

Historie a výsledky nivelačních měření v okolí štolý Jezeří

prof. RNDr. Vít Vilímek, CSc.¹, prof. RNDr. Jan Kalvoda, DrSc.¹, RNDr. Tomáš Krocze¹

¹Katedra Fyzické Geografie a Geoekologie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Praha; vilimek@natur.cuni.cz

Přijato: 12. 10. 2020, recenzováno: 11. a 12. 2. 2021

Abstrakt

Článek se zabývá přehledem historie a výsledků nivelačních měření, která proběhla v letech 1983 až 1998 na geodetických pořadech v krušnohorské lokalitě Jezeří. Tato měření byla interpretována jak v kontextu probíhajících geomorfologických procesů, tak s ohledem na dlouhodobý vývoj reliéfu této části Krušných hor. Optimální výsledky přinesla zejména opakovaná nivelační měření na zvláštním nivelačním polygonu Mikulovice – zámek Jezeří. Geomorfologická interpretace geodetických měření v okolí štolý Jezeří umožnila stanovit trendy a kombinace tektonických, klimatických a antropogenních vlivů na pohyby zemského povrchu.

History and results of leveling measurements around the Jezeří gallery

The article focuses on the overview of the history and results of levelling measurements, which took place in the years from 1983 to 1998 on geodetic circuit in the Ore Mountains locality of Jezeří. These measurements were interpreted both in the context of ongoing geomorphological processes and with regard to the long-term development of the relief of this part of the Ore Mountains. Optimal results were brought in particular by repeated levelling measurements on a special levelling polygon Mikulovice - the Jezeří chateau. Geomorphological interpretation of the geodetic measurements in the vicinity of the Jezeří gallery made it possible to determine trends and combinations of tectonic, climatic and anthropogenic influences on the movements of the earth's surface.

Geschichte und Ergebnisse der Nivellierungsmessungen in der Umgebung des Stollens Eisenberg

Der Artikel befasst sich mit einer Übersicht der Geschichte sowie der Ergebnisse von Nivellierungsmessungen, die in Jahren 1983 bis 1998 im Rahmen der geodätischen Abfolge in der Erzgebirgslokalität Eisenberg / Jezeří verliefen. Diese Messungen wurden wie im Kontext der verlaufenden geomorphologischen Prozesse, als auch mit Hinsicht auf die langfristige Entwicklung des Reliefs dieses Erzgebirgs-Teiles interpretiert. Es waren insbesondere wiederholte Nivellierungsmessungen auf einem speziellen Nivellierungspolygon Mikulovice – Schloß Jezeří, die optimalen Ergebnisse gebracht haben. Die geomorphologische Interpretierung der geodätischen Messungen in der Umgebung des Stollens Eisenberg ermöglichte die Trends und Kombinationen von tektonischen, klimatischen und anthropogenen Wirkungen auf Bewegungen der Erdoberfläche zu bestimmen.

Klíčová slova: nivelační měření, geomorfologická interpretace, štola Jezeří.

Keywords: levelling measurements, geomorphological interpretation, the Jezeří gallery.

1 Úvod

Využití velmi přesné nivelace pro zjišťování pohybů zemského povrchu má již poměrně dlouhou historii. Možnosti propojení geodetických a geofyzikálních měření s inženýrsko-geologickým a geomorfologickým výzkumem popsali a testovali např. Kalvoda a Pašek (1974, 1975), Kalvoda (1981, 1996), Kalvoda a Košťák (1984). V těchto studiích bylo zejména zdůrazněno, že při využití opakovaných nivelačních měření pro identifikaci tektonických pohybů je nezbytné zohlednit další přírodní a antropogenní vlivy, které mohou podstatným způsobem monitorované výsledky ovlivnit.

Koncepce projektu zvláštního nivelačního pořadu v krušnohorské lokalitě Jezeří vycházela zejména ze zkušeností s experimentálními výzkumy měření pohybů zemského povrchu na geodynamickém polygonu Horní Bečva v Moravskoslezských Beskydech (Kalvoda a Zeman 1979, Kalvoda a Prášek 1996). Geodynamický polygon Horní Bečva byl založen v roce 1970 Z. Rothem (ÚUG Praha) a P. Vyskočilem (VÚGTK Zdíby) v zóně tektonicky aktivního styku magurského a godulského příkrovu Západních Karpat. V geodynamicky a těžbou exponované krušnohorské lokalitě Jezeří mohla být navíc měřena

a zkoumána unikátní kombinace účinků recentních morfotektonických, klimatických a antropogenních procesů.

Stabilita nivelačních a dalších typů geodetických bodů ve středoevropských přírodních podmínkách může být ovlivněna zejména fyzikálním (mechanickým) zvětráváním a případným následným pohybem zvětralin, plouživými pohyby sedimentů na svazích, splachem po extrémních srážkách či tání sněhové pokrývky, objemovými změnami jílovitých minerálů a většiny kvartérních sedimentů (Kalvoda 1995). Exogenní procesy mohou obecně způsobovat lokální zdvihy či poklesy různých typů geodetických bodů a kvalitativní ocenění jejich stability je nezbytné pro identifikaci výpovědní hodnoty opakovaných nivelačních měření (Kalvoda a Vilímek 1989, Stemberk a kol. 2000). Výše uvedené procesy mohou vykazovat sezónní i dlouhodobé vlivy na změny zemského povrchu, a proto jsou pro identifikaci recentních tektonických pohybů nezbytná jak pravidelně se opakující nivelační měření, tak jejich geomorfologická interpretace.

2 Nivelační měření na lokalitě Jezeří

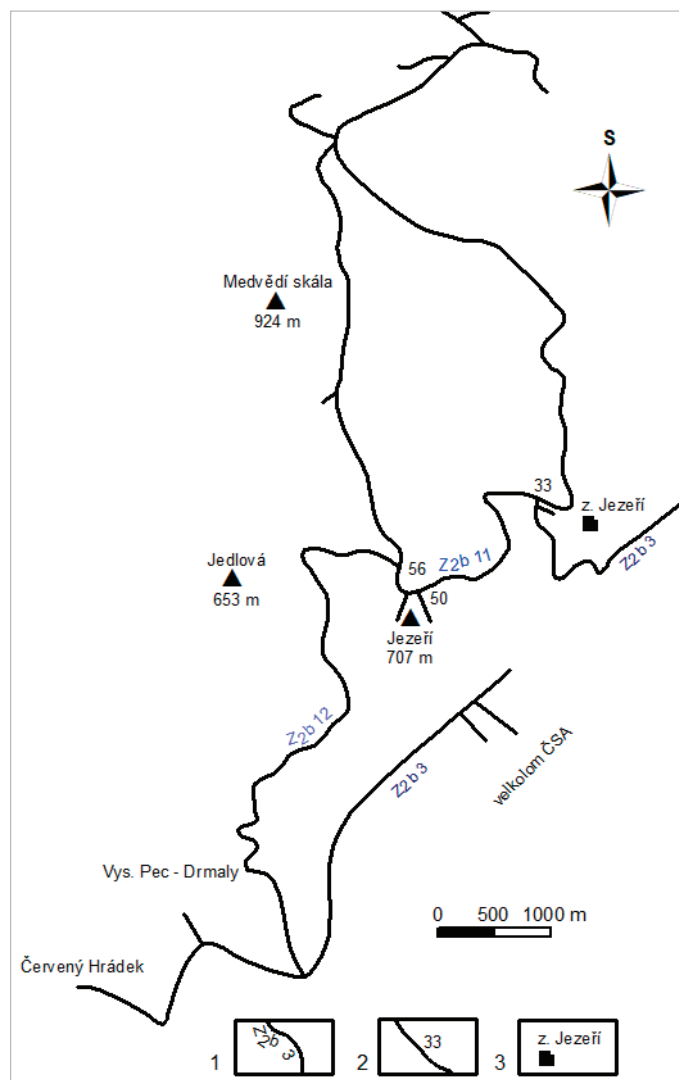
2.1 Historie geodetických a geomorfologických výzkumů

První velmi přesná nivelace, jež měla za cíl zaznamenat pohyby na krušnohorském svahu v okolí zámku Jezeří, byla zahájena v roce 1983. Byl vypracován projekt a založena stanoviště nivelačních bodů zvláštního nivelačního pořadu Z2b 11 (a jeho odbočky Z2b 10 a Z2b 3), který spojoval zarovnané povrchy vrcholové oblasti Krušných hor s areálem zámku Jezeří a s úpatím zlomového krušnohorského svahu. Geodetická měření započala na podzim roku 1983 a probíhala v pravidelných etapách až do jara 1989. Vztahným bodem byla hloubková stabilizace v Nové Vsi v Horách (Kalvoda a kol. 1994). V území mezi obcí Mikulovice a zámek Jezeří bylo tedy v rozmezí let 1983 až 1989 realizováno 12 etap velmi přesné nivelace, jejichž výsledky byly interpretovány s ohledem na geomorfologický vývoj této oblasti. Kontinuita měření, vždy 2x ročně (na jaře a na podzim), byla důležitá pro odlišné nasycení masívu vodou a tedy i rozdíly ve výškové poloze měřených geodetických bodů (např. Kalvoda a kol. 1990). Tato kontinuita byla narušena neuskutečněným měřením na podzim 1989 a po jarním měření 1990 byl nivelační pořad - pro další studium svislých pohybů souvisejících s těžbou - redukován na krátký úsek v prostoru zámku Jezeří a vrcholu Jezerka. Tento vybraný kritický úsek se nacházel na jihovýchodním zlomovém krušnohorském svahu a částečně zabíhal i do údolí Vesnického a Šramnického potoka. Zároveň byl pořad Z2b 11 doplněn o nivelační pořady Z2b 12 a Z2b 3 (obrázek č. 1).

Tato nivelační měření byla započata roku 1988, ovšem neprobíhala v pravidelných obdobích kalendářního roku (tab. 1) jako u zvláštního nivelačního pořadu Z2b 11 (jaro a podzim), což je vzhledem k prokázaným sezónním výkyvům ve výškové poloze bodů (Kalvoda a kol. 1990) značnou nevýhodou. Vzhledem k tomu, že se oba měřené pořady v úseku zámek Jezeří – vrch Jezerka prostorově překrývaly a byla zde v období podzim 1988, jaro 1989 a 1990 i časová shoda měření, došlo k pokusu o srovnání jejich výsledků (Stolínová a Vilímek 2003). Jednalo se o porovnání trendů naměřených pohybů zemského povrchu, které charakterizují recentní geomorfologické procesy v dané části nivelačního pořadu. Současně bylo provedeno vyhodnocení geomorfologických poměrů v nejbližším okolí geodetických bodů i podrobné geomorfologické mapování širší oblasti jihovýchodního krušnohorského svahu (Vilímek 1995 a 1998). Bylo provedeno i vyhodnocení kvality stabilizace měřených geodetických bodů podle metodiky popsané v práci Kalvody a kol. (1990).

2.2 Nivelační měření s výchozím bodem Nová Ves v Horách

Do roku 1989 (včetně) byla opakovaná nivelační měření vyhodnocována J. Kalvodou a A. Zemanem (Kalvoda et al., 1994). Vzhledem k tomu, že později byla zastavena pravidelně prováděná nivelační měření (na jaře a na podzim), jednalo se z metodického hlediska o přerušení řady cenných měření, neboť ze starších prací byl znám význam sezónního kolísání bodů ve vztahu k množství vody v horninovém masívu a zvětralinovém plášti (Kalvoda a Zeman 1979, 1982, 1983). Z tohoto důvodu výše uvedení autoři již další interpretaci neprováděli. Dosavadní výsledky nivelačních měření (s přesností ca mm/



Obr. 1: Schéma geodetických pořadů v oblasti kateřinohorské klenby v Krušných horách.

Legenda: 1) geodetický pořad, 2) čísla geodetických bodů, 3) zámek Jezeří.

Tab. 1: Přehled nivelačních měření v jednotlivých letech a ročních obdobích (X – měření provedená na pořadu Z2b 11, s výchozím bodem hloubkové stabilizace Nová Ves v Horách; Y – měření provedená na pořadech Z2b 11, Z2b 12 a Z2b 3, s výchozím bodem skalní stabilizace Červený Hrádek)

Rok	Jaro	Léto	Podzim
1983			X
1984	X		X
1985	X		X
1986	X		X
1987	X		X
1988	X		X, Y
1989	X, Y		
1990	X, Y		
1991		Y	
1992	Y		
1993			Y
1998		Y	

rok) a morfologických výzkumů však umožnily kategorizovat typy pohybů na geodynamickém polygonu Mikulovice – zámek Jezeří (Z2b 11) následovně (Kalvoda 1995):

1. sezónní oscilační pohyby
2. pohyby na svahu antropogenního původu
3. pohyby na svahu v dezintegrované zóně při povrchové části skalního masívu
4. pohyby na svahu podmíněné změnami skalního masívu v důsledku změn:
 - a) hydrologického a termálního režimu;
 - b) elastického zdvihu;
 - c) tektonického režimu.

Kalvoda (1995) konstatoval, že 1) celkově u nivelačních bodů převládaly sezónní kolísavé pohyby klimato-morfogenetického původu a 2) antropogenní reliéfovorné procesy podstatně ovlivňují svahy v jihovýchodní části nivelačního pořadu. Vyvinuly se nejméně dvě zóny s různým stupněm hlubokého porušení skalního masívu a byly pozorovány anomální změny výšek nivelačních bodů. Pravděpodobně se jednalo o reakci porušených zón skalního masívu na interferenci klimatických sezónních změn a elastického zdvihu spolu se seismickou aktivitou v širším regionu geodynamického polygonu, jež dosáhla až 5,5° MSK-64 (Kalvoda 1995, Stemberk a kol. 2000).

V práci Vilímek (1996) byl učiněn pokus napojit poslední (jarní) etapu měření z roku 1990 na pořadu Z2b 11 na předchozí období, byť ovšem chybělo měření z podzimu 1989 (tab. 1). Srovnávána byla v tomto případě jen jarní měření a vyplynulo z nich potvrzení výše uvedených trendů pohybů. Byly tedy rozptýleny obavy z nenadálých poklesů z jara 1989, které přišly v době, kdy měl probíhat vzestup bodů (v důsledku nasycení masívu). Nivelační měření na jaře 1990 tedy potvrdilo sezónnost kolísavých pohybů zemského povrchu v lokalitě Jezeří.

2.3 Nivelační měření s výchozím bodem Červený Hrádek

Nivelační měření, jejichž výchozím bodem je skalní stabilizace Červený Hrádek, byla zahájena v roce 1988 (tab. 1). Vzhledem k tomu, že tato měření probíhala velmi nepravidelně, nelze předpokládat kvality výsledků nivelačních měření z pořadu Z2b 11 v letech 1983–89 (kap 2.2.). Popisované nivelační pořady protínají krušnohorské zlomové pásmo, a proto lze s ohledem na sledování současných tektonických pohybů říci, že prostorové uspořádání kontrolní sítě nivelačních pořadů bylo vhodně zvoleno. Problémem však zůstává stabilita nivelačních bodů z hlediska působení exogenních, popř. antropogenních vlivů. Výsledky opakovaných nivelačních měření potvrdily (až na výjimky) skutečnost, že jarní měření jsou charakterizována vyššími hodnotami ve srovnání s měřeními na podzim, a to bez ohledu na typ stabilizace (Stolínová a Vilímek 2003).

Geomorfologická interpretace opakovaných nivelačních měření z let 1988–98 dále přinesla pozoruhodné výsledky. Vypočtené intenzity pohybu dosáhly u některých nivelačních bodů hodnot přes 2 mm/rok (max. 2,4 mm/rok), což by v případě pohybů tektonického původu odpovídalo velmi intenzivním zdvihům. Tyto výrazné výškové změny byly pozorovatelné u velké části nivelačních bodů. V případě masívu Krušných hor jsou však takto intenzivní tektonické pohyby nepravděpodobné.

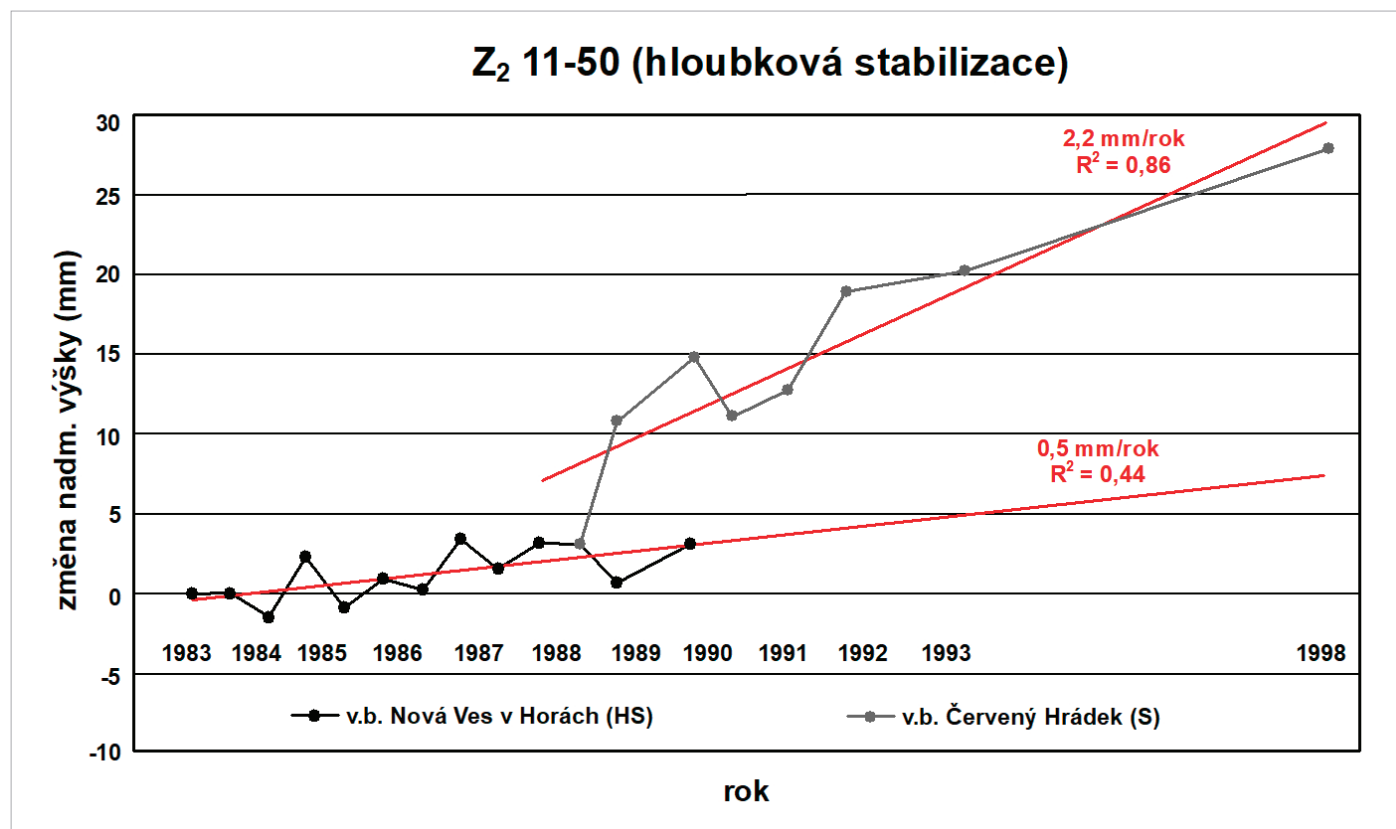


Obr. 2: Ukázka nivelačního bodu u domu z pořadu Z2b 11 v ploché, vrcholové oblasti Krušných hor, která je nejstabilnější (Foto: V. Vilímek).

Vysvětlení by bylo možné hledat i v podobě tzv. elastického zdvihu, ale i v tomto případě by se jednalo o poměrně intenzivní pohyby.

Výsledky opakovaných nivelačních měření z let 1988–98 by mohly být ovšem ovlivněny i poklesem výchozího bodu, tedy skalní stabilizace Červený Hrádek. Skutečnost, že tento výchozí bod nebyl zvolen příliš vhodně, potvrzují také rozdílné výsledky opakovaných nivelačních měření, probíhajících na pořadu Z2b 11 ve dvou etapách, které se částečně překrývají (v letech 1988–90) a z nichž každá měla jiný výchozí bod (Nová Ves v Horách a Červený Hrádek). Pro bližší představu uvádíme na obr. 3 grafické znázornění vývoje výškových změn nivelačního bodu č. 50 (hloubková stabilizace) v těchto dvou etapách měření. Z tohoto obrázku je patrné, že se výsledky opakovaných nivelačních měření v letech 1988–90 značně liší. Tato skutečnost svědčí spíše v neprospěch skalní stabilizace Červený Hrádek při porovnání s kvalitnější hloubkovou stabilizací v Nové Vsi v Horách.

I s ohledem na námi předpokládaný pokles výchozího bodu Červený Hrádek (Stolínová a Vilímek 2003) by zůstaly zachovány bodové skupiny, které se vyznačovaly obdobným chováním jednotlivých bodů v rámci určité skupiny. Jednu z těchto skupin tvoří nivelační body č. 36, 37 (n. p. Z2b 12) společně s nivelačními body č. 58, 57, 56, 55, 54, 53, 52, 51, 50 a 49 (n. p. Z2b 11). Tyto nivelační body se „chovaly“ v jednotlivých letech naprosto shodně, a to i s ohledem na jednotlivá období (jaro-podzim), ve kterých byla měření prováděna. Míra sezónních zdvihů a poklesů je totiž také srovnatelná. Pozoruhodná je skutečnost, že trendy pohybů bodu č. 50 (hloubková stabilizace) a také bodu č. 49 (tyčová stabilizace) se od sousedních nijak výrazně neliší, i když mají horší tzv. třídu (technické) stability. Např. body č. 48 a 54 mají třídu stability III a bod č. 53 dokonce IV. Nicméně trendy ke zdvihům či poklesům zůstávají v jednotlivých letech (i ročních obdobích) shodné a porovnatelná je i intenzita pohybů. Jedná se tedy o velmi homogenní část geodetického pořadu z hlediska lokálního morfostrukturního vývoje povrchových tvarů se srovnatelnými exogenními vlivy (Vilímek 1996, 1998).



Obr. 3: Grafické znázornění vývoje výškových změn nivelačního bodu č. 50, pořadu Z2b 11, a to v letech 1983-98 s vyznačenými pohybovými trendy.

3 Závěry

Nivelační a další geodetická měření jsou v současné době standardním nástrojem komplexně zaměřeného výzkumu pohybů zemského povrchu (Stemberk a kol. 2000, Vilímek a kol. 2010, Steklá a kol. 2017). Geomorfologická interpretace těchto opakovaných měření a dalších metod inženýrsko-geologického monitoringu umožňuje specifikovat trendy a kombinace lokálních i regionálních tektonických, klimato-morfogenetických a antropogenních procesů.

Konfigurace zvláštního nivelačního pořadu Z2b 11 v krušňohorské lokalitě Jezeří byla velmi vhodná, neboť spojovala stabilní zarovnané povrchy ve vrcholové části Krušných hor se zlomovým pásmem při východním úpatí pohoří. Interpretace vertikální složky pohybů z pravidelných nivelačních měření na pořadu Z2b 11 (z 80. let 20. století) je založena na kombinaci účinků klimatických, tektonických a antropogenních procesů. Tímto přístupem bylo možné identifikovat areály s různou mírou porušení povrchové části zemské kůry v reakci na současné geodynamické procesy.

Geomorfologická interpretace opakovaných nivelačních měření z let 1988 až 1998 (z kombinace pořadů části Z2b 11, Z2b 12 a Z2b 3) přinesla překvapivě vysoké hodnoty zdvihů části sledovaných bodů, a to až přes 2 mm/rok. Tyto výsledky měření však byly pravděpodobně ovlivněny buď nižším stupněm (technické) stability výchozího geodetického bodu u Červeného Hrádku a/nebo kumulací systematické chyby v důsledku překonávání poměrně velkých relativních převýšení v profilu měření (Stolínová a Vilímek 2002). Dalším možným vys-

větlením zjištěné lokální anomálie je již dříve diskutovaný elastický zdvih jako reakce na odtěžené hmoty v pánevní oblasti (Kalvoda a kol. 1990). Je pozoruhodné, že i méně četná nivelační měření (v letech 1988 až 1998) umožnila potvrdit sezónní kolísání výšky nivelačních bodů a také společné reakce skupin bodů na působení recentních geomorfologických procesů.

Literatura

- [1] KALVODA, J.: Výzkum recentních pohybů zemského povrchu na území moravských Vnějších Karpat. Zbor. predn. celoštát. konf. Inženýrskogeologické problémy horninového a krajinného prostredia v investičnej výstavbe. 21.-23. dubna 1981, Štrbské pleso, Košice, pp. 166-175, 1981.
- [2] KALVODA, J.: Geomorphological analysis of levelling measurements between Mikulovice village and Jezeří Castle in the Krušné hory Mountains. Acta Universitatis Carolinae, Geographica, 30 (Suppl.):139-160, 1995.
- [3] KALVODA, J.: Geomorphological aspects of levelling measurements of the Earth's surface movements in the Czech Republic. Acta Universitatis Palackiensis, Geographica, 34:7-16, 1996.
- [4] KALVODA, J., KOŠTÁK, B.: Geomorfologická analýza měření dilatací pískovcových bloků v údolí Liběchovky, Polomené hory. Sborník ČGS, 89(3):199-210, 1984.
- [5] KALVODA, J., PAŠEK, J.: Revize výsledků opakované

- nivelace při výzkumu recentních tektonických pohybů v západní části Vnějších Karpat. Závěrečná výzkumná zpráva GÚ ČSAV, Geofond Praha. 71 p., 1974.
- [6] KALVODA, J., PAŠEK, J.: Revize využití opakovaně nivelace v geologii. *Geologický průzkum*, 17, 6:165–166, 1975.
- [7] KALVODA, J., PRÁŠEK, J.: Geomorphological observation in the area of the Bečva geodynamic polygon (the Moravskoslezské Beskydy Mountains). *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica*, 30:63–72, 1996.
- [8] KALVODA, J., VILÍMEK, V.: Geomorfologická interpretace měření pohybů zemského povrchu na zvláštním nivelačním pořadu Mikulovice - Jezeří v Krušných horách. ÚGG ČSAV, Praha. 248 p., 1989.
- [9] KALVODA, J., ZEMAN, A.: Sledování pohybů zemského povrchu na geodynamickém polygonu Horní Bečva v Moravskoslezských Beskydech. *Věstník Ústředního ústavu geologického*, 54, 6:349–360, 1979.
- [10] KALVODA, J., ZEMAN, A.: Geological interpretation of measurement in 1952–1981 on the test levelling circuit in Prague – Podbaba. *Sborník výzkumných Zpráv VÚGTK Praha*. 14: 89–124, 1982.
- [11] KALVODA, J., ZEMAN, A.: Interpretace měření recentních pohybů zemského povrchu. *Sborník prací Geografického ústavu ČSAV*, 1, s. 81–90, Praha, 1983.
- [12] KALVODA, J., STEMBERK, S., VILÍMEK, V., ZEMAN, A.: Analysis of levelling measurements of the Earth's surface movements on the geodynamical polygon Mikulovice – Jezeří in the Krušné hory Mts. *Proc. 6th Congr. Intern. Assoc. Engin. Geol.* 3, Amsterdam. pp. 1631–1637, 1990.
- [13] KALVODA, J., VILÍMEK, V., ZEMAN, A.: Earth's Surface Movements in the Hazardous Area of Jezeří Castle, Krušné hory Mountains. *GeoJournal*. 32(3):247–252, 1994.
- [14] STEKLÁ, T., KALVODA, J., KOSTELECKÝ, J.: Landforms and morphogenetic processes in the locality of Geodetic Observatory Pecný, Ondřejovská vrchovina Highland. *Acta Universitatis Carolinae, Geographica*, 52, 1:5–17, 2017.
- [15] STEMBERK, J., VILÍMEK, V., KALVODA, J., KOŠTÁK, B., RYBÁŘ, J., ZVELEBIL, J.: Analysis of manifestation of tectonic activity in seismically active regions of the Bohemian Massif. *Acta Montana, Ser. AB*, 8 (115):61–63, 2000.
- [16] STOLÍNOVÁ, E., VILÍMEK, V.: Geomorfologická interpretace geodetických měření v Krušných horách. *Geomorfologický sborník 2. Česká asociace geomorfologů, Západočeská univerzita v Plzni*. Pp. 247–252, 2003.
- [17] VILÍMEK, V.: Quaternary development of Kateřinohorská Vault relief in the Krušné hory Mountains. *Acta Universitatis Carolinae, Geographica*, 30(Supple.):115–137, 1995.
- [18] VILÍMEK, V.: Závěrečná zpráva o výsledcích řešení grantu za období 1994–1996. PřF UK Praha. 12 p., 1996.
- [19] VILÍMEK, V.: Morfostrukturní vývoj reliéfu Kateřinohorské klenby v Krušných horách. *Acta Montana, Series AB*, No. 5 (108), 127p., 1998.
- [20] VILÍMEK, V., ZVELEBIL, J., KALVODA, J., ŠÍMA, J.: Landslide field research and capacity building through international collaboration. *Landslides*, 7, 3:375–380, 2010.