

# APLICAȚII ALE DENDROCRONOLOGIEI ÎN DOMENIUL STUDIILOR DE IMPACT

**Ing. Marcel Flocea**

Grupul Școlar Silvic  
Câmpulung Moldovenesc

## 1. Introducere

Astăzi, până și copiii îndrăgostiți de natură pot să cunoască, numărând inelele anuale ale unei cioate sau piese doborâte, vârsta până la care a trăit arborele. Lucrul este deplin posibil în climatul temperat unde, datorită alternanței sezonului de vegetație cu sezonul de repaus vegetativ, creșterile în diametru se depun pe arbori sub formă de straturi anuale mai mult sau mai puțin distincte în raport cu specia.

Antichitatea a trimis unele mesaje după care se semnaleză existența cunoștințelor despre anii de creștere. Se pare că primul care a menționat în scris legătura dintre fluctuațiile lățimii inelelor anuale și anii ploioși sau secetoși în nordul Italiei a fost Leonardo da Vinci. Afirmările sale au rămas fără ecou atunci, fiind repede uitate, căci nimeni nu l-a crezut la acea vreme. Mai târziu, în 1737, francezii Duhamel și Buffon au observat pe mulți arbori recent doborâți portretul caracteristic al anului 1709, lesne de identificat prin lățimea deosebită a inelului anual. John Hill, în lucrarea ilustrată "Construcția trunchiului" (1770) prezenta "cercurile anotimpurilor", adică lemnul timpuriu și cel târziu din inelul anual. Pe baza unor lucrări de anatomie și fiziologie purtate pe arbori de către unii botaniști ai primei jumătăți a secolului al XIX-lea, Th. Hartig (1855), avea o concepție clară asupra dezvoltării inelelor anuale. Ei și-au dăruit viața studiilor creșterilor anuale, publicând 34 de lucrări de anatomie și ecologie în acest domeniu. Către sfârșitul secolului trecut a datat vătămarile produse

arborilor de grindină, ger și insecte. Au trebuit să apară Witt Clinton (1811) și Clos (1886) pentru a scrie primele pagini interesante ale dendrocronologiei.

Cu toate acestea, posibilitatea datării prin intermediul creșterilor anuale a arborilor nu s-a întrezărit decât către sfârșitul secolului al XIX-lea și aceasta pentru că factorii climatici ce influențează anual cantitatea de lemn format, fiind foarte mulți ca număr, cu importanță diferită și deseori cu influențe conjugate sau chiar disjuncte, transformă creșterea ca reacție a arborelui față de mediu într-un fenomen extrem de complex.

Chiar cunoașterea acestei complexități i-a împiedicat pe botaniști și silvicultori să privească această creștere ca pe un fenomen prognozabil în raport cu factorii de mediu. Poate pare uluitor, dar tocmai unui astronom - specialist în fizica sistemului solar - americanul A. E. Douglass, i-a fost dat să pună în ecuație, să descopere cheia acestui cifru deosebit de complex. Preocupat de activitatea solară, lipsit de prejudecățile ce-i împiedicau pe silvicultori și biologi, prejudecăți menționate în aliniatul precedent, el a încercat să utilizeze fluctuațiile inelelor arborilor ca martori ai climatului veacurilor trecute. Este de la sine înțeles că în lipsa unor arhive meteorologice astronomul a preferat să creadă că urmărind lățimea inelelor anuale va regăsi o înregistrare, mai mult sau mai puțin fidelă, a variațiilor climatului și va putea să depisteze urmele ciclurilor solare. Prin studiul lemnului de pin galben (*P. ponderosa*), ce provenea din satele vechi indiene, a putut remarca succesiuni caracteristice de inele, ușor de

deosebit cu ochiul liber față de altele, grație lățimilor neobișnuite.

Această "semnătură" caracteristică l-a ajutat să pună laolaltă piese de lemn aparținând aceluiași ani, chiar dacă aceste succesiuni se continuau cu altele dintr-o perioadă mai recentă, ori erau precedate de altele dintr-o perioadă mai veche. Astfel, în perioada 1929-1935 el a putut data prin comparație piese de vârste diferite, dar având în comun cel puțin câțiva ani.

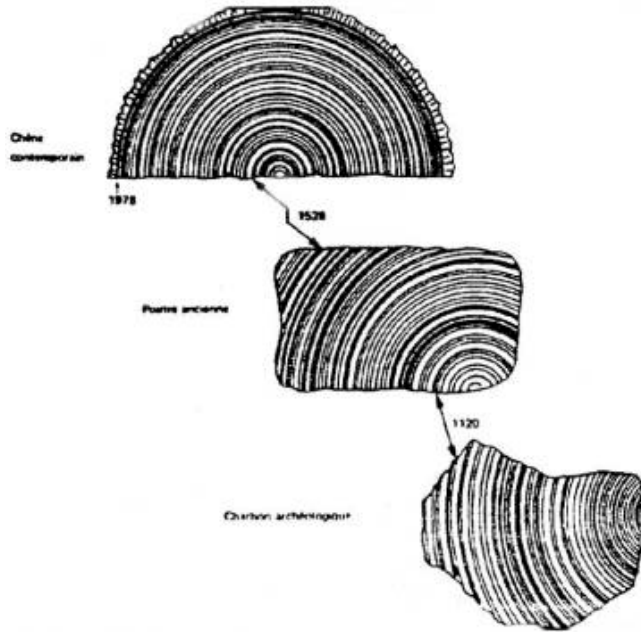
Munca sa și a colaboratorului său Schulman (1958) a fost favorizată de existența, pe continentul nord american, a celor mai bătrâni arbori cunoscuți actualmente, *Pinus aristata* și *Pinus longaeva*, ce trăiesc în regiunea semideșertică a Arizonei, unde se pare că seceta extremă este singurul factor limitativ al creșterii arborilor. În asemenea condiții, relația climat-lățime a inelelor se simplifică mult și poate fi mult mai lesne surprinsă.

În modul arătat, Douglass a observat că variațiile lățimii inelelor succesive se regăseau în același chip în toate trunchiurile provenite din aceeași regiune, deci climatul producea efecte asemănătoare asupra tuturor arborilor dintr-o regiune. Astfel s-au născut cele două principii fundamentale ale unei tinere științe - dendrocronologia: (1) condițiilor climatice asemănătoare dintr-o anumită regiune le corespund - la nivelul arborilor - răspunsuri identice, înscrise în cantitatea de lemn formată, cu alte cuvinte, există o similitudine între variațiile lățimii inelelor (valori maxime și valori minime), în interiorul unui arboret și (2) evidențierea punctelor de reper, a "semnăturilor caracteristice" ce constau în serii remarcabile și care permit "asamblarea" pieselor de vârste diferite într-o veritabilă serie prin suprapunerea părților comune (fig. 1), reprezintă celălalt principiu. În acest mod, devine posibilă datarea lemnului provenit din epoci din ce în ce mai îndepărtate în baza unor piese fosilizate serii de lungimea câtorva milenii.

În laboratorul fondat de Douglass în Tucson-Arizona, Fritts și echipa sa (1976) a reușit să dezvolte această știință, extinzând aplicațiile ei în domeniul climatologic - dendroclimatologia - și în ecologie - dendroecologia, ramuri ce reconstituie climatul sau mediul înconjurător pornind de la arbori. Cercetători ai Universității Illinois: Bannister, Hannah și Weekly au reușit datarea sistematică a edificiilor construite în lemn (locuințe, forturi), analizând chiar și lemn carbonizat. Astfel au putut pune în evidență creșterea concentrică a satelor indiene și urmări migrațiile populației precolumbiene. Se spera chiar să se descopere indicii prețioase asupra posibilelor raporturi dintre modificările climatice și deplasările oamenilor în teritoriu. În Europa începutului de secol XX, cercetători ca rusul Svedov (care descoperea o strânsă legătura între lățimea inelului anual la salcâm și valorile precipitațiilor) și olandezul Kapeyn, s-au preocupat de studiul dendrocronologic. Aici problema nu s-a pus cu aceeași ușurință din două motive: pe de o parte, pe continentul nostru nu trăiesc arbori atât de bătrâni ca Sequoia în California (peste 3000 de ani) sau pinii anterior menționați din Arizona (circa 4600 de ani), iar pe de altă parte climatul mai puțin riguros nu permite evidențierea cu precizie a factorilor limitativi, și deci codul meteorologic ascuns în creșterile anuale devine mult mai dificil de descifrat.

Toate acestea au întârziat mult evoluția dendrocronologiei în Europa: Școala scandinavă se pare, s-a născut din cea americană (primele studii dendroclimatologice au fost conduse de Laitakari (1920) și Von Eide (1926)). De Geer, în anii '50, a încercat datarea unor grinzi diverse și a mișcărilor glaciare. În 1961, Siren trasează profilurile de creștere pentru mai multe conifere nordice. Siastad (1957) și Mikofa (1962) au arătat că la limita nordică a pădurii, lățimea inelelor anuale este direct legată de temperaturile din iunie, inelul comportându-se ca un

termometru natural. De un interes



considerabil sunt lucrările lui d'Alesto,

**Fig.1.** Principiul datării prin acoperire (după Trenard, 1979)

care a studiat în pădurile litorale transgresiunile și regresiunile marine.

Reprezentanții viitoarei școli germane s-au "contaminat" de la suedezi. Lucrările inițiale au fost mai ales de ordin dendrocronologic. Totuși, studiile dendroclimatologice au incitat pe unii autori. Artman (1949) a arătat că nebulozitatea excesivă, încetinind procesul de fotosinteză, este responsabilă de "rahitismul" și în cele din urmă de eliminarea pinului la o altitudine relativ scăzută în unele masive hercinice din Germania. Brehme (1951) demonstrează limitarea creșterilor în funcție de scăderea temperaturilor medii în Alpii din zona Berchtesgaden.

S-a crezut mai întâi că amprentele ciclului solar evidențiate în America pot fi observate în toată lumea. Dar Huber n-a reușit să ie regăsească ia arbori în Germania. El a stabilit o curbă de referință locală, pentru stejarul din Spessart - sudul Germaniei - și în baza ei a încercat datarea unor piese arheologice elvețiene.

Pornind de la aceste prime lucrări, tehnica datării utilizată în Europa, **Anul IV, nr. 1-2/1996**

descoperită de Huber în 1941 și perfecționată de belgianul Munaut (1965) și apoi de germanii Eckstein și Bauch (1969), a devenit foarte simplă.

Ea constă în primul rând în stabilirea unei curbe reprezentative a lățimii inelelor anuale și în a pune astfel în evidență atât variațiile crescătoare, cât și cele descrescătoare existente între inelele succesive. Având la dispoziție cele două curbe, una datată - curba de referință - și alta de datat, se ajunge să fie suprapuse și să se caute poziția pentru care numărul cel mai mare de variații de lățimi se produce în același sens. Curba de datare se verifică astfel prin similitudinea maximală cu curba de referință (fig. 2).



**Fig. 2.** Datarea unei curbe prin sincronizare cu o curbă de referință (după Trenard, 1979)

Echipa germană a stabilit apoi programul de calcul și de asemenea limitele și fiabilitatea metodei. Ea stă la baza stabilirii curbelor de referință în Germania și Anglia și este foarte frecvent utilizată astăzi.

În acest mod, încă din 1967, Hollstein data vestigiile romane și merovingiene în regiunea Rhin-Moselfe, grinzile catedralelor din Cologne, Treves și Speyer oferind cunoștințe complete noi pentru istoria artei. S-au făcut și datări de săpături arheologice în regiuni din Germania și Țările de Jos. În Anglia și Belgia lucrări de mare anvergură s-au executat pe tablouri pictate pe panouri de lemn. S-au putut data astfel prima oară anumite picturi și distinge copiile de original.

În aceeași perioadă, în Rusia exista interes mai ales în legătură cu dendroclimatologia și mai puțin în legătură cu aplicațiile în datarea obiectelor vechi sau arheologice. Kolchin (1962) a condus o lucrare de anvergură asupra pavajului suprapus, confecționat din blocuri de pin în Novgorod, ca și asupra resturilor vechilor orașe de secol X-XV.

Toate cercetările au arătat că pentru fiecare regiune, trebuie mai întâi stabilită seria cronologică proprie pentru a o extinde mai apoi la cele vecine, dacă e posibil. Exemplul standard este legat de stejarul din Germania. Dacă în sud o curbă de referință a putut fi stabilită relativ ușor, pentru nord e necesară stabilirea unor curbe ce corespund unor sectoare foarte strict delimitate. La fel, se pare că pentru Anglia a fost necesară stabilirea mai multor curbe regionale. S-a constatat în fine că similitudinea curbelor se diminuează în funcție de creșterea distanței între locurile de prelevare ale probelor. Același mod de diminuare a fost observat și atunci când speciile diferă chiar dacă provin din același loc.

În Franța (1969), Polge și colaboratorii săi a făcut un nou pas utilizând în paralel cu lățimea inelelor anuale alte caracteristici anuale cum ar fi densitatea.

Merită evidențiată și contribuția școlii lituaniene de dendrocronologie, care prin Kairiukstis și alții a adus un progres important în domeniul studiilor de impact.

În România, până în prezent, nici o curbă de referință nu a fost obținută. Poate că există o oarecare similitudine cu cele obținute în Rusia, dar e foarte probabil că variații caracteristice regiunilor noastre să apară. Stabilirea unei astfel de curbe de reper pentru România ar aduce o contribuție de seamă la dezvoltarea unui domeniu pasionant, cercetări în domeniul arhitecturii, istoriei, istoriei artei. Nu este mai puțin important rolul acestei serii pentru studii în domeniul forestier, cum ar fi: studiul efectului și ciclicității atacurilor de insecte, studiul efectelor poluării,

studiul și prognoza evoluției climatice și multe, multe altele.

Informațiile asupra schimbărilor de mediu pot fi înregistrate într-un arbore în moduri diferite. Cu toate acestea, arborele individual reprezintă doar o singură piatră a mozaicului, câtă vreme întreaga pictură poate fi recunoscută numai dacă sunt analizați mulți arbori. În cel mai evident caz, un eveniment de mediu din trecut a rănit unii arbori mecanic, de exemplu prin foc sau căderi de pietre, acestea lăsând o cicatrice în lemn ca un indicator al timpului. Semne vizibile pot fi de asemenea evidențiate pe căi fiziologice, de exemplu prin înghețuri târzii. Mai greu de detectat sunt acele efecte ce sunt înregistrate ascuns în lățimea, densitatea lemnului și structura creșterii anuale a lemnului, dar numai în cazuri excepționale sunt deviații ale acestor parametri de la valorile normale, atât de evidente încât o judecată pur vizuală va conduce la rezultate sigure. În prezent, trebuie să fie aplicate procedee statistice pentru a diferenția fluctuațiile naturale de cele provocate de om. Creșterea anuală a arborilor poate fi de asemenea analizată pentru conținutul său chimic derivat din sursele mediului, în special metalele grele. Ca și datele asupra lățimii inelelor, densității lemnului și structurii, aceste date reprezintă cantități măsurabile. Dar, înainte de racordarea la statistică, o interpretare fiziologică îngrijită este necesară. Dacă fenomenul "morții pădurilor" este cunoscut sub forma sa acută mai ales din debutul deceniului 9, trebuie specificat că din punct de vedere metodologic cercetătorii fenomenului nu au fost prinși descoperiți, existând pe plan european preocupări mult mai vechi pentru studiul factorilor cu influențe negative asupra creșterilor și implicit o metodologie suficient de bine pusă la punct pentru astfel de studii.

După Giurgiu (1969) primele sondaje de acest fel au fost efectuate în zona Bicăz și au condus la determinarea unor pierderi de creștere după intrarea în funcțiune a fabricii. Același autor citează

lucrările efectuate de cercetători diverși (Enderlein, 1964; Lemke, 1960; Vins, 1961, 1962; Materna, 1964 ș.a.) care au determinat pierderile de creștere, momentele realizării maximului creșterilor medii în volum la arborete afectate. Alte cercetări interesante au fost efectuate și de Pelz (1958), Keller (1958-1965), Hartel (1953), Vacurov (1964), Gailis (1965) ș.a.

Au fost utilizate metode dendroclimatologice bazate pe determinarea indicilor de creștere și sincronizarea seriilor acestor indici, precum și extrapolări ale curbelor acestora în scopul eliminării vârstei, oscilațiilor climatice, influențelor staționale și a prognozei creșterilor.

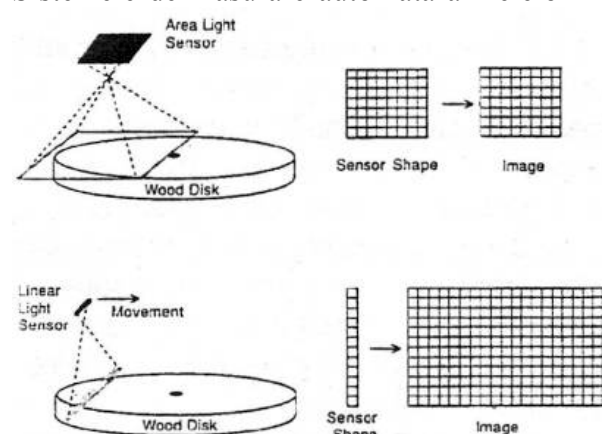
La noi, cercetări importante, însoțite de perfecționări metodologice, au fost desfășurate de Giurgiu (1964-1977), Ianculescu (1973-1975) și pot fi înregistrate ca pași de pionierat deosebit de importanți în studiul creșterilor prin metode dendrocronologice.

## 2. Aparatura

La ora actuală se utilizează pentru măsurarea informațiilor cuprinse în inelele anuale două categorii mari de aparate. Una dintre ele utilizează informațiile obținute pe cale optică, cu ajutorul unor macrocamere extrem de performante, cealaltă utilizând elemente ale dinamostatigrafiei, bazată pe măsurarea densității diferite a inelelor anuale, precum și a lemnului timpuriu și lemnului târziu a inelului anual.

Există diferite variante constructive ale aparatelor ce execută măsurarea pe cale optică a creșterilor anuale, dar în principiu (fig. 3), ele conțin următoarele părți componente: o cameră de tip microscop, o masă de măsurare (cu posibilități de mișcare controlată în plan orizontal) și un echipament complet de calcul electronic care să permită vizualizarea cu acuratețe a imaginilor prelevate de macrocameră, precum și pachetul de programe necesar

analizei digitale asistată de calculator. Sistemele de măsurare automată a inelelor



**Fig. 3.** Schema de principiu pentru aparatele automate de măsurarea creșterilor (după Guay, Gagnon și Morin)

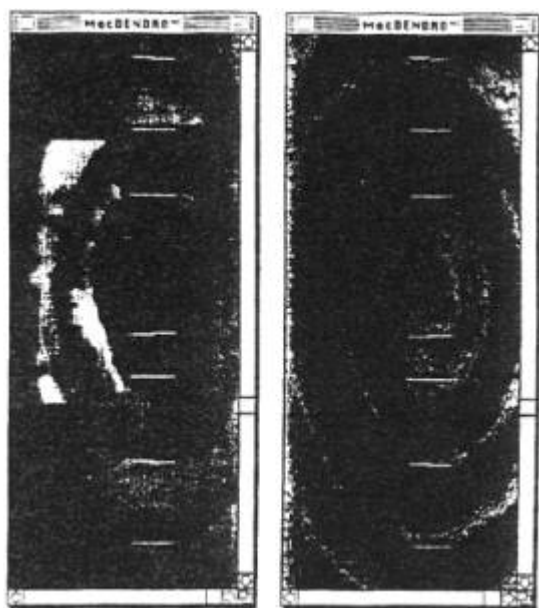
anuale sunt extrem de costisitoare, dar apariția lor a însemnat un pas extrem de important și o unealtă indispensabilă pentru cercetători, sistemele clasice de măsurare transformând munca cercetătorului de odinioară în muncă de miniaturist chinez.

Imaginile pot fi procesate pe calculator putând fi mărite, micșorate, colorate în fals color, astfel încât să se poată sesiza contrastul dintre zonele de lemn cu densități diferite, zone ce evidențiază "frontierele inelelor anuale", uneori greu de diferențiat la lemnul de fag, carpen și alte specii cu lemn de culoare uniformă.

Aceste tehnici bazate în special pe analize vizuale (microscopice și macroscopice), oferă întotdeauna servicii excelente, dar pentru determinarea proprietăților fizice ale lemnului și evaluarea calităților mecanice, doar laboratoarele moderne echipate cu tehnică de măsurare în domeniul xylocronologiei pot răspunde la această din urmă problemă.

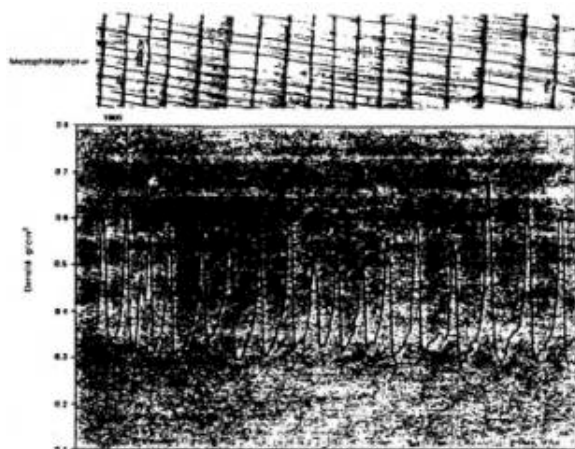
După Polge, citat de Chagneau și Levasseur (1989), eșantionul de lemn de studiat prelevat prin metode clasice este radiografiat sub raze x, imaginea obținută oferind prin densitometrie parametrii mecanici și cronologici urmăriți (fig. 4).



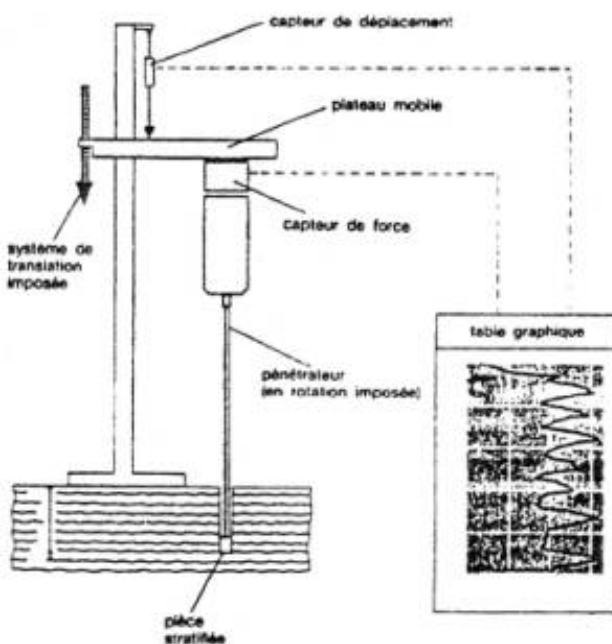


**Fig. 4.** Profil densitometric de *Picea rubens*, arătând interdependența între lățimile creșterilor, omogenitate și densitatea maximă a lemnului foarte sensibile la variații climatice (Conkey, 1979, citat de Becker, Bouchon și Keller)

O tehnică și mai recentă, nedistructivă, este bazată pe propagarea unei unde ultrasonore, dar ea trebuie să fie perfecționată, întrucât necesită o aparatură deosebită pentru tratamentul semnalului elaborat, cea de până acum neatingând nivelul necesar xylocronologiei. Principiul de funcționare al dinamostratigrafiei este descris în figurile 5 și 6.



**Fig. 5.** Principiul de funcționare al dinamostratigrafului



**Fig. 6.** Schema de principiu a amostrigrafului (după Chagneau și Levaseur)

### 3. Metode ale dendrocronologiei in studiile de impact

#### 3.1. Metode bazate pe măsurarea inelelor anuale

Există mai multe căi ale dendrocronologiei aplicate, prin care impactul poluării asupra mediului poate fi examinat.

Cea mai importantă dintre ele comparația dintre arbori ai aceleași specii ce cresc în condiții de mediu similare dar cu diferite grade de poluare; corelații ale tendințelor de creșteri dintr-un larg număr de șiruri cu tipuri cunoscute de încărcături poluante; comparații cronologice ante și postpoluare, analiza chimică a compoziției inelelor, eliminarea influenței vârstei și a efectelor climatice prin metode speciale cronologice, astfel încât tendințele rămase să poată fi atribuite poluării.

#### Calea tradițională

Metoda comparării seriilor cronologice din zone poluate și nepoluate a fost frecvent utilizată în studii de poluare

locală (Pollanschutz, 1962; Vins și Chorkva, 1973; Kreutzer 1983, ș.a.)

Deși poate fi foarte valoroasă în anumite situații, prezintă o uzanță redusă în investigațiile asupra poluării de lungă distanță și a fost eliminată, pentru că tehnica e bazată pe un număr mare de prezumții dintre care unele sunt nevalabile. Cea mai importantă dintre acestea este prezumția că diferențele dintre cele două serii cronologice pot fi atribuite diferențelor dintre nivelele de încărcături poluante. De fapt o întregă suită de factori este posibil să fie implicată, de la situarea în condiții climatice diferite la medii competiționale diferite, chiar dacă s-ar putea controla unele dintre aceste efecte, existența efectelor interactive complexe între poluare și factorii de mediu face astfel de ajustări nevalabile.

O variantă a acestei metode implică o comparare a seriilor provenite de la arbori crescând în același spațiu cu și fără simptome vizibile de declin. Metoda presupune că arborii fără simptome vizibile sunt mai puțin afectați decât cei ce arată semnele declinului. Metoda însă aproximează mult, căci se consideră că arborii sunt expuși la aproape același nivel de stress poluant și orice diferență de creștere este probabil reflectarea diferențelor în răspunsurile arborilor individuali datorată variațiilor genotipice. Tehnica a fost puternic criticată de Athari și Kramer 1983, citați de Cook și Kairiukstis 1990, deși poate oferi o indicație asupra răspândirii reducerilor creșterilor, nu poate fi folosită pentru obținerea informațiilor cantitative asupra reducerilor.

#### Compararea seriilor dendrocronologice dintr-un mare număr de loturi.

Această metodă suferă de existența unor anume extensii pentru limitările primei metode. Aceasta a fost elaborată și aplicată de Strend, la începutul deceniului 9, în Norvegia. Prin utilizarea tehnicilor de regresie liniară, autorul a obținut un

coeficient de reacție pentru fiecare punct din rețeaua de studiu.

Un dezavantaj major al tehnicii este acela că uită să ia în calcul diferențele climatice între amplasamente și, de asemenea, tipul de sol elementar, ce pot juca un rol important. Oricum, în mod intuitiv, tehnica e atrăgătoare. E posibil în condițiile unui set destul de mare de date sau a unui teritoriu destul de vast să fie fezabilă identificarea anomaliilor regionale în tendințele creșterilor radiale dacă sunt corectate cu tendințe cunoscute ale nivelurilor de poluare.

Tehnica poate fi utilizată mai curând în stabilirea modelelor regionale a modificărilor abrupte ale creșterilor.

**Eliminarea influențelor vârstei și efectelor climatice.** Este metoda eliminării efectelor climatice, a îmbătrânirii și altor efecte, și atribuirea oricărei tendințe rămase efectelor poluării, fiind frecvent utilizată (fig. 7).

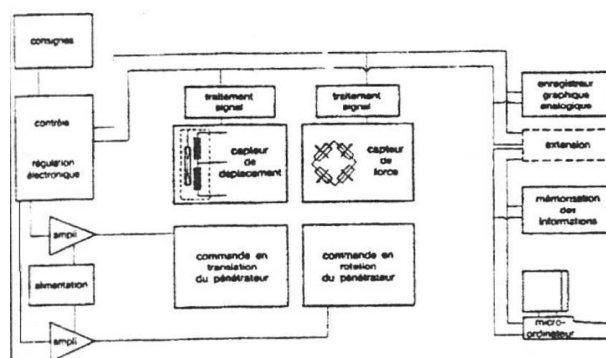


Fig. 7. Eliminarea influenței vârstei prin compensarea curbilor de creștere

Au fost dezvoltate serii cronologice prin ajustarea valorilor măsurate cu o funcție simplă de gradul 3, de exemplu cu indicii lățimilor inelelor anuale provenind prin împărțirea fiecărei lățimi de inel la valoarea corespunzătoare funcției simple. Efectele climatice se elimină folosind analiza funcțiilor de răspuns. Valorile reziduale pot indica prezența unui declin al arborilor.

Există unele probleme cu această metodă specială. Analiza regresiei poate

conduce la identificarea efectelor climatice, dar este operativă numai în cazuri extreme (exemplu seceta). Mai mult, efectele poluării și climatului sunt cunoscute ca fiind interactive; pare să fie foarte dificilă separarea celor două. În particular, poluarea poate altera răspunsul climat-creștere al arborilor, creând astfel probleme pentru analiza funcțiilor de răspuns. O dovadă pentru aceasta este mărirea exagerată a creșterii arborilor datorită măsurilor ameliorative (fertilizări, desecări), când are loc în timpul perioadelor climatice de maximă creștere și invers, o diminuare a creșterii atribuită inadecvat poluării atmosferice în timpul perioadelor de minim climatic (Stravinskiene, 1981; Kairiukstis și Dubinskaite, 1987). O altă dificultate o constituie separarea tendinței vârstei de orice declin asociat cu poluarea. E nevoie ca toate aceste probleme să fie soluționate înainte de a putea utiliza această metodă cu încredere.

### **Compararea creșterii înainte și după debutul unui impact**

Metoda pare aibă un bun potențial de utilizare în compararea creșterilor de dinainte și de după apariția poluării. Eficacitatea acestei tehnici a fost ilustrată de numeroase studii de impact a unor anumite surse de poluare asupra creșterii. Rezumativ, va implica calculul funcțiilor de răspuns pentru o perioadă premergătoare începutului poluării, urmată de aplicarea acelei funcții perioadei cu poluare (Cook 1987) ș.a. Diferența între indicii observați și cei calculați este apoi utilizată pentru a obține o idee asupra efectului poluării asupra creșterii arborelui la fața locului.

### **3.2. Metode bazate pe măsurarea rezistenței lemnului**

O astfel de tehnică utilizând mai curând densitatea, vechimea lemnului târziu decât lățimea inelului este furnizată

de Kienast-1982 pentru arbori sănătoși și bolnavi.

După Polge, 1977, pe baza permis observarea faptului că poluarea aerului modifică într-un mod drastic forma și datele cantitative ale curbelor densității lemnului, că anii caracteristici (care sunt, prin definiție, anii pentru care un parametru variază în același sens în raport cu anul precedent pentru cel puțin 80 % din eșantion) sunt mult mai numeroși pentru densitățile anuale menționate, decât pentru lățimea creșterilor, criteriul densității depinzând mai puțin decât lățimea arborilor în raport cu vârsta lor și ca densitățile și lățimile nu caracterizează întotdeauna aceeași ani și trebuie utilizată complementaritatea informațiilor pe care le furnizează pentru ușurarea datării. Concluziile au fost confirmate de o altă experiență făcută pe brad și molid (Keller și Millier, 1970, citați de Polge).

Fletcher și Hughes au utilizat tehnica densitometrică pentru datarea grinzilor de stejar din epoca medievală, utilizând în același timp date de creștere și densitate și punând în evidență o relație între densitatea ridicată a lemnului târziu și recoltele mari de grâu.

Pentru a crește precizia metodei în căutarea cauzelor deviației indicilor la arborii bolnavi se poate, utiliza tehnica analizei organice pentru a filtra fluctuațiile ciclice pe termen scurt și lung ce apar în seriile dendrocronologice. Aceasta poate ajuta la aproximarea mai precisă a impactului poluanților.

Acestea sunt probleme considerabile în investigarea declinului recent al creșterii arborilor. În primul rând, cauzele declinului sunt în cea mai mare parte necunoscute și de aceea nu e ușoară identificarea datei de plecare pentru începutul fiecăruia. În al doilea rând, poluanții despre care se crede că ar fi implicați (numiți substanțe acide ș.a.) sunt prezenți începând cu perioada revoluției industriale, cu toate că proporția celor mai importanți, sulfatați și nitratați, a variat considerabil în timp.



Poluarea cu ozon este mai mult un fenomen modern, care a crescut în perioada recentă.

Ca rezultat al acestor complicații, va fi necesar să se facă uz de orice schimbări observate în serii, pentru a identifica momentul de start al declinului creșterii. Numeroase studii, atât în Europa, cât și în America de Nord au indicat un declin al arborilor de durată mai lungă decât cea reieșită din datele rețelelor de supraveghere a sănătății pădurilor. Aceasta a avut importante implicații pentru stabilirea cauzelor declinului pentru că a existat tendința de a căuta factori corelați cu începutul apariției simptomelor vizibile, mai degrabă decât cu începutul reducerii creșterilor. Problema a fost studiată ceva mai detaliat de Kairiukstis, s.a. 1987. S-a certificat faptul că răspunsul arborilor la poluanți sau alte schimbări ale mediului depinde de stadiile inițiale ale arborelui și de însăși intensitatea schimbărilor, cu cât este mai mare schimbarea de mediu și mai slab statutul inițial al arborelui (poziția lui socială), cu atât mai mare este impactul asupra arborelui.

Se recomandă și în acest caz utilizarea funcțiilor de răspuns pentru stabilirea prezenței oricărei discrepanțe în creștere, care ar putea fi atribuită poluării locale, deci cu o cauzalitate non-climatică.

#### 4. Aplicații

Pentru studiul unor arborete de molid din nord-estul țării, afectate de poluare directă și de uscure anormală, s-au aplicat tehnici dendrocronologice. În cele ce urmează rezultatele parțiale vor fi prezentate rezumativ.

În vederea cunoașterii, sub raport auxologic, a arborilor de molid afectați au fost identificate zonele cu arborete afectate. În arboretele din aceste zone s-au instalat 5 suprafețe de probă cu caracter permanent, în care s-au efectuat 5 determinări biometrice și descrieri detaliate ale fiecărui exemplar de molid.

Motivele care au stat la baza alegerii acestor puncte au fost, pe lângă frecvența, lesne de observat, a arborilor pe diferite grade de vătămare, prezența acestor puncte la diferite distante de o sursă cunoscută și permanentă de poluare, precum și declinul fiziologic al exemplarelor situate pe culmi vântuite și cu climat excesiv și afectate de poluare de lungă distanță. De asemenea, s-a urmărit cuprinderea în studiu a unei game cât mai largi de tipuri de structuri. În toate cazurile, fenomenul de uscure anormală afectează și arborii din plafonul superior, adică tocmai cei care, în mod normal ar trebui să aibă creșteri mari, vitalitate bună, dar care tocmai prin aceasta poziție favorabilă față de lumină sunt mai expuși la acțiunea factorului debilitant (poluant sau climatic). În cazul suprafețelor Tamița și Ostra, stațiunea este de bonitate superioară, dar arborii au diferite grade de vătămare, o stare de vegetație lăncedă și o slabă vitalitate, precum și creșteri în înălțime și diametru din ce în ce mai reduse, ca urmare a acumulării în timp a efectului poluanților. În astfel de cazuri, productivitatea naturală ridicată a stațiunii nu poate oferi arboretului rezervele de vitalitate, necesare depășirii impasului fiziologic în care intră arborii.

Este important de arătat că în zona menționată există puternice emanații poluante, solide, lichide și gazoase de la uzina de Preparare Tarnița. Arboretele situate în treimea mijlocie și superioară a versanților au în general o stare de vegetație mult mai bună decât cele situate în culoarul pe care se scurg gazele și pulberile poluante. Arboretele tinere din preajmă nu par afectate, dar preexistenții se află deja în grade avansate de vătămare. Sursa principală de poluare concentrează minereuri conținând plumb, cupru, zinc, ș.a. sub formă de sulfuri complexe. O altă sursă de poluare o constituie versanții și oglinda iazurilor de decantare, exploatarea de baritină (carierea și uzina de condiționare a acestora, precum și gazele de eșapament

provenite din activitatea de transport tehnologic).

Intr-o situație asemănătoare se află și arboretele din suprafața Ostra, dar fenomenul este mai lent datorită situației la circa 3-4 km de sursa poluantă.

Tot sub impactul poluanților se află și arboretul din suprafața Tașca. După Ianculescu și Tisescu (1989), efectele nocive ale emisiilor de pulbere de ciment se fac simțite atât la nivelul biotopului cât și al biocenozelor. Se remarcă modificarea pH-ului, chiar de la acid până la alcalin. Astfel se blochează în litieră Ca, Mg, K fapt ce conduce la dezechilibre de nutriție.

După anii 1979-1983 odată cu intrarea în funcțiune a fabricii de ciment de la Tașca, ei au constatat o reducere a creșterilor în diametru a arborilor mai accentuată la molid.

Suprafețele Măgura, Palma și Prislop sunt situate pe versanți montani expuși vânturilor dominante, la peste 1000 m altitudine. Aici se înregistrează iarna și la debutul sezonului de vegetație îngălbenirea și căderea acelor. Fenomenul apare la arborii expuși și la cei din plafonul superior datorită stresului climatic de iarnă. Debilitarea progresivă a arborilor determină probabil pierderi de creștere, dar numai în rare cazuri poate determina uscarea.

S-au determinat elementele biometrice cele mai importante ale exemplarelor și s-au întocmit portrete cât mai complete ale acestora în scopul stabilirii unor legături între creștere și alți parametri.

Din exemplarele de molid au fost recoltate probe de creștere cu burghiul Pressler, care au fost măsurate. Pentru determinarea seriilor dendrocronologice ale arboretelor, valorile anuale ale lățimii inelelor anuale cuprinse în serie au fost standardizate prin mijloace analitice, utilizându-se o bibliotecă de programe ce a permis trecerea lor prin diverse tipuri de ecuații de regresie. Coeficienții de regresie s-au determinat prin metoda celor mai mici pătrate selecția ecuațiilor de regresie

făcându-se cu ajutorul minimului sumei pătratelor abaterilor procentuale. Astfel s-au determinat indicii de creștere a căror succesiune cronologică o reprezintă seriile dendrocronologice.

În toate suprafețele experimentale arborii au fost carotați până la inimă sau pe cca. 40 cm. În baza măsurătorilor efectuate pe probe prelevate de la Tarnița se observă că există diferențe substanțiale între creșterile realizate de arborii bolnăvicioși (clasa 1) și cei bolnavi (clasa 2) și foarte bolnavi (clasa 3).

Rezultatele studiului se prezintă grafic în fig. 8.

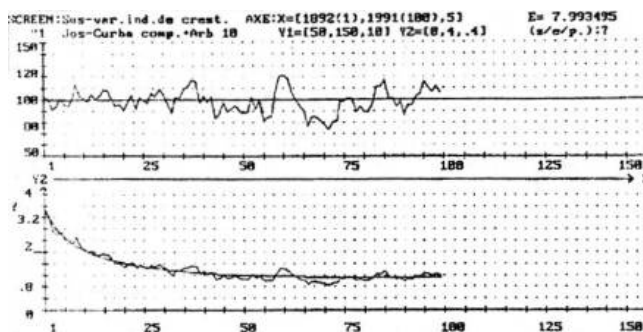


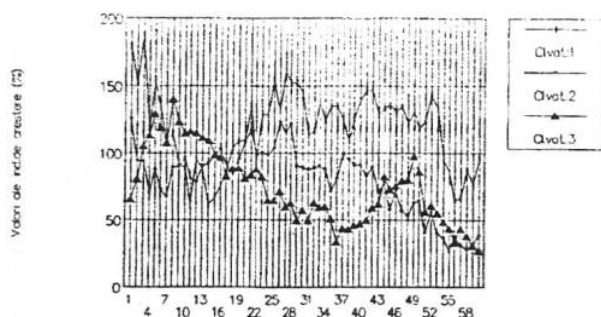
Fig. 8. Indicii de creștere pe clase de vătămare - Tarnița (1932-1991)

Se poate evidenția că intrarea în activitate a uzinei Tarnița este resimțită pe plan auxologic de toți arborii, în raport cu curba prognozată pe baza manifestărilor auxologice anterioare și evident mai puternic de către cei aflați într-o stare mai avansată de îmbolnăvire, mai ales din 1980 încolo.

Curba medie a întregului set de date se află sub curba determinată pe perioada premergătoare ultimului punct de inflexiune, fapt ce demonstrează că întreg arboretul a înregistrat efectele un poluării locale.

Variabilitatea indicilor de creștere pe curba medie a întregului set de date (1930,1980) este destul de redusă, situație aparent contradictorie, dacă ținem cont că stresorii ar fi trebuit să producă o creștere a variabilității. (Giurgiu 1967). Această stare de lucruri are următoarele explicații: anularea unei părți a variabilității datorită

participării în colectivitatea de selecție a unui număr restrâns de arbori, reducerea drastică a tuturor creșterilor până la limita inferioară posibilă în condițiile unui "control strict" al factorilor vătămători, chiar arborii sănătoși în aparență realizând creșteri foarte mici în ultimul deceniu. În suprafața Bicaz (1919-1991) se constată coborârea bruscă a curbei medii începând cu anii 1970, 1972, moment în care curba realizează în mod nefiresc un al doilea punct de inflexiune pe latura descendentă deși creșterile curente se mai mențin active până în 1981-1983, după care coboară la un nivel foarte scăzut (fig. 9).



**Fig. 9.** Seria dendrocronologică caracteristică suprafeței Bicaz

Se poate susține - cu rezervele necesare - că acțiunea factorilor climatici s-a încadrat în limite suportabile cu toată perioada de secetă din ultimii ani, deoarece indicii de creștere continuă să prezinte fluctuații ciclice chiar și în perioada de funcționare a fabricii. Factorul climatic a putut să constituie un element cu rol agravant pe fondul efectelor poluantului asupra solului și coroanelor.

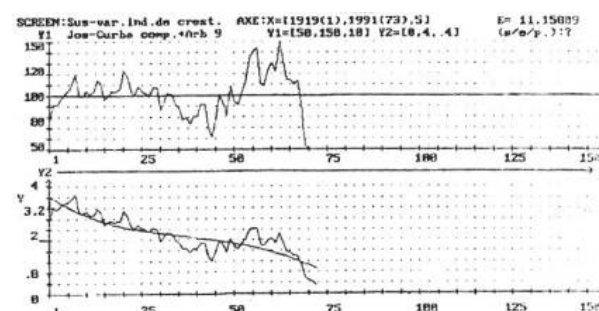
Coeficientul de variație al indicilor de creștere este 22 %, aducând și el confirmarea faptului că relația arboretului cu mediul se află într-o continuă schimbare, schimbare reflectată de fluctuații ale creșterilor peste limitele normale.

Suprafața Prislop a fost analizată pe o selecție de arbori sănătoși și bolnăvicioși pentru perioada 1892-1991. Curba medie a creșterii colectivității are o alură firească, coeficientul de variație al indicilor de creștere este și el foarte redus (10 %),

fluctuațiile fiind ciclice. Arborii fiind sănătoși, au putut beneficia, în condițiile răririi arboretului, de plusul de căldură al ultimului deceniu (indici de creștere peste 100 % din 1985).

În suprafața Măgura, creșterile radiale analizate pe perioada 1921-1991, surprinse și în perioadă realizării maximumului, reprezintă și ele fluctuații ciclice și un coeficient de variație redus al indicilor (11 %).

Indicii analizați pe clase de vătămare alcătuiesc șiruri divergente, după ce în perioada 1941-1950 șirurile au mers relativ convergent. Din 1983, creșterile medii se diminuează, coborând sub nivelul curbei compensate (fig.10).



**Fig. 10.** Indici de creștere pe clase de vătămare, Măgura 1939-1991

În suprafața Palma, studiul purtat pe perioada 1910-1991, arată diferențe substanțiale între indicii de creștere pe clase de vătămare, arborii sănătoși (probabil adaptați la condițiile climatice excesive) profitând de surplusul de căldură al ultimei perioade de timp, având indici mari, în timp ce restul și-a diminuat creșterile.

Șirurile indicilor de creștere încep să se separe din 1964, diferența accentuându-se pentru început între arborii actualmente sănătoși și ceilalți după care, odată cu anul 1981, divergența șirurilor se accentuează pentru toate clasele de vătămare (fig.11).

## 5. Concluzii

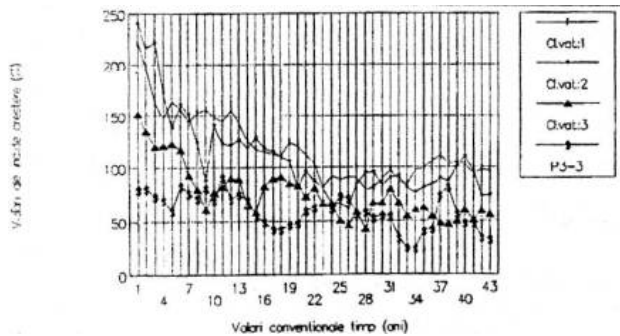


Fig. 11. Indici de creștere pe clase de vătămare, Palma 1910-1991

Surprinderea relației creștere pierdere foliară este delicată și foarte dificil de interpretat, interpretarea ei depinzând de recoltarea unui număr foarte mare de date referitoare la caracteristici biometrice, staționale, auxologice, meteorologice, ecologice și nu în ultimul rând de o apreciere cât mai obiectivă a pierderilor foliare, (atenție la influența vârstei), a poziției cenotice a exemplarelor luate în studiu în raport cu vecinii lor.

Seriile dendrocronologice pot oferi informații importante în legătură cu momentul sesizabil al acțiunii factorului vătămător asupra arborilor forestieri, dar ele singure nu sunt suficiente întrucât nu reușesc să explice acțiunea convergentă a mai multor factori de mediu sau antropici cu o valoare cuantificabilă. Aceste serii pot fi folosite ca bază de pornire pentru studii complexe bazate pe modelarea prin intermediul unei ecuații de regresie liniară multiplă, care poate surprinde diversele influențe și poate evalua măsura în care acestea intervin.

Arborii tineri și vârstnici constituie o arhivă de neînlocuit, dăruindu-ne informații ce se întind deseori pe o distanță de câteva secole.

La aceste informații se poate cu ușurință ajunge prin prelevarea de carote din trunchiul veteranilor pădurilor noastre, dar cel mai bine este să se utilizeze rondele conservate din arborii ajunși la capătul vieții, astfel încât în momentul în care

dotarea tehnică va permite, ele să fie măsurate, analizate pentru a fructifica aceste prețioase informații incluse în fiecare inel anual. Pe această cale, arborii monumentali, înregistratori fideli ai evenimentelor climatice ale timpului, an după an, inel după inel de-a lungul veacurilor, intră în patrimoniul cultural al unei țări.

Ei nu aparțin nici forestierilor, nici industriei de prelucrare, ci aparțin patrimoniului natural și celui cultural al umanității și așteaptă liniștiți curgerea timpului și poate și pe specialiștii care să citească și istorisească povestea lungă și zburciunată a vieții lor, a singurilor contemporani încă în viață a marilor noștri voievozi, a strămoșilor noștri.

De la înălțimea coroanelor lor, parafrazându-l pe Napoleon, ne privesc secole de istorie. Deseori încercăm sentimente de respect în fața acestor monumente vii, mărturia istoriei noastre trecute, prezente și viitoare, să-i ocrotim, căci așa cum de ocrotire au nevoie bătrânii înțelepți ai neamului omenesc, tot așa au nevoie, mai ales acum, și bătrânii înțelepți ai codrilor noștri. În felul acesta vom simți poate o parte din forța cu care aceștia și-au înfipt rădăcinile în pământul țării, ca să șadă neclintiți în calea furtunilor, timpului și istoriei și vom învăța poate de la ei, arborii, setea de a sorbi aerul limpede al țăriilor cerului și de a ne simți stăpânii pământului ce ne-a primit cu căldură "rădăcinile".

## Bibliografie

- Barbu I., Flocea M, 1989. Stabilirea indicilor de calitate la arbori de molid ș.a., colaborare la tema 12-47h(D)/1989.
- Becker, Levy ,G.1988. Apropo de moartea pădurilor: climatul, silvicultura și vitalitatea pădurilor de brad din munții Vosgi. R.F.F. nr. 5.
- Becker NL, Braker U., 1990. Starea coroanelor și creșterea arborilor în ultimele decenii în RFG, Franța și Elveția, A.F.Z. nr.11/1990.

- Becker M, 1989. Moartea pădurilor; Importanța climatului și a silviculturii. C.R. Acad. Agric. Fr.,75, nr. 9.
- Becker, M., Bouchon, J., Keller, R. 1988. Dendrocronologia și xylocronologia: unelte pentru analiza retrospectivă a comportamentului rborilor, R.F.F. XL - nr. sp.
- Cook E.R și Kariukstis L.A, 1990. Metode ale dendrocronologiei. Aplicații în știința mediului. Kluwer Academic Publisher. U.S.A.
- Chagneau F, Lévassur M. 1989. Diagrame xylocronologice prin dinamostatigrafe, R.F.F XLI - 3.
- Flocea, M , 1992. Cercetări auxologice și dendrocronologice în arborete de molid cu fenomene de uscure anormală. Ref. științific final la tema nr. 79.
- Flocea, M. 1996. Arborii sau memoria timpului, Lucrările simpozionului "Molidul în contextul silviculturii durabile" I.C.A.S. - Câmpulung Moldovenesc
- Guay R., Gagnon R., Morin H. Un sistem modern de măsurare a inelelor arborilor, automat și interactiv bazat pe scanarea liniară video.
- Ianculescu, M., 1979. Situația actuală și tendințele poluării industriale asupra pădurilor în țara noastră. Rev. Păd. nr. 4, p. 249-251.
- Ianculescu, M.,1978. Cercetări privind influența prafului de ciment și var asupra creșterii arboretelor de molid și brad. Rev. Păd. nr. 2-3, p.103-105, București.
- Giurgiu, V., 1967. Studiul creșterilor la arborete. Editura Agro-Silvică. București.
- Trenard Y., 1979. Arborii, aceste vechi arhive. Curierul exploatatorului și fabricantului de cherestea. Nr. 2/1979.
3. Les procédés utilisés dans l'étude des influences des facteurs du stress sur le bois - mesure de la largeur des cernes annuels et densité du bois.
4. Applications de la dendrocronologie dans quelques placettes expérimentales (Bicaz, Prislop, Măgura et Putna).

## Résumé

### Applications de la dendrocronologie dans le domaine des études d'impact

Dans cet ouvrage sont présentées quelques aspects concernant l'importance de la dendrocronologie pour l'étude de la réaction des arbres à l'action nocive des facteurs du stress.

L'ouvrage est structuré dans cinq chapitres:

1. Bref histoire de la dendrocronologie avec les réalisations des recherches mondiales et de notre pays dans ce domaine (Giurgiu, Ianculescu).
2. L'appareillage utilisé pour mesurer des informations contenues dans les cernes annuels (optiques et dynamométriques).