

Rozšíření a modernizace systému náklonoměrného monitorování rizikových svahů velkolomu ČSA v Mostě

Erweiterung und Modernisierung des Überwachungssystems der Risikoböschungen des Tagebaus ČSA in Most mit Neigungsmessgerät

Zuerst ist die Geschichte der Neigungsmessungen in Kontrollstollen Jezeří und Jezerka im Raum des Tagebaus ČSA im Braunkohlenrevier unter dem Erzgebirge beschrieben, welche Mitarbeiter des Geophysikalischen Instituts der ČSAV in Prag seit 1982 mit Hilfe der ultraempfindlichen Neigungsmessgeräte durchgeführt haben. In Folge des Abbaufortschreitens kam 1998 zur Schließung des Stollens Jezerka und der Schwerpunkt der Überwachung der Bewegungen von Gesteinblöcken blieb nur im Stollen Jezeří. Deshalb wurde mit Subventionsmitteln der ČSAV ČR und mit der Unterstützung der Kohlengesellschaft MUS a.s., die notwendige Bauarbeiten durchführte, im Stollen Jezeří zwei moderne automatische Neigungsmessstationen geschaffen, die schon mehr als anderthalb Jahre ununterbrochene Informationen von Bewegungen der Gesteinblöcke im bedrohten Bereich übergibt. In beobachteten Parametern zeigte sich ganz deutlich das Hochwasser im August 2002 mit dramatischer Beschleunigung der Neigung und gleichzeitig auch mit der Veränderung deren Richtung.

Expansion and modernization of the cant-measuring system monitoring hazardous slopes of the ČSA big-scale opencast mine in Most

The history of tilt measurements, started in 1982 in the horizontal galleries Jezeří and Jezerka in the vicinity of the open-pit mine ČSA in the NW Bohemian coal basin, are described in this paper. The measurements were performed by the Geophysical Institute of the Czech Academy of Science. With respect to the progress of mining, the Jezerka gallery was closed in 1998. The attention was focused on the gallery Jezeří, where two tilt observation sites were installed and the instrumentation upgraded. The mining company MUS actively contributed to the set-up of the sites by technical and construction

work. One and half year of data acquisition represents significant information on the level of stability of the rock massif in the hazardous slopes of the mine. The summer 2002 flood resulted in a dramatic increase of the massif tilt velocity with contemporary significant change of its direction.

Расширение и модернизация системы уклономерного мониторинга опасных откосов разреза им. Чехословацкой Армии

Статья сначала описывает историю измерения уклонов в контрольных штольнях Езержи и Езерка в пространстве разреза им. Чехословацкой Армии в подкрупногорском бурогольном бассейне. Измерение осуществляли сотрудники Геофизического института Чехословацкой Академии Наук с 1982 г., при помощи ультрачувствительных уклономеров. Под влиянием продвижения добычи наступило в 1998 г. закрытие штольни Езерка и центр следения за движением породных блоков остался только в штольне Езержи. Поэтому, при помощи средств гранта Академии Наук Чешской Республики и при содействии угольной компании МУС, а/о, которая осуществила требуемые строительные работы, была в штольне Езержи создана пара современных автоматических уклономерных станций, дающих уже свыше полтора года данные о движениях породных блоков в опасной области. В данных мониторинга ярко проявились наводнения в августе 2002 г. драматическим ускорением уклона горного массива и одновременным изменением его направления.

Rozšíření a modernizace systému náklonoměrného monitorování rizikových svahů velkolomu ČSA v Mostě

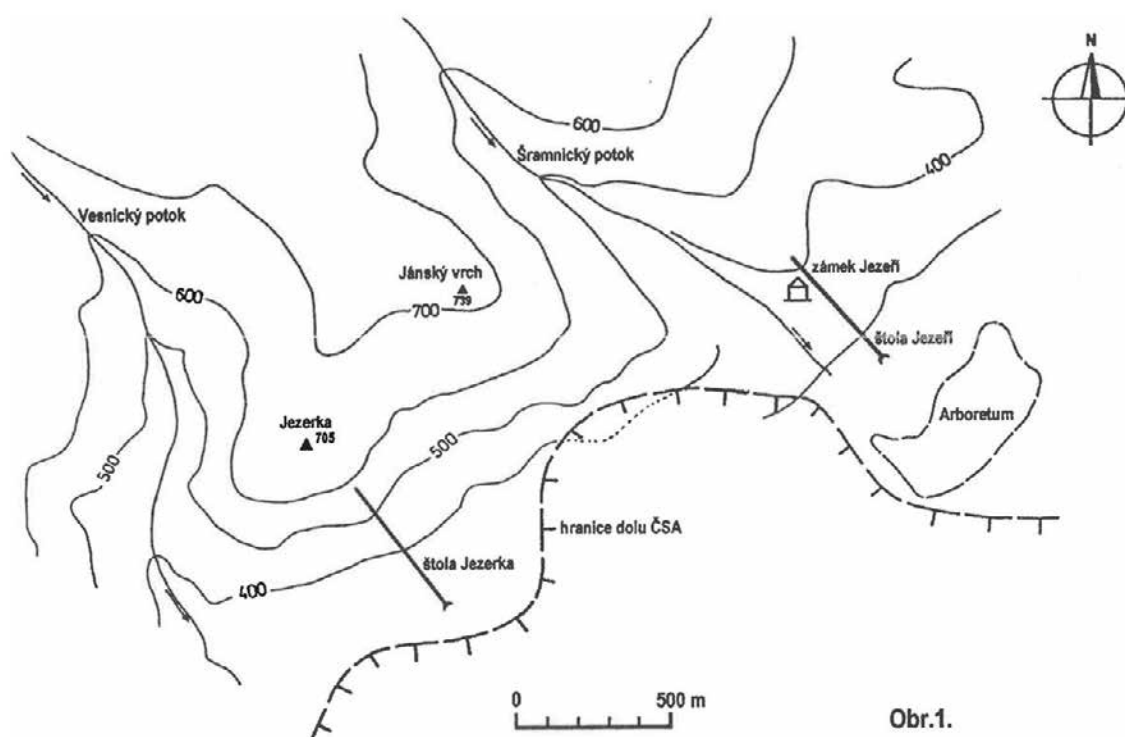
V práci je nejprve popsána historie náklonových měření v kontrolních štolách Jezeří a Jezerka v prostoru dolu ČSA v podkrušnohorské hnědouhelné oblasti, která realizovali pracovníci

Geofyzikálního ústavu ČSAV v Praze od r. 1982 pomocí ultracitlivých náklonoměrů. Vlivem postupu těžby došlo v r. 1998 k uzavření štol Jezerka a těžiště sledování pohybů horninových bloků zůstalo pouze na štole Jezeří. Proto byla s pomocí grantových prostředků Akademie věd ČR a za přispění těžební společnosti MUS, a.s., která realizovala potřebné stavební

práce, ve štole Jezeří vytvořena dvojice moderních automatických náklonoměrných stanic, dávající již více než rok a půl nepřetržité informace o pohybech horninových bloků v ohrožené oblasti. V pozorovaných datech se výrazně projevila povodeň v srpnu 2002 dramatickým zrychlením náklonu masívu a současnou změnou jeho směru.

Úvod

V roce 1982 byl Geofyzikální ústav ČSAV v Praze požádán vedením Severočeských hnědouhelných dolů v Mostě o vybudování dvou náklonoměrných monitorovacích stanic v kontrolních štolách Jezeří a Jezerka, vyražených v délkách cca 400 a 500 m do masívu Krušných hor speciálně pro účely měření. Důvodem jejich žádosti byly závěry geologických studií - např. [1] – [4], poukazující na vážné nebezpečí narušení stability svahů krystalinika masívu Krušných hor při těžbě hnědého uhlí velkolomovou metodou. Důsledky porušení této stability by byly nepochybně katastrofální. Za zvláště nebezpečnou oblast byly považovány hlubší partie krystalinika, kde pro nepatrnou velikost očekávaných deformací nebylo možno použít běžných geodetických a geologických měřících metod, zatímco speciální náklonoměry na principu horizontálního kyvadla, vyvinuté a užívané pro sledování slapových pohybů zemské kůry a existující v inventáři Geofyzikálního ústavu, se vyznačovaly dostatečnou citlivostí pro požadované monitorování deformačních procesů [5], [6]. Tyto přístroje jsou schopny nepřetržitě registrovat lokální náklony podkladu, na němž jsou instalovány, s obrovskou rozlišovací schopností 0,0001 úhlové vteřiny. To je úhel, který by vznikl zvednutím 2000 km dlouhého pravítka (např. mezi Prahou a Moskvou) na jednom konci o jediný milimetr! Takovými přístroji byly pak vybaveny tři náklonoměrné stanice v kontrolních štolách (dvě ve štole Jezerka a jedna ve štole Jezeří) a sledovaná oblast se v následujících letech těšila pozorností řady specialistů - např. [7] – [14]. Situační pohled na polohu obou kontrolních štol v těžební oblasti ukazuje obr. 1.



Obr.1.

Modernizace náklonových měření

Vybudované kontrolní stanice prošly za léta své činnosti různými úpravami i modernizacemi a úspěšně sloužily až do roku 1998. Vzhledem k postupu těžby byla však v té době kontrolní štola Jezerka uzavřena a v provozu zůstala jen jedna stanice na konci štoly Jezeří. Její přístrojové vybavení bylo již zastaralé, bez možnosti dálkového přenosu dat a bez možnosti nepřetržité operativní kontroly průběhu deformačních procesů personálem dolů.

Ve snaze vyřešit tuto situaci – mimo jiné též proto, abychom zabránili přerušení dlouhé řady dosud naměřených dat a tím znehodnocení mnohaleté práce i vynaložených prostředků – přihlásili jsme se v r. 1999 do soutěže v *Programu podpory cíleného výzkumu a vývoje AV ČR* s tímto návrhem projektu:

1. modernizovat přístrojové vybavení stávající stanice na konci štoly Jezeří dlouhé 409 m, zejména z hlediska dálkového ovládání a přenosu dat; dále bude zvána *Jezeří-1*;
2. zřídit ve štole Jezeří druhou náklonoměrnou stanici *Jezeří-2*, situovanou poblíž ústí štoly v tektonicky oslabené zóně krystalinika, umožňující posouzení plošné reprezentativnosti pozorovaného průběhu náklonů;
3. obě stanice propojit kabeláží s objektem stálé monitorovací služby dolů (dále Monitoring) na povrchu nad štolou a tento objekt vybavit potřebnou měřicí a výpočetní technikou spolu s přístroji pro dálkový přenos dat do výpočetní stanice gravimetrického oddělení Geofyzikálního ústavu v Příbrami.

Náš záměr uvítala i Mostecká uhelná společnost, a.s. (dále MUS), která se zavázala podílet na vybudování stanice potřebnými stavebními a vrtnými pracemi, což

také v průběhu výstavby kvalitně splnila. Rovněž nám přislíbila poskytnout nezbytný prostor pro instalaci zpracovatelské techniky v novém Monitoringu i telefonní linku pro pravidelný přenos dat do Příbrami.

Začátkem roku 2000 nám Rada programu AV ČR oznámila, že náš návrh projektu úspěšně prošel veřejnou soutěží a bude finančně podpořen s dobou řešení tři roky. Mohlo být tedy započato s jeho realizací.

Realizace projektu modernizace

Nejprve bylo nutno vytipovat nejvhodnější místo pro umístění nové stanice *Jezeří-2*.

Navrhli jsme tři varianty jejího umístění a předložili je k posouzení geologům MUS a současně také geologům Ústavu struktury a mechaniky hornin AV ČR (dále ÚSMH), kteří tuto oblast rovněž řadu let studují a detailně znají. Všichni účastníci se shodli na umístění stanice v levostranné rozrážce ve vzdálenosti 140 m od ústí štoly. Vypracovali jsme tedy detailní projekt stanice zejména po stránce stavebních prací s přihlédnutím ke specifickým podmínkám v místě stavby (profil stěn a stropu, voda v podloží, tvrdost hornin aj.). Rovněž byl vypracován harmonogram předpokládaného postupu prací a projednán s MUS. Díky dobré přípravě a ochotě klienta mohly být náročné stavební a technické práce, plánované na první rok řešení našeho projektu, úspěšně zvládnuty. Netradičním způsobem byla vytvořena kobka pro instalaci náklonoměrů: nikoliv úpravou podloží rozrážky, jak bývalo dosud obvyklé, ale vyrubáním prostorného výklenku na jejím konci ve výšce asi 700 mm nad zemí, ve kterém pak byly umístěny a dle astronomických směrů orientovány dvě žulové desky pro dva náklonoměry (směry S-J a V-Z). Kobka byla pro zajištění stabilních podmínek (konstantní teplota, zamezení pohybu vzduchu aj.) oddělena od okolí dvojitými utěsněnými a tepelně izolovanými kovovými dveřmi.

Po ukončení stavebních prací a osazení náklonoměrů jsme položili cca 700 m speciálních vícežilových kabelů pro propojení obou stanic ve štole s monitorovacím pracovištěm na povrchu. Ve štole jsou kabely zavěšeny na nosném laně, na povrch procházejí svislým vrtem a mezi vyústěním vrtu a Monitoringem jsou uloženy do ocelových a plastových chrániček pod zemí: tím je ztížena možnost jejich poškození a zejména zcizení, k čemuž dříve často docházelo. Těmito kabely jsou přenášeny jednak povely pro dálkové ovládání přístrojů ve štole a obráceným směrem signály jejich datových výstupů na povrch.

Pracoviště na povrchu v budově Monitoringu bylo vybaveno potřebnou technikou, částečně zakoupenou z přidělených prostředků AV ČR, ale i naší konstrukce: počítačem, modemem, panely pro dálkové ovládání náklonoměrů, přijímačem časových signálů pro automatickou korekci přístrojového času, digitálním měřičem barometrického tlaku vzduchu, extrémně citlivými teploměry, kontrolními liniovými zapisovači a dalšími prvky a obvody. Jako základní předpoklad operativnosti systému byl realizován dálkový přenos dat do výpočetního střediska gravimetrického oddělení našeho ústavu v Příbrami.

Zásadní úlohou našeho projektu bylo poskytnout pracovníkům stálé obsluhy na Monitoringu možnost nepřetržitě sledovat a operativně vyhodnocovat průběh pozorovaných náklonů, aby při překročení kritických hodnot mohli vykonat příslušné kroky. Pro tento účel byly na výstup datových kanálů připojeny liniové analogové

zapisovače, na kterých je spojitě zaznamenáván průběh obou složek náklonů v obou stanicích s okamžitým přehledem o jejich několikaletném trendu. Kromě toho mohou pracovníci Monitoringu tato data kdykoliv a pro libovolné uplynulé období zobrazit na monitoru počítače a operativně vyhodnotit rychlost a směr zaregistrovaných náklonů ve zvoleném období. Zjištěné denní a měsíční charakteristiky mohou pak být snadno srovnány se stanovenými varovnými stavů, při jejichž překročení obsluha informuje příslušné orgány, oprávněné k vyhlášení havarijních opatření.

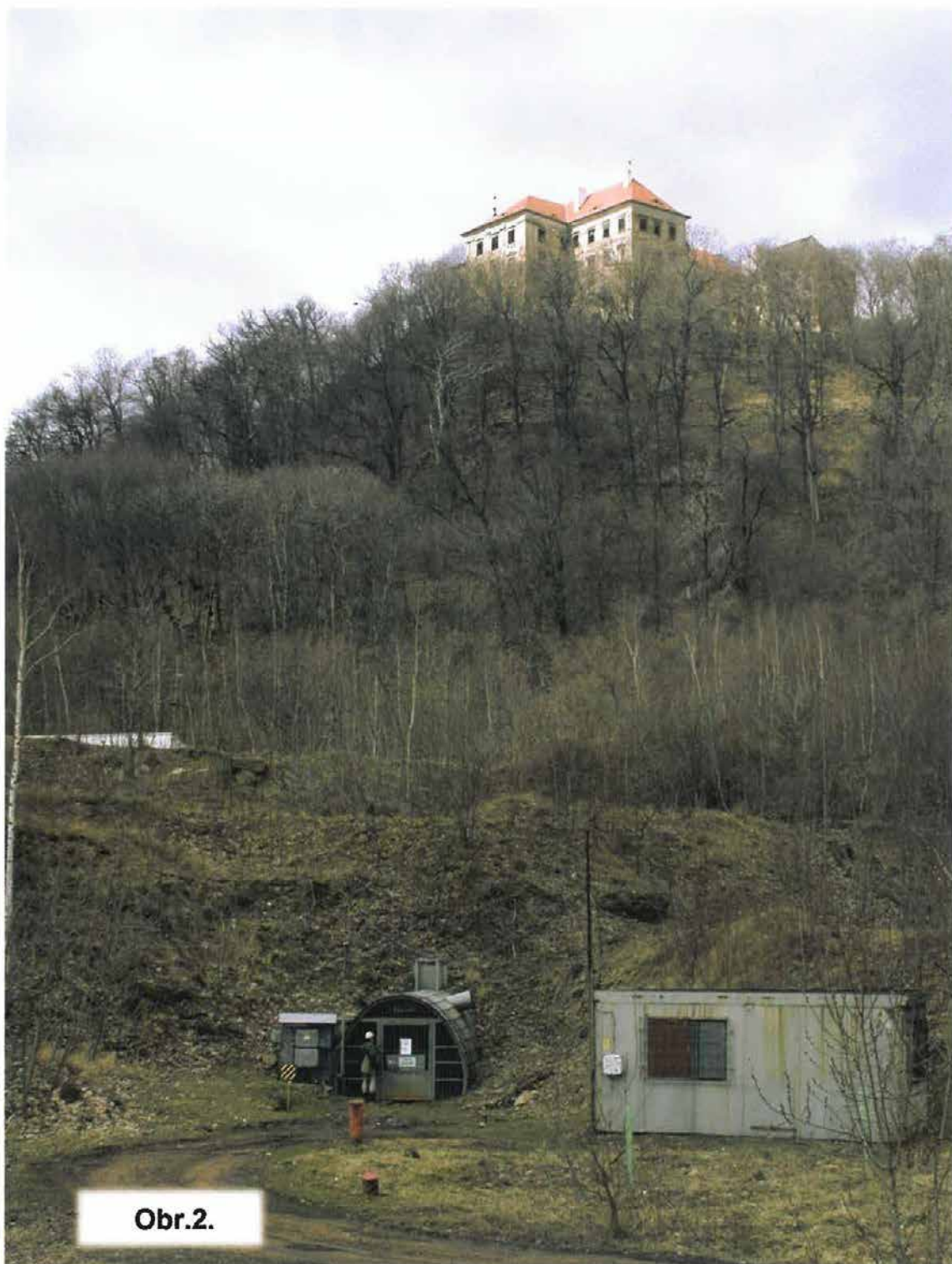
Současně s těmito pracemi probíhala modernizace dosavadní stanice *Jezeří-1* s cílem nejen zpřesnit měření, ale zejména přechodu na provoz bez potřeby pravidelné obsluhy, tj. přechod na jiný způsob registrace, vyřešení dálkového ovládání náklonoměrů a přenosu jejich dat na povrch. Přítomnost osob v blízkosti extrémně citlivých přístrojů totiž vždy ovlivní jejich funkci. Modernizace stanice *Jezeří-1* byla prováděna za jejího provozu a předem připravována vždy tak, aby výpadky byly minimální - jen na úrovni času dosavadní běžné obsluhy a údržby.

Poslední - třetí - rok našeho projektu byl věnován různým dokončovacími pracím na obou stanicích i Monitoringu. Naší hlavní snahou pak bylo získat dlouhodobou a alespoň roční co nejméně přerušovanou sérii náklonových měření z obou stanic, abychom mohli provést všechny potřebné analýzy a zhodnotit vykonané dílo.

Na obr. 2 je celkový pohled na dominantu zámku Jezeří spolu se vstupem do stejnojmenné kontrolní štoly. Vertikální řez štolou Jezeří s oběma stanicemi a nástinem geologické situace ukazuje obr. 3 a půdorysný pohled pak obr. 4.

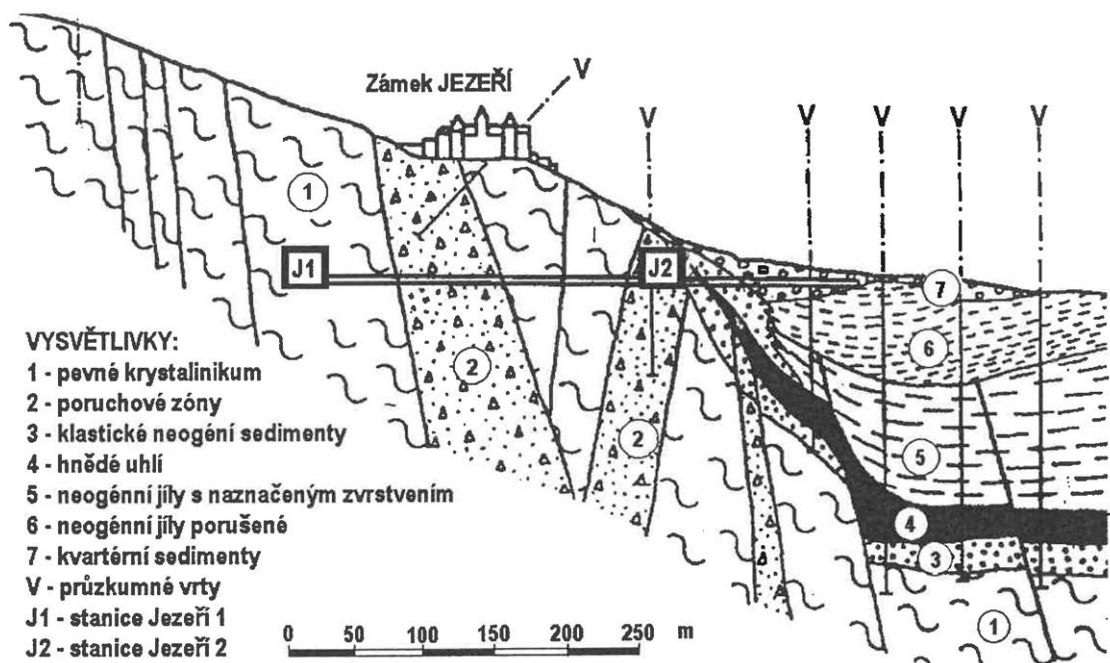
První výsledky

V druhé polovině roku 2001 byla výstavba stanice *Jezeří-2* dokončena a spolu s přestavěnou stanicí *Jezeří-1* zahájen jejich společný zkušební provoz. Hned z prvních analýz naměřených dat bylo zřejmé to, co jsme předpokládali: že na nové stanici *Jezeří-2* poblíž ústí štoly jsou registrovány několikanásobně větší náklony, než na původní stanici *Jezeří-1* v zadní části štoly v pevném krystaliniku. Tyto náklony mohly však být zatíženy přístrojovými chybami nebo vlivem pohybů podloží po teprve nedávno ukončených stavebních pracích při výstavbě nové stanice. Podrobili jsme tedy stanici i přístroje dlouhodobě řadě testů s jednoznačným výsledkem: po několikaletné reakci na změnu provozních podmínek pokračovaly náklony vždy ve směru dlouhodobého trendu. O reálnosti výrazných pohybů připovrchových zvětralých vrstev krystalinika svědčí i neustále se zvětšující praskliny ve stěnách uvnitř štoly v blízkosti stanice *Jezeří-2*.



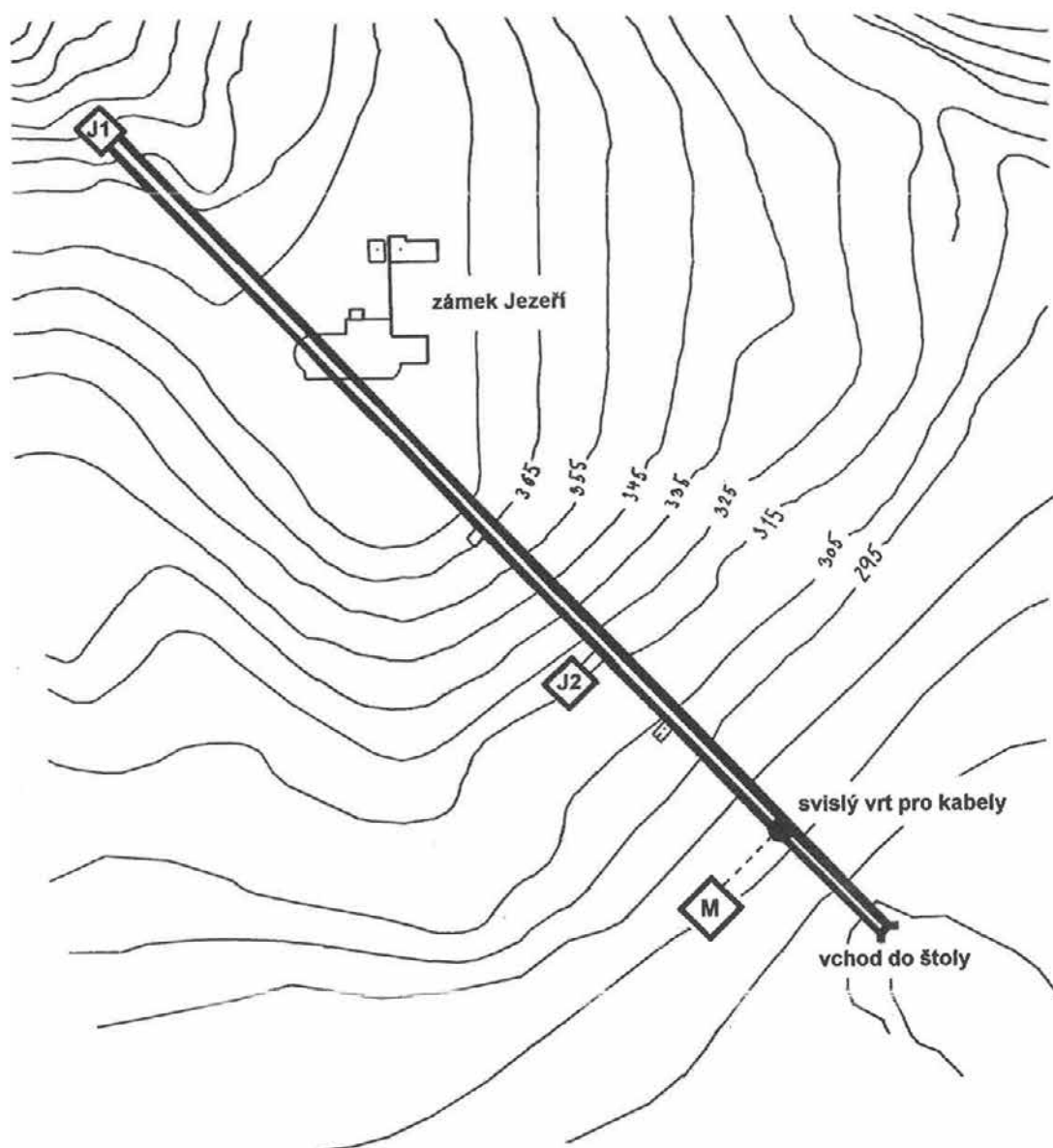
Obr.2.

Obr.3. Náklonoměrné stanice ve štole Jezeří



Uvedené závěry jsou zřejmé i z obr. 5, který znázorňuje časové průběhy složek S-J a V-Z tzv. neslapových náklonů (tj. pozorovaných náklonů po vyloučení slapových variací, vyvolávaných přitažlivými silami Slunce a Měsíce při otáčení Země) na obou stanicích ve stejném měřítku v dlouhodobé serii - za dobu delší než 12 měsíců. Krátkodobá přerušení grafů časového průběhu pozorovaných složek náklonů byla kromě zmíněných testů (jimiž porušené úseky byly eliminovány) způsobena i občasnými přerušeními dodávky elektrické energie nebo drobnými technickými závadami náklonoměrů.

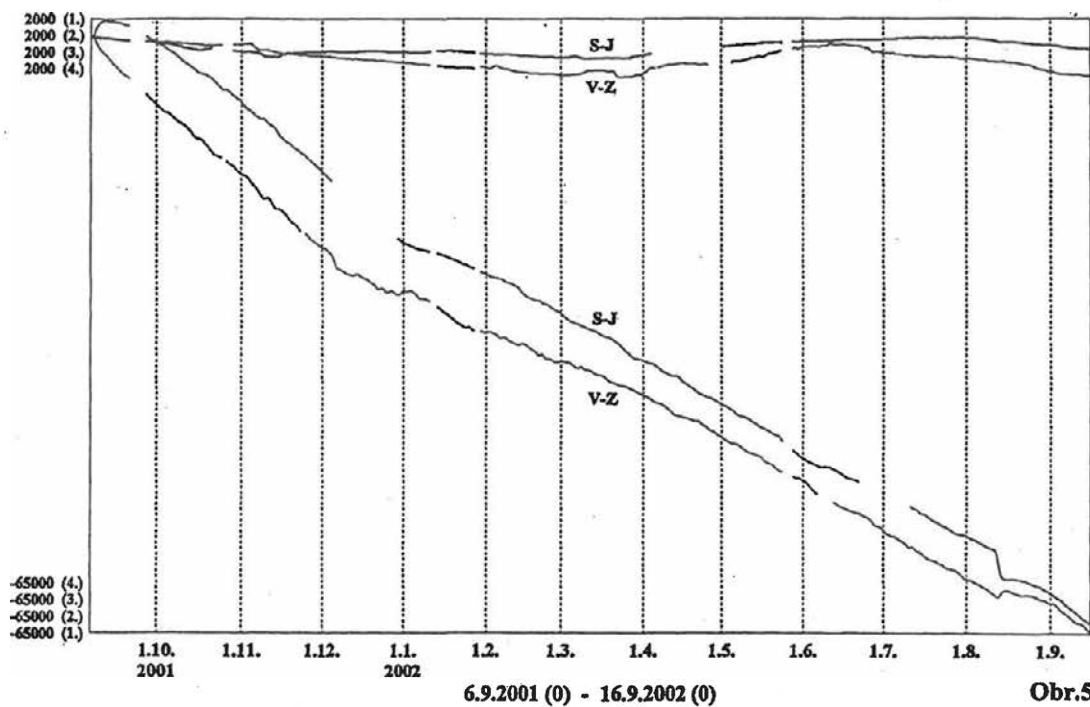
Ve studiích našich i zahraničních autorů byla již v minulosti vícekrát prokázána souvislost zemských slapů s kolísáním výšky hladiny podzemní vody, na kterou významně působí rovněž variace tlaku vzduchu. Závažnost těchto poznatků potvrzují i výrazné variace v náklonových měřeních při povodni v srpnu 2002. Změny náklonů jsou patrné v obou dlouhodobých grafech - obě stanice pro obě složky (S-J a V-Z) - na obr. 5 v pravých dolních rozích (asi polovina srpna). Pro zvýraznění jsme tuto část pouze pro „povodňový“ měsíc srpen 2002 zpracovali zvlášť na obr. 6 a obr. 7 pro obě složky a obě stanice. Vektorově jsou tyto průběhy náklonů v obou stanicích zobrazeny na obr. 8 a obr. 9. Je pozoruhodné, že vliv povodní je patrný i na záznamech ze stanice *Jezeří-1*, která se nachází hluboko v masivu domněle pevného krystalinika (obr. 6, obr. 8)! Podle změn rychlosti a směru náklonů se ukazuje, že velký objem srážek byl patrně absorbován v sedimentech ochranného pilíře (arboretum), což způsobilo uvedené anomální změny v pohybu horninového masívu svahu Krušných hor.



J1, J2 - náklonoměrné stanice ve štolě
M - domek monitoringu na povrchu

Obr.4.

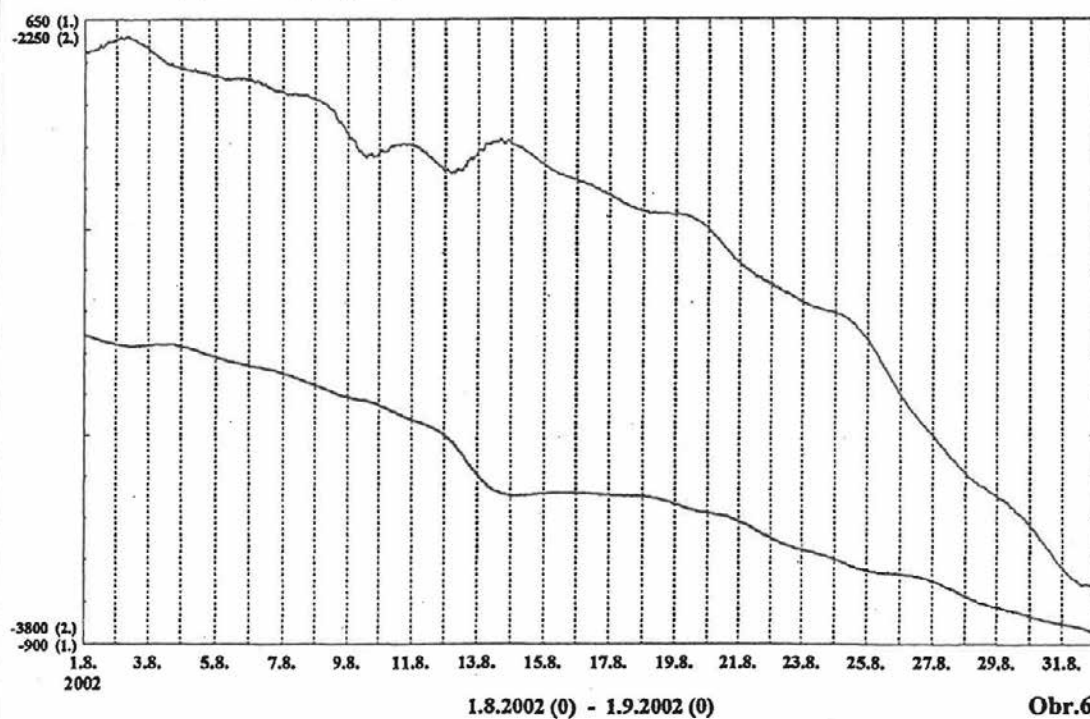
Průběh neslapových náklonů na stanicích JEZEŘÍ-1 a JEZEŘÍ-2 (stejně měřítko)
horní křivky - Jezeří-1 * dolní křivky - Jezeří-2



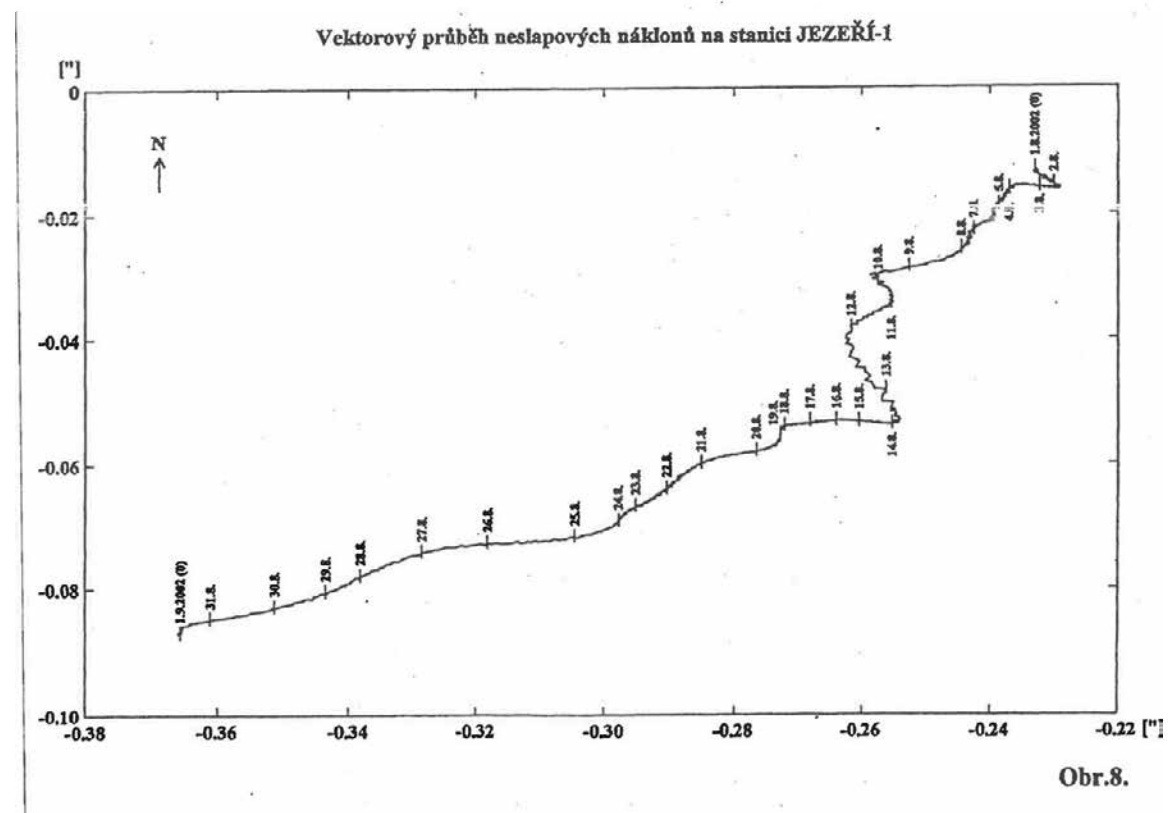
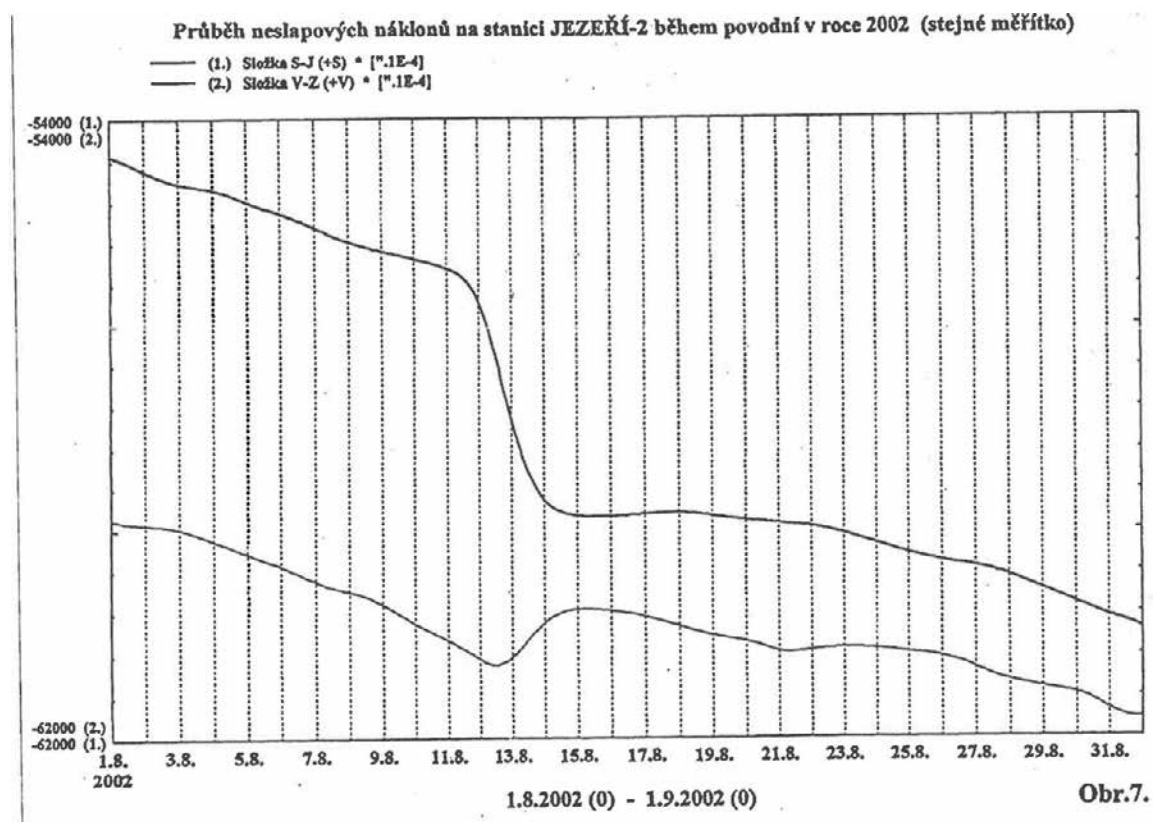
Obr.5.

Průběh neslapových náklonů na stanici JEZEŘÍ-1 během povodní v roce 2002 (stejně měřítko)

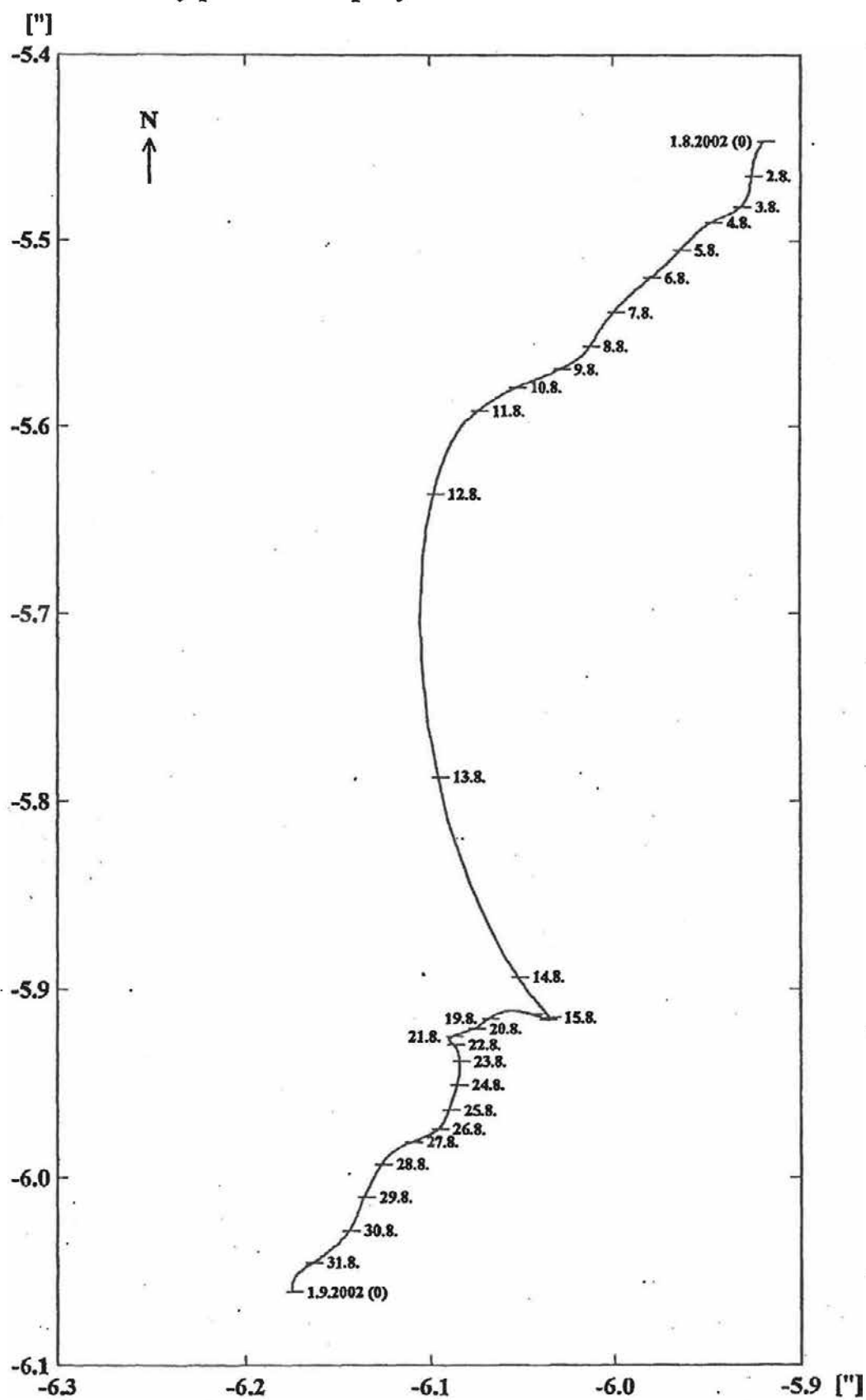
— (1.) Složka S-J (+S) * [°·1E-4]
— (2.) Složka V-Z (+V) * [°·1E-4]



Obr.6.



Vektorový průběh neslapových náklonů na stanici JEZEŘÍ-2



Obr.9.

Závěr

Chtěli bychom konstatovat, že náš projekt byl v rámci přidělených finančních prostředků včas a úspěšně realizován [15]. V průzkumné štolě Jezeří byl vybudován funkční systém dvou náklonoměrných stanic, dávající nepřetržitě informace o pohybech horninových bloků ve sledované oblasti jak pro vědecké účely (dálkovým přenosem na pracoviště GFÚ AV ČR v Příbrami), tak i pro bezprostřední kontrolu pracovníky dolů, majících odpovědnost za bezpečnost těžby.

O výstupy našich náklonových měření projevila písemně vážný zájem společnost AZ Monitoring, s.r.o., důl ČSA Most - Komořany, pověřená těžební společností MUS, a.s., monitorováním stability svahů i dalších bezpečnostních rizik v těžené oblasti. Dramatické změny náklonů horninového masívu při srpnových povodních r. 2002 potvrzují závažnost těchto měření a odůvodňují jejich pokračování jak v rámci monitorovacího systému dolu, tak i ve smyslu dalších vědeckých výzkumů.

Závěrem bychom chtěli vyjádřit naději, že naše práce nebyla a není zbytečná a že přináší prospěšné výsledky nejen v rovině vědecké, ale zejména pro zvýšení bezpečnosti pracovníků i mechanismů v ohrožené oblasti.

Literatura

1. Mejzlík, V., Mencl, V., 1981: Zpráva o výpočtu stability části krušnohorského svahu v oblasti zámku Jezeří. MS VUT Brno
2. Marek, J., 1981: Závěrečná zpráva o inženýrskogeologickém průzkumu pro řešení areálu Jezeří v předpolí uhelného velkolomu Čs. Armády. - *MS Stavební geologie*, Praha
3. Marek, J., 1983: Problematika Jezeří v Krušných horách po provedeném inženýrskogeologickém průzkumu. *Památky a příroda*, 8 (6), 228-237
4. Rybář, J., 1983: Vliv povrchové těžby uhlí na stabilitu svahů při úpatí Krušných hor. *Dílčí výzkumná zpráva*. Ústav geologie a geotechniky ČSAV Praha
5. Ostrovskij, A.E., 1961: Naklonomer s fotoelektričeskou registrací. *Izučeniye zemnykh prilivov*. Izd. AN SSSR. Moskva, 41-75
6. Ostrovsky, A.E., 1961: Le clinomètre à enregistrement photo-électrique. *Bulletin d'Informations Marées Terrestres*, No 25, Bruxelles, 500-536
7. Skalský, L., Trešl, J., 1992: Tilt observations in North Bohemia: The anomalous tidal response. *Bulletin d'Informations Marées Terrestres*, Bruxelles, No 112, 8159-8168
8. Skalský, L., 1993: Sledování stability svahů Krušných hor během povrchové těžby uhlí pomocí náklonových, tíhových a seismických měření. *Závěrečná zpráva o grantovém projektu č. 31219*. Geofyzikální ústav AV ČR Praha (nepublikováno)
9. Marek J., 1994: Inženýrskogeologické mapování a geologické poměry v okolí úpatí Krušných hor, Čechy. - *Sbor. Geol. Věd, Hydrogeol. Inž. Geol.*, 20, 23 – 37, Praha