



Analiză Forestieră

Determinarea cantității de masă lemnoasă într-o arie împădurită din județul Cluj

Iulie 2025





Cuprins

Cuprins	2
Rezultate sumarizate	3
Contextul proiectului	4
Detectarea tăierilor ilegale	6
Tehnologia utilizată.....	7
Colectarea datelor	8
Structura arboretului	11
Masa lemnoasă	17
Stocul de carbon	20
Concluzii și direcții de management	21
Contact.....	23



Rezultate sumarizate

Aria forestieră analizată este situată în județul Cluj, și este dominată de gorun (*Quercus petraea*). Suprafața reală determinată prin scanare LiDAR și corecție GNSS este de **11,13 hectare**.

În acest perimetru au fost identificați **1 784 de arbori** cu înălțimi de peste 7 metri, a căror **biomasă aeriană totală** este estimată la **aproximativ 1 107 tone**. Dintre acestea, **742 de tone** reprezintă masa lemnoasă concentrată în trunchiuri, fiind echivalentul a aproximativ **1 016 m³**, folosind o densitate medie a gorunului viu de **0,73 t/m³**.

Cei mai înalți zece arbori din parcelă cumulează împreună în jur de **33,4 tone** de masă lemnoasă, adică aproximativ **4,5%** din totalul volumului estimat, ceea ce indică o distribuție dezechilibrată a exemplarelor dominante.

La un preț orientativ de **700 RON/m³**, valoarea de piață a masei lemnoase comerciale se ridică la **≈ 711 200 RON** (aproximativ **142 240 EUR**), în cazul unei exploatare complete.

Din totalul de biomasă, se estimează că sunt fixate în jur de **520 de tone de carbon**. Aplicând factorul de conversie standard (3,67), aceasta corespunde la aproximativ **1 908 tone de CO₂** deja stocate în trunchiuri, crengi și frunziș.

În condițiile climatice și silvice ale zonei temperate, o pădure matură de gorun poate fixa anual în jur de **2–4 tone de carbon/hectar**, echivalentul a **7–15 tone CO₂/hectar/an**. Astfel, parcela analizată are un potențial de absorbție anuală estimat între **77 și 165 tone CO₂**, în condiții optime.

Analiza a evidențiat o structură neomogenă a arboretului, cu goluri semnificative în coronament și aglomerări în anumite sectoare. Aceste caracteristici indică posibile intervenții anterioare (rărituri sau exploatare selective) și sugerează o regenerare naturală activă, dar neuniformă.



Contextul proiectului

Aria forestieră studiată este situată pe coama sud-sud-vestică a unui versant din zona de munte. Altitudinea la limita inferioară a ariei silvice este de 717 m, iar la limita superioară atinge 997 m.

Perimetrul cadastral formează un patrulater cu laturile de 218,5 m, 515,4 m, 201,9 m și 518,1 m, corespunzător unei suprafețe plane aproximative de **11,13 hectare** consemnată în Planul de Situație.

Figura 1 – Localizarea pădurii pe teritoriul României





Substratul prezintă un procent ridicat de rocă, specific platourilor montane din Apuseni, iar solul este scheletic, adică stratul de sol fin este subțire și pietros, cu drenaj rapid și fertilitate redusă. Vegetația este dominată de gorun (*Quercus petraea*). La data observațiilor, 19 iulie 2025, frunzișul era matur, iar activitatea cambială se afla în fază de diminuare după primul val de creștere.

Scopul proiectului a fost identificarea arborilor din aria de interes și realizarea de estimări volumetrice, utilizând tehnologia LiDAR. În cadrul implementării, accentul a fost pus pe procesarea avansată a datelor pentru identificarea posibilelor defrișări ilegale, prin detectarea și cuantificarea golurilor din coronament. Prin repetarea periodică a scanărilor LiDAR și compararea seriilor temporale se urmărește monitorizarea continuă a fondului forestier, prevenirea sustragerii de material lemnos și fundamentarea deciziilor în managementul durabil al pădurii.

Figura 2 – Localizarea pădurii pe versant





Detectarea tăierilor ilegale

Cu ajutorul tehnologiei LiDAR aeropurtată, integritatea masei lemnoase din zona de interes va fi supravegheată prin campanii aeriene repetitive, programate la intervale constante și, pe cât posibil, în aceeași perioadă fenologică a fiecărui an. Menținerea neschimbată a parametrilor de zbor (altitudine, viteză, densitatea impulsurilor și suprapunerea traiectoriilor) permite compararea directă a norilor de puncte generați la date diferite.

Pentru fiecare zbor se va calcula un **CHM** (Canopy Height Model), iar suprapunerea a două CHM-uri succesive va evidenția golurile nou apărute în coronament, semn al exploatărilor neautorizate. Procedura va localiza precis tăierile ilegale, inclusiv pe cele de mică amploare, oferind proprietarului și autorităților un instrument de intervenție rapidă.

Figura 3 – Trunchiul unui arbore tăiat ilegal





Tehnologia utilizată

Colectarea norului de puncte LiDAR a fost realizată cu o dronă DJI Matrice 210 V2 echipată cu un sistem CHCNAV Alpha Air 450 și cu o cameră fotogrametrică de 26 megapixeli. Poziționarea centimetrică a platformei și sincronizarea impulsurilor laser au fost asigurate printr-o stație GNSS (Global Navigation Satellite System) în regim PPK (Post-Processed Kinematic) instalată la sol.

Senzorul LiDAR Alpha Air emite până la 720 000 de impulsuri laser pe secundă. Fiecare impuls este reflectat de suprafața întâlnită, iar timpul de întoarcere este convertit în coordonate tridimensionale. În funcție de altitudinea și viteza de zbor, densitatea rezultatului depășește câteva mii de puncte pe metru pătrat, generând un nor suficient de dens pentru a descrie relieful, vegetația și obiectele de la sol cu precizie centimetrică.

Spre deosebire de fotogrametria aeriană, care deduce geometria scenei din imagini, scanarea LiDAR captează direct distanța, permițând identificarea individuală a arborilor chiar și sub coronament dens.

Figura 4 – Imagine cu senzorul Alpha Air 450 montat sub drona Matrice 210 V2





Colectarea datelor

Misiunea aeriană a fost planificată în detaliu, iar pentru executarea ei au fost obținute toate autorizațiile obligatorii: acordul Autorității Aeronautice Civile Române (AACR), avizul Ministerului Apărării Naționale (MApN) și permisiunea Bazei Aeriene 71 Câmpia Turzii, care instituisse o zonă NOTAM (Notice to Air Missions) în ziua zborului.

Traiectul dronei a fost calculat pe baza coordonatelor din Planul de Situație, rezultând un zbor autonom de aproximativ 12 minute, la 80 m deasupra solului, cu viteză constantă față de sol de 3 m/s și o suprapunere laterală de 50%. Configurația a permis ca fiecare porțiune a perimetrului să fie scanată de mai multe fascicule laser, dublând densitatea punctelor și, implicit, acuratețea modelului 3D.

Figura 5 – Traiectoria misiunii de zbor autonom





După aterizare, datele brute au fost descărcate și trecute printr-un flux de filtrare, georeferențiere și fuziune, la capătul căruia s-a obținut un nor de puncte cu precizie centimetrică, pregătit pentru prelucrările forestiere ulterioare (volum lemnos, densitate și distribuție a arborilor).

Pentru calibrarea modelului de calcul au fost selectați 39 de arbori reprezentativi; circumferințele lor au fost măsurate manual la 1,30 m de sol, iar vârfurile au fost extrase din norul de puncte. Corelarea diametrelor reale cu înălțimile derivate LiDAR a permis ajustarea parametrilor aplicației de calcul. Software-ul utilizat, fundamentat pe studii științifice internaționale și recomandat de U.S. Forest Service, estimează masa lemnoasă individuală în funcție de specie, date LiDAR și măsurători manuale.

Exactitatea numărului de arbori și a localizării lor a fost verificată suplimentar printr-o inspecție vizuală pe sectoare restrânse, folosind norul de puncte și ortofotoplanul; abaterile constatate fiind în limite acceptabile.

Figura 6 – Măsurarea circumferinței trunchiului arborelui, la 1,3m de sol



Rezultate





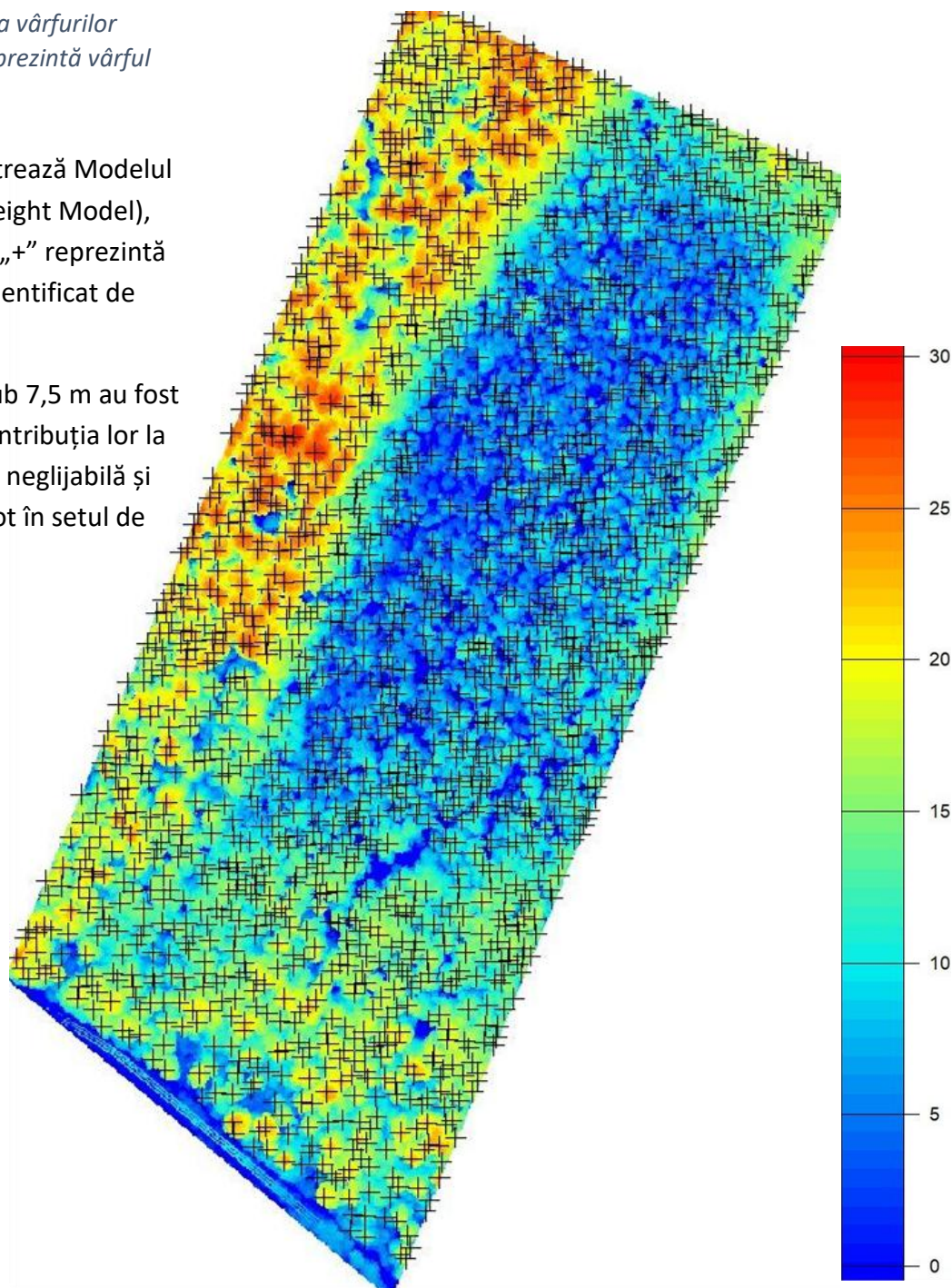
Structura arboretului

Inventarul LiDAR, confirmat prin măsurători de teren, a identificat **1 784** de arbori în interiorul perimetrului. Înălțimile variază între **7,69 m** și **30,32 m**; diferența de aproape **22 m** reflectă o stratificare verticală pronunțată. Arborii cei mai înalți reprezintă clasa dominantă matură, iar exemplarele sub 9 m indică regenerarea naturală instalată sub coronament.

Figura 7 – Identificarea vârfurilor arborilor. Fiecare + reprezintă vârful unui arbore

Figura alăturată ilustrează Modelul Canopiei (Canopy Height Model), unde fiecare simbol „+” reprezintă vârful unui arbore identificat de algoritm.

Arborii cu înălțimi sub 7,5 m au fost excluși, deoarece contribuția lor la masa lemnoasă este neglijabilă și pot introduce zgomot în setul de date.



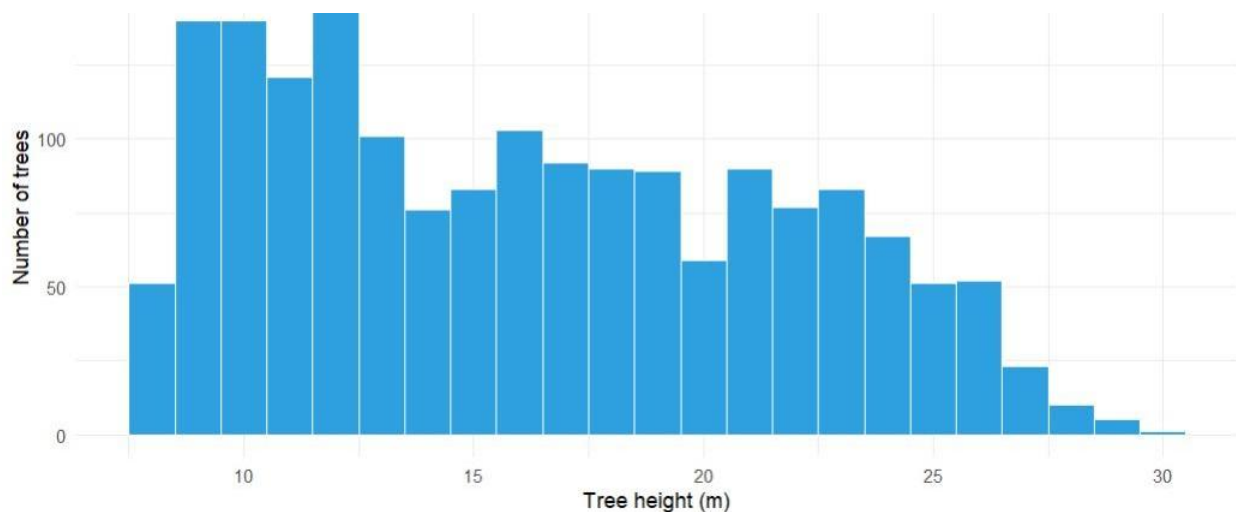


În ceea ce privește înălțimile arborilor, observând graficul de mai jos, intervalul cu cei mai mulți indivizi se situează între 9 m și 13 m, cu valoare modală la 12 m. Înălțimea medie, de 16,13 m, reflectă o clasă dominantă aflată la 70–90 de ani, conform discuțiilor avute.

Curba distribuției nu urmează forma gaussiană anticipată pentru un arboret matur: se observă o acumulare pronunțată de indivizi sub 13 m, hiaturi la 14–15 m și în jurul valorii de 20 m, precum și o prezență relativ redusă a arborilor foarte înalți.

Acest profil **poate indica extragerea selectivă anterioară a unor exemplare dominante** și, totodată, sugerează un front activ de regenerare naturală sub coronamentul rărit.

Figura 8 – Distribuția arborilor în funcție de înălțime





În cadrul suprafeței analizate de **11,04 ha** au fost delimitate **trei arii** cu specific silvic diferit.

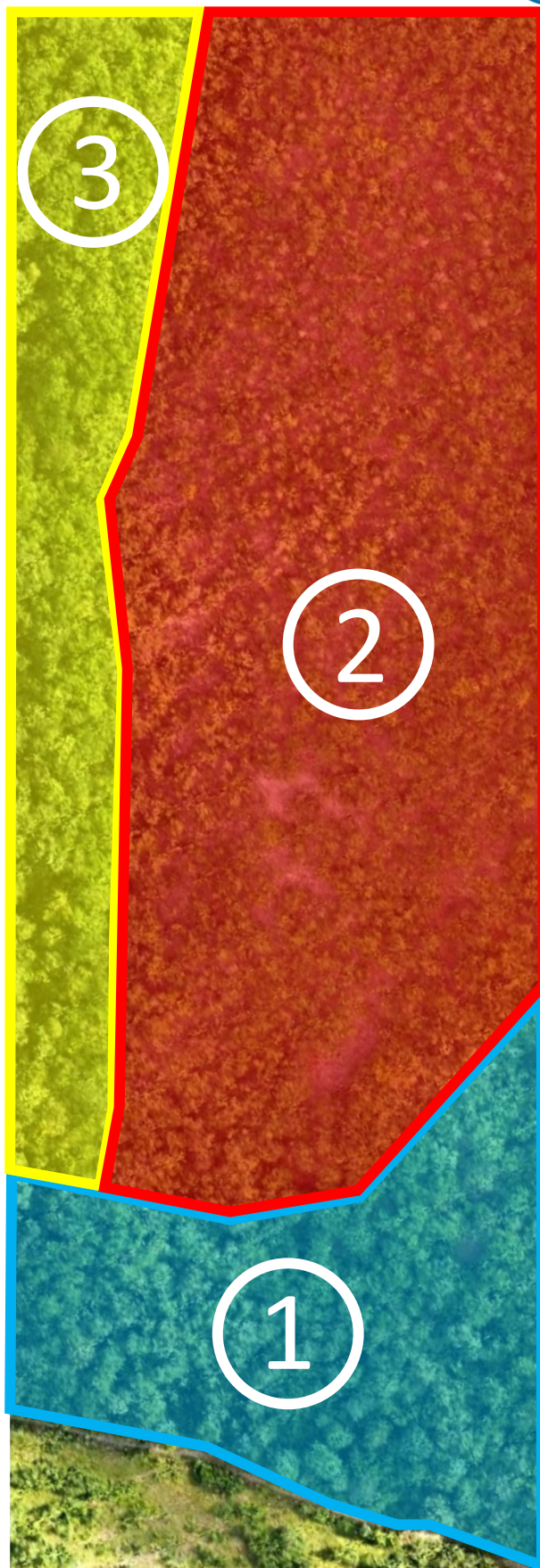
Particularitățile lor de structură (densitate, înălțime, stadiu de dezvoltare) se reflectă în volume distincte ale masei lemnoase, astfel:

Aria 1 este zona din care a fost analizat eșantionul de 39 de arbori; înălțimi de până la ~25 m, densitate medie; prezența cioatelor indică defrișări/exploatări anterioare.

Aria 2 prezintă arboret rar și relativ scund, situat pe un versant abrupt și stâncos, cu ancorare precară în sol; arborii sunt rari și nu au atins maturitatea.

Aria 3 are cea mai mare densitate și cele mai mari înălțimi; arboret estimat ca fiind matur.

Figura 9 – Diferențierea celor 3 arii diferite din punct de vedere al caracteristicilor silvice





Analiza spațială a norului de puncte relevă, de asemenea, **existența unor goluri izolate în coronament**, cel mai probabil rezultate ca urmare a unor tăieri efectuate anterior în interiorul perimetrului.

Figura 10 – Identificarea golurilor din coronament. Nu sunt considerate și cele din aria 2, care ar putea fi cauzate de condițiile solului sau înclinarea terenului

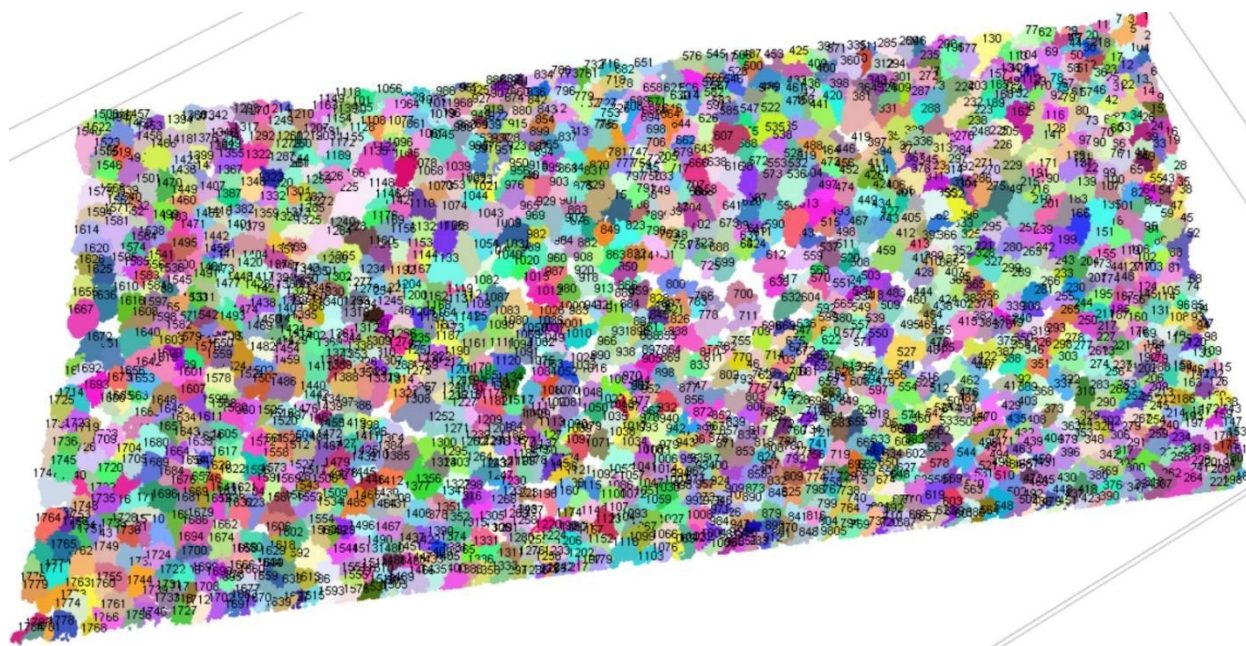




Puterea analizei pe bază de date LiDAR stă în **individualizarea fiecărui arbore** din zona de interes, **atribuirea datelor** și **efectuarea de calcule** asociate arborelui. Această metodă duce la estimări mult mai precise decât clasicele calcule alometrice efectuate prin extrapolarea unor măsurători restrânse.

În figura de mai jos se pot observa **arborii izolați** și numerotați.

Figura 11 – Izolarea arborilor individuali din scanarea LiDAR



Graficul de mai jos (următoarea pagină) ilustrează distribuția arborilor într-o zonă împărțită în pătrate de latură de 5 metri (suprafață de 25 m² fiecare). Codul de culoare utilizat reflectă densitatea vegetației astfel:

- **Negru** – zone cu **trei arbori** (trunchiurile apropiate sau cu mai mulți lăstari sunt tratate ca un singur exemplar);
- **Galben** – zone cu **doi arbori**;
- **Verde** – zone cu **un singur arbore**;
- **Alb** – zone **fără arbori**.



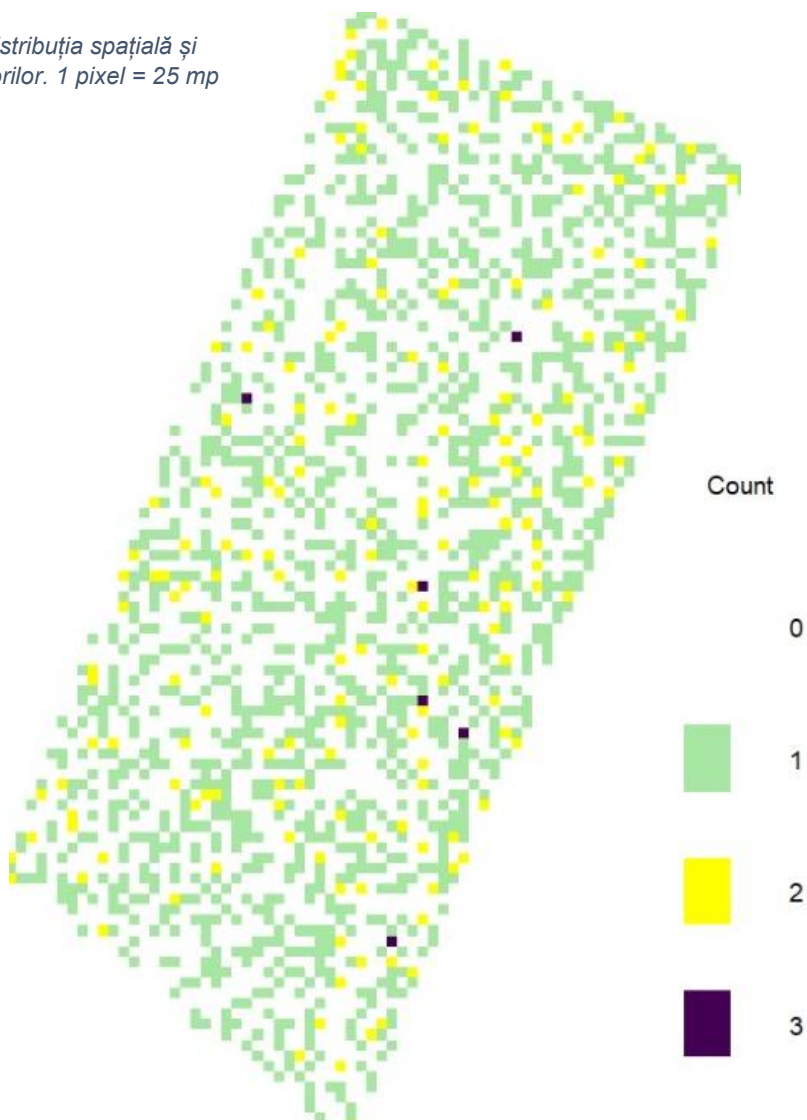
Zonele colorate în negru și galben indică o competiție ridicată între arbori pentru lumină, apă și nutrienți. În aceste cazuri, se pot recomanda **lucrări de rărire**, pentru a stimula dezvoltarea arborilor dominanți și a îmbunătăți starea generală a arboretului.

În contrast, zonele albe reprezintă **goluri vegetale**, care pot acționa ca **ferestre de lumină**, favorizând regenerarea naturală sau marcând porțiuni afectate de căderi de arbori ori de intervenții silvice anterioare.

Este important de menționat că, în etapa de post-procesare, au fost excluse din analiză toate formațiunile vegetale cu înălțimi sub 7.5 m. Totuși, unele dintre aceste elemente pot fi prezente în cadranele albe.

Monitorizarea periodică a acestor spații este esențială, oferind informații valoroase despre succesul regenerării și dinamica ecosistemului forestier.

Figura 12 – Distribuția spațială și densitatea arborilor. 1 pixel = 25 mp





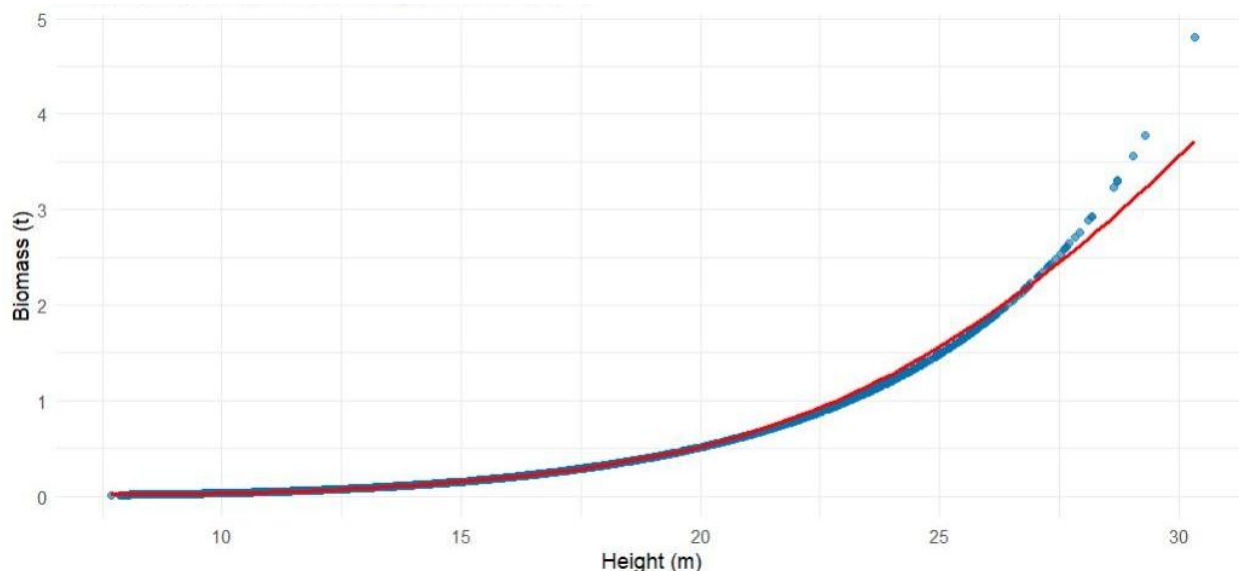
Masa lemnoasă

Estimarea volumului lemnos cu potențial comercial și a biomasei aeriene s-a realizat pe baza măsurărilor LiDAR, corelate cu înălțimea arborilor și cu diametrul la înălțimea de 1,30 m (DBH). După selectarea eșantionului de referință, arborii respectivi au fost utilizați drept „ancore” pentru recalibrarea diametrelor exemplarelor rămase¹, derivate din norul de puncte, prin coeficienți alometrici documentați în literatura de specialitate pentru *Quercus petraea*.

Pornind de la înălțimea extrasă din LiDAR și de la diametrul estimat, a fost calculat volumul fiecărui arbore, transpus apoi în biomasa aeriană prin aplicarea unei densități medii a gorunului de 730 kg/m³. Se subliniază că, în analiza de față, a fost cuantificat exclusiv volumul cilindric al trunchiului, sub scoarță.

Graficul de mai jos evidențiază o relație de tip potență între înălțime și masa lemnoasă până în jurul pragului de 25 m, punct dincolo de care creșterea axială încetinește, iar arborele orientează resursele către expansiunea coronamentului și acumularea suplimentară de biomasă. Panta regresiei pentru intervalul 20–25 m indică faptul că, statistic, fiecărei creșteri de 5 m în înălțime îi corespunde aproximativ 1 t de lemn.

Figura 13 – Relația dintre înălțimea arborilor și cantitatea de biomasă



¹ Este important de menționat că estimarea diametrului la înălțimea standard de 1,30 m (DBH) se bazează pe un eșantion de 39 de arbori, **apreciat ca fiind reprezentativ pentru întreaga suprafață integral**. Cu alte cuvinte, diametrul arborilor calculat ca funcție de înălțimea măsurată se bazează pe raportul din eșantionul măsurat.

Totuși, particularitățile fiecărei arii pot genera abateri: arborii din zonele 2 și 3 pot înregistra diametre reale diferite de valorile modelate, în funcție de structura arboretului și de condițiile locale de vegetație.



Curba a fost normalizată pe mediană pentru a atenua influența valorilor extreme, iar eroarea de estimare la nivel de arbore pentru pădurile de gorun investigate, în condițiile metodologiei prezentate, se situează la $\pm 10\%$.

În perimetrul analizat, campionul parcelei atinge o masă aeriană de **$\approx 7,3$ tone, dintre care $\approx 4,8$ tone concentrate în trunchi. Masa totală de biomasă a pădurii, stocată de cei 1 784 de arbori, este de **1,107 tone**, dintre care **742 de tone reprezintă masa trunchiurilor**, ce ar putea fi transformată efectiv în bușteni.**

Figura 14 – Primii 10 arbori după masa de lemn

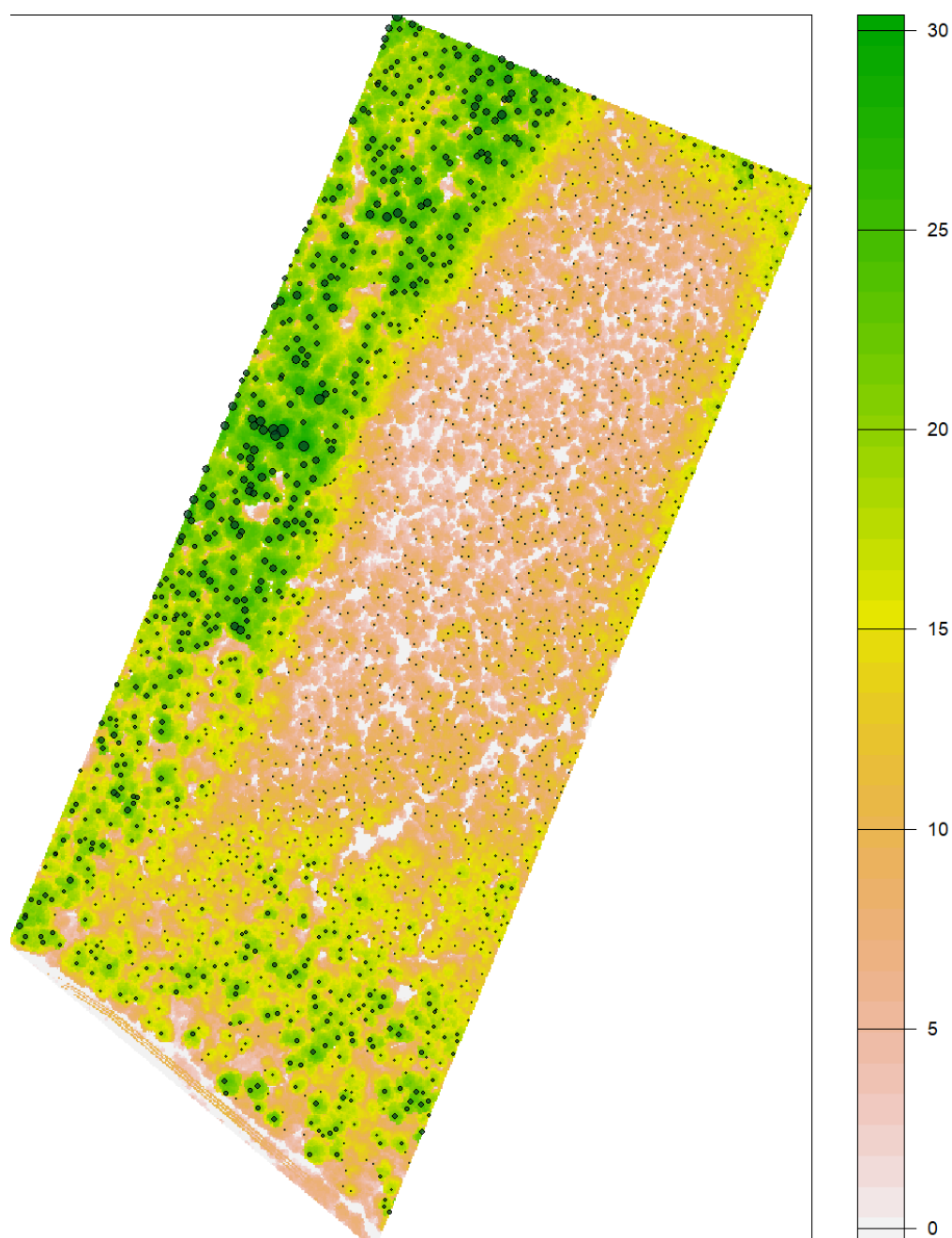
Tree ID	Height (m)	Diameter (cm)	Total Biomass (Kg)	Trunks mass (Kg)	Trunks volume (m3)
585	30.32	68.01	7,323.04	4,809.42	6.59
535	29.30	65.83	5,693.03	3,771.15	5.17
607	29.05	65.30	5,366.03	3,560.81	4.88
591	28.72	64.58	4,964.65	3,301.62	4.52
583	28.70	64.55	4,947.83	3,290.74	4.51
1	28.63	64.39	4,862.60	3,235.55	4.43
71	28.17	63.42	4,385.36	2,925.54	4.01
232	28.17	63.42	4,384.77	2,925.16	4.01
718	28.11	63.29	4,325.38	2,886.46	3.95
567	27.92	62.88	4,141.47	2,766.47	3.79



Graficul de mai jos prezintă **distribuția biomasei** pe suprafața studiată, calculată în funcție de **înălțimea arborilor**, de **diametrul trunchiului** și de **anvergura coroanei**.

În sectorul estic al perimetrului se remarcă o zonă largă (aproximativ 50% din suprafața terenului) cu volum lemnos foarte redus; cauza nu este clară – situația ar putea fi explicată fie prin substratul pietros care limitează creșterea arborilor, fie prin efectele unei exploatare anterioare.

Figura 15 – Distribuția biomasei în aria studiată





Stocul de carbon

Stocul de carbon (sau „rezerva de carbon”) reprezintă cantitatea de carbon fixată în biomasă – trunchiuri, crengi, frunze, rădăcini – precum și în sol și în necromasă (lemn mort).

- **Cum se formează?** Prin fotosinteză, arborii extrag dioxid de carbon (CO_2) din atmosferă; circa 47% din masa uscată a lemnului este carbon pur.
- **De ce contează?** Cu cât pădurea acumulează mai multă biomasă, cu atât reține mai mult carbon, reducând concentrația de CO_2 din aer și temperând schimbările climatice.

Cum se estimează? Silvicultorii pornesc de la masa lemnoasă (tone de biomasă vie) și o înmulțesc cu factorul de conversie 0,47 – 0,50 pentru a obține stocul de carbon. De pildă, un arbore cu 6 tone de lemn stochează aprox. 2,8–3 tone de carbon. Astfel, parcela analizată ce conține 1,107 tone de biomasa aeriană în arbori de cel puțin 7m înălțime, stochează aproximativ 520 de tone de carbon.



Concluzii și direcții de management

Scanarea aeriană LiDAR a permis obținerea unei imagini detaliate asupra structurii și stării actuale a pădurii din Valea Vadului, pe o suprafață de **11,13 ha**. Informațiile rezultate ar fi dificil de colectat prin metode tradiționale, mai ales în astfel de zone cu acces limitat. Principalele concluzii sunt:

- **Suprafața reală** a parcelei este de **11,13 ha**
- **Densitatea arborilor** este semnificativ mai scăzută față de zonele adiacente, ceea ce poate indica atât intervenții anterioare, cât și particularități ale substratului.
- Pădurea poate fi împărțită în **trei zone distincte** din punct de vedere structural:
 - **Aria 1** – densitate medie, arbori până la 25 m, cu urme evidente de exploatare anterioare (cioate).
 - **Aria 2** – arboret rar și scund, situat pe versant abrupt și stâncos; arborii sunt tineri, cu posibilă ancorare slabă în sol.
 - **Aria 3** – zonă cu cea mai mare densitate și înălțimi, indicând un arboret matur.

Lipsa de omogenitate poate avea cauze naturale (sol pietros, pantă), dar și antropice (tăieri selective, regenerare necontrolată). La inspecția de teren au fost identificate numeroase cioate, ceea ce susține ipoteza unor intervenții silvice în trecut. Regenerarea naturală pare să fi avut loc în mod spontan, fără control asupra structurii și diversității genetice.

În ceea ce privește intervențiile viitoare:

- **Panta accentuată** face dificilă mecanizarea lucrărilor. Datorită dimensiunii reduse a suprafeței, **instalarea unui sistem funicular sau Skyline nu este rentabilă** economic.
- Cea mai eficientă metodă rămâne **doborârea direcționată în aval și târârea buștenilor** pe culoare scurte, cu trolii portabile, pentru a reduce impactul asupra solului și riscul de eroziune.
- Lucrările de **marcare și rărire** sunt recomandate în **luna iulie**, când tensiunile interne din arbori sunt moderate, reducând riscul de crăpare a lemnului.
- **Monitorizarea post-exploatare** este esențială. Zborurile periodice cu dronă (la fiecare 1–3 ani) vor permite evaluarea volumelor forestiere, urmărirea proceselor de regenerare și identificarea eventualelor tăieri ilegale.



- Este recomandată **comunicarea rezultatelor autorităților silvice locale**, pentru o mai bună supraveghere și aplicare a măsurilor de pază, în special în contextul semnalelor de intervenții neautorizate.

Prin implementarea acestor recomandări și menținerea unei monitorizări continue, parcela poate fi gestionată durabil, cu beneficii pe termen lung atât din punct de vedere economic, cât și ecologic.

Contact

contact@scanarecudrona.com

+4 0723 253 910

www.scanarecudrona.com

