condițiile în care acest fenomen - doborâturi produse de vânt în masă - nu este generalizat pe un spațiu geografic mare.

Utilizarea indicatorilor sintetici de cuantificare a doborâturilor produse de vânt constituie o condiție esențială în utilizarea metodelor moderne de cercetare, respectiv

modelarea și simularea matematică. Alegerea unui indicator sau altul este condiționată de reprezentativitatea acestuia și de modul în care poate surprinde influența parametrilor sistemului asupra vulnerabilității ecosistemelor forestiere la acțiunea vântului.

De exemplu intensitatea doborâurilor produse de vânt exprimă prin volumul lemnos calamitat raportat la unitate de suprafață și de timp - I_{dv} ($m^3 \cdot an^{-1} \cdot ha^{-1}$) estompează influența vârstei și a consistenței, astfel în cazul unui arboret cu consistență de 0,2 un volum calamitat de $10 m^3 \cdot an^{-1} \cdot ha^{-1}$ are o altă semnificație pentru un arboret cu consistența de 0,9. Aceeași estompere are loc și în cazul vârstei, efectul unei doborâuri produsă de vânt cu o intensitate de $15 m^3 \cdot an^{-1} \cdot ha^{-1}$ în cazul unui arboret din clasa II de vârstă are cu totul altă semnificație pentru un arboret din clasa VII de vârstă.

Marea diversitate a indicatorilor de cuantificare a intensității și amplitudinii doborâurilor produse de vânt afectează intercomparabilitatea datelor și rezultatelor emise de diferiți autori. În vederea surprinderii cât mai eficiente a influenței factorilor din sistem s-a adoptat pentru cuantificarea manifestărilor acestui factor perturbator următorii indicatori:

- **volumul total lemnos** calamitat reprezintă un indicator global utilizat mai ales în cazul raportărilor cronologice a doborâurilor catastrofale - se exprimă în m^3 , mii, sute de mii sau milioane m^3 ;

- **suprafața totală calamitată** constituie ca și volumul total un indicator de apreciere globală a amplitudinii doborâurilor produse de vânt - se exprimă în ha, mii, sute de mii de ha, grupată de regulă în două categorii: suprafața calamitată în masă și dispersate.

- **probabilitatea de apariție a doborâurilor produse de vânt** reprezintă raportul dintre frecvența arboretelor (cazuri favorabile) în care s-au produs doborâuri și numărul total de arborete din unitatea de producție analizată într-un deceniu;

- **procentul doborâurilor produse de vânt** - P_{dv} - calculat ca raport între volumul materialului lemnos afectat de doborâuri și volumul arboretului existent înaintea producerii vătămării (în procente sau unități).

Evaluarea și cuantificarea expunerii la hazard are drept rezultată directă un sistem de cartare a riscului topografic. În cazul doborâurilor produse de vânt expunerea la hazard este determinată în special de climatul regional, relief drept factor principal în modificarea locală a direcției și vitezei curenților de aer, expunere topografică, pantă și condiții edafice. Prin cuantificarea și integrarea acestor elemente într-un model matematic se obține o zonare a riscului natural indus topografic. Acest sistem de cartare a riscului topografic, natural potențial, la doborâuri produse de vânt oferă instrumente eficiente factorilor de decizie în elaborarea și implementarea strategiilor de management forestier pe termen lung a ecosistemelor forestiere dintr-o anumită zonă.

Evaluarea și cuantificarea susceptibilității la doborâuri produse de vânt presupune integrarea caracteristicilor biometrice și structurale ale arborilor și arboretelor într-un model statistic de evaluare a riscului, obținând-se un sistem de cartare a riscului.

lui indus de vegetație. Această componentă a riscului oferă informații privind managementul de termen scurt al vulnerabilității la doborâturi produse de vânt, permițând elaborarea de strategii pe perioada unui ciclu de producție. Prin combinarea probabilistică a celor două tipuri de sisteme de evaluare a riscului, topografic și indus de vegetație, se obține o imagine a vulnerabilității actuale a ecosistemelor forestiere din zona studiată.

3.3 Analiza impactului economic a doborâturilor produse de vânt cu caracter endemic la nivelul Direcției Silvice Suceava

Doborâturile produse de vânt cu caracter endemic nu impresionează prin intensitate sau suprafața afectată, dar reprezintă principalul factor perturbator atât din punct de vedere ecologic cât și economic al bioproducției forestiere din zona montană. Dacă doborâturile catastrofale prin volumul foarte mare afectat, concentrat pe o suprafață relativ redusă, impresionează foarte mult determinând o mediatizare ridicată și elaborarea și implementarea de planuri de acțiune foarte complexe, doborâturile endemice trec neobservate, devenind în ultimul timp un fenomen normal pentru ocoalele montane. Analiza economică a efectelor determinare de acest tip de perturbare asupra planurilor de management forestier va permite o reconsiderare a locului și importanței doborâturilor endemice.

Analiza pe verticală, de la un nivel de organizare superior spre un nivel inferior, permite identificarea zonelor de risc potențial pentru fiecare nivel de organizare. Se oferă astfel factorului de decizie informații privind frecvența și intensitatea fenomenului făcând posibilă orientarea eficientă a resurselor financiare și umane. Datele cronologice privind doborâturile produse de vânt precum și cercetările întreprinse la noi în țară în acest domeniu permit încadrarea ecosistemelor forestiere din Bucovina privite în contextul întregului fond forestier românesc, în special cele pe baza de rasinoase, într-o zonă cu vulnerabilitate ridicată la doborâturi produse de vânt. Aceasta încadrare macrozonală, într-o zonă de risc ridicat, impune adoptarea unor măsuri de analiză la nivel mezo și microzonal privind diferențierea complexului de ecosisteme existente în clase de risc din punct de vedere al vulnerabilității la vânt, ținând cont că nu toate arboretele din Bucovina au un grad ridicat de instabilitate la vânt. Aplicând această analiză spațio-temporală la nivelul unei direcții silvice, considerând drept unitate de analiză ocolul silvic este posibilă identificarea a noi zone de risc potențial, dar la un nivel de organizare și decizie inferior. De exemplu, s-a aplicat această metodologie la nivelul fondului forestier din județul Suceava, administrat de către Direcția silvică Suceava, încadrată conform zonării la nivel macrozonal într-o zonă de risc ridicat.

Datele primare sunt reprezentate de volumul produselor accidentale puse în circuitul economic în perioada 1981 - 2000. S-au asimilat doborâturile produse de vânt cu produsele accidentale, eroarea fiind minimă. Volumul produselor accidentale pusă în circuitul economic s-a preluat din raportul statistic SILV3 din perioada 1981 - 1998, pentru fiecare ocol silvic, iar datele privind suprafața fondului forestier s-au preluat din raportul statistic SILV1. Din analiza dinamicii spațiale și temporale a doborâturilor

produse de vânt exprimate prin volumul produselor accidentale puse în circuitul economic se pot identifica, la nivel de ocol silvic, zonele cu risc potențial, evidențindu-se de asemenea impactul economic negativ determinat de aceste perturbări. Menționăm ca s-a acceptat asimilarea produselor accidentale cu doborâturile produse de vânt deoarece o diferențiere în raport cu factorul determinant (vânt, zăpadă, insecte etc.) nu este posibilă. Această simplificare este relevantă deoarece peste 90% din volumul produselor accidentale, mai ales pentru perioada analizată, provine din doborâturi produse de vânt.

Analiza la nivel mezozoneal este orientată în special pe o analiză a variației temporale și spațiale a unor indicatori sintetici, cu substrat economic, privind ponderea volumului lemnos provenit din doborâturile produse de vânt în totalul volumului lemnos recoltat. Un prim indicator sintetic este reprezentat de ponderea volumului lemnos provenit din produse accidentale din totalul volumului lemnos pus în circuitul economic la nivelul Direcției Silvice Suceava în perioada 1981 - 2000 (fig. 2).

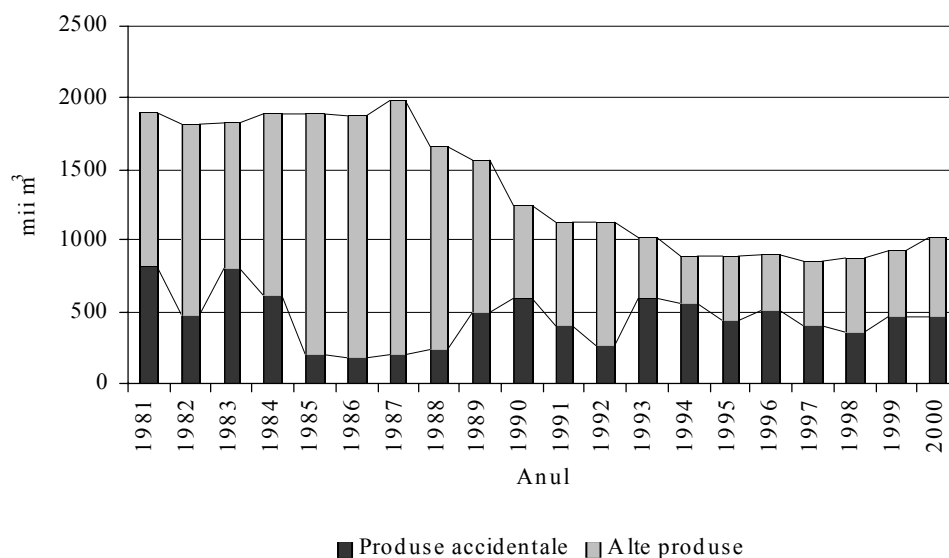


Fig. 2 Dinamica volumului lemnos provenit din produse accidentale în perioada 1981 - 2000 la nivelul Direcției silvice Suceava
Dynamics of wood volume from accidental products in the period 1981-2000 in Forest Direction Suceava

Ponderea produselor accidentale în volumul lemnos total recoltat la nivelul Direcției silvice Suceava este foarte mare, depășind în medie 500.000 m³, variind procentual de la 10% la 60%. Se observă existența unor perioade de minim, între anii 1984 - 1989 și 1992, în prezent volumul produselor accidentale situându-se la peste 50% din volumul total. În raport cu deceniul, ponderea produselor accidentale crește de la 26%

în perioada 1981-1990 la 46% în deceniul 1991-2000, iar în cazul rășinoaselor de la 30% la 54%. Procentul doborâturilor produse de vânt, asimilate cu produsele accidentale, este în acest caz mult mai mare fiind în ultimii ani de 60-65%. Această creștere a ponderii produselor accidentale în volumul lemnos exploatat la nivelul Direcției Silvice Suceava se manifestă pe două direcții, respectiv o reducere semnificativă după 1990 a tăierilor de produse principale și o ușoară creștere a volumului produselor accidentale.

Repartiția spațială a procentului volumului doborâturilor produse de vânt din volumul total pus în circuitul economic permite diferențierea ocoalelor silvice în raport cu gradul de vulnerabilitate (fig. 3).



Fig. 3 Repartiția spațială a procentului mediu volumului doborâturilor produse de vânt din volumul total recoltat la nivelul Direcției silvice Suceava în perioada 1981 - 2000
Spatial distribution of mean percent of wind damage from total wood volume harvested in Forest Direction Suceava in the period 1981-2000)

Astfel se poate delimita o zonă de risc ridicat în ocoalele silvice Cârlibaba, Iacobeni, Coșna, Dorna Candrenilor, Vatra Dornei, Panaci, Crucea, Moldovița, Brodina - ocoale în care ponderea molidișurilor pure este foarte mare și ocoalele Fălticeni și Solca în care procentul arboretelor de rășinoase în afara arealului este ridicat, în cazul

acestor ocoale ponderea produselor accidentale provine din vatamarile produse de zapada, precum si o pondere relativ ridicata a volumului lemnos provenit din uscari anormale la brad. Efectuând o analiza detaliata pe tipuri de produse, respectiv produse principale si produse secundare, impactul economic negativ este mult mai grav (fig. 4, 5, 6, 7).

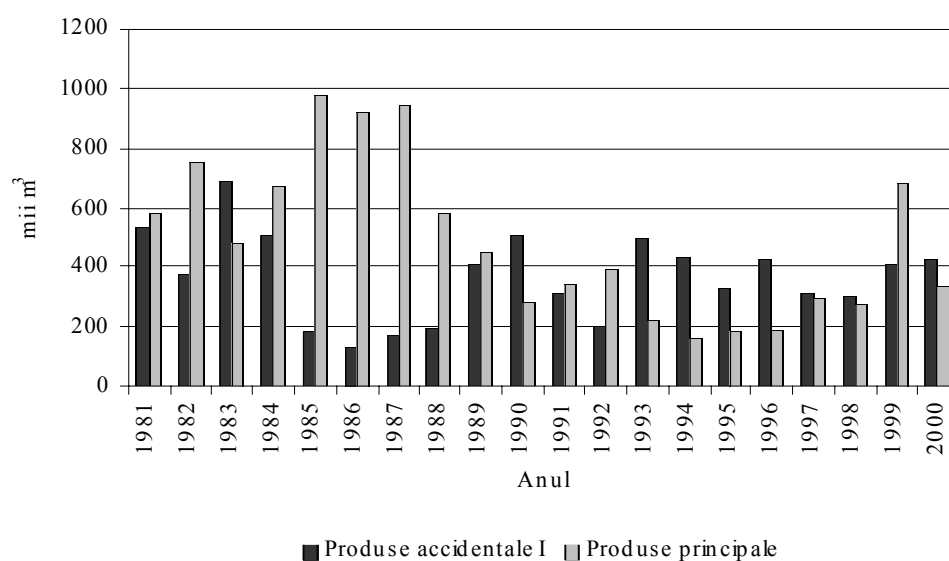


Fig. 4 Dinamica volumului produselor accidentale comparativ cu produsele principale în perioada 1981 -2000 la nivelul Direcției silvice Suceava
Dynamics of volume from accidental products comparative with the volume from principal products in the period 1981-2000 in Forest Direction Suceava

Comparativ cu produsele principale, recoltate în urma tăierilor de regenerare, volumul produselor accidentale este mult mai ridicat, cu excepția anilor 1985 - 1988, atingând valori duble în anii 1993 - 1996. Analizând dinamica volumului produselor accidentale I, recoltate din arborete cu vârsta peste 60 de ani, comparativ cu volumul produselor principale pentru speciile de rășinoase se constată că efectele economice negative sunt mult mai mari. În perioada 1993 - 1996 volumul lemnos provenit din doborâturi produse de vânt este de trei ori mai mare decât volumul lemnos recoltat prin aplicarea tratamentelor (fig. 5). Practic jumătate din tăierile de regenerare care trebuiau aplicate în arboretele incluse în planurile decenale nu au mai fost efectuate, dacă se ține cont că aceste produse accidentale se precomptează din posibilitatea de produse principale. Este nerealistă posibilitatea nulă de produse accidentale prevăzută în planurile de management forestier, fapt susținut de dinamica recoltelor din direcția Suceava pe o perioadă de 20 de ani, doborâturile produse de vânt fiind prezente într-o proporție semnificativă.

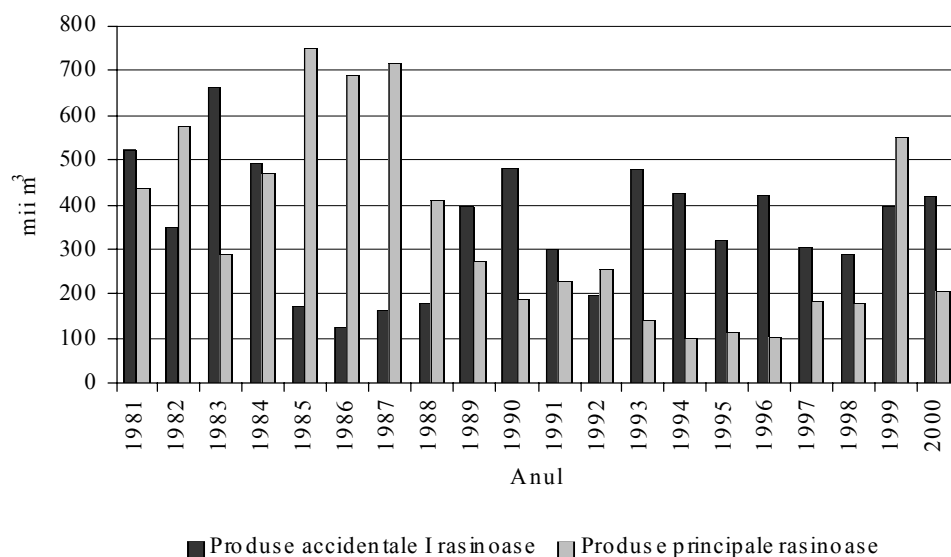


Fig. 5 Dinamica volumului produselor accidentale comparativ cu produsele principale pentru specii de rășinoase în perioada 1981 -2000 la nivelul Direcției silvice Suceava
Dynamics of volume from accidental products comparative with the volume from principal products for coniferous species in the period 1981-2000 in Forest Direction Suceava

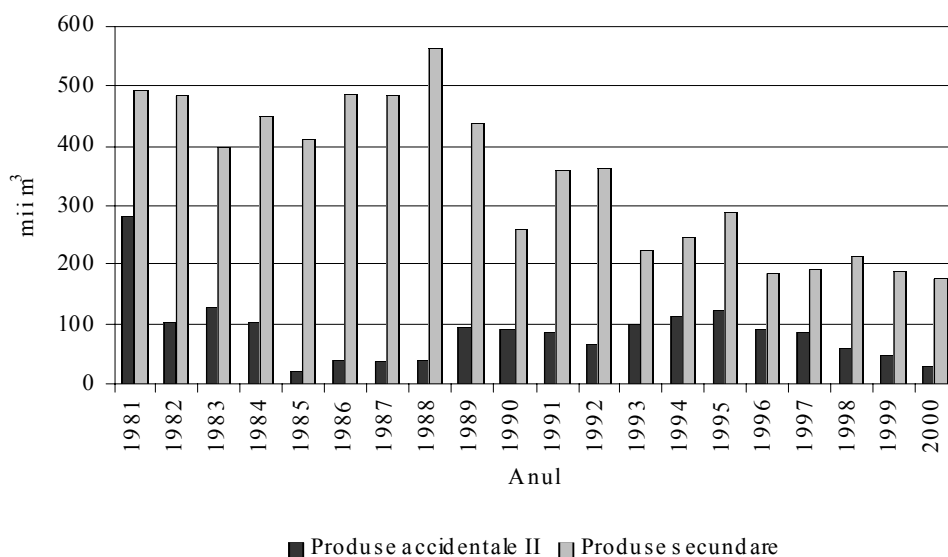


Fig. 6 Dinamica volumului produselor accidentale II comparativ cu produsele secundare în perioada 1981 -2000 la nivelul Direcției silvice Suceava
Dynamics of volume from accidental products II comparative with the volume from secondary products in the period 1981-2000 in Forest Direction Suceava

În ceea ce privește produsele accidentale recoltate din arborete tinere, din clasele de vârstă I - III, produse adeseori de căderi masive de zăpadă și mai puțin de către vânt, situația este mai bună (fig.6).

Analiza spațială a acestor indicatori confirmă diferențierea evidențiată de indicatorul global al ponderii doborâturilor produse de vânt (fig. 7).

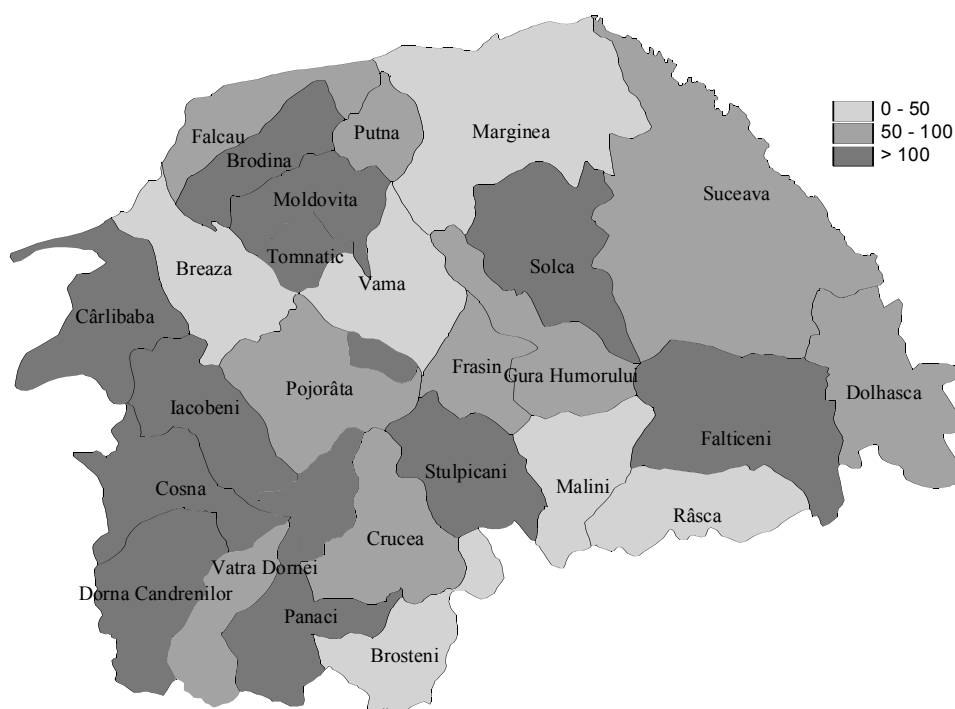


Fig. 7 Distribuția spațială a raportului mediu dintre volumul produselor accidentale I și volumul produselor principale la nivelul Direcției silvice Suceava în perioada 1981 - 2000
Spatial distribution of mean report between the volume of accidental products I and the volume of principal products in Forest Direction Suceava in the period 1981-2000)

Pe lângă indicatorii globali, o serie de indicatori de intensitate permit o înțelegere mai bună a efectelor economice negative ale doborâturilor produse de vânt. Dinamica volumului mediu la hectar recoltat anual din produse accidentale variază de la $3 \text{ m}^3 \square \text{ha}^{-1} \square \text{an}^{-1}$ la $48 \text{ m}^3 \square \text{ha}^{-1} \square \text{an}^{-1}$, raportat la suprafața parcursă cu tăieri de produse accidentale. Raportând volumul total recoltat din produse accidentale la suprafața pădurilor din direcție se constată că indicele mediu de recoltare al produselor accidentale variaza de la $0,4 \text{ m}^3 \square \text{ha}^{-1} \square \text{an}^{-1}$ la $1,8 \text{ m}^3 \square \text{ha}^{-1} \square \text{an}^{-1}$, respectiv în medie peste $1 \text{ m}^3 / \text{ha} / \text{an}$ reprezintă produse accidentale ceea ce raportat la suprafața totală a pădurilor din Direcția silvică Suceava, peste 410.000 ha, reprezintă foarte mult. Raportat la suprafața totală ocupată de rășinoase indicele mediu global de recoltare a produselor

accidentale variaza de la 0,5 m³/ha/an la 2,1 m³/ha/an, cu o valoare medie de 1,14 m³/ha/an.

Ocoalele silvice din partea de vest și nord-vest a județului Suceava, respectiv Cârlibaba, Iacobeni, Coșna, Dorna Candrenilor, Panaci, Brodina, Falcău și Moldovița prezintă un risc foarte ridicat, indicele mediu al produselor accidentale fiind peste 1,0 m³ an⁻¹ ha⁻¹ pădure, reprezentând circa 25% din creșterea curentă anuală medie.

Analizând variația spațială a procentului mediu al suprafeței afectate de doborâturi produse de vânt endemice din suprafața totală a pădurilor la nivelul ocoalelor silvice din Direcția silvică Suceava, în perioada 1981 - 2000 se observă aceeași zonare ca și în cazurile anterioare cu extinderea zonei și la nivelul ocoalelor silvice din bazinul Moldovei. Se poate astfel concluziona că cele mai vulnerabile sunt ecosistemele de molid din bazinul Bistriței Aurii și bazinul superior al Moldovei. Această analiză economică confirmă vulnerabilitatea ridicată la doborâturile produse de vânt a ecosistemelor din Bucovina, dar pune în evidență existența unei diferențieri la nivel de direcție, putându-se distinge zone cu stabilitate relativă ridicată și zone cu risc ridicat.

Detailând analiza spațială a doborâturilor produse de vânt la nivel microzonal, respectiv la nivelul unei unități de producție având drept unitate de studiu arboretul se poate diferenția o nouă zonare a riscului producerii doborâturilor produse de vânt. Această analiză spațio - temporală a impactului doborâturilor produse de vânt asupra recoltelor de produse lemnoase din direcția silvică Suceava în perioada 1981 - 2000 permite formularea următoarelor concluzii:

- dinamica temporală a volumului produselor accidentale nu indică producerea unei doborâturi cu efecte catastrofale în perioada 1981 - 2000. O astfel de catastrofă eoliană, cum este cea din martie 2002, ar fi evidențiată printr-un volum foarte ridicat;
- volumul lemnos provenit din doborâturi produse de vânt este foarte ridicat, fiind în medie peste 50% din totalul produselor lemnoase puse în circuitul economic, atingând volume egale sau superioare cu produsele principale;
- impactul economic negativ al doborâturilor produse de vânt endemice este foarte evident la nivelul Direcției silvice Suceava;
- în cazul ocoalelor silvice din bazinul Bistriței Aurii aplicarea planurilor de management forestier prevăzute în amenajament, precum și realizarea unei structuri normale pe clase de vârstă a fondului de producție este o iluzie, fiind necesară reconsiderarea rolului doborâturilor produse de vânt în dinamica ecosistemelor forestiere din zona montană;
- includerea posibilității de produse accidentale în planurile de management forestier constituie o soluție necesară și realistă.

3.4 Model statistic de prognoză a volumului probabil al doborâturilor produse de vânt

Sistemele de cartare cu rezoluție anuală oferă informații detaliate privind

riscul anual la doborâturi produse de vânt, însă metodologia de cuantificare și implementare necesită existența imperativă a unor date primare pe o perioadă de minim 30 de ani. Volumul mare de date care trebuie culese și implementate în modelele statistice propuse coroborate cu neconcordanța unor înregistrări ridică o serie de probleme de ordin tehnic pentru aplicarea unui astfel de sistem de cartare a riscului. Aceste sisteme de prognoză a riscului anual la doborâturi produse de vânt se recomandă a fi aplicate în zone cu vulnerabilitate ridicată și există date istorice, fiabile, privind volumul lemnos afectat de doborâturi. Elaborarea unui sistem de cartare a riscului pe perioada de valabilitate a amenajamentului, respectiv decenal, mai simplificat, dar cu o precizie suficientă, care să permită o estimare a volumului probabil al doborâturilor produse de vânt, este necesară. În acest scop se propune următorul model probabilistic de estimare a riscului decenal:

$$V_{dob} = p_{dec} \cdot pdv_{dec} \cdot V_{ha}$$

unde: V_{dob} - volumul decenal probabil al doborâturilor produse de vânt ($m^3 \cdot ha^{-1} \cdot deca$);

p_{dec} - probabilitatea decenala de apariție a doborâturilor produse de vânt;

pdv_{dec} - intensitatea decenala a doborâturilor produse de vânt (% din volumul la ha)

V_{ha} - volumul la ha.

Acest model probabilistic permite o estimare a riscului la doborâturi produse de vânt cuantificat prin volumul probabil al doborâturilor produse de vânt la nivel de deceniu. Sistemul de cartare a riscului decenal la doborâturi produse de vânt s-a cuantificat și implementat la nivelul bazinului superior al Bistriței Aurii, respectiv la nivelul a trei unități de producție: U.P. I Rotunda, U.P. II șesuri - O.S. Cârlibaba și U.P. VII Izvoarele Bistriței - O.S. Borșa.

Probabilitatea de apariție a doborâturilor produse de vânt reprezintă raportul din numărul de unități amenajistice afectate de vânt și numărul total de unități amenajistice din cadrul unității de producție. Analizând variația în timp a probabilității de apariție a doborâturilor se observă o relativă uniformitate a riscului din acest punct de vedere (fig. 8).

Se remarcă o scădere a riscului în deceniul 1989 - 1999 la nivelul zonei analizate, fiind peste 70% în cazul U.P. VII Izvoarele Bistriței. În cazul probabilității anuale de apariție a doborâturilor produse de vânt s-a observat o legătură determinativă între vârsta arboretului și riscul la doborâturi. În vederea stabilirii unui model decenal, de ansamblu, pentru zona studiată s-a procedat la o analiză a stabilității în timp și spațiu a riscului cuantificat prin probabilitatea de apariție în raport cu vârsta, remarcându-se următoarele aspecte:

- se constată o constantă în timp și spațiu a formei generale a înfășurătoarei probabilității decenale de apariție a doborâturilor produse de vânt;

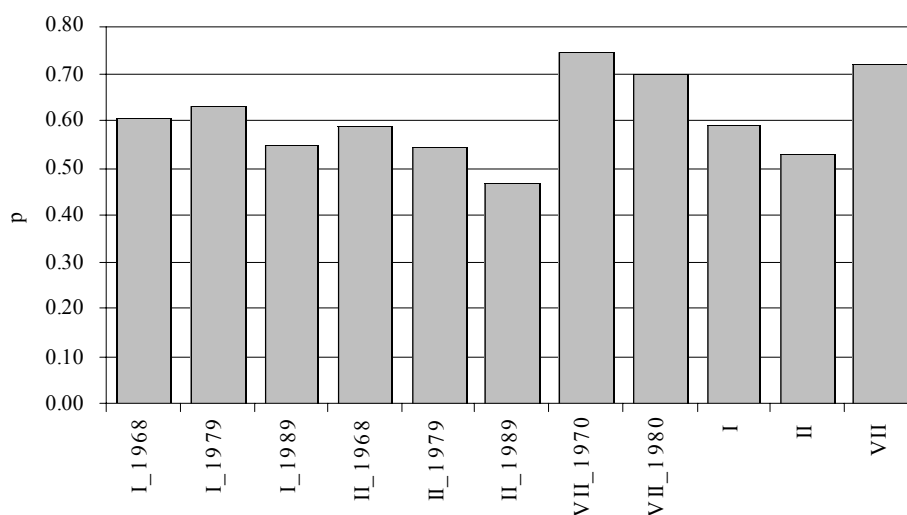


Fig. 8 Probabilitatea decenală medie de apariție a doborâturilor produse de vânt la nivelul bazinului Superior al Bistriței Aurii
The mean decennial probability of wind damage occurrence at the level of Bistrita Aurie superior basin)

- se menține riscul relativ dintre diferite grupe de vârstă;
- maximul se înregistrează la vârste cuprinse între 60-80 de ani;
- probabilitatea maximă este în jur de 80-90%;
- se remarcă o ușoară variație a amplitudinii în timp și spațiu.

Din analizele statistice efectuate nu s-a putut reliefa o legătură statistică semnificativă și stabilă dintre probabilitatea de apariție a doborâturilor produse de vânt și alți parametri ai arboretului (clasa de producție, diametru și înălțime medie, etc.), singurul factor care explică cea mai mare parte din variabilitatea statistică rămânând vârsta.

În contextul unei probabilități relativ ridicate de apariție a doborâturilor produse de vânt, intensitatea acestora constituie principalul parametru direct perceptibil în activitatea de producție, componentă a modelului care permite trecerea de la sistemele de cartare calitative la sisteme de cartare a riscului cantitative. Doborâturile produse de vânt prin intensitatea lor determină amploarea dereglărilor produse la nivel economic cât și ecologic. Pentru cuantificarea intensității doborâturilor produse de vânt se propun în literatura de specialitate variați indicatori, fiecare cu caracteristicile sale, dintre care se remarcă procentul doborâturilor produse de vânt - P_{dv} (Popa, 2000) cunoscut și sub denumirea de rata doborâturilor produse de vânt R_{dv} (Barbu, 1985). Acest indicator se calculează ca raport dintre volumul materialului lemnos calamitat de vânt și volumul existent pe picior la data producerii doborâturii și se exprimă în procente (zecimi). Dacă în cazul modelării riscului anual al doborâturilor produse de vânt s-au integrat în model un număr mare de factori, atât de arboret cât și staționali, în cazul riscului dece-

nal se propune un model simplificat, dar suficient de precis, în vederea simplificării procedurilor de cuantificare. Analizând dinamica în timp a intensității decenale medii a doborâturilor produse de vânt se remarcă o variabilitate temporală și spațială mult mai ridicată decât în cazul probabilității de apariție a doborâturilor produse de vânt (fig. 9).

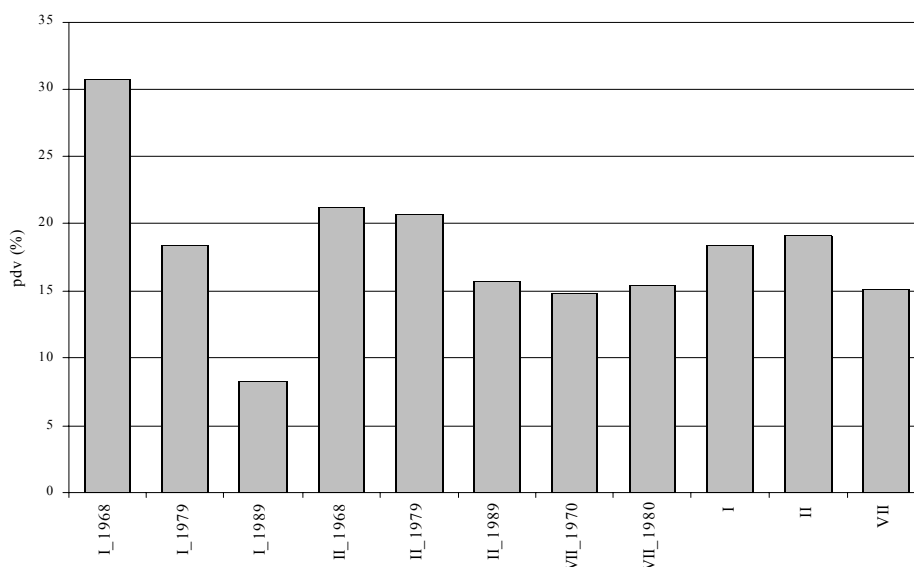


Fig. 9 Variația în timp a intensității decenale medii a doborâturilor produse de vânt la nivelul bazinului Superior al Bistriței Aurii
Dynamics of mean decennial intensity of wind damage at the level of Bistrița Aurie superior basin

Din analiza diagramei se observă o scădere a intensității fenomenului în deceniul 1989 - 1999, foarte accentuată mai ales în cazul U.P. I și o relativă uniformitate la nivelul U.P. VII. Cea mai mare variație temporală se remarcă la nivelul U.P. I intensitatea medie a doborâturilor produse de vânt scăzând semnificativ de la un deceniu la altul. În ceea ce privește variația în raport cu vârsta, ca factor determinant al doborâturilor produse de vânt, se remarcă și în acest caz o modificare în timp. Dacă la nivelul fiecărei unități de producție se observă o scădere a intensității doborâturilor, exprimată prin procentul doborâturilor de vânt, la nivel general, pe întreaga perioadă analizată se constată o relativă uniformitate a intensității în raport cu vârsta, remarcându-se o creștere a procentului decenal al volumului lemnos afectat de vânt în raport cu vârsta. În vederea stabilirii influenței altor caracteristici amenajistice ale arboretelor asupra intensității doborâturilor produse de vânt s-au realizat analize grafice și statistice, majoritatea factorilor analizați având o foarte mare variabilitate în timp și spațiu. Se remarcă totuși o influență relativ semnificativă a consistenței arboretului observându-se o scădere a intensității odată cu creșterea densității arboretului, explicația se regăsește în instabilitate foarte ridicată a arboretelor destructurate.

În prezent, planurile de amenajament prevăd un volum al produselor accidentale egal cu zero, fapt contrar realității din teren și din practica silvică. Similar cu posibilitatea de produse de igienă care este prevăzută în planurile de amenajament se poate discuta de o "posibilitate" de produse accidentale, respectiv de un volum probabil al doborâturilor produse de vânt (în condițiile asimilării produselor accidentale cu vătămările produse de vânt) în deceniul pentru care s-au elaborat planurile de management. Adoptarea acestei soluții va permite o fundamentare mai corectă a planurilor de recoltare a produselor principale în raport cu urgențele de regenerare. În condițiile actuale produsele accidentale se precomptează din produsele principale și practic, pentru anumite ocoale silvice cum este și zona studiată, aplicarea planurilor de amenajament este o iluzie, planul decenal de recoltare a produselor principale fiind aplicat numai în primii ani. Pentru cunoașterea volumului probabil al produselor accidentale provenite din doborâturi produse de vânt se propune următorul model probabilistic,

simplificat, de cuantificare cantitativă a riscului:

$$V_{dob} = \sum_{i=1}^n p_i \cdot pdv_i \cdot V_i \cdot S_i$$

V_{dob} - volumul probabil al doborâturilor produse de vânt în deceniul următor

($m^3 \square dec^{-1}$)

p_i - probabilitatea decenală de apariție a doborâturilor produse de vânt pentru clasa de vârstă i (în zecimi);

pdv_i - procentul doborâturilor produse de vânt pentru clasa de vârstă i (în zecimi);

V_i - volumul mediului la ha pentru clasa de vârstă i ($m^3 \square ha^{-1}$);

S_i - suprafața pentru clasa de vârstă i (ha).

Acest model statistic simplificat permite cuantificarea cantitativă a riscului decenal probabil al doborâturilor produse de vânt la nivelul unei unități de producție utilizând date accesibile oferite de amenajament. Informațiile privind volumul produselor accidentale se obțin din evidențele de aplicare a amenajamentului, defalcate pe clase de vârstă, iar volumele existente la ha se pot obține din fișa indicatorilor de bază. Această simplificare a modelului de prognoză a riscului, respectiv utilizarea drept variabilă explicativă a vârstei, s-a realizat din mai multe considerente având în vedere: reducerea volumului de date necesar cuantificării parametrilor modelului, coerența și veridicitatea datelor, stabilitatea în timp a modului de evaluare a factorilor din model, posibilitățile relativ ușoare de obținere a informațiilor, vârsta fiind factorul care explică cea mai mare parte din variabilitatea riscului la doborâturi produse de vânt. Practic pentru cartarea riscului la doborâturi produse de vânt se propune utilizarea modelului statistic decenal prezentat, cuantificat pentru fiecare zonă omogenă din punct de vedere

al expunerii la doborâturi produse de vânt, omogenitate privită mai ales din punct de vedere al reliefului, utilizându-se date dintr-o perioadă de minim 30 de ani, având drept variabilă explicativă vârsta. Pentru elaborarea și implementarea acestui sistem de cartare este necesară parcurgerea următoarelor etape:

- stabilirea probabilității decenale de apariție a doborâturilor produse de vânt prin raportarea numărului de unități amenajistice vătămate de vânt (din care s-au extras produse accidentale în deceniile anterioare) la numărul total de arborete, analiza realizându-se pe clase de vârstă și decenii;
- cuantificarea intensității riscului prin intermediul procentului doborâturilor produs de vânt calculat pe clase de vârstă ca raport procentul dintre volumul total al produselor accidentale din deceniu și volumul lemnos pe picior al clasei de vârstă;
- stabilirea valorilor medii decenale pe clase de vârstă ale componentelor modelului probabilistic de estimare a riscului la doborâturi produse de vânt;
- prognoza volumului probabil al doborâturilor produse de vânt pentru deceniul următor.

Pentru exemplificare se redă modul de calcul a volumului probabil al pro-

Tabelul 1: Exemplu de calcul al volumului probabil de produse accidentale - U.P. I Rotunda
Example of estimation of probable wind damage volume - U.P. I Rotunda

Specificație	Clase de vârstă					
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	>100
Probabilitatea decenală de apariție a doborâturilor produse de vânt						
1968-1979	-	0,56	0,61	0,88	0,44	0,25
1979-1989	-	0,62	0,68	0,77	0,81	0,47
1989-1999	-	0,57	0,75	0,64	0,65	0,38
p_i	-	0,58	0,68	0,76	0,63	0,37
Procentul decenal al doborâturilor produse de vânt						
1968-1979	-	0,26	0,30	0,36	0,30	0,26
1979-1989	-	0,17	0,16	0,22	0,25	0,11
1989-1999	-	0,08	0,08	0,07	0,09	0,06
pdv_i	-	0,17	0,18	0,22	0,21	0,14
Volum și suprafața pe clase de vârstă din fișa indicatorilor de bază						
V_i ($m^3 ha^{-1}$)	-	110	262	335	306	232
S_i (ha)	-	1072,7	758,3	612,4	607,5	371,3
Volum prognozat al doborâturilor produse de vânt						
$V_{dob/ha}$ ($m^3 ha^{-1} dec^{-1}$)	-	10,8	32,1	56,0	40,5	12,0
V_{dob} ($m^3 dec^{-1}$)	-	11634	24317	34301	24593	4462

Tabelul 2 : Exemplu de calcul al volumului probabil de produse accidentale - U.P. II Șesuri
 Example of estimation of probable wind damage volume - U.P. II Șesuri

Specificație	Clase de vârstă					
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	>100
Probabilitatea decenală de apariție a doborâturilor produse de vânt						
1968-1979	-	0,53	0,53	0,67	0,65	0,50
1979-1989	-	0,67	0,63	0,63	0,62	0,57
1989-1999	-	0,34	0,60	0,69	0,68	0,41
p_i	-	0,51	0,59	0,66	0,65	0,49
Procentul decenal al doborâturilor produse de vânt						
1968-1979	-	0,20	0,18	0,24	0,21	0,14
1979-1989	-	0,15	0,18	0,22	0,21	0,27
1989-1999	-	0,20	0,11	0,12	0,16	0,23
pdv_i	-	0,18	0,16	0,19	0,19	0,21
Volum și suprafața pe clase de vârstă din fișa indicatorilor de bază						
V_i (m ³ ha ⁻¹)	-	167	335	325	409	327
S_i (ha)	-	896,9	872,3	375,0	859,5	719,0
Volum prognozat al doborâturilor produse de vânt						
$V_{dob/ha}$ (m ³ ha ⁻¹ dec ⁻¹)	-	15,7	30,8	41,7	51,4	34,4
V_{dob} (m ³ dec ⁻¹)	-	14096	26858	15629	44176	24744

duselor accidentale asimilate cu doborâturi produse de vânt la nivelul U.P. I Rotunda și U.P. II Șesuri, O.S. Cârlibaba.

Prin aplicarea modelului probabilistic de cuantificare a riscului la doborâturi produse de vânt pentru arboretele din U.P. I Rotunda, O.S. Cârlibaba se prognozează pentru deceniul 1999 - 2008 de aplicare a amenajamentului un volum total al produselor accidentale de 99310 m³, respectiv anual aproximativ 10000 m³. Indicele mediu de recoltare al produselor accidentale prognozat este de 2,9 m³ha⁻¹an⁻¹ dacă se ia în calcul suprafața arboretelor cu vârstă mai mare de 20 de ani, susceptibile a fi vătămate de vânt, și de 2,4 m³ha⁻¹an⁻¹ raportat la toată suprafața unității de producție. Aplicând modelul probabilistic de cuantificare a riscului la doborâturi produse de vânt pentru arboretele din U.P. II Șesuri, O.S. Cârlibaba se prognozează pentru deceniul 1999 - 2008 de aplicare a amenajamentului un volum total al produselor accidentale de 125504 m³, respectiv anual aproximativ 12500 m³. Indicele mediu de recoltare al produselor accidentale prognozat este de 3,37 m³ha⁻¹an⁻¹ dacă se ia în calcul suprafața arboretelor cu vârstă mai mare de 20 de ani, susceptibile a fi vătămate de vânt, și de 2,6 m³ha⁻¹an⁻¹ raportat la toată suprafața unității de producție, mai mare decât în

cazul U.P. I Rotunda. Volumul total al produselor accidentale prognozat este un volum rea-list ținând cont de modificările structurii pe clase de vârstă și volumul produselor accidentale recoltat în ultimele trei decenii (fig. 10).

În cazul U.P. I Rotunda se prognozează o creștere a volumului produselor accidentale provenite din doborâturi produse de vânt ca urmare a creșterii ponderii arboretelor cu vârstă peste 80 de ani comparativ cu deceniul precedent. Pentru U.P. II Șesuri modelul de risc estimează un volum al produselor accidentale situat la nivelul celui din deceniul 1989 - 1999.

Acest model probabilistic realizează o cuantificare a susceptibilității generale a arboretelor dintr-o unitate de producție la factorul de risc vânt. El oferă posibilitatea adaptării strategiilor și planurilor de management forestier pe termen mediu, decenal,

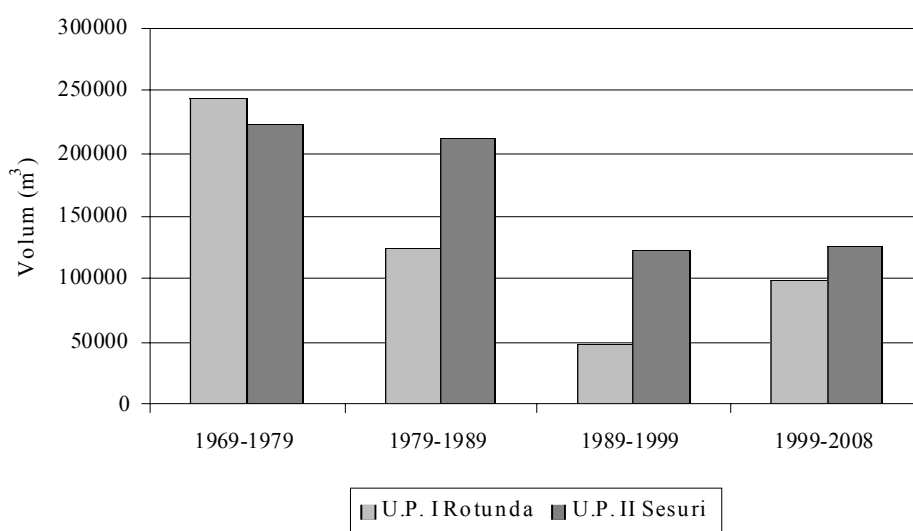


Fig. 10 Dinamica în timp a volumului total al produselor accidentale recoltate și volumul prognozat
Dynamics of total volume of accidental products harvested and the estimated volume

în baza acestuia putându-se realiza și o cartare de detaliu pentru fiecare unitate amenajistică, obținându-se astfel hărți de risc.

Pentru fiecare zonă de risc se vor aplica măsurile silvotehnice specifice de creștere a rezistenței la doborâturi produse de vânt prevăzute în normativele pentru alegerea schemelor și compozițiile de împădurire, aplicarea lucrărilor de îngrijire și conducere a arboretelor, aplicarea tratamentelor. Sintetic pentru zona montantă lucrările silvotehnice necesare să se aplica în zonele cu vulnerabilitate ridicată sunt prezentate în lucrarea Barbu și Cenușă, 1987. Asigurarea protecției arboretelor împotriva doborâturilor produse de vânt și a rupturilor de zapadă prin aplicarea blocurilor și succesiunilor de tăieri și a lucrărilor de îngrijire a arboretelor.

4 CONCLUZII

Doborâturilor produse de vânt constituie principalul factor perturbator al ecosistemelor montane având efecte negative atât pe plan ecologic, prin modificările structurale pe care le induce, cât și pe plan economic prin pierderile de valoare a volumului lemnos și a perturbațiilor determinate în aplicarea coerentă a planurilor de management forestier. Doborâturile produse de vânt au constituit și reprezintă în continuare o problemă stringentă a cercetării silvice, actualitatea lor accentuându-se în noile condiții generate de necesitatea elaborării de sisteme silvotehnice de gestionare durabilă a pădurilor.

Trecerea la o silvicultura rațională, pe baze ecologice, conservarea, protejarea și dezvoltarea pe baze durabile a acestor ecosisteme complexe constituie în prezent una dintre marile probleme ale silviculturii moderne. Realizarea acestor obiective strategice ale silviculturii românești, de dezvoltare și gestionare durabilă a fondului forestier național, impune cunoașterea principalilor factori care provoacă dezechilibre ecologice, cauzele apariției acestora, caracteristicile, amploarea, modul cum acționează și se localizează, precum și măsurile care se impun pentru prevenirea și diminuarea efectului lor. Necesitatea elaborării și implementării unui **sistem silvotehnic diferențiat**, fundamentat pe un **sistem de cartare** realist și eficient, se impune tot mai pregnant. Tendințele actuale pe plan internațional în domeniul managementului riscurilor, și în special al riscului la doborâturi produse de vânt, impun o clasificare a acestui factor perturbator în raport cu intensitatea și amploarea sa în două mari grupe: doborâturi produse de vânt cu efecte catastrofale și doborâturi produse de vânt endemice. Particularitățile fiecărui tip de doborâtură impun metode și tehnici specifice de investigare, modelare și prognoză. Sistemele de cartare a riscului la doborâturi produse de vânt implementate sau propuse la nivel teoretic în literatura străină oferă numeroase exemple de criterii specifice, eficiente de delimitare a zonelor vulnerabile. Majoritatea acestor sisteme de cartare analizate sunt adaptate pentru doborâturilor endemice, considerându-se pentru prognoză doborâturilor catastrofale necesitatea utilizării unor tehnici de modelare și simulare particulare din domeniul analizei valorilor extreme. Integrarea facilităților oferite de tehnicile informatice în managementul și analiza datelor precum și posibilitățile de prelucrare prin metode GIS a datelor spațiale constituie baza sistemelor de cartare a riscului. Sistemele de cartare actuale a riscului la doborâturi produse de vânt au un caracter general oferind criterii subiective de estimare a vulne-rabilității arboretelor.

Analiza detaliată efectuată la nivelul direcției silvice Suceava a pus în evidență o pondere foarte ridicată a produselor accidentale în totalul volumului exploatat în ultimele 2 decenii. Se recomandă introducerea în planurile de amenajament a volumului probabil al doborâturilor produse de vânt, mai ales în zonele cu risc ridicat, evitându-se astfel precomptările cu produsele principale, contrar concepției actuale conform căreia posibilitatea de produse accidentale prevăzută de amenajament este

nulă. Adoptarea acestei soluții va permite o fundamentare mai corectă a planurilor de recoltare a produselor principale în raport cu urgențele de regenerare. În condițiile actuale produsele accidentale se precomptează din produsele principale și practic, pentru anumite ocoale silvice cum este și zona studiată, aplicarea planurilor de amenajament este o iluzie, planul decenal de recoltare a produselor principale fiind aplicat numai în primii ani. Pentru cunoașterea volumului probabil al produselor accidentale provenite din doborâturi produse de vânt se propune și exemplifică un model simplificat de prognoză a volumului probabil al doborâturilor produse de vânt. Această metodologie de calcul se poate și trebuie aplicată la nivelul fiecărei unități de producție oferind posibilitatea optimizării planurilor decenale de recoltare a produselor principale în raport cu cerințele arboretelor și o aplicare reală a acestora.

Toate cercetările desfășurate își găsesc o aplicabilitate directă în cadrul ocoalelor silvice din zona montană în care doborâturile produse de vânt reprezintă principalul factor perturbator al producției și aplicării coerente a planurilor de amenajament.

BLIOGRAFIE:

BARBU, I., 1985. Rata doborâturilor produse de vânt - indicator sintetic de prognoză. Manuscris ICAS. 13 p.

DISSESCU, R., 1962. Frecvența daunelor produse de vânt și eșalonarea măsurilor amenajistice de protecție. Revista pădurilor. 10.

DISSESCU, R., S. PURCELEAN, C. DONCIU et al., 1962. Doborâturile produse de vânt în anii 1960 - 1961 în pădurile din Republica Populară Română. Ed. Agro- Silvică. București.

FAURE, A., J. PELLET, 1984. Determination des efforts exercés par le vent sur un arbre. Agronomie. 4(1) p. 83-90.

FOURNIER, M., P. ROGIER, E. COSTES, M. JAEGER, 1993. Modelisation mecanique des vibrations propres d'un arbre soumis aux vents, en fonction de sa morphologie. Annales des Sciences Forestieres. 50.

FREDERICKSEN, T.S., R.L. HEDDEN, S.A WILLIAMS, 1993. Testing lobloly pine wind firmness with simulated wind stress. Canadian Journal of Forest Research. 23.

GARDINER, B.A., C.P. QUINE, 2000. Management of forests to reduce the risk of abiotic damage- a review with particular reference to the effects of strong winds. Forest Ecology and Management. 135. p. 261-277.

ICHIM, R., 1990. Gospodărirea rațională pe baze ecologice a pădurilor de molid. Ed. Ceres. București. 186 p.

POPESCU - ZELETIN, I., 1951. Mărirea rezistenței la vânturi a arboretelor prin măsuri amenajistice. Secția de științe biologice. Academia R.P.R.

ICHIM, R., 1976. Doborâturile de vânt din pădurile județului Suceava. ICAS .Seria a II-a. București.

ICHIM, R., 1980. Unele măsuri privind reconstrucția ecologică a pădurilor de molid din Bucovina, calamitate de zăpadă. Revista pădurilor 6. p. 353-357.

ICHIM, R., I. BARBU, 1981. Rupturile și doborâturile provocate de zăpadă în pădurile județului Suceava. I.C.A.S. Seria II.

MAYHEAD, G.J., 1973. Swan periods of forest trees. Scottish Forestry. 27 (1).

MILNE, R., 1986. Methods of modelling tree stem bending under wind loading. Minimizing wind damage to coniferous stands. CEE. Lovenholt Castle. Denmark.

MILNE, R., 1991. Dynamics of swaying of *Picea sitchensis*. Tree Physiology. 9.

- MORGAN, J., M.G.R. CANNELL, 1994. Shape of tree stems a re-examination of the uniuiform stress hypothesis. *Tree physiology*. 14 (1).
- PAPESCH, A.J., J.R. MOORE, A.E. HAWKE, 1997, Mechanical stability of *Pinus radiata* trees at eyrewell forest investigated using static tests, *New Zealand Journal of Forest Science*, vol. 27, p. 188-204.
- PELTOLA, H., KELLOMAKI, S (Eds.), 1998. *Silvicultural strategies for predicting damage to forests from wind, fire and snow*, University of Joensuu, Faculty of Forestry, Finland.
- PELTOLA, H., S. KELLOMAKI, A. HASSINEN, M. GRANANDER, 2000. Mechanical stability of Scots pine, Norway spruce and birch: an analysis of tree-pulling experiments in Finland. *Forest Ecology and Management*.135.p. 143-153.
- PELTOLA, H., 1995. *Studies on the mechanism of wind-induced damage of scots pine*. Academic dissertation. Faculty o Forestry. University of Joensuu. Finland.
- POPA, I., 1998. Cuantificarea riscului apariției catastrofelor naturale in ecosistemele forestiere cu funcția Weibull. *Revista pădurilor*, 3-4. p.75-81.
- POPA, I., 2000. Sisteme de cartare a zonelor de risc la doborâturi produse de vânt. *Revista pădurilor*. 4. p. 35-41.
- SKATTER, S., B. KUCERA, 2000. Tree breakage from torsional wind loading due to crown asymmetry. *Forest Ecology and Management*.135.p. 97-103.
- TALKKARI, A.,PELTOLA, H.,KELLOMAKI, S.,STRANDMAN, H.,2000. Integration of component models from the tree, stand and regional levels to assess the risk of wind damage at forest margins. *Forest Ecology and Management*. 135:303-313
- VALINGER, E., L. LUNDQVIST, L. BONDESSON, 1993. Assessing the risk of snow and wind damage from tree physical characteristics. *Forestry*. 66 (3).
- VALINGER, E., J. FRIDMAN, 1997. Modelling probability of snow and wind damage in Scots pine stand using tree characteristics, *Forest Ecology and management*, vol. 97, p. 215-222.