

# Raport stiintific

---

**Proiectul “Planificarea statetica forestera la nivel de arbore folosind tehnici de teledetectie”**

*Perioada: 1 iulie – 5 decembrie 2012*

## Rezumatul etapei

Prima etapa a proiectului s-a concentrate pe doua directii: 1) pregatirea executiei zborului pentru achizitionarea de date LIDAR si orto-fotografii, si 2) identificarea si evaluarea a software existent pentru amenajari forestiere. In aceasta etapa s-a definitivat alegerea zonei de zbor, marimea estantionajului de masurat pe teren pentru a verifica datele de teledetectie si a dezvolta ecuatii de contur pentru diferite specii. Tot in aceasta etapa sa demarat evaluarea a trei software de amenajari silvice: 1) Forest Planning Studio, dezvoltat de University of British Columbia, 2) Spectrum, dezvoltat de US Forest Service, si 3) SIMO, dezvoltat de University of Helsinki. In prima faza a proiectului s-a inceput scrierea unui raport tehnic pentru esantionaj si masuratori, si o documentatie ce stabileste criteriile de evaluare a software de amenajari forestiere. In perioada iulie – decembrie 2012 s-a achizitionat echipamentul necesar implementarii proiectului (laptopuri si server), si a software de prelucrarea a informatiei LIDAR, Quick Terrain Modeler (Applied Imagery 2012).

## Introducere

Dezvoltarea accelerata asociata cu societatea post-industriala identificata ca fiind responsabila nu numai de degradarea mediului (Toffler 1980) dar si de epuizarea capacitatii limitata de absorbite a planetei a diferitelor schimari induse de dinamica sociala (Meadows 1972) a condus la investigatii globale ale mediului (Contant and Ortolano 1985, Duinker and Kennedy 1994, Bolstad and Swank 1997, Dube et al. 2006, Duinker and Greig 2007). Analiza integrala a mediului a fost posibila datorita ordinatorilor care au facilitat executia de calcule complexe si hierahizate in timp real. Dintre ecosistemele terestre cele mai studiate folosind perspective integrate, padurea este probabil cea mai studiata (Spaling and Smit 1993, Spaling et al. 1994, Kalff 1998, Hegmann et al. 1999, Pratt 2000, Rohner and Demarchi 2000, McGarigal et al. 2001, Nitschke 2008, Gunn and Noble 2011). Variateatea problemelor de mediu si existenta unui cadru formal de analiza a proceselor folosite la descrierea mediului a condus la investigatii integrale care foloseau ca unitati elementare de studiu unitati cu o suparafata predefinita si au fost si sunt inca folosite in amenajarile de mediu, cum ar fi cele silvice si funciare.

## Obiectivul proiectului

Proiectul “Planificarea statetica forestera la nivel de arbore folosind tehnici de teledetectie” are ca obiectiv principal dezvoltarea unei proceduri integrative de amenajari silvice ce foloseste ca unitate elementara unitati masurate cu tehnici de teledetectie, in particular LIDAR si stereo-analiza a imaginilor satelitare sau aeriene. O particularitate a proiectului este utilizarea unitatilor masurate negrupate, cum ar fi sumarea la nivel de arboret, sau transformate, cum ar fi la normalizarea.

Un al doilea obiectiv al proiectului este dezvoltarea unui software care sa permita managementul integral de mediu plecind de la informatia de teledetectie si incorporind constrangerile impuse de gospodaria durabila a padurii, in mod specific limitari de mediu, sociale si economice.

## Activitatile Etapei I

In etapa I a proiectului au fost prevazute demararea doua activitati, fiecare insotita de rapoarte tehnice:

1. Executarea zborului pentru achizitionarea de date LIDAR si ortofotografii
2. Identificarea si evaluarea PC software existent pentru amenajari forestiere

Intrucit Etapa I coincide cu initierea proiectului si a necesitat a serie de intilniri intre parteneri. Intilnirile au avut ca obiectiv implementarea armonizata a proiectului atit in cardul fiecarui partener dar si intre parteneri.

### I.1. Executarea zborului pentru achizitionarea de date LIDAR si orthofotografii

Activitatea I.1 (Executia Zorului) a fost impartita in trei sub-etape, sau faze, direct legate de implementarea proiectului, si o faza in care documentatia aferenta lucrarilor de teren si procesare este inceputa:

- a. Initierea procesului necesar pentru executia zborului de achizitie a ortofotografiilor si a LIDAR;
- b. Identificarea esantionajului necesar pentru masuratorile de teren si executarea calculelor aferente;
- c. Initierea procesului de executia masuratorilor de teren pentru verificarea dateleor de teledetectie;
- d. Elaborarea documentatiei de esantioanj, a procesul de masurare a atributelor padurii si arborilor.

#### I.1.a. Initierea procesului necesar pentru executia zborului de achizitie a ortofotografiilor si a datelor LIDAR

Pentru colectarea imaginilor aeriene si LIDAR s-a identificat zona pentru care se va executa planul de amanajare silvica precum si parametrii ce se vor folosi in achizitioanrea datelor. In urma discutiilor intre parteneri, si a vizitelor pe teren a personalului silvic implicat in proiect din cadrul Ocolului Silvic Beius (partenerul 3) sau delimitat 15,000 de hectare care vor reprezenta studiul de caz al proiectului (Fig. 1).

Concomitent cu delimitarea ariei de interes, directorul de proiect impreuna cu Dr. Popescu, expertul in teledetectie de la Texas A&M University, si cu dl. Dan Nitu, cartograful Inventarului National Forestier, au definitivat parametrii ce definesc colectarea datelor. Pentru a beneficia de o cantitate mai mare de informatie, s-a hotarit ca zborul sa se execute in plin sezon de vegetatie (i.e., leaf on), chiar daca se va pierde din informatia utila pe care LIDAR o poate furniza in sezonul dormant pentru angiospermele care cresc in Roamnia.

Detaliile achizitionarii de date sunt urmatoarele

- Achizitionare de date se va face pina la data de 1 Iunie 2013;
- Datele se vor colecta cind arborii sunt in sezonul de vegetatie (leaf on);
- Datele post-procesate vor fi livrate in termen de 40 zile de la finalizarea zborului;

- Unghiul de scanare trebuie sa fie mai mic de 60°, sau mai mic de 30° de fiecare parte a nadirului; cu comentariul ca unghiurile mai mici sunt preferate;
- O medie de 10 puncte pe m<sup>2</sup>, exclusiv punctele eroare;
- Acuratetea spatiala este de minimum ±15 cm pe orizontala si ±10 cm pe verticala;

Produsele cererii de achizitionare de date LIDAR si Fotografie Aeriana sunt urmatoarele:

- Nor de puncte LIDAR clasificate
  - Versiune LAS 1.2 sau mai nou;
  - Fisiere LAS pentru fiecare linie de zbor, si un fisier LAS pentru toata zona;
  - Schema de clasificare a punctelor:
    - Teren
    - Alte
    - Zgomot (noise)
  - Numarul intoarcerii
  - Intensitatea intoarcerii
- Fotografie aeriana multispectrala
  - Spectrul minimal: RGB si Near InfraRed, 16 bit
  - 15 cm GSD
  - Fara nori, umbre, ceata, sau alte elemente meteorologice care sa obstructioneze imaginea
  - Imagini individuale cu parametrii orientarii exterioare corespunzatoare si fisierul de calibrare al camerei
  - Imagini individuale orto-rectificate si geo-referentiate;
  - Acuratete spatiala: ±3 pixeli

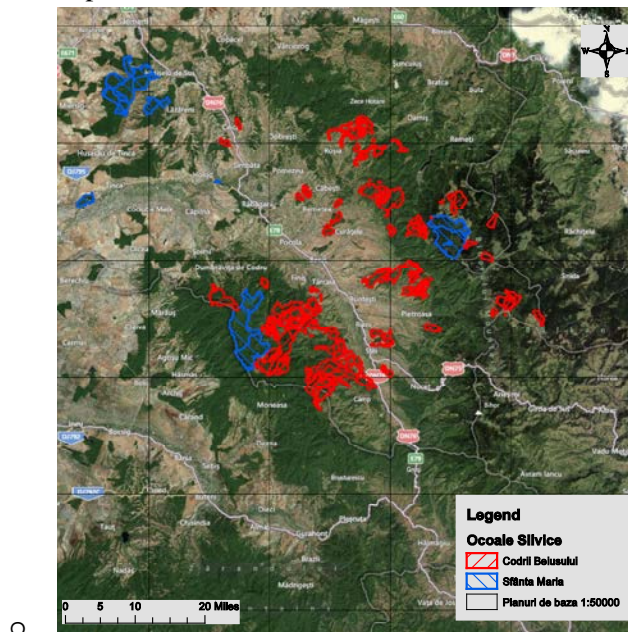


Fig.1 . Aria de studiu a proiectului de unde se vor colecta date de teledetectie

### I.1.b. Identificarea esantionajului necesar pentru masuratorile de teren si executarea calculului aferente

Amenajarea integrala a padurilor propusa in acest proiect foloseste ca unitate elementar arborele, ceea ce diferentiaza prezentul proiect de majoritatea studiilor integrale de mediu. Atributul principal folosit in utilizarea arborelui ca unitate elementara in procesul de amenajare forestiera este produsul care poate fi vindut din trunchiul arborelui, in mod specific furnir, cherestea, hirtie, foc, si produse speciale. Pentru a identifica cel mai valoros produs ce se poate obtine din fiecare trunchi se vor folosi curbe de contur. Curbele de contur vor fi dezvoltate folosind modele empirice de forma, similare cu cele identificate de Algeria (2011) si descrise de Burkhart si Tome (2012):

$$d(h) = f(\text{specie}, \text{inaltime totala}, \text{lungime coroana}, \text{diametrul coreoanei}, \text{desimea arboretului})$$

unde  $d(h)$  este diametrul fusului,  $d$ , la diferite inaltime de-a lungul fusului,

iar desimea arboretului va fi cuantificata folosind diferiti attribute ale arboretului, precum suprafata de baza, numar de arbori la hectar, sau SDI

Atributele necesare curbelor de contur vor fi determinate folosind datele LIDAR si aerofotografiile ortorectificate, iar coeficientii vor fi estimati in urma masuratorilor de teren executate pentru a verifica rezultatele obtinute prin teledetectie. Intrucit unitatea de esantionaj este arborele, a carui suprafata proiectata variaza de la arbore la arbore, determinarea numarului de esantioane s-a efectuat asumind marimea populatiei infinite, similar cu procedeul de inventarieri cu probabilitate variabila (Husch et al. 2002), cum ar fi cel propus de Biterlich (Giurgiu 1979). Asumptia de populatie infinita este justificata nu numai de variatia suprafetei proiectate ci si de marimea reala a populatiei, care in cazul prezentului proiect este asteptata sa fie de peste 6 000 000 unitati de esantionaj (i.e., aproximativ 15 000 ha x 400 arbori /ha in medie). Curbele de contur depind de specie, virsta si clasa de productie (Husch et al. 2002), ceea ce recomanda stratificarea populatiei. Intrucit variabila de interes este produsul ce se poate obtine din trunchiul arborelui alocarea unitatilor pe starte se va face folosind procedura propusa de Neyman (Cochran 1977), care a condus la urmatoarele formule:

- Marimea totala a esantionului: 
$$n = \frac{t_{n-1, \alpha/2}^2 \times (\sum_h p_h s_h)^2}{SE^2}$$
- Marimea esantionului in fiecare strat: 
$$n_h = \frac{p_h \times s_h}{\sum_h p_h \times s_h} \times n$$

Simbolurile din formulele anterioare sunt:

- $n$  si  $n_h$  – numarul de unitati de esantionaj
- $p_h$  – proportia stratului  $h$  in respect cu populatia
- $s_h$  – abaterea standard a statului  $h$
- $SE$  – eroarea de esantionaj maxima admisa
- $t_{n-1, \alpha/2}$  – valoarea  $t$  a distributiei Student cu  $n-1$  grade de libertate si probabilitate de transgresiune  $\alpha$

Determinarea abaterii standard pe fiecare strat se va face folosind valorile derivate din LIDAR, iar a proportiei fiecarui strat, (i.e., specie, virsta si clas de productie) se va face folosind aerofotografiile si descrierile stationale existente in planurile de amanjare al Ocolului Silvic Codrii Beiusului. In prezent s-a identificat distributia pe specii (Tabelul 1), si clase de productivitate (Tabelul 2) pentru pe unitati de productie si pentru cele mai largi entitati administrative (Anexa prezinta in detaliu informatia utilizata).

Tabelul 1. Structura zonei de interes pe unitati de productie si specii [% / ha]

Unitatea de productie/entitate administrativa	Fag	Carpen	Molid	Gorun	Alte specii	Total
UP I	64 / 2424.4	15 / 555.2	9 / 341.1	1 / 46.9	9 / 392.4	3760.0
UP II	57 / 917.0		37 / 1394.9		6 / 160.6	2472.5
Orasul Beius	68 / 949.2	7 / 104	10 / 142.1	7 / 99.1	8 / 111.5	1405.9
Comuna Lunca	49 / 974.8	10 / 208.5	4 / 87.5	28 / 556.9	9 / 179.2	2006.9
Comuna Rieni	27 / 460.6	2 / 41.0	41 / 692.6	20 / 330.5	10 / 168.4	1693.1
Comuna Remetea	36 / 523.6	8 / 115.6	29 / 413.3	18 / 263.6	9 / 137.2	1453.3

Tabelul 2. Structura zonei de interes pe unitati de productie si clase the productie [% / ha]

Unitatea de productie/entitate administrative	Clasa de productie					Total
	I	II	III	IV	V	
UP I	3.6	21 / 784.3	71 / 2667.1	7 / 275.1	1 / 29.9	3760.0
UP II		6 / 136.2	89 / 2219.4	5 / 115.4	1.5	2472.5
Orasul Beius	4 / 62.0	39 / 553.7	44 / 606.2	9 / 124.7	4 / 59.3	1405.9
Comuna Lunca		7 / 147.1	80 / 1589.9	11 / 224.5	2 / 45.4	2006.9
Comuna Rieni		5 / 80.6	81 / 1369.8	13 / 227.4	1 / 15.3	1693.1
Comuna Remetea		7 / 107.9	78 / 1131.8	12 / 172.0	3 / 41.6	1453.3

Pentru a putea estima si atribute ce descriu distributia produselor derivate din lemn pe suprafata, pentru arboretele pure unitatile de esantionaj vor fi grupate in clustere de cite 6 arbori, as cum a recomndat Prodan (1968) si confirmat de Lynch and Rusydi (1999). Masurarea in clustere conduce la un esantionaj secundar, derivat din sondajul stratificat, asa-numitul “two-stage cluster sampling” de Lohr (2010). Numarul de clustere din cadrul fiecarui strat este determinat cu urmatoarea formula (Johnson 2000):

$$m = \frac{t_{\alpha/2, m-1}^2 s_r^2}{SE_r^2}$$

unde  $m$  – numarul de clusteri necesari;  
 $s_r^2$  – varianta clusterilor  
 $SE_r$  – eroarea de esantionaj la nivel de cluster.

### **I.1.c. Inițierea procesului de execuția măsurătorilor de teren pentru verificarea datelor de teledetectie**

Măsurătorile de teren sunt planificate a fi executate imediat după colectarea datelor de teledetectie. Se preconizează ca datele vor fi colectate în vara anului 2013, pe baza valorilor determinate din amănajament și a valorilor estimate folosind tehnicile de teledetectie. Măsurătorile de teren se vor efectua în perioada imediat următoare execuției zborurilor. Atributele măsurate pe teren sunt folosite în două scopuri: 1) validarea estimărilor determinate din datele de teledetectie, și 2) dezvoltarea de curbe de contur. Pentru validarea estimărilor LIDAR-aerofotografie se va măsura numai înălțimea totală a fiecărui arbore din clusterul de 6 arbori. Pentru dezvoltarea de curbe de contur se va folosi fotografie sferică, verificată prin doborâturi de arbori. Aceste măsurători de teren presupun utilizarea unui echipament modern de măsurători dendrometrice (i.e., hyspometere laser, lentilă fish-eye, camera SLR cu sensor de 20 M pixels), precum și dezvoltarea unei metodologii și a unui software dedicat procesării imaginilor hemisferice. Această fază a proiectului s-a concentrat pe dezvoltarea metodologiei de măsurare a diametrelor pe fus folosind imaginile hemisferice furnizate de lentila fish-eye.

### **I.1.d. Elaborarea documentației de esantionaj, a procesul de măsurare a atributelor pădurii și arborilor.**

Dezvoltările tehnologice din ultimele două decenii au avut un impact profund asupra măsurătorilor forestiere, în special introducerea de tehnici de teledetectie în estimarea atributelor dimensionale, cum ar fi înălțimea, consistența, lungimea coroanei sau indexul suprafeței coroanei. Întrucât ultimul tratat de dendrometrie publicat în România datează din anul 1994 (Leahu 1994) precum și caracterul de serviciu către societate al proiectului s-a hotărât elaborarea documentațiilor tehnice pe cât posibil într-o formă care să poată fi integrată într-un tratat de măsurători forestiere moderne. În consecință, o serie de proceduri utilizate în faza de colectare a datelor în prezentul proiect au fost dezvoltate nu numai ca rapoarte tehnice dar și ca secțiuni ce pot fi integrate într-un tratat. Raportele tehnice deja executate sunt (neatașate la prezentul raport întrucât multe dintre ele depășesc lungimea minimă impusă de prezenta raportare de 20 pagini):

- Măsurarea atributelor arborelui
- Măsurarea atributelor arboretului
- Esantionajul simplu randomizat
- Esantionajul sistematic
- Esantionajul stratificat
- Esantionajul liniar
- Esantionajul kNN

## **I.2. Identificarea și evaluarea PC software existent pentru amenajări forestiere**

Pentru elaborarea unui software de planificare integral, în primele două faze ale proiectului se investighează două direcții: 1) ajustarea unui software existent la cerințele proiectului, și 2) dezvoltarea unui software nou. În anul 2012 s-au investigat Spectrum, Harvest, și Habplan.

### *SPECTRUM*

Spectrum este un predecesor al Forplan-ului, ce a fost folosit în mod considerabil în planificarea forestieră din USA. Modelele Forplan-ului au fost dezvoltate la mijlocul lui 1980 pentru terenurile pădurilor naționale ale Chequamegon-ului și Nicolet-ului și pentru planurile managementului resurselor (înainte ca

pădurile să fie administrate combinat). Datorită perioadei de desfășurare a programelor de training, suportului administrativ și memoria organizațională, SPECTRUM/Forplan este încă recunoscut la scară largă de Forest Service. Ca un rezultat, echipa de planificare a hotărât să folosească SPECTRUM în eforturile sale curente de revizuire a planului. Asta se întâmplă de obicei în planificarea forestieră, o zonă prototip a fost aleasă pentru a explora capacitățile și limitările modelului; a fost ales Park Falls Ranger District.

Fiecare versiune a SPECTRUM-ului este disponibilă de la USDA Forest Service, care poate fi descărcată de pe website-ul Institutului de Monitorizare și Inventar al Serviciilor Forestiere USDA. SPECTRUM este un model de programare a resurselor destul de flexibil, ce a fost elaborat pentru a oferi opțiuni de manipulare a vegetației (de exemplu tăierile rase, etapele tăierilor sub adăpost, etc.) în cadrul restricțiilor optimizării. Cel mai popular model este cel de ”maximizare a volumului lemnului”, în mod curent pe perioada mai largi de 10 decade. Acesta asigură la scară largă recoltarea ce ajută la testarea utilității modelului spațial HARVEST. Fluxul de restricții standard al nedeperisării lemnului este folosit pentru a crea recoltarea perioadă după perioadă. Având în vedere preocupările Comitetului de Știință privind viabilitatea speciilor, deosebit de interesant este dezvoltarea modelului SPECTRUM pentru a răspunde nevoilor habitatului vieții sălbatice. Acest lucru este abordat parțial, prin definirea unor ”niveluri” ale SPECTRUM-ului legate de habitat. În timp ce nevoile habitatului pot fi abordate doar cu SPECTRUM (Bever et al. 1995, Hof and Bever 2000), structurarea SPECTRUM-ului pentru a fi corelat cu HARVEST oferă analizei o dimensiune spațială dorită.

În cadrul SPECTRUM-ului, ”nivelurile” sau atributele resurselor sunt folosite pentru a defini unitățile de analiză - nivelurile sunt adesea land layers (de exemplu tipul vegetației, referința siturilor, etc.). Pentru prototipul testului cince land layers au fost alese: tipul de pădure, clasa de vârstă a tipului de pădure, eficacitatea pădurii, administrarea zonei și districtul pădurarului. Tipul de pădure și clasa de vârstă oferă caracteristici importante ce ne ajută să definim habitatul vieții sălbatice. Tipul de pădure este o agregare de specii dominante folosite pentru a clasifica arboretele. De exemplu, pot fi combinate plopul tremurător (*Populus tremuloides*) cu bigtooth aspen (*Populus grandidentata*) în tipul de pădure al plopului. În cadrul testului au fost folosite zece tipuri de pădure: plop, brad canadian, cucuta, pin negru, foioase nordice, stejar, mesteacăn pentru celuloză, pin roșu, molid de munte și pin alb. Clasele de vârstă sunt de la 0 la 9 ani, la 10-19 ani și așa mai departe. Combinate, clasele de vârstă și tipurile de pădure sunt asociate cu inventarul pădurii și date referitoare la producție și economia cu privire la practicile silvice. Oportunitățile pădurii împarte terenurile forestiere naționale, în cele care sunt disponibile pentru tratamente silviculturale și cele care nu sunt. În cele din urmă, zonele de administrare (de exemplu, zonele semi-primitive) și districtul pădurarului (de exemplu Park Falls) sunt subdiviziuni administrative ale pădurii, chiar dacă prima este adesea bazată pe ecologie și oferă perspective suplimentare despre habitate. Per total, prototipul modelului SPECTRUM are 204 unități de analiză definite utilizând nivelurile SPECTRUM. Prin schimbarea modelului de restricții și denumirii zonelor de administrare, planificatorii Serviciilor Forestiere pot dezvolta scenarii alternative pentru analiza publică.

Ieșirile și rapoartele SPECTRUM-ului sunt numeroase. De un interes deosebit este un raport în format separat de virgulă, ce asigură tratamentul zonei de recoltare (perturbări cauzate de om) de către unitățile de analiză pentru fiecare deceniu din planificare. Din această cauză, activitățile de recoltare pot fi împărțite în districte și zone de administrare, dar nu specifice localizării arboretului de pe peisaj - HARVEST este necesar pentru acest pas.

## HARVEST

HARVEST este un model de cercetare bine documentat ce a fost aplicat unui număr de probleme spațio-temporale (Gustafson and Crow 1996, Gustafson 1998). Software-ul și seturile de eșantioane de date pot fi descărcate de pe website-ul USDA Forest Service North Central Research Station's. HARVEST este un model interactiv de simulare ce permite utilizatorului să simuleze efectele recoltării lemnului pe structura pădurii. Folosind un număr aleatoriu de semințe, modelul dispersează recoltele și mărimea stocastică a recoltelor în cadrul peisajului. HARVEST este un model bazat pe raster și necesită patru fișiere de intrare pe hartă pentru tipul de pădure, clasa de vârstă, zona de administrare și arboretul. Prin urmare, trei hărți corespund nivelurilor Spectrum-ului menționate mai sus, și oportunitățile pădurii se reflectă în tratamente de tip "nici o recoltă" pentru anumite unități de analiză. Încă de la început, HARVEST a fost bazat pe premiza că agențiile terenurilor publice au date ale arboretului referitoare la atribute forestiere. Această hartă permite arboretelor specifice alocarea recoltării consistente a lemnului cu date de la agenții.

O interfață GUI permite utilizatorilor să specifice parametrii recoltei pentru fiecare zonă de administrare și tip de pădure pe fiecare perioadă din timpul planificării decenale. Atât administrarea arboretelor echiene cât și a celor pluriene poate fi simulată. Mărimea recoltei și mărimea zonei recoltate este de obicei controlată. Modelul prototip folosește o dimensiune de 900 m<sup>2</sup> de celule, ceea ce reprezintă cea mai mică dimensiune a recoltei. Aceasta este echivalentă cu o tăiere în grup selecționată în nordul Wisconsin-ului. Diferitele metode pentru dispersarea recoltei în întreg peisajul sunt de asemenea disponibile. De exemplu recoltele pot fi împrăștiate sau grupate. În plus, considerentele suplimentare ale recoltării ( de exemplu green-up intervals) și etajele tampon pot fi incluse. Ca un grup, acești parametri ai recolteioferă o libertate largă pentru examinarea efectelor standardelor și ale principiilor directoare propuse de planificatori.

HARVEST oferă mai multe ieșiri simple și esențiale pentru planificarea forestieră din zilele noastre. Concret, acesta oferă sinteze sub formă de tabele și hărți referitoare la spațiul verde al pădurii și la interiorul acesteia. Măsurile calculate pentru structura peisajului spațiului verde include: distribuția pe ani, lungimea limitei liniare dintre spațiile verzi (arborete), suprafața medie a arboretelor de aceeași vârstă și distribuția suprafeței arboretelor pe clase de vârstă. Interiorul și marginea habitatului se bazează pe activități de recoltare și alte operații de deschidere a pădurii și o distanță tampon specificată de utilizator. În plus, utilizatorul indică durata deschiderii recoltării temporare înainte ca aceasta să revină la condiția de coronament închis. Harta cu vârstele și harta cu interiorul pădurii poate fi salvată pentru fiecare perioadă din planificarea decenală. Figura 3 ilustrează o comparație între deschiderea, zona tampon și închiderea pădurii pentru marile condiții curente și proiectate ale pădurii, multe recolte dispersate sunt ilustrate în harta proiectată. Astfel, HARVEST oferă date utile privind condițiile forestiere, dar necesită intrări substanțiale și interactive. Pentru planificarea forestieră la scara mică, eficiența intrărilor este necesară datorită zonelor întinse acoperite, recoltării complexe secvențiale, și numeroaselor planuri alternative.



## HABPLAN

Habplan este un program folosit pentru managementului peisajului și pentru programarea recoltei, dezvoltat de NCASI, ce a fost conceput pentru a face față obiectivelor spațiale, dar poate fi folosit și pentru programarea recoltelor unde nu sunt probleme spațiale sau de adicență. Software-ul și manualul cu instrucțiuni de utilizare pot fi descărcate de pe website-ul NCASI (<http://www.ncasi2.org/projects/habplan/>).

Habplan este programat în Java astfel încât să poată rula pe mai multe platforme ale computerului și are caracteristica de a monitoriza de la un computer central. Se folosește algoritmul Metropolis pentru a genera aleatoriu mai multe programe diferite alternative. Algoritmul Metropolis, cum este descris în Van Deusen (1999) este unul de tip euristic. Habplan este o aplicație software relativ nouă cu câteva exemple de utilizare a acesteia, dar a fost adoptat rapid și pentru aplicațiile managementului forestier. Van Deusen (1999) a descris aplicarea algoritmului Metropolis pentru multiplele soluții ale programării recoltei.

### Grad de realizarea a obiectivelor

<i>Faza</i>	<i>Obiectivul fazei</i>	<i>Grad de realizare faza/2012</i>	<i>Grad de realizare faza/proiect</i>
1.	Achizitionarea si formatarea datelor	100%	10%
2.	Reprezentarea problemei de amenajare silvica	100%	10%
3.	Produce LONI	0%	0
4.	Procesarea si interpretarea datelor	0%	0
5.	Dezvoltarea de software	10%	10
6.	Rapoarte tehnice si articole stiintifice	200%	60%

### Indicatori de rezultat

Numarul de articole publicate sau acceptate spre publicare în fluxul stiintific principal international	1 published in Annals of Forest Research 1 accepted in Canadian Journal of Forest Reserach
Factorul de impact relativ cumulat al publicatiilor publicate sau acceptate spre publicare	1.734
Ponderea contributiei financiare private la proiect	12%
Valoarea contributiei financiare private la proiect	75000 RON

## Anexa

Situatia sumara a unitatilor administrative si de productie din Ocolul Silvic Codrii Beiusului care au fost identificate ca posibile candidate pentru colectarea de date

### Orasul Beius

* Spe- cia	Clasa de productie					Suprafata	T O T A L			!Vir!CL.!			Consistenta				
	I	II	III	IV	V		!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
!	Ha	Ha	Ha	Ha	Ha	Ha	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
* FA	31.8	422.1	434.7	57.3	3.3	949.2	68182	208620	74	219	6779	7.1	62	12.6	69.9	85.6	793.7
* MO	20.8	83.2	36.8	1.3	!	142.1	10190	32253	11	226	1913	113.4	27	12.1	!	3.6	138.5
* CA	!	5.9	73.5	24.0	0.6	104.0	7191	14934	5	143	728	7.0	43	13.2	!	2.1	101.9
* GO	!	2.7	26.4	17.1	52.9	99.1	7171	15038	5	151	293	2.9	87	4.2	1.0	14.3	83.8
* ME	!	10.5	24.5	19.9	2.5	57.4	4188	5372	2	93	391	6.8	30	13.3	!	0.7	56.7
* PAM	!	19.7	6.6	!	!	26.3	2185	1221	1	46	80	3.0	14	12.3	!	2.8	23.5
* DU	6.0	!	!	!	!	6.0	194	3264	1	544	113	18.8	35	11.0	!	!	6.0
* DR	3.4	4.2	0.5	!	!	8.1	1190	1887	1	232	116	14.3	29	11.6	!	!	8.1
* DT	!	!	2.6	1.5	!	4.1	172	396	!	96	25	6.0	41	13.4	!	0.2	3.9
* DM	!	5.4	0.6	3.6	!	9.6	1187	519	!	54	44	4.5	17	2.8	!	!	9.6
* TOTAL	62.0	553.7	606.2	124.7	59.3	1405.9	1100183	283504	1100	201	10482	7.4	56	12.7	70.9	109.3	1225.7
* !	4 %	39 %	44 %	9 %	4 %	100 %	!	!	!	!	!	!	!	!	5 %	8 %	87 %

### Comuna Remetea

* Spe- cia	Clasa de productie					Suprafata	T O T A L			!Vir!CL.!			Consistenta				
	I	II	III	IV	V		!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!
!	Ha	Ha	Ha	Ha	Ha	Ha	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!
* FA	!	43.8	406.9	60.6	12.3	523.6	36179	135472	37	258	3387	6.4	71	13.1	5.0	38.0	480.6
* MO	!	17.3	321.3	74.7	!	413.3	29171	118192	33	285	2707	6.5	70	13.1	51.1	38.0	324.2
* GO	!	19.4	220.5	8.9	14.8	263.6	18180	58408	16	221	1129	4.2	71	13.1	!	8.4	255.2
* CA	!	0.4	83.9	18.9	12.4	115.6	8185	14826	4	128	661	5.7	46	13.4	1.1	0.1	114.4
* ST	!	16.8	59.9	4.6	!	81.3	6183	21335	6	262	673	8.2	55	12.8	!	6.2	75.1
* ER	!	5.2	23.5	!	!	28.7	2162	9697	3	337	153	5.3	107	12.8	7.3	5.7	15.7
* PIN	!	2.2	1.1	!	!	3.3	190	502	!	152	29	8.7	28	12.3	!	!	3.3
* DR	!	!	1.6	!	!	1.6	193	120	!	75	11	6.8	19	13.0	!	!	1.6
* DT	!	2.8	8.3	3.9	0.6	15.6	1181	2605	1	166	79	5.0	53	13.1	0.6	0.8	14.2
* DM	!	!	4.8	0.4	1.5	6.7	178	815	!	121	26	3.8	35	13.5	!	0.5	6.2
* TOTAL	!	107.9	1131.8	172.0	41.6	1453.3	1100177	361972	1100	249	8855	6.0	68	13.1	65.1	97.7	1290.5
* !	!	7 %	78 %	12 %	3 %	100 %	!	!	!	!	!	!	!	!	4 %	7 %	89 %

### Comuna Rieni

* Spe- cia	Clasa de productie					Suprafata	T O T A L			!Vir!CL.!			Consistenta				
	I	II	III	IV	V		!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!
!	Ha	Ha	Ha	Ha	Ha	Ha	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!
* MO	!	6.6	524.9	156.4	4.7	692.6	41156	159529	44	230	3717	5.3	80	13.2	267.5	95.2	329.9
* FA	!	17.3	419.1	24.2	!	460.6	27171	107283	29	232	2866	6.2	75	13.0	8.2	125.3	327.1
* GO	!	31.5	290.4	6.7	1.9	330.5	20179	70207	19	212	1692	5.1	72	12.9	0.8	25.3	304.4
* ST	!	!	43.4	5.7	!	49.1	3181	10116	3	206	381	7.7	62	13.1	!	0.2	48.9
* CA	!	!	10.9	22.2	7.9	41.0	2179	5398	1	131	205	5.0	61	13.9	!	0.7	40.3
* PIN	!	16.3	16.2	1.1	!	33.6	2183	4470	1	133	271	8.0	41	12.5	!	!	33.6
* ME	!	!	25.4	1.6	!	27.0	2180	1940	1	71	138	5.1	17	13.1	!	10.0	17.0
* DR	!	6.3	19.8	0.2	!	26.3	2183	4676	1	177	203	7.7	43	12.8	!	1.0	25.3
* DT	!	2.0	11.8	9.2	0.8	23.8	1180	2562	1	107	130	5.4	42	13.4	!	2.8	21.0
* DM	!	0.6	7.9	0.1	!	8.6	189	564	!	65	40	4.6	35	12.9	!	0.1	8.5
* TOTAL	!	80.6	1369.8	227.4	15.3	1693.1	1100167	366745	1100	216	9643	5.6	73	13.1	276.5	260.6	1156.0
* !	!	5 %	81 %	13 %	1 %	100 %	!	!	!	!	!	!	!	!	16 %	15 %	69 %

### Comuna Lunca

*****																	
* !	Clasa de productie					!	T O T A L					!Vir!CL.!	Consistenta			*	
* Spe-	I	II	III	IV	V	!	Suprafata	V O L U M			!	Crestere	!	!	!	!	
* cia	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!
* !	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!
* !	Ha	Ha	Ha	Ha	Ha	!	Ha	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!
*****																	
* FA	!	38.5!	873.3!	37.7!	25.3!	!	974.8!	49180!	269606!	57!	276!	6353!	6.5!	74!3.1!	2.1!	69.4!	903.3*
* GO	!	59.1!	455.5!	38.7!	3.6!	!	556.9!	28181!	129770!	28!	233!	2871!	5.1!	71!3.0!	!	42.4!	514.5*
* CA	!	102.6!	92.3!	13.6!	208.5!	!	10181!	31102!	7!	149!	1102!	5.2!	57!3.6!	!	13.6!	194.9*	
* MO	!	37.8!	49.7!	!	!	!	87.5!	4191!	12824!	3!	146!	1084!	12.3!	25!2.6!	!	!	87.5*
* PI	!	3.4!	51.4!	1.7!	!	!	56.5!	3189!	7704!	2!	136!	476!	8.4!	31!3.0!	!	!	56.5*
* ME	!	!	21.6!	29.7!	0.2!	!	51.5!	3180!	9219!	2!	179!	195!	3.7!	58!3.6!	!	7.3!	44.2*
* SC	!	!	4.3!	11.3!	2.7!	!	18.3!	1177!	885!	!	48!	92!	5.0!	20!3.9!	!	2.3!	16.0*
* DR	!	4.3!	5.1!	1.1!	!	!	10.5!	189!	2458!	!	234!	101!	9.6!	30!2.7!	!	!	10.5*
* DT	!	4.0!	23.3!	6.8!	!	!	34.1!	2183!	6063!	1!	177!	203!	5.9!	55!3.1!	!	!	34.1*
* DM	!	!	3.1!	5.2!	!	!	8.3!	179!	1229!	!	148!	31!	3.7!	45!3.6!	!	2.4!	5.9*
*****																	
* TOTAL!	!	147.1!	1589.9!	224.5!	45.4!	!	2006.9!	1100!81!	470860!	100!	234!	12508!	6.2!	67!3.1!	2.1!	137.4!	1867.4*
* !	!	7 %!	80 %!	11 %!	2 %!	!	100 %!	!	!	!	!	!	!	!	!	7 %!	93 %*
*****																	

### UP I - Greco Catolici

*****																		
* !	Clasa de productie					!	T O T A L					!Vir!CL.!	Consistenta			*		
* Spe-	I	II	III	IV	V	!	Suprafata	V O L U M			!	Crestere	!	!	!	!		
* cia	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
* !	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
* !	Ha	Ha	Ha	Ha	Ha	!	Ha	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
*****																		
* FA	!	557.1!	1813.5!	45.4!	8.4!	!	2424.4!	64!85!	628813!	72!	259!	19482!	8.0!	59!2.8!	21.7!	38.9!	2363.8*	
* CA	!	7.2!	381.3!	156.1!	10.6!	!	555.2!	15!86!	99966!	12!	180!	3343!	6.0!	57!3.3!	3.5!	6.3!	545.4*	
* MO	!	150.9!	187.7!	2.5!	!	!	341.1!	9!90!	74339!	9!	217!	4134!	12.1!	31!2.6!	!	1.8!	339.3*	
* ME	!	11.8!	213.8!	38.0!	2.5!	!	266.1!	7!83!	45699!	5!	171!	1276!	4.7!	49!3.1!	5.5!	22.7!	237.9*	
* GO	!	1.0!	9.1!	28.8!	8.0!	!	46.9!	1!68!	7457!	1!	158!	171!	3.6!	73!3.9!	1.4!	8.3!	37.2*	
* PAM	!	7.4!	18.9!	1.7!	0.4!	!	28.4!	1!89!	2133!	!	75!	102!	3.5!	25!2.8!	!	1.4!	27.0*	
* PLT	!	7.5!	4.8!	!	!	!	12.3!	1!83!	2494!	!	202!	44!	3.5!	49!2.4!	0.6!	!	11.7*	
* DR	!	6.5!	14.2!	1.4!	!	!	22.1!	1!83!	3496!	!	158!	181!	8.1!	31!2.8!	!	2.3!	19.8*	
* DT	!	3.6!	23.3!	16.3!	1.2!	!	44.4!	1!86!	7534!	1!	169!	328!	7.3!	40!2.3!	0.9!	2.1!	41.4*	
* DM	!	11.6!	7.5!	!	!	!	19.1!	1!94!	1906!	!	99!	235!	12.3!	25!2.4!	!	!	19.1*	
*****																		
* TOTAL!	3.6!	784.3!	2667.1!	275.1!	29.9!	!	3760.0!	1100!85!	873837!	100!	232!	29296!	7.7!	55!2.9!	33.6!	83.8!	3642.6*	
* !	!	21 %!	71 %!	7 %!	1 %!	!	100 %!	!	!	!	!	!	!	!	!	1 %!	2 %!	97 %*
*****																		

### UP II - Greco Catolici

*****																		
* !	Clasa de productie					!	T O T A L					!Vir!CL.!	Consistenta			*		
* Spe-	I	II	III	IV	V	!	Suprafata	V O L U M			!	Crestere	!	!	!	!		
* cia	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
* !	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
* !	Ha	Ha	Ha	Ha	Ha	!	Ha	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	
*****																		
* MO	!	80.9!	1285.8!	27.1!	1.1!	!	1394.9!	57!78!	385617!	61!	276!	12468!	8.9!	59!3.0!	91.6!	167.2!	1136.1*	
* FA	!	15.6!	819.7!	81.3!	0.4!	!	917.0!	37!66!	191155!	30!	208!	3867!	4.2!	90!3.1!	208.3!	176.5!	532.2*	
* ER	!	39.7!	90.4!	4.9!	!	!	135.0!	5!73!	56739!	9!	420!	888!	6.5!	93!2.7!	10.0!	18.3!	106.7*	
* LA	!	!	10.4!	2.1!	!	!	12.5!	1!82!	1573!	!	125!	105!	8.4!	28!3.2!	!	!	12.5*	
* PAM	!	!	11.9!	!	!	!	11.9!	1!88!	2499!	!	210!	37!	3.1!	63!3.0!	!	!	11.9*	
* ME	!	!	1.1!	!	!	!	1.1!	1!50!	11!	!	10!	2!	1.8!	10!3.0!	!	1.1!	*	
* SR	!	!	0.1!	!	!	!	0.1!	1!70!	13!	!	130!	1!	10.0!	40!3.0!	!	!	0.1*	
*****																		
* TOTAL!	!	136.2!	2219.4!	115.4!	1.5!	!	2472.5!	1100!73!	637607!	100!	257!	17368!	7.0!	72!3.0!	309.9!	363.1!	1799.5*	
* !	!	6 %!	89 %!	5 %!	1 %!	!	100 %!	!	!	!	!	!	!	!	!	13 %!	15 %!	72 %*
*****																		

## Bibliografie

- Algeria, C. 2011. Modelling merchantable volumes for uneven aged maritime pine (*Pinus pinaster* Aiton) stands established by natural regeneration in the central Portugal *Annals of Forest Research* **54**:197-214.
- Applied Imagery. 2012. Quick Terrain Modeler. Johns Hopkins University's Applied Physics Lab, Silver Spring MD.
- Beyers, M. J., B. K. Hof, and M. G. Raphael. 1995. Sustainable forest management optimizing multispecies wildlife habitat: a coastal Douglas-fir example. *Natural Resource Modeling* **9**:1-23.
- Bolstad, P. V. and W. T. Swank. 1997. Cumulative impacts of landuse on water quality in a southern Appalachian watershed. *Journal of the American Water Resources Association* **33**:519-533.
- Burkhardt, H. E. and M. Tome. 2012. *Modeling Forest Trees and Stands*. Springer, New York NY.
- Cochran, W. G. 1977. *Sampling techniques*. John Wiley and Sons, Singapore.
- Contant, C. K. and L. Ortolano. 1985. Evaluating A Cumulative Impact Assessment Approach. *Water Resources Research* **21**:1313-1318.
- Dube, M., B. Johnson, G. Dunn, J. Culp, K. Cash, K. Munkittrick, I. Wong, K. Hedley, W. Booty, D. Lam, O. Resler, and A. Storey. 2006. Development of a New Approach to Cumulative Effects Assessment: A Northern River Ecosystem Example. *Environmental Monitoring and Assessment* **113**:87-115.
- Duinker, P. N. and L. A. Greig. 2007. Scenario analysis in environmental impact assessment: Improving explorations of the future. *Environmental impact assessment review* **27**:206-219.
- Duinker, P. N. and A. J. Kennedy. 1994. Cumulative effects assessment: what's the big deal? . Pages 11-24 *Cumulative effects assessment in Canada: from concept to practice*. Alberta Association of Professional Biologists, Calgary.
- Giurgiu, V. 1979. *Dendrometrie si auxologie forestiera*. Ceres, Bucharest.
- Gunn, J. and B. F. Noble. 2011. Conceptual and methodological challenges to integrating SEA and cumulative effects assessment. *Environmental impact assessment review* **31**:154-160.
- Gustafson, E. J. 1998. Clustering Timber Harvests and the Effect of Dynamic Forest Management Policy on Forest Fragmentation. *Ecosystems* **1**:484-492.
- Gustafson, E. J. and T. R. Crow. 1996. Simulating the Effects of Alternative Forest Management Strategies on Landscape Structure. *Journal of environmental management* **46**:77-94.
- Hegmann, G., C. Cocklin, R. Creasey, S. Dupuid, A. Kennedy, L. Kingsley, W. Ross, H. Spaling, and D. Stalker. 1999. *Cumulative Effects Assessment Practitioners Guide*. Canadian Environmental Assessment Agency, Hull, QC.
- Hof, B. K. and M. J. Beyers. 2000. *Linear approaches to spatial optimization*. NC-205, USDA Forest Service, St. Paul MN.
- Husch, B., T. W. Beers, and J. A. Kershaw. 2002. *Forest Mensuration*. 4th edition. Wiley.
- Johnson, E. W. 2000. *Forest sampling desk reference*. CRC Press, Boca Raton FL.
- Kalff, S. 1998. *Cumulative Effects Assessment Study Kouchibouguac National Park, New Brunswick*. Minister of Canadian Heritage, Montreal West.
- Leahu, I. 1994. *Dendrometrie*. Editura Didactica si Pedagogica, Bucuresti.
- Lohr, S. L. 2010. *Sampling: Design and Analysis*. 2nd edition. Duxbury Press, Boston MA.
- Lynch, T. B. and R. Rusydi. 1999. Distance sampling for forest inventory in Indonesian teak plantations. *Forest Ecology and Management* **113**:215-221.
- McGarigal, K., W. H. Romme, M. Crist, and E. Roworth. 2001. Cumulative effects of roads and logging on landscape structure in the San Juan Mountains, Colorado (USA). *Landscape Ecology* **16**:327-349.

- Meadows, D. L. 1972. *The limits to growth*. Universe Books, New York.
- Nitschke, C. R. 2008. The cumulative effects of resource development on biodiversity and ecological integrity in the Peace-Moberly region of Northeast British Columbia, Canada. *Biodiversity and Conservation* **17**:1715-1740.
- Pratt, G. C. 2000. Cumulative impact. *Environmental Health Perspectives* **108**:A162-A162.
- Prodan, M. 1968. *Forest biometrics*. Pergamon Press, Oxford.
- Rohner, C. and D. A. Demarchi. 2000. Cumulative effects and mountain caribou in west-central Alberta: an individual-based and spatially explicit population model for conservation planning. Dept. of Renewable Resources, University of Alberta, Edmonton.
- Spaling, H. and B. Smit. 1993. Cumulative Environmental-Change - Conceptual Frameworks, Evaluation Approaches, and Institutional Perspectives. *Environmental management* **17**:587-600.
- Spaling, H., B. Smit, and A. J. Kennedy. 1994. Classification and evaluation methods for cumulative effects assessment. Pages 47 -65 *Cumulative effects assessment in Canada: from concept to practice*. Alberta Association of Professional Biologists, Edmonton.
- Toffler, A. 1980. *The third wave*. William Morrow and Company.
- Van Deusen, P. C. 1999. Multiple solution harvest scheduling. *Silva Fennica* **33**:207-216.