

Proiect IDEI 111/5.10.2011 "FOREST GHG MANAGEMENT"

Raport științific anual (15.12.2013-15.12.2014)

Institut de Cercetări și Amenajări Silvice

Olivier Bouriaud, Marius Teodosiu, Daniel Turcu, Gheorghe Guiman, Cosmin Bragă, Laurențiu Ciobanu, Gheorghe Ștefan

Rezumat

Stocarea carbonului a devenit un obiectiv important, luat în vedere în managementul pădurilor, după ce o serie de cercetări au dovedit că pădurile prezintă un rol important în ciclul carbonului. Cu toate că stocarea și dinamica stocării sunt din ce în ce mai bine documentate, impactul managementului forestier nu este atât de bine cunoscut. Între altele, în cercetările desfășurate la nivel internațional a lipsit o referință reprezentată de pădurile ne-cultivate pentru a adânci analiza impactului managementului. Proiectul are scopul de a suplimenta acest deficit. Metodica de cercetare a proiectului se bazează pe cea dezvoltată în cadrul unui proiect european „GHG Europe” (www.ghg-europe.eu), care a vizat exclusiv făgetele. Acest proiect lărgeste sau completează acoperirea proiectului european, prin analiza unor păduri foarte rar studiate: pădurile naturale.

În acest scop, inițial s-au ales 10 suprafețe de studiu, din care 4 în păduri naturale și 4 în păduri cultivate, dar apropiate din punct de vedere geografic și al condițiilor ecologice de primele, în vederea surprinderii impactului managementului asupra stocului de carbon și a fluxurilor gazelor cu efect de seră emise din sol. Celelalte 2 suprafețe nu au mai fost luate în considerare datorită reducerilor severe ale bugetului proiectului.

În etapele anterioare a fost studiată densitatea lemnului mort. Densitatea este un factor esențial pentru a estima stocul de carbon care îl reprezintă lemnul mort, cantitățile de lemn mort fiind deosebit de mari în păduri naturale (rezultate publicate într-o revistă ISI). De asemenea, s-a analizat dinamica stocului de biomasă în baza unor metode și măsurători dendrocronologice, în cadrul unui grup de lucru internațional. Deoarece metodele de dendroecologie clasice nu corespundeau în totalitate scopului studiului, s-a propus o metodologie nouă, publicată în 2014 într-o revistă ISI.

Pentru faza curentă, au fost urmărite două activități principale.

- Prima a fost axată pe monitorizarea fluxurilor gazelor cu efect de seră. Monitoringul constă în recoltarea unor eșantioane de gaze emise din soluri forestiere. Analizele prin intermediul cromatografiei au permis determinarea acestor fluxuri. Culegerea fiolilor pe suprafețele experimentale s-a realizat în mod nominal iar prelucrarea lor la laborator este în stadiu avansat. Rezultatele pentru recoltările de gaze din ani precedente au fost prezentate la o conferință internațională.

- A doua activitate a constat în realizarea unei sinteze a cunoștințelor asupra stocului de carbon în pădure. Stocarea în lemnul mort a fost realizată într-o etapă precedentă, accentul s-a pus pe partea aeriană a arborilor vii. S-a stabilit relația între diametru și volum. Estimarea stocului de carbon are la bază o conversie a volumului arborilor în biomasă. Relația depinde de densitatea lemnului și de rata de creștere a arborilor. Rolul fiecărui component a fost studiat. Studiul a fost valorizat într-un articol științific în curs de evaluare într-o revistă ISI.

Cuprins

1	Introducere. Contextul științific	2
2	Scopul și obiectivele proiectului	2
3	Structurarea proiectului	3
4	Rezultate.....	3
4.1	Estimarea dinamicii stocului de carbon (sinteza)	3
4.2	GHG flux monitoring.....	8
4.3	Punerea în valoare a rezultatelor proiectului	11
5	Concluzii și direcții viitoare de cercetare.....	17
6	Bibliografie	17

1 Introducere. Contextul științific

Importanța pădurilor în stocarea carbonului la nivel planetar nu mai trebuie demonstrată, chiar dacă principalul serviciu ale pădurilor rămâne producerea de masă lemnoasă. Masa lemnoasă reprezintă tocmai acel carbon, retras din atmosferă prin fotosinteză, și care este imobilizat în pădure. A fost recunoscut faptul că pădurile europene pot acționa ca rezervoare eficiente de CO₂, NH₃ și NO_x. Determinarea stocului de carbon în pădure este o prioritate pentru toate țările care au participat la negocierile Kyoto.

În ciuda eforturilor recente, contribuția ecosistemelor forestiere la stocarea carbonului nu este cunoscută cu precizie, și nici capacitatea lor de captare și sechestrare. Managementul forestier este mai degrabă optimizat pentru producerea de lemn, sau prezintă scopuri ecologice precum protejarea terenurilor.

2 Scopul și obiectivele proiectului

Efectul gestionării pădurilor asupra stocului de carbon și a capacității de depozitare a carbonului este puțin documentat și se află în centrul atenției la nivel mondial. Proiectul FP-7 „GHG Europe” (www.ghg-europe.eu), finanțat de UE, are scopul de a determina cum, și în ce măsură ciclul carbonului și emisiile de GHG din ecosistemele terestre pot fi gestionate. Ideea de bază este aceea de a gestiona fluxurile de GHG prin managementul ecosistemelor terestre.

În cadrul acestui proiect, Institutului de Cercetări și Amenajări Silvice are misiunea de a studia „Impactul gestiunii terenului asupra balanței regionale de GHG în regiuni selectate, bogate în informații, din Europa”. Sarcina acestuia este de a institui un gradient de management (de gospodărire) în pădurile de fag pentru a studia impactul gospodăririi asupra bugetului de GHG. Acest gradient acoperă o gamă variată de modalități de gospodărire, de la arborete echine, la relativ pluriene și pluriene, având condiții de sol, de creștere și de productivitate a căror variabilitate este minimizată.

Scopul proiectului de față este de a completa acest gradient de gospodărire cu situații rare și relevante pentru România, anume păduri naturale și pășuni împădurite. Proiectul include tipuri de management specifice României, altfel destul de rar întâlnite și, implicit, nedocumentate. Obiectivul este de a obține date provenite din măsurători experimentale ale fluxurilor și fondului de GHG. Gradientul de management construit în cadrul proiectului *GHG Europe* este elaborat pentru fag, o specie foarte răspândită în Europa dar care este specie principală și în România în ceea ce privește volumul pe picior, în acest fel având mare relevanță atât la nivel național, cât și la nivel european. Gradientul urmărit este constituit în prezent din 12 suprafețe, fiind reprezentativ pentru gospodărirea forestieră tipică, având contrastante frecvența și intensitatea intervențiilor silvotehnice (lucrări de îngrijire, tratamente silviculturale) executate de-a lungul ciclului de existență a arboretelor.

Cu privire la acest gradient, se pot semna și unele deficiențe, prin lipsa condițiilor extreme: în primul rând absența arborete naturale - arborete “de control”, adevărata referință pentru orice studiu de management (gospodărire) care, printr-o lipsă totală a managementului, să constituie extremitatea lipsită de influență umană a gradientului; în acest sens, România, cu peste 200,000 ha de păduri naturale, este locația potrivită pentru un astfel de studiu. În afară de aceasta, în lumea științifică există o controversă cu privire la capacitatea pădurilor seculare și naturale de a funcționa ca și captatori de carbon (Knohl et al. 2003, Luyssaert et al. 2008, Wirth et al. 2009), mulți cercetători considerând aceste păduri ca fiind mai degrabă neutrale în privința fluxului de carbon. Achiziția de date experimentale din cadrul proiectului va permite clarificarea ulterioară a statutului pădurilor naturale din Europa și a comportării acestora vis-à-vis de fluxurile de GHG.

3 Structurarea proiectului

Proiectul se structurează pe două activități:

- prima este estimarea dinamicii stocului de carbon aerian în pădurile studiate. Această activitate va aduce cunoștințe despre capacitatea de stocare a carbonului pădurilor și de sensibilitatea față de managementul forestier. În mod special, se va estima stocarea de carbon în păduri naturale, un element de noutate foarte așteptat de comunitatea științifică din acest domeniu, pentru că raritatea acestui tip de păduri a limitat disponibilitatea unor estimări, în ciuda faptului că ele reprezintă un punct de referință foarte util.
- a doua activitate privește monitoringul fluxurilor gazelor cu efect de seră din pădure. Acest tip de monitoring rămâne destul de rar, din cauza faptului că cere un echipament și o investiție mare de timp. Măsurătorile sunt complementare, deoarece analiza stocării carbonului descrie în mod amănunțit stocarea sau fluxurile de carbon la nivel suprateran, partea subterană rămânând descoperită fără analiza emisiilor gazelor GHG din sol.

4 Rezultate

4.1 Estimarea dinamicii stocului de carbon (sinteză)

4.1.1 *Relația între diametrul și volumul arborilor*

Stocarea de carbon în pădure este reprezentată în mod foarte majoritar de cantitățile de carbon depuse în lemn. Cantificarea stocului de carbon aflat în pădure necesită o convertire între dimensiunile arborilor care sunt ușor măsurabile, și masa carbonului care trebuie estimată în baza unor convertiri. Măsurătorile tipice în pădure sunt măsurători de diametru și de înălțime. Volumul arborilor poate fi estimat cu un grad de precizie satisfăcător în baza acestor variabile. Masa carbonului nu este legată direct de volum, doi factori de conversie fiind necesari: primul este densitatea lemnului, al doilea raportul între masa totală a lemnului și masa carbonului.

Relația între diametrul, volumul și densitatea lemnului au fost studiate pe un set de date complet și detaliat. Ecuațiile obținute au fost aplicate la un set independent de date pentru estimarea erorilor și propagarea erorilor de la modelele successive folosite (de volum și de densitate). Studiul a fost valorificat într-un articol științific care se află în evaluare într-o revistă ISI.

Estimarea dinamicii stocului de carbon în pădurile studiate se efectuează pe baza unor analize dendrocronologice. Analizele dendrocronologice tipice au scopul principal de a determina variabilitatea creșterii arborilor în relație cu unii factori de mediu, precum climatul, și astfel sunt bazate pe o metodologie stabilită cu mult timp (Cook 1987). Aceste studii se concentrează asupra arborilor dominanți pentru că acești arbori sunt, cel puțin în mod teoric, mai puțin sensibili față de schimbările de desime sau de variațiile de nivel mediu ale competiției arboretului. Selectarea arborilor pentru analizele dendroclimatice a fost astfel concentrată asupra arborilor cei mai groși din arboretele studiate. Acest eșantionaj a fost demonstrat recent a introduce deviații și biasuri chiar în analizele dendroclimatice (Nehrbass-Ahles et al. 2014). Spre deosebire de aceste studii, estimarea dinamicii stocului de carbon trebuie să țină cont de diferențele ratelor de creștere dintre arbori, adică să nu fie focalizat asupra unui număr redus de arbori mari, ci să cuprindă arbori de toate dimensiuni.

Metoda de eșantionaj și prelucrarea datelor în vederea reconstituirii productivității (bilanțul de carbon) al arboretelor a fost dezvoltată și descrisă într-un articolul publicat în 2014 (Babst, Bouriaud & Frank) și aplicată arboretelor studiate în proiect.

Folosirea datelor dendrocronologice pentru cercetări asupra ciclul carbonului a fost destul de limitată și rară (Bouriaud et al. 2005a), deoarece eșantionajul realizat nu este adaptat pentru estimare cantităților de carbon stocate în pădure. Studiile publicate pe acest subiect și care au prezentat convertirea măsurătorile dendrocronologice în creșterea în biomasă au fost adeseori limitate la un singur sit experimental, și nu au folosit o metodică unică sau omogenă de eșantionaj. În articolul publicat în revista *Dendrochronologia*, în schimb, s-a prezentat o metodă de eșantionaj dedicată estimările de stocare de carbon sau de biomasă. În acest articol s-a făcut și o comparație între estimările de creștere bazate pe suprafața de bază, așa cum se prezintă în diverse lucrări și creșterea în biomasă. Deși deviațiile sunt minore, studiul a demonstrat un avantaj clar pentru estimările bazate pe biomasă deoarece coeficientul de formă al arborilor, care este specific și variabil, respectiv densitatea lemnului, sunt integrate în estimarea de biomasă.

4.1.2 Cuantificare efectul climatului asupra creșterii

Variabilitatea inter-anuală a climatului a fost dovedită a fi factorul de mediu cel mai influent pentru productivitatea arborilor. Anii de secetă sunt marcați printr-o reducere drastică a creșterii arborilor, ceea ce să traducă printr-o captare de carbon scăzută în anul respectiv. Impactul unui eveniment climatic puternic poate să aiba consecințe asupra mai multor ani subsecvenți, prin fenomenul numit în literatura engleză „carry-over”. Unele efecte negative pot fi resimțite în anii consecutivi mai mult decât în sezonul de vegetație în care a avut loc (efect diferit).

Studiul relațiilor dintre fluctuațiile meteorologice și creșterea arborilor se face prin două metode diferite:

- monitoringul creșterii: parametrii meteorologici și creșterea radială a arborilor sunt monitorizate permanent cu senzori (“dendrometre”)
- dendroclimatologie: analiza retrospectivă a creșterii

Aceste două metode diferă prin scara spațială și scara de timp la care sunt efectuate. Monitoringul creșterii necesită un echipament costisitor, care nu poate fi implementat pe o scara mare. Dar precizia și pasul temporal al măsurătorilor permite o analiză intra-anuală a relațiilor care există între creșterea și fluctuațiile meteorologice, ceea ce nu este posibil cu metoda dendroclimatologică bazată pe analiza retrospectivă a lățimii inelelor.

4.1.2.1 Metoda monitoringului continuu cu dendrometre

În cadrul acestei etape s-au analizat serii de creștere extrase din înregistrări automate dendrometrice. Dendrometrele măsoară la un pas orar sau semi-orar, în funcție de model, variațiile diametrului arborilor eșantionați în mod non-destructiv. Seriile de valori care provin din acest tip de înregistrare conțin mai multe surse de variații: la un pas de timp fin, fluctuațiile nivelului hidric, care poate să inducă o contractare a trunchiului; umiditatea scoarței, care este influențată de umiditatea aerului și de ploaie și, în final, creșterea radială propriu-zisă. Semnalul de interes, creșterea radială, nu are totdeauna nivelul cel mai ridicat, comparat cu celelalte surse. O prima etapă în vederea extragerii creșterii din seriile dendrometrice brute constă în a filtra semnalul.

În principal, există două metode pentru a estima creșterea radială din seriile dendrometrice: prima este de a folosi valorile maxime zilnice (Bouriaud et al. 2005b), a doua este metoda prin care este asociată o fază la fiecare din variațiile înregistrate (Deslauriers et al. 2011).

A doua metodă a fost implementată într-un program SAS care descrie fiecare etapă din calcul (Deslauriers et al. 2011). Dar SAS ca software este foarte scump și tinde a numai fi folosit pentru cercetare. În schimb, softul R este din cel în cel mai răspândit, având avantajele de a fi gratis, evolutiv și de a permite împărțirea datelor și a codului. Având în vedere progresele realizate în analize seriilor temporale și tendințele sus-menționate, s-a propus transcrierea programului din SAS în R, și îmbunătățirea lui.

Prin colaborarea cu cercetători de top din acest domeniu, se dezvoltă un nou program de prelucrare a datelor dendrometrice. Primele rezultate au fost prezentate în cadrul unei conferințe anuale a programului COST STReESS (Studying Tree Responses to extreme Events: a SynthesiS) dedicat studiului impactului extremelor climatice asupra arborilor, printr-o prezentare orală sub titlul: „Analyzing the time series of dendrometer data using routines in SAS and R”. Un articol este în curs de dezvoltare pentru revista *Dendrochronologia* (cotată ISI).

Funcțiile programate permit prelucrarea de bază a seriilor precum completarea datelor lipsă. Un exemplu este furnizat mai jos (Fig 1), care prezintă variațiile diametrului unui arbore în care unele date lipsesc ca urmare a unor defecte (aparatele sunt foarte sensibile și orice disfuncție se manifestă prin pierderea datelor). Astfel, primul pas în prelucrarea datelor este de a completa seriile în care există lipsuri.

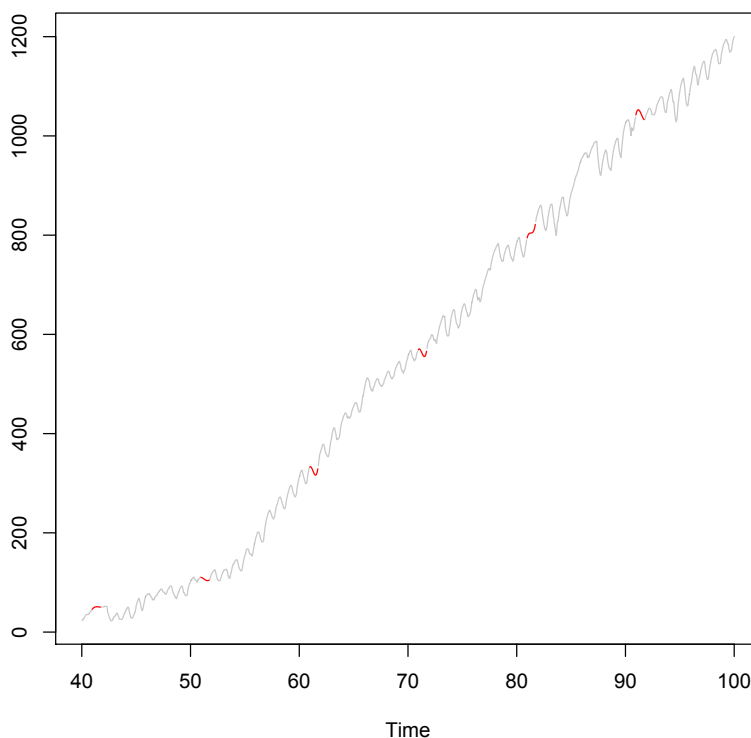


Figura 1. Poziția radială în funcție de timp, valorile lipsă sunt completate în roșu. Corespondența între valorile măsurate și cele interpolate pentru completarea lipsurilor este foarte bună.

O dată completate, seriile sunt procesate printr-un algoritm complex, pentru a distinge fazele de creștere (în gri în figura 2) de fazele de descreștere. Fazele de descreștere a diametrului sunt rezultatul contractării trunchiului ca urmare a evoptranspirației, care sughează apa din trunchi mai repede decât intrarea apei prin rădăcini.

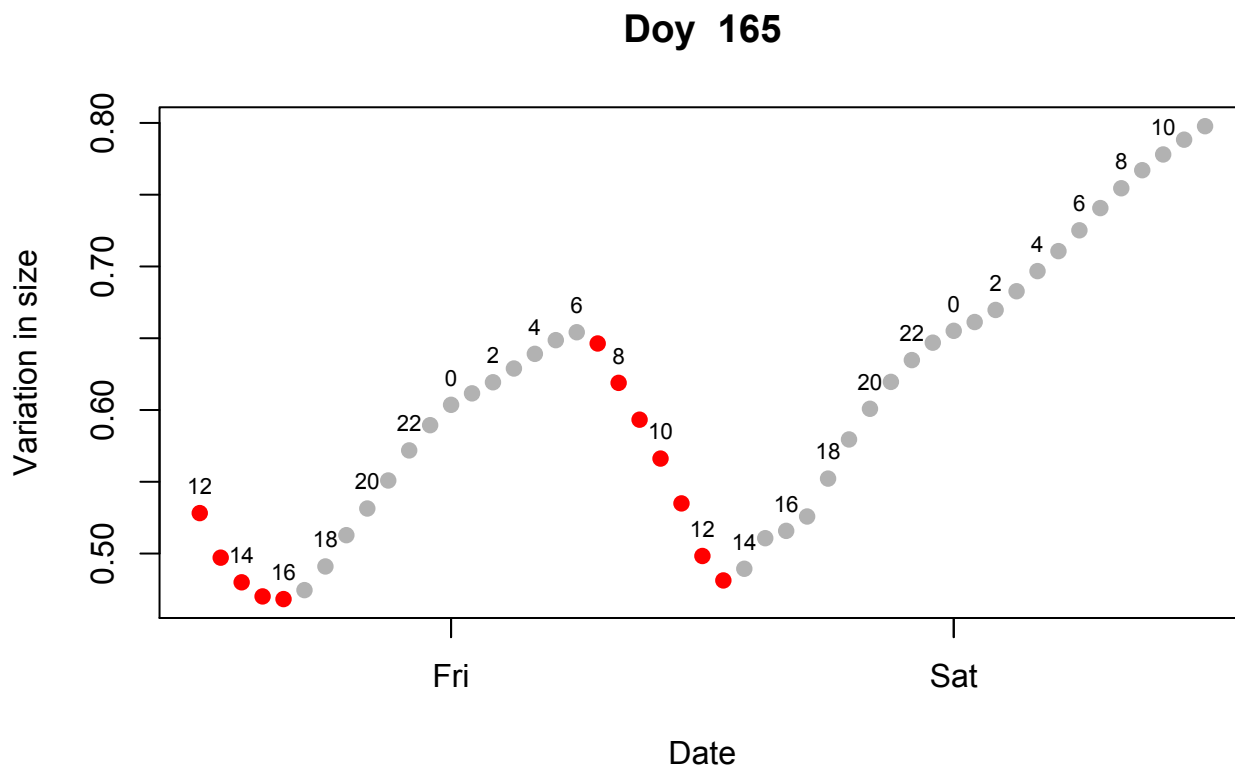


Figura 2. Exemplu de variații intra-zilnice ale diametrului cu 2 tipuri de faze vizibile: creștere (în gri) și descreștere (în roșu). Cifrele reprezintă ora (este reprezentată o valoare medie orară)

4.1.2.2 Dendroclimatologie

Ambele metode sunt dependente de provizionarea unor date meteorologice și climatice de calitate. Există serii și interpolări produse de laboratoare de analize climatologice (ex. Climate Research Unit, University of East Anglia), dar precizia acestor date interpolate poate fi sub nivelul limită necesar pentru analize, și o confruntare cu date reale măsurate rămâne necesară. În acest sens, au fost instalați senzori de temperatură care înregistrează temperatura aerului și a solului la o frecvență foarte ridicată, la 15 minute, și furnizează cu o mare precizie variațiile de temperatură (Figuri 3-5). Senzorii au fost calibrați într-o primă etapă, înainte de a fi instalați pe teren.

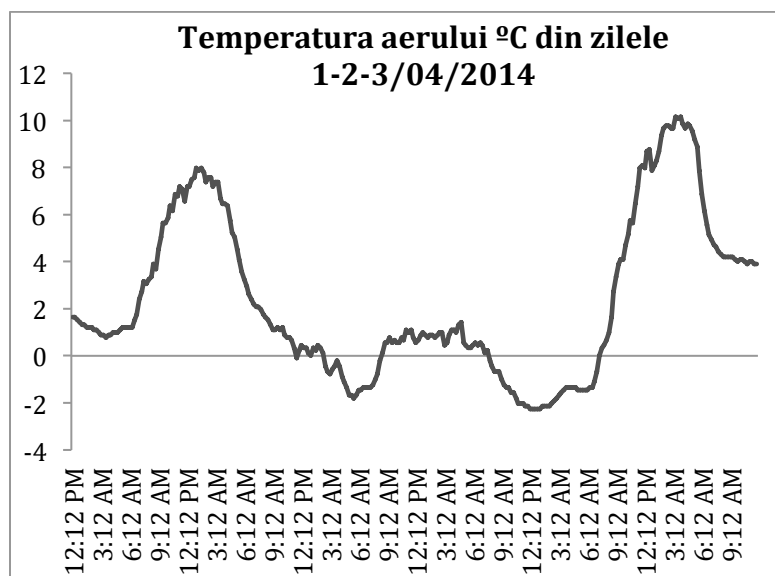


Figura 3. Exemplu de variații intra-zilnice de temperatură înregistrate la un pas de timp de 15 minute

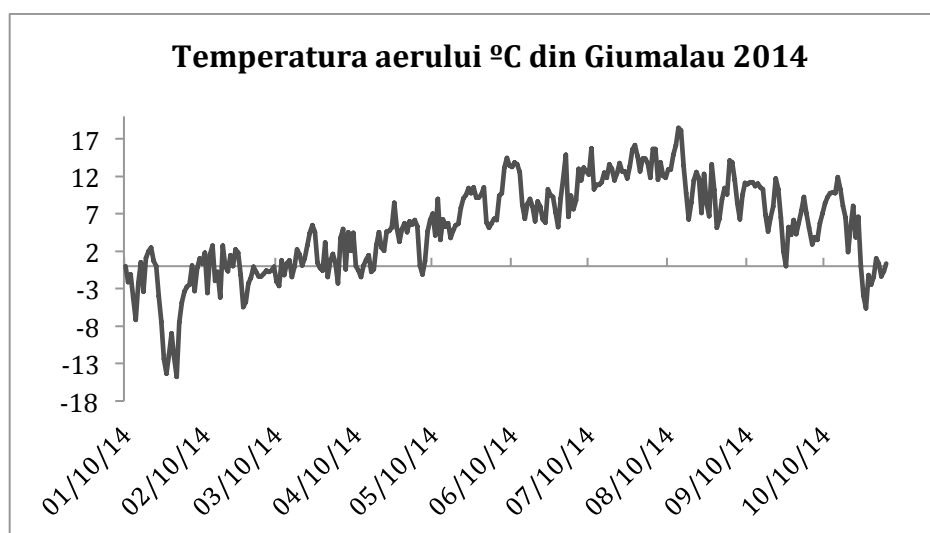


Figura 4. Exemplu de variații intra-anuale ale temperaturii aerului

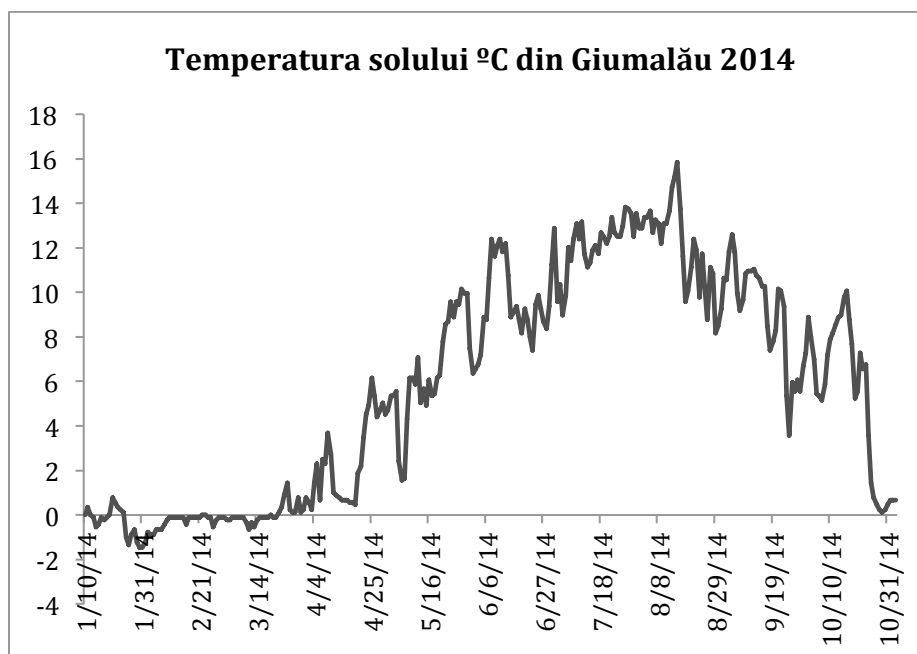


Figura 5. Serii de temperatură a solului la o adâncime de 5 cm, înregistrate de sensori automați la un pas de 15 minute

În baza seriilor de temperatură se vor calibra local datele climatologice necesare pentru a finaliza analiza comparativă a sensibilității seriilor de creștere din păduri naturale sau cultivate care au fost dezvoltate în etape precedente. Această analiză are scopul de a determina amplitudina variațiilor inter-anuale de creștere ale arborilor, considerat ca proxy pentru amplitudinea variațiilor cantităților de carbon absorbit într-un an (Bouriaud et al. 2005).

4.2 GHG – monitoringul fluxului

Activitatea 1.1 și 1.2, monitorizare în pădure naturală de molid, monitorizare în pădure naturală de fag

Monitorizarea se bazează pe utilizarea unor camere de respirație manuale construite și folosite după criteriile stabilite în cadrul proiectului cu finanțare europeană PC-7 „GHG Europe”. În cadrul proiectului au fost înființate 10 suprafețe noi de monitorizare care constituie situații rar întâlnite și de interes pentru comunitatea științifică mondială. Colectarea eșantioanelor de gaze a fost inițializată la sfârșitul anului 2011, dar unele suprafețe au fost distruse (la Câmpulung Moldovenesc printr-un incendiu la marginea pădurii), iar condițiile meteorologice atipice din anul 2012 au dus la reducerea emisiilor gazelor studiate. Anul 2014 a fost mai favorabil din acest punct de vedere, iar monitoringul a fost asigurat cu o ritmicitate optimă.

O dată cu colectarea gazelor în fiole, sunt înregistrați mai mulți parametri care să permită analiza concentrațiilor obținute în fiole. Factorii ce determină emisia gazelor studiate sunt așadar măsurați pe teren, la pornirea și oprirea recoltării: temperatura și umiditatea aerului ambiant, temperatura aerului în camera de respirație, temperatura solului la două adâncimi (figura 6), umiditatea solului pe primii 20 cm.

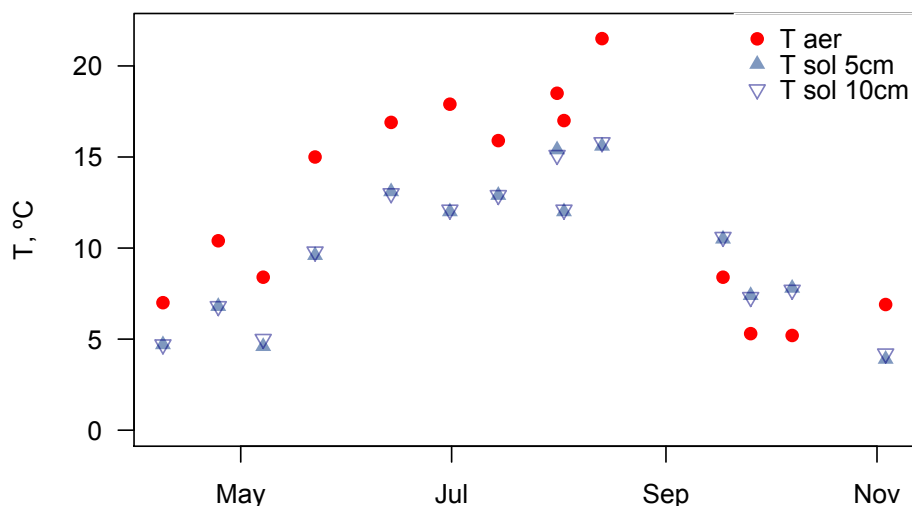


Figura 6. Variații ale temperaturii aerului și a solului la 2 adâncimii la momentul prelevării pentru o suprafață din pădurea naturală de molid din Giumalău

Fiolele de gaz colectate în teren sunt transmise pentru a fi analizate prin cromatografie la laboratorul de analiză (ICAS Mihăiești) la un interval de maxim două luni. Cromatogramele produse sunt folosite pentru a converti în fluxuri concentrațiile gazelor observate în fiolele consecutive. Creșterea concentrațiilor gazelor studiate în interiorul camerei de respirație, care se regăsește în fiolele prelevate la interval de timp regulat și predeterminat, trebuie convertită în flux. Dar cromatogramele trebuiesc prelucrate pentru a se deduce fluxul. Două corecții trebuie aplicate:

- prima transformare este o corecție ce depinde de cromatograf. Un coeficient de corecție între concentrația raportată în cromatogramă și concentrația reală a fost calculată printr-o etapă specifică de calibrare a aparatului. Acest coeficient reflectă gradul de absorbție al cromatografului pentru gazele studiate (pierderi în coloane de cromatografie).
- a doua transformare privește unitatea de măsurare. Valorile exprimate în ppm sau ppv trebuie convertite în concentrații masice pentru calculul fluxului. Ecuația de transformare depinde de gazul studiat și de condițiile la momentul prelevării (presiunea atmosferică, temperatura aerului). Pentru dioxidul de carbon, formula urmatoare a fost aplicată:

$$[CO_2]_g = [CO_2]_{ppm} \times P \times \frac{273.15}{1013.25} / (273.15 + T)$$

unde P este presiunea atmosferică exprimată în hPa și T temperatura aerului (°C).

Odată corectate, valorile concentrației pot fi folosite pentru a calcula fluxul efectiv, dacă există. S-a folosit în acest sens package-ul HMR din softul R (Pedersen et al. 2010). În acest program, se ajustează două tipuri de relații între concentrație și timpul de prelevare: o relație lineară și una non-lineară. Diferența între aceste două modele nu constă numai în forma lor: modelul non-linear (Hutchinson și Mosier, 1981) are la bază o ipoteză de saturație care generează retro-controlul negativ care se manifestă prin punctul de inflecție și atingerea unui prag:

$$C_t = \varphi + f_0 e^{-kt}$$

unde k este singurul parametru ce trebuie determinat pentru exponențială, f_0 este fluxul inițial și φ concentrația la stare de echilibru.

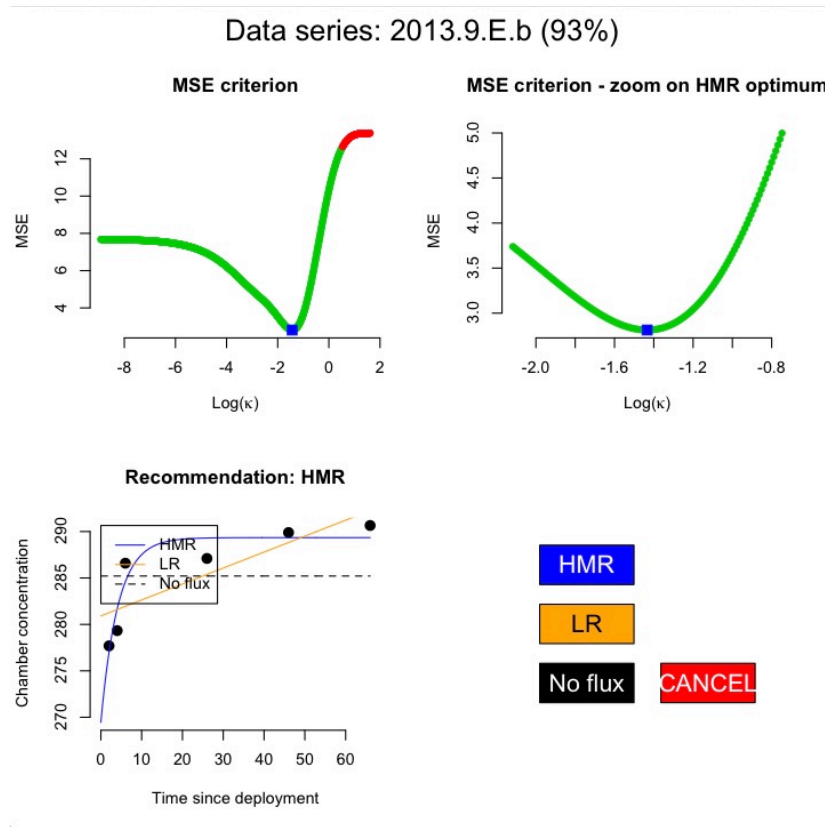


Figura 7. Exemplu de ajustare a modelului non-linear pe măsurători de concentrație de CO_2 .

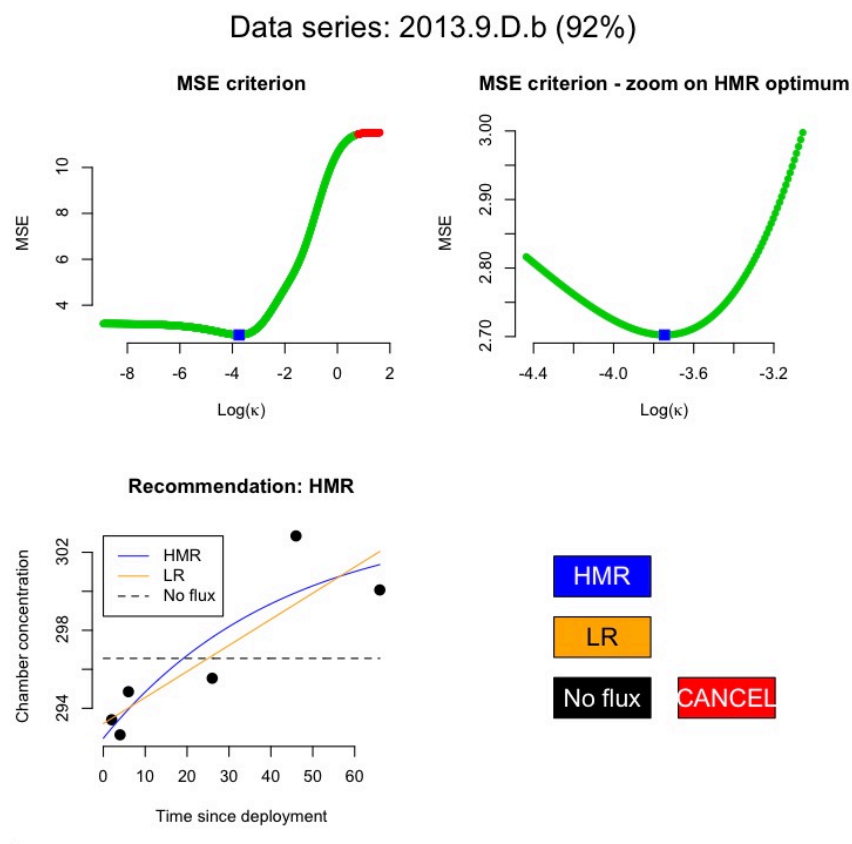


Figura 8. Exemplu de ajustare a modelului non-linear pe măsurători de concentrație de CO₂.

Estimările fluxurilor obținute din fiolele recoltate în ani precedenți au fost valorificate printr-o prezentare în conferința organizată în Marea Britanie (cf. capitolul rezultate).

4.3 Punerea în valoare a rezultatelor proiectului

4.3.1 *Prezentarea la Biolink (Linking belowground biodiversity and ecosystem function in European forests), University of Reading, UK*

Prima participare la COST Action FP1305, a avut drept scop constituirea unor grupuri de lucru de cercetători interesați de rolul biodiversității din sol în raport cu funcționarea ecosistemele forestiere.

Întâlnirea s-a desfășurat pe patru grupuri de lucru, la care s-a urmărit mai multe aspecte:

- Rolul biodiversității din sol în reglarea circuitului biogeochimic și, totodată, modul în care biodiversitatea solului, atât taxonomică, cât și funcțională, influențează procesele cheie din sol, precum procesele de descompunere, fluxurile de GHG, oxidarea, etc.
- Factorii care controlează biodiversitatea din sol din ecosistemele forestiere;
- Rolul migrării organismelor din sol ca urmare a schimbărilor climatice;
- Importanța stratificării carbonului, azotului și a altor nutrienți, din punct de vedere cantitativ și calitativ, în relațiile cu funcționarea ecosistemului;

- Rolul identificării speciilor și a diversității lor, în vederea creării unor hărți de interes privind funcționarea ecosistemelor.

În partea a doua a întâlnirii a avut loc o sesiune de postere, la care am participat cu lucrarea: „*Can forest management influence on the soil GHG fluxes?*”. Am arătat că există o variabilitate a fluxurilor în timpul sezonului de vegetație în pădurile de fag, dar pentru determinarea diferențelor de fluxuri în arborete cu un gradient de management este nevoie de măsurători pe un timp mai îndelungat. Totodată s-a precizat că, condițiile meteo cât și metoda folosită pot afecta precizia determinărilor.

Obiectivul studiului a fost de a evalua impactul managementului forestier asupra fluxurilor de gaze cu efect de seră (CO₂, CH₄, N₂O).

Studiarea circuitului GHG în păduri și interacțiunea lor cu condițiile climatice necesită o mare capacitate de sinteză, din cauza variabilității și complexității interacțiunilor între factorul antropic și factorul natural.

În timp ce influența condițiilor de sol, de climă sau vârsta pădurii sunt destul de documentate, influența managementului forestier nu a primit aceeași atenție și a rămas destul de necunoscută.

Datorită condițiilor climatice, caracterizate printr-o secetă prelungită, nu a existat flux în mai multe ocazii. S-a prezentat o dinamică lunară și una pe întreaga perioadă a măsurătorilor, a fluxului de CO₂, în funcție de tipul de management.

Rezultatele au arătat un mare contrast între tratamente din punct de vedere al fluxurilor de C. Cele mai mari fluxuri au fost observate în arboretele de fag din codru regulat, comparativ cu arboretele din codru gradinarit și arboretele fără intervenții cu lucrări silvotecnice.

Fluxurile de CO₂ au fost limitate de o perioadă lungă de secetă, astfel încât reprezentativitatea poate fi pusă la îndoială. Totodată au fost dificultăți la început privind autocalibrarea cromatografului de gaze. Pentru acestea au fost făcute intercalibrări și cu alte aparate CIRAS și EGM 4:

Nr	Conc. EGM4 (ppm)	Timpul între repetiții (sec)	Conc. CIRAS 2 (ppm)	Timpul între repetiții (sec)	Conc. GC-7890A (ppm)	Timpul între repetiții (sec)
1	535	120	554	60	442	120
2			547	60		
3	543	120	543	60	506	120
4			505	60		
5	540	120	548	60	594	120
6			556	60		
7	561	120	515	60	684	120
8			532	60		
9	489	120	523	60	756	120
10			502	60		

4.3.2 Participare la conferința Forest and Sustainable Development, Brașov, România

Densities of large trees in natural forests - a key structural characteristic. Case study from “Izvoarele Nerei” Nature Reserve, SW Romania

Session 1: *Forests and biodiversity*

Turcu, D. O.; Merce, O.

Keywords: natural forests, structural characteristics, large trees

Pădurile cu grad ridicat de naturalitate reprezintă arhetipuri structurale și funcționale ale ecosistemelor forestiere. Rezervația Naturală "Izvoarele Nerei", localizată în sud-vestul României, reprezintă unul din cele mai largi masive de păduri virgine din Europa – cca 5000 ha – format din fâgete pure. O rețea de 12 suprafețe de probă circulare, cu suprafața de 1 ha fiecare, a fost amplasată în Rezervație folosind 4 nivele altitudinale: 800, 1000, 1200 și 1350 m, respectiv câte 3 suprafețe de probă pentru fiecare nivel altitudinal. Caracteristicile structurale și biometrice ale arboretelor au fost descrise, respectiv măsurate în aceste suprafețe de probă. Au fost identificați în medie 3 arbori/ha cu diametrul peste 100 cm, respectiv 20 arbori/ha cu diametrul peste 80 cm și 59 arbori/ha cu diametrul peste 60 cm. În ceea ce privește arborii morți pe picior, valorile medii au fost 0,5 arbori/ha, 3 arbori/ha, respectiv 6 arbori/ha. Majoritatea arborilor foarte groși, cu diametre peste 100 cm, se concentrează în partea Rezervației situată la 800-1000 m altitudine, unde se găsesc densități ale acestor arbori de 7-11 arbori/ha, în contrast cu partea Rezervației situată aproape de limita altitudinală a pădurii, unde aceste densități sunt de doar 0-1 arbori/ha. Și în ceea ce privește arborii peste 60 cm în diametru, acest contrast se păstrează: găsim un maxim de 70-77 arbori/ha în zona altitudinilor de 800-1000 m, precum și valori mult mai scăzute, 36-55 arbori/ha, în zona apropiată de golul de munte.

Un top al celor mai groși, respectiv celor mai înalți 10 arbori este de asemenea prezentat, fiind luate în calcul, suplimentar, 15 suprafețe de probă de 0,2 ha fiecare, rezultând o suprafață totală investigată de 15 ha. S-a observat că, în cazul acestor arbori impresionați, de multe ori ambele dimensiuni măsurate sunt excepționale. Asemenea densități de arbori groși fiind întâlniți doar în pădurile cu un puternic caracter natural, s-a concluzionat că aceștia reprezintă o caracteristică structurală cheie pentru pădurile naturale.

Desimea de arbori groși la hectar

Spre deosebire de pădurile cultivate, majoritatea de codru regulat cu structură echienă sau apropiată de echienă, pădurile naturale, virgine, se caracterizează prin prezența arborilor groși cu o anumită frecvență la hectar. Nilsson et al. (2002) consideră că prezența arborilor groși în pădurile naturale este o caracteristică specifică a acestora, precum și un prim factor al stabilității ecosistemice și al biodiversității acestor păduri. În Tab. 1 și 2., respectiv în Fig. 9 și 10 sunt redate desimile arborilor groși la hectar, pentru arborii vii, respectiv pentru arborii morți pe picior (după Turcu 2012).

Tab. 1. Desimea de arbori groși la hectar în piețele de probă studiate – arbori vii (Turcu 2012)

Plot	N>100 cm	N>80 cm	N>60 cm
101	2	22	71
102	1	14	61
103	1	23	70
110	7	30	63
111	11	26	57
112	8	37	77
114	1	15	53
115	1	22	71
116	2	17	62
118	1	7	36
119	0	14	55
120	0	8	37

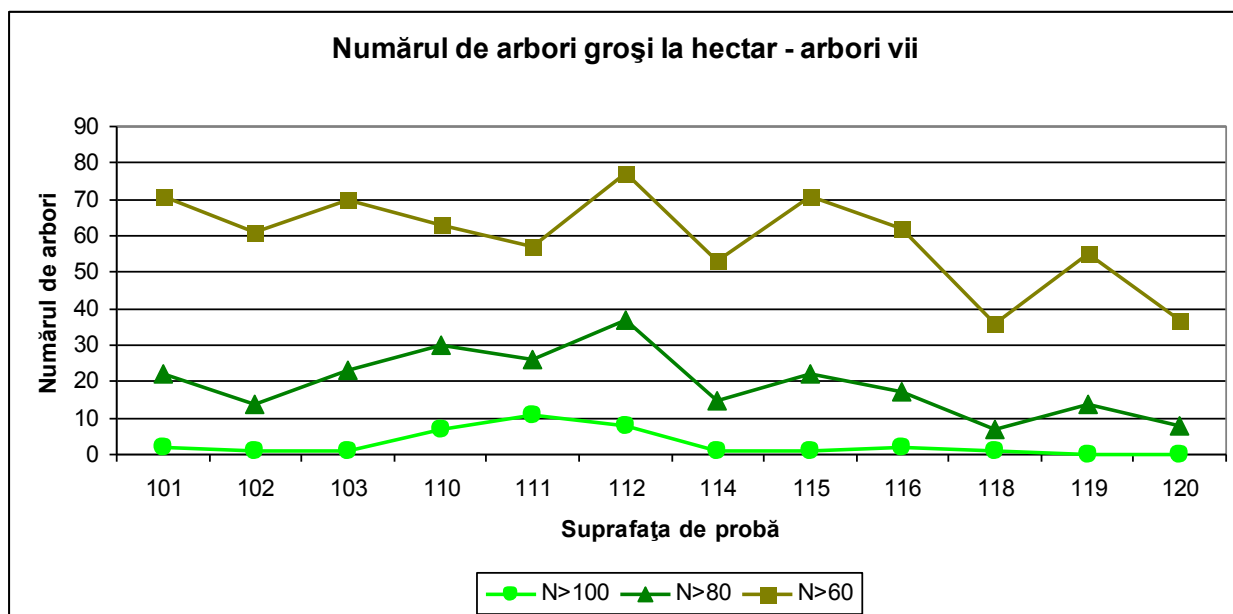


Figura 9. Numărul de arbori groși la hectar în piețele de probă studiate – arbori vii (după Turcu 2012)

Tab. 2. Desimea de arbori groși la hectar în piețele de probă studiate – arbori morți (după Turcu 2012)

Plot	N>100 cm	N>80 cm	N>60 cm
101	0	4	5
102	0	1	3
103	0	2	10
110	0	3	4
111	3	5	9
112	2	4	8
114	0	4	11
115	0	3	4
116	1	2	6
118	0	1	3
119	0	0	2
120	0	2	6

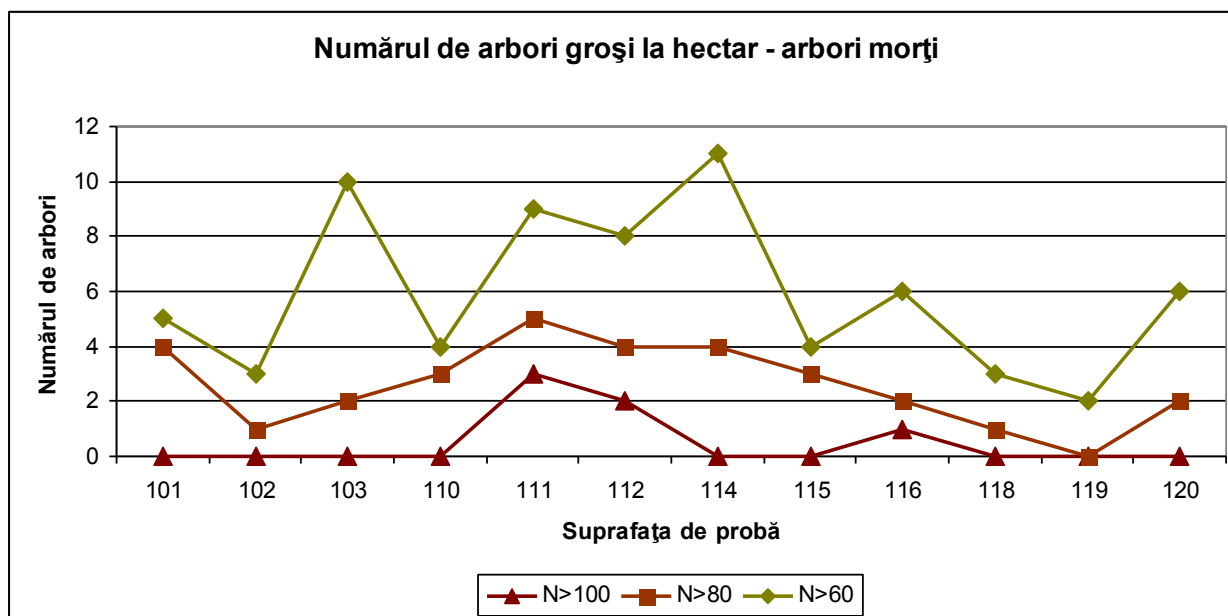


Figura 10. Numărul de arbori groși la hectar în piețele de probă studiate – arbori morți (după Turcu 2012)

Arbori cu dimesiuni excepționale

Cercetările au acoperit o suprafață totală de 15 ha de pădure virgină, fiind astfel inventariați și măsurați un număr total de 5714 arbori. În urma sortării bazei de date după diametru și apoi după înălțime, au fost întocmite Tab. 3. și 4. care cuprind cei mai groși 10 de arbori, respectiv cei mai înalți 10 arbori (Turcu 2012):

Tab. 3. Cei mai groși 25 de arbori măsurați pe suprafața totală de 15 ha (după Turcu 2012)

Suprafața de probă	Număr arbore	D, mm	H, m
111	312	1080	11,041
112	325	1089	6,372
111	317	1090	40,406
112	8	1092	48,012
304	57	1095	43
320	69	1098	49,62
115	182	1105	44,74
323	67	1106	50,612
112	48	1117	39,166
111	178	1130	33,05

În cazul celor doi arbori cu înălțimile de 11, respectiv 6 m, este vorba de arbori morți cu trunchiurile rupte.

Se observă că acești arbori excepționali, excelând ori prin diametru, ori prin înălțime foarte mare, au de regulă ambele dimensiuni memorabile. Se știe că există o legătură puternică între diametre și înălțimi; acești arbori excepționali, caracteristici pădurilor naturale, modelează prin dimensiunile lor arhitectura ecosistemului forestier (conform Shugart 1984) (Turcu 2012).

Tab. 14. Cei mai înalți 25 de arbori măsurați pe suprafața totală de 15 ha (după Turcu 2012)

Suprafața de probă	Număr arbore	D, mm	H, m
319	71	743	49,18
303	51	926	49,187
112	17	796	49,19
320	36	987	49,21
112	345	866	49,286
320	6	956	49,29
319	82	1044	49,3
116	56	856	49,36
320	69	1098	49,62
112	45	821	49,707

4.3.3 Articole publicate sau în evaluare

Cercetările realizate au fost puse în valoare prin redactarea a mai multor articole științifice, și diseminarea lor s-a efectuat prin prezentarea proiectului la conferințe internaționale:

- Articole științifice ISI publicate in 2014

- Babst F, Bouriaud O, Ross A, Trouet V, Frank D. 2014. Towards consistent measurements of carbon accumulation: A multi-site assessment of biomass and basal area increment across Europe. *Dendrochronologia*, 32(2), 153-161

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1125786514000034>

- Schulze ED, Bouriaud O, Wäldchen J., Eisenhauer N., Walentowski H., Seele C., Heinze E., Pruschitzki U., Dănilă G., Marin G., Hessenmöller D., Bouriaud L., Teodosiu M. 2014. Ungulate browsing causes species loss in deciduous forests independent of community dynamics and silvicultural management in Central and Southeastern Europe. *Annals of Forest Research*, DOI:10.15287/afr.2014.273

- Articole științifice BDI publicate in 2014

- Merce O, Borlea GF, Turcu DO. 2014. Definitions and structural attributes of the ecosystems from natural forests - short review. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, 18 (2) 2014 114-120.

- Teodosiu M. 2014. Naturalitatea pădurii: concepte, caracteristici și implicații asupra conservării. *Bucovina Forestieră*, 14(1): 68-76, *in press*.

- Teodosiu M. 2014. Evaluarea gradului de naturalitate și a caracteristicilor structurale în rezervațiile Pădurea Voievodeasa și Codrul Secular Loben din Obcinile Bucovinei. *Bucovina Forestieră*, 14(1): 68-76, *in press*.

- Turcu DO, Merce O, Cantar IC, Cadar N. 2014. Specific management measures for the beech forest habitats from Western Romania. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, *in press*.

- Turcu DO, Merce O. 2014. Investigating forest canopies using modern field-based methods. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, *in press*.

- **Conferinte**

- COST Action FP1305 Biolink: linking belowground biodiversity to function in European forests. University of Reading, UK, 4-7 noiembrie, 2014.

Can forest management influence the soil GHG fluxes?

Bragă C., Bouriaud O., Dincă L., Spârchez G.

- COST Action STReESS: Studying Tree Responses to extreme Events: a Synthesis. Estoril, Portugal, 22-23 October, 2014.

Analyzing the time series of dendrometer data using routines in SAS and R.

Bouriaud O., Deslauriers A., Rossi S., Simard S., Teodosiu M., van der Maaten E.

- International Symposium "Forest and Sustainable Development" Braşov, Romania 24-25 October, 2014.

Turcu D.O., Merce O. Densities of large trees in natural forests - a key structural characteristic. Case study from "Izvoarele Nerei" Nature Reserve, SW Romania.

Merce O., Borlea G.F., Turcu D.O., Cantar I. C., Biris I.A., Deadwood volume and its correlation with stand composition in the 'Runcu Grosi' Nature Reserve

Astracts: http://www.unitbv.ro/Portals/16/fisiere_silvic/cercetare/simpozion2014/Book%20of%20abstracts.pdf

5 Concluzii şi direcţii viitoare de cercetare

Proiectul are scopul de a furniza nişte informaţii în privinţa stocurilor de carbon şi dinamica lor, în pădurile naturale de molid şi de fag. Prin proiect sunt cantificate procesele esenţiale care determină emisia şi absorbţia gazelor cu efect de seră din pădure. Raritatea pădurilor naturale face ca aceste fenomene să nu poată fi studiate în alte ţări, iar aşteptarea pentru astfel de rezultate este mare. În consecinţă, o mare parte a proiectului constă în realizarea de măsurători. Astfel, primii ani ai proiectului au fost dedicate măsurătorilor, iar prima etapă de sintetizare a fost făcută, urmând a fi publicate mai multe articole, unu fiind în evaluare, alte două într-un stadiu de dezvoltare avansată.

S-a continuat colaborarea cu echipe din străinătate, în spiritul proiectului ID. Aceste colaborări vor aduce şi ele publicaţii în timp util.

Pentru unul din aspectele esenţiale ale proiectului, monitorizarea fluxurilor gazelor cu efect de seră, condiţiile optime de funcţionare nu au fost întrunite din cauza reducerii bugetului, care conduce la întâzieri în furnizarea rezultatelor. Participarea la conferinţa menţionată a dovedit un mare interes portat de echipe străine pentru măsurătorile realizate în cadrul acestui proiect.

6 Bibliografie

Babst, F., Bouriaud, O., Frank, D. 2012. A new sampling strategy for tree-ring based forest productivity estimates. *TRACE*, 10, 62-70.

Babst F, Bouriaud O, Ross A, Trouet V, Frank D. 2014. Towards consistent measurements of carbon accumulation: A multi-site assessment of biomass and basal area increment across Europe. *Dendrochronologia*, 32(2), 153-161.

Bakker, J. D. (2005). A new, proportional method for reconstructing historical tree diameters. *Canadian Journal of Forest Research*, 35(10), 2515-2520.

- Bouriaud, O., Bréda, N., Dupouey, J. L., & Granier, A. 2005a. Is ring width a reliable proxy for stem-biomass increment? A case study in European beech. *Canadian Journal of Forest Research*, 35(12), 2920-2933.
- Bouriaud, O., Leban, J. M., Bert, D., & Deleuze, C. 2005b. Intra-annual variations in climate influence growth and wood density of Norway spruce. *Tree physiology*, 25(6), 651-660.
- Cook, E. R. (1987). The decomposition of tree-ring series for environmental studies. *Tree-Ring Bulletin*, 47, 37-59.
- Deslauriers, A., Rossi, S., Turcotte, A., Morin, H., & Krause, C. 2011. A three-step procedure in SAS to analyze the time series from automatic dendrometers. *Dendrochronologia*, 29(3), 151-161.
- Hutchinson, G.L., and A.R. Mosier. 1981. Improved soil cover method for field measurement of nitrous oxide fluxes. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:311–316. doi:10.2136/sssaj1981.03615995004500020017x
- Nehrbass-Ahles, C., Babst, F., Klesse, S., Nötzli, M., Bouriaud, O., Neukom, R., ... & Frank, D. 2014. The influence of sampling design on tree-ring based quantification of forest growth. *Global Change Biology*, 20(9), 2867-2885.
- Nilsson, S.; Niklasson, M.; Hedin, J.; Aronsson, G.; Gutowski, J.; Linder, P.; Ljungberg, H.; Mikusinski, G.; Ranius, T., 2002: Densities of large living and dead trees in old-growth temperate and boreal forests, *Forest Ecology and Management* 161 (2002) 189-204.
- Pedersen, A.R., S.O. Petersen, and K. Schelde. 2010. A comprehensive approach to soil-atmosphere trace-gas flux estimation with static chambers. *Eur. J. Soil Sci.* 61:888–902. doi:10.1111/j.1365-2389.2010.01291.x
- Shugart, H., 1984: A Theory of Forest Dynamics: The Ecological Implications of Forest Succession Models, The Blackburn Press, Caldwell, New Jersey, 278 p.
- Turcu, D. O., 2012: Cercetări privind dinamica structurii făgetelor virgine și a mortalității arborilor din Rezervația Naturală „Izvoarele Nerei”, teză de doctorat, Universitatea “Transilvania” Brașov, 156 p.