



Universitatea
Ștefan cel Mare
Suceava

TEZĂ DE ABILITARE

Ecologia inelelor anuale: de la celule la peisaj

Titlul original: Tree rings ecology: from cells to landscape

Domeniul: Silvicultură

Autor: Conf.univ. dr. ing. Cătălin-Constantin ROIBU

Universitatea "Ștefan cel Mare" din Suceava

Suceava, 2022

Rezumat

Prezenta teza de abilitare prezintă o parte a rezultatelor activității de cercetare desfășurate în domeniul Silvicultură. Aceste rezultate au fost obținute după susținerea tezei de doctorat ”*Cercetări biometrice și dendrocronologice în arborete de fag aflate în limita estică a arealului*”, în anul 2010, în cadrul Universității ”Ștefan cel Mare” din Suceava. Teza de abilitare este structurată în rezumat, un capitol referitor la realizările profesionale și științifice, și un capitol referitor la planul de dezvoltare a carierei.

În capitolul introductiv sunt prezentate considerații generale referitoare la reacția arborilor și a pădurilor la factorii climatici, precum și modul în care schimbările climatice influențează stabilitatea și reziliența pădurilor, adăugând noi provocări și incertitudini la privire la viitorul ecosistemelor forestiere. Pe baza modelelor actuale, ca urmare a schimbărilor care se vor produce asupra vulnerabilității pădurilor, există argumente rezonabile că speciile, distribuția pădurilor și implicit serviciile ecosistemice se vor schimba drastic la o scară de timp seculară. În baza acestor argumente, cercetările desfășurate de autorul tezei aduc informații despre modul în care pădurile și arborii au reacționat la condițiile climatice, folosind diverse surse de date extrase din inelul anual. Totodată rezultatele obținute pot asigura suportul elaborării unor instrumente de monitorizare sensibile pentru a cuantifica impactul și adaptabilitatea arborilor la schimbările climatice actuale și viitoare.

Conținutul capitolului referitor la contribuțiile științifice și profesionale este structurat în jurul conceptului de răspuns al pădurilor la condițiile climate, pornind de la nivel celular până la nivel de peisaj (prin reconstituiri climatice, dezvoltarea de rețele dendrocronologice la scări spațiale mari, realizarea de serii multisekulare prin integrarea de date obținute din arborii vii cu cele obținute din construcții din lemn). Sunt prezentate patru direcții de cercetare care au la bază, fie rezultatele publicate în articole științifice indexate în reviste WOS în calitate de autor principal, fie rezultate din articole în curs de publicare și din rapoarte științifice ale proiectelor pe care autorul tezei le-a coordonat. În cadrul prezentei teze de abilitare au fost folosite specii aflate atât la limita longitudinală (fag, stejar, frasin), cât și la limita superioară a pădurii (zâmbbru, pin silvestru).

Prima direcție de cercetare abordată se referă la utilizarea parametrilor celulari pentru a înțelege mecanismul de răspuns a speciilor aflate la limita altitudinală a pădurii. Populațiile marginale sunt cele mai bune ținte pentru studierea răspunsului climat-arbore, datorită sensibilității lor ridicate la factorii climatici. Zâmbbrul (*Pinus cembra L.*) este un element natural cheie pentru pădurile montane din Europa în Alpi și Carpați unde este prezent la altitudini ridicate.

În acest studiu am explorat potențialul dendroclimatic al Zâmbului din Carpați folosind atât parametri convenționali, lățimea inelului anual, densitatea maximă cât și cronologii ale parametrilor anatomici, ce constituie o abordare științifică în premieră în România. Seriile dendrocronologice s-au realizat în baza a 28 de carote din arbori vii, maturi, de la limita altitudinală a pădurii din Munții Retezat, Sud-Vestul României. Pentru toate cele 28 de carote au fost măsurate lățimea inelului anual și densitatea maximă. Pentru seriile de anatomie au fost selectate nouă carote de creștere. În plus, pentru a îmbunătăți rezoluția intra-anuală a răspunsului climat-arbore, fiecare inel anual a fost împărțit în 10 sectoare, iar cronologiile rezultate au fost corelate cu datele climatice zilnice. Exceptând lățimea inelului anual, toate cronologiile au arătat un puternic răspuns, pozitiv sau negativ la factorii climatici din anul precedent sau cel curent. Peretele celular a prezentat corelații cu factorii climatici similare cu densitatea maximă și a fost influențat în principal de temperaturile de la începutul sezonului de vegetație și din timpul verii, pe când suprafața lumenului a fost afectată în principal de precipitații. Rezoluția anuală mai ridicată ne-a permis să descoperim că diferite rânduri de traheide, în funcție de poziția lor în inel, pot fi influențate de intervale/perioade climatice distincte, în plus, aceleași trăsături anatomice pot fi sensibile la diferiți parametri climatici de-a lungul sezonului de vegetație. În cadrul acest studiu s-a pus în evidență faptul că analiza parametrilor anatomici ai lemnului la nivel intra-anual și folosirea datelor climatice zilnice, combinate cu metodele convenționale ale dendrocronologiei, pot oferi informații profunde despre influențele climatice pe termen lung sau scurt asupra dezvoltării inelului anual.

A doua direcție de cercetare s-a bazat pe cuantificarea răspunsului la climat folosind multiple surse de date extrase din inelul anual (lățimea lemnului timpuriu, a lemnului târziu, lățimea inelului anual, densitatea maximă și reflectanța în albastru).

În primul studiu am comparat răspunsul climatic folosind trei surse de date proxy extrase din inelul anual: lățimea totală a inelului anual (TRW), densitatea maximă (MXD) și intensitatea în albastru (BI). Pentru aceasta au fost extrase 20 de carote de *Pinus sylvestris* din arbori vii din Munții Carpați Orientali, acoperind perioada 1886 - 2015. Fiecare cronologie a fost comparată cu datele climatice lunare și zilnice. Toate surse de date proxy ale inelului arborelui au indicat un coeficient de corelație mai mare cu datele climatice zilnice comparativ cu datele lunare. Cel mai mare coeficient de corelație a fost obținut între cronologia MXD și temperatura maximă zilnică în perioada sfârșitului lunii iulie până la mijlocul lunii septembrie ($r=0,64$). Intervalul optim pentru semnătura temperaturii este 01 august – 24 septembrie pentru cronologia MXD, 05 august-25 august pentru cronologia BI și 16 noiembrie anul precedent (py) – 16 martie anul curent (cy) și 15 aprilie – 05 mai pentru cronologia TRW. Corelația ridicată dintre MXD și BI și semnalul climatic puternic înregistrat de ambele surse de date sugerează că cronologia BI poate fi utilizată ca proxy

surogat pentru MXD, dar numai pentru luna august, iar cronologiile MXD și/sau BI pot fi utilizate în paralel cu TRW, deoarece înregistrează semnale climatice din diferite perioade.

A doua lucrare și-a propus să dezvolte primele serii dendrocronologice diferențiate (lemn timpuriu—EW, lemn târziu—LW și lățimea totală a inelului—RW) pentru arborii de frasin (*Fraxinus excelsior*) și stejar (*Quercus robur*) din Republica Moldova și să analizeze climatul acestora, respectiv răspunsul și stabilitatea lui spațio-temporală. Pentru aceasta, din aria protejată Dobrușa, Republica Moldova, Europa de Est au fost extrase probe din 18 arbori de frasin și 26 de stejari și au fost elaborate noi cronologii EW, LW și RW pentru aceste două specii, cronologii care acoperă secolul trecut. Rezultatele obținute au arătat că RW și LW au un răspuns climatic similar pentru ambele specii, în timp ce EW surprinde variații climatice interanuale și are o reacție diferită. Analizele efectuate folosind date climatice lunare au evidențiat o corelație negativă și semnificativă cu temperatura medie a aerului și o corelație semnificativă și pozitivă cu precipitațiile și Indicele standardizat al precipitațiilor și evapotranspirație (SPEI) atât pentru frasin, cât și pentru stejar. Temperatura din perioada de vegetație are o influență puternică asupra tuturor componentelor inelului arborelui de frasin, în timp ce pentru stejar corelația puternică a fost găsită doar pentru LW. Corelația pozitivă și semnificativă dintre LW și RW cu precipitațiile pentru ambele specii sugerează că frasinul și stejarul sunt sensibili la componenta hidrologică, iar precipitațiile sunt principalul factor limitator al creșterii arborilor în zona studiată. În ciuda corelației semnificative cu precipitațiile și temperatura pentru întreaga perioadă analizată, analizele de corelație în fereastră mobilă pe 25 de ani arată că acestea nu sunt stabile în timp și pot trece de la corelații pozitive la corelații negative sau invers, în timp ce corelația cu indicele de secetă SPEI3, care este o integrare a ambilor parametri climatici, este stabilă în timp.

A treia direcție de cercetare abordată se referă la dezvoltarea rețelei dendrocronologice pentru fag aflat la limita estică a arealului și reconstituirea secetelor din ultimii 250 ani. În acest sens, a fost elaborată prima rețea dendrocronologică pentru fagul european (*Fagus sylvatica* L.) aflat la limita estică a arealului, compusă din 14 cronologii, acoperind un larg ecart altitudinal (210 până la 1160 m) și trei eco-regiuni. Analiza statistică a evidențiat tendințe spațiale în rândul celor 14 cronologii, cu variabilitate și sincronicitate în creștere a inelelor arborelui spre est, exprimate în special prin corelația medie dintre serii. Prin intermediul analizei ierarhice superioare (HCA) și analiza în componente principale (PCA), cronologiile au fost împărțite în trei grupe principale: o clasă aparținând zonei de munte, zonei de podiș și zonei de limită estică. Acestea corespund zonelor bioclimatologice alpine, continentale și panonice. Analiza dendroclimatologică a evidențiat un model general de răspuns climatic, iar temperaturile din lunile de vară, precipitațiile din aprilie-mai și seceta din aprilie-iunie sunt principalii factori limitativi ai fagulii la limita estică a arealului. Intensitatea corelațiilor crește spre limita estică a arealului și scade spre limita

superioară a vegetației pentru fag. În mod similar, durata perioadei sensibile la climat se modifică, pentru precipitații crescând din aprilie - în regiunea montană, până în martie-mai în regiunea de Est. Pentru scPDSI (indicele de severitate al secetei Palmer autocalibrat) durata perioadei de sensibilitate este din aprilie până în iunie. Această rețea dendrocronologică reprezintă un instrument sensibil de monitorizare pentru a cuantifica impactul și adaptabilitatea fagului european la schimbările climatice actuale și viitoare. Seriile care aparțin grupului de podiș au fost selectate pentru reconstituirea regimului hidric din ultimii 250 ani folosind pentru prima dată informații extrase din inelele anuale ale fagului. Astfel, cronologia noastră regională de fag reflectă variabilitatea hidroclimatică din aprilie-iunie sub forma indicelui standardizat al evapotranspirației și al precipitațiilor pe mari părți ale României, Ucrainei și Republicii Moldova, pentru care dovezile paleoclimatice de înaltă rezoluție lipsesc în mare măsură. Cele mai multe dintre extremele hidroclimatice reconstruite din 1768 d.Hr. sunt confirmate de dovezi documentare și se găsește o asocierie solidă cu modelele de circulație atmosferică la scară largă în emisfera nordică și temperaturile de la suprafața mării peste Atlanticul de Nord. Regimul hidric reconstituit coincide cu un sistem de înaltă presiune peste Oceanul Atlantic de Nord și nord-vestul Europei și cu un sistem de joasă presiune peste sud-vestul, centrul și estul Europei, în timp ce secetele istorice coincid cu un sistem de înaltă presiune peste Europa și un sistem de joasă presiune peste partea centrală a Oceanului Atlantic. Acest studiu a demonstrat potențialul producerii unor cronologii de fag bine replicate, multisekulare pentru Europa de Est, pentru a reconstrui variația hidroclimatică regională și pentru a înțelege mai bine cauzele și consecințele modelelor climatice la scară largă.

Ultima direcție de cercetare are drept scop dezvoltarea de serii dendrocronologice multisekulare ca sursă de informații istorice și de mediu. Am pornit de la premisa că în Europa de Est încă lipsește o cronologie de referință multiseculară pentru stejar. Pentru a umple acest decalaj geografic, am combinat serii de creștere din arbori vii și din lemn istoric din regiunea Moldovei, inclusiv o parte din România și Republica Moldova. „Seria dendrocronologică de referință pentru stejar - Suceava” este prima cronologie de 804 ani care acoperă continuu perioada 1216-2019. Analizele noastre au relevat în continuare teleconexiuni puternice ale cronologiei Suceava cu cele din sudul Europei. Legătura dintre cronologiile României și nordul Turciei este de o importanță deosebită în contextul abundenței mari a lemnului de stejar subfossil și arheologic/istoric nedatat din estul Europei și a comerțului intens cu lemn cu Europa centrală în secolele XV-XVII. Disponibilitatea cronologiei Suceava va oferi suport pentru datare precisă și reconstituiri climatice.

În ultima secțiune a tezei se prezintă evoluția academică a autorului și perspectivele de dezvoltare a acesteia.