



# Porovnání 3D laserového skenování s leteckým a pozemním snímkováním



**Trimble**

**Nikola Němcová  
Jan Daňhelovský**

**GEOTRONICS Praha s.r.o.**

# Jaké byly cíle projektu?

- Vhodnost použití jednotlivých technologií s ohledem na dosažené výsledky
- Kombinace výsledků v jeden celek
- Vyhodnocení přesnosti a vzájemné návaznosti
- Porovnání ekonomické výhodnosti



# Projekt - Dvůr Žabovřesky

- Tři budovy
- Technické plochy
- Velikost 130m x 130m



# Přístrojové vybavení

- Trimble UX5
  - letecké snímání
- Trimble TX5
  - 3D laserové skenování
- Trimble V10
  - pozemní snímání
- Trimble S6 VISION Robotic
- Trimble R10 GNSS Rover

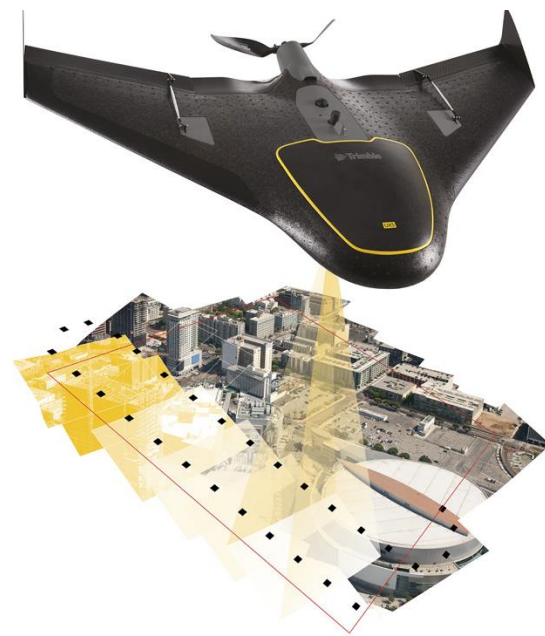


# Trimble UX5



# Trimble UX5 - letecké snímkování

- Automatické nasnímání zájmové lokality
- Pokrytí až 19 km<sup>2</sup>/1 let
- Vysoké rozlišení až 2.4 cm/pixel
- Výška letu 75 – 750 m
- Nezávislost na počasí
- Mobilita a rychlé nasazení
- Snadná obsluha

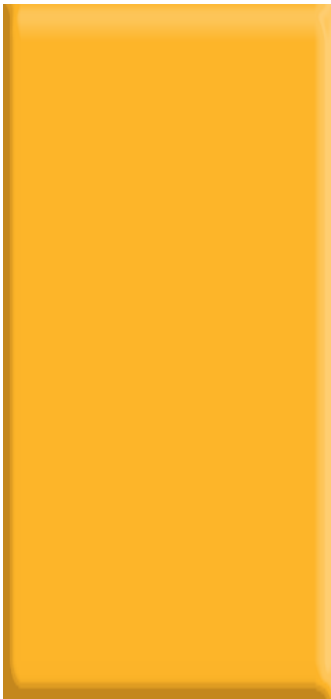


# Trimble UX5 - systém





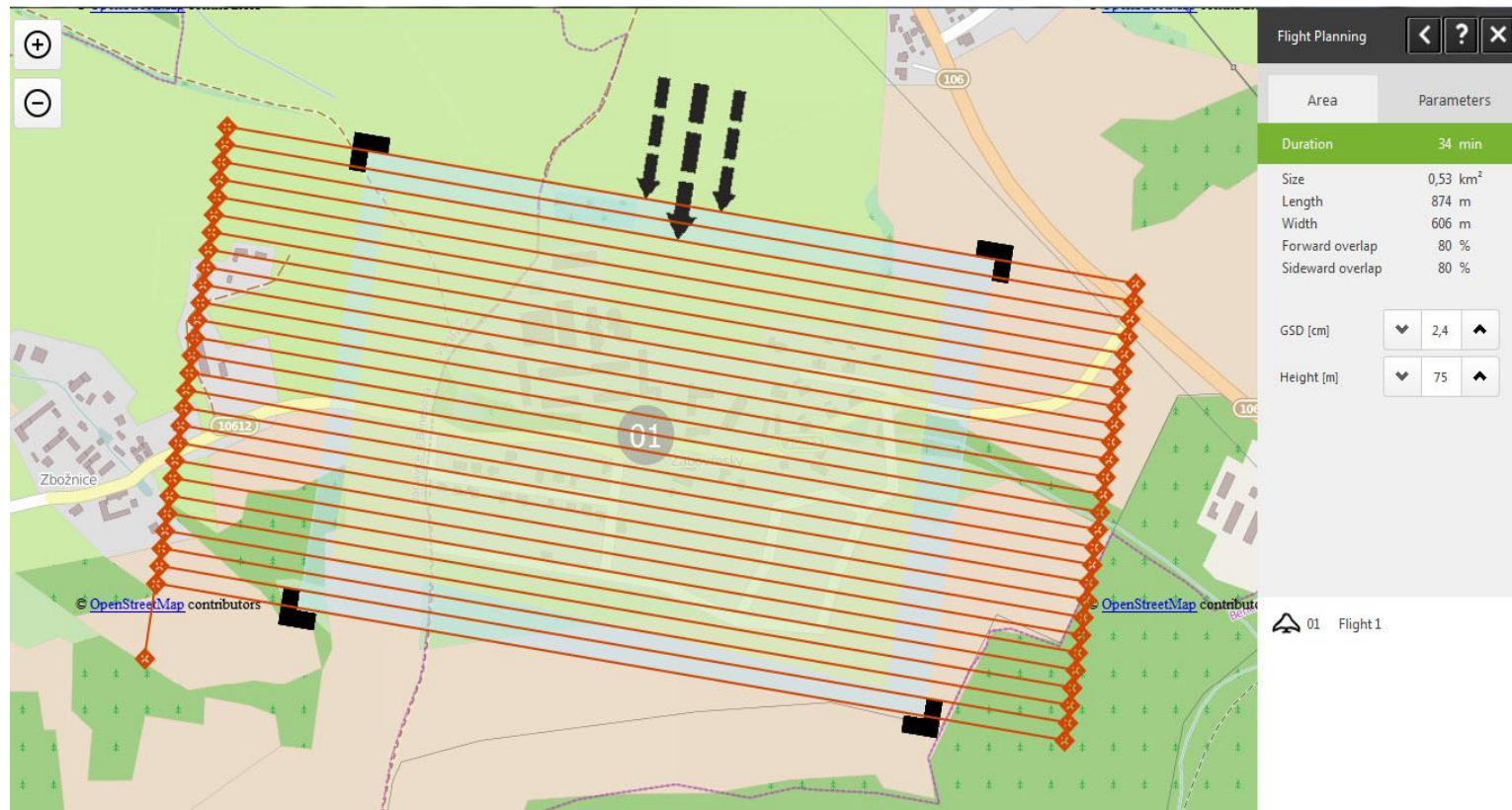
# Pracovní postup v Žabovřeskách

- 
- Příprava projektu v Trimble Access Aerial Imaging Module
  - Rekognoskace terénu a rozmístění vlíčovacích bodů
  - Vlastní nasnímkování (let/lety ) zájmové lokality
  - Přenos dat do PC a zpracování



# Pracovní postup v Žabovřeskách

- Příprava projektu v Trimble Access Aerial Imaging Module



# Pracovní postup v Žabovřeskách

- Rekognoskace terénu a rozmístění vlíčovacích bodů
  - ✓ Kontrola aktuálního stavu počasí
  - ✓ Kontrola výškových poměrů lokality
  - ✓ Určení místa startu a přistání
  - ✓ Vytyčení a zaměření vlíčovacích bodů



# Pracovní postup v Žabovřeskách

- Vlastní nasnímkování (let/lety ) zájmové lokality
  - ✓ Krok po kroku v Trimble Access Aerial Imaging Module
  - ✓ Automatický start – let – přistání



# Pracovní postup v Žabovřeskách

- Přenos dat do PC a zpracování
  - ✓ Log soubor z letadla
  - ✓ Fotografie z kamery
  - ✓ Souřadnice vlíčovacích bodů z Trimble R10

Automatický proces zpracování v softwaru

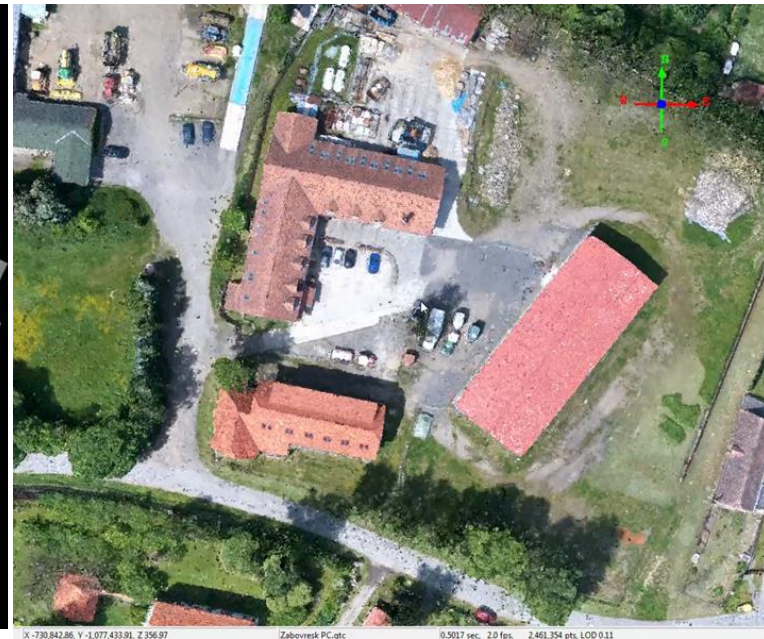


**Trimble Business Center**

Aerial Photogrammetry module

# Výsledky

- Ortofoto
- Mračno bodů – 324 mil.





# Výsledky – rychlost x přesnost

- Nasnímaná plocha 874 x 606 m = 0,53 km<sup>2</sup>
- Výška letu 75 m
- Rozlišení 2.5 cm/pixel

| Letecké Snímkování           | Čas                  |
|------------------------------|----------------------|
| Příprava/rekognoskace terénu | 1 hod                |
| Letecké snímkování           | 34 min               |
| Zpracování dat               | 20 hod 12 min        |
| <b>Celkem</b>                | <b>21 hod 56 min</b> |

- 
- Dosažené přesnosti
    - přesnost transformace na vlíčovací body 2.8 cm
    - určení vlíčovacích bodů GNSS Trimble R10

# Výsledky – ověření přesnosti



# Výsledky - ověření přesnosti

## Porovnání UX5 a GNSS

| Kontrolní body UX5 |           |            |        | Kontrolní body GNSS |           |            |        | Porovnání      |                |                |
|--------------------|-----------|------------|--------|---------------------|-----------|------------|--------|----------------|----------------|----------------|
| ČB                 | Y [m]     | X [m]      | H [m]  | ČB                  | Y [m]     | X [m]      | H [m]  | $\Delta Y$ [m] | $\Delta X$ [m] | $\Delta H$ [m] |
| 1                  | 730851.56 | 1077438.47 | 356.76 | 1                   | 730851.59 | 1077438.46 | 356.82 | 0.03           | 0.01           | 0.06           |
| 2                  | 730851.44 | 1077436.93 | 356.89 | 2                   | 730851.47 | 1077436.90 | 356.87 | 0.03           | 0.03           | 0.02           |
| 3                  | 730848.86 | 1077430.28 | 357.10 | 3                   | 730848.85 | 1077430.30 | 357.04 | 0.01           | 0.02           | 0.06           |
| 4                  | 730834.34 | 1077382.83 | 358.44 | 4                   | 730834.30 | 1077382.80 | 358.46 | 0.04           | 0.03           | 0.02           |
| 5                  | 730829.71 | 1077385.58 | 358.49 | 5                   | 730829.72 | 1077385.58 | 358.54 | 0.01           | 0              | 0.05           |
| 6                  | 730875.04 | 1077390.93 | 359.57 | 6                   | 730875.08 | 1077390.92 | 359.53 | 0.04           | 0.01           | 0.04           |
| 7                  | 730876.27 | 1077440.54 | 357.10 | 7                   | 730876.31 | 1077440.56 | 357.05 | 0.04           | 0.02           | 0.05           |
| 8                  | 730859.57 | 1077421.94 | 358.19 | 8                   | 730859.58 | 1077421.98 | 358.22 | 0.01           | 0.04           | 0.03           |
| 9                  | 730856.12 | 1077422.57 | 358.20 | 9                   | 730856.17 | 1077422.61 | 358.22 | 0.05           | 0.04           | 0.02           |
| 10                 | 730851.14 | 1077423.19 | 358.41 | 10                  | 730851.16 | 1077423.17 | 358.38 | 0.02           | 0.02           | 0.03           |
| 11                 | 730831.94 | 1077420.70 | 357.09 | 11                  | 730831.89 | 1077420.72 | 357.03 | 0.05           | 0.02           | 0.06           |
| 12                 | 730807.59 | 1077418.68 | 356.20 | 12                  | 730807.58 | 1077418.64 | 356.17 | 0.01           | 0.04           | 0.03           |
| 13                 | 730806.67 | 1077418.22 | 356.13 | 13                  | 730806.66 | 1077418.22 | 356.09 | 0.01           | 0              | 0.04           |
| 14                 | 730851.42 | 1077435.77 | 356.92 | 14                  | 730851.36 | 1077435.73 | 356.97 | 0.06           | 0.04           | 0.05           |
| 15                 | 730854.18 | 1077436.37 | 356.98 | 15                  | 730854.21 | 1077436.36 | 356.96 | 0.03           | 0.01           | 0.02           |
| 16                 | 730857.62 | 1077437.12 | 356.88 | 16                  | 730857.60 | 1077437.15 | 356.91 | 0.02           | 0.03           | 0.03           |

# Výsledky - ověření přesnosti

## Porovnání UX5 a GNSS

- V 60% rozdíl menší než 3 cm
- V 90% rozdíl menší než 5 cm
- Průměrná hodnota 2.98 cm



# Trimble TX5

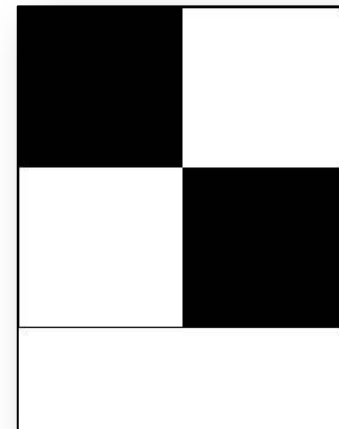


# Trimble TX5 - 3D laserové skenování

- Malý, lehký, kompaktní skener
- Integrovaný fotoaparát
- Uživatelsky přívětivý ovládací software
- Laserová technologie
  - Fázová
  - 976 000 bodů za sekundu
- Rozsah
  - od 0.6 m do 120 m
  - 300° vertikálně, 360° horizontálně
- Přesnost
  - 1-2 mm směrodatná odchylka



# Trimble TX5 - systém



# Pracovní postup v Žabovřeskách

- Rekognoskace terénu
  - Rozmístění vlíčovacích bodů
  - Volba stanovisek
- Zaměření terčů totální stanicí
- Zvolení parametrů skenů
- Skenování
- Přenos dat do PC



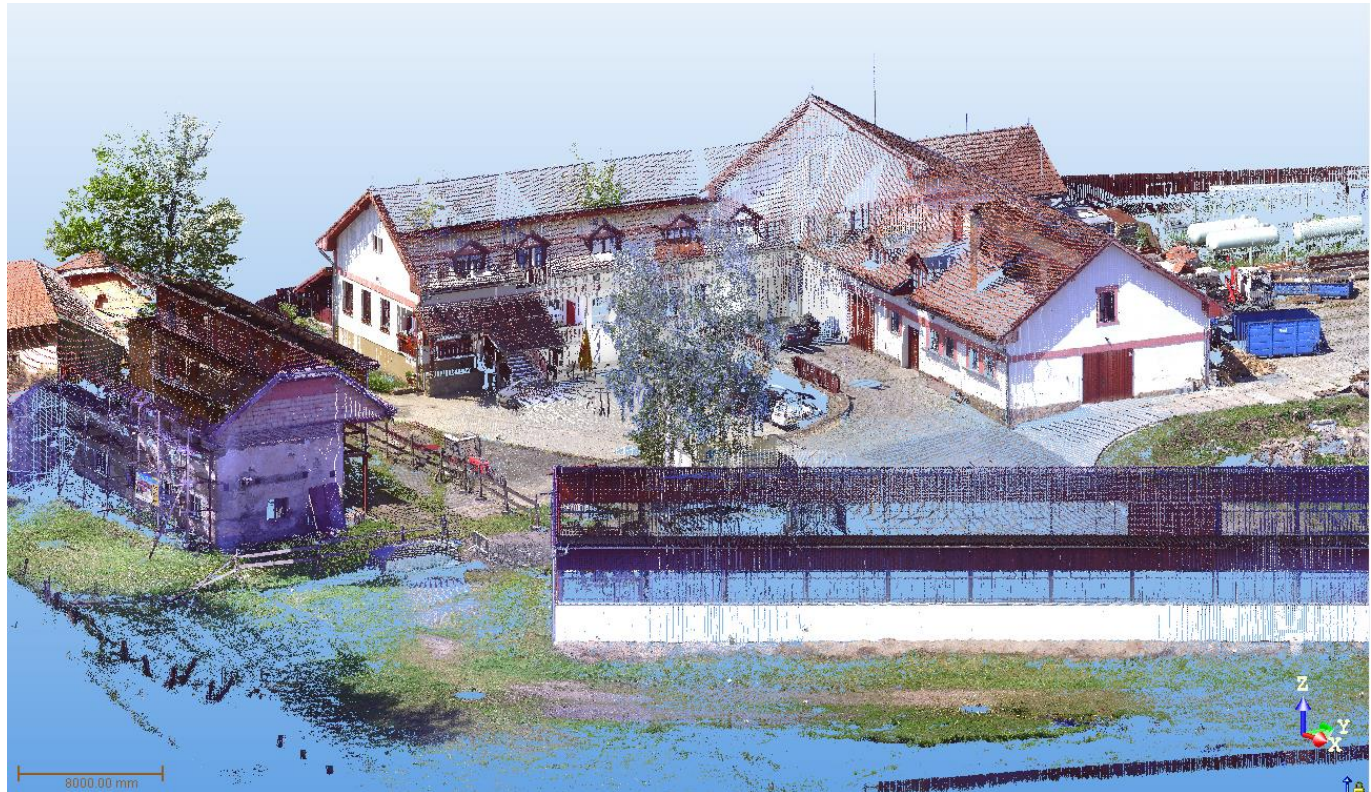
# Pracovní postup v Žabovřeskách

- Software Trimble RealWorks
- Nahrání dat
- Registrace stanovisek
- Vyčištění mračna bodů
  - Zředění
  - Ořezání
- Analýza dat
  - Profily, řezy
- Export volitelných výstupů



# Výsledky

- Mračno bodů – 54.5 mil.

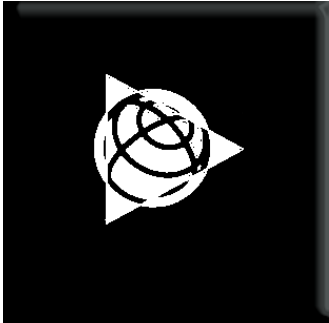




# Výsledky - rychlost x přesnost

- Velikost území 130m x 130 m = 0.017 km<sup>2</sup>
- 24 stanovisek

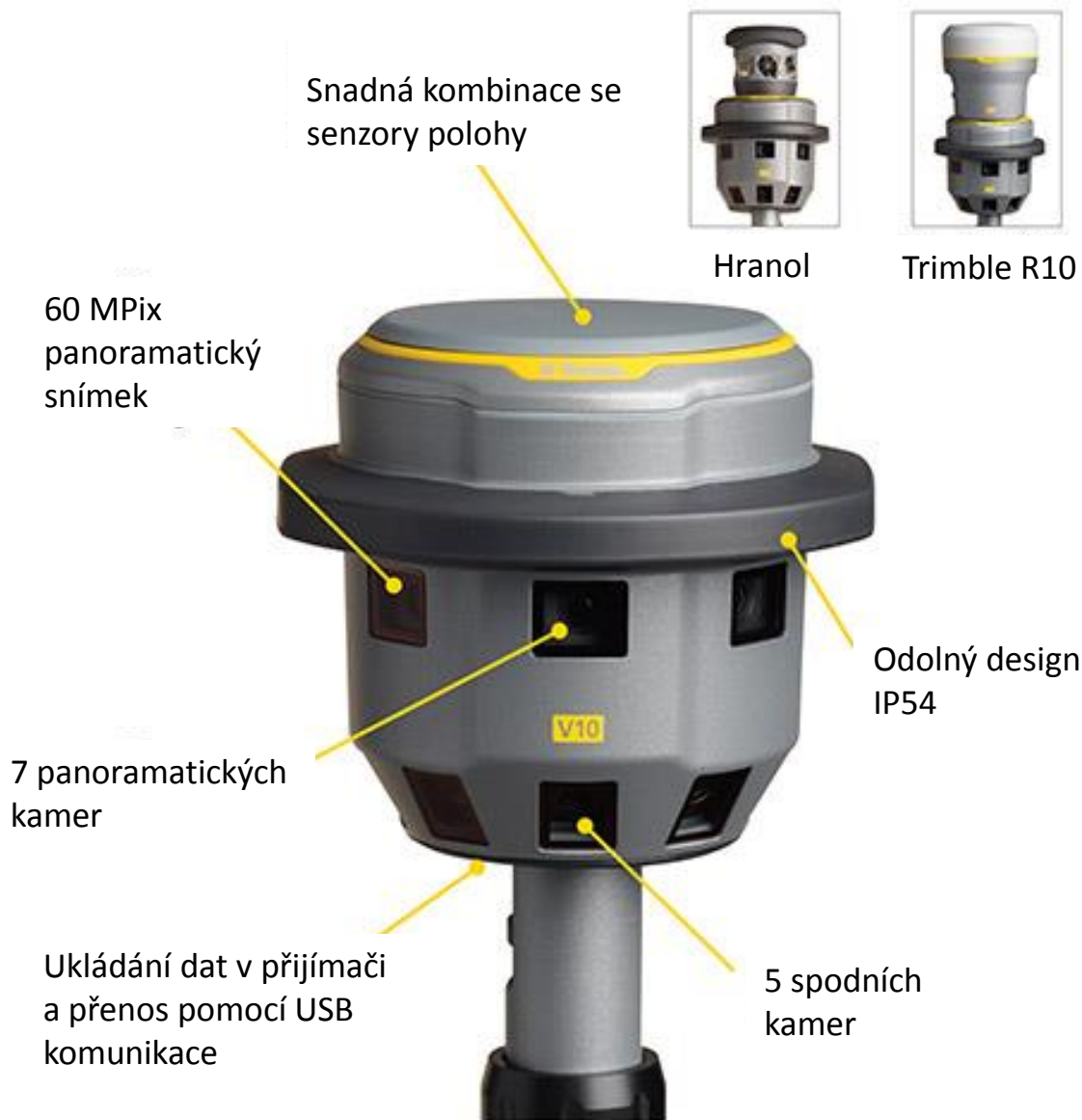
| 3D Laserové Skenování        | Čas                 |
|------------------------------|---------------------|
| Příprava/rekognoskace terénu | 30 min              |
| Jedno skenované stanovisko   | 9 min               |
| 3D laserové skenování celkem | 6 hod               |
| Zpracování dat               | 1 hod 22 min        |
| <b>Celkem</b>                | <b>7 hod 52 min</b> |

- Dosažené přesnosti
    - rozpoznání terčů – 1.3 mm
    - propojení stanovisek – 3.9 mm
    - přesnost transformace do souř.systému – 4.6 mm
    - určení vlíčovacích bodů TS Trimble S6
- 

# Trimble V10



# Trimble V10 - pozemní snímkování

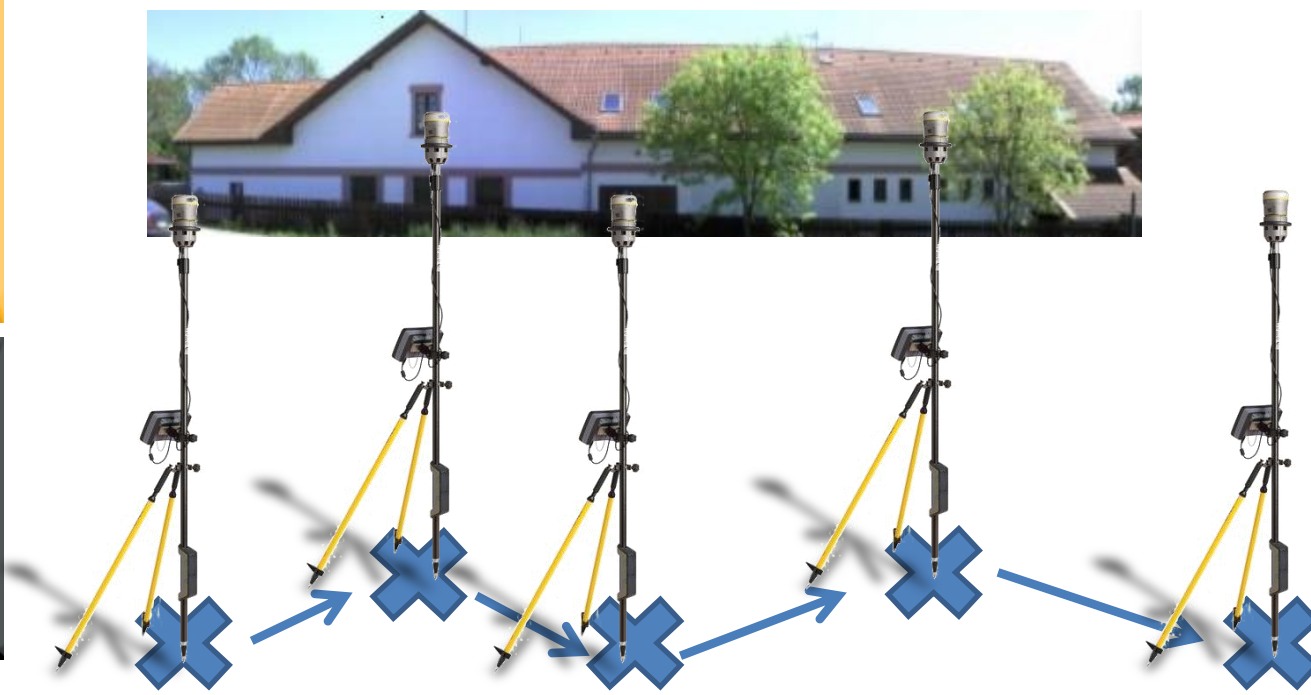


# Trimble V10 - systém



# Trimble V10 - systém

- Měření společně s TS, GNSS nebo samostatně
- Nasnímání a uložení panoramatického snímku společně s měřením bodu
- Známé souřadnice fotostanoviska



# Pracovní postup v Žabovřeskách

- Umístění vlíčovacích bodů (terčů)
- Rozvržení fotostanovisek – viditelnost zájmového prostoru minimálně ze dvou fotostanovisek, lépe ze tří a více...
- 75 fotostanovisek pokrývá celý objekt



# Pracovní postup v Žabovřeskách

- Zpracování dat v sw Trimble Business Center
- Automatický proces, doplněný manuálním
- Virtual DR – kliknutím do snímku získáte 3D souřadnice bodu
- Reálný náhled a dokumentace situace
- Odměřování vzdáleností (výšky, šířky) ze snímku - kótování

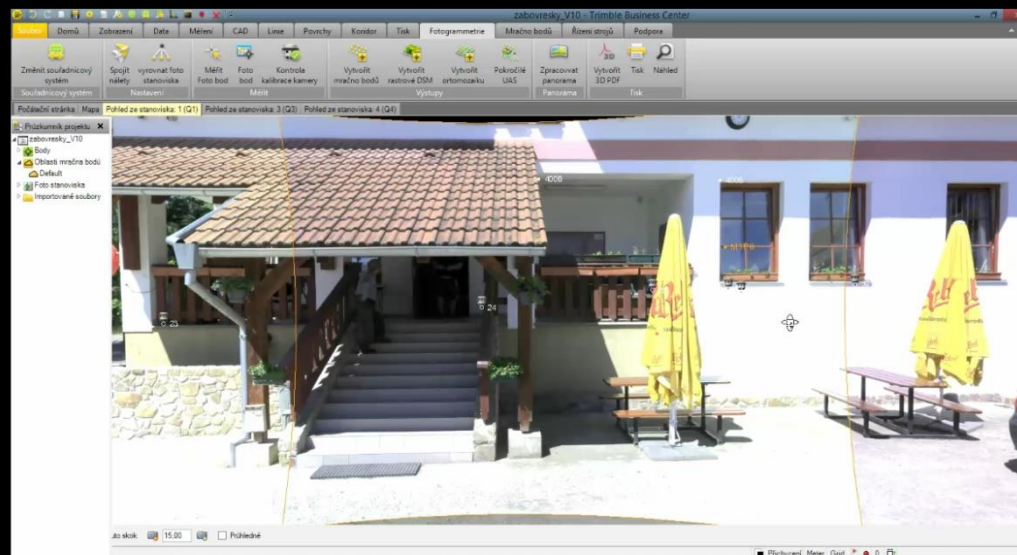


**Trimble Business Center**



# Výsledky

- Panoramata
- Fotobody
- Mračno bodů – 49 mil.



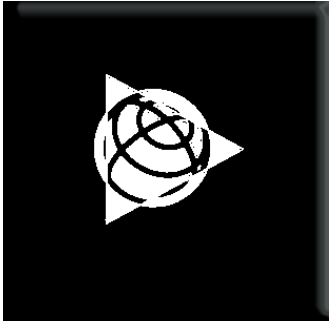


# Výsledky - rychlost x přesnost

- Velikost území 130m x 130 m = 0.017 km<sup>2</sup>
- 75 fotostanovisek



| Pozemní snímkování           | Čas                  |
|------------------------------|----------------------|
| Příprava/rekognoskace terénu | 30 min               |
| Jedno fotostanovisko         | 1 min                |
| Pozemní snímkování celkem    | 1 hod 55 min         |
| Zpracování dat               | 22 hod 5 min         |
| <b>Celkem</b>                | <b>24 hod 30 min</b> |

- Dosažené přesnosti
    - přesnost určení souřadnic fotostanovisek - RTK
    - přesnost transformace na vlíčovací body 4.8 cm
    - přesnost určení souřadnic fotobodu 0.4 cm
    - určení vlíčovacích bodů TS Trimble S6
- 

# Výsledky - ověření přesnosti



# Výsledky - ověření přesnosti

## Porovnání V10 a 3D skenování

| Kontrolní body V10 |            |             |         | Kontrolní body TX5 |            |             |         | Porovnání      |                |                |
|--------------------|------------|-------------|---------|--------------------|------------|-------------|---------|----------------|----------------|----------------|
| ČB                 | Y [m]      | X [m]       | H [m]   | ČB                 | Y [m]      | X [m]       | H [m]   | $\Delta Y$ [m] | $\Delta X$ [m] | $\Delta H$ [m] |
| 4001               | 730855.101 | 1077416.602 | 361.339 | 4001               | 730855.040 | 1077416.576 | 361.320 | <b>0.061</b>   | <b>0.026</b>   | <b>0.019</b>   |
| 4002               | 730868.013 | 1077427.321 | 361.161 | 4002               | 730868.032 | 1077427.328 | 361.135 | <b>0.019</b>   | <b>0.007</b>   | <b>0.026</b>   |
| 4003               | 730851.004 | 1077458.708 | 359.353 | 4003               | 730851.072 | 1077458.688 | 359.357 | <b>0.068</b>   | <b>0.020</b>   | <b>0.004</b>   |
| 4004               | 730806.881 | 1077420.037 | 358.300 | 4004               | 730806.912 | 1077420.032 | 358.351 | <b>0.031</b>   | <b>0.005</b>   | <b>0.051</b>   |
| 4005               | 730852.396 | 1077416.926 | 362.655 | 4005               | 730852.352 | 1077416.960 | 362.625 | <b>0.044</b>   | <b>0.034</b>   | <b>0.030</b>   |
| 4006               | 730869.590 | 1077454.374 | 361.720 | 4006               | 730869.575 | 1077454.392 | 361.728 | <b>0.015</b>   | <b>0.018</b>   | <b>0.008</b>   |
| 4007               | 730840.780 | 1077436.795 | 358.706 | 4007               | 730840.717 | 1077436.864 | 358.763 | <b>0.063</b>   | <b>0.069</b>   | <b>0.057</b>   |
| 4008               | 730834.435 | 1077455.108 | 357.934 | 4008               | 730834.436 | 1077455.054 | 357.927 | <b>0.001</b>   | <b>0.054</b>   | <b>0.007</b>   |
| 4009               | 730852.439 | 1077465.368 | 359.319 | 4009               | 730852.429 | 1077465.340 | 359.350 | <b>0.010</b>   | <b>0.028</b>   | <b>0.031</b>   |
| 4010               | 730846.880 | 1077417.392 | 364.183 | 4010               | 730846.822 | 1077417.387 | 364.180 | <b>0.038</b>   | <b>0.005</b>   | <b>0.003</b>   |
| 4011               | 730810.605 | 1077424.704 | 357.586 | 4011               | 730810.657 | 1077424.716 | 357.615 | <b>0.052</b>   | <b>0.012</b>   | <b>0.029</b>   |
| 4012               | 730851.447 | 1077436.868 | 356.908 | 4012               | 730851.415 | 1077436.860 | 356.948 | <b>0.032</b>   | <b>0.008</b>   | <b>0.040</b>   |

# Výsledky - ověření přesnosti

## Porovnání V10 a 3D skenování

- V 60% rozdíl menší než 4 cm
- V 90% rozdíl menší než 6 cm
- Průměrná hodnota 2.9 cm



# Vyhodnocení dat

- Trimble UX5



- Trimble TX5



- Trimble V10



**Trimble UX5**



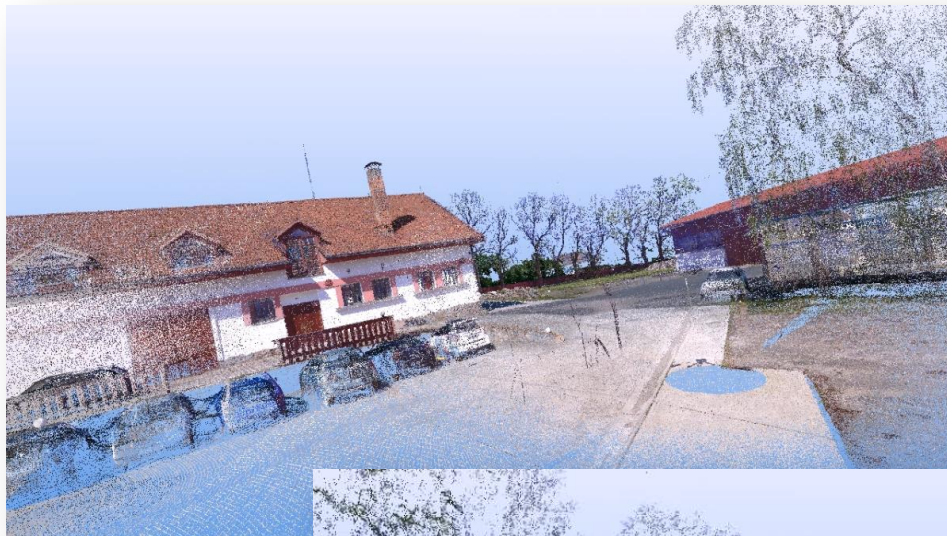
**Trimble TX5**



**Trimble V10**



# Propojení výsledků

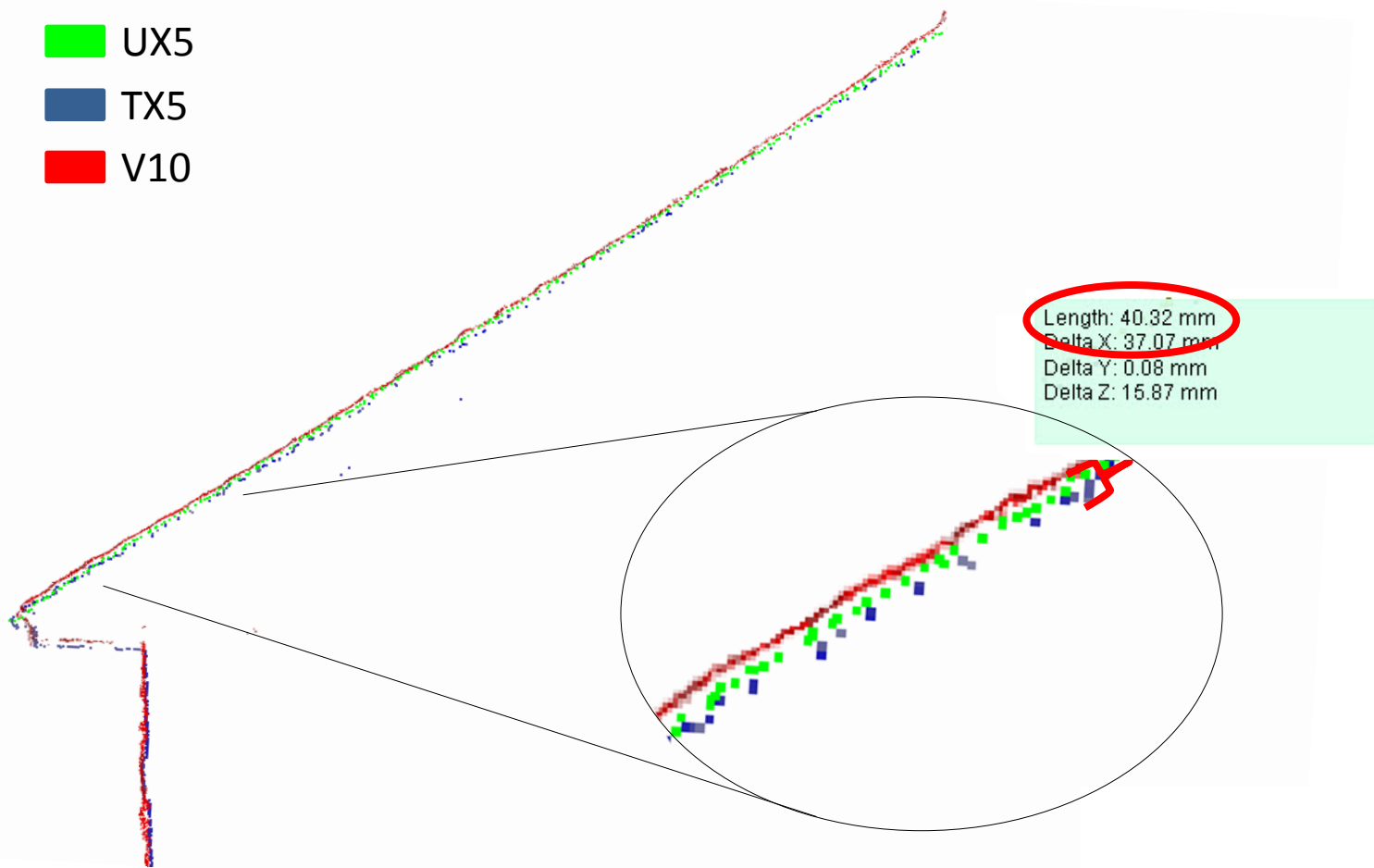


# Vyhodnocení přesnosti projektu

UX5

TX5

V10



# Letecké snímkování - Trimble UX5

## Výhody

- velikost nasnímaného území
- mapování nepřístupných míst
- automatické zpracování dat
- snadné a bezpečné ovládání

## Limity

- pouze horizontální plochy
- vyškolená obsluha
- přesnost limitována velikostí pixelu
- závislost na světelných podmínkách



# 3D skenování - Trimble TX5

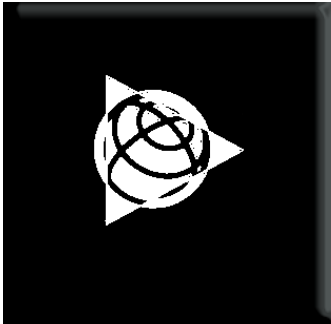
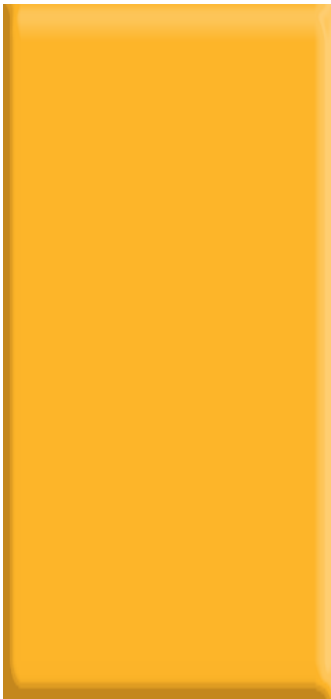
## Výhody

- vysoká přesnost
- snadná obsluha
- nezávislost na světelných podmínkách
- zachycení stejně barevného povrchu
- zachycení souvislých ploch

## Limity

- dosah skeneru
- závislost na odrazivosti materiálu
- delší doba strávená v terénu





# Pozemní snímkování - Trimble V10

## Výhody

- rychlé pořízení dat
- kompletní dokumentace
- snadná obsluha
- doplnění klasických metod měření

## Limity

- přesnost limitována velikostí pixelu
- dobré světelné podmínky
- potřebná barevná rozdílnost povrchu
- menší hustota bodů



# Závěr

- Vhodnost použití jednotlivých technologií s ohledem na dosažené výsledky
- Kombinace výsledků v jeden celek
- Vyhodnocení přesnosti a vzájemné návaznosti
- Porovnání ekonomické výhodnosti





**Děkujeme  
za pozornost...**



**Trimble**

**Nikola Němcová  
Jan Daňhelovský**

**GEOTRONICS Praha s.r.o.**