

Systematický výzkum sesuvů v ČR

Petr Kycl



T A
Č R

Projekt č. „SS02030023 Horninové prostředí a suroviny“
je spolufinancován se státní podporou Technologické
agentury ČR v rámci Programu Prostředí pro život.

www.tacr.cz

5 aktivit projektu

- 3.1.1. Metody průzkumu + kritéria vzniku sesuvů
- 3.1.2. Nová metodika dokumentace sesuvů
- 3.1.3. Mapování sesuvů v terénu do RSN
- 3.1.4. Výzkumy + monitoring vybraných sesuvů
- 3.1.5. Nový RSN – aplikace, náchylnosti, propagace

„rok projektu za námi“

3.1.1 Analýza kritérií ovlivňujících vznik sesuvů

Metody výzkumu na sesuvech a jejich rozvoj:

- Dálkový průzkum Země (DPZ)
- Geofyzika
- Mechanika zemin
- Nové metody při výzkumu sesuvů
- závěry a cíle = směřování na dalších 5 let
+ **IoT**

Výběr vhodné metody a dat DPZ pro výzkum zaměřený na svahové deformace je ovlivněn řadou kritérií. Prvním kritériem **je cíl činnosti**:

- Detekce svahových deformací
- Detailní analýza svahových deformací (zjišťování parametrů: objemu, plochy, rychlosti pohybu, ...)
- Monitoring svahových deformací
- Tvorba odvozených výstupů a podkladů (mapy náchylnosti, vlhkosti, apod.)

Další kritéria: rychlost pohybu sledovaného sesuvu, rozsah sledovaného území, charakter sledovaného území (vegetace, členitost) a měřítko, ve kterém chceme pracovat.

Na tyto kritéria je pak vázána využitelnost jednotlivých metod a dat DPZ.



Vertical displacement [mm]



● geodetic measurement

Velocity [mm/yr] classified by standard deviation

Std. Dev.



Time series A

mm/yr

< -11.7

-11.7 – -8.0

-7.9 – -4.2

> 3.3

Time series C

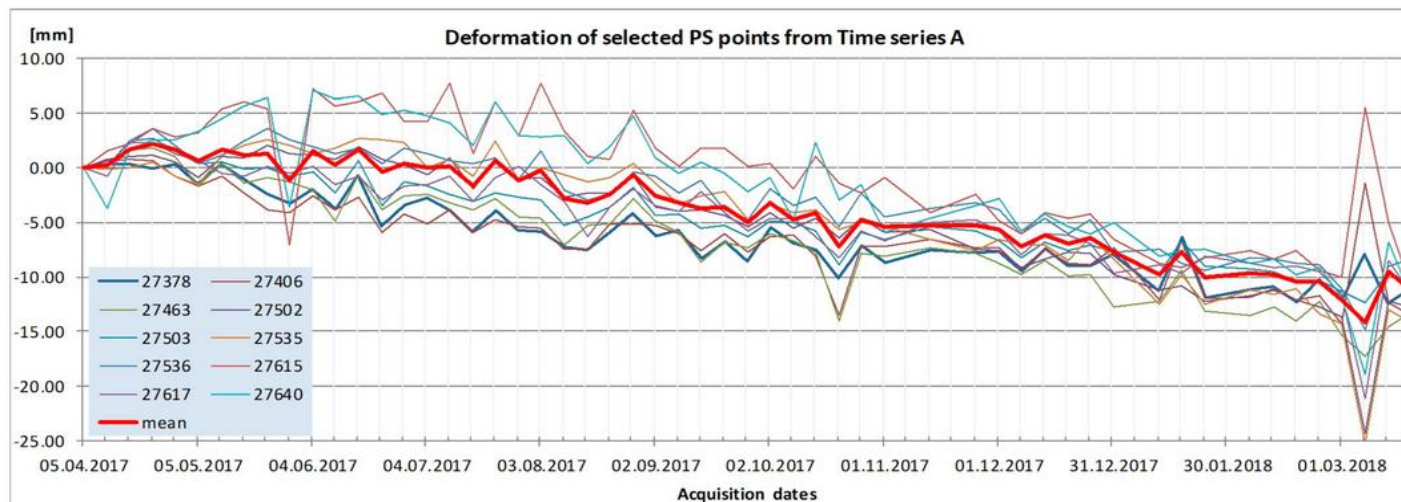
mm/yr

< -14.4

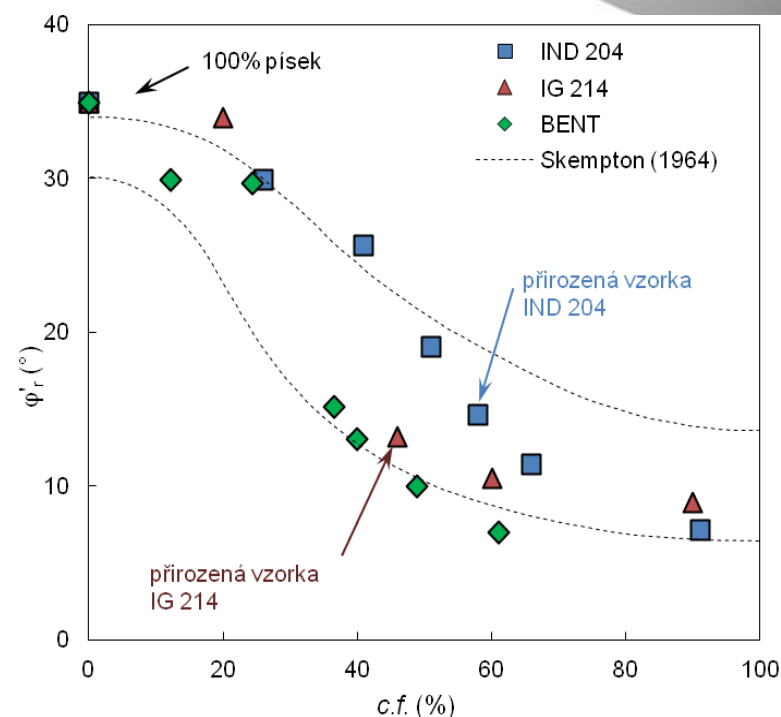
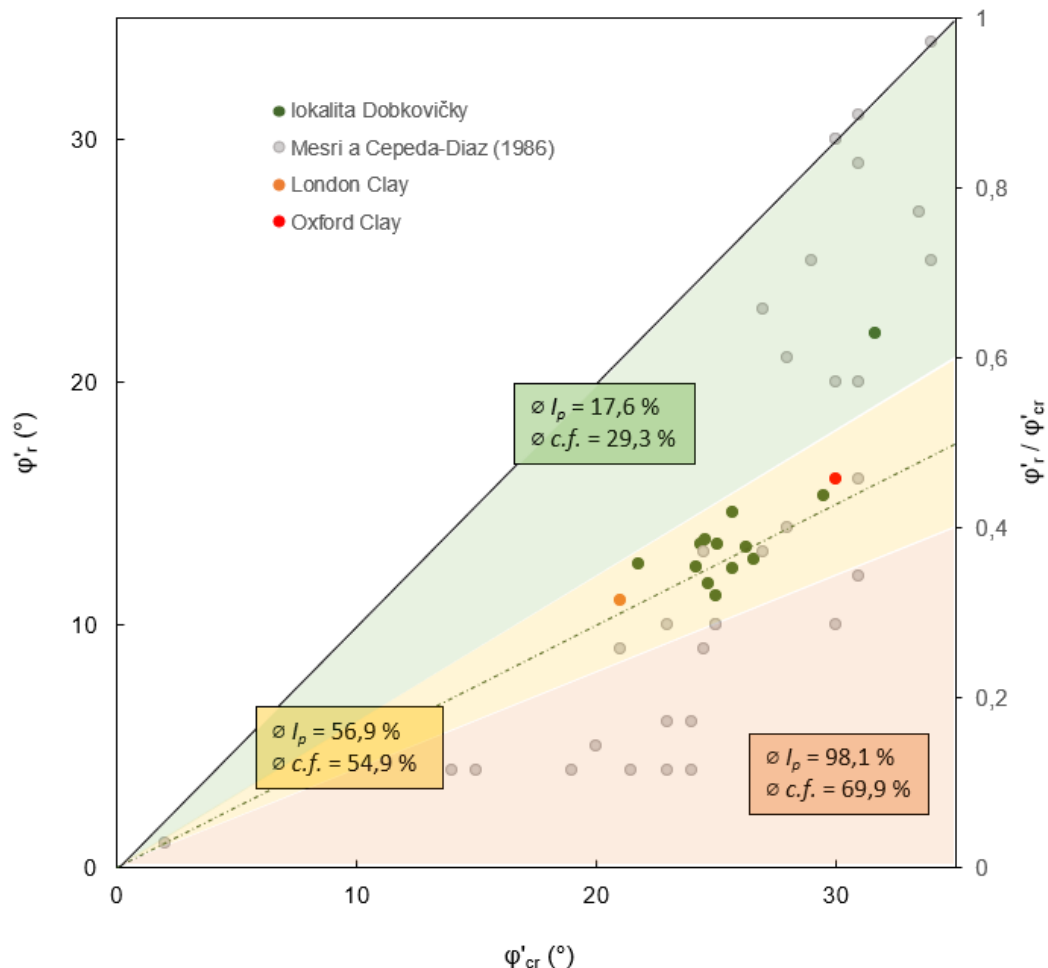
-14.3 – -10.2

-10.1 – -6.0

> 2.5



Využití kombinace metod DInSAR a PSI pro studium nestability sesuvného území v úseku dálnice D8 u obce Dobkovičky. Fárová et al., 2019).



➤ Korelace na bázi indexu plasticity

➤ Korelace na bázi poměru Atterbergových mezí

➤ Korelace na bázi poměru reziduální a kritické pevnosti

➤ Korelace na bázi procentuálního podílu jílové frakce

➤ Korelace na bázi mineralogie

Výstupy aktivity:

- 1) *Vsouhrn*** - Analýza současného poznání obecných faktorů vzniku a vývoje svahových nestabilit
- 2) *Nmap*** - Ortofotomozaiky a digitální modely terénu, detailní mapy identifikace zón lokálního nasycení horninového prostředí u vybraných sesuvů

Vlastní „nepovinné“ výstupy

- 3) *Nmet*** - Metodika verifikace metod radarové interferometrie na SN
- 4) *Nmet/Jimp*** - Optimalizace metodiky GF měření na sesuvech
- 5) *Jimp*** - Predikce pevnosti zemin jako vstupní základní faktor do výpočtu stability svahu
- 6) *Nsoft/Jimp*** - Metodika zpracování GF dat za účelem přesnějších geologických interpretací (integrovaný geofyzikálně-geologický model).

3.1.2 Metodika – webová app

Popis svahové deformace

XXVI. Popis svahové deformace

XXVII. Fotodokumentace

Přidat soubor

XXVIII. Poznámky, doporučení

Zdroje

XXIX. Nadstavby

Registrační záznam geofondu Posudek SOG Posudek P/V Vrty uvnitř sesuvu
NEMETON 2013

XXX. Citace

...

Vložit

Metodika – terénní formulář

XX - opakování jevu	x	XXIII - postižené objekty	x	XXIV - sanační opatření	x	D zabezpečování skalních svahů	
A jednorázová událost		A strategická infrastruktura		A úprava geometrie svahu		α kotvení, svorníky	
B opakující se		B průmyslové objekty a průmyslové provozy		α odtěžení akumulace + úprava svahu		β celoplošné síť	
XXII - ohrožené objekty	x			β odtěžení + náhrada vyztuženou konstrukcí nebo lomovým záhazem		γ dynamická bariéra	
A strategická infrastruktura		C obytné budovy a objekty občanského sektoru		γ přitěžovací lavice		δ těžký záchytný plot	
B průmyslové objekty a průmyslové provozy		D objekty dopravních tras nižšího významu		B odvodnění		ε bariéra typu betonového svodidla	
C obytné budovy a objekty občanského sektoru		E produktovody, dálkovody a inženýrské sítě		α povrchové odvodnění		ζ zemní val	
D objekty dopravních tras nižšího významu		F turistické trasy, zemědělské a lesní plochy, sjezdovky		β drenážní žebro		E specifické metody	
E produktovody, dálkovody a inženýrské sítě		G jinak chráněné objekty či území		γ horizontální odvodňovací vrty (HOV)		α injektáž	
F turistické trasy, zemědělské a lesní plochy, sjezdovky		H ostatní		δ čerpací studny (šachty)		β kontrolovaný odstřel	
G jinak chráněné objekty či území		I žádný		ε drenážní štola		γ biotechnická sanace	
H ostatní		XXV - stupeň rizika	x	C tech. stabilizační opatření pro zem. sv.		δ elektroosmóza	
I žádný		A I. kategorie		α zárubní a opěrní zdi		ε jiná	
		B II. kategorie		β pilotové a štětové stěny			
		C III. kategorie		γ hřebíkování, kotvení			
				δ jiná opatření (např. mikropiloty, záporny, pražce)			

XXVI - Popis svahové deformace, XXVIII - Poznámky, doporučení

Výstupy aktivity:

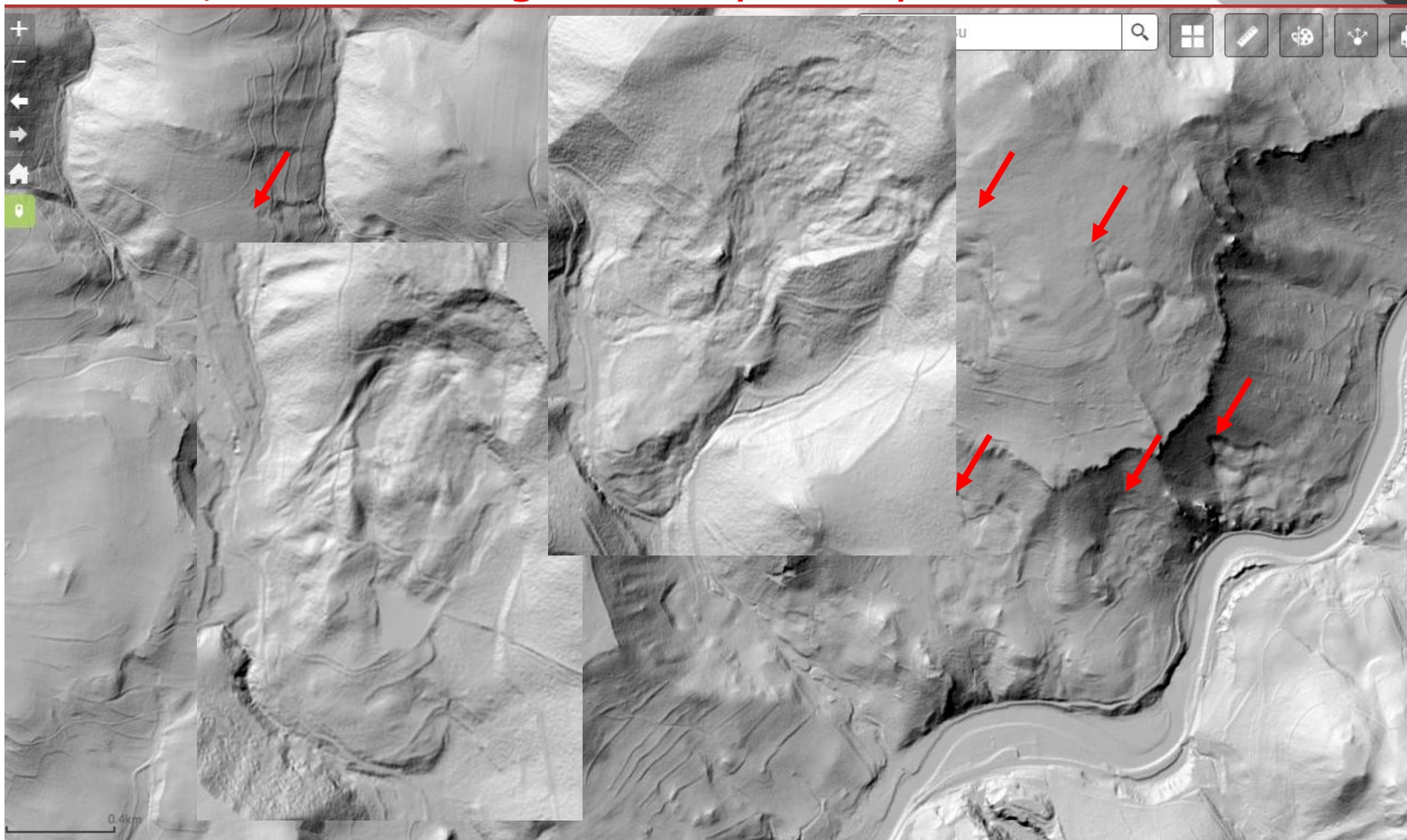
- 1) **Nmet** - Metodika dokumentace a systematizace evidence svahových nestabilit v rámci ČR - dokončení a certifikace

3.1.3 Mapování sesuvů do Registru

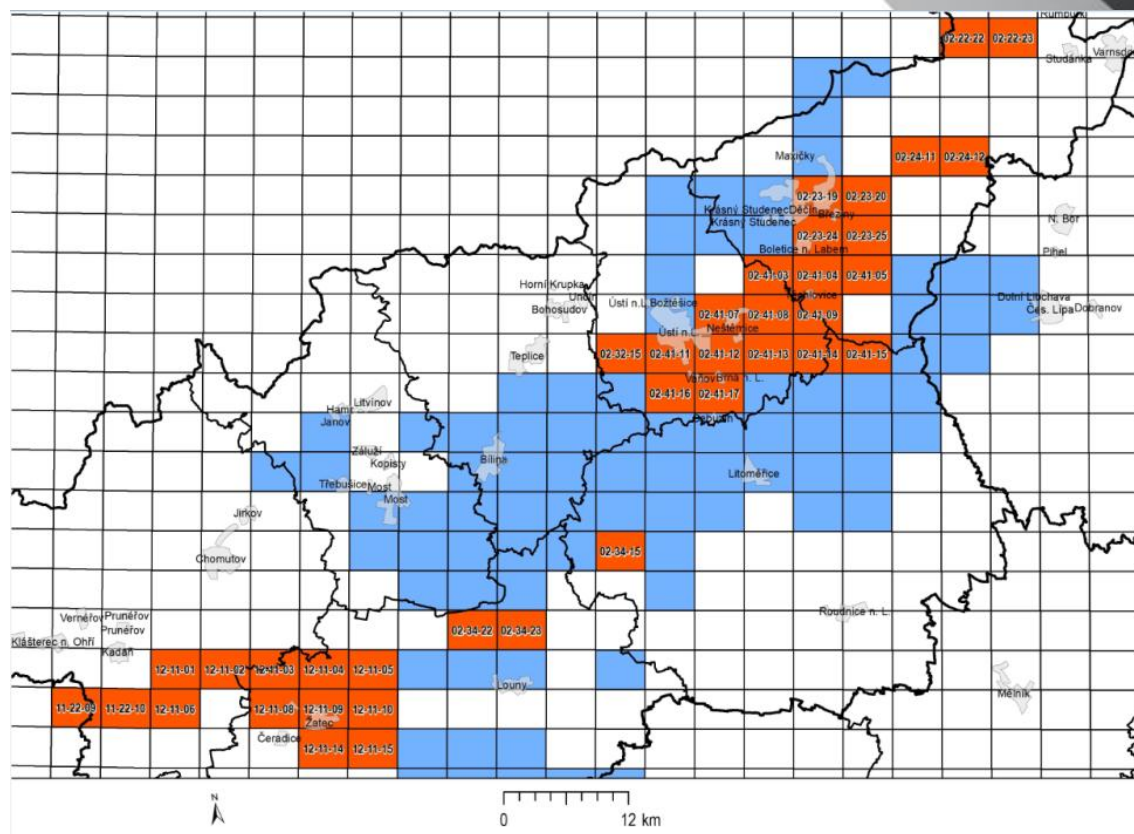


Specifická část ČR

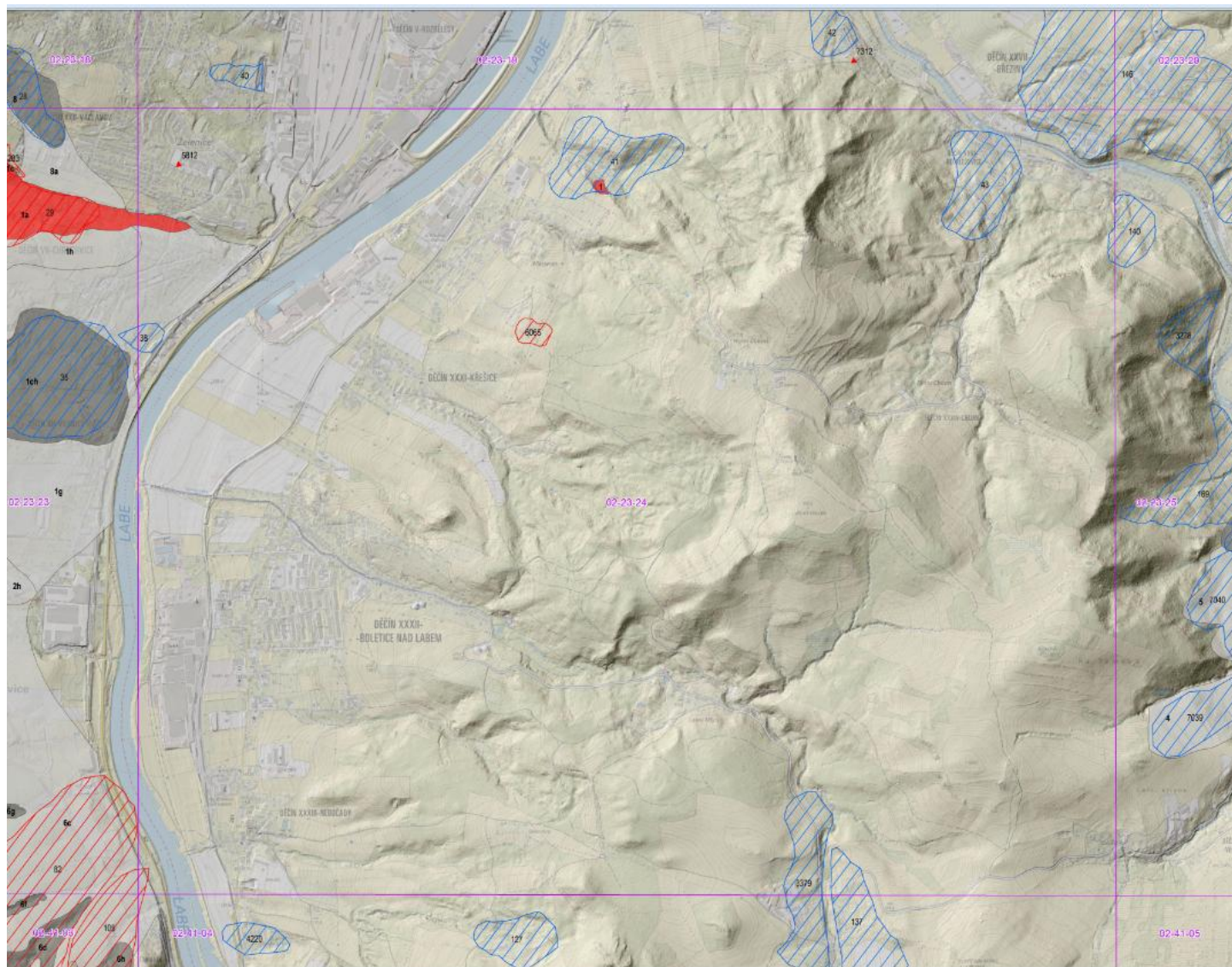
Území, kde není registrovaný žádný sesuv !!



	Název kraje	Počet SD z GF	Počet M10
P r a h a	Praha	77	1
	Středočeský	187	0
	Jihočeský	6	0
	Plzeňský	23	0
	Karlovarský	61	11
	Ústecký	236	40
	Liberecký	194	16
	Moravskoslezský	204	6
B r n o	Královéhradecký	426	36
	Pardubický	235	15
	Vysočina	5	0
	Jihomoravský	110	0
	Olomoucký	14	0
	Zlínský	15	8
	celkem	1793	133



**Celkem je nutno ověřit min
3500 sesuvů !!!**



Příprava
mapy do
terénu

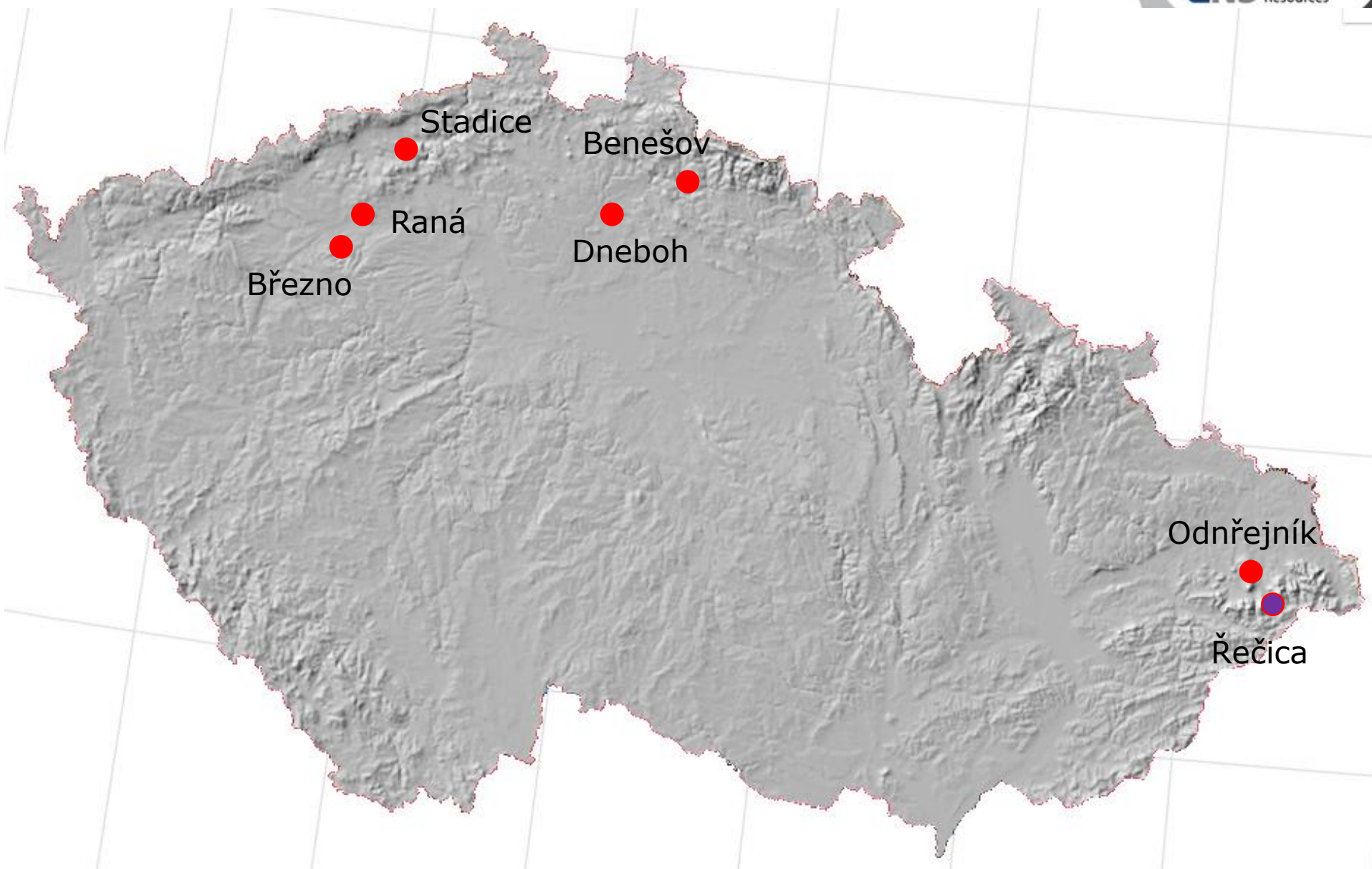
Výstupy aktivity:

- 1) *Sdat*** - Aktualizované evidenční záznamy SN v podobě minimálně 2800 aktualizovaných zákresů a evidenčních databázových záznamů konkrétních SN
- 2) *Nmap*** - Inženýrskogeologické mapy 1 : 10 000

Vlastní „nepovinné“ výstupy

- 3) *S*** - Katalogy SN pro ohrožené objekty a lokality z nově revidovaných území
- 4) *Nmap*** - specializované mapy s odborným IG a morfostrukturním obsahem pro jednotlivé modelové regiony
- 5) *Nmap*** - Katalog aktuálních sesuvů III. kategorie rizika

3.1.4. Výzkum + monitoring



Stav výzkumů na 6-ti lokalitách + Řečice

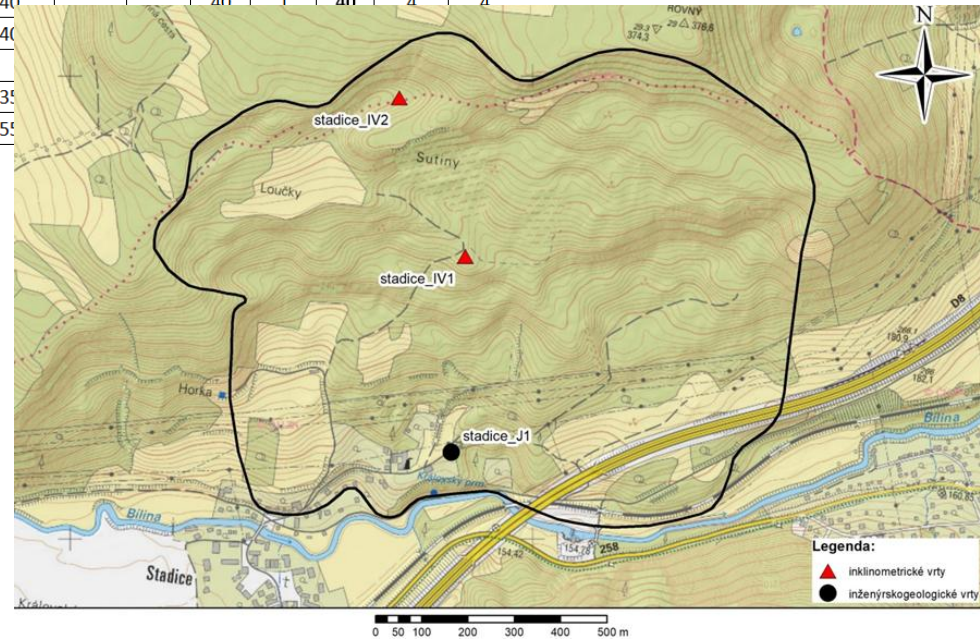
aktivita 3.1.4 - část A

<i>poř. č.</i>	<i>hodn. ocení</i>	<i>lokalita</i>	<i>typ</i>	<i>zpracováno</i>
1	1	Šance - Řečice	hluboké ploužení, vrásnění	proběhlo GPS měření na vybraných bodech. VPN
2	2	Benešov u Semil	sesouvání podél rovinné smykové plochy	6 GF profily, 5x Moire sklíčka, HG monitoring HOV, 3D model z dronu, návrh 2 vrtů
3	2	Březno u Postoloprť	sesouvání podél rotační?	3D model z dronu, opakované měření, návrh 3 vrtů
4	2	Ondřejník	složená SD	2x GF profil, návrh 2 vrtů, IG mapování, založení nového nivelačního pořadu, odebrány vzorky hornin pro lab., data z čidel půdní vlhkosti
5	2	Stadice	blokové ploužení	IG mapování, návrh 3 vrtů
6	2	Dneboh	sesouvání podél kombinované	2x GF profil, návrh 2 vrtů, IG mapování
7	2	Raná	blokové ploužení	4x GF profil, 3D model z dronu, návrh 1 IG vrtu

ZD na monitoring sesuvů (13 vrtů – inklino + HG)

Průzkum svahových deformací	Technické práce															
	Odkryvné práce a karotáž													Laboratorní práce		
jméno svahové deformace	název vrtu	S-JTSK X	SJTSK-Y	vrt - projektovaná hloubka vrtu [m]	jádrové vrt, hloubka 0-10 m [m]- TK	jádrové vrt, hloubka 10-30 m [m] - TK	jádrové vrt, hloubka 30-60 m [m] - TK	bežjádrové vrtání ponorným kladivem [m]	inklinometrické vystrojení vrtu (inklinometrická pažnice a zálivka) [m]	hydrogeologické vystrojení (pažnice, obsyp, těsnění) [m]	likvidace vrtů záhozem [m]	skartace vrtného jádra [m]	osazení zhlaví vrtu (Inklinometrické vrt, HG vrt)	karotážní měření [m]	neporušené vzorky - odběr a klasifikační rozbor	ponušené vzorky - odběr a klasifikační rozbor
Benešov u Semil	Benešov II 1	-669367,63	-994703,48	30	10	20			30			30	1	30	3	3
	Benešov II 2	-669348,98	-994620,36	30	10	20			30			30	1	30	3	3
Březno u Postolopr	Březno II 1	-786814,07	-1006453,73	40	10	20	10		40			40	1	40	4	4
	Březno II 2	-786805,60	-1006491,79	40	10	20	10		40							
	Březno HJ 1	-786809,38	-1006453,20	30	10	20										
Ondřejník	Ondřejník IV 1	-469247,30	-1128196,44	35	10			25	35							
	Ondřejník IV 2	-469209,90	-1128110,26	55	10			45	55							

9.9.2021 zahájení
průzkumu podpisem
smluv

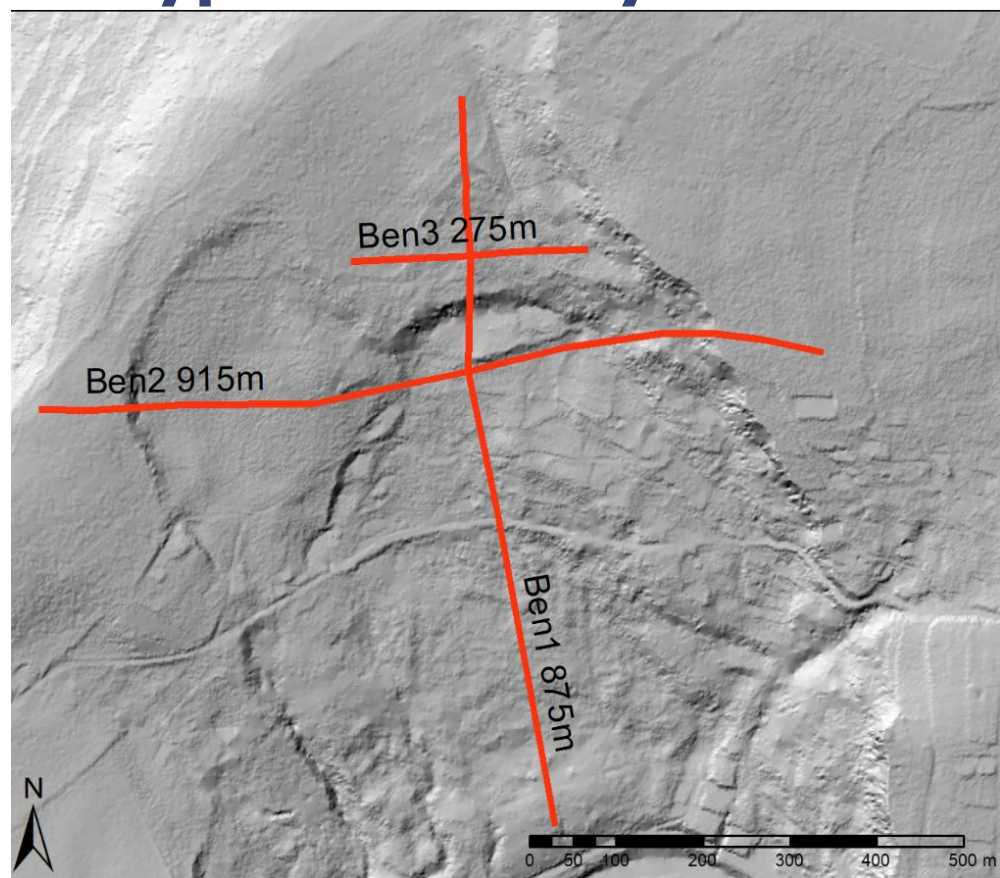


Rock
Environment
Natural
Resources

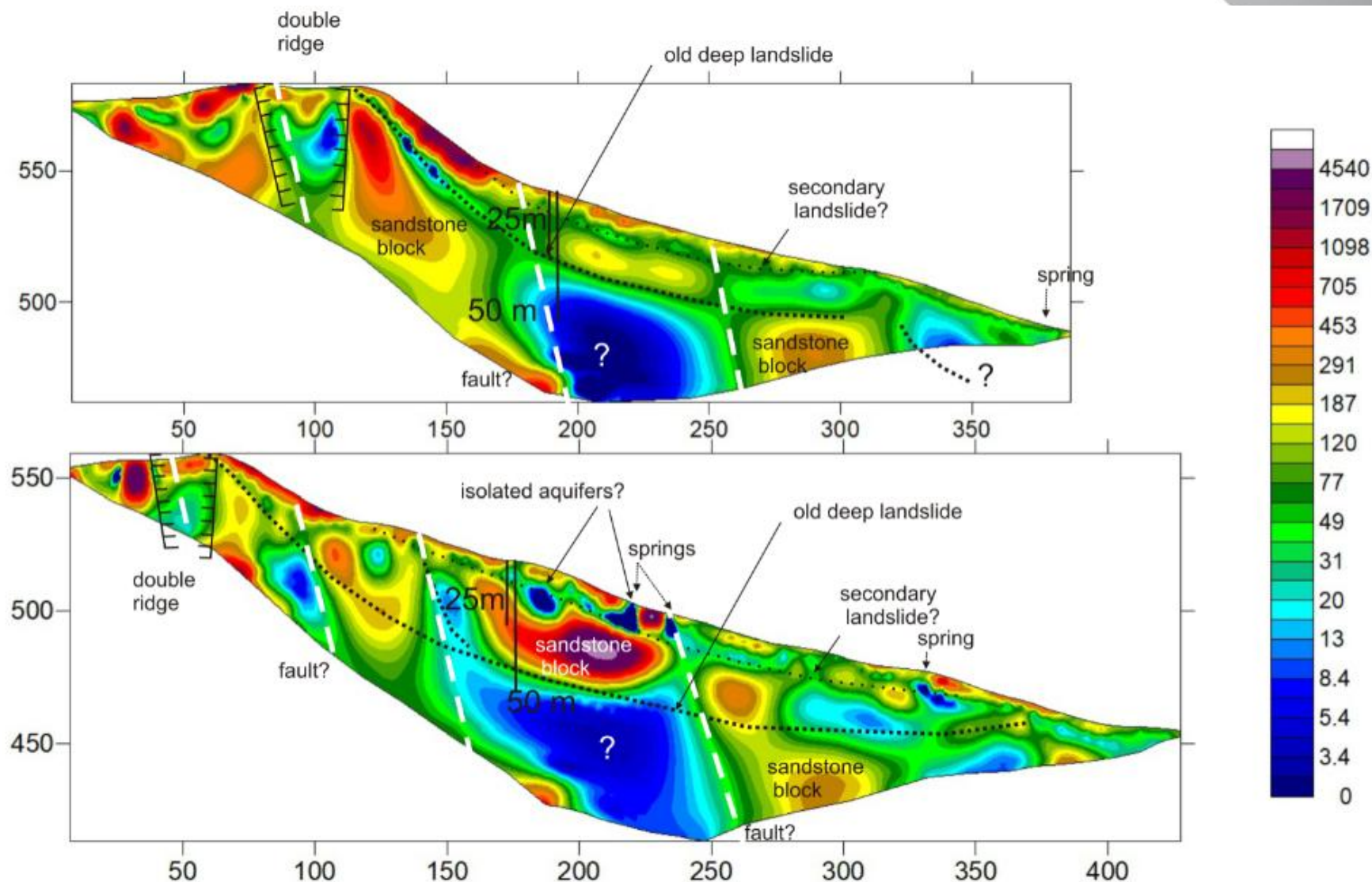


„terénní kampaň Geofyzika“

- Společná měření ČGS + ÚSMH AV
- Měřené lokality: Raná, Dneboh, Ondřejník a Benešov u Semil + **další typové lokality**



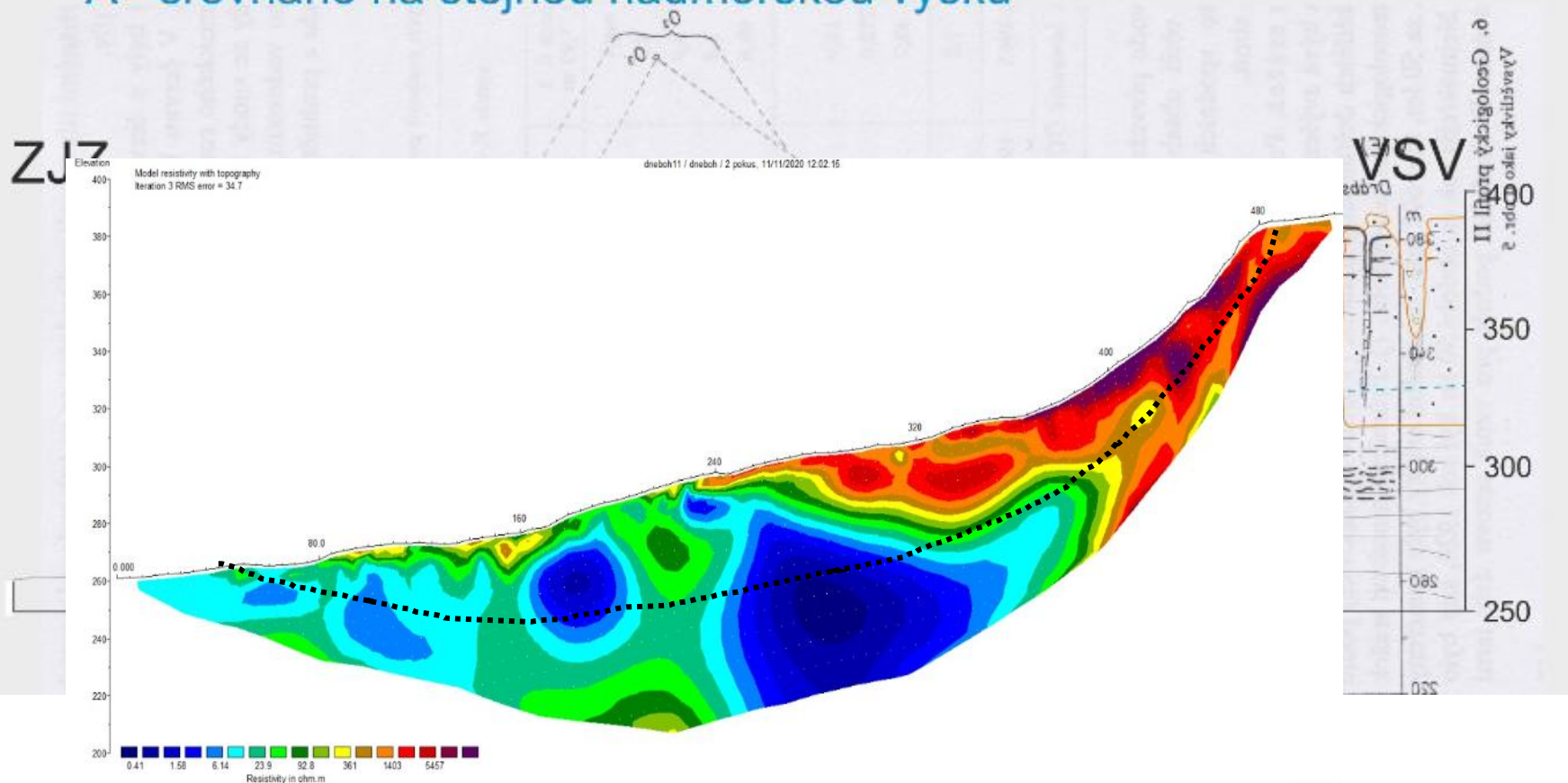
Ukázka ERT profilu: 2 úrovně smykových ploch na Ondřejníku



Spádníkový profil na Dnebohu

Srovnání geologických řezů sesuvem u Dnebohu

černá kresba - Záruba a Mecní 1987, oranžová kresba Rybář et al. 2000
A - srovnáno na stejnou nadmořskou výšku



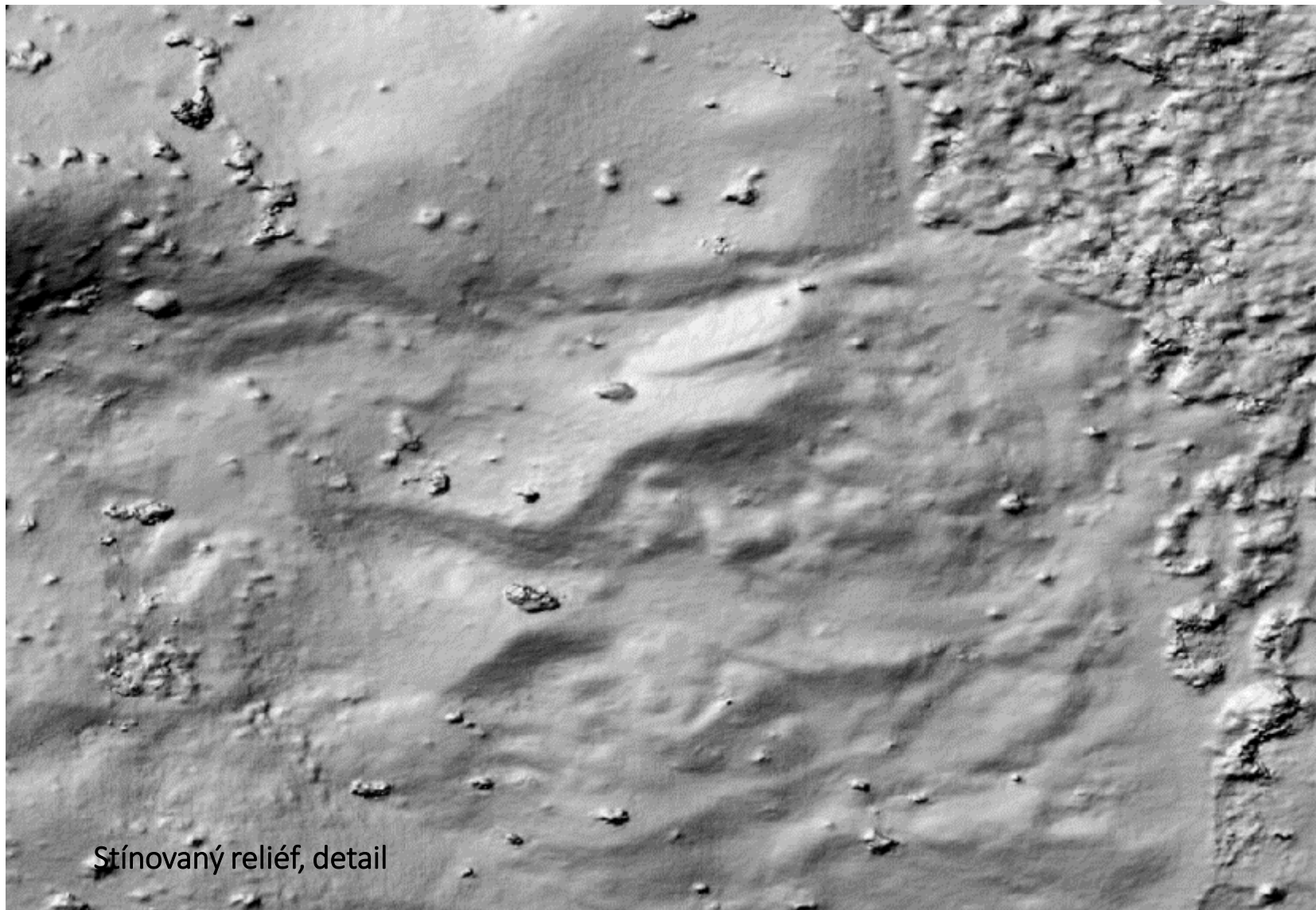
„terénní kampaň DPZ“

- Vybrány 3 lokality vhodné pro UAV snímání:
- **Březno u Postoloprta** (snímání 2x ročně)
- **Raná** (jednorázové snímání)
- **Benešov u Semil** (jednorázové snímání)
- Během března vše nasnímáno pomocí RGB kamery a následně vytvořeny fotogrammetrické modely: digitální modely terénu a ortofotomozaiky.

Březno

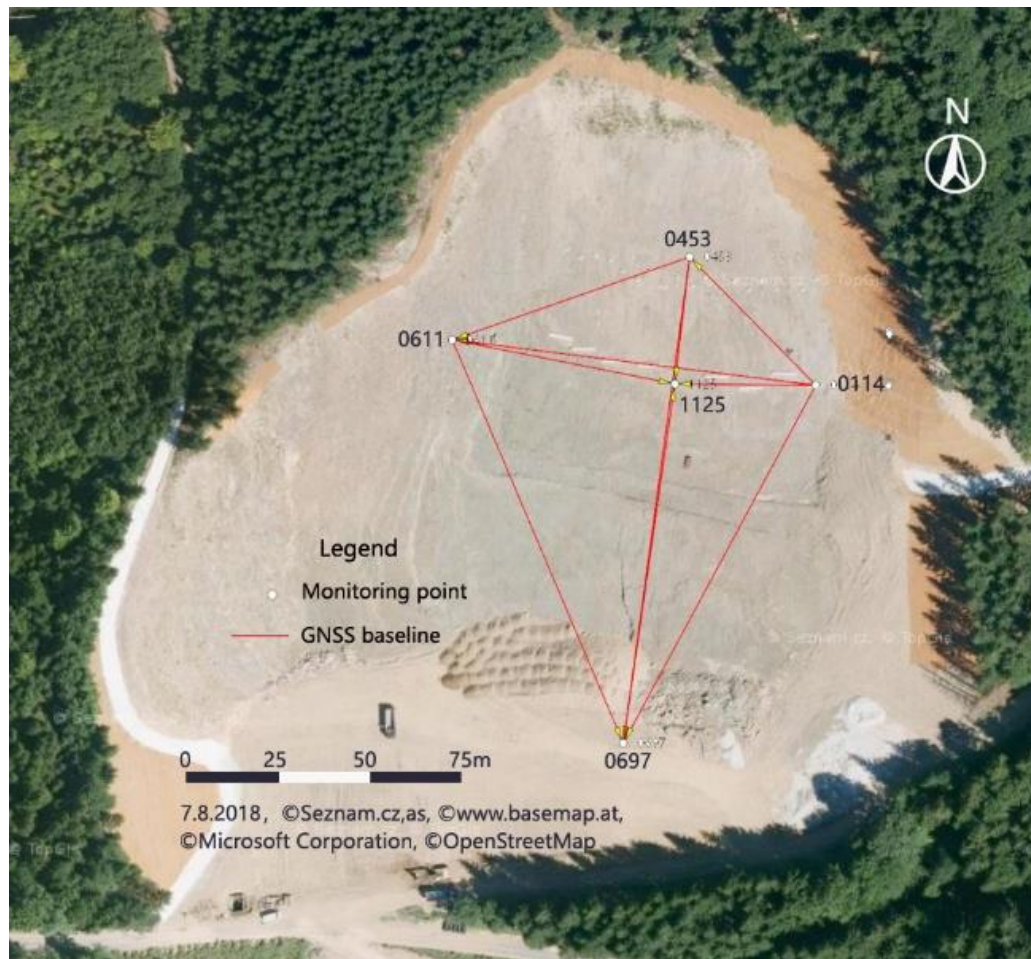


Raná



Stínovaný reliéf, detail

Řečica - Využití technologie GNSS pro měření svahových deformací



Poloha pěti stabilizovaných bodů využívaných pro měření svahových deformací na lokalitě Řečica pomocí technologie GNSS.

Výstupy aktivity:

- 1) *Vsouhrn*** - Závěrečná zpráva z výzkumů na vybraných svahových nestabilitách
- 2) *Nmap*** - Detailní mapy vybraných svahových deformací, včetně řezů

Vlastní „nepovinné“ výstupy

- 3) *Informační systém*** - Systém včasného varování na vybraných lokalitách
- 4) *Jimp*** - Odezvy a zpětné vazby nestabilního podloží na různé fyzikální, klimatické a mechanické podmínky
- 5) *Jimp*** - Vliv krátkodobého a dlouhodobého průběhu změny klimatu (zejména teplot) na stabilitu a deformace skalních svahů
- 6) *Nvz*** - Udržování dlouhodobých časových řad sledování chování SN

3.1.5. RSN – aplikace, medializace

Praha na sesuvech (Sesuvy Prahy, Praha a sesuvy)

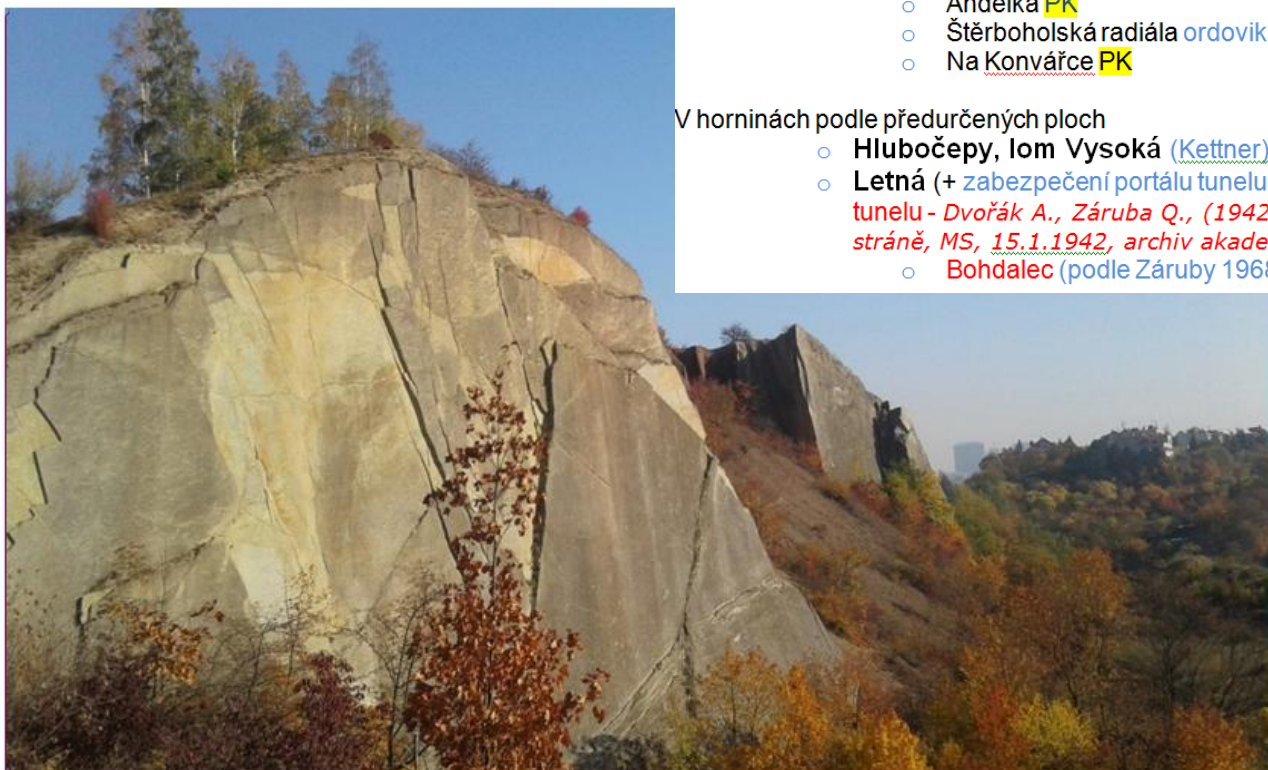
J. Novotný, P. Kycl, M. Aue

V zeminách a rozložených horninách

- Petrín (JN – částečně zpracováno) JN
- Nikolajka ordovik PK
- Spiritka PK
 - Andělka PK
 - Štěrboholská radiála ordovik, JN článek s Ry v Geotechnice JN
 - Na Konvářce PK

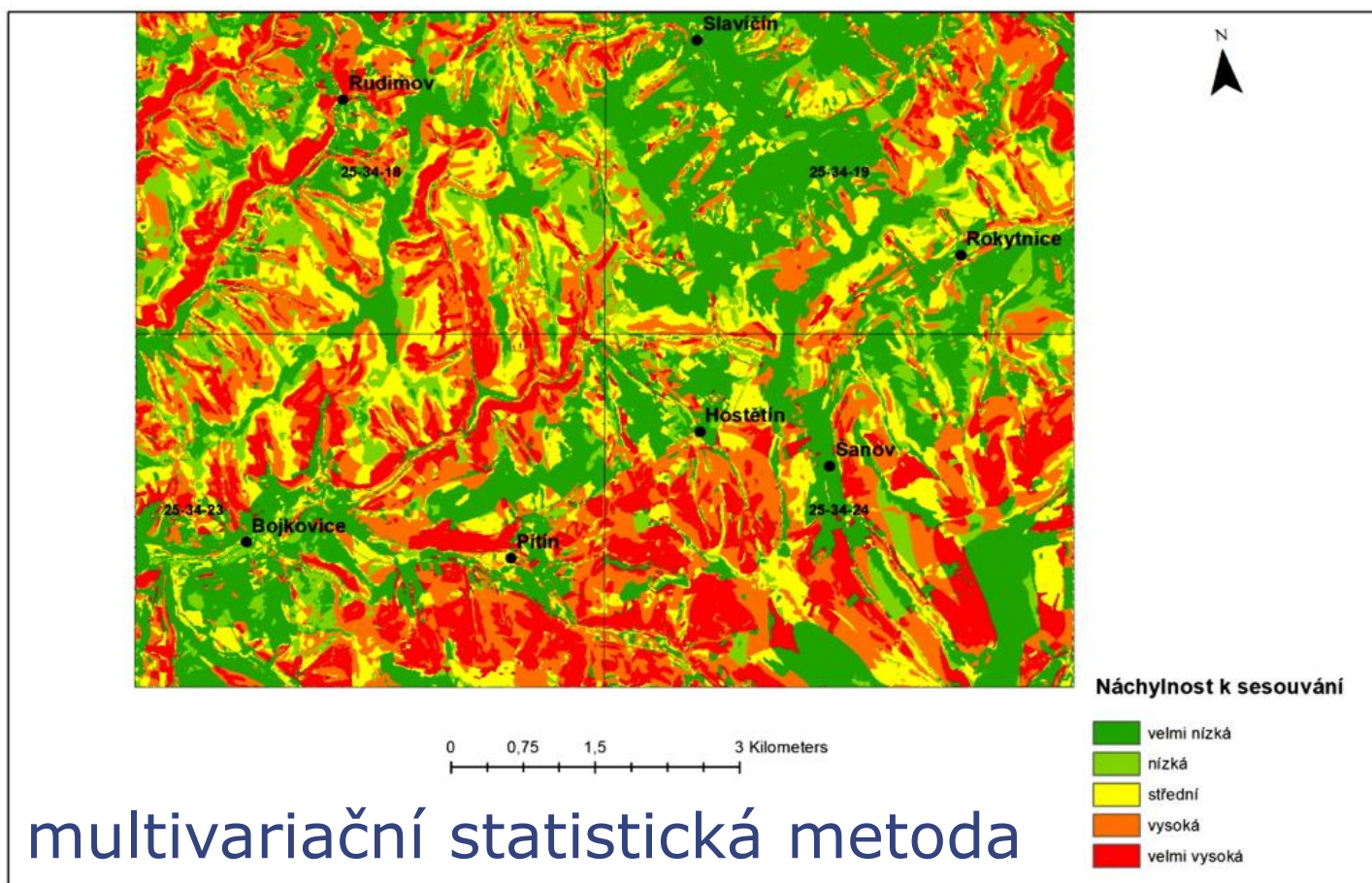
V horninách podle předurčených ploch

- Hlubočepy, lom Vysoká (Kettner) (devon), (v horní části hákování vrstev) JN/PK?
- Letná (+ zabezpečení portálu tunelu asi před 10 lety) nestabilita portálu letenského tunelu - Dvořák A., Záruba Q., (1942) : Zpráva o geologickém výzkumu letenské stráně, MS, 15.1.1942, archiv akademika Záruby PK
 - Bohdalec (podle Záruby 1968) - ordovik



Vrstva náchylnosti

- příprava jednotlivých vstupních parametrických map tak, aby reprezentovaly zájmová území
- kalibrace jednotlivých map.



Výstupy aktivity:

1) S – *Databáze/Veřejný portál „Registr svahových nestabilit ČGS“*

Vlastní „nepovinné“ výstupy

2) O – Monografie o „sesuvech“.

3) Nmet – postupy verifikace dat při přechodu na nové Státní mapové dílo ČR

4) Nmap (Nsoft) – Modely náchylnosti k sesouvání na území České republiky

5) Nsoft – Nová prohlížečí mapová aplikace

6) Nsoft – Mobilní aplikace sběru dat o svahových deformacích

Děkuji za pozornost



Sesuvy vs. Dálnice 1:0