

Stručni rad
Professional paper

Ivan Balenović^{1*}, Andro Kokeza¹, Krunoslav Indir¹, Danko Kuric², Fran Domazetović³,
Ivan Marić³, Goran Tijan¹, Nikola Zorić⁴, Elvis Paladinić¹, Luka Jurjević⁵

PRVA GODINA PROJEKTA PRIMJENA TERESTRIČKOG LASERSKOG SKENIRANJA U PRECIZNOJ OPERATIVNOJ IZMJERI ŠUMA

SAŽETAK

Ovaj rad ima za cilj predstaviti projekt „Primjena terestričkog laserskog skeniranja u preciznoj operativnoj izmjeri šuma“ kojeg Hrvatski šumarski institut provodi u okviru Programa znanstveno-istraživačkog rada (ZIR-a) Hrvatskih šuma d.o.o. Glavni cilj projekta je detaljno istražiti mogućnost primjene tehnologije mobilnog ručnog laserskog skeniranja u uređajnoj inventuri šuma. U radu su detaljno opisane aktivnosti tijekom prve godine istraživanja.

Ključne riječi: mobilni ručni laserski skener; statički terestrički laserski skener; inventura šuma

¹ Hrvatski šumarski institut, Zavod za uređivanje šuma i šumarsku ekonomiku, Trnjanska cesta 35, 10000 Zagreb, Hrvatska

² Hrvatske šume d.o.o., Direkcija Zagreb, Ulica kneza Branimira 1, 10000 Zagreb, Hrvatska

³ Sveučilište u Zadru, Odjel za geografiju, Ulica Franje Tuđmana 24 i, 23000 Zadar, Hrvatska

⁴ Hrvatski šumarski institut, Zavod za zaštitu šuma i lovno gospodarenje, Cvjetno naselje 41, 10450 Jastrebarsko, Hrvatska

⁵ Geo Unit d.o.o., Stanka Vraza 8, 23000 Zadar, Hrvatska

* ivanb@sumins.hr

UVOD

U okviru jednogodišnjeg pilot projekta “Mogućnost primjene tehnologije ručnog laserskog skeniranja za procjenu drvene zalihe sastojina u glavnom prihodu (LASSCAN)” Programa znanstveno-istraživačkog rada (ZIR-a) Hrvatskih šuma d.o.o. koji je završio 31.12.2021. g. istražena je mogućnost primjene mobilnog ručnog laserskog skenera (RLS-a) novije generacije (ZEB-HORIZON) za procjenu drvene zalihe sastojina u glavnom prihodu (odsjek 20g, g. j. Pisarovinski lugovi). Dodatno je i preliminarno istražena mogućnost primjene RLS-a u operativnoj inventuri šuma na manjem broju primjernih ploha, odnosno na 6 primjernih ploha u mješovitoj srednjodobnoj sastojini hrasta lužnjaka (odsjek 47a, g. j. Jastrebarski lugovi). Pored RLS, u istraživanju je korišten i statički terestrički laserski skener (TLS). Naime, TLS podaci su zbog svoje visoke kvalitete korišteni kao referentni podatak za ispitivanje točnosti RLS podataka, ali i podataka dobivenih klasičnim terenskim mjerenjima (visina stabala izmjerena Vertex instrumentom).

Rezultati dobiveni u okviru navedenog pilot projekta ukazali su na veliki potencijal i mogućnosti primjene RLS-a u operativnom šumarstvu, ali i TLS tehnologije u pojedinim specifičnim zadacima. Istraživanjem je ukazano na brojne prednosti RLS tehnologije u odnosu na klasičnu terensku izmjeru. Primjerice, u odnosu na klasičnu terensku izmjeru RLS tehnologija pruža mogućnost podjednako točne procjene prsnog promjera i znatno veću točnost procjene visine stabala, te samim time i znatno veću točnost procijenjenog volumena stabala. Istraživanjem je ukazano i na vrlo visoku vremensku, a time i troškovnu učinkovitost izmjere korištenjem RLS tehnologije. Nadalje, u odnosu na klasičnu terensku izmjeru, RLS daje trajan i višestruko

provjerljiv zapis mjerenja. RLS podaci (oblaci točaka) omogućuju 3D vizualizaciju šumske sastojine, stabala, te vrlo detaljan i točan prikaz konfiguracije terena (pomoć pri planiranju gospodarskih zahvata, dinamičko praćenje biološkog razvoja sastojine, rasta i prirasta, itd.). Također, potrebno je imati i na umu konstantan razvoj i napredak RLS tehnologije. Primjerice, omogućena je integracija panoramske kamere sa skenerom, što omogućuje prikupljanje visoko-rezolucijskih 360° fotografija prostora, koje je moguće orijentirati u odnosu na sken. Na taj se način dobiva iznimno važna vizualna komponenta, što značajno doprinosi boljoj interpretaciji skenova te detekciji vrsta drveća.

Na temelju dobivenih rezultata u okviru pilot projekta te rezultata dosadašnjih istraživanja provedenih na Hrvatskom šumarskom institutu (Balenović i dr. 2020a, 2020b, 2021; Jurjević i dr. 2020, 2021; Liang i dr. 2022), dogovorena je suradnja novog, trogodišnjeg istraživanja kojemu je glavni cilj detaljno istražiti mogućnost primjene tehnologije RLS-a u uređajnoj inventuri šuma. Dodatni cilj projekta je istražiti mogućnosti statičkog TLS-a u operativnoj primjeni, tj. za direktnu procjenu volumena stabala i eventualnu izradu novih volumnih tablica. Na temelju prethodnih spoznaja, u provedbi glavnog cilja ovog istraživanja fokus je usmjeren na srednjodobne, starije i stare sastojine s jednodobnim načinom gospodarenja, i to prije svega na sastojine uređajnog razreda (UR) hrasta lužnjaka i UR obične bukve. Time će se obuhvatiti naše gospodarski najvažnije sastojine kao i sastojine na ravničarskom i na brežuljkastom odnosno brdskom terenu. Drugi, dodatni dio istraživanja (primjena TLS za direktnu procjenu volumena stabala) planira se također provesti u sastojinama UR hrasta lužnjaka i obične bukve. Osnovne informacije o projektu prikazane su u tablici 1.



Slika 1: Lijevo: statički terestrički laserski skener (TLS); desno: mobilni ručni laserski skener (RLS)

Tablica 1: Osnovne informacije o projektu

NAZIV	Primjena terestričkog laserskog skeniranja u preciznoj operativnoj izmjeri šuma
AKRONIM	LASSCAN-2
NARUČITELJ	Hrvatske šume d.o.o.
PROGRAM	Program znanstveno-istraživačkog rada (ZIR)
IZVRŠITELJ	Hrvatski šumarski institut
TRAJANJE	5.9.2022. – 31.10.2025.
PROJEKTNI TIM	
Voditelj	Ivan Balenović
Suradnici	Hrvatski šumarski institut - Andro Kokeza, Krunoslav Indir, Nikola Zorić, Sanja Perić, Jasnica Medak, Elvis Paladinić. Goran Tijan, Danijela Ivanković, Nikolina Milanović, te po potrebi i drugi djelatnici
Vanjski suradnici	Danko Kuric (Hrvatske šume d.o.o.), Luka Jurjević (Geo Unit d.o.o.), Fran Domazetović (Sveučilište u Zadru, Odjel za geografiju), Ivan Marić (Sveučilište u Zadru, Odjel za geografiju)
KONTAKT	Ivan Balenović (Hrvatski šumarski institut, ivanb@sumins.hr), Danko Kuric (Hrvatske šume d.o.o., danko.kuric@hrsume.hr)

PROJEKTNE AKTIVNOSTI

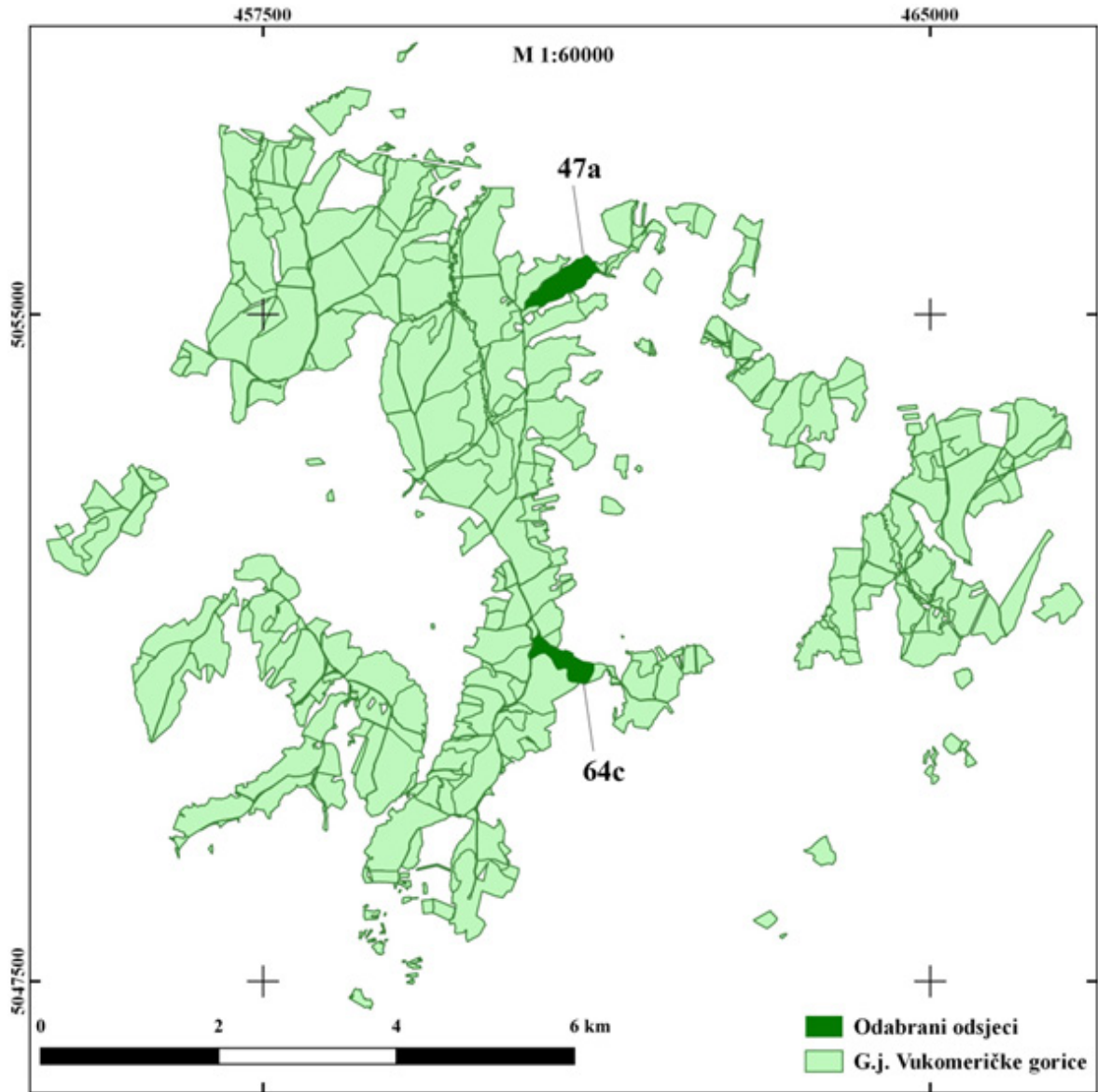
Provedba projekta započela je po potpisu Ugovora u listopadu 2022. g. pri čemu je za prvu godinu istraživanja odabrano područje sastojina UR obične bukve, i to dva odsjeka na području g. j. Vukomeričke gorice, šumarija Velika Gorica, Uprava Šuma Podružnica Zagreb (Slika 2, Tablica 2). Tijekom prve godine istraživanja provedeni su: (a) pripremni uredski i terenski radovi te odabir područja istraživanja, (b) postavljanje uzorka primjernih ploha i primjernih pruga, (c) detaljna terenska izmjera, (d) klasična terenska izmjera, (e) statičko terestričko skeniranje na odabranom poduzorku primjernih ploha, (f) ručno lasersko skeniranje na čitavom uzorku primjernih ploha i primjernih pruga, (g) testiranja različitih načina obrade prikupljenih RLS i TLS podataka u svrhu definiranja najprikladnije metodologije.

PRIPREMNI UREDSKI I TERENSKI RADOVI

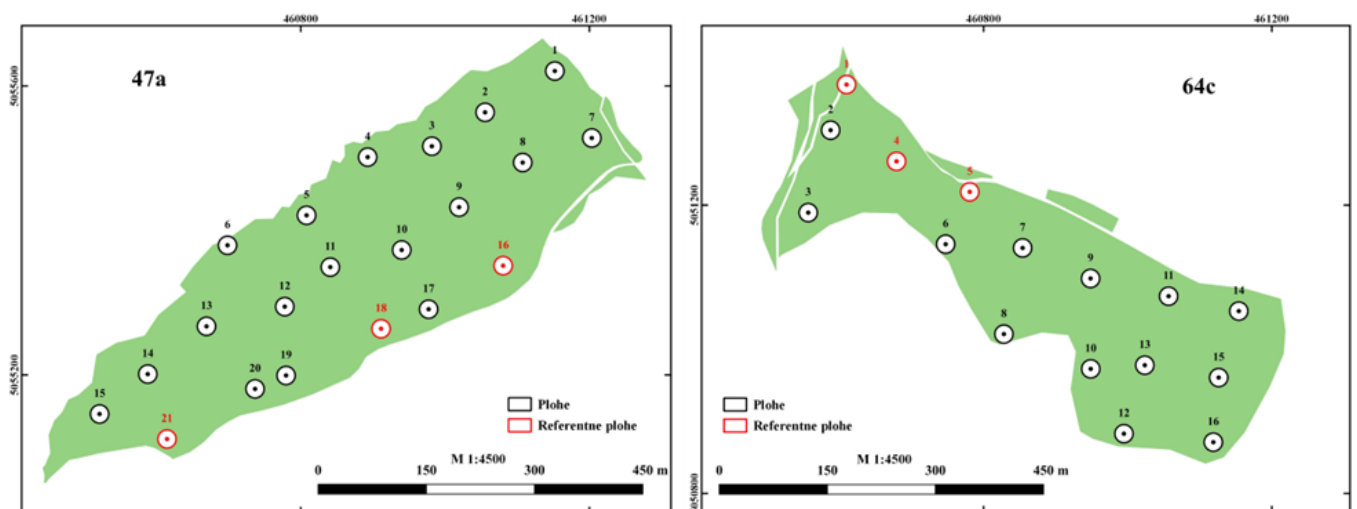
Nakon odabira odsjeka u GIS-u je korištenjem gospodarske podjele postavljen planirani sistematski uzorak primjernih ploha. Kružne primjerne polumjera $r=12,62$ m (500 m²) sistematski su raspoređene u pravilnom mrežnom uzorku (100 m × 100 m). Na taj je način u odsjeku 47a postavljena ukupno 21 ploha čime se postigao planirani intenzitet uzorkovanja odnosno izmjere od 5,4%. U odsjeku 64c postavljeno je ukupno 16 ploha čime je postignut planirani intenzitet izmjere od 5,6% (Slika 3).

Tablica 2: Osnove strukturne karakteristike odabranih odsjeka prema važećoj Osnovi gospodarenja (2015.-2024.)

Odsjek	Površina (ha)	Starost (2022. g)	Bonitet	Nadmorska visina (m)	Nagib (°)	N/ha	G (m ² /ha)	Sr. pl. stab. (d, cm)	Drvena zaliha (m ³ /ha)
47a	19,34	88	III	162-200	5-20	343	25,94	30,43	328,59
64c	14,38	69	III	184-221	5-15	588	26,99	23,81	289,85



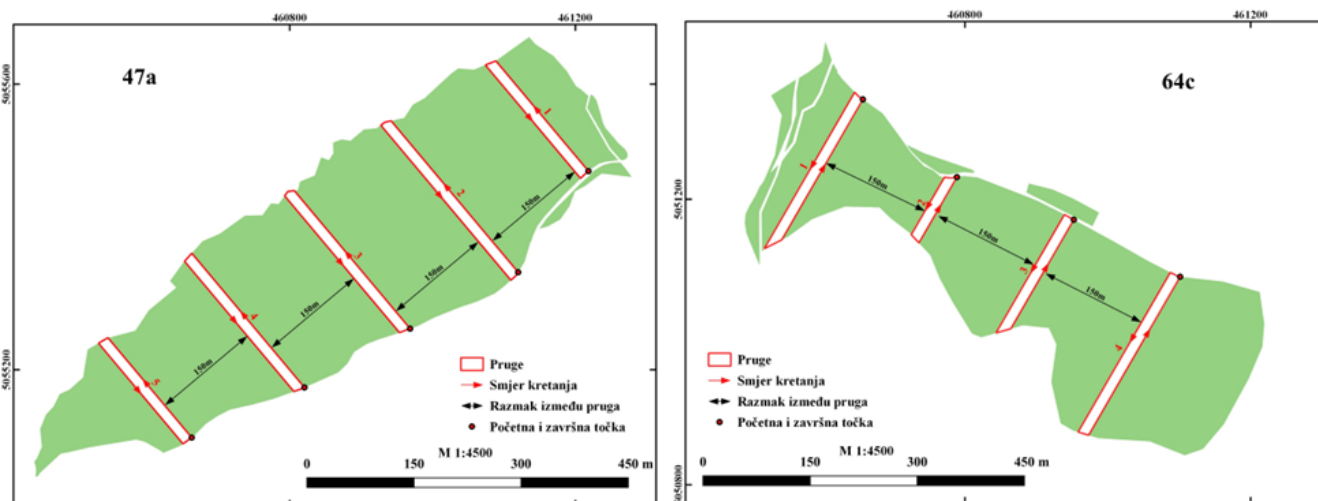
Slika 2: Položaj odabranih odsjeka (47a i 64c) u g. j. Vukomeričke gorice (šumarija Velika Gorica, UŠP Zagreb)



Slika 3: Položaj postavljenih primjernih ploha u odsjecima 47a (gore) i 64c (dolje)

Također, postavljen je planirani sistematski uzorak primjernih pruga. Imajući u vidu tehničke karakteristike ručnog laserskog skenera određena je širina pruge od 15 m, a razmak između pruga

4 rubne točke pruga koje ujedno predstavljaju i orijentacijske točke za georeferenciranje RLS podataka. Svaka orijentacijska točka pruge je također obilježena geodetskom oznakom te izmjerena s



Slika 4: Položaj postavljenih primjernih pruga u odsjecima 47a (gore) i 64c (dolje)

150 m. Na taj način je u odsjeku 47a postavljeno 5 primjernih pruga što čini planirani intenzitet izmjere od 9,0%, dok su u odsjeku 64c postavljene 4 pruge uz planirani intenzitet izmjere od 8,1%.

TERENSKA IZMJERA

Terenska izmjera koja se sastojala od postavljanja uzorka primjernih ploha i pruga, detaljne i klasične terenske izmjere provodila se je u razdoblju od listopada 2022. g. do lipnja 2023. g.

Prije samih terenskih mjerenja strukturnih varijabli stabala, obavljeno je postavljanje sistematskog uzorka primjernih ploha i primjernih pruga tijekom listopada i studenog 2022. g. Korištenjem uredski planiranog uzorka i GNSS uređaja Stonex S900 na terenu je provedeno približno lociranje planiranih centara primjernih ploha. Potom je centar plohe obilježen geodetskom oznakom i precizno izmjeren GNSS uređajem Trimble R12i povezanim na CROPOS VPPS servis pozicioniranja koji daje deklarativnu točnost mjerenja od $\approx 2 - 4$ cm. Osim centra plohe, na svakoj plohi izmjerene su i obilježene pozicije četiri orijentacijske točke pravilno raspoređene na sjevernom, zapadnom, južnom i istočnom rubu plohe. Orijetacijske točke će se koristiti za georeferenciranje podataka (oblaka točaka) RLS-a. Postavljanje primjernih pruga sastojalo se od izmjere

GNSS uređajem Trimble R12i, dok su granice pruga odnosno rubna stabla markirana drvnim sprejom na temelju planiranog azimuta.

U okviru detaljne terenske izmjere, svakom stablu na plohi s prsnim promjerom jednakim ili većim od 5 cm izmjerena je pozicija, provedena je obilježba i numeracija stabala, determinirana je vrsta drveća, te izmjeren opseg i visina svakog stabla. Pozicija svakog stabla dobivena je mjerenjem udaljenosti i azimuta od središta plohe. Za mjerenje udaljenosti korišten je Vertex daljinomjer, a za mjerenje azimuta busola. Stabla su numerirana s pozicije središta ploha gledano prema sjeveru pa u smjeru kazaljke na satu. Na svakom stablu na visini 1,3 m od tla drvnim sprejom je označeno mjesto izmjere opsega odnosno prsnog promjera. Visina od 1,3 m iznad tla određena je prislanjanjem letve uz samo stablo. Izmjera opsega provedena je mjernom vrpcom s centimetarskom podjelom i to na prethodno označenoj visini mjerenja. Izmjeru visina svih stabala na primjernim plohama proveo je jedan, iskusni mjeritelj korištenjem Vertex IV instrumenta. Izmjera opsega provedena je dva puta, i to u vrijeme mirovanja vegetacije (prosinac 2022. - veljača 2023. g.) te u vrijeme vegetacije (svibanj - lipanj 2023. g.).



Slika 5: Panoramske fotografije primjernih ploha u odsjeku 47a (gore) i 64c (dolje)

Osim izmjere na primjernim ploham, detaljna terenska izmjera koja je obuhvaćala izmjeru opsega (prsni promjera) stabala mjernim vrpcama provedla se na čitavoj površini oba odsjeka. Pri tome je opseg izmjeren svim stablima s prsnim promjerom jednakim ili većim od 10 cm. Izmjera je obavljena u vrijeme mirovanja vegetacije (prosinac 2022. - veljača 2023. g.).

Klasična terenska izmjera podrazumijevala je mjerenje prsnog promjera na ploham svim stablima s prsnim promjerom jednakim ili većim od 5 cm. Svakom stablu su izmjerena dva međusobno okomita promjera promjerkom s 1 cm podjelom. Izmjera promjerkom također je provedena na prethodno označenoj visini od 1,3 m iznad tla. Za potrebe daljnjih analiza izmjereni promjeri će biti grupirani u debljinske stupnjeve. Kao i izmjera opsega, izmjera prsnih promjera provedena je dva puta, i to u vrijeme mirovanja vegetacije (prosinac 2022. - veljača 2023. g.) te u vrijeme vegetacije (svibanj-lipanj 2023.g.).

SKENIRANJE SA STATIČKIM TERESTRIČKIM LASERSKIM SKENEROM (TLS)

Skeniranje sa statičkim terestričkim laserskim skenerom (TLS-om) provedeno je na 6 referentnih primjernih ploha (Slika 3) u dva navrata, tj. u vrijeme mirovanja vegetacije (veljača 2023. g.) i u vrijeme vegetacije (lipanj 2023. g.). U svakom odsjeku su s obzirom na strukturne karakteristike sastojina



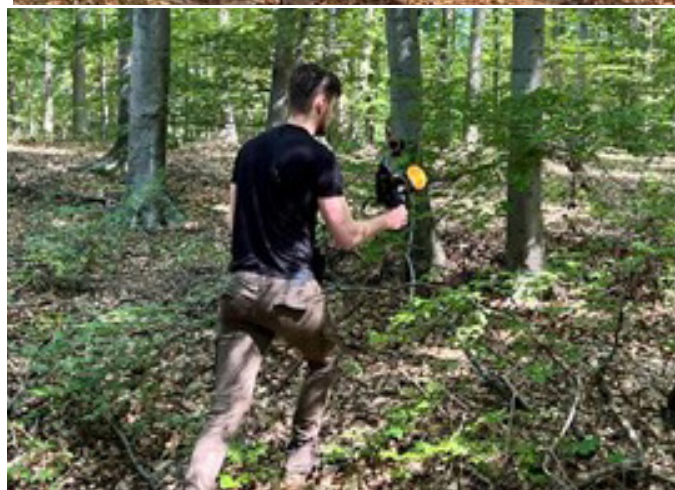
Slika 6: Statički terestrički laserski skener (TLS) Faro FOCUS M70 i bijela sfera za georeferenciranje TLS oblaka točaka s lijeve strane

određene tri referentne plohe. Referentne plohe su odabrane na temelju podataka terenske izmjere te gustoće sastojine (broja stabala), i to ploha na 25. percentilu po broju stabala (mala gustoća), ploha na 50. percentilu (srednja gustoća), te ploha na 75. percentilu (visoka gustoća).

Za skeniranje je korišten uređaj Faro FOCUS M70 (Slika 6) i pristup višestrukog skeniranja. Pristup višestrukog skeniranja u ovom slučaju se bazirao na pet lokacija skeniranja na svakoj plohi (Slika 9). Skeniranje se obavilo s centra plohe te s lokacija raspoređenih na četiri glavne strane svijeta udaljene cca 1 m od granice plohe. Rezolucija skeniranja bila je namještena na $\frac{1}{4}$, a kvaliteta skeniranja na 2x. Svaki sken trajao je cca 12 min. Na svakoj plohi postavljene su četiri sfere te su njihove pozicije izmjerene s GNSS uređajem Trimble R12i. Sfere su korištene za georeferenciranje oblaka točka koje je provedeno u FARO SCENE softveru. Skeniranje i predobradu TLS podataka obavili su vanjski suradnici na projektu (Ivan Marić, Fran Domazetović – Odjel za geografiju, Sveučilište u Zadru).

SKENIRANJE S MOBILNIM RUČNIM LASERSKIM SKENEROM (RLS)

Skeniranje s mobilnim ručnim laserskim skenerom (RLS-om) provedeno je također u dva navrata, tj. u vrijeme mirovanja vegetacije (veljača 2023. g.) i u vrijeme vegetacije (lipanj 2023. g.) (Slika 7). Za skeniranje je korišten uređaj GeoSLAM ZEB Horizon u vlasništvu Hrvatskih šuma d.o.o. (Slika 8). U oba navrata, prvo je provedeno skeniranje na šest referentnih ploha. Svaka ploha skenirana je na tri načina, tj. primjenom tri različite sheme skeniranja. Cilj ovog skeniranja bio je utvrditi najpouzdaniji način skeniranja, odnosno utvrditi koja shema skeniranja daje najtočnije podatke u odnosu na referentne podatke (terenska izmjera i TLS). U tu svrhu provedena je preliminarna analiza (broj detektiranih stabala, točnost procijene prsnog promjera) te je odabrana najpouzdanija shema skeniranja. Potom je u oba navrata provedeno skeniranje s odabranom shemom skeniranja na svim primjernim ploham (ukupno 37 ploha). Također, u oba je navrata, tj. u vrijeme mirovanja vegetacije i u vrijeme vegetacije, provedeno skeniranje primjernih ploha prema planiranim shemama.



Slika 7: Skeniranje s mobilnim ručnim laserskim skenerom (RLS-om): lijevo - u vrijeme mirovanja vegetacije (veljača 2023. g.), desno - u vrijeme vegetacije (lipanj 2023. g.)



Slika 8: Mobilni ručni laserski skener GeoSLAM ZEB Horizon (Hrvatske šume d.o.o.)

OBRADA PRIKUPLJENIH PODATAKA

Predprocesiranje (spajanje višestrukih skenova, georeferenciranje) prikupljenih TLS podataka provedeno je u FARO SCENE softveru, te je za svaku plohu dobiven precizno georeferenciran te obojan TLS oblak točaka u .las formatu vrlo visoke gustoće (Slika 9). Predprocesiranje RLS podataka provedeno je u GeoSLAM Connect softveru, te je za svaku plohu i prugu dobiven 3D oblak točaka u .las formatu. Za razliku od TLS oblaka točaka, RLS oblak točaka nije 'obojen', ali se georeferencirane fotografije prikupljene tijekom skeniranja mogu pregledavati u GeoSLAM Connect softveru.

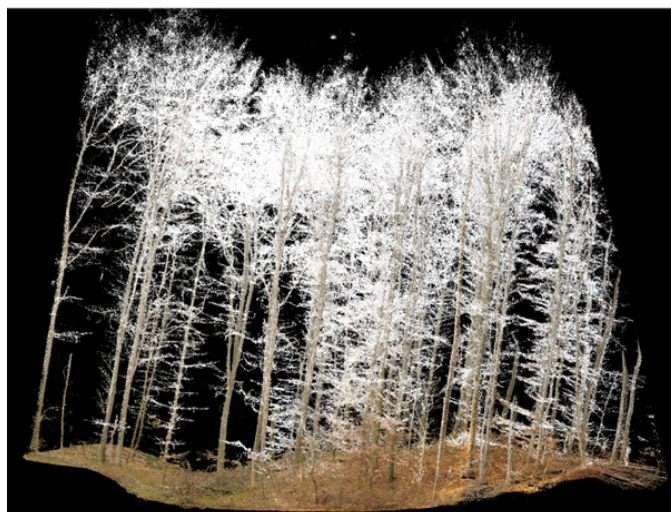
Za procesiranje georeferenciranih TLS i RLS oblaka točaka, tj. za procjenu strukturnih varijabli stabala koristio se LiDAR360 v5.4.0 softver - komercijalni softver za obradu oblaka točaka iz različitih LiDAR izvora usmjeren prema primjeni u šumarstvu. Prije svega provedena su tri preliminarna testiranja, a u cilju definiranja najprikladnije metodologije prikupljanja i obrade podataka.

Prvo testiranje se odnosilo na TLS oblak točaka koje se je provelo na tri referentne plohe (odsjek 64c, ploha broj 4). Naime, TLS skeniranje se provelo s iznimno velikom rezolucijom te je dobiven podatak vrlo visoke gustoće koji otežava obradu. Stoga se je izvornom podatku smanjivala gustoća (engl. downsampling, subsampling) na način da se je oblak točaka 'prorijedio' na 0,5 cm i na 1 cm gustoće (razmaka točkica). Prsni promjeri stabala dobiveni iz prorijeđenih oblaka točaka i izvornog oblaka točaka uspoređeni su terenski izmjerenim opsezima stabala korištenjem mjerne vrpce. Također, uspoređene su visine stabla izmjerene na izvornom i prorijeđenim oblacima točaka. Rezultati testiranja ukazali su da oblak točaka prorijeđen na 1 cm gustoće daje procijene prsnog promjera i visine stabala jednake točnosti kao i izvorni oblak točaka, dok je procesiranje podataka znatno olakšano i traje višestruko kraće. Slijedom toga, za sve referentne plohe provedeno je prorijeđivanje izvornog oblaka točaka na 1 cm gustoće i daljnje procesiranje.

Zatim su definirani različiti načini obrade RLS podataka i procjene strukturnih varijabli stabala koji se detaljno analiziraju na šest referentnih ploha: (1) nenadgledana automatska metoda, (2) nadgledana automatska metoda, i (3) poluatomska metoda.

Razlika između metoda je u količini manualnog rada operatora. Kod nenadgledane automatske metode, manualni rad operatora je minimalan i sastoji se u pokretanju već postojećih procedura obrade podataka. Kod nadgledane automatske metode, manualni rad operatora je neznatno veći gdje operator zadaje naredbu za korištenu (automatsku) metodu procjene prsnog promjera na razini cijele plohe, te na temelju procijenjenih prsnih promjera dalje se provodi automatska segmentacija i procjena visina stabala. Kod poluatomske metode, manualni rad operatora je najznačajniji i sastoji se u vizualnoj detekciji stabala te njihovom označavanju i odabiru metode procjene prsnog promjera za svako pojedinačno stablo. Na temelju procijenjenih prsnih promjera i detektiranih stabala, provodi se automatska segmentacija stabala, a operator potom svakom stablu manualno određuje visinu stabla. Navedena testiranja su u tijeku, a rezultati će biti prikazani nakon provedenih testiranja i u sastojinama hrasta lužnjaka. Metoda koja polučiti podatke najveće točnosti koristiti će za procesiranje svih ploha i pruga.

Treće testiranje koje se također provodi na šest referentnih ploha se odnosi na testiranje utjecaja različitih shema RLS skeniranja na kvalitetu dobivenog oblaka točaka i točnost procjene strukturnih varijabli stabala (prsni promjer, visina stabala). Iako su prvi rezultati potvrdili najdetaljniju shemu kao najpouzdaniju, te je ista korištena za skeniranje svih ostalih, provesti će se detaljna analiza dobivenih rezultata i u sastojinama hrasta lužnjaka te naposljetku donijeti zaključci o najprikladnijoj shemi skeniranja.



Slika 9: Georeferencirani TLS oblak točaka na primjeru jedne primjerne plohe

Po završetku navedenih testiranja, prikupljeni podaci nastavljaju se obrađivati korištenjem definiranih procedura.

LITERATURA

Balenović I, Jurjević L, Indir K, 2020a. Primjena tehnologija blizu-predmetnih daljinskih istraživanja u izmjeri šuma. Hrvatske šume - časopis za popularizaciju šumarstva 285: 14-16. <http://casopis.hrsume.hr/pdf/285.pdf#page=16>.

Balenović I, Jurjević L, Seletković A, 2020b. Ručni laserski skener (ZEB-HORIZON) - Mogućnost primjene u izmjeri pojedinačnih stabala. Hrvatske šume - časopis za popularizaciju šumarstva 269: 10-12. <http://casopis.hrsume.hr/pdf/269.pdf#page=10>.

Balenović I, Liang X, Jurjević L, Hyyppä J, Seletković A, Kukko A, 2021. Hand-Held Personal Laser Scanning – Current Status and Perspectives for Forest Inventory Application. Croatian Journal of Forest Engineering 42(1): 165-183. <https://doi.org/10.5552/crojfe2021.858>.

Jurjević L, Liang X, Gašparović M, Balenović I, 2020. Is field-measured tree height as reliable as believed – Part II, A comparison study of tree height estimates from conventional field measurement and low-cost close-range remote sensing in a deciduous forest. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 169: 227-241. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.09.014>.

Jurjević L, Gašparović M, Liang X, Balenović I, 2021. Assessment of close-range remote sensing methods for DTM estimation in a lowland deciduous Forest. Remote Sensing 13(11): 2063. <https://doi.org/10.3390/rs13112063>.

Liang X, Kukko A, Balenović I, Saarinen N, Junttila S, Kankare V, Holopainen M, Mokroš M, Surový P, Kaartinen H, Jurjević L, Honkavaara E, Näsi R, Liu J, Hollaus M, Tian J, Yu X, Pan J, Cai S, Virtanen J-P, Wang Y, Hyyppä J, 2022. Close-Range Remote Sensing of Forests: The state of the art, challenges, and opportunities for systems and data acquisitions. IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine 10(3): 32-71. <https://doi.org/10.1109/MGRS.2022.3168135>

FINANCIRANJE

Ovo je istraživanje financirano od strane Hrvatskih šuma d.o.o. u okviru Programa znanstveno-istraživačkog rada (ZIR), kroz projekt Primjena terestričkog laserskog skeniranja u preciznoj operativnoj izmjeri šuma (LASSCAN-2).

ZAHVALE

Autori članka zahvaljuju djelatnicima šumarije Velika Gorica (Hrvatske šume d.o.o. UŠP Zagreb) u planiranju i provedbi projektnih aktivnosti, kao i djelatnicima Hrvatskog šumarskog instituta tijekom terenskih mjerenja i prikupljanja podataka.

SUKOB INTERESA

Autori nemaju sukob interesa za prijaviti.

THE FIRST YEAR OF THE PROJECT THE APPLICATION OF TERRESTRIAL LASER SCANNING IN PRECISE OPERATIONAL FOREST INVENTORY

SUMMARY

This work aims to present the project entitled “The application of terrestrial laser scanning in precise operational forest inventory” which is carried out by Croatian Forest Research as a part of the Scientific Research Programme of Croatian Forests Ltd. The main goal of the project is to investigate the possibility of applying mobile hand-held laser scanning technology in operational forest inventory. This work describes in detail conducted activities during the first project year.

Keywords: mobile hand-held laser scanner; static terrestrial laser scanner; forest inventory