

Zdeněk KALÁB¹, Markéta LEDNICKÁ²

**MOŽNÁ VYSVĚTLENÍ SNÍŽENÍ HLADINY DŮLNÍCH VOD NA ŠTOLOVÉM
PATŘE DOLU JERONÝM**

**POTENTIAL REPRESENTATION OF INCREASING OF MINE WATER LEVEL ON
MIDDLE HORIZON OF THE JERONÝM MINE**

Abstrakt

Příspěvek představuje změny úrovně hladiny důlních vod v Dole Jeroným v Čisté (Karlovarský kraj). V letech 2003 a 2008 se významným způsobem snížila úroveň hladiny stojatých vod na středním patře. V příspěvku jsou shrnuty potenciální zdroje důlních vod a odtokové cesty z podzemních prostor. Možná vysvětlení snížení hladiny důlních vod vychází z těchto předpokladů.

Abstract

This paper deals with presentation of changes of mine water level in the Jeroným Mine in Čistá (Karlovy Vary District). In 2003 and 2008, significant increasing of mine water lever occurred on middle horizon of this mine. Potential sources of mine water and drain ways from underground spaces are summarized. On this base, potential representation of situation discussed above is briefly described.

Úvod

V roce 2008 byl Důl Jeroným převeden mezi Národní kulturní památky České republiky (Nařízení MK ČR č. 170/2008). V tomto dole je patrná na každém kroku práce středověkých horníků, vykonávaná převážně ručními nástroji – želízem a mlátkem a tzv. sázením ohněm. Pokud si Jeroným zachová přízeň státu, ale i místních sponzorů, měla by být tato památka postupně přeměněna ve skanzen přístupný veřejnosti s konečným názvem „Skanzen hornictví 16. století“. V souvislosti se zřízením hornického skanzenu se připravuje i zřízení Informačního a školicího centra Česko-bavorského geoparku (např. www.techtydenik.cz, www.geopark.cz). Tato památka doplňuje fond evropských montánních památek zejména v oblasti těžby a zpracování cínu za období

¹ Doc. RNDr. Zdeněk Kaláb, CSc., Ústav geoniky AV ČR, v.v.i., Studentská 1768, Ostrava, e-mail: kalab@ugn.cas.cz, též VŠB - Technická univerzita Ostrava, fakulta stavební, L. Poděšť 1875, Ostrava

² Ing. Markéta Lednická, VŠB - Technická univerzita Ostrava, fakulta stavební, L. Poděšť 1875, Ostrava, e-mail: lednicka@ugn.cas.cz, též Ústav geoniky AV ČR, v.v.i., Studentská 1768, Ostrava

druhé poloviny 16. století v části SDD a za období téměř přes 400 let průzkumu a těžby v části ODD.

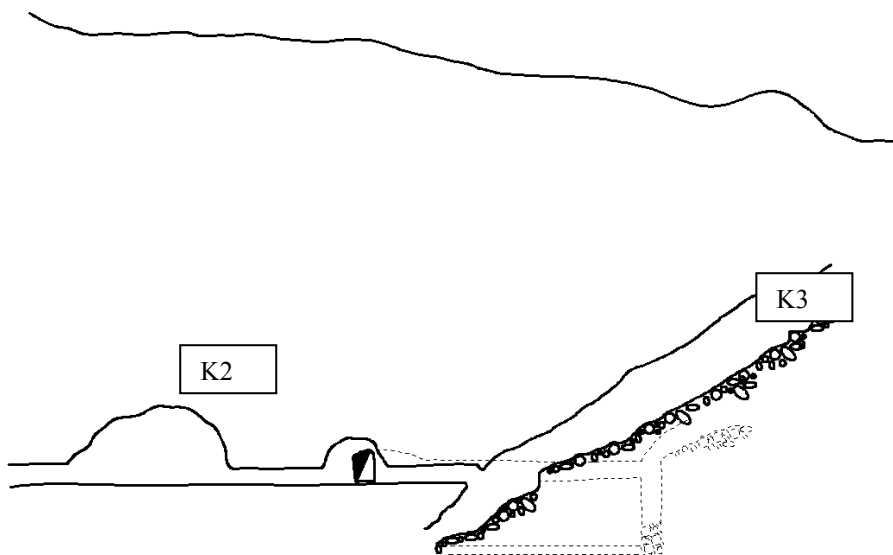
Historie a geologie tohoto ložiska byla publikována např. Beranem et al. (1995), Iványim (2000), Žůrkem a Kořínkem (2003) nebo Žůrkem et al. (2008). Pro zpřístupnění tohoto důlního díla veřejnosti je nutno v první řadě posoudit a zabezpečit stabilitu důlních prostor a zajistit takové vnitřní mikroklimatické podmínky, aby nemohlo dojít k nadměrné degradaci důlního díla a tím k ohrožení bezpečnosti pracovníků provádějících rekonstrukční práce a později k ohrožení návštěvníků. Geotechnický monitoring (např. Žůrek et al., 2005, Kaláb et al., 2008a, Žůrek et al., 2008) poskytuje nezbytné informace pro vypracování hodnocení stabilitních podmínek a přípravu matematického modelu pro napěťo-deformační analýzu vybraných částí důlního díla nebo podzemní konstrukce jako celku (např. Hrubešová et al., 2007, 2008).

Jedním z významných faktorů, které mohou ovlivnit stabilitu důlního díla a bezpečnost návštěvníků, je kolísání hladiny důlních vod. Vyhodnocení tohoto měření, které vychází z dat pořízených distribuovaným měřicím systémem (Knejzlík, 2006, Knejzlík a Rambouský, 2008), je popsáno v tomto příspěvku. Kolísání vodní hladiny na horním patře dolu bylo publikováno v minulosti (např. Kaláb et al., 2007, Kaláb et al., 2008b), zde jsou uvedeny výsledky měření na tzv. štolovém (středním) patře.

Měření změny úrovně hladiny důlních vod

Celkové hydrologické poměry na Dole Jeroným jsou dány především morfologií území, atmosférickými srážkami, propustností půdy a hornin, stupněm nasycení horninového prostředí podzemní vodou a tektonickou situací (existence ploch či zón nespojitosti). V neposlední řadě ovlivňuje chování důlních vod aktuální úroveň hladiny podzemních vod v blízkém okolí, způsob umělého odvodnění a také stavební zásahy do stávajících podzemních prostor přímo v důlním díle, nebo zásahy v blízkém okolí. Vnikání vody z povrchu terénu do horninového prostředí probíhá v infiltrační oblasti, kde je umožněn vsak vod původem ze srážek, povrchových nádrží či toků, případně jde o dotace z jiných, neznámých důlních děl. Důlní prostory Dolu Jeroným se nacházejí v hloubce cca 20 - 50 m pod povrchem, proto porovnávání naměřených dat s úhrny dešťových srážek je nezbytné. Jedním z hlavních problémů při interpretaci kolísání úrovně hladiny důlních vod na Dole Jeroným je dnešní neznalost zatopených prostor, tzn. jejich prostorové situování, velikost (objem), hloubka a možné vzájemné propojení systémem chodeb nebo puklin. Z dosavadního sledování je zřejmé, že časový průběh změn úrovní hladin důlních vod je složitý.

Schématické znázornění vertikálního řezu s naznačeným terénem, známými komorami K3 (tzv. horní patro, jehož součástí je i komora K1) a K2 (tzv. štolové-střední patro, včetně ústí dědičné štoly z komory K2) a předpokládanými důlními díly na spodním patře je na obr. 1. Je nutno připomenout, že dolní patro není dokumentováno, ale je pouze předpokládáno z náznaků v důlním díle, např. zasypaná svislá šachnice vedoucí pod úroveň štolového patra.



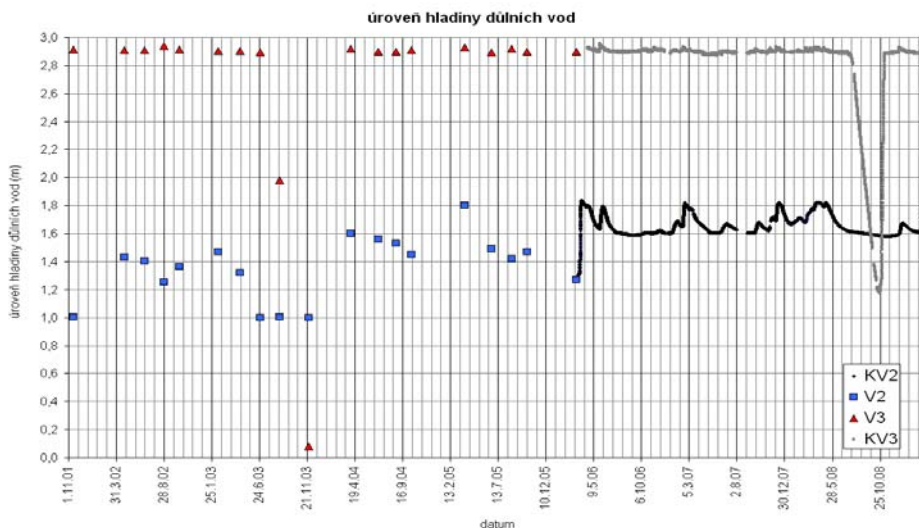
Obr. 1 Schématické znázornění vertikálního řezu pro účely vysvětlení úniku vod ze štolového patra

Na kvartální měření (mechanické odečítání z měřidla) změny úrovně hladiny důlních vod na stanovištích V1 až V4 navázalo od jara 2006 kontinuální sledování pomocí distribuovaného měřicího systému (DMS). Osazena byla místa V2 a V3, dále jsou označována jako KV2 a KV3, od jara 2009 byl nově zřízen bod označovaný KV5. Měřicí tlaková čidla je kryto ve speciální sondě odolné vůči agresivní vodě. Měřená stanoviště V1 a V2 se nachází na horním patře, stanoviště V3 a V4 na středním patře a stanoviště KV5 se nachází poblíž štoly, která spojuje horní a střední patro. Na obr. 2 je dokumentován zaznamenaný průběh změn úrovně hladiny vody V2-KV2 a V3-KV3 pro období do března 2009. V grafech jsou uváděny relativní výšky hladiny důlní vody nad měřicím čidlem v sondě (sonda zavěšena na neprotahujícím se závěsu ukotveném v hornině). Tyto hodnoty jsou pro rychlou orientaci vhodnější než absolutní hodnota výšky hladiny (nadmořské výšky).

Kontinuální měření na stanovišti KV2 ukazuje, že změny úrovně hladiny neprobíhají rovnoměrně, což svědčí o složitém komplexu jak odtokových systémů, tak pravděpodobně i přítokových cest (možná přes akumulaci oblast). Z analýzy daného parametru v závislosti na denních úhrnech srážek (data z Hydrometeorologického ústavu Plzeň, srážkoměrná stanice Krásné Údolí) vyplynuly následující poznatky (např. Kaláb et al., 2007):

- ❑ náhlé a výrazné nárůsty úrovně hladiny důlních vod souvisí (mimo jiné) s významnými změnami množství povrchových vod (mimořádně vysoké úhrny srážek, tání velkého množství sněhové pokrývky),
- ❑ pozvolné a dlouhodobé změny úrovně hladiny důlních vod neprokazují žádnou významnou souvislost s úhrny srážek na povrchu.

Na stanovišti KV3 je setrvalý přetok (přes důlní dílo do dědičné štoly), cílem sledování na tomto stanovišti je podchytit detaily podobného úbytku vody, který nastal v roce 2003 (pokles sledované hladiny téměř o 3 m). Rok 2008 lze srážkově považovat za normální, což se projevilo také např. na stanovišti KV2 (sledování vodní prostory u Můstku v komoře K1 na horním patře). Rozdíl mezi minimální a maximální úrovní hladiny důlní vody na KV2 byl cca 25 cm. Přesto došlo na stanovišti KV3 k podobnému poklesu jako v roce 2003 (pokles hladiny důlních vod o cca 3 m). Pokles hladiny důlní vody započal v červnu a pokračoval do 25. října 2008. Pokles hladiny dosáhl hodnotu cca 175 cm. Poté začala hladina rychle stoupat a k přetoku, který je pro toto místo typický, došlo listopadu. Charakteristickým rysem pohybu hladiny je, že pokles i vzrůst úrovně hladiny probíhaly rovnoměrně, i když s různou rychlostí (obr. 2).



Obr. 2 Graf relativní úrovně hladiny důlních vod pro stanoviště V2-KV2 a V3-KV3

Vysvětlení úniku důlních vod na štolovém patře

Možná vysvětlení úniku důlních vod na štolovém patře vycházejí především z vizuálních poznatků. Zásadní informací je skutečnost, že v současné době je jediným známou cestou pro odvodnění celého dolu rekonstruovaná dědičná štola. Omezujícím faktorem pro analýzu úniku je dnešní neznalost zatopených prostor – viz výše. Hlavní faktory ovlivňující systém důlních vod lze definovat následovně:

- fyzikální vlastnosti hornin v důlním díle a v okolním masivu (zvláště propustnost hornin, existence ploch či zón nespojitosti),
- aktuální úroveň hladiny podzemních vod v blízkém okolí,
- způsob umělého odvodnění,
- stavební zásahy do stávajících podzemních prostor přímo v důlním díle, nebo zásahy v blízkém okolí.

Přítoky vod na štolové patro můžeme stanovit následovně:

shora:

trvalý ... **VP1T** – přítok z terénu přes suťový kužel v komoře K3 a z vrtu u KV3,

náhlý ... **VP1N** – přítok z terénu přes suťový kužel a z vrtu při vydatných deštích a tání sněhu,

zdola:

trvalý ... **VP2T** – možná dotace vod z podzemních vod (hlubších zvodní),

náhlý ... **VP2N** – možná dotace z podzemních vod, jejichž hladina náhle vzrostla,

trvalý... **VP3T** – možná dotace vod z neznámých zatopených prostor, které jsou propojené přes dolní patro,

náhlý... **VP3N** – možná dotace vod z neznámých zatopených prostor, které jsou propojené přes dolní patro při náhlém zvednutí hladiny vod v těchto prostorách.

Odtoky:

odtok přes štolové patro při přetoku na V3 a V4 dědičnou stolou:

trvalý... **VO1T** – v dnešní době jediné známé viditelné odvodnění důlního díla Jeroným,

odtok přes důlní dílo na úrovni dolního patra:

trvalý... **VO2T** – možná existence jiného odvodňovacího díla na úrovni dolního patra, které je v současnosti zavalené, ale přesto umožňuje částečný odtok vody,

náhlý... **VO2N** – možná existence jiného odvodňovacího díla na úrovni dolního patra, které je v současnosti zavalené, ale občas dochází k uvolnění odtokových cest a následnému odtoku vody,

odtok přes tektonickou poruchu na úrovni dolního patra:

trvalý... **VO3T** – možná existence tektonické poruchy, která umožňuje částečný odtok vody,

náhlý... **VO3N** – možná existence tektonické poruchy, která je většinou neprůchodná, občas dochází k jejímu zprůchodnění (např. vyplavení materiálu) a následnému odtoku vody,

snížení úrovně hladiny podzemních vod:

náhlý... **VO4N** – snížení hladiny podzemních vod umožní snížení hladiny v zatopených důlních dílech dolního patra,

existence neznámých důlních prostor na úrovni dolního patra:

náhlý... **VO5N** – změny úrovně hladiny vod v možných důlních prostorách na dolním patře, které jsou propojeny se známými prostory na dolním patře

systemem sifonů, by mohly způsobit odtok vod ze sledovaných zatopených prostor.

Z uvedeného přehledu možných přítoků a odtokových cest je zřejmé, že lze uvažovat o velkém počtu vzájemných kombinací obou parametrů. Vynecháme-li kombinace nemožné a kombinace málo pravděpodobné, lze na základě dosavadních poznatků uvažovat o 4 základních možných příčinách úniku vod (obr. 3).

1. Náhlé uvolnění možných cest na dolním patře pro odtok vody, která jinak přes dolní patro vůbec neodtéká nebo jen nepatrně (horní řádek obr. 3):

přítoky – $VP1 + (VP2 + VP3)$

odtoky – $VO2N$ nebo $VO3N$

$$VP1 + (VP2 + VP3) < VO2N$$

$$VP1 + (VP2 + VP3) < VO3N$$

2. Snížení úrovně vod na dolním patře v důsledku změn úrovně hladiny podzemních vod (druhý řádek shora na obr. 3):

přítoky – $VP1 + (VP3)$

odtoky – $VO4N + (VO2T + VO3T)$

$$VP1 + (VP3) < VO4N + (VO2T$$

$$+ VO3T)$$

3. Existence trvalého odtoku přes dolní patro a snížení množství vod při přítoku (třetí řádek na obr. 3):

stav při přetoku: $VP1 + (VP2 + VP3) > VO2T$ *nebo*

$$VP1 + (VP2 + VP3) > VO3T$$

pokles hladiny vod: $VP1T + (VP2 + VP3) < VO2T$ *nebo*

$$VP1T + (VP2 + VP3) < VO3T$$

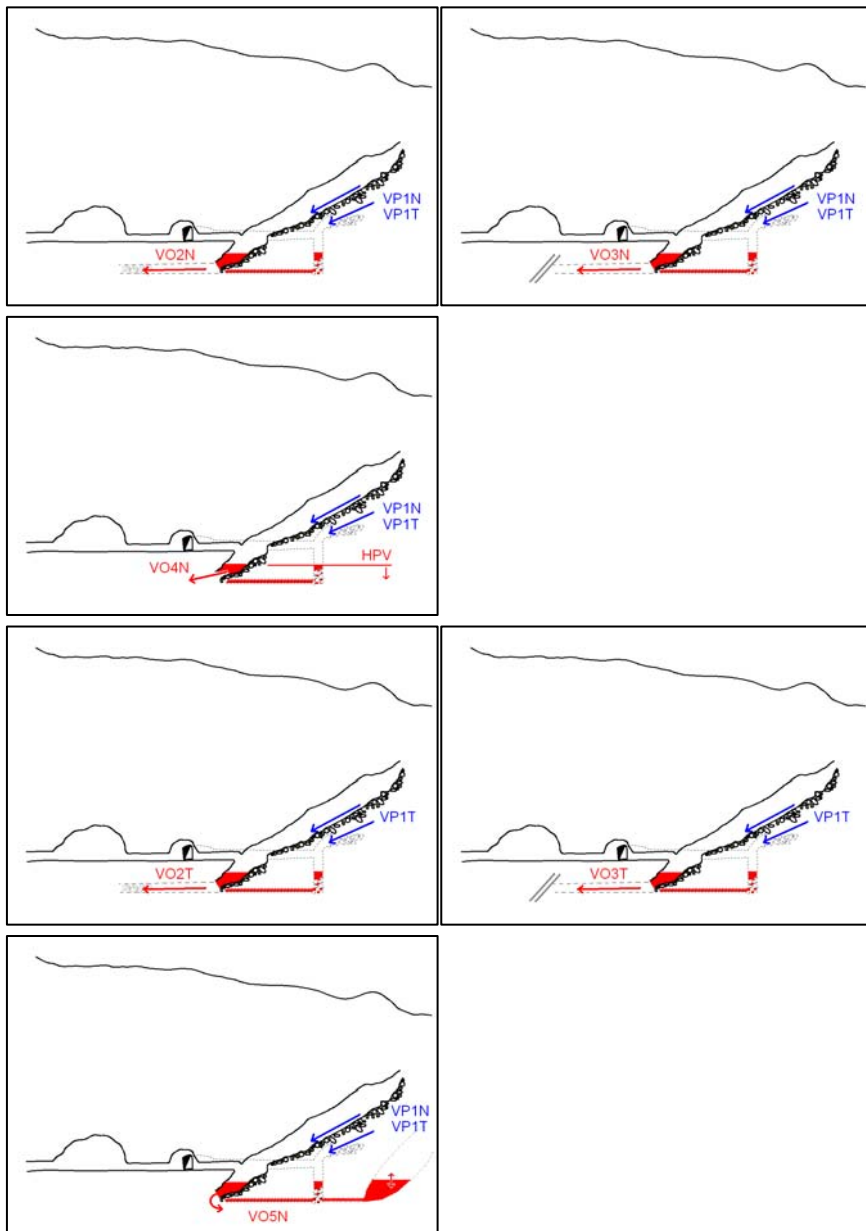
4. Snížení hladiny důlních vod ve sledovaných zatopených prostorách na dolním patře v důsledku změn úrovní hladin v neznámých zatopených prostorách na dolním patře (spodní řádek na obr. 3):

přítoky – $VP1 + (VP2)$

odtoky – $VO5N + (VO2T + VO3T)$

$$VP1 + (VP2) < VO5N + (VO2T$$

+VO3T)



Obr. 3 Možná vysvětlení úniku důlních vod na štolovém patře (podrobněji viz text)

Závěr

Důl Jeroným představuje mj. složitý systém přítoků vod, kumulačních prostor a odtokových cest. Vzhledem k neznalosti dolního patra a pouze hypotetickým úvahám o možných přítocích vod do důlního díla a hypotetických odtokových cestách lze nalézt velké množství pravděpodobných i nepravděpodobných kombinací pro vysvětlení dynamiky důlních vod. Cílem tohoto příspěvku bylo nalézt možné teorie vysvětlující náhlý pokles hladiny důlních vod na středním (štolovém) patře (obr. 4). Jako nejpravděpodobnější, což by odpovídalo i charakteru poklesu a následně vystoupení vodní hladiny, se jeví varianta 2, případně 3. Následný výzkum předpokládá, že dojde:

- ❑ ke zvýšení počtu míst kontinuálně monitorovaných důlních vod,
- ❑ k detailnějšímu studiu komunikačních cest mezi dnes oddělenými částmi Opuštěných důlních děl a Starých důlních děl (toto propojení není v předchozích vysvětleních vzato do úvahy),
- ❑ k podrobné rekognoskaci terénu v okolí ústí dědičné štoly a navazujícím údolím s cílem nalézt případně další místo výtoku důlních vod,
- ❑ k hledání materiálů dokladujících existenci dolního patra.

Príspevek byl zpracován za finanční podpory GAČR, projekt č. 105/09/0089 „Prognóza časoprostorových změn stability důlních prostor technické památky Důl Jeroným v Čisté“.

Literatura

- [1] BERAN, P., JANGL, L., MAJER, J., SUČEK, P. A OTFRIED, W. *1000 let hornictví cínu ve Slavkovském lese*. Okresní muzeum Sokolov, 1995.
- [2] HRUBEŠOVÁ, E., KALÁB, Z., KOŘÍNEK, R. AND ŽŮREK, P. Geotechnical Monitoring and Mathematical Modelling in Medieval Mine Jeroným (Czech Republic). *Górnictwo i Geoinżynieria*. 2007, Vol. 31, Zeszyt 3, pp. 183-190.
- [3] HRUBEŠOVÁ, E., KOŘÍNEK, R. A LEDNICKÁ, M. Hodnocení stabilitních a napěťo-deformačních poměrů komory K2 Dolu Jeroným. In *Sborník Hornická Příbram ve vědě a technice 2008*. 2008, CD, příspěvek T4.
- [4] IVÁNYI, K. Důl Jeroným – historie a možnost současného využívání. *Uhlí – Rudy – Geologický průzkum*. 2000, 11/2000, 42-45.
- [5] KALÁB, Z., LEDNICKÁ, M. A KUKUTSCH, R. Důlní vody na lokalitě Čistá, Důl Jeroným. *Uhlí-Rudy-Geologický průzkum* 2007, 5/2007, 31-35.
- [6] KALÁB, Z., KNEJZLÍK, J., KOŘÍNEK, R., KUKUTSCH, R., LEDNICKÁ, M. AND ŽŮREK, P. Contribution to Experimental Geomechanical and Seismological Measurements in the Jeroným Mine. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*. 2008a, Vol. 5, No. 2(150), pp. 213-223.
- [7] KALÁB, Z., HRUBEŠOVÁ, E., KNEJZLÍK, J., KOŘÍNEK, R., KUKUTSCH, R., LEDNICKÁ, M. AND ŽŮREK, P. Mine Water Movement in Shallow Medieval Mine Jeroným (Czech Republic). In: Rapantová, N. and Hrkal, Z. (Eds): *Mine Water and the Environment. Proceedings of 10th International Mine*

- Water Association Congress*. Karlovy Vary: VŠB-Technical University of Ostrava, 2008b, pp. 19-22; full paper at CD, No. 37, 11 pages.
- [8] KNEJZLÍK, J. Distribuovaný systém pro monitorování v Dole Jeroným v Čisté. *Transactions (Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava)*. 2006, Řada stavební, roč. VI, č.2/2006, 181-187.
- [9] KNEJZLÍK, J. AND RAMBOUSKÝ, Z. Recent Solution of the Distributed Control and Measurement System in the Jeroným Mine – Modular System. *Acta Geodyn. Geomater.* 2008, Vol. 5, No. 2(150), pp. 205-212.
- [10] ŽŮREK, P. A KOŘÍNEK, R. Zpřístupnění středověkého Dolu Jeroným v České republice. *Acta Montanistica Slovaca*, 2003, roč. 8, č.2-3, 96-100.
- [11] Žůrek, P., Kořínek, R., Michalčík, P., Štěpánková, H., Daněk, T., Kukutsch, R., Kaláb, Z., Knejzlík, J. a Lednická, M. Komplexní sledování geotechnických problémů lokality Čistá – Důl Jeroným, období 2004-2005. *Uhlí, Rudy, Geologický průzkum*. 2005, 9/2005, 31-34.
- [12] Žůrek, P., Kořínek, R., Kaláb, Z., Hruběšová, E., Knejzlík, J., Daněk, T., Kukutsch, R., Michalík, P., Lednická, M. a Rambouský, Z. *Historický Důl Jeroným v Čisté. Monografie*. 2008, VŠB – TU Ostrava a Ústav geoniky AVČR, v.v.i. Ostrava, 82 stran.

Oponentní posudek vypracoval:

Doc. Ing. Arnošt Grmela, CSc., VŠB – Technická univerzita Ostrava, HGF



Obr. 4 Měřicí stanoviště V4, nahoře „normální stav“ hladiny důlních vod, dole snížení hladiny o cca 1,7 m na podzim 2008