

MONITOROVÁNÍ ÚROVNĚ HLADIN AKUMULOVANÝCH VOD V DOLE JERONÝM

MONITORING OF MINING BACKWATER LEVELS IN THE JERONÝM MINE

Markéta Lednická¹, Zdeněk Kaláb², Jaromír Knejzlík³

Abstrakt

Tento příspěvek popisuje analýzu dat získaných při monitorování úrovně hladin akumulovaných vod v Dole Jeroným v Čisté. V tomto středověkém dole se nachází několik zaplavených prostor, z nichž pět je kvartálně nebo kontinuálně monitorováno. Voda v důlním díle pochází především ze srážek (tání sněhu, přívalový déšť), štolové patro komunikuje s podzemními vodami v okolí dolu. Charakter jednotlivých stanovišť je v článku podrobně popsán a jsou uvedeny výsledky měření úrovně hladin důlních vod za sledované období 2001–2012. Maximální úrovně hladin jednotlivých akumulovaných vod jsou stanoveny přetokem do níže položených prostor. V článku jsou podrobně zpracovány rychlosti poklesu a vzestupu úrovně hladiny na stanovištích V2/KV2, V3/KV3 a V5/KV5. Maximální rychlosti vzestupu hladiny na stanovištích nad úrovní štolového patra se projevují v období tání sněhu a extrémních srážek. Na úrovni štolového patra hladiny reagují jak na srážky, tak na stav podzemních vod v okolí dolu – úbytky vod ze štolového patra pod úroveň odtoku z dolu.

Abstract

This contribution describes the analysis of data collected during monitoring of mining backwater level in Jeronym Mine in Čistá. Several flooded areas is possible to find in this medieval mine, of which five are quarterly or continuously monitored. Water in mining workings comes from precipitation mainly (snow, rainstorm), adit floor is connected with the groundwater in the vicinity of the mine. The nature of the individual flooded areas is described in detail in the paper, and the results of the measurement of mining water levels for the period 2001-2012 are presented. The maxima of individual monitored backwater levels are determined by overflows to the below located workings. In the article, rate of decrease and increase in level at the V2/KV2, V3/KV3 and V5/KV5 places are processed in detail. The maximum rate values of water level increase at upper floor in the mine (above the adit floor) correspond to the periods of snow melting and rainstorm. At the adit floor, monitored backwater levels respond not only to rainstorm but they also respond to the level of groundwater in the vicinity of the mine – it means backwater losses from the adit floor below the level of drainage from the mine.

Klíčová slova

Důl Jeroným v Čisté, akumulovaná důlní voda, fluktuace vodní hladiny, dynamika akumulované důlní vody

Keywords

Jeronym Mine in Čistá, mining backwater, water level fluctuation, dynamics of backwater

1 Úvod

Středověký Důl Jeroným v oblasti bývalé obce Čistá na Sokolovsku je národní kulturní památka ČR (např. <http://www.geopark.cz/dul-jeronym>). Celý komplex dolu tvoří dnes oddělené části nazývané Stará důlní díla (SDD) a Opuštěná důlní díla (ODD). Tato památka doplňuje fond evropských montánních památek zejména v oblasti těžby a zpracování cínu za období druhé poloviny 16. století v části SDD a za období téměř přes 400 let průzkumu a těžby v části ODD. Jedná se o soubor důlních děl, které dokumentují historický vývoj dobývání cínových a wolframových ložisek v oblasti Slavkovského lesa. Matečnou horninou ložiska je alterovaný granit, resp. jeho kontaktní zóna s okolními břidlicemi. Důl Jeroným byl během své existence několikrát opuštěn a znovu uveden do těžby, jeho historická dokumentace se do dnešní doby nedochovala, mj. následkem požáru Čisté v roce 1772. Dnes je zřejmě známá a přístupná pouze část vydobytých prostor, značná část důlních prostor je zasypána suťovým materiálem, zaplavena vodou nebo jsou zavaleny přístupové štoly.

V Dole Jeroným, části ODD, je realizován monitoring řady geomechanických parametrů s cílem sledování stability historických podzemních prostor. Kvartální odečety, prováděné pracovníky VŠB – Technické univerzity Ostrava, byly zahájeny na vybraných měřicích bodech v roce 2001, od roku 2006 je postupně budován distribuovaný měřicí systém (DMS) s kontinuálním monitorováním měřených parametrů, který vyvíjí pracovníci Ústavu geoniky AVČR Ostrava. Podrobnější informace o Dole Jeroným geologické situaci, geomechanickém stavu, výsledcích opakovaných měření a monitoringu, výzkumných aktivitách – lze nalézt v odborné literatuře, např. Žůrek et al. (2008), monotematické číslo EGRSE 1/2011, Knejzlík et al., 2011, Kaláb et al., 2012).

Jedním z faktorů, který významně ovlivňuje stabilitní stav podzemních prostor, jsou hydrogeologické poměry v dole a jeho okolí. V podzemí lze uvažovat o statickém tlaku důlních vod v zaplavených prostorách (akumulované vody), tlaku prosakující vody (jehož důsledkem je sufóze jemných částí horniny a oslabování horninového skeletu), snížení tření na tektonických plochách a snížení smykové pevnosti trhlin a puklin a chemickém zvětrávání živců ve vodním prostředí. V okolí dolu je vhodné sledovat nejen kolísání hladiny podzemní vody, ale také meteorologickou situaci (srážky). Dosavadní výsledky studia akumulovaných vod v důlních prostorách Dolu Jeroným a hydrogeologické situace v okolí jsou k dispozici v člancích (např. Lednická a Kukutsch, 2007, Kaláb et al., 2007, 2008, Kaláb a Lednická, 2009, Grmela et al., 2011, Lednická et al., 2011).

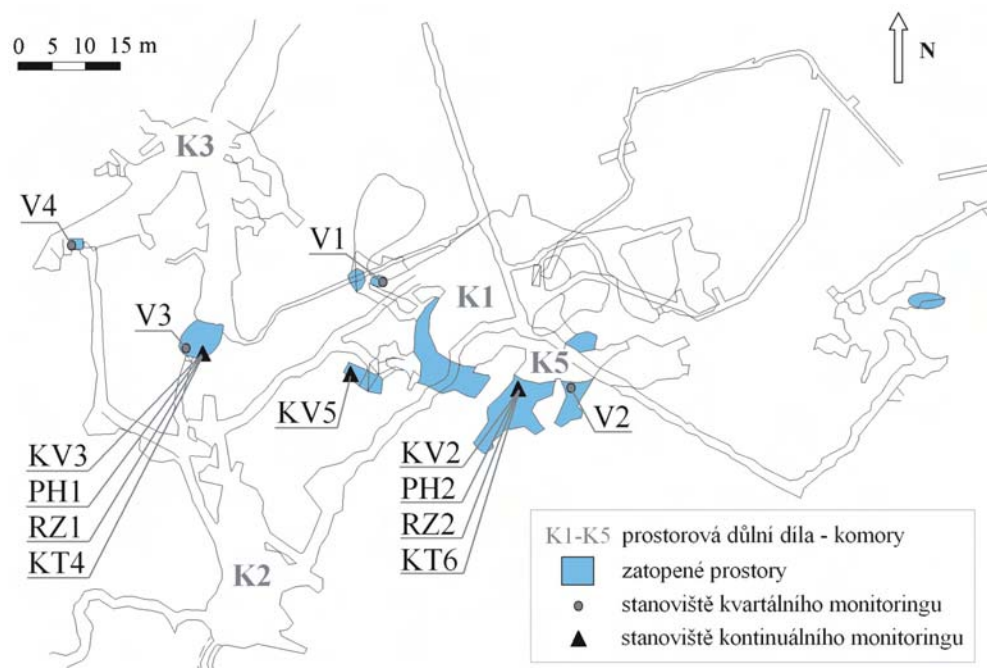
Podnětem pro detailnější studium vod v Dole Jeroným byly poklesy hladin akumulovaných vod na štolovém patře (bude používán tento termín, ačkoliv akumulované vody na štolovém patře jsou zřejmě napojeny na podzemní vody v okolí dolu), za dobu sledování bylo největší snížení zaznamenáno v roce 2003 – téměř 3 m. V tomto článku jsou shrnuty informace o kolísání hladin sledovaných důlních vod akumulovaných v zaplavených prostorách a výsledky interpretace dynamiky těchto vod na vybraných stanovištích.

2 Sledování pohybu hladin důlních vod

Důlními vodami pro účely tohoto článku rozumíme vody, které se nachází v důlních prostorách. Jak již bylo naznačeno, jedná se o vody akumulované v zaplavených prostorách (tj. vody zaplňující uzavřené bezodtokové prostory, vody v prostorách s přirozeným nebo

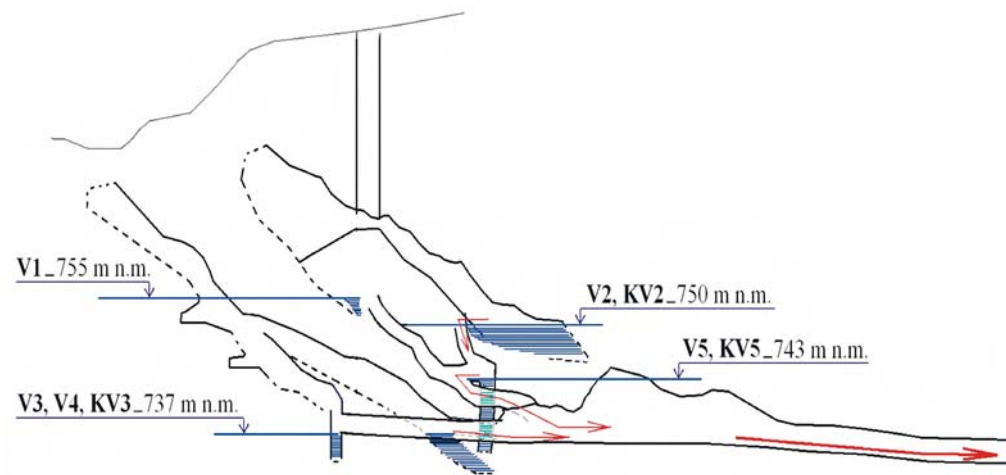
umělým odtokem) a vody protékající důlním dílem (tekoucí, přítékající a odtékající). Dále je nutno uvažovat o vodách protékajících masivem po puklinách nebo sut'ovými kužely. Změny úrovně hladin důlních vod v Dole Jeroným byly nejprve vizuálně pozorovány při opakovaných návštěvách podzemních prostor, kdy v komoře K5 docházelo k neperiodickému zaplavování struktury nazývané „Můstek“ (zbytek pilíře).

V Dole Jeroným v části nazývané Opuštěná důlní díla se od roku 2001 provádí kvartální odečet výšky hladin důlních vod na 4 měřených stanovištích označených V1-V4, nepravidelný manuální odečet úrovně hladiny na stanovišti V5 začal v roce 2006. Všechna měření jsou realizována jako relativní, tj. na každém bodě je definována vlastní nulová úroveň upevněným metrem. Od jara 2006 je na stanovištích V2 a V3 měření úrovně hladiny důlních vod prováděno také kontinuálně (Knejzlík, 2006); od roku 2009 bylo do DMS přidáno stanoviště V5 (kontinuálně měřená stanoviště/data jsou označena KV2, KV3 a KV5, aby byla odlišena od kvartálně odečítaných stanovišť/dat). Rozložení sledovaných měřených stanovišť je na obr. 1, výškový řez dolem je na obr. 2. Uvedené hodnoty nadmořské výšky v obr. 2 jsou zaokrouhleny na celé metry a odpovídají úrovním přetoků na jednotlivých stanovištích, tj. odpovídají maximální možné úrovni hladiny dosažitelné v současné době na daném stanovišti. Těmito úrovním odpovídají také vodorovné usazeniny vysrážených minerálů na stěnách komor, které vznikly pravděpodobně dlouhodobým a opakovaným přetokem z daného stanoviště. V komoře K1 a K5 je možné pozorovat dokonce usazeniny odpovídající vyšší



Obr. 1 Rozložení stanovišť kvartálního a kontinuálního měření úrovně hladiny důlních vod s vyznačením plošného rozsahu vodních hladin ve schématu důlních prostor a s informací o měřených parametrech

úrovně hladiny dosažitelné v současné době na daném stanovišti. Těmito úrovním odpovídají také vodorovné usazeniny vysrážených minerálů na stěnách komor, které vznikly pravděpodobně dlouhodobým a opakovaným přetokem z daného stanoviště. V komoře K1 a K5 je možné pozorovat dokonce usazeniny odpovídající vyšší



Obr. 2 Schématický řez důlním dílem s vyznačenými stanovišti kvartálního a kontinuálního měření úrovně hladiny důlních vod s informací o nadmořské výšce úrovně přetoku z daného stanoviště, který odpovídá maximální možné úrovni hladiny dosažitelné v současné době na daném stanovišti; červeně jsou naznačeny možné odtokové cesty při dosažení maximální úrovně hladiny



Obr. 3 Stanoviště V1 (vlevo) a sousední neměřená nejvýše položená vodní hladina (vpravo), foto: Lednická

2.1 Měření stanoviště V1

Měřené stanoviště V1 (obr. 3) se nachází v zavaleném a zatopeném úpadním důlním díle u komory K1. Místo se nachází cca 18 m nad úrovní štolového patra, plocha hladiny je cca 2 m². Tato akumulovaná voda zřejmě pochází pouze ze skapu vod ze stropu přitékající z výše položených důlních prostor. Jedná se o druhou nejvýše položenou hladinu důlních vod v tomto dole (známých prostorách), nejvýše položená hladina se nachází ve vzdálenosti cca 2 m a jde taktéž o akumulovanou vodu ve starém důlním díle. Hladina této neměřené zaplavené prostory je cca 60 cm nad úrovní V1. Pokračování zaplavených prostor pod vodní hladinu nejsou známa. V obou případech lze pohyby úrovně vodní hladiny považovat víceméně za neměnné. Na měřeném stanovišti V1 činí maximální hodnota kolísání hladiny cca 3 cm.

2.2 Měření stanoviště V2/KV2

Poloha měřeného stanoviště V2/KV2 se nachází výškově cca 13 m nad úrovní štolového patra (tj. výškový rozdíl stanoviště V1 a V2 je cca 5 m). Jedná se zřejmě o plošně nejrozsáhlejší (pravděpodobně i objem akumulované vody je zde největší), která se nachází v komoře

úrovni přetoku, patrně z období v minulosti, kdy existovaly jiné komunikační cesty pro odtok důlních vod ze stanoviště V2/KV2.

Ke kontinuálnímu měření úrovně hladin důlních vod byla v dole instalována tenzometrická tlaková čidla. Použity jsou vestavné sondy pro měření výšky hladiny vody LMP331i (JSP, s.r.o) s rozsahy 3 m a 10 m. Výstupní signály se přenáší proudovými smyčkami 4 – 20 mA do měřicí jednotky DMS. Čidla LMP331i jsou vybavena krytím z plastické hmoty, která je chrání proti korosivním účinkům důlní vody. Vstupy pro snímání atmosférického tlaku jsou od důlní atmosféry odděleny jemnou pryžovou membránou. Přesnost odečtu hodnot relativní úrovně hladiny je 1 mm. Pro experimentální provoz byl, stejně jako pro celý DMS, nastaven vzorkovací interval 1 hodina. Datum čas a naměřené hodnoty jsou zapisovány do textového souboru, který lze telemetricky přenést ke zpracování do ÚGN spolu se seizmickými záznamy z aparatury PCM-EPC prostřednictvím GSM sítě (Knejzlík a Kaláb, 2002). Na stanovištích KV2 a KV3 jsou měřeny také fyzikální parametry důlních vod, tj. teplota, měrná vodivost a pH (označení postupně KTx, RZx a PHx), ale tato měření nejsou v článku prezentována ani hodnocena, neboť doba sledování je krátká a závěry by nebyly dostatečně průkazné.



Obr. 4 Stanoviště V2/KV2, vlevo na stěně měření pohybu bloků podél pukliny na pilíři, vpravo ve vodě sonda měřící úroveň hladiny důlních vod, foto: Lednická

K1 a navazující komoře K5. Směrem k jihozápadu jsou v obou komorách pod hladinou patrné pokračující zatopené prostory starých dobývek. V komoře K5, u horninového pilíře navazujícího na Můstek (obr. 4), se realizovalo nejprve kvartální měření úrovně hladiny (V2), posléze kontinuální monitoring (KV2). Z pohledu stability se jedná o kritické místo, proto zde probíhají také měření pohybu na puklinách popraskaného pilíře. Ze stabilitního hlediska je nutno ještě uvést, že tato důlní voda zaplavuje patu kužele zásypových hmot v komoře K1 (pozůstatek likvidace dolu v šedesátých letech minulého století). Místo se nachází cca 33 m pod úrovní terénu (vrch jámy Jeroným), který je v okolí velmi členitý.

Křivka reprezentující změny úrovně vodní hladiny na stanovišti V2/KV2 je na obr. 5. Tato akumulovaná voda je dotována ze srážek, což dokladuje také korelace kolísání hladiny a vydatných dešťových srážek, případně tání sněhu (viz níže, obr. 11). Srážková voda se do podzemí dostává zřejmě především průsakem přes stará důlní díla vedená z povrchu a pukliny v masivu. Na základě dlouhodobého monitoringu a kontroly dolu v době extrémních přítoků byla ověřena úroveň současného přetoku vod (tj. současná maximální dosažitelná úroveň hladiny) ze stanoviště V2/KV2 do níže položených prostor. Vlastní přetok se nachází v komoře K1, je cca 0,3 m široký a jde o sníženinu v horninovém okraji zatopené oblasti. Voda odtéká tímto přetokem přes svislé staré důlní dílo na stanoviště V5/KV5, výškový rozdíl stanovišť je cca 7 m. Kolísání výšky hladiny vod na V2/KV2 nad úrovní přetoku jsou způsobeny množstvím odtékající vody a „korýtkovým tvarem“ místa přetoku. Zaplavená viditelná plocha důlních vod v komorách K1 a K5 v době dosažení úrovně přetoku má cca 100 m². Za zmínku stojí zatím nevysvětlená skutečnost, že od jara 2006, kdy bylo dosaženo úrovně přetoku ze stanoviště V2/KV2, již voda za více než 6 let neklesla o více než 25 cm pod úroveň přetoku, zatímco v předchozím období byla takto vysoká hladina zastižena jen jednou a úroveň hladiny se pohybovala až do 80 cm pod úrovní přetoku. V letošním roce 2012 během období necelých čtyř měsíců byla dosažena úroveň přetoku z V2/KV2 hned dvakrát, přičemž doba přetoku za obě období celkem dosáhla délky téměř 50 dní. Jedná se o maximální

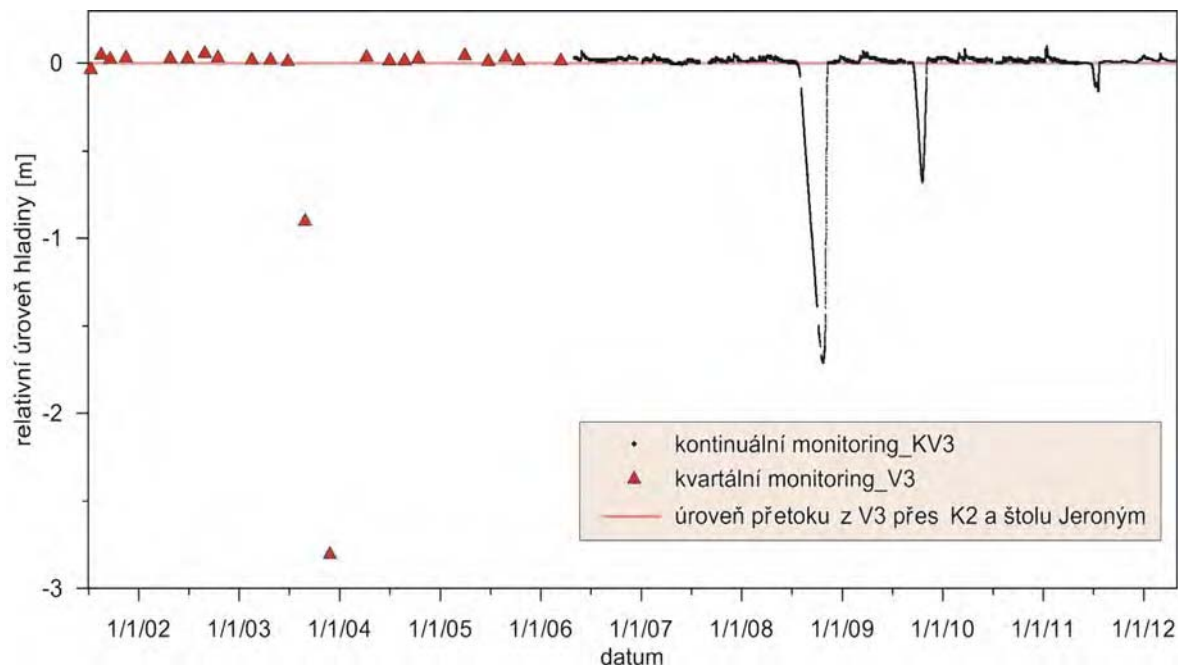
2.3 Měřené stanoviště V3/KV3

relativní úroveň hladiny [m]

datum

- kontinuální monitoring_KV2
- ▲ kvartální monitoring_V2
- úroveň přetoku z K1 do níže položených prostor

- 59 -



Obr. 6 Relativní úroveň hladiny důlních vod na stanovišti V3/KV3 v období 2001-2012, nulová hodnota představuje stav přetoku vod do níže položených prostor

okolo 5 – 7 metrů, dno je pokryto suťovým materiálem a zbytky dřev. V nejnižší části zaplavené prostory je vidět otvor o průměru cca 2 m, který vede do zaplavených prostor pro nás zcela neznámých, neboť nejsou ani vyneseny ve známých mapách. Místo V3/KV3 se nachází cca 45 m pod úrovní terénu.

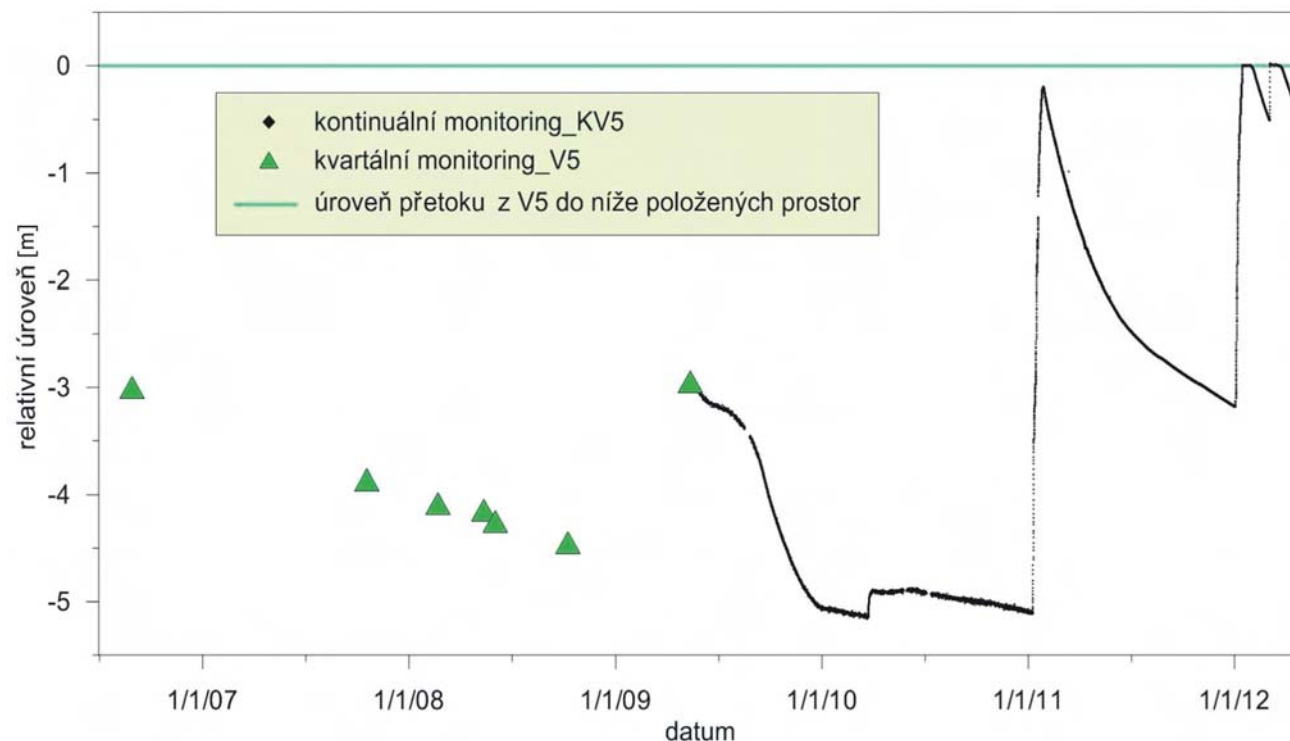
Na obr. 6 je graf relativní úrovně hladiny na tomto stanovišti. Jak již bylo uvedeno, voda má trvalý přetok a vytéká z důlního díla ven. Výjimku tvoří několik izolovaných období, v nichž došlo k více či méně významnému poklesu hladiny vody, příklad je na obr. 7. Kaláb a Lednická (2009) představili několik možných vysvětlení snížení hladiny důlních vod na štolovém patře Dolu Jeroným v odborném příspěvku. Zde je dokladováno, že Důl Jeroným představuje složitý systém přítoků vod, kumulačních prostor a odtokových cest. Vzhledem k neznalosti zaplavených prostor pod štolovým patrem a pouze hypotetickým úvahám o možných přítocích vod do dolu a hypotetických odtokových cestách lze nalézt velké množství pravděpodobných i nepravděpodobných kombinací pro vysvětlení dynamiky důlních vod. Jako nejpravděpodobnější se jeví varianta snížení hladiny důlních vod v důsledku změn úrovně hladiny podzemních vod v okolí, což dokladují také první studie a porovnání změn hladiny důlních vod se změnami hladin podzemních vod monitorovaných ve vrtech v širším okolí (např. Gaždová et al., 2011). Maximálního poklesu hladiny bylo dosaženo v již zmíněném roce 2003 a z kvartálních měření byla tato



Obr. 7 Stanoviště V3/KV3 v období přetoku důlní vody do chodby vedoucí do komory K2 (vpravo, foceno z chodby) a v období poklesu hladiny v roce 2008 (vlevo, foceno z komory K3), foto: Lednická



Obr. 8 Stanoviště V4 v období poklesu hladiny v roce 2008, foto: Lednická



Obr. 9 Relativní úroveň hladiny důlních vod na stanovišti V5/KV5 v období 2006-2012, nulová hodnota představuje stav přetoku vod do níže položených prostor

hodnota stanovena na 2,7 m. Další poklesy, již monitorované pomocí DMS, byly zaregistrovány v letech 2008, 2009 a 2011, a to s úbytky (v pořadí let) 1,7 m, 0,7 m a 0,2 m. Z časového hlediska lze pozorovat, že k poklesu hladiny dochází v druhé polovině roku, tj. v letním období nebo těsně po něm a ke zvyšování dochází na začátku zimního období (kromě posledního zaznamenaného poklesu, který trval velice krátce).

2.4 Měření stanoviště V4

Stanoviště nazvané V4 (obr. 8) se nachází prostorově nedaleko od stanoviště V3, také na štolovém patře. Známá zaplavená prostora má půdorysný tvar pečlivě vyrubaného obdélníka o rozměrech cca 60 x 150 cm a tento tvar zachovává i do hloubky, na dně komína je napadané kamení a dřevo. Je nutno přiznat, že zatím není spolehlivě objasněno, k čemu tento svislý pravidelně opracovaný komín sloužil. Již z několika prvních kvartálních měření úrovně hladiny se ukázalo, že tato zaplavená prostora je neznámými cestami spojena s prostorem V3/KV3 a obě tyto prostory tedy fungují jako spojené nádoby. To bylo posléze potvrzeno při významných poklesech hladin.

2.5 Měřené stanoviště V5/KV5

Z úpadní štol, která spojuje horní a štolové patro Dolu Jeroným (cca v její jedné polovině), je přístupný hluboký komín, dnes částečně přisypaný osypovým kuželem, v jehož spodní části je vidět jeho napojení na další ručně tesané prostory, které se výškově nacházejí těsně pod úrovní štolového patra. Tato spodní část je trvale zaplavena. Původně toto svislé důlní dílo pravděpodobně spojovalo prostory komory K1 s prostory pod úrovní štolového patra. Vizuální pozorování úrovně hladiny od roku 2006 naznačovalo, že i zde hladina vody znatelně kolísá. Toto bylo potvrzeno při zahájení kontinuálního monitoringu v roce 2009 (obr. 9). Během extrémně rychlého zvyšování hladiny téměř o 5 metrů během poměrně krátkého období osmnácti dnů na začátku roku 2011 (obr. 10) a následné prohlídky důlních prostor v době těchto extrémních přítoků bylo zjištěno, že místo je plněno vodou z přetoku z komory K1 (stanoviště V2/KV2). Z hlediska objemu vod se nejedná o příliš velké množství vzhledem k relativně malému průměru komínu ve srovnání s rozměry zatopených prostor na stanovištích V2/KV2 a V3/KV3. Plocha hladiny při přetoku na V5/KV5 představuje cca 5 m². Na začátku roku 2012 došlo k naplnění stanoviště V5/KV5 až po úroveň přetoku, přičemž po úplném naplnění tohoto komína odtéká voda úpadní štolou do komory K2 a přes dědičnou štolu ven z dolu.

Zjištěná úroveň přetoku se nachází ve výšce cca 6 m nad úrovní štolového patra. V době, kdy nedochází k přetoku důlních vod ze stanoviště V2/KV2, lze na stanovišti V5/KV5 sledovat trvalý odtok (obr. 9).

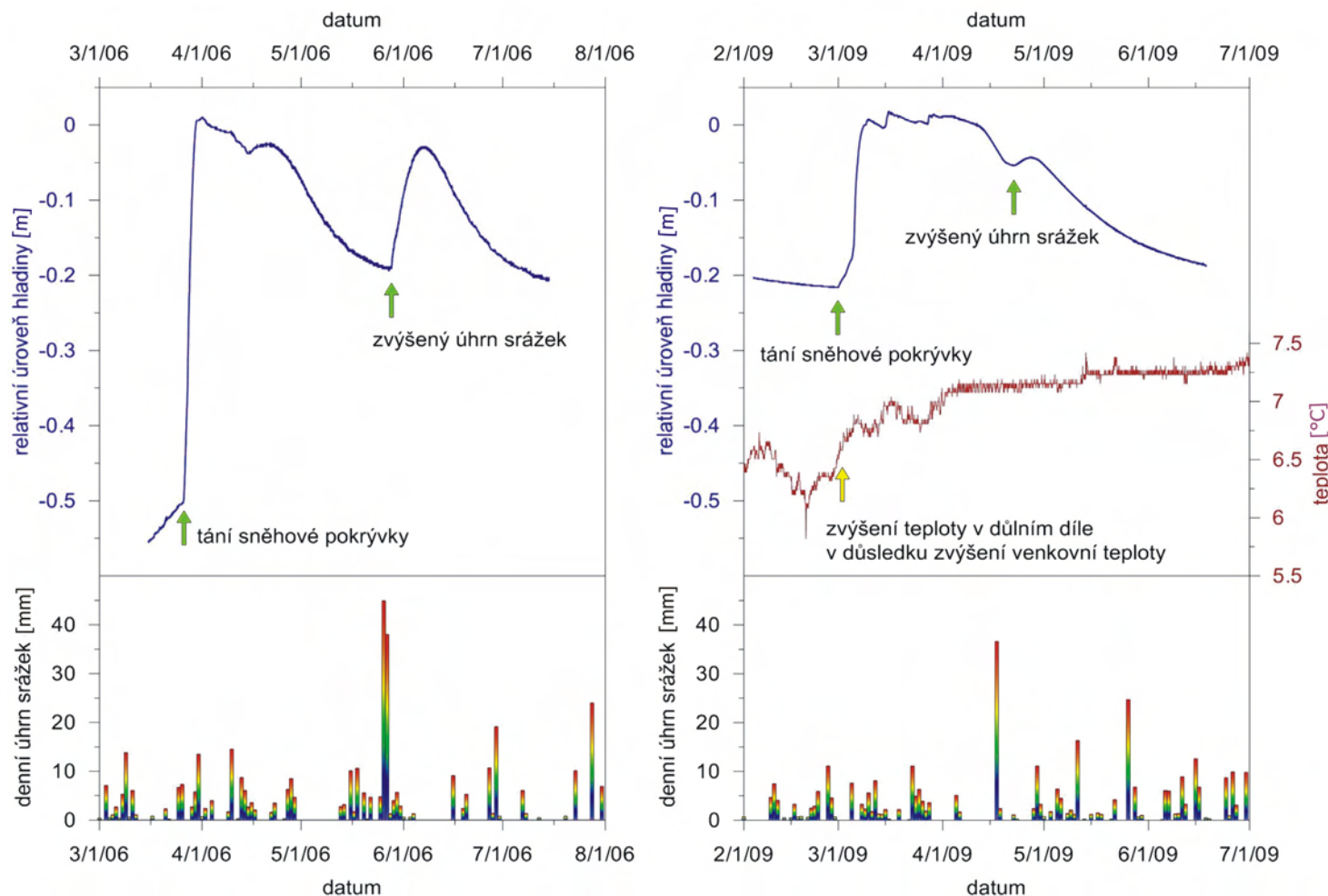


Obr. 10 Stanoviště V5-KV5 v období nízkého stavu (vlevo) a v období vysokého stavu hladiny (vpravo) a foto: Lednická

3 Dynamika pohybu hladin důlních vod

Delší období monitorování úrovně hladin důlních vod nás vedlo k interpretaci dynamiky hladin na stanovištích V2, V3 a V5. Posuzována je rychlost zvyšování, resp. snížení hladiny důlních vod. Zvyšování hladiny, stejně jako její snížení má v delších časových obdobích víceméně rovnoměrný průběh, z těchto časových období je dopočtena příslušná rychlost změny.

Zvýšení hladiny na stanovišti V2/KV2 je způsobováno dotací ze srážkových vod. Příklad ze dvou vybraných období je na obr. 11. V roce 2006, od března do července, došlo ke dvěma významným zvýšením úrovně hladiny (obr. 11 vlevo). První vzestup v druhé polovině března byl způsoben rychlým táním velkého množství sněhu na povrchu. Na konci května byl zaznamenán další vzestup úrovně hladiny důlních vod, tento nastal v důsledku intenzivních dešťů, při nichž denní úhrny srážek ve dvou po sobě následujících dnech přesáhly 40 mm. Informace o úhrnech srážek pocházejí ze srážkoměrné stanice v Bečově nad Teplou (ČHMÚ pobočka Plzeň), která je od Dolu Jeroným vzdálena vzdušnou čarou cca 9 km na východ. Druhé představené období je z února až června 2009 (obr. 11 vpravo). Stejně jako v předchozím případě z roku 2006, i zde se vyskytují dvě zvýšení hladin následkem tání sněhu a po

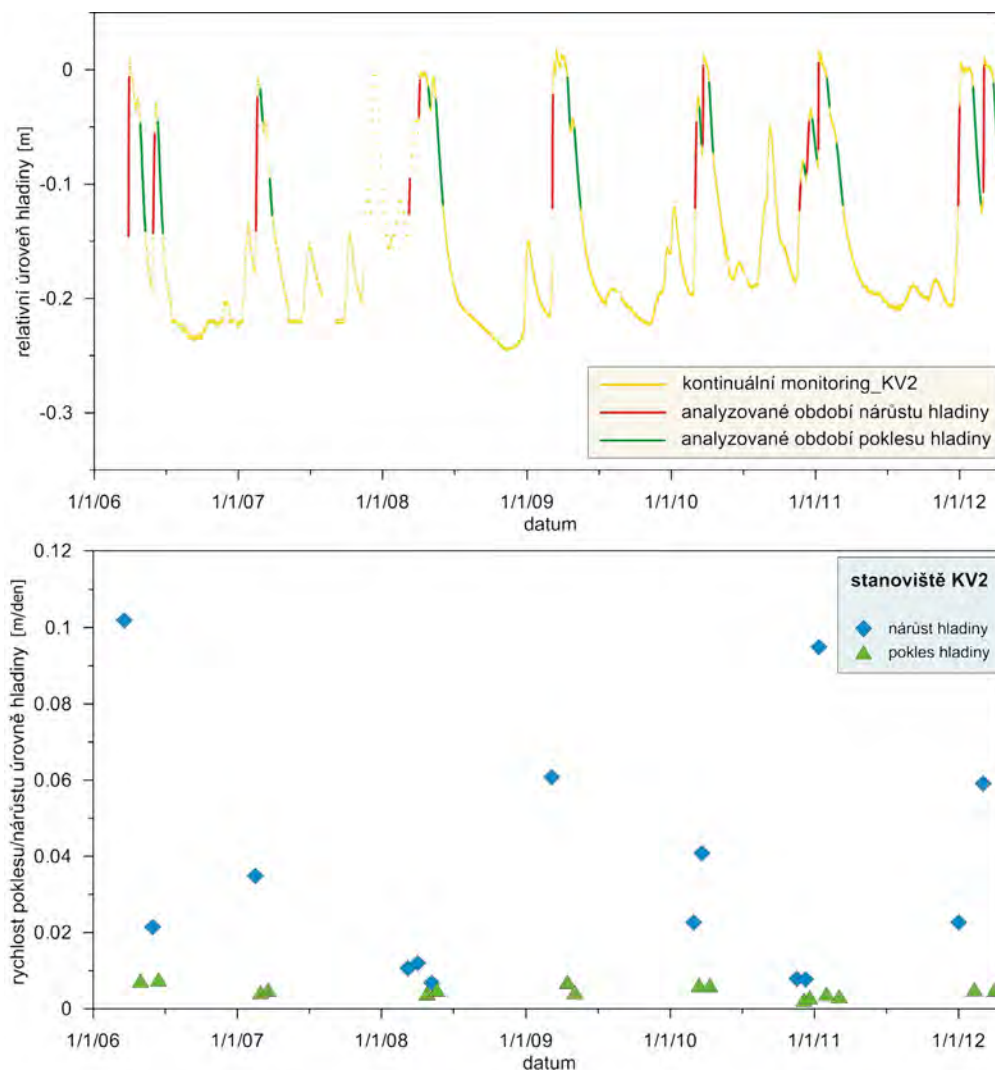


Obr. 11 Analyzovaná období měřené úrovně hladiny důlních vod na stanovišti V2/KV2; relativní úroveň hladiny, denní úhrny srážek, teplota v dole (viz text)

intenzivních dešťových srážkách. V grafu je navíc vynesena teplota vzduchu měřená v důlním díle na štolovém patře (od 2007/11), na které lze pozorovat její navýšení v důsledku oteplení venkovního vzduchu v období tání sněhu.

Pro posouzení rychlostí vzestupu a snížení hladiny důlních vod na stanovišti V2/KV2 byla použita data z kontinuálního monito-ringu v době extrémních přítoků. Na obr. 12 je relativní úroveň hladiny měřená v letech 2006 – 2012. Analyzovaná období vzestupu hladiny jsou na obrázku vynesena červeně, období poklesu jsou znázorněna zeleně. Aby mohly být výsledné hodnoty stanovených rychlostí vzestupu/poklesu vzájemně porovnány, byly vybrány části křivky ze stejné výškové úrovně, tj. relativní úroveň hladiny od 0 m do 0,15 m pod úrovní přetoku. Rychlosti vzestupu/poklesu hladiny jsou dopočítávány z lineárních částí křivky, výsledné hodnoty na daném stanovišti jsou vyneseny na obr. 12 dole. Po přítoku srážkových vod na stanoviště V2/KV2 a zvýšení hladiny k úrovni přetoku mají následné rychlosti poklesů hladiny víceméně konstantní hodnotu, a to v intervalu $0,0025 - 0,0078 \text{ m.den}^{-1}$. Jiná situace je pro rychlosti vzestupu hladin. Hodnoty se pohybují v rozmezí $0,007$ až $0,1 \text{ m.den}^{-1}$. Tento rozptyl hodnot je důsledek různé intenzity přítoku vod z povrchu. Zajímavostí je, že maximální rychlost odtoku byla dosažena v roce 2006, od té doby dochází k postupnému snižování rychlostí odtoku a hladina již nikdy od roku 2006 nepoklesla pod relativní úroveň – $0,3 \text{ m}$ oproti období kvartálního monitoringu 2001–2006. Jedním z možných vysvětlení je zanášení odtokových cest.

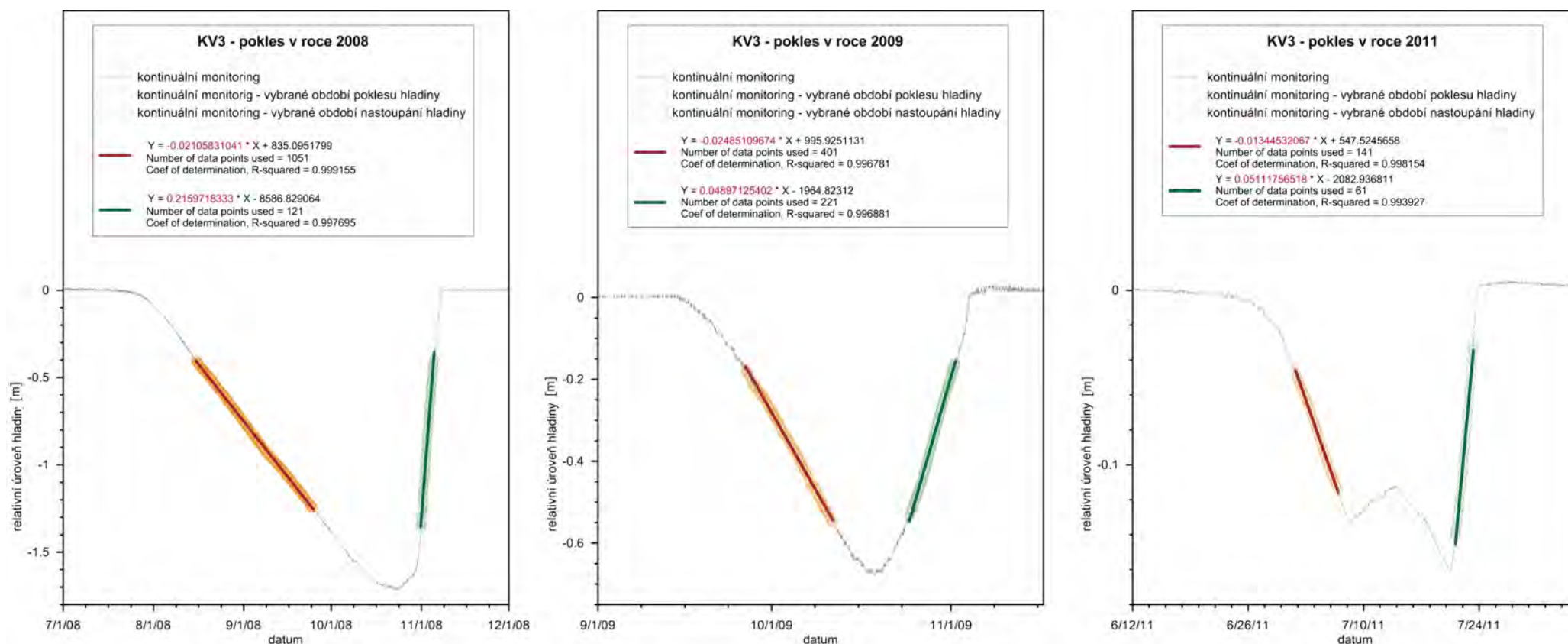
Na stanovišti V3/KV3 byla v období kontinuálního monitoringu zaznamenána tři významná snížení hladin – roky 2008, 2009 a 2011. Jak již bylo uvedeno výše, hladina klesá pod úroveň nejnižší viditelné odtokové cesty z dolu. Pokles i vzestup hladiny má téměř lineární charakter. Jak dokazují i hydrogeologická pozorování v širším okolí Dolu Jeroným (monitorování úrovní hladin ve vrtech v Krásně, Novém Kosteletě; Gaždová et al., 2011), tyto stavy snížení hladin pod úroveň štolového patra jsou patrně



Obr. 12 Relativní úroveň hladiny důlních vod na stanovišti V2/KV2 v období 2006 – 2012 s vyznačením analyzovaných období a dopočtené rychlosti vzestupu/poklesu úrovně hladiny v těchto obdobích

v úzké souvislosti s poklesem hladiny podzemních vod v okolí. Rychlosti poklesů byly z lineárních částí monitorované křivky relativní úrovně hladiny dopočteny na hodnoty 0,021, 0,025 a 0,013 m.den⁻¹, rychlosti vzestupů hladin byly 0,216, 0,049 a 0,051 m.den⁻¹ (obr. 13). Extrémní přítoky vod do dolu v jarních obdobích způsobují navýšení hladiny přetoku až o cca 0,1 m.

Obr. 14 ukazuje výsledky analýzy dynamiky vzestupů a poklesů hladiny důlní vody na stanovišti V5/KV5, a to pro výškovou úroveň 0,2-0,5 m pod úrovní přetoku. Zpracována byla dvě období, a to začátek roku 2011 a 2012. V obou obdobích došlo k naplnění akumulčního prostoru V2/KV2 a následnému přetoku do komínu V5/KV5. Hodnoty rychlosti přítoků pro daný úsek křivky byly dopočteny na 0,090, 0,106 a 0,876 m.den⁻¹, hodnoty rychlosti poklesů hladiny byly 0,027, 0,016 a 0,012 m.den⁻¹. V porovnání s předchozími stanovišti jsou hodnoty rychlosti poměrně vysoké, což je při daném objemu vod způsobeno malým průměrem komínu. U rychlosti poklesu je možné pozorovat zpomalení odtoku v roce 2012 oproti roku 2011. Opět lze uvažovat o zanášení odtokových cest, ale možné je také vysvětlení, že rychlost odtoku závisí na aktuálním stavu hladiny podzemních vod v okolí, neboť stanoviště V5/KV5 je také napojeno na podzemní vody.

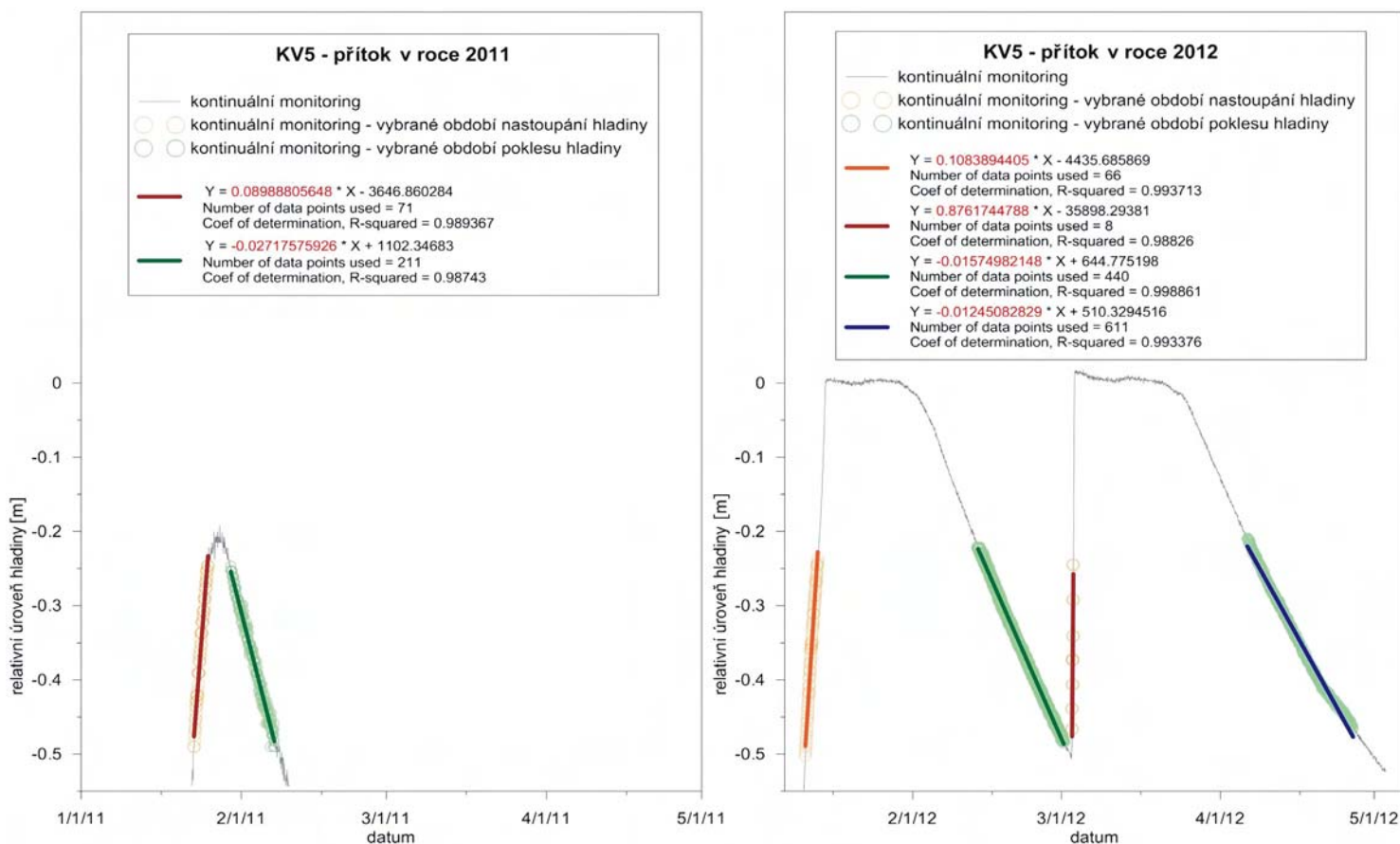


Obr. 13 Analýza tří poklesů hladiny důlních vod na stanovišti V3/KV3 (viz text)

4 Závěr

Cílem tohoto příspěvku bylo sumarizovat dosavadní poznatky o úrovních hladin akumulovaných vod v Dole Jeroným a jejich dynamice. Zpracována jsou data z kvartálního a kontinuálního monitoringu za období 2001 až 2012, a to pro všech pět sledovaných stanovišť. Stanoviště na horní úrovni dolu jsou dotována ze skapu vod ze stropu (V1) nebo ze srážkových vod (V2/KV2), stanoviště V5/KV5 v mezipatře je doplňováno vodou z přetoku ze stanoviště V2/KV2. Další dvě sledovaná stanoviště na štolovém patře (V3/KV3 a V4) jsou dotována nejen z průsaku srážkových vod, ale tyto vody jsou také propojeny s podzemní vodou v okolí dolu.

Z analýzy dat kontinuálního monitoringu pro vybraná období byly dopočteny rychlosti poklesu, resp. zvýšení hladiny sledovaných důlních vod. Tato analýza byla provedena pro stanoviště V2/KV2, V3/KV3 a V5/KV5. Po přítoku srážkových vod na stanoviště V2/KV2 a zvýšení hladiny k úrovni přetoku mají následné rychlosti poklesů hladiny hodnoty v intervalu $0,0025 - 0,0078 \text{ m.den}^{-1}$, hodnoty rychlosti vzestupu hladin se pohybují v rozmezí $0,007$ až $0,1 \text{ m.den}^{-1}$. Na stanovišti V3/KV3 byla v období kontinuálního monitoringu zaznamenána



Obr. 14 Analýza tří přítoků důlních vod na stanoviště V5/KV5 (viz text)

tři významná snížení hladin pod úroveň odtoku z dolu – roky 2008, 2009 a 2011. Rychlosti poklesů byly z lineárních částí monitorované křivky relativní úrovně hladiny dopočteny na hodnoty 0,021, 0,025 a 0,013 m.den⁻¹, rychlosti vzestupů hladin byly 0,216, 0,049 a 0,051 m.den⁻¹. Hodnoty rychlosti přítoků pro V5/KV5 byly dopočteny na 0,090, 0,106 a 0,876 m.den⁻¹, hodnoty rychlosti poklesů hladiny byly 0,027, 0,016 a 0,012 m.den⁻¹. Přepočtení rychlosti poklesů z délkových na objemové jednotky není možné, neboť zaplavené důlní prostory jsou nepravidelné, není znám jejich rozsah a není k dispozici podrobná mapová dokumentace (historické mapy shořely při požáru v roce 1772).

Poděkování

Příspěvek byl zpracován za finanční podpory GAČR 105/09/008 „Prognóza časoprostorových změn stability důlních prostor technické památky Důl Jeroným v Čisté“.

Literatura

- EGRSE – INTERNATIONAL *Journal of Exploration Geophysics, Remote Sensing and Environment (EGRSE)*, 2011, Vol. XVIII. 1, s. 50–61, CD-ROM ISSN 1803–1447.
- GAŽDOVÁ, R., NOVOTNÝ, O., MÁLEK, J., VALENTA, J., BROŽ, M., KOLÍNSKÝ, P. Groundwater level variations in the seismically active region of Western Bohemia in the years 2005–2010. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 2011, Vol. 8, No. 1 (161), s. 17–27. ISSN 1214–9705.
- GRMELA, A., ŽŮREK, P., KUKUTSCH, R., KOŘÍNEK, R. Hydrogeologic and hydraulic conditions of old mine workings of the former Jeroným Mine. *Geoscience Engineering*, Vol. LVII (2011), No. 4., p. 17–25, ISSN 1802–5420.
- KALÁB, Z., HRUBEŠOVÁ, E., KNEJZLÍK, J., KOŘÍNEK, R., KUKUTSCH, R., LEDNICKÁ, M., ŽŮREK, P. Mine water movement in shallow medieval Mine Jeroným (Czech Republic). In: RAPANTOVÁ, N., HRKAL, Z. (Eds): *Mine Water and the Environment. Proceedings of 10th International Mine Water Association Congress*. Karlovy Vary. VŠB-Technical University of Ostrava, 2008, p. 19–22, full paper at CD, No. 37, 11 pages, ISBN 978–80–248–1767–5.
- KALÁB, Z., HRUBEŠOVÁ, E., KOŘÍNEK, R., ŽŮREK, P., KUKUTSCH, R. Historical Jeroným Mine in Čistá – Underground experimental geotechnical laboratory. *Tunnel – Magazine of the Czech Tunnelling Association and the Slovak Tunnelling Association ITA-AITES*, Vol. 21, No. 1/2012, s. 54–65, ISSN 1211–0728.
- KALÁB, Z., LEDNICKÁ, M. Možná vysvětlení snížení hladiny důlních vod na štolovém patře Dolu Jeroným. *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, řada stavební*, 2009, roč. IX, č. 2, p. 81–90, ISSN 1213–1962.
- KALÁB, Z., LEDNICKÁ, M., KUKUTSCH, R. Důlní vody na lokalitě Čistá, Důl Jeroným. *Uhlí-Rudy-Geologický průzkum*, 2007, č. 5, p. 31–35, ISSN 1210–7697.
- KNEJZLÍK, J. Distribuovaný systém pro monitorování v Dole Jeroným v Čisté. *Sborník vědeckých prací VŠB-TUO, řada stavební*, 2006, roč. VI, č. 2, s. 181–187, ISSN 1213–1962.
- KNEJZLÍK, J., KALÁB, Z. Seismic recording apparatus PCM3-EPC. *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc.*, 2002, M-24(340), p. 187–194.
- KNEJZLÍK, J., KALÁB, Z., LEDNICKÁ, M., STAŠ, L. Investigation of the medieval Jeroným Mine stability: Present results from a distributed measurement network. In: IDZIAK, A.F., DUBIEL, R. (Eds): *Geophysics in Mining and Environmental Protection. Ser. Geoplanet: Earth and Planetary Science*, Vol. 2,

2011, p. 59-70. © Springer-Verlag Berlin. ISSN 2190-5193, DOI 10.1007/978-3-642-19097-1, <http://www.springerlink.com/content/978-3-642-19097-1#section=917403&page=9&locus=81>

LEDNICKÁ, M., KALÁB, Z., KNEJZLÍK, J. Kontinuální geomechanický monitoring v Dole Jeroným. *International Journal of Exploration Geophysics, Remote Sensing and Environment (EGRSE)*, 2011, Vol. XVIII. 1, s. 62-72. CD-ROM ISSN 1803-1447.

LEDNICKÁ, M., KUKUTSCH, R. Sledování pohybů hladiny důlních vod v historickém důlním díle Jeroným. *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, řada stavební*, 2007, roč. VII, č. 2, p. 159-164, ISSN 1213-1962, ISBN 978 -80-248-1616-6.

ŽŮREK, P., KOŘÍNEK, R., KALÁB, Z., HRUBEŠOVÁ, E., KNEJZLÍK, J., DANĚK, T., KUKUTSCH, R., MICHALÍK, P., LEDNICKÁ, M., RAMBOUSKÝ, Z. *Historický Důl Jeroným v Čisté*. Monografie, VŠB – Technická univerzita Ostrava a Ústav geoniky AVČR, v.v.i. Ostrava, 2008, 82 s., ISBN 978–80-248–1757

Autoři

¹ Ing. Markéta Lednická, Ph.D. – Ústav geoniky AV ČR, v. v. i., Studentská 1768, 708 00, Ostrava-Poruba, lednicka@ugn.cas.cz

² prof. RNDr. Zdeněk Kaláb, CSc. – Ústav geoniky AV ČR, v. v. i., Studentská 1768, 708 00, Ostrava-Poruba, kalab@ugn.cas.cz

³ Ing. Jaromír Knejzlík, CSc. – Ústav geoniky AV ČR, v. v. i., Studentská 1768, 708 00, Ostrava-Poruba, knejzlik@ugn.cas.cz