

VÝSLEDKY MAPOVÁNÍ SVAHOVÝCH DEFORMACÍ V RÁMCI ŘEŠENÍ PROJEKTU TAČR HORNINOVÉ PROSTŘEDÍ A NEROSTNÉ SUROVINY (2020– 2026)

RESULTS OF SLOPE DEFORMATION MAPPING WITHIN THE TACR PROJECT "ROCK ENVIRONMENT AND MINERAL RESOURCES" (2020–2026)

Oldřich Krejčí¹, Petr Kysel², Jiří Nečas¹, Vladimíra Krejčí¹, Pavla Tomanová Petrová¹,

¹Česká geologická služba, pobočka Brno, Leitnerova 204/22, 642 00 Brno, e-mail: oldrich.krejci@geology.cz

²Česká geologická služba, Klárov 131/3 Malá Strana 118 00 Praha 1

Abstrakt: Cílem projektu bylo získání a shromáždění komplexních vědomostí o svahových pohybech a z nich plynoucích rizik na základě uplatnění moderních technologií jejich výzkumu a průzkumu, které v konečném důsledku preventivně povede ke snížení nákladů při strategickém plánování a rozvoji krajiny. Implementace ověřených přístupů v kombinaci s inovativními technologiemi tak přispěje k vylepšení znalostí zainteresované odborné veřejnosti, které se uplatní v efektivnějším hospodaření státu během procesu přípravy strategických, ale také lokálních infrastrukturních staveb a při řešení již vzniklých stabilitních problémů. Dalším cílem byla revize a doplnění dřívějšího Registru svahových nestabilit České geologické služby (ČGS) o neaktualizované, dosud pouze formálně převzaté sesuvy ve formě registračních záznamů bývalé organizace ČGS-Geofond.

Abstract: The project aimed to acquire and compile comprehensive knowledge regarding slope movements and the associated risks by employing modern research and survey technologies; ultimately, this will help reduce costs associated with strategic planning and landscape development through preventive measures. Implementing proven approaches alongside innovative technologies will enhance the expertise of relevant professionals, facilitating more efficient state management during the preparation of strategic and local infrastructure projects and in addressing existing slope stability issues. Another objective was to review and update the Czech Geological Survey's existing Register of Slope Instabilities by incorporating landslides previously only formally transferred from the former CGS-Geofond organization that had not yet been fully updated or processed.

Klíčová slova: svahové deformace, inženýrskogeologické mapování, geodatabáze, evidence svahových deformací, geoportál

Key words: slope deformations, engineering-geological mapping, geodatabase, inventory of slope deformations, geoportal

1. Úvod

Projekt řešil existující akutní nedostatek údajů o sesuvných územích z cca 83 % ČR. V těchto územích byly informace o sesuvných územích mnohdy více než 50 let staré a často nepřesné či chybové. Tento fakt výrazně omezuje například železniční a silniční dopravu na lokálních tratích, protože mnohdy desítky let staré zářezy jsou vedeny starými sesuvy nebo ve skalním prostředí a nedostatečná či velmi stará sanace jejich stěn způsobuje skalní řícení, umocněné klimatickými vlivy. Z metodického hlediska jsou pro mapování svahových deformací v hojně míře využívány také moderní metody DPZ, jako je analýza digitálního modelu reliéfu 5. generace (DMR 5G) a snímkování vlastními bezpilotními prostředky (obr. 1).

2. Metodika dokumentace a systematizace pro evidenci svahových deformací

Registr svahových deformací je součástí dlouhodobě budovaného datového skladu ČGS, který obsahuje získané geovědní informace z území České republiky. Údaje o některých sesuvech, dosud používané v geodatabázi Registru svahových deformací ČGS, byly průběžně získávány a obnovovány v období 1962–2010. Většina dat pochází ze 70. a 80. let 20. století. Vzhledem k registračnímu charakteru záznamů byly uchovávány tyto záznamy jako celek v registrační části databáze. Tato registrační geodatabáze zahrnuje území celé ČR, zpracované jednotnou metodikou, mnohdy jsou to však dokumentační údaje z 60. let 20. století.

Česká geologická služba se mapováním svahových deformací systematicky zabývá od roku 1997, kdy došlo v červenci po extrémních srážkových úhrnech na území ČR k aktivaci mnoha set sesuvů s velkými materiálními škodami. Pro jejich komplexní evidenci byl vytvořen Registr svahových nestabilit, v němž byla zdokumentovaná data průběžně doplňována a aktualizována.

Metodika akceptuje nové trendy v geografických informačních systémech (předpříprava dat, DMR 5G – LiDAR)

a vychází z publikovaných klasifikací svahových pohybů, celosvětově užívaných.



Obr. 1. Rozsáhlé řízení sprašových bloků do řečiště Olšavy. Sesuv 22685a.

Fig.1. Massive collapse of loess blocks into the Olšava river channel. Landslide 22685a.

Jednotně zpracovaná metodika s prvky novosti sleduje tyto cíle:

- přehledné vyjádření vypovídací hodnoty zveřejňovaných informací (metadata);
- prezentaci primárních a zejména interpretovaných dat odborné i laické veřejnosti, orgánům veřejné moci;
- aktualizaci atributových tabulek pro mapovou a dokumentační část geodatabáze a doplnění nově sledovaných typů a vlastností SN, včetně aktualizace terénního záznamového formuláře;
- dlouhodobou aktivní a cílenou aktualizaci dat týkajících se svahových deformací, editace a zpřesňování těchto dat;
- vazba na národní systémy (JISŽP, systém krizového řízení);
- návaznost na celoevropské systémy (INSPIRE, globální informační a datové infrastruktury).
- Nedílnou součástí Metodiky je „Popis uložení aktualizované struktury dokumentační a mapové části Registru svahových deformací v datovém skladu“. Uložení popisných a odborných informací Registru svahových deformací vychází z možností technické infrastruktury ČGS a je navázáno na ostatní datové zdroje. Informace registru jsou uloženy prostřednictvím relační databáze Oracle, přičemž geoprostorové informace jsou uloženy pomocí nadstavby Arc SDE fy ESRI v datovém typu `st_geometry`. Připojené přílohy v podobě datových souborů obsahujících dokumentační fotografie, přílohy ve formátu kancelářských software, či další elektronické přílohy jsou uloženy v souborovém systému datového úložiště, které je přístupné prostřednictvím aplikačního serveru.
- Veškerá data jsou ukládána centrálně a pro jejich ukládání a obsluhu se předpokládá vznik aplikačních řešení, která umožní data pořizovat, dotazovat se na jejich obsah, stahovat dílčí údaje a podobně. Jedním z tradičních a velmi efektivních využití informací jsou mapové služby, které umožňují prohlížení informací z registru v kombinaci s dalšími, uživatelem zvolenými mapovými informacemi.
- Základní získání informací o existenci datové sady je zajištěno její registrací v metadatovém katalogu ČGS, který je sdílen do národního geoportálu a evropským geoportálem podle principů směrnice INSPIRE.

Základním prvkem terénního sběru dat je tvorba autorského originálu „Dokumentační mapy svahových deformací 1:10 000“, která spočívá ve zmapování všech prvků, souvisejících se svahovými deformacemi. Tato mapa zobrazuje současné a potenciální svahové deformace a má i tištěnou definitivní verzi. Aktivní sesuvná území jsou zobrazena červeně, dočasně uklidněná černě a uklidněná černou přerušovanou linií. Značkový klíč a legenda k této mapě jsou nedílnou součástí Metodiky.

3. Dělení svahových deformací

Hlavní kritéria použité klasifikace jsou mechanismus a rychlost pohybu, podle kterých byly svahové pohyby rozděleny do celkem čtyř základních skupin svahových pohybů, jako je ploužení, sesouvání, stékání a řícení.

Ploužení je ve smyslu dělení svahových pohybů definováno jako dlouhodobý, zpravidla nezrychlující se pohyb horninových hmot, přičemž hranice vůči pevnému podloží je ve většině případů nezřetelná. Velikost posunů hmot je vzhledem k prostorovým rozměrům postiženého horninového masivu zanedbatelná. Ploužení je přípravnou fází pro sesouvání, stékání a řícení.

Sesouvání je ve smyslu dělení svahových pohybů definováno jako relativně rychlý, krátkodobý klouzavý pohyb horninových hmot na svahu podél jedné nebo více průběžných smykových ploch. Výslednou formou sesuvného pohybu je sesuv. Charakteristické je, že část hmot se nasune na původní terén v předpolí. Při sesouvání se mohou v hlubších partiích současně uplatňovat i pomalé deformace plouzivého charakteru, v povrchových partiích i stékání a řícení.

Stékání je ve smyslu dělení svahových pohybů definováno jako rychlý krátkodobý pohyb horninových hmot ve viskózním stavu. Podstatná část hmot vyteče z odlučné jámy a přemístí se po povrchu terénu na velkou vzdálenost. Stékající hmoty jsou ostře odděleny od neporušeného podloží. Ve srovnání s „pomalým tečením“ při ploužení jde v tomto případě o „rychlé tečení“. Výslednou formou je proud. V konečné fázi vývoje může stékání přecházet do ploužení.

Řícení je ve smyslu dělení svahových pohybů definováno jako náhlý krátkodobý pohyb horninových hmot na strmých svazích, přičemž se postižené hmoty rozvolní a ztrácejí krátkodobě kontakt s podložím. Při pohybu se uplatňuje volný pád, ale současně i ostatní druhy pohybu. Dříve než hmoty ztratí kontakt s podložím, může docházet k plouzivým i k sesuvným pohybům. Také po dopadu k patě svahu se zřícené hmoty pohybují formou stékání a sesouvání. Vzdálenost přemístěných hmot je vzhledem k prostorovým rozměrům zříceného masivu mnohonásobně větší.

Z hlediska aktivity jsou svahové deformace děleny na aktivní, dočasně uklidněné a uklidněné. V případě skalního řícení je dělení pouze na sesuvy aktivní a uklidněné. Za nejzávažnější zdroje rizik jsou považovány sesuvy aktivní. Území s aktivními sesuvy lze popsat jako území zcela nevhodné pro výstavbu: zástavba je vyloučena, pokud není území v předstihu stabilizováno zabezpečovacími opatřeními a monitoringem prokázána jeho stabilita. Výstavba je možná pouze za cenu enormně zvýšených nákladů na preventivní zabezpečovací opatření a monitoring.

Sesuvná území patří z hlediska právní úpravy geologických prací mezi tzv. rizikové geofaktory životního prostředí. Zjišťují se při geologických pracích v rámci geologického průzkumu. Vzhledem k objemu prostředků vynakládaných na odstranění škod způsobených svahovými deformacemi nabývá na významu otázka prevence. Nejúčinnější prevencí je nepochybně možnost vyhnout se sesuvnému území při lidských aktivitách, zejména stavebních. To ovšem není vždy možné, a pak přichází na řadu prevence, která by umožnila území využít, ovšem za předpokladu přijetí a realizace opatření snižujících nebo eliminujících rizikové faktory.

4. Vybrané přínosy nového mapování svahových deformací

V nejvíce ohrožených oblastech bylo provedeno inženýrskogeologické mapování v měřítku 1:10 000. Jsou to:

- Složitá oblast Česko-Saského Švýcarska, dále krajina severních Čech mezi Sokolovem a Ústím nad Labem má dnes po těžbě uhlí zcela jinou morfologii, jsou zde nebezpečné výsypky apod.
- Oblast Broumova a Teplicko-Adršpašské skály, kde dosud nejsou evidovány téměř žádné sesuvy, přitom v oblasti skalních měst je sesuvů velké množství.
- Domapování oblasti vulkanických hornin Českého Středohoří, Doupovských hor, pomezí Královéhradeckého a Pardubického kraje a okrajové části Hostýnských vrchů.

Výsledkem bude jediný a jednotný, veřejně dostupný informační portál, poskytující moderní a aktuální informace o všech známých svahových deformacích v ČR.

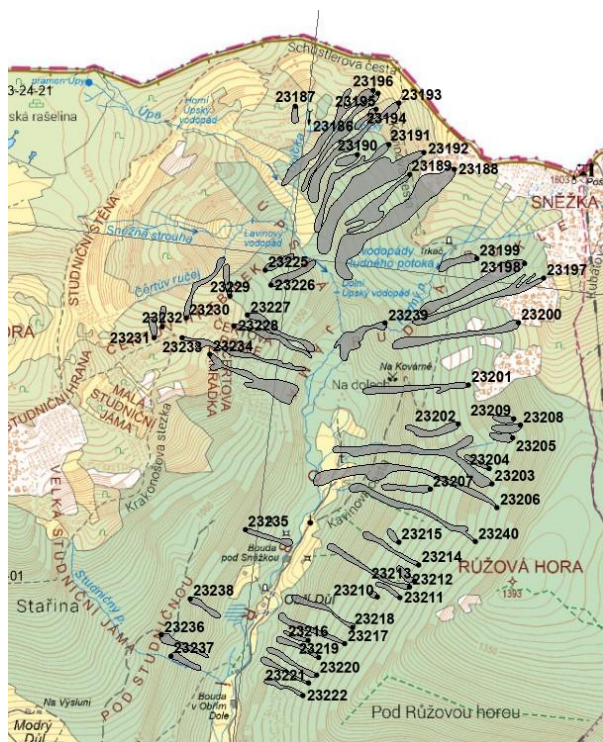
Četné bleskové povodně způsobily v posledních 150 letech iniciaci četných nových blokovobahenních proudů v oblastech, které jsou pro jejich výskyt typické [například Krkonoše 17. července 1883 (Pilous 1973, 1974, 1977)] a Jeseníky 1. června 1921 (Gába 1992, Křížek et al. 2018).

Tyto svahové deformace nebyly nikdy do Registru svahových deformací zahrnuty, jsou však v literatuře a archivech zdokumentovány. Především historicky dokumentované přívalové blokovobahenní proudy se vyznačují v pramenných oblastech Krkonošských dolů nezvyklou hustotou (obr. 2).

K významným dokumentačním kampaním v rámci projektu a také výkonu státní geologické služby v ČGS patřila dokumentace povodňových svahových deformací ze září 2024. Srážkové úhrny za 24 hodin zde 14. září 2024 dosáhly podle internetových zdrojů (tiskový dokument ČHMÚ z 4. 10. 2024) 385,6 mm na stanici Švýčárna v k. ú. Loučná nad Desnou a jsou tak hlavní příčinou vzniku tohoto jevu. Jde o nový nejvyšší naměřený denní úhrn srážek na území ČR. Celkem bylo dokumentováno 124 objektů svahových deformací s největšími škodami v oblasti Hrubého Jeseníku.

Závěr

Údaje a data aktualizovaného Registru svahových deformací umožní uživatelům seznámení se s vlastnostmi vybrané oblasti z hlediska výskytu svahových deformací, a především zajistí homogennost dat v rámci celé ČR. Hlavními výstupy mělo být minimálně 3 512 zákresů a evidenčních databázových záznamů konkrétních objektů v Registru svahových deformací. Ve skutečnosti bylo ke dni 30. 4. 2026 opraveno nebo zcela doplněno 7 185 svahových deformací, včetně dílčích objektů, a tyto jsou v Registru svahových deformací uvedeny pořadově pod čísly 20 001 a vyššími.



Obr. 2. Nově evidované historické svahové deformace v pramenné oblasti Úpy v Registru svahových deformací.
Fig. 2. Newly recorded historical slope deformations in the source area of the Úpa river in Registry of the slope deformations.

Přírůstky plochy zmapovaných svahových deformací v jednotlivých letech řešení projektu a počty svahových deformací jsou uvedeny níže v tabulce 1.

Tab. 1 Přírůstky plochy a počtu zmapovaných svahových deformací v jednotlivých letech řešení projektu.
Tab. 1 Increases in the area and number of mapped slope deformations during the individual years of the project.

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
	ha	ha	ha	ha	ha	ha
Aktivní	4 474,46	4 383,17	4 422,08	4 537,73	4 644,65	4 667,28
Dočasně uklidněné	50 617,98	51 614,43	54 574,39	57 470,32	59 201,47	60 530,13
Uklidněné	29 829,32	31 540,02	34 358,94	35 713,70	39 001,89	44 361,78
Celkem	84 921,76	87 537,62	93 355,41	97 721,75	102 848,01	109 559,19
Počet objektů	1490	367	1029	1059	2021	1447

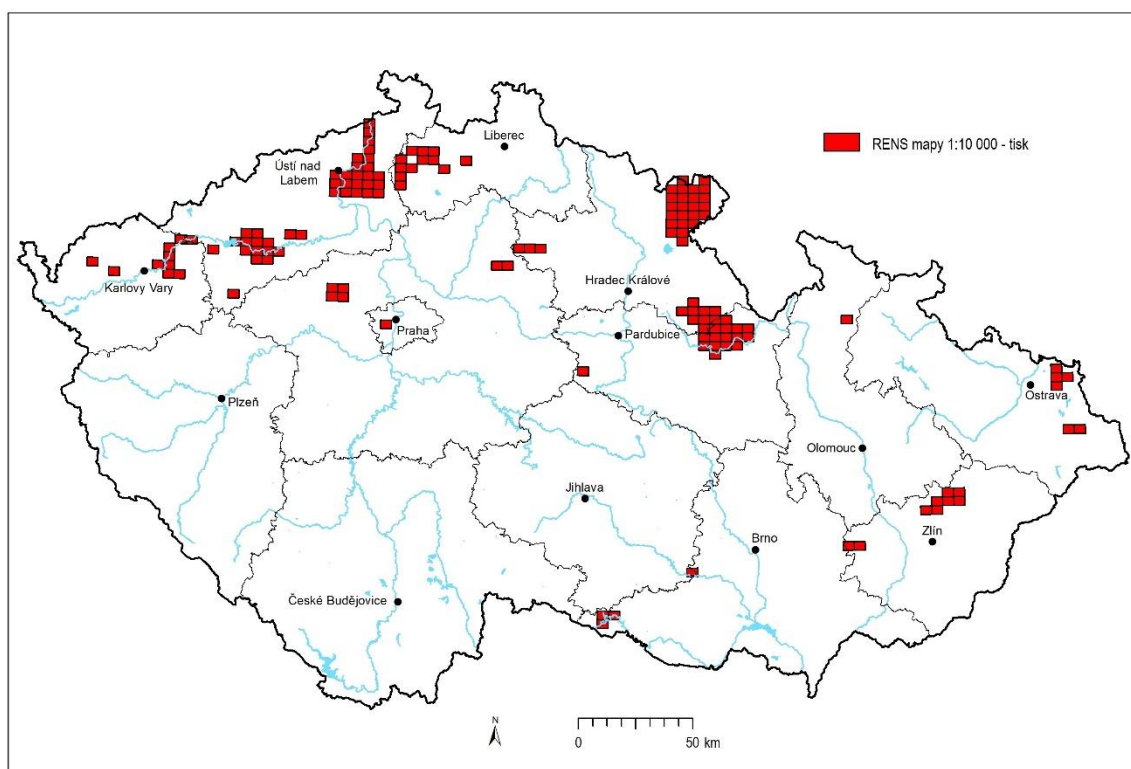
Bylo vytištěno celkem 140 listů „Dokumentačních map svahových deformací v měřítku 1:10 000“, které byly předány do archivu a jejich náhledy budou zveřejněny na Portále geohazardů ČGS (obr. 3). Výsledky projektu jsou využívány městy, obcemi a Státním fondem životního prostředí pro potřeby hodnocení žádostí o dotace z evropských fondů z operačního programu Životní prostředí 2014–2020 v souladu s platnými programovými dokumenty. Data budou dále využívána pro potřeby Generálního ředitelství Hasičského záchranného sboru podle Scénáře podpory krizového řízení geoinformačními technologiemi a Českým statistickým úřadem pro evidenci přírodních pohrom ve státech Evropské unie. Informace o výskytu všech již známých svahových deformací lze

zjistit online na webových stránkách ČGS – https://mapy.geology.cz/svahove_deformace/.

Informace můžou obce, města a další uživatelé využívat k:

- územnímu plánování;
- odhadu nákladů na zakládání staveb;
- sanaci svahových deformací;
- výběru způsobu hospodaření a využití konkrétních postižených území;
- bezpečnostním opatřením a plánům krizového řízení;
- obchodním plánům;
- rozhodování o investicích;
- pojišťovnictví.

Poděkování: Tento příspěvek byl vytvořen v rámci řešení projektu TAČR Program aplikovaného výzkumu, experimentálního vývoje a inovací v oblasti životního prostředí: Prostředí pro život – Rizikové geofaktory, řešeného v letech 2020 až 2026 (projekt Horninové prostředí a nerostné suroviny č. SS02030023 – RENS).



Obr. 3 Mapové listy 1:10 000 dokončené v rámci řešeného projektu.

Fig. 3 Map sheets in the 1:10,000 scale completed as part of the project.

Seznam literatury

- Gába, Z. (1992). *Mury pod Keprníkem v červenci 1991*. Severní Morava, 64, 43–49.
- Křížek M., Krause D., Raschová T. 2018: *Debris flows in the Hrubý Jeseník Mountains, Bohemian Massif, Czech Republic*. — Journal of Maps, 14:2, 428–434, DOI: 10.1080/17445647.2018.1486241
- Pilous V. 1973: *Strukturní mury v Krkonoších I. část*. — Opera Corcontica 10, 15–69, Praha.
- Pilous V. 1975: *Strukturní mury v Krkonoších II. část*. — Opera Corcontica 12, 7–50, Praha.
- Pilous, V. 1977: *Strukturní mury v Krkonoších III. část*. — Opera Corcontica 14, 7–94, Praha.