

## **RST – Raport Științific**

privind implementarea proiectului "*NATivE – Posibila recuperare, mediata de schimbările climatice, a speciilor autohtone de foioase in defavoarea coniferelor alohtone plantate*" (cod: **PN-III-P1-1.1-PD-2016-0583**; Contract de Finantare pentru Executie Proiecte **NR. 41 / 2018**) în perioada **02/05/2018 – 30/06/2020**

### **I. INTRODUCERE – CONTEXTUL ȘTIINȚIFIC INTERNAȚIONAL ȘI NAȚIONAL**

Pădurile ocupă aproximativ 30% din suprafața terestră, fiind ecosisteme ce joacă un rol crucial în reglarea climei la nivel local, regional și global (Bonan et al. 2016). La rândul ei, clima determină distribuția diferitelor specii de arbori ce compun pădurile. Schimbările climatice par însă să afecteze peste măsură ecosistemele forestiere. Asta se datorează faptului că durata de viață a arborilor este una foarte lungă, un aspect ce îi împiedică să se adapteze cu rapiditate noilor condiții climatice și îi face să fie specii deosebit de vulnerabile la schimbările climatice (Lindner et al. 2010). În acest sens, secetele severe, asociate schimbărilor climatice, înregistrate tot mai frecvent în ultimele decenii (IPCC 2013), au afectat suprafețe extinse de pădure (i.e., declin și mortalitate) peste tot în lume (Allen et al., 2010; Allen et al. 2015; Hartmann et al. 2018).

Răspunsul arborilor și al pădurilor la climă nu trebuie însă neapărat înțeles ca fiind unul direct. De cele mai multe ori, secetele severe reprezintă doar ultimul factor, determinant, care omoară arborii slăbiți de-a lungul timpului de alți factori (Manion 1991). Un astfel de factor este reprezentat de către măsurile de management care s-au luat de-a lungul timpului și care determină structura actuală a pădurilor. Legătura dintre aceste măsuri de management și secetele severe asociate schimbărilor climatice, care au capacitatea de a afecta suprafețe extinse de pădure (Allen et al., 2010; Allen et al. 2015; Hartmann et al. 2018), este însă foarte puțin studiată în ciuda rolului critic pe care aceste măsuri îl joacă în determinarea viitorului pădurilor (Camarero et al. 2011; Vilà-Cabrera et al. 2011; Sánchez-Salguero et al. 2013).

România are o suprafață de pădure estimată la 7 milioane de ha, conform ultimului Inventar Forestier Național (IFN 2018). Deși caracterizată de o climă temperat-continentală, România va avea și ea parte de o climă caracterizată de secete mai severe și mai frecvente (Lindner et al. 2010). De fapt, efectele unor astfel de fenomene climatice severe, asociate cu schimbările climatice, au început deja să își facă simțită prezența, în România înregistrându-se deja evenimente importante de declin și

mortalitate în rândul a diferite specii de arbori (Barbu and Popa 2001; Curiel Yuste et al. 2019; Sidor et al. 2019; Hereș et al. *under review*). Studii recente realizate într-o zonă muntoasă din județul Brașov indică faptul că printre speciile cele mai vizate sunt conifere plantate în afara arealului lor de distribuție, așa cum este cazul pinului silvestru (*Pinus sylvestris* L.) și al pinului negru (*Pinus nigra* Arn.) (Foto 1; Curiel Yuste et al. 2019). Aceste două specii, care au fost plantate în trecut pe terenuri original ocupate de specii native de foioase, au înregistrat în anul 2012 importante fenomene de declin și mortalitate. În urma studiilor efectuate, mortalitatea lor a putut fi asociată cu secetele severe înregistrate în anii precedenți (Curiel Yuste et al. 2019; Hereș et al. *under review*). Totodată, speciile de foioase (fag, *Fagus sylvatica* L.; gorun, *Quercus petraea* Matt. Liebl.) care cresc pe aceeași versanți și care reprezintă probabil speciile native originale, nu au înregistrat astfel de fenomene de declin și mortalitate, indicând faptul că sunt probabil mai bine pregătite decât coniferele plantate să facă față secetele severe și deci schimbărilor climatice (Petrea Ștefan *teză master*). Aceste rezultate scot în evidență faptul că măsurile de management influențează semnificativ modul în care speciile de arbori, ce compun actualmente (native versus non-native) pădurile noastre, răspund și fac față secetelor severe asociate schimbărilor climatice (Hereș et al. *under review*).



**Foto 1** - Pin silvestru afectat de procese de declin și mortalitate în apropierea orașului Brașov (foto: Ana-Maria Hereș)

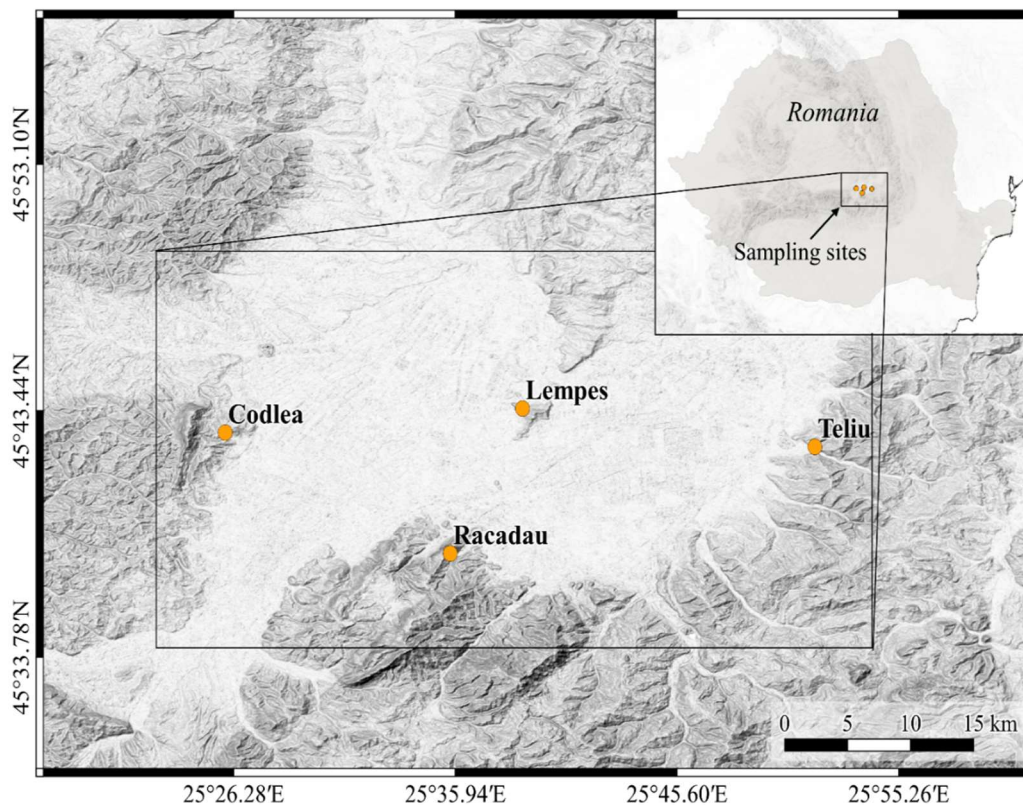
Secetele severe asociate cu schimbările climatice au deci capacitatea de a afecta în mod sever ecosistemele forestiere, iar efectul lor se pare că depinde și de măsurile de management, un aspect mai puțin studiat. Consecințele acestor fenomene de declin și mortalitate sunt greu de estimat, ele fiind complexe și afectând serviciile ecosistemice oferite de păduri la nivel local, regional și global (i.e., producție de lemn, servicii sociale, combaterea schimbărilor climatice, etc.; Anderegg et al. 2013). Este așadar critic să încercăm să înțelegem interacțiunea dintre schimbările climatice (i.e., secete severe) și măsurile de management deoarece această interacțiune determină modul în care arborii și deci pădurile răspund unor astfel de provocări și vor determina totodată prezența și permanența pădurilor și deci a serviciilor ecosistemice esențiale pe care acestea ni le oferă. În acest sens, proiectul NATivE („*Posibila recuperare, mediata de schimbările climatice, a speciilor autohtone de foioase în defavoarea coniferelor alohtone plantate*”) s-a dorit a fi o punte de legătură în ceea ce privește studierea efectului pe care secetele severe și măsurile de management le au asupra pădurilor. În concret, pădurile mixte de conifere și foioase din zona Brașovului, au servit drept studii de caz. Aceste păduri au fost afectate de declin și mortalitate, dar numai speciile de conifere plantate (i.e., pin silvestru și pin negru) au înregistrat rate ridicate de declin și mortalitate, în timp ce speciile de foioase native (i.e., fag și gorun) nu par să fie afectate în acest sens.

Rezultatele proiectului NATivE pun în lumină faptul că trecutul este cheie în ceea ce privește înțelegerea dinamicii actuale și viitoare a diferitelor specii de arbori, aceasta dinamică depinzând în mod evident de condiția lor nativă sau non-nativă. Nu foarte multe studii au luat în considerare astfel de aspecte, iar în România este primul proiect de acest tip.

## II. OBIECTIVELE proiectului NATivE

**Principalul obiectiv** al proiectului NATivE a fost studierea pădurilor din zona orașului Brașov afectate de importante evenimente de declin și mortalitate. În concret, acest tip de evenimente s-au înregistrat în păduri de amestec de conifere cu foioase, păduri în care pinul silvestru și pinul negru au fost plantate (specii alohtone sau non-native) în timp ce foioasele sunt prezente în mod natural (specii autohtone sau native) (Figura 1, Petrea Ștefan *teză master*). De remarcat faptul ca cele două specii de conifere (pin silvestru și pin negru) au suferit importante rate de declin și mortalitate în urma secetelor severe înregistrate în zonă, în timp ce foioasele predominante (fag și gorun) nu

au fost afectate de astfel de evenimente climatice. În cadrul proiectului NATivE s-a studiat creșterea (prin intermediul inelelor anuale de creștere) celor patru specii de arbori (i.e., pin silvestru, pin negru, fag și gorun), cum răspund la evenimente severe de secetă și cum se regenerează.



**Figura 1** – Localizarea pădurilor mixte studiate în apropierea orașului Brașov: Codlea (pin silvestru cu gorun), Lempes (pin negru cu gorun), Răcădău (pin negru cu fag) și Teliu (pin silvestru cu fag) (*hartă: Petrea Ștefan teză master*)

**Obiectivele specifice ale proiectului NATivE au fost:**

1). Să se studieze în ce măsură seceta ar putea acționa ca un factor de incitare sau contribuție la mortalitatea observată a pinului silvestru și a pinului negru. Prin studierea inelelor anuale de creștere se realizează o întoarcere în timp și se poate estima cum au crescut arborii atunci când au avut de-a face cu evenimente de secetă severă și cum au reușit să se recupereze sau nu după astfel de evenimente. În plus, se pot face estimări asupra modului în care acești arbori vor putea reacționa în viitor la evenimente de secetă.

2). Să se studieze creșterea istorică a celor patru specii de arbori nativi și non-nativi. Tendința de creștere a arborilor de-a lungul timpului este un clar indicator a modului în care se comportă acești arbori. În concret, tendința de creștere a arborilor de-a lungul timpului se poate folosi pentru a determina din timp dacă unii arbori au mai mare probabilitate de a muri atunci când se confruntă cu evenimente severe precum secetele (tendință negativă de creștere) sau nu (tendință pozitivă de creștere).

3). Să se studieze capacitatea de reziliență a arborilor după ce aceștia au fost expuși unor evenimente severe de secetă. Astfel de estimări se realizează prin compararea creșterii de dinainte și de după secetă. Arborii ce nu reușesc să revină la același nivel de creștere înregistrat înainte de secetă au o mai mare probabilitate de a muri decât cei care reușesc și sunt deci mai rezilienți.

4). Să se studieze procesele de regenerare ale celor patru specii de arbori nativi și non-nativi. Puietii ce cresc dedesubtul arborilor adulți reprezintă viitorul pădurii. Astfel de date ajută deci la a face estimări asupra compoziției viitoare a ecosistemelor forestiere.

### III. ETAPE ȘI ACTIVITĂȚI

Pentru atingerea obiectivului principal și a celor specifice, în cadrul proiectului NATivE s-au stabilit mai multe etape și activități care s-au desfășurat de-a lungul a diferite perioade de timp pe tot parcursul proiectului (02/05/2018 – 30/06/2020).

O primă etapă s-a desfășurat în perioada 02/05/2018 – 31/12/2018, scopul ei fiind acela de a studia în ce măsură seceta acționează ca factor de incitare sau contribuție la mortalitatea arborilor și de a compara creșterea istorică a speciilor de conifere alohtone cu cea a speciilor de foioase autohtone.

Activitățile aferente acestei prime etape, au fost:

**Activitate 1.1:** Selectarea de situri și de specii de arbori (conifere alohtone și foioase autohtone), prelevarea de probe (extragerea de carote), precum și realizarea unui prim inventar de puiet pentru estimarea regenerării acestor specii de arbori.

**Activitate 1.2:** Măsurarea inelelor anuale de creștere folosind metode și programe dendrocronologice specifice, activitate ce se va continua și pe parcursul etapei II.

A doua etapă a proiectului NATivE s-a desfășurat în perioada **01/01/2019 – 31/12/2019**, scopul ei fiind de a studia reziliența arborilor după evenimente de secetă severă.

Activitățile aferente acestei a doua etape, au fost:

**Activitate 2.1:** Continuarea măsurării inelelor anuale de creștere folosind metode și programe dendrocronologice specifice, activitate ce se continuă din Etapa I.

**Activitate 2.2:** Realizarea unui al doilea inventar de puiți, în cazul în care acesta se consideră necesar, după evaluarea inventarului realizat în Etapa I.

**Activitate 2.3:** Realizarea de analize statistice și scrierea de manuscrise în vederea diseminării (conferință internațională) rezultatelor preliminare ale proiectului NATivE și publicării acestora în reviste de specialitate. Această activitate se va continua și în Etapa III.

A treia etapă a proiectului NATivE s-a desfășurat în perioada **01/01/2020 – 30/06/2020**, scopul ei fiind de a studia procesele de regenerare în păduri afectate de mortalitatea arborilor.

Activitățile aferente acestei a treia etape, au fost:

**Activitate 3.1:** Realizarea de analize statistice și scrierea de articole în vederea publicării acestora în reviste de specialitate, activitate ce se continuă din Etapa II.

**Activitate 3.2:** Diseminarea (conferință internațională) rezultatelor finale ale proiectului NATivE.

#### **IV. REZULTATE PROIECT NATivE**

##### **Etapa 1 (02/05/2018 – 31/12/2018):**

Un total de patru zone de cercetare (Tabel 1) au fost identificate și selecționate în vederea implementării proiectului NATivE. Aceste zone de cercetare sunt reprezentate de patru păduri mixte (conifere cu foioase): Codlea, Lempeș, Răcădău și Teliu (Figura 1, Tabel 1). Toate cele patru păduri prezintă rate ridicate de declin și mortalitate în rândul coniferelor plantate (pin silvestru și pin negru). Foioasele (fag și gorun) în schimb, nu prezintă astfel de simptome deși cresc pe aceeași versanți și au parte așadar de condiții asemănătoare din toate punctele de vedere cu cele două specii de conifere.

**Tabel 1:** Zonele de cercetare și speciile de conifere (pin silvestru și pin negru) și foioase (fag și gorun) selecționate pentru implementarea proiectului NATivE

Zona de studiu	Coordonate geografice	Specii arbori	Nr. arbori	Vârsta (ani)
Codlea	45°42'35.22"N	pin silvestru	30	117
	25°25'54.93"E	gorun	30	134
Teliu	45°42'1.66"N	pin silvestru	30	117
	25°51'36.30"E	fag	30	50
Lempeș	45°43'31.57"N	pin negru	30	105
	25°38'52.11"E	gorun	30	94
Răcădău	45°37'50.77"N	pin negru	30	99
	25°35'43.07"E	fag	30	57

Un total de 240 de arbori au fost selecționați, marcați și geolocalizați (Tabel 1). Din fiecare arbore s-au extras două carote folosind burghie Pressler (5 mm) (Foto 2). Atât prelevarea de carote cât și prelucrarea lor s-a făcut urmând procedee dendrocronologice standard (Fritts 1976). Toți arborii folosiți pentru implementarea proiectului NATivE au fost selectați astfel încât să fie adulți și dominanți. Totodată, trebuiau să aibă: diametre din clase pe cât de asemănătoare posibil, condiții microclimatice cât mai asemănătoare, coroane fără defolieri severe (i.e., < 10 - 20%; acest criteriu evaluat vizual este acceptat ca fiind un bun indiciu al stării de sănătate al unui arbore și s-a realizat mereu de către aceeași persoană pentru a asigura consistența datelor) și să nu prezinte semne de infectări cu dăunători (i.e., fungi, insecte). Această selecție a fost realizată cu scopul de a evita introducerea de zgomot nedorit în analizele statistice.

Un total de 480 de carote au fost extrase pe teren în lunile octombrie și noiembrie 2018. Extragerea carotelor s-a făcut toamna târziu astfel încât inelul de creștere corespunzător anului 2018 să fie complet. Aceste carote au fost ulterior procesate în laborator (i.e., montare, șlefuire), scanate, măsurate (precizie de 0.01 mm) folosind softurile Coorecorder și Cdendro (Cybis Elektronik & Data, Saltsjöbaden, Sweden) și verificate (COFECHA, Holmes 1983). Cronologiile obținute atât din conifere (i.e., pin silvestru și pin negru) cât și din foioase (i.e., fag și gorun) respectă toate standardele de calitate din punct de vedere dendrocronologic (Grissino-Mayer 2001). Așadar, aceste cronologii sunt valoroase din punct de vedere științific atât pentru proiectul NATivE cât

și pentru studii ulterioare, reprezentând o importantă bază de date pentru pădurile din România. De menționat faptul că s-au obținut cronologii la nivel de arbore, specie și zonă de cercetare. Odată cu măsurarea inelelor anuale de creștere, s-a putut estima și vârsta (i.e., numărul total de inele de creștere estimat la 1.3 m înălțime) arborilor studiați (Tabel 1).



**Foto 2** - Prelevarea de carote din gorun (Lempeș) (foto: Jorge Curiel Yuste)

### **Etapa 2 (01/01/2019 – 31/12/2019):**

În a doua etapă de implementare a proiectului s-a finalizat măsurarea carotelor extrase în prima etapă. Acest proces de măsurare a inelelor anuale de creștere este unul extrem de minuțios și de aceea s-a necesitat un timp destul de îndelungat pentru a putea fi realizat corect, astfel încât să respecte toate standardele de calitate din punct de vedere dendrocronologic (Grissino-Mayer 2001). Totodată, numărul de carote extrase din cei 240 de arbori (pin silvestru, pin negru, fag și gorun) a fost unul ridicat (i.e., 480 de carote).

În această a doua etapă de implementare a proiectului NATivE, măsurarea carotelor s-a realizat cu sprijinul unui student de master (Petrea Ștefan; program de master Silvicultură multifuncțională) de la Universitatea Transilvania din Brașov. Pe baza măsurătorilor realizate pe carotele de foioase (i.e., fag și gorun), Ștefan și-a realizat ulterior teza de master. Această teză de master va fi susținută pe data de 30 iunie 2020 și a fost realizată sub îndrumarea dr. Hereș Ana-Maria (director proiect NATivE) și dr. Petritan Ion Catalin (profesor al Universității Transilvania din Brașov).



În a doua etapă de implementare a proiectului NATivE s-a realizat și inventarul de puietși în vederea estimării ratelor de regenerare. Acest inventar s-a realizat în lunile iunie și iulie pentru a avea o imagine cât mai precisă asupra indivizilor care au supraviețuit iernii cât și a celor proaspăt răsăriți. Concominet cu estimarea regenerării, s-a realizat și o estimare a competiției la care sunt supuși arborii studiați în cadrul proiectului NATivE. Atât estimarea regenerării cât și cea a competiției s-a realizat considerând un cerc cu raza de 5 m (Foto 3) în jurul fiecărui pin silvestru, pin negru, fag și gorun (i.e., cei 240 de arbori din care s-au extras carote în 2018). Pentru a asigura calitatea și consistența datelor și pentru a reduce la maxim eventualele erori, aceste estimări au fost realizate întotdeauna de către trei persoane care au contrastat între ele datele obținute în vederea validării. Astfel, în vederea estimării regenerării, s-au numărat și s-au identificat la nivel de specie toți puietșii (diametru < 10 cm). Totodată, în vederea estimării competiției, s-au numărat, identificat la nivel de specie și măsurat toți arborii cu un diametru > 10 cm.

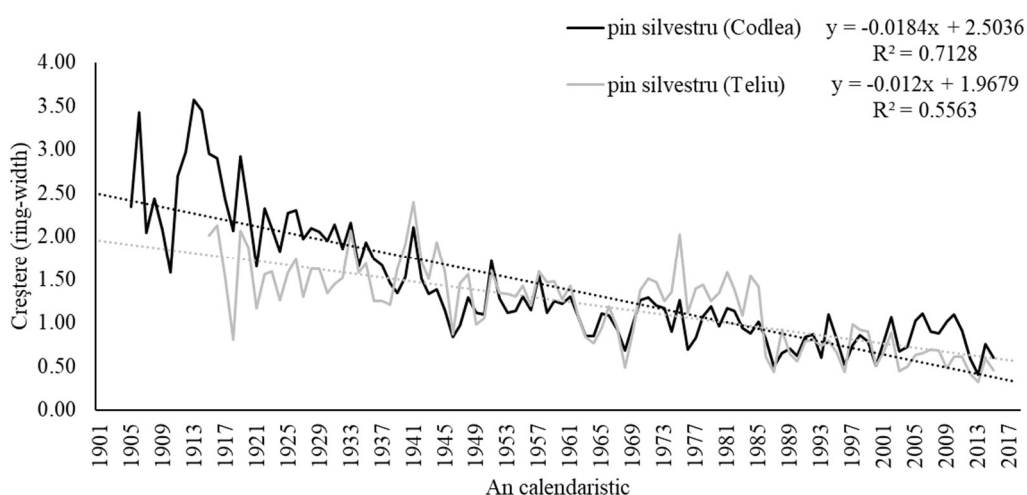


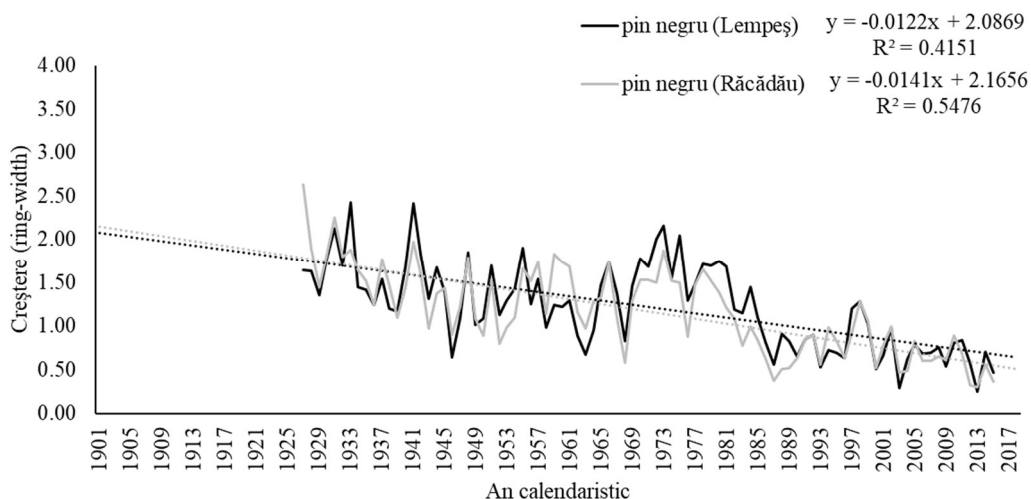
**Foto 3** - Inventariere în jurul unui gorun (Codlea) (foto: Ana-Maria Hereș)

În anul 2019 s-a început analiza statistică a datelor și diseminarea lor, conform activităților propuse. A fost publicat un prim articol ISI (Curiel Yuste et al. 2019) în care s-a studiat partea de sol a zonelor de cercetare. Acest articol reprezintă o bază pentru proiectul NATivE deoarece prin intermediul lui s-a încercat înțelegerea proceselor ce au loc la nivelul solului atunci când pinul silvestru și pinul negru înregistrează declin și mortalitate. În concret, acest articol scoate în evidență faptul că mortalitatea arborilor are drept consecință creșterea respirației solului (adică eliberări importante de CO<sub>2</sub>) ceea ce face ca pădurile să devină surse de carbon și să-și

diminueze capacitatea de a absorbi carbon și de a combate deci schimbările climatice. Aceste rezultate au deci o importanță deosebită având în vedere faptul că eliberările de CO<sub>2</sub> contribuie la accentuarea schimbărilor climatice (Curiel Yuste et al. 2019).

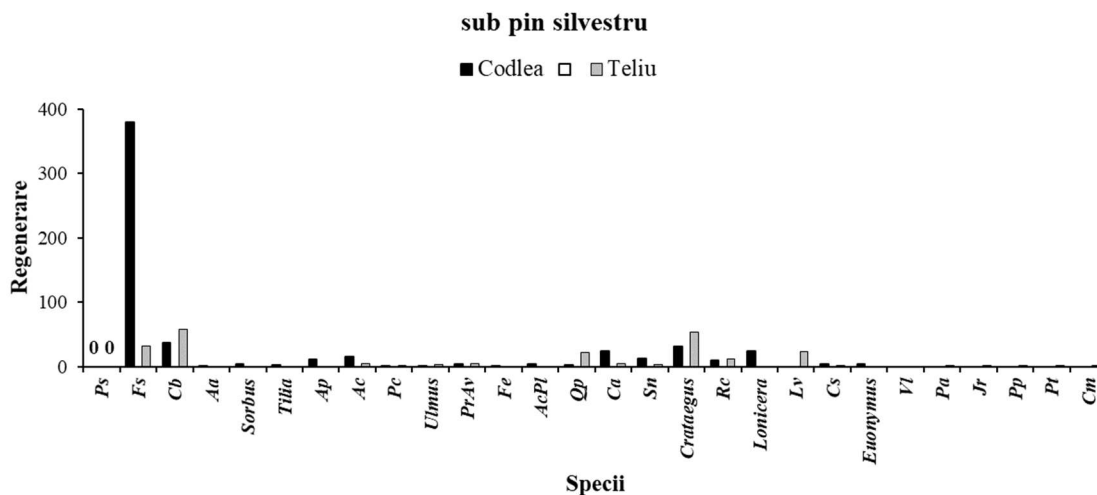
Tot pe parcursul anului 2019 s-a lucrat intens la un al doilea articol în care s-au luat în considerare doar coniferele (Hereș et al. *under review*). În concret, în acest articol s-a încercat înțelegerea mortalității pinului silvestru și a pinului negru din punct de vedere dendrocronologic. Rezultatele acestui articol arată faptul că cele două specii de pini plantate au suferit de-a lungul timpului creșteri negative semnificative (Figura 2). Totodată, s-a putut stabili o relație directă între fenomene severe de secetă, precum cea înregistrată în anul 2011 (Ionita et al. 2016) și mortalitatea lor. Atât pinul silvestru cât și pinul negru suferă intens atunci când au de-a face cu secete severe, fiind cu greu capabili de a-și reveni după și nefiind deci specii reziliente. În plus, nici pinul silvestru și nici pinul negru nu se regenerează cu succes, numărul lor de puiți fiind unul foarte scăzut comparat cu cel al foioaselor care se regenerează bine (Figura 3). Aceste rezultate indică faptul ca speciile plantate în afara arealului lor de distribuție (alohtone sau non-native), așa cum este cazul pinului silvestru și a pinului negru din zona Brașov, nu par a avea capacitatea de a face față schimbărilor climatice deoarece prezintă creșteri negative (Cailleret et al. 2017), nu sunt reziliente la secetă (DeSoto et al. 2020) și nu se regenerează (Zlatanov et al. 2010). Acest articol este trimis la revista STOTEN (Science of the Total Environment) unde se află în a doua revizie.

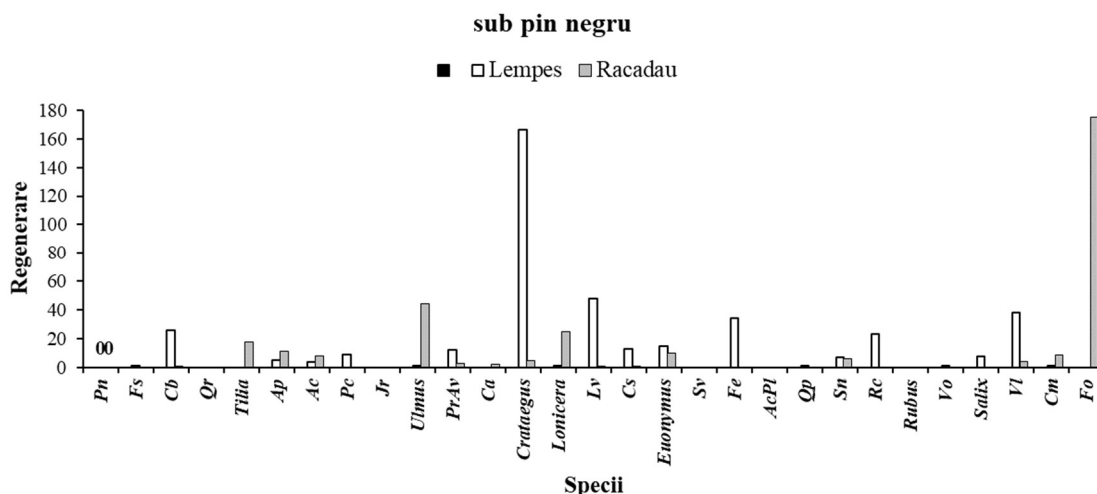




**Figura 2** – Creșterea anuală (i.e., ring-width) înregistrată de speciile pin silvestru și pin negru de-a lungul timpului (Hereș et al. *under review*)

Rezultatele obținute pe parcursul anului 2019 s-au prezentat în cadrul conferinței EGU General Assembly 2019 care a avut loc în Viena (Austria). În cadrul acestei conferințe directorul de proiect a prezentat rezultate preliminare ale proiectului NATIVE într-un poster (Titlu: "How does drought-related mortality affect conifer species? The role of historical management practices on the current response of trees to climate").



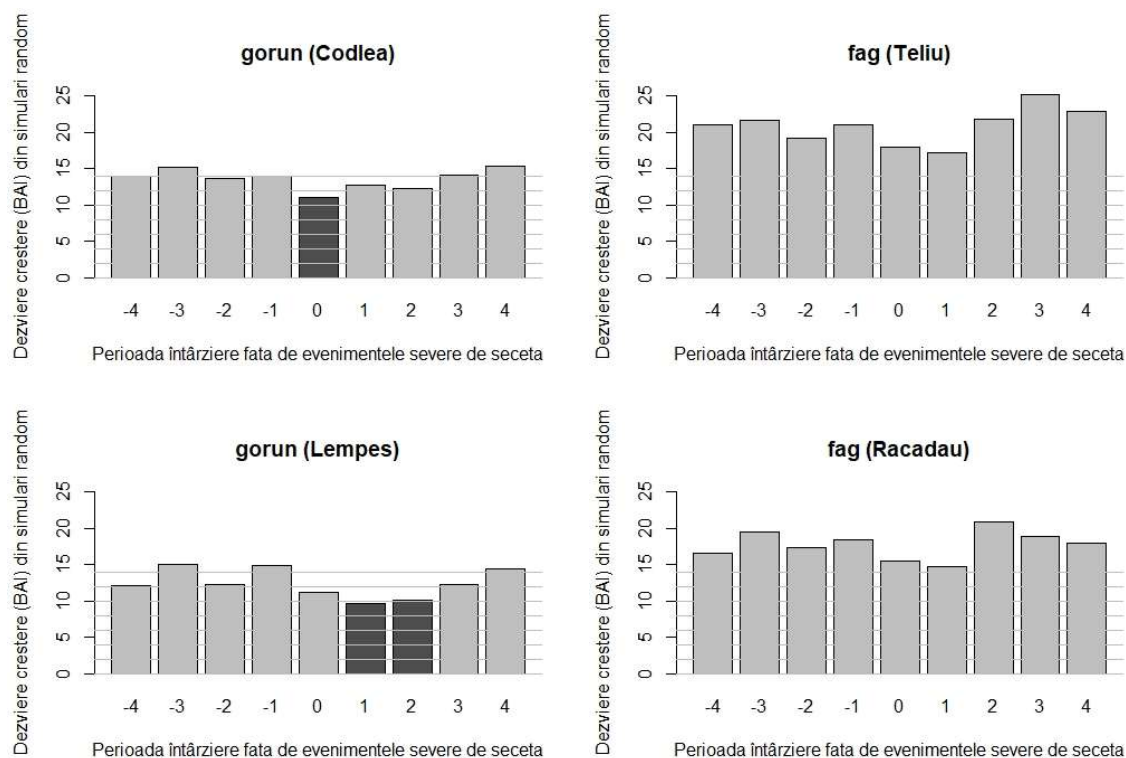


**Figura 3** – Regenerare sub pin silvestru și sub pin negru. Unde, **Aa** = *Abies alba* Mill.; **Fs** = *Fagus sylvatica* L.; **Cb** = *Carpinus betulus* L.; **Pa** = *Picea abies* Karst.; **Sorbus** = *Sorbus* sp. L.; **Ca** = *Corylus avellana* L.; **Sn** = *Sambucus nigra* L.; **Crataegus** = *Crataegus* sp. L.; **Rc** = *Rosa canina* L.; **Lonicera** = *Lonicera* sp. L.; **Pn** = *Pinus nigra* Arn.; **Qr** = *Quercus robur* L.; **Tilia** = *Tilia* sp. L.; **Ap** = *Acer pseudoplatanus* L.; **Ac** = *Acer campestre* L.; **Pc** = *Prunus cerasifera* Ehrh.; **Jr** = *Juglans regia* L.; **Ulmus** = *Ulmus* sp. L.; **PrAv** = *Prunus avium* L.; **Lv** = *Ligustrum vulgare* L.; **Cs** = *Cornus sanguinea* L.; **Euonymus** = *Euonymus* sp. L.; **Sv** = *Syringa vulgaris* L.; **Fe** = *Fraxinus excelsior* L.; **AcPl** = *Acer platanoides* L.; **Qp** = *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.; **Rubus** = *Rubus* sp. L.; **Vo** = *Viburnum opulus* L.; **Salix** = *Salix* sp. L.; **VI** = *Viburnum lantana* L.; **Cm** = *Cornus mas* L.; **Fo** = *Fraxinus ornus* L.; **Ps** = *Pinus sylvestris* L.; **Pp** = *Pyrus pyraeaster* L.; **Pt** = *Populus tremula* L. (Hereș et al. under review)

### **Etape 3 (01/01/2020 – 30/06/2020):**

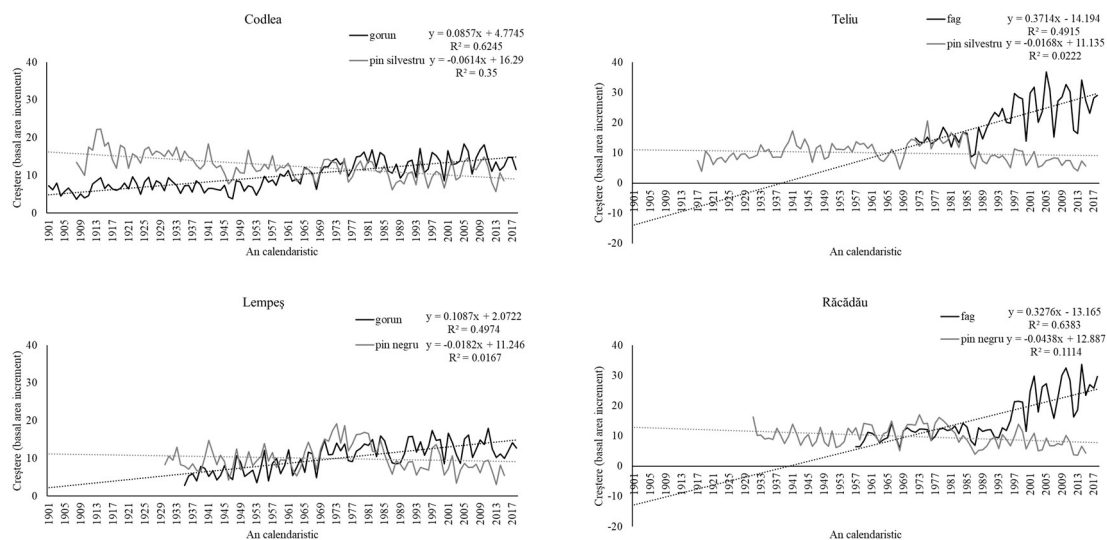
În cadrul celei de a treia etape s-au continuat activitățile de analiză statistică a datelor și de diseminare a rezultatelor. În acest sens, s-a finalizat și analiza statistică pe datele de foioase (fag și gorun). Mai precis, s-au analizat datele de creștere obținute din măsurarea inelelor anuale. Aceste date au fost folosite pentru a vedea cum au crescut de-a lungul timpului aceste două specii și cum se comportă atunci când au de-a face cu secete severe. Rezultatele acestui studiu au fost folosite pentru a realiza o teză de master. Această teză a fost realizată de către Petrea Ștefan sub îndrumarea dr. Hereș Ana-Maria (director proiect NATIVE) și dr. Petritan Ion Catalin (profesor al Universității Transilvania din Brașov). Rezultatele acestui studiu arată că atât fagul cât și gorunul prezintă creșteri pozitive semnificative de-a lungul timpului. În plus, ambele

specii sunt reziliente la evenimente de secetă severă deși prezintă strategii diferite în acest sens. În concret, fagul este adaptat să reziste secetelor severe fără să își reducă semnificativ creșterea atunci când are de-a face cu astfel de fenomene (Figura 4). În schimb gorunul, chiar dacă în timpul secetelor severe se vede nevoit să își reducă semnificativ creșterea, reușește să revină la nivelul creșterilor anterioare secetelor, recuperarea sa realizându-se într-o perioadă de maxim doi după (Figura 4). Rezultatele acestui studiu indică faptul că cele două specii de foioase native (i.e., fag și gorun) au capacitatea de a face față cu succes evenimentelor de secetă, fiind mai bine adaptate pentru a înfrunța schimbările climatice decât speciile non-native de conifere plantate (i.e., pin silvestru și pin negru).



**Figura 4** – Rezultate analize SEA (Superposed Epoch Analyses): dezviere creștere (BAI = basal area increment) față de valori medii considerând o serie de evenimente: patru ani înainte de secete severe (-4, -3, -2, -1), în timpul secetelor severe (0; 1976, 1987, 2002, 2012) și patru ani după secete severe (1, 2, 3, 4). Culorile diferite indică dezvieri non-semnificative (gri) sau semnificative (negru) ale creșterii considerând simulări random (*figură: Petrea Ștefan teză master*)

În paralel cu teza de master a lui Petrea Ștefan, s-a început lucrul la un articol în care se vor compara în mod direct cele două specii de conifere (i.e., pin silvestru și pin negru) cu cele două specii de foioase (i.e., fag și gorun) (Hereș et al. *in prep.*). În acest articol se va analiza creșterea (Figura 5) celor patru specii ținând cont de secete severe și măsurile de management cărora au fost supuse aceste specii. Rezultatele preliminare indică faptul că într-adevăr speciile de foioase sunt mult mai reziliante la secetă decât cele două specii de conifere. Trebuie remarcat faptul că astfel de studii nu sunt frecvente și că măsurile de management, care au contribuit la structura actuală a pădurilor și sunt deci critice pentru a înțelege mai bine procesele de declin și mortalitate, sunt de multe ori ignorate. Efectul factorilor de mediu, precum clima (i.e., secete severe), asupra arborilor și deci a pădurilor trebuie studiat și înțeles ținând cont de aspecte importante, precum măsurile de management, care pot fi determinante în ceea ce privește răspunsul acestora atunci când se confruntă cu situații de stres. Proiectul NATivE umple așadar un gol și aduce informații importante legat de modul în care diferite specii pot face față sau nu cu succes secetelor severe în funcție de condiția lor de native sau non-native.



**Figura 5** – Creșteri anuale (basal area increment) ale celor patru specii studiate (pin silvestru, pin negru, fag și gorun) de-a lungul timpului (Hereș et al. *in prep.*)

Rezultatele obținute în anul 2020 urmau să se prezinte în cadrul conferinței Mixed Forests care ar fi avut loc în Lund (Suedia) în perioada 25-27 martie 2020. La această conferință directorul de proiect urma să prezinte un poster cu titlul „Mixed forests of allochthonous conifer and native broadleaf species from central Romania (Brasov)”.

Acest lucru nu a fost însă posibil datorită situației generate de către virusul COVID-19 care a afectat întreaga lume.

## V. CONCLUZII

Toate activitățile propuse în cadrul proiectului NATivE s-au realizat cu succes, conform planului de lucru. Au fost studiate diferite specii de arbori non-native (i.e., pin silvestru și pin negru) și native (fag și gorun). Rezultatele obținute pun în perspectivă faptul ca secetele severe asociate schimbărilor climatice au capacitatea de a afecta în mod sever prin declin și mortalitate arborii și pădurile, dar pentru a înțelege cât mai bine cu putință astfel de fenomene este nevoie să se țină cont și de măsurile de management. Acestea din urmă reprezintă backgroun-ul structurilor actuale ale pădurilor. Pentru a putea proteja pădurile și a le adapta schimbărilor climatice, este esențial să se țină cont de astfel de aspecte pe lângă climă.

Rezultatele obținute au fost diseminate și ele cu succes:

### Articole:

- Curiel Yuste J., Flores-Rentería D., García-Angulo D., **Hereș A.-M.**, Bragă C., Petritan A.-M., Petritan I.C., 2019, *Cascading effects associated with climate-change-induced conifer mortality in mountain temperate forests result in hot-spots of soil CO<sub>2</sub> emissions*. Soil Biology and Biochemistry 133:50-59.
- **Hereș A.-M.**, Polanco-Martínez J.M., Petritan I.C., PetritanA.-M., Curtu A.L., Rigling A., Bigler C., Curiel Yuste J., *under review in Science of the Total Environment, Management legacies determine current responses to severe drought events of conifer species in the Romanian Carpathians*.

### Conferințe:

- **2019, Hereș A.-M.**, Curiel Yuste J., Curtu A.L., Petritan A.M., Petritan I.C., *How does drought-related mortality affect conifer species? The role of historical management practices on the current response of trees to climate*. European Geosciences Union General Assembly; Vienna, Austria; poster and flash oral presentations
- **2020, Hereș A.-M.**, Petrea Ș., Curtu A.L., Petritan I.C., Curiel Yuste J., *Mixed forests of allochthonous conifer and native broadleaf species from central Romania (Brasov)*. Mixed Forests; Lund, Suedia; poster presentation; conferință

anulată în cele din urmă datorită situației generate de către virusul COVID-19 care a afectat întreaga lume.

**Teză de master:**

- Petrea Ș., 2020, *Native sessile oak and European beech species are able to cope with severe drought events*. Teză master realizată sub îndrumarea dr. **Hereș Ana-Maria** (director proiect NATivE) și dr. Petritan Ion Catalin (profesor al Universității Transilvania din Brașov).

**V. BIBLIOGRAFIE**

Allen C.D., Macalady A.K., Chenchouni H., Bachelet D., McDowell N., Vennetier M., Kitzberger T., Rigling A., Breshears D.D., Hogg E.H., Gonzalez P., Fensham R., Zhang Z., Castro J., Demidova N., Lim J.H., Allard G., Running S.W., Semerci A., Cobb N., 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management* 259, 660–684.

Allen C. D., Breshears D. D., McDowell N.G., 2015. On underestimation of global vulnerability to tree mortality and forest die-off from hotter drought in the Anthropocene. *Ecosphere* 6, Article 129.

Anderegg W.R.L., Kane J.M., Anderegg L.D.L., 2013. Consequences of widespread trees mortality triggered by drought and temperatures stress. *Nature Climate Change* 3: 30-36.

Bonan G.B., 2016. Forests, Climate, and Public Policy: A 500-Year Interdisciplinary Odyssey. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 47:97-121.

Barbu I., Popa I., 2001. Monitorizarea riscului de apariție a secetei în pădurile din România. *Bucovina Forestiera*, IX: 1-2.

Cailleret M., Jansen S., Robert E.M.R., Desoto L., Aakala T., Antos J.A., Beikircher B., Bigler C., Bugmann H., Caccianiga M., Čada V., Camarero J.J., Cherubini P., Cochard H., Coyea M.R., Čufar K., Das A.J., Davi H., Delzon S., Dorman M., Gea-Izquierdo G., Gillner S., Haavik L.J., Hartmann H., Hereș A.-M., Hultine K.R., Janda P., Kane J.M., Kharuk V.I., Kitzberger T., Klein T., Kramer K., Lens F., Levanic T., Linares Calderon J.C., Lloret F., Lobo-Do-Vale R., Lombardi F., López Rodríguez R., Mäkinen H., Mayr S., Meszaros I., Metsaranta J.M., Minunno F., Oberhuber W., Papadopoulos A., Peltoniemi M., Petritan A.M., Rohner B., Sangüesa-Barreda G., Sarris D., Smith J.M., Stan A.B., Sterck F., Stojanović D.B., Suarez M.L., Svoboda M.,



Tognetti R., Torres-Ruiz J.M., Trotsiuk V., Villalba R., Vodde F., Westwood A.R., Wyckoff P.H., Zafirov N., Martínez-Vilalta J., 2017. A synthesis of radial growth patterns preceding tree mortality. *Global Change Biology* 23: 1675–1690.

Camarero J.J., Bigler C., Linares J.C., Gil-Pelegrín E., 2011. Synergistic effects of past historical logging and drought on the decline of Pyrenean silver fir forests. *Forest Ecology and Management* 262: 759-769.

Curiel Yuste J., Flores-Rentería D., García-Angulo D., Hereş A.-M., Bragă C., Petritan A.-M., Petritan I.C., 2019. Cascading effects associated with climate-change-induced conifer mortality in mountain temperate forests result in hot-spots of soil CO<sub>2</sub> emissions. *Soil Biology & Biochemistry* 133:50-59.

DeSoto L., Cailleret M., Sterck F., Jansen S., Kramer K., Robert E.M.R., Aakala T., Amoroso M.M., Bigler C., Camarero J.J., Čufar K., Gea-Izquierdo G., Gillner S., Haavik L.J., Hereş A.-M., Kane J.M., Kharuk V.I., Kitzberger T., Klein T., Levanič T., Linares J.C., Mäkinen H., Oberhuber W., Papadopoulos A., Rohner B., Sangüesa-Barreda G., Stojanovic D.B., Suárez M.L., Villalba R., Martínez-Vilalta J., 2020. Low growth resilience to drought is related to future mortality risk in trees. *Nature Communications* 11:545.

Fritts H.C., 1976. *Tree Rings and Climate*. Academic Press, London, United Kingdom.

Hartmann H., Moura C.F., Anderegg W.R.L., Ruehr N.K., Salmon Y., Allen C.D., Arndt S.K., Breshears D.D., Davi H., Galbraith D., Ruthrof K.X., Wunder J., Adams H.D., Bloemen J., Cailleret M., Cobb R., Gessler A., Grams T.E.E., Jansen S., Kautz M., Lloret F., O'Brien M., 2018. Research frontiers for improving our understanding of drought-induced tree and forest mortality. *New Phytologist* 218:15-28.

Holmes R.L., 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin* 43, 69–78.

Inventarul Forestier National (IFN) – Evaluarea Resurselor Forestiere din Romania, 2018. Rezultate IFN – Ciclul II (2013-2018). <http://roifn.ro/site/rezultate-ifn-2/>

Ionita M., Scholz P., Chelcea S., 2016. Assessment of droughts in Romania using the Standardized Precipitation Index. *Natural Hazards* 81:1483-1498.

IPCC. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press 2013.

Lindner M., Maroschek M., Netherer S., Kremer A., Barbati A., García-Gonzalo J., Seidl R., Delzon S., Corona P., Kolström M., Lexer M.J., Marchetti, M., 2010. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management* 259: 698-709.

Manion P.D., 1991. *Tree Disease Concepts* (2nd ed.). (Prentice Hall, Upper Saddle River: New Jersey).

Sánchez-Salguero R., Camarero J.J., Dobbertin M., Fernández-Cancio Á., Vilà-Cabrera A., Manzanedo R.D., Zavala M.A., Navarro-Cerrillo R.M., 2013. Contrasting vulnerability and resilience to drought-induced decline of densely planted vs. natural rear-edge *Pinus nigra* forests. *Forest Ecology and Management* 310: 956-967.

Sidor C.G., Camarero J.J., Popa I., Badea O., Apostol E.N., Vlad R., 2019. Forest vulnerability to extreme climatic events in Romanian Scots pine forests. *Science of the Total Environment* 678: 721-727.

Vilà-Cabrera A., Martínez-Vilalta J., Vayreda J., Retana J., 2011. Structural and climatic determinants of demographic rates of Scots pine forests across the Iberian Peninsula. *Ecological Applications* 21: 1162-1172.

**Braşov, 24.06.2020**

**Dr. Ana-Maria Hereş**

