

Mogućnost primjene tehnologije blizu-predmetnih daljinskih istraživanja u izmjeri šuma



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

SADRŽAJ

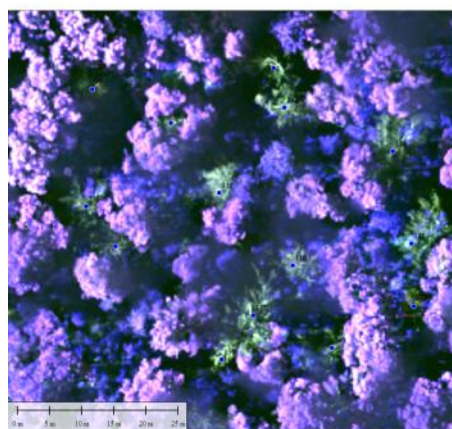
- **Uvod**
 - Aktualni projekti / istraživanja
 - Općenito o LiDAR-u
- **Ručni laserski skener**
 - Općenito
- **Dosadašnja istraživanja u izmjeri šuma**
- **Prvi (preliminarni) rezultati naših istraživanja**
- **Prijedlog daljnjih istraživanja**

UVOD - AKTUALNI PROJEKTI

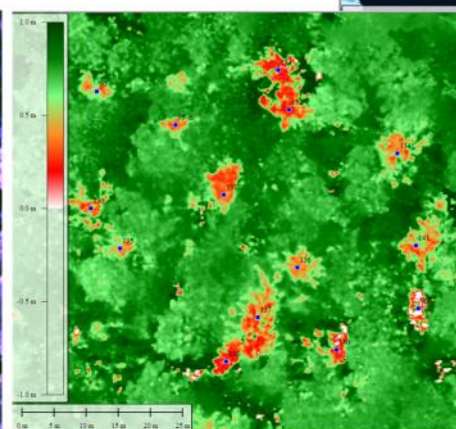
- Geoprostorna analiza stanja šumskog pokrova Park šume Marjan korištenjem snimaka bespilotne letjelice
- Izvor podataka: **bespilotne letjelice (RGB, MS kamere)**
- **Znanstveno-stručni projekt** (Sporazum o znanstveno-istraživačkoj i stručnoj suradnji Grada Splita i Hrvatskog šumarskog instituta)
- Trajanje: **2019.** - ...



● suha stabla (i stabla s manjkom klorofila)



DOF 15 cm (MS snimke)



NDVI

UVOD - AKTUALNI PROJEKTI

- **Operational sustainable forestry with satellite-based remote sensing / Operativno potrajno gospodarenje šumama primjenom inovativnih tehnologija i satelitskih podataka daljinskih istraživanja (MySustainableForest)**
- Izvor podataka: **satelitske snimke** (raznih izvora i rezolucija), **aviosnimke**, **avionski LiDAR**



EU OBZOR 2020 projekt

Šifra: Grant Agreement **No. 776045**

Trajanje: **01.11.2017. – 30.10.2020.**

Voditelj: **GMV AEROSPACE AND DEFENCE SA (Spain)**

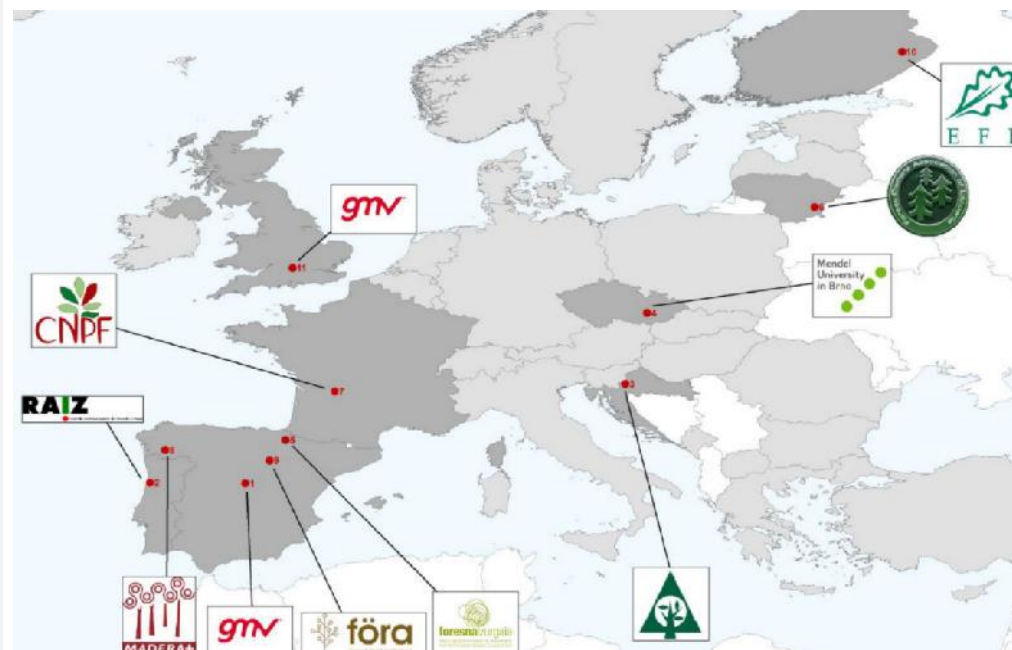
HR voditelji: **Ivan Pilaš, Ivan Balenović**

Suradnici: **11 EU partnera** (Portugal, Spain, France, UK, Croatia, the Czech Republic, Finland, Lithuania)

URL: <https://mysustainableforest.com/>



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 776045.



UVOD - AKTUALNI PROJEKTI

- Uporaba podataka daljinskih istraživanja dobivenih različitim 3D optičkim izvorima u izmjeri šuma (3D-FORINVENT)
- Izvor podataka:
 - optičke snimke: **satelitske** (WV2, WV3), **avionske**, **bespilotna letjelica**
 - LiDAR: **avionski**, **bespilotna letjelica**, **terestrički statički skener**, **ručni laserski skener**

Istraživački projekt Hrvatske zaklade za znanost

Šifra: **IP-2016-06-7686**

Trajanje: **01.03.2017. – 28.02.2021.**

Znanstveno područje: **Biotehničke znanosti**; Znanstveno polje: **Šumarstvo**

Ključne riječi: **izmjera šuma, uređivanje šuma, daljinska istraživanja, digitalna fotogrametrija, GIS**

Voditelj: **Ivan Balenović** (Hrvatski šumarski institut – HŠI)

Suradnici: **Luka Jurjević** (HŠI), **Ante Seletković** (Šumarski fakultet, Zagreb) **Anita Simić Milas** (Bowling Green State University, Ohio, SAD), **Mateo Gašparović** (Geodetski fakultet, Zagreb), **Maša Zorana Ostrogović Sever** (HŠI), **Danijela Ivanković** (HŠI), **Goran Tijan** (HŠI)

URL: <http://www.sumins.hr/projekti/3d-forinvent/>



UVOD – objavljeni i radovi u proceduri vezani uz RLS

- Balenović, I., Jurjević, L., Seletković, A., **2019. Ručni laserski skener (ZEB-HORIZON) - Mogućnost primjene u izmjeri pojedinačnih stabala.** *Hrvatske šume - časopis za popularizaciju šumarstva*, 269: 10-12
- 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 J. Photogramm. Remote Sens.* (u postupku)
- Balenović, I., Liang, X., Jurjević, L., Hyyppä, J., Seletković, A., Kukko, A., **2020. Hand-Held Personnel Laser Scanning – Current Status and Perspectives for the Application in Forest Inventory.** *Croat. J. For. Eng.* (u postupku)

UVOD

- **Tehnologija laserskog skeniranja** – najčešće se koristi pojam **LiDAR** (*Light Detection and Ranging*) – aktivni sustav kojim se na temelju odaslanih impulsa laserskog zračenja (svjetlosti – blisko IC zračenje) obavlja skeniranje i prikupljanje prostornih (x, y, z) podataka o objektima od interesa → rezultat '**oblak točaka**'
- **Avionski LiDAR:**
 - u operativnoj primjeni – procjena strukturnih parametara sastojine (na razini plohe)
 - Na razini stabla – istraživanja (potrebni podaci znatno veće gustoće – točaka)
- **Bespilotne letjelice**
- **Terestrički statički skeneri**
- **Mobilni terestrički sustavi** (npr. vozilo, čovjek)
- **Ručni laserski skeneri (RLS)**

RUČNI LASERSKI SKENERI (RLS)

- rezultat konstantnog tehnološkog napretka:
 - minijaturizacija senzora (LiDAR, IMU, GNSS)
 - SLAM (*Simultaneous Localization And Mapping*) algoritam;
 - koristi IMU i podatke skenera te registrira 'oblak točaka' u lokalnom koordinatnom sustavu – nije potreban GNSS signal koji je u šumama redovito slab ili ga nema...
- **PREDNOSTI:**
 - Lagan i mobilan → vremenska učinkovitost
 - Neovisan o GNSS signalu
 - Velika količina 3D podataka

RUČNI LASERSKI SKENERI (RLS)

- Trenutno dostupni na tržištu

	ZEB1	ZEB-REVO (RT)	ZEB-HORIZON	PX-80	HERON LITE Color	BLK2GO	STENCIL 2-32
Godina	2013	2015 (2017)	2019	2019	-	-	-
Domet (m)	30 (15-20 outdoor)	30 (15-20 outdoor)	100	100	100	25	100
Relativna točnost (cm)	3	1-3	1-3	1-3 cm	-	-	2 cm
Broj točaka / sekundi	43.200	43.200	300.000	300.000	300.000	420.000	720.000
Kamera	ZEB-CAM	ZEB-CAM	ZEB-CAM	Spherical camera	360° Camera	Panoramska	Panoramska
Težina skenera (kg)	0.7	1	1.3	-	2.75	0.65	-

- ZEB-HORIZON - senzor uređaja rotira se u svim smjerovima za 360° te konstantno odašilje signale i prikuplja informacije na povezanu vanjsku memoriju (hard disk).



Dosadašnja istraživanja u izmjeri šuma

Istraživanje	Lokacija	Broj ploha	Instrument	Promatrane veličine				
				DET	POZ	DBH	H	EFI
Ryding i dr. (2015)	UK	3	ZEB1	+	+	+		+
Bauwens i dr. (2016)	Belgija	10	ZEB1	+	+	+		+
Cabo i dr. (2018)	Španjolska	2	ZEB-REVO	+	+	+	+	
Gianneti i dr. (2018)	Italija	1	ZEB1	+	+	+	+	
Oveland i dr. (2018)	Norveška	7	ZEB1	+	+	+		+
Chen i dr. (2019)	Kina	1	ZEB-REVO-RT	+	+	+		+
Del Perugia i dr. (2019)	Italija	3	ZEB1	+	+	+	+	+
Zhou i dr. (2019)	Kina	1	(Velodyne VLP-16)			+		
Vantadaşlar (2020)	Turska	9	ZEB-REVO			+		
Gollob i dr. (2020)	Austrija	20	ZEB-HORIZON	+		+		
Jurjević i dr. (2020)	Hrvatska	6	ZEB-HORIZON				+	

- Ukupno 11 objavljenih istraživanja od 2015.g. (većina od 2018.)
- Osim u 2 slučaja, istraživanja su provedena korištenjem starijih uređaja slabijih karakteristika (domet, gustoća snimanja)
- Mali uzorak ploha u sastojinama različitih strukturnih karakteristika
- Vrlo bitno kod interpretacije dobivenih rezultata!

DET – detekcija stabala

POZ – pozicija stabala

DBH – prsni promjer

H – visina

EFI – efikasnost i vremenska učinkovitost

Dosadašnja istraživanja u izmjeri šuma

- **Prikupljanje podataka – osnovni koraci:**

- 1) **Inicijalizacija (kalibracija) skenera**, ≈ 1 min
- 2) **Skeniranje** – prolaskom operatera po plohi; nasumično ili prema unaprijed određenoj putanji (shemi skeniranja); podaci se u realnom vremenu spremaju na tvrdi disk koji je kablom povezan sa skenerom
- 3) **Mjerenje pozicija sfera** (ukoliko je potrebno georeferencirati podatke, npr. za trajne plohe) - korištenjem GNSS-a
- 4) **Procesiranje podataka (oblaka točaka)**
 - Prijenos podataka i automatska registracija
 - Georeferenciranje (ako je potrebno)
 - Izračun varijabli stabala korištenjem odgovarajućeg softvera, npr. u slobodnom softveru 3D FOREST (<http://www.3dforest.eu/>) (manualno, automatski, polu-automatski)



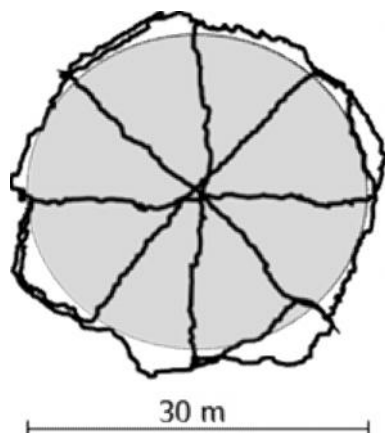
Dosadašnja istraživanja u izmjeri šuma

1. Načini (sheme) skeniranja i vremenska (radna) učinkovitost



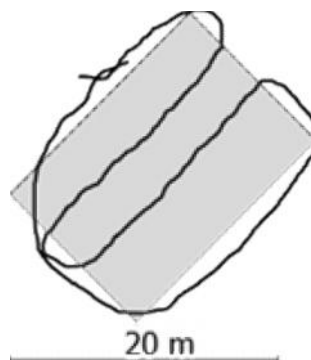
Ryding i dr. (2015)

- 'slobodno' kretanje po plohi
- **< 5 min / plohi** (bez snimanja pozicija sfera)



Bauwens i dr. (2016)

- Unaprijed definirana putanja
- 4 prolaska po plohi + rub plohe
- **≈ 13 min / plohi** (bez snimanja pozicija sfera)



Chen i dr. (2019)

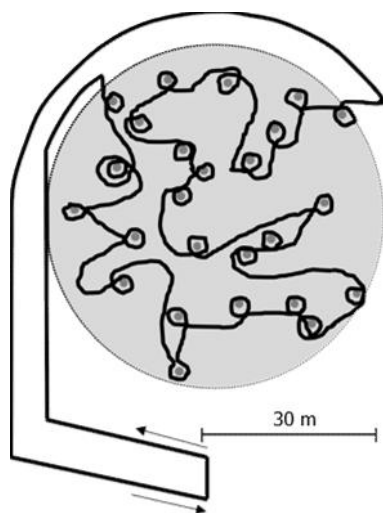
- Unaprijed definirana putanja
- **≈ 5 min / plohi** (bez snimanja pozicija sfera)

Dosadašnja istraživanja u izmjeri šuma

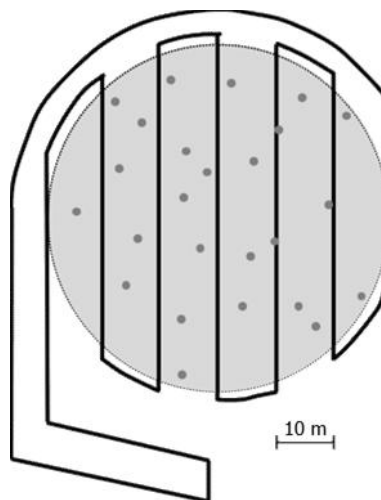
1. Načini (sheme) skeniranja i vremenska (radna) učinkovitost

Del Perugia i dr. (2019)

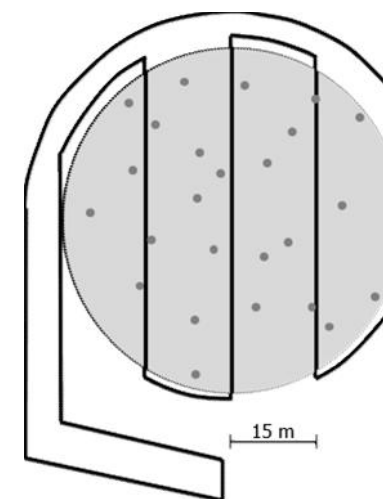
- Utjecaj različitih metoda skeniranja na točnost dobivenih rezultata



- Skeniranje: **15 min / plohi**
- Procesiranje
(rezultati): **55,7 min / plohi**



- Skeniranje: **13,7 min / plohi**
- Procesiranje
(rezultati): **46,7 min / plohi**



- Skeniranje: **10,3 min / plohi**
- Procesiranje
(rezultati): **34,3 min / plohi**

Dosadašnja istraživanja u izmjeri šuma

1. Načini (sheme) skeniranja i vremenska (radna) učinkovitost

- Sva dosadašnja istraživanja ukazala su na **vrlo visoku vremensku učinkovitost pri korištenju RLS u izmjeri šuma**
- Ovisno o veličini plohe, strukturnim karakteristikama sastojina, karakteristikama terena, i metodi (shemi) skeniranja, mjerenju pozicija sfera **utrošeno vrijeme skeniranja se kreće u rasponu od 3 do 24 min/plohi**
- usporedba izmjerenih/skeniranih površina po osobi različitim metodama

Istraživanje	Izmjerena površina po osobi (m ² /min)	
	Klasična terenska izmjera	Ručni laserski skener
Bauwens i dr. (2016)	0.43	50
Chen i dr. (2019)	0.81	30

- Chen i dr. (2019) – **klasična terenska izmjera**: 3 osobe, izmjera lokacije i DBH, vrsta drveća; **ručno lasersko skeniranje**: 1 osoba, skeniranje i pret-procesiranje.

Dosadašnja istraživanja u izmjeri šuma

2. Detekcija stabala

Istraživanje	Referentni podaci	Instrument	DBH (taksacijska granica), cm	Detektirano, %
Ryding i dr. (2015)	TLS	ZEB1	>10	91
Bauwens i dr. (2016)	Terenska izmjera	ZEB1	>10	99.5
Cabo i dr. (2018)	TLS	ZEB-REVO	>10	100
Gianneti i dr. (2018)	Terenska izmjera	ZEB1	>5	95
Oveland i dr. (2018)	Terenska izmjera	ZEB1	>4	74
Chen i dr. (2019)	Terenska izmjera	ZEB-REVO-RT	>5	93.3
Del Perugia i dr. (2019)	ZEB1; single-tree scan	ZEB1 (D10)	>5	94
		ZEB1 (D20)	>5	57
Gollob i dr. (2020)	Terenska izmjera	ZEB-HORIZON	>5	96
			>10	99

- Samo jedno istraživanje s novim instrumentom poboljšanih karakteristika (ZEB-HORIZON)
- Niži postotak detekcije sa starijim instrumentom gdje uglavnom nisu detektirana stabla s DBH<10 cm
- **Osim sastojinske strukture na uspješnost detekcije utječe: kvaliteta instrumenta, metoda (shema skeniranja), brzina kretanja**

Dosadašnja istraživanja u izmjeri šuma

2. Pozicija stabla

Istraživanje	Referentni podaci	Instrument	DBH (taksacijska granica), cm	SP, cm	RMSE, cm
Ryding i dr. (2015)	TLS	ZEB1	Sva	2,3	3,1
			<10	2,8	3,9
			>10	1,7	2,1
Bauwens i dr. (2016)	TLS	ZEB1	>10	4,2	-
Cabo i dr. (2018)	TLS	ZEB-REVO	>10	-	2,4
			>10	-	3,5

- SP – srednja pogreška; RMSE – korijen srednje kvadratne greške
- Kao i kod detekcije, veća pogreška kod tanjih stabala s DBH<10 cm
- Iako su za pozicije stabala korišteni instrumenti slabijih karakteristika (ZEB1, ZEB-REVO), radi se o centimetarskim odstupanjima u odnosu na vrlo precizan TLS

Dosadašnja istraživanja u izmjeri šuma

3. Prsni promjer (DBH)

Istraživanje	Referentni podaci	Instrument	DBH (tak.gr.), cm	SP, cm	SP, %	RMSE, cm	RMSE, %
Ryding i dr. (2015)	TLS	ZEB1	<10	1.6	19.5	3.9	46
			>10	-0.9	-5.6	1.5	9
			Sva	0.3	2.4	2.9	23
Bauwens i dr. (2016)	TLS	ZEB1	>10	-0.1	-	1.1	4.1
Cabo i dr. (2018)	TLS	ZEB-REVO	>10	-0.1	-	0.9	-
Gianneti i dr. (2018)	Terenska izmjera	ZEB1	>5	-0.4	-	1.3	-
Oveland i dr. (2018)	Terenska izmjera	ZEB1	>4	0.3	-	3.1	14.3
Chen i dr. (2019)	Terenska izmjera	ZEB-REVO-RT	>5	-1.3	-9.7	1.6	11.9
Gollob i dr. (2020)	Terenska izmjera	ZEB-HORIZON	>5	0.2	1.1	2.3	12.0

- RLS uspješno procjenjuje prsni promjer (naročito za stabla s DBH>10 cm)
- RLS procjenjuje DBH iz aproksimirane kružnice ili elipse!
- Samo jedno istraživanje s instrumentom poboljšanih karakteristika (ZEB-HORIZON)

Dosadašnja istraživanja u izmjeri šuma

3. Visina stabala

Istraživanje	Referentni podaci	Instrument	Raspon visina, m	SP, cm	RMSE, cm
Cabo i dr. (2018) - A	TLS	ZEB-REVO	5 - 18	0.9	1.3
Cabo i dr. (2018) - B	TLS	ZEB-REVO	21 - 33	9.0	9.4
Gianneti i dr. (2018)	Terenska izmjera	ZEB1	2 - 19	-4.6	2.2
Jurjević i dr. (2020)	Terenska izmjera	ZEB-HORIZON	9 - 33	0.4	1.1
		ULS	9 - 33	0.6	1.4
		UAV	9 - 33	0.9	1.6

- **Samo 3 istraživanja**; 2 korištenjem starijih tipova instrumenta (domet 30 m, a na otvorenom 15 m) i 1 korištenjem najnovijeg instrumenta (domet 100 m)
- Stariji instrumenti mogu se koristiti samo za procjenu visina nižih stabala
- Noviji instrument ukazuje na veliki potencijal, veća točnost nego s ULS i UAV
- **Točnost klasične terenske izmjere visina?**
- Sterenczak i dr. 2019. – hrast lužnjak (395 stabala), **SP = 0.65 m (2.52 %)** terenske izmjere visinomjera u odnosu na mjerenu dužinu srušenih stabala

Prvi (preliminarni) rezultati naših istraživanja

- 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 J. Photogramm. Remote Sens.* (u postupku)
- g.j. Jastrebarski lugovi, mješovita sastojina hrasta lužnjaka i običnog graba starosti 83 godine, II. bon., 305 stabala/ha
- **6 ploha**, $r = 15 \text{ m}$ (ukupno 122 stabla)
- Referentni (validacijski) podaci:
 - ✓ **detaljna terenska izmjera**
 - ✓ Prsni promjeri
 - ✓ Visine stabala (3 mjeritelja),
 - ✓ Pozicije stabala (totalna stanica)
- Ručni laserski skener:
 - ✓ **ZEB-HORIZON**
 - ✓ Geo-centar, Čakovec



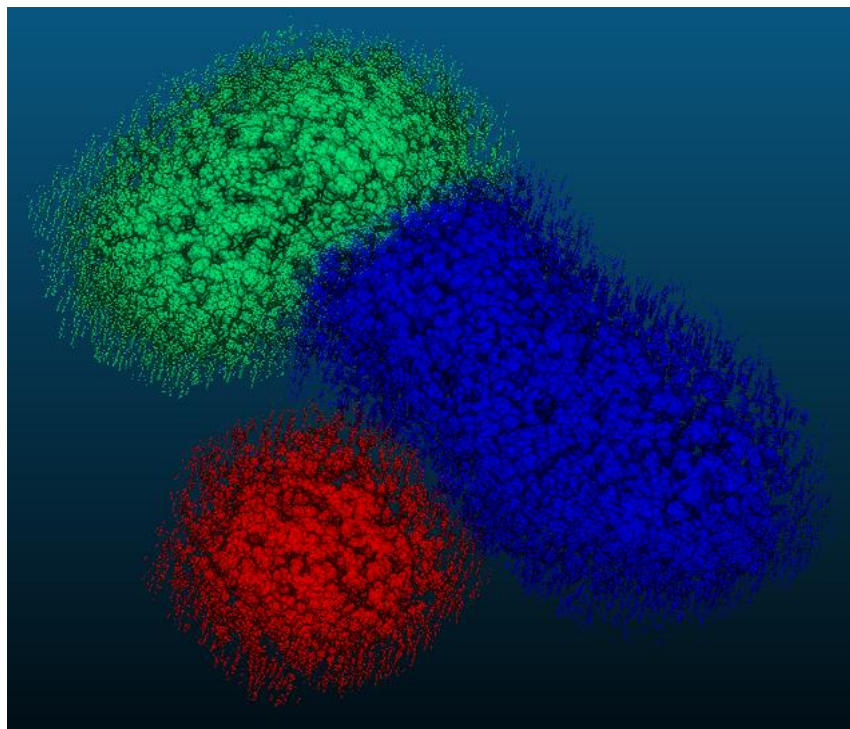
Prvi (preliminarni) rezultati naših istraživanja

- **ZEB-HORIZON** – najnoviji tip ručnog laserskog skenera (2019. g.)
 - proizvođač: GeoSLAM (UK, <https://geoslam.com/>)
 - zastupnik: **Geo-centar** (Čakovec, <https://geocentar.com/>)
- težina: 1.3 kg
- **domet: 100 m** (prethodne verzije 15-20 m)
- **prikupljanje do 300,000 točaka po sekundi**
- relativna točnost mjerenja: 1-3 cm
- senzor uređaja rotira se u svim smjerovima za 360° te konstantno odašilje signale i prikuplja informacije na povezanu vanjsku memoriju (hard disk).



Prvi (preliminarni) rezultati naših istraživanja

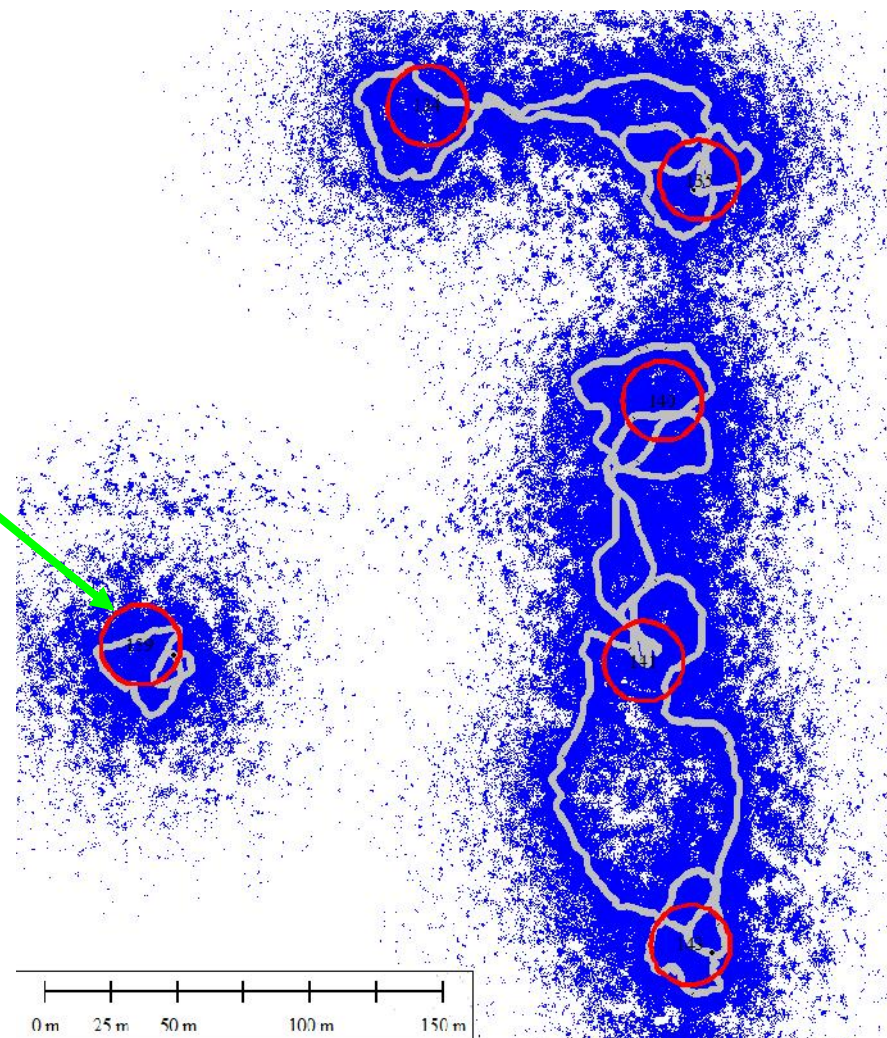
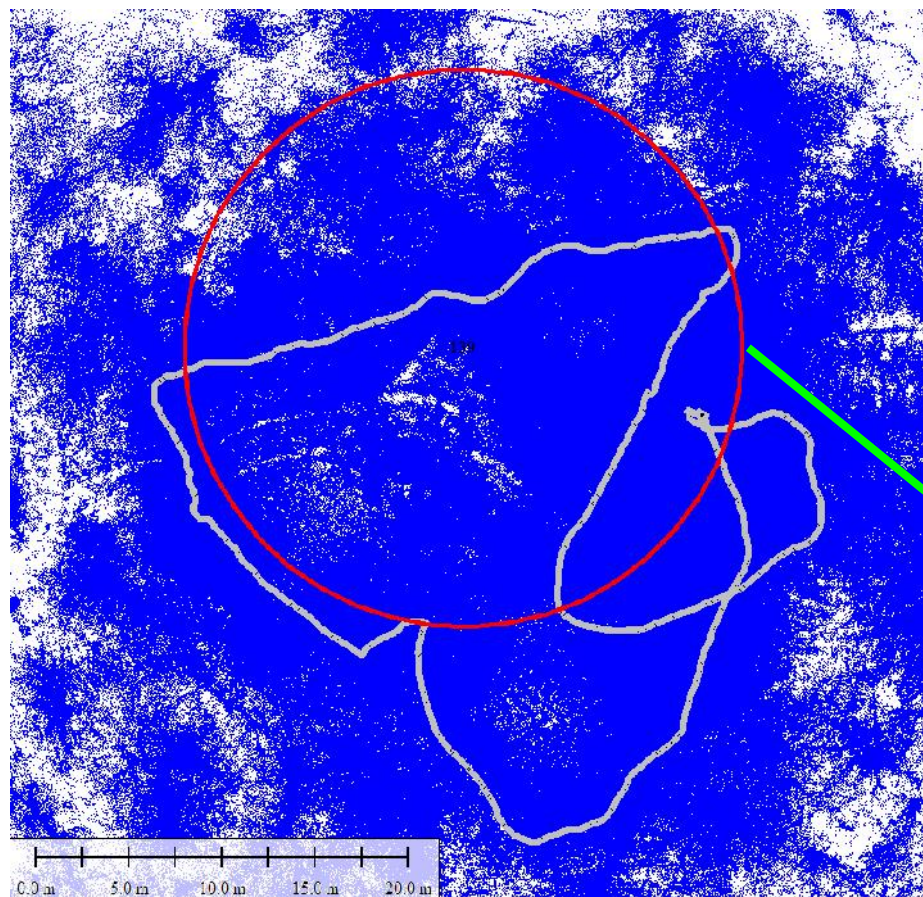
- prije skeniranja – inicijalizacija (kalibracija) skenera $\approx$ 1 min
- preporučeno skenirati u ciklusima od 20 min, te ponovno uređaj kalibrirati
- postupak skeniranja se sastojao u jednostavnom i nasumičnom prolasku operatera po plohi tijekom kojega je povezao početak i kraj putanje kretanja
- skeniranje 6 ploha obavljeno za manje od 90 min u 3 ciklusa (**BEZ PRETHODNOG ISKUSTVA**):
 - 1. ciklus - crveno (1 ploha); 2. ciklus – plavo (3 plohe); 3. ciklus – zeleno (2 plohe)



- Nakon skeniranja, za pret-procesiranje i prijenos podataka trebalo je otprilike vremena koliko i za terensko skeniranje (softver GeoSLAM HUB)
- Dobiven je 3D oblak točaka u LAS formatu (kompatibilan s industrijskim softverima za obradu LiDAR podataka).

Prvi (preliminarni) rezultati naših istraživanja

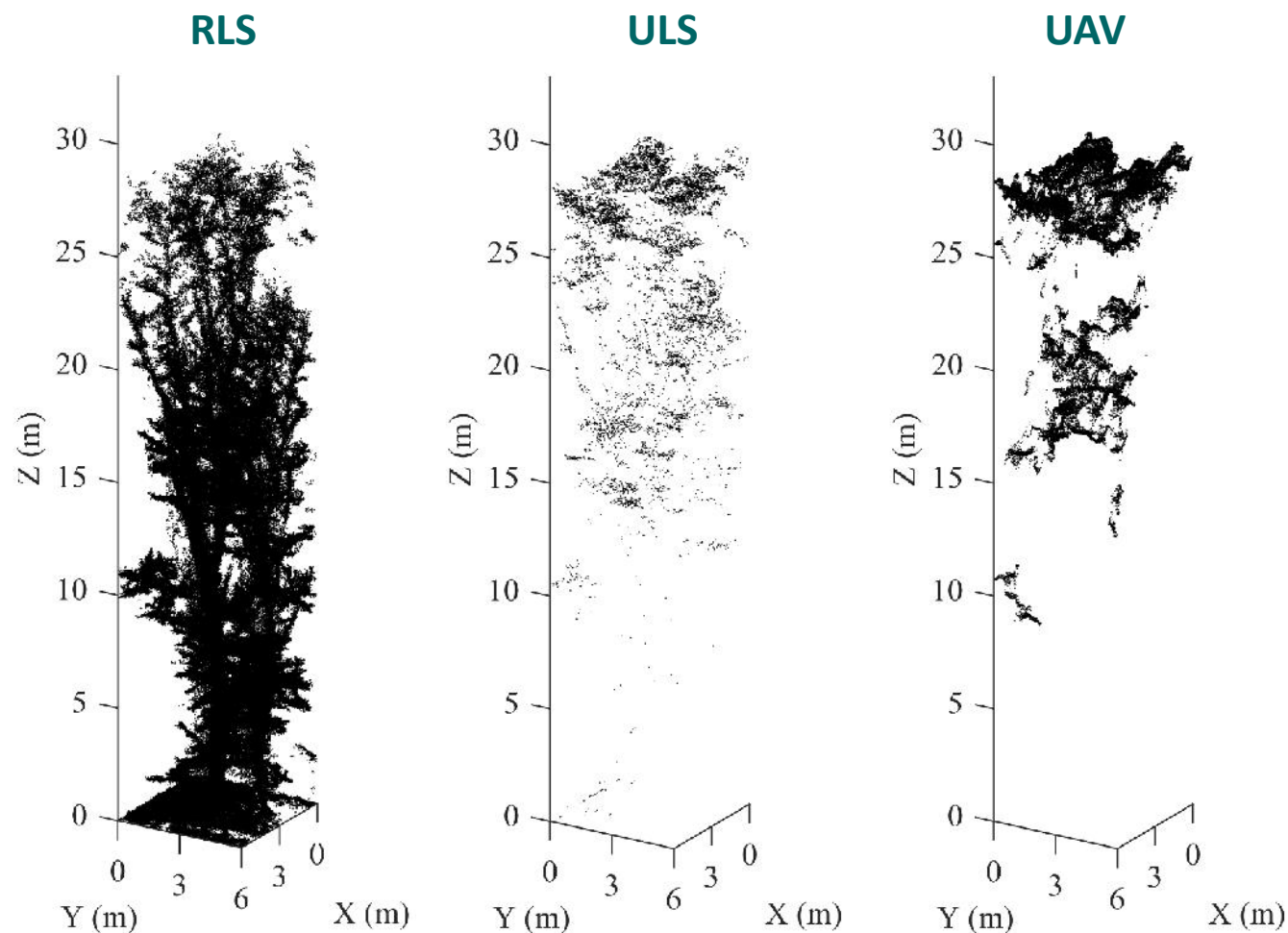
- skeniranje 6 ploha



Prvi (preliminarni) rezultati naših istraživanja

- **Procesiranje podataka:** **1)** automatska klasifikacija tla i vegetacije; **2)** automatska detekcija i segmentacija pojedinačnih stabala; **3)** manualna izmjera visine stabala - *Computree softver*

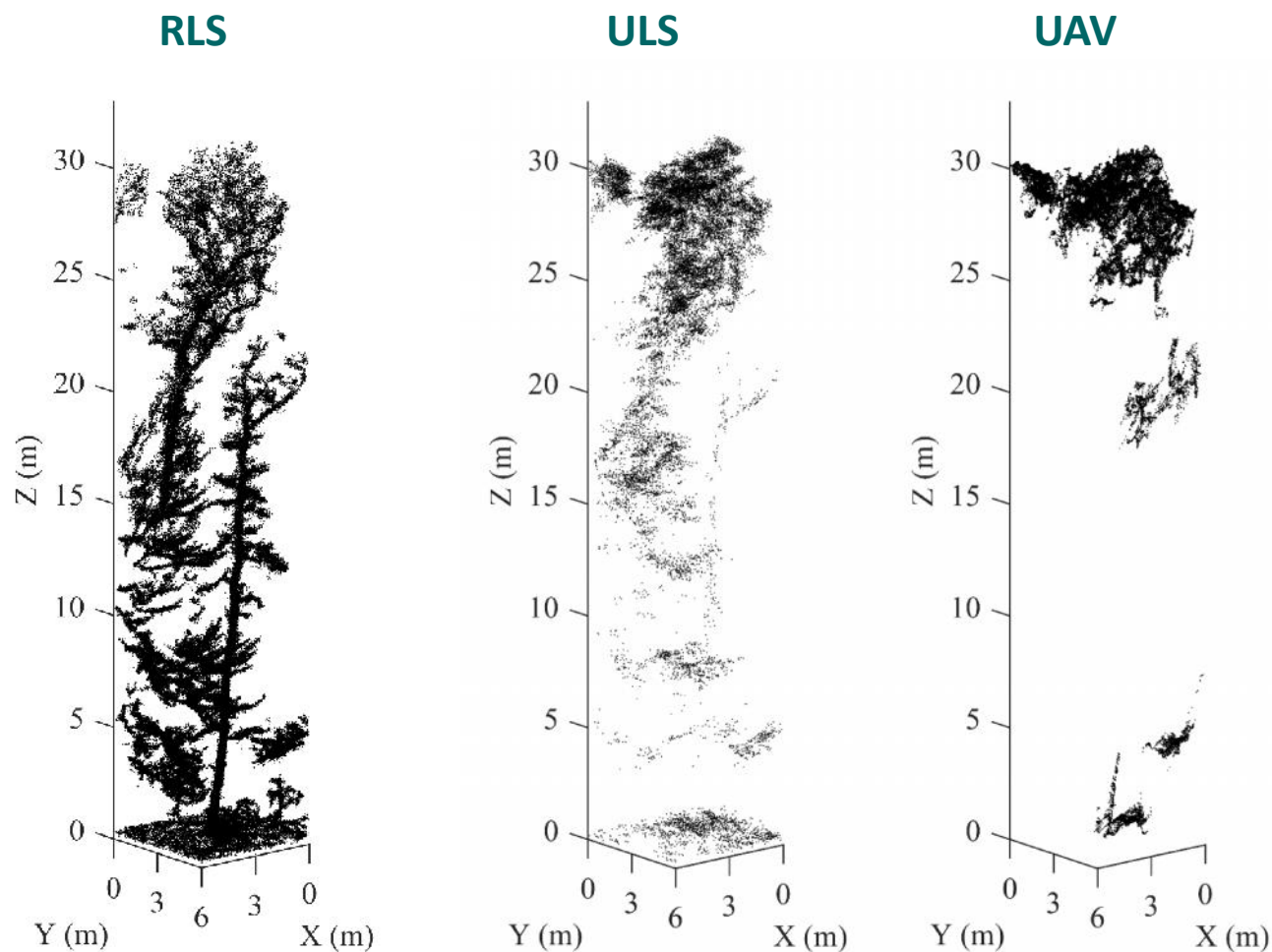
DOMINANTNA ETAŽA



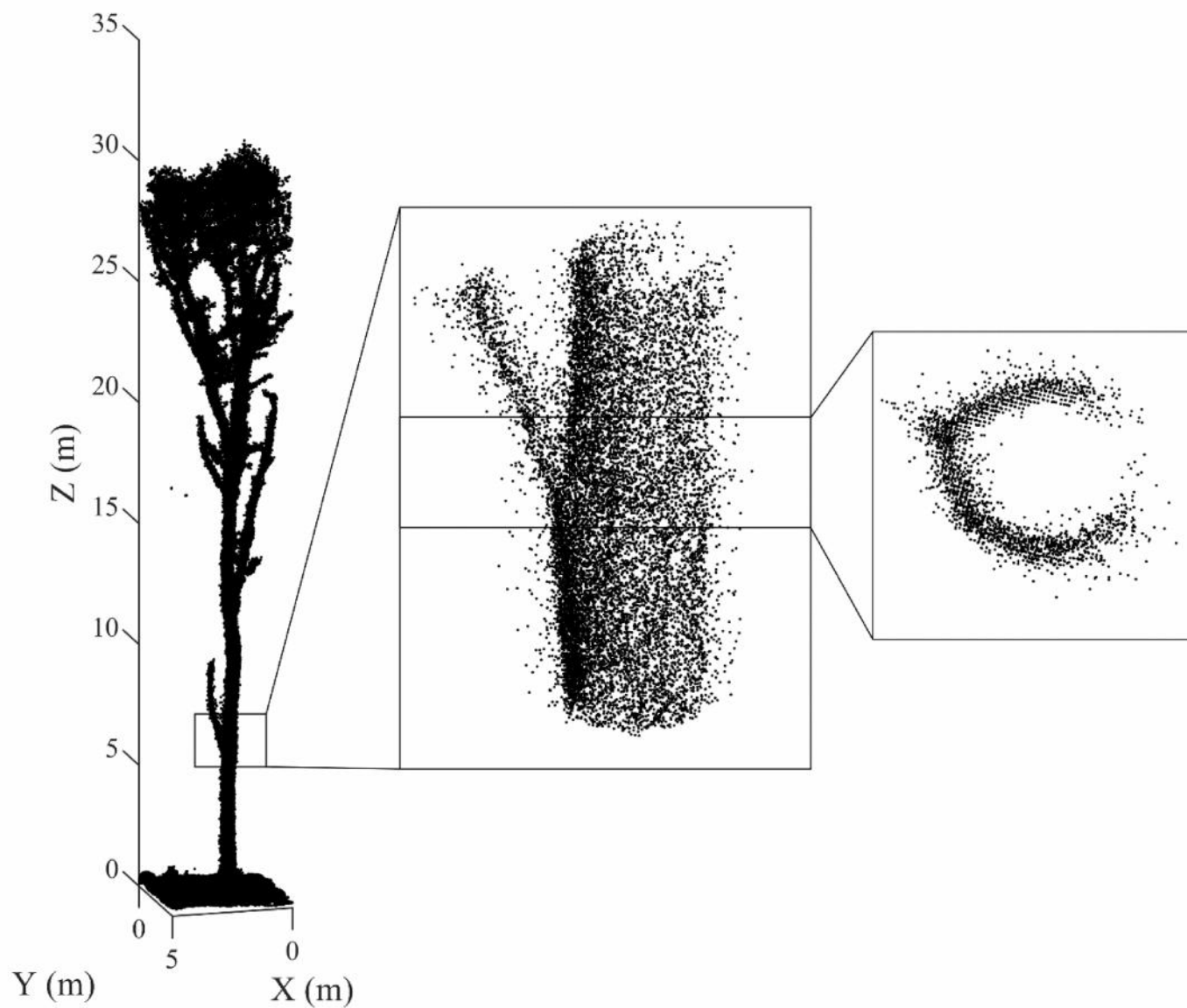
Prvi (preliminarni) rezultati naših istraživanja

- Vizualno je već vidljivo da u oba slučaja RLS daje znatno veću količinu podataka za cijelo stablo u odnosu na ULS i UAV

PODSTOJNA ETAŽA



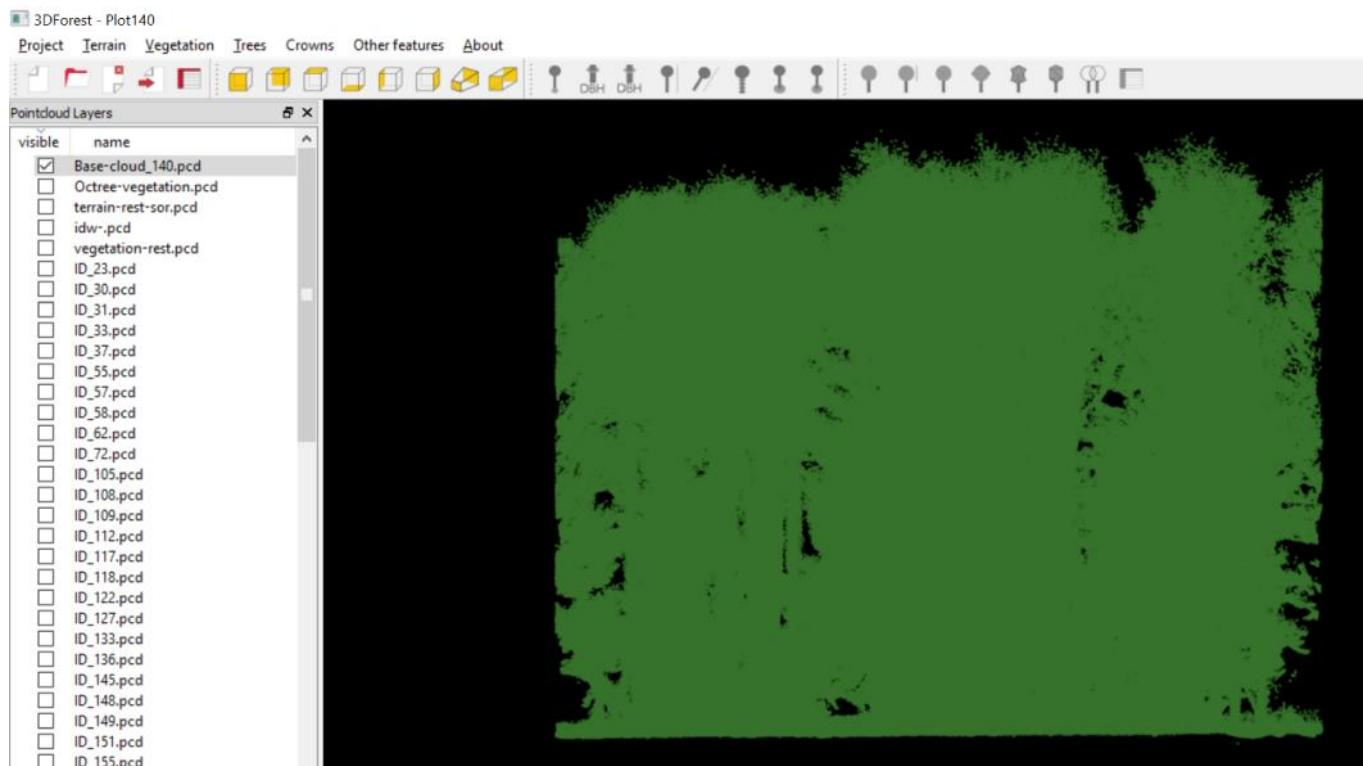
Prvi (preliminarni) rezultati naših istraživanja



Prvi (preliminarni) rezultati naših istraživanja

- za klasifikaciju i izmjeru stabala, pret-procesirani oblak točaka moguće je dodatno obraditi i u slobodnom softveru **3D FOREST** (<http://www.3dforest.eu/>), itd.
- polu-automatiziranom obradom iz oblaka točaka moguće je segmentirati tlo i svu vegetaciju
- za svako stablo na plohi moguće je odrediti **lokaciju**, procijeniti **prsni promjer**, **visinu stabala**, **dimenzije debla**, **dimenzije krošnje**, itd.

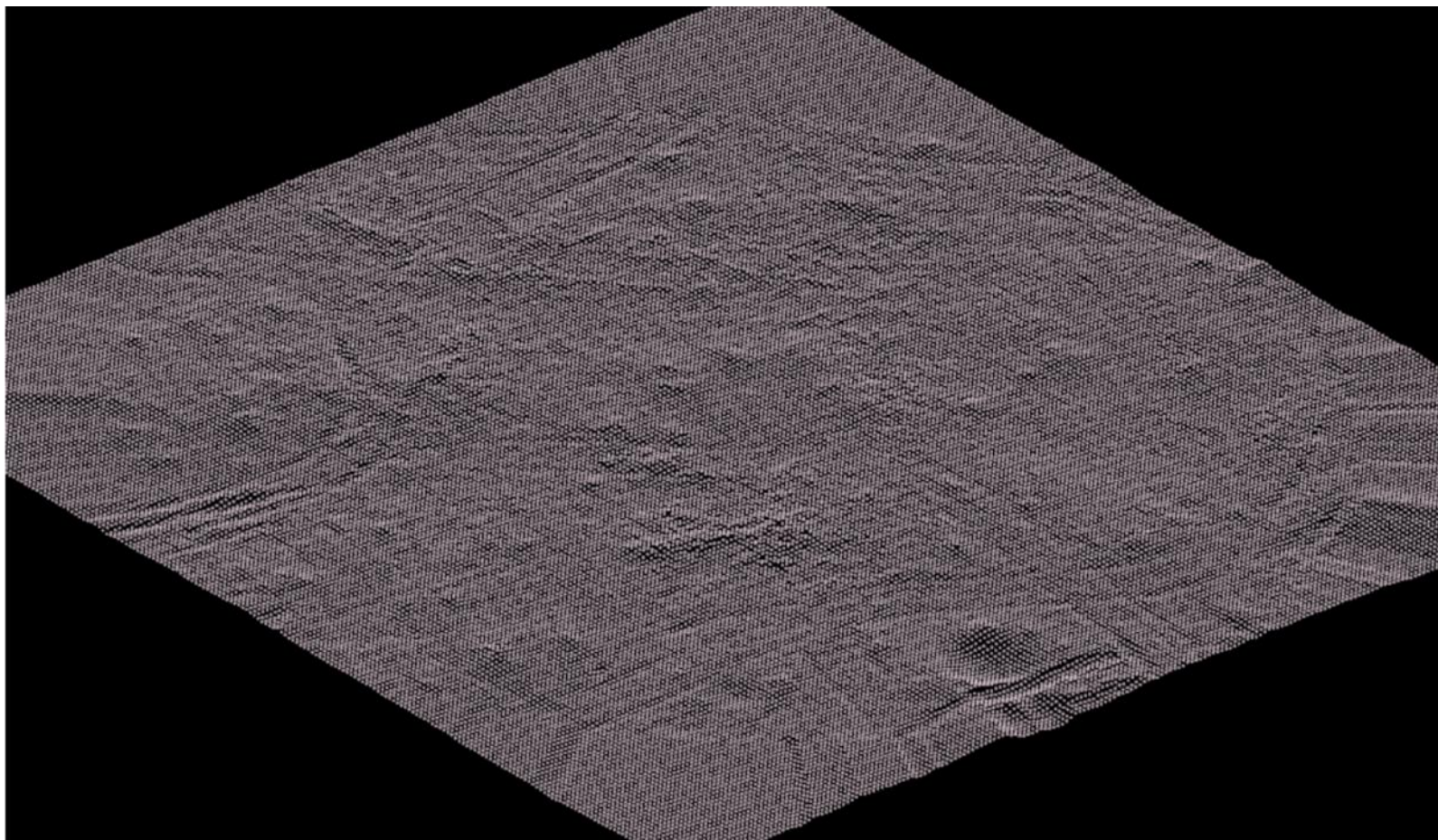
Učitani pret-procesirani oblak točaka za 1 plohu



Prvi (preliminarni) rezultati naših istraživanja

- Automatski segmentirano tlo
- dodatno manualno obrađeno (izbrisane pogrešno segmentirane točke)

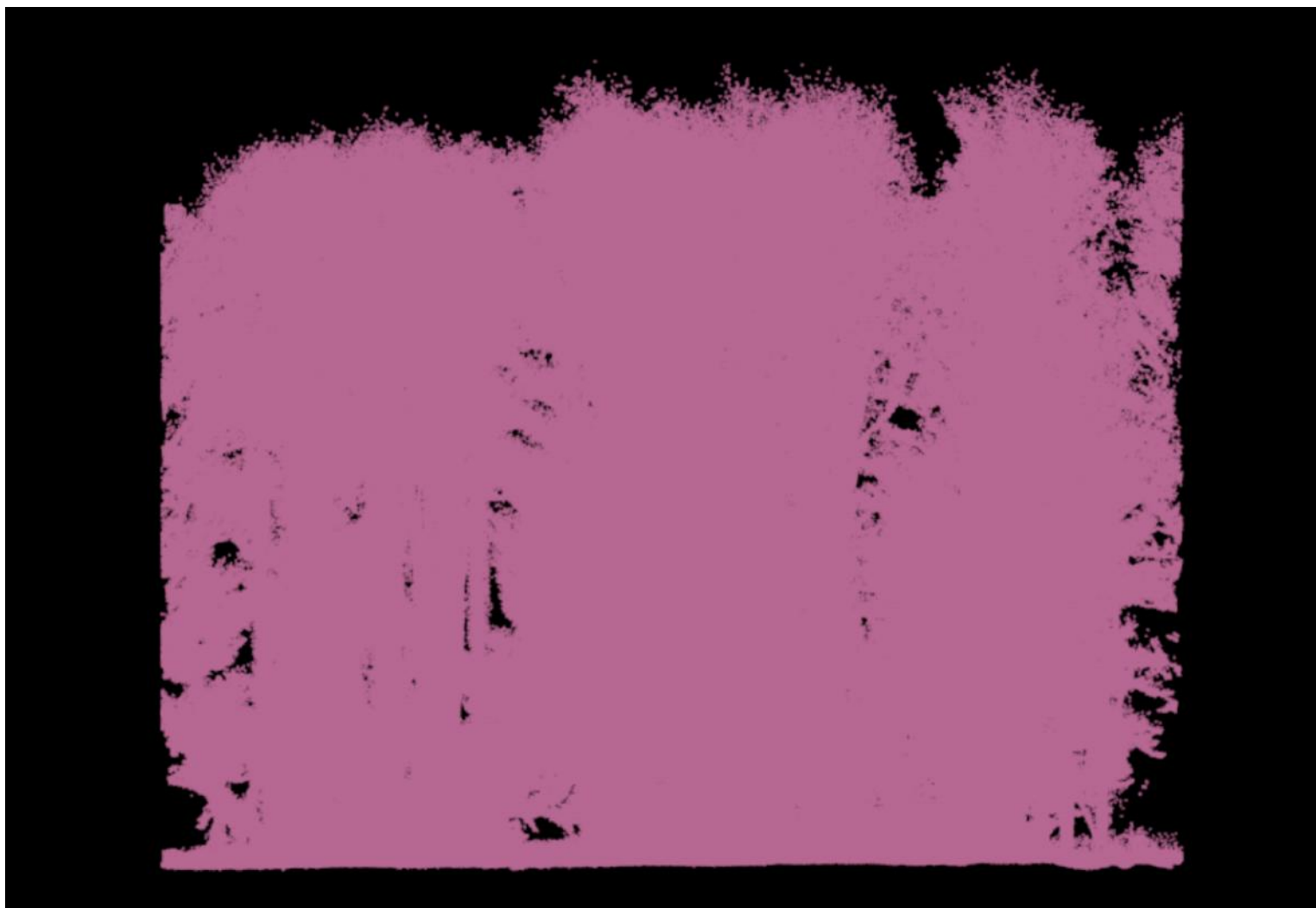
Tlo segmentirano iz oblaka točaka



Prvi (preliminarni) rezultati naših istraživanja

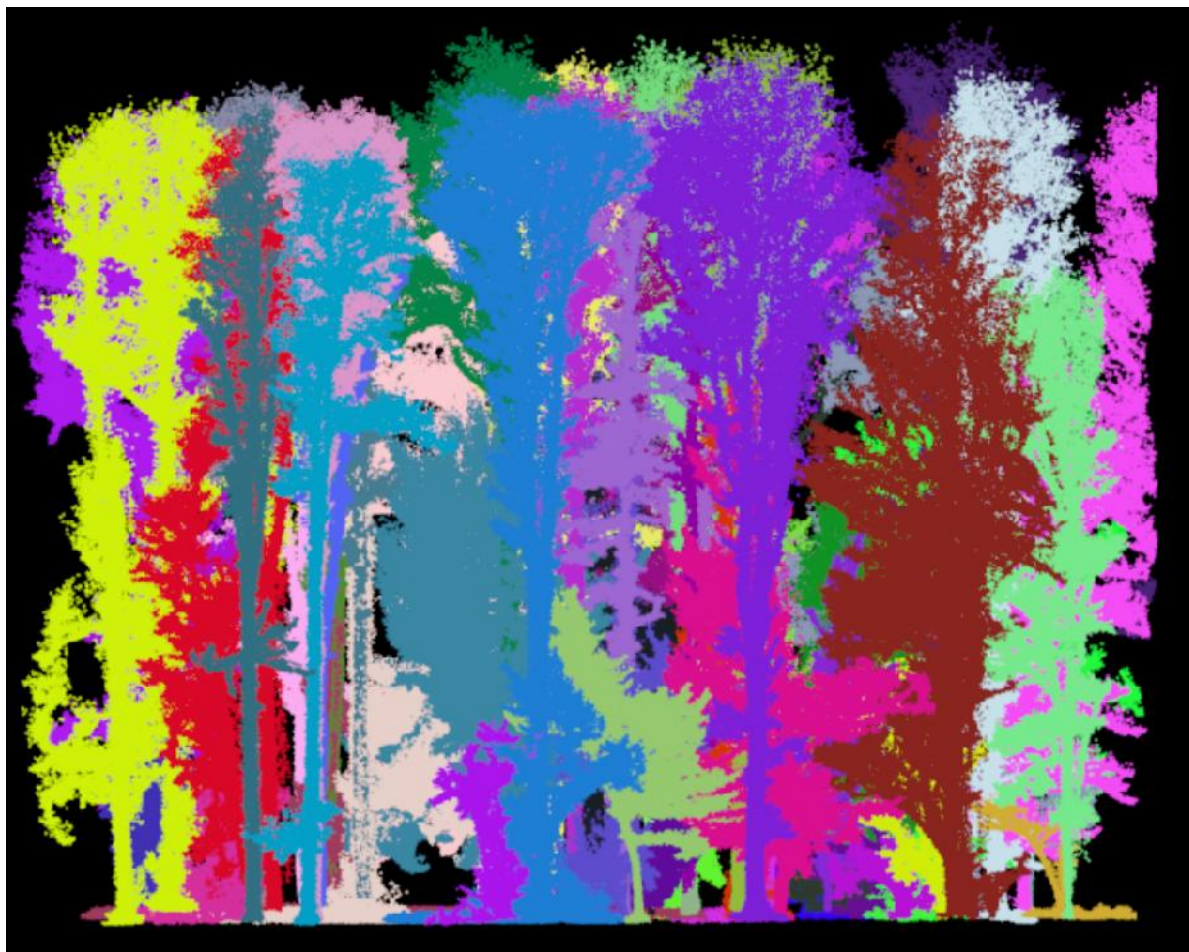
- Automatski segmentirana 'čitava vegetacija' na plohi od tla

Vegetacija segmentirana iz oblaka točaka



Prvi (preliminarni) rezultati naših istraživanja

- Automatski segmentirano svako stablo i grm na plohi
- Ovisno o strukturi sastojine, te gustoći skeniranja (metodi skeniranja na plohi) potrebno je manje ili više manualne obrade kako bi se uklonile pogreške automatske segmentacije

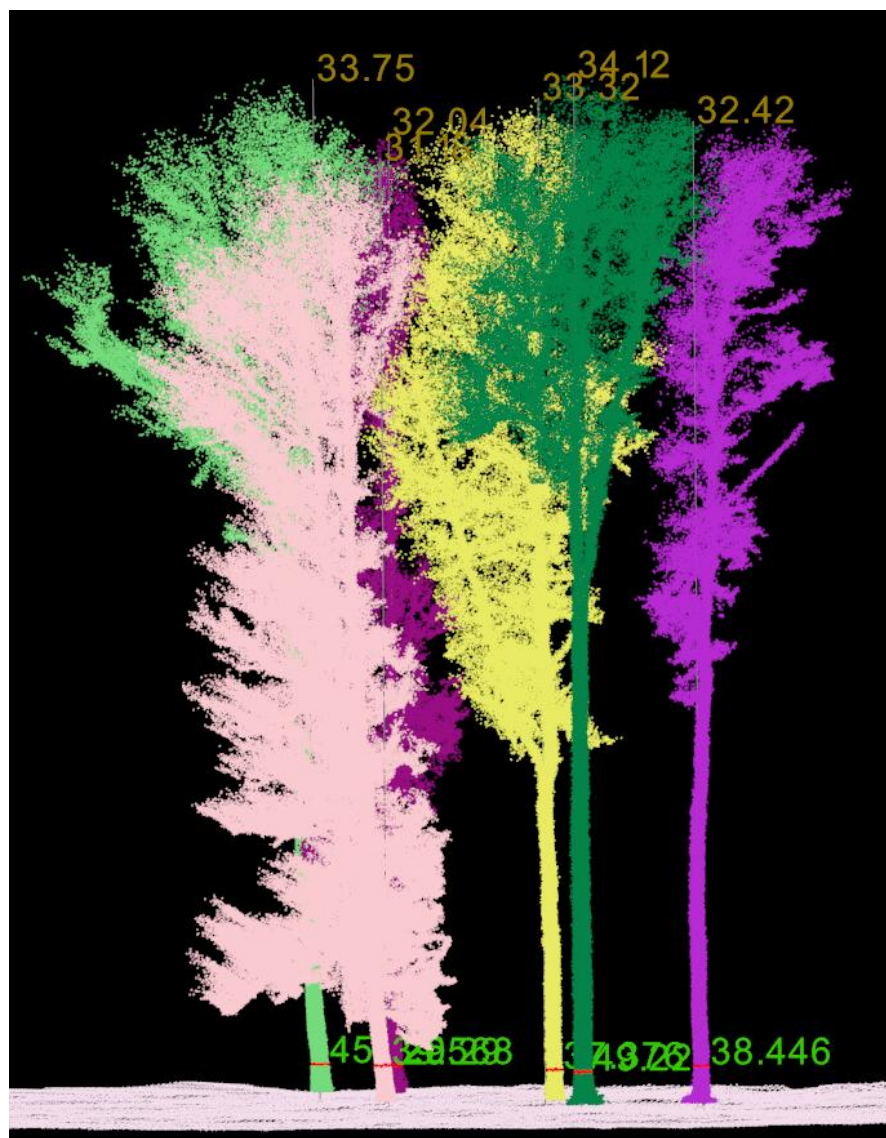


Segmentirana pojedinačna stabla
iz oblaka točaka



Prvi (preliminarni) rezultati naših istraživanja

- Automatski izračunate pozicije, visine i prsni promjeri stabala



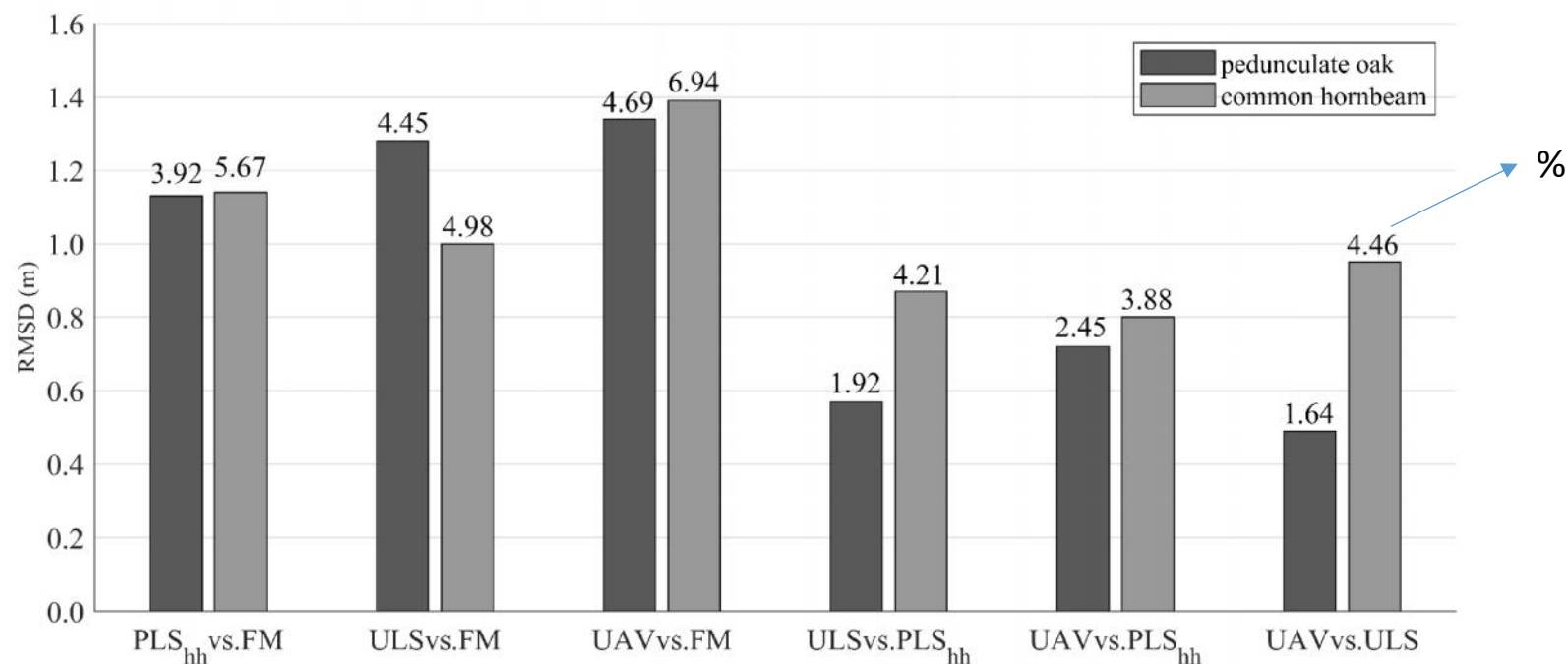
Prvi (preliminarni) rezultati naših istraživanja

Usporedba visine stabala (6 ploha, $r = 15$ m, ukupno 122 stabla):

- Terenska izmjera (**FM**)
- Ručni laserski skener (**RLS**, engl. **PLS_{hh}**)
- LiDAR – bespilotna letjelica (**ULS**)
- Fotogrametrija – bespilotna letjelica (**UAV**)

Istraživanje	Referentni podaci	Instrument	Raspon visina, m	SP, cm	RMSE, cm
Cabo i dr. (2018) - A	TLS	ZEB-REVO	5 - 18	0.9	1.3
Cabo i dr. (2018) - B	TLS	ZEB-REVO	21 - 33	9.0	9.4
Gianneti i dr. (2018)	Terenska izmjera	ZEB1	2 - 19	-4.6	2.2
Jurjević i dr. (2020)	Terenska izmjera (FM)	ZEB-HORIZON	9 - 33	0.4	1.1
		ULS	9 - 33	0.6	1.4
		UAV	9 - 33	0.9	1.6

Prvi (preliminarni) rezultati naših istraživanja



- ZEB-HORIZON ukazuje na veliki potencijal, veća točnost nego s ULS i UAV (podstojna etaža)
- **Točnost klasične terenske izmjere visina?**
- Sterenczak i dr. 2019. – hrast lužnjak (395 stabala), SP = 0.65 m (2.52 %) terenske izmjere visinomjera u odnosu na mjerenu dužinu srušenih stabala

Prvi (preliminarni) rezultati naših istraživanja

Prednosti terenske primjene:

- Efikasnost
- Neovisan o GNSS signalu
- Velika količina trajnih 3D podataka (ponovljivost mjerenja)
- Preciznost
- Višestruka namjena podataka

Prvi (preliminarni) rezultati naših istraživanja

Moguće primjene u operativnom šumarstvu:

- **Uredajna inventura šuma** - prsni promjeri, visine svakog stabala → visinske krivulje, ???
- **Detaljna izmjera sastojina neposredno prije glavnog prihoda** - totalna klupaža: prsni promjeri, visine svakog stabala, dimenzije (dužina) debla, procjena količine tehničkog drva → kvalitetnije planiranje glavnog prihoda
- **Nacionalna inventura šuma** – izmjera niza varijabli, trajne plohe

ZAKLJUČAK

- Unatoč manjem broju provedenih istraživanja, **dobiveni rezultati ukazali su na veliki potencijal i mogućnost primjene ručnog laserskog skenera u operativnom šumarstvu** (naročito ZEB-HORIZON instrumenta sa značajno poboljšanim karakteristikama)
- **Za konačnu potvrdu i preporuke potrebno je provesti dodatna, detaljnija istraživanja**

PRIJEDLOG DALJNJIH ISTRAŽIVANJA

- UR hrast lužnjak, UR obična bukva, ???;
- Određen broj ploha (npr. 3) u svakom dobnom razredu
- **CILJEVI:**
 - ✓ odrediti optimalan način (metodu) skeniranja na poduzorku ploha
 - ✓ ocijeniti točnost RLS za procjenu varijabli pojedinačnih stabala (i po vrstama, starosti)
 - ✓ Utvrditi vremensku učinkovitost primjene (usporedbom s klasičnom terenskom izmjerom na jednom cijelom odsjeku)
 - ✓ Ispitivanje učinkovitosti rada u različitim sastojinskim i terenskim (ravničarsko, brdsko) karakteristikama)
 - ✓ evaluirati različite softvere i njihovu primjenu za procjenu varijabli pojedinačnih stabala
 - ✓ istražiti dodatne mogućnosti primjene RLS
 - ✓ definirati protokol i smjernice za eventualnu primjenu u operativnom šumarstvu

HVALA !!!