



**Vliv geologických a morfometrických podmínek na velikost sesuvů  
ve vybraném transektu Vnějších Západních Karpat**  
*Influence of geological and morphometric conditions on the size of landslides  
in a selected transect of the Outer Western Carpathians*

●  
**Sára Němcová<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>TEREBO s.r.o., 4. května 212, CZ-755 01 Vsetín, Česká republika; e-mail: nemcova@terebo.cz

**Keywords:** DMR5G, geology, GSI, landslides, Magura Nappe, Outer Western Carpathians, SWATH profile analysis

**Klíčová slova:** analýza pásového profilu, DMR5G, geologie, GSI, magurská skupina příkrovů, sesuvy, Vnější Západní Karpaty

## ABSTRACT

The southeastern part of the Czech Republic is formed by the Flysch Belt of the Outer Western Carpathians, which stretches from the southwestern borders with Austria and continues along the Czech-Slovak border northeastward to Poland. Although knowledge in the field of slope deformations is crucial for understanding relief evolution, studies addressing the quantification of the bedrock's influence on landslide genesis remain scarce. The aim of this study is to assess the influence of the flysch bedrock on the size and spatial distribution of landslides within the Magura Group of Nappes of the Outer Western Carpathians, while complementarily considering the Silesian Unit of the Outer Group of Nappes. For the purpose of this research, a north-south oriented swath profile measuring 22 × 3 km was analyzed in the southeastern part of the Vsetín District. This transect runs from the Makyta peak (923 m a.s.l.) to the town of Rožnov pod Radhoštěm, intersecting the Rača Unit of the Magura Group of Nappes, and marginally the Silesian Unit of the Outer Group. The influence of the flysch bedrock on the size and distribution of landslides was assessed based on the analysis of the DTM 5G, field reconnaissance, the Geological Strength Index, and Spearman's rank correlation analysis. Using ArcGIS Pro,

maps of selected morphometric characteristics were compiled utilizing the DTM 5G and a landslide database. Subsequently, using zonal statistics, parameters such as valley network density, slope inclination, and elevation were calculated. A significant correlation was recorded particularly between valley network density and relief amplitude, as well as the relationship of relief amplitude to the thickness of sandstone beds and their proportional representation. Due to the uneven distribution of data across individual lithostratigraphic units, the Geological Strength Index analysis method lost its relevance given the lack of data within the selected transect; instead, mapping resistant sandstone beds based on the DTM 5G proved to be a more suitable approach. The obtained outputs were subjected to correlation analysis, which suggests that extensive slope deformations tend to occur in a terrain with lower vertical dissection and gentle slopes featuring spatially extensive resistant beds, whereas areas with higher vertical dissection and steep slopes are characterized by smaller landslides. The analysis further confirmed significant interrelations among the predisposing factors themselves (slope inclination and elevation, or slope inclination and relief amplitude).

## ABSTRAKT

Jihovýchodní část České republiky je tvořena flyšovým pásmem Vnějších Západních Karpat, které se táhne od jihozápadních hranic s Rakouskem a podél česko-slovenské hranice pokračuje až na severovýchod k Polsku. Přestože poznání v oblasti svahových deformací je klíčové pro pochopení vývoje reliéfu, studií zabývajících

se kvantifikací vlivu geologického podloží na genezi sesuvů je stále nedostatek. Cílem této studie je posoudit vliv flyšového podloží na velikost a rozmístění sesuvů magurské skupiny příkrovů Vnějších Západních Karpat, přičemž byla doplňkově zohledněna i slezská jednotka vnější skupiny příkrovů. Pro výzkum byl pomocí pásového profilu SWATH analyzován severojižně orientovaný transekt o rozměrech 22 × 3 km v jihovýchodní části okresu Vsetín, probíhající od vrcholu Makyta (923 m n. m.) po město Rožnov pod Radhoštěm, který protíná račanskou jednotku magurské skupiny příkrovů, ale okrajově i slezskou jednotku vnější skupiny. Vliv flyšového podloží na velikost a rozmístění sesuvů byl posouzen na základě analýzy DMR 5G, rekognoskace terénu, Geological Strength Indexu a Spearmanovy korelační analýzy. V programu ArcGIS Pro byly za užití DMR5G a sesuvné databáze sestaveny mapy vybraných morfometrických charakteristik. Za užití zonální statistiky byly následně vypočteny jejich parametry jako např. hustota údolní sítě, sklon svahu nebo nadmořská výška. Zaznamenána byla zejména významná korelace mezi hustotou údolní sítě a převýšením reliéfu, dále vztah převýšení k mocnosti pískovcových vrstev a jejich poměrnému zastoupení. Vzhledem k nerovnoměrnému rozložení dat v jednotlivých lito-stratigrafických jednotkách pozbyla metoda Geological Strength Index analýzy svou relevanci z důvodu nedostatku dat ve vybraném transektu a jako vhodnější se osvědčilo mapování odolných pískovcových vrstev na základě DMR 5G. Získané výstupy byly podrobeny korelační analýze, na základě níž lze usuzovat, že plošně rozlehle svahové deformace se vyskytují spíše v terénu s nižší vertikální členitostí a mírnými sklony se zastoupením plošně rozlehlejších odolných vrstev, kdežto oblasti s vyšší vertikální členitostí a strmými sklony se vyznačují plošně menšími sesuvy. Analýza dále potvrdila významné vzájemné vazby mezi samotnými predispozičními faktory (sklon svahů a nadmořská výška, nebo sklon svahů a převýšení).

## ÚVOD

Geologické poměry jsou základním činitelem ovlivňujícím ráz reliéfu. Flyšové komplexy, budované střídáním pískovců a jílovců v různém zastoupení, výrazně ovlivňují morfometrické charakteristiky reliéfu (STRÁNÍK et al. 1993; CHLUPÁČ 2002). Vyšší nadmořská výška, větší sklony svahů a nižší hustota údolní sítě jsou vázá-

ny na odolnější horniny, jako jsou pískovce (PÁNEK & HRADECKÝ 2016).

Flyšové oblasti se obecně vyznačují velkým množstvím svahových deformací, jejichž velikost, rozmístění i typ je vázán na charakter podloží (PÁNEK et al. 2019). Zatímco se hluboce založené svahové deformace (DSGSD) vyskytují v hrubě lavicovitém flyši s převahou pískovců a slepenců, rozlehle rotační sesuvy dominují především v oblastech s drobně rytmickým flyšem s převahou jílovců a nižším sklonem svahů především s jižní a jihovýchodní vergencí (KLIMEŠ 2002; KREJČÍ et al. 2002). Heterogenita flyšových hornin, rozdíly v mocnostech a sklonu vrstev mezi jednotlivými souvrstvími mají zásadní vliv na morfologii sesuvů (Menčík et al. 1983).

Přestože oblast Vnějších Západních Karpat (VZK) je jednou ze sesuvy nejpostiženějších oblastí v České republice a problematice se v regionu věnovala řada autorů (např. KIRCHNER & KREJČÍ 1998; BÍL 2003; KLIMEŠ 2008; PÁNEK et al. 2011; BŘEŽNÝ et al. 2021), stále není dostatek studií, které by se zabývaly kvantifikací vlivu geologického podloží na genezi sesuvů (PÁNEK et al. 2019). Toto poznání je však velice důležitým krokem k pochopení vývoje reliéfu flyšových struktur v jednotlivých částech Západních Karpat (PÁNEK et al. 2009). Svahové deformace utvářejí reliéf krajiny, tvoří jedinečné přírodní biotopy, jejich dopad však může být i destruktivní (KLIMEŠ & NOVOTNÝ 2011). Zejména v osídlených oblastech mohou ohrozit infrastrukturu či samotné lidské životy (RAŠKA & KLIMEŠ 2017).

Cílem práce je posouzení vlivu geologických podmínek a morfometrických charakteristik reliéfu na prostorovou distribuci a plošný rozsah svahových deformací v severojižně orientovaném transektu mezi vrcholem Makyta (923 m n. m.) a městem Rožnov pod Radhoštěm. Tento transekt představuje reprezentativní území procházející jednotlivými geologickými souvrstvími s odlišnými strukturálně-litologickými vlastnostmi, což umožňuje kvantifikaci morfometrických charakteristik sesuvů v závislosti na daném podloží. Výzkum se primárně zaměřuje na jednotku magurské skupiny příkrovů, konkrétně na pískovcové polohy soláňského a zlínského souvrství račanské jednotky, avšak v rámci ucelenosti datového souboru byla do analýzy zahrnuta i okrajová část transektu spadající do slezské jednotky vnější skupiny příkrovů, a to navzdory jejímu menšímu plošnému zastoupení. Stěžejním metodickým postupem je v tomto případě detailní mapování odolných pískovcových vrstev a analýza morfometrických cha-

rakteristik reliéfu s využitím digitálního modelu reliéfu 5. generace (DMR 5G). Tato data jsou dále konfrontována s výsledky analýzy Geological Strength Index (GSI), která byla v rámci výzkumu aplikována za účelem zhodnocení rozdílů pevnosti hornin vybraných lito-stratigrafických jednotek. Výzkum implementuje v dané lokalitě dříve nepoužité analytické metody. Na základě jejich výsledků je posuzována vazba sesuvů na morfologii a geologické poměry v oblasti vybraného transektu, rovněž jsou hodnoceny případné korelace vybraných parametrů mezi sebou.

## POPIS ÚZEMÍ A METODIKA

Dle geomorfologického členění (DEMEK et al. 2006) náleží studované území (Obr. 1) vybraných lito-stratigrafických jednotek provincii Západní Karpaty a nachází se v severovýchodní části podprovincie Vnější Západní Karpaty (celky Západní Beskydy a Moravsko-slovenské Karpaty). Strukturní stavba flyšového pásma, jako střídání relativně pevných pískovců a málo odolných jílovců, charakter a směry zvrásnění vrstev (POKORNÝ 1952), porušení zlomy a výskyt velkého množství aktivních i stabilizovaných sesuvů se zásadně podepsaly do reliéfu území (KONEČNÝ et al. 1990). Sníženiny jsou vázány na méně odolné vrstvy jílovců, horské hřbety tvoří odolnější vrstvy pískovců, podmiňující SV–JZ orientaci údolí (KONEČNÝ et al. 1990).

Práce se soustředila na území od vrcholu Makyta (923 m n. m.) až po obec Vidče v račanské jednotce magurské skupiny příkrovů, kterou lze dále rozčlenit od Makyty po hlavní hřbet Vsetínských vrchů do zlínského souvrství eocenního až oligocenního stáří, vyznačujícího se faciální rozrůzněností vrstev s převahou středně až hrubě rytmického flyše, tvořeného glaukonitickými pískovci a šedými vápnitými jílovci (STRÁNÍK et al. 1993). Severně od hřbetu Vsetínských vrchů rozděluje zlínské a soláňské vrstvy úzký pás bělověžského souvrství budovaného drobně rytmickým flyšem s rudohnědými a zelenošedými jílovci paleocenního až eocenního stáří. Flyšové vrstvy paleocenního stáří s proměnlivým podílem pískovců a jílovců soláňského souvrství zastupují větší oblast severní části transektu, severně od hlavního hřbetu Vsetínských vrchů až po obec Vidče. Severně od bělověžského souvrství po město Rožnov pod Radhoštěm navazuje slezská jednotka vnější skupiny příkrovů s poměrně složitou geologickou stavbou střídajícího se podmenilitového souvrství (zastoupené-

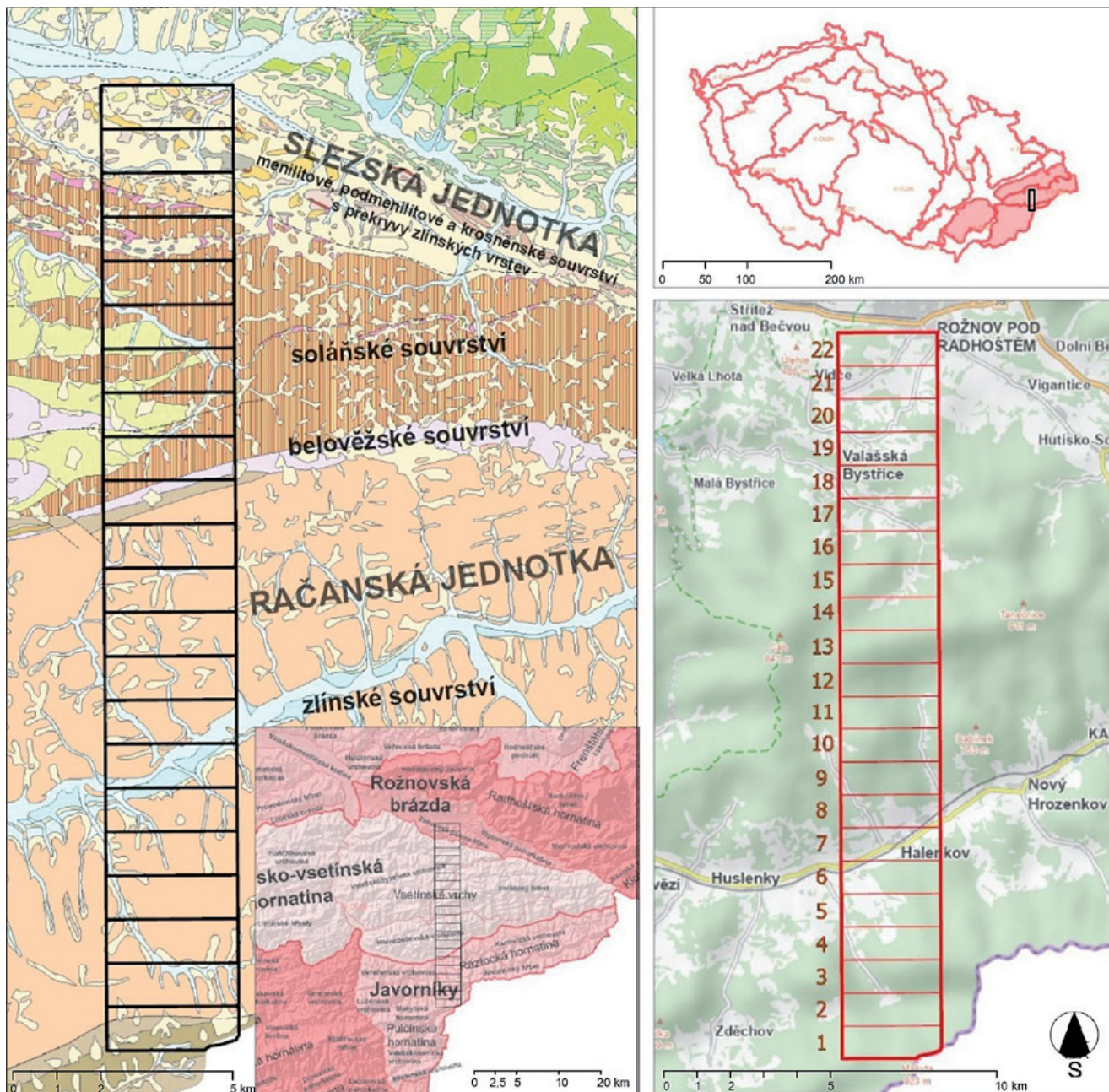
ho pestrými jílovci s vložkami pískovců), menilitového souvrství (tvořeného převážně bituminózními jílovci se silicity) a krosněnského souvrství (vyznačujícího se typickým pískovcovo-jílovcovým flyšem). Tato stavba je místy protínána výstupy zlínských vrstev (ČGS, 2023).

Pro analýzu byly užity vybrané morfometrické charakteristiky reliéfu – nadmožská výška (H), převýšení (EL), sklon svahu (SL) a hustota údolní sítě (VD). Dále byly analyzovány parametry sesuvů, u nichž byla sledována plošná rozloha (LS-av) a jejich celkový počet (LS-sum) v jednotlivých segmentech. Do hodnocení byly rovněž zahrnuty charakteristiky odolných pískovcových vrstev, pro které byla vypočtena rozloha (GL-av), poměr plošného povrchového rozsahu největší pískovcové vrstvy k součtu rozloh ostatních vrstev (GLMO), poměr největší a nejmenší pískovcové vrstvy (GLMM) a průměrný sklon vrstevních ploch (SLGL). Za použití zonální statistiky byly následně z těchto dat vypočteny maximální/minimální a průměrné hodnoty a směrodatné odchylky (SD).

Pro zobrazení a následnou analýzu jednotlivých morfometrických charakteristik bylo použito různých postupů v prostředí programu ArcGIS Pro 2.7.0. Údaje o nadmožské výšce byly zjišťovány přímo ze souboru DMR 5G (ČÚZK, 2022). Barevná symbologie byla upravena tak, aby nadmožská výška terénu přecházela z oblastí s nižší nadmožskou výškou zelených odstínů do oblastí s nadmožskou výškou vyšší, znázorněnou odstíny hnědé. Pro výškovou členitost bylo užito funkce Focal Statistic v okruhu 1 km<sup>2</sup>. Pro sklon a vizuální zobrazení nadmožské výšky bylo užito funkcí Hillshade a Slope. V zájmovém území byly také zmapovány všechny údolní sítě pomocí liniových zobrazení vodních toků, které byly klíčovým prvkem pro výpočet hustoty údolní sítě za pomoci funkce Line Density v okruhu 1 km<sup>2</sup>.

Pro sledované parametry byl nakonec v prostředí softwaru Microsoft Excel vypočten Spearmanův korelační koeficient. Výpočet byl realizován nejprve transformací vstupních dat na pořadí pomocí funkce RANK.AVG a následným uplatněním korelační funkce CORREL. Výsledné hodnoty byly graficky znázorněny ve spojnicovém grafu v závislosti na vzdálenosti od začátku sledovaného transektu.

V programu ArcGIS Pro bylo za užití příčných profilů SWATH analýzy vymezeno území zájmového transektu o délce 22 km a šířce 3 km a to tak, aby příčně zastihlo průběh strukturně-litologicky odlišných geologických vrstev zlínského i soláňského souvrství račanské jednotky magurské skupiny příkrovů, ale okrajově i část



Obr. 1. Umístění studovaného transektu a mapa geomorfologického členění. Zdroje podkladových dat: ČGS, AOPK ČR, ArcGEO, ČÚZK, ŠOP SR, Esri, HERE, Garmin, INCREMENT P, USGS, METI/NASA, NGA (2022).

Fig. 1. Location of the study transect and map of geomorphological division. Base data sources: ČGS, AOPK ČR, ArcGEO, ČÚZK, ŠOP SR, Esri, HERE, Garmin, INCREMENT P, USGS, METI/NASA, NGA (2022).

slezské jednotky vnější skupiny příkrovů (TELBISZ et al. 2013).

SWATH analýza je metoda horizontálně rozdělující linii příčného řezu na obdélníkový pás.

Při běžném postupu analýza SWATH profilů postupuje v pěti krocích:

- 1) Vymezení zájmového úseku (obvykle obdélník) z DMR 5G, kde jedna strana je definována jako základní linie.
- 2) Pro každý bod v rámci pásma se vypočítá vzdálenost od základní linie.

3) Body se rozdělí do bloků dle vzdálenosti od základní linie.

4) Pro každý blok o velikosti 3 × 1 km se vypočítají statistické parametry hodnot studovaných charakteristik (minimum, maximum a průměr, ale i směrodatná odchylka, medián, kvartil).

5) Vybrané statistické parametry se vynesou do grafu v závislosti na vzdálenosti od základní linie.

K následnému výpočtu a vizualizaci vybraných morfometrických charakteristik ve vymezeném transektu (hustota údolní sítě, výšková členitost, nadmořská výš-

ka, sklon svahu), ale také zmapování skalních výchozů (mapovaných pomocí bodů) a vymezení odolnějších pískovcových vrstev (zachycené v polygonové vrstvě), bylo využito DMR 5G (rozlíšení 1 m), odvozeného z leteckého LiDARu (ČÚZK 2022).

Za účelem zmapování odolných pískovcových vrstev, byly z DMR 5G vygenerovány modely stínovaného reliéfu (funkce Hillshade), a to s využitím kombinace azimutů osvětlení 20°, 90°, 180°, 340° a 360°, vertikálním nasvícení 70° a 90° a Z-faktoru 3, 4 a 5. Odolné pískovcové vrstvy se na stínovaném modelu reliéfu jeví jako světlé linie různých mocností, převážně kopírující stejný, či podobný směr, v tomto případě tedy od JV na SZ.

Do zájmového transektu byla také využita databáze sesuvů v oblasti Vnějších Západních Karpat na území České republiky (PÁNEK et al. 2019). Tyto svahové deformace byly zmapovány převážně na základě analýzy DMR 5G s minimální následnou verifikací v terénu. V této databázi byly svahové pohyby klasifikovány podle metodiky Crudena a Varnese (1996) do šesti hlavních skupin: translační a rotační skalní sesuvy, hlinitokamenité sesuvy, zemní proudy, komplexní sesuvy a DSGSD.

Při rekognoskaci terénu byl u jednotlivých výchozů určen Geological Strength Index (GSI). Jedná se o systém určování pevnosti hornin, který byl sestaven především tak, aby bylo možné přímo v terénu co nejpřesněji určit pevnost a kvalitu horninového masivu, a to i u silně porušených vrstev (MARINOS et al. 2007). U heterogenních hornin, jako je flyš, je klasifikace velmi složitá. Flyšové podloží se skládá z turbiditních klastických sedimentů s velmi proměnlivým zastoupením rozličných frakcí zrn a je charakteristické střídáním pískovců a jemnozrných (pelitických) vrstev, jako slínovce, břidlice, nebo prachovce. Pískovcové vrstvy nabývají různých mocností. Tyto vrstvy jeví často značnou deformaci způsobenou násunem příkrovů, ale i lokálními kompresními či extenzními pohyby nebo erozí. Pro heterogenní horniny byla tedy vytvořena samostatná tabulka umožňující přesnější odhad GSI ve stupnici 0 – 100, s roztříděním do 11 typů masivů dle míry tektonického porušení (MARINOS & HOEK 2000). Ve flyšových horninách se však mohou vyskytovat značně narušené až chaotické jevy, jejichž klasifikace je velice obtížná až nereálná, např. v minoritním úseku slezské jednotky vnější skupiny příkrovů. Jelikož je tato extrémní míra porušení specifikem pouze tohoto konkrétního segmentu, a nikoliv slezské jednotky jako celku, navíc v transektu zaujímá jen marginální plošný podíl, byla tato část z analýzy GSI vyřazena.

Ze získaných dat GSI byl vytvořen krabicový graf, znázorňující rozptyl dat v rámci jednotlivých stratigrafických jednotek, ale i napříč nimi. Vzhledem k absenci dat GSI ve slezské jednotce byla data rozdělena do dvou skupin v rámci račanské jednotky, a to na zlínské a soláňské souvrství. K posouzení statistické významnosti rozdílů mezi těmito dvěma souvrstvími byl následně aplikován neparametrický Mann-Whitneyho U test, pomocí kterého byla stanovena p-hodnota.

Pro určení vzájemné míry vztahu sesuvů k reliéfu a geologickému podloží byly statisticky hodnoceny získané parametry sesuvů (celková plocha, průměrná velikost) a zjištěné topografické (nadmořská výška, převýšení, sklon svahů, hustota údolní sítě) a litologické parametry (rozloha, poměr velikostí a sklon pískovcových vrstev a index GSI), za užití Spearmanova korelačního koeficientu a výpočtu p-hodnoty pravděpodobnosti, ukazující statistickou významnost korelace (HENDL 2006).

## VÝSLEDKY

V zájmovém transektu bylo při terénní rekognoskaci zmapováno 74 skalních výchozů, z nichž 55 náleží zlínskému souvrství a 19 soláňskému souvrství račanské jednotky. U zmapovaných výchozů byla určena odolnost dle GSI indexu. Přes to, že studované území přesahuje do slezské jednotky vnější skupiny příkrovů, v příslušném úseku nebyly nalezeny žádné měřitelné výchozy. Veškerá data měřených výchozů tedy spadají do račanské jednotky. V rámci SWATH a korelační analýzy byla však data částečně přesahující do slezské jednotky ponechána pro ucelenost souboru.

### Hodnocení pevnosti hornin pomocí Geological Strength Index (GSI)

V jižní části studovaného území, v oblasti hřebene Javorníků, ve zlínském souvrství račanské jednotky vystupují vysoce odolné a až několik metrů mocné vrstvy pískovce, téměř s úplnou absencí prachovců s průměrnými hodnotami GSI kolem 60 (Obr. 2). Nicméně již vrstvy vzdálenější řádově jednotky kilometrů severně od vrcholu Makyta (923 m n. m.), které přísluší k témuž souvrství vykazují velice variabilní hodnoty GSI, v intervalu od 15 do 70. Pískovcové vrstvy jsou často značně tektonicky porušené (Obr. 3), jejich mocnost je proměnlivá a jsou proloženy více zvětralými a snáze erodovanými prachovci a jílovcí. S přechodem do soláňského



Obr. 2. Makyta: Výchoz pískovcových vrstev s hodnotami GSI 70 (zlínského souvrství račanské jednotky). Foto: Sára Němcová, 2021.  
 Fig. 2. Makyta: Outcrop of sandstone beds with GSI values of 70 (Zlín Formation of the Rača Unit). Photo: Sára Němcová, 2021.

souvrství se mocnost a pevnost pískovcových vrstev opět zvyšuje, hodnoty GSI se v průměru pohybují kolem 60.

Obecně lze říci, že vrstvy zlínského souvrství jsou značně různorodé, což dokazují hodnoty směrodatné odchylky GSI napříč transektem, které se velice mění od 4,3 po 15,0. Oproti tomu vrstvy soláňského souvrství vykazují určitou uniformitu s hodnotou směrodatné odchylky GSI kolem 0,86 až 2,5.

Výsledky GSI analýzy vypovídají o podobnosti v pevnosti hornin zlínského a soláňského souvrství (p-hodnota 0,09). Data ve zlínském souvrství vykazují GSI v rozpětí od 15 po 75 s mediánem 50, oproti tomu v soláňském souvrství jsou minima 40 a maxima 72 s mediánem 53 (Obr. 4). To poukazuje na podobnou pevnost hornin v každém ze studovaných souvrství. Důležitým faktem je však skutečnost, že velikosti obou souborů dat zlínského a soláňského souvrství jsou výrazně odlišné.

### Morfometrické a geologické parametry studovaného transektu

V rámci studovaného transektu byly vypočteny vybrané morfometrické a geologické parametry pro jednotlivé segmenty (Tab. 1), na které byla následně aplikována korelační analýza.

V rámci studovaného transektu (Obr. 5) přechází průměrná nadmořská výška (H) v okolí vrcholu Javorníků (Makyta) z průměru 744 m n. m., do údolí Vsetínské Bečvy, kde průměrné hodnoty klesají na 460 m n. m., poté se terén zvedá a přechází na Vsetínské vrchy, kde H prudce roste až k 757 m n. m. V okolí vrcholu Lušovka (875 m n. m.), severně od hlavního hřebene Vsetínských vrchů, reliéf opět pozvolna klesá směrem k Valašské Bystřici o průměrné H = 600 m n. m., až k Rožnovu pod Radhoštěm a nivě Rožnovské Bečvy, kde průměr H činí 428 m n. m. Průměrné převýšení (EL) v jižní části území v Javorníkách dosahuje vysokých hodnot a to 432 m, směrem k severu pak v okolí údolí Vsetínské Bečvy kle-



Obr. 3. Halenkov – Horní Provazníček: Výchoz silně deformovaných pískovcových vrstev s hodnotami GSI 25 (zlínské souvrství račanské jednotky). Foto: Sára Němcová, 2021.

Fig. 3. Halenkov – Horní Provazníček: Outcrop of highly deformed sandstone beds with a GSI value of 25 (Zlín Formation of the Rača Unit). Photo: Sára Němcová, 2021.

sá na 204 m, následně opět mírně stoupá na hodnoty 309 m ve Vsetínských vrších a pozvolna klesá k údolí Rožnovské Bečvy na 156 m.

Průměrný sklon (SL) v rámci studovaného transektu vykazuje poměrně konstantní hodnoty mezi 16–20°, s výjimkou údolí Vsetínské a Rožnovské Bečvy, kde klesá v průměru na 10,5°.

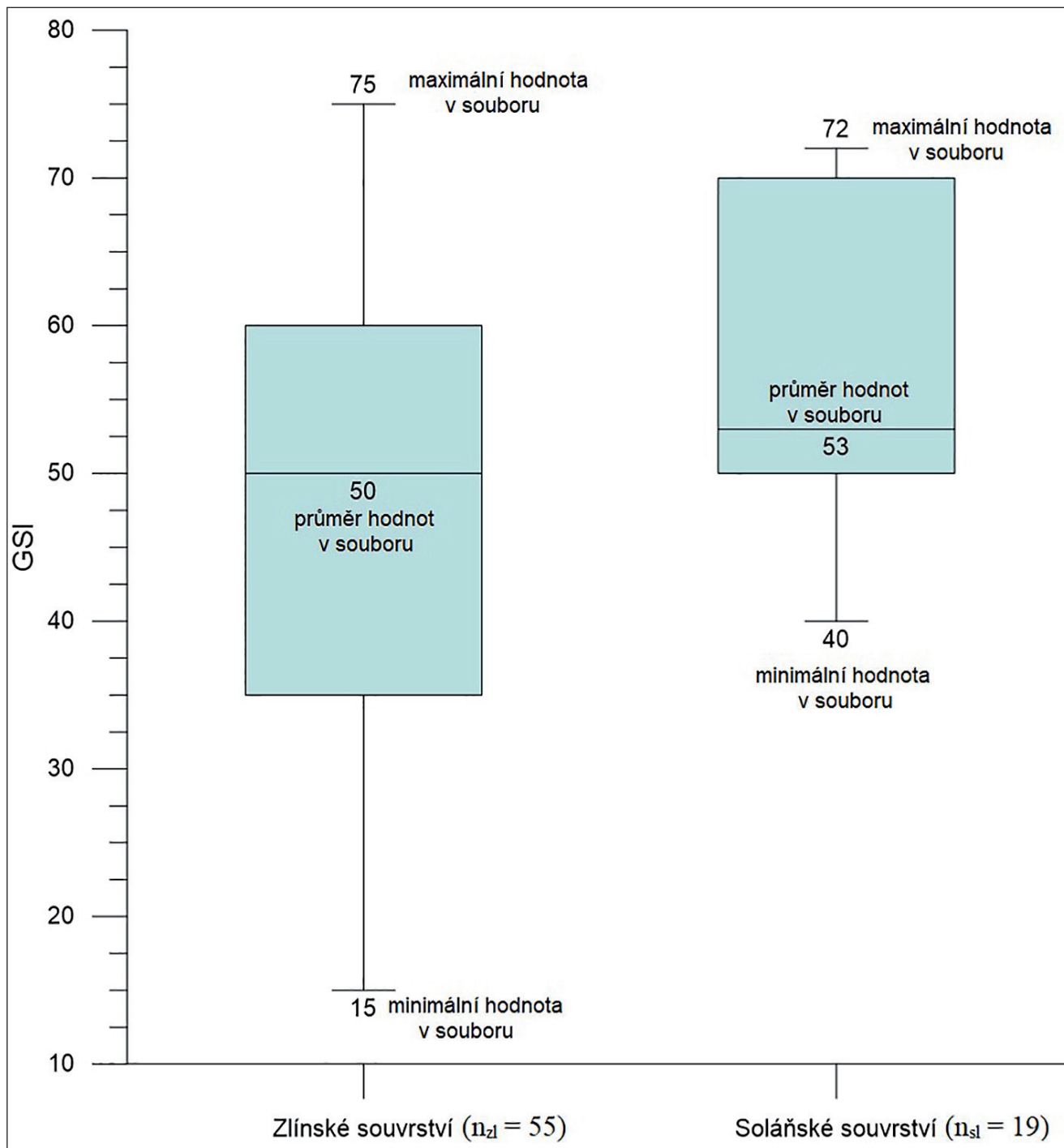
Hustota údolní sítě (VD) v okolí hřebenu Javorníků vykazuje nízké hodnoty 2,25 km/km<sup>2</sup>, s přechodem k severu a údolí Vsetínské Bečvy činí průměrné hodnoty 2,83–3,53 km/km<sup>2</sup>. Severně od obce Huslenky až po hřeben Vsetínských vrchů dosahuje VD 4,1 km/km<sup>2</sup>, následně opět klesá přes 3,5 km/km<sup>2</sup> až k minimu 2,15 km/km<sup>2</sup> v údolí Rožnovské Bečvy.

V rámci téměř celého studovaného transektu se průměrná plocha vymapovaných polygonů pískovcových vrstev (GL) pohybuje v rozmezí 0,01–0,03 km<sup>2</sup>, výraznější změny jsou viditelné až při nástupu do slezské jednotky, kde GL dosahují průměrné plochy 0,47 až 2,29 km<sup>2</sup>.

Ve zlínském souvrství račanské jednotky se průměrná velikost sesuvů (LS) pohybuje v rozmezí 0,01–0,02 km<sup>2</sup> s výjimkou svahů přiléhajících k údolí Vsetínské Bečvy, kde se nacházejí rozsáhlejší sesuvy s průměrnou rozlohou 0,04 km<sup>2</sup>. Při nástupu slezské jednotky a v okolí Valašské Bystřice však průměrná velikost LS roste a dosahuje nejvyšších hodnot 0,13 km<sup>2</sup>.

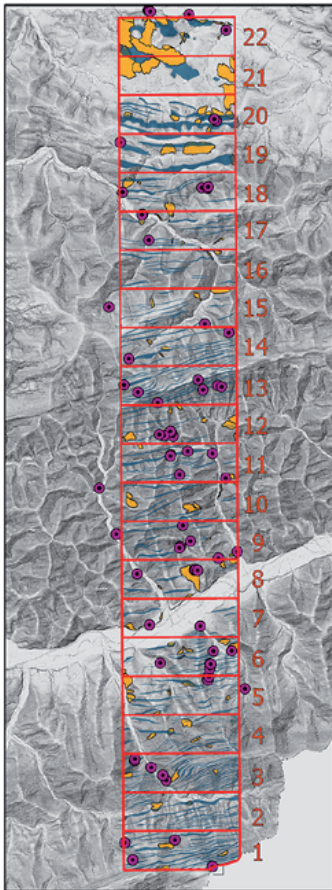
### Vztah mezi sesuvy, geologickou stavbou a reliéfem ve studovaném území

Analýzu jednotlivých morfometrických a geologických parametrů ve studovaném transektu komplexně shrnuje korelační matice (Tab. 2), která je graficky doplněna grafy vybraných korelací (Obr. 6). Prostorovou variabilitu těchto veličin napříč zájmovým územím a jejich přímou vazbu na geologické podloží následně vizualizuje průběh vybraných geologických, morfometrických a sesuvných charakteristik ve studovaném profilu (Obr. 7).

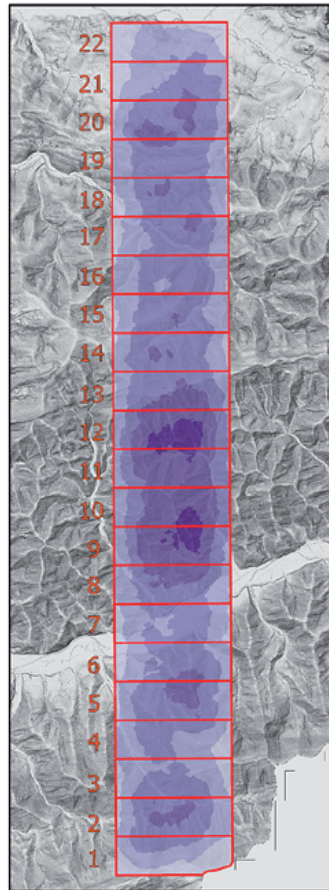


Obr. 4. Porovnání velikosti a variability hodnot GSI zlínského a soláňského souvrství  
 Fig. 4. Comparison of the magnitude and variability of GSI values between the Zlín and Soláň Formations.

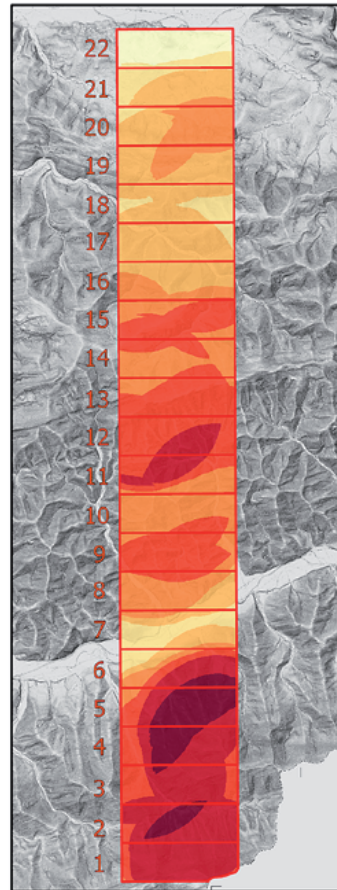
→ Obr. 5. Distribuce vybraných charakteristik ve studovaném území: (a) rozmístění zmapovaných skalních výchozů, sesuvů a pískovcových vrstev v zájmovém území; (b) hustota údolní sítě; (c) převýšení reliéfu; (d) nadmořská výška; (e) sklon svahů. Zdroje podkladových dat: ArcGEO, ČÚZK, ŠOP SR, Esri, HERE, Garmin, INCREMENT P, USGS, METI/NASA, NGA (2022).  
 → Fig. 5. Distribution of selected characteristics in the study area: (a) spatial distribution of mapped rock outcrops, landslides, and sandstone beds within the area of interest; (b) valley density; (c) local relief; (d) elevation; (e) slope angle. Base data sources: ArcGEO, ČÚZK, ŠOP SR, Esri, HERE, Garmin, INCREMENT P, USGS, METI/NASA, NGA (2022).



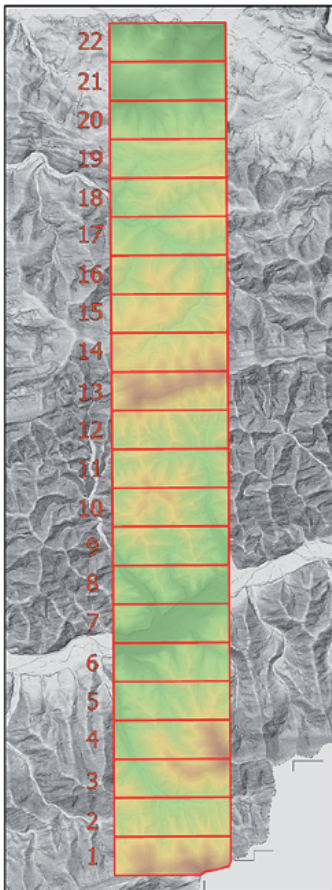
Obr. 5a



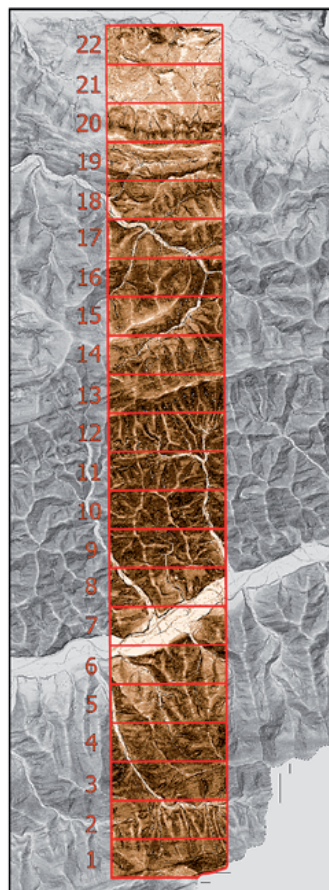
Obr. 5b



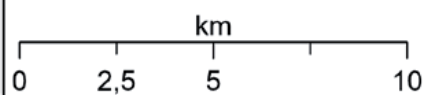
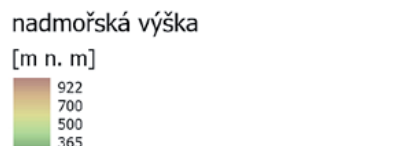
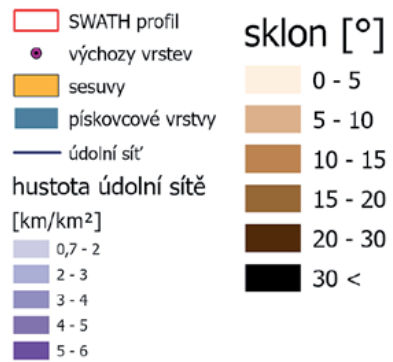
Obr. 5c



Obr. 5d



Obr. 5e

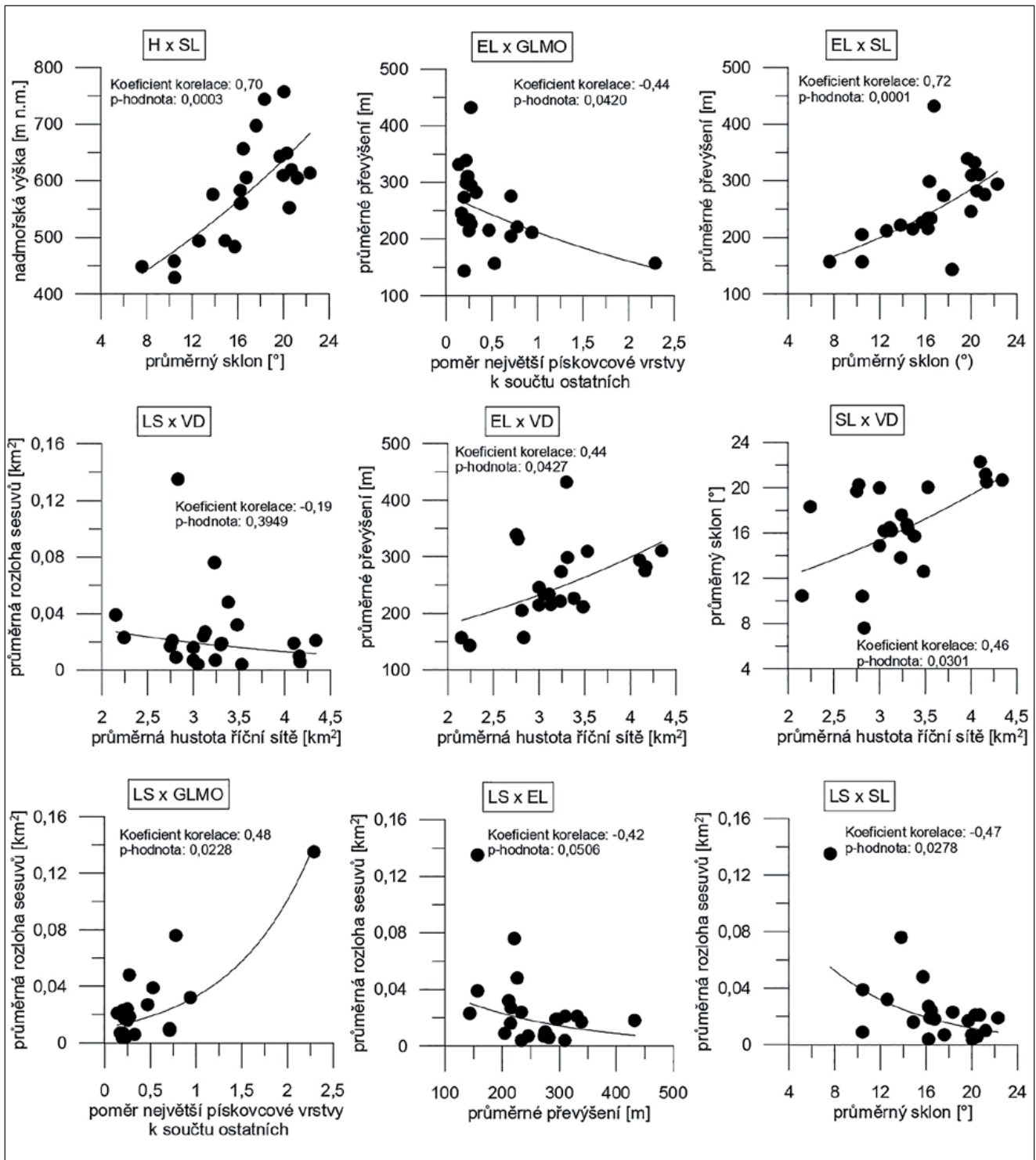


Tab.1 Vybrané morfometrické a geologické charakteristiky studovaného transektu.  
 SG (segment), LS (sesuvy), H (nadmořská výška), GL (geologické vrstvy), EL (převýšení), SL (sklon), VD (hustota údolní síť), av (průměr), GLMO (poměr největší pískovcové vrstvy ku součtu ostatních), GLMM (poměr největší a nejmenší pískovcové vrstvy), SLGL (průměrný sklon vrstev), SD (směrodatná odchylka)  
 Tab. 1 Selected morphometric and geological characteristics of the studied transect.  
 SG (segment), LS (landslides), H (elevation), GL (geological layers /strata), EL (elevation range /local relief), SL (slope /slope gradient), VD (valley density / drainage density), av (average / mean), GLMO (ratio of the largest sandstone layer to the sum of the remaining layers), GLMM (ratio of the largest to the smallest sandstone layer), SLGL (average strata dip), SD (standard deviation)

SG	LS	H	GL	GLMO	GLMM	SLGL (°)	EL	SL	VD	GSI	SD	Min.	SD
	av (km <sup>2</sup> )	av (m. n. m.)	av (km <sup>2</sup> )				av (m)	av (°)	av (km <sup>2</sup> /km <sup>2</sup> )	Max.			
1	0,023	4	744,3	0,033	0,2	31,39	143,32	18,33	2,24	50	6,44	70	7,07
2	0,018	4	605,6	0,02	0,27	239,98	432,13	16,75	3,3	-	6,62	-	-
3	0,021	4	648,9	0,012	0,14	12,22	331,49	20,3	2,77	35	6,45	75	15,36
4	0,017	6	642,9	0,011	0,22	3783,85	339,03	19,7	2,75	-	6,52	-	-
5	0,019	8	561,3	0,019	0,22	109,99	298,58	16,35	3,31	32	6,78	55	8,17
6	0,016	9	493,7	0,012	0,25	13,66	214,77	14,89	3	25	8,55	55	12,18
7	0,009	4	457,7	0,013	0,71	60,78	204,66	10,43	2,81	45	8,97	50	2,5
8	0,048	5	483,4	0,017	0,27	7,56	226,44	15,73	3,38	65	9,03	65	4,33
9	0,006	4	552,2	0,016	0,33	29,97	282,09	20,51	4,17	30	7,65	60	7,44
10	0,019	8	613,4	0,025	0,27	23,83	294,18	22,31	4,1	70	7,11	70	0
11	0,01	4	604,9	0,032	0,71	152,98	275,57	21,2	4,16	15	7,33	55	13,85
12	0,021	9	618,9	0,022	0,24	11,82	310,61	20,69	4,34	35	7,16	55	8,12
13	0,004	2	757,5	0,023	0,23	41,52	309,73	20,04	3,53	50	7,18	70	7
14	0,007	4	697,2	0,033	0,2	24,96	273,55	17,6	3,24	40	6,86	70	15
15	0,024	4	656,5	0,018	0,25	11,83	233,55	16,48	3,11	50	7,33	50	0
16	0,007	4	609,6	0,022	0,17	6,92	245,55	19,99	3	50	6,83	50	0
17	0,004	14	559,5	0,028	0,19	5,33	233,54	16,21	3,05	40	7,4	50	4,71
18	0,027	4	583,1	0,031	0,47	16,11	215,39	16,21	3,13	70	6,71	72	0,87
19	0,076	4	575,7	0,224	0,78	3,7	221,34	13,81	3,23	56	7,23	56	0
20	0,032	10	493,6	0,11	0,94	18,03	211,44	12,6	3,48	-	7,03	-	-
21	0,135	6	448,3	0,107	2,29	18,28	156,8	7,61	2,83	50	4,27	55	2,5
22	0,039	24	428,9	0,066	0,53	66,23	6,53	6,53	6,53	6,53	6,53	6,53	6,53

Tab.2 Korelační matice analyzovaných proměnných se zvýrazněním vybraných korelačních koeficientů.  
 SC (segment), LS (sesuvy), H (nadmořská výška), GL (geologické vrstvy), EL (převýšení), SL (sklon), VD ( hustota údolní síť), av (průměr), GLMO (poměr největší pískovcové vrstvy k součtu ostatních), GLMM (poměr největší a nejmenší pískovcové vrstvy), SLGL (průměrný sklon vrstev), SD (směrodatná odchylka)  
 Tab. 2 Correlation matrix of the analyzed variables with highlighted selected correlation coefficients.  
 SC (segment), LS (landslides), H (elevation), GL (geological strata), EL (elevation difference), SL (slope), VD (valley density), av (mean), GLMO (ratio of the thickest sandstone bed to the sum of the others), GLMM (ratio of the thickest to the thinnest sandstone bed), SLGL (mean dip of strata), SD (standard deviation).

KORELAČNÍ MATICE	LS	H	GL	GLMO	GLMM	SLGL (°)	EL	SL	VD	GSI	SD	Min.	Max.	SD
LS	av (km2) sum	av (m.n.m.) -0,31 -0,52	av (km2) 0,38 0,10	GLMO <b>0,48</b> 0,10	GLMM -0,22 -0,11	SLGL (°) -0,31 -0,21	av (m) <b>-0,42</b> -0,21	av (°) <b>-0,47</b> -0,31	av (km/ km2) <b>-0,19</b> -0,07	Max. 0,47 -0,19	0,01 -0,03	0,21 -0,26	0,47 -0,19	-0,31 0,05
H	sum	av (m.n.m.) -0,31 -0,52	av (km2) 0,38 0,10	GLMO -0,64 0,40	GLMM 0,05 -0,12	SLGL (°) 0,14 -0,36	av (m) 0,53 -0,48	av (°) <b>0,70</b> -0,26	0,09 0,07	0,09 0,35	0,11 0,12	0,35 0,16	0,09 0,35	0,17 -0,24
GL	av (km2) sum	av (m.n.m.) -0,31 -0,52	av (km2) 0,38 0,10	GLMO <b>0,48</b> 0,10	GLMM 0,14 -0,12	SLGL (°) -0,24 -0,24	av (m) <b>-0,44</b> 0,22	av (°) -0,47 0,13	0,21 -0,05	0,19 -0,33	0,17 0,12	-0,10 0,18	0,19 -0,33	-0,34 0,39
EL	av (m) sum	av (m.n.m.) -0,31 -0,52	av (km2) 0,38 0,10	GLMO -0,44 -0,34	GLMM 0,22 0,14	SLGL (°) 0,30 -0,11	av (m) 0,30 0,15	av (°) 0,37 0,02	0,04 0,00	-0,58 -0,30	-0,06 0,14	-0,15 -0,03	-0,30 -0,12	0,41 0,27
SL	av (°) sum	av (m.n.m.) -0,31 -0,52	av (km2) 0,38 0,10	GLMO -0,47 -0,26	GLMM 0,13 -0,23	SLGL (°) 0,37 -0,10	av (m) <b>0,72</b> -0,20	av (°) <b>0,46</b> -0,16	<b>0,46</b> 0,28	-0,21 -0,20	0,42 -0,06	0,27 -0,39	-0,21 -0,20	0,30 -0,07
VD	av (km/ km2) sum	av (m.n.m.) -0,31 -0,52	av (km2) 0,38 0,10	GLMO 0,21 0,17	GLMM -0,05 0,12	SLGL (°) 0,04 -0,06	av (m) <b>0,44</b> 0,17	av (°) <b>0,46</b> 0,42	0,61 0,61	-0,13 -0,07	0,61 -0,07	0,05 0,28	-0,13 -0,07	0,11 -0,80
GSI	Max. sum	av (m.n.m.) -0,31 -0,52	av (km2) 0,38 0,10	GLMO 0,19 -0,10	GLMM -0,33 0,18	SLGL (°) -0,58 -0,15	av (m) -0,30 0,16	av (°) -0,21 0,27	-0,13 0,05	0,28 0,28	-0,07 0,33	0,28 0,28	0,28 0,28	-0,80 0,27
	SD	av (m.n.m.) -0,31 -0,52	av (km2) 0,38 0,10	GLMO -0,34 -0,24	GLMM 0,39 0,14	SLGL (°) 0,41 -0,11	av (m) 0,34 0,17	av (°) 0,30 0,02	0,11 0,11	-0,80 -0,80	0,24 0,24	0,27 0,27	-0,80 -0,80	



Obr. 6. Korelace mezi vybranými morfometrickými a geologickými charakteristikami a rozlohou sesuvů.  
 Fig. 6. Correlation between selected morphometric and geological characteristics and landslide area.

→ Obr. 7. Průběh vybraných geologických, morfometrických a sesuvných charakteristik ve studovaném pásovém profilu. Směrodatná odchylka GSI (GSI), Průměrná rozloha sesuvů (LS), Průměrná velikost pískovcových vrstev (GL), Průměrná nadmořská výška (H), Průměrné převýšení reliéfu (EL), Průměrný sklon (SL), Průměrná hustota údolní sítě (VD).  
 → Fig. 7. Distribution of selected geological, morphometric, and landslide characteristics along the study swath profile. Standard deviation of GSI (GSI), Mean landslide area (LS), Mean thickness of sandstone beds (GL), Mean elevation (H), Mean local relief (EL), Mean slope angle (SL), Mean valley density (VD).



Korelační koeficient mezi průměrnou velikostí sesuvů (LS – av) a poměru největší pískovcové vrstvy k součtu ostatních (GLMO) vykazuje hodnotu  $r = 0,48$  ( $p = 0,022$ ), což indikuje statisticky významný vztah obou veličin. Rozloha LS je rovněž vázána na stoupající hodnoty průměrného převýšení (EL) a sklonu svahu (SL). Platí zde nepřímá úměra, kdy s rostoucími hodnotami EL a SL průměrná rozloha sesuvů klesá. Korelační koeficient mezi LS a EL dosahuje záporných hodnot ( $r = -0,42$ ,  $p = 0,050$ ), v případě LS a SL je pak  $r = -0,47$  ( $p = 0,027$ ). Naopak nebyla zjištěna žádná průkazná návaznost LS na hustotu údolní sítě (VD), kde korelace vykazuje velice nízkou hodnotu  $r = -0,19$  při vysoké p-hodnotě 0,394 (Tab. 1).

Dále lze konstatovat, že nadmořská výška (H) silně koreluje s průměrným sklonem svahů ( $r = 0,70$ ,  $p = 0,0003$ ). Vysoce signifikantní korelace ( $r = 0,72$ ,  $p = 0,0001$ ) byla zjištěna rovněž mezi SL a EL. Významný je také negativní vztah mezi EL a GLMO ( $r = -0,44$ ,  $p = 0,042$ ). Lze konstatovat, že s rostoucím SL se zvyšuje také VD, což potvrzuje korelační koeficient  $r = 0,46$  ( $p = 0,03$ ).

## DISKUZE A ZÁVĚRY

GSI analýza neprokázala signifikantní rozdíl v odolnosti flyšových vrstev zlínského a soláňského souvrství, což naznačuje nezávislost na zastoupení lito-stratigrafických jednotek. Vzhledem k nerovnoměrnému plošnému rozložení výchozů v zastoupených lito-stratigrafických jednotkách a poměrně malé rozloze studovaného transektu, jsou však výsledky značně zkreslené a tato analýza postrádá relevantnost. I přesto, že GSI index byl uzpůsoben pro určování pevnosti heterogenních flyšových výchozů (MARINOS & HOEK 2000), stanovení pevnosti hornin je velice obtížné a poměrně subjektivní, což se projevilo jako limitující faktor zejména v oblasti slezské jednotky, kde nebyly zmapovány žádné měřitelné výchozy (extrémní antropogenní narušení v blízkosti lesních cest, prorůstající kořeny stromů apod.). Pro přesnější výsledky by tedy bylo zapotřebí rozšíření studovaného území, či užití exaktních laboratorních metod (TELBISZ et al. 2013).

Mapování výrazných poloh pískovcových vrstev pomocí DMR 5G vycházejícího z LiDARu se ve srovnání s GSI analýzou jeví jako vhodnější metodou pro rozlišení odolnějších vrstev, a umožňuje lépe podchytit jejich průběh napříč souvrstvími. Tato metoda poskytla přesnější data vypovídající o litologické stavbě zájmového

území, díky kterým bylo možné porovnat geologickou stavbu a její vliv na sesuvy v jednotlivých geologických celcích. Je však důležité podotknout, že pro dosažení exaktnějších výsledků provedené analýzy by bylo opět zapotřebí rozšířit oblast studovaného transektu a doplnit ji o obdobně velký soubor dat zasahující do slezské jednotky. Tím by bylo zajištěno, že oba datové soubory reprezentující magurskou i vnější skupinu příkrovů, budou mít rovnocenné zastoupení a vytvoří tak statisticky vyvážené celky.

V rámci celého studovaného transektu byla prokázána signifikantní kladná korelace mezi průměrnou velikostí sesuvů a poměru plochy největší pískovcové vrstvy k ostatním. Z těchto zjištění vyplývá, že oblast slezské jednotky, charakteristická větší plochou pískovcových vrstev, se vyznačuje výrazně rozlehlejšími sesuvy než račanská jednotka. Pro slezskou jednotku je však typické extrémní tektonické porušení a monoklinální stavba, která podmiňuje rozvoj plošně rozlehlých sesuvů, což se projevuje i v severní oblasti studovaného transektu, na rozhraní račanské a slezské jednotky. Tento trend je zřetelně patrný i z výsledků SWATH analýzy a koresponduje se závěry předchozích studií (PÁNEK et al. 2019). Na základě výsledků korelační analýzy byla potvrzena významná vazba svahových deformací na oblasti s mírnými svahy (PÁNEK et al. 2019). Tyto svahové deformace jsou zapříčiněny přítomností nepropustných a málo odolných jílovcových a prachovcových poloh v podloží odolných pískovcových vrstev, které bývají saturovány vodou a deformují plastické podloží (PERKINS et al. 2017).

Velikost sesuvů je do značné míry ovlivněna mechanickými vlastnostmi podložních vrstev (MEDWEDEF et al. 2020). Pískovce dosahují podstatně vyššího úhlu vnitřního tření, než je tomu u jílovcových vrstev (MARGIELEWSKI 2006). Tato skutečnost by mohla vysvětlovat výskyt rozlehlých sesuvů v pískovcových oblastech slezské jednotky, a naopak zastoupení malých sesuvů v račanské jednotce.

Poměrně vysoká hodnota korelace 0,46 naznačuje souvislost rostoucí hustoty údolní sítě s rostoucím sklonem svahu, ale také hustoty údolní sítě s převýšením (0,44) (PÁNEK & HRADECKÝ 2016). Rostoucí hustota údolní sítě s klesající rozlohou pískovcových vrstev nebyla korelační analýzou prokázána (korelační koeficient -0,07). Zdá se tedy, že rostoucí hustota údolní sítě v oblastech račanské jednotky je zapříčiněna spíše přítomností členitého reliéfu s příkrými svahy a značným převýšením.

Tato signifikantní vazba na morfologii terénu následně vysvětluje i vztah k velikosti svahových deformací. Korelace mezi hustotou údolní sítě a velikostí sesuvů totiž pravděpodobně přímo souvisí právě s výše zmíněným vlivem sklonu a převýšení, které však na plošný rozsah sesuvů působí klesajícím trendem ( $LS \times EL$   $r = -0,42$ ;  $LS \times SL$   $r = -0,47$ ). Zatímco strmý a členitý reliéf podmiňuje vývoj husté údolní sítě, z hlediska svahových procesů naopak neposkytuje vhodné podmínky pro vznik plošně rozsáhlých sesuvů.

Výsledky provedené analýzy potvrzují závěry dřívějších studií (MENČÍK et al. 1983; KREJČÍ et al. 2002; PÁNEK et al. 2019), podle nichž jsou plošně rozsáhlé svahové deformace vázány převážně na reliéf s mírnějšími sklony a přítomností rozlehlých poloh odolných pískovcových vrstev. Zajímavým poznatkem jsou výsledky korelace mezi velikostí sesuvů, sklonem svahů a převýšením. Z těch jasně vyplývá, že oblasti s rostoucím převýšením a strmějším sklonem disponují sesuvy o znatelně menších rozměrech.

Pokud jde o hustotu údolní sítě, z dřívějších výzkumů (PÁNEK & HRADECKÝ 2016) je známý předpoklad její korelace s morfometrickými charakteristikami reliéfu. Z tohoto důvodu byla v rámci naší studie testována i případná přímá vazba mezi hustotou údolní sítě a plošným rozsahem samotných sesuvů, nicméně korelační analýza tuto závislost nepotvrdila.

I přes limitující faktory vybraných metod a poměrně komplikované umístění studovaného transektu, poskytl provedené analýzy zajímavé poznatky o vazbě sesuvů na vybrané geologické a morfometrické podmínky. Pro exaktnější výsledky by však bylo vhodné se jednotlivým metodám věnovat detailněji v samostatných studiích, především v rámci rozsáhlejšího studovaného transektu.

## PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou chci poděkovat editorovi a všem recenzentům za jejich čas, detailní revizi a užitečné návrhy, které pomohly tento článek podstatně vylepšit.

## LITERATURA

- BÍL M. (2003): Using GIS to detect neotectonics in the Vsetínské vrchy Mountains and in their surroundings. *Geografie*, 108: 101–114.
- BŘEŽNÝ M., PÁNEK T., BRAUCHER R., ŠILHÁN K., CHALUPA A., LENART J., TÁBOŘÍK P. & TEAM A. (2021): Old but still active: > 18 ka history of rock slope failures affecting a flysch anticline. *Landslides*, 18(12): 89–104.
- ČGS (2023): *Geologická mapa 1 : 50 000*. On-line databáze, mapy.geology.cz, [cit. 2026-01-13].
- ČÚZK (2022): *Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G)*. On-line databáze, www.cuzk.cz [cit. 2026-01-13].
- DEMEK J., MACKOVČIN P., BALATKA B., BUČEK A., CIBULKOVÁ P., CULEK M., ČERMÁK P., DOBIÁŠ D., HAVLÍČEK M., HRÁDEK M., KIRCHNER K., LACINA J., PÁNEK T., SLAVÍK P. & VAŠÁTKO J. (2006): *Hory a nížiny. Zeměpisný lexikon ČR. 2. upravené vydání, MŽP ČR, Brno*, 582 pp.
- HENDL J. (2006): *Přehled statistických metod zpracování dat: analýza a metaanalýza dat. 2. vydání*. Portál, Praha, 583 pp.
- HUNGR O., LEROUÉIL S. & PICARELLI L. (2014): The Varnes classification of landslide types, an update. *Landslides*, 11(2): 167–194.
- CHLUPÁČ I. (2002): *Geologická minulost České republiky*. Academia, Praha, 436 pp.
- JAGODNIK P., GAZIBARA S. B., ARBANAS Ž. & ARBANAS S. M. (2020): Engineering geological mapping using airborne LiDAR datasets – an example from the Vinodol Valley, Croatia. *Journal of Maps*, 16: 855–866.
- KIRCHNER K. & KREJČÍ O. (1998): Slope movements in the Flysch Carpathians of Eastern Moravia (Vsetin district), triggered by extreme rainfalls in 1997. *Moravian Geographical Reports*, 6(1): 43–52.
- KLIMEŠ, J. (2002). Analýza faktorů podmiňujících vznik sesuvů na okrese Vsetín. *Geografie: sborník České geografické společnosti*, 107(1), 40–49.
- KLIMEŠ J. (2008): Analysis of preparatory factors of landslides, Vsetínské vrchy highland, Czech Republic. *Acta Research Reports*, 17: 47–53.
- KLIMEŠ J. & NOVOTNÝ R. (2011): Landslide susceptibility assessment in urbanized areas: Example from Flysch Carpathians, Czech Republic. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 8(4): 443–452.
- KONEČNÝ M., LABOUNKOVÁ V., PÍREK Z., ŠIMÁK B., TOUŠEK V. & TRNKA P. (1990): *OKRES VSETÍN – Vlastivědná mapa 1 : 100 000*. Praha. Geodetický a kartografický podnik, 38 pp.
- KREJČÍ O., BAROŇ I., BÍL M., JUROVÁ Z., BÁRTA J., HUBATKA F., KAŠPÁREK M., KIRCHNER K. & STACH J. (2002): Some examples of deep-seated landslides in the Flysch Belt of the Western Carpathians. *Landslides*, Lisse: 373–380.
- MARGIELEWSKI W. (2006): Structural control and types of movements of rock mass in anisotropic rocks: Case studies in the Polish Flysch Carpathians. *Geomorphology*, 77: 47–68.
- MARINOS P. & HOEK E. (2000): GSI: A Geologically Friendly Tool For Rock Mass Strength Estimation. *Proceedings of the ISRM International Symposium*, Melbourne: 19 pp.
- MARINOS P., MARINOS V. & HOEK E. (2007): The Geological Strength Index (GSI): A characterization tool for assessing engineering properties of rock masses. *Underground works under special conditions*, Madrid: 13–21.
- MEDWEDEFF W., CLARK M., ZEKKOS D. & WEST A. J. (2020): Characteristic landslide distributions: An investigation of landscape controls on landslide size. *Earth and Planetary Science Letters*, 25 pp.
- MENČÍK E., ADAMOVÁ M., DVOŘÁK J., DUDEK A., JETEL J., JURKOVÁ A., HANZLÍKOVÁ E., HOUŠA V., PESLOVÁ H., RYBÁŘOVÁ L., ŠMÍDB., ŠEBESTA

- J., TYRÁČEK J. & VAŠÍČEK Z. (1983): *Geologie Moravskoslezských Beskyd a Podbeskydské pahorkatiny*. Academia, Praha, 188 pp.
- PÁNEK T., SMOLKOVÁ V., HRADECKÝ J. & ŠILHÁN K. (2009): Late Holocene evolution of landslides in the frontal part of the Magura Nappe: Hlavatá Ridge, Moravian-Silesian Beskids (Czech Republic). *Moravian Geographical Reports*, 17(4): 2–11.
- PÁNEK T., ŠILHÁN K., TÁBOŘÍK P., HRADECKÝ J., KAPUSTOVÁ V., LENART J., BRÁZDIL R., KAŠÍČKOVÁ L. & PAZDUR A. (2011): Catastrophic slope failure and its origins: Case of the May 2010 Girová Mountain long-runout rockslide (Czech Republic). *Geomorphology*, 130(3–4): 352–364.
- PÁNEK T., BŘEŽNÝ M., KAPUSTOVÁ V., LENART J. & CHALUPA V. (2019): Large landslides and deep-seated gravitational slope deformations in the Czech Flysch Carpathians: New LiDAR-based inventory. *Geomorphology*, 346: 106821.
- PÁNEK T. & HRADECKÝ J. (eds) (2016): *Landscapes and Landforms of the Czech Republic*. Cham: Springer, World Geomorphological Landscapes. ISBN 978-3-319-27536-9, 422 pp.
- PERKINS J., REID M. & SCHMIDT K. (2017): Control of landslide volume and hazard by glacial stratigraphic architecture, northwest Washington State, USA. *Geology*, 45: 10.
- POKORNÝ M. (1952): O geologickém vzniku a vývoji oblasti Valašska. In: PERUTKA J.: *Valašsko: sborník o jeho životě a potřebách*. Brno: Moravské museum: 1–9.
- RAŠKA P. & KLIMEŠ J. (2017): Landslide risk reduction in the Czech Republic: the role of local governments. *Natural Hazards*, 88: 1395–1413.
- STRÁNÍK Z., MENČÍK E., ELIÁŠ M. & ADÁMEK J. (1993): Flyšové pásmo Západních Karpat, Autochtonní mesozoikum a paleogén na Moravě a ve Slezsku. In: PŘICHYSTAL A., OBSTOVÁ V. & SUK M. (eds): *Geologie Moravy a Slezska*. Moravské zemské muzeum, Brno: 107–122.
- TELBISZ T., KOVÁCS G., SZÉKELY B. & SZABÓ J. (2013): Topographic swath profile analysis: a generalization and sensitivity evaluation of a digital terrain analysis tool. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 57(4): 465–485.