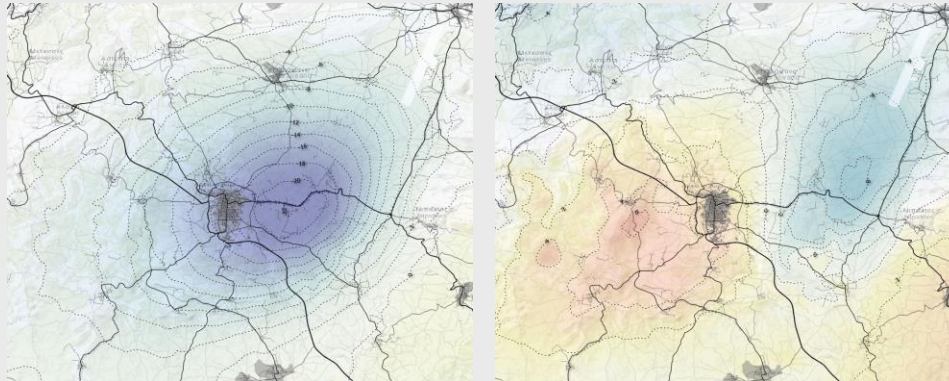


Využití dat Sentinel-1 a radarové interferometrie pro monitoring geohazardů a geotechnických rizik

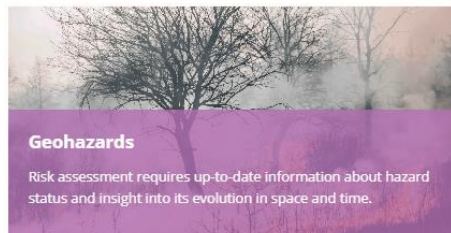
České uživatelské fórum Copernicus 2022

Jan Kolomazník (jan.kolomaznik@gisat.cz), Ivana Hlaváčová, Juraj Struhár, Erika Orlitová (GISAT)



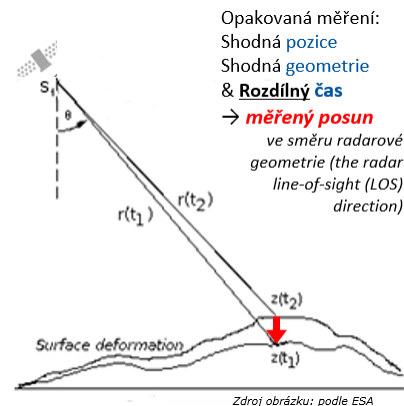
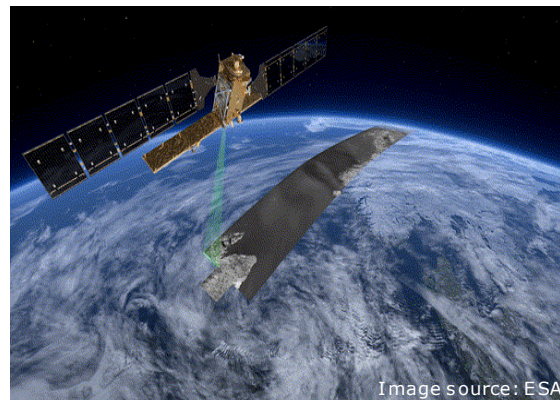
- Soukromá firma, SME
- Geoinformační služby založené na
 - Zpracování
 - Vyhodnocení dat
 - Analýze

} optických a SAR družicových
- 10+ let zkušeností s **InSAR**
 - Algoritmus ©SARProZ (PS, SBAS)
 - Proprietární řešení (post)processingu
 - Cloudové řešení pro processing a post-processing, vysoká míra automatizace
 - Online platforma **InSARviz**



- ČR:
 - Ředitelství silnic a dálnic (ŘSD), Správa železnic (SŽ)
 - SG Geotechnika, Výzkumný ústav hnědého uhlí
 - SZIF (~ kontrola sečí, plodin)
- Svět:
 - EC-JRC (Dodavatel služeb **Copernicus EMS**)
 - Německá rozvojová agentura (GIZ), lokální administrativy/civil protection
 - projekty Evropské kosmické agentury (ESA)
 - Světová Banka (WB), Asijská Rozvojová Banka (ADB)
- Aktivní zapojení do **výzkumných projektů v rámci programů**
 - TAČR: 2 **certifikované metodiky aplikace InSAR pro mapování dopravní infrastruktury**
 - FGG: Spolupráce s ZAMG, Joaneum Research
 - H2020

- Měření **pohybu povrchu Země** z **časových řad SAR**
 - 2..n rozdílů fází odražené radarové vlny > *Změna polohy*
 - Plochy/objektů > *Příčina?*
 - Filtrace bodů > *Kritéria stabilní odrazivosti & fázová koherence*
*Bodový charakter ~ trvalé odražeče („**persistent scatterers**“)*
 - Frekvence měření: 1-46 dnů. Sentinel-1: 6 dnů
 - Odhad průměrné rychlosti deformace (mm/rok)
 - *Vysoká přesnost ($std_{VEL} > 1 \text{ mm/rok}$)*
- Side-looking radarová geometrie
 - Měření z boku a shora ve směru Line-of-sight (LOS)
 - Možnost měření z více směrů: *Vzestupná <> Sestupná dráha*
- Měření jsou **relativní** – vzhledem ke zvolenému **referenčnímu bodu**
- **Dekorelace** (vegetace, rychlé/velké pohyby či změny povrchu)



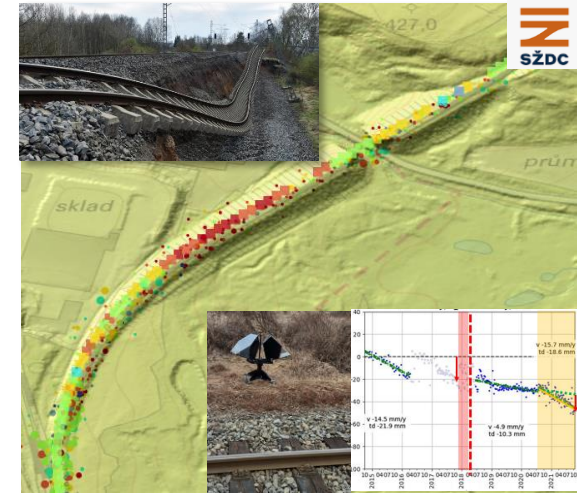
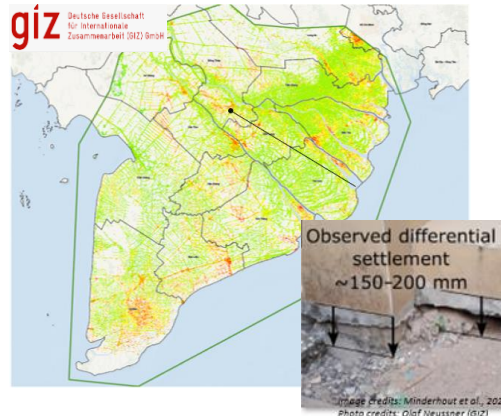
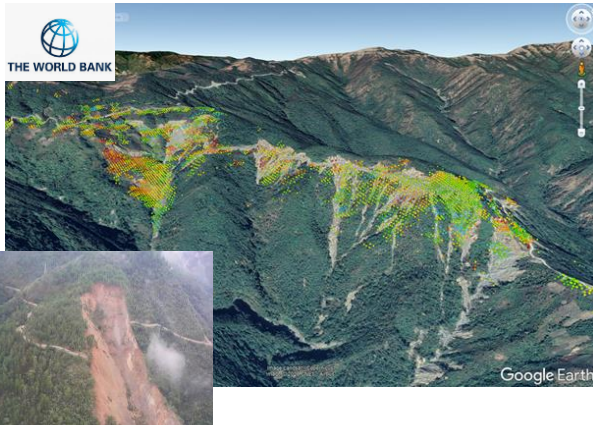
- **Geohazardy**

- **Svahové nestability** (sesuvy) - *spádnice*
- **Poklesy ~ Subsidence** - *vertikála*
 - Tektonika, krasové jevy
 - Zatížení (komprese podloží)
 - Poddolování, tunelování
 - Těžba spodní vody, ropy, plynu, ukládání CO₂

- **Infrastruktura a utility / Budovy**

(silnice, železnice, přehrady, sítě, produktovody, ...)

- Strukturální integrita
- Deformace vlivem nestability podloží / okolí

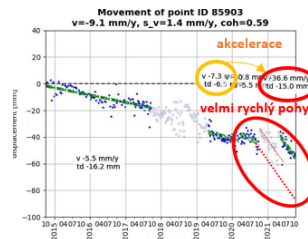


• Retrospektivní analýza

- Archivní družicová data
 - S-1: 2015-2022
- Inventorizace, hot-spots, tip-and-cue
- Now-casting / forecasting

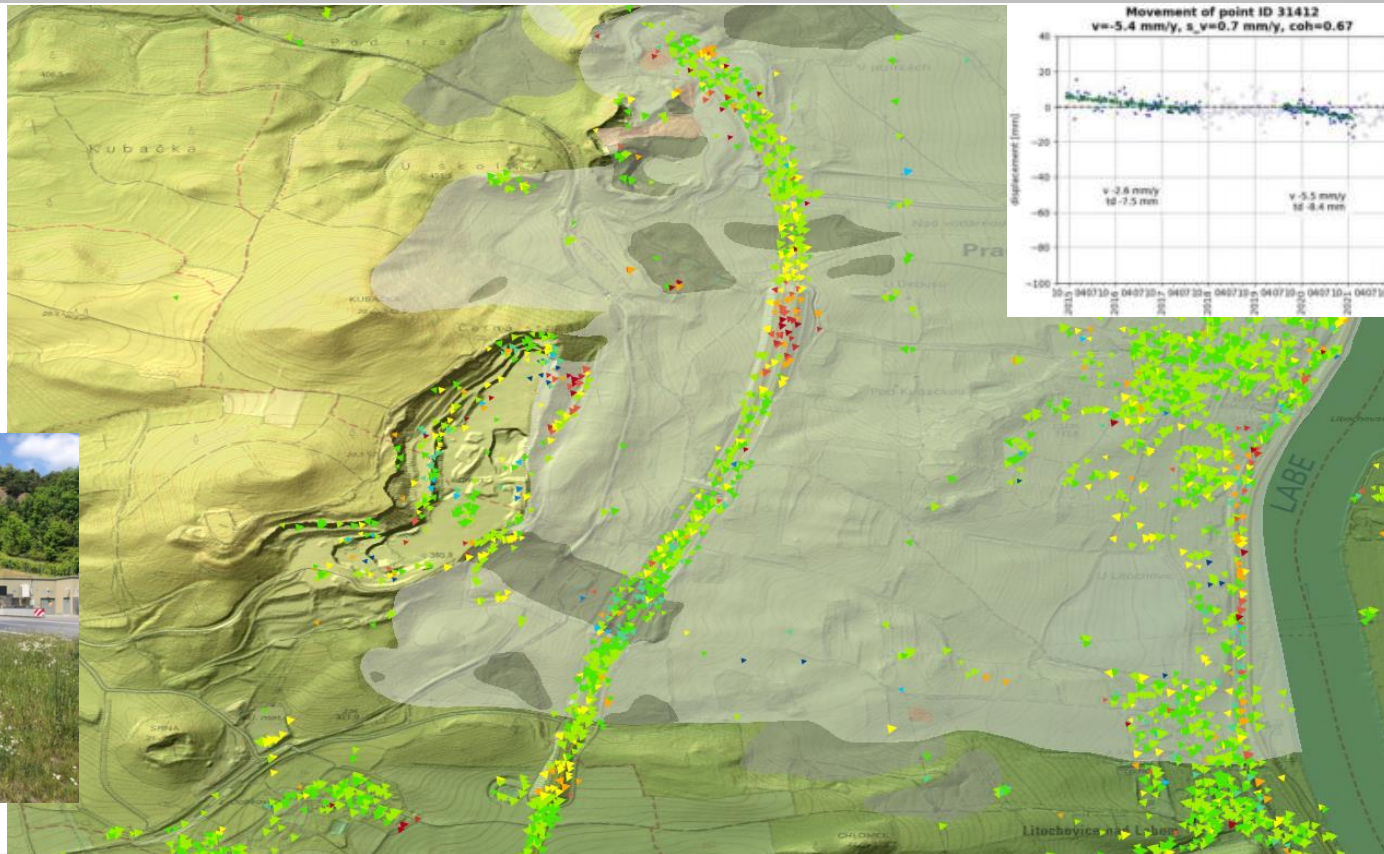
• Služba včasného varování

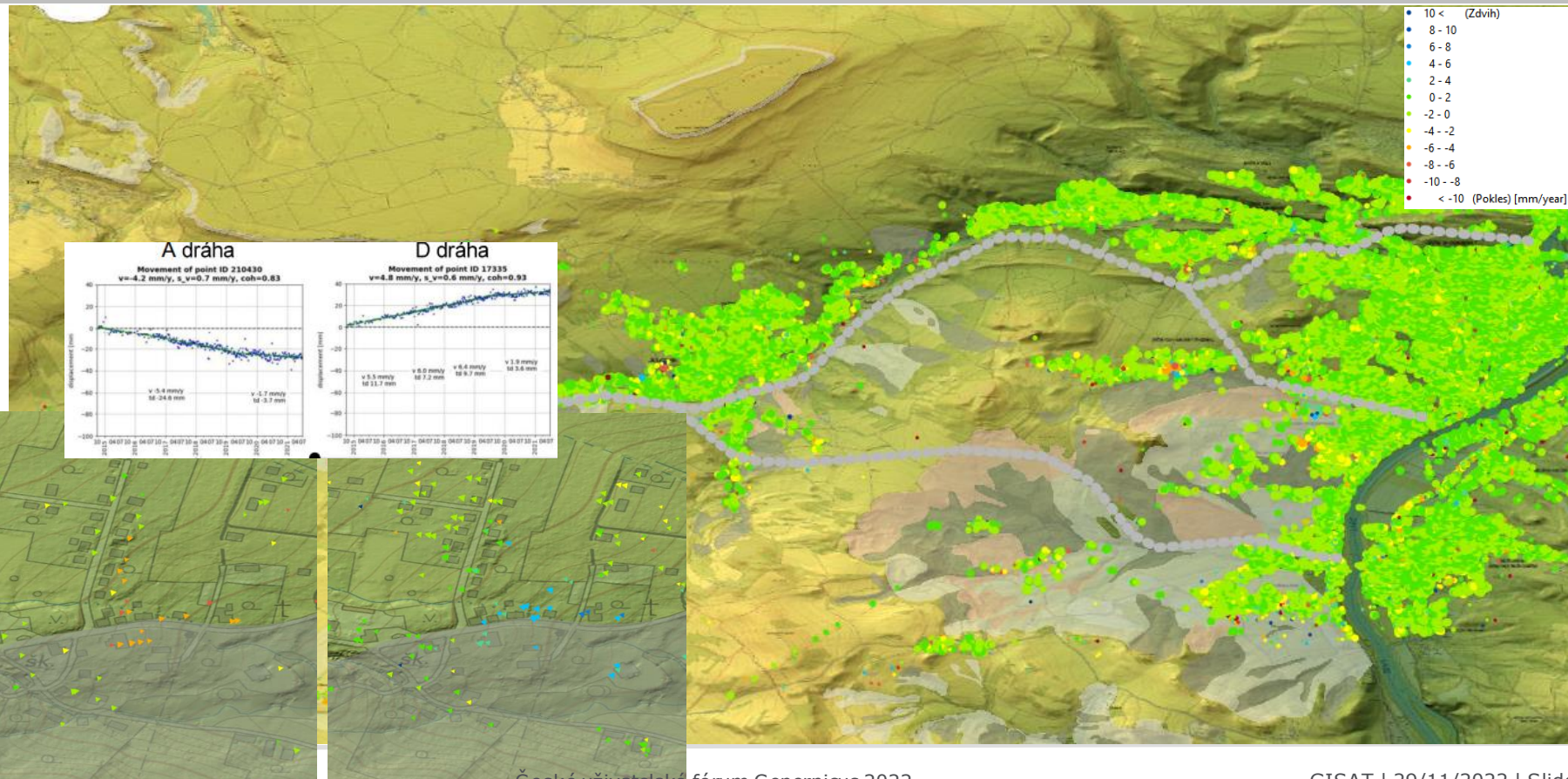
- Proaktivní analýza časových řad
- Detekce markerů rizika



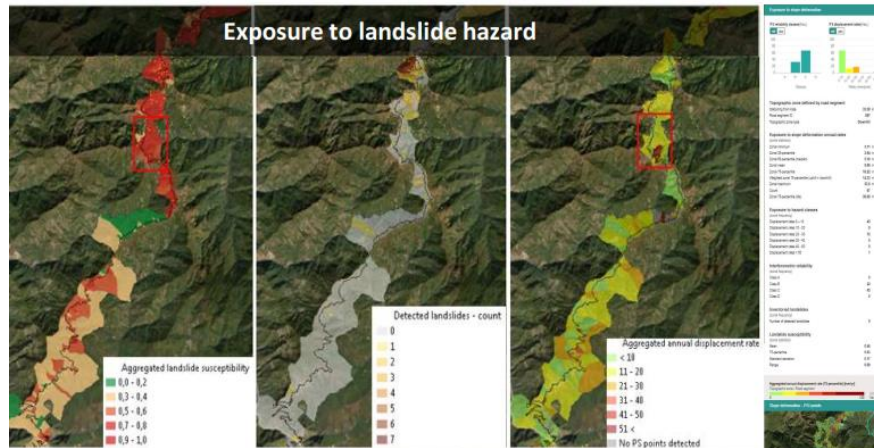
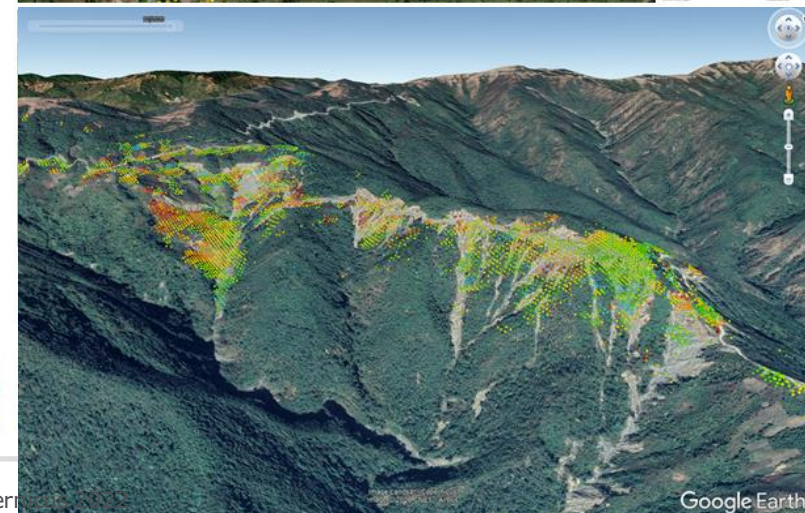
- Dekorelace (vegetace, charakter pohybů – rychlost, nelinearita), nízká denzita bodů
 - Vývoj proprietárních řešení na míru pro aplikace monitoringu infrastruktury:
 - Potlačení teplotních vlivů
 - Distribuované odražeče, Temporální odražeče
 - Odstranění Unwrapping chyb, klasifikace a segmentace čas. řad, detekce anomálií (AI/ML)
 - Vysoká automatizace, cloudové zpracování, distribuce pomocí webové platformy

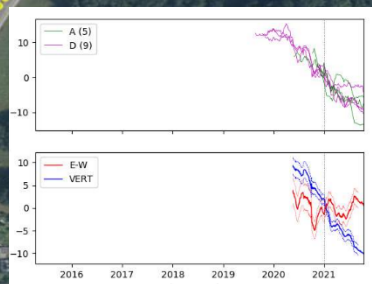
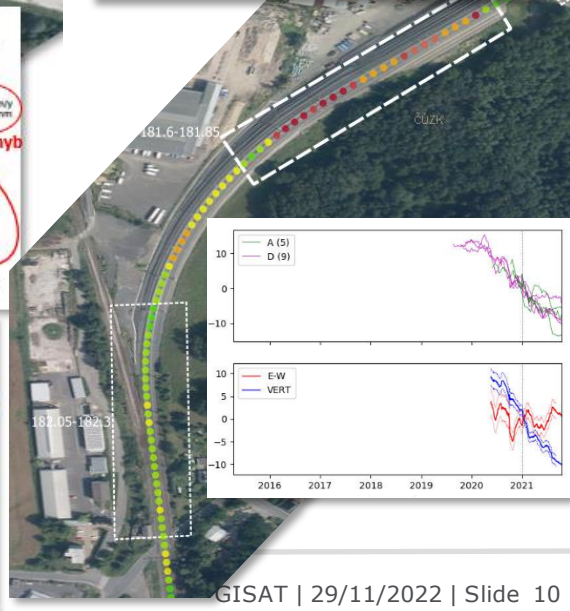
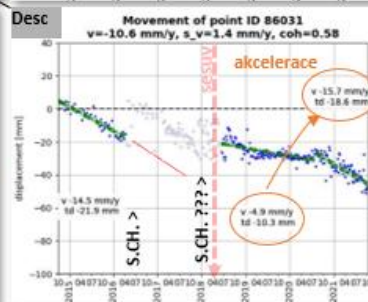
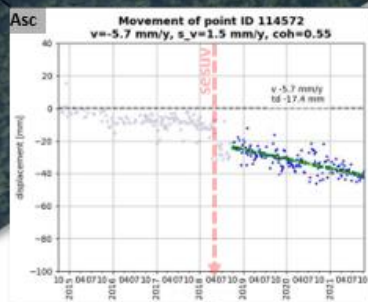
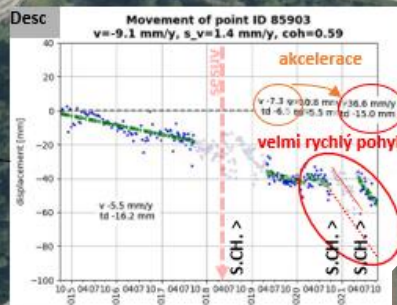
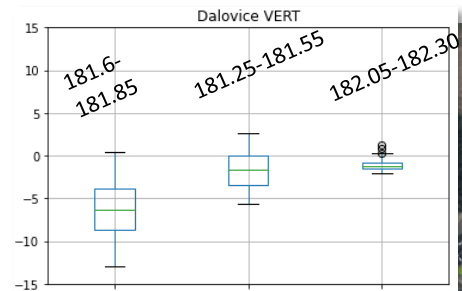
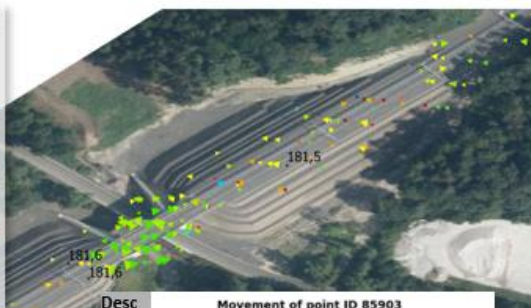
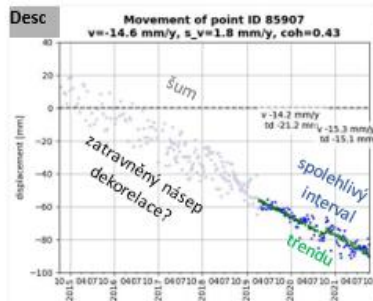
- DS
- iPS/iDS
- Integrace s GT modelem
- Síť trvalých koutových odražečů (TKO)



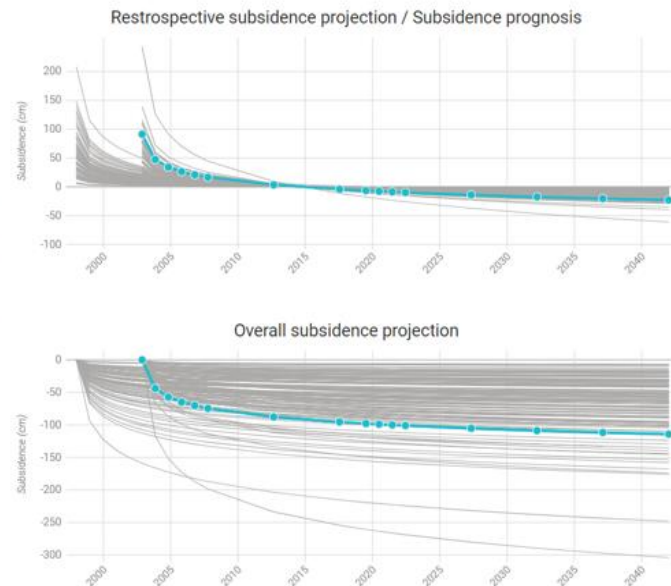


- **Site:** Kale-Falam-Hakha mountain road corridor, Chin State, Myanmar
- **Topic:** Identify **landslide hazard** and **slope instabilities hot-spots**
- **Methods:** Change detection, Random forest classification, Satellite interferometry
- **Users:** WB Task Team, Ministry of Constructions, Rep. of Myanmar
- **Evidence-based decision making** facilitating resilient rehabilitation of roads, **prioritization and protecting investments** into mitigation measures
- Geospatial results distributed via **interactive online platform InSARviz**

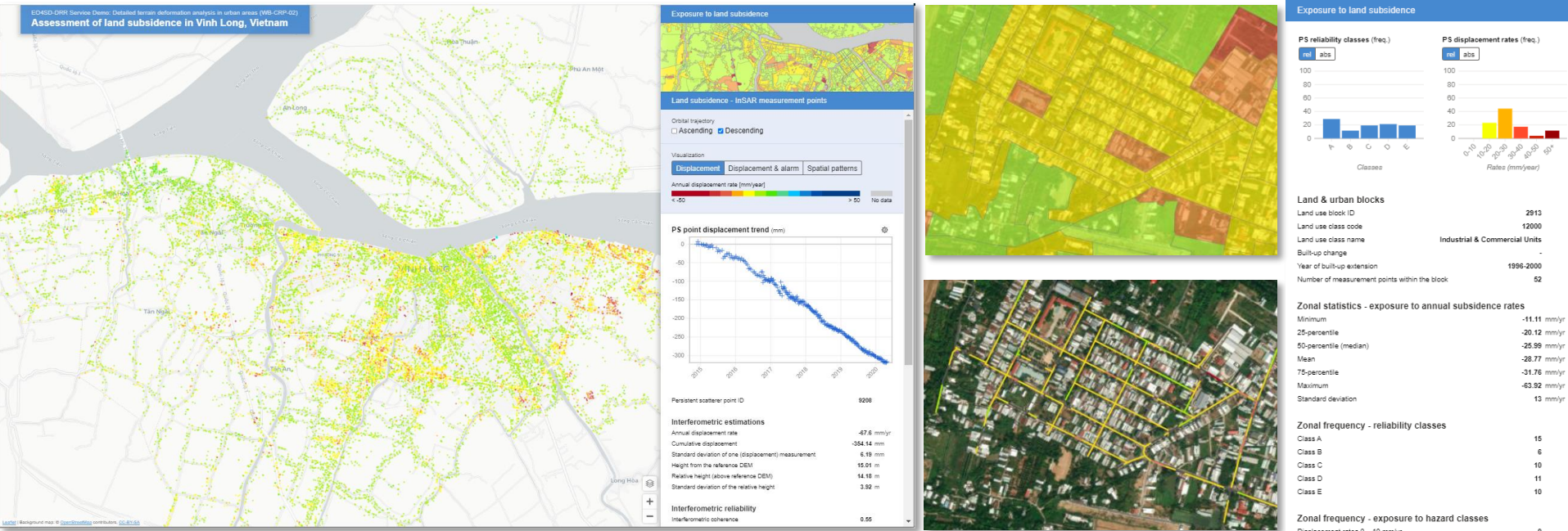




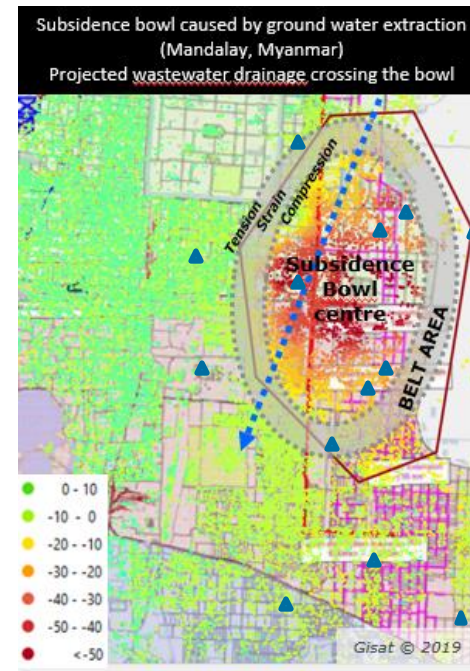
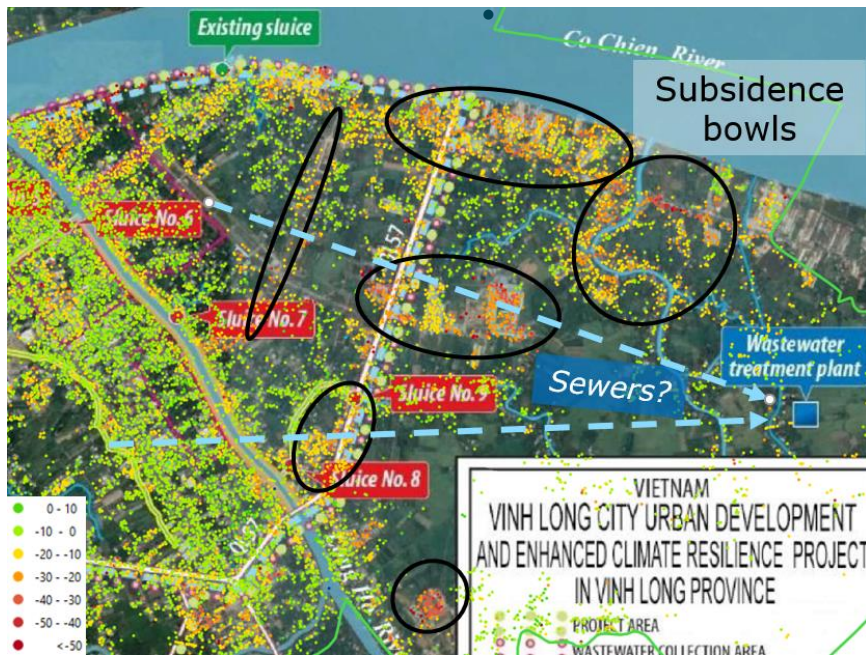
- Kalibrace modelu sedání
- Plánování dopadů



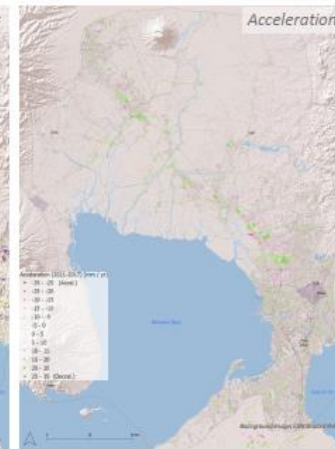
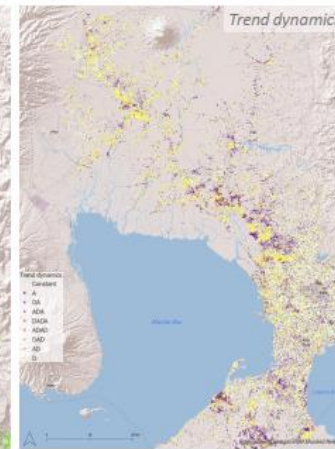
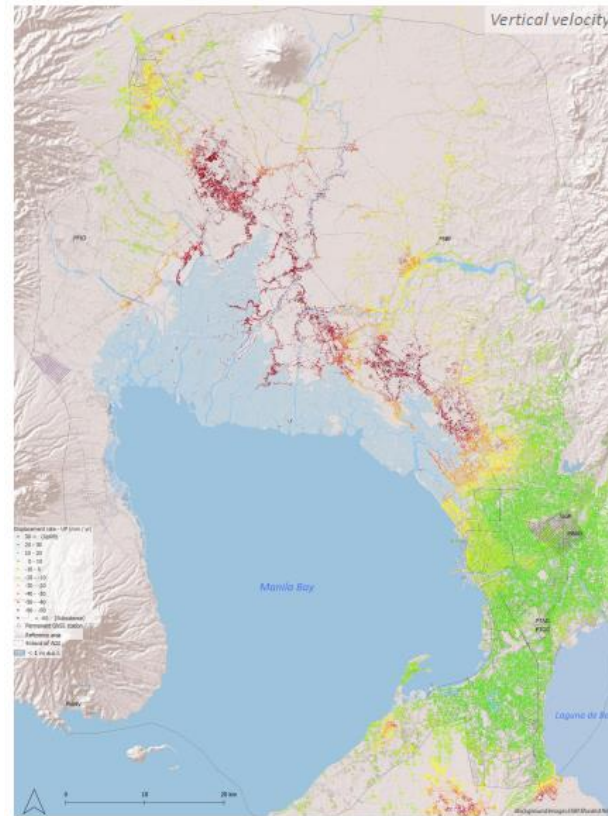
- Impact assessment (buildings, infrastructure, utilities)
 - *Exposure, Drivers, Costs, Projections*



- Build exposure models to:
 - **Estimate impacts (costs) on existing assets** (infrastructure, utilities)
 - **Predict impacts on planned assets – investments**
- **Assess / monitor collateral impacts of investments**

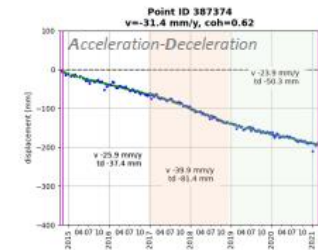
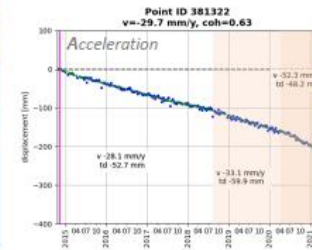


- Klastrová analýza
 - Prostorová
 - Časová
- Dynamika poklesů
 - Klasifikace trendů
 - Akcelerace
 - Dekcelerace
 - Oscilace
 - ..kombinace...
- Aplikace
 - Kontrola GW extrakce
 - Plánování rozvojových zón



Clustering

- Similar temporal patterns are well-clustered across the space
- Distinct spatial-temporal patterns are likely related to groundwater extraction

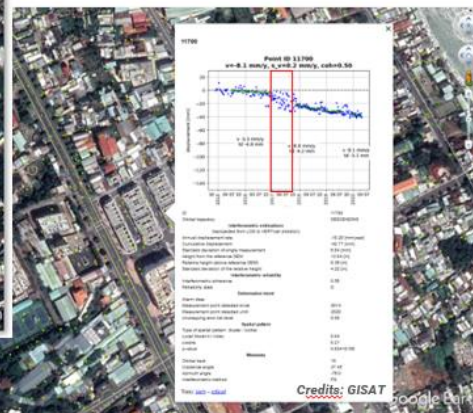


Temporal patterns linked to built-up construction

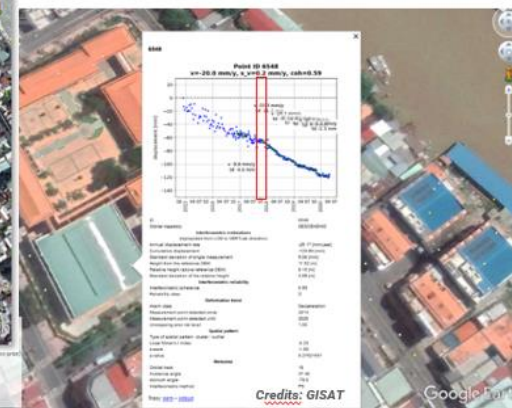
> Constant stability



> Acceleration



> Constant sinking rate



• Drivers?

- Subsoils / groundwater extraction?
- Foundations and/or building code?



- Vyhodnocení charakteristik (parametrů) poklesů z hlediska **dopadů na strukturální integritu budov**
 - **Rychlost sedání** & jeho **kumulativní posun**
 - **Diferenciální sedání** > **náklon**
 - Zóny **napětí** (*tenze, komprese*) vlivem nerovnoměrného sedání
 - **Kompozitní indikátor**(y)
 - Praha faktorů odvozeny dle geotechnických a inženýrských praktik pro povolené sedání

Subsidence bowl caused by ground water extraction (Mandalay, Myanmar). Projected pipelines and sewers are crossing the bowl

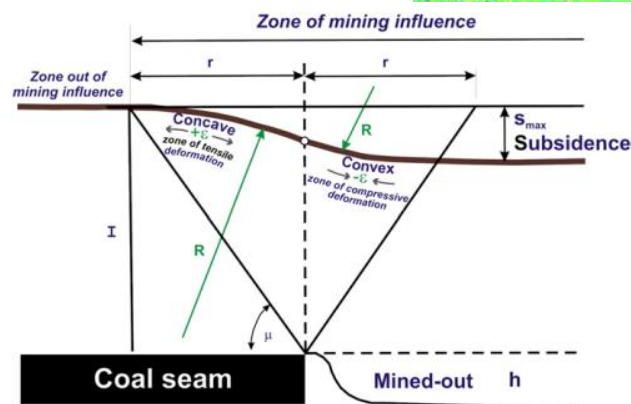
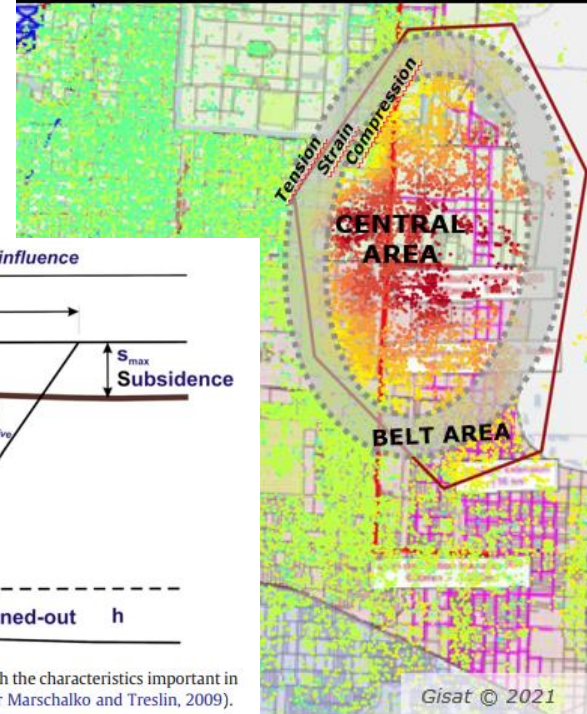
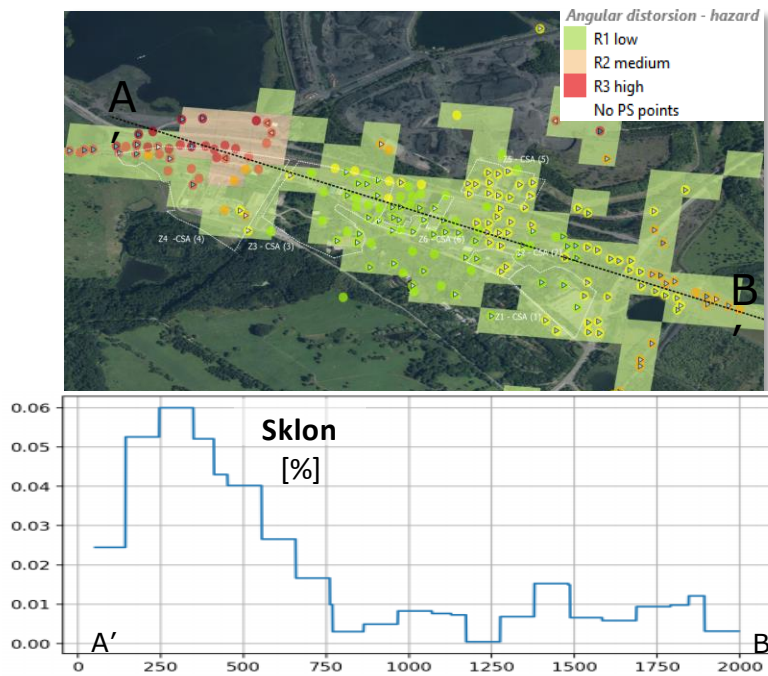
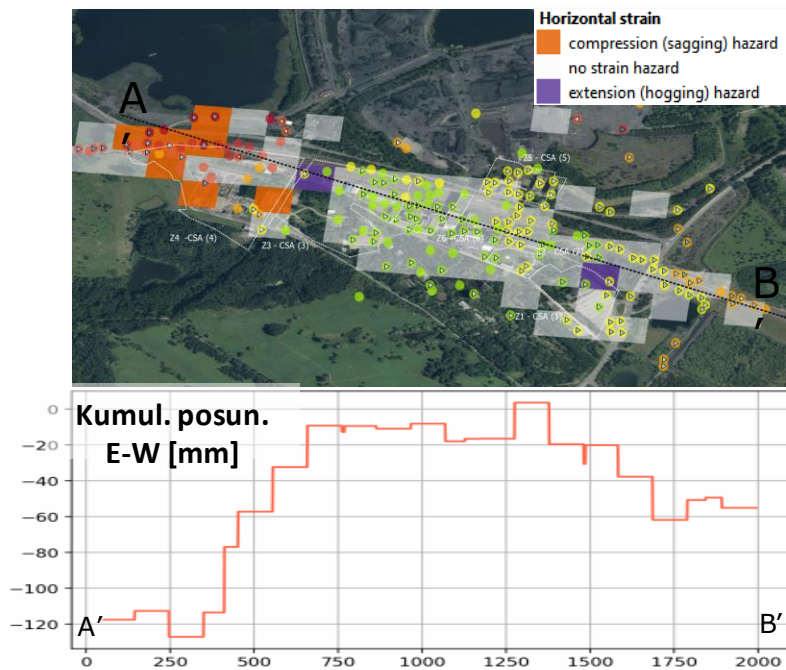


Fig. 2. Basic characteristics of the subsidence basin with the characteristics important in determining the building site category in green (after Marschalko and Treslin, 2009).

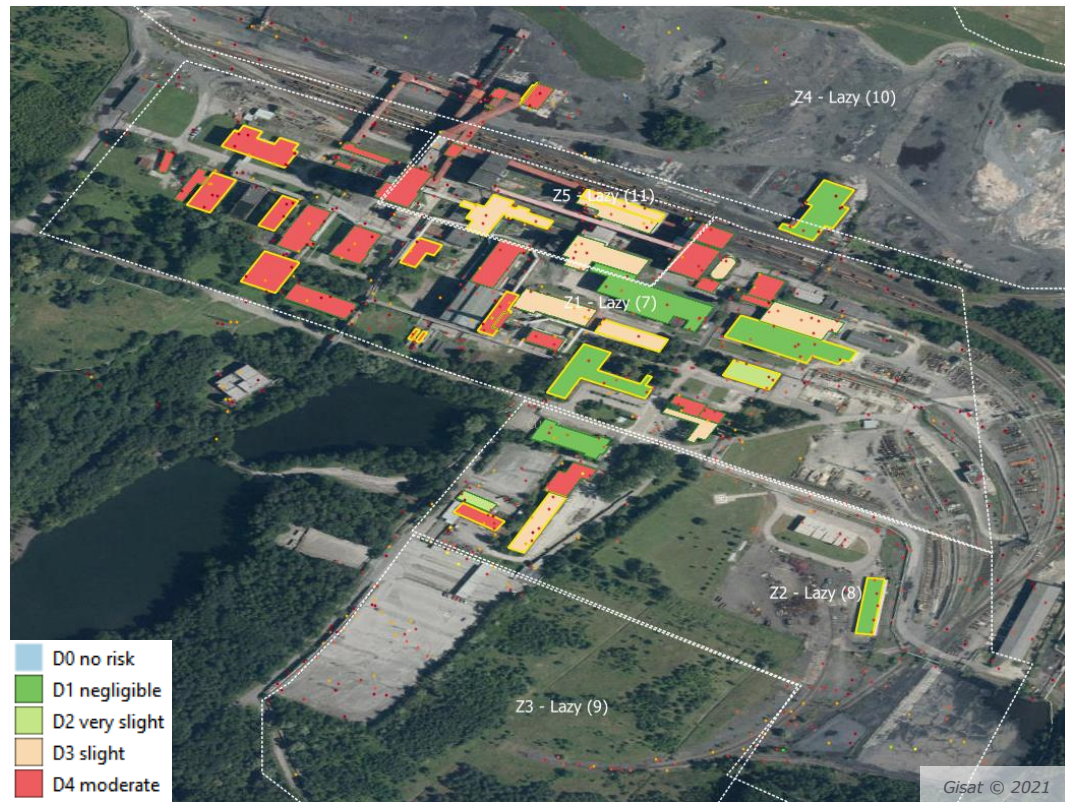
Zdroj obrázku: Marschalko & Treslin (2009)



- Souvislost rozsahu poklesů a **dynamiky** trendů souvisí s etapizací útlumu těžby?

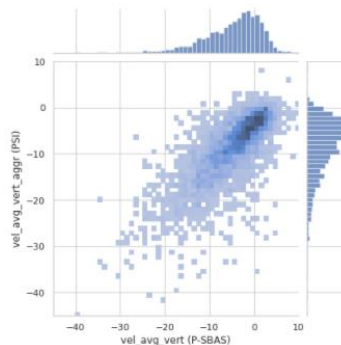
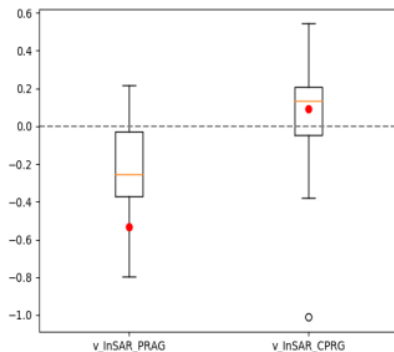


- SRI budov
 - varianta beton (reinforced concrete)

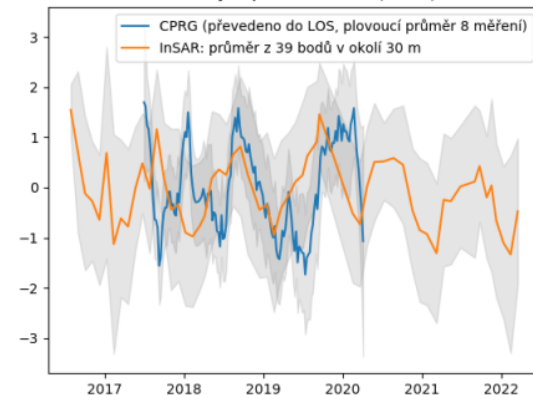


• 2 GNSS body EUREF (Kobylisy)

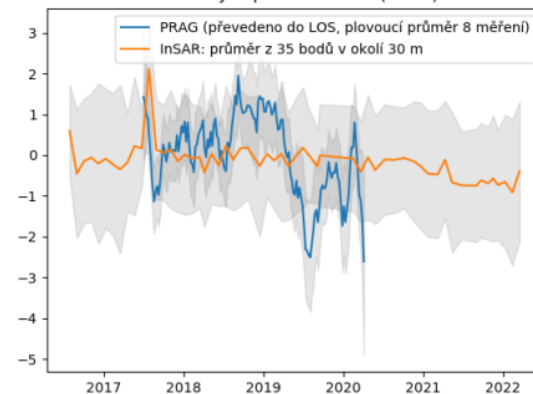
GNSS rychlost [mm/rok] (po převodu z Up, East, North do LOS)			InSAR rychlost [mm/rok] (v radarové geometrii = LOS)			rozdíl [mm/rok] (GNSS - InSAR)	kritéria pro testování hypotézy hladina spolehlivosti 5%	
ID	v	std	v	std	počet bodů (30m okolí)			
PRAG	-0.5	2	-0.2	1.5	35	-0.31	7.41	2.03
CPRG	0.1	2	0.1	1.4	39	0.01	0.21	2.02



Porovnání časových průběhů GNSS (CPRG) a InSAR

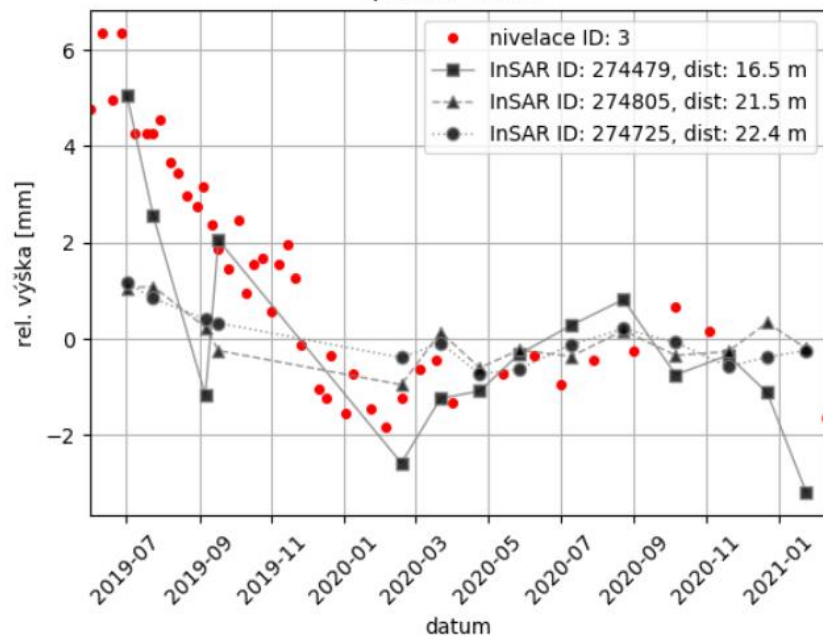


Porovnání časových průběhů GNSS (PRAG) a InSAR

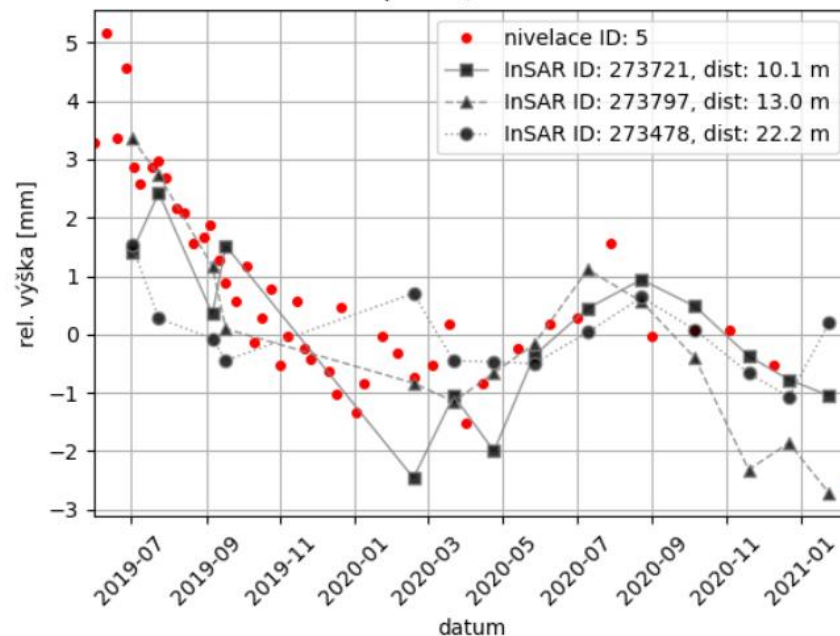


- Nivelační pořady

profil1, bod 3



profil1, bod 5



- MT-InSAR = plně operační technika
- Využití v řadě aplikací (infrastruktura)
- Synoptické výsledky, které doplňují standardní GT měření
- Retrospektivní pohled na pohyby
- Průběžný Monitoring – včasné varování a alarmy

Děkuji za pozornost!