



50 ODTIEŇOV (ŠEDEJ?) ALEBO ROZŠÍRENÉ MOŽNOSTI SPRACOVANIA A INTERPRETÁCIE MRAČIEN BODOV Z LASEROVÉHO SKENOVANIA

Máme 20 rokov skúseností s multikamerovými a multisenzorovými mapovacími systémami

Riegl, Vexcel Imaging, Applanix, Hypspx

V tejto prednáške sa zameriame na 2 oblasti: laserové dáta a softvér na ich analýzu:

1. Digitálna fotogrametria - Vexcel Imaging UltraCam - Letecké mapovacie systémy

2. Laserové skenovanie – Riegl – sme autoriz. distribútori



laserové skenovanie

najvyššia kvalita laserových skenerov, 40 rokov vývoja

- Presné terestrické laserové 3D skenery - TLS
- Mobilné laserové mapovacie systémy - MLS Riegl
- UAV laserové skenovacie systémy - ULS Riegl
- Letecké mapovacie systémy - ALS Riegl



3. Hyperspektrálne skenovanie - HySpex - vedecké kamery

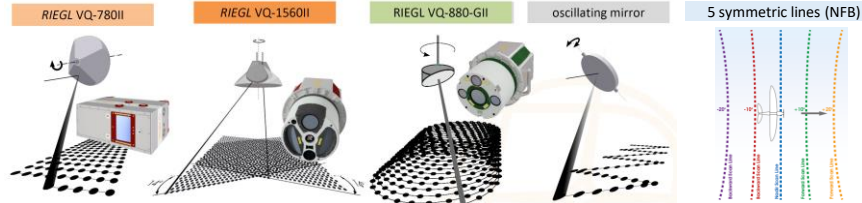
4. Priame georeferencovanie a IMU – Trimble Applanix

5. Spracovateľský softvér na postprocessing, analýzy a management dát

2. Laserové skenovanie – Riegl

Riegl vyrába široké spektrum laserových mapovacích systémov ULS, ALS, MLS a každý z nich **zaznamenáva dáta v opakujúcich sa obrazcoch konkrétneho tvaru**, v závislosti od použitého technického riešenia nasmerovania emitovaného laserového lúča do oblasti mapovania:

- v tvare paralelných línií kolmých na smer letu,
- v tvare križujúcich sa línií pod určitým uhlom,
- v tvare špirál
- v tvare lomenej čiary
- v tvare 3 resp. 5 skoro paralelných kriviek



(Zdroj: Riegl LMS GmbH. a Expert_for_3D_Landscape, spol. s r.o.)

Riegl ALS: Ietecké skenovacie systémy

<p>1.6 kg 360° FOV 100 / 200 kHz eff. pulse rate</p> <p>extremely lightweight</p>	<p>3.5 kg 360° FOV 1.2 / 1.5 MHz eff. pulse rate</p> <p>powerful sensor for various applications in wide area UAV surveying</p>	<p>2.3 kg 100° FOV 2 MHz eff. pulse rate</p> <p>NFB (Nadir/ Forward/ Backward) Scanning for an optimal coverage of complex and vertical targets</p>	<p>2.6 kg 100° FOV 2 MHz eff. pulse rate</p> <p>fully integrated MULTICROSS system</p> <p>scan speed up to 800 lines/sec, resulting in an optimal line and point distribution, perfectly suited for use on high-speed UAVs</p>	<p>2.7 kg 75° FOV 2 MHz eff. pulse rate</p> <p>fully integrated MULTICROSS system</p> <p>versatile scanner for use on high-speed UAVs, helicopters or small manned aeroplanes</p>	<p>4.3 kg 75° FOV 2 MHz eff. pulse rate</p> <p>for topo-asymmetric LiDAR applications</p> <p>efficient high resolution coastline or shallow water surveying</p>	<p>9.8 kg 40° FOV (elliptic scan pattern) 200 kHz eff. pulse rate water penetration 2 Secchi depths</p>
miniMUX-1UAV miniMUX-3UAV	VUX-1UAV ²³ VUX-11R ²³	VUX-120 ²³	VUX-160 ²³ / NEW VUX-180 ²⁴	VUX-240 ²⁴	VQ-840-CL	

(Zdroj: Riegl LMS GmbH. a Expert_for_3D_Landscape, spol. s r.o.)

Dôvody zamerania sa na dáta Riegl:

- dominancia vo svete aj v SR – všetci dodávatelia dát laserového skenovania pre ZBGIS majú laserové ALS skenery Riegl
- dosahujú najvyššiu kvalitu dát
- veľa iných výrobcov volí Riegl aj na integráciu (Vexcel, Trimble, a.i.)

Riegl ULS: UAV laserové skenovacie systémy

<p>75° FOV up to 1.25 MHz meas. rate operating altitude AGL up to 3,950 ft¹</p>	<p>75° FOV up to 1.25 MHz meas. rate operating altitude AGL up to 5,900 ft¹</p> <p>for customized system configurations</p>	<p>60° FOV up to 1.33 MHz meas. rate operating altitude AGL up to 12,800 ft¹</p>	<p>60° FOV -20°/-10°/0°/ 10°/20° NFB up to 2 MHz meas. rate operating altitude AGL up to 7,550 ft¹</p> <p>NFB (Nadir/ Forward/Backward) Scanning for an optimal coverage of complex and vertical targets</p>	<p>58° FOV forward/backward and nadir look up to 2.65 MHz meas. rate operating altitude AGL up to 12,800 ft¹</p> <p>dual channel turnkey system for high altitude, large scale mapping</p>	<p>60° FOV regular scan pattern VQ-1460: up to 2.93 MHz meas. rate VQ-1260: up to 1.47 MHz meas. rate operating altitude AGL up to 14,450 ft¹</p> <p>turnkey system for high altitude large scale mapping</p>
VQ-480 II	VQ-580 II-S	VQ-780 II-S	VQ-680	VQ-1560 II-S	VQ-1260 / VQ-1460

(Zdroj: Riegl LMS GmbH. a Expert_for_3D_Landscape, spol. s r.o.)

2. Laserové skenovanie – Riegl

(Pokračovanie) Ďalšie príklady Riegl špecializovaných laserových mapovacích systémov MLS

s pre ne typickým **záznamom dát v opakujúcich sa obrazcoch konkrétneho tvaru** :

- v tvare paralelných línií kolmých na smer pohybu meracieho vozidla (tu neuvedené)
- v tvare paralelných línií pod určitým uhlom voči smeru pohybu meracieho vozidla ,
- v tvare križujúcich sa línií pod určitým uhlom voči smeru pohybu meracieho vozidla

Okrem tvaru majú dáta aj príslušnú hustotu bodov na m² a dosah, ktoré sú ovplyvnené

- aktuálnou rýchlosťou pohybu meracieho vozidla,
- zvoleným nastavením parametrov skenovania (LPRR, ...)



Riegl MLS: mobilné skenovacie systémy a príklady ich záznamu dát

	<p>11 cm line spacing 8 mm point spacing acc, prec: 5/3mm</p> <p>precise object and edge detection in a single run</p>		<p>11 cm line spacing 8 mm point spacing acc, prec: 5/3mm</p> <p>object edges may be missed in a single run due to parallel scan line orientation wrt. object</p>		<p>27 cm line spacing 15 mm point spacing acc, prec: 15/10 mm</p> <p>object edges may be fuzzy due to coarse line and point spacing</p>
					

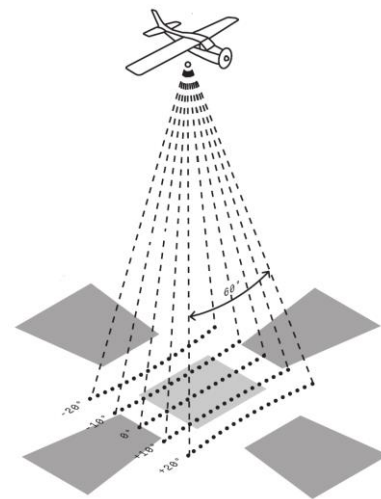
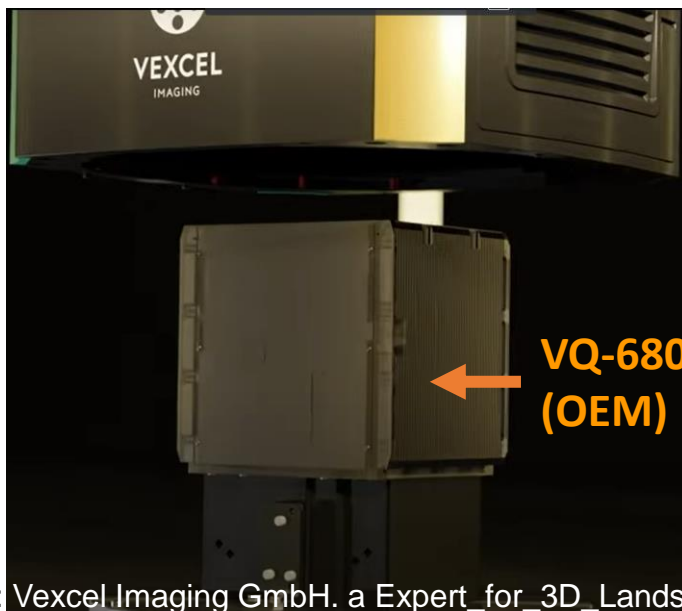
(Zdroj: Riegl LMS GmbH. a Expert_for_3D_Landscape, spol. s r.o.)

2. Laserové skenovanie

Najnovší príklad významu dát laserového skenovania pre mapovanie je integrácia leteckého laserového skenera s digitálnou fotogrametrickou kamerou (premiéra bola na Intergeo 10.10.2023):

Výrobca **Vexcel Imaging UltraCam** zdefinoval letecké mapovacie systémy nanovo

- spolu s výrobcom **RIEGL** vytvoril **integrováný mapovací systém**, v ktorom optimálne spojil výhody digitálnej fotogrametrie a laserého skenovania
- **Vexcel Imaging UltraCam** a **Riegl VQ-680(OEM)** = **ULTRACAM DRAGON 4.1**



(Zdroj: Vexcel Imaging GmbH. a Expert_for_3D_Landscape, spol. s r.o.)

5. Spracovateľský softvér na postprocessing

Dáta z laserového skenovania **vo forme georeferencovaných mračien bodov (GMB)** sa stali bežnou súčasťou ponuky zdrojov geodát, najmä ak chceme zistiť, **detailne zadokumentovať alebo overiť priestorové vzťahy.**

(G)MB si môžeme stiahnuť a využiť ako podklad, ktorý vieme dať do súvisu s ostatnými dostupnými alebo meranými dátami.

V čase stiahnutia, pripojenia, resp. pred ďalším spracovaním máme o nich len základné informácie a treba očakávať, že môžu obsahovať aj **nechcené javy a prvky náhodne zaznamenané počas laserového skenovania.**

Mnohé sw-nástroje však umožňujú **len základné úkony importu a zobrazenia** mračien bodov, **bez možnosti ich ďalšieho detailnejšieho selektovania, filtrovania a analýzy.**

5. Spracovateľský softvér na postprocessing

Prvým krokom pri práci s mračnami bodov je získanie čo najdetailnejších poznatkov o samotnom zdrojovom meraní:

- ako vzniklo,
- o aký druh laserového skenovania ide (TLS, MLS, ALS, ULS)
- aký je potenciálny dosah senzora
- aká bola aktuálna rýchlosť nosiča (zo záznamu trajektórie)
- ako boli nastavené parametre skenovania

Tieto popisné informácie sa len ťažko získavajú následne tretími stranami, mesiace a roky po ich zverejnení, preto **by malo byť bežným štandardom**, že každé takéto zverejnené dáta budú mať ako **súčasť popisných informácií aj technickú správu pre odborníkov**, obsahujúcu detaily o

- použitom prístroji - **výrobca a názov senzora**
- nastavených **parametroch skenovania**
- **trajektórií merania** z IMU/GNSS
(po postprocessingu a vyrovnaní s laserovými dátami)
- **verzia LAS a popis záznamu** (počet odrazov, počet klasifikovaných tried)
- krokoch postprocessingu (**použitý sw a nástroje**)
- použitých **súradnicových systémoch** (pri zázname, pri exporte do LAS)

Tieto informácie sú veľmi dôležité pre **pochopenie potenciálneho prínosu** zaznamenaných dát, pomôžu korigovať naše očakávania a **nasmerujú nás na vhodný postup ich ďalšieho spracovania, využitia či vedeckého bádania.**

5. Spracovateľský softvér na postprocessing

Analýzy by sme mali vykonávať **na predspracovaných dátach**, z ktorých už budú odstránené nežiadúce javy. **Ich detekcia, vizualizácia a selekcia nie sú vždy jednoduché a vyžadujú premyslené nasadenie kombinácie viacerých nástrojov súčasne**, či už ide o výber na základe nejakej konkrétnej vlastnosti merania, polohy, výšky, času, väzieb na okolité body.

Výberom malej skupiny reprezentatívnych dát si dáta otestujeme a zacielime výpočtový výkon na to podstatné, čo urýchľuje dopracovanie sa k relevantným výsledkom.

Preto sa zameriame na niektoré **užitočné sw-nástroje**, ktoré na základe našich osobných skúseností zo spracovania dát laserového skenovania, rozširujú a urýchľujú možnosti ich interpretácie, analýzy a skúmania.

Riegl RiScanPro

- sw na spracovanie TLS

Riegl RiPano

- sw na spracovanie TLS

Riegl RiProcess

- sw na spracovanie MLS, ALS, ULS

Simactive Correlator 3D UAV

- sw využívajúci ALS, ULS, MLS aj TLS

Laserdata LIS Pro 3D

- sw na spracovanie ALS, ULS, MLS aj TLS

5. Spracovateľský softvér na postprocessing

Riegl **RiScanPro** - sw na spracovanie TLS

- automatizované parametrizované procesy uľahčuje **One Touch Wizard**, v ktorom môžeme vybrať **viacero krokov spracovania naraz**, nastaviť ich a spustiť v dávkovom spracovaní

- treba ale poznať ich hodnoty parametrov pred nastavením – tie si zistíme individuálnym preskúmaním zaznamenaných dát laserového skenovania

Automatizované postupy

Filtrovanie, export

OneTouch Wizard v softvéri Riegl RiScanPro (Zdroj: Expert_for_3D_Landscape, spol. s r.o.)

5. Spracovateľský softvér na postprocessing

Riegl **RiScanPro** - sw na spracovanie TLS

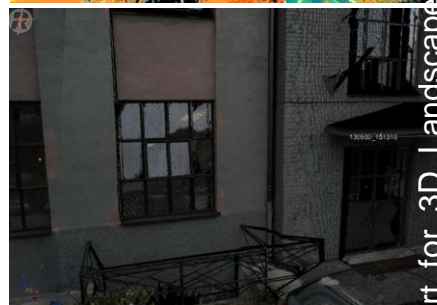
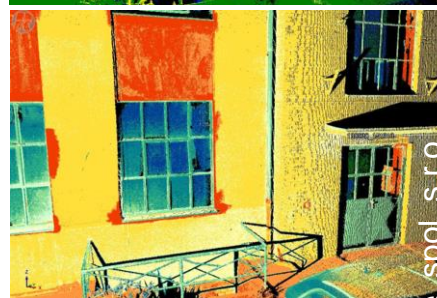
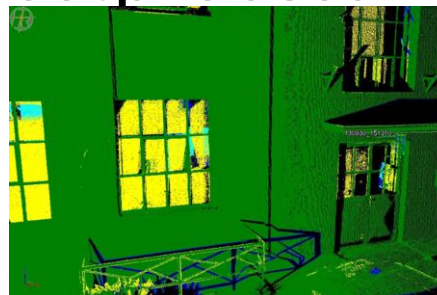
- **individuálne skúmanie** ľubovoľných detailov

- podľa odrazov lúča
(jediný, prvý, medziodraz, posledný)

- podľa vlastnosti Reflectance

- podľa fototextúry - skutočných farieb

- podľa výšky v kombinácii s reflectance



Zdroj dát TLS: Expert_for_3D_Landscape, spol. s r.o.
zamerané prístrojom Riegl VZ-400i
Postprocessing a autor snímok: Expert_for_3D_Landscape, spol. s r.o.,
spracované v softvéri RieglRiScanPro

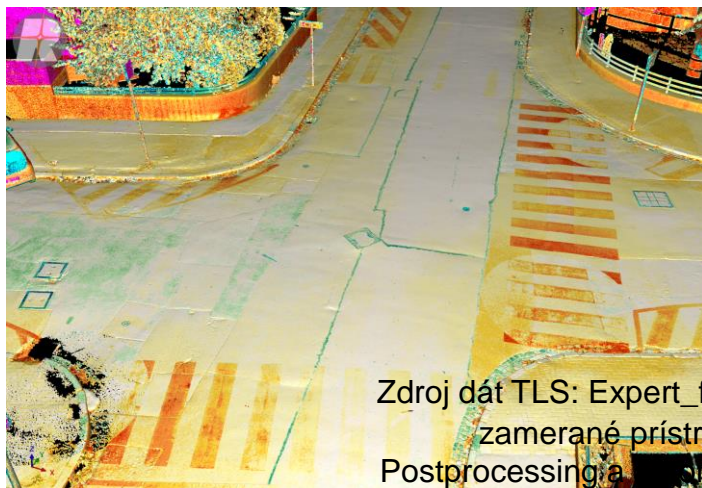
5. Spracovateľský softvér na postprocessing

Riegl **RiScanPro** - sw na spracovanie TLS

- **individuálne skúmanie** ľubovoľných detailov

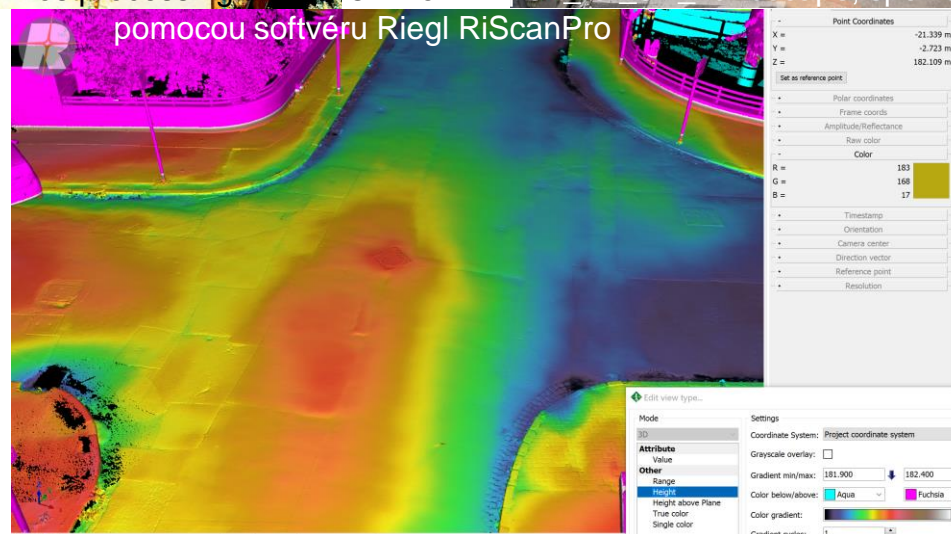
- podľa Reflectance

- podľa fototextúry - skutočných farieb



Zdroj dát TLS: Expert_for_3D_Landscape, spol. s r.o.,
zamerané prístrojom Riegl VZ-400i
Postprocessing a snímok: Expert_for_3D_Landscape, spol. s r.o.,
pomocou softvéru Riegl RiScanPro

- podľa výšky
v kombinácii s
reflectance



5. Spracovateľský softvér na postprocessing

Riegl **RiScanPro** - sw na spracovanie TLS

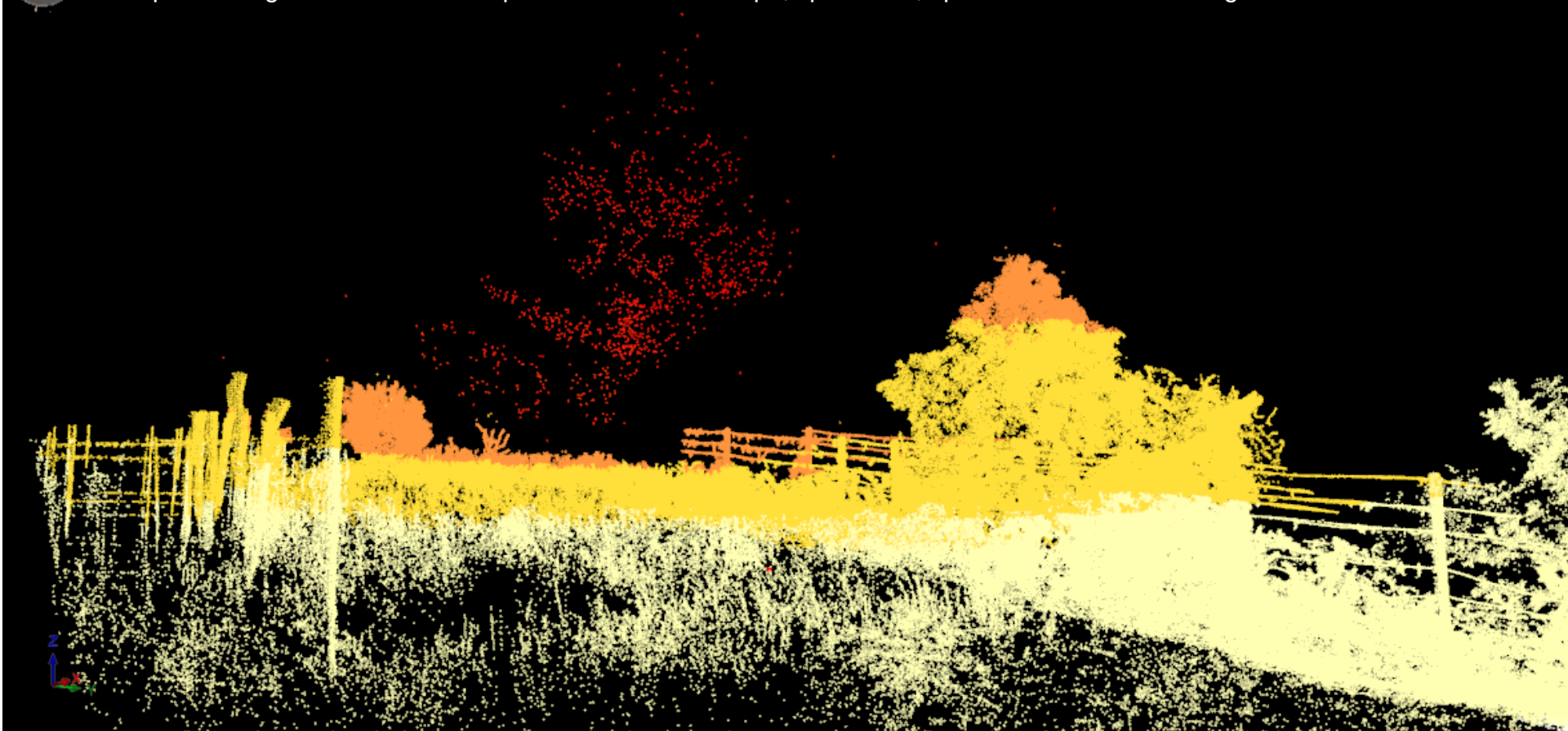
- **individuálne skúmanie** ľubovoľných detailov

- podľa **intervalového zafarbenia do danej výšky**, ostatné nad červené



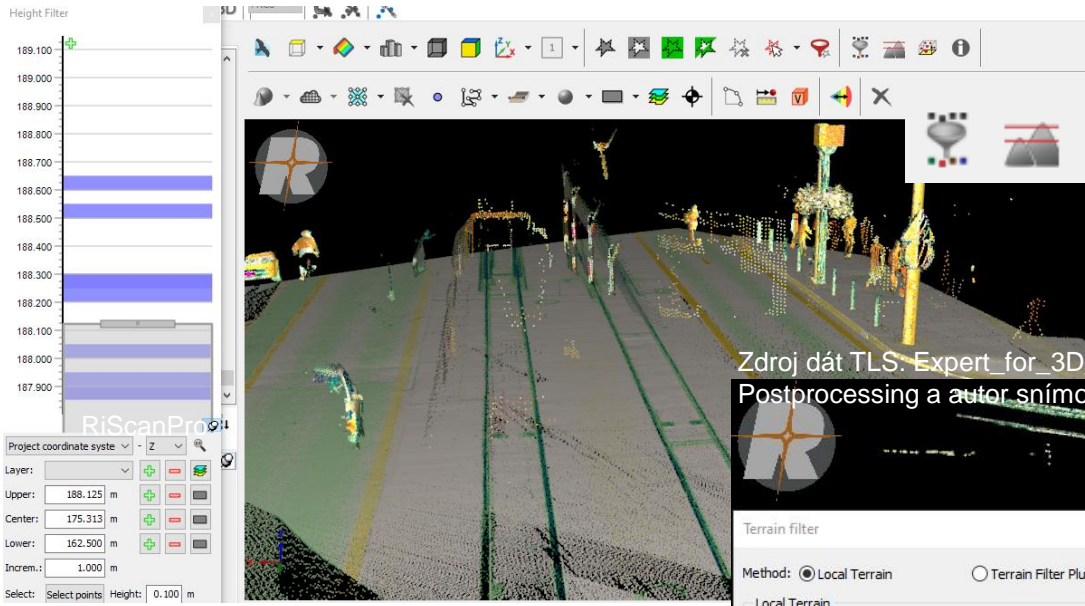
Zdroj dát TLS: Expert_for_3D_Landscape, spol. s r.o., zamerané prístrojom Riegl VZ-400i

Postprocessing a autor snímok: Expert_for_3D_Landscape, spol. s r.o., spracované v softvéri RieglRiScanPro



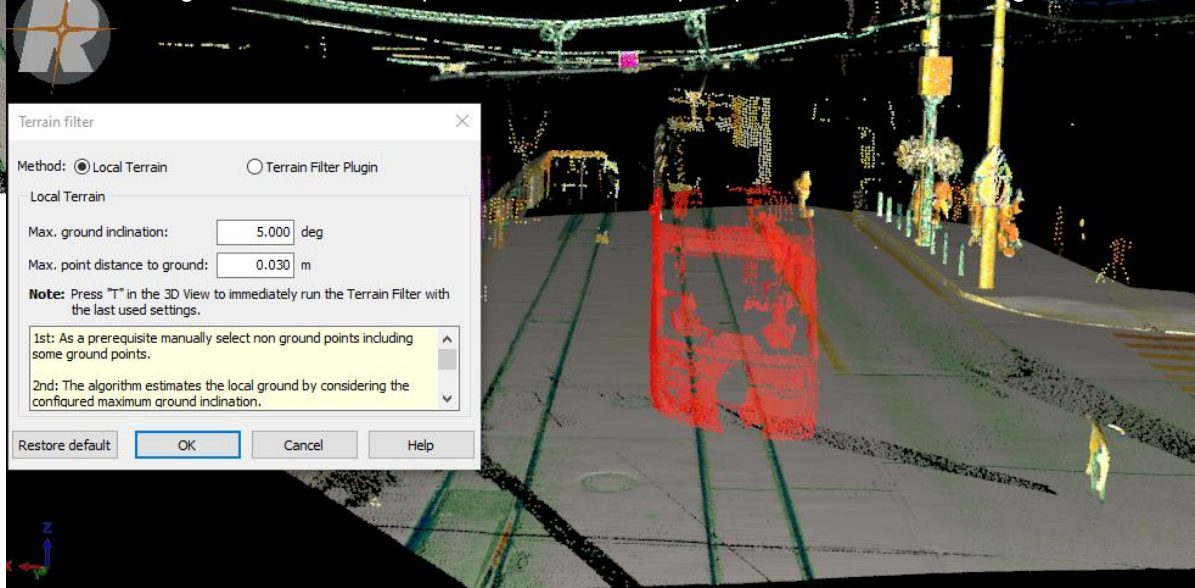
Riegl RiScanPro - sw na spracovanie TLS

- individuálne skúmanie ľubovoľných detailov – pomocou kombinácie výškového filtra **Height Filter** (napr. na odfiltrovanie elektrického vedenia) a filtra objektov nad terénom **Terrain Filter** (napr. na selekciu deformovaného záznamu pohybujúcej sa električky)



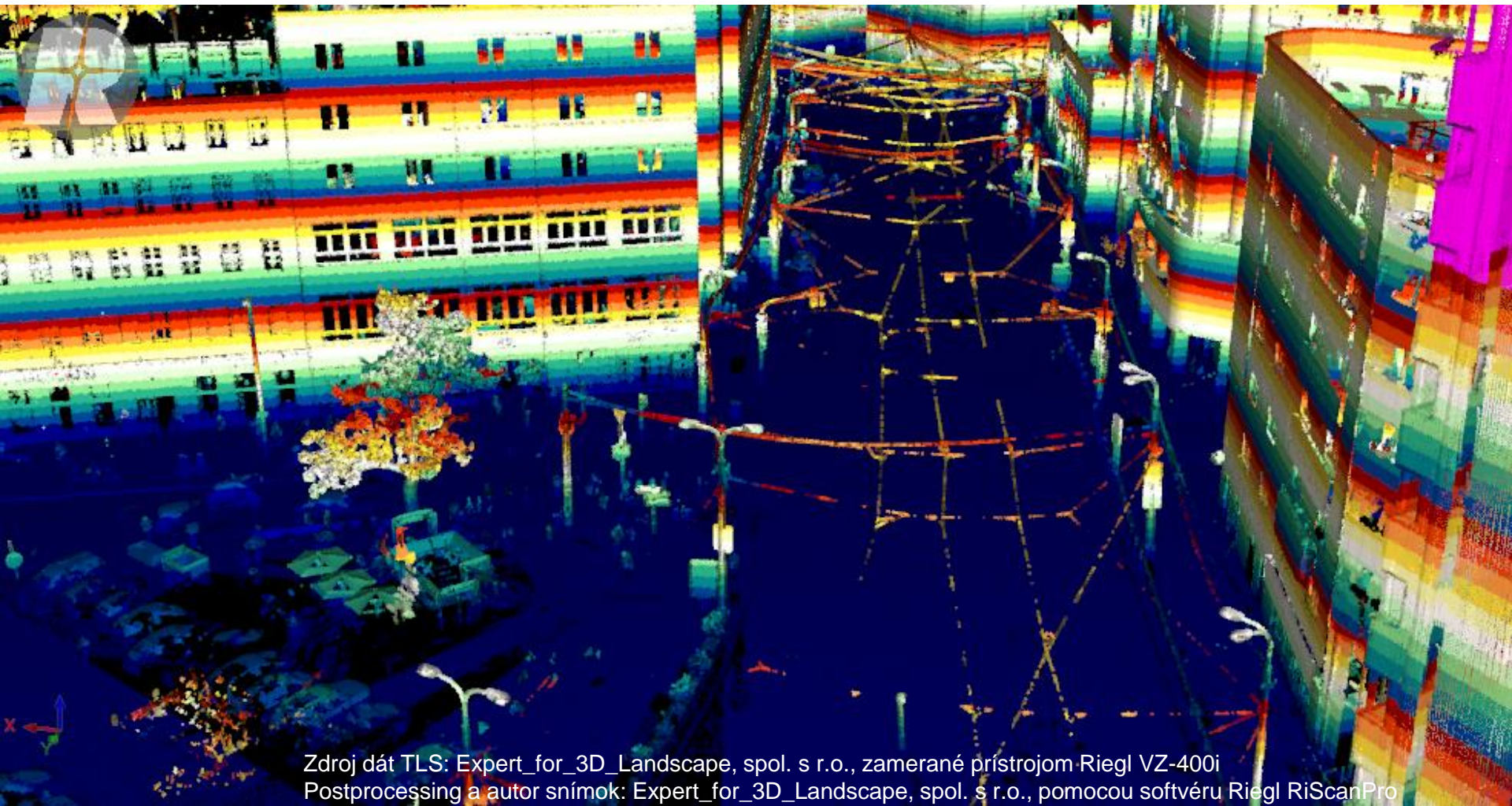
Zdroj dát TLS: Expert_for_3D_Landscape, spol. s r.o., zamerané prístrojom Riegl VZ-400i

Postprocessing a autor snímok: Expert_for_3D_Landscape, spol. s r.o. v softvéri RieglRiScanPro



Riegl RiScanPro - sw na spracovanie TLS

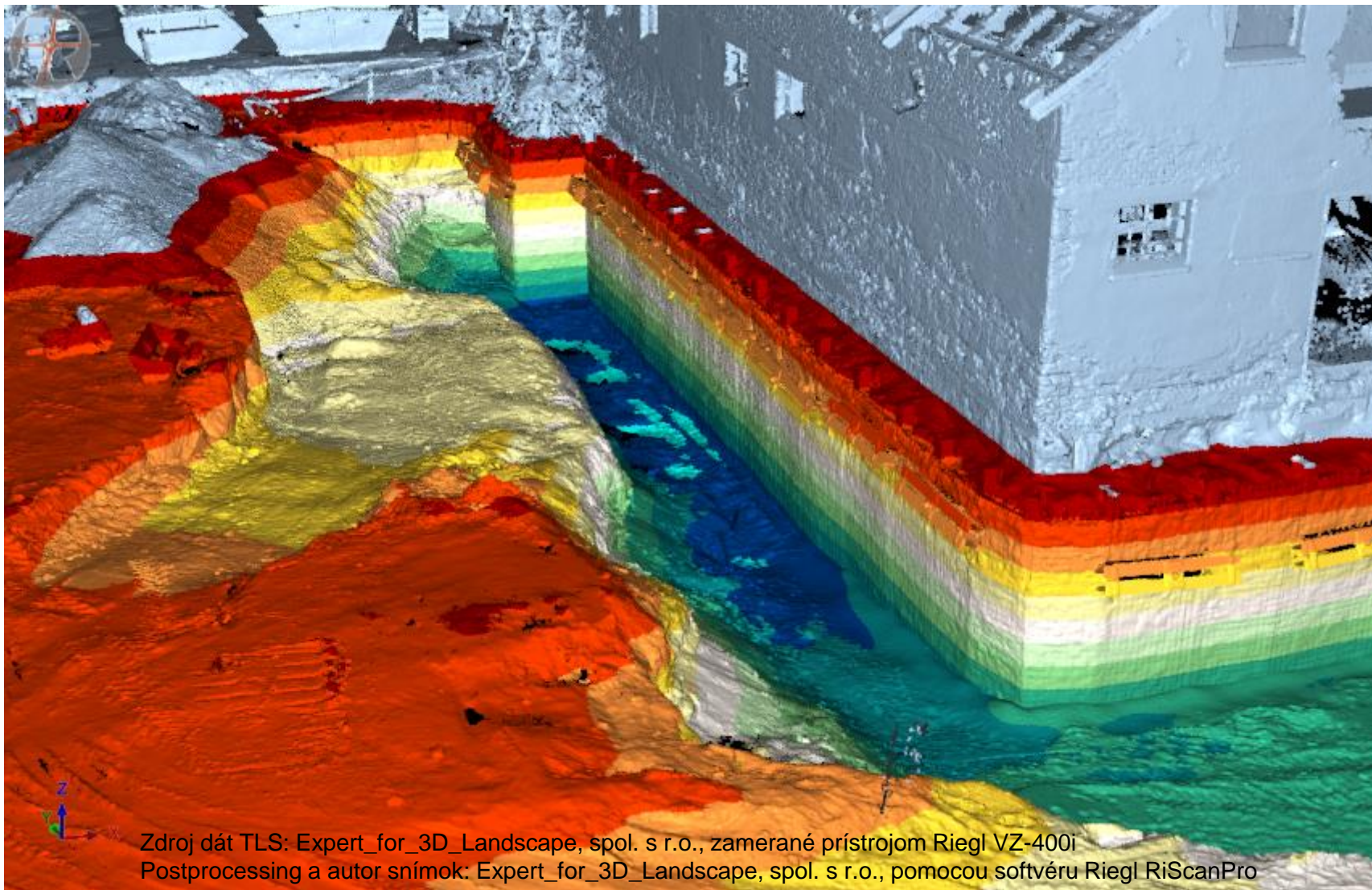
- individuálne skúmanie ľubovoľných detailov – zvýraznenie výškových rozdielov pomocou opakovania farebnej škály



Zdroj dát TLS: Expert_for_3D_Landscape, spol. s r.o., zamerané prístrojom Riegl VZ-400i
Postprocessing a autor snímok: Expert_for_3D_Landscape, spol. s r.o., pomocou softvéru Riegl RiScanPro

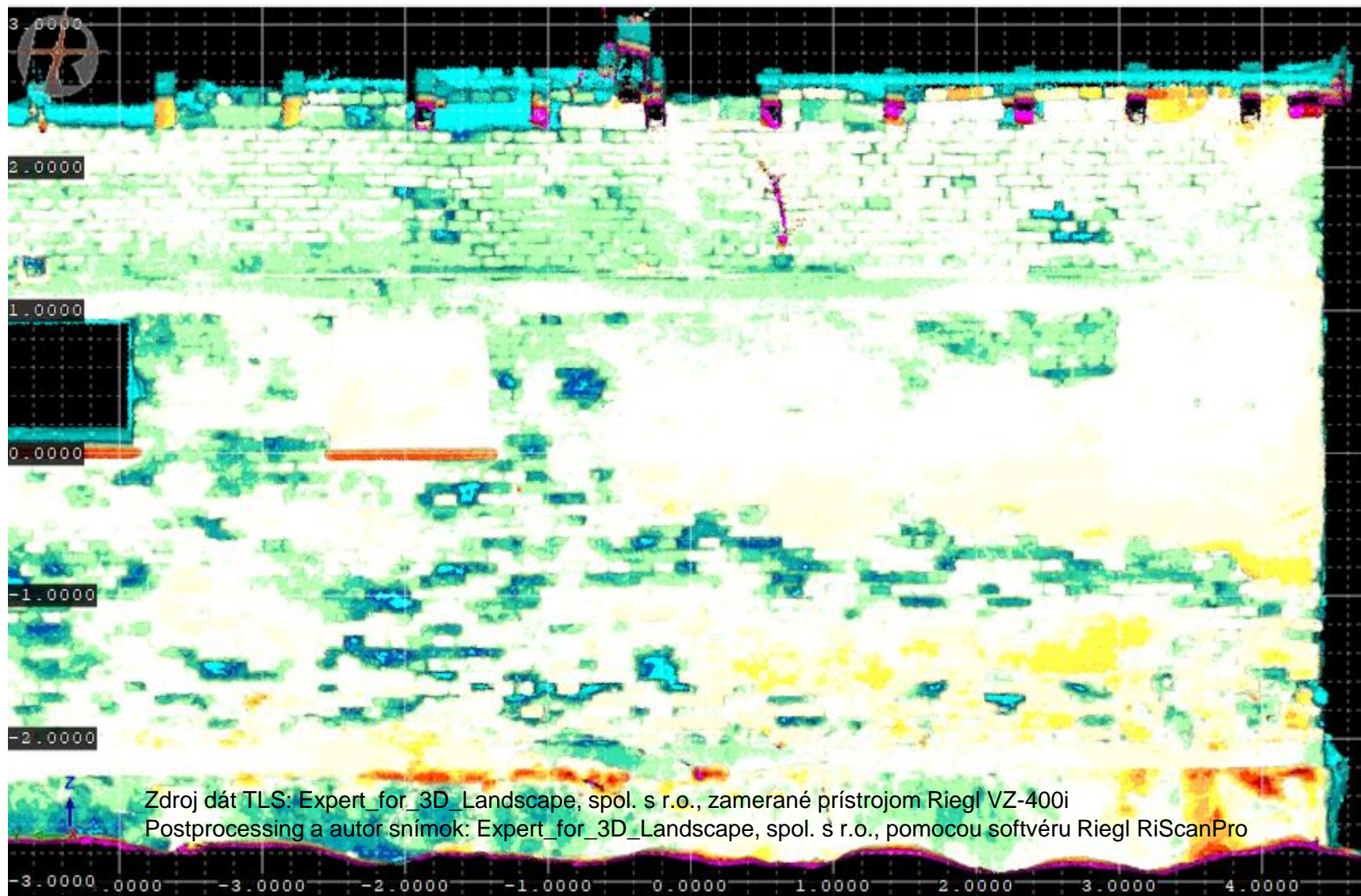
Riegl RiScanPro - sw na spracovanie TLS

- individuálne skúmanie ľubovoľných detailov – výškové rozdiely voči horizontálnej referenčnej rovine



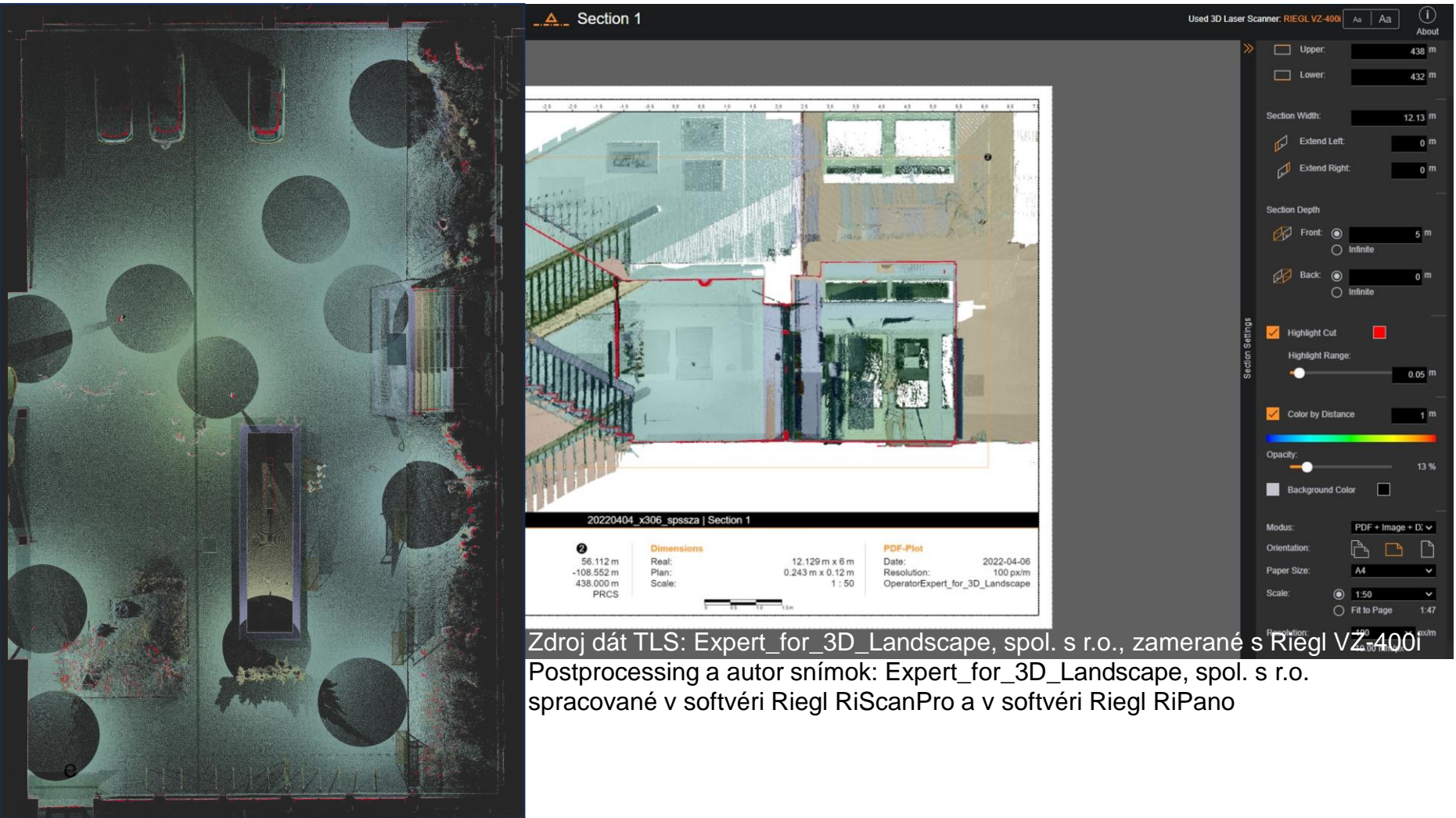
Riegl RiScanPro - sw na spracovanie TLS

- individuálne skúmanie ľubovoľných detailov – odsadenie od vertikálnej referenčnej roviny



Riegl RiPano - sw na spracovanie TLS

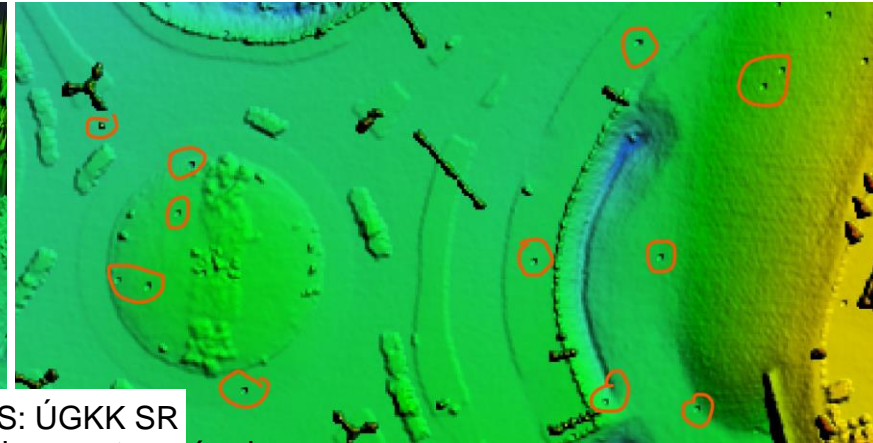
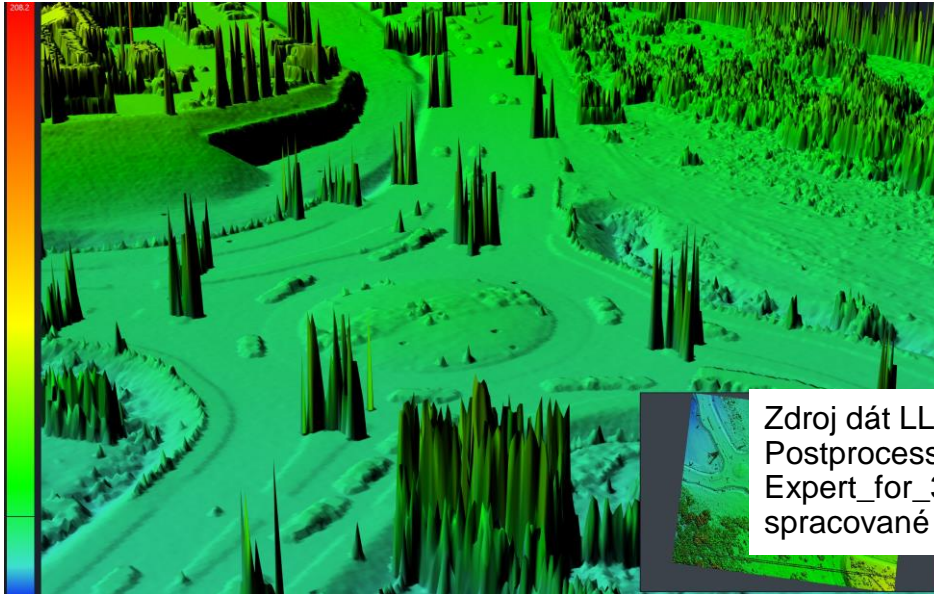
- umožňuje vytvárať rezy súčasným zadefinovaním prednej a zadnej sečnej roviny, vertikálnych limitov a **color by distance**



Zdroj dát TLS: Expert_for_3D_Landscape, spol. s r.o., zamerané s Riegl VZ-400i
Postprocessing a autor snímok: Expert_for_3D_Landscape, spol. s r.o.
spracované v softvéri Riegl RiScanPro a v softvéri Riegl RiPano

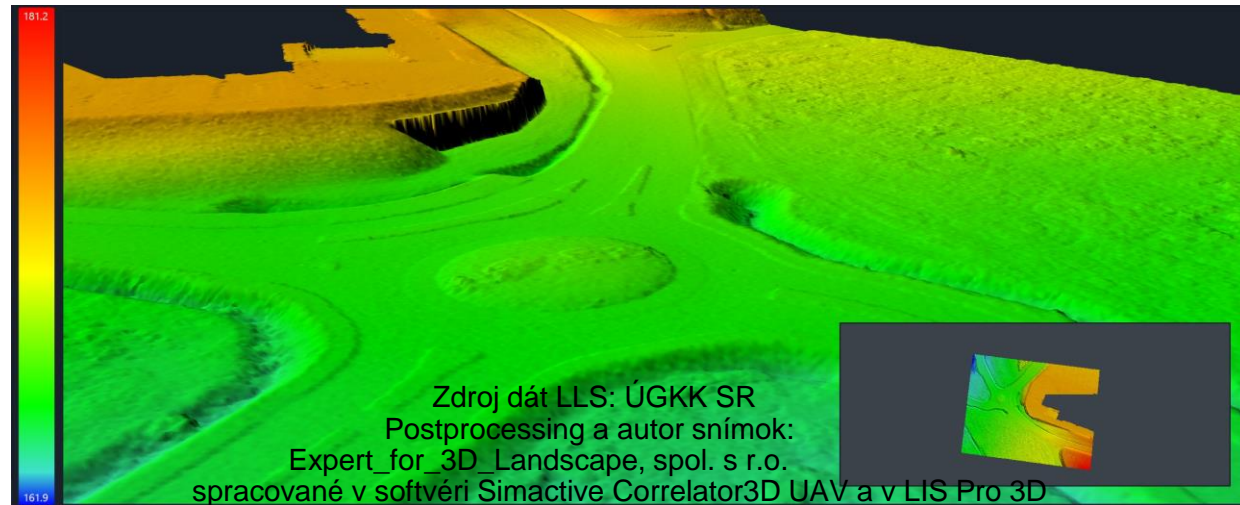
Simactive Correlator 3D UAV - sw využívajúci ALS, ULS, MLS aj TLS

- Import LAS, vytvorenie DSM, 3D aj 2D vizualizácia – štandardne pre všetky triedy naraz – viditeľné artefakty v 3D aj 2D view



Zdroj dát LLS: ÚGKK SR
Postprocessing a autor snímok:
Expert_for_3D_Landscape, spol. s r.o.
spracované v softvéri Simactive Correlator3D UAV

- Výsledok sa výrazne vylepší, ak importujeme len triedu Ground (tú získame za použitia softvéru Laserdata LIS Pro 3D)



Zdroj dát LLS: ÚGKK SR
Postprocessing a autor snímok:
Expert_for_3D_Landscape, spol. s r.o.
spracované v softvéri Simactive Correlator3D UAV a v LIS Pro 3D

Laserdata LIS Pro 3D - sw na spracovanie ALS, ULS, MLS aj TLS

- obsahuje funkcie LIS Info, Extract subset (len dané triedy), a iné

File Signature: LASF
Version: 1.4
Source ID: 8224
Global Encoding: 16
Project ID/GUID data 1-4: 00000000-0000-0000-0000-000000000000
System Identifier: 'PDAL'
Generating Software: 'PDAL 1.8.0 (Release)'
File Creation Day/Year: 52/2021
Header Size: 375
Offset to Point Data: 1255
Number Var. Length Records: 5
Point Data Format: 6
Point Data Record Length: 30
Number of Point Records: 0
Number of Points by Return: 0 0 0 0 0
Scale Factor X Y Z: 0.01 0.01 0.01
Offset X Y Z: -579478.000000 -1270876.000000 205.000000
Min X Y Z: -579784.920000 -1273491.930000 145.210000
Max X Y Z: -579463.120000 -1273222.040000 239.230000

Total Points: 1053166
Actual number of points by return is different from header (actual, header):
797990, 0
Actual number of points by return is different from header (actual, header):
129008, 0
Actual number of points by return is different from header (actual, header):
64223, 0
Actual number of points by return is different from header (actual, header):
34829, 0
Actual number of points by return is different from header (actual, header):
17428, 0

Point Inspection Summary

Header Point Count: 0
Actual Point Count: 1053166

Minimum and Maximum Attributes (min, max)

Min X Y Z: -579784.920000 -1273491.930000 145.210000
Max X Y Z: -579463.120000 -1273222.040000 239.230000
Bounding Box: -579784.92, -1273491.93, -579463.12, -1273222.04
Time: 147090.516587, 147097.898111
Return Number: 1, 7
Return Count: 1, 7
Flightline Edge: 0, 0
Intensity: 0, 65535
Scan Direction Flag: 1, 1
Scan Angle Rank: -15, 18
Classification: 1, 18
Point Source Id: 50, 50
Minimum Color: 0 0 0
Maximum Color: 0 0 0

Point Classifications

42525 Unclassified (1)
562699 Ground (2)
67431 Low Vegetation (3)
93544 Medium Vegetation (4)
159902 High Vegetation (5)
124966 Building (6)
836 Low Point (noise) (7)
1263 High Noise (18)

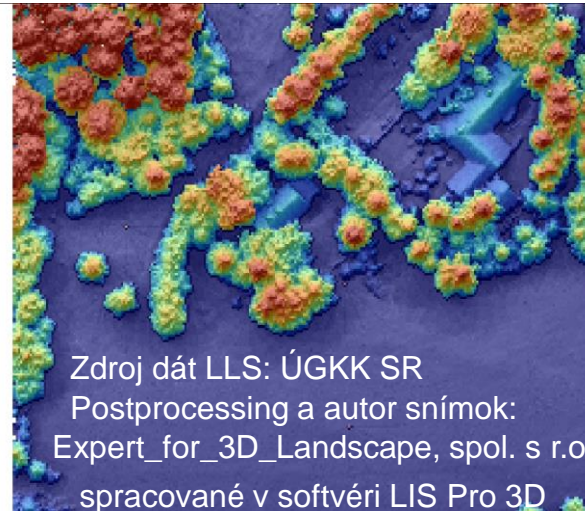
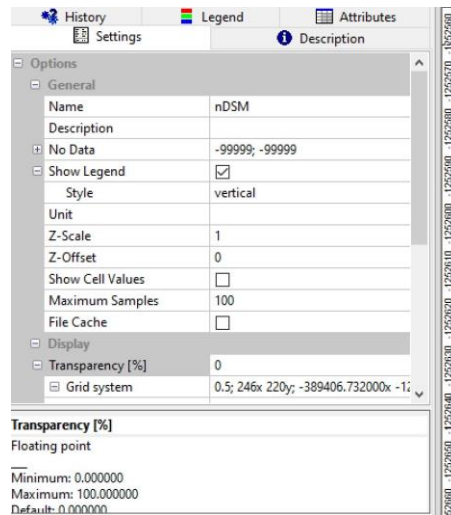
Tool execution succeeded

Number of Points by Return

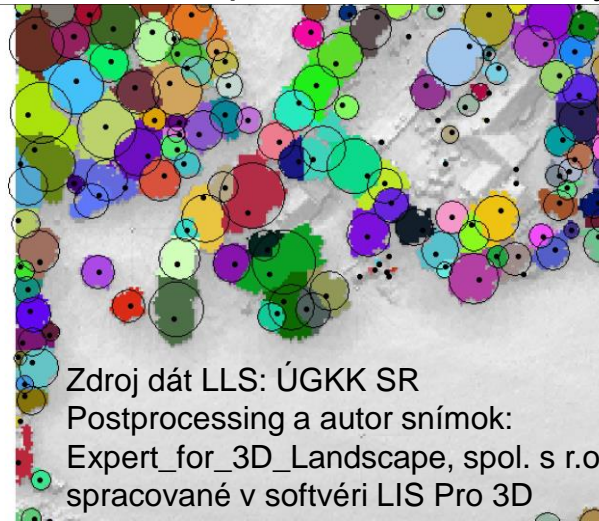
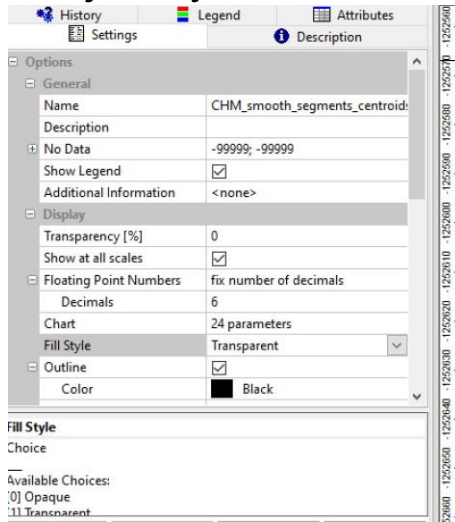
(1) 797990
(2) 129008
(3) 64223
(4) 34829
(5) 17428
(6) 7004
(7) 2684
(8) 0
Total Points: 1053166

Laserdata LIS Pro 3D - sw na spracovanie ALS, ULS, MLS aj TLS

- vieme ním vypočítať normalizovaný DSM ... na výšku objektov nad terénom



- po matematickej analýze mračien bodov vieme aplikovať rôzne formy segmentácie



Ďakujem za pozornosť. Viac na www.x3d.sk

 Expert_for_3D_Landscape, spol. s r.o. 20+ rokov skúseností v systémovej integrácii a automatizácii meracie a mapovacie multikamerové a multisenzorové systémy		www.x3d.sk					
laserové skenovanie  najvyšší počet stanovísk za hod., presná a rýchla automatizovaná kontrola šetrí milióny v investičnej výstavbe  MLS VMY-2  TLS VZ600i  VMX-RAIL  ULS, ALS		fotogrametria  žiadajte letecké snímky najvyššej kvality s AMC Adaptive Motion Compensation, nadir aj šikmé  UCO 4.1  UCE 4.1		Bentley[®] SW management, spracovanie a publikovanie dát  iTwin Capture		 Correlator3D Drone, Aerial, Satellite  LASERDATA 	