Kartografuojame su fiksuoto sparno bepiločiu orlaiviu Delair UX11 PKK (nenaudojant ir naudojant tvirtus taškus).

Lauko įranga:

1) Delair UX11 PPK. https://www.geonovus.lt/technine-iranga/orlaivis-delair-ux11.
2) GNSS imtuvas Trimble SP60. https://www.geonovus.lt/technine-iranga/gps-gnss-imtuvas-sp60

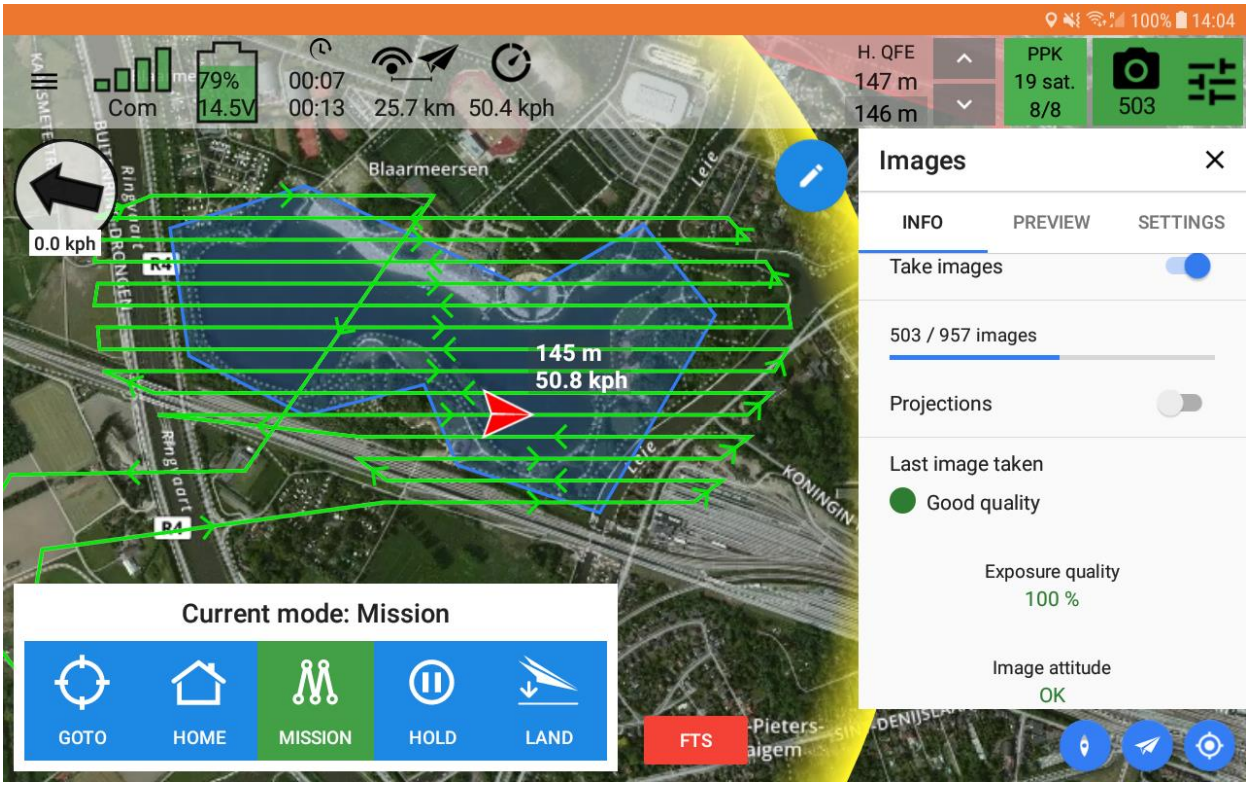
Galutinis duomenų apdorojimas fotogrametrine įranga:

1) Trimble Business Center + UASmaster. https://www.geonovus.lt/programine-iranga/uasmaster
2) Agisoft PhotoScan https://www.geonovus.lt/programine-iranga/agisoft-photoscan
3)

Paveikslas Nr. 1 – naudota įranga lauke

Atlikus skrydį buvo surinktos 645 nuotraukos. Bepilotis orlaivis turi integruotą GNSS anteną (GPS + Glonass), kuri naudojama ne tik drono navigacijai, bet ir kaupiami nuolatiniai GNSS duomenys 1 Hz dažniu, kurie panaudojami nuotraukų koordinatės patikslinimui. Drono valdymas (misijos planavimas ir nusiuntimas į droną) vykdomas planšetėje su Android OS.

Paveikslas Nr. 2 – Delair Flight Deck (misijos nusiuntimas į droną ir skrydžio kontrolė). Vaizdas iš kito skrydžio toje pačioje vietovėje (145m aukštyje).

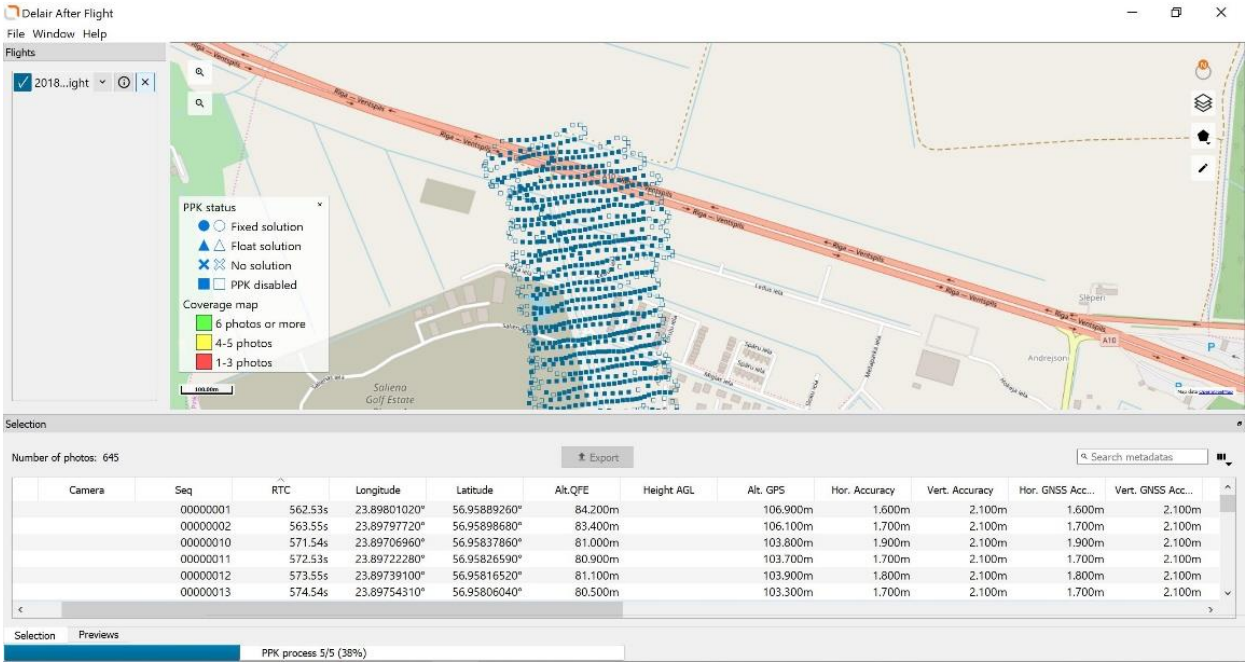


Nusiuntus misiją į droną ir jį paleidus iš rankos galime stebėti kaip atliekami kartografavimo darbai, galime matyti ar renkamos nuotraukos yra kokybiškos. Ryšys su dronu gali būti užmegztas radijo pagalba arba GSM ryšiu. Naudojant GSM ryšį atstumui tarp operatoriaus ir drono limito nėra, jei tik vietovę padengia GSM tinklas. Programinės įrangos pagalba, esant būtinybei, galime nutraukti misiją ir atlikti manevrus ore, pvz. nusileisti anksčiau laiko. Maksimaliai dronas ore gali išbūti iki 59 minučių atliekant kartografavimo darbus. Drono nusileidimas itin sklandus, kadangi UX11 modelis turi įmontuotą lazerinį atstumo matuoklį, kuris tikslina atstumą iki žemės ir atlieka itin tikslius koreguojančius manevrus.

Kartografuojama buvo 85m aukštyje, rezoliucija GSD 1,12 cm/pix. Drone įmontuota profesionali foto kamera su 12mm objektyvu, 5048 x 4228 pix nuotraukos rezoliucija. Nuotraukos ir GNSS duomenys kaupiami drono SSD diske.

Delair After Flight programinė įranga, instaliuojama biuro kompiuteryje, komplektuojama kartu su bepiločiu orlaiviu ir naudojama duomenų importui iš orlaivio, bei nuotraukų koordinačių patikslinimui, jei naudojama stacionari GNSS bazinė stotis (statiniai duomenys).

Paveikslas Nr. 3 – Delair After Flight (importuoti duomenys iš drono)

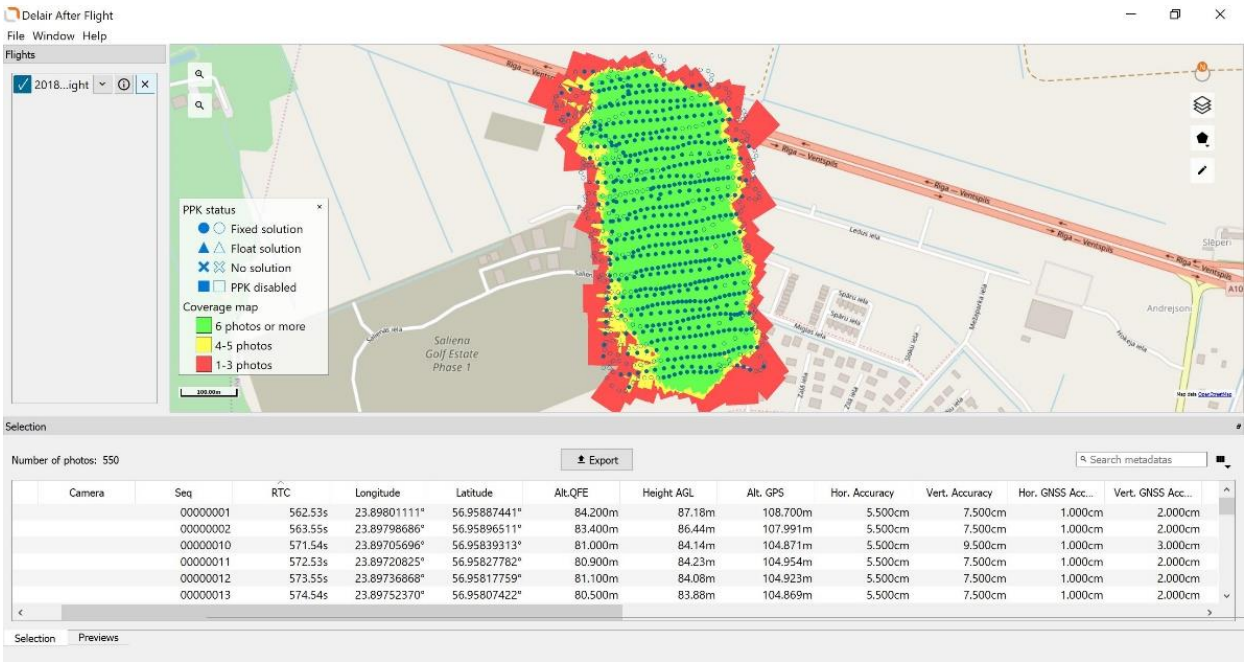


Paveiksle matome, kad nuotraukų GNSS koordinačių tikslumas yra <1,8m horizontalus ir <2,1m vertikalus. Šis tikslumas pasiekiamas naudojant tik drono GNSS anteną neatlikus vėlesnio duomenų patikslinimo.

Norint patikslinti nuotraukų koordinates, kas įgalina naudoti mažiau kontūrženklių galutinių duomenų apdorojimui, turime dvi opcijas. Pirma, naudojame savo GNSS imtuvą kuris skrydžio metu kaupia statinius duomenis, bei prieš skrydį dar rekomenduotina pasimatuoti kelis kontūrženklius kontrolei. Antra opcija naudoti referencinių tinklų statinius duomenis, pvz. LitPOS ar LatPOS (šis skrydis buvo atliktas netoli Rygos).

Šio bandymo metu buvo naudojamas GNSS imtuvas Trimble SP60 rinkti statinius duomenis ir vėliau RINEX formatu duomenys buvo importuojami į Delair After Flight programinę, bei atliekamas taip vadinamas angl. „post-processing“ – koordinačių patikslinimas.

Paveikslas Nr. 4 – Delair After Flight (po „post-processing“)

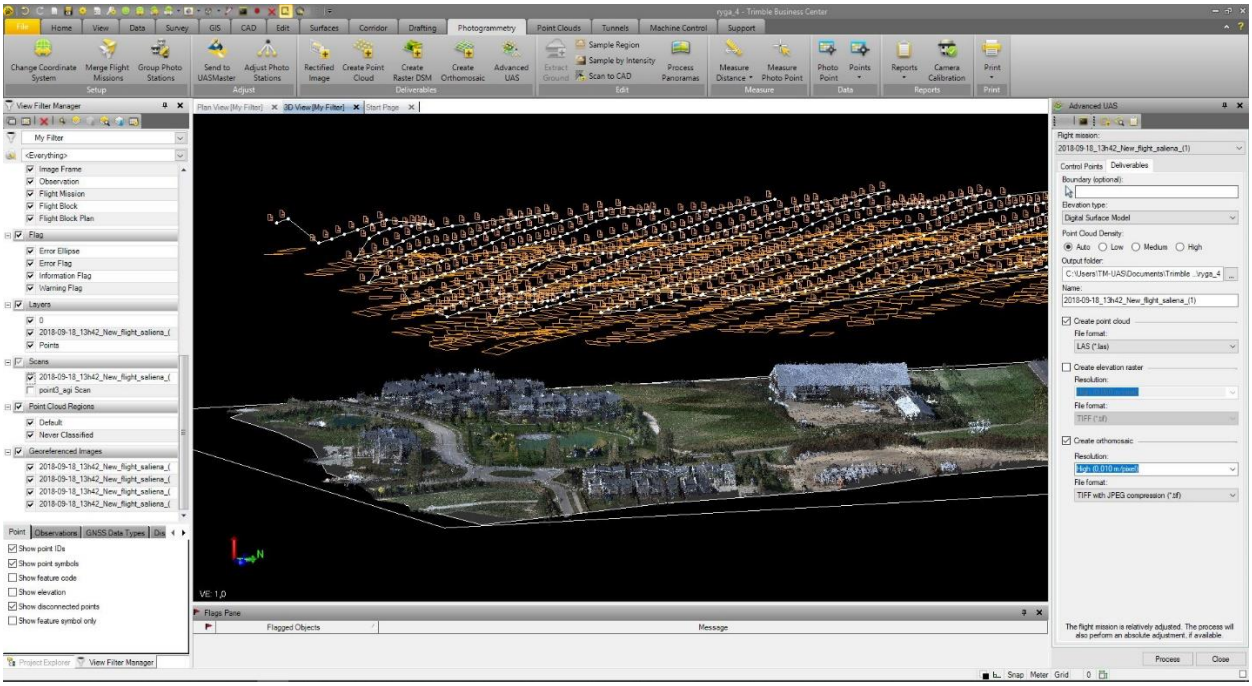


Atlikus koordinačių patikslinimą iš ataskaitos matome, kad nuotraukų GNSS koordinačių tikslumas yra 1cm horizontalus ir <3cm vertikalus.

Naudojant tą pačią Delair After Flight programinę įrangą buvo išfiltruotos 550 nuotraukos apsibrėžus poligoną. Šios nuotraukos ir buvo eksportuotos vėlesniam apdorojimui fotogrametrinės įrangos pagalba.

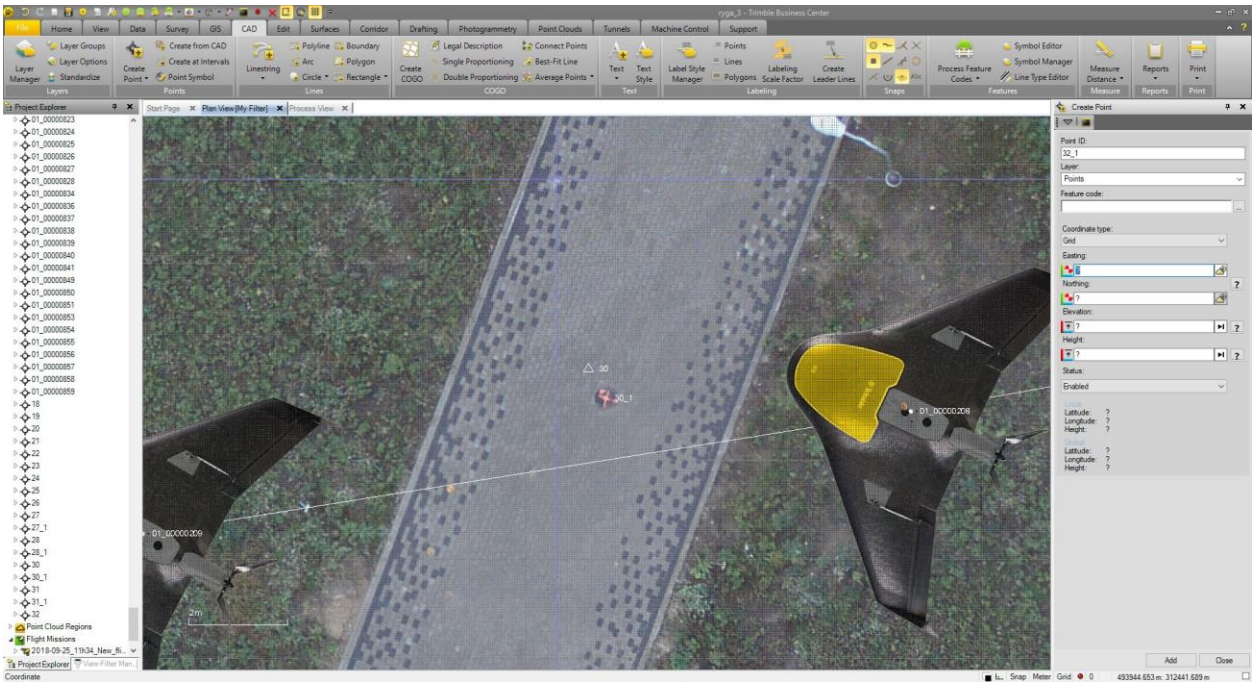
Fotogrametrinės įrangos buvo naudojamos dvi, palyginimo tikslu. Trimble Business Center Photogrammetry ir Agisoft Photoscan. Pirmu atveju buvo naudojama Trimble Business Center programinė įranga kurioje, norint pasigaminti taškų masyvą ir ortofoto nuotrauką, procesas yra supaprastintas iki kelių mygtukų paspaudimo. Importavus nuotraukas po PPK apdorojimo buvo sugeneruotas taškų masyvas ir ortofoto.

Paveikslas Nr. 5 – Trimble Business Center Photogrammetry (sutrumpintai TBC)

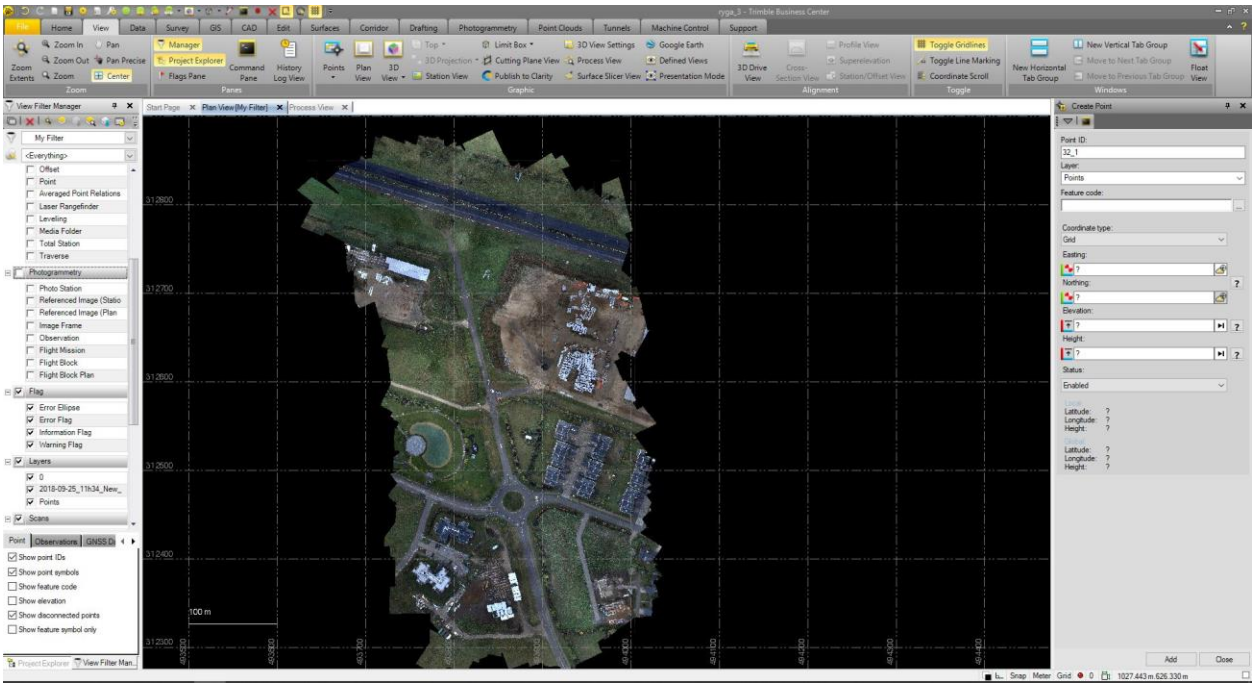


Paveikslo dešinėje pusėje matome parinkimo parametrus, nustatome kokius rezultatus norime gauti (apdorojamos teritorijos plotą, ar generuosime bendrą paviršių DSM, ar automatiškai filtruosime žemės paviršių DTM, taškų masyvo (angl. point cloud) tankumą ir duomenų formatą, ar generuosime paviršiaus rastrą, bei ortofoto rezoliuciją ir formatą. TBC leidžia ortofoto generuoti suspaustu JPEG formatu, kas keletą kartų sumažina failų dydį nežymiai aukojant ortofoto kokybę.

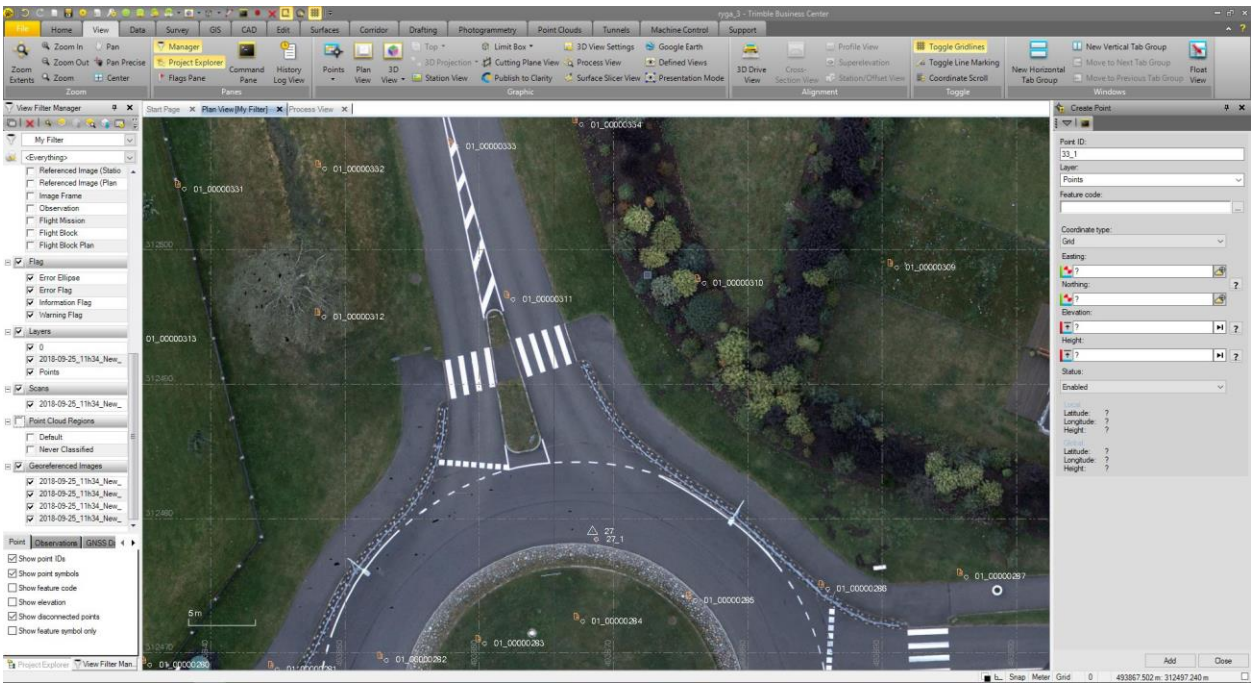
Paveikslas Nr. 6 – TBC. Sugeneruotas ortofoto



Paveikslas Nr. 7 – TBC. Sugeneruotas ortofoto

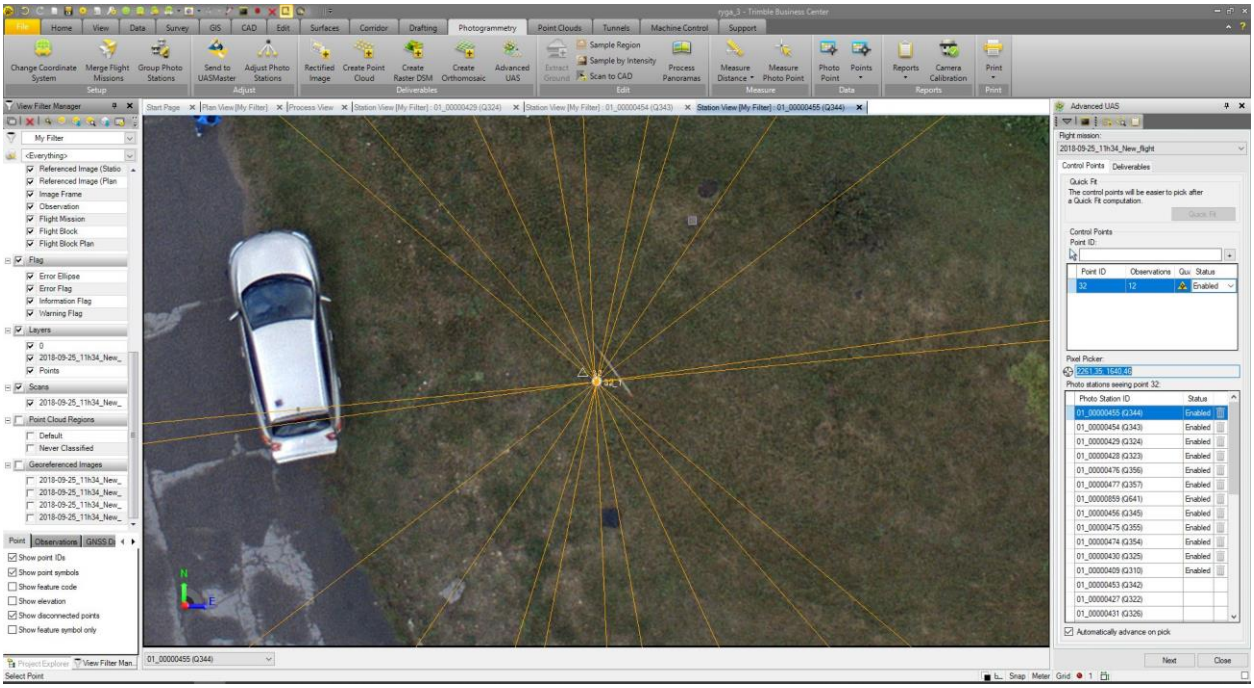


Paveikslas Nr. 8 – TBC. Sugeneruotas ortofoto

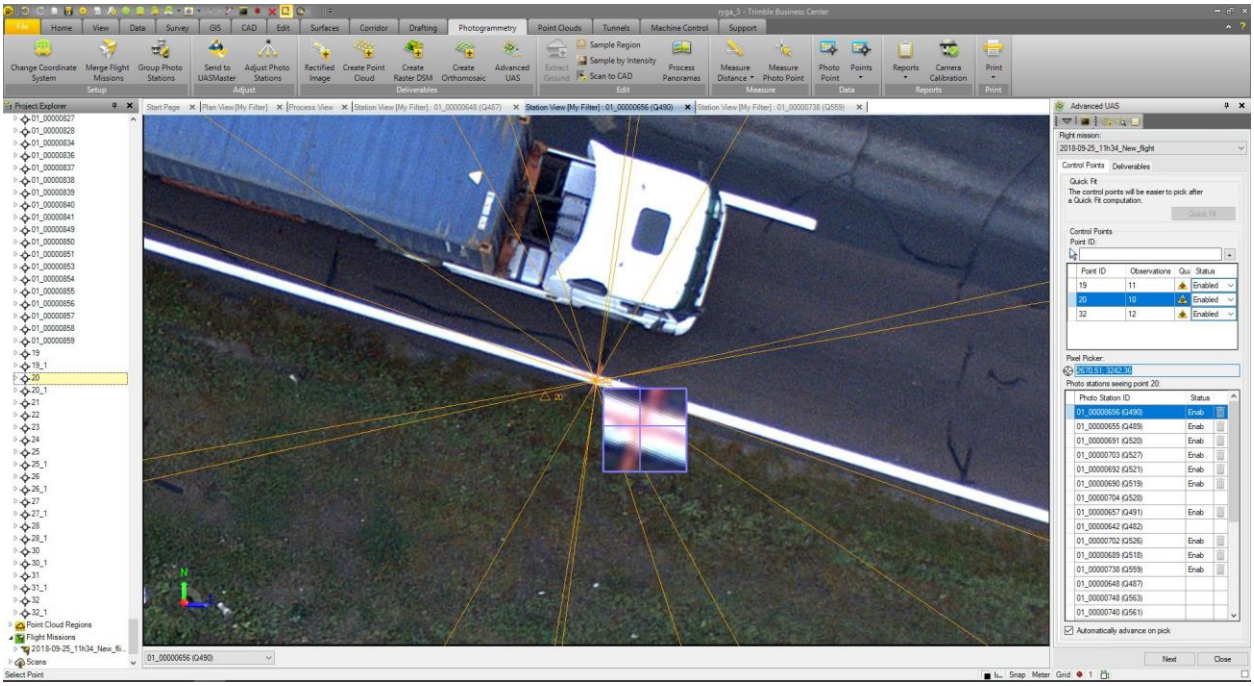


Pirmu etapu apdorojant duomenys buvo panaudoti tys GCP (kontūrženkliai).

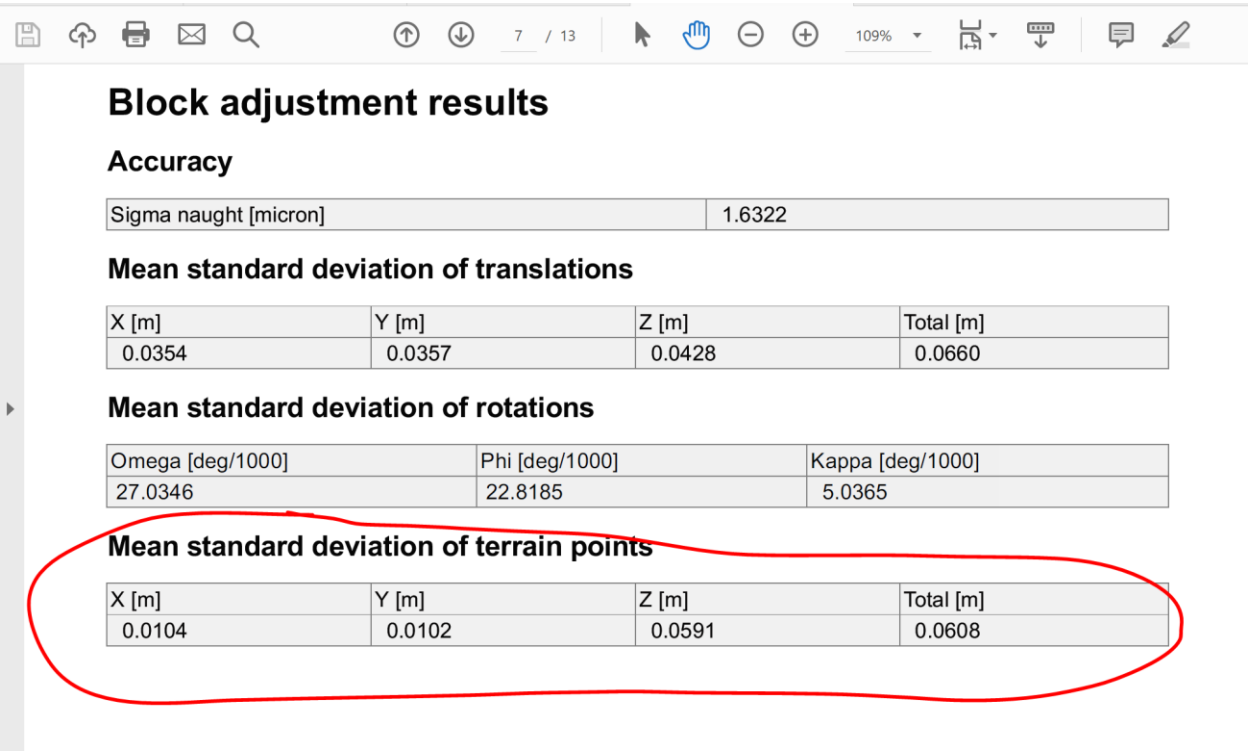
Paveikslas Nr. 9 – TBC. Kontūrženklio žymėjimas



Paveikslas Nr. 10 – TBC. Kontūrženklio žymėjimas



Paveikslas Nr. 11 – TBC. Rezultatai



Block adjustment results

Accuracy

Sigma naught [micron]	1.6322

Mean standard deviation of translations

X [m]	Y [m]	Z [m]	Total [m]
0.0354	0.0357	0.0428	0.0660

Mean standard deviation of rotations

Omega [deg/1000]	Phi [deg/1000]	Kappa [deg/1000]
27.0346	22.8185	5.0365

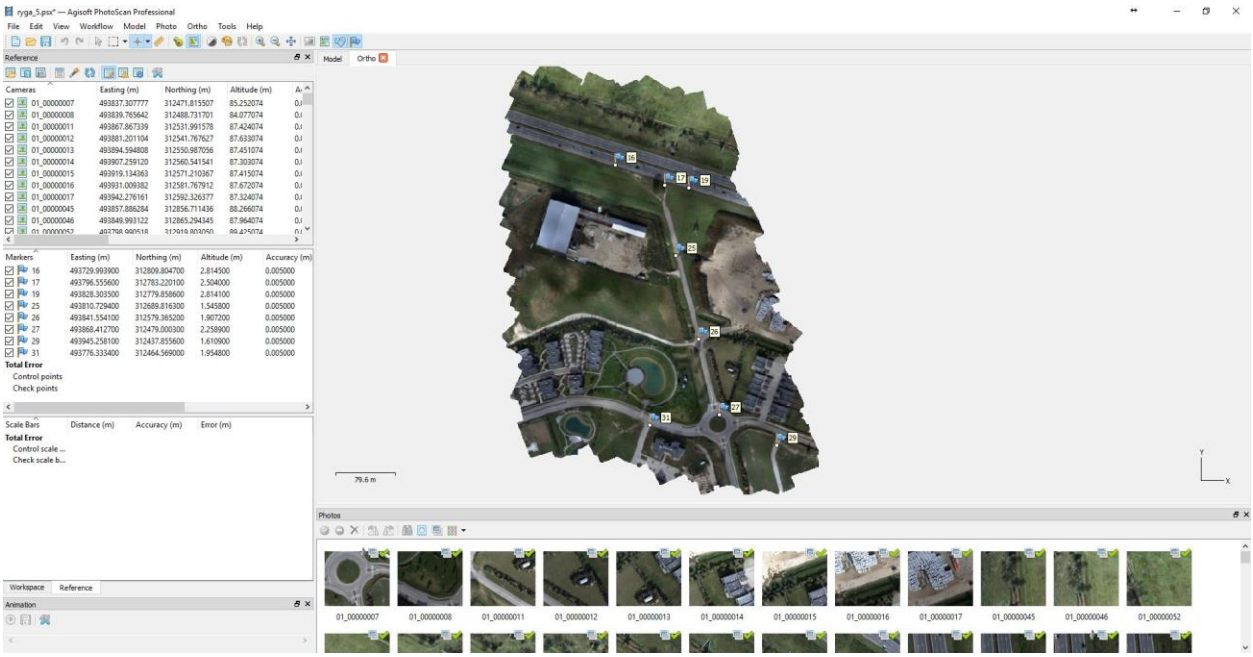
Mean standard deviation of terrain points

X [m]	Y [m]	Z [m]	Total [m]
0.0104	0.0102	0.0591	0.0608

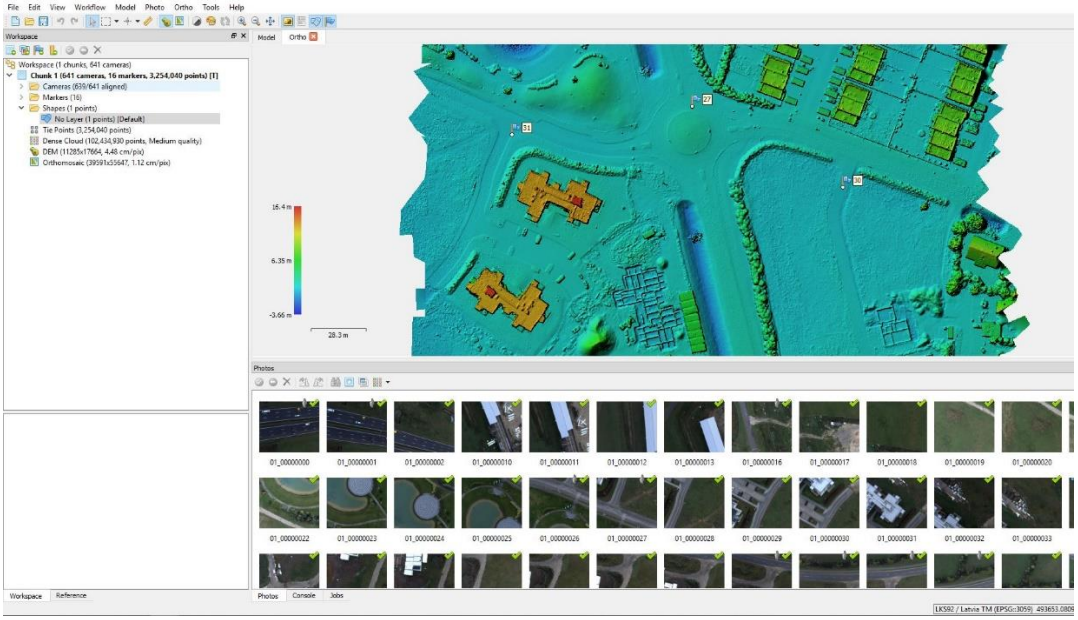
Rezultai iš TBC ataskaitos apibraukti aukščiau.

Sekančiu etapu buvo apdoroti duomenys nenaudojant visai kontūrženklių su Agisoft Photoscan.

Paveikslas Nr. 12 – Agisoft. Projektas. Ortofoto



Paveikslas Nr. 13 – Agisoft. DEM. Paviršiaus modelis.



Paveikslas Nr. 14 – Agisoft. Ataskaita po duomenų apdorojimo.

Camera Locations

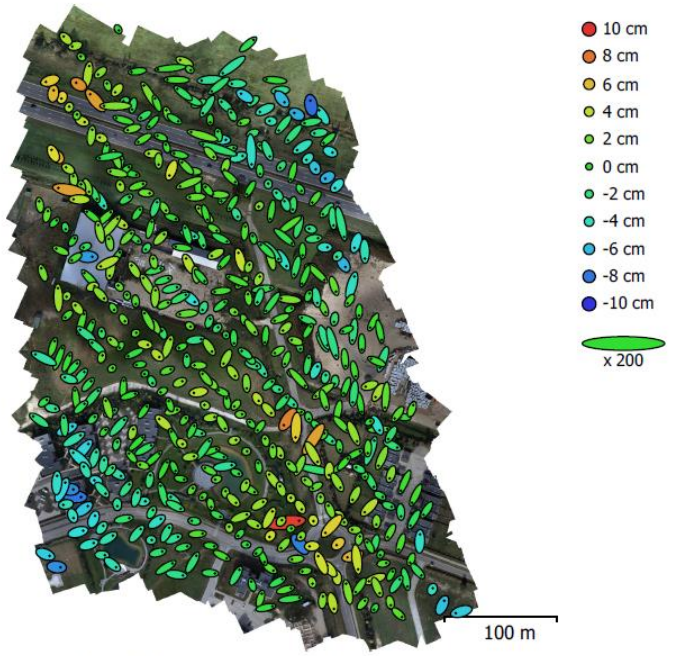


Fig. 3. Camera locations and error estimates.
Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.
Estimated camera locations are marked with a black dot.

X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total error (cm)
3.38147	3.70549	2.58978	5.01647	5.64552

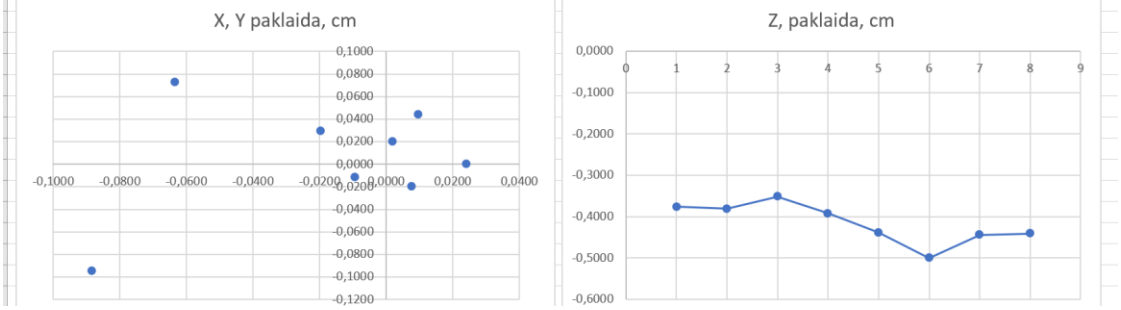
Table 3. Average camera location error.
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Lentelėje matome nuotraukų pozicijų paklaidas.

Kad įsitikinti galutinių rezultatų (ortofoto ir taškų masyvo) tikslumu suimportavome į programinę įrangą tvirtus kontrolinius taškus ir pamatavome skirtumą tarp sugeneruotų duomenų.

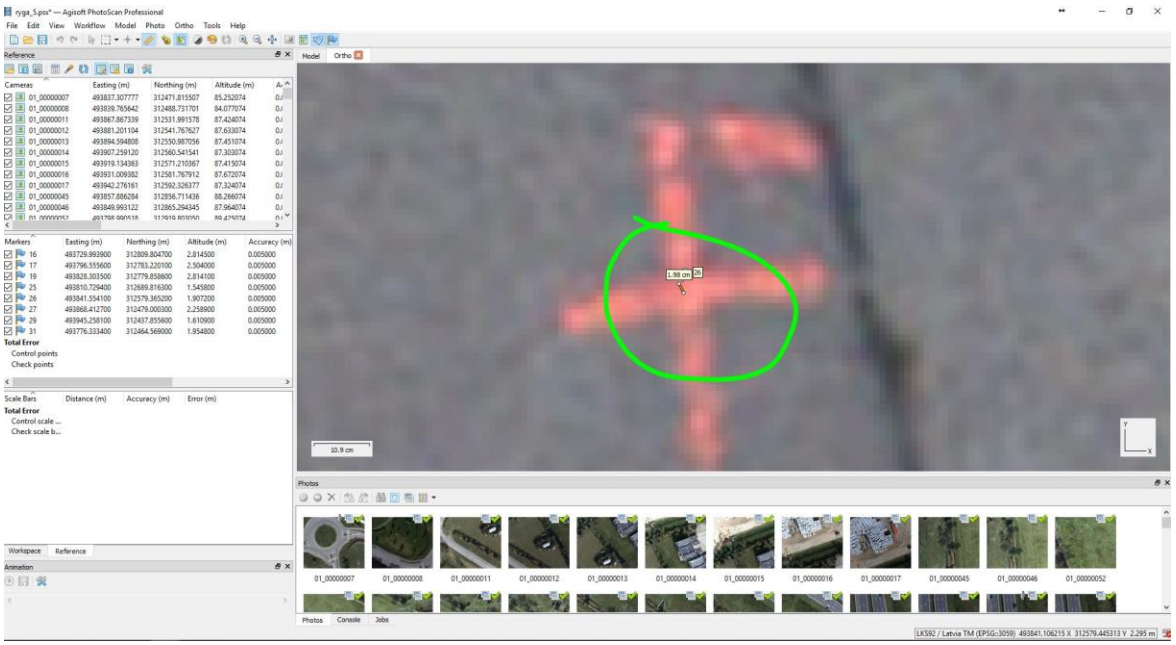
Paveikslas Nr. 15 – Agisoft. Rezultatų palyginimas

	GNSS matavimas			Rezultatas be GCP			Skirtumas, cm		
	Northing	Easting	Altitude	Northing	Easting	Altitude	Northing	Easting	Altitude
16	312809,8047	493729,9939	2,8145	312809,8681	493729,921	3,191	-0,0634	0,0729	-0,3765
17	312783,2201	493796,5556	2,504	312783,2398	493796,526	2,885	-0,0197	0,0296	-0,3810
19	312779,8586	493828,3035	2,8141	312779,849	493828,2596	3,166	0,0096	0,0439	-0,3519
25	312689,8163	493810,7294	1,5458	312689,8087	493810,7494	1,938	0,0076	-0,0200	-0,3922
26	312579,3652	493841,5541	1,9072	312579,3411	493841,5541	2,346	0,0241	0,0000	-0,4388
27	312479,0003	493868,4127	2,2589	312479,0098	493868,4241	2,759	-0,0095	-0,0114	-0,5001
29	312437,8556	493945,2581	1,6109	312437,8538	493945,2382	2,055	0,0018	0,0199	-0,4441
31	312464,569	493776,3334	1,9548	312464,6574	493776,4282	2,396	-0,0884	-0,0948	-0,4412



Iš rezultatų palyginimo matome, kad daugumos taškų X,Y paklaida <2 cm. Tuo tarpu Z matome apie 40 cm pasislinkimo konstantą. Tikėtina dėl to, kad į Agisoft Photoscan nebuvo importuotas Latvijos geoido modelis ir ko pasėkoje konvertuojant nuotraukų koordinates iš WGS-84 į Latvijos LKS-92 koordinates buvo gautas šis skirtumas.

Paveikslas Nr. 16 – Agisoft. Taško 26 paklaida



Kaip pavyzdys, taškas 26. Centre vektorius, matoma paklaida tarp GNSS ir kartografuotų rezultatų. Kartografuojama nenaudojant nei vieno kontūrženklio.

www.geonovus.lt