

POROVNANIE BEZPILOTNÝCH LETECKÝCH PLATFORIEM PRE VYSOKOPRESNÉ LETECKÉ LASEROVÉ SKENOVANIE

Ján KAŇUK¹, Ján Šašak¹, Peter HALUPKA², Michal LACKO², Michal GALLAY¹, Eduard Dvorný¹, Patrik PODOLAN²



¹ Ústav geografie, Prírodovedecká fakulta UPJŠ v Košiciach



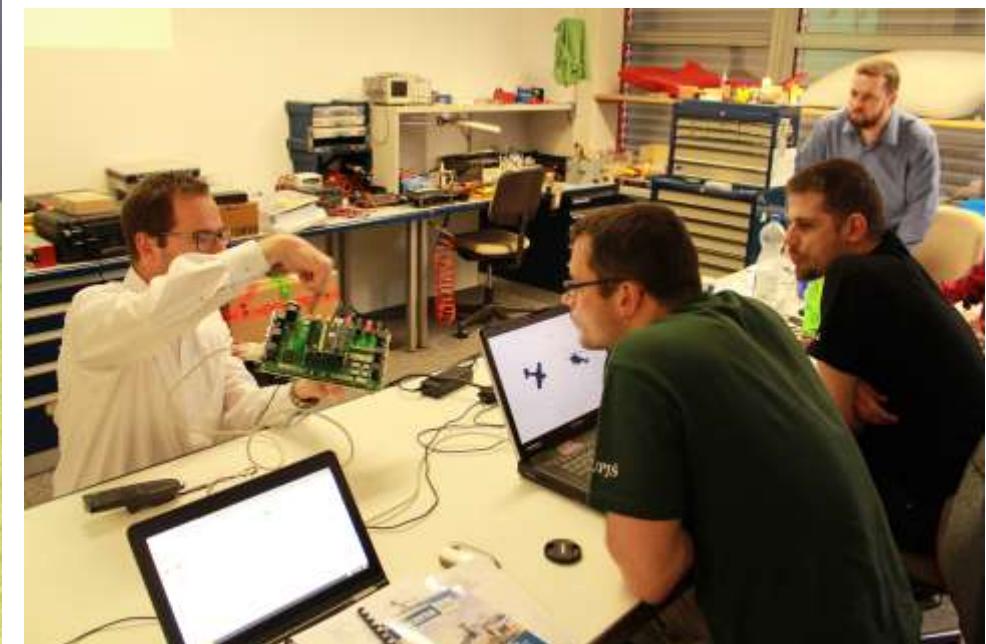
² 3gon Slovakia, s.r.o., Galanta

10 ROKOV SKÚSENOSTI S UAV A LIDAR TECHNOLÓGIAMI

Projekt Univerzitný vedecký park „TECHNICOM“



Vykonávanie letov
s bezpilotnými leteckými zariadeniami



2013

2014

2015

2016

2017

2018

2019

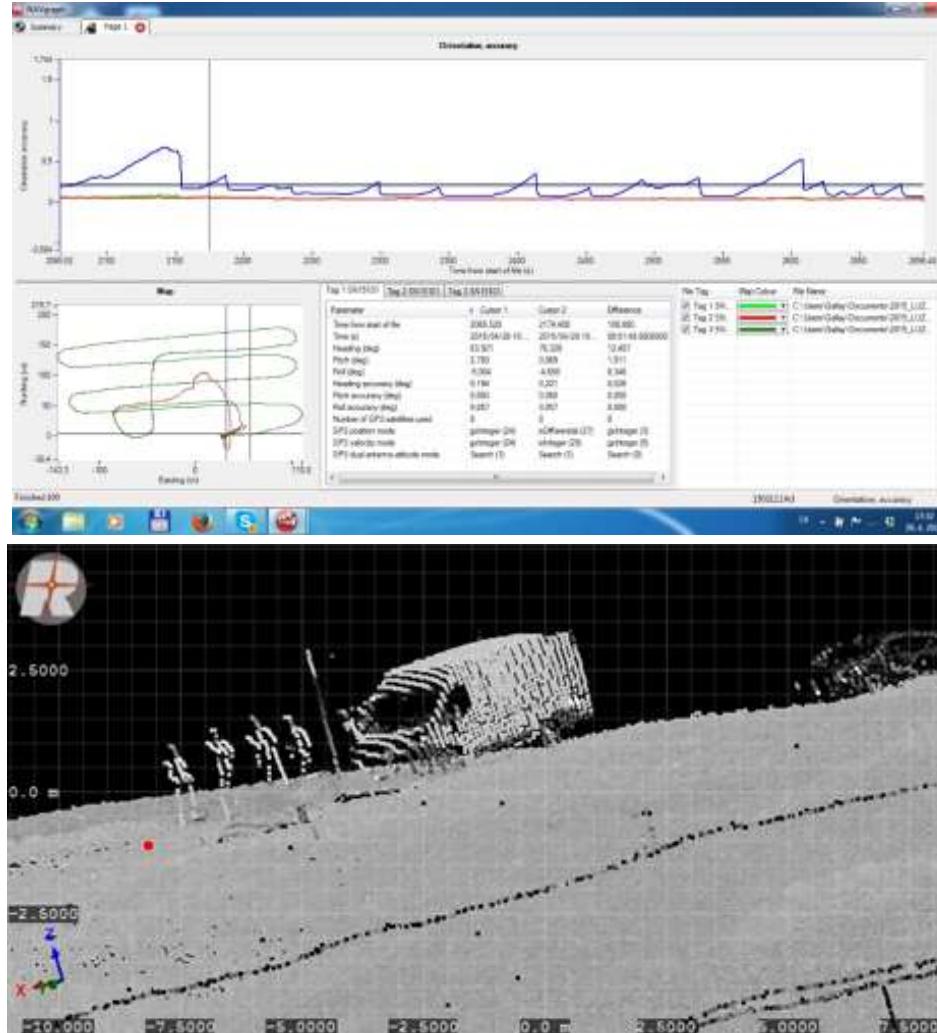
2020

2021

2022



10 ROKOV SKÚSENOSTI S UAV A LIDAR TECHNOLÓGIOU



2013

2014

2015

2016

2017

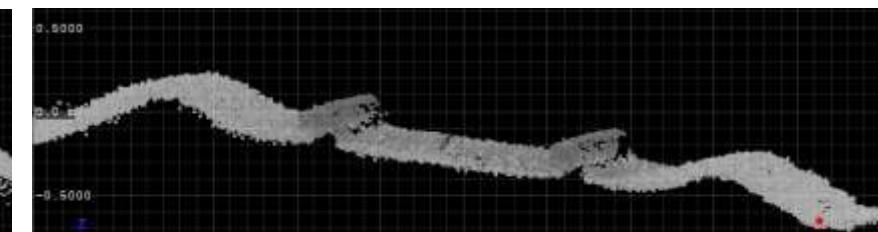
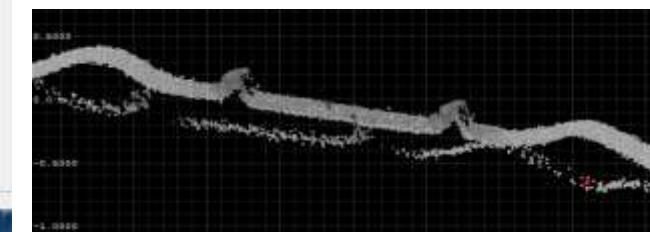
2018

2019

2020

2021

2022



zber a spracovanie dát
z leteckého laserového skenovania

10 ROKOV SKÚSENOSTI S UAV A LIDAR TECHNOLÓGIAMI

TOKAJ GIS – transport sedimentov a optimalizácia postupov pre výživu viniča



2013

2014

2015

2016

2017

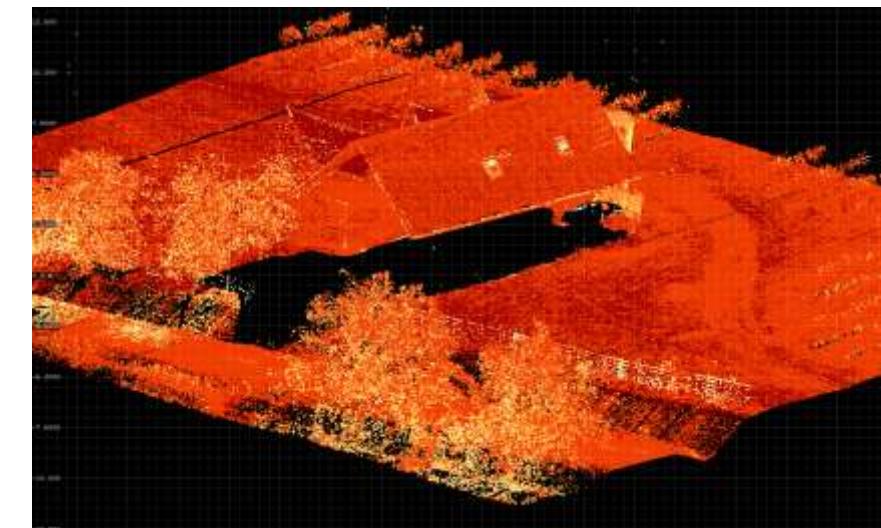
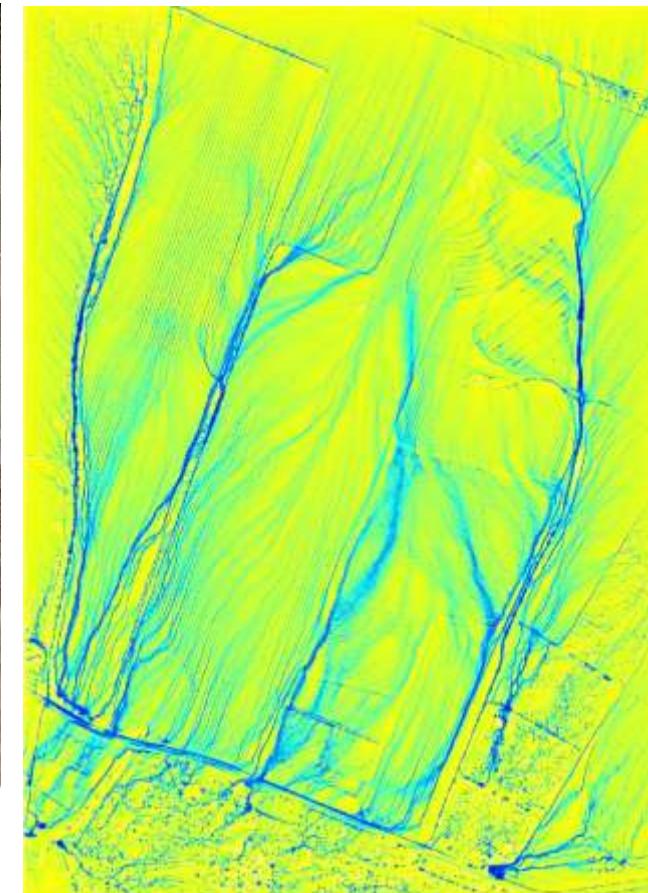
2018

2019

2020

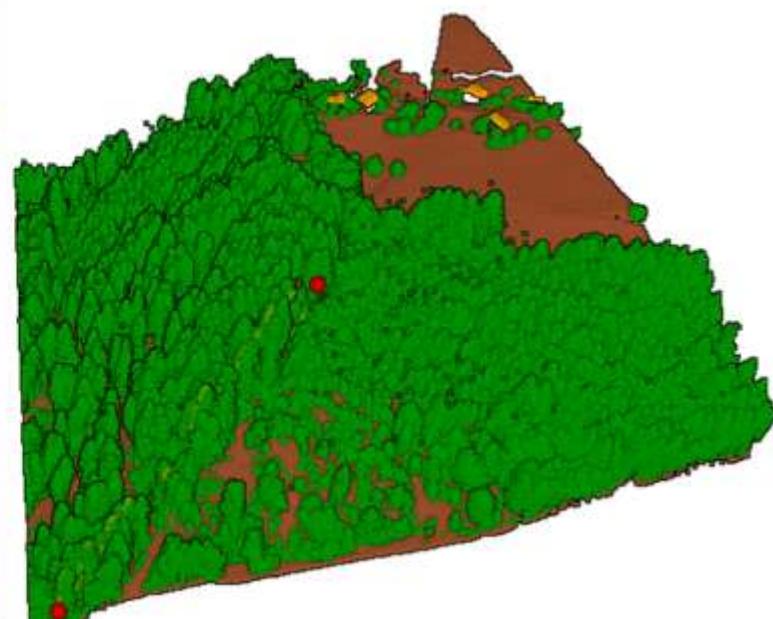
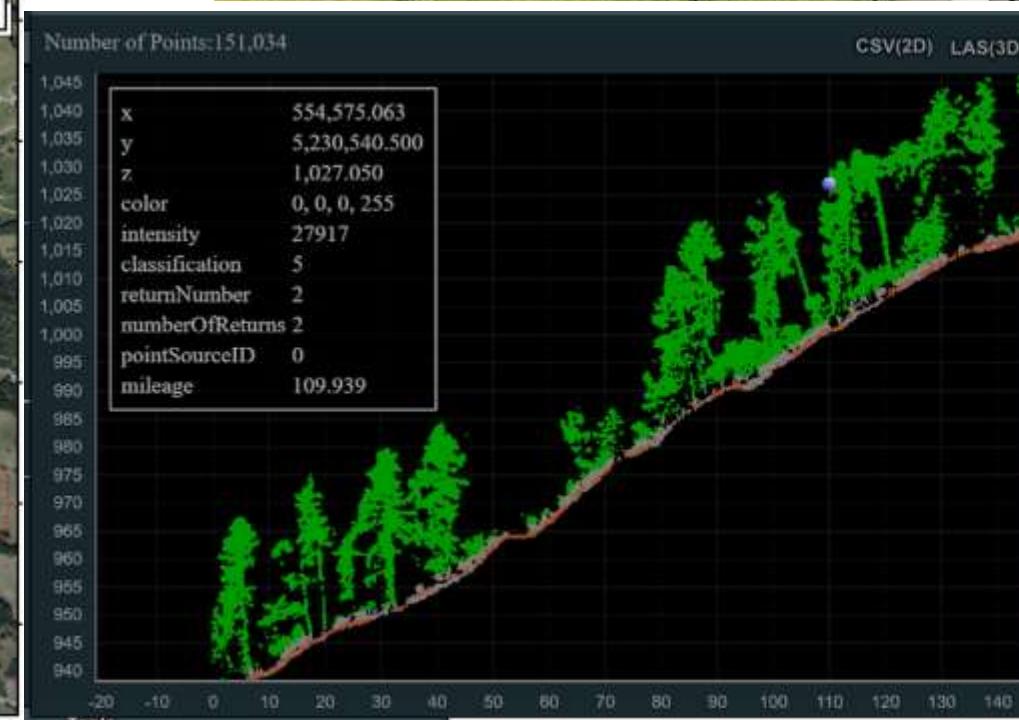
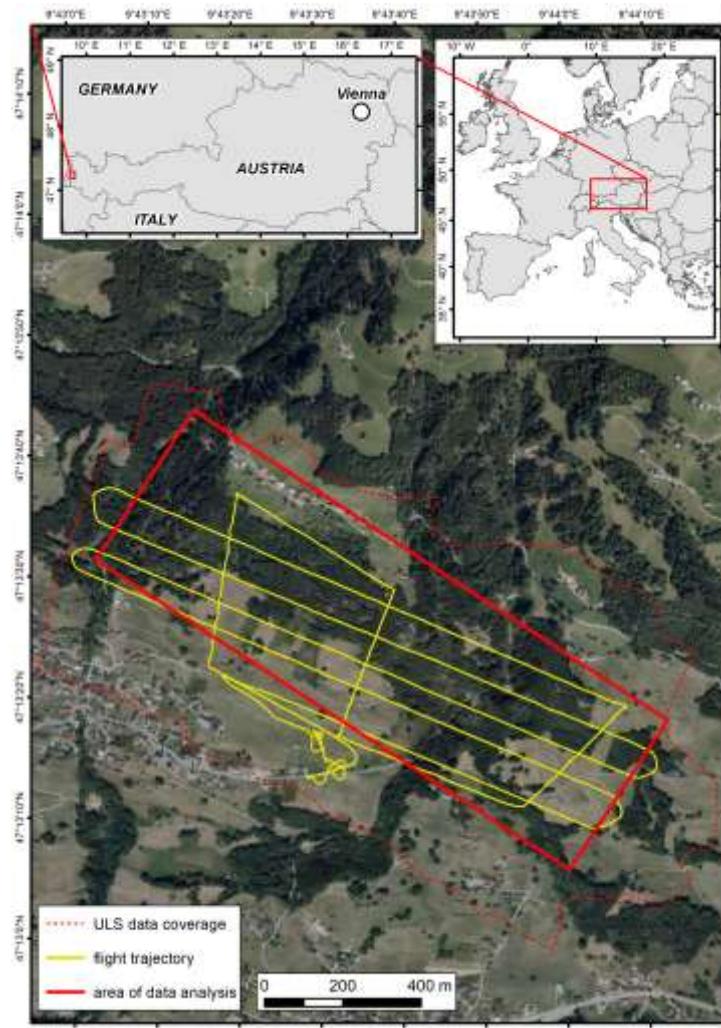
2021

2022



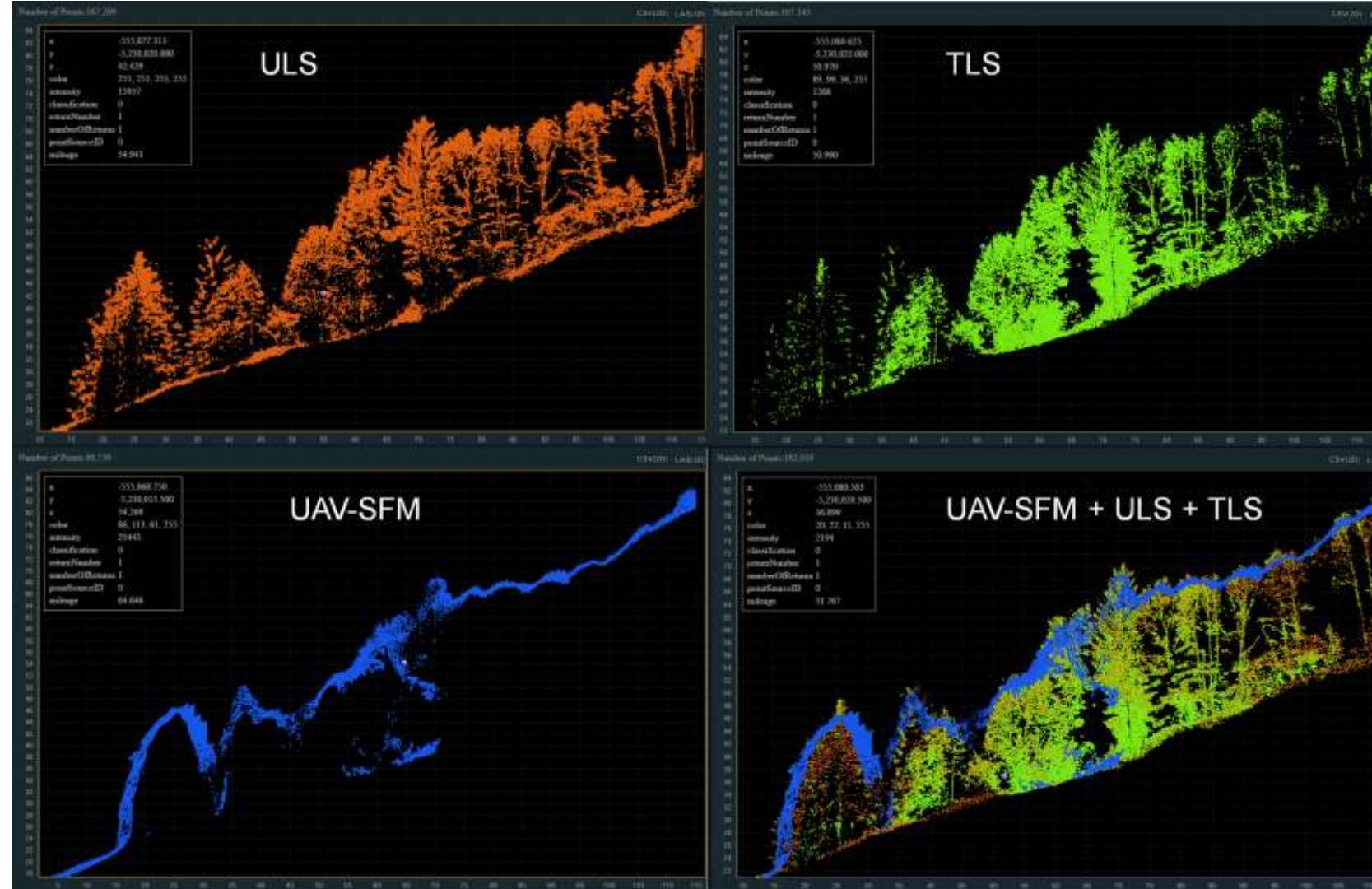
10 ROKOV SKÚSENOSTI S UAV A LIDAR TECHNOLÓGIAMI

DUNSENBERG – mapovanie zosuvov



10 ROKOV SKÚSENOSTI S UAV A LIDAR TECHNOLÓGIAMI

Kombinácia viacerých technológií DPZ s cieľom zvýšenia priestorového rozlíšenia výsledných modelov krajiny



ŠAŠAK, J., GALLAY, M., KAŇUK, J., HOFIERKA, J., MINÁR, J. (2019). Combined use of terrestrial laser scanning and UAV photogrammetry in mapping alpine terrain. *Remote Sensing*, 11 (18), 2154.

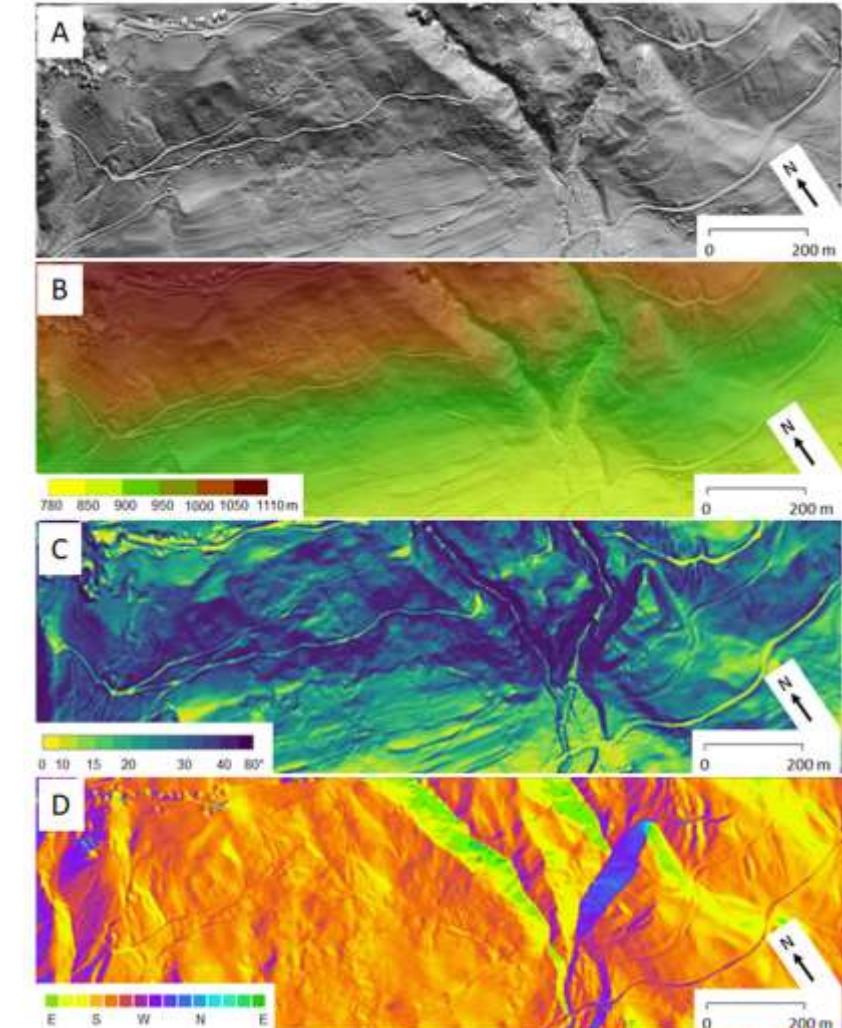
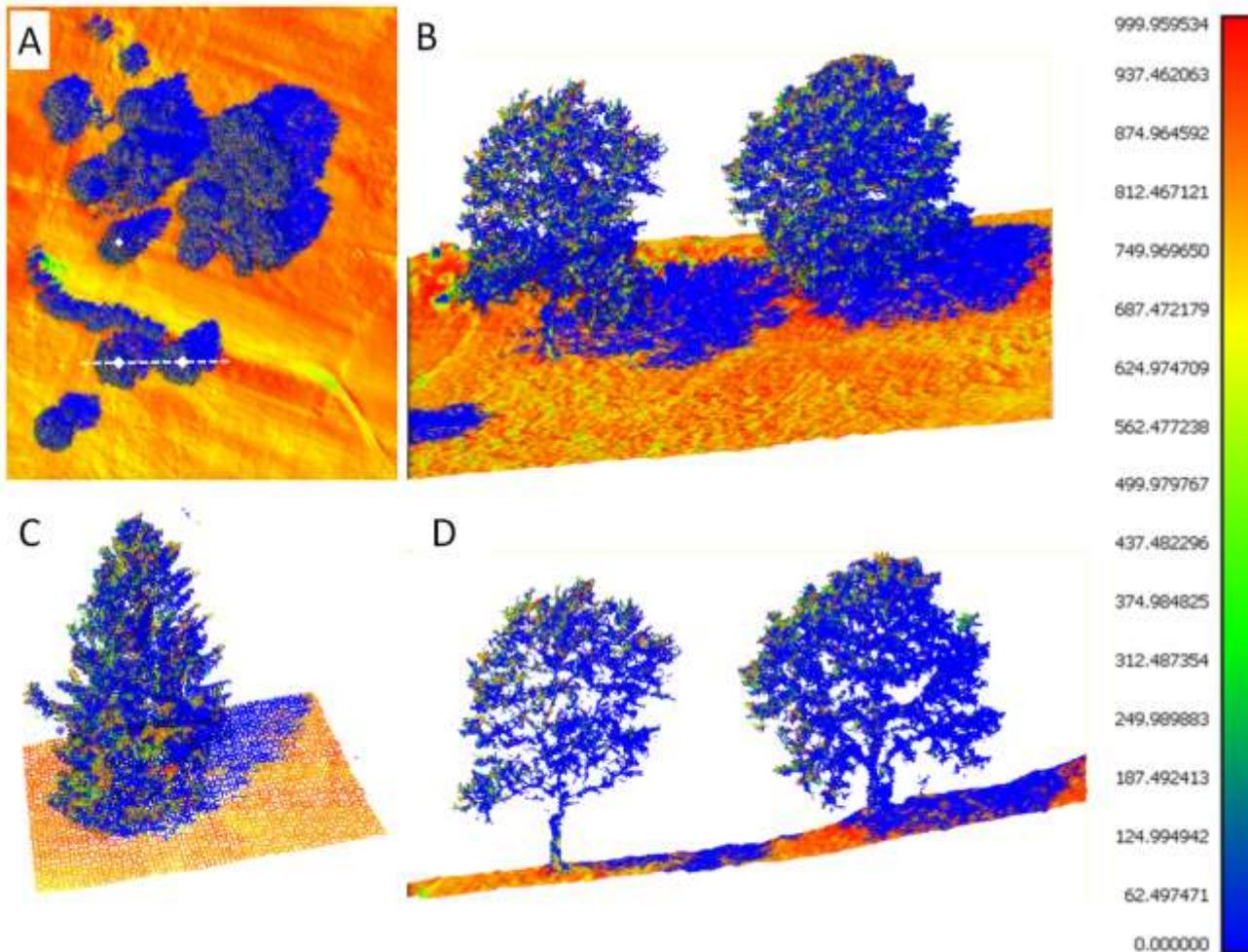
RUSNÁK, M., KAŇUK, J., KIDOVÁ, A., ŠAŠAK, J., LEHOTSKÝ, J., PÖPPL, R., ŠUPINSKÝ, J. (2020). Channel and cut-bluff failure connectivity in a river system: Case study of the braided-wandering Belá River, Western Carpathians, Slovakia. *Science of The Total Environment*, 733, 139409.

JENČO, M., FULAJTÁR, E., BOBÁĽOVÁ, H., MATEČNÝ, I., SAKSA, M., KOŽUCH, M., GALLAY, M., KAŇUK, J., PÍŠ, V., ORŠULOVÁ, V. (2020). Mapping Soil Degradation on Arable Land with Aerial Photography and Erosion Models, Case Study from Danube Lowland, Slovakia. *Remote Sensing*, 12 (24), 4047.

10 ROKOV SKÚSENOSTI S UAV A LIDAR TECHNOLÓGIOU

Detailné geomorfometrické analýzy rôznych typov povrchov

Detailné modelovanie slnečného žiarenia pod korunami stromov



POPOV, A., MINÁR, J., GALLAY, M. (2021). Multiresolution land surface segmentation and generalization of DEM: searching for optimal settings. *Transactions in GIS*, 25, 5, 2376-2393.

10 ROKOV SKÚSENOSTI S UAV A LIDAR TECHNOLÓGIAMI

Zaviedli sme do našich študijných programov viaceré predmety nové predmety:

- Bezpilotné letecké systémy
- Pozemné laserové skenovanie
- Letecké laserové a hyperspektrálne snímanie
- Tvorba 3D modelov krajiny



2013

2014

2015

2016

2017

2018

2019

2020

2021

2022

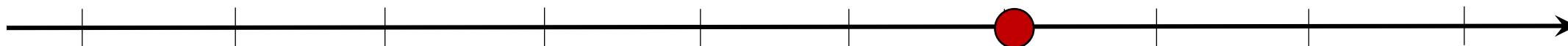


10 ROKOV SKÚSENOSTI S UAV A LIDAR TECHNOLÓGIAMI

SUMMER SCHOOL 2019 – Explore the landscape with dynamic visualization, tangible interaction, and UAV-lidar



2013 2014 2015 2016 2017 2018 **2019** 2020 2021 2022



MOTIVÁCIA A VÝSKUMNÝ PROBLÉM

Porovnať bezpilotné letecké nosiče (rovnaký payload – VUX 1 a OXTS NaV550 zostava LiDAR a IMU)



2013

2014

2015

2016

2017

2018

2019

2020

2021

2022



MOTIVÁCIA A VÝSKUMNÝ PROBLÉM

Porovnať bezpilotné letecké nosiče (rovnaká zostava LiDAR a IMU)

Porovnať rôzne bezpilotné letecké systémy (2 rôzne nosiče, 2 rôzne zostavy)



DJI Matrice 300 RTK + DJI Zenmuse L1



DJI AGRAS T30 + VUX1

SCOUT B1-100

Výrobca: Aeroscout GmbH, Švajčiarsko

Typ zariadenia: VTOL - vrtuľník s hlavným rotorom a chvostovou vrtuľou

Plánovaný účel využitia: multifunkčný bezpilotný vrtuľník

Preprava zariadenia: VAN

Typ motora: 100 ccm spaľovací benzínový vzduchom chladený motor

Maximálna hmotnosť užitočnej záťaže: 18 kg

MTOW: 77 kg

Dĺžka letu: 90 min

D-RTK: Nie

FPV – F/B: Nie

Systém vyhýbania sa prekážkam: Nie

Cena: 150 000 EUR



DJI AGRAS T30

Výrobca: DJI (iFlight Technology Company Limited, DJI Technology Inc.), Čína

Typ zariadenia: VTOL - multirotorový vrtuľník (hexakoptera)

Plánovaný účel využitia: postrekovací bezpilotný vrtuľník

Preprava zariadenia: osobné auto - combi

Typ motora: elektromotor

Maximálna hmotnosť užitočnej záťaže: 26,4 kg

MTOW: 78 kg

Dĺžka letu: 12 min/1 batéria

D-RTK: Áno

FPV – F/B: Áno

Systém vyhýbania sa prekážkam: Áno

Cena: 22 900 EUR



DJI MATRICE 300 RTK

Výrobca: DJI (iFlight Technology Company Limited, DJI Technology Inc.), Čína

Typ zariadenia: VTOL - multirotorový vrtuľník (hexakoptera)

Plánovaný účel využitia: bezpilotné zariadenie určené
pre mapovanie a prieskum

Preprava zariadenia: osobné auto

Typ motora: elektromotor

Maximálna hmotnosť užitočnej záťaže: 930 g

MTOW: 9 kg

Dĺžka letu: 55 min/1 batéria

D-RTK: Áno

FPV – F/B: Áno

Systém vyhýbania sa prekážkam: Áno

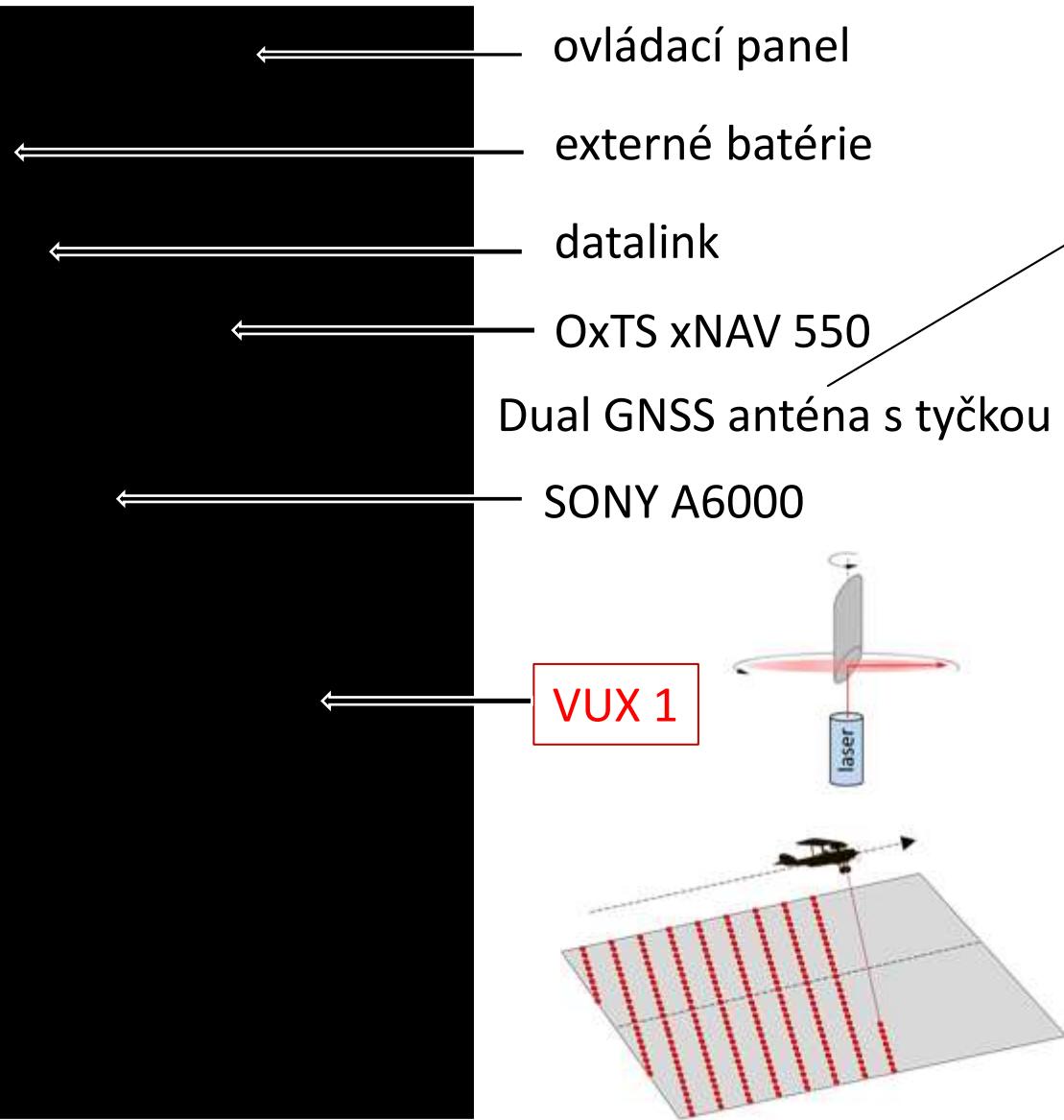
Cena: 12 700 EUR



POROVNANIE VYBRANÝCH PARAMETROV PLATFORIEM

	SCOUT B1 - 100	DJI AGRAS T30	DJI MATRICE 300 RTK
preprava	VAN	Osobné auto - combi	Osobné auto
typ motora	benzínový	elektrický	elektrický
MTOW (kg)	77	78	9
Maximálna hmotnosť užitočnej záťaže	18	26,4	0,93
Dĺžka letu na 1 nádrž/batéria (min)	90	12	55
D-RTK	Nie	Áno	Áno
FPV F/B	Nie	Áno	Áno
Systém vyhýbania sa prekážkam	Nie	Áno	Áno
Cena (v EUR)	150 000	22 900	12 700

UAV LASEROVÝ SYSTÉM „VUX 1“



SCOUT B1-100



DJI AGRAS T30



VUX 1

Váha (kg)	3,5
Laser wavelength (nm)	1550
FoV (°)	360
Scanning method	Rotating mirror
Pulse repetition rate (kHz)	550
Scanning rate (scan lines/s)	10 – 200
Ranging accuracy (mm)	10
Ranging precision (mm)	5
Max. flight operating flight altitude above ground	350 m at 50 kHz 100 m at 550 kHz
Laser beam footprint diamater	50 mm at 100 m

UAV LASEROVÝ SYSTÉM „VUX 1“

Oxford technical solution (OxTS) xNAV 550



Positioning accuracy < 2 cm

Sensors

Type	Accelerometers	Gyros
Technology	MEMS	MEMS
Range	30 g	300°/s
Bias stability	0.02 mg	3°/hr
Linearity	0.05% ±1 g	0.05%
Scale factor	0.01%	0.01%
Random walk	0.05 m/s/√hr	0.5°/√h
Axis alignment error	<0.02°	<0.02°

Performance¹

Positioning	GPS L1, L2 GLONASS L1, L2 BeiDou ² L1, L2 SBAS
Position accuracy (CEP) ³	
SPS	1.6 m
SBAS	0.6 m
DGPS	0.4 m
RTK	0.02 m
Roll/pitch accuracy (1σ)	0.05°
Heading accuracy (1σ)	
2 m antenna separation	0.1°
4 m antenna separation	0.05°
Dual antenna	Yes

Nano (GPS s)	PosLat (deg)	PosLon (deg)	PosAlt (m)	AngleRoll (deg)	AnglePitch (deg)	AngleHeading (deg)
1345267657.310000000	48.8832334830299	21.356079051779	564.271179199219	-0.898856189001235	0.682163550882758	355.009365717072
1345267657.320000000	48.8832332307547	21.3560790792404	564.271240234375	-0.892496357475283	0.684913748299386	355.006615519655
1345267657.330000000	48.8832329821974	21.3560791086889	564.271179199219	-0.89243906169577	0.689325523321893	355.005011237829
1345267657.340000000	48.8832327304978	21.3560791377128	564.271240234375	-0.886193821728844	0.699925242531814	355.013892083654
1345267657.350000000	48.8832324779346	21.3560791633766	564.271240234375	-0.883500920091729	0.711040623757352	355.005813378742
1345267657.360000000	48.8832322295012	21.3560791928417	564.271179199219	-0.876338947652594	0.719348511786749	355.008964646615
1345267657.370000000	48.8832319772477	21.3560792206138	564.271179199219	-0.878458891494578	0.734932963814307	355.006787406994
1345267657.380000000	48.8832317254941	21.3560792473588	564.271240234375	-0.874276299590123	0.744615950552018	355.00724577323

UAV LASEROVÝ SYSTÉM „L1“

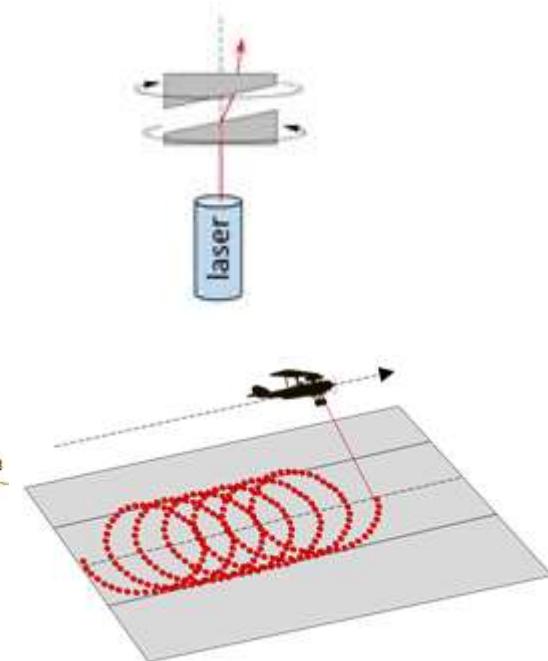
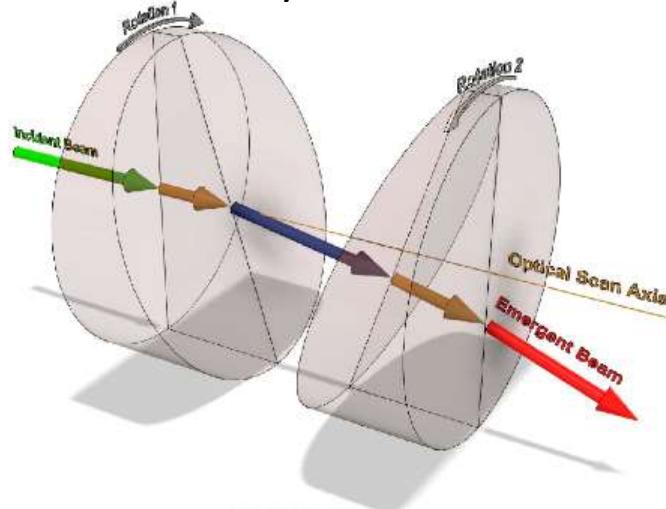


LIVOX MID-70	
Váha (g)	580
Laser wavelength (nm)	905
FoV (°)	70,4
Scanning method	two rotating wedge prisms
Pulse repetition rate (points/s)	100,000 (first or strongest return) 200,000 (dual return)
Ranging accuracy (mm)	50
Ranging precision (mm)	20
Detection Range (@ 100 klx)	90 m @ 10% reflectivity 130 m @ 20% reflectivity 260 m @ 80% reflectivity
Laser beam footprint diameter	50 mm at 100 m

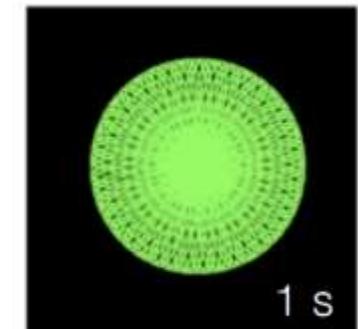
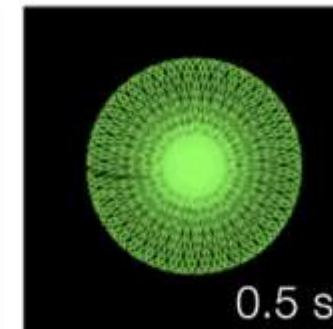
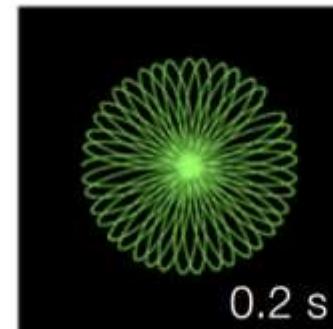
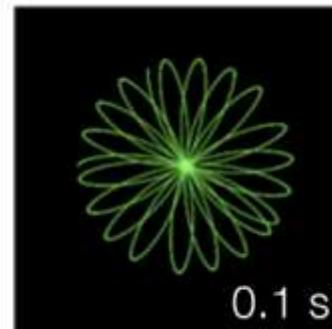
UAV LASEROVÝ SYSTÉM „L1“



dva otočné klinové hranoly



roses-like scanning patterns



0.1 s

0.2 s

0.5 s

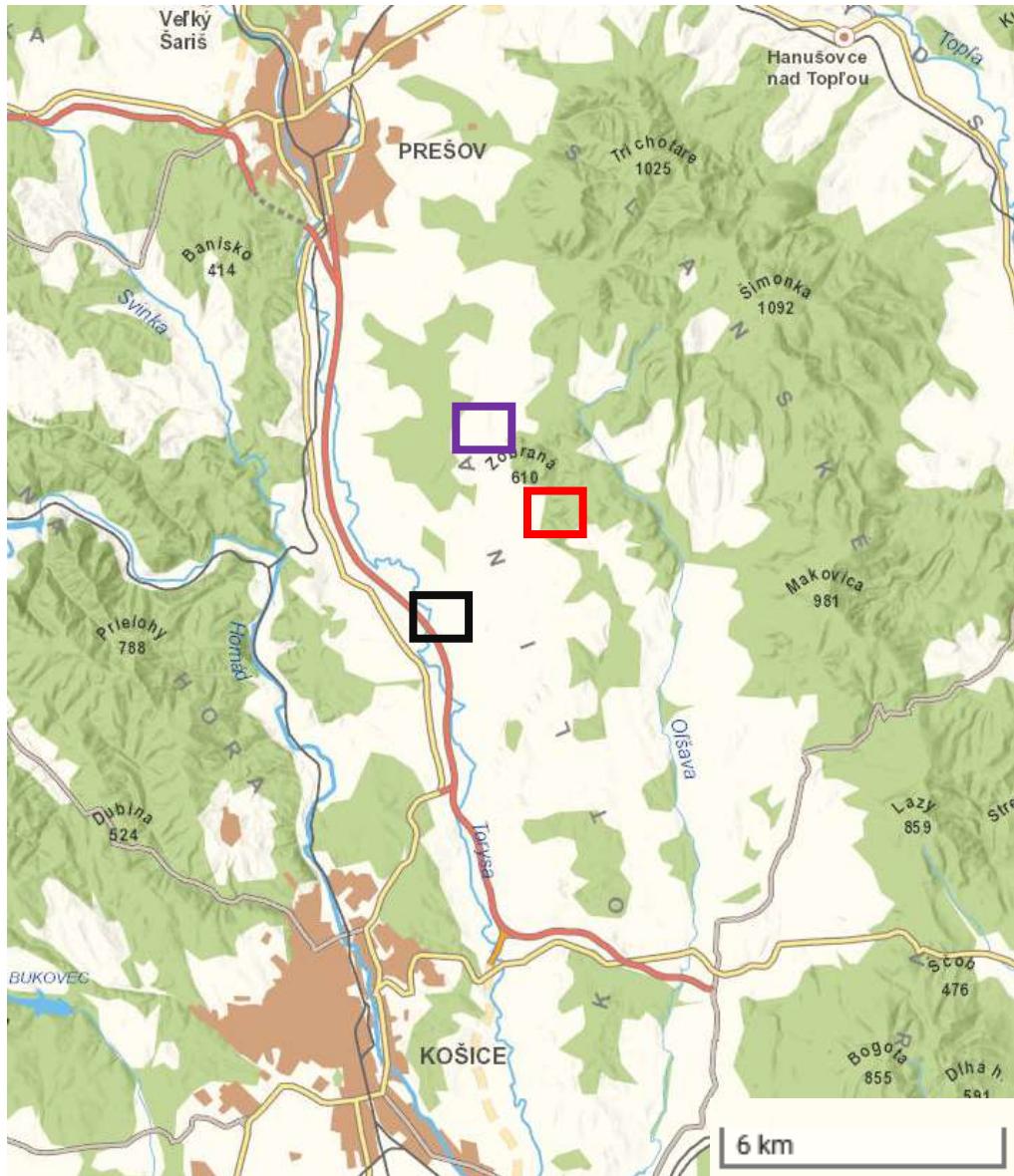
1 s

POROVNANIE VYBRANÝCH PARAMETROV ALS SYSTÉMOV

	VUX 1	L1
Váha (kg)	3,5	0,58
Rok výroby	2014	2021
Laser wavelength (nm)	1550	905
FoV (°)	360	70,4
Scanning method	rotating mirror	two rotating wedge prisms
Pulse repetition rate (points/s)	550 000	240 000
Ranging accuracy (mm)	10	50
Ranging precision (mm)	5	20
Detection Range	350 m at 50 kHz 100 m at 550 kHz	90 m @ 10% reflectivity 130 m @ 20% reflectivity 260 m @ 80% reflectivity
Cena (EUR)	130 000	12 600

PRÍPADOVÉ ŠTÚDIE

Hodnotenie vykonávania kampaní a kvality dát



Mirkovce letisko	SCOUT B1-100	DJI AGRAS T30
Brestov lom	L1	VUX 1
Odpočívadlo Janovík	L1	VUX 1

MIRKOVCE LETISKO

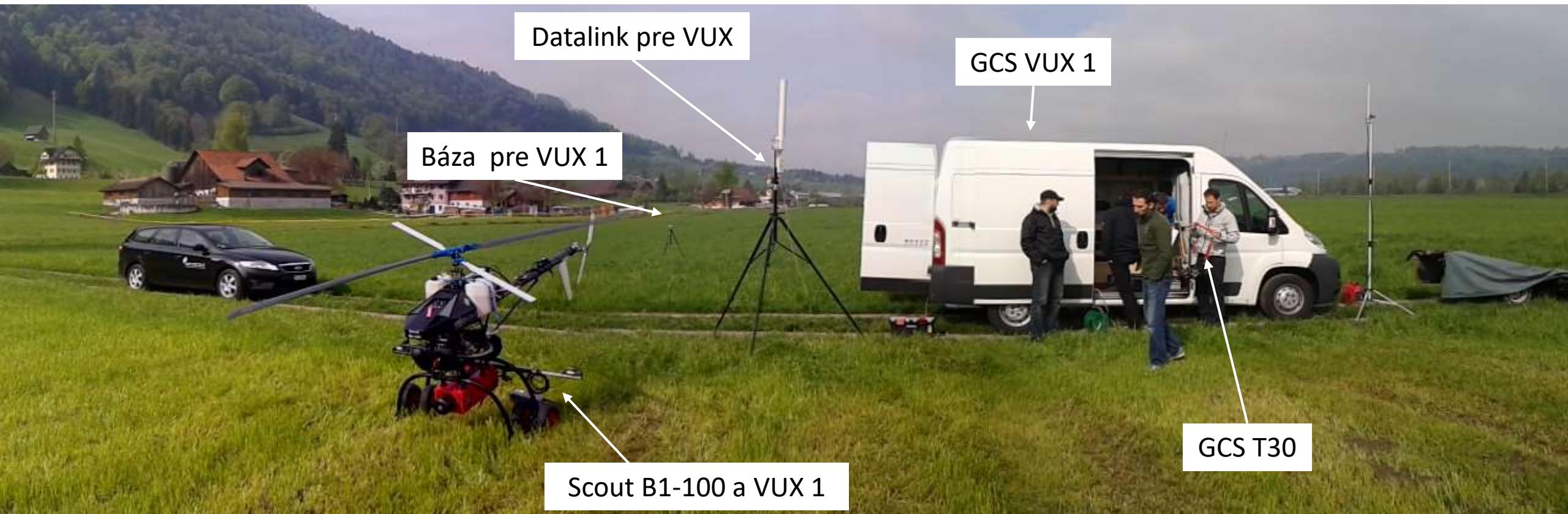
Stručná charakteristika lokality



MIRKOVCE LETISKO

Konfigurácia

Hodnotenie vykonávania kampaní a kvality dát
Prípadové štúdie



MIRKOVCE LETISKO

Vykonanie kampane

Hodnotenie vykonávania kampaní a kvality dát
Prípadové štúdie



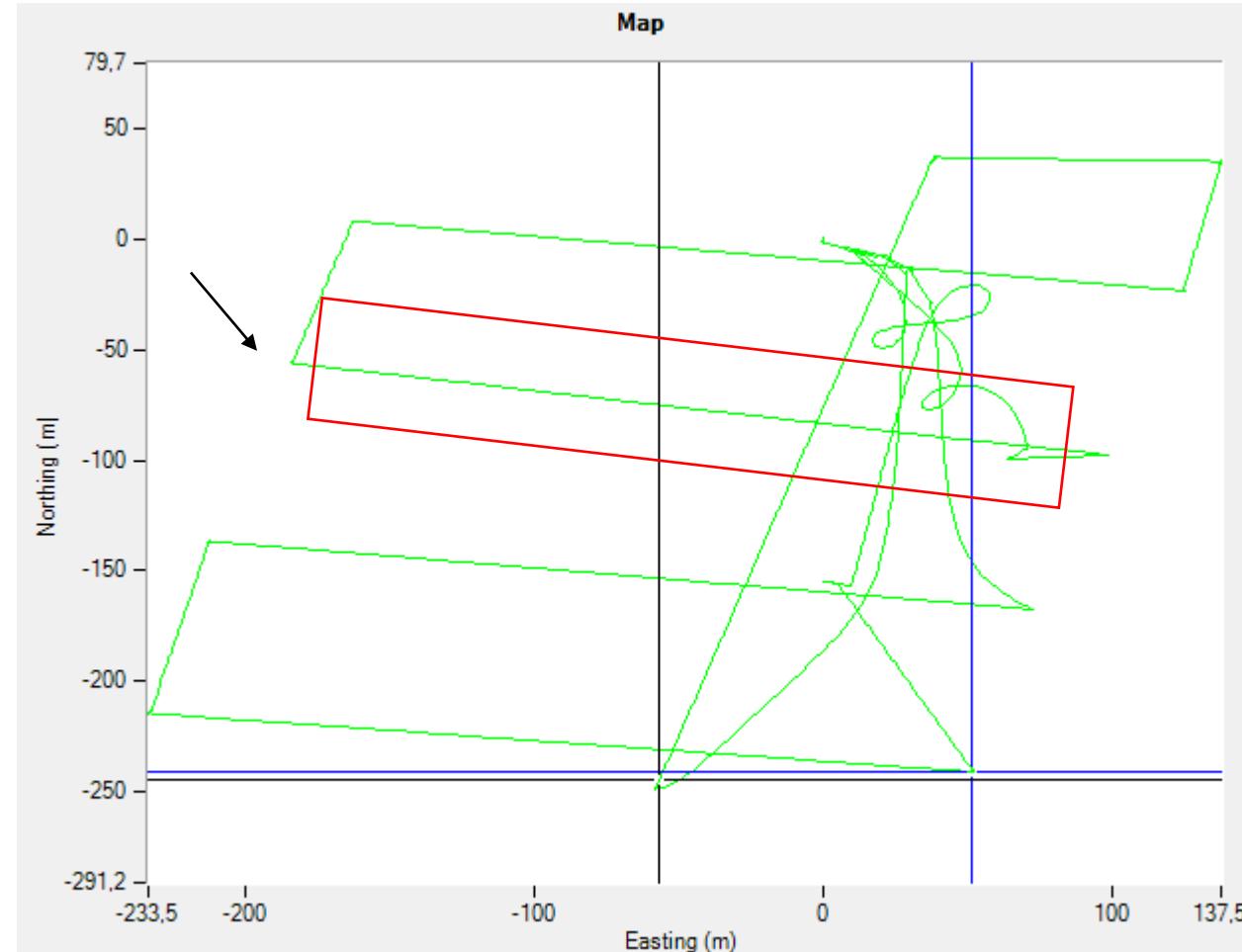
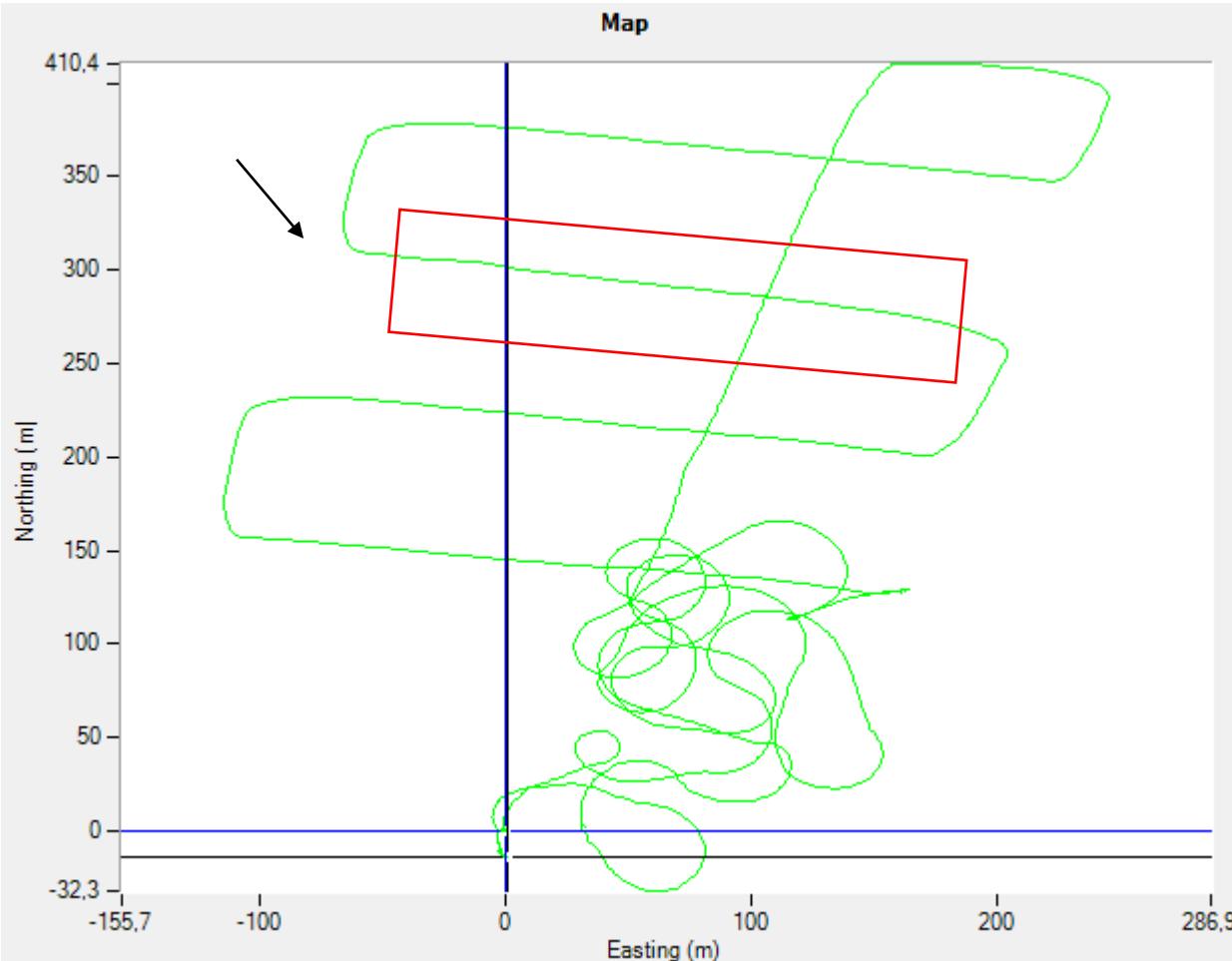
MIRKOVCE LETISKO

Trajektória

SCOUT B1-100

vs.

DJI AGRAS T30

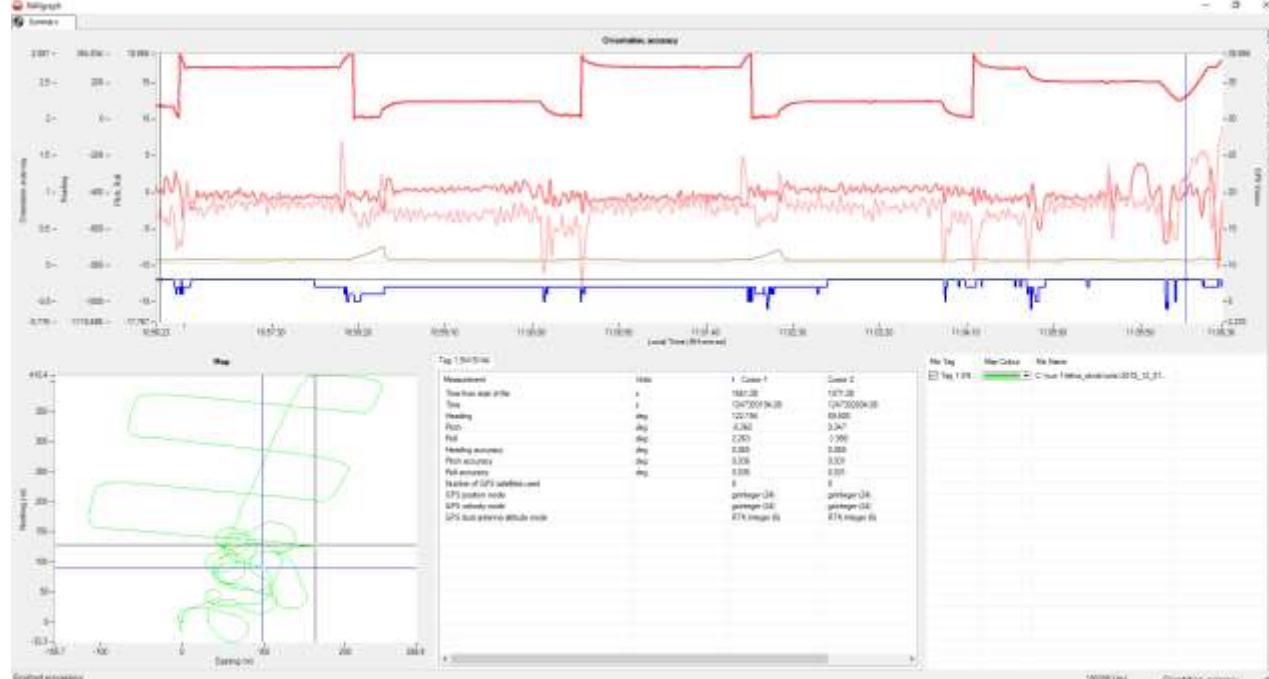
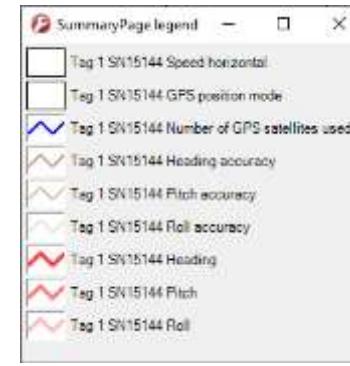


MIRKOVCE LETISKO

Trajektória

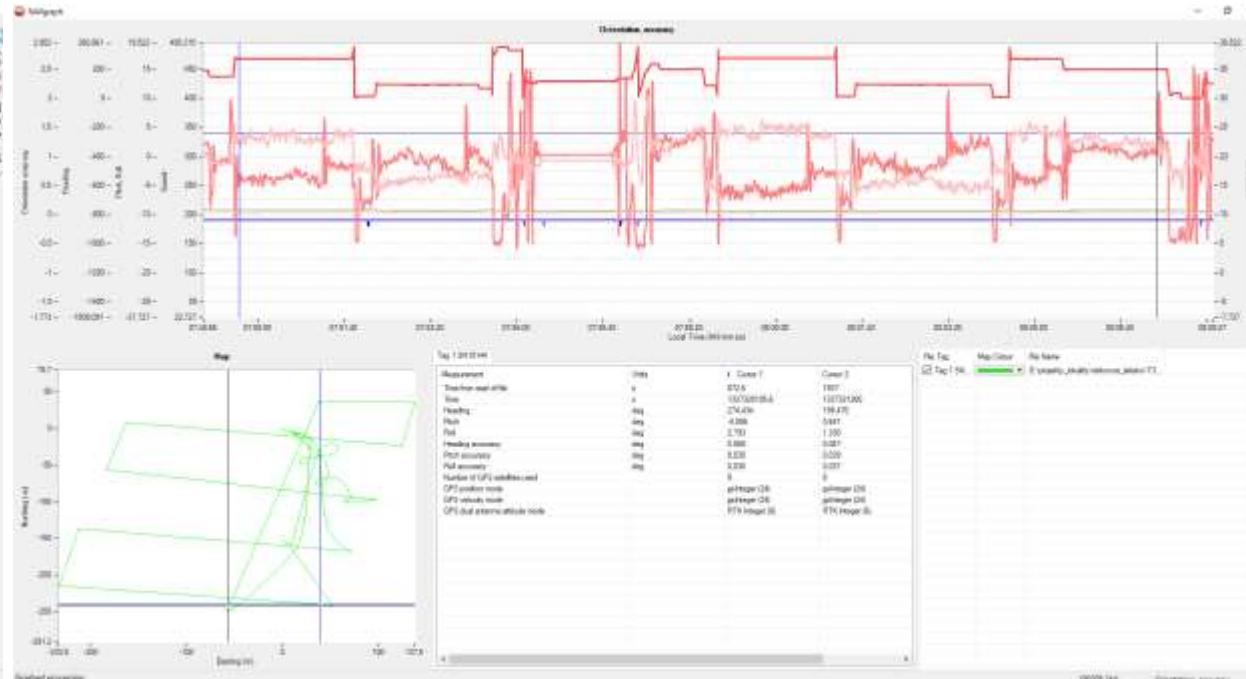
SCOUT B1-100

Heading, Pitch, Roll accuracy



vs.

DJI AGRAS T30



premenlivý počet GNSS satelitov

stabilný počet GNSS satelitov

Heading, Pitch, Roll accuracy veľmi podobné

MIRKOVCE LETISKO

Trajektória

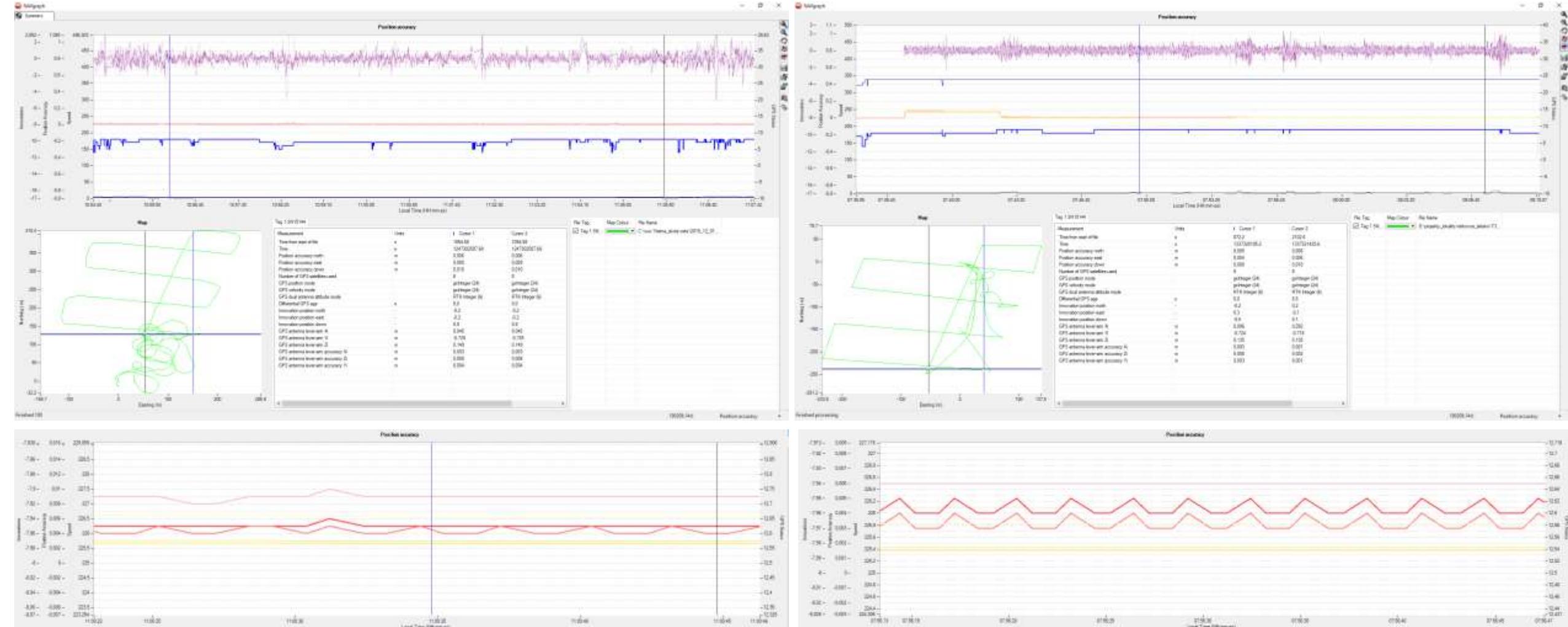
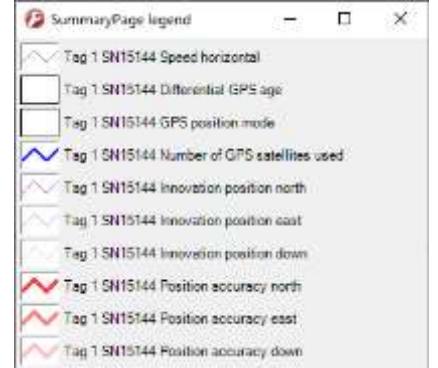
SCOUT B1-100



vs.

Positioning accuracy

DJI AGRAS T30



MIRKOVCE LETISKO

Registrácia letových pásov

SCOUT B1-100

Hodnotenie výkonávania kampaní a kvality dát
Prípadové štúdie

Settings

PLANE SEARCH

Min. plane inclination angle [deg]:
Max. plane point deviation [m]:
Min. plane point count:

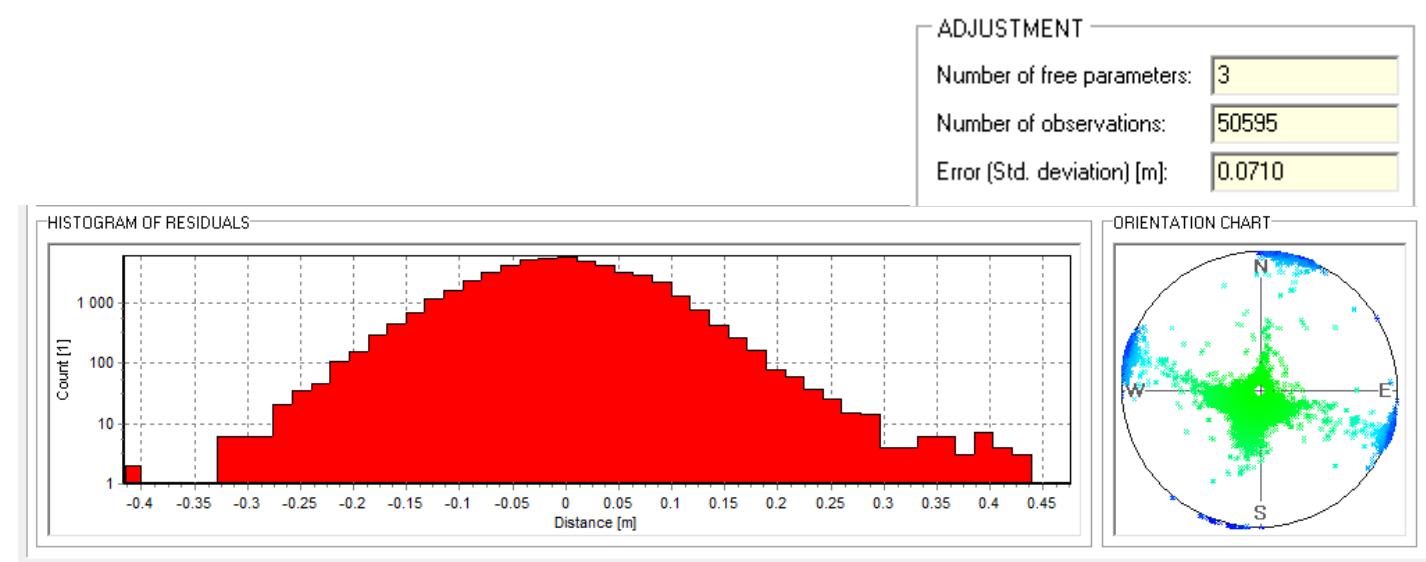
PLANE FILTER

Inclination class width [deg]: Filter cube size [m]:

OUTPUT

File: C:\vux-1\20181012\projekt\06_RIEGL_PROC\03_OBSERVATIONS\Observations (3).obs

Processing scan 1... 22 445 planes found in 14.411 seconds.
Processing scan 2... 28 758 planes found in 14.202 seconds.
Processing scan 3... 27 213 planes found in 14.687 seconds.
Processing scan 4... 30 384 planes found in 14.434 seconds.
Processing scan 5... 33 028 planes found in 15.009 seconds.
Processing scan 6... 35 317 planes found in 14.921 seconds.
Processing scan 7... 43 027 planes found in 18.402 seconds.
Processing scan 8... 15 708 planes found in 5.411 seconds.
Processing scan 9... 13 806 planes found in 7.012 seconds.
Total 249 686 planes found.

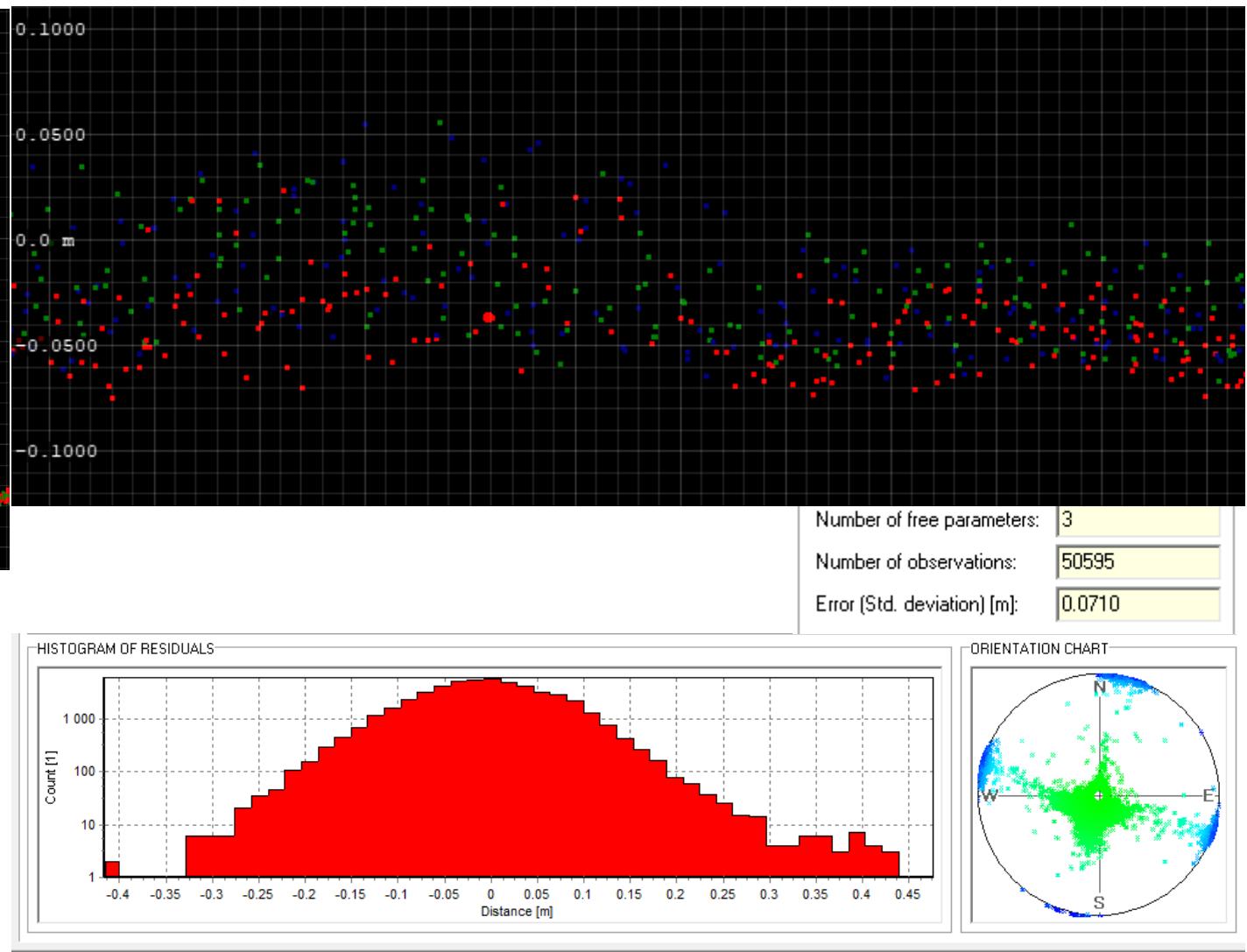
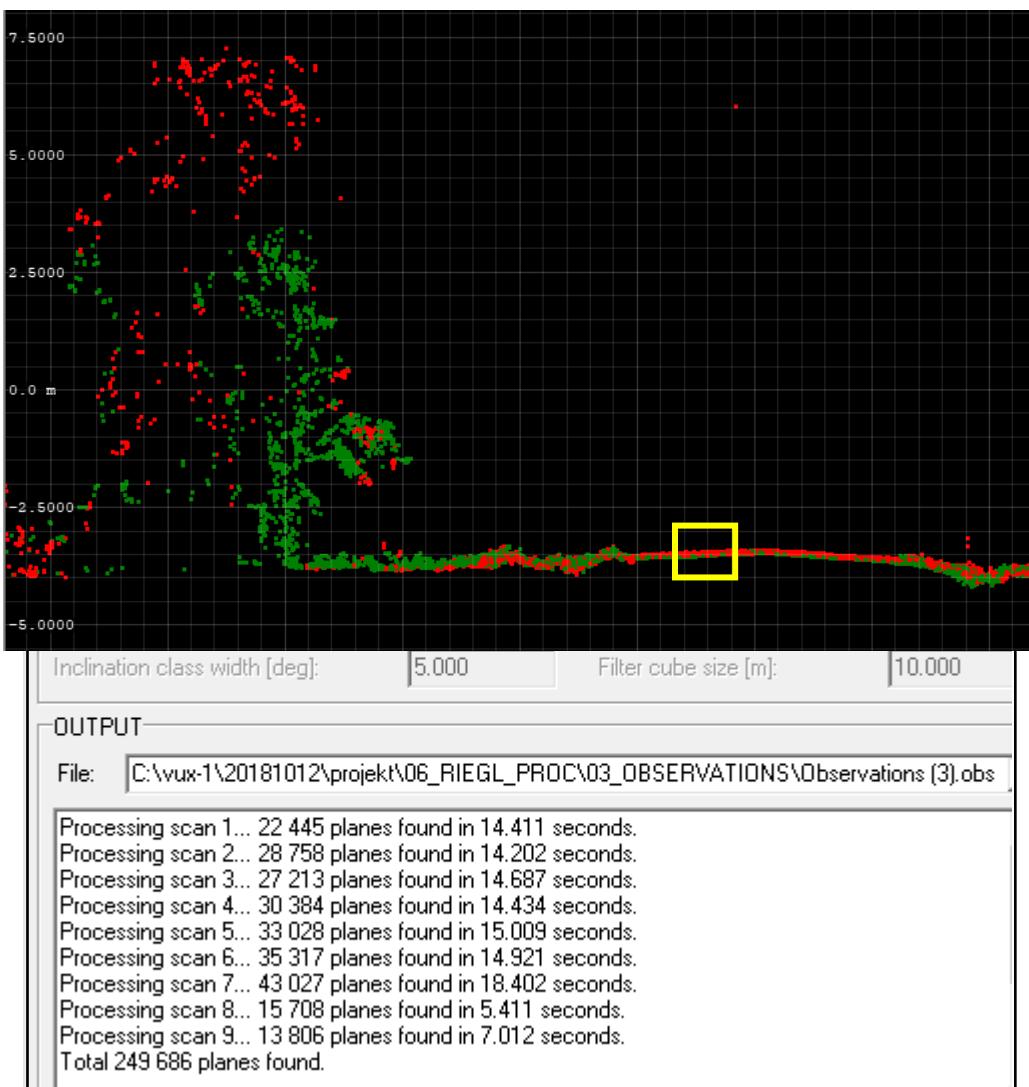


MIRKOVCE LETISKO

Registrácia letových pásov

Hodnotenie výkonávania kampaní a kvality dát
Prípadové štúdie

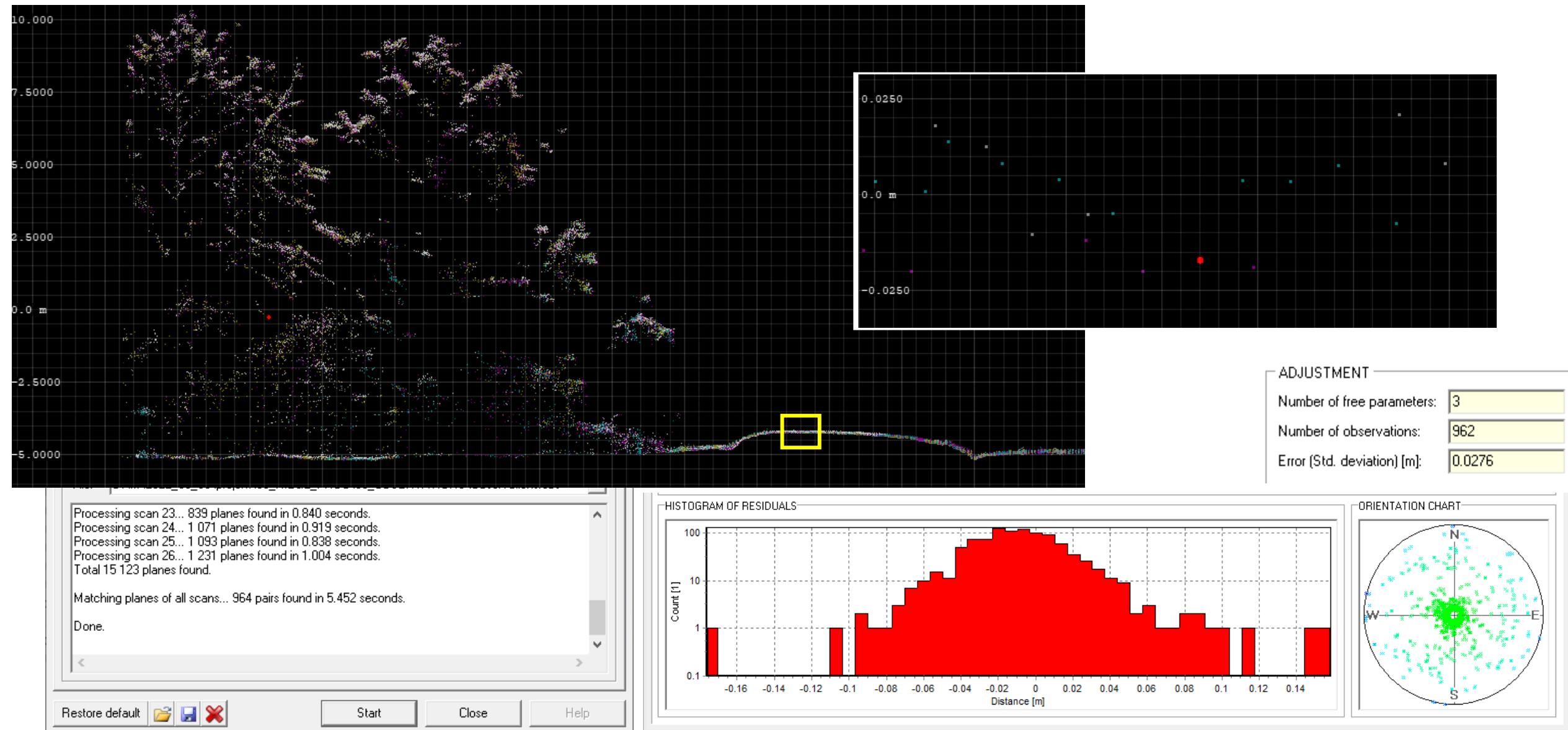
SCOUT B1-100



MIRKOVCE LETISKO

DJI AGRAS T30

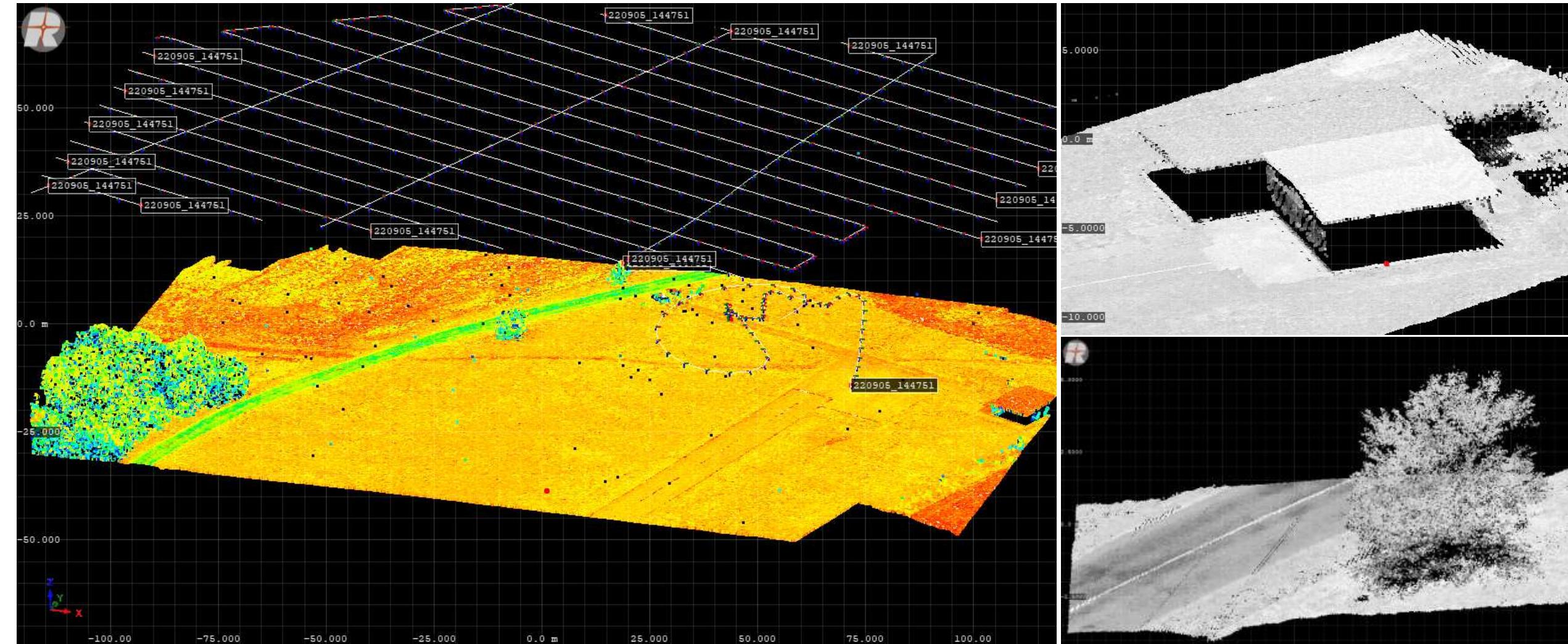
Hodnotenie výkonávania kampaní a kvality dát
Prípadové štúdie



MIRKOVCE LETISKO

DJI AGRAS T30

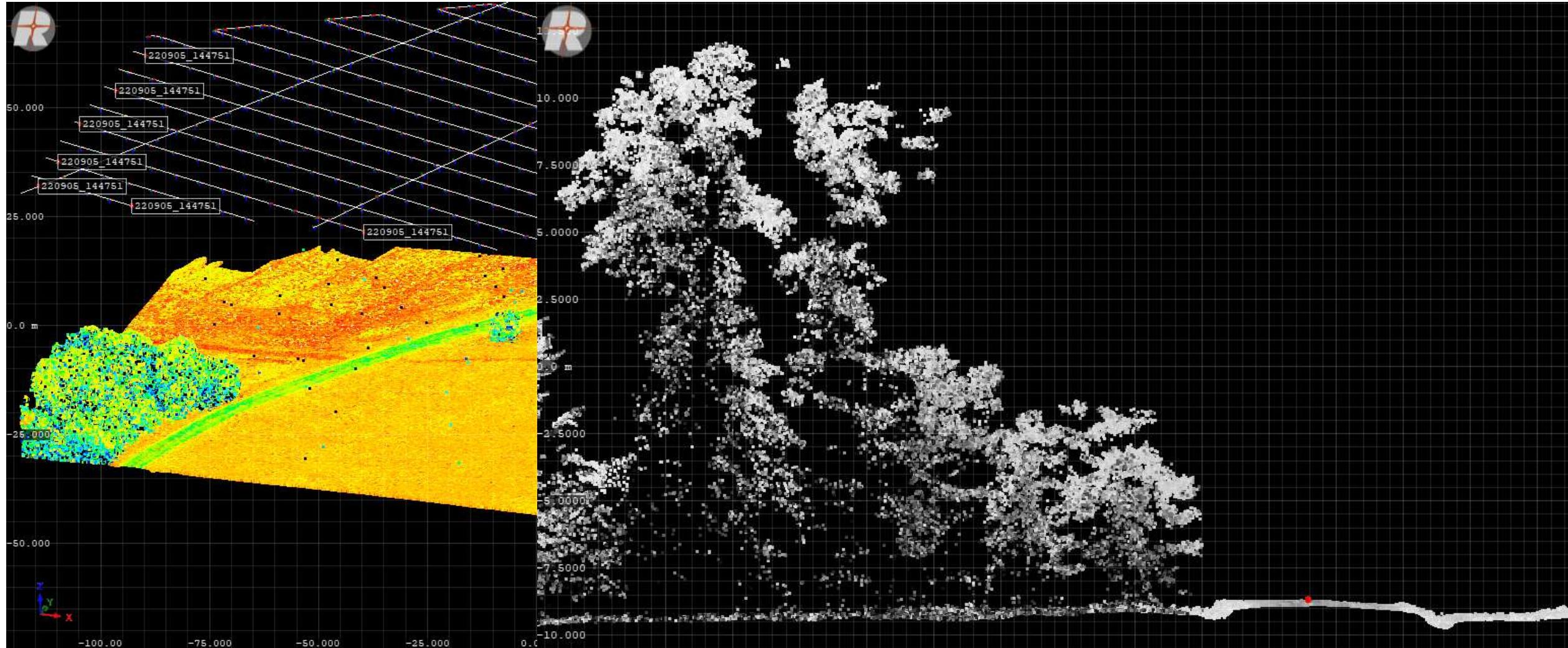
Hodnotenie výkonávania kampaní a kvality dát
Prípadové štúdie



MIRKOVCE LETISKO

DJI AGRAS T30

Hodnotenie výkonávania kampaní a kvality dát
Prípadové štúdie



MIRKOVCE LETISKO

Výsledné porovnanie

Hodnotenie vykonávania kampaní a kvality dát
Prípadové štúdie

	SCOUT B1-100	DJI AGRAS T30
Rozloženie zariadenia (min)	30	15
Predletová príprava (min)	90	5
Plánovanie misie (min)	30	5
Vykonanie misie (min)	10	10
Poletová procedúra (min)	30	10
Spolu (min)	190 (3 h 10 min)	45
Podpora letu a navigácia		
Kvalita letovej trajektórie		
Registrácia letových pásov		
Hustota bodov		

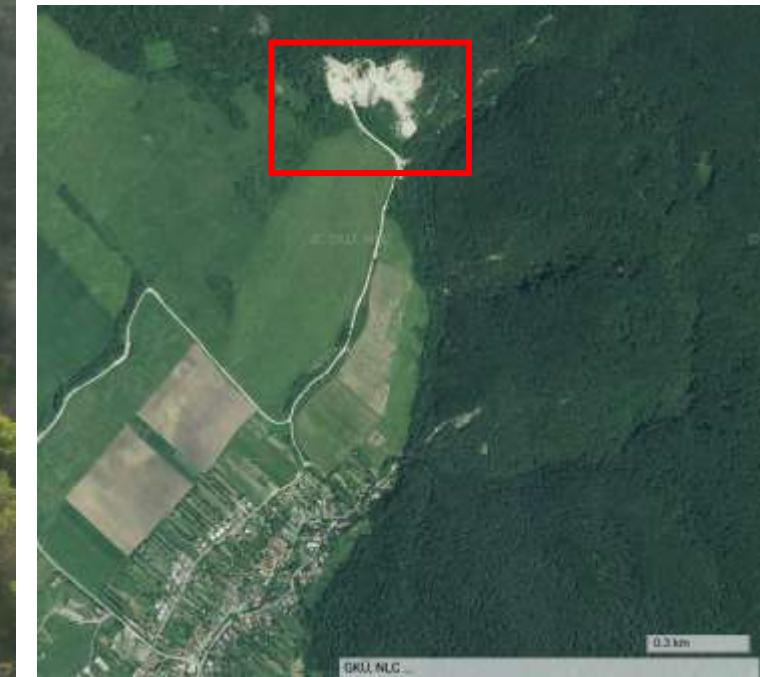
BRESTOV LOM

Stručná charakteristika lokality



BRESTOV LOM

Stručná charakteristika lokality



BRESTOV LOM

Konfigurácia – DJI AGRAS T30 s VUX1

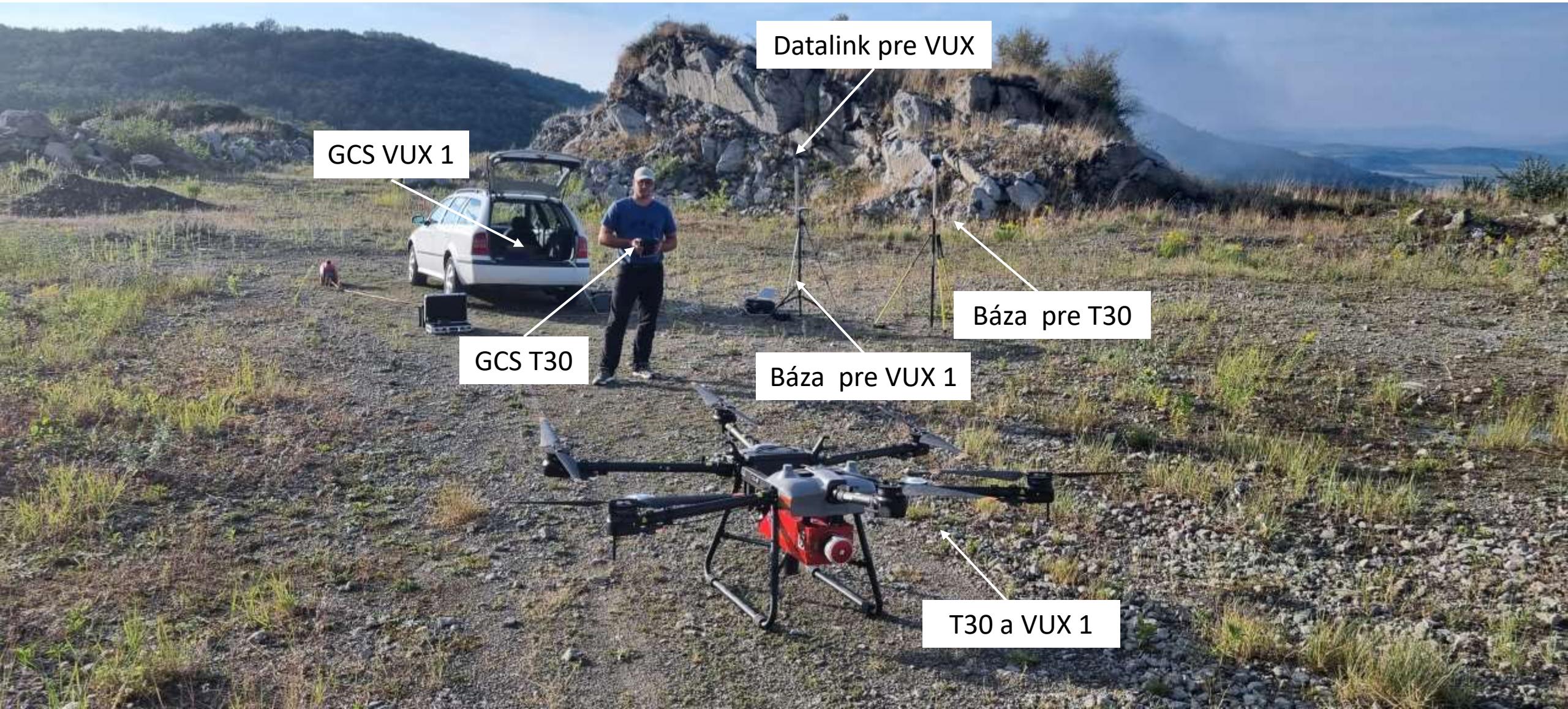
Hodnotenie vykonávania kampaní a kvality dát
Prípadové štúdie



BRESTOV LOM

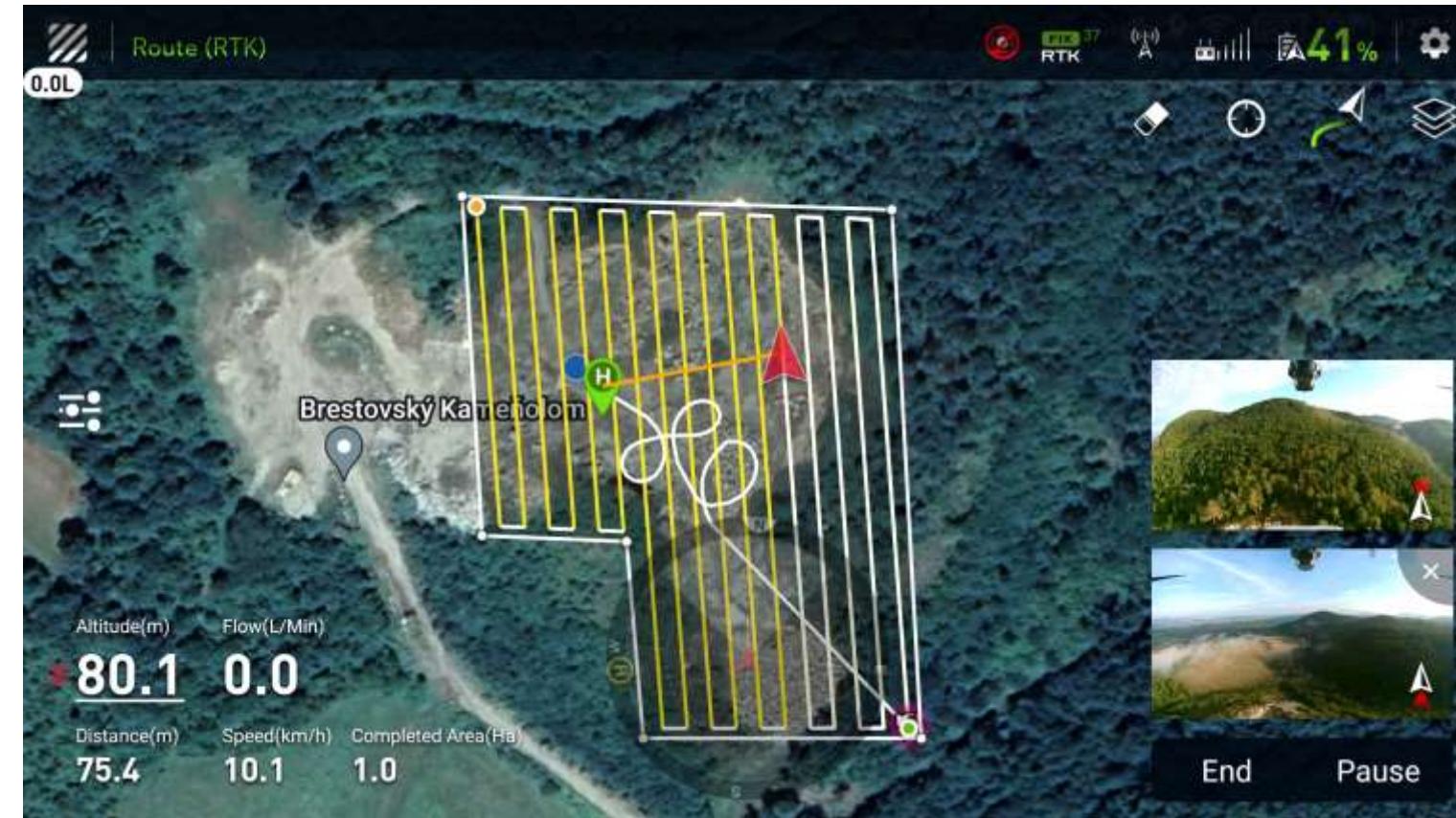
Konfigurácia – DJI AGRAS T30 s VUX1

Hodnotenie vykonávania kampaní a kvality dát
Prípadové štúdie



BRESTOV LOM

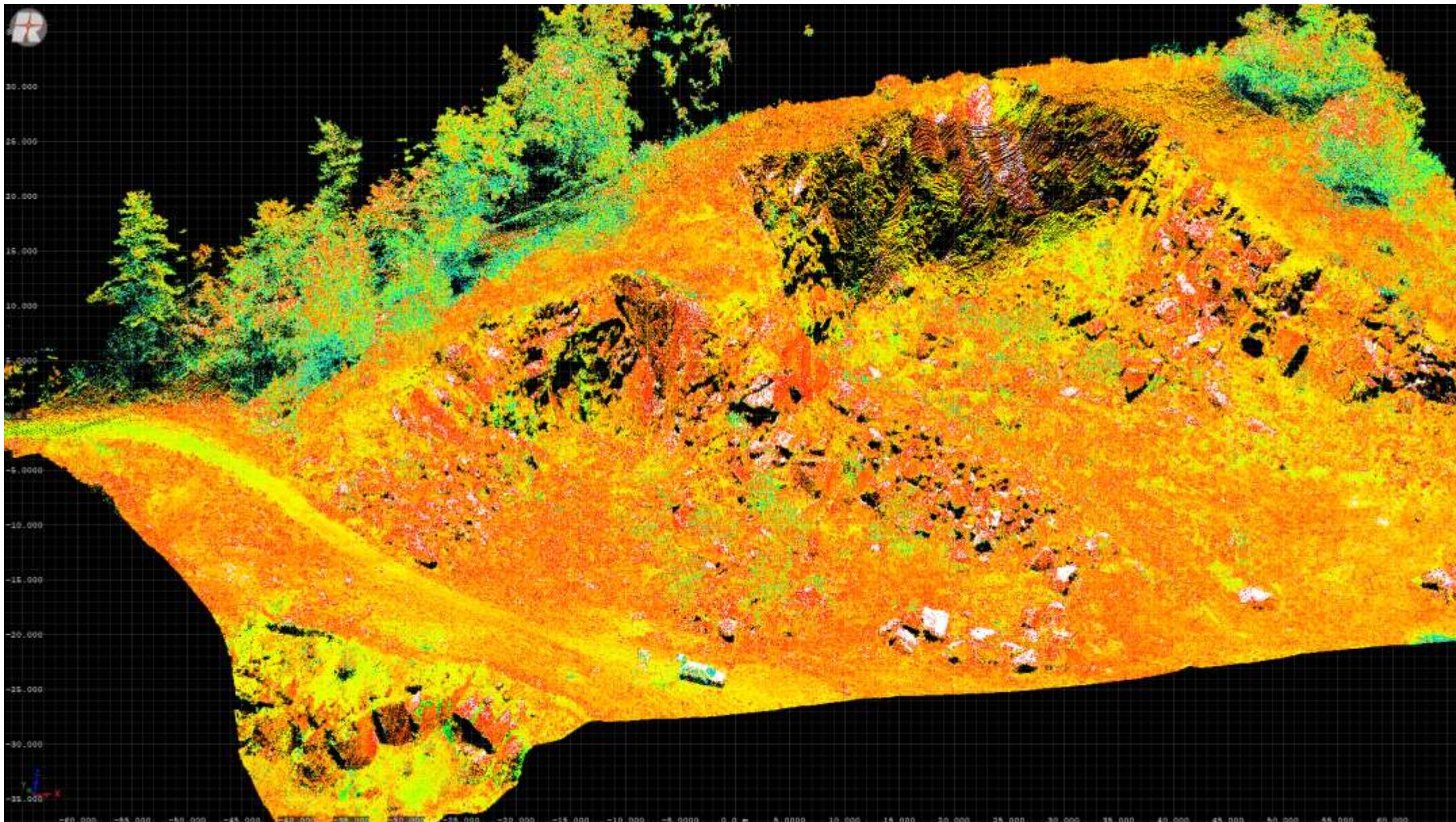
Výkonanie kampane – DJI AGRAS T30 s VUX1 payloadom



BRESTOV LOM

VUX 1

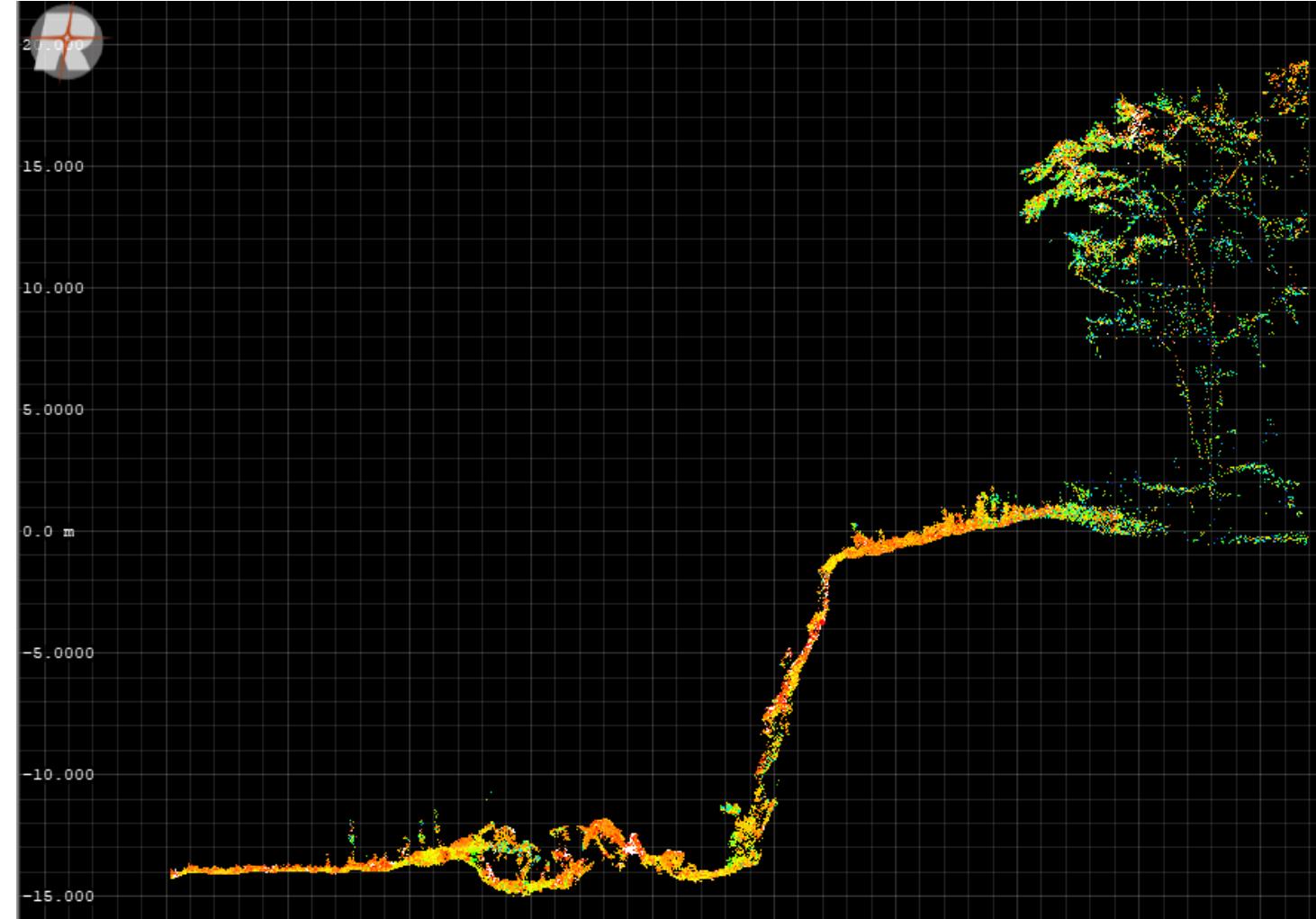
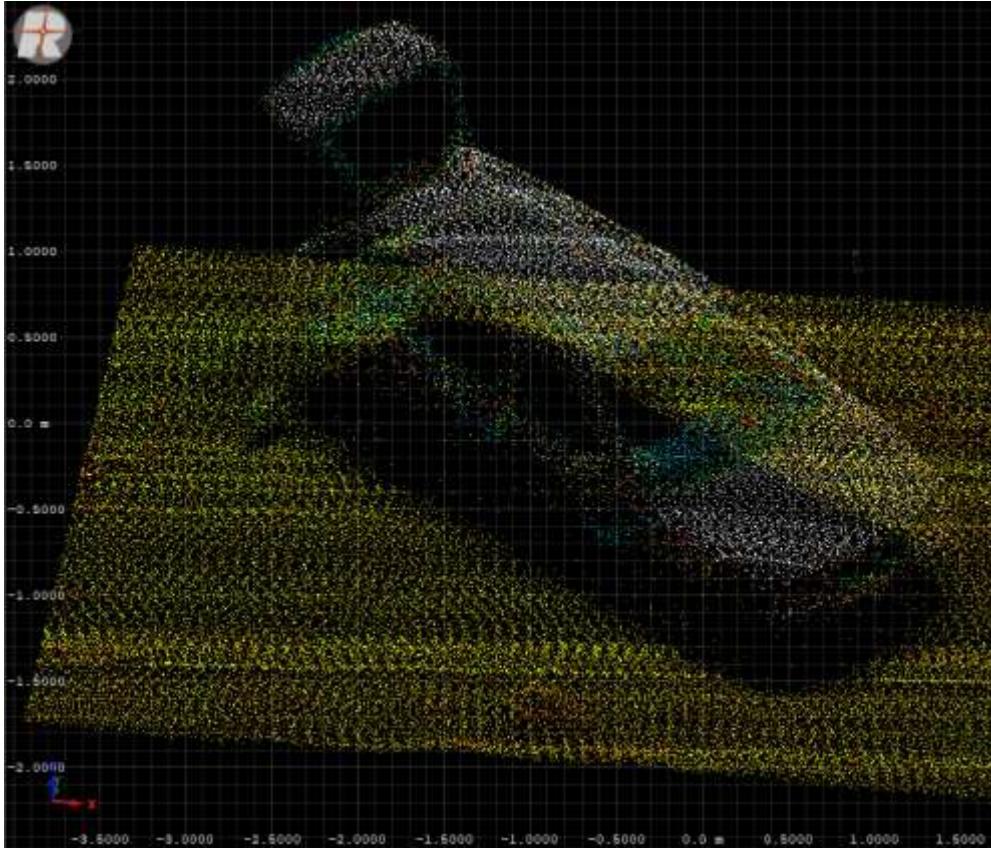
Hodnotenie vykonávania kampaní a kvality dát
Prípadové štúdie



BRESTOV LOM

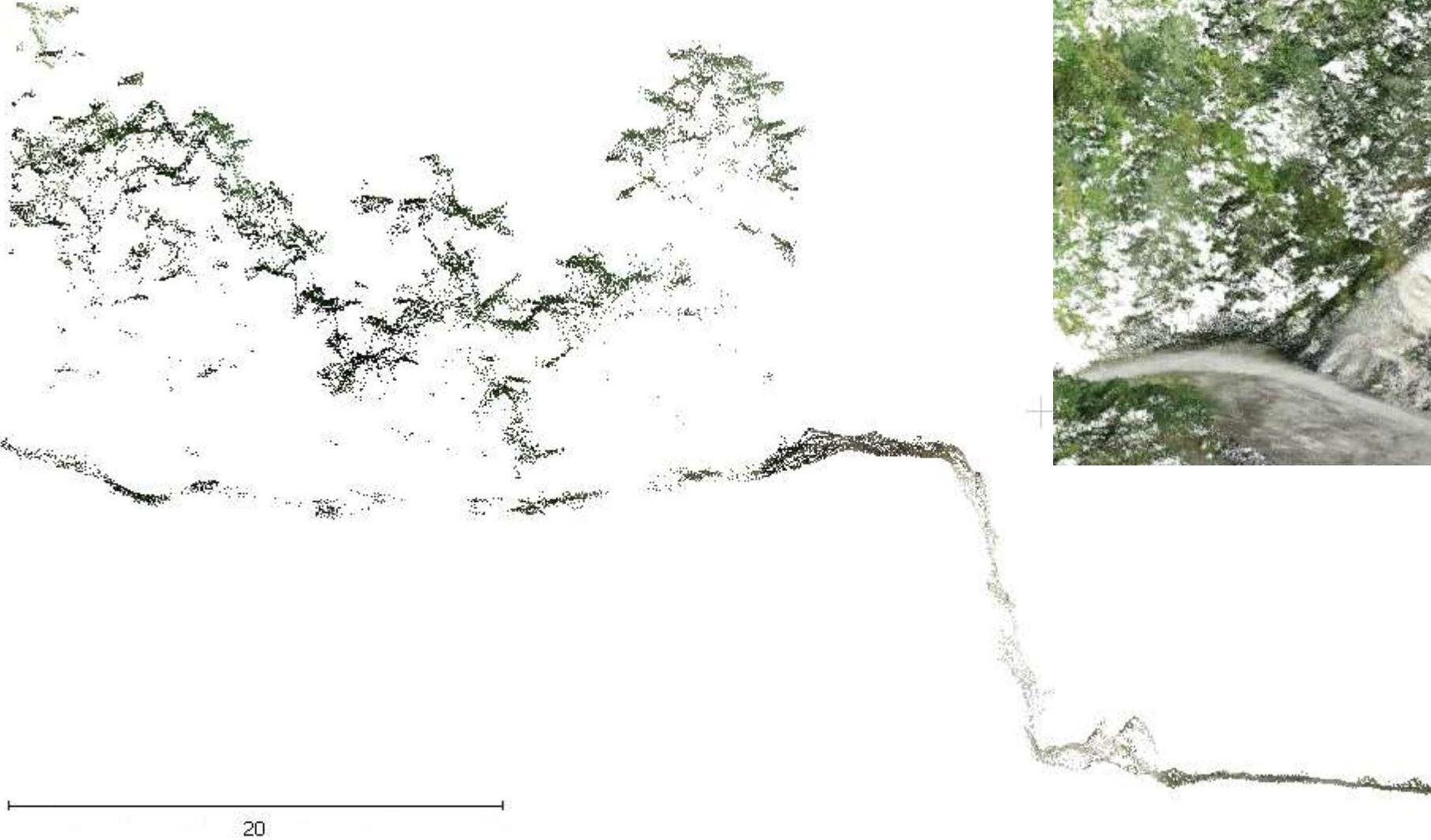
VUX 1

Hodnotenie vykonávania kampaní a kvality dát
Prípadové štúdie



BRESTOV LOM

L1

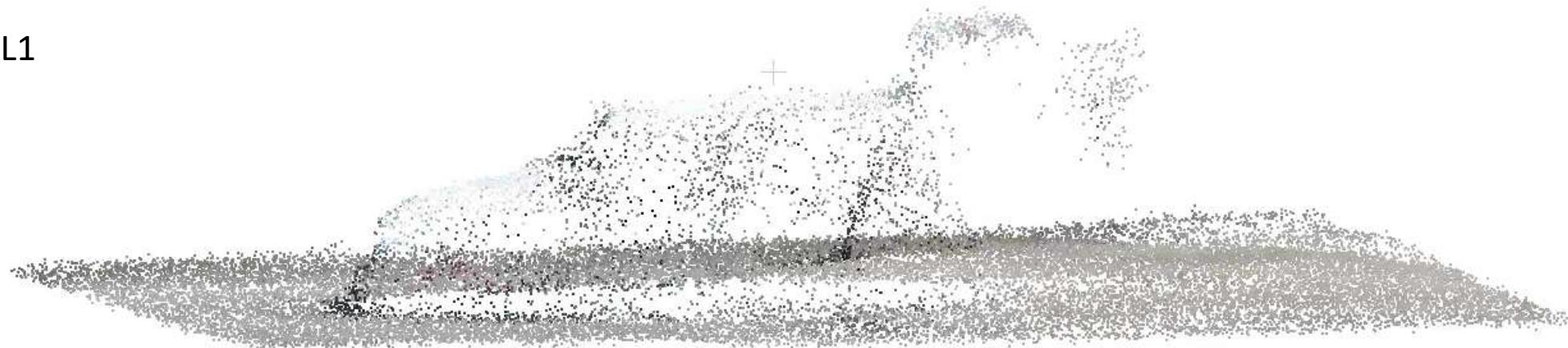


Hodnotenie vykonávania kampaní a kvality dát
Prípadové štúdie

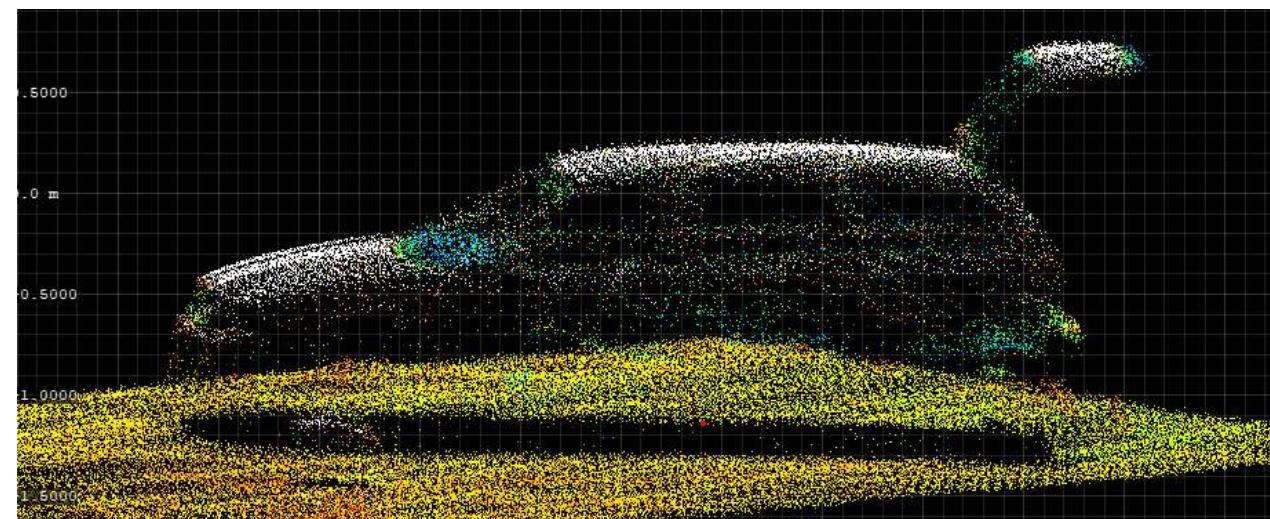
BRESTOV LOM

Rozptvl bodov na rovných povrchoch

L1



VUX 1



ODPOČÍVADLO JANOVÍK

Stručná charakteristika lokality



ODPOČÍVADLO JANOVÍK

Stručná charakteristika lokality



ODPOČÍVADLO JANOVÍK

Stručná charakteristika lokality



ODPOČÍVADLO JANOVÍK

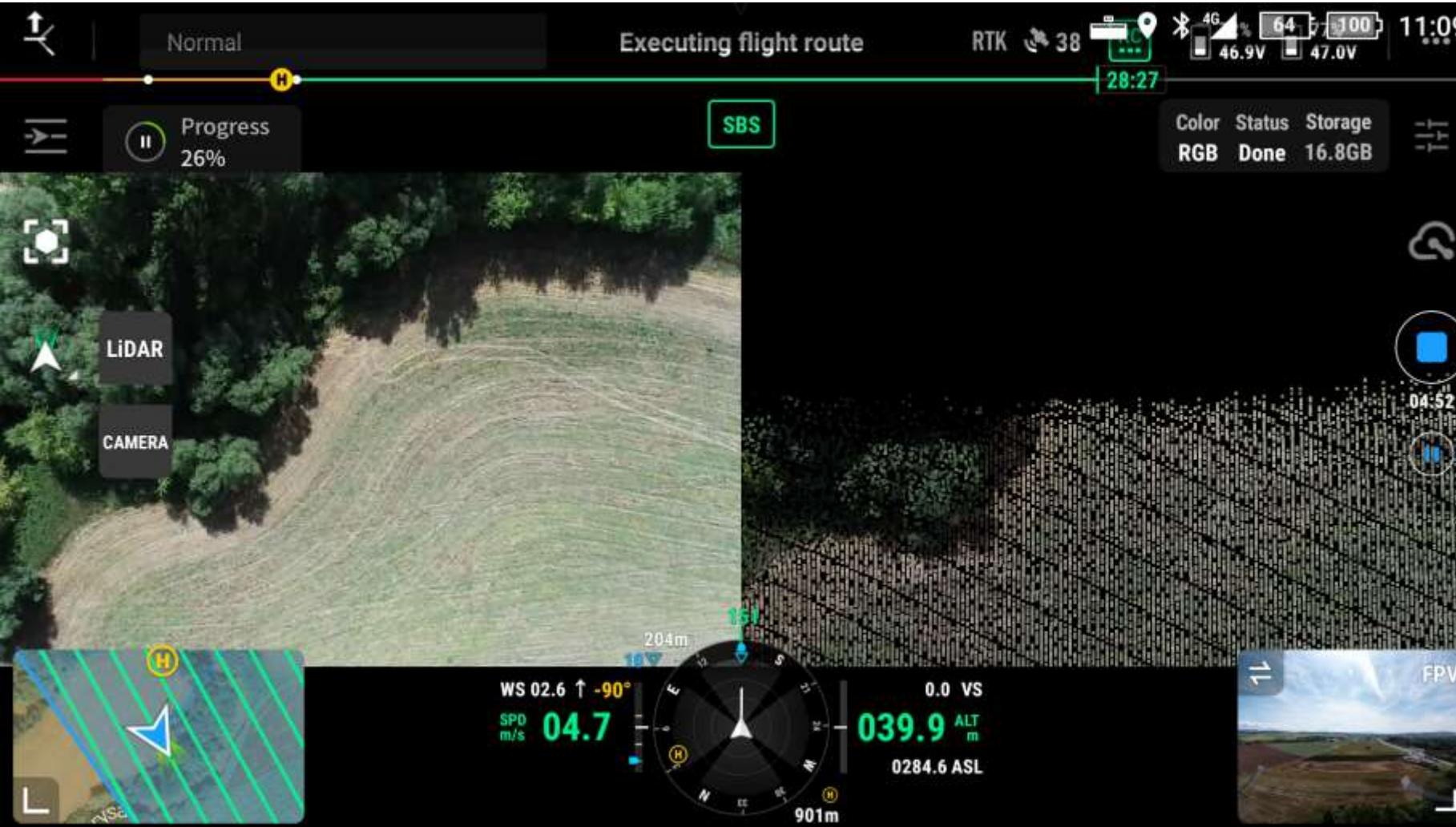
Konfigurácia

Hodnotenie vykonávania kampaní a kvality dát
Prípadové štúdie



ODPOČÍVADLO JANOVÍK

Vykonanie kampane – DJI MATRICE 300 RTK s L1 payloadom



ODPOČÍVADLO JANOVÍK

Vykonanie kampane – DJI MATRICE 300 RTK s L1 payloadom



ODPOČÍVADLO JANOVÍK

Trajektória

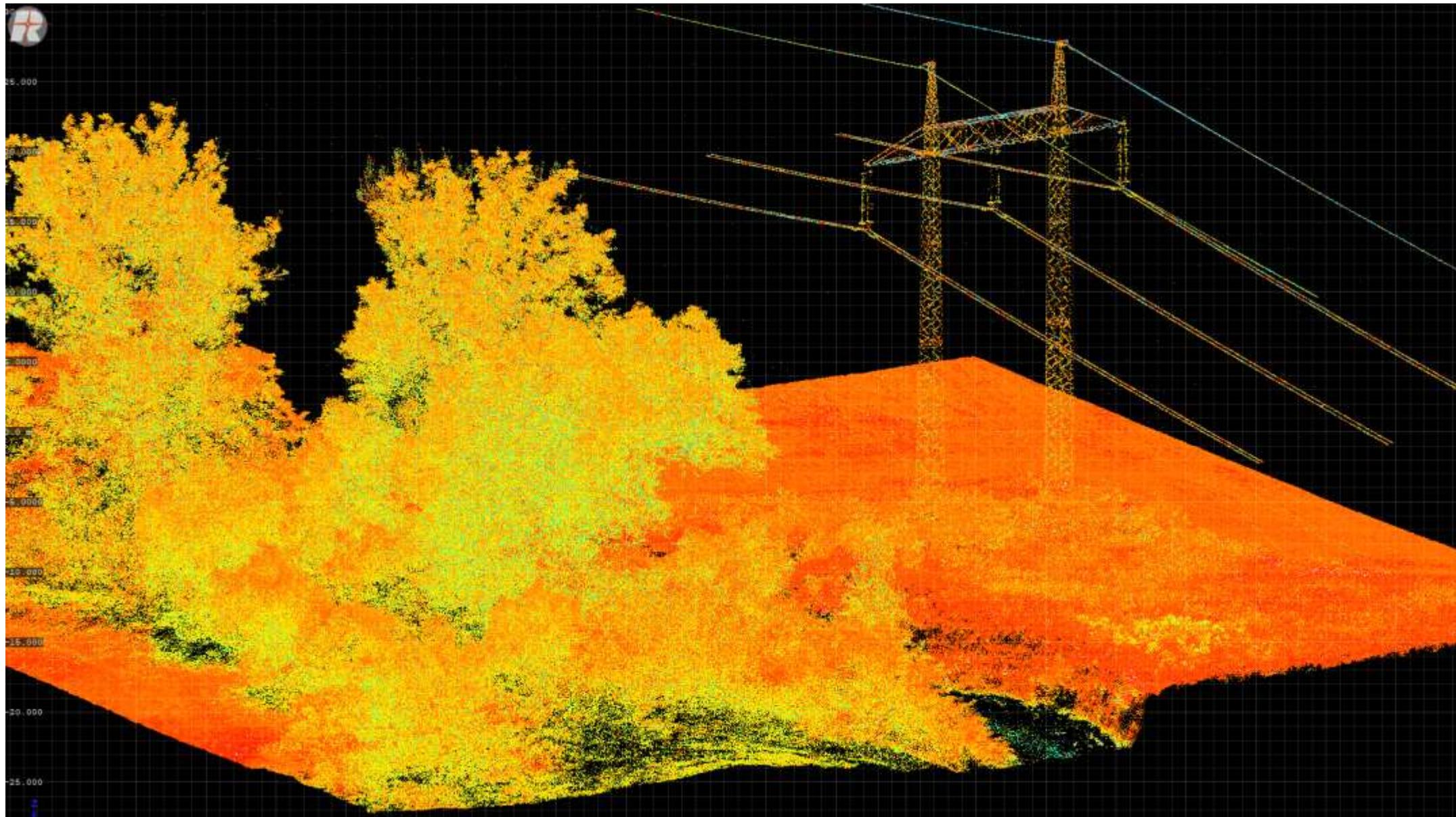
Hodnotenie výkonávania kampaní a kvality dát
Prípadové štúdie



ODPOČÍVADLO JANOVÍK

Hodnotenie výkonávania kampaní a kvality dát
Prípadové štúdie

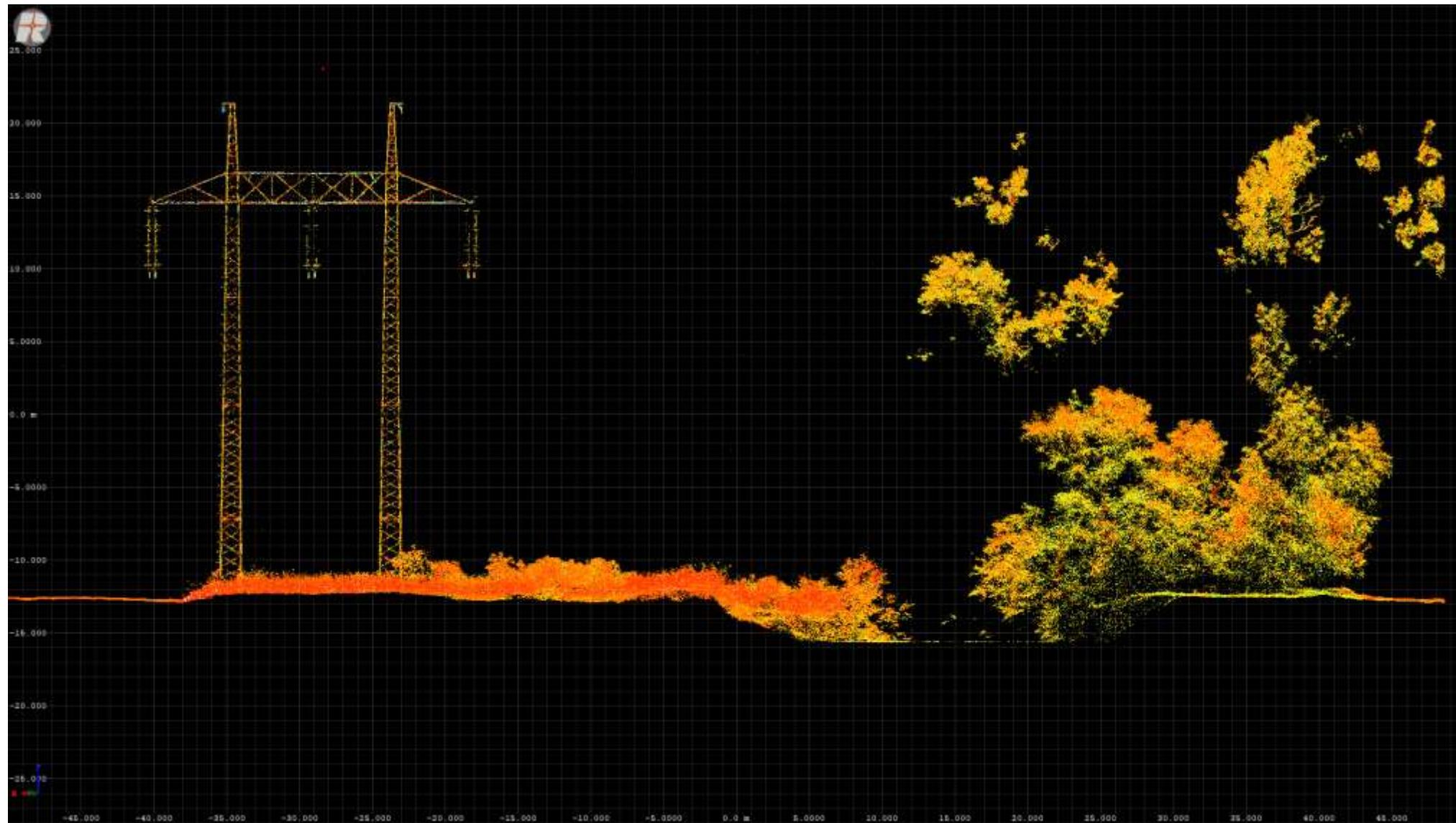
VUX 1



ODPOČÍVADLO JANOVÍK

Hodnotenie výkonávania kampaní a kvality dát
Prípadové štúdie

VUX 1

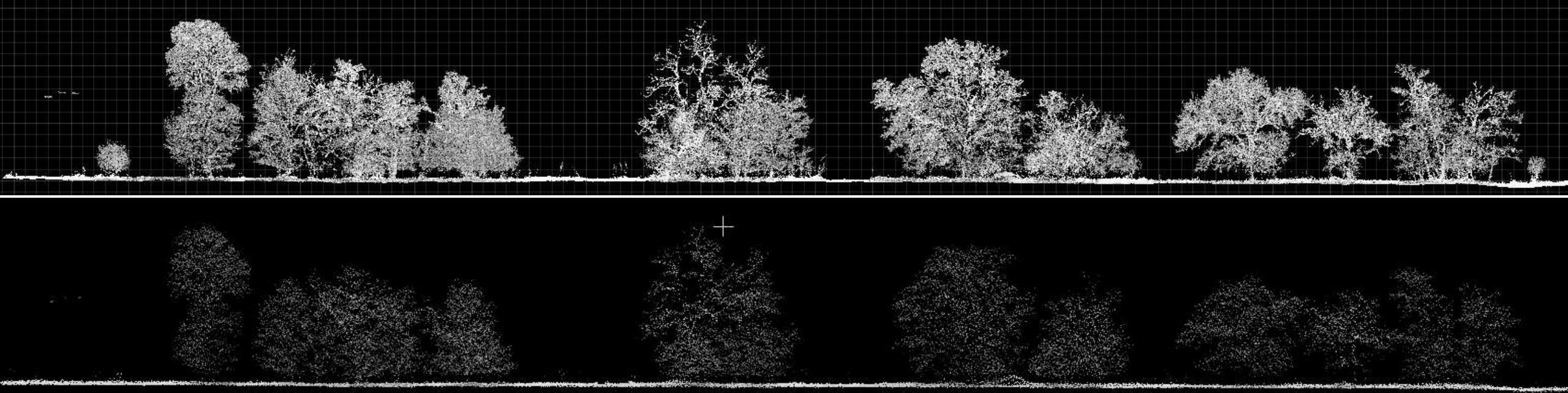


ODPOČÍVADLO JANOVÍK

Hodnotenie vykonávania kampaní a kvality dát
Prípadové štúdie

VUX 1





POROVNANIE BEZPILOTNÝCH LETECKÝCH PLATFORIEM PRE VYSOKOPRESNÉ LETECKÉ LASEROVÉ SKENOVANIE

ĎAKUJEM ZA POZORNOSŤ

Ján KAŇUK¹, Ján Šašak¹, Peter HALUPKA², Michal LACKO², Michal GALLAY¹, Eduard Dvorný¹, Patrik PODOLAN²



¹ Ústav geografie, Prírodovedecká fakulta UPJŠ v Košiciach



² 3gon Slovakia, s.r.o., Galanta