

Ing. Bohumil Chán, CSc., Geofyzikální ústav AV ČR, Praha

Sledování náklonů a hladiny spodních vod při úpatí Krušných hor z hlediska stability v oblasti Jezeří

Přijato: 5.5.2005, recenzováno: 18.5.2005

Verfolgung der Neigungen und des Niveaus des Grundwassers am Fuße des Erzgebirges aus der Sicht der Stabilität in der Umgebung von Jezeří

Im Artikel ist zuerst die Geschichte der Neigungsmessungen in Kontrollstollen Jezeří und Jezerka im Braunkohlenbecken im Untererzgebirge beschrieben, die durch Mitarbeiter des Institutes für Geophysik der ČSAV (Tschechoslowakische Akademie der Wissenschaften) mit ultrasensiblen Neigungsmessgeräten seit 1982 durchgeführt wurde. In Folge der Fortführung des Abbaus kam es 1998 zur Schließung des Stollens Jezerka und die Verfolgung der Bewegungen der Gesteinsblöcke blieb nur an dem Stollen Jezeří erhalten. Deshalb wurde mit Hilfe von Subventionsmittel der Akademie der Wissenschaften der ČR und mit Unterstützung der Kohlengesellschaft MUS, a.s., (mit Bauarbeiten) im Stollen Jezeří zuerst die ursprüngliche Station Jezeří-1 modernisiert, dann eine neue Station Jezeří-2 ausgebaut und so ein Paar von modernen automatisierten Stationen zur Messung der Neigungen gebildet wurde, das seit einigen Jahren Auskünfte von Bewegungen der Gesteinsblöcke im bedrohten Gebiet liefert. Ungewöhnliche Änderungen in Neigungen beim Hochwasser im 2002 deuteten ein beträchtliches Einfluss der oberflächigen sowie Grundwässer auf das Neigungsregime an, bzw. auch auf die Stabilität im Bereich Jezeří. Aus diesem Grund legten wir der Grantagentur der AV ČR ein anschließendes Projekt vor, das sich mit dem Studium der hydrogeologischen Verhältnisse in diesem Risikogebiet beschäftigen soll. Ein freundlicher Klient, der sein Interesse für unsere Bemühungen äußerte und auch durch Bereitstellung seiner Messergebnisse uns unterstützte, war diesmal die Gesellschaft AZ Monitoring s.r.o. in Most. Unser Projekt ging erfolgreich durch die Ausschreibung heraus und die Förderung von Grantagentur AV ČR

ermöglichte uns in den Neigungsmessungen fortzuschreiten und neue hydrologische Studien durchzuführen.

Monitoring of groundwater tilting on the feet of Krušné hory (The Ore Mountains) from the stability point of view in the area of Jezeří

At first in this work there is described the history of tilt measuring in the inspection adits Jezeří and Jezerka in the lignite mining area below the Ore Mountains which were done by the employees of Geophysical institute of ČSAV in Prague with their ultrasensitive tilt-meters from 1982. In 1998 due to mining the adit Jezerka was closed and the rock movement was monitored in the adit Jezeří only. Therefore there was with the help of grant money from the Academy of Sciences of the Czech Republic and with support of the mining company MUS a.s., (building work) in the adit Jezeří modernized the former station Jezeří-1 and further there was built a new station - Jezeří-2 and so there was made a couple of modern automatic tilt-metering stations which have been providing information on movements of rock blocks in the endangered area for some years already. Unusual changes of the tilts during water floods in 2002 showed a significant influence of surface and ground water on tilting regime and possibly on the stability of the area of Jezeří. Therefore we submitted to the Grant Agency of AV ČR a subsequent project which would be focused on a study of hydrologic conditions in this risky area. The kind client who showed interests in our effort and supported our team by submitting the results of their measuring was the company AZ Monitoring, spol. s r.o. from Most. Our project went successfully through the competition and the support of the Grant Agency of AV ČR enabled to continue in tilt measuring and make new hydrologic studies.

Следение за наклоном и уровнем грунтовых вод при подошве Крушных Гор с точки зрения устойчивости в зоне Езержи

В статье описывается история измерений наклона в контрольных штольнях Езержи и Езерка в подкруšnoгорском буроугольном бассейне, которые с 1982 г. проводили работники Геофизического института Чехословацкой АН в Праге при помощи своих ультра чувствительных наклономеров. Под влиянием процессов добычи произошло в 1998 г. закрытие штольни Езерка и центром следения за движениями породных блоков осталась только штольня Езержи. Из-за того была в данной штольне (при помощи финансовых средств из грантов АН ЧР и при помощи а/о МУС, которое обеспечило строительные работы) сначала модернизирована первоначальная станция Езержи-1, потом была построена новая станция Езержи-2 и таким образом создана пара современных автоматических наклономерных станций, которые уже несколько лет предоставляют информации о движении блоков в опасной зоне. Необыкновенные изменения наклонов во время наводнений в 2002 г. показали значительное влияние поверхностных и грунтовых вод на режим наклонов, или же на устойчивость зоны Езержи. Поэтому был Грантовому Агентству АН ЧР представлен продолжительный проект, который бы занимался изучением гидрологических условий в данной зоне риска. Поддержку проекту оказала компания AZ Monitoring в г. Мост и проект успешно прошел конкурсом. Таким образом можно продолжить измерения наклонов и

разрабатывать новые гидрологические студии.

Sledování náklonů a hladiny spodních vod při úpatí Krušných hor z hlediska stability v oblasti Jezeří

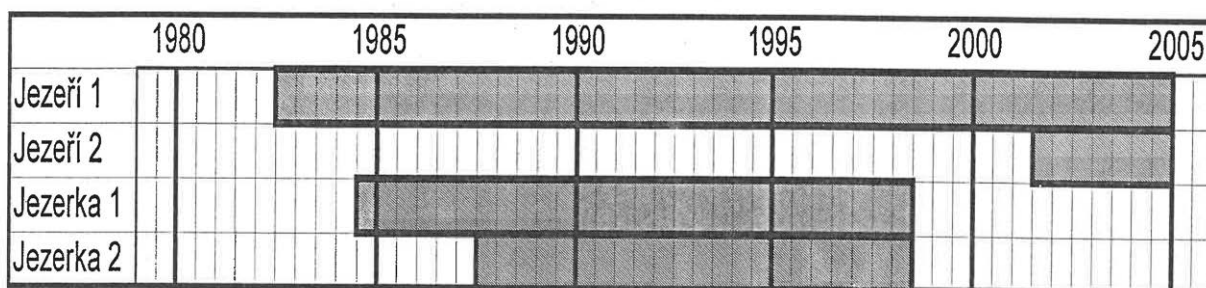
V práci je nejprve popsána historie náklonových měření v kontrolních štolách Jezeří a Jezerka v podkrušnohorské hnědouhelné oblasti, která realizovali pracovníci Geofyzikálního ústavu ČSAV v Praze se svými ultracitlivými náklonoměry od r. 1982. Vlivem postupu těžby došlo v r. 1998 k uzavření štol Jezerka a těžiště sledování pohybů horninových bloků zůstalo pouze na štole Jezeří. Proto byla s pomocí grantových prostředků Akademie věd ČR a za pomoci těžební společnost MUS, a.s., (stavebními pracemi) ve štole Jezeří nejprve modernizována původní stanice Jezeří-1, dále vybudována nová stanice - Jezeří-2 a tak vytvořena dvojice moderních automatických náklonoměrných stanic, dávající již několik let informace o pohybech horninových bloků v ohrožené oblasti. Neobvyklé změny v náklonech při povodních v r. 2002 naznačily významný vliv povrchových i spodních vod na náklonový režim, příp. i na stabilitu oblasti Jezeří. Proto jsme Grantové agentuře AV ČR předložili navazující projekt, který by se zabýval studiem hydrologických poměrů v této rizikové oblasti. Laskavým klientem, který projevil zájem o naše úsilí a podpořil nás i poskytnutím výsledků svých měření, byla tentokrát společnost AŽ Monitoring, spol. s r.o. v Mostě. Náš projekt úspěšně prošel soutěží a jeho podpora Grantovou agenturou AV ČR nám umožnila pokračovat v náklonových měřeních a realizovat nové, hydrologické studie.

Tuto práci věnuji mému vzoru a učiteli ing. Vladimíru Petrovskému k jeho významnému životnímu jubileu.

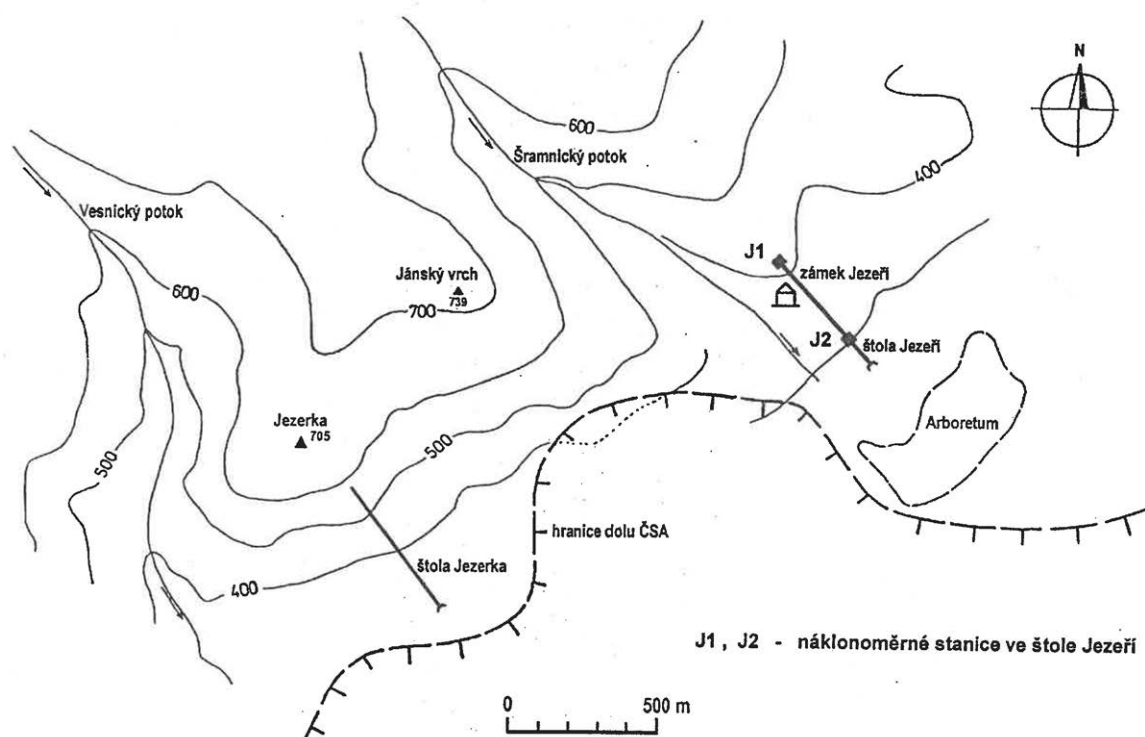
1. Úvod

Těžba hnědého uhlí v podkrušnohorské oblasti velkolomovou technologií nesla s sebou od počátku reálné nebezpečí možného narušení stability svahů krystalinika, tvořícího vlastní masiv Krušných hor, s následnými sesuvy a dalšími nepochybně vážnými až katastrofickými následky [1] - [3]. Jednalo se totiž o zcela ojedinělý případ

dobývání uhelné sloje touto technologií nejen u nás, ale i v Evropě, komplikovaný složitostí geologické stavby okraje pánve. Na pomoc při řešení takto obtížné velkolomové těžby byla povolána řada odborných institucí v naší zemi, a roku 1981 i pracovníci gravimetrického oddělení Geofyzikálního ústavu tehdejší Československé akademie věd v Praze. Tato skupina disponovala totiž extrémně citlivými náklonoměry, užívanými dosud převážně k pozorování slapových deformací Země, schopnými zaregistrovat vertikální posun o velikosti 1 miliontiny mm na vzdálenost 2 m, což je klasickými metodami nemožné [4]. Zdálo se nadějně instalovat tyto přístroje v kontrolních štolách Jezerka a Jezeří, kde mohly výraznou měrou přispět ke sledování deformačních procesů jak pevného vnitřního krystalinika, tak i ohrožených svahů. V celé délce kontaktu jižních svahů Krušných hor s uhelnou pánví byl totiž úsek Jezerka – Jezeří zařazen do nejvyššího stupně obtížnosti těžby. Proto byly v letech 1982 – 1987 v obou štolách uvedeny do provozu celkem tři náklonoměrné stanice, a později - jak bude uvedeno dále - ještě čtvrtá v průzkumné štolě Jezeří. Dobu provozu všech čtyř stanic v obou štolách ukazuje přehledně obr.1 a situaci v těžební oblasti obr. 2.



Obr.1 Přehled doby provozu náklonoměrných stanic ve štolách Jezeří a Jezerka



Obr. 2

2. Náklonoměrné stanice ve štolě Jezeří

V polovině roku 1998 se situace našeho monitorování výrazně změnila, protože vzhledem k postupu těžby východním směrem se sledování deformačních procesů v oblasti Jezerky stalo pro těžební společnost nepotřebným a tato štola byla uzavřena. V trvalém provozu zůstala jen stanice na konci štoly Jezeří, vybavená původním, již zastaralým zařízením s ruční obsluhou bez možnosti dálkového přenosu naměřených dat a tedy i bez možnosti nepřetržité operativní kontroly průběhu deformačních procesů personálem dolů v nově vybudovaném domku „Monitoringu“ nad štolou.

Abychom zabránili hrozícímu přerušení dlouhé řady naměřených dat a znehodnocení mnohaleté práce i vynaložených prostředků a umožnili i těžební společnosti – Mostecké uhelné společnosti a.s. – získat opět bezprostřední informace o náklonovém režimu v oblasti Jezeří, předložili jsme v r. 1999 v rámci „Programu podpory cíleného výzkumu a vývoje“ Akademie věd ČR grantový projekt č. S3012008 s názvem „Rozšíření a modernizace systému náklonoměrného monitorování rizikových svahů velkolomu ČSA v Mostě“ s cíli jednak modernizovat stávající stanici, nazvanou nyní „Jezeří-1“, a současně vybudovat ve štolě druhou stanici „Jezeří-2“, situovanou poblíž ústí štoly v tektonicky oslabené zóně krystalinika. Vše pak vybavit moderní měřicí a výpočetní technikou s přenosem naměřených dat do analytického centra gravimetrického oddělení v Příbrami. Těžební společnost MUS, a.s. vyjádřila zájem o náš projekt a přislíbila podporu realizaci potřebných stavebních prací a vrtem pro průchod kabelů ze štoly (což vše později kvalitně a v termínu provedla). Rovněž nám poskytla v domku Monitoringu potřebný prostor pro instalaci přístrojové techniky.

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

Přibližně v polovině plánované doby výstavby byly obě stanice ve štolě Jezeří již ve zkušebním provozu a už první výsledky analýz naměřených dat potvrdily, co jsme od začátku předpokládali: na nové stanici Jezeří-2 poblíž ústí štoly byly registrovány několikanásobně větší neslapové náklony, než na původní stanici Jezeří-1 v zadní části štoly v pevném krystaliniku (přibližně 8 – 10krát), s monotónním trendem ve směru přibližně jihozápadním, tedy ve směru do těžební oblasti [5], [6].

3. Studium vlivu srážkových i spodních vod

V pracích našich i zahraničních autorů byla již v minulosti vícekrát prokázána souvislost slapových i neslapových pohybů zemského povrchu s kolísáním výšky hladiny podzemní vody, na kterou významně působí rovněž variace tlaku vzduchu. Závažnost těchto poznatků potvrzují i výrazné variace v náklonových měřeních v oblasti Jezeří při povodni v srpnu 2002, které zaregistrovaly naše přístroje. Nejprve však ocitujeme z pozorování místních organizací (HUMECO, a.s., Most-Kopisty; SVaK, a.s., Chomutov) :

„V těchto dnech byly registrovány přívalové deště s intenzitou až 70 mm/m² po řadu hodin, takže čerpací stanice množství vody nemohly zvládnout. Byly zatopeny elektrické rozvodny, pasové dopravníky i s pohonnými stanicemi a některé čerpací stanice. V obou štolách Jezeří i Jezerka se povodňové stavy projeví zvýšeným výskytem vody v místě rozhraní krystalinikum / sutě a fyzickým, vizuálně znatelným pohybem trhlín po obvodu obou štol ve staničení 60 – 70 m. Množství vytékající nebo čerpané vody ze štol se zvýšilo o více než 30 % proti normálu“.

Pracovníci SČVaK Chomutov uvádějí tyto pozoruhodné statistické údaje:

Přehled naměřených atmosférických srážek na stanici Jezerka-vodárna ve Vysoké Peci

Srážky za: červenec 2002:	96,0 mm	... cca 153 % průměru za posledních 13 let
srpen 2002:	172,9 mm	... cca 304 % průměru za posledních 13 let
září 2002:	90,3 mm	... cca 155 % průměru za posledních 13 let

Srážky za 3.čtvrtletí 2002 359,2 mm ... cca 202 % průměru za posledních 13 let

Dne 13.8.2002 spadlo na uvedené měřicí stanici rekordních $95,8 \text{ l/m}^2$ vody za den.

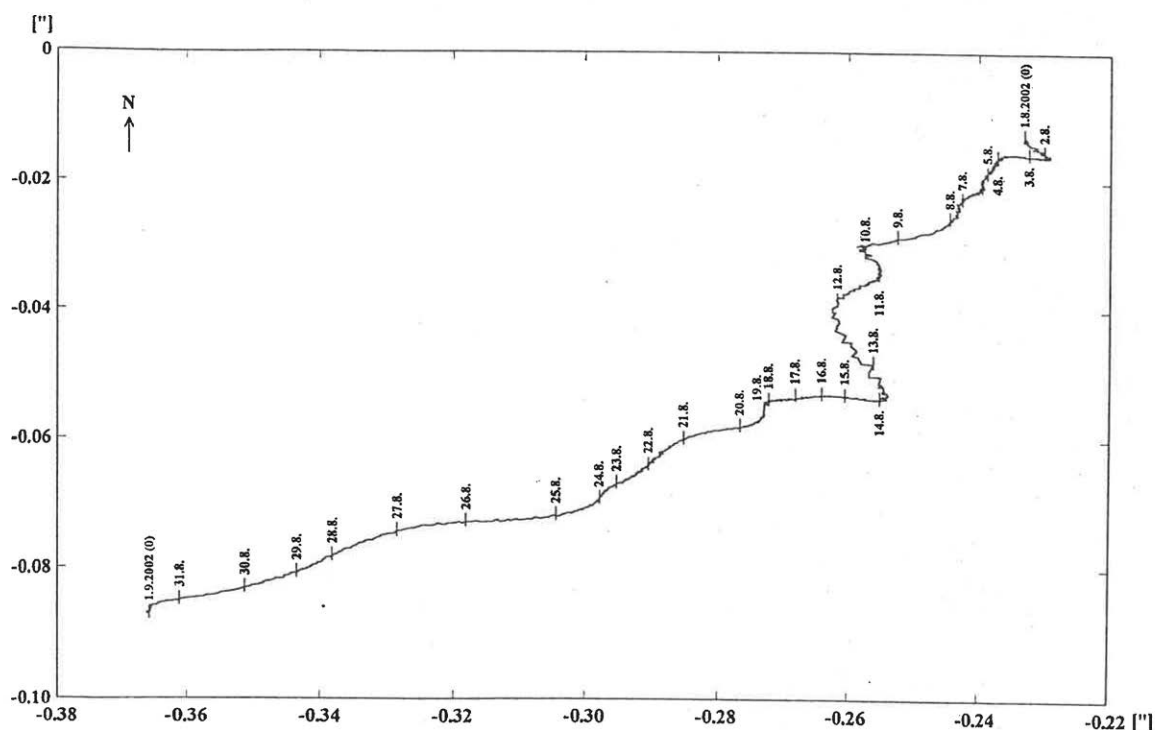
Na hřebenech Krušných hor u Fláji to bylo více než 200 l/m^2 vody za den.

Na německé straně směrem na obec Glashütte přes 300 l/m^2 vody za den.

Tato pozorování byla zaznamenána jako rekordní a lokálně je možné považovat je za situaci minimálně na úrovni stoleté vody.

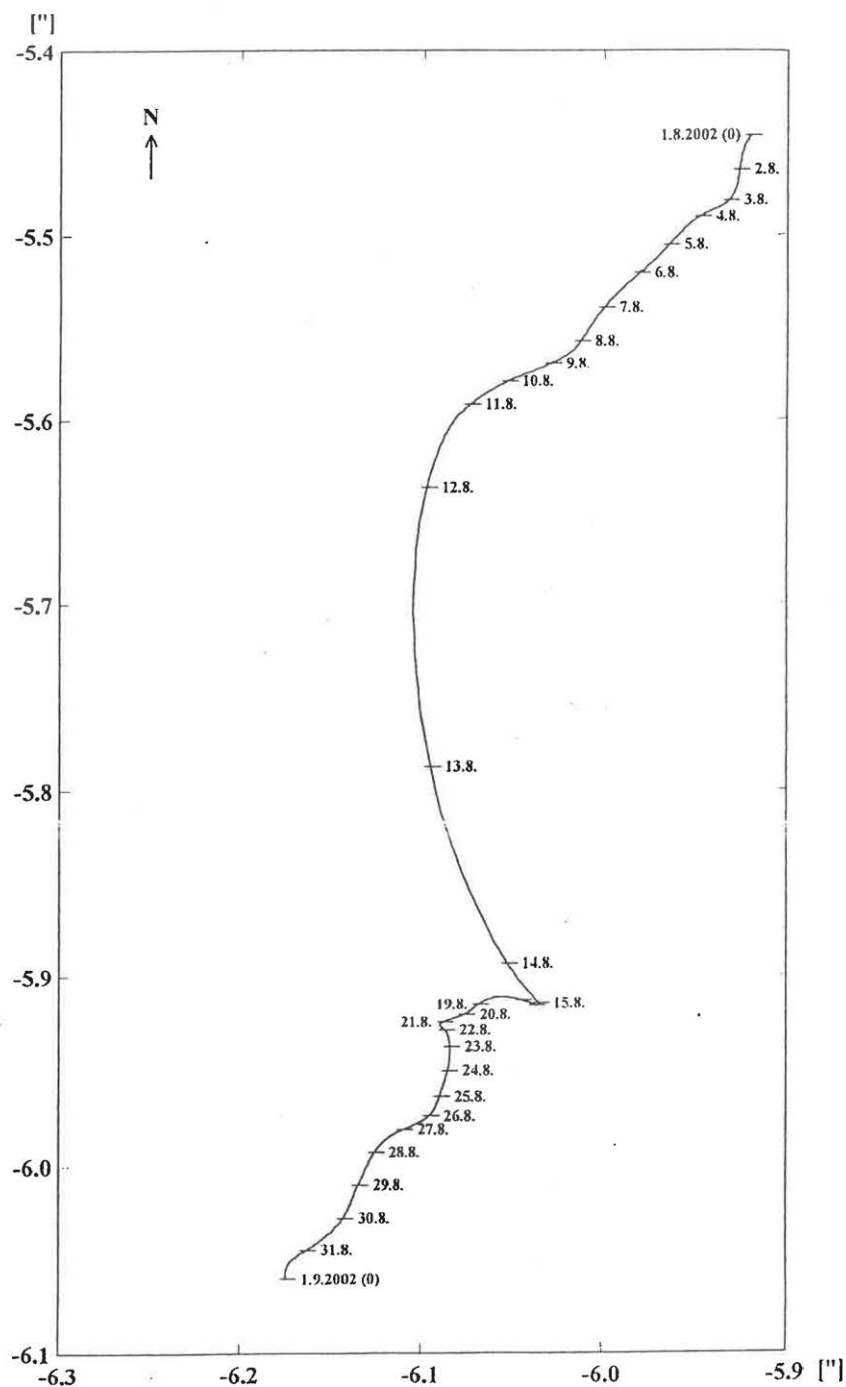
Potud citace z místních zdrojů.

Vektorové diagramy neslapových náklonů na obou stanicích ve štole Jezeří po jejich výstavbě a modernizaci nevykazovaly za první měsíce od uvedení do provozu celkem nic mimořádného: jak jsme již uvedli, obě stanice registrovaly monotónní náklon ve směru přibližně JZ, tedy podél hrany svahu do vytěžené oblasti lomu s tím rozdílem, že přední stanice J-2 se nakláněla cca 8x rychleji než stanice zadní J-1 v pevném krystaliniku. Tyto hodnoty jsou dobře patrné z vektorových průběhů náklonů na obr. 3 - stanice J-1 a obr. 4 - stanice J-2; připomínáme, že oba diagramy mají výrazně rozdílná úhlová měřítka na osách! Jsou to záznamy z tzv. „povodňového“ měsíce srpna 2002 a dobře ilustrují nečekané přechodné změny rychlosti a směru náklonů v několika dnech přívalových dešťů – po jejich odeznění se náklony vracejí zase zhruba do dřívějších směrů. Pozoruhodná je reakce pevného a domněle stabilního krystalinika uvnitř masivu hor, které podle křivky náklonu v pravé třetině obr. 3 ve dnech již 10. srpna, tedy ještě před příchodem vody, a pak až do 14. srpna též zřetelně zareagovalo na přívaly vod na úbočích hor i v nejnižších místech uhelného řezu.

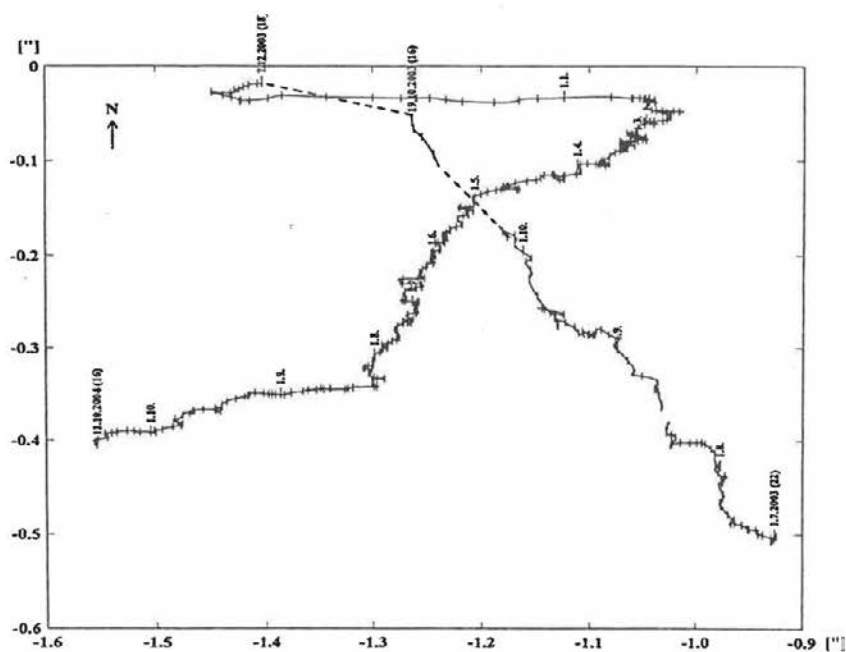


Obr. 3

Oblouk křivky ve střední části následujícího obr. 4 ukazuje několikanásobné zrychlení náklonu v přední stanici J-2 a otočení jeho vektoru asi o 90° ve směru JV - do arboreta. Podle těchto změn rychlosti a směru náklonů se zdá pravděpodobným, že velký objem srážek byl patrně absorbován v sedimentech tohoto ochranného pilíře, což způsobilo zvýšení jeho hmotnosti a následně i uvedené anomální změny v pohybu horninového masívu svahu Krušných hor.



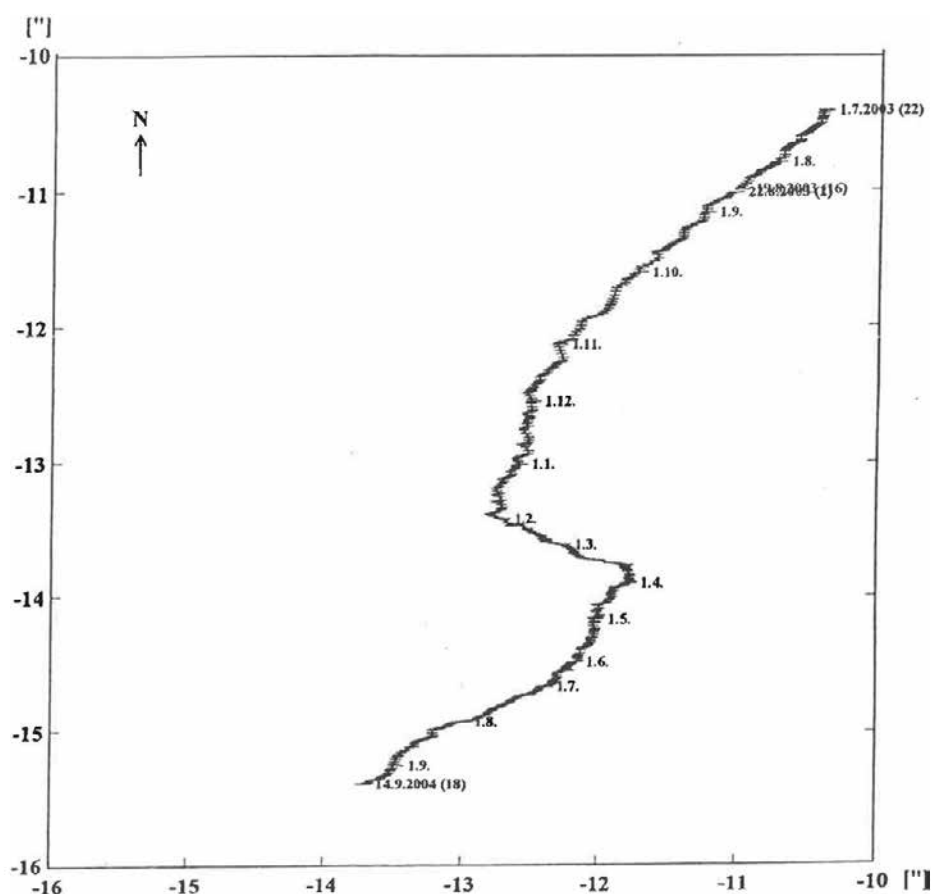
Obr. 4



Obr. 5

Možné potvrzení této hypotézy naznačují záznamy neslapových náklonů v dalších měsících - obr. 5 stanice J-1 v zadní části štoly Jezeří a obr. 6 J-2 vpředu, oba za dobu asi 14 měsíců – od léta 2003 do podzimu 2004. Křivka náklonů stanice J-1 (dvě přerušení záznamu z technických důvodů jsou doplněna přerušovanou čarou) ukazuje mírné sezónní pohyby krystalinika: konec léta a podzimní měsíce s náklonem ve směru SZ se v prosinci obrací o 180° na východ a už koncem ledna se znovu ostře stáčí do obvyklého směru JZ do oblasti těžby. Takové výrazné sezónní změny neslapových náklonů jsme pozorovali již vícekrát a též na záznamech ze stanice Jezerka. Jejich příčinou může být střídání teplot léto – zima a z toho pramenící těžko definovatelné deformace horského masivu.

Vektorový diagram neslapových náklonů na obr. 6 ukazuje deformace přední části štoly, tj. připovrchových porušených vrstev krystalinika, kde se opět objevuje výrazný obrat náklonu do směru opěrného pilíře - tentokrát však zůstává v tomto směru po dobu více než dvou zimních měsíců r. 2003. (Na osách těchto obrázků opět velmi rozdílná měřítka).

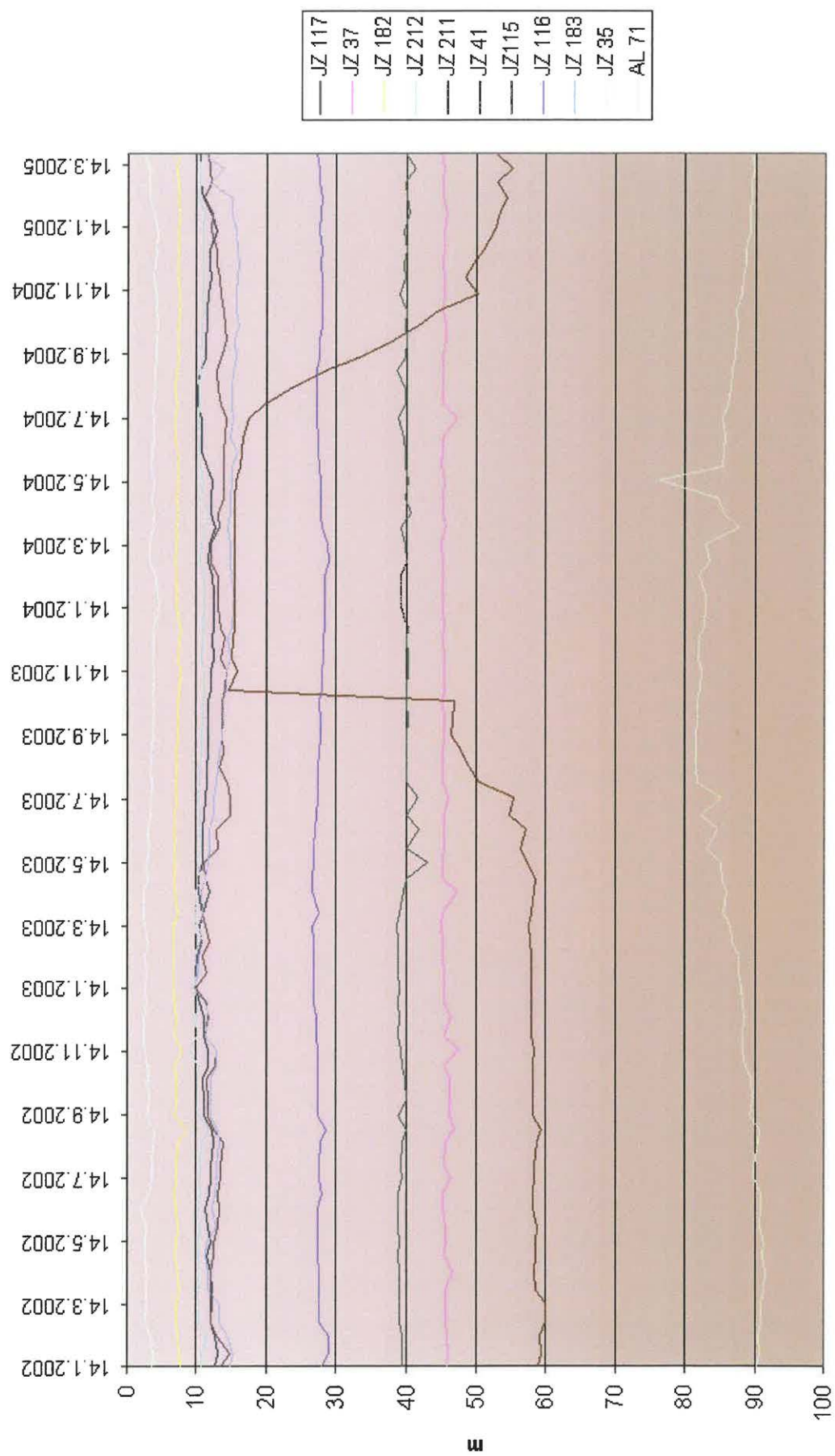


Obr. 6

Všechna tato pozorování nás vedla k tomu, že v tomto stádiu by bylo nejvýš vhodné doplnit naše náklonoměrná měření ještě dlouhodobým sledováním hladiny spodních vod ve vybraných vrtech a získat tak komplexnější obraz deformačních procesů v rizikové oblasti. Vypracovali jsme tedy další, navazující grantový projekt, který by nám přidělením finančních prostředků umožnil jak pokračování dosavadních náklonových měření, tak jejich rozšíření o měření hydrologická, meteorologická a v závěru i o sledování výskytu radonu, s nímž mají naši pracovníci také zkušenosti – vše v souvislosti se slapovými deformacemi Země [8], [9]. Náš projekt opět prošel úspěšně veřejnou soutěží, byl podpořen finančními prostředky ze zdrojů Akademie věd ČR a též i zájmem společnosti AZ Monitoring, spol. s r. o. v Mostě, která nám přislíbila pomoc a poskytla pro srovnání některá svá měření.

4. Měření vody ve vrtech

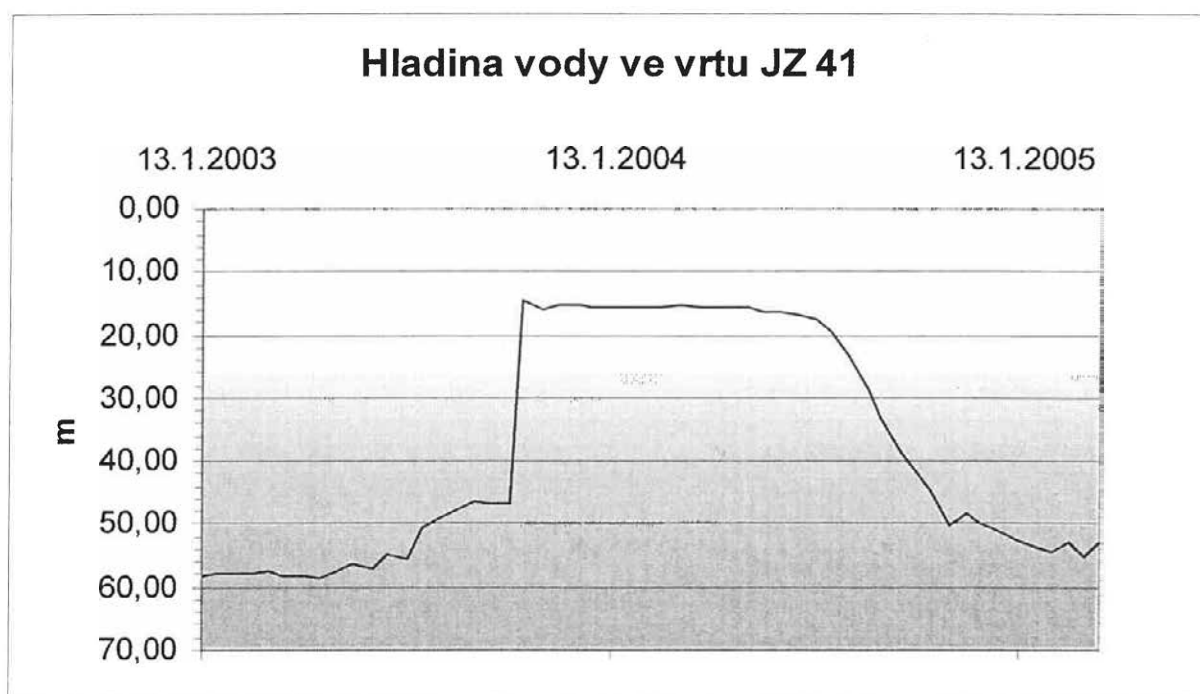
Pro studium pohybu hladin spodních vod jsme nejprve graficky zpracovali měření v jedenácti vrtech, prováděná ruční sondou dvakrát měsíčně pracovníky společnosti AZ Monitoring - graf za více než tři roky ukazuje obr. 7. Z nich jsme pro naše přesnější hodinová měření vybrali tři nejvhodnější vrty: JZ 41, JZ 115 a JZ 212 pro jejich dobrou přístupnost a situování v blízkosti štoly Jezeří. Po úvahách jsme raději



Obr. 7 Měření hladiny vody ve vrtech – oblast Jezery

vypustili nespolehlivý vrt JZ 41, který je - jak ukazuje obr. 8 - z nám zatím neznámých důvodů značně labilní, a zabýváme se měřením jen ve vrtech JZ 115 a JZ 212.

Tlakové sondy holandské výroby, které jsme pro naše měření zakoupili, po spuštění do vrtu pod hladinu vody měří výšku její hladiny jako součet tlaku vodního sloupce a barometrického tlaku vzduchu. Proto je nutno měřit současně tlak vzduchu a údaj sondy o jeho hodnotu korigovat. Pro tento účel používáme speciální tlakovou sondu, dodávanou stejným výrobcem, zavěšenou v horní části vrtu nad hladinou vody. Udává se, že pro vyhovující přesnost může být tlak vzduchu měřen až do vzdálenosti 10 km od vrtu, proto postačí jedna barometrická sonda pro všechny vrty v oblasti, a kromě toho můžeme jako srovnávací hodnoty užít i výstupní data z přesného elektronického barometru, tvořícího součást náklonoměrného měřicího systému v objektu Monitoringu.



Obr. 8

Uvedené sondy měří kromě hladiny vody též její teplotu. Jsou vybaveny vnitřní baterií s životností 10 let a inteligentním systémem pro sběr dat. Sonda je hermeticky uzavřena a komunikace s ní (nastavení vnitřních hodin, intervalu snímání aj., ale i přehrání naměřených dat do počítače) se provádí pomocí infraportu přes dvě skleněná okénka v horní části sondy po jejím vytažení z vrtu a vložení do speciálního přípravku, připojeného k počítači. Po přečtení dat se sonda opět spustí do vrtu.

Ukázka záznamu výstupních dat z tlakové sondy ve vrtu JZ 212 je na obr. 9. Celkové výsledky těchto hydrologických i radonových měření zveřejníme až po jejich ukončení a souhrnném zpracování.

Před časem jsme realizovali ve štolě Jezeří další metodu pro sledování pohybů v hlubokém krystaliniku. Přes výraznou poruchovou zónu na konci štolky v hloubce 100 m přímo pod zámkem nám nainstalovali pracovníci z ÚSMH AV ČR v Praze

"Terčové měřidlo TM 71" - zatím s manuální obsluhou, později pak s dálkovým přenosem dat do Monitoringu.

5. Závěr

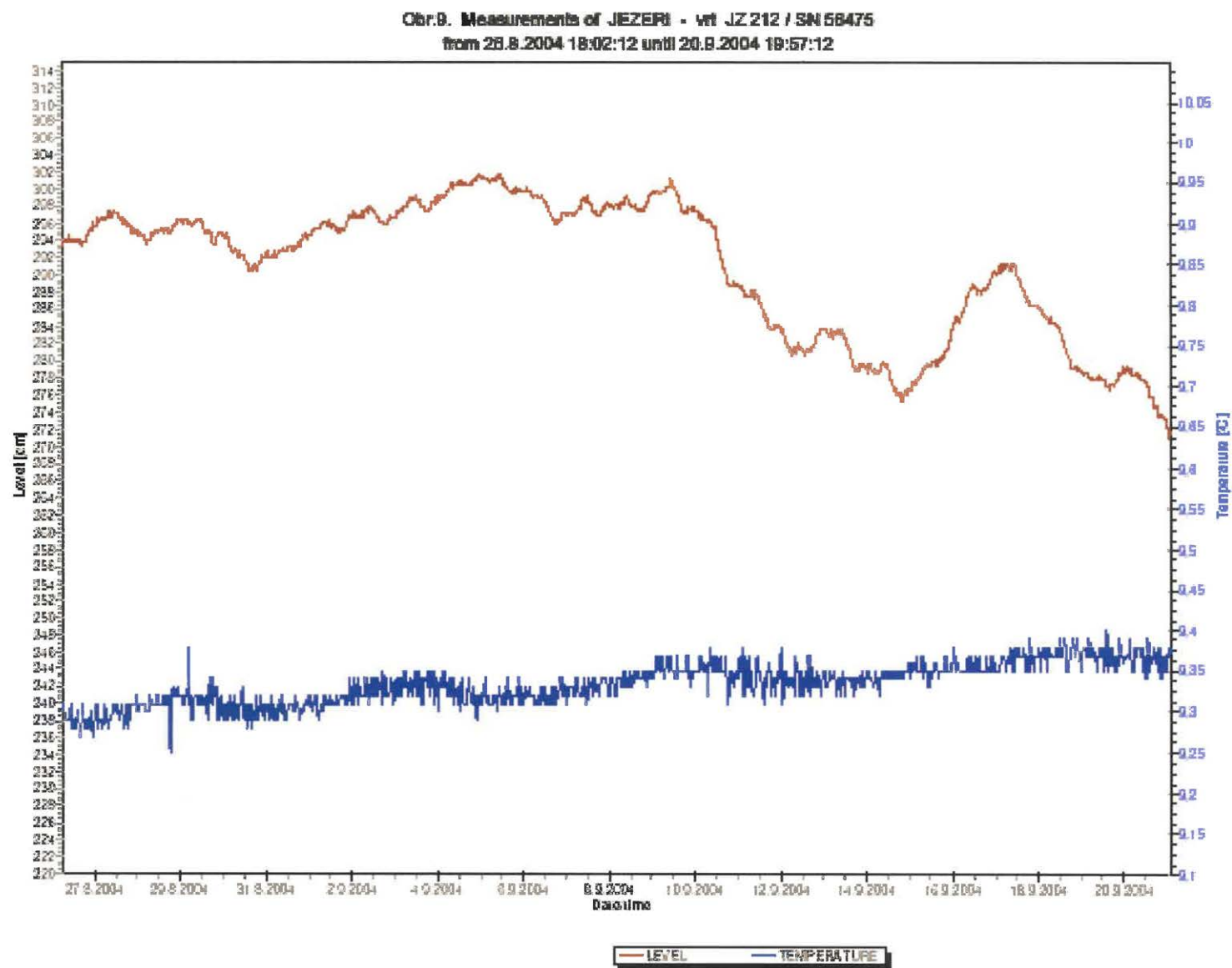
V průzkumné štolě Jezeří je již několik let v provozu funkční systém dvou náklonoměrných stanic, dávající nepřetržitě informace o pohybech horninových bloků ve sledované oblasti jak pro vědecké účely tak i pro bezprostřední kontrolu pracovníky dolů, majících odpovědnost za bezpečnost těžby. Jeho citlivost prověřily i nedávné katastrofické události v jihovýchodní Asii: zapisovače náklonoměrné aparatury spolehlivě zaznamenaly záchvěvy krystalinika Krušných hor [7].

Po nedávných zkušenostech s výrazným vlivem přívalových dešťů a následné povodně na náklonový režim v oblasti Jezeří jsme naše práce rozšířili o studium vztahů výšky hladiny spodních vod, barometrického tlaku vzduchu a neslapových náklonů v ohrožené oblasti. V současné době měříme i přítomnost radonu na několika místech ve štolě i mimo ni a závislost jeho výskytu na registrovaných náklonech. Naše studie, samozřejmě zajímavé z vědeckého hlediska, jsou však především motivovány snahou pro zvýšení bezpečnosti pracovníků i mechanismů v ohrožené oblasti. Škoda jen, že s koncem roku 2005 budou vyčerpány naše grantové prostředky a nebude nadále v našich finančních možnostech v dosavadní monitorovací činnosti i v navazujících výzkumných aktivitách pokračovat.

Závěrem bychom chtěli poděkovat Grantové agentuře Akademie věd ČR, která oba naše projekty č. S3012008 a IBS3012353, podané v rámci Programu na podporu cíleného výzkumu a vývoje, finančně podpořila a umožnila tak jejich realizaci. náš dík patří též pracovníkům MUS, a.s. a AZ Monitoring, s.r.o. za cennou pomoc a rady.

Literatura

1. Marek, J., 1983: Problematika Jezeří v Krušných horách po provedeném inženýrskogeologickém průzkumu. *Památky a příroda*, 8 (6), 228-237.
2. Rybář, J., 1983: Vliv povrchové těžby uhlí na stabilitu svahů při úpatí Krušných hor. *Dílčí výzkumná zpráva*. Ústav geologie a geotechniky ČSAV Praha.
3. Mrlina, J., Skalský, L., Tobyáš, V., 1997: Slope stability monitoring in the forefield of the open pit mine ČSA, Northwest Bohemia. *Geomechanics*, 96, Balkema, Rotterdam, 51-56.
4. Ostrovskij, A.E., 1961: Naklonomer s fotoelektričeskou registrací. *Izučeniye zemnykh prilivov*. Izd. AN SSSR. Moskva, 41-75.
5. Chán, B., 2003: Rozšíření a modernizace systému náklonoměrného monitorování rizikových svahů velkolomu ČSA v Mostě. *Závěrečná zpráva o grantovém projektu č. S3012008*. Nepublikováno.
6. Chán, B., 2003: Dvacet let sledování stability rizikových svahů Krušných hor přesnými náklonoměry. *Sborník referátů z mezinárodní konference „Hnědé uhlí 2003“*, Most 2003, str. 28 – 45.
7. Petrovský, V., Pěgrímek, R., 2005: Zemětřesení v jihovýchodní Asii otřáslo i krystalinikem Krušných hor. *Hnědé uhlí*, 1/2005, 37-39.
8. Barnet, I., Procházka, J., Skalský, L., 1996: Krátkodobé variace radonu a vliv



Obr. 9 Záznam výstupních dat z tlakové sondy ve vrtu JZ 212