



UNIVERSITATEA „ȘTEFAN CEL MARE” SUCEAVA
FACULTATEA DE SILVICULTURĂ

**CERCETĂRI PRIVIND STRUCTURA AUXOLOGIA ȘI
BIODIVERSITATEA ECOSISTEMELOR FORESTIERE
SITUATE PE STAȚIUNI EXTREME DIN BAZINUL
BISTRITEI**

- rezumat teză de doctorat –

Îndrumător științific: C. S.I Dr ing Ionel POPA

Doctorand: ing. Gheorghe BÎRSAN

Suceava, 2018



Universitatea
Ștefan cel Mare
Suceava

DECIZIA D 180 / 12.11.2018

privind constituirea comisiei pentru susținerea publică a unei teze de doctorat

În conformitate cu prevederile H.G. nr. 26/12.01.2017 privind organizarea și funcționarea Ministerului Educației Naționale, Anexa 3, punctul 39, prin care se instituționalizează Universitatea Ștefan cel Mare din Suceava;

În conformitate cu HG 681 din 29.06.2011 - Codul Studiilor universitare de doctorat;
Având în vedere aprobarea conducerii Universității;

Rectorul Universității „Ștefan cel Mare” din Suceava emite prezenta decizie:

Art. 1 - Se numește comisia de doctorat pentru susținerea publică a tezei de doctorat în data de **7.12.2018**, cu titlul: **“CERCETĂRI PRIVIND STRUCTURA, AUXOLOGIA ȘI BIODIVERSITATEA ECOSISTEMELOR FORESTIERE SITUATE PE STAȚIUNI EXTREME DIN BAZINUL BISTRITEL”**,

elaborată de **BÎRSAN A. Gheorghe**,
înmatriculat la data de 1.10.2013,
forma de învățământ: cu frecvență, fără taxă,
DOMENIUL: **Silvicultură**

PREȘEDINTE:

- Prof.univ.dr. ing. Laura BOURIAUD, reprezentant IOSUD, Universitatea „Ștefan cel Mare” din Suceava;

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC:

- Cerc. științ. gr. I dr. ing. Ionel POPA, Universitatea „Ștefan cel Mare” din Suceava;

REFERENȚI:

1. Conf. univ. dr. ing. Florin CLINOVSCHI, Universitatea „Ștefan cel Mare” din Suceava;
2. Cerc. științ. gr. II dr. ing. Constantin NECHITA, Institutul Național de Cercetare – Dezvoltare în Silvicultură Marin Drăcea - Câmpulung Moldovenesc;
3. Cerc. științ. gr. II dr. ing. Ștefan LECA, Institutul Național de Cercetare – Dezvoltare în Silvicultură Marin Drăcea – București.

Art. 2. – Direcția Economică respectiv serviciul Secretariat - doctorat vor duce la îndeplinire dispozițiile prezentei decizii.

RECTOR,
Prof. univ. dr. ing. Valentin POPA



SECRETAR ȘEF UNIV.,
Jurist Maria MUSCĂ

R.M.N./C.Sk./ 1 ex.

Universitatea "Ștefan cel Mare" Suceava, Str. Universității nr. 13, 720 229 Suceava, România
Tel: +40 230 520 081, Fax: +40 230 520 080, Web: www.usv.ro

CUPRINS

PREFAȚA	4
1. INTRODUCERE.....	5
2. SCOPUL ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRILOR.....	6
3. STADIUL CUNOȘTINȚELOR.....	6
3.1 Elemente privind structura arboretelor.....	6
3.2 Elemente privind creșterea și dezvoltarea arboretelor	7
3.3 Elemente privind modelarea structurii și a creșterii arboretelor	8
3.4 Elemente caracteristice vegetației pe stațiuni extreme.....	8
4. LOCUL CERCETĂRILOR. MATERIALUL ȘI METODA DE CERCETARE	9
4.1 Zona de studiu. Caracterizare generală	9
4.1.1 Date climatice.....	9
.....	9
.....	10
<i>Regimul pluviometric. Acest indicator climatic este caracterizat prin:precipitații medii multianuale 900 mm, cu o repartiție lunară specifică.</i>	11
.....	11
4.2 Locul cercetărilor	12
4.3 Metodologia de cercetare	13
4.3.1 Culegerea și înregistrarea informațiilor de teren.....	13
4.3.2 Analiza și prelucrarea statistică a datelor.....	14
5.1. Structura arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței	18
5.2 Parametrii de stabilitate în arborete ce vegetează pe stațiuni extreme în Bazinul Bistriței	28
5.2.1 Coeficientul de zveltețe.....	28
5.2.2 Lungimea relativă a coroanelor	29
5.2.3 Centrul de greutate al coroanei.....	31
5.3. Regenerarea arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței	31
5.4 Auxologia arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței	35
5.4.1. Structura arboretelor din suprafețele experimentale în raport cu creșterea radială	35
5.4.2 Cercetări dendrocronologice în arborete situate pe stațiuni extreme în bazinul Bistriței.....	40
5.4.3. Creșterea în suprafața de bază în arborete ce vegetează pe stațiuni extreme	44
5.4.4. Creșterea în volum în arborete ce vegetează pe stațiuni extreme	44

5.4.5. Indici pentru caracterizarea dinamicii creşterii şi dezvoltării la nivel de arboret în ecosisteme ce vegetează pe staţiuni extreme.....	45
5.4.5.1 Coeficientul dominanţei creşterii	45
5.4.4.2 Relaţia creştere-mărime.....	47
5.5 Biodiversitatea arboretelor ce vegetează pe staţiuni extreme din Bazinul Bistriţei	49
5.5.1. Biodiversitatea arboretelor ce vegetează pe staţiuni extreme din Bazinul Bistriţei în raport cu etajul arborilor.....	49
5.5.2. Biodiversitatea arboretelor ce vegetează pe staţiuni extreme din Bazinul Bistriţei în raport cu etajul plantelor şi al puieţilor	50
5.5.3. Caracterizarea unor arborete ce vegetează pe staţiuni extreme folosind indicii ecologici ai speciilor de plante cormofite	53
5.5.4 Biodiversitatea arboretelor ce vegetează pe staţiuni extreme din Bazinul Bistriţei în raport cu omogenitatea structurală	53
6. CONCLUZII ŞI CONTRIBUȚII PERSONALE	56
6.1 Concluzii	56
6.1.1 Structura arboretelor ce vegetează pe staţiuni extreme din Bazinul Bistriţei	56
6.1.2 Regenerarea arboretelor ce vegetează pe staţiuni extreme din Bazinul Bistriţei	56
6.1.3 Auxologia arboretelor ce vegetează pe staţiuni extreme din Bazinul Bistriţei	57
6.1.4 Biodiversitatea arboretelor ce vegetează pe staţiuni extreme din Bazinul Bistriţei	57
6.2 Contribuții personale	58
Research methodology	62
The structure of the stands that grow on extreme sites.	62
The structure of the stands that grow on extreme sites in Bistrita River Basin	63
The revival of the stands that grow on extreme sites in Bistrita River Basin	63
The auxology of the stands that grow on extreme sites in Bistrita River Basin	63
The biodiversity of the stands that grow on extreme sites in Bistrita River Basin .	64
Personal contributions	65

PREFAȚA

Stațiunile extreme reprezintă locuri specifice în componentele vegetației, care, împreună cu solul și factorii de mediu formează un întreg, ce prin continuitate contribuie la menținerea echilibrului în natură.

În condițiile în care încălzirea globală devine tot mai accentuată, este necesară și combaterea efectelor factorilor dăunători, pădurea având, pe lângă rolul ei economic în acest caz și un rol important pentru componentele vieții oamenilor.

Tocmai de aceea managementul actual al pădurilor prevede continuitatea, conservarea, protejarea și dezvoltarea pădurilor, exploatarea economică rațională și menținerea echilibrului ecologic.

Datorită puținelor cercetări științifice în ecosistemele forestiere situate pe stațiuni extreme, actualul studiu, în domeniul structurii, auxologiei și biodiversității arboretelor situate pe stațiuni extreme pe bazinul Bistriței, s-a considerat oportun.

Desfășurarea cercetărilor și elaborarea tezei de doctorat s-au realizat sub îndrumarea domnului cercetător științific gradul I dr. ing. Ionel POPA, director la Institutul Național de Cercetare – Dezvoltare în Silvicultură „Marin Drăcea” stațiunea Câmpulung Moldovenesc și membru corespondent al Academiei de Științe Agricole și Silvicultură.

Vreau să mulțumesc în primul rând, conducătorului de doctorat, domnului cercetător științific gradul I dr. ing. Ionel POPA, pentru faptul că m-a acceptat ca doctorand. Apoi îi mulțumesc pentru ajutorul, răbdarea, tactul, diplomația și profesionalismul avut în îndrumarea pașilor mei spre domeniul cercetării. Și nu în ultimul rând pentru modul în care pe tot parcursul cercetărilor și mai ales în momentele de impas mi-a împărtășit din experiența și profesionalismul dumnealui alegând întotdeauna varianta optimă de rezolvare a problemelor apărute.

Vreau să le mulțumesc frumos și celor care mi-au fost referenți conf. dr. ing. Cătălin ROIBU, conf. dr. ing. Florin CLINOVSCI și conf. dr. ing. Ciprian PALAGHIANU, care în urma analizei după susținerea referatelor prezentate pe parcursul anilor de studiu, cu multă bunăvoință și căldură m-au sprijinit și mi-au dat recomandări ce au dus la îmbunătățirea continuă a tezei de doctorat.

Mulțumesc de asemenea cadrelor didactice de la Facultatea de silvicultură Suceava care au contribuit la formarea mea profesională ca inginer silvic și ca masterand.

Un deosebit respect am pentru domnul dr. Cezar TOMESCU, cu care am colaborat la capitolul biodiversității plantelor și căruia țin să-i mulțumesc pe această cale.

Apoi, de mare ajutor, prin maniera elegantă de a mă îndruma, a fost și domnul dr. ing. RaduVLAD, de la Institutul Național de Cercetare – Dezvoltare în Silvicultură „Marin Drăcea”, stațiunea Câmpulung Moldovenesc.

Sincere mulțumiri pentru sfaturi și încurajări adresez și domnului dr. ing. Cristian SIDOR de la Institutul Național de Cercetare – Dezvoltare în Silvicultură „Marin Drăcea” stațiunea Câmpulung Moldovenesc. De asemenea și domnului tehnician Dumitru VLĂDEANU îi mulțumesc pentru promptitudine și punctualitate.

Personalului de la Ocolul silvic Crucea îi mulțumesc pentru colaborare și ajutor.

Multă recunoștință am și pentru copiii mei Alexandra, Cătălin și Oana-Paraschiva care de multe ori au fost cu mine pe teren dar și soției mele Liliana care ne aștepta acasă răbdătoare și înțelegătoare.

Această lucrare este dedicată celor două femei care au fost alături de mine tot timpul una din cer și cealaltă de aici de pe pământ. Acestea sunt mama mea și soția mea Liliana căreia îi mai spun încă o dată că o iubesc.

1. INTRODUCERE

Pădurea este unul dintre ecosistemele cele mai complexe din punct de vedere ecologic care în decursul timpului și-a dezvoltat mecanisme proprii de autoreglare în fața acțiunii factorilor destabilizatori. Ecosistemul pădure are o longevitate mare, el fiind în continuă transformare și evoluție.

Arboretele care vegetează pe stațiuni extreme au un efect deosebit de favorabil asupra stabilității solului datorită sistemului de înrădăcinare specific al arborilor, arbuștilor precum și a păturii erbacee. Acestea însă pot fi afectate de doborâturi produse de vânt datorită volumului edafic mic al solului care nu permite pătrunderea profundă a rădăcinilor în sol în acest fel realizându-se o anumită stabilitate a acestora. În ceea ce privește caracteristicile terenului unei stațiuni extreme, panta pare să fie un factor negativ pentru creșterea vegetației influențând adâncimea solului și mai ales a fertilității acestuia, gradul de saturație a apei din sol. Aceasta poate influența negativ dar și pozitiv arboretele care vegetează pe stațiuni extreme. De obicei stațiunile cu pante mari au prezentat arborete cu densități și producții mici. De asemenea volumul edafic mic al solului de pe aceste terenuri este un al doilea factor determinant al stațiunilor extreme. Topografia terenului poate fi și ea un factor care influențează stațiunile extreme

Pe stațiuni extreme, pentru a avea continuitate, arboretele trebuie să aibă o anumită structură, ce optimizează funcțiile de producție și de protecție asigurând astfel stabilitatea optimă și eficacitatea polifuncțională a ecosistemelor forestiere.

Studiul structurii, auxologiei și biodiversității arboretelor situate pe stațiuni extreme sunt elemente deosebit de importante pentru gestionarea durabilă a resurselor forestiere, atât pentru fundamentarea pe baze naturale a intervențiilor silvotehnice cât și pentru adaptarea silvotehnicii moderne la schimbările climatice globale.

Totalitatea vietuitoarelor unui ecosistem reprezintă biodiversitatea acestuia. Biodiversitatea este considerată a avea patru componente, din perspectiva cunoașterii științifice aplicative: diversitatea ecosistemică, diversitatea de specii, diversitatea genetică și diversitatea etnoculturală.

Suprafețele experimentale permanente pentru studiul structurii, creșterii și biodiversității arboretelor de pe stațiuni extreme, în cazul lucrării de față sunt amplasate în Bazinul râului Bistrița în aval de Zugreni, fiind caracterizate de un relief accidentat și brăzdat de numeroase văi. Panta medie a terenului este de 29° versanții direcți ai Bistriței fiind foarte

abrupți. Expoziția generală determinată de cursul râului Bistrița este nord-estică și sud-vestică, dar datorită rețelei hidrografice secundare foarte bogată și fragmentării terenului se întâlnește întreaga gamă de expoziții. Aspectul pantei are efecte semnificative asupra compoziției, structurii și densitatea comunităților de plante în curs de dezvoltare. Structura se schimbă semnificativ în funcție de expoziție (nord și sud), fiind influențată și de gradientul de precipitații. Altitudinal, se înregistrează o amplitudine foarte mare, de la 650 m până la 1790 m.

Lucrarea de față reprezintă o premieră în acest domeniu și pentru zona respectivă, de aceea, se dorește, ca aceasta să aducă un mic aport la cercetările privind ecosistemele ce vegetează pe stațiuni extreme.

2. SCOPUL ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRILOR

Cercetările au drept scop prezentarea unor elemente noi, fundamentate științific, referitoare la structura, creșterea și dezvoltarea, respectiv a biodiversității unor ecosisteme forestiere ce vegetează pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței.

Pentru atingerea scopului propus, s-a urmărit îndeplinirea următoarelor obiective:

- identificarea unor elemente structurale specifice arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței;
- evidențierea caracteristicilor regenerării arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței;
- analiza specificității auxologice în arborete ce vegetează pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței;
- cuantificarea unor elemente dendrocronologice în arborete ce vegetează pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței.
- determinarea principalelor elemente caracteristice biodiversității, în arborete ce vegetează pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței;

3. STADIUL CUNOȘTINȚELOR

3.1 Elemente privind structura arboretelor

Starea ecosistemelor forestiere este o problemă deosebit de importantă, deoarece descrie schimbările în structura pădurilor de-a lungul timpului. Aceasta poate fi prezentată prin utilizarea atributelor specifice de vârstă, diametru, înălțime, abundență, densitate, etc.

Amestecul de specii în păduri este descris în relație cu potențialul de a influența ecologia, productivitatea și mediul socio-economic al ecosistemelor (Knoke et al., 2005).

Studii recente s-au preocupat de structura (dinamica) pădurilor. Managementul ecosistemelor forestiere, parțial bazat pe o mai bună înțelegere a regimului perturbărilor naturale, este în general considerată abordarea cea mai promițătoare pentru preocupările legate de biodiversitate.

Creșterea eterogenității orizontale și verticale a structurii arboretelor este legată de numărul de specii rezultând o mai mare stabilitate ecologică. Lucrările silvotecnice pot modifica structura arboretelor cu un rol important în diversitatea și stabilitatea ecologică (Pretsch, 1998; Humphrey et al., 2000).

Cercetări recente în problema modului în care diferite specii de arbori ocupă spațiul de creștere (orizontal și vertical), în arboretele amestecate sunt esențiale pentru a înțelege dinamica și structura lor (Jaehn, Dohrenbusch, 1997). Există, de asemenea, o serie de indicatori care combină mai multe atribute ale structurii arboretului în cadrul aceluiași indice (Pommerening, 2002).

Densitatea arboretului este un concept general folosit în ecologie pentru a cuantifica abundența unei specii pe unitatea de suprafață într-un ecosistem

În arboretele de amestec, arborii din două sau mai multe specii ocupă terenul în aranjamente spațiale adesea complexe, care se pot modifica în timp (del Río et al., 2015).

Tiparul spațial orizontal al arborilor este un atribut important al structurii arboretului, care are o influență ecologică directă în multe procese din ecosistemele forestiere, cum ar fi creșterea și productivitatea, stabilitatea arboretului sau capacitatea de regenerare

Structura verticală a arboretelor în amestecuri afectează principalele procese în dinamica arboretului, modificarea ofertei, captarea și eficiența utilizării resurselor iar în final interacțiunile intra și inter-specifice

Distribuția dimensiunilor arborilor într-un arboret poate fi înțeleasă ca o proprietate care se desprinde din datele indivizilor, prin urmare, reprezintă o scară intermediară între arbore și arboret

Cercetările recente în domeniul structurii arboretelor se bazează din ce în ce mai mult pe simularea și modelarea statistico-matematică. Un model detaliat 3D structural al profilului vertical alunei păduri de conifere a fost dezvoltat bazat pe semnale de reflexie optică și microunde

Relațiile spațiale dintre arbori joacă un rol important în dinamica ecosistemelor forestiere care reglementează împreună cu alți factori procesele de concurență, creștere, mortalitate și regenerare ale unei comunități de plante (Dieckmann et al., 2000)

Concurența între arbori nu este simetrică, de obicei, un arbore mare influențează unul mic dar nu și invers, cel puțin în cazul în care dimensiunile arborilor sunt foarte diferite (Weiner, 1990)

Structura spațială a pădurilor complexe rezultă din interacțiuni competitive dintre arbori, care este unul dintre cele mai importante procese ecologice care influențează dezvoltarea pădurilor

3.2 Elemente privind creșterea și dezvoltarea arboretelor

Informații privind producția pădurilor sunt extrem de importante pentru o gamă largă de aplicații de mediu.

În mod tradițional, din punct de vedere ecologic, productivitatea pădurilor poate fi afectată de factori de mediu care, pot permite o maximizare a productivității. Factori precum clima, precipitațiile, chimia solului și poziția topografică sunt toate considerate ca fiind variabile-cheie care influențează producția (Austin et al., 1990)

Abordarea cea mai comună pentru a estima creșterea pădurilor este dezvoltarea relațiilor dintre creștere și măsurători directe ale mărimii și greutateii plantelor sau a unor părți de plante.

Seceta este un factor cheie care afectează procesele ecosistemelor forestiere la diferite scări spațio-temporale

Pădurile montane în general au o vitalitate corespunzătoare și pot tolera o anumită schimbare a climei.

Pe măsură ce dezvoltarea înălțimii unui arboret este legată de multe caracteristici structurale, este frecvent utilizată pentru caracterizarea dinamicii arboretelor (Skovsgaard și Vanclay 2008)

Creșterea arborilor de diferite dimensiuni este adesea asimetrică, cea mai mare fiind la arbori cu vârste mai mari, datorită înălțimii lor superioare și prin urmare mai mare acces la lumină (Schwinning, Weiner 1998)

3.3 Elemente privind modelarea structurii și a creșterii arboretelor

Modelele referitoare la creșterea pădurii, de la simple diagrame la modele sofisticate elaborate utilizând calculatorul, au fost și sunt în continuare instrumente importante în gestionarea arboretelor.

Cu o istorie de peste 250 de ani, tabelele de producție pentru arborete pure sunt cele mai vechi modele în știința forestieră și în gestionarea pădurilor (Cotta, 1821).

Unul din primele modele ce simulau creșterea pădurilor a fost delimitat prin stabilirea așa numitor “modele ale generațiilor – modele deschise” (Botkin, 1972). “Modelele deschise” pot fi clasificate ca o categorie specială a modelelor la nivel de arbore, care definesc și urmăresc competiția individuală a arborilor în corelație cu creșterea acestora într-o anumită arie (Fischlin, 1995; Jorristma, 1999).

“Modelele deschise” și modelele la nivel de arbori sunt mult mai flexibile decât cele la nivel de arboret, dar în general se bazează pe relații descriptive dintre componentele arboretelor.

Modele specifice arboretelor ce depind de distanța dintre arbori, prezintă pădurea ca un mozaic dependent de distanța dintre porțiunile componente ale acesteia. Teoretic, dinamica fiecărei părți componente este descrisă folosind un model caracteristic unui arbore mediu, iar localizarea acestuia permițând includerea interacțiunilor dintre porțiunile adiacente.

Modele specifice arboretelor ce nu depind de distanța dintre arbori (modele specifice arborilor medii) au avut ca rezultat tabele de producție (Payandeh, Field, 1986; Giurgiu, Drăghiciu, 2004). Suprafața de bază și volumul sunt modelate câteodată împreună cu alte caracteristici ale arboretelor cum ar fi: numărul de arbori, diametrul mediu sau creșterea în înălțime.

Modelele concentrate pe estimarea creșterii diametrului central al suprafeței de bază și a altor caracteristici structurale folosesc relații empirice, înălțimea arborilor este estimată funcție de diametru sau vârstă (Chave, 1999; Bartelnik, 2000).

Modelele mecaniciste introduc mai multe funcții reprezentând creșterea și competiția (Bugman, 1996; Kellomaki, Vaisanen, 1997).

Un mare număr de modele ce simulează și prognozează creșterea și dezvoltarea arboretelor au apărut în ultimele decenii, pornind de la estimări empirice, întâmplătoare, a relațiilor cauzale și mergând până la cele mai complexe descrieri ale elementelor structurale specifice arboretelor (Popa, 1999)

3.4 Elemente caracteristice vegetației pe stațiuni extreme

Panta terenului, generatoare de stațiuni extreme, poate afecta stabilitatea vegetației în moduri diferite.

Topografia terenului este un factor major de distribuție a insolației și a proceselor hidrologice într-un ecosistem forestier (Suzaki et al., 2005)

Cele mai multe rezultate din literatura de specialitate indică faptul că cel mai important efect pozitiv al plantelor asupra stabilității pantei și terenului pe care se dezvoltă vegetația forestieră îl reprezintă înrădăcinarea arborilor (Hubble et al., 2013)

Cele mai multe dintre păduri cresc în zonele de munte iar stațiunea (panta) joacă un rol important.

Creșterea asimetrică a arborilor este o adaptare pentru a maximiza fotosinteza prin creștere ca răspuns la condițiile site-ului topografic (stațiuni extreme) vecini sau radiații solare primite (Getzin, Wiegand, 2007). Aspectul pantei este mai important pentru direcția de creștere asimetrică decât influența celui mai apropiat vecin

În stațiuni extreme înălțimea arborilor, forma, aspectul și panta pot influența toate dinamica de distribuție a luminii și a procesului de regenerare în ecosistemele forestiere (Marquis, 1965).

Funcția de bază a vegetației pe pante semnificative este de a consolida roca și masa de sol prin rădăcinile plantelor care măresc rezistența mărind astfel stabilitatea terenului cu vegetație forestieră.

Este bine cunoscut faptul că pădurile joacă un rol esențial în prevenirea eroziunii și a alunecărilor de teren

4. LOCUL CERCETĂRIILOR. MATERIALUL ȘI METODA DE CERCETARE

4.1 Zona de studiu. Caracterizare generală

Cercetările din prezenta lucrare au fost localizate, din punct de vedere geografic, pe cursul mijlociu al bazinului Bistriței, zona Zugreni-Broșteni, pe versantul estic al Carpaților Orientali.

4.1.1 Date climatice

Datele climatice referitoare la temperatură și precipitații au fost preluate de la stația meteorologică Rarău pentru o perioadă de 40 de ani (1961-2000).

Conform datelor furnizate zona analizată se încadrează la precipitații medii anuale de circa 900mm cu maximul pe timp de vară și temperatură medie anuală sub 12°C cu maxim în lunile iulie, august.

Regimul termic. Temperatura aerului prezintă oscilații lunare și anuale, care au un caracter pronunțat mai ales între zonele înalte și cele joase: valoarea medie a gradientului termic este cuprinsă între 0,8-1,0°C la 100 m altitudinali.

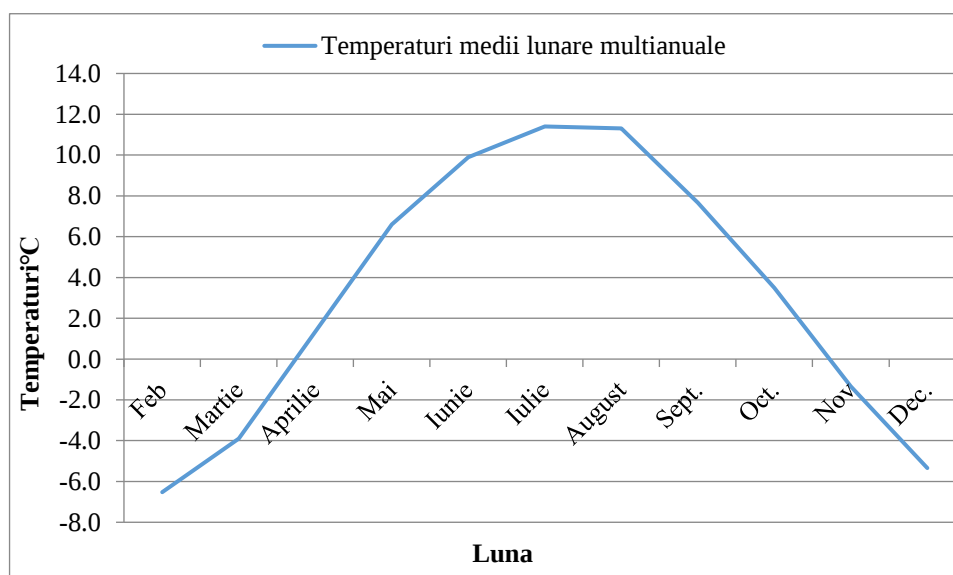


Fig. 4.1. Graficul temperaturilor medii lunare multianuale

Temperatura medie multianuală este de $2,4^{\circ}\text{C}$ (Fig.4.2) și variază cu altitudinea de la $4,5^{\circ}\text{C}$ la $1,4^{\circ}\text{C}$. Temperaturile medii lunare cele mai ridicate corespund lunilor iulie-august ($11-12^{\circ}\text{C}$), iar cele mai scăzute lunilor ianuarie-februarie ($-8^{\circ} - -10^{\circ}\text{C}$). Temperatura medie a sezonului de vegetație este de $12,6^{\circ}\text{C}$. Acesta începe în luna aprilie și se termină în septembrie, având o lungime de 210 zile. (Fig 4.1)

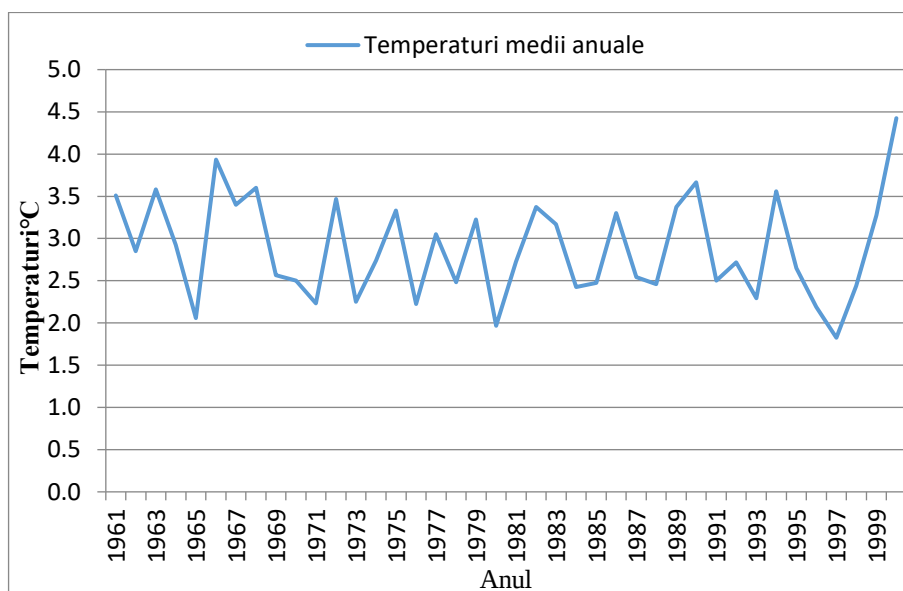


Fig4.2.Graficul temperaturilor medii anuale(1960-2000)

În perioadele de regim anticiclonic, bazinul Bistriței este acoperită de un strat gros de ceață (100-150 m) în timp ce zonele mai ridicate sunt însorite, ceea ce determină inversiuni termice.

Elementele prezentate asigură un grad de favorabilitate mare pentru molid și mijlocie pentru brad, fag și celelalte specii.

Regimul pluviometric. Acest indicator climatic este caracterizat prin:precipitații medii multianuale 900 mm, cu o repartiție lunară specifică.

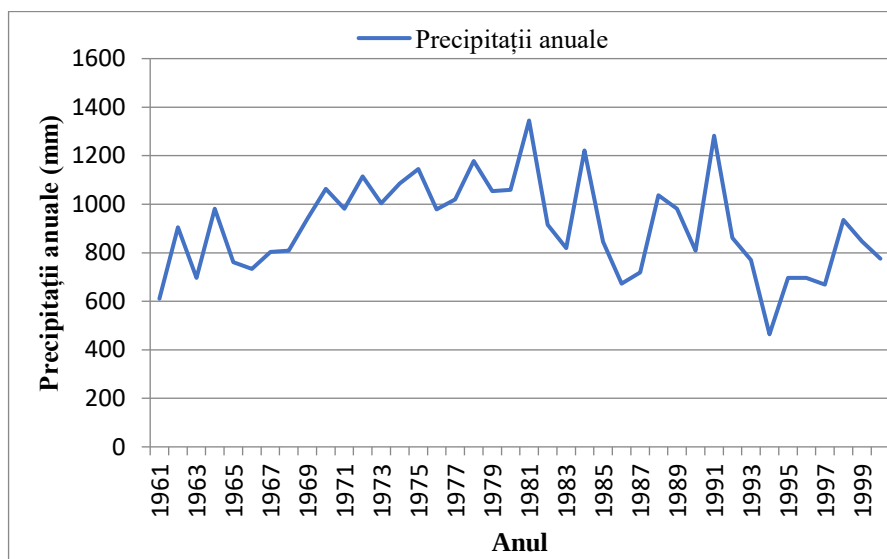


Fig 4.3. Graficul precipitațiilor anuale(1961-2000)

Precipitațiile medii anuale pentru zona forestieră din suprafața de studiu sunt de 907 mm, din care circa 500 mm cad în perioada de vegetație, ceea ce favorizează dezvoltarea unor specii mezofile cum sunt: molidul, bradul, fagul, paltinul de munte, teiul pucios(Figura 4.3).

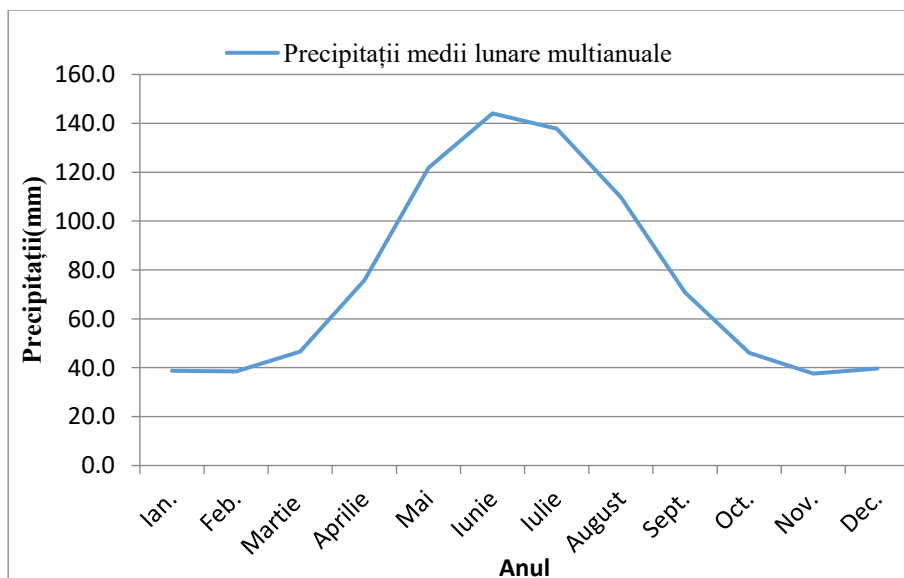


Fig. 4.4.Graficul precipitațiilor medii lunare multianuale

Cele mai ploioase luni sunt iulie și august cu 130-140mm,iar cele mai secetoase noiembrie și februarie cu 300-400mm.

În urma prezentării datelor climatice de mai sus tragem concluzia că zona este favorabilă dezvoltării vegetației forestiere și anume: pentru păduri de molid în zona inferioară spre Bazinul Bistriței, respectiv pentru păduri de amestec de rășinoase cu fag, odată cu creșterea altitudinii.

Ca o particularitate a zonei respective sunt arboretele de tei, denumite teișuri montane apărute în mod natural și care sunt reprezentate sub forma unei benzi în imediata vecinătate a văii Bistriței pe malul stâng tehnic care are o lățime variabilă și unde umiditatea relativă a aerului este mai ridicată.

4.2 Locul cercetărilor

Studiile de cercetare efectuate pentru cunoașterea elementelor caracteristice structurii respectiv auxologiei arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme de pe Bazinul Bistriței au fost efectuate în anumite zone reprezentative și au fost localizate distinct în teren.

. Reprezentativitatea datelor primare a fost asigurată prin instalarea unui număr de 4 suprafețe experimentale în Ocolul silvic Crucea, după cum urmează: S1 – unitatea amenajistică 90DS2 – unitatea amenajistică 7A), S3 – unitatea amenajistică 69A și S4 - unitatea amenajistică 89A (Figura 4.5).

Suprafața experimentală S1. Arboretul este unul de tei pucios în amestec cu diverse specii, are compoziția (conform amenajamentului) 7Te2Fa1Pam, vârsta actuală de 130 de ani și este situat pe teren undulat, cu panta de 45° și expoziția terenului sud-vestică. În prezent, arboretul are o consistență de 0,7, subarboret și regenerare naturală slab la moderat instalate, vegetație erbacee prezentă, mediu dezvoltată (tip *Asperula-Dentaria*), litiera continuă-subțire. Tipul de stațiune pe care vegetează arboretul este „Montan de amestecuri, *Pm*, brun podzolic, edafic mijlociu cu *Festuca*”, tipul natural fundamental de pădure este „Teiș de munte amestecat” iar tipul de sol întâlnit este „Districambosol scheletic”. Solul este superficial cu roca la suprafață pe 0,3 din suprafață.

Suprafața experimentală S2. Arboretul este unul de molid în amestec cu alte specii, are compoziția (conform amenajamentului) 6Mo3Me1Pl, vârsta actuală de 75 de ani și este situat pe teren undulat, cu panta de 45° și expoziția terenului sud-vestică. În prezent, arboretul are o consistență de 0,8, regenerare naturală slab la moderat instalate, vegetație erbacee prezentă, mediu dezvoltată (tip *Asperula-Oxalis*), litiera continuă-subțire. Tipul de stațiune pe care vegetează arboretul este „Montan de amestecuri, *Pm*, brun podzolic, edafic mijlociu cu *Festuca*”, tipul natural fundamental de pădure este „Molidiș cu *Oxalis acetosella* pe soluri schelete” iar tipul de sol întâlnit este „Districambosol prespodic”.

Suprafața experimentală S3. Arboretul este unul de amestec în care specia principală de bază, molidul, se găsește în amestec cu mesteacăn și paltin de munte. Acesta are compoziția (conform amenajamentului) 7Mo2Me1Pam, vârsta actuală de 130 de ani; este situat pe teren undulat, cu panta de 50° și expoziția terenului nordică. Arboretul are o consistență de 0,5, subarboret și regenerare naturală slab instalate, vegetație erbacee prezentă, mediu dezvoltată (tip *Vaccinium*), litiera întreruptă-subțire. Tipul de stațiune pe care vegetează arboretul este „Montan de molidișuri, *Pi*, brun podzolic cu humus brut, edafic submijlociu și mic cu *Vaccinium myrtillus*”, tipul natural fundamental de pădure este „Molidiș cu *Vaccinium myrtillus*” iar tipul de sol întâlnit este „Podzol litic”. Solul este superficial cu roca la suprafață pe 0,6 din suprafață.

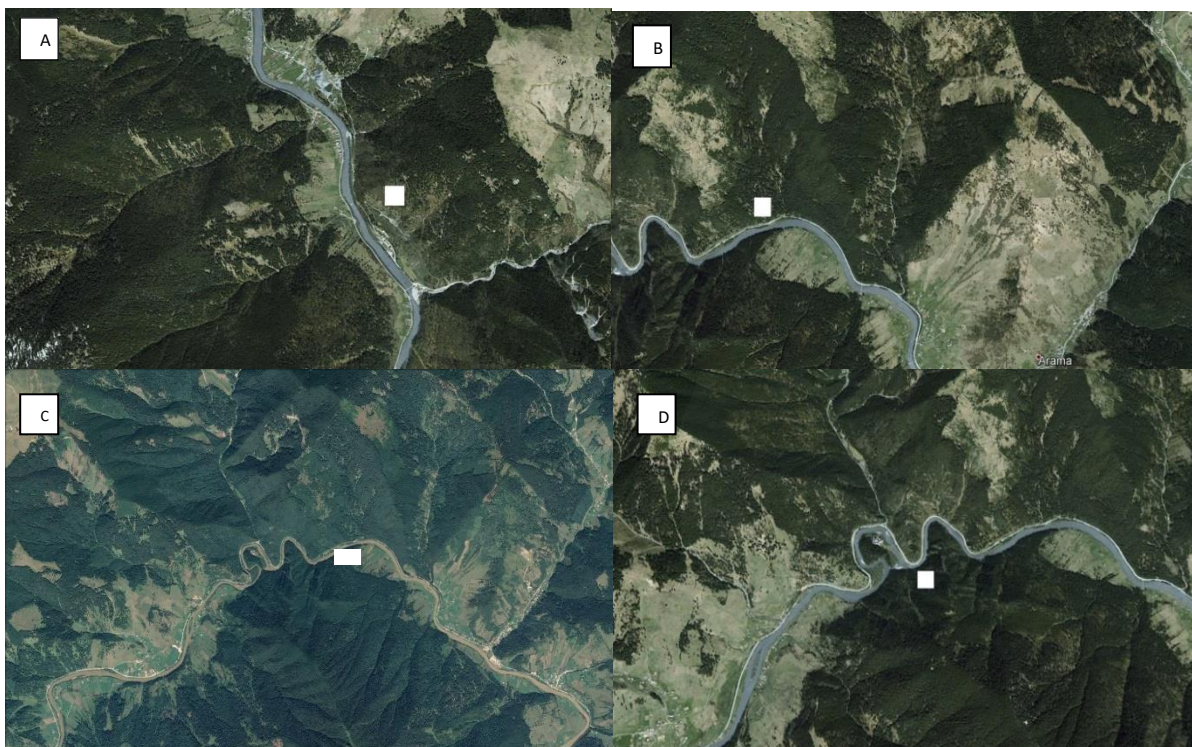


Fig. 4.5 Locul cercetărilor (A: S1 - unitatea amenajistică 90D; B: S2 - unitatea amenajistică 7A; C: S4 – unitatea amenajistică 69A; D: S3 - unitatea amenajistică 89A)

Suprafața experimentală S4. Arboretul este de asemenea unul de amestec în care specia principală de bază, molidul, se găsește în amestec cu mesteacăn și brad. Acesta are compoziția (conform amenajamentului) 8Mo1Me1BR, vârsta actuală de 90 de ani; este situat pe teren undulat, cu panta de 50° și expoziția terenului nordică. Arboretul are o consistență de 0,5, subarboret și regenerare naturală slab instalate, vegetație erbacee prezentă, mediu dezvoltată (tip *Vaccinium*), litiera întreruptă-subțire. Tipul de stațiune pe care vegetează arboretul este „Montan de molidișuri, Pi, podzolic cu humus brut, edafic submijlociu și mic cu *Vaccinium myrtillus*”, tipul natural fundamental de pădure este „Molidiș cu *Vaccinium myrtillus*” iar tipul de sol întâlnit este „Podzol litic”. Solul este superficial cu roca la suprafață pe 0,6-0,7 din suprafață.

4.3 Metodologia de cercetare

4.3.1 Culegerea și înregistrarea informațiilor de teren

Cercetările efectuate pentru cunoașterea elementelor caracteristice structurii, respectiv auxologiei arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței, au fost efectuate în anumite zone reprezentative și au fost localizate distinct în teren. Culegerea datelor primare a constituit principalul obiectiv al lucrărilor de teren.

Pentru prelucrarea primară a datelor și pentru analizele statistice propuse, s-a creat o bază de date constituită în conformitate cu scopul și obiectivele avute în vedere în actuala lucrare.

În lucrările de teren a fost folosită metoda suprafețelor experimentale de formă pătrată cu suprafața de 1,0 ha (100 m / 100 m) ca metodă de cercetare (Giurgiu, 1972).

Amplasarea în teren a suprafețelor experimentale permanente s-a efectuat cu ajutorul aparatului de măsură a suprafețelor (Vertex IV

Pentru o bună vizibilitate și orientare laturile suprafeței experimentale au fost marcate din loc în loc cu o bandă de vopsea verticală pe arborii de limită.

În cadrul suprafețelor experimentale permanente, arborii au fost numerotați cu vopsea albă, iar locul unde s-a măsurat diametrul de bază, la înălțimea de 1,3m în partea din amonte a arborelui a fost marcat prin litera T răsturnată.

După materializarea în teren a suprafețelor experimentale acestea au fost inventariate integral, fiind măsurate principalele caracteristici dendrometrice ale arborilor. Au fost inventariați toți arborii cu diametrul mai mare sau egal cu 8 cm din cuprinsul suprafețelor de probă permanente. În carnetele de inventariere au fost trecute următoarele caracteristici: numărul curent; specia; diametrul de bază în centimetri (ca medie a două diametre perpendiculare măsurate cu clupa forestieră); poziția cenotică a arborilor (clasa Kraft); înălțimea și înălțimea elagată (în metri) cu aparatul Vertex IV; două diametre perpendiculare ale coroanelor.

De asemenea în cadrul celor patru suprafețe experimentale permanente s-au executat profilele structurale ale arboretelor stabilindu-se poziția în coordonate carteziane (x, y) a fiecărui arbore din fiecare suprafață de 100 m² (10m / 10m).

Odată cu execuția profilului structural al arboretului s-a stabilit și poziția în coordonate carteziane (x, y) a semințișul natural existent. Acesta este figurat pe profilul structural al arboretelor pe specii și categorii de înălțime.

O altă operațiune executată în cele patru suprafețe a fost aceea a extragerii de carote de creștere radială. Acestea s-au extras în modul următor: pentru suprafața numărul 1, de la fiecare arbore cu diametrul mai mare de 10 cm iar pentru celelalte trei suprafețe pentru fiecare arbore, pe specii, pentru fiecare categorie de diametre. Carotele de creștere radială s-au extras cu burghiul Pressler.

Pentru estimarea biodiversității vegetației ierboase, s-a confecționat un pătrat cu latura de 1 metru care a fost împărțit cu ajutorul unei sfori și cuie în suprafețe de 100 cm² (10cm / 10cm). Inventarierea suprafețelor de 1 m² din fiecare suprafață de 100 m² s-a realizat cu ajutorul unui aparat de fotografiat, pătratul fiind fotografiat la unul din colțurile suprafeței de 100 m².

4.3.2 Analiza și prelucrarea statistică a datelor

Prelucrarea statistică a datelor a avut în vedere complexitatea relațiilor dintre caracteristicile măsurate în teren sau obținute la birou, și a fost pusă în evidență folosind metode și modele statistico-matematice aplicate în silvicultură, specifice obiectivelor de cercetare propuse.

Structura arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme.

Stabilirea principalelor elemente structurale generale ale arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme. Au fost calculați și prezentați următorii indicatori: compoziția arboretelor, numărul de arbori la hectar, suprafața de bază la hectar, volumul la hectar, respectiv indicele de desime.

Calculul acestora s-a realizat utilizând aplicațiile oferite de Microsoft Excel, precum și relațiile specifice utilizate în calculele dendrometrice pentru arboretele echine (Giurgiu, 1972, Giurgiu Drăghiciu, 2004).

Analiza statistică a unor parametrii biometrici în arborete ce vegetează pe stațiuni extreme. Dintre indicii distribuțiilor experimentale au fost cuantificați și reliefați: valorile medii (media aritmetică - $\bar{x}$) și indicii dispersiei (abaterea standard - s, coeficientul de variație - s%, valoarea minimă și valoarea maximă a variabilelor considerate).

Structura arboretelor în raport cu diametrul arborilor a fost analizată și caracterizată și prin ajustarea distribuțiilor experimentale cu o serie de repartiții teoretice și anume: repartiția

normală, respectiv cu repartiții continue (Pearson tip *beta* și *Gamma*) (Giurgiu, 1972; Leahu, 1994).

Ajustarea distribuțiilor experimentale cu ajutorul unor funcții de frecvență teoretice a impus și analiza statistico-matematică a semnificației diferenței dintre distribuțiile experimentale și distribuțiile teoretice adoptate. Au fost folosite în acest sens teste statistico-matematice specifice (testul χ^2) pentru compararea distribuțiilor (Giurgiu, 1972).

Pentru calculul distribuțiilor teoretice s-a utilizat aplicația statistică SilvaStat (Popa, 1999), care are la bază funcții de frecvență uzuale folosite în silvicultură (Giurgiu, 1979).

Analiza structurii spațiale a arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme exprimată prin intermediul profilelor structurale. Metoda profilelor structurale este caracterizată printr-o evidențiere expresivă a arboretelor în plan orizontal, vertical și tridimensional

De asemenea a fost folosită aplicația informatică PROARB 2.1. de exprimare grafică bi și tridimensională a structurii spațiale a arboretelor (Popa, 1999).

Parametrii de stabilitate în arborete ce vegetează pe stațiuni extreme au fost puși în evidență prin: (1) analiza coeficientului de zveltețe, (2) cuantificarea lungimii relative a coroanelor și (3) evidențierea centrului de greutate al coroanei.

Analiza coeficientului de zveltețe a urmărit prezentarea valorii coeficientului de zveltețe mediu pentru speciile componente ale arboretelor cercetate în relație cu domeniile de vulnerabilitate (vânt și zăpadă), precum și relația dintre diametru și coeficientul de zveltețe, raportat la domeniile de vulnerabilitate.

Prin *cuantificarea lungimii relative a coroanelor* s-a stabilit relația dintre diametrul de bază al arborilor și diametrul coroanei și corelația dintre diametru și lungimea relativă a coroanei (%).

Evidențierea centrului de greutate al coroanei pentru specia molid a avut în vedere relația dintre lungimea coroanelor la molid și poziția centrului de greutate a coroanelor (Barbu, Cenușă, 1987). Au fost stabilite corelația dintre diametru și înălțimea centrului de greutate al coroanei, respectiv curba înălțimii arboretului în relație cu înălțimea centrului de greutate al coroanei.

Regenerarea arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței a urmărit reliefarea caracteristicilor semințișului (număr de exemplare pe specii și pe hectar) în arboretele analizate, ce vegetează pe stațiuni extreme, precum și repartizarea semințișului speciilor componente, pe categorii de înălțime.

Auxologia arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme. Culegerea informațiilor de teren a vizat prelevarea de probe de creștere din blocurile experimentale cu caracter permanent instalate pe stațiuni extreme. S-au alcătuit clase de creșteri de câte 0,2 mm și s-a realizat distribuția numărului de arbori pe clase de creșteri radiale.

În vederea măsurării lățimii inelului anual toate probele de creștere prelucrate au fost scanate la 1200 dpi. Măsurarea lățimii inelelor anuale s-a realizat cu programul CORECORDER 7.7 cu o precizie de 0,01 mm.

Dintre indicii distribuției experimentale au fost analizați: valorile medii (media aritmetică - și media aritmetică pe 10 ani - ir_{10}) și indicii dispersiei (abaterea standard - s, coeficientul de variație - s%)

Structura arboretelor din suprafețele experimentale în raport cu creșterea radială a analizat: indicatori ai distribuției experimentale pentru creșteri (media, abaterea standard, coeficientul de variație), repartiția statistică bidimensională în raport cu diametrul și creșterea radială a arborilor, relația dintre clasa de creșteri și numărul de arbori corespunzători, respectiv relația dintre creșterea radială medie, creșterea medie pe 10 ani și vârsta arborilor.

Creșterea în suprafața de bază în arborete ce vegetează pe stațiuni extreme, a fost stabilită pornind de la analiza modului cum reacționează dinamica creșterilor radiale (i_r). S-a

determinat creșterea în suprafața de bază (i_g) pentru perioada de cercetare 2006-2015, în cele 4 suprafețe experimentale cercetate.

Având în vedere faptul că în cele 4 suprafețe experimentale permanente s-a măsurat creșterea în diametru la arbori, creșterea în suprafața de bază, pentru perioada de cercetare 2006-2015 s-a stabilit folosind formula (Giurgiu, 1979):

$$I_G = \pi \sum (d_i - i_r^2) \quad (4.1)$$

unde:

I_G reprezintă creșterea în suprafața de bază în perioada 2006-2015;

d – diametrul secțiunii transversale corespunzător fiecărui arbore, la sfârșitul perioadei analizate (2015);

i_r – creșterea periodică în diametru (2006-2015).

Creșterea în volum în arborete ce vegetează pe stațiuni extreme. În ceea ce privește determinarea creșterii curente în volum la arborete, pentru perioada studiată, 2006-2015, s-a folosit metoda înălțimilor medii reduse (Giurgiu, 1967)

Indicii pentru caracterizarea dinamicii creșterii și dezvoltării la nivel de arboret în ecosisteme ce vegetează pe stațiuni extreme a avut în vedere faptul că diferențierea creșterii dintre arbori și arborete poate fi făcută prin intermediul coeficientului dominanței creșterii (GDC).

În prelucrarea statistică a datelor, masa arborilor a fost determinată folosind ecuațiile de regresie corespunzătoare biomasei (biomasa lemnoasă și a cojii) pentru speciile molid, brad și fag (Giurgiu et al., 2004), iar pentru speciile tei și mesteacăn au fost asimilate ecuațiile de biomasă stabilite la nivelul Europei (Zianiset al., 2005; Muukkonen, 2007).

Relația creștere-mărime reprezintă un alt indicator pentru exprimarea creșterii și dezvoltării arboretelor de amestec. În acest sens a fost efectuată reprezentarea schematică a partiționării volumului în arboretele ce vegetează pe stațiuni extreme și anume curba Lorenz aplicată pentru cuantificarea gradului de egalitate, respectiv inegalitate a mărimii și distribuției volumului.

În vederea realizării seriilor dendrocronologice pentru zona de studiu s-au analizat și ales din setul de date primare seriile de creștere individuale cu corelații pozitive cu seria medie. Analiza s-a realizat la nivelul întregii zone de studiu prin combinarea seriilor de creștere din cele patru suprafețe experimentale.

Cercetările s-au realizat pentru patru specii principale: molid, fag, mesteacăn și tei, pentru care s-a putut asigura un număr minim de serii de creștere mai mare de 15 carote. Seriile de creștere individuale au fost interdate prin metoda comparației grafice în programul TSAPwin și verificate cu programul COFECHA (Holmes, 1983). Pentru fiecare serie de creștere individuală și serie dendrocronologică s-au calculat parametri statistici specifici: creștere radială medie, sensibilitate medie, lungime serie de creștere, autocorelație de ordinul I (Popa, 2004).

În vederea eliminării influenței induse de vârstă și a efectelor determinate de procesele competiționale seriile individuale de creștere au fost transformate în serii de indici de creștere prin aplicarea unei funcții matematice de tip spline cu lungime egală cu 67% din lungime seriei. Indicii de creștere pentru fiecare an și serie individuală s-au calculat ca raport între creștere măsurată și valoarea teoretică aferentă din modelul matematic. Seria dendrocronologică medie s-a obținut prin intermediul mediei biponderate. În analiza dendroclimatologică s-a utilizat seria dendrocronologică standard.

Pentru evidențierea factorilor climatici cu influență asupra creșterii radiale s-au utilizat datele meteorologice din baza de date ROCADA pentru perioada 1961-2013, respectiv precipitațiile lunare, temperaturile medii, maxime și minime lunare. Cuantificarea relației dintre parametrii meteorologici și indicii de creștere radială a utilizat coeficientul de corelație

liniară Pearson, stabilirea nivelului de semnificației statistice realizându-se prin metoda bootstrap. Calculele statistice privind elaborarea seriilor dendrocronologice și analiza corelației s-au realizat cu ajutorul unui modul de calcul în R din cadrul SCDEP Câmpulung Moldovenesc, bazat pe pachetele dlpR și treeclim.

Biodiversitatea arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme. Analiza biodiversității în ecosisteme ce vegetează pe stațiuni extreme a vizat: (1) Biodiversitatea arboretelor în raport cu etajul arborilor, (2) biodiversitatea arboretelor în raport cu etajul plantelor și al puieților, (3) caracterizarea unor arborete ce vegetează pe stațiuni extreme folosind indicii ecologici ai speciilor de plante cormofite și (4) biodiversitatea arboretelor în raport cu omogenitatea structurală. Cercetarea biodiversității s-a efectuat în toate cele patru suprafețe experimentale folosind metoda traseului. Pentru cuantificarea biodiversității într-un habitat sunt utilizați indicii care reprezintă măsura matematică a diversității speciilor într-o comunitate. Capacitatea de a cuantifica diversitatea prin intermediul indicilor constituie un instrument important al biologilor de a înțelege și compara structura unei comunități (Begon et al. 1996).

Referitor la *biodiversitatea arboretelor*, proporția speciilor implică utilizarea unei valori pentru fiecare specie. În prezenta lucrare se va face referire la bogăția de specii (indicele Shannon-Weaver - H) și indicele de diversitate Simpson ($1-D$) și omogenitatea (E) care sunt cei mai frecvent utilizați indici fiind și ușor de estimat

Au fost evidențiate elemente specifice ale biodiversității arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței în raport cu etajul arborilor. Acesta a fost analizat prin prisma compoziției arboretelor (indicele Shannon-Weaver, indicele Simpson și omogenitatea, modelului spațial orizontal), prin indici pentru caracterizarea biodiversității arboretului prin modelul spațial orizontal, în arborete ce vegetează pe stațiuni extreme folosind metoda distanțelor dintre arbori (indicele Clark Evans – R , indicele Pielou – PI) și metoda quadratelor (indicele dispersiei - ID , indicele Green, indicele Morisita), a modelului spațial vertical (prin intermediul diversității înălțimii arborilor - THD , indicelui profilului vertical – A), respectiv a omogenității acestora.

Analiza biodiversității în raport cu etajul plantelor ierboase și al plantulelor de arbori s-a realizat în trei sezoane de vegetație (primăvara 2015, vara 2015 și primăvara 2016)

Identificarea speciilor și nomenclatura pentru speciile de cormofite este cea din lucrarea "Flora ilustrată a României – Pteridophyta și Spermatophyta" (Ciocârlan, 2000), lucrare unanim acceptată de către specialiștii români.

În estimarea biodiversității în raport cu etajul plantelor și al puieților s-a stabilit frecvența de apariție și indicele de abundență a speciilor ierboase și a plantulelor de arbori în suprafețele cercetate, respectiv dinamica valorii indicelui Shannon Wiener în relație cu numărul de specii și cu anotimpul.

Caracterizarea unor arborete ce vegetează pe stațiuni extreme folosind indicii ecologici ai speciilor de plante cormofite a stabilit indici ecologici și mediile ponderate ale acestora pentru cele patru suprafețe de probă, precum și mediile ponderate ale indicilor ecologici

Evidențierea diversității arboretelor de pe stațiuni extreme prin analiza omogenității. Indicele Gini reprezintă cel mai folosit indicator pentru analiza omogenității arboretelor, reprezentând măsura în care resursele unei populații sunt împărțite în mod inegal. Au fost determinate curba Lorentz și valoarea indicelui de omogenitate structurală Gini pentru arborete (total și pe specii).

5. REZULTATE OBȚINUTE

5.1. Structura arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței

Densitatea arboretului este un concept general folosit în ecologie pentru cuantificarea abundența unei specii pe unitatea de suprafață într-un ecosistem. În silvicultură, densitatea este legată de ocuparea terenului. Variabilele absolute pe specii și pe hectar pentru arboretele analizate, ce vegetează pe stațiuni extreme, variază între anumite limite.

Astfel în suprafața experimentală S1, numărul total de arbori·ha⁻¹ este de 602, ceea ce corespunde unui indice de desime supraunitar de 1,2. (Tabelul 5.1).

În suprafața experimentală S2 numărul total de arbori·ha⁻¹ calculat este de 1107, rezultând un indice de desime supraunitar de 1,3. (Tabelul 5.1).

Caracteristic suprafeței experimentale S3, îi este un număr total de 261 arbori·ha⁻¹, ceea ce corespunde unui indice de desime subunitar de 0,4. Cel mai mare număr de arbori·ha⁻¹ a fost identificat la specia molid, urmată de tei, fag și paltin de munte. Suprafața de bază este de 27,2 m²·ha⁻¹. Valoarea cea mai mare a suprafeței de bază se înregistrează la specia molid, urmată de paltin, fag și tei. Volumul din suprafața experimentală S3 are valoarea de 345,7 m³·ha⁻¹. Volumul cel mai mare se înregistrează la specia molid, urmat de fag, paltin și tei (Tabelul 5.1).

În suprafața experimentală S4 numărul total de arbori·ha⁻¹ este 526, rezultând un indice de desime de 0,6. Numărul cel mai mare de arbori·ha⁻¹ se găsește la specia molid, urmată de mesteacăn și brad. Suprafața de bază este de 30,9 m²·ha⁻¹, cu cea mai mare valoare specifică speciei molid, urmată de mesteacăn și brad. Volumul este de 377,9 m³·ha⁻¹, cu cea mai mare valoare la specia molid, urmat de mesteacăn și brad (Tabelul 5.1).

Tabelul 5.1 Variabilele absolute pe specii și pe hectar (numărul de arbori·ha⁻¹, suprafața de bază·ha⁻¹, volumul·ha⁻¹) pentru arboretele analizate, ce vegetează pe stațiuni extreme

	Suprafața experimentală			
	S1	S2	S3	S4
Număr de arbori·ha ⁻¹	602	1107	261	526
Mo	234	619	147	416
Br				35
Me		393		68
Te	257		25	
Fa	52		32	
Pa			44	
Pam	37			
Pl		83		
Specii diseminate	22*	12**	13***	13****
Suprafața de bază (m ² ·ha ⁻¹)	45,6	46,1	28,2	30,9
Mo	12,0	26,8	11,1	26,5
Br				1,5
Me		15,7		2,5
Te	22,3		3,2	
Fa	4,7		5,6	
Pa			7,3	
Pam	3,5			
Pl		3,2		
Specii diseminate	3,1*	0,4**	1,0***	0,4****
Volum (m ³ ·ha ⁻¹)	469,6	424,8	345,7	377,9
Mo	110,2	252,5	126,7	320,8
Br				18,0
Me		136,9		18,9
Te	237,6		40,2	
Fa	66,9		86,4	
Pa			81,3	
Pam	31,3			
Pl		28,4		
Specii diseminate	23,6*	7,0**	11,1***	18,2****
Indice de desime	1,2	1,3	0,4	0,6

Notă: * - An, Br, Fr, Me, Pl; ** - Fa, Pi, Sr ; *** - Br, Me, Pam, Pl; **** - Fa, An, Pi

Compoziția arboretelor. Numărul de specii, în arboretele analizate, ce vegetează pe stațiuni extreme pe Bazinul Bistriței, variază între 6 (suprafața experimentală S2 și S4) și 9 (suprafața experimentală S1).

Compoziția, exprimată în raport cu numărul de arbori, în suprafața experimentală cercetată, este de 4Mo4Te1Fa1Pam, diseminat se întâlnesc An, Br, Fr, Me, Pl. În ceea ce privește compoziția în funcție de volumul speciilor aceasta este 5Te2Mo2Fa1Pam (Figura 5.1 A).

În suprafața experimentală S2 au fost identificate un număr total de șase specii forestiere arborescente (Fa, Me, Mo, Pi, Pl, Sr) (Figura 5.1 B Atât compoziția, exprimată în raport cu numărul de arbori cât și compoziția în raport cu volumul speciilor este 6Mo3Me1Pl, diseminat se întâlnesc Fa, Pi, Sr.

Caracteristic suprafeței experimentale S3 îi sunt un număr total de opt specii forestiere arborescente (Br, Fa, Me, Mo, Pa, Pam, Pl, Te) (Figura 5.1 C). Compoziția, exprimată în raport cu numărul de arbori, în suprafața experimentală cercetată, este de 6Mo2Pa1Fa1Te, diseminat se întâlnesc Br, Me, Pam, Pl.

În ceea ce privește compoziția în funcție de volumul speciilor, aceasta este 4Mo3Fa2PA1Te.

În suprafața experimentală S4 sunt întâlnite un număr total de șase specii forestiere arborescente (Mo, Br, Me, Fa, An, Pi) (Figura 5.1 C). Compoziția, exprimată în raport cu numărul de arbori și volum, în suprafața experimentală cercetată, este de 8Mo1Br1Me, diseminat se întâlnesc Fa, An, Br.

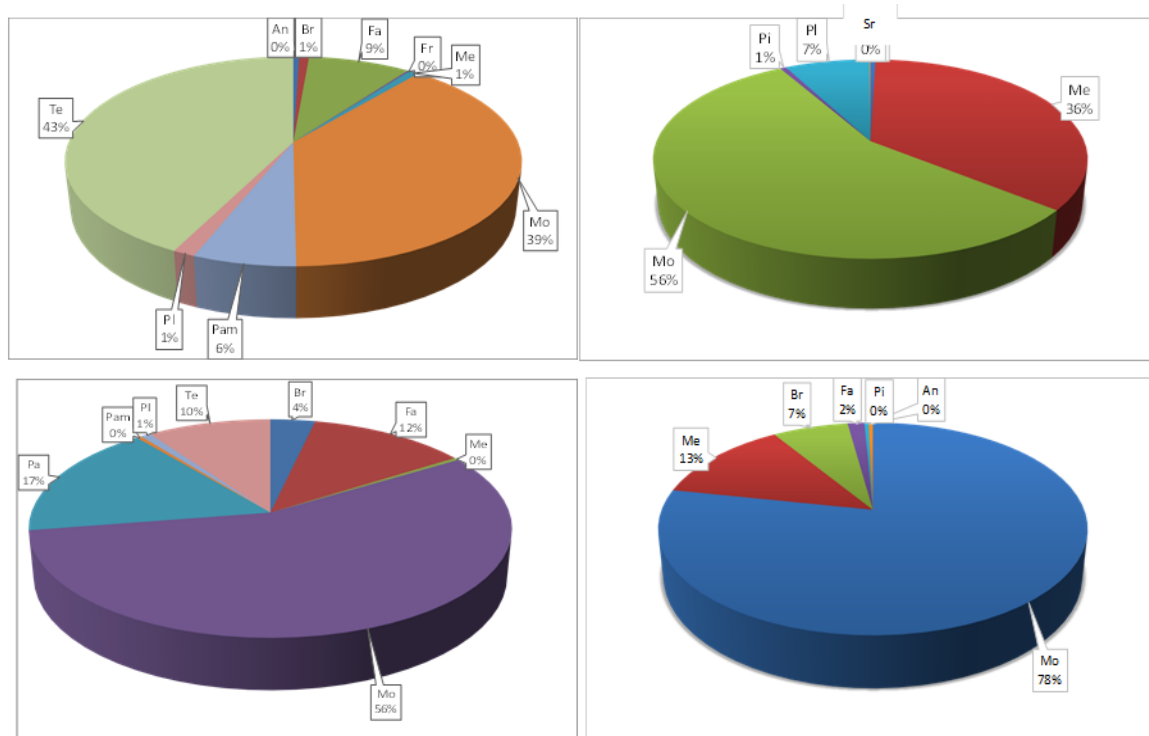


Fig. 5.1 Asortimentul de specii identificat în arboretele analizate, ce vegetează pe stațiuni extreme pe Bazinul Bistriței (A – S1; B – S2; C – S3; D – S4)

Structura spațială în plan orizontal a arboretelor de pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței. În ceea ce privește **suprafața S1**, profilul orizontal indică faptul că speciile componente identificate se dispun în mod specific și anume: molidul și teiul (specii majoritare în cadrul suprafeței) ocupă partea de centru și nord-est a suprafeței (molidul), respectiv partea de centru sud-vest a suprafeței (teiul). În anumite porțiuni din partea de nord-vest și de sud-vest cele două specii nu sunt în amestec cu nici o altă specie. Fagul se dispune grupat (în biogrupe, pâlcuri) în zona centrală, iar paltinul de munte în biogrupe (2-4 exemplare) mai ales în zona ocupată de tei (centru și sud-est) (Figura 5.2).

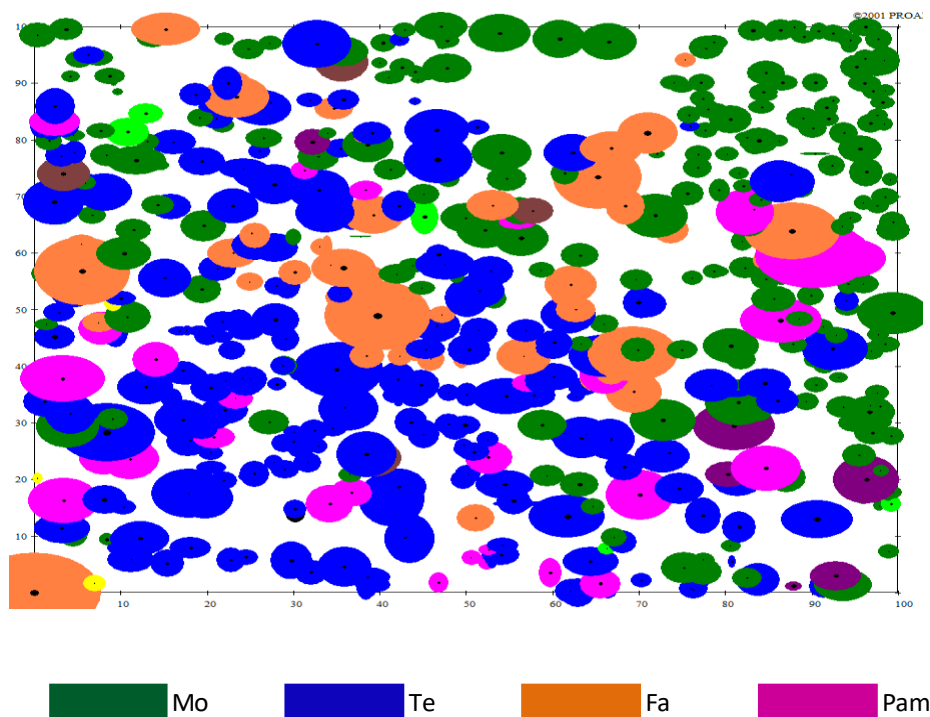


Fig. 5.2 Profilul orizontal al suprafeței experimentale S1

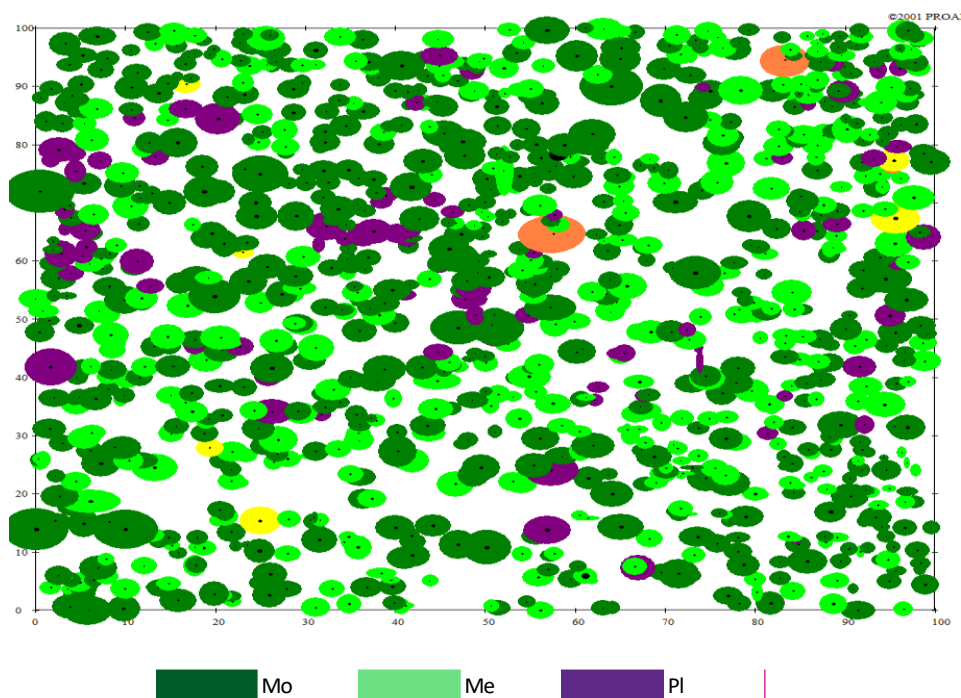


Fig. 5.3 Profilul orizontal al suprafeței experimentale S2

În **suprafața S2**, structura în plan orizontal este influențată în mare măsură de specia majoritară și anume de molid. Profilul orizontal indică un amestec intim de molid și mesteacăn, pe toată suprafața. Plopul tremurător se dispune în general grupat în biogrupe formate din 5-10 exemplare, în diferite zone ale suprafeței experimentale (Figura 5.3).

Profilul orizontal în **suprafața S3**, arată pregnant influența condițiilor extreme asupra dispunerii speciilor componente identificate (Mo, Pa, FA, Te), care se dispun într-un amestec relativ intim caracterizat de o densitate redusă, creând impresia unui arboret brăcut (degradat) (Figura 5.4).

În **suprafața S4**, profilul orizontal indică un amestec grupat de molid, brad și mesteacăn. Ultimele două specii se întâlnesc în general grupat, în două benzi pe direcția SV-NE (mesteacănul), respectiv NV-SE (bradul) (Figura 5.5).

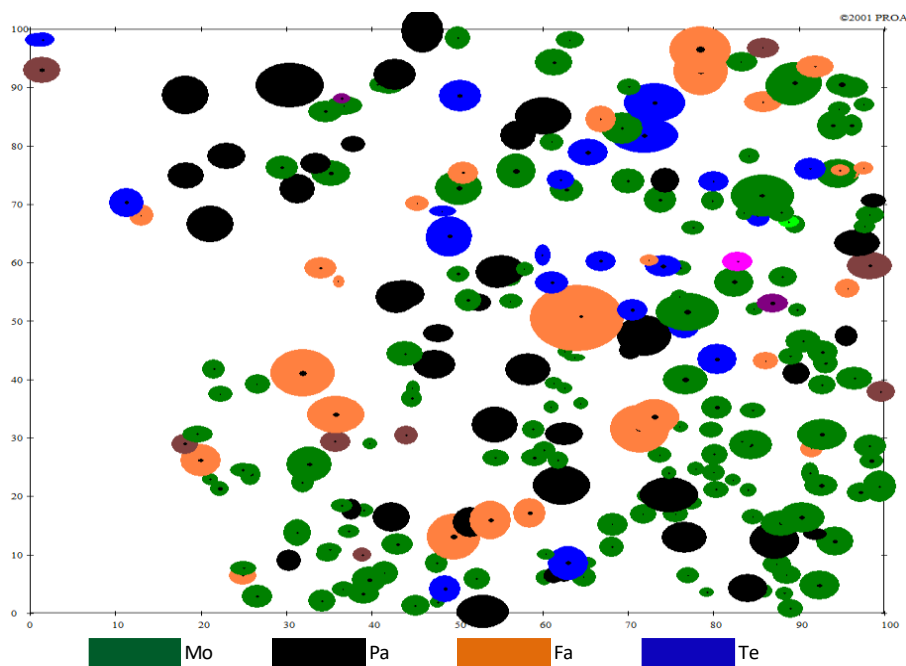


Fig. 5.4 Profilul orizontal al suprafeței experimentale S3

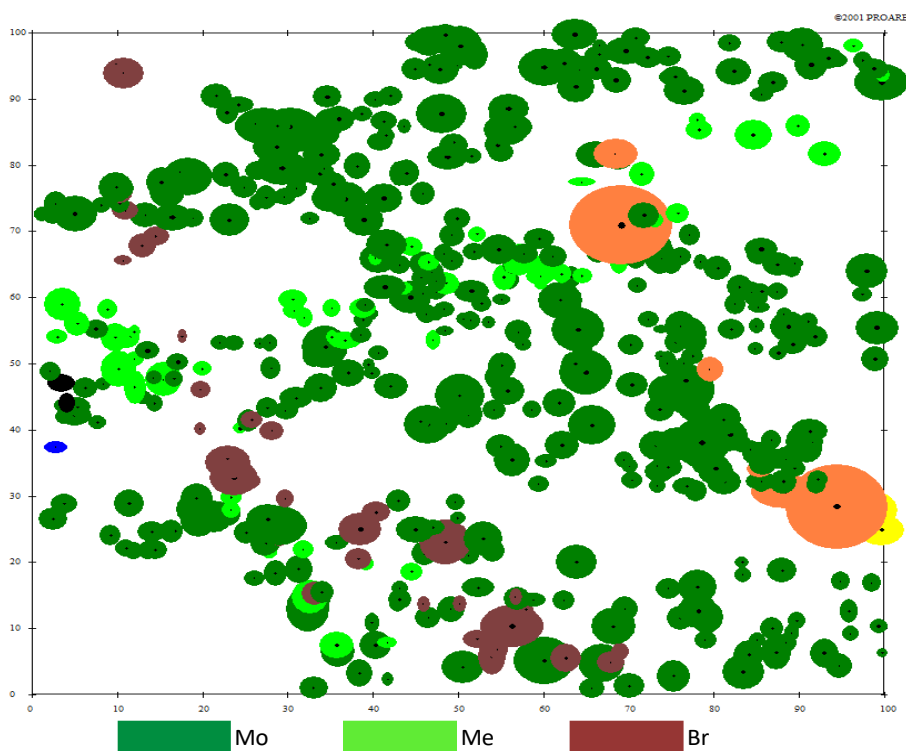


Fig. 5.5 Profilul orizontal al suprafeței experimentale S4

Distribuția parametrilor dimensionali în arboret. Distribuția dimensiunilor arborilor într-un arboret poate fi înțeleasă ca o proprietate care se desprinde din datele indivizilor, prin urmare, reprezintă o scară intermediară între arbore și arboret.
(Tabelul 5.2).

Tabelul 5.2 Date statistice generale privind diametrul mediu și înălțimea medie în suprafețele experimentale cercetate

Bloc experimental / specie	Parametrii statistici							
	Diametrul (cm)				Înălțimea (m)			
	$\bar{x}$	s	cv (%)	max	$\bar{x}$	S	cv (%)	max
S1 – Total	25,9	14,6	56,1	94	18,1	6,9	38,5	35,3
Mo	21,6	11,1	51,2	61	17,1	7,4	43,1	33,2
Te	28,4	14,7	51,6	88	18,6	6,6	35,6	31,5
Fa	26,8	22,6	84,5	94	16,9	7,8	46,0	33,8
Pam	31,2	12,0	38,4	60	20,1	5,3	26,1	35,3
S2 - Total	20,3	8,2	40,3	49	18,4	6,4	34,6	37,7
Mo	20,2	9,0	44,6	49	17,5	7,2	41,3	35,5
Me	20,5	6,9	33,5	44	20,2	4,6	22,9	37,7
Pl	19,6	7,3	37,1	40	16,8	4,7	28,0	26,2
S3 - Total	30,8	18,9	61,2	94	20,2	9,4	46,5	45,2
Mo	25,7	15,3	59,4	70	19,3	9,7	50,4	45,2
Pa	41,9	16,9	40,3	71	24,3	6,8	28,0	37
Fa	35,7	29,6	83,1	94	17,7	10,6	59,9	35,1
Te	36,3	16,5	45,6	60	21,4	9,1	42,4	34,2
S4 - Total	25,1	12,8	51,1	64	19,7	8,4	51,1	45,4
Mo	26,0	12,7	49,0	64	20,5	8,6	41,9	45,4
Me	20,7	7,2	34,9	43	18,2	4,3	23,7	31,5
Br	20,5	13,2	64,2	54	14,2	8,6	60,8	31,8

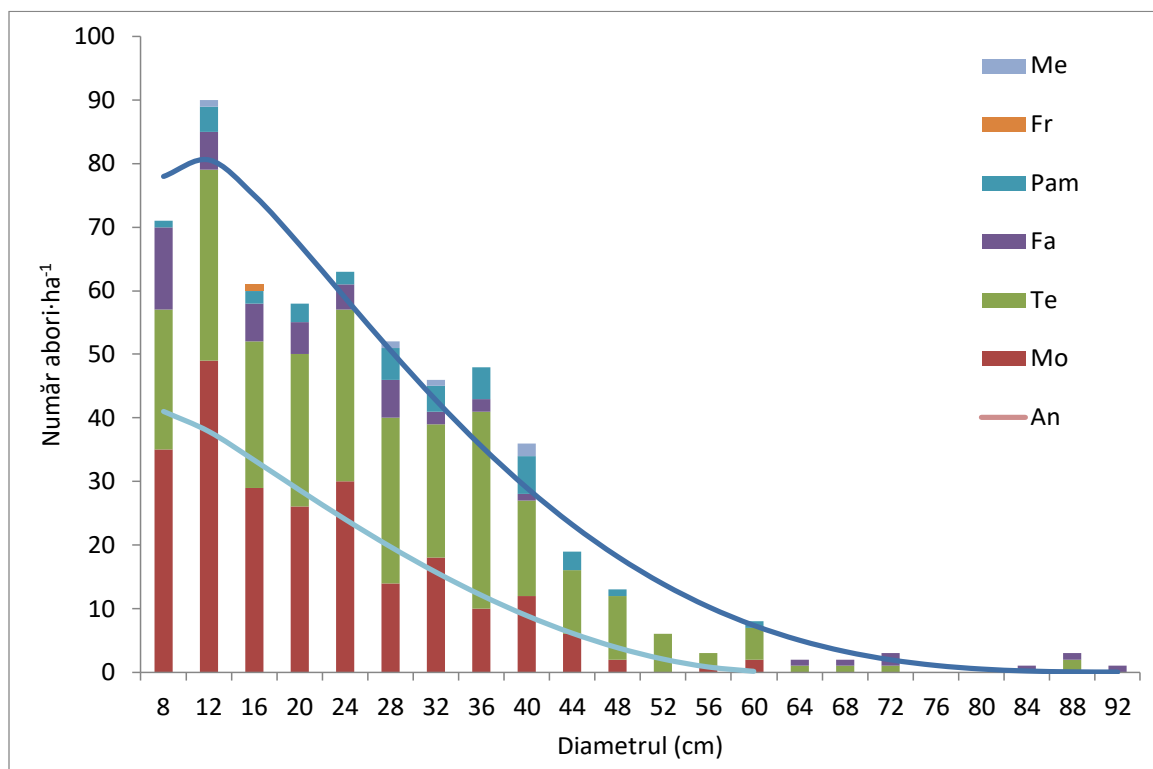


Fig. 5.11 Distribuția arborilor pe categorii de diametre – S1

În **suprafața experimentală S2**, ajustarea distribuției experimentale a arborilor pe categorii de diametre se realizează cel mai bine cu distribuția teoretică Beta. Testul χ^2 arată că diferența dintre distribuția experimentală și distribuția teoretică este nesemnificativă ($\chi^2_{exp} = 2,392$; $\chi^2_{teor} = 16,919$; $p = 0,05$). (Figura 5.12)

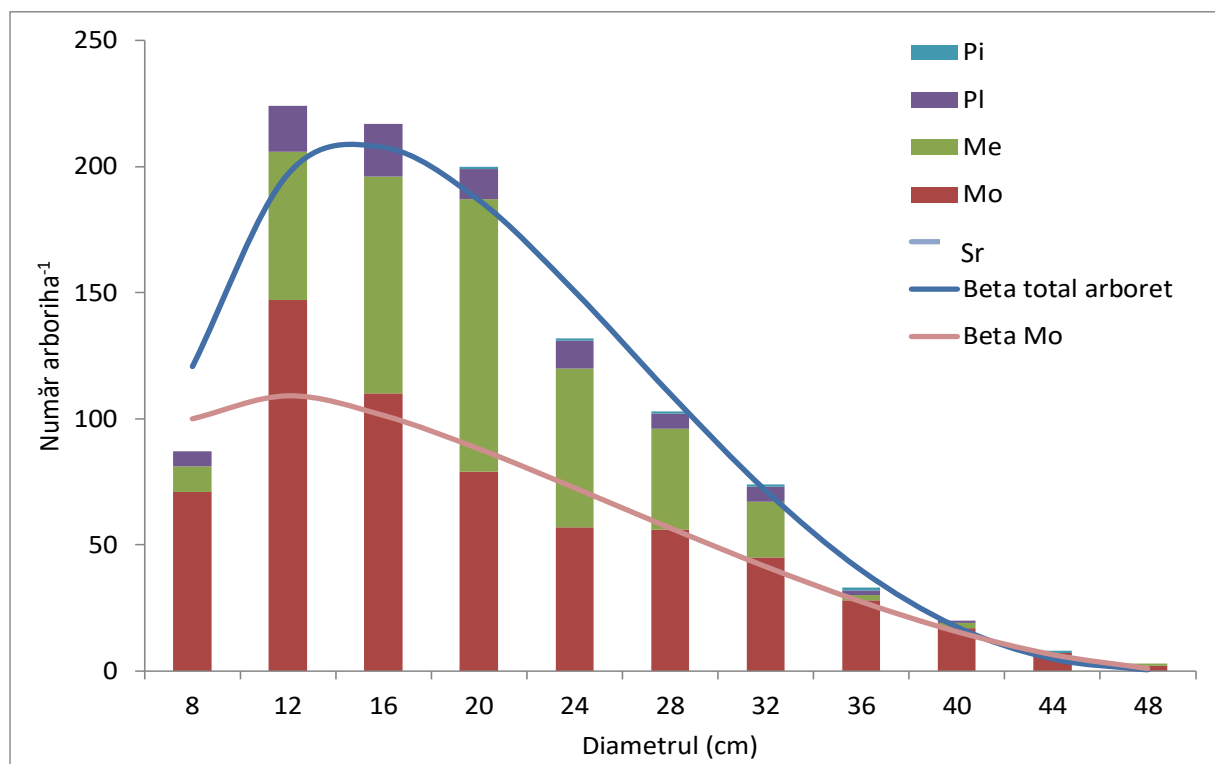


Fig. 5.12 Distribuția arborilor pe categorii de diametre – S2

În **suprafața experimentală S3**, analiza distribuției arborilor pe categorii de diametre, indică faptul că arboretul cercetat are o structură constituită din mai multe etaje de vegetație. Dacă se analizează arboretul total, maximum numărului de arbori se înregistrează la categoria de diametre 12 cm (16 cm). Maximele corespunzătoare categoriilor de diametre specificate se mențin și la speciile forestiere molid și paltin (Figura 5.13).

Caracteristic **suprafeței experimentale S4**, îi este faptul că ajustarea distribuției experimentale a arborilor pe categorii de diametre se realizează cel mai bine cu distribuția teoretică Beta. Testul χ^2 arată că diferența dintre distribuția experimentală și distribuția teoretică este nesemnificativă ($\chi^2_{exp} = 0,769$; $\chi^2_{teor} = 28,869$; $p = 0,05$).

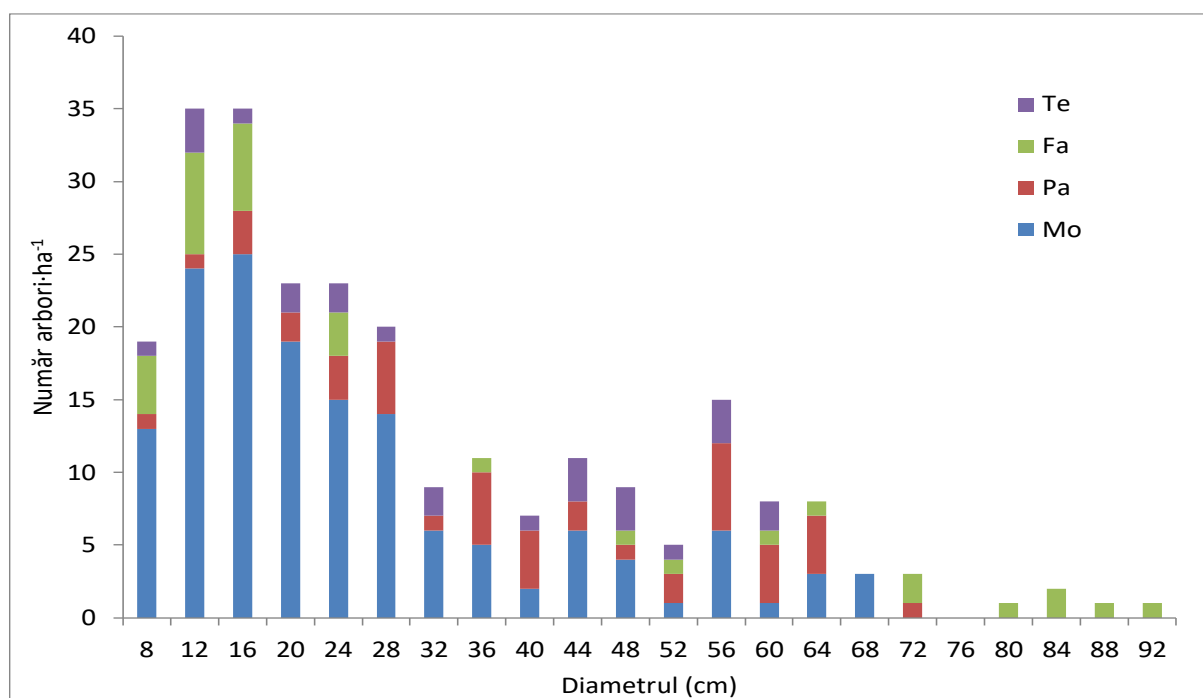


Fig. 5.13 Distribuția arborilor pe categorii de diametre – S3

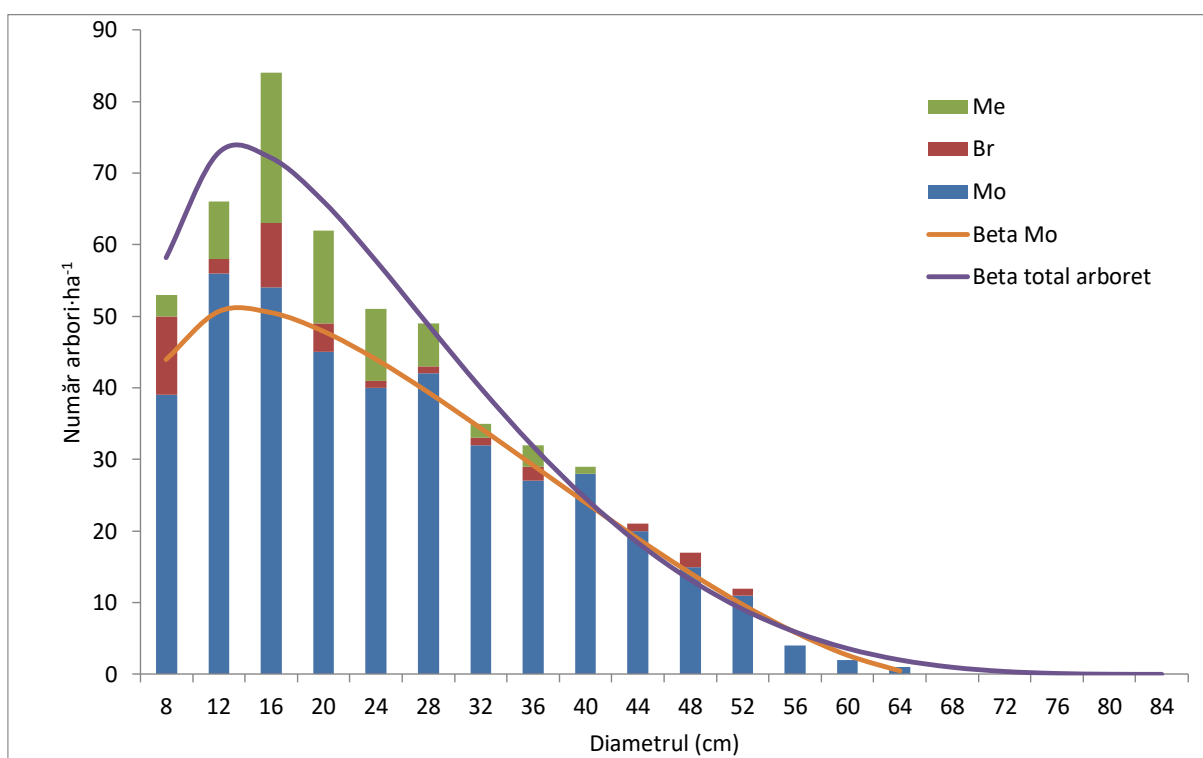


Fig. 5.14 Distribuția arborilor pe categorii de diametre – S4

Distribuția suprafeții de bază pe categorii de diametre. (Figura 5.15)

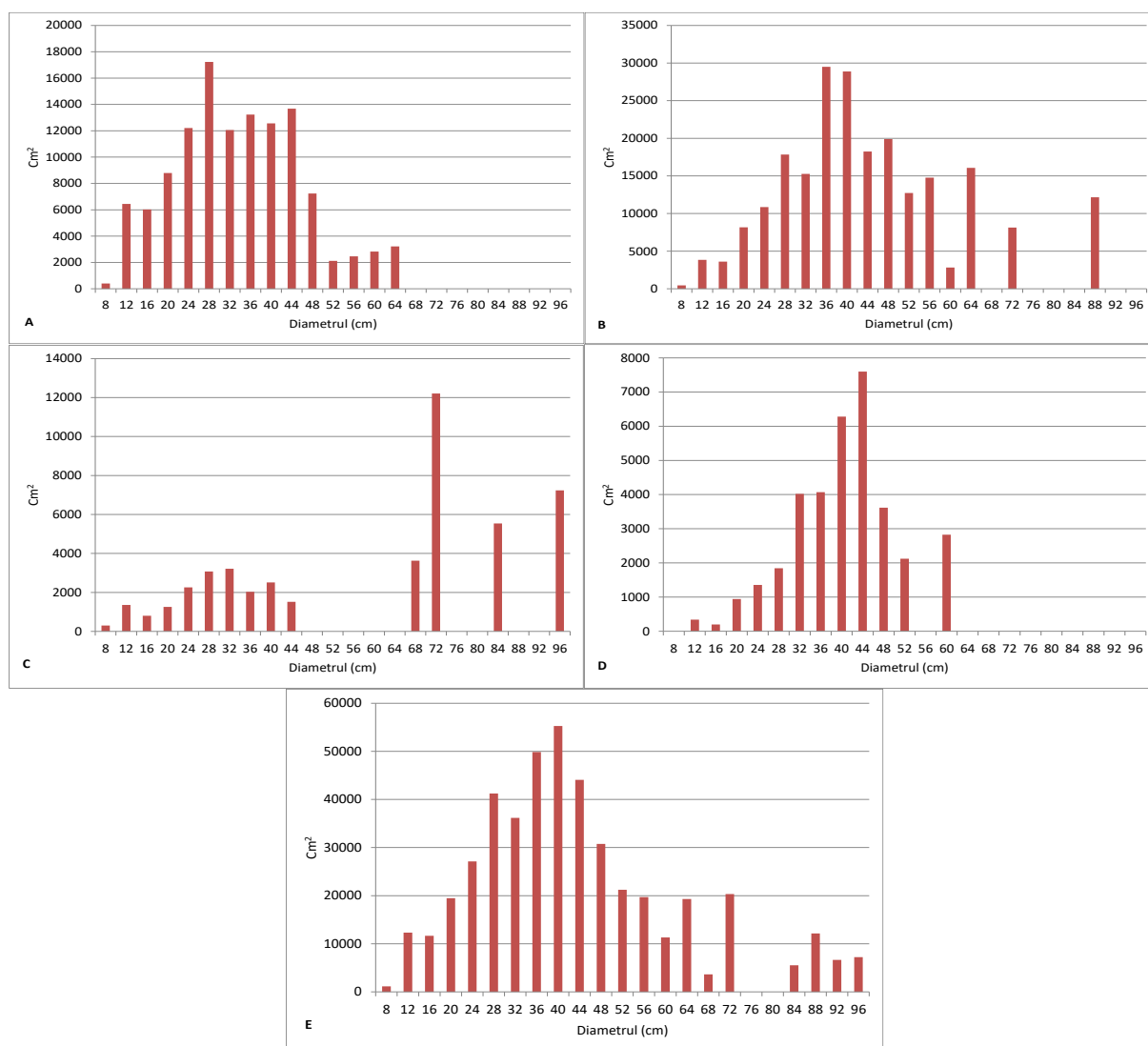
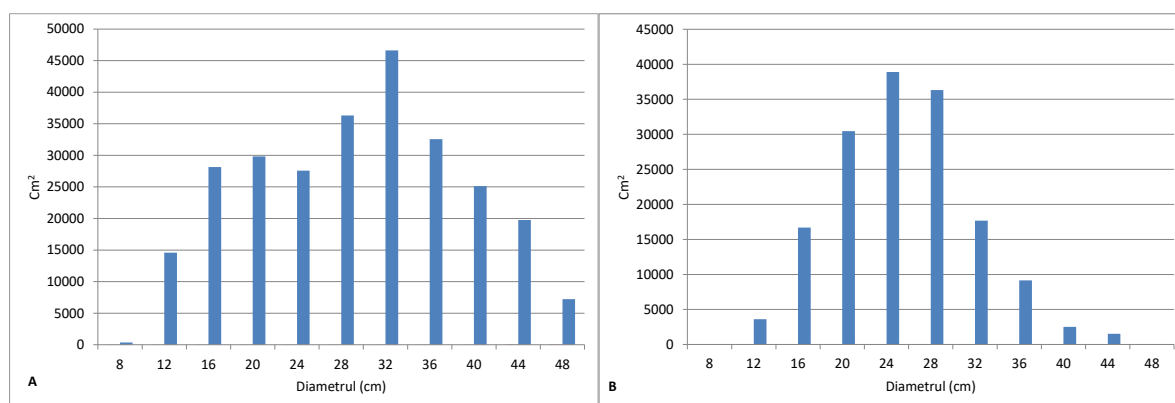


Fig. 5.15 Distribuția suprafeții de bază pe categorii de diametre S1 (A-Mo; B-Te; C-Fa; D-Pam; E-Total arboret)



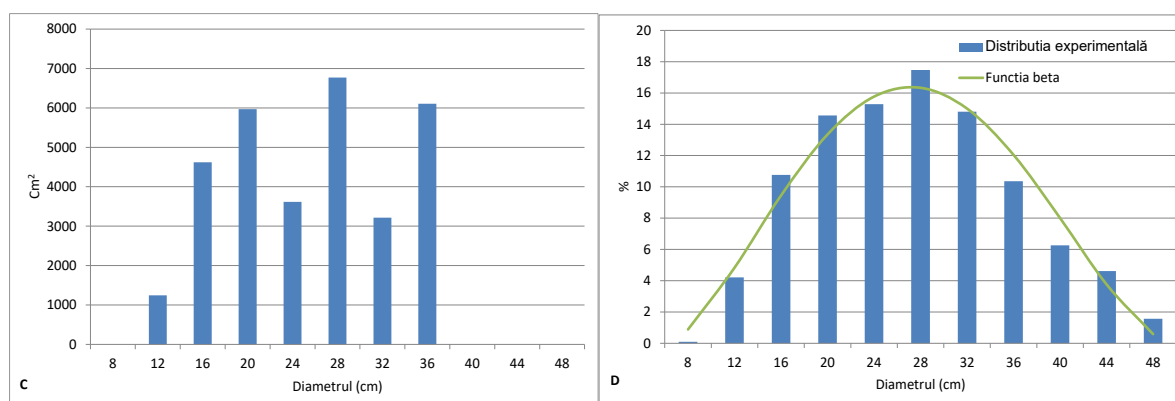


Fig. 5.16 Distribuția suprafeței de bază pe categorii de diametre (A-Mo; B-Me; C-Pl; D-Total arboret)S2

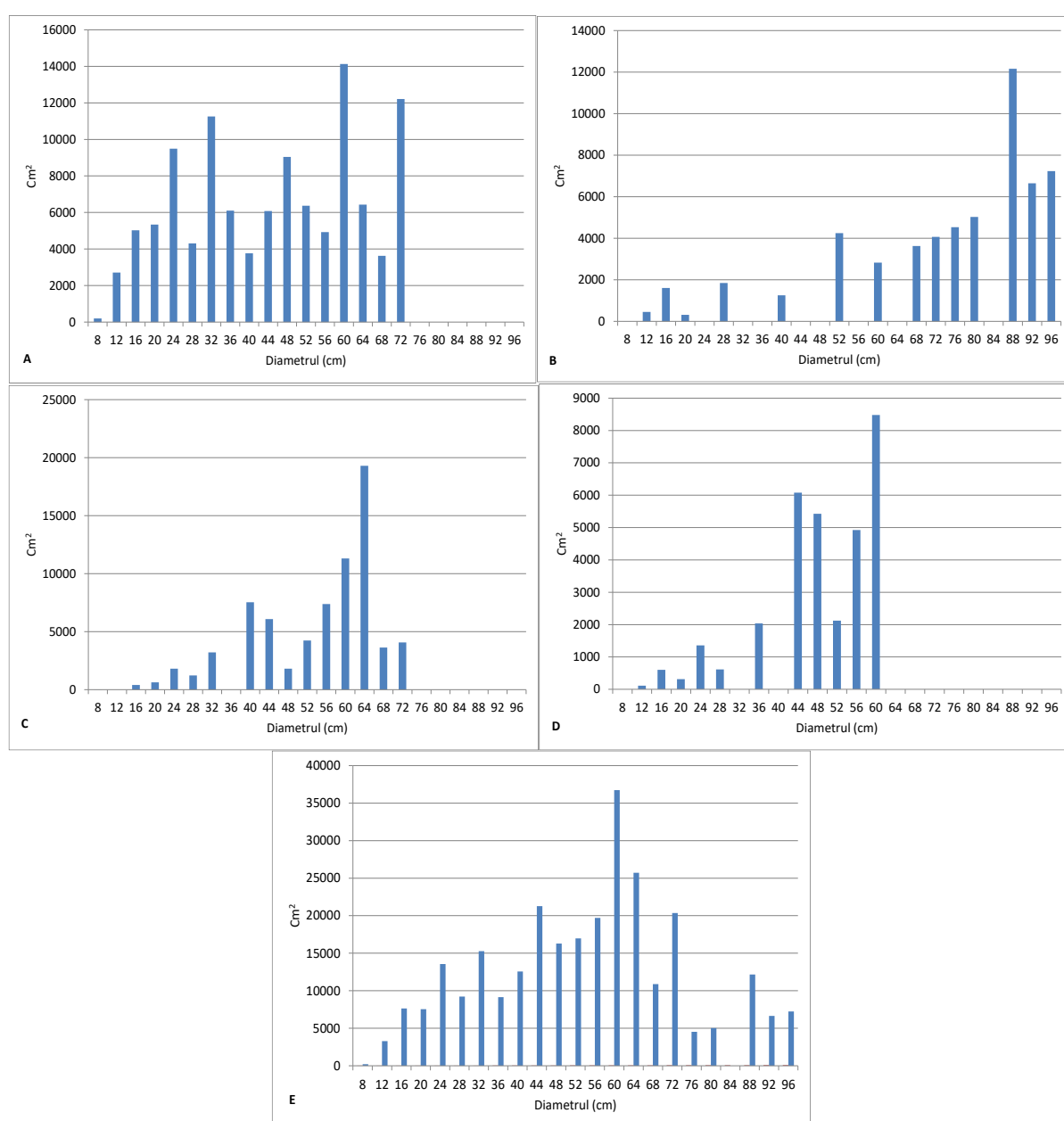
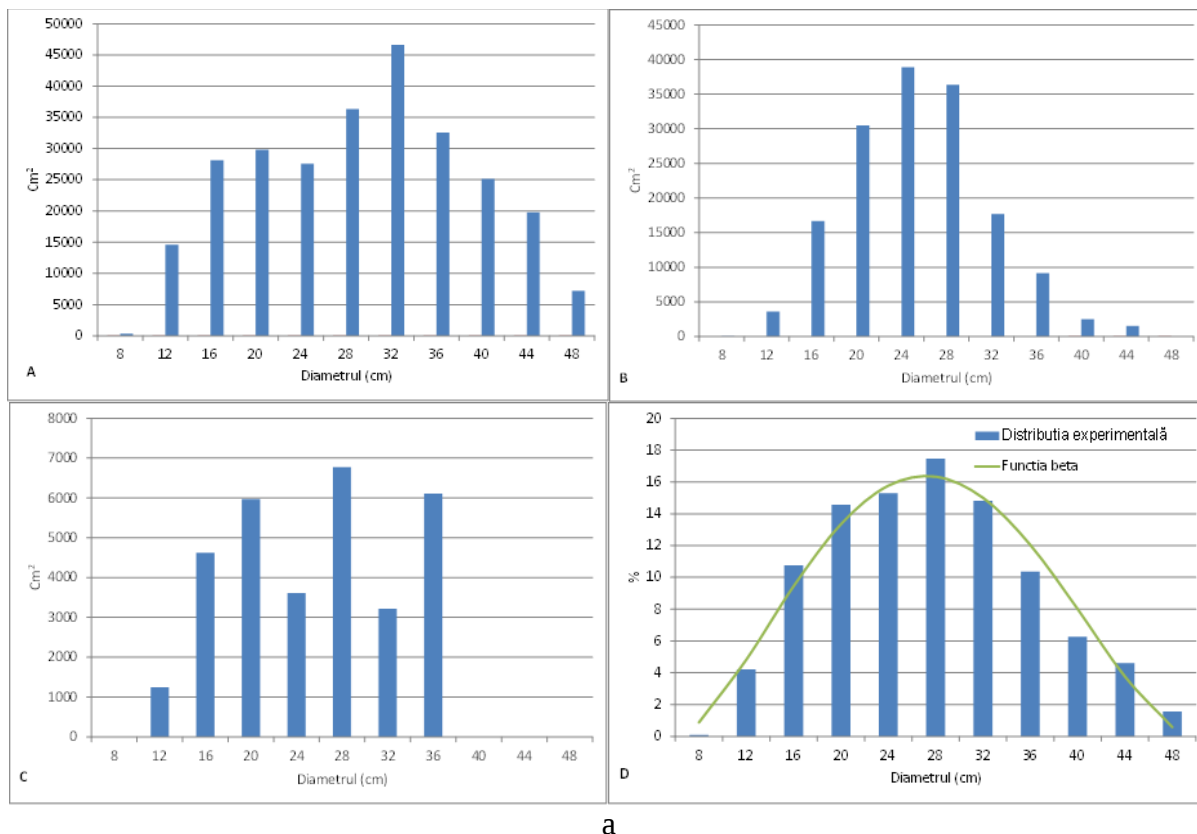


Fig. 5.17 Distribuția suprafeței de bază pe categorii de diametre S3 (A-Mo; B-Fa; C-Pa; D-Te; E-Total arboret)



a

Fig. 5.18 Distribuția suprafeței de bază pe categorii de diametre S4
(A-Mo; B-Br; C-Me; D-Total arboret)

5.2 Parametrii de stabilitate în arborete ce vegetează pe stațiuni extreme în Bazinul Bistriței

5.2.1 Coeficientul de zveltețe

Suprafața experimentală S1. Analiza coeficientului de zveltețe mediu pentru speciile componente ale suprafeței experimentale cercetate indică faptul că este vorba despre o vulnerabilitate scăzută a speciilor brad, mestecăn, paltin de munte, plop și tei și o încadrare a speciilor anin, fag, frasin, și molid în domeniul vulnerabil la acțiunea vântului și zăpezii cercetate în relație cu domeniile de vulnerabilitate.

Suprafața experimentală S2. Speciile componente ale suprafeței experimentale analizate sunt încadrate în domeniul cu vulnerabilitate scăzută (Fa, Pi), în domeniul vulnerabil (Mo, Pl) și în domeniul foarte vulnerabil (Me, Sr) la acțiunea vântului și zăpezii (Figura 5.21).

Suprafața experimentală S3. În domeniul cu vulnerabilitate scăzută sunt încadrate speciile Br, Fa, Mo, Te, în domeniul vulnerabil Pam, iar în domeniul foarte vulnerabil Me (Figura 5.23). Din relația diametrului cu coeficientul de zveltețe raportat la domeniile de vulnerabilitate (Figura 5.24), s-a constatat faptul că în suprafața experimentală S3, domeniul cu vulnerabilitate scăzută este cel mai bine reprezentat (53%), urmat de domeniul cu vulnerabilitate (38%) și domeniul foarte vulnerabil (9%).

Suprafața experimentală S4. În domeniul cu vulnerabilitate scăzută sunt încadrate speciile Br și Fa, iar în domeniul vulnerabil Me și Mo.

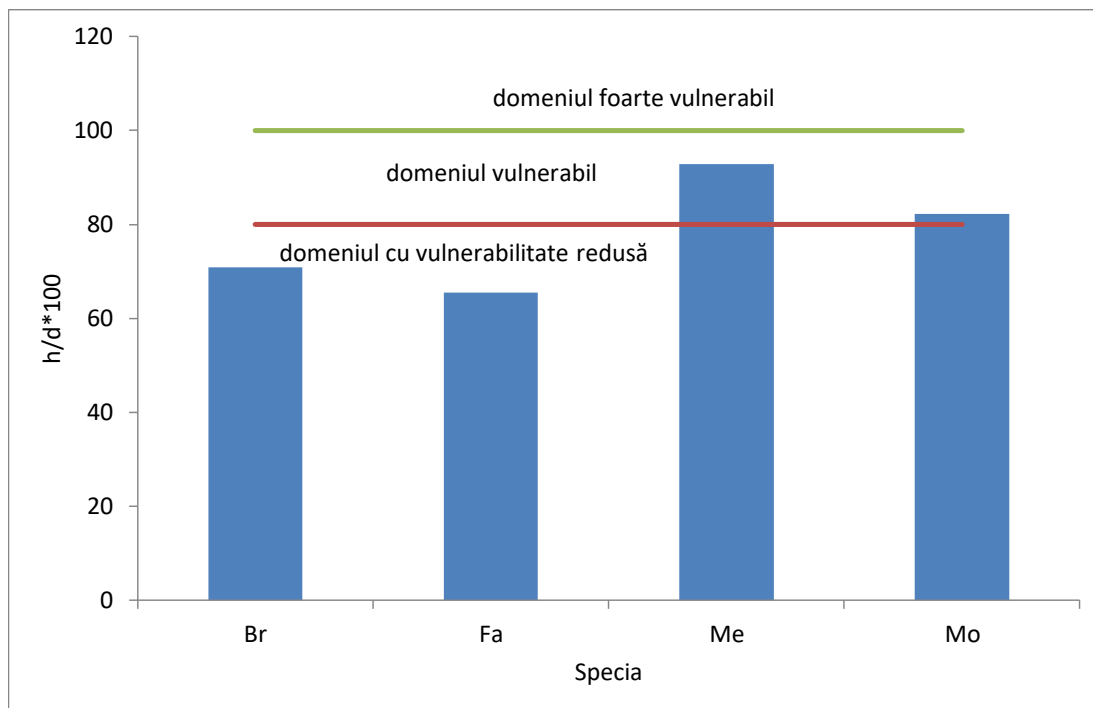


Fig. 5.25 Valoarea coeficientului de zveltețe mediu pentru speciile componente ale arboretelor cercetate în relație cu domeniile de vulnerabilitate (suprafața experimentală S4)

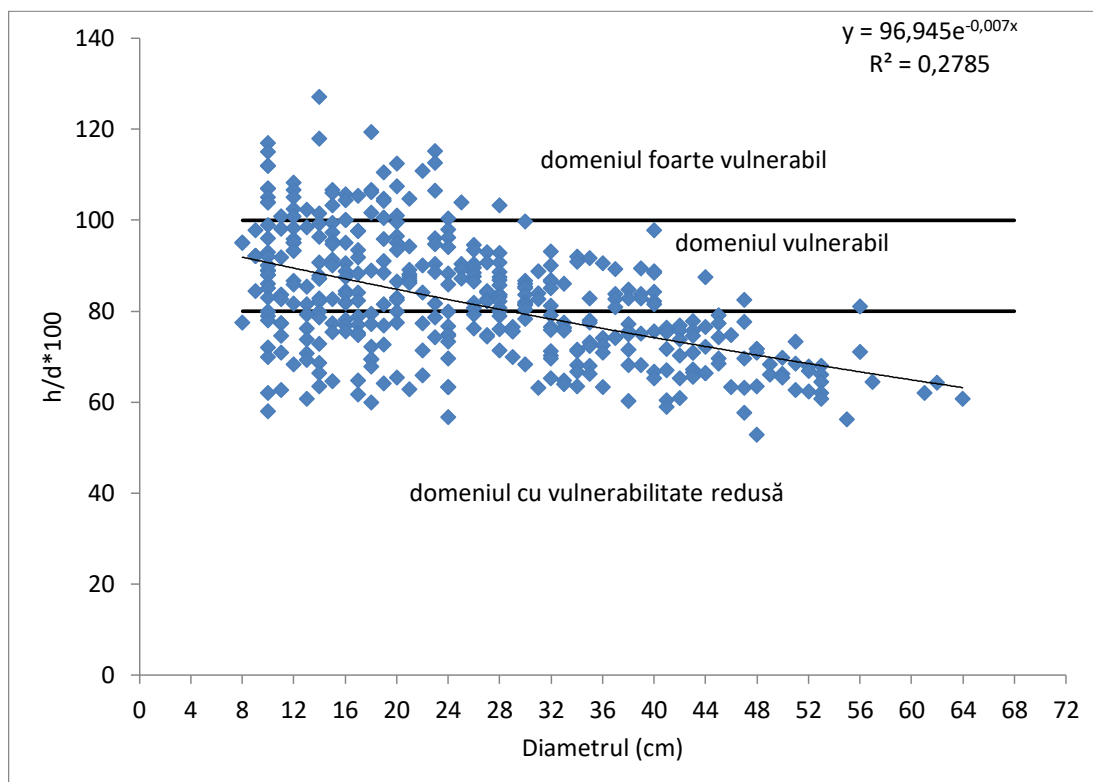


Fig. 5.26 Relația dintre diametru și coeficientul de zveltețe raportat la domeniile de vulnerabilitate (suprafața experimentală S4)

5.2.2 Lungimea relativă a coroanelor

Stabilitatea arborilor este condiționată, în mare măsură și de caracteristicile coroanei. S-a constatat faptul că diametrul coroanei crește pe măsura creșterii diametrului

arborilor, conform cu regresia exponențială de tipul $y = ae^{bx}$, în care y reprezintă diametrul coroanei, iar x diametrul arborilor (Figura 5.27)

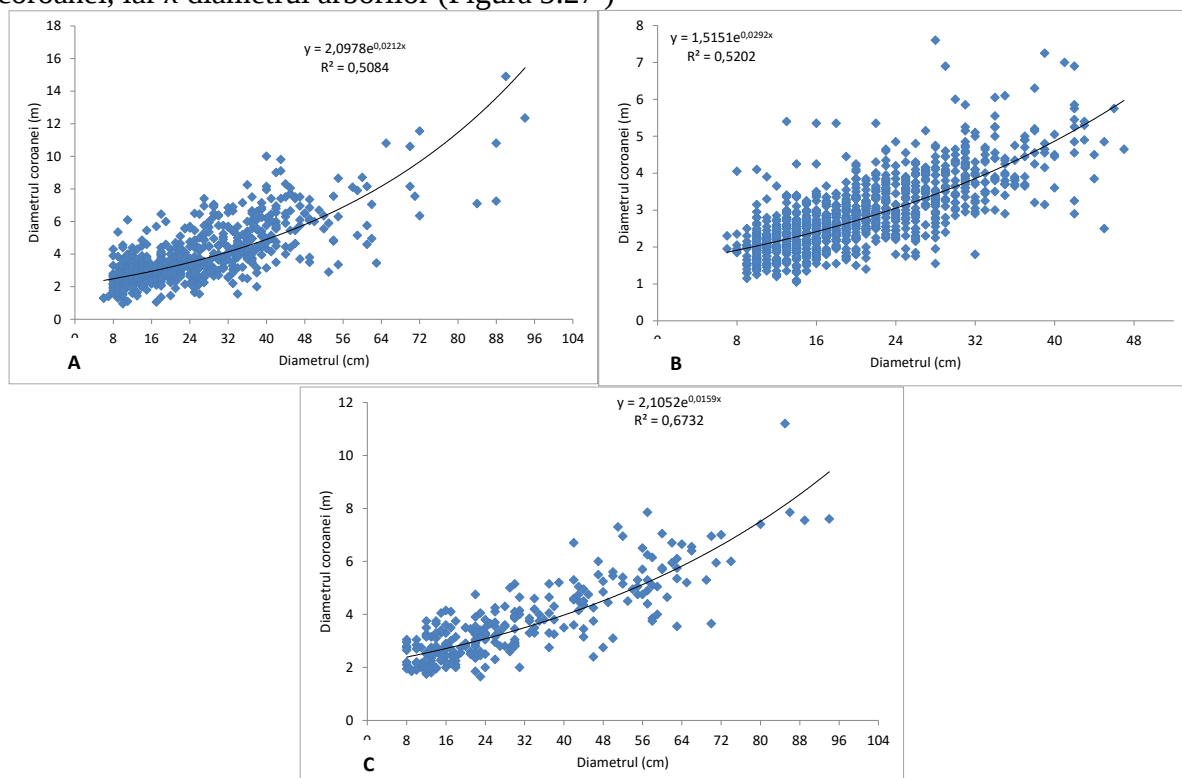


Fig. 5.27 Relația dintre diametrul de bază al arborilor și diametrul coroanei.(S1,S2,S3). Lungimea relativă a coroanei este diferită pentru fiecare variantă studiată (Figura 5.28). Pentru suprafețele experimentale analizate valorile corespunzătoare diametrului coroanei sunt următoarele: S1: 2,5 m (d = 8 cm), 13,5 m (d = 88 cm), S2: 1,8 m (d = 8 cm), 4,5 m (d = 48 cm); respectiv S3: 2,4 m (d = 12 cm), 8,5 m (d = 26 cm).

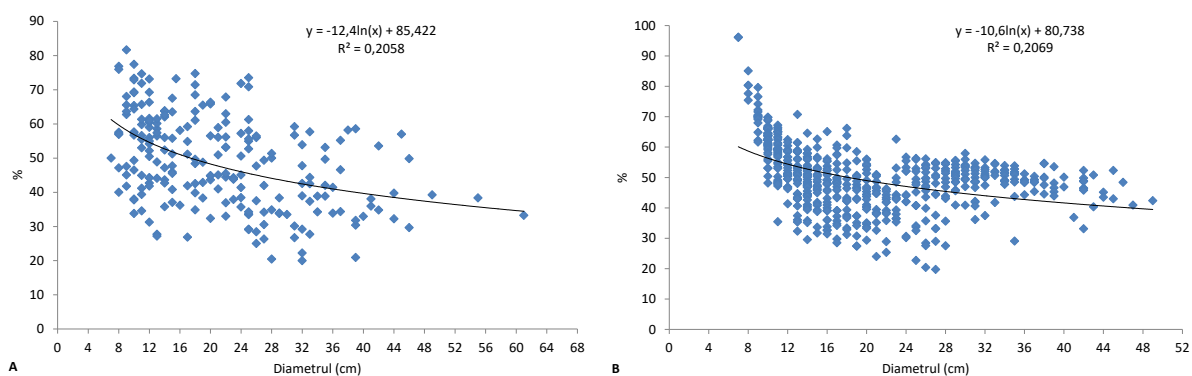


Fig. 5.28 Corelația dintre diametru și lungimea relativă a coroanei (%) (A – S1; B – S2)

Valorile corespunzătoare lungimii relative a coroanei sunt următoarele: S1: 59,6% (d = 8 cm), 34,7% (d = 48 cm), respectiv S2: 58,7% (d = 8 cm), 39,7% (d = 48 cm). Se constată faptul că în arboretele ce vegetează pe stațiuni extreme, lungimea relativă coroanelor este foarte apropiată ca valoare pentru diametrele extreme considerate pentru specia molid.

5.2.3 Centrul de greutate al coroanei

În două din suprafețele experimentale de pe stațiuni extreme cercetate, centrul de greutate al coroanei crește pe măsură ce diametrul arborilor crește, conform cu regresia logaritmică de tipul $y = a \cdot \ln x + b$, în care y reprezintă înălțimea centrului de greutate al coroanei, iar x diametrul (Figura 5.29).

Valorile corespunzătoare înălțimii centrului de greutate al coroanei sunt specifice fiecărui arboret cercetat, S1: 2,3 m (d = 8 cm), 28,0 m (d = 64 cm), respectiv S2: 2,2 m (d = 8 cm), 26,1 m (d = 52 cm), comparativ cu înălțimea arborilor (Figura 5.30).

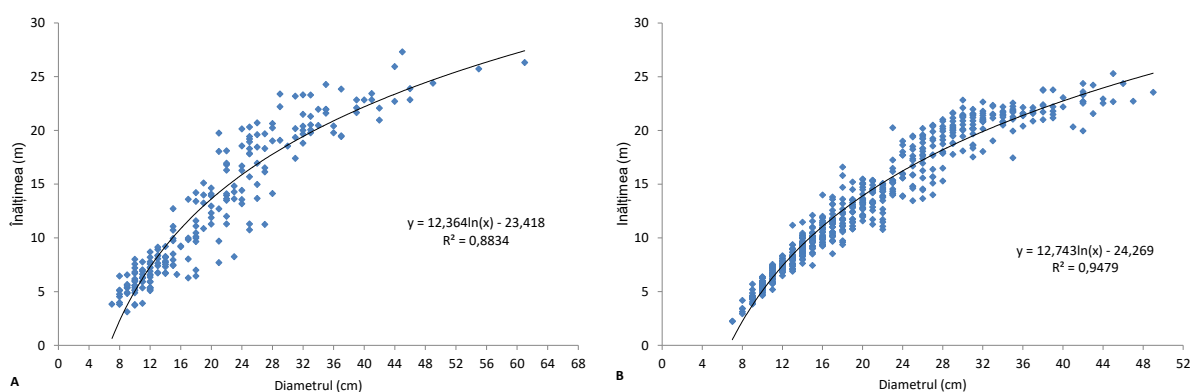


Fig. 5.29 Corelația dintre diametru și înălțimea centrului de greutate al coroanei (A – S1; B – S2)

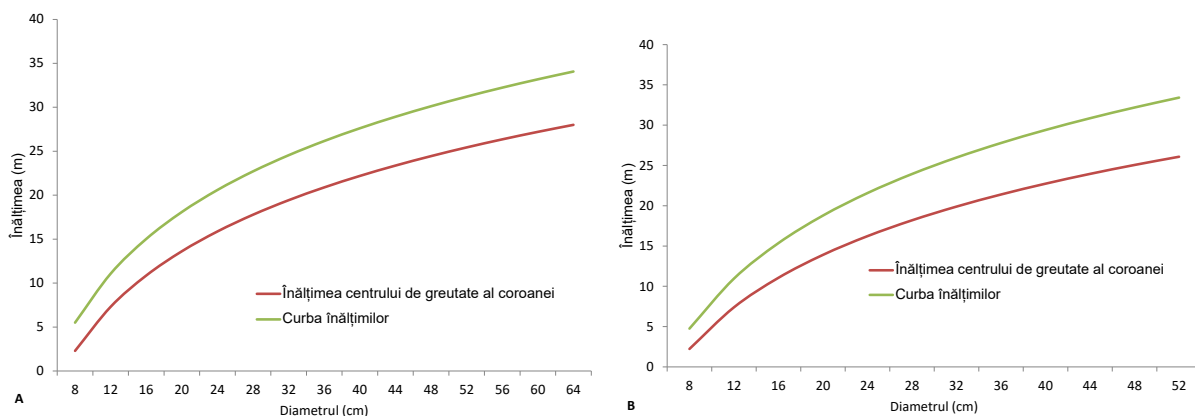


Fig. 5.30 Curba înălțimii arboretului în relație cu înălțimea centrului de greutate al coroanei (A – S1; B – S2)

5.3. Regenerarea arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței

În suprafața experimentală S1 numărul total de exemplare·ha⁻¹ este de 1772. Numărul cel mai mare de exemplare·ha⁻¹ se găsește la specia paltin de munte, urmată de fag și tei. Compoziția semințișului este de 53Pam 30Fa 11Te 6(Mo, Plt, Pa, Sr, Fr). (Tabelul 5.4).

În suprafața experimentală S2 au fost identificate un număr de șase specii componente ale regenerării arboretului analizat. Numărul total de exemplare·ha⁻¹ este de 1443. Cel mai

mare număr se găsește la specia molid, urmată de plop tremurător și scoruș. Compoziția semințișului este de 53Mo 24Plt 16Sr 7(Fa, Pam, Me) (Tabelul 5.4).

Numărul total de exemplare·ha⁻¹, în suprafața experimentală S3, este de 600. Proporția cea mai mare se găsește la specia fag, urmată de molid și paltin de munte. Compoziția semințișului este de 89Fa 8Mo 3(Pam, Te, Me) (Tabelul 5.4).

Tabelul 5.4 Caracteristicile semințișul (număr de exemplare pe specii și pe hectar) în arboretele analizate, ce vegetează pe stațiuni extreme

Specie	Suprafața experimentală			
	S1	S2	S3	S4
Total	1772	1143	600	1794
Mo	49	602	48	
Br				346
Fa	525	180	533	235
Pam	939	3	10	10
Pa	15			6
Sr	13	185		1197
Te	198		8	
Plt	28	270		
Fr	5			
Me		3	1	

În suprafața experimentală S4 numărul total de exemplare·ha⁻¹ este de 1794. Numărul cel mai mare de exemplare·ha⁻¹ se găsește la specia scoruș, urmată de brad și fag. Compoziția semințișului este de 67Sr 19Br 13Fa 1(Pam, Pa) (Tabelul 5.4).

Repartizarea semințișului speciilor componente ale arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme, pe Bazinul Bistriței, pe categorii de înălțime, este specifică fiecărei suprafețe studiate.

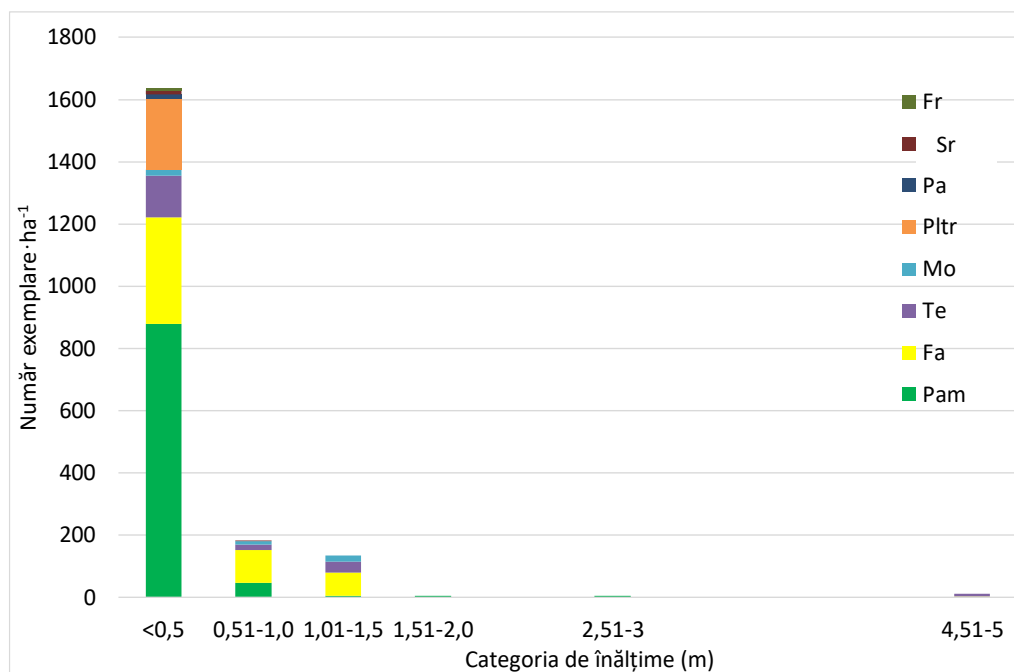


Fig. 5.31 Repartizarea semințișului speciilor componente ale arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme, din Valea Bistriței, pe categorii de înălțime – suprafața experimentală S1

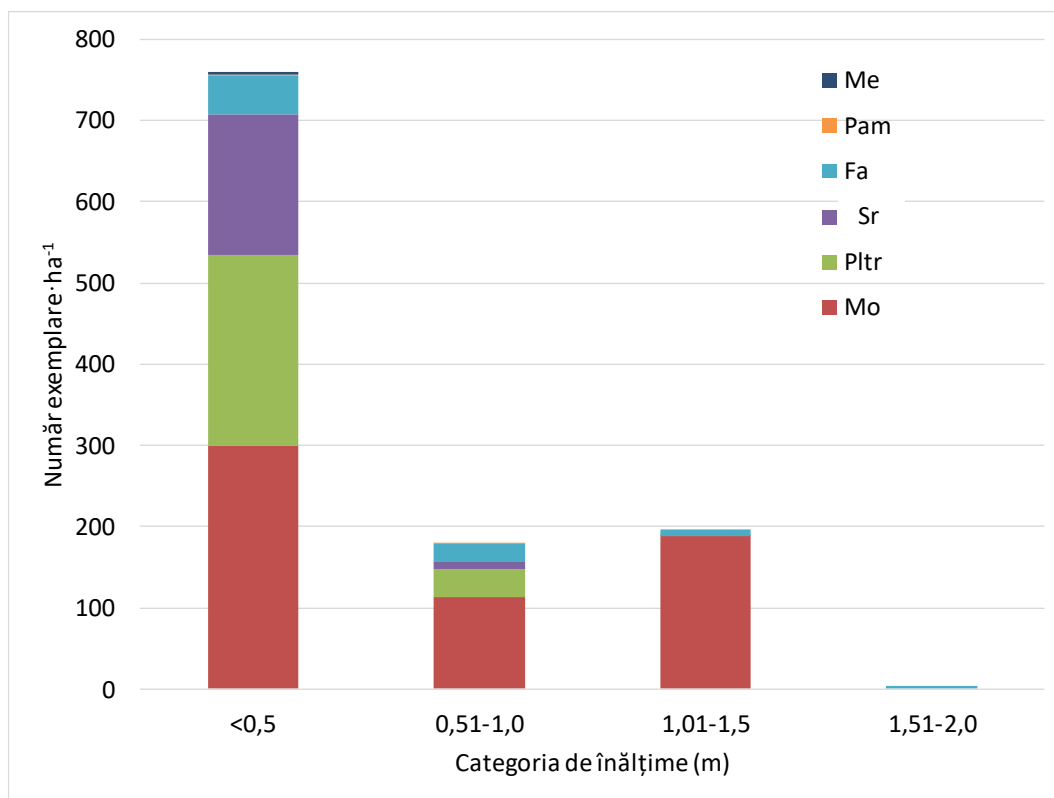


Fig. 5.32 Repartizarea semințișului speciilor componente ale arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme, din Valea Bistriței, pe categorii de înălțime – suprafața experimentală S2

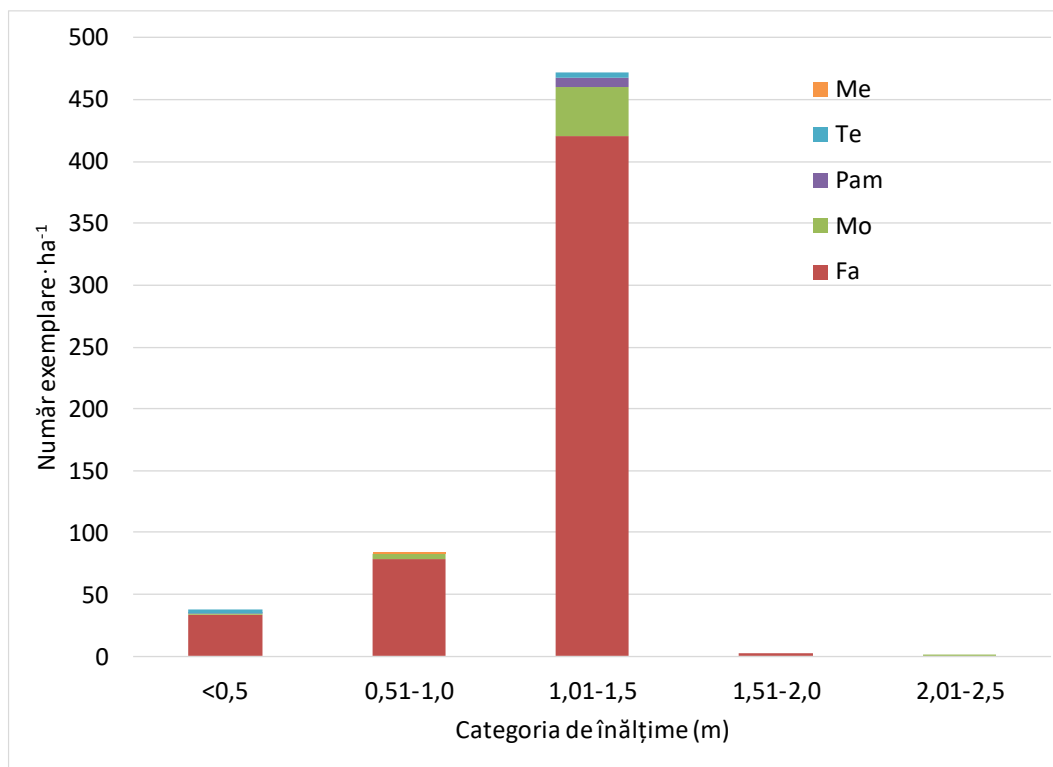


Fig. 5.33 Repartizarea semințișului speciilor componente ale arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme, din Valea Bistriței, pe categorii de înălțime – suprafața experimentală S3

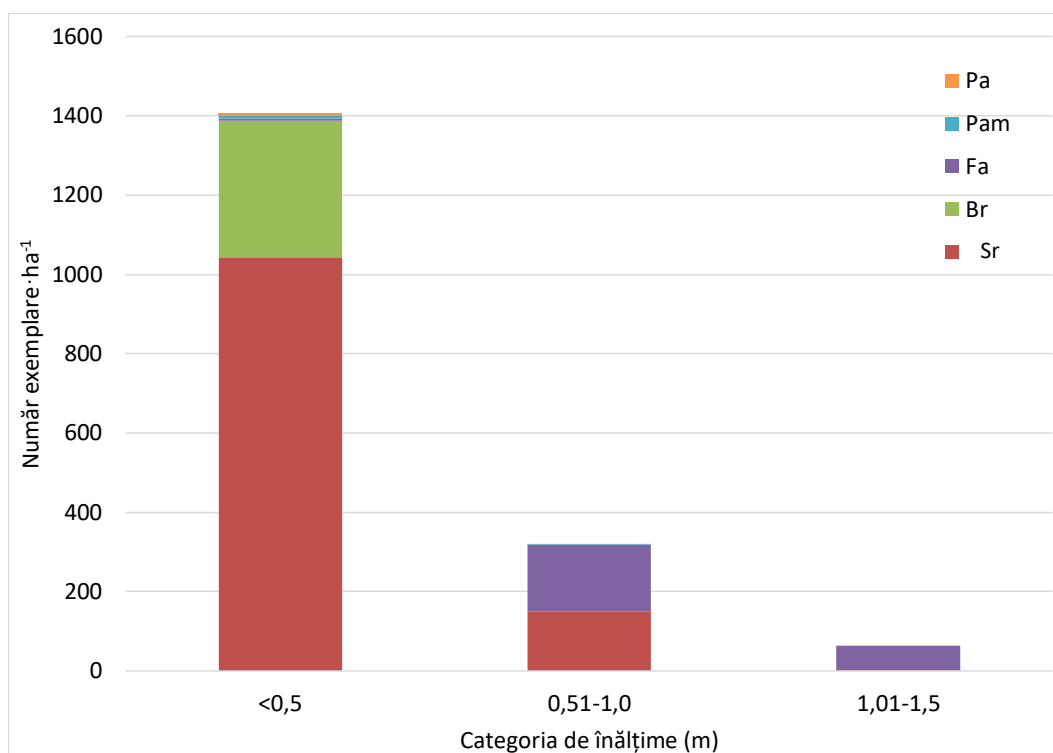


Fig. 5.34 Repartizarea semințișului speciilor componente ale arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme, din Valea Bistriței, pe categorii de înălțime – suprafața experimentală S4

5.4 Auxologia arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței

5.4.1. Structura arboretelor din suprafețele experimentale în raport cu creșterea radială

Tabelul 5.5 Indicatorii distribuției experimentale pentru creșteri

Suprafața de probă/ Specia	S1			S2		S3		S4			
	Te	Pa	Fa	Mo	Me	Mo	Pam	Mo	Mo	Br	Me
Media (mm)	1,13	0,76	1,39	1,34	1,32	1,07	1,51	1,72	1,61	0,84	0,51
Abaterea standard	0,6	0,45	0,75	1,12	0,31	0,42	0,34	1,48	0,64	0,22	0,24
Coefficient de variație (%)	52,9	59,2	54	83,6	23,5	39,3	44,1	81,3	57,1	23,8	47,1
Număr carote	204	34	31	154	17	14	14	18	30	10	9

În suprafața experimentală S1 creșterea radială pe categorii de diametre și categorii de creșteri a constituit rezultatul prelucrării datelor pentru fiecare specie din suprafață. (Tabelele 5.6-5.9).

Tabelul 5.6 Repartiția statistică bidimensională în raport cu diametrul și creșterea radială a arborilor pentru suprafața de probă S1 (Tei)

Clasa de creșteri (mm)	Categorie de diametre																Total
	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	72	88	
0,2	2	1	2	1		1											7
0,4	4	1	2	1	1	2	2		1								14
0,6	5	5	3	3	2	3	5	4	1	1				1			33
0,8	2	4	3	2	3	3	5	3	1	1		1			2	1	31
1		1		2	4	5	1	1	2	2	2	3					23
1,2	3	3	2	2	2	2	3	1	1	1	1	1					22
1,4	2	2	2	2	5	2	5	2	1		1	1	1			1	27
1,6		1	2	2	1	1	1		1					1			10
1,8		1	1	1	1	1	1	1	1								8
2				2	1	1	2		1	2							9
2,2		1	1	2	2	1	1			1					1		10
2,4		1	1	1	2	2			1								8
2,6							1		1								2
Total	18	20	21	23	25	20	27	13	12	8	5	3	2	2	2	2	204
Creșterea medie (mm)	0,7	1,05	1,04	1,25	1,32	1,18	1,17	0,97	1,4	1,35	1,12	1,13	1,5	1,4	0,8	1,1	1,13
Abaterea standard (mm)	0,18	0,61	0,65	0,64	0,57	0,70	0,58	0,38	0,70	0,62	0,17	0,30	0,13	1,13		0,42	0,60
Coefficientul de variație (%)	25,7	58,1	62,5	51,2	43,2	59,3	49,6	39,2	50,0	45,9	15,2	26,5	8,7	80,7		38,2	52,9

Tabelul 5.7 Repartiția statistică bidimensională în raport cu diametrul și creșterea radială a arborilor pentru suprafața de probă S1 (Fag)

Clasa de creșteri (mm)	Categorია de diametre											Total
	16	20	24	28	32	36	40	64	64	84	92	
0,2				1								1
0,4			1									1
0,6	2	1							1			4
0,8	1	1	1						1			4
1				1								1
1,2	1		1									2
1,4				1		1					1	3
1,6	1		1		1			1				4
1,8				2	1	1	1					5
2		1								1		2
2,2			1									1
2,4												0
2,8					1	1						2
3											1	1
Total	5	3	5	5	3	3	1	1	2	1	2	31
Creșterea medie (mm)	0,96	1,13	1,24	1,2	2	1,93	1,8	1,6	0,7	2	2,1	1,39
Abaterea standard(mm)	0,43	0,75	0,70	0,75	0,53	0,61			0,13		1,84	0,75
Coeficientul de variație (%)	44,8	66,4	56,5	62,5	26,5	31,6	0	0	18,6	0	87,6	54

Tabelul 5.8 Repartiția statistică bidimensională în raport cu diametrul și creșterea radială a arborilor pentru suprafața de probă S1 (Paltin de munte)

Clasa de creșteri (mm)	Categorია de diametre											Total
	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	60	
0,2			1	1								2
0,4	1	1	1		1	2				1		7
0,6	1	1			2	1	2	1	1	1		10
0,8				1			1	1	2			5
1	1	1						1				3
1,2							1		1			2
1,4							1	1				2
1,6						1					1	2
1,8												
2					1							1
Total	3	3	2	2	4	4	5	4	4	2	1	34
Creșterea medie (mm)	0,67	0,5	0,2	0,4	0,9	0,75	0,92	0,95	0,85	0,5	1,6	0,76
Abaterea standard (mm)	0,3	0,13	0,28	0,56	0,74	0,57	0,36	0,34	0,24	0,13		0,45
Coeficientul de variație (%)	44,8	26,0	140,0	140,0	82,2	76,0	39,1	35,8	28,2	26,0	0,0	59,2

Tabelul 5.9 Repartiția statistică bidimensională în raport cu diametrul și creșterea radială a arborilor pentru suprafața de probă S1 (Molid)

Clasa de creșteri (mm)	Categorie de diametre											Total
	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	60	
0,2	3	2	3	1	3			1			1	14
0,4	6	3	5	4	2	1	1				1	23
0,6	2	1	3	1	1	1	1	1	1			12
0,8	4	2	3	4	1	2						16
1	1		1	1	1	2				1		7
1,2	4	3	1	3	1		1					13
1,4	1		1	3	2	1	1					9
1,6	2	1			1	2	2	1				9
1,8	2		2	3	2	1	2					12
2	1	1		1	1	1			1			6
2,2	1	1	1	1	2		1	1	1			9
2,4	1	2	1		1	1	1		1			8
2,6				1		1						2
2,8		1	1									2
3				1		3	1					5
3,2						1	1					2
3,4								1				1
4	1											1
4,6				1								1
4,8				1								1
5,8								1				1
Total	29	17	22	26	18	17	12	5	4	1	2	154
Creșterea medie (mm)	1,08	1,2	0,95	1,45	1,18	1,78	1,72	2,72	1,44		0,2	1,34
Abaterea standard (mm)	1	0,97	0,87	1,43	0,81	1,31	1,26	2,52	1,07		0,28	1,12
Coeficientul de variație (%)	92,5	80,8	91,5	98,6	68,6	73,5	73,2	92,6	74,3		140	83,6

Numărul de arbori (%) scade exponențial pe măsură ce clasa de creșteri are o valoare mai mare, pentru speciile molid și paltin de munte. Relația dintre clasa de creșteri și numărul de arbori corespunzători pentru specia tei este dată de distribuția teoretică Gamma, cu un maxim la categoriile de creșteri 0,6 mm – 0,8 mm (16%). Pentru specia fag se constată o distribuție neregulată numărul de arbori pe clase de creșteri, cu maxime la categoriile de creșteri 0,6 mm – 0,8 mm (12,9%), respectiv 1,6 mm – 1,8 mm (16,1%) (Figura 5.35).

Cercetările auxologice realizate în scopul identificării efectelor pe care le generează dezvoltarea arboretelor pe stațiuni extreme, comportă situații distincte de analiză și interpretare, în raport cu natura și efectul condițiilor staționale și de vegetație.

Analiza și evaluarea ritmului de creștere radială la arborii din suprafața experimentală S1 a impus reprezentarea și analiza dreptelor creșterilor radiale (creșterea medie și creșterea medie pe ultimii 10 ani - i_{r10} – 2006-2015) în raport cu diametrul și cu vârsta arborilor. Se observă amplitudinea precum și dispunerea specifică a dreptelor de creștere din arboretul analizat (Figurile 5.36 – 5.38).

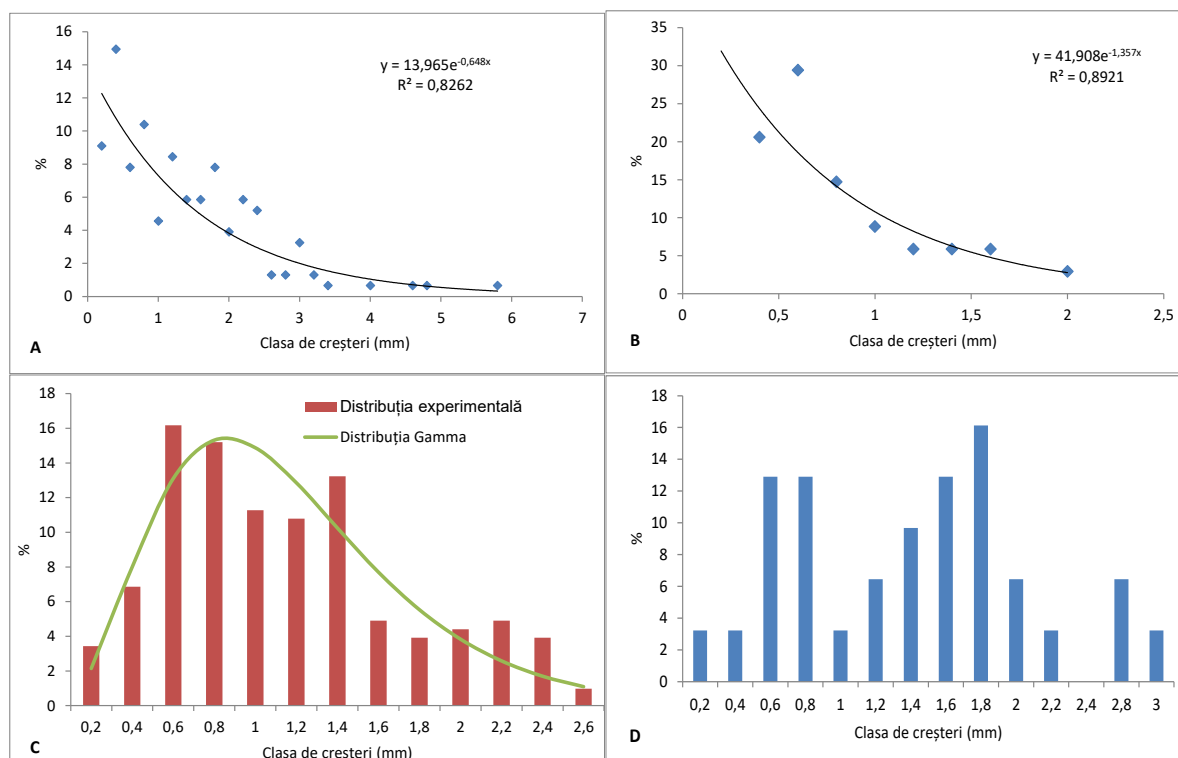


Fig. 5.35 Relația dintre clasa de creșteri și numărul de arbori corespunzători (%)
(A – molid; B – paltin de munte; C – tei; D – fag) - suprafața experimentală S1

Influența condițiilor extreme de vegetație, pentru specia molid, este dată de marea variabilitate a creșterilor în raport cu vârsta și cu diametrul arborilor. Ca tendință generală se constată faptul că odată cu creșterea vârstei scade valoarea creșterii radiale medii și a creșterii radiale medii pe ultimii 10 ani.

Relația dintre vârstă și creșterea radială medie (creșterea radială medie pe ultimii 10 ani) este dată de o ecuație exponențială de tipul $y = a \cdot e^{bx}$, în care x reprezintă creștere radială medie (creșterea radială medie pe 10 ani), iar y – vârsta arborilor.

Relația este mijlocie și foarte semnificativă ($r = 0,554^{***}$, respectiv $r = 0,391^{***}$)(Figura 5.36).

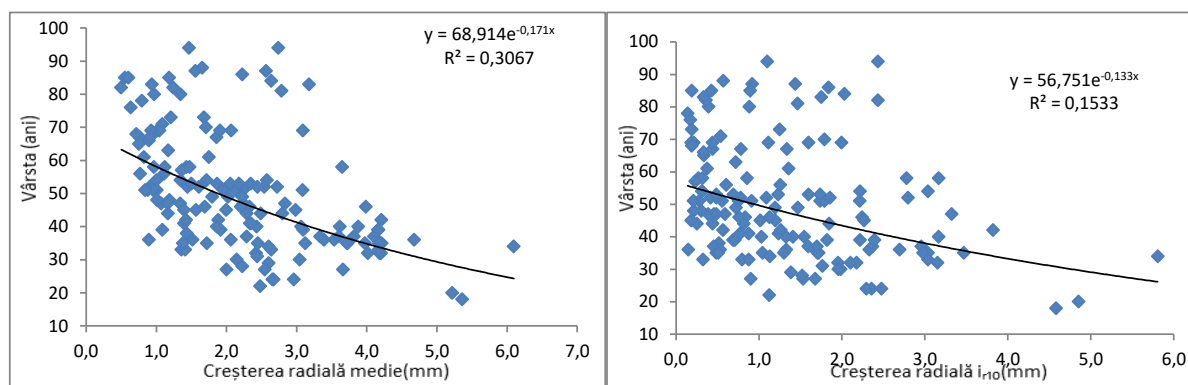


Fig. 5.36 Relația dintre creșterea radială medie, creșterea medie pe 10 ani și vârsta arborilor
(Molid) - suprafața experimentală S1

Caracteristic speciei forestiere tei, este faptul că nu se constată o corelație semnificativă între vârstă și creșterea radială medie (creșterea radială medie pe ultimii 10 ani),

chiar dacă tendința este, ca și în cazul precedent, ca odată cu creșterea vârstei arborilor să scadă valoarea creșterii radiale medii (Figura 5.37).

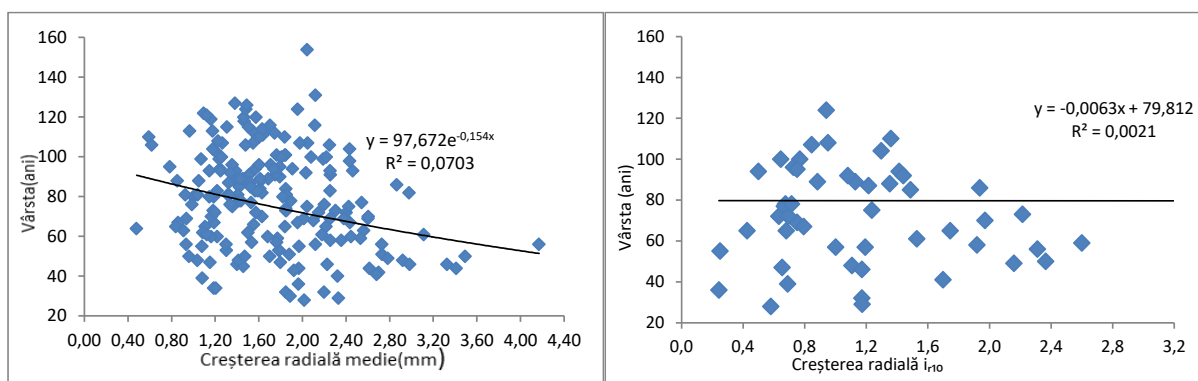


Fig. 5.37 Relația dintre creșterea radială medie, creșterea medie pe 10 ani și vârsta arborilor (Tei) - suprafața experimentală S1

Pentru specia paltin de munte se constată faptul că odată cu creșterea vârstei. Relația este mijlocie și foarte semnificativă ($r = 0,418^{***}$, respectiv $r = 0,579^{***}$)(Figura 5.38).

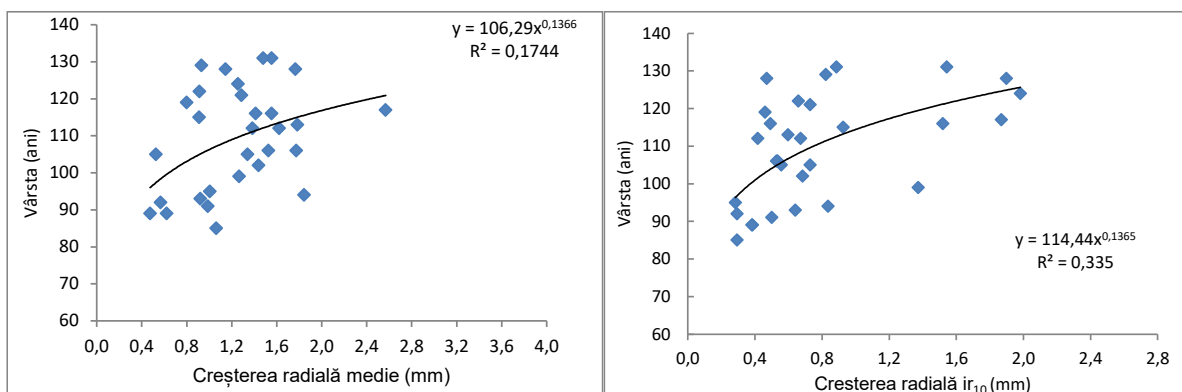


Fig. 5.38 Relația dintre creșterea radială medie, creșterea medie pe 10 ani și vârsta arborilor (Paltin de munte) - suprafața experimentală S1

Speciei fag îi este caracteristică scăderea creșterii radiale medii, respectiv a creșterii radiale medii pe ultimii 10 ani cu creșterea vârstei arborilor.. Relația este mijlocie (puternică) și foarte semnificativă ($r = 0,464^{***}$, respectiv $r = 0,650^{***}$)(Figura 5.39).

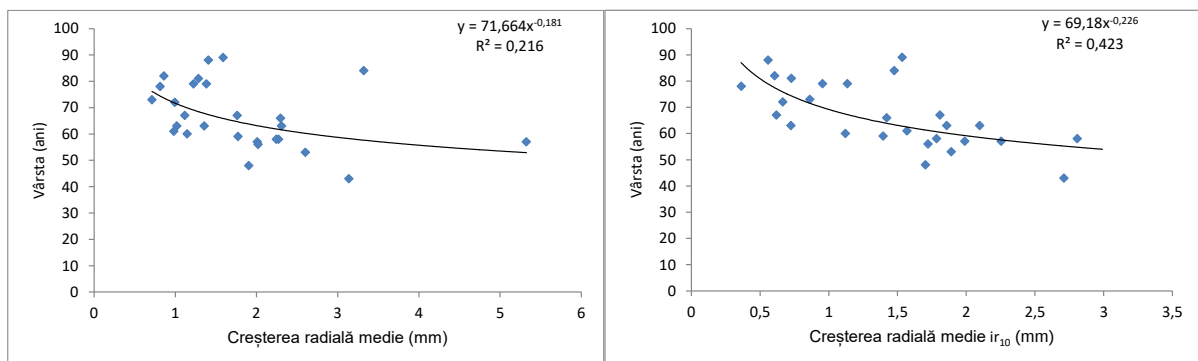


Fig. 5.39 Relația dintre creșterea radială medie, creșterea medie pe 10 ani și vârsta arborilor (Fag) - suprafața experimentală S1

5.4.2 Cercetări dendrocronologice in arborete situate pe stațiuni extreme în bazinul Bistriței

În cazul fagului în analiză s-au inclus un număr de 32 de serii individuale acoperind perioada 1828-2015 cu o lungime medie a seriei de 82 de ani. Corelația medie dintre seriile individuale de creștere și cronologia medie este de 0,321. Valoarea medie a creșterii radiale este de 1,68 mm·an⁻¹ având asociată o sensibilitate medie de 0,25. Nivelul autocorelației de ordinul I este relativ ridicat, 0,71, indicând o dependență statistică între creșterea din anul curent și cel precedent. Variația indicilor de creștere radială evidențiază perioada anilor 1985-1995 cu valori subunitare (Figura 5.45).

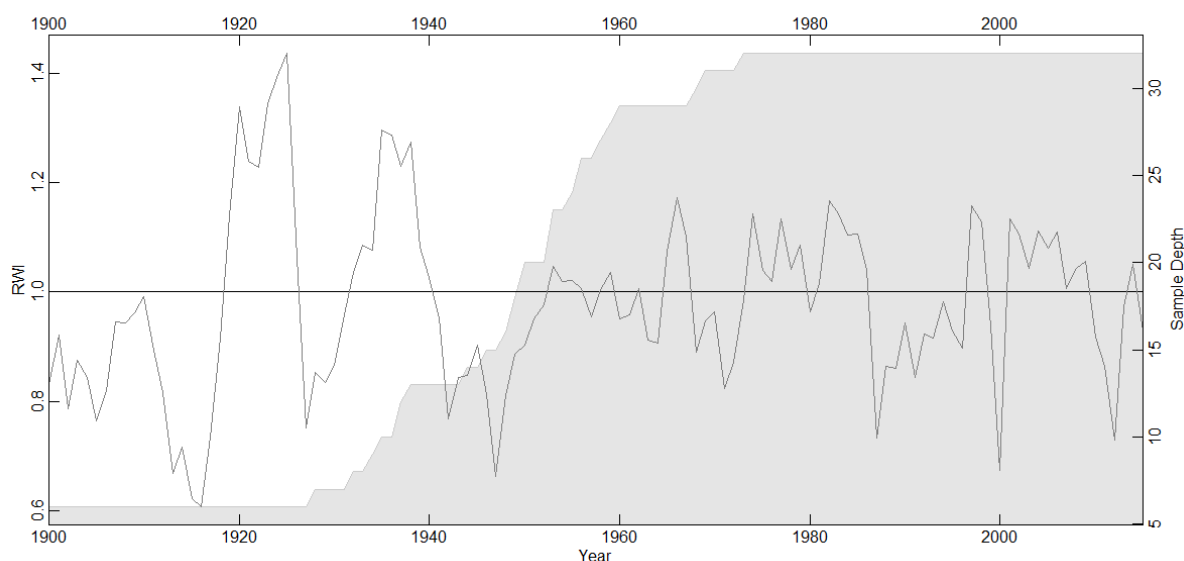


Fig. 5.45 Seria dendrocronologică pentru fag din zona Zugreni

Corelația dintre parametrii meteorologici și indicii de creștere radială pentru fag reliefează o influență pozitivă a precipitațiilor din luna iunie și iulie anul curent, dar fără să atingă pragul de semnificație statistică. Referitor la regimul termic se constată o corelație negativă cu temperaturile din sezonul de vegetație curent (iunie-august) semnificativ statistic fiind valorile din luna iunie (Figura 5.46)

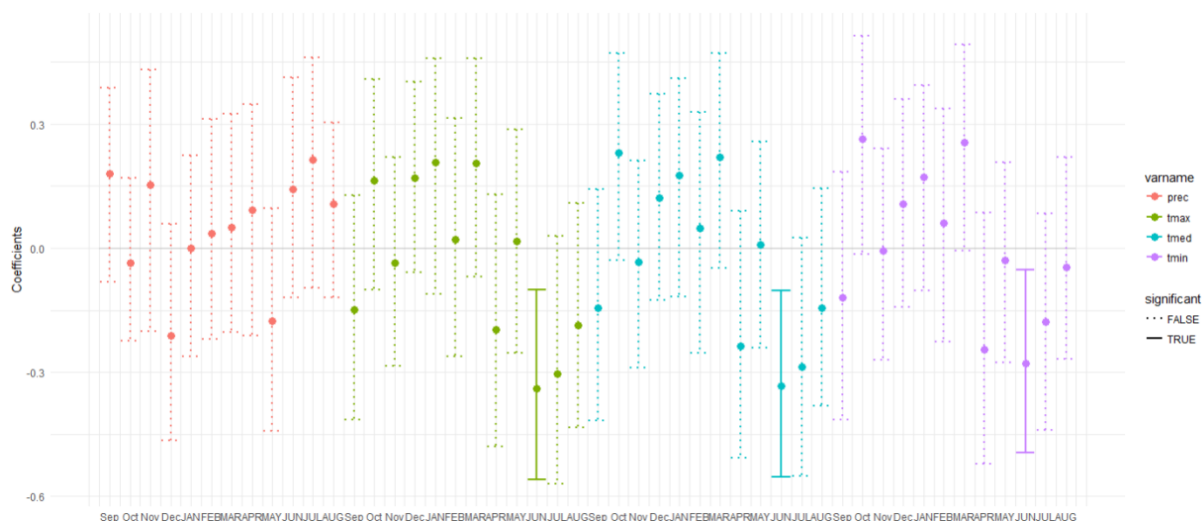


Fig. 5.46 Corelația dintre parametrii meteorologici și indicii de creștere pentru fag

În cazul molidului seria dendrocronologică s-a realizat în baza a 139 de serii individuale provenind atât din suprafața experimentală S1 (expoziție însorită) cât și S4 (expoziție umbrită). Lungimea seriei dendrocronologice este de 127 de ani, acoperind perioada 1889-2015, cu o lungime medie de 57 de ani. Corelația dintre seriile individuale și cronologia medie este de 0,341. Creșterea radială medie este mai mare comparativ cu fagul ($2,15 \text{ mm} \cdot \text{an}^{-1}$) sensibilitatea medie fiind similară (Figura 5.47).

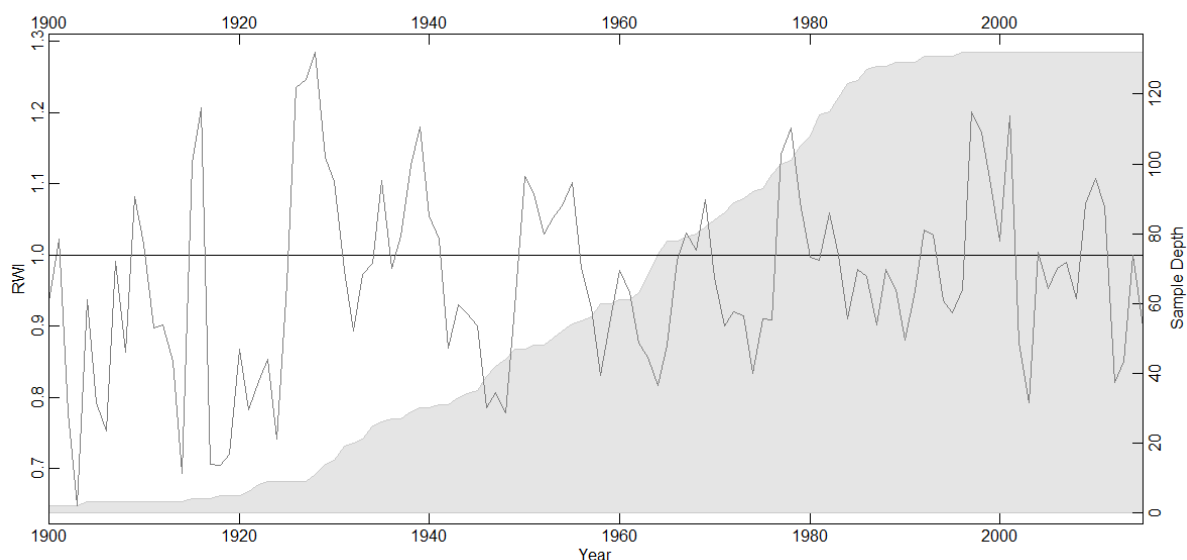


Fig.5.47 Seria dendrocronologică pentru molid din zona Zugreni

În ceea ce privește răspunsul molidului la variația parametrilor meteorologici se observă o corelație negativă și semnificativă statistic cu temperatura din luna septembrie anul precedent formării inelului anual. Restul perioadelor din an nu influențează semnificativ procesul de creștere radială, molidul fiind în optimul de vegetației (Figura 5.48).

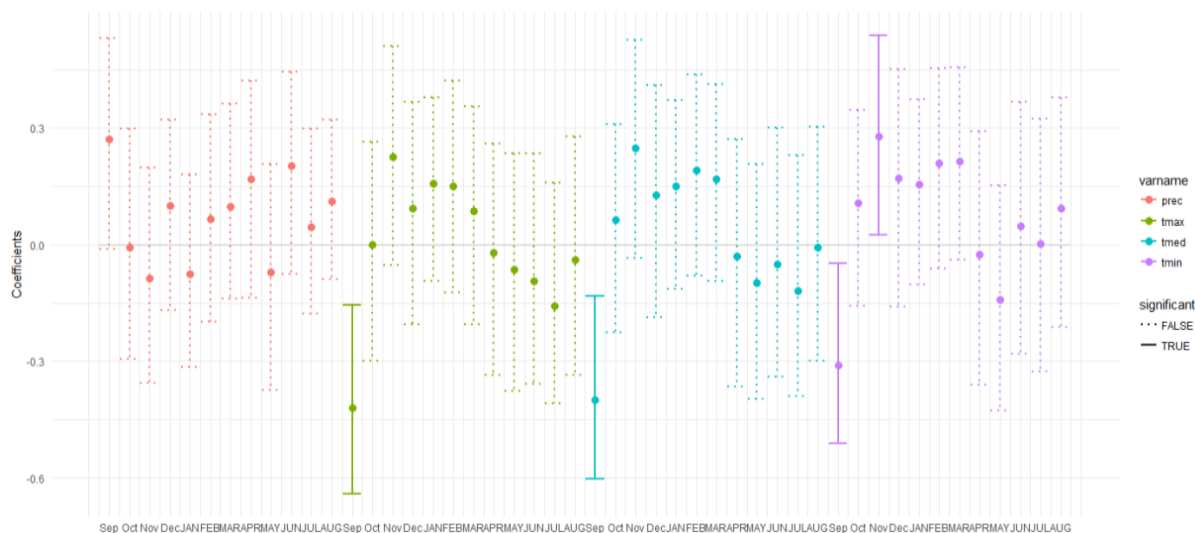


Fig.5 48 Corelația dintre parametrii meteorologici și indicii de creștere pentru molid

Cercetările dendroclimatologice s-au extins și la două specii de foioase mai puțin studiate în literatura de specialitate, respectiv: mesteacăn și tei.

În cazul mesteacănului seria dendrocronologică include un număr de 16 serii de creștere individuale acoperind o perioadă de 102 ani, respectiv perioada 1914-2015. Corelația dintre seriile individuale și cronologimediă este relativ redusă (0,187), dar cu o sensibilitate medie ridicată (0,34) (Figura 5.49).

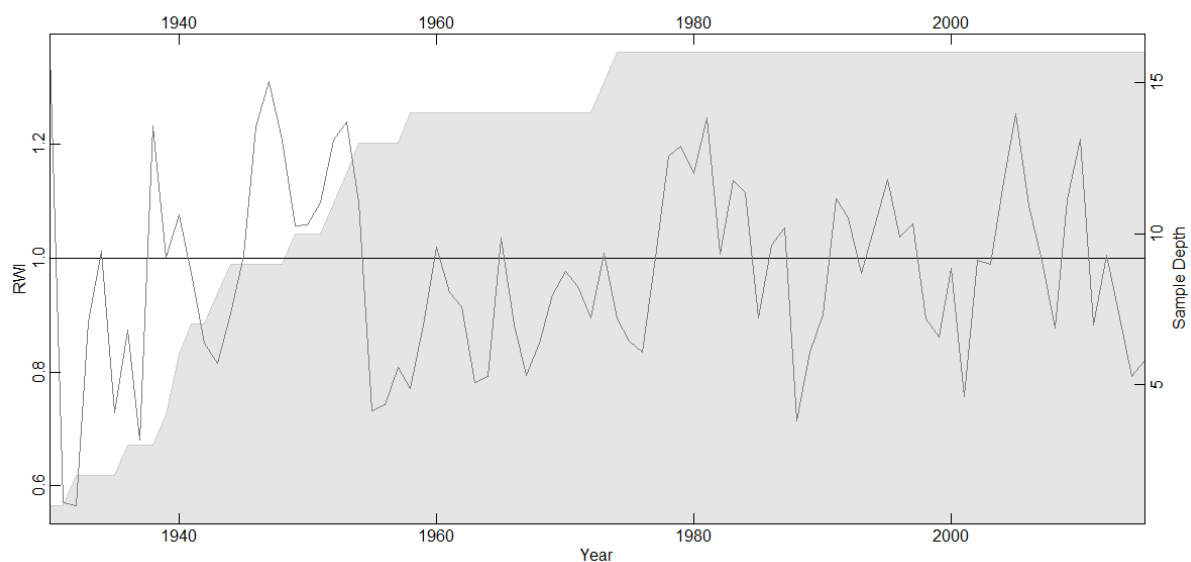


Fig. 5.49 Seria dendrocronologică pentru mesteacăn din zona Zugreni

Din punct de vedere al răspunsului la climat se remarcă o corelație pozitivă și semnificativă statistic cu precipitațiile din luna mai și august, respectiv o corelație negativă cu regimul termic din sezonul de vegetației, dar fără a atinge pragul de semnificație statistică (Figura 5.50).

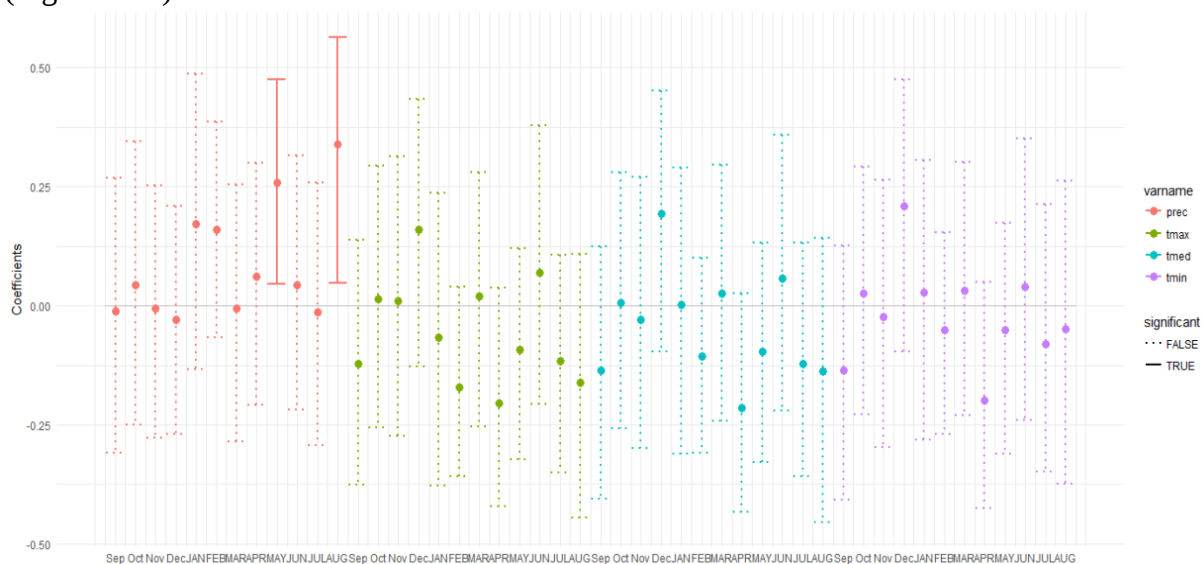


Fig. 5.50 Corelația dintre parametrii meteorologici și indicii de creștere pentru mesteacăn.

Ultima specie analizată este tei, care în zona de studiu formează arborete extrazonale. Probele de creștere utilizate pentru elaborarea seriei dendrocronologice provin din suprafața experimentală S1 cu expoziție însoțită. În analiză s-au inclus un număr de 88 serii individuale de creștere cu o lungime maximă a cronologiei de 154 de ani (1862-2015). Lungimea medie a seriilor individuale este de 75 de ani cu o sensibilitate de 0,27. Corelația dintre seriile individuale și cronologia medie este de 0,211 (Figura 5.51).

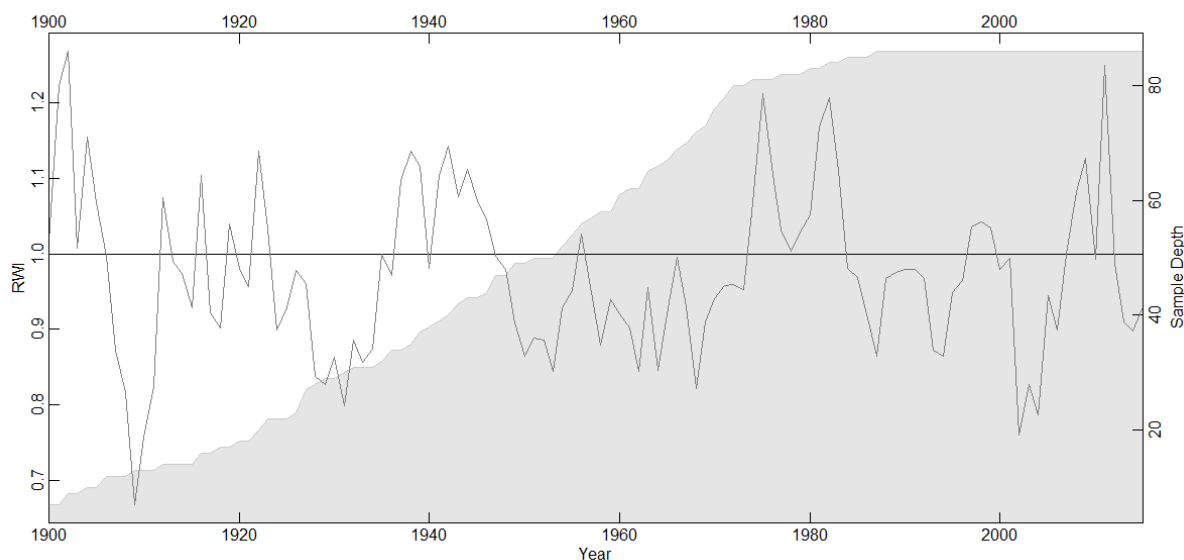


Fig. 5.51 Seria dendrocronologică pentru tei din zona Zugreni

Modelul dendroclimatic de răspuns a teiului la variația parametrilor climatici este dominat de o corelație pozitivă și semnificativă statistic cu precipitațiile din luna aprilie și iunie în directă legătură cu condițiile staționale dominate de soluri scheletice pe pante mari. Caracterul termofil al teiului se reflectă în corelația pozitivă și semnificativă statistic dintre indicii de creștere radială și temperatura din luna martie (Figura 5.52).

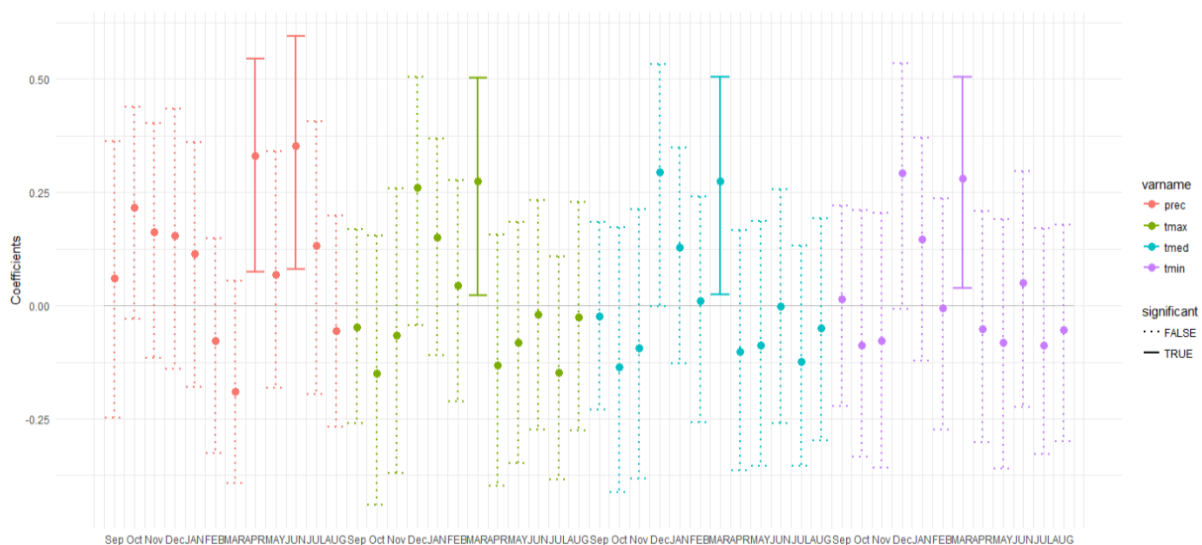


Fig. 5.52 Corelația dintre parametrii meteorologici și indicii de creștere pentru tei

5.4.3. Creșterea în suprafața de bază în arborete ce vegetează pe stațiuni extreme

Pentru evidențierea creșterii în suprafața de bază în arborete ce vegetează pe stațiuni extreme, s-a calculat pentru fiecare arboret în parte creșterea în suprafața de bază (I_G) și procentul creșterii în suprafața de bază (p_{ig}). Cele două caracteristici s-au exprimat ca valori medii anuale la hectar, pe perioada de cercetare 2006-2015 (Tabelul 5.15).

Tabelul 5.15 Creșterea în suprafața de bază și procentul creșterii în suprafața de bază pentru arboretele analizate

Suprafața experimentală	Specia	Mărimea perioadei (ani)	Suprafața de bază G ($m^2 \cdot ha^{-1}$)	Creșterea în suprafața de bază (medie pe perioadă) $I_G - (m^2 \cdot ha^{-1})$	Creșterea în suprafața de bază, medie anuală pe perioadă $I_G - (m^2 \cdot an^{-1} \cdot ha^{-1})$	Procentul mediu al creșterii în suprafața de bază $p_{ig} - (\%)$ (specie)	Procentul mediu al creșterii în suprafața de bază $p_{ig} - (\%)$ (arboret)
S1		10	32,3	6,88	0,69	21,30	21,30
	MO		10	3,12	0,31	31,20	9,66
	TE		22,3	3,76	0,38	16,86	11,64
S2		10	42,5	7,8	0,78	18,35	18,35
	MO		26,8	6,2	0,62	23,13	14,59
	ME		15,7	1,6	0,16	10,19	3,76
S3		10	24,9	3,37	0,34	13,53	13,53
	MO		11,1	1,96	0,20	17,66	7,87
	FA+PAM		13,8	1,41	0,14	10,22	5,66
S4		10	26,5	3,76	0,38	14,19	14,20
	MO		26,5	3,76	0,38	14,20	14,20

5.4.4. Creșterea în volum în arborete ce vegetează pe stațiuni extreme

Tabelul 5.16 Volumul și procentul creșterii în volum pentru arboretele ce vegetează pe stațiuni extreme analizat

Suprafața experimentală	Specia	Mărimea perioadei (ani)	Volumul la sfârșitul perioadei $V - (m^3 \cdot ha^{-1})$	Creșterea medie în volum, pe perioadă $I_V - (m^3 \cdot ha^{-1})$	Creșterea medie în volum, anuală pe perioadă $I_V - (m^3 \cdot an^{-1} \cdot ha^{-1})$	Procentul mediu al creșterii în volum $p_{iv} - (\%)$
S1		10	347,8	19,6	1,97	5,7
	MO		110,2	5,0	0,50	4,6
	TE		237,6	14,6	1,47	6,2
S2		10	389,4	24,7	2,48	6,4
	MO		252,5	19,2	1,92	7,6
	ME		136,9	5,5	0,56	4,1
S3		10	274,4	10,0	1,01	3,7
	MO		126,7	4,3	0,43	3,4
	FA+PAM		147,7	5,7	0,57	3,9
S4		10	320,8	16,6	0,38	5,2
	MO		320,8	16,6	0,38	5,2

Volumul pentru arboretele ce vegetează pe stațiuni extreme cercetate (tabelul 5.16), variază între $274,4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (S3) și $389,4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (S2)

În ceea ce privește creșterea medie în volum, pe perioada de 10 ani considerată (2006-2015), aceasta ia valori cuprinse între $10,0 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (S3) și $24,7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (S2).

Referitor la procentul mediu al creșterii în volum (medii pe arboret) acesta ia valori cuprinse între 3,7% (S3) și 6,4% (S2)

5.4.5. Indici pentru caracterizarea dinamicii creșterii și dezvoltării la nivel de arboret în ecosisteme ce vegetează pe stațiuni extreme

5.4.5.1 Coeficientul dominanței creșterii

O caracteristică esențială a creșterii și dezvoltării arboretului, puternic influențată de structura acestuia, este faptul că procesul de creștere implică arbori de diferite dimensiuni. Compartimentarea creșterii între arbori de diferite dimensiuni este legată de modul de concurență, adică gradul de asimetrie, de mărimea acestora (Pretzsch, Biber 2010).

Indicii pentru caracterizarea dinamicii creșterii și dezvoltării la nivel de arbore și arboret se referă la aspectul creșterii și dezvoltării din dinamica arboretelor, cu raportare la diferențierile de creștere dintre arbori. Diferențierea creșterii dintre arbori și arborete poate fi făcută prin intermediul *coeficientului dominanței creșterii* (GDC), care indică modul cum volumul arborilor de diferite dimensiuni contribuie la creșterea totală a arboretului.

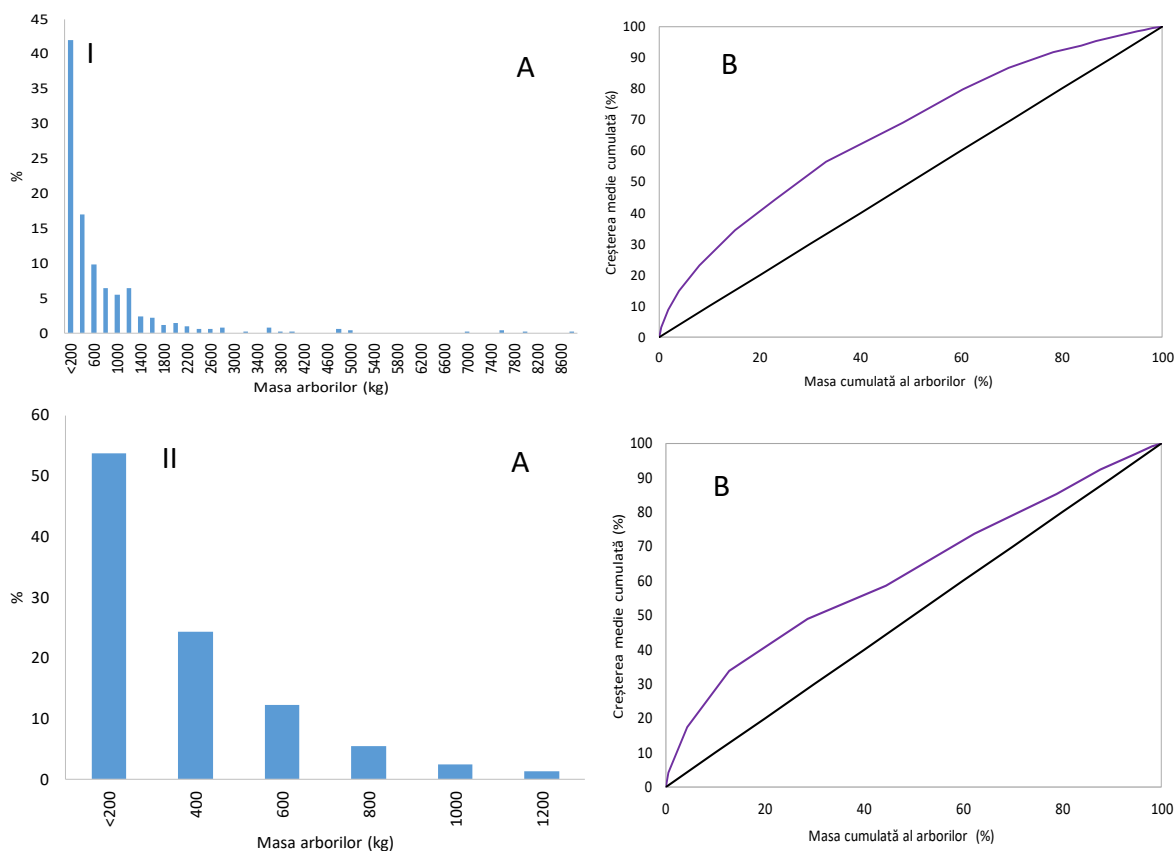
Dezvoltarea arboretului presupune o schimbare sistematică în poziția dominantă a curbei de creștere iar modelul poate juca un rol important în observarea fazei de creștere în arborete. Acest model a inclus patru faze (Binkley et al., 2006): (a) O fază timpurie, în care concurența este mică între arbori iar creșterea fiecărui arbore este proporțională cu fracțiunea corespunzătoare din masa totală a arboretului (curba dominanței creșterii urmează linia 1:1); (b) O fază în care dominanța creșterii este susținută și în care creșterea celor mai mari arbori este mai mare decât proporția, contribuția lor actuală la masa totală a arboretului. În timp ce această condiție persistă, dominanța creșterii este puternică iar distribuția dimensiunilor arborilor devine mai largă (în curba de creștere poziția dominantă scade sub linia de 1:1); (c) O fază de declin a poziției dominanței creșterii, apare când creșterea celor mai mari arbori începe să scadă, ca procent din totalul creșterii arboretului (curba de poziție dominantă de creștere se întoarce la linia 1:1); (d) O fază de "revers a dominanței creșterii", în cazul în care creșterea celor mai mari arbori este mai mică decât contribuția lor proporțională la masa arboretului (poziția dominantă de creștere crește peste linia 1:1).

În suprafața experimentală S1 variația modelului este substanțială, creșterea arborilor mari a fost mai mică decât creșterea arborilor mici, indicând poziția „dominanței creșterii inverse”. Arborii mai mari reprezintă mai puțin din punct de vedere al creșterii raportate la masa arboretului. (Figura 5.53 I - B).

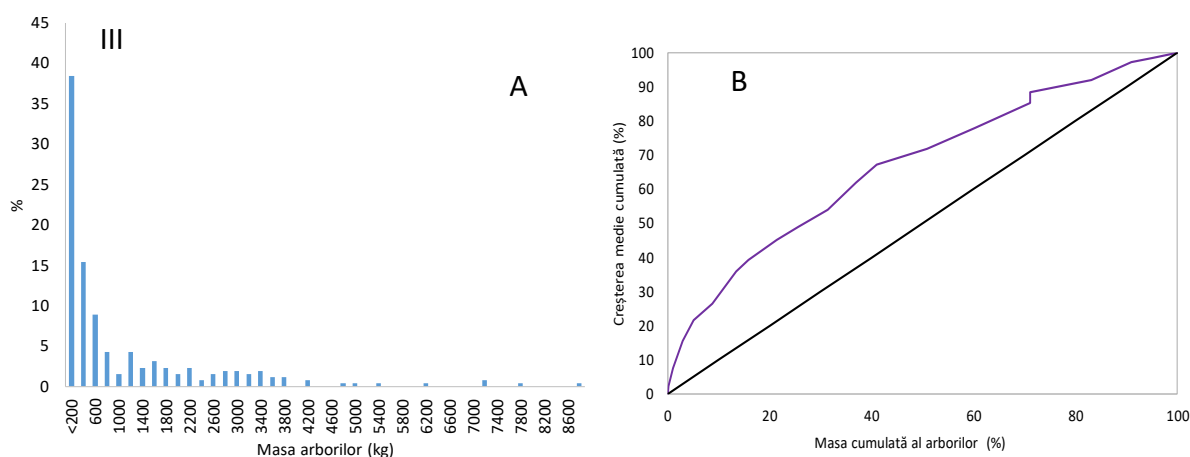
În rezultatele prezentate masa arborilor a fost determinată folosind ecuațiile de regresie corespunzătoare biomasei (biomasa lemnoasă și a cojii) pentru speciile molid, brad și fag (Giurgiu et al., 2004), iar pentru speciile tei și mesteacăn au fost asimilate ecuațiile de biomasă stabilite la nivelul Europei (Zianiset al., 2005; Muukkonen, 2007).

În afară de reprezentarea grafică, dinamica curbei creșterii poate fi caracterizată de diferența dintre coeficientul Gini specific masei cumulate a arborilor și coeficientul Gini caracteristic creșterii cumulate, care este echivalent cu coeficientul dominanței creșterii (GDC). Diferența dintre masa cumulată și creșterea cumulată a arboretelor, cuantificată similar ca și coeficientul Gini, poate fi utilizată ca un indicator pentru evidențierea dominanței într-un arboret (Binkley et al., 2006).

Coeficientul dominanței creșterii este zona de sub linia 1:1 minus aria de sub curba de dominanță de creștere, ca procent din suprafața de sub linia 1:1.



Arboretele cu dominanță de creștere puternică au o curbă care scade sub linia 1:1, și un coeficient de dominanță creștere pozitivă (ca și coeficient Gini). Arboretele care arată poziția dominantă de creștere inversă (în regres) au curbe care se ridică deasupra liniei 1:1. Astfel zona de sub curbă este mai mare decât zona de sub linia 1:1, rezultând un coeficient al dominanței creșterii negativ (Tabelul 5.16).



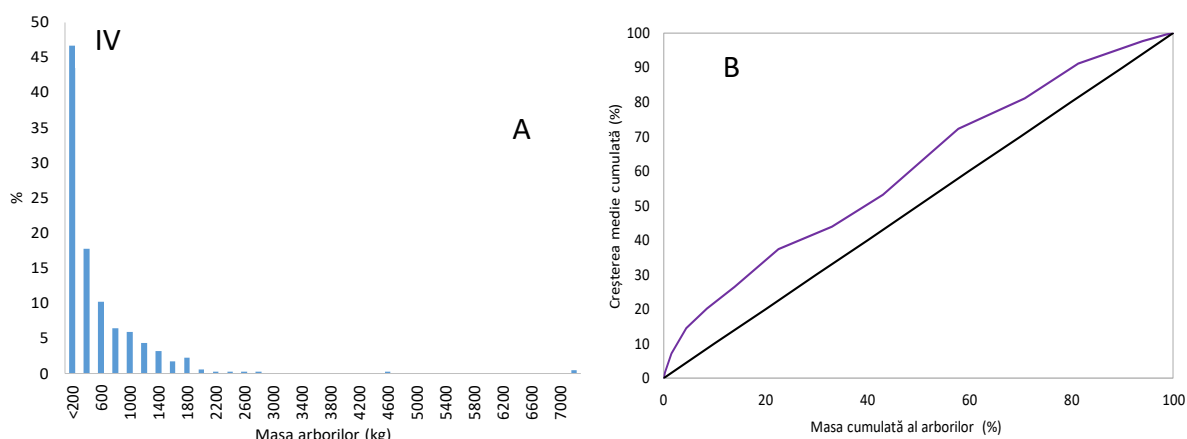


Fig. 5.53 Reprezentarea dominanței creșterii pentru arborete ce vegetează pe stațiuni extreme: (A) distribuția frecvenței greutateii arborilor; (B) curba dominanței creșterii (I – S1; II – S2; III – S3; IV – S4)

Tabelul 5.16 Valoarea corespunzătoare coeficientului dominanței creșterii (GDC) în arboretele ce vegetează pe stațiuni extreme cercetate

Parametru	Suprafața experimentală			
	S1	S2	S3	S4
GDC	-0,249	-0,263	-0,277	-0,101

Acest dezechilibru între masă și creștere a dus la o „cocoașă” în curba dominanței creșterii (Figura 5.53 I-IV B), mai accentuată la suprafața experimentală S3, indicând valoarea și dinamica corespunzătoare fazei 4, respectiv un model de dominanță a creșterii inverse (în regres). Coeficienții dominanței creșterii variază pentru arboretele de amestec studiate între -0,101 (S4) și -0,277 (S3). Ca urmare arborii cu dimensiuni mai mari reprezintă proporțional mai puțin, din punct de vedere al creșterii, decât masa la nivelul arboretelor în arboretele ce vegetează pe stațiuni extreme cercetate.

5.4.4.2 Relația creștere-mărime

Relația creștere-mărime, ce exprimă legătura dintre volumul respectiv creșterea arborilor și dimensiunile acestora, reprezintă un alt indicator pentru exprimarea creșterii și dezvoltării arboretelor de amestec.

Coeficientul Gini (GC) și curba Lorenz pot fi utilizate pentru cuantificarea mărimii sau ierarhizarea creșterii între arborii din pădure (Pretzsch, Schütze, 2014). Relația creștere-mărime a fost evidențiată prin cuantificarea distribuției relative a volumului arborilor (GC_v) și a creșterii în suprafața de bază în intervalul 2006-2015 (GC_c), între arborii din arboretele ce vegetează pe stațiuni extreme (Figurile 5.54 și 5.55). Aplicarea acestei metode la arboretele ce vegetează pe stațiuni extreme formate din mai multe specii poate pune în evidență modul în care proporționarea amestecurilor modifică ierarhia dintre arborii într-o populație, dacă speciile principale de amestec pot favoriza distribuția creșterii către arborii mici comparativ cu arboretele pure.

O valoare 0,0 a coeficientului Gini este caracteristică pentru o distribuție foarte omogenă a variabilei arbore (egalitatea maximă a dimensiunilor sau a distribuției creșterilor). Cu cât este mai mare valoarea GC, inegalitatea mărimii sau a creșterii între arborii este mai puternică. Curbele distribuțiilor cumulative din figurile 5.54 și 5.55 împreună cu arboretele schițate reflectă inegalitatea mărimii care determină, de asemenea, o inegalitate de creștere, respectiv de volum. Din punct de vedere al volumului $\cdot ha^{-1}$ se constată sporirea inegalității, a eterogenității, în arboretele ce vegetează pe stațiuni extreme cercetate.

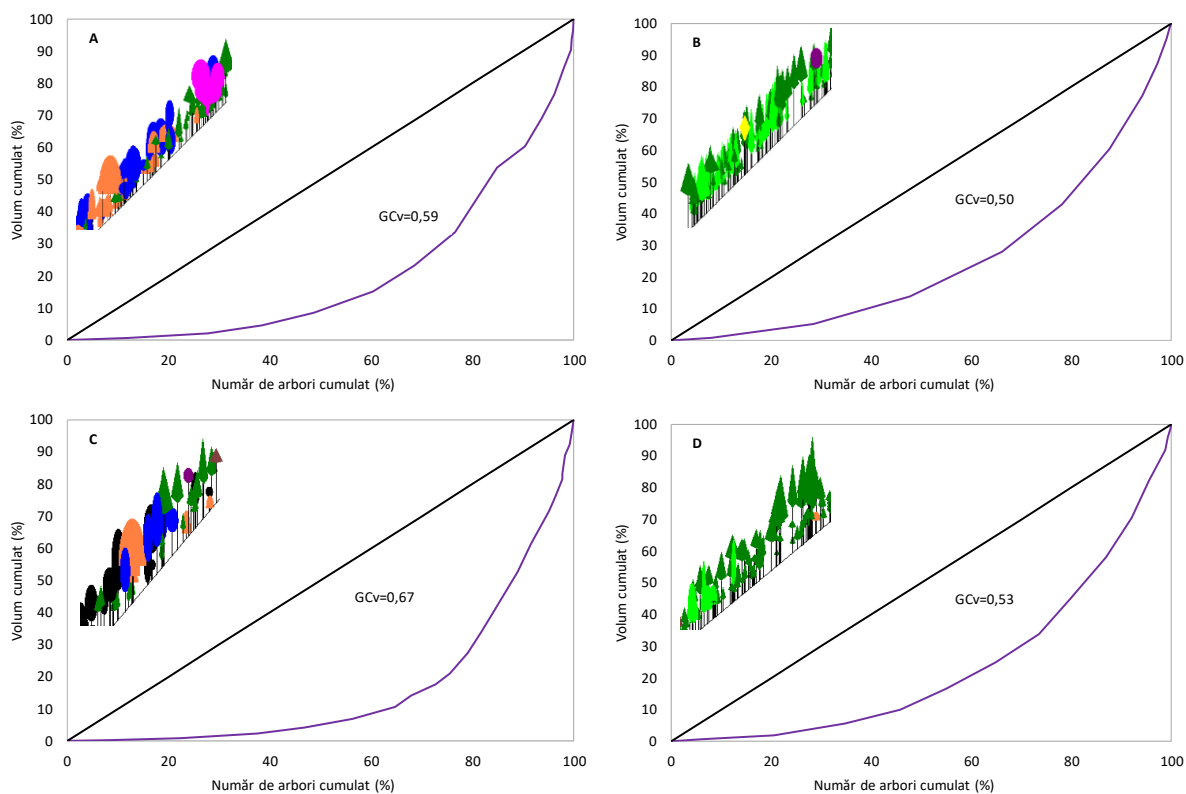


Fig. 5.54 Reprezentarea schematică a partiționării volumului în arboretele ce vegetează pe stațiuni extreme; curba Lorenz aplicată pentru cuantificarea gradului de egalitate, respectiv inegalitate a mărimii și distribuției volumului (A – S1; B – S2; C- S3; D – S4)

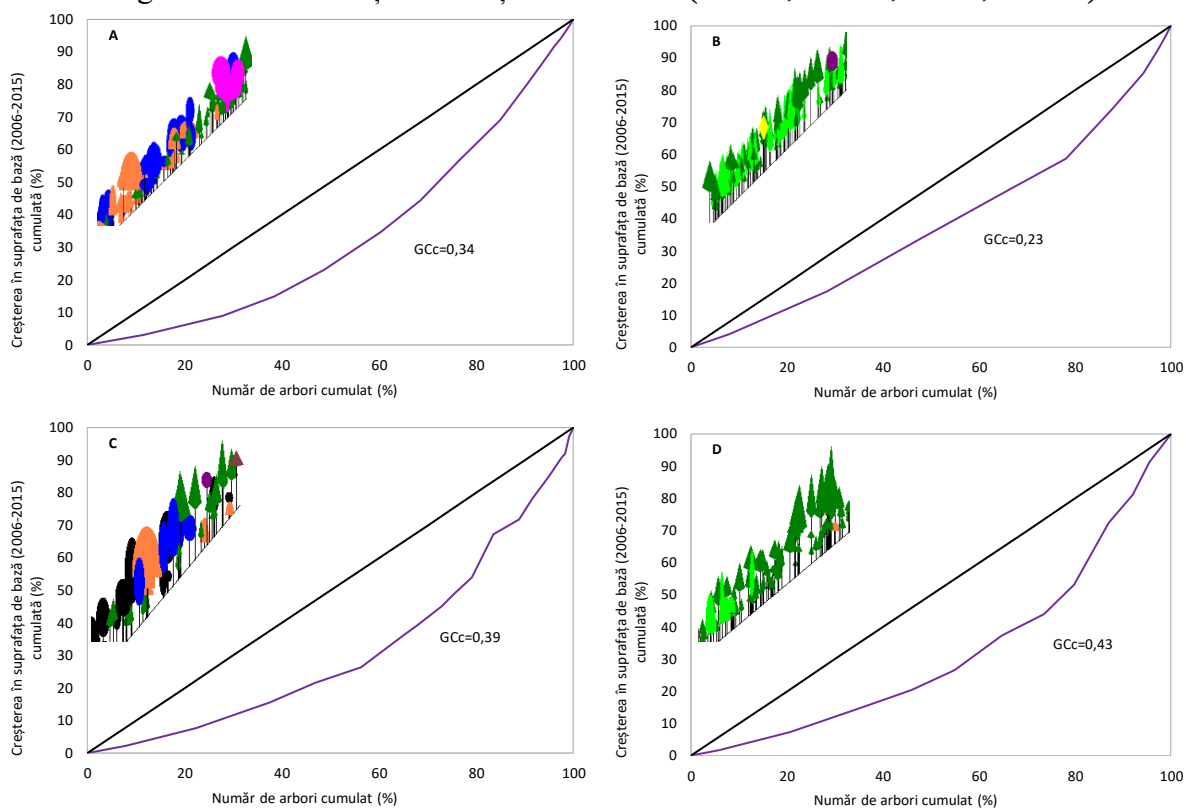


Fig. 5.55 Reprezentarea schematică a partiționării creșterii în arboretele ce vegetează pe stațiuni extreme; curba Lorenz aplicată pentru cuantificarea gradului de egalitate, respectiv

inegalitatea a mărimii și distribuției creșterii în suprafața de bază în intervalul 2006-2015 (A – S1; B – S2; C- S3; D – S4)

5.5 Biodiversitatea arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței

5.5.1. Biodiversitatea arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței în raport cu etajul arborilor

Biodiversitatea arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței în raport cu etajul arborilor a fost analizată prin prisma compoziției arboretelor, a modelului spațial orizontal, a modelului spațial vertical, respectiv a omogenității acestora.

Compoziția arboretelor.

Tabelul 5.17 Indicele Shannon-Weaver (H), indicele Simpson ($1-D$) și omogenitatea (E) în arborete ce vegetează pe stațiuni extreme

Indice	Suprafața experimentală			
	S1	S2	S3	S4
Indicele Shannon-Weaver (H)				
N	1,34	0,95	1,33	0,75
G	1,50	0,92	1,45	0,55
V	1,48	0,94	1,46	0,65
Indicele Simpson ($1-D$)				
N	0,65	0,56	0,63	0,37
G	0,67	0,54	0,73	0,25
V	0,66	0,54	0,73	0,27
Omogenitatea (E)				
N	0,61	0,53	0,64	0,42
G	0,68	0,52	0,70	0,31
V	0,67	0,53	0,70	0,36

Modelul spațial orizontal.

Tabelul 5.18 Indici pentru caracterizarea biodiversității arboretului prin modelul spațial orizontal, în arborete ce vegetează pe stațiuni extreme

Metoda	Indici	Suprafața experimentală			
		S1	S2	S3	S4
Distanțe	Indicele Clark Evans (R)	0,583	1,052	0,886	0,669
	Indicele Pielou (PI)	1,910	1,135	0,873	0,521
Quadrate	Indice dispersie (ID)	1,596	0,988	1,772	2,752
	Indicele Green	0,001	0,001	0,003	0,021
	Indicele Morisita	1,095	0,998	1,294	3,115

Nota: Tipar spațial: **aleatoriu**, **agregat**, **uniform**

. **Structura verticală** a arboretelor în amestecuri afectează principalele procese în dinamica arboretului, modificarea ofertei, captarea și eficiența utilizării resurselor iar în final interacțiunile intra și inter-specifice.

Bazat pe principiul de bază non-spațială indicele de diversitate Shannon (H), a fost propus pentru a descrie diferențierea pe verticală într-un arboret, rezultând diversitatea înălțimii arborilor – THD și indicele profilului vertical (A) (MacArthur, MacArthur, 1961; Kuuluvainen et al. 1996).

Pentru arboretele ce vegetează pe stațiuni extreme, în cazul arboretului total, diversitatea înălțimii arborilor – THD , variază între 2,51 (suprafața experimentală S2) și 2,83 (suprafața experimentală S3). Indicele profilului vertical (A), are valori specifice fiecărei specii componente ale arboretelor analizate (Figura 5.57).

Deși din cele patru suprafețe experimentale S3 are cel mai mare indice THD, suprafața S4 este caracterizată și ea de un indice semnificativ ($THD=2,74$), confirmând această structură foarte diversificată a înălțimilor și închiderea pe verticală a arboretului.

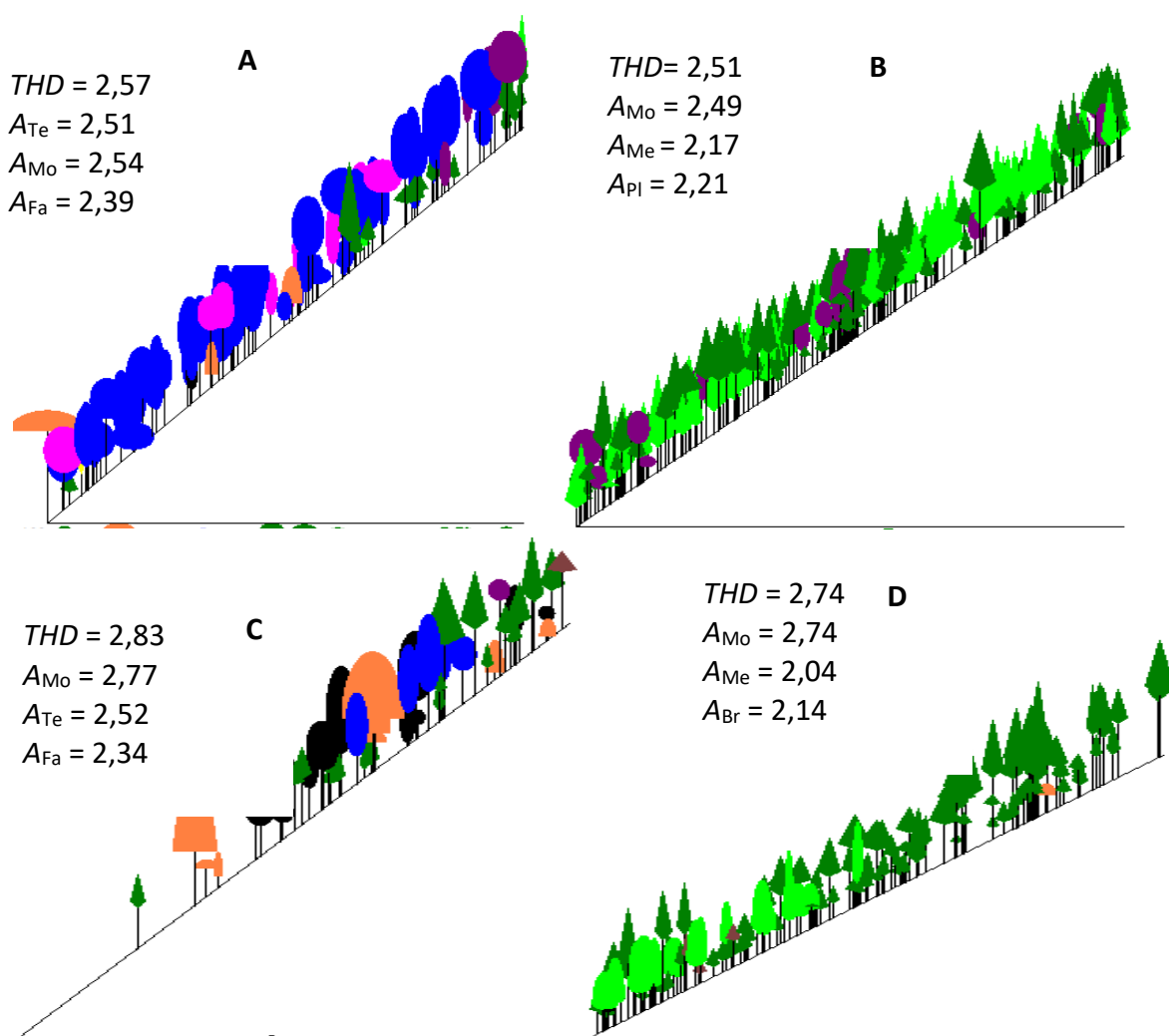


Figura 5.57 Cuantificarea biodiversității arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme prin intermediul diversității înălțimii arborilor (THD), indicelui profilului vertical (A) și metoda profilelor bidimensionale (A – S1; B – S2; C – S3; D – S4)

5.5.2. Biodiversitatea arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței în raport cu etajul plantelor și al puieților

În ceea ce privește etajul plantelor și al puieților, cercetările efectuate în toate cele patru suprafețe experimentale permanente indică faptul că în primăvara anului 2015 în suprafața S1 au fost identificate un număr de 47 de specii ierboase și lemnoase într-un număr de 3851 de suprafețe de 10 cm x 10 cm, în suprafața S2 au fost identificate un număr de 22 de specii în 11048 de pătrate, în suprafața S3 s-au identificat 51 de specii într-un număr total de 4407 de suprafețe iar în suprafața S4, 27 de specii într-un număr de 8991 pătrate.

Pentru vara anului 2015 s-au obținut următoarele rezultate: în suprafața S1 au fost identificate 4201 pătrate cu 49 de specii, în suprafața S2, 16 specii în 7611 pătrate, în suprafața S3, 60 de specii în 2810 pătrate iar în suprafața S4 33 de specii în 9404 pătrate.

În primăvara anului 2016 în suprafața 1 s-au identificat un număr de 51 de specii ierboase și lemnoase într-un număr de 7436 de pătrate de 10 cm x 10 cm, suprafeței S2 îi revin un număr de 21 de specii cu un număr de 7490 de pătrate .

În suprafața S3 s-au identificat 57 de specii cu un număr de 5851 de pătrate de 10 cm x 10 cm iar în suprafața S4 un număr de 25 de specii distribuite într-un număr de 11758 de pătrate.

De subliniat faptul că prin inventarierea plantelor în cele două sezoane - primăvara și vara - în doi ani consecutivi – 2015, 2016 – au avut menirea de a surprinde flora vernală și cea estivală din cele patru suprafețe experimentale.

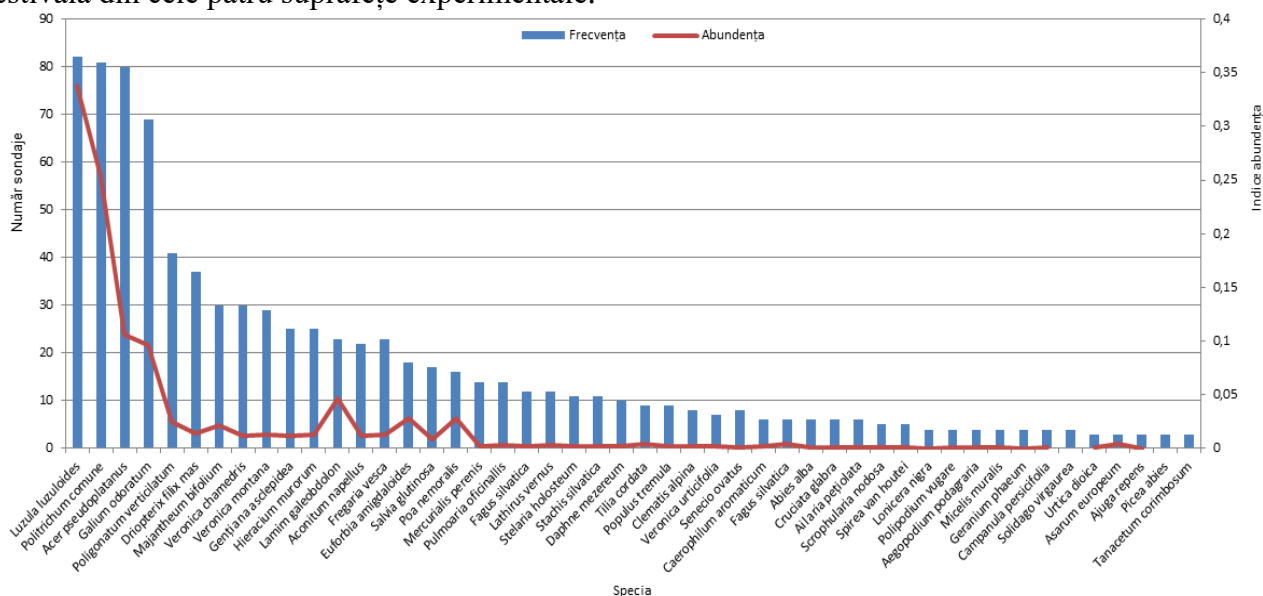


Fig. 5.58 Frecvența de apariție și indicele de abundență a speciilor ierboase și a plantulelor de arbori în suprafața cercetată (S1 –vara 2015)

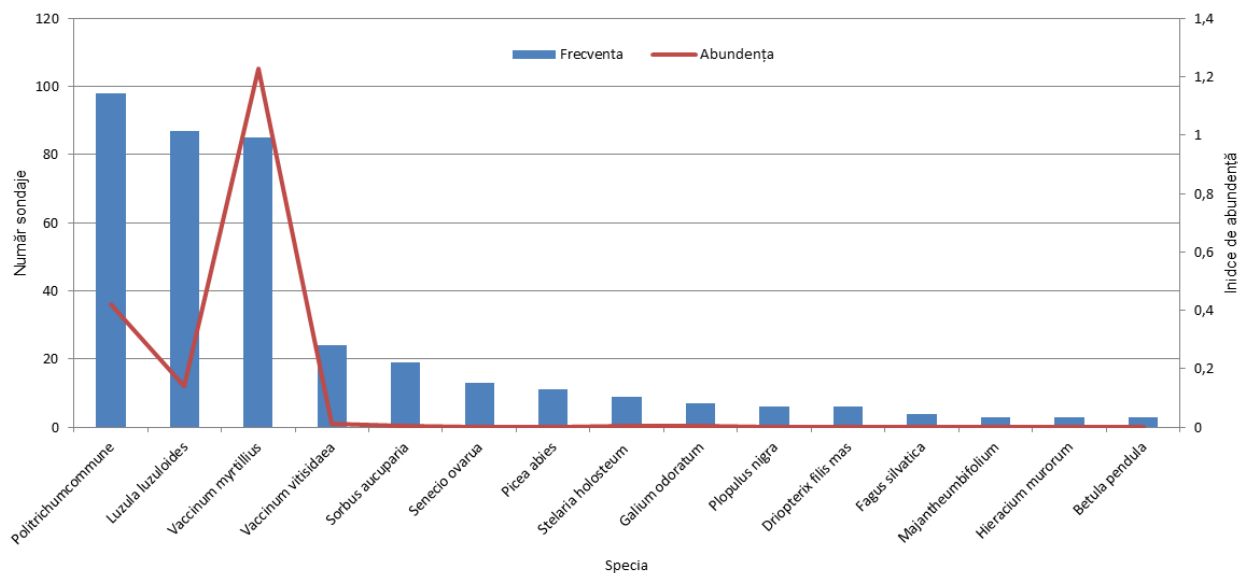


Fig. 5.59 Frecvența de apariție și indicele de abundență a speciilor ierboase și a plantulelor de arbori în suprafața cercetată (S2 –vara 2015)

Făcând o analiză comparativă între cele patru suprafețe experimentale, se observă că cea mai bogată listă de specii componente este în suprafața S3. Frecvența mică de apariție (rar

peste 40%) și un indice de abundență care rareori trece de 0,1 este compensată de numărul mare de taxoni identificați.

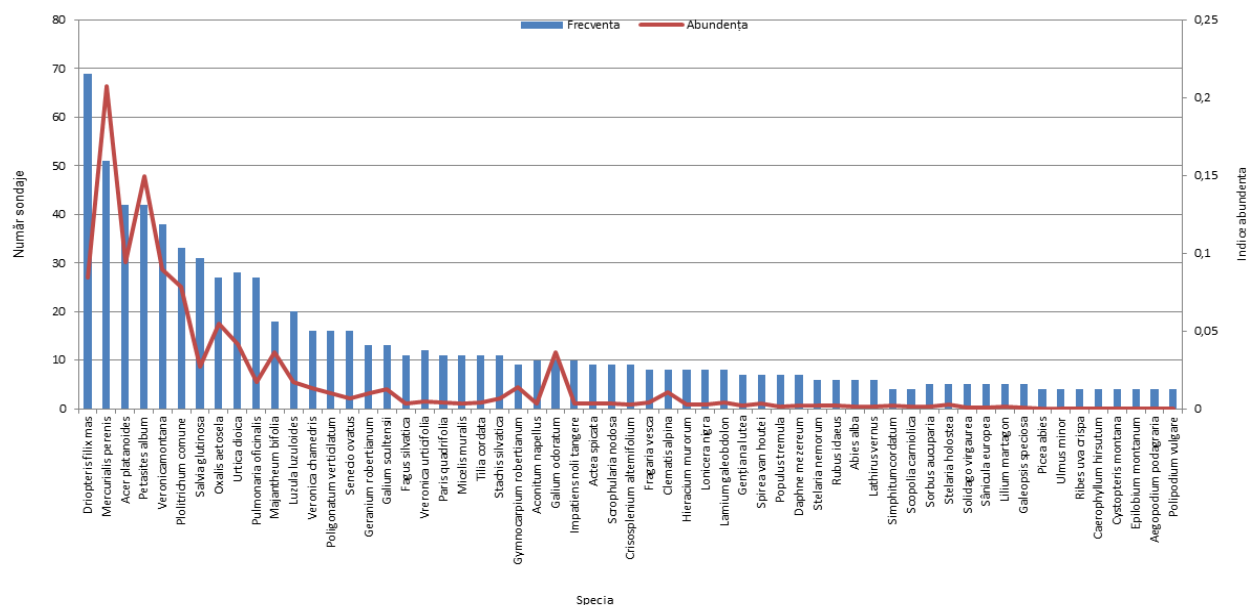


Fig. 5.60 Frecvența de apariție și indicele de abundență a speciilor ierboase și a plantulelor de arbori în suprafața cercetată (S3 – vara 2015)

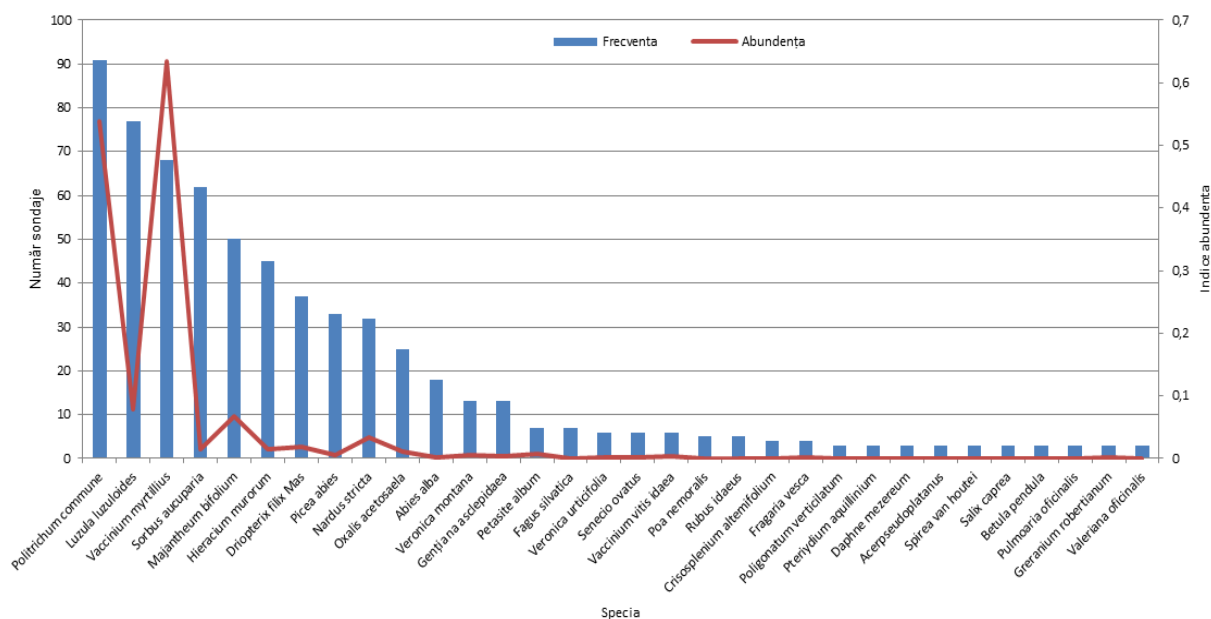


Fig. 5.61 Frecvența de apariție și indicele de abundență a speciilor ierboase și a plantulelor de arbori în suprafața cercetată (S4 – vara 2015)

În arboretele cercetate, valoarea indicelui Shannon Weaver este în relație directă cu numărul de specii identificate și cu anotimpul în care au fost efectuate investigațiile. Astfel valoarea indicelui analizat crește pe măsură ce cresc și numărul de specii identificat în teren: 1,179 la 23 de specii, 2,62 pentru 45 specii (primăvara), respectiv 1,102 corespunzător la 16 specii, 2,94 pentru 60 specii (vara) (Figura 5.6)

5.5.3. Caracterizarea unor arborete ce vegetează pe stațiuni extreme folosind indicii ecologici ai speciilor de plante cormofite

Caracterizarea arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme s-a realizat și prin spectrul indicilor ecologici după Ellenberg ai speciilor de plante cormofite prezente aici. Se dorește astfel evidențierea diferențelor sub aspect ecologic dintre cele patru arborete analizate, sub aspectul preferințelor speciilor față de lumină, temperatură, continentalism, cantitatea de apă din sol, reacția solului și cantitatea de azot accesibil din sol.

În figura 5.63 sunt comparate mediile ponderate ale celor șase indici ecologici pentru arboretele analizate. Sub aspectul preferințelor speciilor față de lumină (L), cele mai mari valori ale mediilor acestui indice au fost obținute pentru S₄ și S₂, situate pe terenuri cu expoziții sud-vestice, cu o consistență relativ scăzută în cazul S₄ și cu un arboret format preponderent din mestecăn, în cazul S₂, situații care favorizează o mai bună iluminare la nivelul solului și prezența speciilor subheliofile. Cea mai mică medie a acestui indice o deține arboretul din S₃, amplasat pe un versant nordic fapt bine corelat în acest caz, aici fiind prezente numeroase specii sciafile.

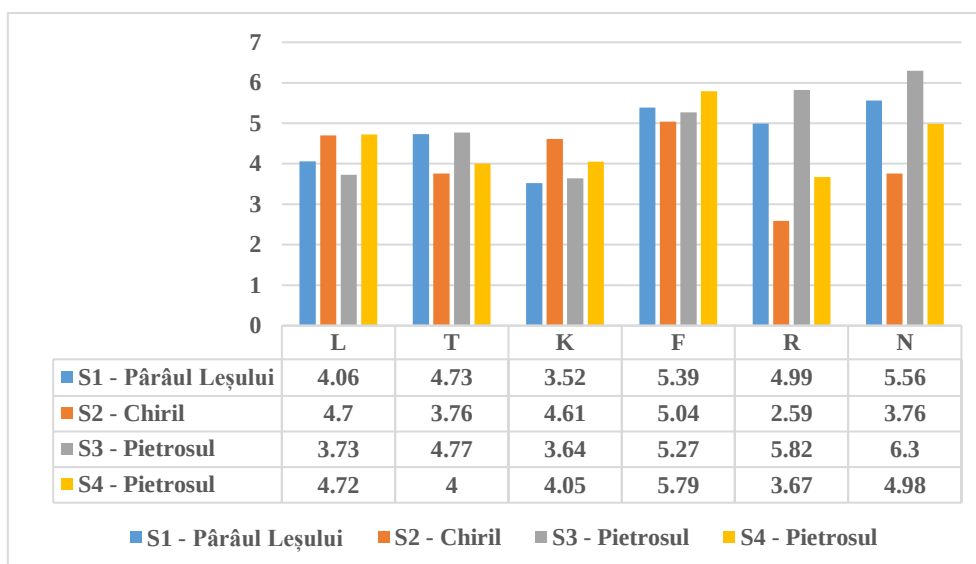


Fig. 5.63 Mediile ponderate ale indicilor ecologici

Analiza spectrului indicilor ecologici arată de multe ori aspecte greu de surprins prin observații directe asupra unui arboret. Comunitatea vegetală ierboasă ce se dezvoltă la adăpostul unui arboret se dezvoltă și evoluează în timp în strânsă legătură cu condițiile locale, date de tipul de sol, substratul geologic, precipitații, altitudine, panta sau expoziția terenului, cât și în funcție de structura și compoziția arboretului, de aportul de materie organică generat de arbori, tipul și grosimea literei, cantitatea de apă ajunsă la nivelul literei.

5.5.4 Biodiversitatea arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței în raport cu omogenitatea structurală

Biodiversitatea arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței în raport cu omogenitatea structurală se poate exprima ca un raport procentual între numărul de arbori și volumul pe categorii de diametre (Camino, 1976, citat de Barbu, Cenușă, 2001). În figura 5.64 se prezintă curbele Lorentz și valorile indicelui de omogenitate Gini pentru arboretele din suprafețele experimentale permanente S1 – S4.

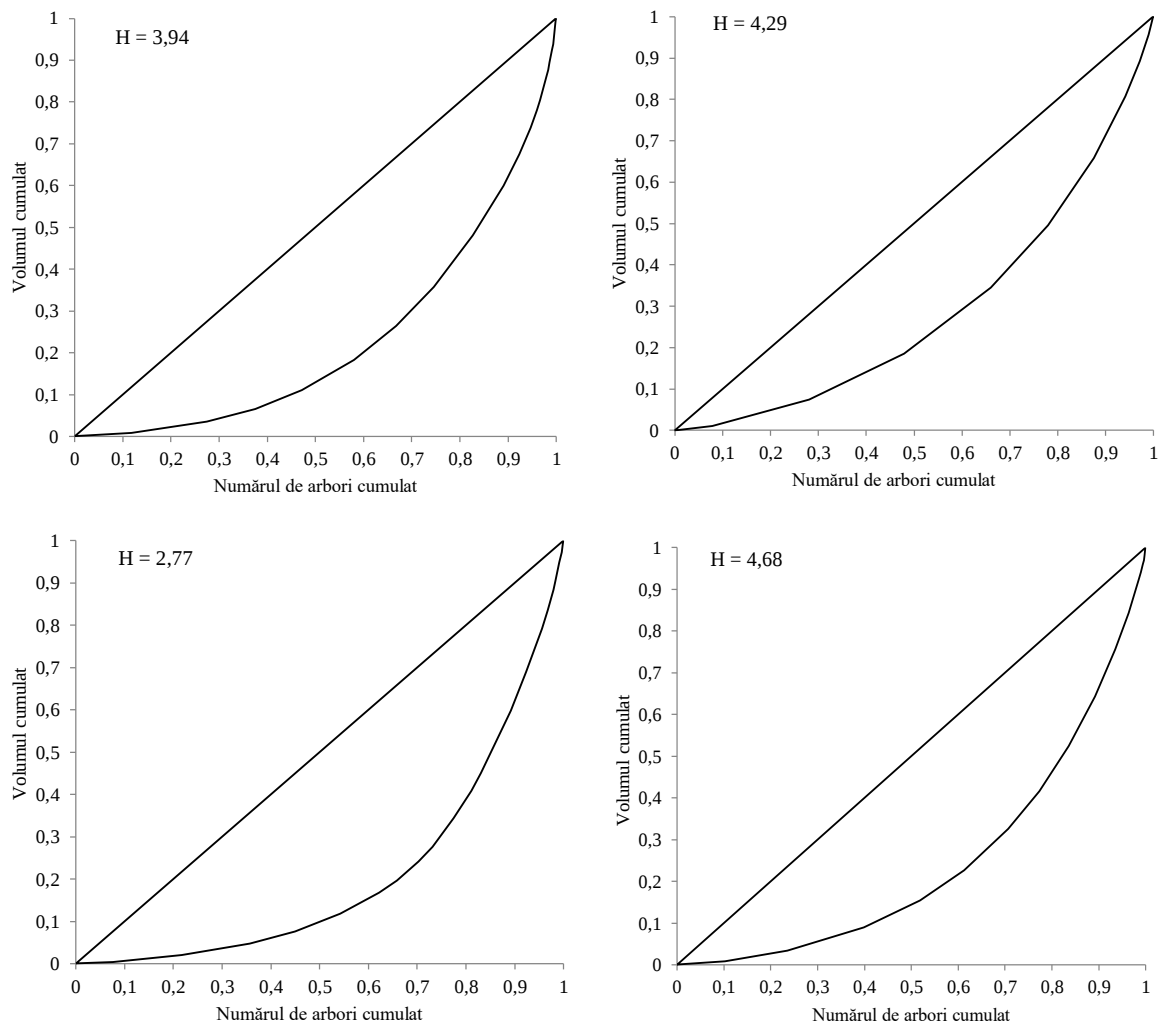


Fig. 5.64 Curba Lorentz și valoarea indicelui de omogenitate structurală Gini pentru arborete (total) ce vegetează pe stațiuni extreme

Reprezentarea curbei Lorentz pentru cele patru suprafețe de probă completează informațiile cu privire la diversitatea structurală și în plus evidențiază tipul fundamental de structură.

Calculul indicelui Gini a permis punerea în evidență a gradului scăzut de heterogenitate structurală a arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme (mai pregnant în cazul suprafeței S2), față de omogenitatea structurii arboretelor pluriene, după cum bine se poate observa și din figurile de mai jos. Figura 5.65 prezintă valoarea indicelui de omogenitate pentru speciile componente ale arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme. Analizând structura arboretului la nivelul speciei principale de bază și a speciei principale de amestec se poate spune că din punct de vedere al valorii coeficientului de omogenitate, molidul, teiul și mestecănușul se apropie de o structură relativ echilibrată. În ceea ce privește fagul acesta se apropie de o structură relativ pluriennă. La limita dintre structurile susmenționate se află teiul (S3) și bradul (S4).

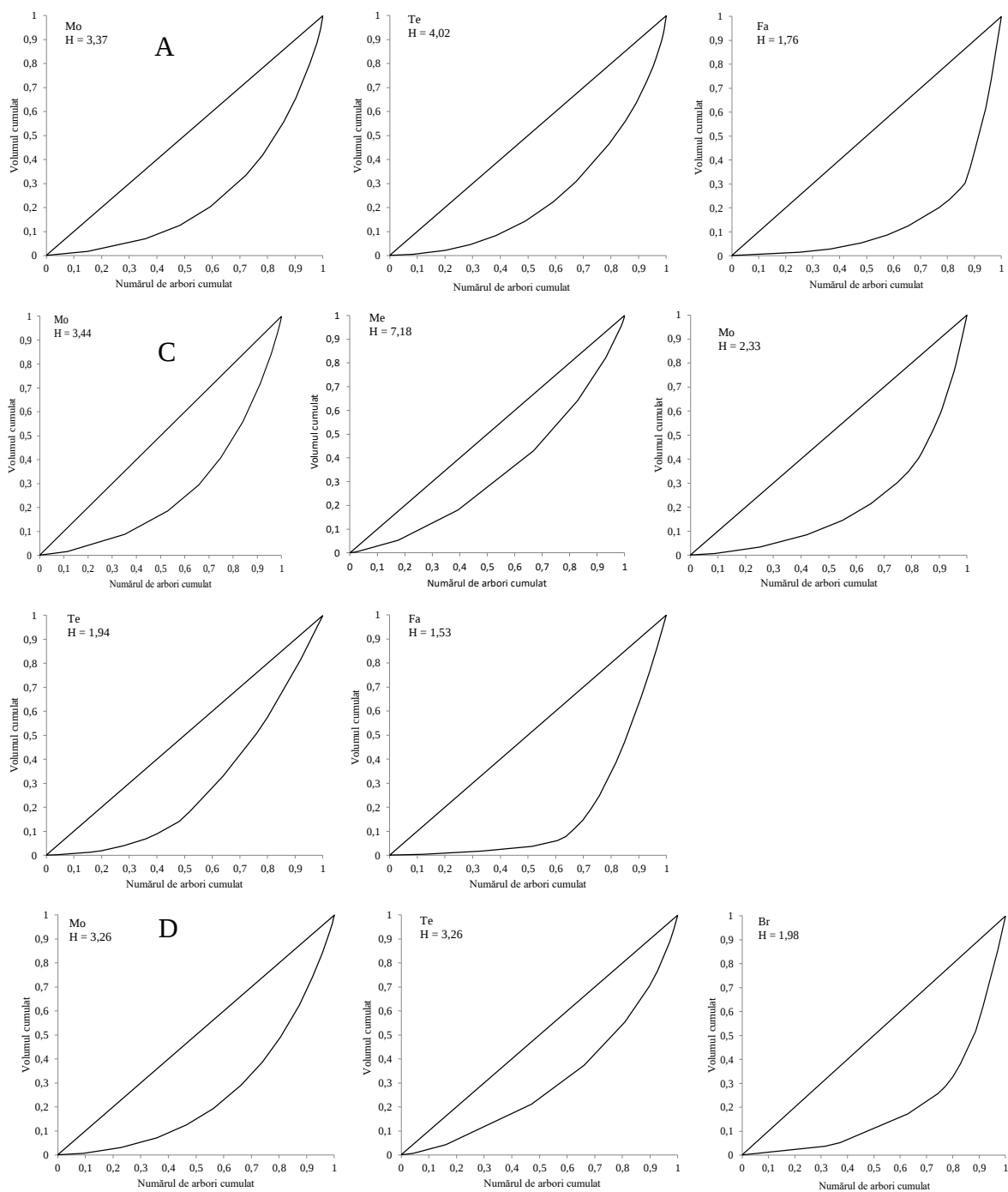


Fig. 5.65 Curba Lorentz și valoarea indicelui de omogenitate structurală Gini pentru speciile din cadrul arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme

6. CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

6.1 Concluzii

6.1.1 Structura arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței

Printre variabilele disponibile în mod obișnuit, numărul de arbori, suprafața de bază și volumul sunt cel mai des folosite pentru a reliefa proporția speciilor. Variabilele absolute pe specii și pe hectar pentru arboretele analizate, ce vegetează pe stațiuni extreme, variază între anumite limite

Analiza dinamicii înălțimilor pe categorii de diametre, pentru arboretele ce vegetează pe stațiuni extreme, arată faptul că, în suprafața experimentală S1, pentru diametrul de 60 cm se constată superioritatea înălțimii molidului, comparativ cu speciile de foioase din compoziția suprafeței S2, cu aproximativ 5 m. Nu s-au constatat diferențe semnificative între înălțimile speciilor forestiere întâlnite în compoziția suprafeței experimentale S2. De asemenea se constată superioritatea înălțimii molidului, comparativ cu speciile de foioase din compoziția suprafețelor experimentale S3 și S4.

Din punct de vedere al distribuției numărului arborilor pe categorii de diametre, pentru arboretul total și pentru specia molid, se constată că în *suprafețele experimentale S1, S2 și S4* distribuția teoretică Beta realizează cel mai bine compensarea distribuției experimentale. Testul χ^2 arată că diferența dintre distribuția experimentală și distribuția teoretică este ne semnificativă ($\chi^2_{exp} < \chi^2_{teor}$; $p = 0,05$). În *suprafața experimentală S3*, analiza distribuției arborilor pe categorii de diametre, indică faptul că arboretul cercetat are o structură constituită din mai multe etaje de vegetație. Maximele corespunzătoare categoriilor de diametre specificate se mențin și la speciile forestiere molid și paltin.

Pentru arboretele ce vegetează în condiții extreme din Bazinul Bistriței, analiza relației dintre diametrul mediu și coeficientul de zveltețe, în relație cu domeniile de vulnerabilitate, pentru specia principală de bază – molidul, arată că pe măsură ce crește diametrul, coeficientul de zveltețe scade conform cu regresia de tipul $y = ae^{-bx}$, în care y reprezintă coeficientul de zveltețe, iar x diametrul.

Diametrul coroanei crește pe măsura creșterii diametrului arborilor.

Lungimea relativă a coroanei este diferită pentru fiecare variantă studiată și scade pe măsura creșterii diametrului arborilor. Se constată faptul că în arboretele ce vegetează pe stațiuni extreme, lungimea relativă coroanelor este foarte apropiată ca valoare pentru diametrele extreme considerate pentru specia molid.

Centrul de greutate al coroanei crește pe măsură ce diametrul arborilor crește.

6.1.2 Regenerarea arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței

În suprafața *experimentală S1* numărul total de exemplare·ha⁻¹ este de 1772. Compoziția semințișului este de 53Pam 30Fa 11Te 6 (Mo, Plt, Pa, Sr, Fr). Au fost identificate un număr de opt specii ce fac parte din regenerarea arboretului analizat.

În *suprafața experimentală S2* au fost identificate un număr de șase specii componente ale regenerării arboretului analizat. Numărul total de exemplare·ha⁻¹ este de 1443. Compoziția semințișului este de 53Mo 24Plt 16Sr 7(Fa, Pam, Me).

Numărul total de exemplare·ha⁻¹, în *suprafața experimentală S3*, este de 600, cu o compoziție a semințișului de 89Fa 8Mo 3(Pam, Te, Me). Au fost identificate un număr de cinci specii ce fac parte din regenerarea arboretului analizat.

În *suprafața experimentală S4* numărul total de exemplare·ha⁻¹ este de 1794. Compoziția semințișului este de 67Sr 19Br 13Fa 1(Pam, Pa), fiind identificate un număr de cinci specii ce fac parte din regenerarea arboretului analizat.

6.1.3 Auxologia arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței

Seriile dendrocronologice elaborate pentru zona Zugreni de pe Bazinul Bistriței pentru cele patru specii (molid, fag, mesteacăn și tei) reflectă particularitățile staționale din zona de studiu

Coeficienții dominanței creșterii variază pentru arboretele ce vegetează în condiții extreme studiate între -0,101 (S4) și -0,277 (S3). Ca urmare arborii cu dimensiuni mai mari reprezintă proporțional mai puțin, din punct de vedere al creșterii, decât masa la nivelul arboretelor în arboretele ce vegetează pe stațiuni extreme cercetate.

. Factorul responsabil pentru micșorarea creșterii arborilor de dimensiuni mai mari rămâne încă neclar cu toate cercetările semnificative efectuate în ultimul deceniu asupra posibilelor influențe ale creșterii respirației lemnoase, carbohidraților din sol, limitarea nutrienților, limitare accesului la apă, structura arboretului și influența vântului asupra coronamentului arboretului.

6.1.4 Biodiversitatea arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței

Numărul de specii, în arboretele cercetate ce vegetează pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței, variază între 6 (suprafața experimentală S2 și S4) și 9 (suprafața experimentală S1). Valoarea indicelui Shannon-Weaver (N), în arboretele ce vegetează pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței, crește de la valoarea 0,75 (suprafața experimentală S4) la 1,34 (suprafața experimentală S1). Această dinamică se manifestă în condițiile în care cel mai mare număr de specii este în cazul S1 (9). Aceeași tendință o manifestă și indicele Simpson, cu valori crescătoare de la 0,37 (suprafața experimentală S4), la 0,95 (suprafața experimentală S1). În ceea ce privește omogenitatea (E), suprafața experimentală S4 este cea mai neomogenă cu o valoare a indicelui de 0,42, iar suprafețele experimentale S3 și S1 sunt cele mai omogene cu valori apropiate ale indicelui specificat (0,64, respectiv 0,61).

Tiparul spațial orizontal al arborilor este un atribut important al structurii arboretului, care oferă o idee a variației distanțelor dintre arbori, mai mult decât ceea ce reprezintă de densitatea sa medie. Ca urmare, indicii de distribuție (metoda distanțelor) pentru populația totală variază între 0,583 (suprafața experimentală S1) și 1,052 (suprafața experimentală S2). Arboretele analizate prezintă o structură de tip agregat cu excepția suprafeței experimentale S2, ce prezintă o structură de tip uniform.

Arboretele analizate prezintă, în general, o structură de tip agregat (metoda densităților măsurate în quadrate), la nivelul clusterelor de analiză, cu excepția suprafeței experimentale S2, ce prezintă o structură de tip aleatoriu.

Valorile indicelui Morisita sunt cuprinse între 0,998 (suprafața experimentală S2) și 3,115 (suprafața experimentală S4).

Înălțimea arborelui este o variabilă deosebit de importantă, care poate fi utilizată pentru a descrie structura verticală a suportului. În ceea ce privește etajul plantelor și al puieților, există o diversitate de apariție a speciilor de plante din fiecare suprafață atât ca număr total cât și ca frecvență de apariție

Analiza celor patru tipuri de arborete, prin spectrul indicilor ecologici după Ellenberg indică faptul că sub aspectul preferințelor speciilor față de lumină (L), cele mai mari valori ale mediilor acestui indice au fost obținute pentru suprafețele S4 și S2, situate pe terenuri cu expoziții sud-vestice, cu o consistență relativ scăzută în cazul suprafeței S4 și cu un arboret format preponderent din mesteacăn, în cazul suprafeței S2, situații care favorizează o mai bună iluminare la nivelul solului și prezența speciilor subheliofile. Cea mai mică medie a acestui indice o deține arboretul din S3, amplasat pe un versant nordic fapt bine corelat în acest caz, aici fiind prezente numeroase specii sciafile.

Biodiversitatea arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme din Bazinul Bistriței în raport cu omogenitatea structurală (prin calculul indicelui Gini) a permis punerea în evidență

a gradului scăzut de heterogenitate structurală a arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme (mai pregnant în cazul suprafeței S2), față de omogenitatea structurii arboretelor pluriene. Analiza structura arboretului la nivelul speciei principale de bază și a speciei principale de amestec indică faptul că din punct de vedere al valorii coeficientului de omogenitate, molidul, teiul și mestecănușul se apropie de o structură relativ echilibrată. În ceea ce privește fagul acesta se apropie de o structură relativ pluriennă. La limita dintre structurile susmenționate se află teiul (S3) și bradul (S4).

6.2 Contribuții personale

Dintre contribuțiile personale, cele mai importante sunt următoarele:

- analizează, pentru prima dată, o serie de arborete din fondul forestier al României ce vegetează în condiții extreme;
- cuantifică parametrii structurali specifici arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme (densitatea arboretului, proporția speciilor, compoziția arboretelor, structura spațială în plan orizontal a arboretelor de pe stațiuni extreme din bazinul Bistriței, structura spațială în plan vertical a arboretelor de pe stațiuni extreme din bazinul Bistriței, distribuția parametrilor dimensionali în arboret, distribuția arborilor pe categorii de diametre, distribuția suprafeței de bază pe categorii de diametre)
- analizează parametrii de stabilitate în arborete ce vegetează pe stațiuni extreme (coeficientul de zveltețe, lungimea relativă a coroanelor, centrul de greutate al coroanei)
- analizează regenerarea arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme
- evidențiază specificitatea auxologică (structura arboretelor în raport cu creșterea radială, elemente de dendrocronologie, creșterea în suprafața de bază, creșterea în volum) a arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme
- prezintă pentru prima oară indici pentru caracterizarea dinamicii creșterii și dezvoltării la nivel de arboret în ecosisteme ce vegetează pe stațiuni extreme
- analizează indicatorii specifici biodiversității arboretelor ce vegetează pe stațiuni extreme

Bibliografie selectivă

- Ammann, M., Boll, A., Rickli, C., Speck, T., Holdenrieder, O., 2009. Significance of tree
Bachofen, H., Zingg, A., 2001. Effectiveness of structure improvement thinning on stand
structure in subalpine Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands. *For. Ecol. Manage.* 145,
137–149.
- Bartelink, H.H., 2000a. A growth model for mixed forest stands. *For. Ecol. Manage.* 134 (1-
3), pp. 29–43.
- Biging, G.S., and Dobbertin, M. 1995. Evaluation of competition indices in individual tree
growth models. *For. Sci.* 41: 360–377
- Buongiorno, J., Dahir, S., Lu, H., Lin, C., 1994. Tree size diversity and economic returns in
uneven-aged forest stands. *For. Sci.* 40, 83–103
- Chiaradia, EA, Vergani, C, Bischetti GB, 2016. Evaluation of the effects of three European
forest types on slope stability by field and probabilistic analyses and their implications for
forest management. *Forest Ecology and Management*, 370: 114–129
- Cienciala, E., Korhonen, K., 2011. Indicator 1.3 Age structure and/or diameter distribution of
forest. In: *FOREST EUROPE, UNECE, FAO (Eds.), State of Europe's forests 2011: status
and trends in sustainable forest management in Europe. FOREST EUROPE Liaison Unit. Ås,
Norway*, pp. 24–25
- R., Metz J.A.J. (Eds.), 2000. *The Geometry of Ecological Interactions. Simplifying Spatial
Complexity*, Cambridge Studies in Adaptive Dynamics.
- Disney, M., Lewis, P., & Saich, P. (2006). 3D modelling of forest canopy structure for remote
sensing simulations in the optical and microwave domains. *Remote Sensing of Environment*,
100, 114–132.
- Fischlin, A., Bugmann, H., Gyalistras, D., 1995. Sensitivity of a forest ecosystem model to
climate parametrization schemes. *Environ. Pollu* 87 (3), pp. 267–282.
- Forrester DI, Pretzsch H (2015) On the strength of evidence when comparing ecosystem
functions of mixtures with monocultures. *For Ecol Manag.* doi:10.1016/j.foreco.2015.08.016
- Giurgiu, V., Drăghiciu, D., 2004. *Modele matematico-auxologice si tabele de productie
pentru arborete*. Ed. Ceres, Bucuresti
- Goulard, M., Särkkä, A., Grabarnik, P., 1996. Parameter estimation for marked Gibbs point
processes through the maximum pseudo-likelihood method. *Scand. J. Stat.* 23, 365–379.
- Grabarnik, P., Särkkä, A., 2009. Modelling the spatial structure of forest stands by
multivariate point processes with hierarchical interactions. *Ecological Modelling*, 220:1232–
1240
- Greenway, D.R., 1987. Vegetation and slope stability. In: *Slope Stability*. Wiley, New York
- Holland PG, Steyn DG (1975) Vegetational responses to latitudinal variations in slope angle
and aspect. *J Biogeogr* 2: 179–183. doi:10.2307/3037989
- Hubble, T.C.T., Airey, D.W., Sealey, H.K., De Carli, E.V., Clarke, S.L., 2013. A little
cohesion goes a long way: Estimating appropriate values of additional root cohesion for
evaluating slope stability in the Eastern Australian highlands. *Ecol. Eng.* 61, 621–632
- Kramer, K., 1995. Modelling comparison to evaluate the importance of phenology for the
effects of climate change on growth of temperate-zone deciduous trees. *Clime. Res.* 5 (2), pp.
119–130.
- Larson BC (1992) Pathways of development in mixed-species stands. In: Kelty MJ, Larson
BC, Oliver MJ (eds) *The ecology and silviculture of mixed-species forests*. Kluwer Academic
Publishers, Dordrecht, pp 3–10
- Latham PA, Zuuring HR, Coble DW (1998) A method for quantifying vertical forest
structure. *For Ecol Manag* 104:157–170

- Lei, X., Wang, W., Peng, C., 2009. Relationships between stand growth and structural diversity in spruce-dominated forests in New Brunswick, Canada. *Can. J. For. Res.* 39, 1835–1847.
- Lin, C.R., Buongiorno, J., 1997. Fixed versus variable parameter matrix models of forest growth: the case of maple-birch forests. *Ecol. Model.* 99 (2-3), pp. 263-274.
- Linderholm, H.W., 2006. Growing season changes in the last century. *Agricultural and Forest Meteorology* 137, 1–14.
- Pommerening, A., Stoyan, D., 2008. Reconstructing spatial tree point patterns from nearest neighbour summary statistics measured in small subwindows. *Can. J. For. Res.* 38, 1110–1122.
- Pond, N.C., Froese, R.E., 2015. Interpreting stand structure through diameter distributions. *Forest Science* 61, 429–437. doi:10.5849/forsci.14-056
- Popa, I., 1999: Aplicații informatice utile în silvicultură. Programul CAROTA și programul PROARB. *Revista pădurilor* nr. 2, pp. 41 - 42.
- Porté, A., Bartelnik, H. H., 2002. Modelling mixed forest growth: a review of models for forest management. *Ecological modelling* 150, pp. 141-188.
- Pretzsch H (2003) The elasticity of growth in pure and mixed stands of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) and common beech (*Fagus sylvatica* L.). *J For Sci* 49:491–501
- Stands: Reserach Plots, Measurements And Results, Models. Proceedings from the Symposium of the IUFRO Working Groups S4.01. Held in Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal, April 25-29 1994.
- Vanclay JK (1994) Modelling forest growth and yield. Applications to mixed tropical forests. CAB International, Wallingford, UK.
- Vettenranta, J., 1999. Distance-dependent models for predicting the development of mixed coniferous forests in Finland. *Silva Fenn.* 31 (1), pp. 51-72.
- Watson DJ. 1947. Comparative physiological studies on the growth of field crops. *Ann Bot.*;11(41):41–76.
- Wiedemann, E., 1949. Yield Tables for the Chief Tree Species of Germany Under Various Grades of Thinning and for Several Types of Mixed Stand, with Graphical Illustrations. Report, M & H Schaper, Hannover, 100 pp.

Research on the structure, auxologia and byodiversity of forest ecosystems that grow on extreme sites in Bistrita River Basin

Abstract

In the current context of the national and international situation, forests should be a zero priority in terms of their continuity, conservation, protection and development, thus increasingly focusing on long-lasting development of the forests. This is precisely why this research study was considered appropriate. The extreme conditions are determined by land slope which is higher than 35 degrees.

The purpose of this study is to present new scientifically substantiated elements regarding the structure of the auxology and the biodiversity of forest ecosystems located on extreme sites. A few objectives need to be realized for this purpose.

The objectives are:

- the identification of the stands structure that grow on extreme sites in Bistrita River Basin;
- highlighting the natural revival mechanism;
- the study of auxological distinctiveness;
- the quantification of the dendrochronological elements;
- the study of biodiversity elements.

The PhD thesis refers to the study of the structure of the auxology and of the biodiversity of certain stands located on the extreme sites in Bistrita River Basin. In terms of climate, this area is characterized by average annual temperatures of the vegetation season which do not exceed 12°C, with a vegetation season of 210 days, thermic gradient of 1° to 100m altitude and average annual rainfall which exceed 900mm.

The Lime stands are a peculiarity of that area, being called mountain Lime forests naturally occurring and being represented in the form of a strip in the immediate vicinity of Bistrita Valley. Research studies conducted in order to know the elements peculiar to the structure and to the auxology of the stands which grow on the extreme resorts in Bistrita River Basin were carried out in certain representative areas and they were distinctly located in the field.

The representativeness of the primary data was ensured by the installation of 4 experimental areas in Crucea Forestry District.

The table below contains data on the parameters of the researched stands.

The representative experimental areas

Exp.area	stand type	age	composition	land slope	exposition	soil type
S1	Mixed Lime forest	135	7LI2BE1SY	45°	S-V	districambosoil 0,7
S2	Mixed Norway spruce forest	75	6NS3BI1PO	45°	S-V	districambosoil 0,9
S3	Mixed Norway spruce forest	135	7NS2BE1SY	50°	N	podzol 0,5
S4	Mixed Norway spruce forest	95	8NS1BI1ESF	50°	N	podzol litic 0,5

Research methodology

The process of gathering and registering the information from the field

For the field works, the research method (Giurgiu, 1972) used was that of square experimental areas with the surface of 1.0 ha (100 m/100 m) Statistical data processing has taken into account the complexity of relationships between the characteristics measured in the field or obtained in the office and it has been highlighted using statistical-mathematical methods and models applied in forestry, specific to the proposed research objectives.

The structure of the stands that grow on extreme sites.

For this objective, the methods used to process and analyze the primary data have taken into account the following:

- (1) the analysis of some general structural elements (stands composition, number of trees per hectare, base area per hectare, volume per hectare and density index);
- (2) the statistical analysis of some biometric parameters. From the indices of experimental distributions, the following parameters were analyzed: mean values (average - $\bar{x}$) and dispersal indices (standard deviation - s , the variation ratio - $s\%$, the minimum and maximum value of the considered variables);
- (3) highlighting some specific elements of the spatial structure of the stands that grow on extreme sites through bidimensional profiles. For this purpose, elements specific to spatial horizontal model and vertical model (Del Rio et al., 2015) were highlighted in stands that grow on extreme sites.

The stability parameters in stands that grow on extreme sites have been highlighted by: (1) the analysis of the slenderness ratio, (2) the quantization of crowns' relative length and (3) highlighting crown's center of gravity.

The revival of the stands that grow on extreme sites in Bistrita River Basin intended to emphasize the seedling characteristics (number of specimens per species and per hectare) in the analyzed stands, which grow on extreme sites, as well as the distribution of the seedling of the component species, by categories of height.

The auxology of the stands that grow on extreme sites. The collection of field information targeted taking increment sampling from experimental blocks with permanent character installed on extreme sites.

From the indices of experimental distribution, the following indices were analyzed: average - $\bar{x}$ and average for 10 years - ir_{10}) and dispersal indices (standard deviation - s , the variation ratio - $s\%$).

The analysis of the auxology of stands that grow on extreme sites took into consideration: (1) the structure of the stands from the experimental areas in relation to radial growth (2) the increment in the base area in stands that grow on extreme sites, (3) the volume increment in stands that grow on extreme sites and (4) indices for the description of growth and development dynamics at stand level in ecosystems that grow on extreme sites.

In order to achieve the dendrochronological series for the study area, the individual increment series with positive correlations with the mean series were analyzed and chosen from the primary data set. The analysis was carried out for the entire study area by combining the increment series from the four experimental areas.

The researches were carried out for four main species: Norway spruce, Beech, Birch and Lime, for which a minimum number of increment series higher than 15 cores could be provided.

The biodiversity of the stands that grow on extreme sites. The analysis of biodiversity in ecosystems that grow on extreme sites focused on: (1) the biodiversity of the

stands in relation to the trees level, (2) the biodiversity of the stands in relation to the plants and seedling level (3) the characterization of some stands that grow on extreme sites, using ecological indices of cormophyte plant species and (4) the biodiversity of the stands in relation to structural homogeneity. Biodiversity research was carried out in all four experimental areas using the routing method.

The biodiversity analysis in relation to the plants and the trees levels was achieved in three seasons of vegetation (spring 2015, summer 2015 and spring 2016)

RESULTS

The structure of the stands that grow on extreme sites in Bistrita River Basin

In the analyzed stands, from the point of view of the trees number, Norway spruce is the predominant species in experimental areas S2, S3 and S4 (55.9% - 78.2%) and Lime in experimental area S1 (42.7%). When reporting to the base area (volume), it is also found that Norway spruce is the species holding the majority, with values of 58.1% (59.4%) (experimental area S2), 39.4% (36.7%) (experimental area S3), 85.8% (84.9%) (experimental area S4), Lime 48.9% (50.6%) (experimental area S1) respectively.

From the point of view of the distribution of the number of trees by diameters categories, for the total stand and for Norway spruce, it is found that in *experimental areas S1, S2 and S4*, the Beta theoretical distribution achieves best the compensation of the experimental distribution. χ^2 Test indicates that the difference between experimental distribution and theoretical distribution is insignificant ($\chi^2_{exp} < \chi^2_{Content}$; $p=0.05$). In *experimental area S3*, the analysis of trees distribution by diameters categories indicates that the researched stand has a structure consisting of several levels of vegetation. The maximums corresponding to the categories of specified diameters maintain also for Norway spruce and Sycamore maple.

For stands that grow on extreme sites in Bistrita River Basin, the analysis of the relationship between the mean diameter and the slenderness ratio, in relation to the vulnerability areas, for the main basic species – Norway spruce, shows that as diameter grows, the slenderness ratio decreases.

The relative length of the crown is different for each studied version and it decreases as trees diameter increases and crown's gravity center increases as trees diameter increases.

The revival of the stands that grow on extreme sites in Bistrita River Basin

In *experimental area S1*, the total number of specimens $\cdot ha^{-1}$ is 1772. The composition of the seedling is 53SY 30BE 11LI 6 (NS, ASP, SY, SR, AH). In *experimental area S2*, six constituent species of the revival of the studied stand have been identified. Total number of specimens $\cdot ha^{-1}$ is 1443. The composition of seedling is 53NS 24ASP 16SR 7(BE, SY, BI). The total number of specimens $\cdot ha^{-1}$ in *experimental area S3* is 600, with a seedling composition of 89BE 8NS 3(SY, LI, BI). A number of five species that are part of the revival of the studied stand were identified. In *experimental area S4*, the total number of specimens $\cdot ha^{-1}$ is 1794. The seedling composition is 67SR 19ESF 13BE 1SY.

The auxology of the stands that grow on extreme sites in Bistrita River Basin

The analysis from the point of view of mean increments shows that from broad-leaved trees, Lime and Beech have mean increments of more than 1 mm (1.13 mm - Lime and 1.39 mm - Beech), while in the case of Sycamore maple the mean increment is less than 1 mm (0.76 mm). Norway spruce mean increment is 1.34 mm, close to that of Beech and Lime. Lime and Sycamore maple reach diameters of 80 cm and 94 cm respectively, and Beech 60

cm. It can be said that due to lower mean increments in Sycamore maple, it might have the same age as Beech and Lime but the living conditions offered by the extreme sites reflect in mean increment of this species. Norway spruce can reach diameters of 60 centimeters with a mean increment of 1.34 mm. It can be said that this species grows in the optimal area but the site conditions have an influence on it too, fact also highlighted by the value of variation ratio (83.6%). For broad-leaved trees (Beech and Lime), the variation ratios are close (54% and 52.9% respectively) and for Sycamore maple is 59.2. It can be noticed that in extreme vegetation conditions the increment variability for the analyzed species is significant. The dendrochronological series worked up for Zugreni area from Bistrita River Basin, for the four species (Norway spruce, Beech, Birch and Lime) reflect the localization characteristics of the study area.

The biodiversity of the stands that grow on extreme sites in Bistrita River Basin

The species number in the researched stands which grow on extreme sites in Bistrita River Basin varies between 6 (experimental area S2 and S4) and 9 (experimental area S1). The value of Shannon-Weaver index (H') in stands that grow on extreme sites in Bistrita River Basin increases from the value 0.75 (experimental area S4) to 1.34 (experimental area S1). This dynamic develops given the fact that the highest number of species is in the case of S1 (9). Simpson index develops the same trend, with increasing values from 0.37 (experimental area S4) to 0.95 (experimental area S1). With relation to homogeneity (E'), experimental area S4 is the most inhomogeneous with an index value of 0.42 and experimental areas S3 and S1 are the most homogeneous with values close to the specified index (0.64 and 0.61 respectively).

The tree height is a particularly important variable, which can be used to describe the vertical structure of the holder. For stands that grow on extreme sites, in the case of total stand, the diversity of trees height – THD varies between 2.51 (experimental area S2) and 2.83 (experimental area S3). Vertical profile index (A) has values specific to each component species of the analyzed stands.

With regard to the plants and the seedling level, there is an occurrence diversity of plant species in each area both as a total number and as an occurrence frequency. The researches carried out in all four permanent experimental areas indicate that in the spring of 2015, 50 herbal and woody species were identified in area S1, 23 species in area S2, 52 species in area S3 and 28 species in area S4. For the summer of 2015, the following results were obtained: 49 species were identified in area S1, 16 species in the area S2, 60 species in area S3 and 33 species in area S4.

In the researched stands, the value of Shannon-Weaver index is in direct relation to the number of the identified species and to the season in which the investigations were carried out. Thus, the value of the analyzed index increases as the number of the species identified in the field increases: 1.179 for 23 species, 2.62 for 45 species (in spring) and 1.102 for 16 species, 2.94 for 60 species (in summer) respectively.

The analysis of the four types of stands, by Ellenberg's ecological indicators, shows that in terms of species preferences for light (L), the highest values of this index averages were obtained for areas S4 and S2, situated on land with southwestern expositions, with a relatively low consistency in the case of area S4 and with a stand mainly constituted of Birch for area S2, situations that favor better lighting at ground-level and the presence of sub-heliophilous species. The lowest average of this index is held by the stand from area S3, located on a northern slope, a fact that is well correlated in this case, multiple ombrophilous species being present in this area.

The analysis of the ecological indicators often shows facts that are difficult to be noticed through direct observations on a stand. Herbaceous plant community, that grows

under the shelter of a stand, develops and improves over time in close connection with local conditions. Thus, the stand with the best representation of ombrophilous species is the one from area S3 - Pietrosul, which also has the best representation of mesothermophilous, neutrophilous and nitrophilous species. The stand in which area S2 has been carried out has the best representativeness of the oligothermal species, of those who prefer a subcontinental or intermediate to suboceanic climate, of those acidophilous and oligonitrophilous.

The biodiversity of the stands which grow on extreme sites in the Bistrita River Basin in relation to structural homogeneity (calculated by Gini index) has highlighted the low degree of structural heterogeneity of stands that grow on extreme sites (more prominent in the case of area S2) as compared to the homogeneity of the inequable stands structure. The analysis of the stand structure at the level of the main basic species and of the main mixture species indicates that from the point of view of the homogeneity ratio value, Norway spruce, Lime and Birch are close to a relatively echien structure. With regard to Beech, it is close to a relatively inequable structure. Lime (S3) and European silver fir (S4) are at the boundary between the above-mentioned structures.

Personal contributions

Of the personal contributions, the most important are the following:

- analyses, for the first time, a series of stands from the Romanian Forestry which grow on extreme sites;
- quantifies the structural parameters specific to the stands that grow on extreme sites (stand density, proportion of species, stands composition, horizontal spatial structure of stands on extreme sites in Bistrita River Basin, the vertical spatial structure of the stands on extreme sites in Bistrita River Basin, the distribution of dimensional parameters in the stand, the distribution of trees by diameters categories, the distribution of the base area by diameter categories);
- analyses the stability parameters in stands that grow the on extreme sites (slenderness ratio, the relative length of crowns, crown`s center of gravity);
- analyzes the revival of the stands that grow on extreme sites;
- highlights the auxological specificity (stands structure in relation to radial increment, dendrochronology elements, increment in the base area, volume increment) of stands which grow on extreme sites;
- presents, for the first time, indices for the characterization of increment and development dynamics at the level of a stand in ecosystems that grow on extreme sites;
- analyzes the indicators specific to biodiversity stands that grow on extreme sites.