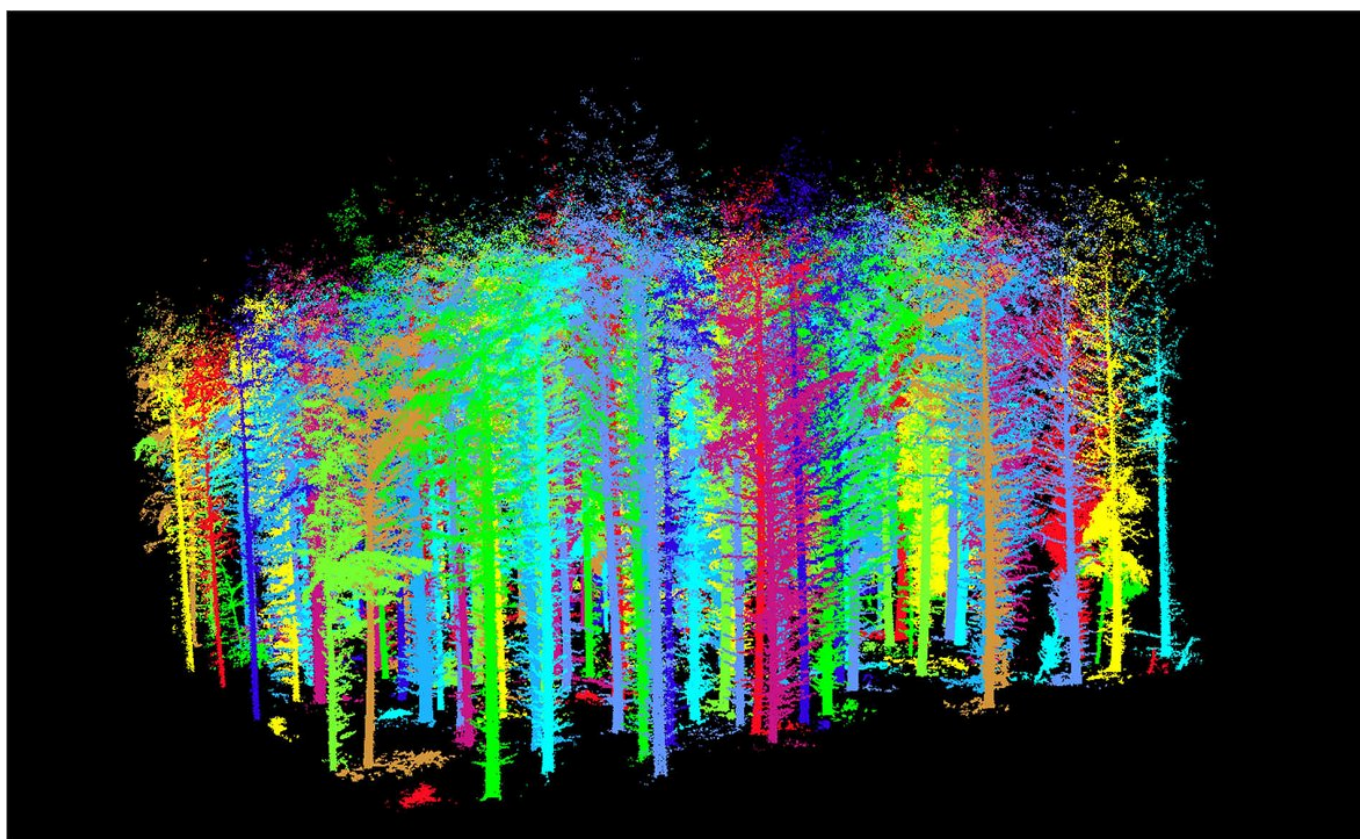


Razvoj marteloskopa za ocenjevanje biotske raznovrstnosti in lesne zaloge s pomočjo digitalnega dvojčka

Latvijsko logistično združenje (Latvian Logistic Association)

Objavljeno na spletu 05.05.2025 (<https://doi.org/10.20315/IG.2025.0023>)



Operativne skupine (OS) v gozdarskem in kmetijsko gozdarskem sektorju imajo ključno vlogo pri spodbujanju inovacij na ravni EU. Razširjajo rezultate dejavnosti in inovacij OS v druge države EU v okviru projekta FOREST4EU (<https://www.forest4eu.eu/>), ki ga financira program Obzorje Evropa.

Italijanska operativna skupina BIOSEIFORTE je predstavila svojo inovacijo – razvoj marteloskopa za ocenjevanje biotske raznovrstnosti in lesne zaloge s pomočjo digitalnega dvojčka.

Uporabljen je bil eksperimentalni marteloskop, pri katerem so bila drevesa zajeta s snemanjem s prenosnim laserskim skenerjem Geoslam ZEB, kar je omogočilo poustvaritev 3D digitalnega dvojčka. Za vsako od zajetih dreves, ki so bila del marteloskopa, so bili nato s klasičnimi metodami meritev pridobljeni drevesni mikrohabitati. To je omogočilo pridobitev indeksa potencialne biotske raznovrstnosti (IBP) za vsako posamezno drevo, in hkrati uvedbo kvantifikacije biotske raznovrstnosti v gozdnogojitvene načrte. Hkrati bi uporabnikom „gozdne učilnice“ lahko zagotovili podatke ne le v zvezi s proizvodno funkcijo gozdov (lesna zaloga), temveč tudi gozdnogojitvenimi ukrepi, ki upoštevajo parametre biotske raznovrstnosti. Na terenu je bilo na površini enega hektarja bukovega sestoja vsako posamezno drevo oštevilčeno, izmerjeno (višina debla in višina drevesa) in georeferencirano, izračunani podatki o prostornini in položaju drevesa pa so bili zapisani v posebno programsko opremo. Poleg tega je bila pri vsakem posameznem drevesu ali panju preverjena prisotnost votlin in razpok v deblu in na vejah, ki lahko predstavljajo mikrohabitatske za različne rastlinske in/ali živalske vrste in s tem povečujejo ekosistemsko vrednost sestoja z vidika biotske raznovrstnosti.

Marteloskop je površina gozda, navadno velikosti enega hektara, v kateri so za vsako prisotno drevo ugotovljeni različni parametri: lokacija (georeferenca), dendrometrične lastnosti (premer in obseg debla, višina drevesa itd.), rast in razvoj drevja, vloga v sestoji, ekološki pomen itd. Marteloskop je torej določena površina v gozdu, na kateri so popisana in oštevilčena vsa drevesa in predstavlja »učilnico na prostem«, ki se lahko uporablja za usposabljanje študentov in gozdarskih tehnikov za simulacijo specifičnih gozdnogojitvenih posegov. Predstavlja potencialno orodje za ozaveščanje o različnih načinih gospodarjenja z gozdovi in o ohranjanju biotske raznovrstnosti ter blaženju vpliva podnebnih sprememb.

Prvi evropski marteloskopi so bili zasnovani v Franciji v devetdesetih letih dvajsetega stoletja. Zdaj so prisotni na Južnem Tirolskem, v Lombardiji, Toskani in Apuliji ter se uporabljajo v različnih evropskih projektih, kot so projekti LIFE (GoProFor in SelPiBioLife) Erasmus+ (Hammer) in prav tako BIOSEIFORTE operativna skupina v Italiji. Zahvaljujoč se uporabi teh »učilnic na prostem« lahko udeleženci usposabljanja takoj pridobijo – tudi z uporabo programske opreme, povezane z marteloskopom – podatke o simuliranem posegu v kvantitativnem smislu. Ti podatki vključujejo grafične prikaze, na katerih lahko takoj preverijo rezultate svojih odločitev – tako z vidika upravljanja kot ekonomike.

Na splošno mora imeti marteloskop lažjo dostopnost, biti mora reprezentativen in omogočati mora dolgoročne možnosti spremljanja in opazovanja razpoložljivih informacij o preteklih ukrepih v gozdu. Vsa drevesa morajo biti oštevilčena, medtem ko se naravna obnova ocenjuje na vidnih notranjih območjih. Za vzpostavitev marteloskopa je zelo pomembno, da je opravljena zgodovinska raziskava o preteklih ukrepih, da bi ugotovili morebitne pretekle motnje, kot so vetrolomi, gozdna paša, požari itd.

Gozdar ali študent gozdarstva lahko na podlagi podatkov, zbranih na terenu, simulira „virtualni udarec kladiva“, tj. praktično simulacijo predlaganih gozdnogojitvenih ukrepov, in nato grafično ponazori sestoje pred ukrepom in po njem ter izračuna intenzivnost sečnje, spremembo strukture sestoja, količino posekanega drevja itd.

Glavni cilj marteloscopa je „učenje in spoznavanje“ različnih vrst gozdnogojitvenih ukrepov s pomočjo:

- analize strukture gozda (vrstna sestava, gostota dreves, temeljnica, lesna zaloga, stopnja zastrtosti tal itd.);
- izbiro dreves za gozdnogojitveni ukrep in spoznavanja možnih eksperimentalnih metod;
- zavedanjem, da biotska raznovrstnost in ekološka funkcija gozdov vplivata na izbiro gozdnogojitvenih ukrepov.

Z marteloscopi je mogoče tako prikazati praktične gozdnogojitvene posege, kot tudi primerjati različne posege, opazovati njihove dolgoročne učinke, spremljati obnovo gozda, ugotavljati morebitne vzroke propadanja, proučevati kompeticijo in izračunati vrednost gozdnega sestoja glede na razmerje med stroški in koristmi.

Z razvojem tehnologije in tehnik digitalizacije, namenjenih ustvarjanju 3D modelov na podlagi meritev na terenu, je mogoče rekonstruirati 3D modele območja, ki nas zanima in tako ustvariti digitalni marteloskop. Zlasti terestrični LiDAR sistemi zbirajo velike količine podatkov, od deset tisoč do milijard 3D-točk na preučevanem območju, s katerimi se določi prostor preučevanega območja.

Lasersko skeniranje, znano tudi kot LiDAR (Light Detection and Ranging), je tehnologija, ki pri daljinskem zaznavanju za merjenje razdalj do predmetov ali površin uporablja laserske impulze. Tehnologijo se uporablja na različnih področjih, kot so gozdarstvo, urbanizem, arheologija in spremljanje okolja.

V gozdarstvu ima lasersko skeniranje ključno vlogo pri gozdni inventuri in upravljanju gozdov. Terestrični laserski skenerji (TLS) se uporabljajo za zbiranje podrobnih podatkov o strukturi gozdov, vključno z velikostjo in obliko dreves, gostoto dreves in obliko površja. Ti podatki se nato uporabijo za izdelavo natančnih 3D-modelov gozdnih območij, ki so gozdarjem v pomoč pri sprejemanju premišljenih odločitev o gospodarjenju z gozdovi, kot so sečnja, prizadevanja za ohranjanje gozdov in ocenjevanje vitalnosti gozdov.

Sistemi TLS so zmožni hitrega in natančnega zbiranja velikih količin podatkov ter zagotavljajo natančne meritve premera, višine in oblike krošenj dreves. Te informacije so bistvene za ocenjevanje zalog ogljika v gozdu, biotske raznovrstnosti in zdravja ekosistemov.

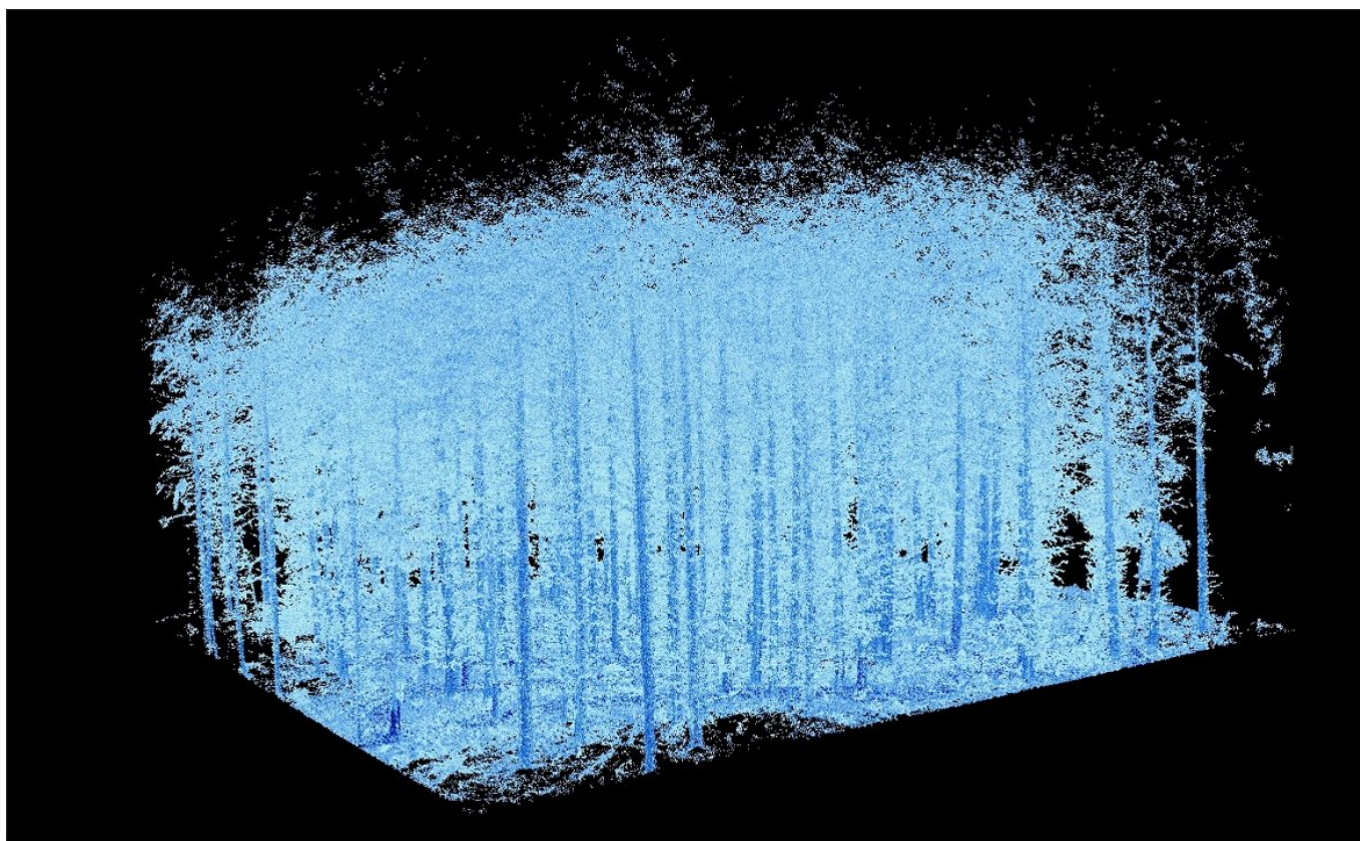
Na splošno je tehnologija laserskega skeniranja revolucionarno spremenila gozdarske prakse, saj zagotavlja podrobne in natančne podatke, ki jih je bilo prej težko ali pa časovno potratno pridobiti. Poleg tega je tehnologija znatno pripomogla k naši sposobnosti razumevanja gozdnih ekosistemov in njihovega trajnostnega upravljanja.

Pri spremljanju gozdov lahko terestrični laserski skener (TLS) hitro in samodejno zbere velike količine podatkov s centimetrsko ločljivostjo. Namen uporabe TLS je izboljšati učinkovitost zbiranja podatkov z nadomeščanjem cenovno dragih ročnih terenskih meritev; zato so bili terestrični laserski skenerji uporabljeni za zbiranje dendrometričnih spremenljivk, kot so DBH (premer drevesa na višini 1,30 m (prsni višini) nad tlemi), višina drevesa in skoraj natančen položaj drevesa. Študije, ki so jih leta 2014 izvedli Berger in sodelavci kažejo, da je za prsni premer in višino dreves značilna najmanj 5,6-

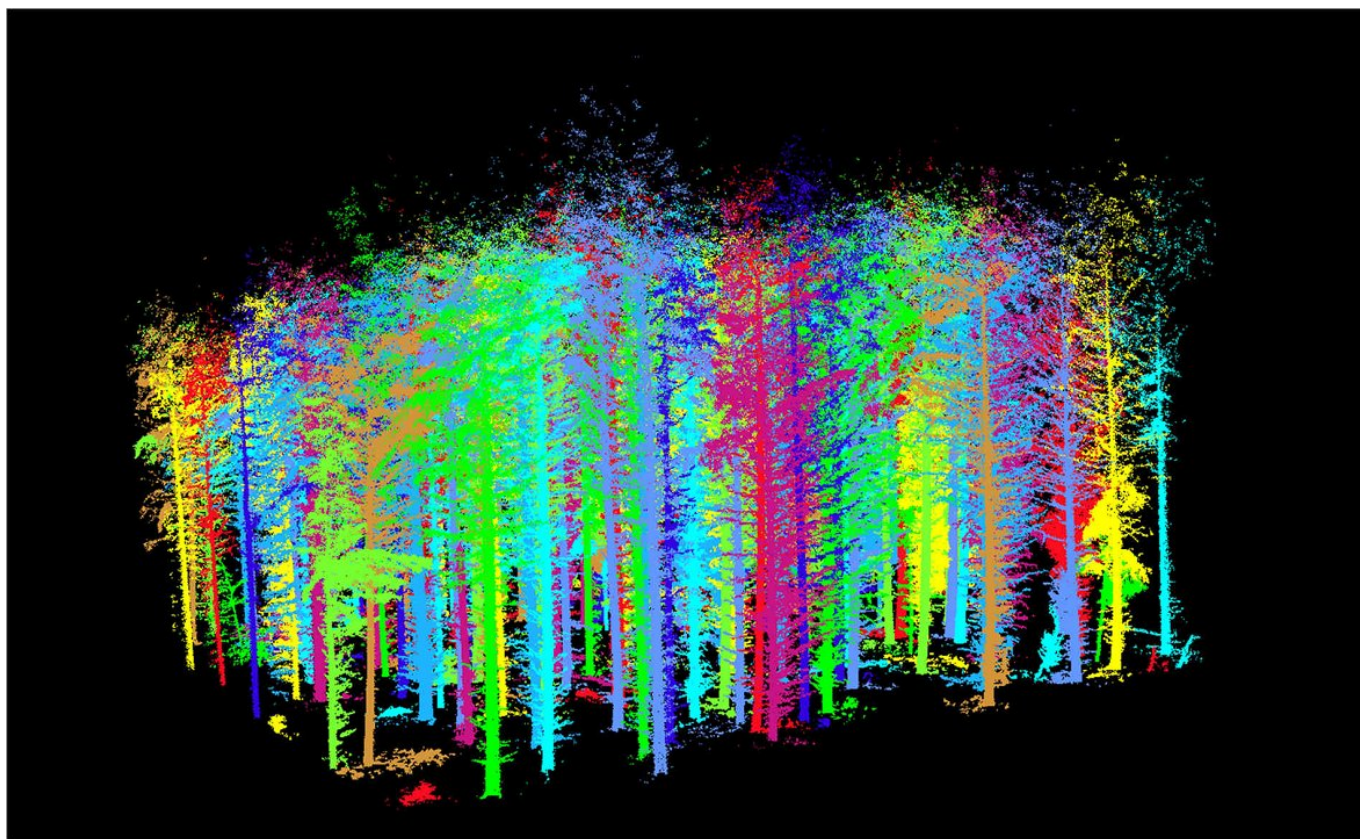
odstotna napaka pri TLS, medtem ko so ročne terenske meritve obremenjene z ocenjeno napako 26,4 %. Zato klasične metode za ocenjevanje lesne zaloge vključujejo nezanemarljive naključne napake.

Rezultat uporabe laserskega skenerja je oblak točk. Potrebno ga je ustrezno obdelati, da je mogoče s postopkom, imenovanim segmentacija, v oblaku točk prepoznati posamezna drevesa. Segmentacija se nanaša na pridobivanje profila vsakega posameznega drevesa iz oblaka točk, na podlagi katerega se pridobijo dendrometrični podatki. Poleg segmentacije posameznih dreves je drugi postopek, ki ga je treba optimizirati pri obdelavi oblaka točk, klasifikacija površja tal, ki je ključni vidik za celoten postopek obdelave gozdnih digitalnih dvojčkov. Kot je bilo poudarjeno v študiji Zhong in sodelavci, 2017, so modeli pogosto neuspešni zaradi nagnjenih dreves, prisotnosti grmovja in drugih občasno prisotnih predmetov.

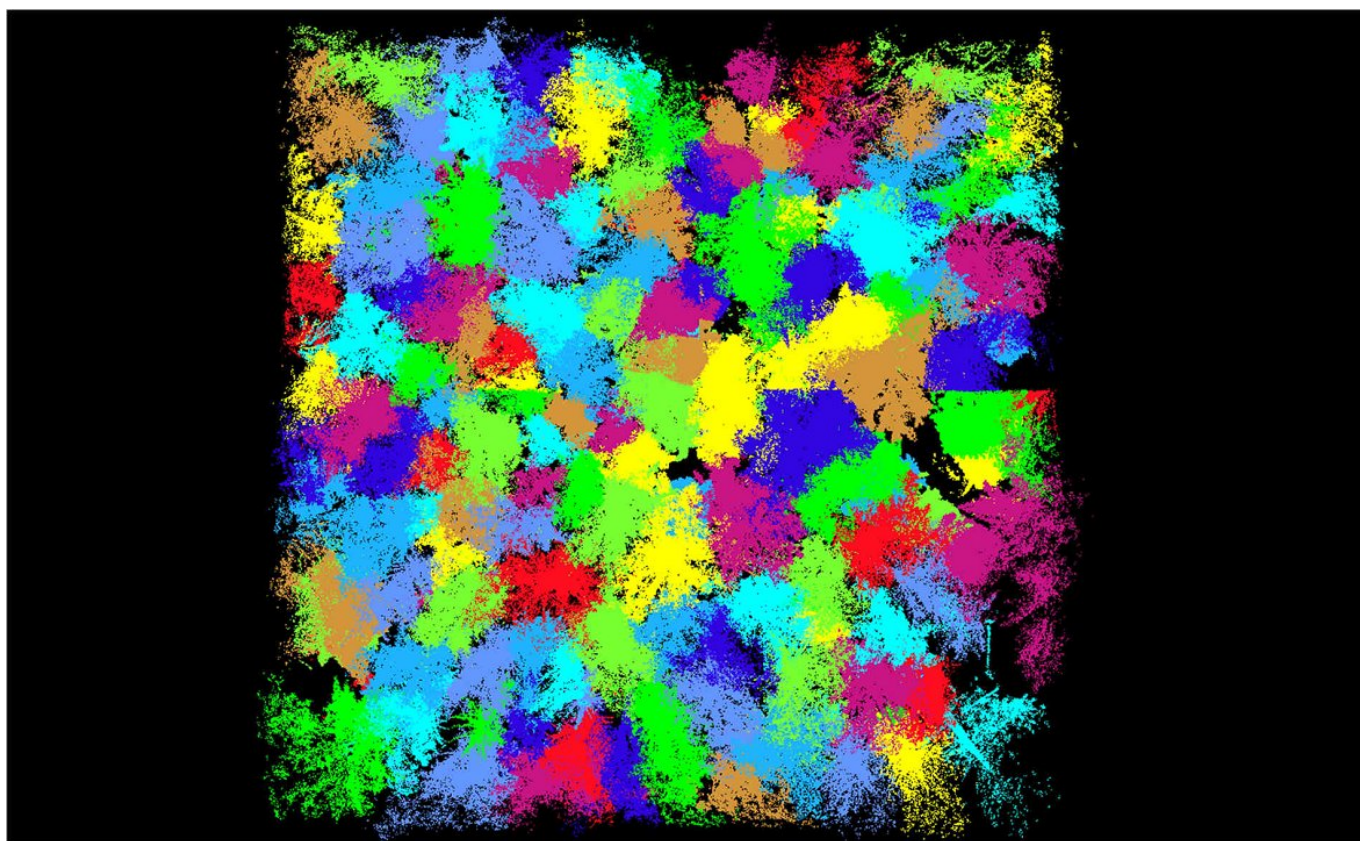
Pri analizi in spremljanju gozdov je vse bolj prisotna uporaba novih tehnologij. V gozdarstvu se vse bolj širi zlasti uporaba mobilnega LiDAR-ja. Ta omogoča znatno skrajšanje časa in stroškov raziskovanja, ter zagotavlja kakovostne in natančne podatke. Doslej se je tehnologija uporabljala predvsem v gradbenem in infrastrukturnem sektorju. Poleg tega sta spremljanje in količinska opredelitev sprememb v biotski raznovrstnosti na podlagi ukrepov, sprejetih s pomočjo marteloscopa, koristna dodana vrednost v prid trajnostnem gospodarjenju z gozdovi, izboljšanju ekosistemskih storitev in proizvodnim vidikom.



Slika 1: Pridobljeni oblak točk s 3D terestričnim laserskim skenerjem.



Slika 2: Segmentacija dreves, stranski pogled.



Slika 3: Segmentacija dreves, pogled iz ptičje perspektive.

Informacije in podatki iz podatkovne zbirke operativne skupine:

<https://www.innovarurale.it/it/pei-agri/gruppi-operativi/bancadati-go-pei/biodiversita-e-servizi-ecosistemi-foreste-e-territorio>

Gradivo je pripravilo Latvijsko logistično združenje (Latvian Logistic Association), partner projekta Forest4EU

Prevedli: Matevž Triplat, Špela Ščap in Žiga Lukančič