

Průvaly kuřavek do historických důlních chodeb v oblasti povrchového dolu Bílina během provádění vrtných prací z povrchu

Ing. Karel Mach, Ph.D.

Severočeské doly a. s., mach@sdas.cz

Přijato: 12. 2. 2010, recenzováno: 16. 2. a 18. 2. 2010

Abstrakt

Během hlubinné i povrchové těžby hnědého uhlí dochází ke komplikacím způsobeným neodvodněnými tělesy písku v nadloží sloje. Průvaly tekutých písků (kuřavek) doprovázejí těžbu uhlí v mostecké pánvi po celou historii. Zvláštním typem takového průvalu je průval tekutého písku vrtem do starého důlního díla. Článek shrnuje události tohoto typu v oblasti lomu Bílina za posledních 30 let a podrobně popisuje poslední takovou událost – průval na vrtu BA57 v roce 2007.

Breakouts of Quicksand into Historic Galleries Occurring in the Area of the Open-pit Mine Bílina as a Result of Surface Drilling Operations

Underground and opencast brown-coal exploitation sometimes brings complications caused by aquiferous sandy bodies existing within the coal seam overburden. Quicksand breakouts are related to the coal exploitation during all its history. There is a special type of the breakout when quicksand breaks to a historic underground mine workings through a bore hole. The paper summarises events of this type in the Bílina mine area during last 30 years and one of these events is described in detail - a quicksand breakout at the BA57 bore hole in 2007.

Schwimmsanddurchbrüche in historische Strecken im Gebiet des Tagebaus Bílina während der Durchführung von Bohrarbeiten vom Obertage

Im Verlauf des unter- und übertägigen Braunkohlebergbaus kommen Zufälle vor, die durch unentwässerte Sandkörper im Hangenden des Flözes verursacht sind. Die Schwimmsanddurchbrüche begleiten die Kohlegewinnung im Moster Becken im Verlauf ihrer ganzen Geschichte. Ein besonderer Typ eines solchen Durchbruches ist ein Schwimmsanddurchbruch durch die Bohrung in einen alten Grubenbau. Der Artikel fasst solche Ereignisse im Gebiet des Tagebaus Bílina innerhalb der letzten 30 Jahre zusammen und beschreibt der letzte Vorfall – Durchbruch auf der Bohrung BA57 im Jahr 2007.

Klíčová slova: mostecká pánev, bílinská pánev, kuřavka, průval.

Keywords: coal basin of Most, delta of Bílina, quicksand, breakout.

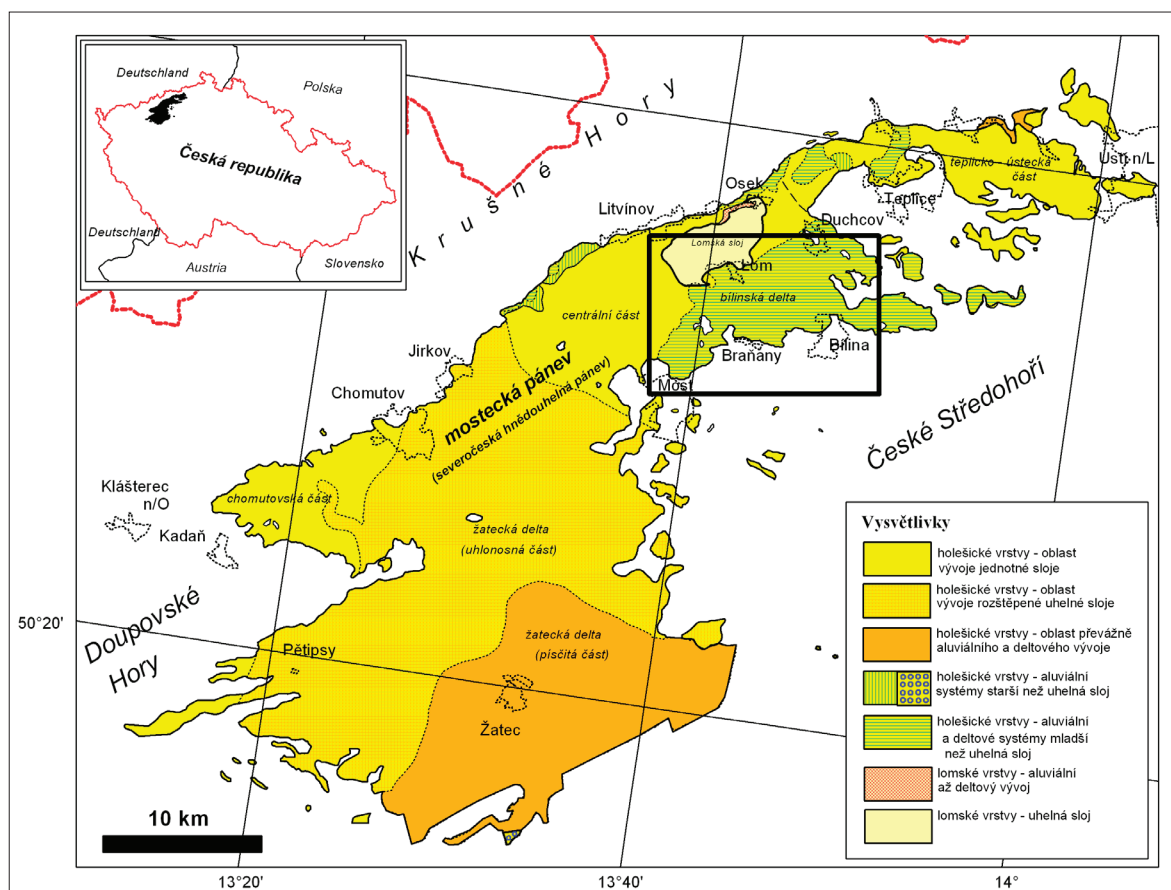
1 Úvod

Jak dokládá historie dolování uhlí na Mostecku, Bílinsku a Duchcovsku, nebezpečí průvalu tekutého písku do hlubinných důlních děl zde doprovází dolování uhlí téměř od jeho samého počátku. Průvaly kuřavek, jak se zde „tekuté písky“ (německy Schwimmsand, anglicky quicksand) nazývají, jsou v naprosté většině případů vázány na oblasti s výskytem zvodněných písčitých těles v nadloží sloje. Tyto oblasti jsou mezi Mostem, Duchcovem a Bílinou plošně shodné s rozšířením komplexu sedimentů miocénní bilinské delty (obrázek č. 1).

Fyzikální podstata ztekucení písku spočívá ve vzniku situace, kdy písčité zrna jsou nadlehčována zároveň turbulentními proudy vody a archimedovskými silami a mohou se začít pohybovat ve směru tečení vody. Z geotechnického pohledu taková situace může vznikat ve vodou plně nasycené zemině tehdy, když pórový tlak je vyšší než nula. Smyková pevnost písku klesne na nulu, pakliže pórový tlak přesáhne normálové napětí v systému (Myslivec et al. 1970) V praxi k takovému ztekucení písku ve vodním prostředí dochází tehdy, když se do té doby hutně usazená zrnka písku nějakým pohybem nebo vibracemi setřesou, drobnější propadnou mezi většími zrny, a hrubější zrna se v okamžiku ocitnou v přechodném stavu vznosu, kdy je nadlehčující nejen archimedovská síla, ale rovněž proud vody postupující v opačném směru než propadající drobná zrna. Propadající zrna

způsobují vytlačování vody vzhůru a následné zvýšení pórového tlaku, způsobené snížením objemu písku. Stejně tak ale může nastat podobná situace u rovnoměrně zrnitých zemin, pokud byla před setřesením zrna nedokonalé uspořádána a nadměrný pórový tlak vznikne jejich přeuspořádáním. Takto vznášející se zrna se chovají jako částice okolní kapaliny, a směs může proudit do směru spádu nebo uvolnění tlaku. Typicky taková situace nastává při zemětřesení nebo vzniku gravitačních sesuvů, při stavebních aktivitách, pod vlivem přemísťování dopravních mechanismů a podobně. Má to za následek například vznik podmořských sesuvů na svazích podmořských delt velkých světových řek nebo problémy s únosností podložky ve stavebnictví, případně to může pozoruhodně ovlivnit i průběh procházky po říčním nebo mořském břehu.

Průval kuřavky představuje rychlé přemístění tekuté směsi písku a vody z nadloží sloje do uměle vzniklých dutin, často s katastrofickými následky, ztrátami na životech horníků a hospodářskými škodami jak pod zemí, tak na povrchu (Macůrek 2007). Ke ztekucení zde dochází vytvořením cesty pro únik vody z tělesa. Vzniklý proud vody unikající samospádem nebo tlakem z tělesa písku unáší zrnka písku a v místech odnesených zrn vznikají dutiny, v nichž mohou vznikat další vodní proudy způsobující a umožňující unášení písku. Protože písku je v písčitém tělese obrovské množství, voda jej neunáší pouhým transportem po dně nebo v husté jílovité suspenzi, jako to známe z potoků



Obr. 1: Mapa mostecké pánve s vyznačením rozsahu oblastí uhlonošné sedimentace a hrubě klastické sedimentace.

a řek, ale v celém objemu v podobě zrnitoku (anglicky grainflow – poprvé použito Rajchlem a Uličným 1999).

Zřejmě nejznámějším průvalem kuřavky byl průval na dole Anna-Hilfsbau v Mostě v roce 1895 (obrázek č. 2). Tento průval v podstatě zlikvidoval jednu čtvrt' starého města Mostu (obrázek č. 3) a způsobil uzavření části jmenovaného dolu. Historie ukazuje (Macůrek 2007), že na konci předminulého století se podobná

katastrofa odehrála téměř každý rok a problémy se nezastavily ani ve století dvacátém (Macůrek, Žižka 2007).

2 Metody předcházení průvalům kuřavek

Proti průvalům kuřavek do báňských děl bylo v důsledku opakovaných katastrof vypracováno několik metod, které jsou založeny jednak na preventivním odstranění vody z písčitých



Obr. 2: Mapa důsledků katastrofálního průvalu kuřavky na dole Anna-Hilfsbau v roce 1895.



Obr. 3: Pohled do centra důsledků průvalu na dole Anna-Hilfsbau v Mostě r. 1895.



Obr. 4: Komory založené plavenou písčitou základkou na dole Masaryk (dnes lom Bílina).
Foto: K. Mach.

těles a jednak ve snižování pravděpodobnosti porušení stropu důlních děl a dobývek, a tím znemožnění vzniku dráhy pro tekutý písek. Odstraňování vody z deltových písčitých těles se provádí především odvodňovacími vrtvy. Nejdražším se jeví čerpání vody odvodňovacími vrtvy (studnami) na povrch a její následné odvádění mimo oblast. Následuje odvodňování svodovými (spouštěcími) vrtvy, kterými se voda odvádí samospádem do hlubinných důlních děl, odkud je následně čerpána. Tyto vrtvy mohou být hloubeny z povrchu tak, aby byla zastížena chodba nebo jiné důlní dílo, případně se vrt nejprve vyvrtá a následně důlním dílem nafará (častější a bezpečnější způsob). Druhou variantou, úspornější, může být hloubení takových vrtů přímo z důlních děl do vrchu. Tato varianta je možná nejlevnější, ale je tou nejrizikovější a technologicky nejnáročnější, což vyplývá z nutnosti zabezpečit vyloučení průvalu kuřavky během samotného vrtání (Cyroň et al. 2001). Metody zamezování vzniku porušení stropu důlních děl spočívají především v minimalizaci výlomu stropu důlních děl a dobývek jejich zajištěním a zaplněním dutin co nejméně stlačitelným materiálem (základkou). Nej-

účinnějším je řízené zaplavování dutin pískem nebo popílkem (obrázek č. 4).

Speciální protiprůvalová opatření bylo v minulosti potřeba aplikovat také při hloubení důlních jam v oblasti mezi Mostem, Bílinou a Duchovem. Zde se využívala, mimo jiné právě při hloubení jam dolu Venuše a President Masaryk, rovněž pozoruhodná metoda zmrazování kuřavky (Králová 2004, Hurník 2006). Shodné problémy s odvodněním kuřavkových vrstev v nadloží uhelné sloje byly velmi systematicky, a shodnými nebo podobnými způsoby, řešeny rovněž v Jihomoravských lignitových dolech (Cyroň et al. 2001)

Problém průvalů kuřavek se však netýká pouze hlubinné těžby. Zvodnělá písčítá tělesa jsou nebezpečná i pro povrchovou těžbu, jak se ukazuje na povrchových velkolomech Bílina nebo Hrabák (Pletichová 2007). Nekontrolovaný výtok vody ve směsi s pískem z těžených písčitých těles způsobuje technologické problémy, protože zvodnělý písek není těžitelný kolesovými rýpadly



Obr. 5: Kuřavkou zaplavená část plošiny u rýpadla K-65, lom Bílina.
Foto: K. Mach.



Obr. 6: Kaverny vznikající vyplavováním písku z deltového tělesa. Rýpadlo K-65, lom Bílina. Foto: K. Mach.



Obr. 7: Propadnutí stropu kaverny, vzniklé vyplavením písku u rýpadla K-65 na lomu Bílina. Foto: K. Mach.

a problematická je i jeho přeprava dálkovou pásovou dopravou. Směs vody a písku zaplavuje rozsáhlé oblasti těžebních plošin (obrázek č. 5), čímž se znemožňuje i použití jiné mechanizace k jejich odtěžení. Vyplavováním písku z písčitých těles dále ve stěnách těžebních řezů vznikají rozsáhlé dutiny (kaverny) (obrázek č. 6), které destabilizují svahy těžebních řezů (obrázek č. 7; rovněž viz Pletichová 2007). V povrchové těžební praxi se proto proti-průvalovým opatřením věnuje velká pozornost. Přednost má preventivní odvodňování písčitých kolektorů čerpacími vrtly nebo svodovými vrtly (obrázek č. 8).

3 Průvaly kuřavek při vrtných pracích z povrchu v oblastech historické hlubinné těžby

Specifické problémy přináší výskyt zvodněných písčitých těles v nadloží sloje v kombinaci s výskytem dutin - historických důlních děl ve sloji během vrtného průzkumu nebo budování odvodňovacích vrtů. Stvol vrtu, který dosáhne dutiny v uhelné sloji, vytváří potenciální dráhu pro přesun kuřavky z písčitého tělesa do prázdné dutiny. U průzkumného vrtu k takové situaci dochází obvykle náhodou, nevhodnou lokalizací vrtu nad chodbou nebo nezavalenou dobývkou (komorou), u odvodňovacího, svodového vrtu k zasažení chodby pod zvodněným písčitém tělesem dochází záměrně. Za posledních 30 let došlo v dobývacím prostoru Bílina k průvalu kuřavky vrtem do důlní chodby celkem čtyřikrát. Propojení zvodnělého písčitého tělesa s chodbou v těchto případech bylo doprovázeno haváriemi vrtů



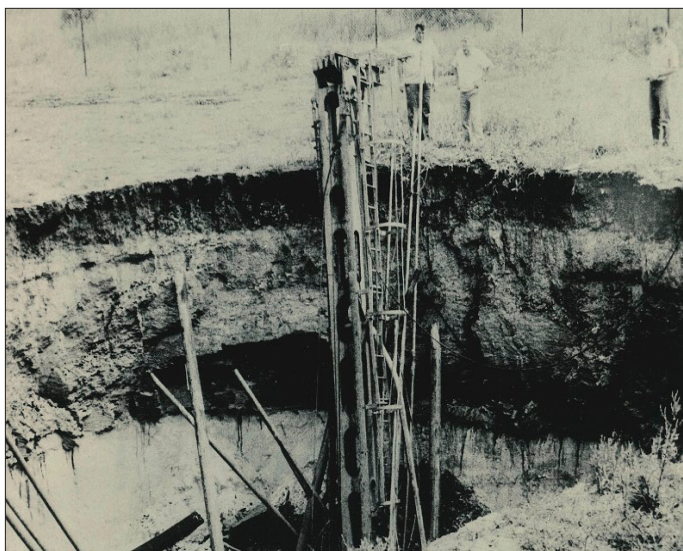
Obr. 8: Typický čerpací odvodňovací vrt v předpolí lomu Bílina. Foto: K. Mach.

a vznikem poklesových kotlin v okolí vrtů. Vybrané parametry těchto průvalů shrnuje tabulka č. 1.

Vrty HK197 a JU440 byly vrtány jako odvodňovací svodové vrtly, vrtly BA57 a BA37 byly vrtly geologického těžebního průzkumu. V případě odvodňovacího vrtu JU440 došlo k propadnutí samotné vrtné soupravy značky Wittrh do poklesové kotliny (obrázek č. 9), a souprava i s nářadím byla v podobě šrotu vyzvednuta až koncem roku 1989 prvním skrývkovým řezem povrchového lomu Bílina. Ostatní případy nevedly k velkým ztrátám na zařízení, pouze docházelo ke ztrátám technologického pažení ve vrtu. Pozoruhodná je různost chování nadloží vypouštěného písčitého tělesa - při podobných hloubkách jeho uložení je vliv průvalu na povrch velmi různorodý. To se projevuje zejména různým plošným rozsahem a hloubkou poklesových kotlin na povrchu a jejich vzdáleností od vrtu. Příčinou různých projevů na povrchu je zřejmě prvotně různá vnitřní stavba jednotlivých písčitých těles a odtud plynoucí různý způsob odtékání kuřavky.

Nejlépe zdokumentovaný je poslední z průvalů, který proběhl 11. 12. 2007 a pokračoval v následujících dnech. K průvalu došlo při vrtání průzkumného vrtu BA57, jehož úkolem bylo ověřit úložní poměry nadloží a uhelné sloje a technologické vlastnosti uhelné sloje v omezeném pilíři mezi vytěženými komorami bývalého hlubinného dolu Venuše. Bohužel, vrt byl vytyčen s nižší přesností, než by bylo třeba s ohledem na potřebu zasáhnout nerubáný pilíř. Během vrtání se postupovalo běž-

Rok	Vrt	Počet poklesových kotlin	Průměr poklesové kotliny (m)	Vzdálenost poklesových kotlin od vrtu (m)	Hloubka poklesu (m)	Hloubka důlních chodeb (m)	Hloubka uložení písčitých těles (m)
1980	HK197	1	80	20	2	150,5	59 - 100
1983	BA37	1	100	300	1	146	18 - 35 54 - 58
1985	JU440	1	15	0	7	181	45 - 85
2007	BA57	3	6 - 20	5 - 50	5 - 6	146	44 - 61



Obr. 9: Vrtná souprava Wirth na vrtu JU440 po propadnutí do poklesové kotliny. Foto M. Prokš

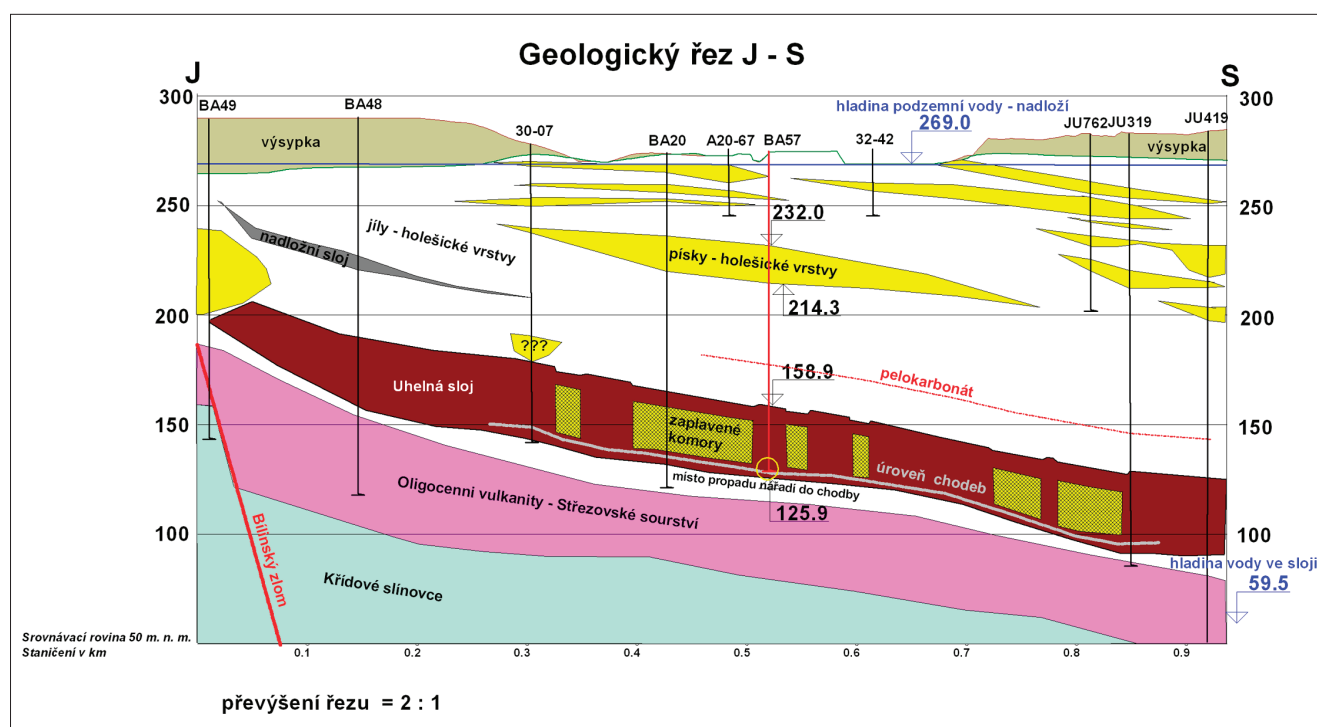
ným způsobem. Aby nedošlo ke vzniku kaveren v nadložních písčitých tělesech, byl úsek vrtu až po hlavu uhelné sloje po provedení karotáže zapažen ocelovou technologickou kolonou pažnic. Následně se v dalším vrtání pokračovalo zmenšeným průměrem. V hloubce 146 m došlo ale k propadu nářadí a ztrátě výplachu (obrázek č. 10). Vrt zasáhl chodbu dolu Venuše (obrázek č. 15). Během odpoledních hodin 11. 12. 2007 bylo vrtnou posádkou oznámeno, že z vrtu se ozývá silný hluk. Po zvážení rizik bylo následně rozhodnuto o vytažení vrtného nářadí a vrtná souprava byla odsunuta cca 50 m od ústí vrtu. Podle pozdějšího svědectví hlídače nedalekého objektu se kolem desáté hodiny večerní ozvalo dunění, a bylo cítit slabé otřesy země a byly zaregistrovány zmatené reakce domácích zvířat. Ranní obhlídka pracoviště revírníkem vrtné soupravy GIS - Geoindustry mohla

skončit tragédií. Když se totiž uvedený revírník ranní tmou a mlhou blížil po asfaltové příjezdové komunikaci k vrtu, málem přehlédl cca 3 x 3 m velký nepravidelný temný otvor v asfaltu přímo uprostřed komunikace ve vzdálenosti asi 50 m západně od vrtu (obrázek č. 12). Následně přivolaná odborná skupina pracovníků Dolů Bílina konstatovala vznik cca 6 m hluboké, uvnitř asi 4 m široké, propadliny kruhového průřezu, a po rozptýlení mlhy nalezla další, mnohem větší propadlinu o podobné hloubce, ale průměru téměř 20 m, přímo v sousedství vrtu (obrázek č. 13). Oblast byla následně zajištěna, aby byl vyloučen pohyb osob a mechanizace v okolí vrtu. Během následujícího týdne vznikla další rozměrná propadlina východně od vrtu (obrázek č. 14). Několik měsíců byla oblast monitorována, při čemž docházelo k pozvolnému sesouvání stěn propadlin a jejich následnému plošnému rozšiřování. K dalším výrazným změnám nebo vzniku dalších poklesů ale již nedošlo. Na dně propadlin se postupně stabilizovala hladina vody. Protože během letních měsíců roku 2008 docházelo k nebezpečnému chování obyvatelstva (rabování ocelových předmětů z propadlin a zavážení propadlin odpadem), bylo rozhodnuto o jejich likvidaci zavezením skryvkovým materiálem z Teplické výsypky.

4 Příčiny rychlého průběhu kuřavkového průvalu

Pozoruhodná na celé události je zejména rychlost, s jakou byly pravděpodobně stovky a možná první tisíce krychlových metrů kuřavky přemístěny relativně úzkým prostorem za pažnicí do zasažené důlní chodby. To hlavní se odehrálo během cca 8 hodin! Není to však nic výjimečného, spíše je to pravidlem. Všechny výše uvedené události se odehrály s podobným scénářem – po odchodu směny, během noci.

O příčinách velké rychlosti procesu je možno spekulovat. Z tabulky č. 1 je ale zřejmé, že ve všech uvedených případech

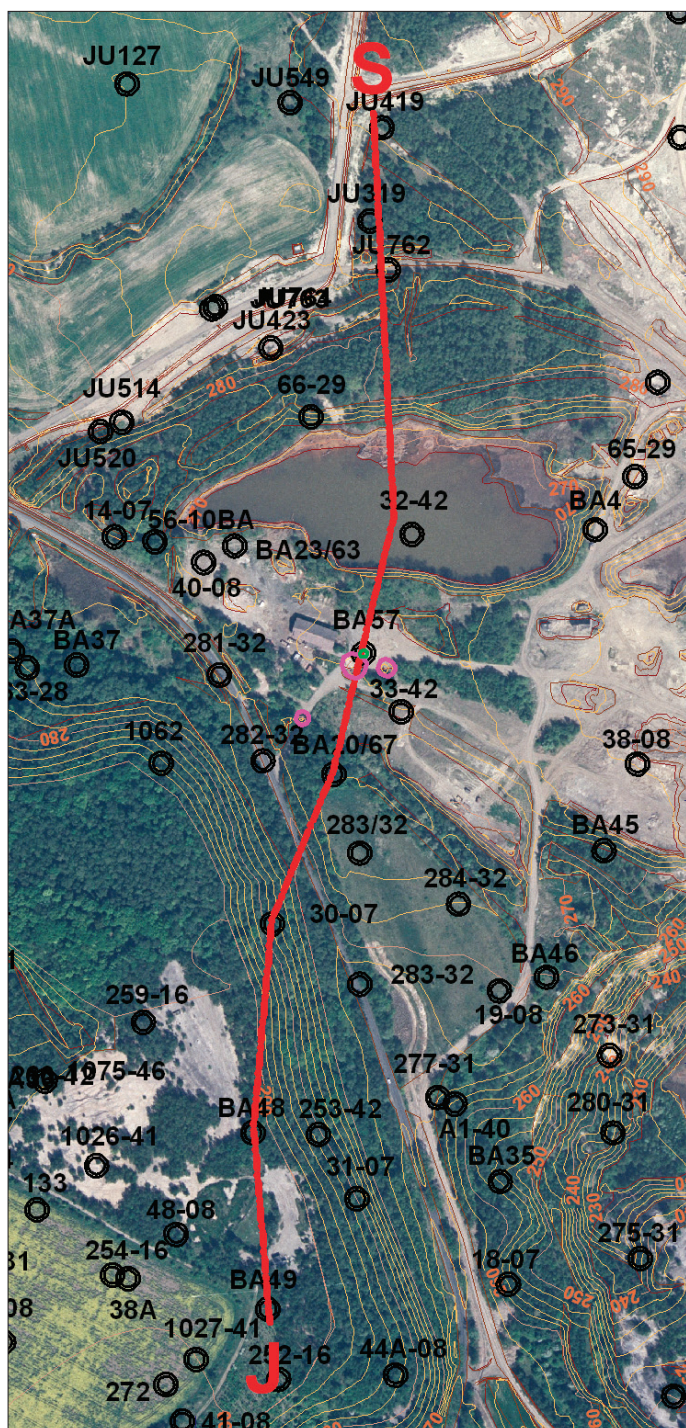


Obr. 10: Geologický řez oblastí dolu Venuše po linii J-S. Všechny výškové údaje v m.n.m. a v systému BPV.

průvalů došlo k propojení prázdných odvodněných podzemních prostor s tělesy písku s bází nejméně 50 m nad těmito prostory. Samotné nadložní kolektory byly zpravidla zcela nebo zčásti neodvodněné. Vrtly tyto kolektory zasáhly obyčejně v depresích nebo v blízkosti depresi báze. V případě vrtu BA57 se například hladina podzemní vody (obrázek č. 10) nacházela 45 m nad místem, kde kuřavka opouštěla při průvalu písčité těleso. Na stropu uhelné sloje, kde byla ukotvena ochranná ocelová pažnice, byl sloupec vody 110 m vysoký. Primárním motorem celého procesu byl zde tedy značný tlak vodního sloupce nad místem úniku kuřavky, proti kterému nestála žádná jiná síla. Prázdné nezvodnělé prostory představovaly navíc dostatečný



Obr. 12: První z objevených propadlin 50 m západně od vrtu BA57. Foto: Z. Dvořák.



Obr. 11: Situační mapa propadlin, a geologických vrtů a geologického řezu J-S.

prostor pro velké množství průvalového materiálu. Drobný pramenek vody, nesoucí písek při velkých tlacích, dokáže působit silnou erozi, která rychle rozšiřuje odtokovou dráhu a proces lavinovitě zrychluje. Proces je zastaven teprve zanesením důlního díla pískem nebo pádem stropu vznikajících kaveren, které způsobí ucpání únikového otvoru tím, že do procesu vstoupí i jiné zeminy než písek, zejména jíly. Protože k pádu stropů nad vznikajícími kavernami dochází velmi brzy, je celý proces ukončen podobně tak rychle, jak začal - během několika dní, maximálně prvních týdnů.

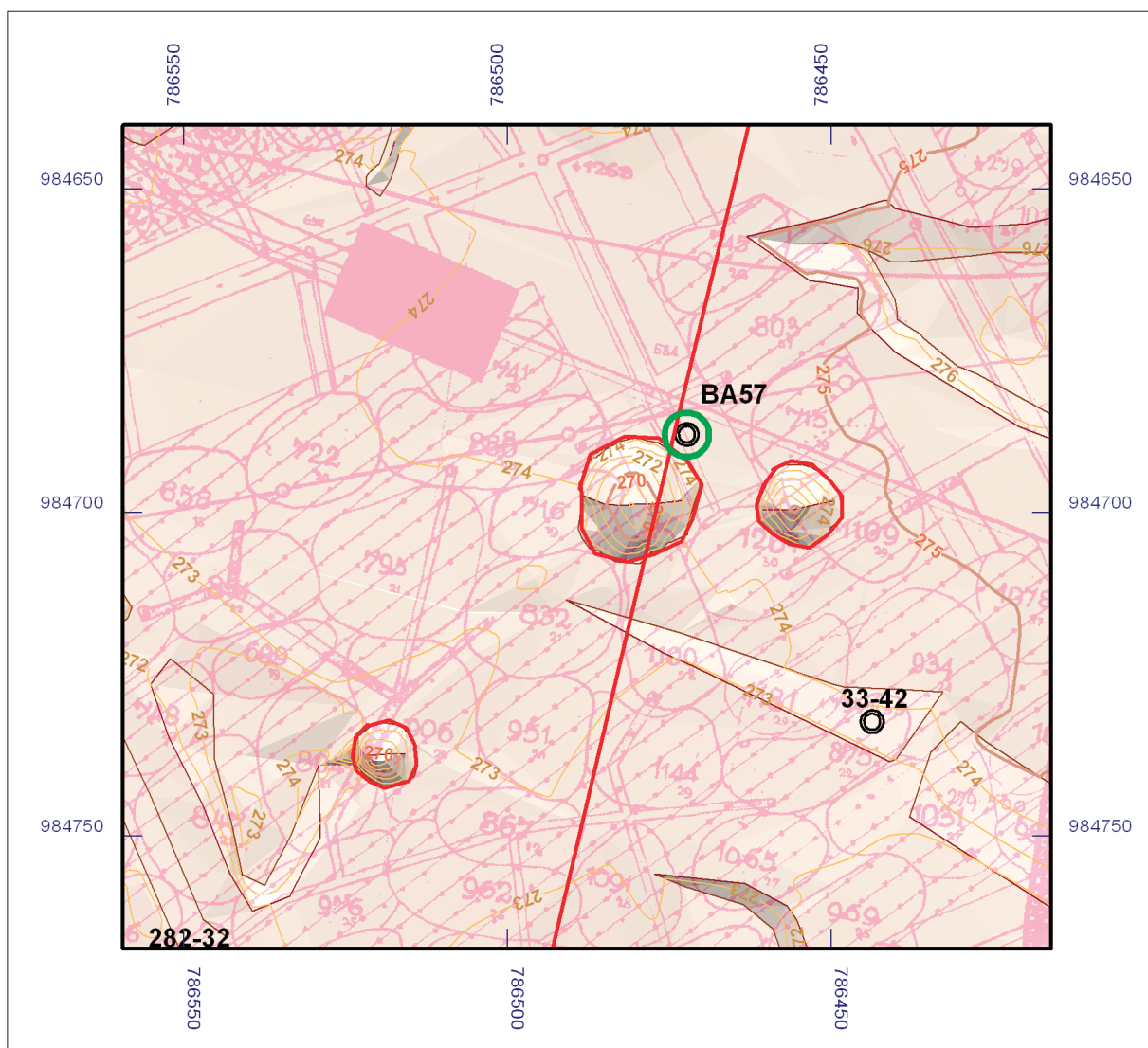
5 Důsledky použité metody hlubinného dobývání v oblasti na zvodnění nadložních kolektorů v místě průvalu z pohledu povrchového dobývání

Studium geologické stavby území a staré mapové dokumentace hlubinného dolu Venuše prozrazuje hlavní příčiny trvalého zvodnění nadloží přerubané uhelné sloje při dostatečně odvodněném stavu vlastního slojového kolektoru, zejména důlních chodeb.

Oblast v okolí průvalu je poklesovým zlomem Centrum, s amplitudou kolem 10 m a více, hydraulicky oddělena od severnějších částí dobývacího prostoru Bílina. Všechny nadložní kolektory jsou ukloněny k severu, tedy k uvedenému zlomu Centrum, a řada z nich má přímé výchozy na povrch v jižní části území. Kromě toho, že kolektory obsahovaly vodu kontinuálně od svého vzniku v miocénu přes celé kvartérní období, mohou být tedy většinou neustále přirozeně syceny povrchovou vodou. Zároveň ale nejsou nijak intenzivně odvodňovány. Zlom Centrum a dále zlom Viktoria tedy tvoří přirozenou hráz bránící odtoku vody k severu, kde řada z těchto těles byla v minulosti intenzivně odvodňována vrtnými pracemi a některá z nich dokonce vystupují ve výchozech na řezech stávajícího lomu Bílina. Hlubinná těžba v revíru dolu Venuše byla navíc kolem poloviny minulého století vedena metodou komorování s plavenou písčitou nebo jílovitou základkou. Na dole nebyla používána žádná preventivní opatření směřující k odvodnění kuřavkových těles typu odvodňovacích vrtů. Cílem použít



Obr. 14: Letecký snímek všech tří propadlin.
Foto: Kair - M. Kivala.



Obr. 15: Detail důlní mapy dolu Venuše s propadlinami a chodbami přivádějícími zaplavovací směs ke komorám.



Obr. 16: Výtok vody z chodby na dně lomu Bílina pocházející z revíru dolu Venuše a nově budovaných svodových vrtů.

í uvedené těžební metody bylo (z důvodu znalosti rizika průvalu kuřavky z nadloží) zabránit prolamování stropů dobývek tak, aby nedošlo k následné progradaci výlomu až k nadložním zvodněným vrstvám, nebo alespoň zmenšit jejich dopady. K výlomu nad 10 m vysokou prázdnou prostorou může teoreticky dojít až do výše 53 m nad stropem této prostoty (Havrlík 2008). To je v místních podmínkách více, než je vzdálenost k nejnižším písčitým vrstvám. V případě dolu Venuše tedy nebyla hlavním cílem zakládání vytěžených prostor snaha o maximalizaci výrubnosti. Výhradní metodou použitou v oblasti na jih od zlomu Centrum bylo komorování na plnou mocnost, které by v případě preventivního odvodnění nadložních kolektorů zajistilo stejnou výrubnost i ve své variantě na zával. Zakládání komor slabě stlačitelným materiálem směřovalo především k prevenci pronikání neodvodněných písků do důlních děl minimalizací výšky vyrubané dutiny, a tím i následného výlomu nad ní. Ve sloji v nadloží vytěžených komor byly raženy úzké přístupové chodby, kterými vedlo potrubí průměru 150 mm, jímž byla dopravována hydraulická směs voda – písek nebo voda – jílové koule. Jílové koule byly používány více (ústní sdělení Havrlík 2008), protože písek měl větší tendenci k usazování již v potrubí. Přístupové chodby byly raženy ve vyšších částech uhelné sloje (obrázek č. 15) nad třetinovým proplástkem a končily jednotlivými větvemi přímo nad středy vyrubaných komor. Plavení základky napomáhaly silně svažitě uložené sloje v této části pánve a hydraulický spád mezi místem napouštění potrubí a místem zakládání.

Přestože během těžby, zejména v mělkých partiích ložiska blíže obci Braňany, došlo k několika průvalům do odtěžené komory, je možno říci, že organizačně i technicky náročný záměr se dolu dařilo plnit. Potvrzením toho, a důsledkem v současnosti (cca 70 let po skončení hlubinné těžby dolu Venuše), je trvalý zavodnění nadložní sloje a obsah písku a jílu v komorách. Oba tyto faktory jsou pro povrchovou těžbu problematické. Zvodnělé nadloží již bylo výše diskutováno, obsah písku v těžené surovině je velmi nevhodný z hlediska využití těžkokapalinových metod třídění uhlí. Riziko během vrtného průzkumu zvyšuje fakt, že celá inkriminovaná část důlních chodeb je v současnosti odvod-

něna až na kótu cca 57 m n. m. prostřednictvím tzv. Venušské chodby, odvádějící vodu směrem k lomu Bílina (obrázek č. 16).

6 Závěr

Nadložní písčité kolektory na lomu Bílina, především v oblasti dolu Venuše, nejsou dosud zcela odvodněny. Protože část ložiska byla v minulosti těžena hlubinným způsobem a existuje velký objem dosud nezavalených prostor, zejména chodeb, stále hrozí riziko průvalů kuřavek do těchto prostor. Zejména stvolý vrtů vznikajících při průzkumných a odvodňovacích pracích mohou sloužit jako dráhy pro spouštění kuřavek do důlních děl. Pro pohyb kuřavek je dostatečný i relativně úzký zapažnicový prostor. Proces průvalu kuřavky vrtem do suchého hlubinného důlního díla je velmi rychlý a tudíž velmi nebezpečný. Vrtná technologie a projektování vrtných prací s těmito okolnostmi musí počítat jako s jedním z rizikových činitelů.

Literatura

- [1] CYROŇ, J. – MACHALINEK, M. – BEŇÁK, P. Speciální problémy odvodňování dobývaných uhelných slojí v jihomoravském lignitovém revíru. In *Sborník vědeckých prací VŠB-TU Ostrava*. Ostrava, 2001.
- [2] XLVII. řada hornicko – geologická, monografie 3, čl. 14, 211 – 235, Ostrava.
- [3] HAVRLÍK, S. *Báňský znalecký posudek, lokalizující stará a opuštěná důlní díla včetně pravděpodobně nezavalených komor v uhelném lomu Bílina*. Část 1.– MS, SD a.s., Doly Bílina, Bílina, 2008.
- [4] HURNÍK, S. Hloubení úvodních důlních děl dolu Prezident Masaryk v severočeském revíru přes neodvodněné kuřavky. *Zpravodaj Hnědé uhlí*, č. 1/2006.
- [5] KRÁLOVÁ, E. Využití mrazicí metody při hloubení hlubinných dolů v severočeském revíru. *Zpravodaj Hnědé uhlí*, č. 1/2004.
- [6] MACŮREK, V. Mostecká kuřavková katastrofa 19. 7. 1895. *Zpravodaj Hnědé uhlí*, č. 2/2007.
- [7] MACŮREK, V. – ŽIŽKA, L. Výsledky strukturního modelování těles kuřavek. *Zpravodaj Hnědé uhlí*, č. 4/2007.
- [8] MYSLIVEC A. – EICHLER J. – JESENÁK J. *Mechanika zemin*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1970. 387 s.
- [9] PLETICHOVÁ, M. Problematika svrchních meziložních písků v lokalitě J. Šverma - Vršany. *Zpravodaj Hnědé uhlí*, č. 3/2007.