

Geodetická měření bezpilotními leteckými systémy při pozemkových úpravách



Ing. Milan Kocáb, MBA

Milan.Kocab@vugtk.cz

Ing. David Vilím

vilim@geoline.cz



ASOCIACE PODNIKATELŮ V GEOMATICE

APG je sdružení podnikatelů, působících v oboru geodézie, geoinformatiky a pozemkových úprav.

Slovo „geomatika“ v názvu asociace prezentuje otevřenost pro všechny podnikatele a zaměstnavatele, působící nejen v geodézii, ale také v dalších blízkých oborech, jako je katastr, pozemkové úpravy a GIS.

V ASOCIACI MÁME ČTYŘI PRACOVNÍ SKUPINY, ZABÝVAJÍCÍ SE NEJDŮLEŽITĚJŠÍMI OBLASTMI ZÁJMŮ.

Za činnost každé pracovní skupiny zodpovídá člen představenstva, který je specialistou na danou problematiku.

- Vnější vztahy, vzdělávání, propagace
- Geografické informační systémy
- Inženýrská geodézie
- Katastr nemovitostí, pozemkové úpravy

SPOLUPRACUJEME



SFDP



JSME ČLENY



APG | asociace
podnikatelů
v geomatice

<http://apgeo.cz/>



Program **Epsilon**



V rámci řešení výzkumného úkolu VÚGTK, v.v.i., řešeného ve spolupráci s firmou Geoline, spol.s r. o. za finanční podpory Technologické agentury ČR byl v roce 2017 řešen projekt s názvem:

„Výzkum uplatnění a začlenění prostředků UAS do zpracování komplexních pozemkových úprav a udržitelného rozvoje krajiny“.

Hlavním úkolem bylo ověření polohové a výškové přesnosti ortofota vytvořeného bezpilotním leteckým systémem UAS (Unmanned Aerial Systems) nazývaným běžně i v geodetické praxi „dron“. pro činnosti prováděných při KoPÚ



Výsledky projektu:

- ◆ **Metodika** určení prostorových objektů pro komplexní pozemkové úpravy s využitím systému bezpilotních prostředků (UAS), Nmet - certifikovaná metodika
T:12/2017
- ◆ **Technologie** vyhotovení mapy skutečného stavu lokality pozemkové úpravy na základě měření UAS, Ztech - ověřená technologie T:12/2018
- ◆ **Technologie** měření obvodu pozemkové úpravy a vyhotovení geometrického plánu metodou UAS, Ztech - ověřená technologie T:12/2019
- ◆ **Technologie** zpracování modelu terénu lokality pozemkové úpravy metodou UAS, Ztech - ověřená technologie T:12/2020 - 07/2021 Implementace

- ◆ Volba území pro testování dat



Obrázek 1: Výškové poměry lokality

Podmínky létání s UAS

- ◆ Zákonu č.49/1997 Sb., o civilním letectví, od roku 2012 s „Doplněk X“, který nově zavedl pojem "bezpilotní letadlo„
- ◆ Kategorie komerčních bezpilotních leteckých prostředků řídí Úřad pro civilní letectví ČR (ÚCL)
- ◆ Pro mapování se používají převážně UAS z kategorií v rozmezí od 0,91 kg do 7kg, t.zv „křídla“.
- ◆ Úřad vydá po zkouškách konečné **Povolení k létání bez pilota** a následně je potřeba získat povolení k **Provozování leteckých prací**
- ◆ Organizace vytvoří provozní příručky UAS pro letecké práce
- ◆ Výška letu UAS musí být ve výšce maximálně 300 m a let pouze za předpokladu přímé viditelnosti (VLOS) po celou dobu letu
- ◆ V prostorách pro lety UAS ve třídě G lze létat bez povolení, pokud tam nejsou nějaké vyhrazené prostory.
- ◆ Intravilány obce nebo města lze létat pouze na základě výjimky udělené ÚCL pro konkrétní případ na určitý čas.
- ◆ Při vyhlášení KoPÚ je vhodné informovat vlastníky pozemků o metodě, kterou se bude provádět mapování.

MAPOVÁNÍ „DRONY“

Mapování bylo rozděleno do dvou nezávislých etap měření.

První měření bylo provedeno systémem Trimble UX5 HP dne 12. června 2017, tedy na konci jara.

Druhé měření bylo na stejné lokalitě provedeno 23. 11. 2017 s jiným systémem MAVinci Sirius s cílem vytvořit a následně vyhodnotit naprosto odlišné podmínky při měření a i rozdílné systémy vyhodnocení naměřených dat.

První měření systémem Trimble UX5



**Měření provedla společnost GEOTRONICS Praha, s.r.o.,
systémem určeným převážně pro velkoměřítkové mapování**

Trimble UX5 HP

Dron je vybaven

- ✓ **Přijímačem Trimble GNSS** (Global Navigation Satellite System – includes all satellite constellations, United States GPS, Russian GLONASS, Chinese Beidou, Japanese QZSS, Indian IRNSS) s PPK (Post Processed Kinematic)
- ✓ **Kamerou** s vysokým rozlišením,
- ✓ **Možností** vytvářet ortofoto snímky a DMT s počtem až 1000 bodů na metr čtverečný a
- ✓ **Následného „postprocessingu“** s Trimble Inpho UASMaster“.







Kontroler Trimble Tablet Rugged PC

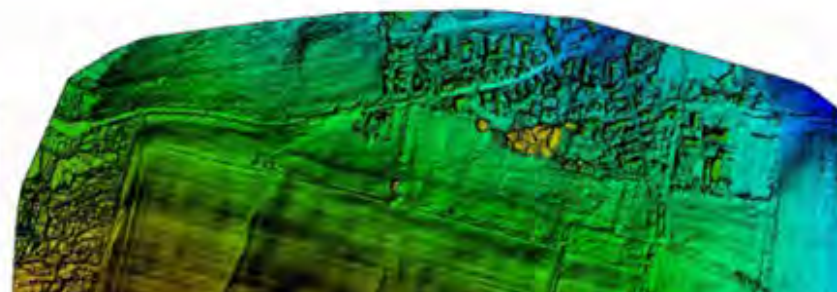
Project	RTK
Processed	
Camera Model Name(s)	S.O.D.A._10.6_5472x3648 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	2.39 cm / 0.94 in
Area Covered	1.904 km ² / 190.4347 ha / 0.74 sq. mi. / 470.8179 acres
Time for Initial Processing (without report)	01h:51m:54s

Quality Check



Images	median of 73158 keypoints per image	
Dataset	1606 out of 1609 images calibrated (99%), all images enabled	
Camera Optimization	0.07% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	
Matching	median of 11608.1 matches per calibrated image	
Georeferencing	yes, no 3D GCP	

Preview



Druhé měření

- ◆ Druhé měření polohopisu a výškopisu pro potřeby komplexní pozemkové úpravy se konalo **na podzim** na stejné lokalitě, ale za jiných podmínek.
- ◆ Počasí bylo příznivější pro fotogrammetrické měření systémem UAS, povrch lokality byl bez listí a viditelnost na rostlý terén byla dokonalá.
- ◆ Také letecké prostředky byly odlišné, druhé měření prováděla firma UpVision s.r.o., systémem MAVINCI



Řídící a kontrolní jednotka







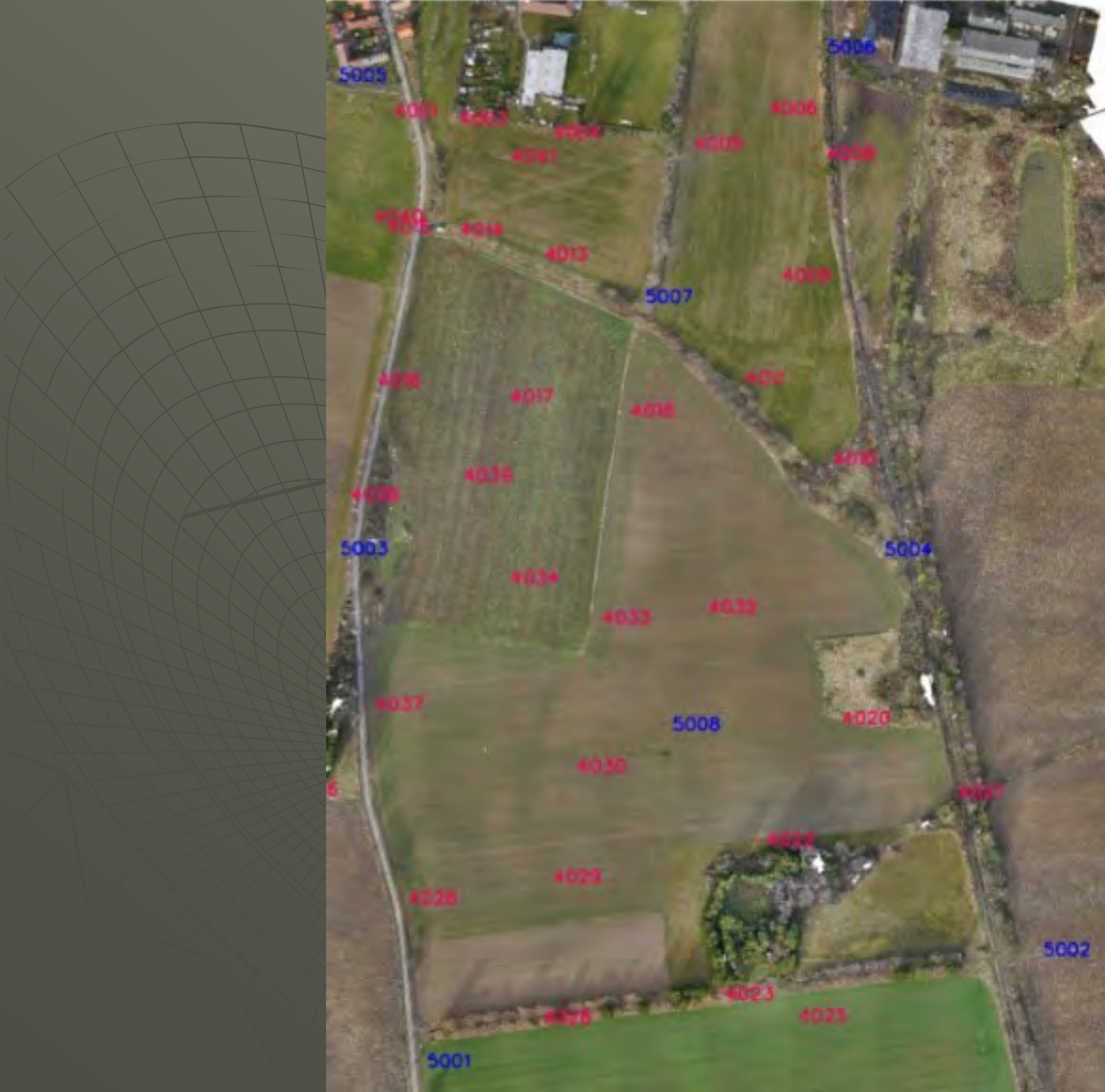




Signalizace



Obrázek: Signalizace terči 9x9x cm



Závěr výpočtu prostorové přesnosti z obou misí (jaro-podzim)

seznam souřadnic	počet poloh.	bodů výšk.	$\sigma_{XY,dron}$ [mm]	$\sigma_{Z,dron}$ [mm]
1. etapa jednosměrně	108	66	61 ± 6.1	249 ± 45.3
1. etapa obousměrně	111	65	56 ± 5.6	135 ± 24.9
2. etapa jednosměrně	77	55	38 ± 4.8	125 ± 25.8

Odhad přesnosti souřadnic bodů 3D modelu lokality nasnímané dronem

Tvorba ortofota a vektorizace

- ◆ **SW pro zpracování snímků**, tvorbu ortofota a mračna bodů je např. Agisoft PhotoScan, Pix4D, CapturingReality nebo Autodesk 123CATCH (cloudové řešení) a další. Pro kalibraci digitálního fotoaparátu lze využít SW Agisoft Lens.
- ◆ V SW **se nejprve vyrovnají snímky** – na každém snímku jsou nalezeny identické body – tzn. významné a dobře identifikovatelné hrany a oblasti na fotkách.
- ◆ Když se ten daný bod najde na více fotkách, tak současná technologie automatického digitálního zpracování fotogrammetrických snímků **využívá principu obrazové korelace** dvou souborů na základě vyhledání sobě odpovídajících pixelů. Takto se postupně umístí všechny snímky do jednoho modelu z kterého je SW schopen vytvořit následně mračno bodů.
- ◆ **Vektorizací ortofota** v grafickém počítačovém systému (např. MicroStation, Kokeš, AutoCAD apod.) se vytvoří 2D polohopisný a výškopisný soubor. Z mračna bodů se odečtou výšky případně hrany pro výškopis.

Vektorizace ortofota



Kraj: Vysočina

Okres: Pelhřimov

Obec: Obrataň

Kat. území: Obrataň

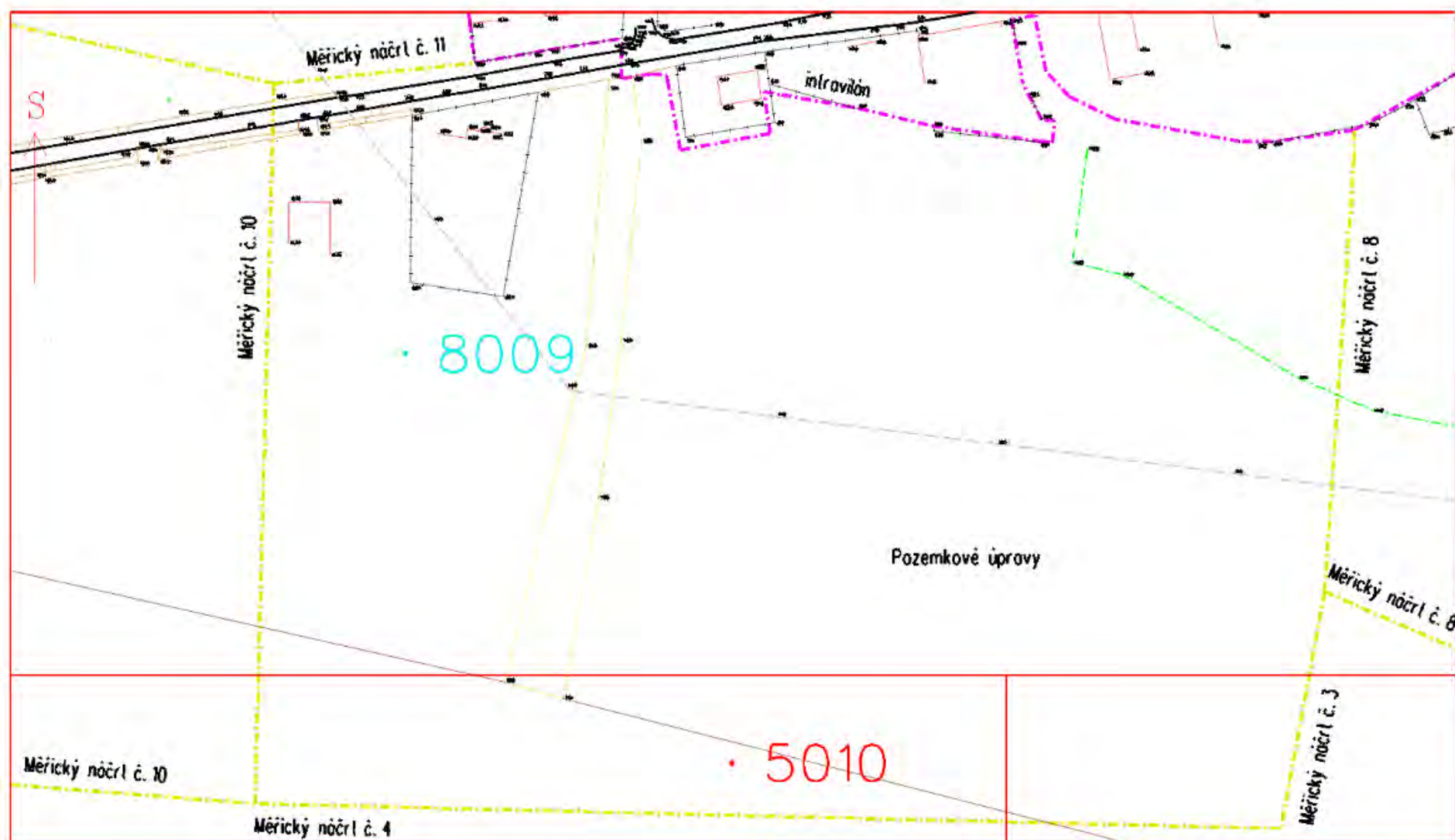
Paužita čísla náčrtů (MPN): 1 - 10

Celkový počet náčrtů (MPN): 10

PŘEHLED MĚŘICKÝCH NÁČRTŮ



9 Obrataň



1 : 1000

Zápisník podrobného měření č.: 9

Poslední číslo podrobného bodu: 1715

Porovnával mapu: Ing. David Váň

Vyhotovil od: 1.5.2019 do: 15.11.2019



Hranice druhů pozemků





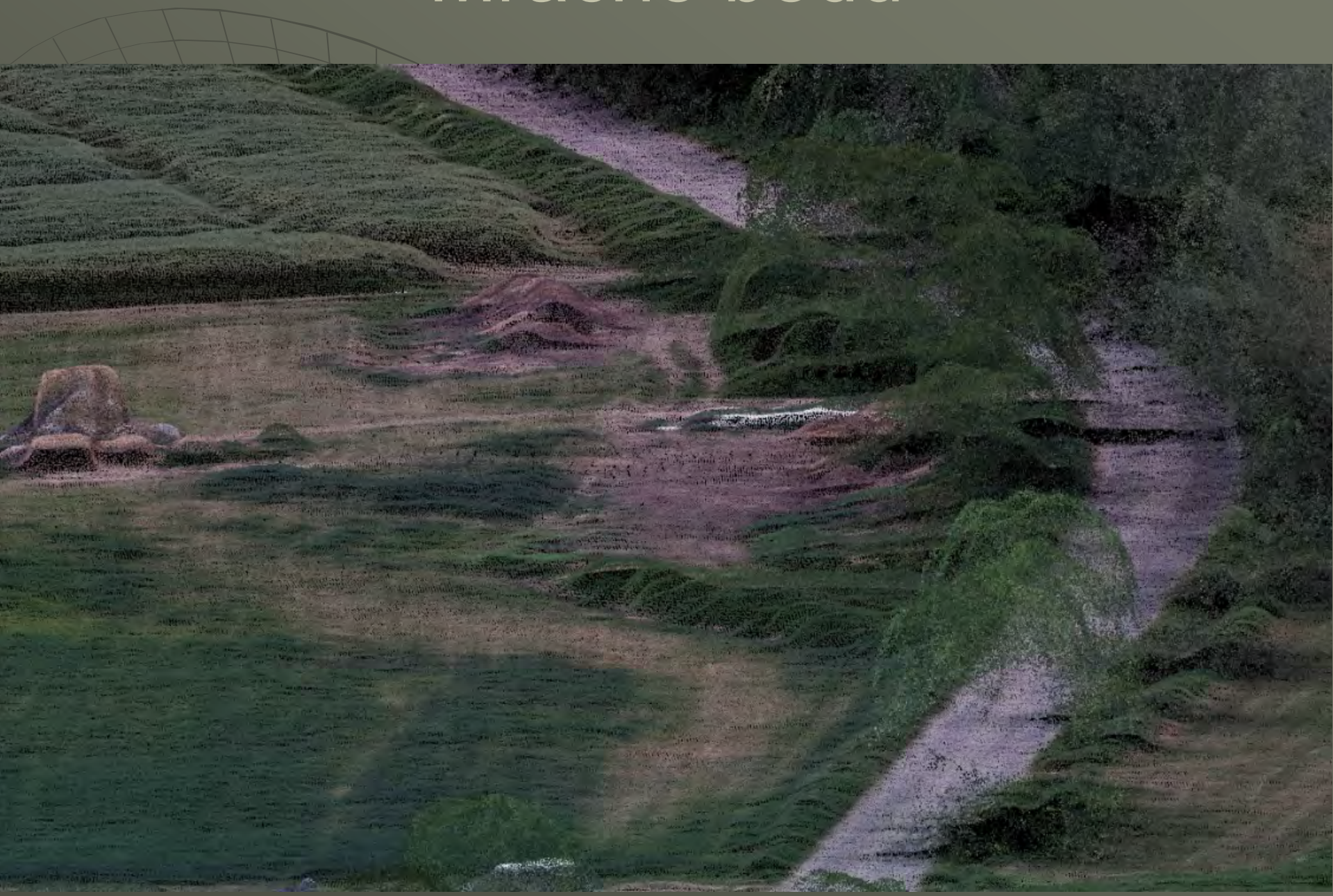




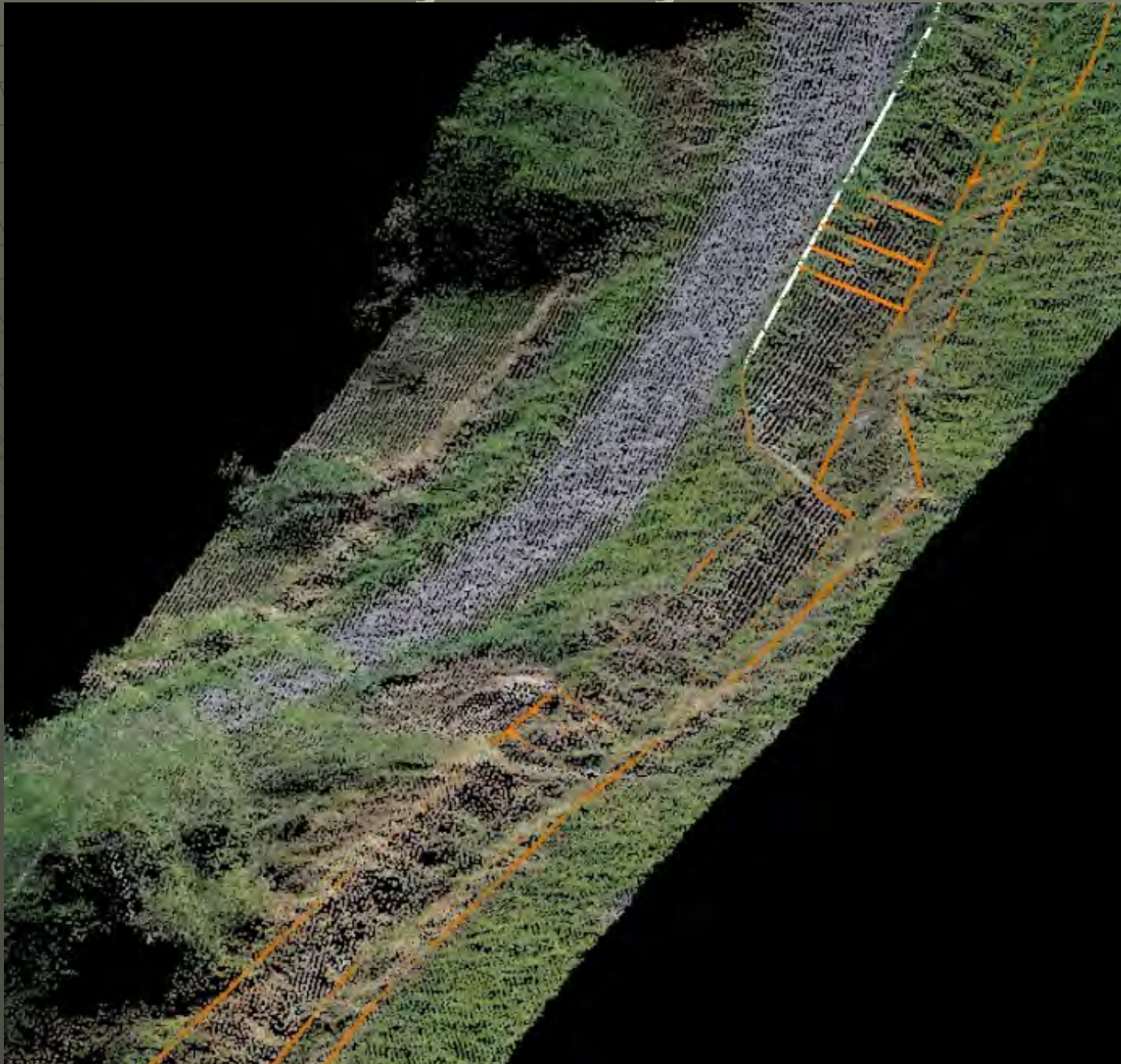
Mračno bodů



Mračno bodů



Určování výškových rozhraní



Zeměměřické činnosti při pozemkových úpravách s využitím UAS

- ◆ Revize bodového pole a doplnění podrobného polohového bodového
- ◆ Podrobné měření polohopisu (výškopisu) – doměření částí, které nelze vyhodnotit z ortofota
- ◆ Zjišťování a zaměření hranic ObPÚ nutných pro zpracování GP pro určení hranic pozemků na ObPÚ
- ◆ Zjišťování hranic pozemků neřešených v KoPÚ
- ◆ Zaměření detailu pro Plán společných zařízení (PSZ)
- ◆ Vyhotovení podkladů pro obnovu katastrálního operátu
- ◆ Vytyčení nového uspořádání pozemků
- ◆ Vyrovnání a změna katastrální hranice
- ◆ Vytyčení podle potřeby hranice územně plánovacích podkladů (ÚPP) a územně plánovací dokumentace

Výsledky ověří úředně oprávněný zeměměřický inženýr

Hlavní výhody využitím UAS při pozemkových úpravách

- ◆ Rychlé vytvoření aktuálního ortofota a DMT, jako podkladu pro vyhotovení mapy pro PÚ v měřítku 1 : 1000 nebo 1 : 2000
- ◆ Možnost nasazení a měření v málo přístupných místech, kde jsou schopny zajistit měření s dostatečnou prostorovou přesností
- ◆ Doba měření je krátká v porovnání s klasickými geodetickými metodami
- ◆ Jednoduché ovládání
- ◆ Cenová dostupnost
- ◆ Náklady na provoz jsou relativně nízké
- ◆ Možnost využít data pro kontrolu DTR a pro kontrolu realizací staveb
- ◆ Využití pro jednání s vlastníky, přehlednost, DMT.

Hlavní nevýhody UAS při pozemkových úpravách

- ◆ Hlavním limitem je vegetace. Vegetace obecně stále zůstává problémem fotogrammetrických metod a z tohoto pohledu je vhodné provádět měření od podzimu do jara, pokud není sněhová pokrývka
- ◆ Počasí je jedním z limitujících faktorů při provádění měření. Není možno měřit při bouřce, dešti, krupobití, sněžení, silném dešti, mlze a dalších extrémních podmínkách. Vhodnější je provádět mapování, pokud je slunce za mrakem z důvodu stínů
- ◆ Obtížně se touto metodou vyhodnocují lesní prostory
- ◆ V intralvilánu je potřeba brát ohledy na přesahy střech. Proto zpracování těchto míst je uživatelsky a časově náročnější
- ◆ Potřeba pořízení výkonnějších počítačů a vzniká větší objem dat a specializovaný SW na zpracování dat



Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v. v. i.
Kalibrační laboratoř



Kalibrační list č.: VÚGTK/12345/2017

VZOR KALIBRAČNÍHO LISTU

Datum vystavení: 30.11.2017

Stránka 1 z 2

Zadavatel:	GEOLINE, spol. s r.o., V planinách 163/3, 109 00 Praha 10
Datum přijetí měřidla:	28.11.2017
Měřidlo:	Pracovní měřidlo nestanovené, skenovací systém
Výrobní číslo:	LL5071405826
Použitý etalon:	Souřadnicový měřicí stroj (CMM) Leica Absolute Tracker AT-401 (Leica AT-401), KL č. VÚGTK/41706/2017 Teploměr, KL č. 2691F-16 Barometr, KL č. 1033-KL-D0065-16
Předpisy:	Kalibrační postup č. 12/2012 Kalibrace pomocí souřadnicového měřicího stroje EA-04/02 M: 2013 Metodika vyjadřování nejistot měření při kalibracích
Podmínky pro kalibraci:	Teplota 20,0°C ± 0,5°C, tlak 970 hPa
Místo kalibrace:	Kalibrační laboratoř, Ústecká 98, Zdíby

Závěr

- ◆ Výsledkem KoPÚ je nová digitální katastrální mapa extravilánu obce ve třídě kvality 3.
- ◆ Měření prostředky UAS se ukázalo jako velmi efektivní a spolehlivé a téměř okamžitě může reagovat na změny v terénu
- ◆ Použití UAS s RTK, se ušetří čas na určení výchozích bodů
- ◆ UAS splňuje požadovanou přesnost pro mapování v katastru nemovitostí a řídí se předpisy, které jsou vyžadovány pro podrobné měření polohopisu (výškopisu) pro KoPÚ.
- ◆ Mapování ověřovat systematicky na kontrolních bodech (asi 1 bod na 10 ha) podle konfigurace území.



Děkuji za pozornost

milan.kocab@vugtk.cz
vilim@geoline.cz