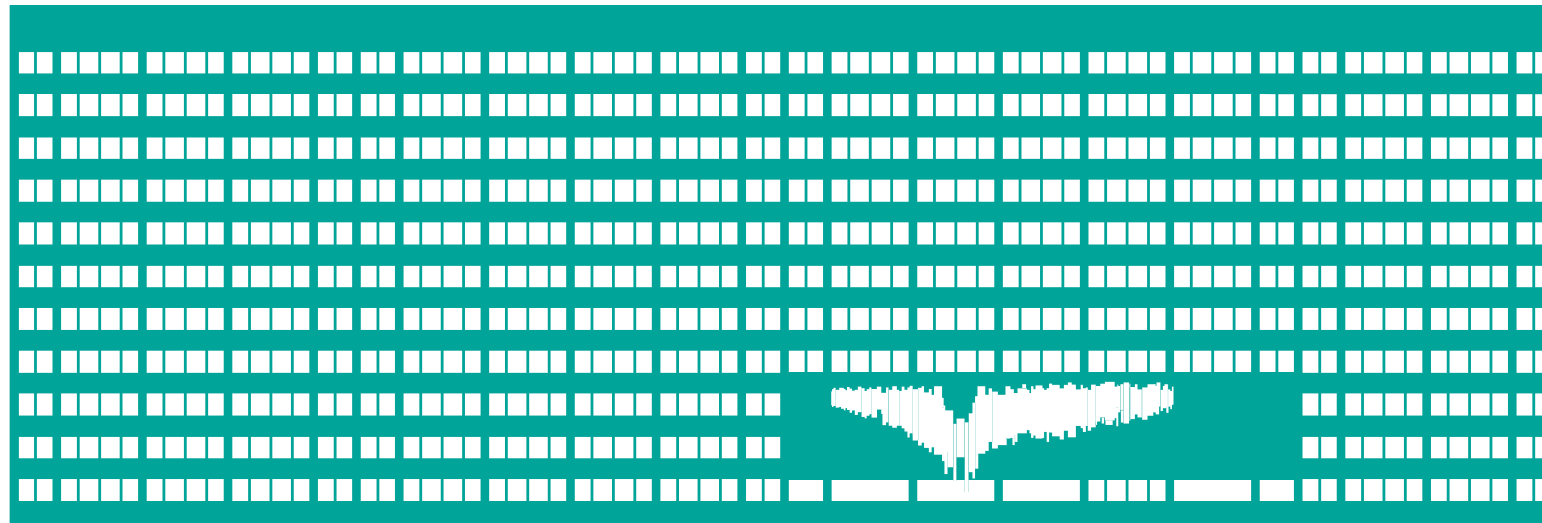


VŠB TECHNICKÁ  
UNIVERZITA  
OSTRAVA

VSB TECHNICAL  
UNIVERSITY  
OF OSTRAVA



[www.vsb.cz](http://www.vsb.cz)

# Praktické zkušenosti s využíváním nízkonákladových lokalizačních jednotek v městském prostředí

doc. Ing. Michal Kačmařík, Ph.D.

**Katedra geoinformatiky**

Hornicko-geologická fakulta

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

# Přijímače GNSS

## Geodetická třída

- + Vysoká kvalita
- + Vysoká přesnost
- + Uživatelská přívětivost
- Vysoká cena (desítky či stovky tisíc Kč)

## Nízkonákladová zařízení

- + Nízká cena (do 10 000 Kč)
- Uživatelská nepřívětivost
- ? Vysoká přesnost ?

**2005:** první studie zabývající se využitím nízkonákladového přijímače GNSS v aplikaci související s mapováním či geodézií (*Schwieger a Gläser, 2005*)

**2006:** společnost u-blox představuje jedno-frekvenční GPS modul LEA-4, podpora DGPS, SBAS

**2016:** poprvé umožněn přístup k surovým observacím GNSS na mobilním zařízení s operačním systémem Android (7.0 Nougat)

**2018:** společnost u-blox představuje více-frekvenční multi-GNSS (GREC) modul **ZED-F9P** s přímou podporou metody GNSS RTK. Aktuálně desítky odborných publikací využívajících u-blox moduly této generace.

*Schwieger, V., Gläser, A. (2005). Possibilities of Low Cost GPS Technology for Precise Geodetic Applications. FIG Working Week 2005 and GSDI-8, Cairo, Egypt, April 16-21, 2005*

## GIS mapování v městském prostředí s nízkonákladovým modulem u-blox ZED-F9P

*Detailněji v: Halaj, M., Kačmařík, M. Utilization of low-cost GNSS RTK receiver for accurate GIS mapping in urban environment. Journal of Applied Geodesy, 2024. doi:10.1515/jag-2024-0063*

# GIS RTK mapování

**Cíl:** demonstrovat a vyhodnotit použití sady sestávající z běžného chytrého mobilního telefonu a nízkonákladového přijímače GNSS RTK ve scénáři odpovídajícím GIS mapování v městském prostředí.

Zařízení	ArduSimple kit s u-blox ZED-F9P, mobil s Android
Anténa GNSS	patch u-blox ANN-MB-00, umístěná na kovové kruhové podložce vlastní výroby
SW	Lefebure NTRIP Client + ESRI QuickCapture
Horizontální přesnost dle výrobce	0,01 m + 1 ppm, RTK single base, délka základny do 20 km
Cena	275 EUR (bez mobilu a ESRI aplikace)

Zařízení	Trimble R10, kontroler TSC3
Anténa GNSS	Interní anténa přijímače Trimble R10
SW	Trimble Access
Horizontální přesnost dle výrobce	0,008 m + 1 ppm, RTK single base, délka základny do 30 km
Cena	12 000 EUR (v roce 2018)



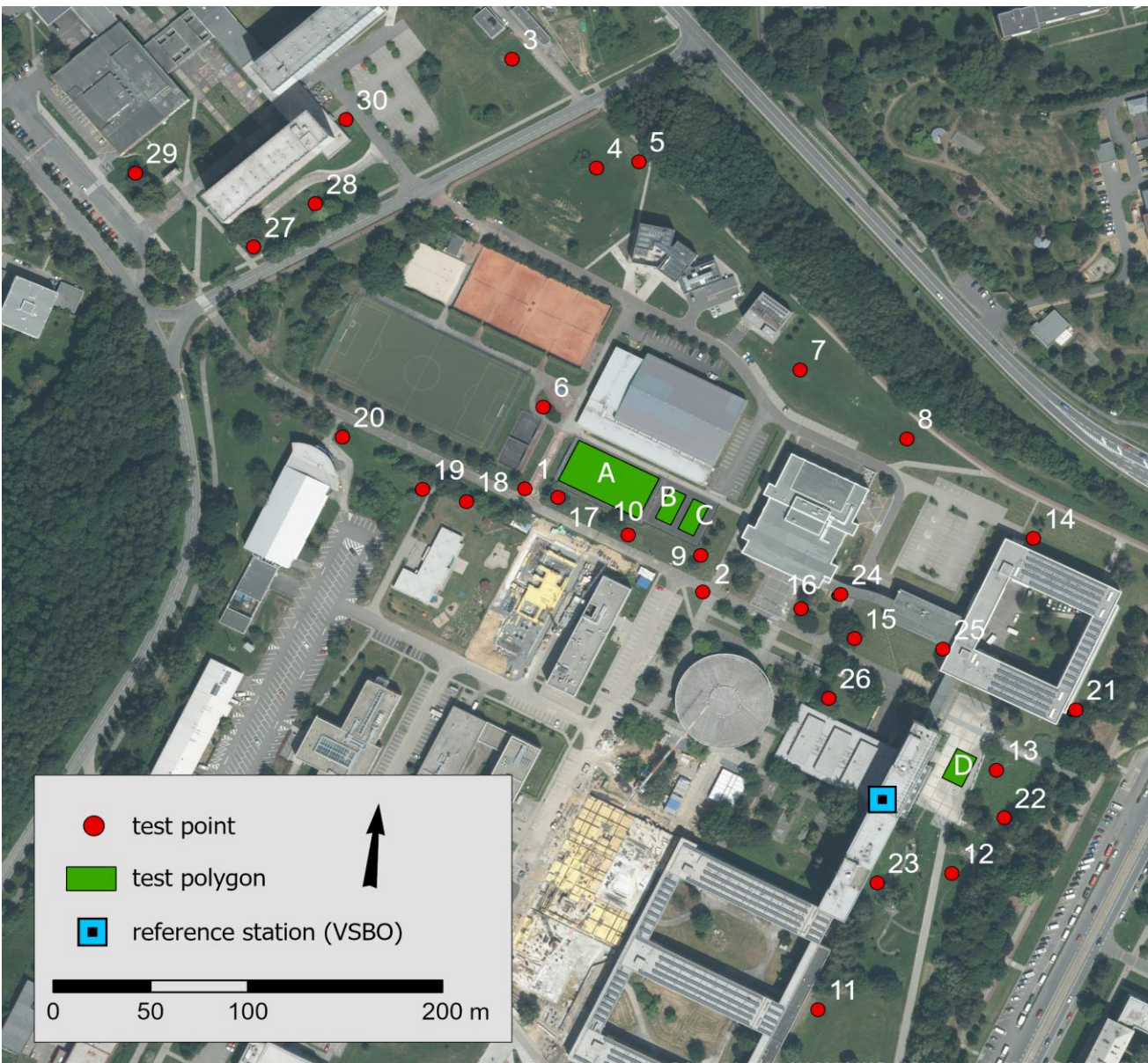
# Sběr dat

**30 testovacích bodů:** různé podmínky výhledu na oblohu a potenciálu pro multipath, dočasně stabilizovány

**4 testovací polygony:** obdélníkový tvar, různé podmínky výhledu na oblohu

**2 nezávislá kola mapování v různé dny**

**Referenční stanice VSBO (CZEPOS, TopNET), délka základny 80 až 800 m**



*Vizualizace 30 testovacích bodů (červeně) a 4 testovacích polygonů (zeleně) v areálu VŠB-TUO*

## Testovací body

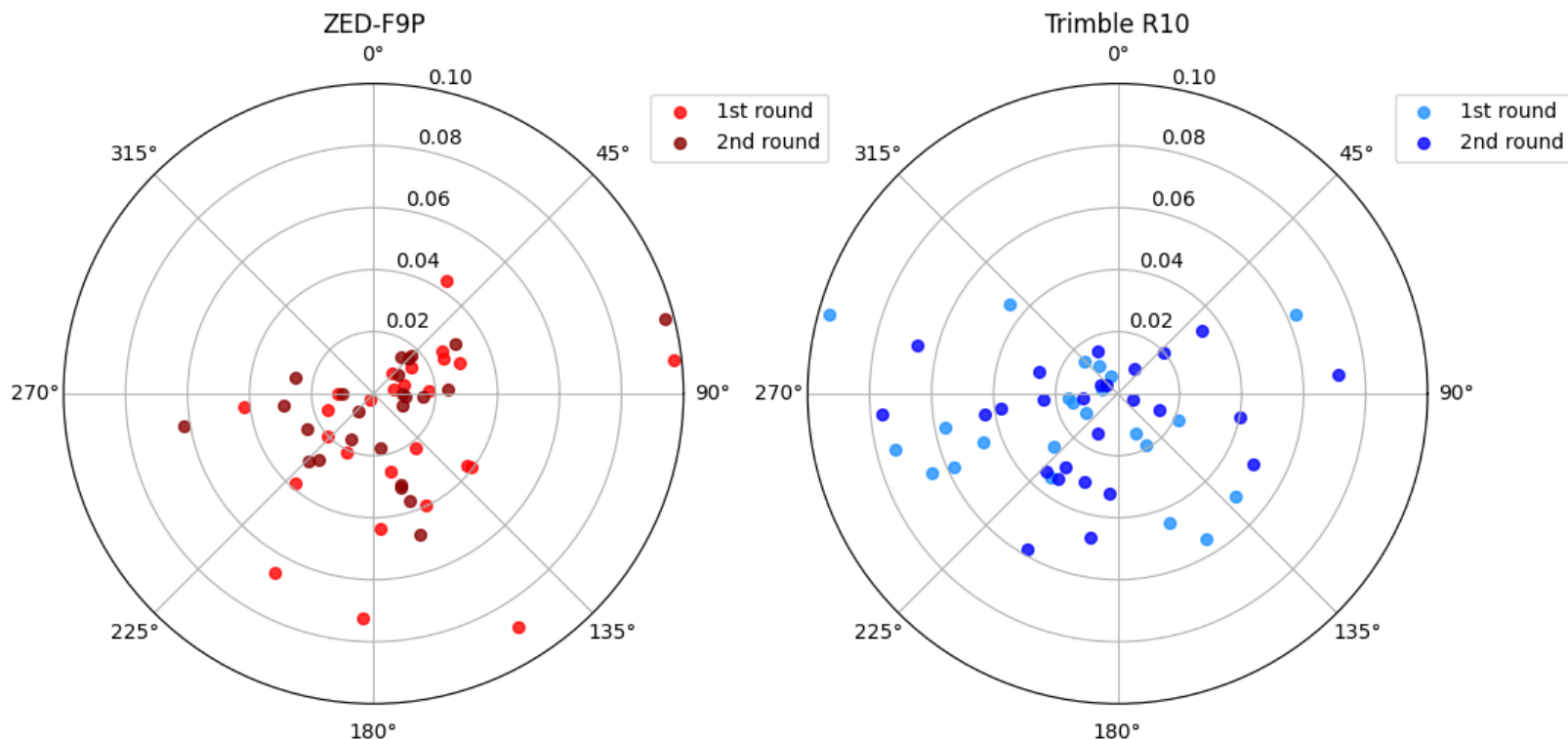
- poloha určena rychlou statickou metodou,
- měření min. 15 minut na každém bodě,
- zpracování v RTKLIB Explorer (verze demo5 b34a), identická referenční stanice,
- dva body vyloučeny z porovnání (č. 25 a 28), jelikož pro ně nebylo dosaženo fixního řešení ambiguit

## Testovací polygony

- obsah polygonu určen na základě měření délky stran ocelovým pásmem Richter o délce 50 m



# Výsledky – testovací body, horizontální poloha



**Trimble R10: dva odlehlé body v prvním kole měření, rozdíl cca 2,4 m (č. 21 a 24)**

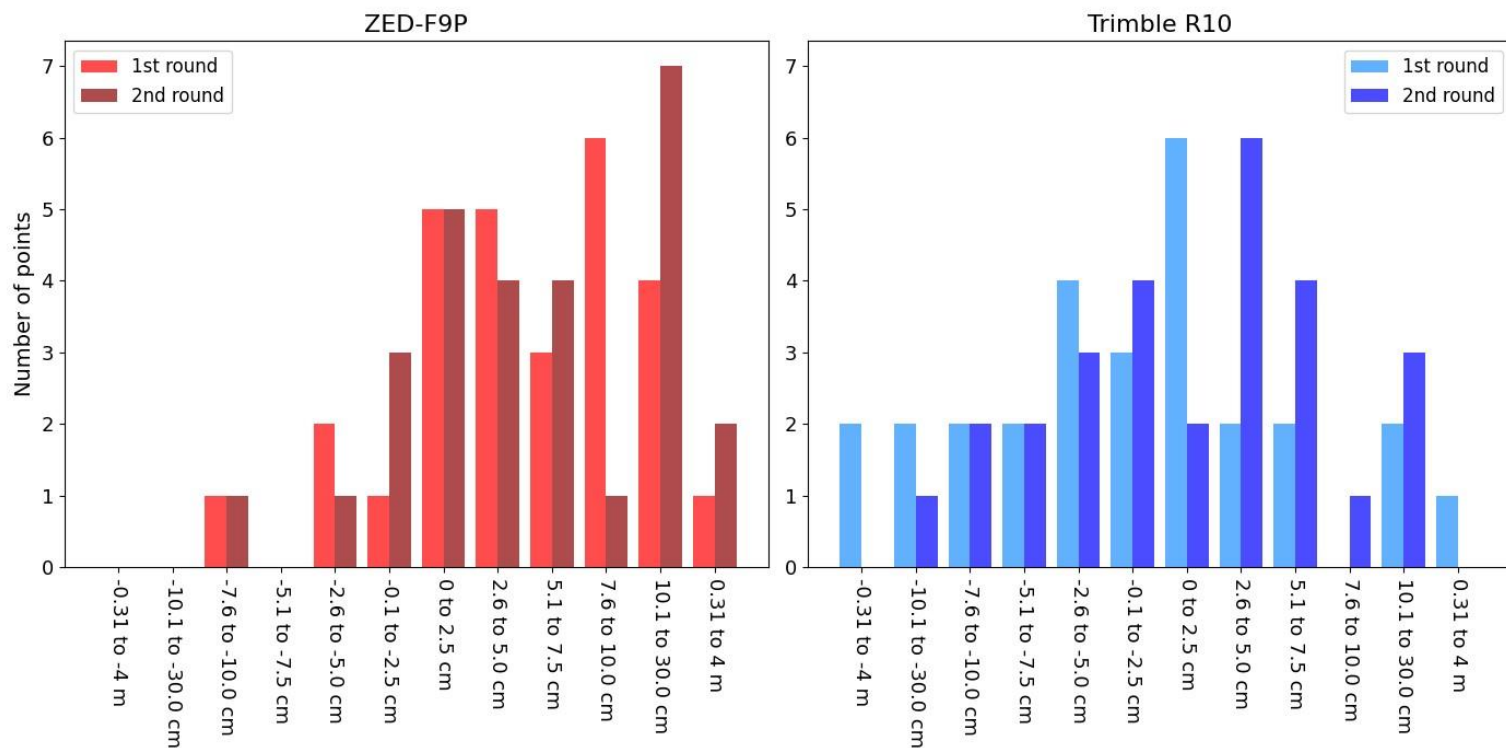
Kolo mapování	ZED-F9P	Trimble R10
	Průměrný rozdíl (m)	
1.	0.043 (0.043)	0.220 (0.053)
2.	0.042	0.043

*Horizontální vzdálenost (v metrech) a směr jednotlivých měření bodů od jejich referenční polohy. Zobrazeny jsou pouze měření do 10 cm od referenční polohy.*

Souhrnné statistiky: údaje v závorce pro první kolo jsou při vyloučení dvou odlehlých bodů z měření přijímačem Trimble R10, údaje před závorkou platí při zahrnutí všech 28 bodů

Kolo mapování	ZED-F9P	Trimble R10
	Směrodatná odchylka rozdílů (m)	
1.	0.045 (0.046)	0.603 (0.053)
2.	0.053	0.045

# Výsledky – testovací body, výška



**Trimble R10: dva odlehlé body v prvním kole měření, rozdíl > 2,5 m (č. 21 a 24)**

Kolo mapování	ZED-F9P	Trimble R10
	Průměrný rozdíl (m)	
1.	0.062 (0.065)	-0.212 (0.006)
2.	0.076	0.018

Výškové rozdíly mezi změřenými body a referenční výškou (v metrech).  
Zobrazeny hodnoty pro všech 28 bodů.

Souhrnné statistiky: údaje v závorce pro první kolo jsou při vyloučení dvou odlehlých bodů z měření přijímačem Trimble R10, údaje před závorkou platí při zahrnutí všech 28 bodů

Kolo mapování	ZED-F9P	Trimble R10
	Směrodatná odchylka rozdílů (m)	
1.	0.084 (0.085)	0.805 (0.091)
2.	0.097	0.079

## Testovací body

- Přijímač u-blox ZED-F9P poskytl **horizontální** (**vertikální**) shodu s referenční polohou lepší než 0,1 m v **91 %** (**75 %**) měření
- přijímač Trimble R10 poskytl **horizontální** (**vertikální**) shodu s referenční polohou lepší než 0,1 m v **88 %** (**80 %**) měření
- Chyby nad 0,1 m se vyskytly na testovacích bodech umístěných v prostředí problematickém pro GNSS RTK

## Testovací polygony

- Trimble R10 dosáhl přesnějších výsledků pro polygony A, B, C. Průměrné rozdíly byly přibližně poloviční oproti přijímači u-blox (největší relativní chyba pro u-blox vzhledem k velikosti plochy byla pouze 0,28 %)
- U polygonu D v problematickém prostředí poskytovaly oba přijímače srovnatelné výstupy s největší relativní chybou 0,46 % plochy polygonu

## Detailní mapování stavu pěších komunikací

**Cíl:** vyvinout vozítko pro mapování technického stavu pěších komunikací se zaměřením na osoby se zdravotními omezeními

Jeden z výsledků řešení projektu TAČR: *Senzorové měření pěších komunikací v městském prostředí pro podporu mobility osob se zdravotními omezeními (CK01000190)*

# Vozítko pro mapování

**Technické řešení:** trojkolka

**Senzorické vybavení:**

- 2D laserový skener SICK LMS 400 nesený gimbalem
- lokalizační jednotka
- dva enkodéry na zadních kolech pro přesné měření ujeté vzdálenosti
- dvě videokamery
- senzor adheze povrchu

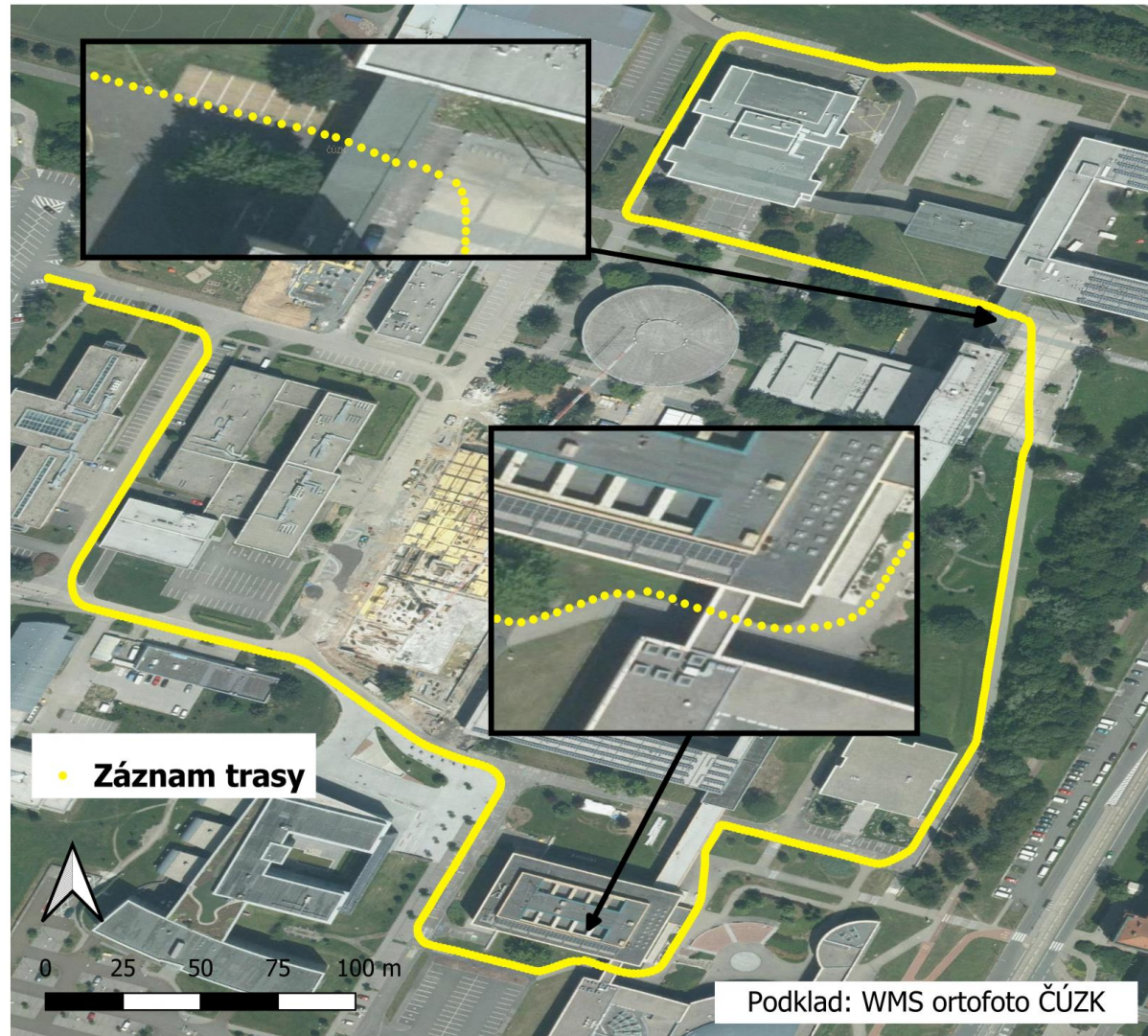
**Primární výstup měření:**

- georeferencované 3D mračno bodů reprezentující skenovaný povrch trasy
- georeferencovaný videozáznam trasy



- Řešení od ArduSimple postavené na modulu **u-blox ZED-F9R**, cena 280 EUR
- Určování polohy: integrovaný algoritmus pro kombinaci vstupů z:
  - Přijímač GNSS RTK (patch anténa u-blox ANN-MB1)
  - Inerciální měřicí jednotka (IMU), tříosý akcelerometr, tříosý gyroskop
  - Odometrie (měření ujeté vzdálenosti, řešeno enkodéry na kolech)
- Modul podporuje tři typy provozu:
  - Standardní automobil
  - Elektrická koloběžka (využit)
  - Robotická sekačka na trávu
- Použitá frekvence záznamu polohy a dalších parametrů 10 Hz
- Výstup z jednotky IMU umožňuje do určité míry i stanovit podélný a příčný sklon trasy

# Provoz vozítka



- Stabilní určování polohy i při výpadku GNSS RTK či GNSS celkově v řádu 5-10 s (delší výpadky netestovány)
- Záznam je ukládán do souboru proprietárního formátu UBX, pomocí volně dostupných knihoven jsou vyčítány potřebné údaje
- Na základě shody času záznamu z lokalizační jednotky a skeneru je vytvářeno georeferencované mračno bodů reprezentující naskenovaný povrch v s. s. S-JTSK
- Šířka skenovaného pásu 1 až 1,5 m

*Ukázka záznamu trasy, areál VŠB-TUO. V detailech zobrazena trasa skrz dva podjezdy.*



# Děkuji za pozornost

Michal Kačmařík  
michal.kacmarik@vsb.cz

<https://www.hgf.vsb.cz/548>