

Metoda pravilnog određivanja uzdužnog profila šumske prometnice uz upotrebu GNSS uređaja



7. međunarodno savjetovanje „Šumarsko inženjerstvo jugoistočne Europe – stanje i izazovi“, 14. – 16. rujna 2022., Zalesina



REPUBLIKA HRVATSKA
Ministarstvo regionalnoga razvoja
i fondova Europske unije



Uvod

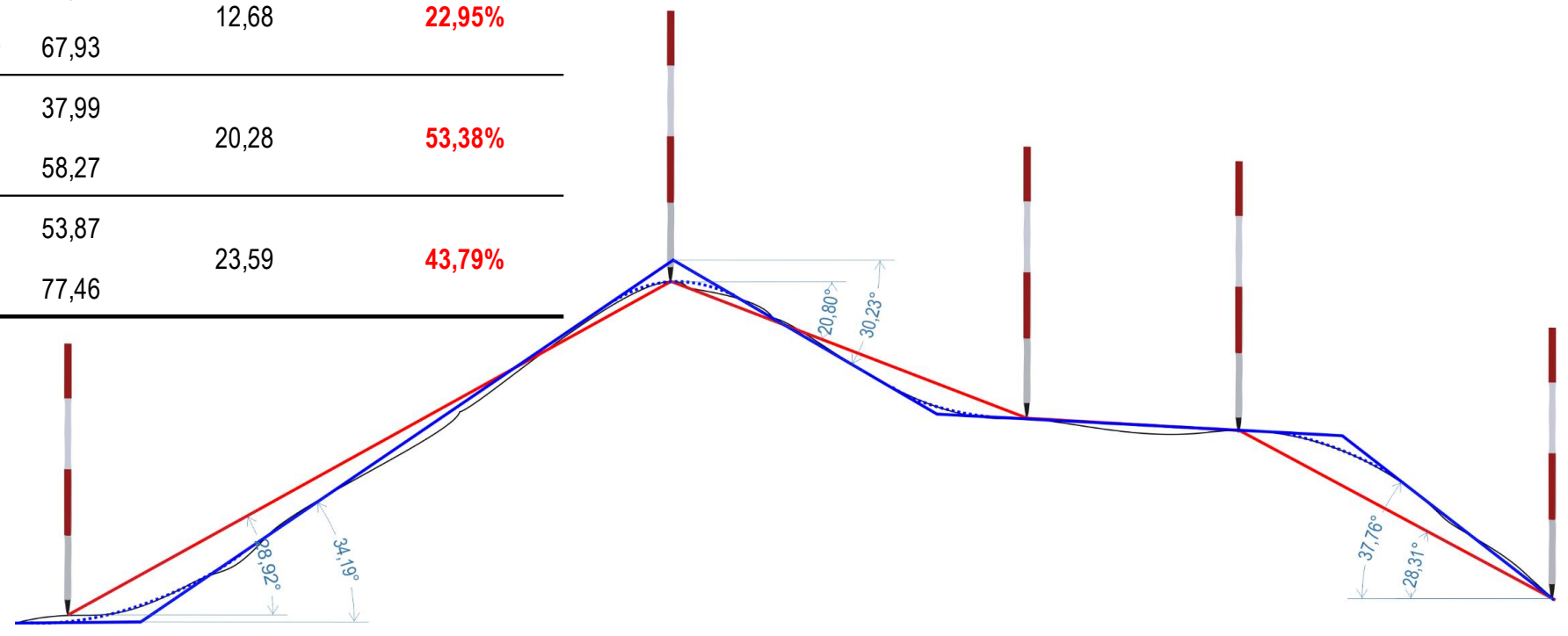
- Trenutna izmjera otežana zbog nedostatka kvalitetnog internet signala i otežanog gps prijema signala radi razvedene konfiguracije terena i zastora krošanja.
- Izmjera geodetskom stanicom najtočnija metoda, ali uz veliki utrošak vremena, veći novčani trošak i velika ovisnost o ljudskom faktoru prilikom izmjere. Visoka osjetljivost uređaja u teškim terenskim uvjetima što iziskuje često skupo održavanje, kako bi se održala visoka preciznost mjerenja predmetnim uređajem.
- Potrebno osmisliti novu metodu terenske izmjere i određivanja uzdužnog nagiba šumske prometne infrastrukture sa smanjivanjem utjecaja ljudskog faktora, bržom izmjerom, točnijim određivanjem parametara i dobivanje pouzdanijih podataka.
- Korištenje suvremenih tehnologija za brzo i jednostavno dobivanje pouzdanih podataka.

7. međunarodno savjetovanje „Šumarsko inženjerstvo jugoistočne Europe – stanje i izazovi”, 14. – 16. rujna 2022., Zalesina

Uvod

Br. primjera	Metode	Uzdužni nagib		Apsolutna razika nagiba, %	Relativna razika nagiba, %
		Stupnjevi, °	Postoci, %		
1	Određivanje lomova na terenu	28,92	55,25	12,68	22,95%
	Softversko određivanje lomova	34,19	67,93		
2	Određivanje lomova na terenu	20,80	37,99	20,28	53,38%
	Softversko određivanje lomova	30,23	58,27		
3	Određivanje lomova na terenu	28,31	53,87	23,59	43,79%
	Softversko određivanje lomova	37,76	77,46		

SIMULACIJA IZMJERE

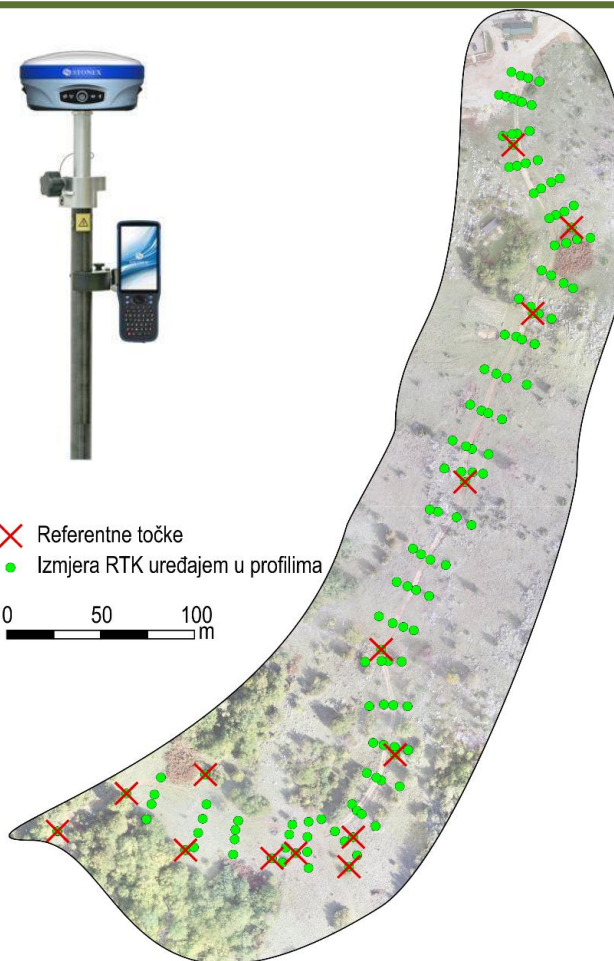


7. međunarodno savjetovanje „Šumarsko inženjerstvo jugoistočne Europe – stanje i izazovi”, 14. – 16. rujna 2022., Zalesina

Metode

Izmjera RTK (Real-Time Kinematic uređajem):

- model Stonex S900T
- upotreba sustava CROPOS za pr pozicioniranje
- 29 terenskih profila
- 4-6 točaka u svakom profilu
- 14 referentnih točaka
- duljina izmjerene trase 550 m
- obrada prikupljenih podataka u QGIS programu



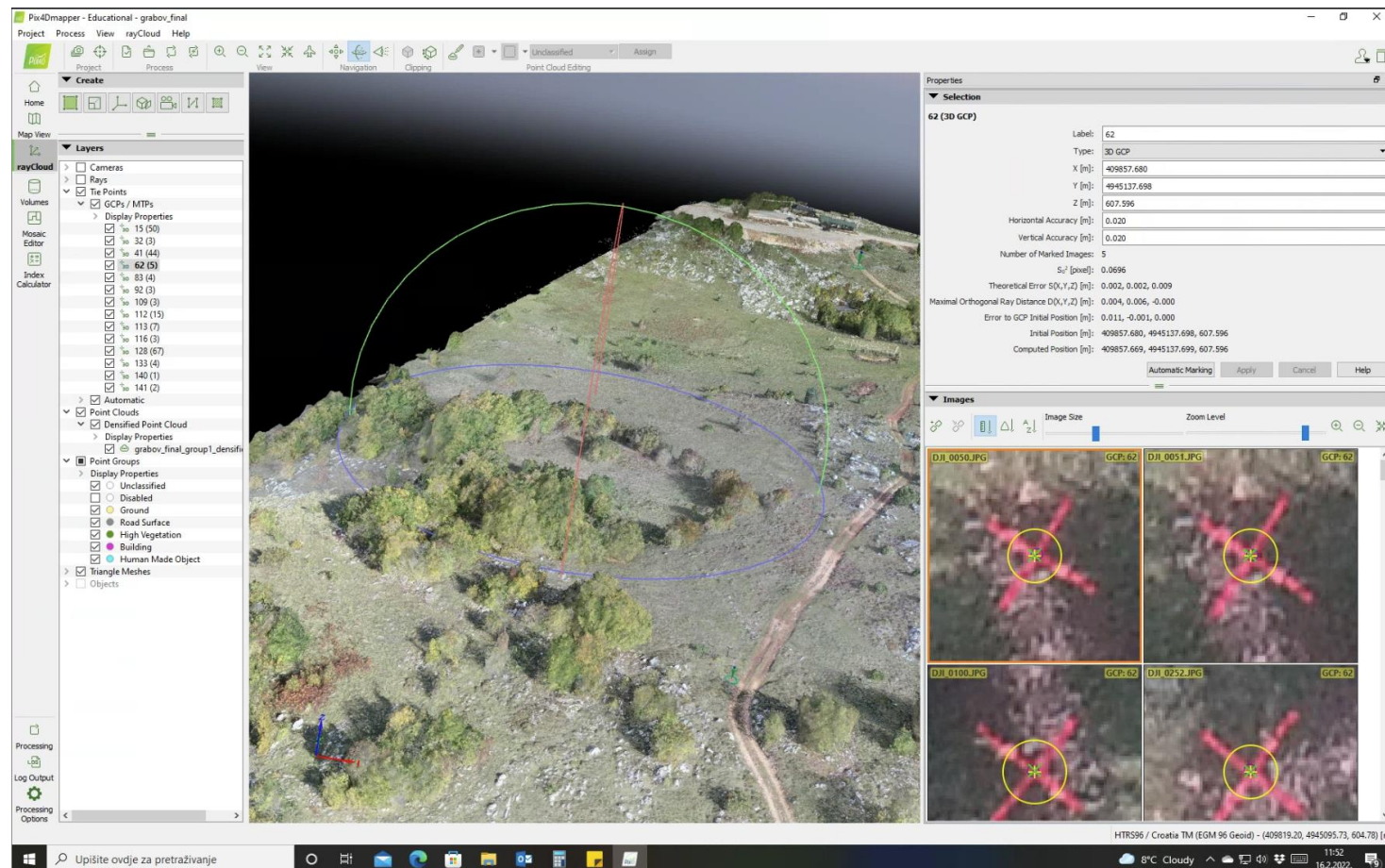
Podaci o profilima:

- X, Y, Z apsolutne koordinate u metrima
- format podataka ASCII, dwg, dxf, shp
- projekcija HTRS96

Metode

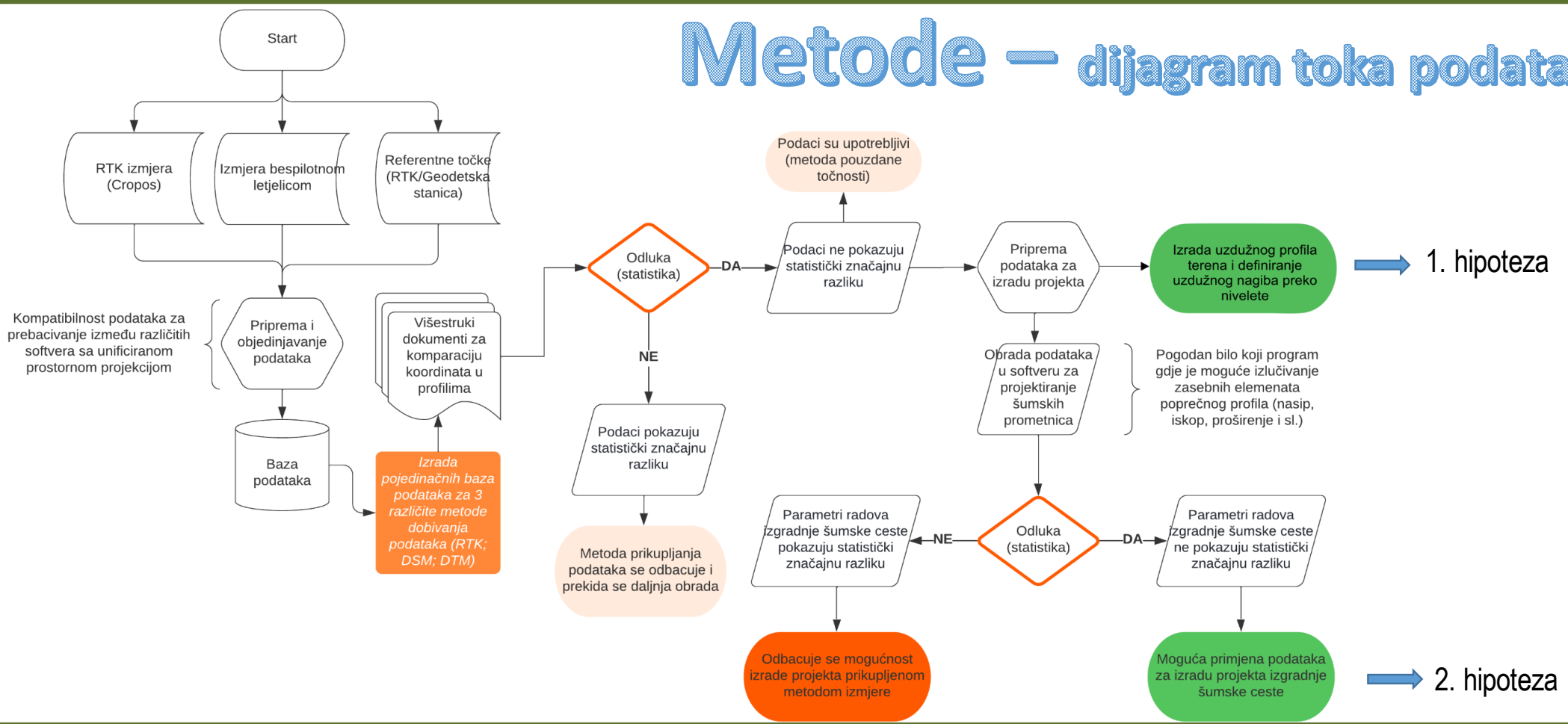
Izmjera bespilotnom letjelicom:

- model DJI Phantom 4 RTK
- 2 misije leta pomoću programa Pix4Dcapture
- planirana visina leta 50 m od točke polijetanja
- planirani veličina piksela < 2 cm
- preklop fotografije 80 %
- „double grid” misija leta
- procesuiranje podataka fotogrametrijskom metodom u programu Pix4Dmapper
- 14 referentnih točaka



7. međunarodno savjetovanje „Šumarsko inženjerstvo jugoistočne Europe – stanje i izazovi”, 14. – 16. rujna 2022., Zalesina

Metode – dijagram toka podataka



Rezultati

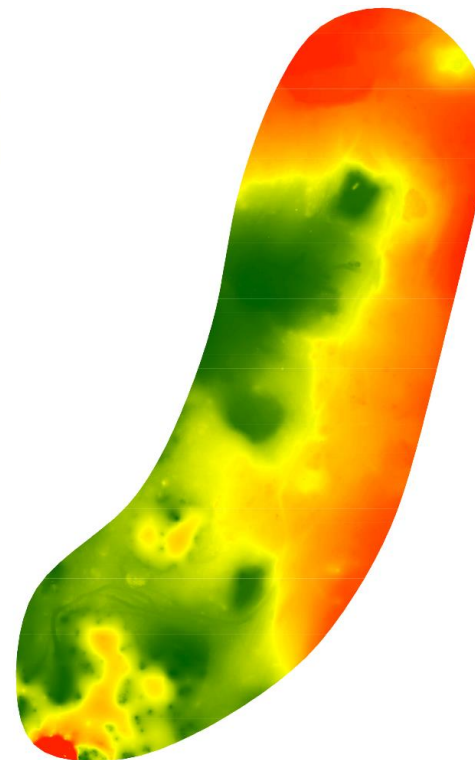
Rezultati izmjere bespilotnom letjelicom:

- Ortomozaik (digitalni ortofoto)
- Digitalni model terena (DTM)
- Digitalni model površina (DSM)

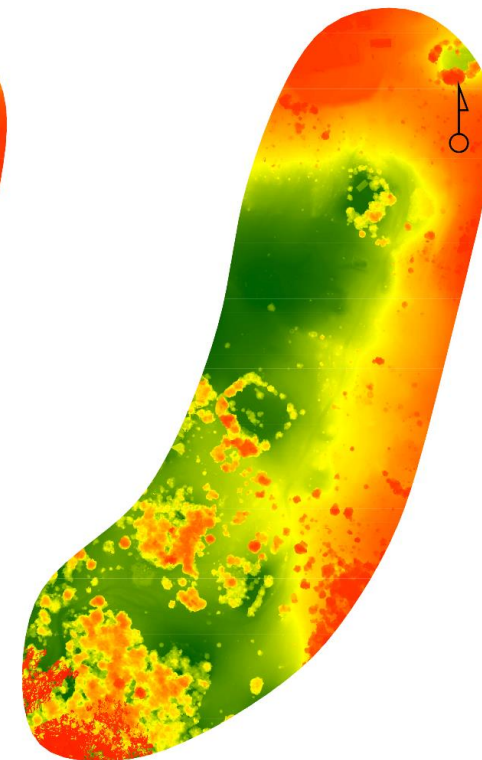
PARAMETRI	Obrada snimka drona
Model kamere i rezolucija slike	FC6310_8.8 5472x3648 (RGB)
Oblik rešetke snimanja misije leta	Dupli grid (za 3D modele)
Planiran razmak između piksela po programu pix4dcapture (visina snimanja 50 m)	1,66 cm/px
Stvaran razmak između piksela (GSD)	1,77 cm/px
Pokrivena površina	0,136 km ² /13,6 ha
Broj kalibriranih fotografija	680 od 681
Broj 3D točaka u oblaku točaka	68 093 217
Prosječna gustoća točaka (na m ³)	632.4



0 50 100 m



Dron snimak - DTM
Vrijednosti
Max : 699,271
Min : 626,493



Dron snimak - DSM
Vrijednosti
Max : 773,551
Min : 626,495

7. međunarodno savjetovanje „Šumarsko inženjerstvo jugoistočne Europe – stanje i izazovi“, 14. – 16. rujna 2022., Zalesina



Rezultati

Usporedba nadmorske visine točaka u profilima za 3 različite metode prikupljenih podataka

Apsolutne razlike u visini	DSM (prosječno)	DTM (prosječno)
RTK	8,76 cm	6,19 cm

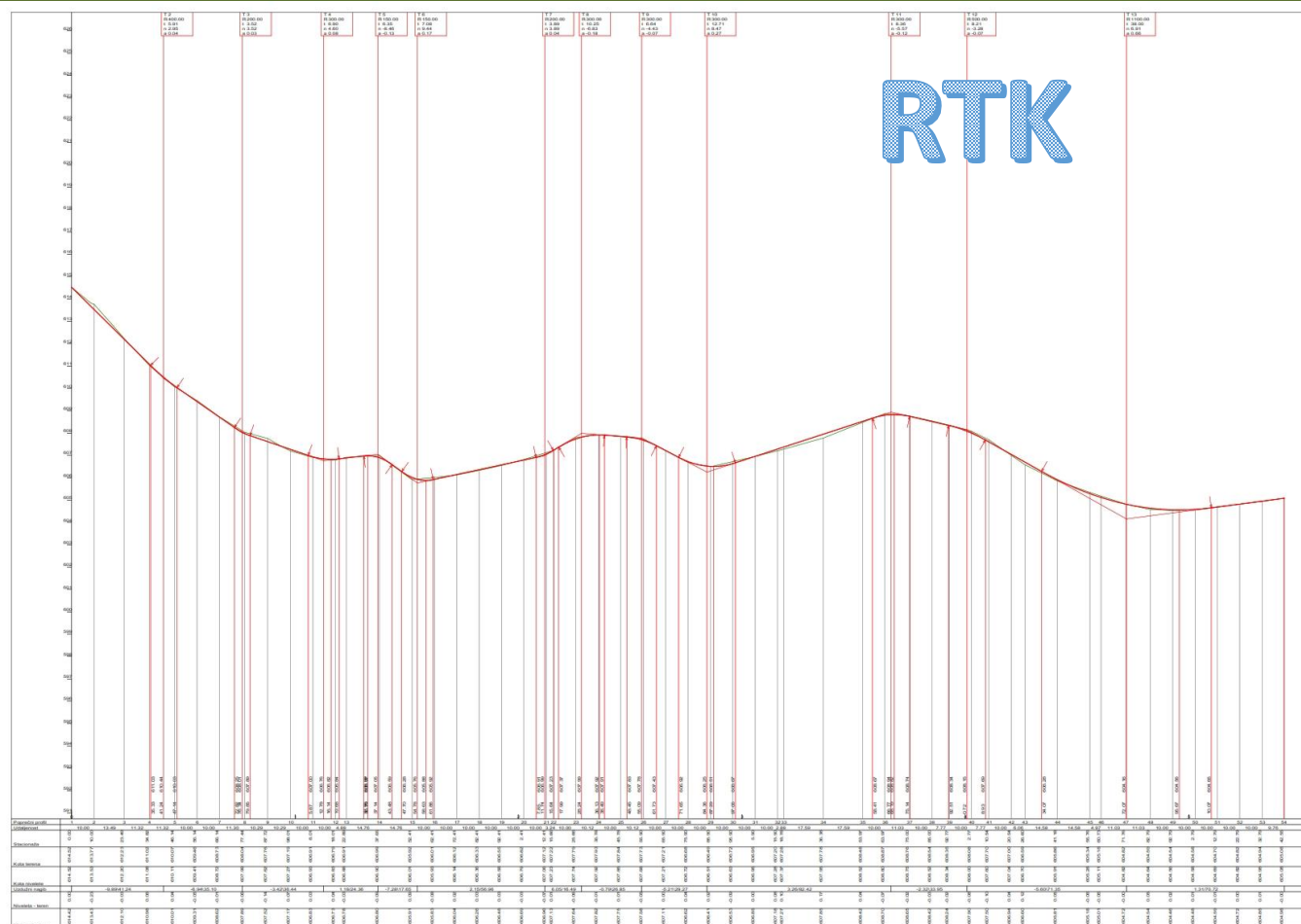
	Analiza varijance ponovljenih mjerenja				
	SS	Stupnjevi slobode	MS	F	p
Intercept	156101808	1	156101808	7194011	0,000000
Pogreška	3038	140	22		
METODE	0	2	0	8	0,000422
Pogreška	6	280	0		

	Tukey HSD test	
	Približne vjerojatnosti za post hoc testove	
Pogreška: Unutar MS = ,02196, df = 280.00		
RTK		0,000247
DSM	0,000247	
DTM	0,321485	0,032217

7. međunarodno savjetovanje „Šumarsko inženjerstvo jugoistočne Europe – stanje i izazovi“, 14. – 16. rujna 2022., Zalesina

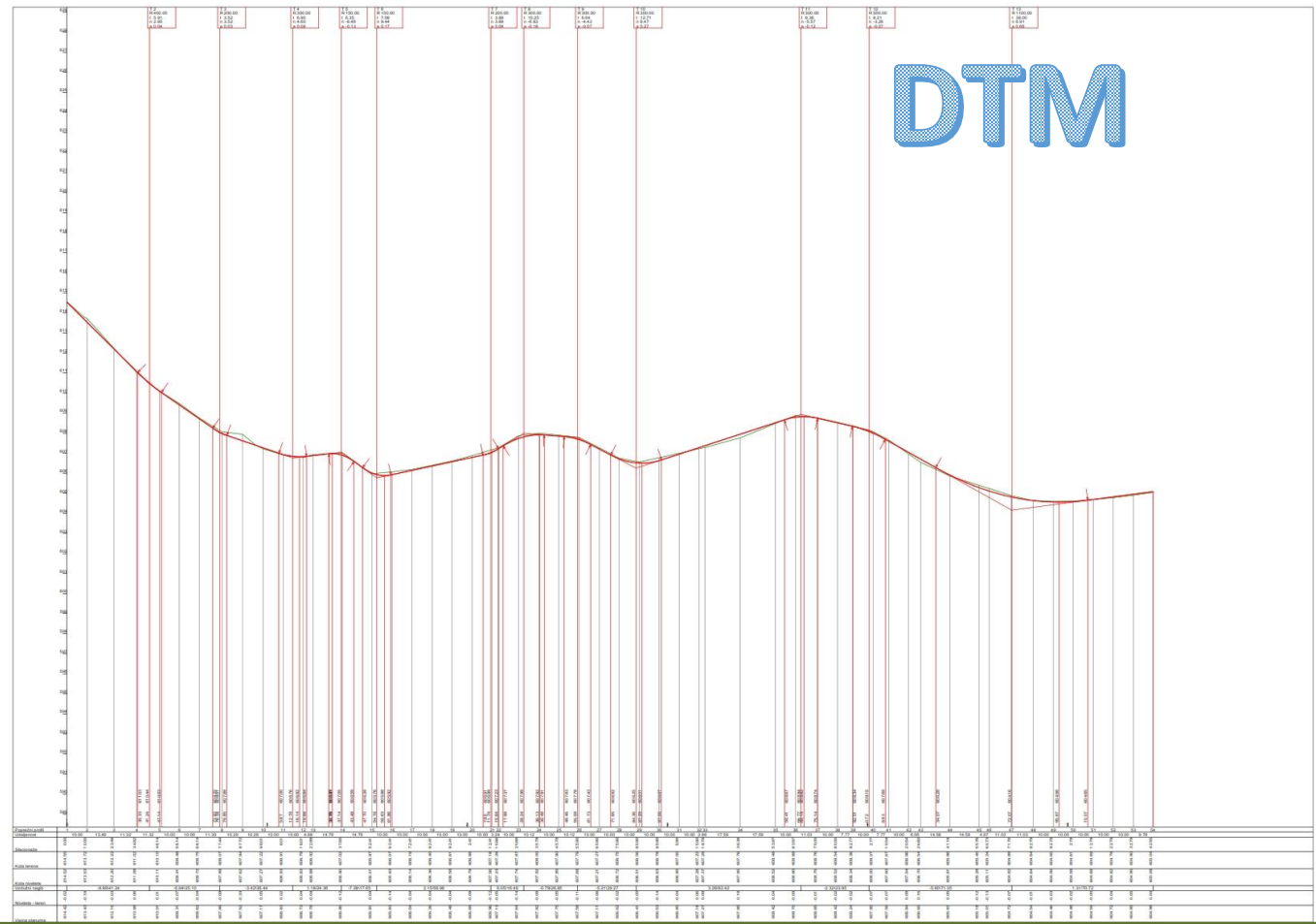
Rezultati

- Visinsko razvijanje terena na sredini snimane šumske prometnice RTK GPS komponentom GNSS sustava.
- Uklopljena niveleta u programu za projektiranje šumskih cesta uz definiranje pravilnog uzdužnog nagiba maksimalno prateći teren.
- 14 vertikalnih tjemena (12 lomova)
- Minimalni uzdužni nagib 0,79 %
- Maksimalni uzdužni nagib 9,89 %



Rezultati

- Visinsko razvijanje terena na sredini snimane šumske prometnice bespilotnom letjelicom.
- Uklopljena niveleta u programu za projektiranje šumskih cesta sa identičnim parametrima (visinske pozicije, lomovi i radijus), kao i za teren snimljen RTK uređajem.



7. međunarodno savjetovanje „Šumarsko inženjerstvo jugoistočne Europe – stanje i izazovi“, 14. – 16. rujna 2022., Zalesina

Rezultati

- Duljina projektirane šumske prometnice iznosi 542,55 m
- 10 horizontalnih tjemena (8 krivina)
- Minimalni radijus krivine 20 m
- Maksimalni radijus krivine 700 m

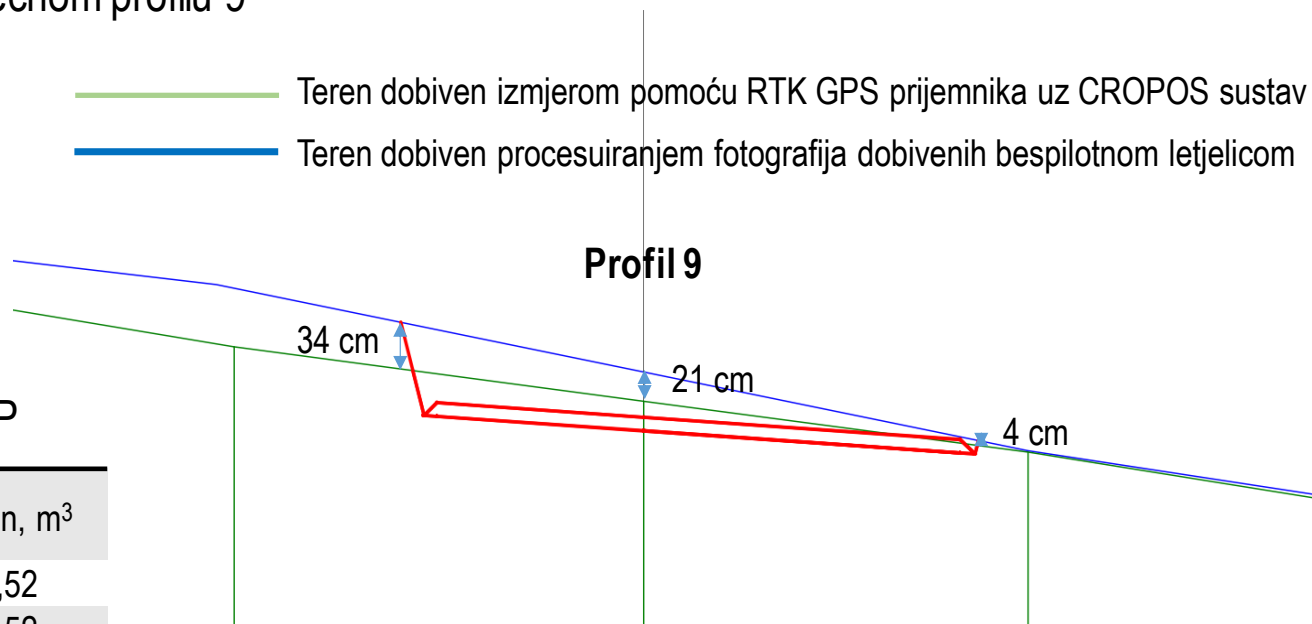


7. međunarodno savjetovanje „Šumarsko inženjerstvo jugoistočne Europe – stanje i izazovi“, 14. – 16. rujna 2022., Zalesina

Rezultati

Primjer razlike terena s najvećom razlikom u poprečnom profilu 9

- Teren dobiven izmjerom pomoću RTK GPS prijemnika uz CROPOS sustav
- Teren dobiven procesuiranjem fotografija dobivenih bespilotnom letjelicom



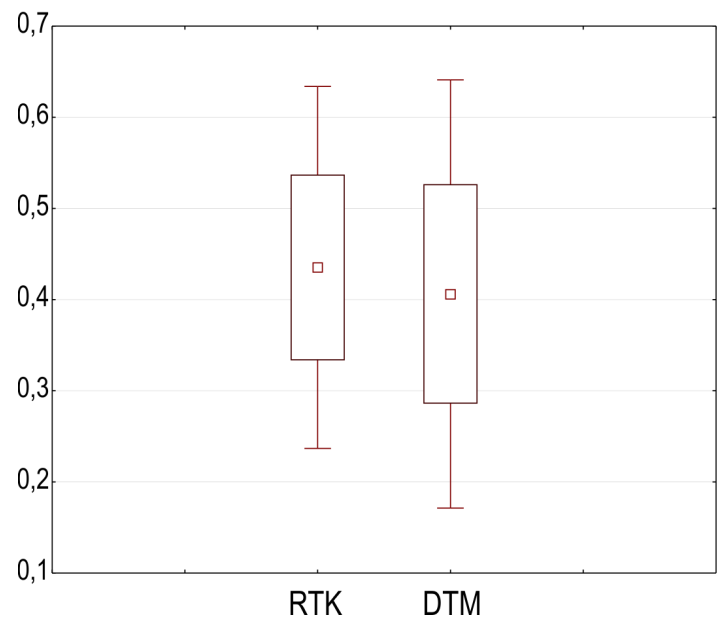
Izdvojeni parametri za čitavu projektiranu trasu ŠP

Zemljani radovi	N, m ³	I, m ³	Razlika I-N, m ³	Tampon, m ³
RTK	23,07	221,94	198,87	176,52
DTM	21,53	272,19	250,66	176,52
Razlika	-1,54	50,25	51,79	0,00

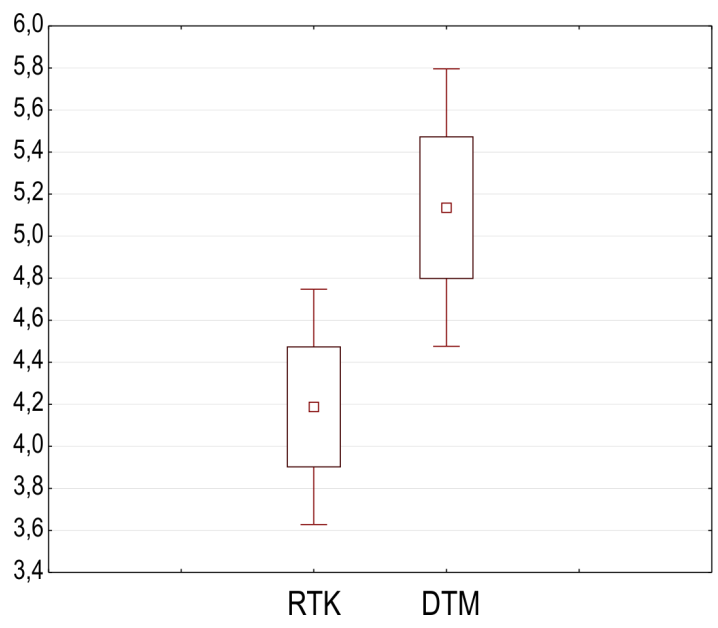
Rezultati

T-test za zavisne uzorke
Izražene razlike su značajne za vrijednost $p < ,05000$

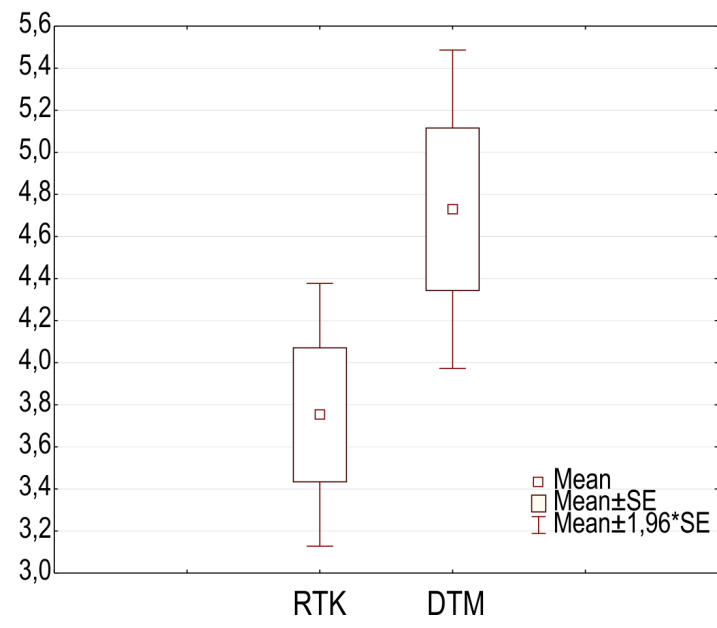
Zemljani radovi nasipa, m³
 $p = 0,465665$



Zemljani radovi iskopa, m³
 $p = 0,000001$



Razlika iskop/nasip, m³
 $p = 0,000003$





REPUBLIKA HRVATSKA
Ministarstvo regionalnoga razvoja
i fondova Europske unije



Operativni program
KONKURENTNOST
I KOHEZIJA



Zaključak

- upotreba suvremenog hardvera (bespilotna letjelica) i softvera (procesuiranje fotografija fotogrametrijskom metodom) omogućuju jednostavnije i brže prikupljanje prostornih podataka u određenim terenskim uvjetima,
- metoda određivanja uzdužnog nagiba šumskih prometnica uz korištenje softvera za projektiranje šumskih prometnica i prikupljanja prostornih podataka uz pomoć bespilotne letjelice daje pouzdanu točnost čime je potvrđena prva hipoteza,
- terenski podaci prikupljeni bespilotnom letjelicom uz precizno georeferenciranje referentnim točkama ne daje pouzdanu točnost za izradu glavnog projekta šumske prometnice te druga hipoteza nije potvrđena,
- postizanje veće točnosti za sad moguće jedino primjenom skenera iz zraka (ukoliko se teži tom načinu prikupljanja podataka) sa većim brojem snimljenih točaka po kvadratnom metru,
- daljnjim istraživanjima potrebno je utvrditi odstupanja bespilotne letjelice s vlastitim GNSS prijemnikom bez definiranja referentnih točaka, te odrediti točnost podataka za veći preklop fotografija (> 80 %) sa nižom visinom leta,
- primjena i test prikazane metode izmjere u sastojinskim uvjetima visoke šume van vegetacijskog razdoblja.

7. međunarodno savjetovanje „Šumarsko inženjerstvo jugoistočne Europe – stanje i izazovi”, 14. – 16. rujna 2022., Zalesina



HiSkid

H

V

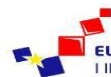
A

L

A



REPUBLIKA HRVATSKA
Ministarstvo regionalnoga razvoja
i fondova Europske unije



EUROPSKI STRUKTURNI
I INVESTICIJSKI FONDovi



Operativni program
KONKURENTNOST
I KOHEZIJA