

Josef MAZÁČ, Milan MIKOLÁŠ, Martin KLEMPA  
VŠB-Technická univerzita Ostrava, Hornicko geologická fakulta

## **VRTNÉ PRÁCE JAKO VÝZNAMNÝ ZDROJ INFORMACÍ PŘI STANOVENÍ PEVNÝCH POLOH V NADLOŽÍ UHELNÝCH SLOJÍ NA HNĚDOUHELNÝCH POVRCHOVÝCH DOLECH**

**Abstrakt.** Jedním z hlavních problémů, který představuje značné komplikace při realizaci těžebních prací v nadloží uhelných slojí v Severočeské hnědouhelné pánvi je výskyt pevných hornin, jejichž těžba kontinuální technologií je velmi obtížná nebo dokonce nemožná. Stanovení přesné polohy těchto pevných těles je proto nezbytným předpokladem pro úspěšné provádění těchto prací. Jednou z metod, které mohou přispět k řešení tohoto problému je určování pozice těchto těles s využitím technologie plnoprofilového vrtání (rotačního, příp. rotěčně příklepného) při současném sledování základních zadaných a výsledných parametrů režimu vrtání (tzv. mechanická karotáž). V článku jsou shrnutы některé základní poznatky, které byly získány při realizaci této metodiky na Dole Bílina v letech 2007/2008, včetně příkladů vyhodnocení grafických záznamů měřicí aparatury, která byla na této lokalitě nasazena.

## **DRILLING WORKS AS THE IMPORTANT INFORMATION SOURCE FOR THE DETERMINATION OF SOLID ROCKS POSITION IN THE COAL BED'S HANGING WALL IN LIGNITE OPEN PIT MINES**

**Summary.** Geological drilling exploration represents very important activity necessary to gain information utilizable for the purposes of mining process regulation in the all lignite mining localities of open pit mines in the North Bohemian Basin. Beside the classic methods used for the determination of drilled rocks such as drill core taking, which is otherwise of high quality but very costly, the method of mechanical bore hole logging represents important information source utilizable in drilling process. This method is based on the principle of the observation of basic engaged and final parameters of the drilling process and their evaluation in relation to drilled rocks.

This method is available especially in the areas typical of expressively different of drilled rocks. It is possible to use this method in conditions of the coal bed's hanging wall in the mining localities of open pit mines in the North Bohemian Basin, distinguished by typical presence of solid rocks with a markedly different rocks' solidity in comparison with adjacent

rocks in the coal bed's hanging wall. The methodology listed above was field tested and evaluated in mining conditions of the Bílina mine.

## 1. Úvod

Geologický vrtný průzkum představuje významnou činnost při získávání informací důležitých pro řízení vlastního těžebního procesu na všech těžebních lokalitách povrchových dolů v Severočeské hnědouhelné pánvi. Vedle klasických metod získávání údajů o provrtávaných horninách pomocí vrtných prací, jako je např. odběr horninového jádra, který představuje sice nejkvalitnější, na druhé straně ovšem také nejdražší, formu získání informací pomocí vrtných prací, je významným zdrojem těchto informací metoda mechanické karotáže, založená na principu sledování základních zadaných a výsledných parametrů procesu vrtání a jejich vyhodnocení ve vztahu k provrtávaným horninám. Tato metoda má svoje využití zejména v oblastech s výrazně odlišnými provrtávanými typy hornin, lze ji proto vhodně využít i v podmírkách nadloží uhelných slojí na těžebních lokalitách povrchových dolů Severočeské hnědouhelné pánve s typickým výskytem pevných poloh skalního charakteru s výrazně odlišnými hodnotami pevnosti v prostém tlaku v porovnání s okolními horninami nadloží uhelných slojí. Výše uvedená navržená metodika byla provozně ověřena v dobývacích podmírkách Dolu Bílina.

## 2. Výchozí poznatky využité pro vypracování metodiky pro stanovení pevných poloh

Dobývací technika využívání pro těžbu nadloží a uhelného sloje na povrchovém lomu Bílina se již od svého počátečního nasazení potýká s výskyty pevných hornin, jejichž těžba kontinuální technologií je buď velmi obtížná nebo zcela nemožná. Tyto horniny často dosahují hodnot až 110 MPa a jejich odtežování významným způsobem ovlivňuje životnost těžební techniky používané na této lokalitě. Během historie těžby na lomu Bílina byly zjištěny 4 typy výskytu těchto hornin [2]:

- víceméně tenké (0,1 – 0,4 m) souvislé vrstvičky karbonatických jílovců až pelokarbonátů,
- nesouvislé shluky a horizonty bochníkovitých, diskovitých až ploše čočkovitých pelokarbonátových konkrecí od 0,2 x 0,5 m do 0,5 x 2,0 m,

- nepravidelná deskovitá až čočkovitá tělesa středně až hrubě zrnitého pískovce s dolomitovým tmelem s mocností od 0,5 do 10 m,
- nepravidelná tělesa pískovce s limonitovým tmelem s mocností do 2 m.

Tělesa dolomitických pískovců v deformovaných deltových tělesech představují největší báňsko-technický problém pro těžbu nadloží na Dole Bílina. Jejich těžba musí probíhat separátně speciální technologií, často s využitím trhacích prací. Dosavadní výsledky získané na základě vrtných prací a dokumentace řezů z předchozího průzkumu vedly ke zjištění, že vedle plošně rozsáhlých pískovcových těles se v nadloží uhelných slojí vyskytuje různě tvarovaná a nepravidelně uložená pískovcová tělesa menších rozměrů (tlustě diskovitá až vrstevnatá tělesa 5 x 5 x 1 m až 30 x 30 x 3 m) většinou šikmo ( $45^{\circ}$ ) nebo subhorizontálně uložená, což výrazným způsobem snižuje pravděpodobnost jejich zaznamenání základní vrstvu síti momentálně používanou.

Doposud získané poznatky z použití geofyzikálního a vrtného průzkumu lze shrnout následovně:

- použité povrchové geofyzikální ani karotážní metody nepřinesly s ohledem na obtížnost interpretace uspokojivé výsledky;
- jádrové vrtání, které bylo na uvedené lokalitě používáno je pro svoji časovou náročnost neekonomické;
- stanovení výskytu pevných těles menších rozměrů je se stávající používanou hustotou sítě vrtných prácí málo efektivní;
- technologie plnoprofilového vrtání se vzduchovým výplachem, doposud na lokalitě využívaná, má své hloubkové omezení.

Limitujícími faktory geologického charakteru ovlivňujícími použití vrtných průzkumných prací při ověřování výskytu pevných poloh jsou zejména tyto:

- složitá geologická stavba nadloží uhelné sloje, tj. střídání pevných poloh hornin s horninami o nízké pevnosti v prostém tlaku;
- nepravidelnost tvaru velikosti a způsobu uložení pevných poloh v nadloží uhelné sloje (nepravidelná, deskovitá až čočkovitá tělesa středně až hrubozrnitého, vysoce abrazivního pískovce s dolomitovým tmelem s variabilní mocností i plošným a hloubkovým uložením);
- složitý systém deltovitých písčitých těles a písčitých výplní pravěkých říčních koryt v nadloží uhelné sloje (hrubozrnný písek až jemnozrnný štěrk);
- přítomnost vody ve vrtu na lokalitě se běžně vyskytující (omezuje významným způsobem použití technologie vrtání se vzduchovým proplachem).

*Pozn.: Problematika vlivu geologických faktorů na volbu vhodné technologie vrtání a výběr vhodného komplexu vrtacího zařízení je detailně popsána v literatuře [3].*

### **3. Metodika určování pevných a velmi pevných poloh v nadloží uhelné sloje**

Pro podmínky vrtání v nadloží uhelné sloje na Dole Bílina byla po dohodě s pracovníky SD-VTP definována následující kritéria pro výběr vhodného vrtacího zařízení:

- s přihlédnutím k souborné mocnosti výškového a hloubkového řezu skrývkového velkorypadla a s ohledem na nutnost získání geologické informace s dvouletým předstihem provést vhodný výběr vrtné soupravy s hloubkovým dosahem minimálně 50 m;
- zvolená lomová vrtná souprava musí splňovat podmínky aplikace kombinovaného způsobu vrtání, a to jak rotačního, tak rotačně – příklepného s využitím ponorného vrtacího kladiva;
- vrtná souprava musí být vybavena měřicí technikou, schopnou registrovat parametry potřebné pro stanovení pevných poloh v nadloží uhelné sloje;
- navržený komplex strojního zařízení, vrtného nářadí a vrtných nástrojů včetně ponorného vrtacího kladiva musí splňovat požadavek spolehlivosti a odolnosti při nasazení v náročných provozních podmínkách, snadné ovladatelnosti, jednoduché údržby a minimálních nároků na servis;
- návrh výše uvedeného zařízení musí zohledňovat možnosti prováděcí organizace v oblasti pořizovacích a provozních nákladů.

Navrhovaný způsob kombinace rotačního (plnoprofilového) a rotačně – příklepného vrtání s využitím ponorného vrtacího kladiva vychází z předpokladu změny technologie vrtání v případě, že rotační způsob rozpojování horniny se stane při kontaktu s pevnými nebo velmi pevnými polohami hornin (zejména dolomitických pískovců) málo efektivní nebo dojde dokonce k úplnému zastavení postupu vrtných prací. Umístění kladiva přímo nad vrtným nástrojem a tedy omezení ztrát energie příklepu umožňuje zajistění konstantních vrtných postupů, nebot' nedochází ke ztrátě energie příklepu, která se s narůstající hloubkou výrazně projevuje u povrchových vrtacích kladiv. Při předpokládaném značném objemu vrtných prací, prováděných v zahuštěné vrtné síti na uvedené lokalitě, je to nezanedbatelná úspora času potřebného na jejich realizaci. Lze také předpokládat, že při navrtání extrémně pevných poloh hornin v nadloží uhelné sloje to bude pravděpodobně jediná technologie vrtání, jejíž použití

povede k úspěšného převrtání těchto velmi pevných, různě mocných a nepravidelně uložených těles rozličných tvarů a velikostí.

*Pozn.: Problematika výběru vhodné technologie vrtání pro podmínky vrtání v nadloží uhlíkového sloje na Dole Bilina je podrobně popsána v literatuře [4].*

#### 4. Praktické ověřování navržené metodiky

Pro realizaci ověřovacích zkoušek v provozních podmínkách byla po konzultacích s realizátorem průzkumných prací, SD a.s. Chomutov využita vrtná souprava BÖHLER TCD 221, umožňující vratat jak rotačním (plnoprofilovým i jádrovým) způsobem, tak rotačně-příklepným způsobem s použitím ponorného vrtacího kladiva. Souprava byla doplněna monitorovacím zařízením Track od firmy PARTNER mb s.r.o. s digitálním a grafickým záznamem sledovaných provozních parametrů, charakterizujících vrtný proces a umožňujícím monitorovat jejich změny v průběhu hloubení vrtu.

Na fig. 1 a 2 je záznam registrační aparatury (grafická dokumentace ve formě sloupcovitého záznamu v souřadnicovém systému x – y, zohledňujícího závislost: měřený parametr – hloubka). Z tohoto záznamu je patrné, že na vrtné soupravě lze současně sledovat, zaznamenávat a následně vyhodnocovat tyto základní parametry, charakterizující vrtný proces:

- přítlač na vrtný nástroj [kN]
- rychlosť vrtání (postup) [ $m \cdot h^{-1}$ ]
- otáčky vrtného nástroje [ $ot \cdot min^{-1}$ ]
- krouticí (vrtný) moment [kN.m]
- energie [ $kJ \cdot m^{-3}$ ]
- tlak [MPa]
- průtok [ $l \cdot min^{-1}$ ] příp. [ $l \cdot s^{-1}$ ]
- svěry [-]
- proplach [-]

S ohledem na skutečnost, že pro vlastní sledování a vyhodnocení interakce mezi provrtávanou horninou a vrtným nástrojem mají zásadní význam zejména některé z výše uvedených parametrů a za předpokladu použití konstantních otáček byla při vyhodnocovacích pracích věnována hlavní pozornost zejména těmto parametry:

- přítlač na vrtný nástroj
- rychlosť vrtání (postup)
- krouticí (vrtný) moment
- energie.

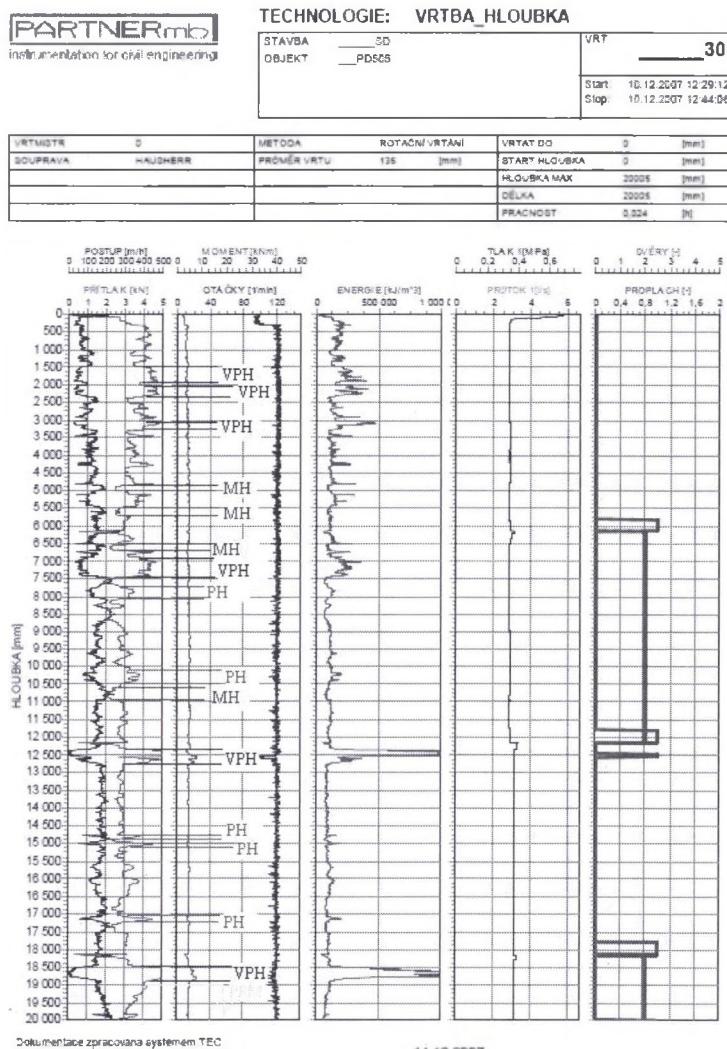


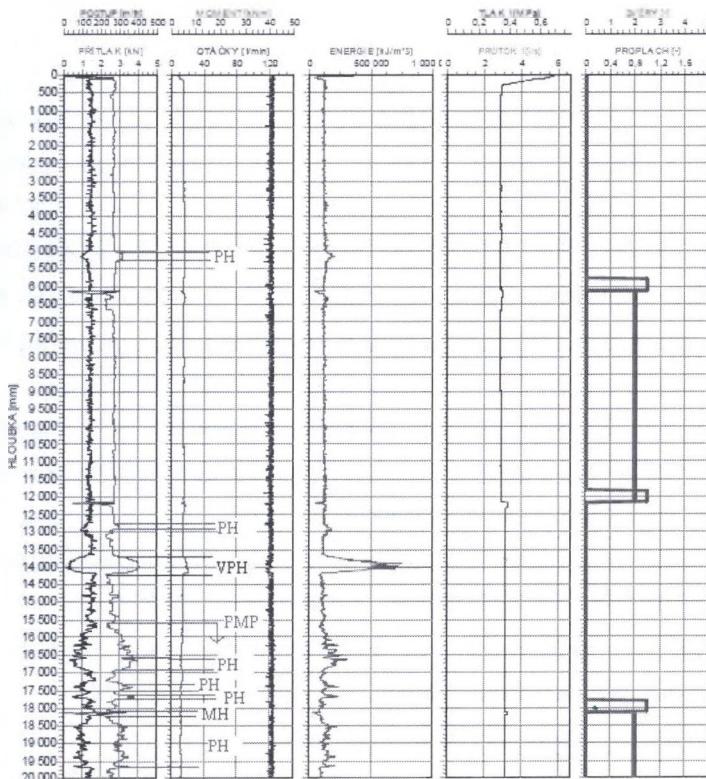
Fig. 1. Vyhodnocení grafického záznamu z vrtu č. 30 [6]  
Fig. 1. Graphic recording evaluation – borehole No. 30 [6]



## TECHNOLOGIE: VRTBA\_HLOUBKA

STAVBA	SD	VRT	33
OBJEKT	PD505		
		Start	11.12.2007 10:41:41
		Stop	11.12.2007 10:54:35

VRTMISTR	MÉTHODA	ROTAČNÍ VRTÁNÍ	VRTAT DO	Z	[mm]
SC UPRAVA	HAUSSERR	PRONÁM VRTU	135 [mm]	START HLOUBKA	3 [mm]
				HLOUBKA MAX	20301 [mm]
				DLEŽKA	20301 [mm]
				PRACNOST	0.321 [h]



Dokumentace zaznamenána systémem TEC  
© PARTNERmb s.r.o. [www.partnermb.cz](http://www.partnermb.cz)

14.12.2007

Fig. 2. Vyhodnocení grafického záznamu z vrstu č. 33 [6]  
Fig. 2. Graphic recording evaluation – borehole No. 33 [6]

V průběhu prosince 2007 byla provozní organizací dodána grafická dokumentace z hloubení 40 vrtů (vrtby byly odvrty v časovém intervalu 22. 11. 2007 – 12. 12. 2007) ve dvou souborech (1. soubor – 21 vrtů, 2. soubor – 19 vrtů), přičemž pro tuto etapu výzkumných prací byla navržena konečná hloubka vrtů – 30 m. Tento požadavek nebyl dodržen u pěti vrtů prvního souboru a patnácti vrtů druhého souboru, zde byly naopak

odvrtány čtyři vrty do hloubky 36 m. Vlastní vyhodnocení grafických záznamů bylo realizováno na začátku roku 2008.

*Pozn.: U vrtů druhého souboru byla úprava jejich konečné hloubky provedena záměrně na základě konzultací odborných pracovníků zainteresovaných organizací a není tedy výsledkem nepředvídaných komplikací zapříčiněných nepříznivými geologickými podmínkami na zkoumané lokalitě nebo nevhovujícími technicko-technologickými parametry vrtného či měřicího zařízení.*

Všech 40 vrtů bylo odvrtáno technologií rotačního vrtání, tzn., že při provrtávání některých pevnějších poloh si osádka „vystačila“ s touto technologií, nemusela využít nasazení rotačně – příklepného vrtání s použitím ponorného kladiva. Tyto pevné polohy byly provrtány rotačním způsobem za současné úpravy režimových parametrů, zejména přitlaku na vrtný nástroj. I přes tuto skutečnost poskytuje grafický záznam kvalitní informaci o průběhu hloubení jednotlivých vrtů a umožňuje identifikaci poloh pevnostně se odlišujících od okolních hornin.

Všechny vrty byly hloubeny stejným průměrem vrtného nástroje (plnoprofilové tvrdokovové stupňovité dláto – průměr 135 mm), což je jeden z předpokladů umožňujících vzájemné porovnání výsledků dosažených na jednotlivých vrtech.

V průběhu vrtání byly postupně upravovány rozsahy některých měřených parametrů s cílem získat optimální obraz o jejich průběhu během hloubení jednotlivých vrtů. Tento postup měl nepříznivý vliv na orientaci interpretátora při vzájemném vizuálním porovnání hodnot sledovaných parametrů u jednotlivých vrtů.

Při posuzování křivek jednotlivých parametrů, charakterizujících proces hloubení byly uvažovány následující varianty jejich průběhu ve vztahu k pevnostně odlišným typům hornin:

- rychlosť vrtání (postup):

- ~ k poklesu rychlosti vrtání dojde v případě přechodu vrtného nástroje z měkkých poloh do poloh tvrdších, případně v důsledku rychlého nahromadění velkého objemu rozvrstané horniny na čelbě vrtu v krátkém časovém intervalu (vzduchový „výplach“ není schopen dokonale očistit čelbu vrtu) a obráceně;
- ~ obsluha vrtné soupravy (pokud nemá potřebné instrukce) může výrazným způsobem ovlivnit průběh křivky, znázorňující rychlosť vrtání a intenzitu jejích změn tím, že v okamžiku přechodu nástroje do pevnějších hornin automaticky zvýší přitlak na takovou hodnotu, aby došlo k jejich efektivnímu provrtání a při

přechodu do hornin měkčích hodnotu tohoto přítlaku opět sníží. Průběh křivky je tak do jisté míry zkreslen a její interpretace se tak stává, v případě dlouhodobého sledování s cílem vytvořit systematický přehled hornin zařazených ve skupinách o stejně vratelnosti, velmi obtížnou. V takovém případě je možné považovat získané údaje o průběhu rychlosti vrtání spíše za orientační;

- přítlak na vrtný nástroj:

*Pozn.: hodnota tohoto parametru je v průběhu vrtání vědomě upravována vrtnou osádkou, což významným způsobem ovlivňuje výsledné hodnoty ostatních sledovaných parametrů a průběhy křivek v grafickém záznamu.*

- ~ přítlak je postupně zvyšován, dochází však k výraznému snížení rychlosti vrtání nebo se rychlosť vrtání nemění – lze předpokládat vrtání v pevných nebo velmi pevných horninách, příp. horninách pevnějších než v předešlém intervalu vrtu;
- ~ při snížení přítlaku rychlosť výrazně narůstá, příp. neklesá nebo pozvolna roste – lze předpokládat přechod do měkčích, z hlediska rozpojitelnosti (pomocí tvrdkovového nástroje) snadno rozpojitelných poloh, příp. poloh lépe rozpojitelných v porovnání s předchozím úsekem vrtu;
- ~ krouticí (vrtný moment) – křivka vykazuje obdobný průběh jako je tomu u křivky přítlaku na vrtný nástroj – tento trend je patrný zejména u záznamů s „jemnějším“ čtením stupnice;
- ~ energie – průběh křivky má obdobný charakter, jako je tomu u přítlaku a u křivky momentu s „jemnějším“ čtením.

Jednotlivé varianty výskytu různých typů hornin podle jejich pevnosti a předpokládaných možností přechodu vrtného nástroje z jednoho typu do druhého byly stanoveny a pro vlastní vyhodnocení sledovaných parametrů v grafickém záznamu označeny následovně:

VPH – velmi pevné horniny

PH - pevné horniny

MH - měkké (dobře vratelné) horniny

VMH - velmi měkké (velmi dobře vratelné) horniny

PMP - přechod z měkčích do tvrdších (pevnějších) poloh

PPM - přechod z tvrdších (pevnějších) a měkčích poloh

SPM - časté střídání pevných (tvrdých) a měkčích poloh.

Příklad interpretace průběhu křivek sledovaných parametrů s vyhodnocením pevnostně (vrtatelnostně) odlišných poloh hornin (viz výše uvedené varianty) je uveden na obrázku č. 1 a 2 (vrtý č. 30 a 33).

## 5. Závěrečné shrnutí

Na základě poznatků získaných studiem grafické dokumentace lze konstatovat, že stanovení pevných poloh v nadloží uhelné sloje je s využitím výše uvedené metodiky reálné a využitelné, a to jak v případě použití rotačního způsobu vrtání (viz výše uvedené grafické záznamy), tak pravděpodobně i v případě nasazení ponorných vrtacích kladiv při provrtávání hornin velmi pevných, rotačním způsobem nevrtatelných. V tomto případě však lze očekávat odlišný charakter grafického záznamu.

Pro detailnější posouzení vlivu změn režimových parametrů vrtání a změn různě vrtatelných hornin na hodnotu krouticího momentu a energie je nezbytné dlouhodobější sledování vrtného procesu přímo na vrtné soupravě včetně sledování práce vrtné kolony ve vrtu (vibrace, plynulost postupu vrtné kolony ve vrtu, centrace vrtné kolony atd.)

Přesnější vyhodnocení grafického záznamu by bylo možné za předpokladu, že obsluha vrtné kolony bude dodržovat zadané režimové parametry (přítlač, otáčky) na konstantní hodnotě při provrtávání všech úseků vrtu po celé jeho délce. Za těchto podmínek by bylo možné, při dlouhodobějším sledování, vytvořit stupnici rozsahů jednotlivých parametrů a k nim přiřazených horninových typů pro konkrétní geologické podmínky.

Tento požadavek je však v provozních podmírkách nereálný (důležitou roli zde hraje také samotný lidský faktor) a projevil by se v prodloužení času hloubení vrtu a tedy i v nákladech na vrtání. Kompromisem by mohlo být krátkodobé vrtání pevných poloh při zadaném konstantním režimu vrtání a po odvrtání určitého stanoveného úseku přechod na variabilní režim vrtání. Tento přístup je reálný, vyžaduje však zkušeného interpretátora grafického záznamu a souhru všech zainteresovaných skupin odborníků.

## LITERATURA

1. Kurka M., Mazáč J.: Některé poznatky z provádění průzkumných prací na těžebních lokalitách Mostecké uhelné, a.s. In *Využívání zdrojů nerostných surovin*. Sborník mezinárodní konference (vydáno v elektronické podobě), VŠB-TU, Ostrava 2008.
2. Mach K.: Geologické aspekty výskytu pevných poloh na povrchovém lomu Bílina. In *Hnědé uhlí*. Zpravodaj č. 3/2003, VUHU, Most 2003, s. 55-63.
3. Mazáč J., Mikoláš M., Kurka M.: K problematice stanovení pevných poloh v nadloží uhelné sloje na Dole Bílina s využitím vrtných prací. In *Doprava a logistika*. Mimořádné číslo časopisu vydané v rámci mezinárodní vědecko-technické konference „Nové poznatky v oblasti vrtání, těžby, dopravy a uskladňování uhlovodíků“, TU, Košice 2008, s. 94-103.
4. Mazáč J., Mikoláš M., Kurka M.: About the Issue of Determination of Solid Rocks Position in the Coal Bed's Top Wall in Lignite Quarries Using Drilling Works. In *Wiertnictwo Nafta Gaz*. Čtvrtletník 1-2/2009, AGH Kraków, vydaný v rámci mezinárodní vědecké konference Wiertnictwo Nafta Gaz, Kraków 2009, s. 239-246.
5. Pinka J., Wittenberger G., Sidorová M.: Mechanical Drilling Methods in Slovak Open Pit Mines. In *Bušenje i miniranje*. Sborník 3. mezinárodního sympozia, květen 2007, Bělehrad 2007, s. 47-56.
6. Kolektiv autorů: Analýza dobývacích podmínek tvrdých poloh na lomu Bílina. Výzkumná zpráva VŠB-TU, Ostrava 2007.

Recenzent: Prof. Ing. Petr Bujok, CSc. HGF, VŠB-TU OSTRAVA