

GRAVITAČNÍ ROZPAD HŘBETU ČERTOVA MLÝNA (MORAVSKOSLEZSKÉ BESKYDY)

Gravitational disintegration of the Čertův Mlýn Mt.
(Moravskoslezské Beskydy Mts.)

Tomáš Pánek, Petr Tábořík, Jan Hradecký

Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF Ostravské univerzity, Chittussiho 10, Ostrava 710 00; e-mail: tomas.panek@osu.cz

(25-23 Rožnov pod Radhoštěm)

Key words: Silesian Unit, Moravskoslezské Beskydy Mts., deep-seated landslides, electrical resistivity tomography, Holocene

Abstract

Silesian Unit represents a geological structure which is highly affected by deep-seated gravitational slope deformations on many places. One of famous examples of spreading of a mountain ridge is located on the elevation of Čertův Mlýn Mt. in the highest part of the Moravskoslezské Beskydy Mts. Besides typical displays of double ridges, crevice-type caves, counter-scarp slopes and shallow landslides there are huge tectono-gravitational block deformations. Some manifestations of gravitational spreading were dated to the period of quite young Holocene (Subboreal-Subatlantic). Geophysical measurement revealed that gravitational deformations prograde to the depth even in areas without observable topographic manifestations.

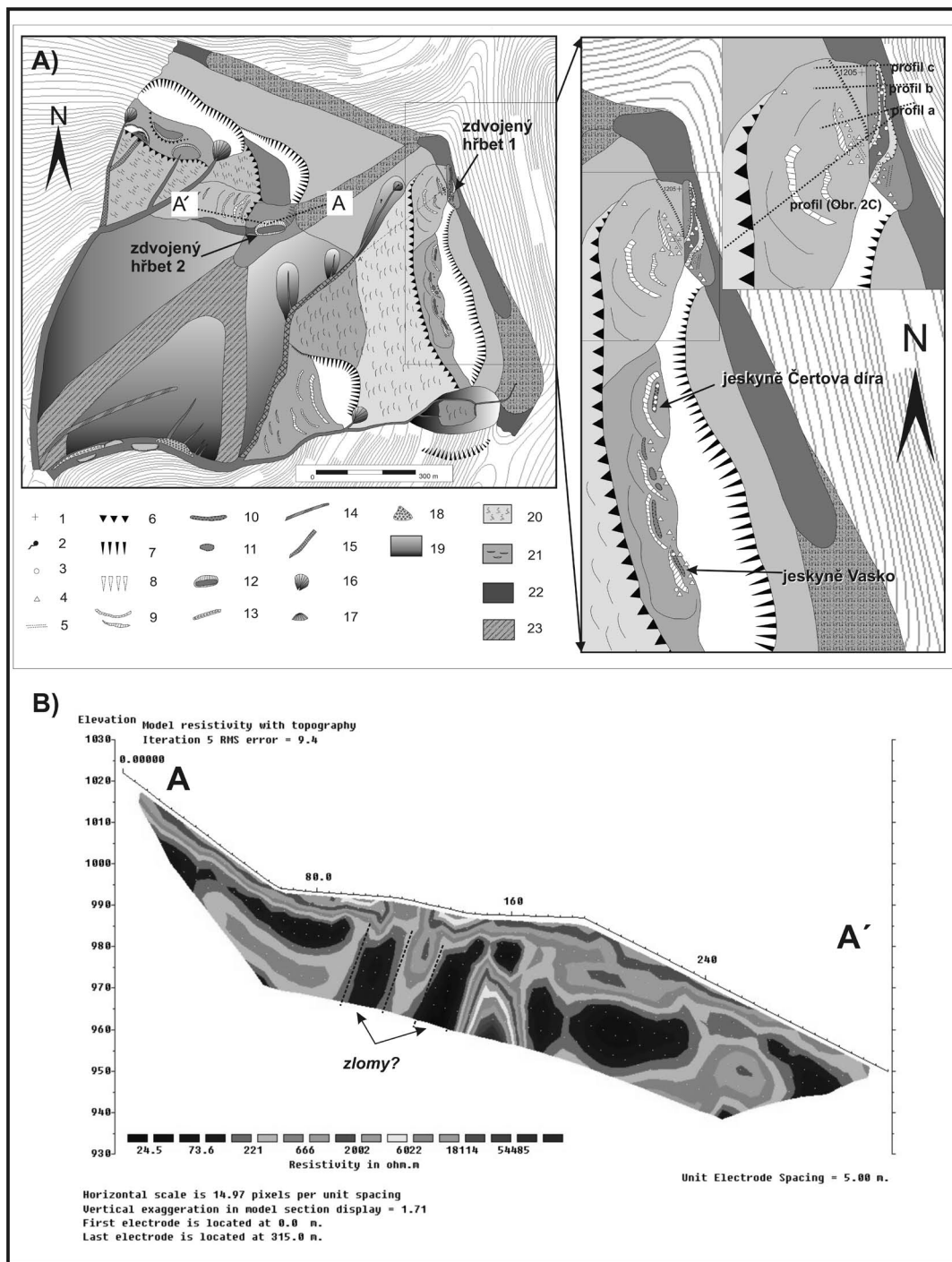
Úvod

Gravitační rozpad hřbetů je specifickým fenoménem a často hlavním reliéfovým faktorem vývoje horských oblastí flyšových Karpat. Nejrozsáhlejší hluboké svahové deformace postihují zejména vysoko položené elevace Moravskoslezských a Slezských Beskyd (Radhošť, Čertův Mlýn, Kněhyně, Smrk, Lysá hora, Velká Čantoryje atd.). V tomto území vede vývoj svahových deformací ke vzniku specifických svahových forem, které postihují kontinuálně plochy mnohdy větší než 2 km² (v některých případech i více než 10 km²). Geologická struktura pohoří je velmi příhodná pro vývoj celé řady svahových deformací, z nichž jsou prvním sukcesním stádiem zpravidla různé formy hlubokého rozpadu horských hřbetů. Přestože je fenomén hlubokých sesuvů v oblasti znám zhruba od 60. let 20. století (Novosad 1966), podrobnější informace o mechanismu a chronologii svahových deformací prakticky chybějí. Prezentovaná lokalita Čertův Mlýn (1205 m) se nachází v nejvyšší části Radhošťského hřbetu budovaného dílčím godulským příkrovem tvořeným rigidním jádrem mocného godulského souvrství s nekompetentním jílovcovým flyšem v podloží. Je jednou z 15 lokalit gravitačního rozpadu hřbetů v oblasti slezské jednotky, které jsou v současnosti komplexně zpracovávány na Katedře fyzické geografie a geoekologie PřF Ostravské univerzity v Ostravě. Cílem studie je poukázat na vývoj specifických forem rozpadu hřbetů, které se v podobné formě nachází na území Moravskoslezských Beskyd pouze ojediněle a v méně typických projevech.

Metody

Oblast hřbetu a přilehlých svahů Čertova Mlýna byly geomorfologicky zmapovány v měřítku 1:5 000. Pozornost

byla věnována zejména formám gravitačního rozpadu, jakými jsou otevřené tahové trhliny, terénní stupně, proti sklonu svahu ukloněné části terénu, vstupy do puklinových jeskyní či balvanové akumulace (obr. 1a). Území se vyznačuje nepřehledným zalesněným terénem, kde je podrobné geomorfologické mapování pouze pomocí topografického podkladu a vrstevnic prakticky nemožné. Při terénním mapování bylo využito přístrojů GPS v kombinaci s barometrickým výškoměrem. Strukturní predispozice území byla studována na několika desítkách odkryvů, kde byly standardními postupy měřeny a následně kvantitativně zpracovány údaje o zlomech, puklinách a vrstevnatosti. Tato měření byla aplikována v jednotlivých částech sesuvného území i mimo deformovanou oblast. Měření puklin a zlomů získaná z odkryvů mimo území hluboké svahové deformace slouží zejména pro verifikaci celkové tektonické stavby území a k zjištění hlavních směrů poruch predisponujících sesuvné území. Měření na jednotlivých blocích sesuvného tělesa pomohlo při identifikaci hlavních mechanismů gravitačních pohybů. Na vybraných segmentech sesuvného území bylo aplikováno geoelektrické měření (celkem 5 profilů) metodou odporové tomografie (dále ERT) s cílem ověření či upřesnění průběhu nespojitostí vzniklých v důsledku tektonických či gravitačních procesů. Výsledky ERT metody při Wenner-Schlumbergrovu uspořádání elektrod byly analyzovány jak přímo, tak v následně podobě inverzního modelu v prostředí programu RES2DINV. Jeden z výrazných terénních příkopů vzniklých v důsledku gravitačních procesů byl sedimentologicky analyzován (realizováno 7 vrtů o hloubce až 2–6 m) a organické sedimenty byly datovány pomocí konvenčního radiokarbonového datování (Kyjevská radiokarbonová laboratoř, Ukrajina) s následnou kalibrací výsledků pomocí software Oxcal 3.9.



Obr. 1: Geomorfologická mapa sesuvného území Čertův Mlýn a výsledky geoelektrického profilování napříč částí tektonicky podmíněného svahu. A – Geomorfologická mapa s výřezy morfologicky významných partií (1 – kóty, 2 – prameny, 3 – jeskynní vstupy, 4 – skalní výchozy, 5 – menší tahové trhliny, 6 – hrany terénních stupňů, 7 – odlučné oblasti sesuvů (výrazné), 8 – odlučné oblasti sesuvů (předpokládané), 9 – stupně oddělující gravitačně deformované bloky, 10 – větší tahové trhliny a příkopy na svazích, 11 – mísovitě deprese na svazích (pseudozávrtky), 12 – zdvojený hřbet s výplní organických sedimentů, 13 – skalní výchozy v korytech toků, 14 – antropogenně podmíněná erozní rýha, 15 – blokovobahenní proud, 16 – pramenné mísy, 17 – osypy, 18 – náplavové kužely, 19 – svah postižený mělkým ploužením, 20 – sesuvná území, 21 – výrazné sesuvné bloky, 22 – hlavní rozvodní hřbety, 23 – svahové hřbety. B – Geoelektrický (ERT) profil napříč tektonicko-gravitačně pokleslým blokem (zdvojený hřbet 2, profil A–A' v části 1a).
 Fig. 1: Geomorphological map of slope deformation area Čertův Mlýn Mt. and results of geoelectric sounding in cross-sectional direction of a tectonically conditioned slope. A – geomorphological map with detailed views of morphologically significant localities (1 – important elevation points, 2 – springs, 3 – cave entries, 4 – rock outcrops, 5 – little tension cracks, 6 – terrain steps, 7 – scarps (significant), 8 – scarps (expectant), 9 – steps delimitating gravitationally rotated blocks, 10 – larger tension cracks and trenches, 11 – sink hole-like depressions, 12 – double ridge infilled with organic sediments, 13 – channel outcrops, 14 – anthropogenic erosion line, 15 – debris flow, 16 – spring swamps, 17 – debris cones, 18 – alluvial fans, 19 – slope affected by shallow creep, 20 – slope deformation area, 21 – large landslide blocks, 22 – watershed ridges, 23 – slope ridges. B – electrode resistivity tomography (ERT) cross profile of tectonically and gravitationally subsided blocks (double ridge 2, profile line A–A' – for the location see 1a).

Morfologie, struktura a mechanismus pohybů

Hřbet Čertova Mlýna (1205 m) byl spolu se sousedním vrcholem Kněhyně (1257 m) již dříve v základních rysech geologicko-geomorfologicky analyzován Kirchnerem a Krejčím (1999). Autoři přinesli důkazy o silné vazbě rozpadu hřbetu Čertova Mlýna na zlomové systémy směru S-J, Z-V a SV-JZ. Naše měření a kvantitativní zpracování puklin a zlomů v masivu Čertova Mlýna a v jeho nejbližším okolí tyto disjunktivní poruchy potvrzují, jako významný směr se však jeví i SSV-JJZ (Obr. 2). Rozhodujícím zlomem v území je poklesová struktura směru SSV-JJZ (viz. Menčík a Tyráček 1985), která sleduje západní omezení hřbetu a pravděpodobně způsobila 150–200 m výškovou diferenciaci horské skupiny Čertův Mlýn – Kněhyně od západně ležícího hřbetu Tanečnice-Pustevny-Radhošť. Všechny významnější tahové trhliny a odlučné stěny sesuvů v nejbližším okolí vrcholu Čertova Mlýna korespondují se směrem této poruchy.

Ústředním projevem gravitačního rozpadu hřbetu je zdvojení hlavního rozvodí v důsledku vývoje tahové trhliny (zdvojený hřbet 1). Hloubka vrcholového příkopu je 2–5 m a na jeho dně je několik vstupů do menších rozsedlinových jeskyní (Wagner et al. 1990). Napříč zdvojeným hřbetem byly umístěny 3 geoelektrické profily, které ukazují, že minimální hloubka porušení je 30 m. U všech profilů je evidentní zóna velmi vysokých odporů (>3 000 Ω m), která vertikálně zapadá do podloží přímo pod vrcholovým příkopem. Jeden z profilů byl situován mimo příkop v jeho severním prodloužení v okolí vrcholové kóty Čertova Mlýna. Zóna zvýšených odporů začíná i zde cca 10 m pod povrchem a indikuje progradaci trhliny severním směrem. V jižní části se vrcholový příkop nůžkovitě rozevírá, což spolu se změnou orientace puklinových systémů naznačuje dextrální rotaci bloku situovaného západně od příkopu. Při svém jižním ukončení přechází zdvojení hřbetu plynule v odlučnou stěnu mohutného sesuvu, který zaujímá prakticky celý západní svah Čertova Mlýna.

V širším okolí příkopu vystupuje řada skalních výchozů na gravitačně posunutých blocích. Tyto bloky mají tendenci klouzat podél vrstevních ploch po povrchu svahu a indikují dvě úrovně svahových pohybů. V mělké zóně dochází k odlučování a odsedání lavic godulského pískovce a k jejich mělkým pohybům (často vedou ke vzniku nehlubokých skalních translačních sesuvů), zatímco v hlubších částech podloží dochází k bočnímu rozvolňování hřbetu (lateral spreading) a vzniku hlubokých skalních sesuvů. V důsledku komplikované „několikapatrové“ stavby svahové deformace vzniklo na západním svahu několik depresí se vstupy do rozsedlinových jeskyní, z nichž nejrozsáhlejší jsou Vasko (délka 30,5 m, hloubka 11 m) a vertikální jeskyně Čertova díra (hloubka 30 m) (Wagner et al. 1990).

Komplikované tektonicko-gravitační deformace vznikly cca 500 m západně od hlavní vrcholové kóty v nadmořské výšce cca 1 000 m. Ze svahu zde vybíhá drobná rozsocha (350×150 m), která vznikla pravděpodobně gravitačním poklesem části hřbetu podél zlomu směru SSV-JJZ (obr. 3). Nad blokem je dobře patrná strmá odlučná oblast, samotný blok je pak gravitačně deformován tahovou trhlinou směru Z-V (zdvojený hřbet 2). Délka

trhliny je cca 100 m, a má ploché dno o šířce 10–20 m. V okolí bloku bylo provedeno odporové měření ve dvou transektech. Podélný profil byl veden v délce 355 m směrem z odlučné oblasti a podél linie hřbetu, druhý v délce 155 m napříč trhlinou porušující hřbet. Podélný profil nepřinesl zcela jednoznačnou identifikaci podložních struktur. Vyznačuje se extrémním rozkolísáním hodnot elektrického odporu (cca 25–50 000 Ω m). Směrem do podloží lze v profilu rozeznat několik úzkých zón o velmi malých odporech (<50 Ω m), které mohou indikovat přítomnost zvodnělé zóny hlavní zlomové poruchy oddělující drobně rytmický flyš svrchních vrstev godulských od hrubě rytmického středního oddílu godulského souvrství (obr. 1b). Příčný ERT profil zdvojeným hřbetem 2 ukazuje více než 30 m hluboké porušení bloku v důsledku bočního rozpadu doprovázeného rotačním pohybem.

Interpretace výsledků datování sedimentů gravitačně zdvojeného hřbetu

V důsledku bočního rozpadu hřbetu 2 v dolní části sesuvného území vznikla cca 50 m dlouhá a 10–20 m široká deprese, která byla po svém vzniku vyplněna až cca 3,6 m mocnou akumulací organických sedimentů (celková hloubka příkopu je tak asi 20 m) (obr. 3). Z tohoto hlediska se jedná v území Moravskoslezských Beskyd o zcela ojedinělou formu, protože organické sedimenty nebyly u žádného podobného zdvojeného hřbetu v tomto území zjištěny. V linii deprese bylo situováno celkem 7 vrtů, 10 radiokarbonových datování a v současné době je pro nejhlubší z profilů zpracováván kompletní palynologický rozbor. Sedimentární výplň deprese má poměrně jednoduchou stavbu. Horní vrstvu tvoří až 3,6 m mocný, velmi kompaktní humolit bez sedimentárních hiátů a proložek klastických minerogenních sedimentů. Organické sedimenty přechází ostře v materiál tvořený pískovcovými klasty v šedé jílovité matrix. Tato zvětralina přechází v centrální části deprese v hloubce 6 m ve skalní podloží. Údaj byl verifikován i ERT měřením (obr. 3). V nejhlubším místě byla datována báze organických sedimentů na 3410 ± 120 ^{14}C BP (pozdní subboreál). Významnou komponentou organických sedimentů je dřevní hmota, která se vyskytuje zejména v západní části deprese v hloubce 2–3 m. Jelikož se jedná o bezodtokou depresi, lze předpokládat, že její vznik v důsledku gravitačního rozpadu hřbetu proběhl těsně před uložením báze organických sedimentů.

Diskuze a závěr

Projevy hlubokých svahových deformací, které postihují hřbet a západní svah Čertova Mlýna, vykazují těsnou vazbu na průběh zlomových poruch. Podobné příklady v poslední době přinesl z polské části Karpat Margielewski (2006a). Výzkumy dalších hlubokých svahových deformací v prostoru godulského příkrovu slezské jednotky (např. v areálu hřbetů Smrku, Lysé hory, Travného, Slavíče či Ropice) naznačují, že zlomy směru SZ-JV až SV-JZ jsou spolu s vrstevnatostí hlavními zónami odlučování skalních bloků z podloží. Ve shodě se zjištěními Margielewskeho (2003, 2006) lze předpokládat v zájmovém území dvě etapy vývoje hlubokého sesuvu. V první fázi dochází

k rozšiřování diskontinuit ve skalním masivu. Tato fáze pravděpodobně probíhá na hlavním hřbetu Čertova Mlýna do současnosti, což bylo doloženo progradací gravitační poruchy pod povrchem i v místech, kde neexistují pro tyto projevy morfologické důkazy. Druhá fáze je spojená s relativně rychlým uvolněním napětí a vznikem translačních či rotačních sesuvů. Studovaná lokalita má velmi příhodné podmínky pro tyto procesy. Kromě zmíněného systému tektonických poruch je důležitá i litologická stavba hřbetu, kdy mírně ukloněný (místy subhorizontální) komplex mocného godulského souvrství spočívá na převážně plastických jílovcových souvrstvích. Několik metrů mocné vrstvy godulských pískovců mají tendenci k odsedání a translačním pohybům. Přestože západní svahy Čertova Mlýna byly v minulosti postiženy mohutným sesuvem, velká část horní partie svahů a hřbetu je stále ještě v iniciální fázi vývoje, kterému dominuje boční rozvolňování (lateral spreading), případně odsedání bloků (toppling). Specifickou, pravděpodobně tektonicko-gravitační formou je velký blok postižený bočním rozpadem, jenž je situován cca 200 výškových metrů pod vrcholovou kótou. Jedná se

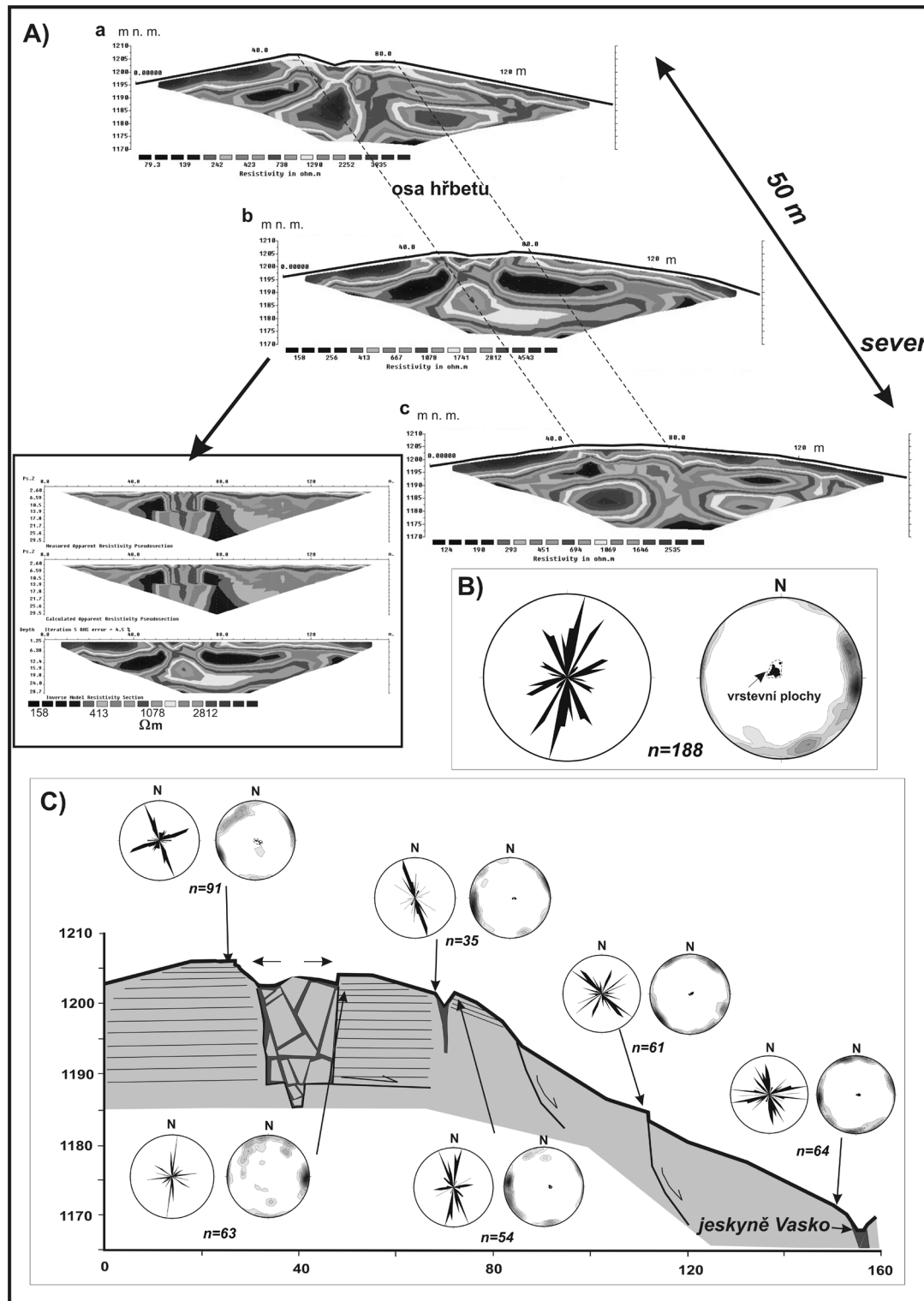
o jeden z největších gravitačních bloků, který byl zjištěn při výzkumu svahových deformací v Moravskoslezských Beskydech. Analýza sedimentů uložených po vzniku této deformace ukazuje na relativně mladý (pozdní subboreál) vznik hluboké tahové trhliny, která zmíněný blok protíná. Přesto, že gravitační příkopy jsou ve flyšových Karpatech relativně častými formami, jen málokdy jsou vyplněny datovatelnými organickými sedimenty. Charakter sedimentace v našem případě ukazuje na pomalou nepřerušovanou akumulaci organických sedimentů v zamokřeném prostředí. V poslední době publikoval Margielewski (2006 b) několik podobných příkladů z polské části flyšových Karpat. Některé z těchto příkladů vykazují relativně malé stáří (atlantik-subboreál-subatlantik), podobně jako námi studovaná forma.

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu Grantové agentury Akademie věd ČR č. KJB 301870501 „Kvartérní geochronologie svahových deformací v kulminační části Západních Beskyd: absolutní a relativní datování forem georeliéfu“

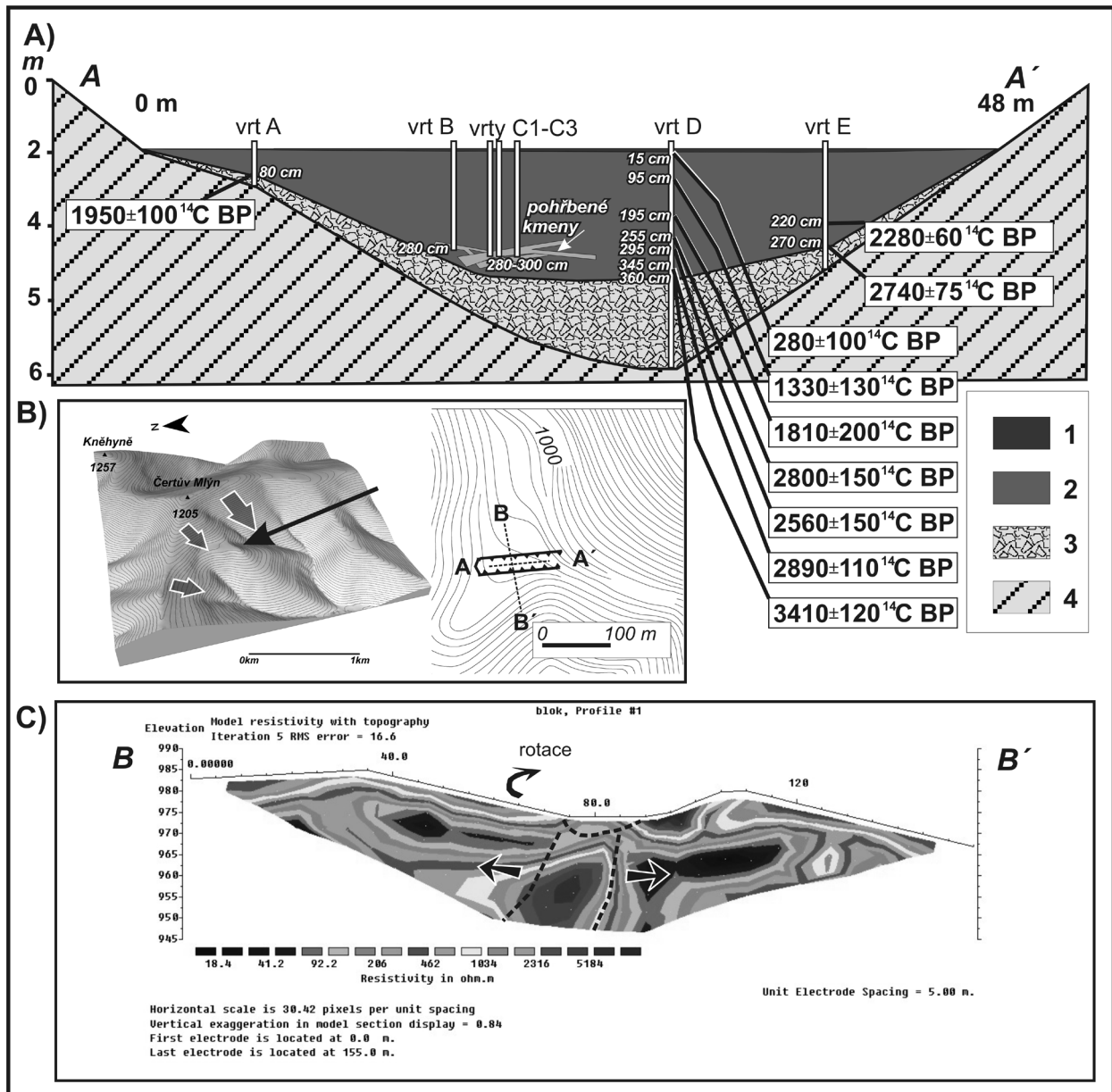
Literatura

- Kirchner, K – Krejčí, O. (1999): Základní geologické a geomorfologické rysy NPR Kněhyně–Čertův Mlýn. – Zpravodaj Beskydy, 12, 15–22.
- Novosad, S. (1966): Porušení svahů v godulských vrstvách Moravskoslezských Beskyd. – Sborník geologických věd, 5, 71–86.
- Menčík, E. – Tyráček, J. (1985): Přehledná geologická mapa Beskyd a Podbeskydské pahorkatiny, v měř 1 : 100 000. Ústřední ústav geologický, Praha.
- Margielewski, W. – Urban, J. (2003): Crevice-type caves as initial forms of rock landslide development in the Flysch Carpathians. – Geomorphology, 54, 325–338.
- Margielewski, W. (2006 a): Structural control and types of movements of rock mass in anisotropic rocks: Case studies in the Polish Flysch Carpathians. – Geomorphology, 77, 47–68.
- Margielewski, W. (2006 b): Records of the Late Glacial–Holocene palaeoenvironmental changes in the landslide forms and deposits of the Beskid makowski and Beskid Wyspowy Mts. Area (Polish Outer Carpathians). – Folia Quaternaria, 149 str. Kraków.
- Wagner, J. – Demek, J. – Stránil, Z. (1990): Jeskyně Moravskoslezských Beskyd a okolí. – Knihovna České speleologické společnosti, 130 str. Praha.



Obr. 2: Interpretace výsledků odporové tomografie (ERT) a strukturního měření v oblasti zdvojeného hřbetu Čertova Mlýna (zdvojený hřbet 1). A – Výsledky měření (inverzní odporový model) ve třech profílech napříč hlavním zdvojeným hřbetem (u profilu b vložena originálně naměřená data spolu s inverzním modelem), B – růžicový diagram a konturový diagram pólů zlomů a puklin měřených v těsné blízkosti sesuvného území (koryta potoků Bystrá a Kněhyně), C – interpretovaný (částečně schematizovaný) profil hřbetní části Čertova Mlýna spolu s výsledky strukturního měření (růžicové diagramy a póly puklin a zlomů v jednotlivých částech sesuvného území).

Fig. 2: Interpretation of the results of ERT and measurement of structural features in the locality of the double ridge of Čertův Mlýn Mt. (double ridge 1). A – ERT results (inverse model) presented in three cross section profiles of the double ridge (originally measured data and inverse profile are added in profile b), B – rose diagram and projection of faults and joints on the lower hemisphere measured in the vicinity of the landslide area (channels of Bystrá Brook and Kněhyně Brook), C – interpreted (scheme picture) profile of a ridge part of Čertův Mlýn Mt. and results of structural measurements (rose diagrams and projection of faults and joints on the lower hemisphere in particular parts of the landslide area).



Obr. 3: Výsledky radiokarbonového datování a geoelektrického profilování (ERT) v lokalitě zdvojeného hřebetu 2. A – Vnitřní struktura a výsledky datování sedimentů vyplňujících gravitační příkop (Legenda: 1 – půda, 2 – organické sedimenty (rašelina, dřevní hmota, humolit), 3 – zvětralé godulské pískovce (částečně rovněž koluvialní materiál), 4 – skalní podloží), B – Celková situace studovaného území, šipky ukazují polohu hlavních hlubokých sesuvů, C – příčný ERT profil zdvojeným hřebetem 2.

Fig. 3: Results of radiocarbon dating and electrode resistivity tomography in the locality of double ridge 2. A – character of sedimentary infilling of a double ridge depression and results of sediment dating (Legend: 1 – soil, 2 – organic sediments (peat, wood, soddy soil), 3 – weathered Godula sandstones (partly colluvial sediments), 4 – underlying rocks), B – general situation of the studied area – arrows show the position of main deep-seated landslides, C – cross-sectional ERT profile of double ridge 2.