



národní
úložiště
šedé
literatury

Stabilita chodeb při dobývání uhlí metodou chodba-pilíř ve velkých hloubkách

Šňupárek, Richard
2018

Dostupný z <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-387554>

Dílo je chráněno podle autorského zákona č. 121/2000 Sb.

Tento dokument byl stažen z Národního úložiště šedé literatury (NUŠL).

Datum stažení: 27.04.2024

Další dokumenty můžete najít prostřednictvím vyhledávacího rozhraní [nusl.cz](http://www.nusl.cz) .

Stabilita chodeb při dobývání uhlí metodou chodba-pilíř ve velkých hloubkách

Abstrakt

Za účelem ověření napětí-deformačních projevů dobývání metodou chodba-pilíř v hloubce až 900 m pod povrchem byl implementován rozsáhlý systém geotechnického monitoringu a sledování deformací a pohybu povrchu. Na základě výsledků napětí-deformačního monitoringu byla provedena podrobná analýza stability chodeb z hlediska konvergence, deformačního chování okolního horninového masivu a funkce použité výztuže ve dvou sledovaných oblastech s rozdílnými geologickými i provozními podmínkami.

Klíčová slova: chodba-pilíř, monitoring, deformační projevy

1 ÚVOD

V aktivních dobývacích prostorech české části hornoslezské pánve se nachází významné množství uhelných zásob v ochranných bezpečnostních ohradnicích. Z důvodu ochrany povrchu, případně hlavních důlních děl, nelze v těchto oblastech dobývat pomocí běžně užívané dobývací metody stěnování na řízený zával. S cílem minimalizovat vlivy dobývání na povrch byla zkušebně aplikována modifikovaná dobývací metoda komora-pilíř, nazvaná pracovní chodba-pilíř. Nová dobývací metoda byla úspěšně testována v průběhu posledních tří let v ochranném pilíři jam Dolu ČSM, lokality Sever. V rámci zkušebního provozu bylo ve 30. sloji karvinského souvrství vyraženo více než 6 km chodeb, lemujících cca 50 ponechaných pilířů. Dobývání probíhalo v hloubkách 700 až 900 m, což je pravděpodobně nejhlubší použití metody komora-pilíř v rámci celosvětového uhelného hornictví.

2 HORNICKO-GEOLOGICKÉ PODMÍNKY SLEDOVANÝCH ÚSEKŮ

Podrobně byly monitorovány dva úseky – lokalita A v dobývce V a lokalita B v dobývce II (viz. obr. 1). Sloj 30 je ve sledované oblasti uložena v hloubce cca 700 - 900 m pod povrchem s úklonem 8 - 17°, výjimečně až 20°. Mocnost sloje se pohybuje kolem 3 m. Bezprostřední nadloží sloje je tvořeno cca 10 cm mocnou vrstvičkou písčitého jílovce s ostrým přechodem do laminovaného písčitého prachovce. Ve vzdálenosti cca 5 m následuje ostrý erozivní přechod do masivní lavice jemnozrnného střednězrnného pískovce. Nejbližší nadložní sloj č. 624 o mocnosti 30 cm je vyvinuta ve vzdálenosti cca 11 m, podloží sloje je budováno především prachovci. V průběhu instalace monitorovacích zařízení v lokalitě B byl ověřen v nadloží ve vzdálenosti 6 – 15 m od stropu sloje průběh výrazné přesmykové plochy východního přesmyku /5,6/. Geomechanická klasifikace nadloží (RMR dle nejbližších vrtů) v lokalitě A je uvedena v tab. 1 a v lokalitě B v tab. 2.

[Zadejte text.]

Tab.1 Souhrn parametrů pro určení koeficientu RMR na vrtném jádře v nadloží sloje č. 30 (634) – vrt č. ČSM 1432/14 (lokality A)

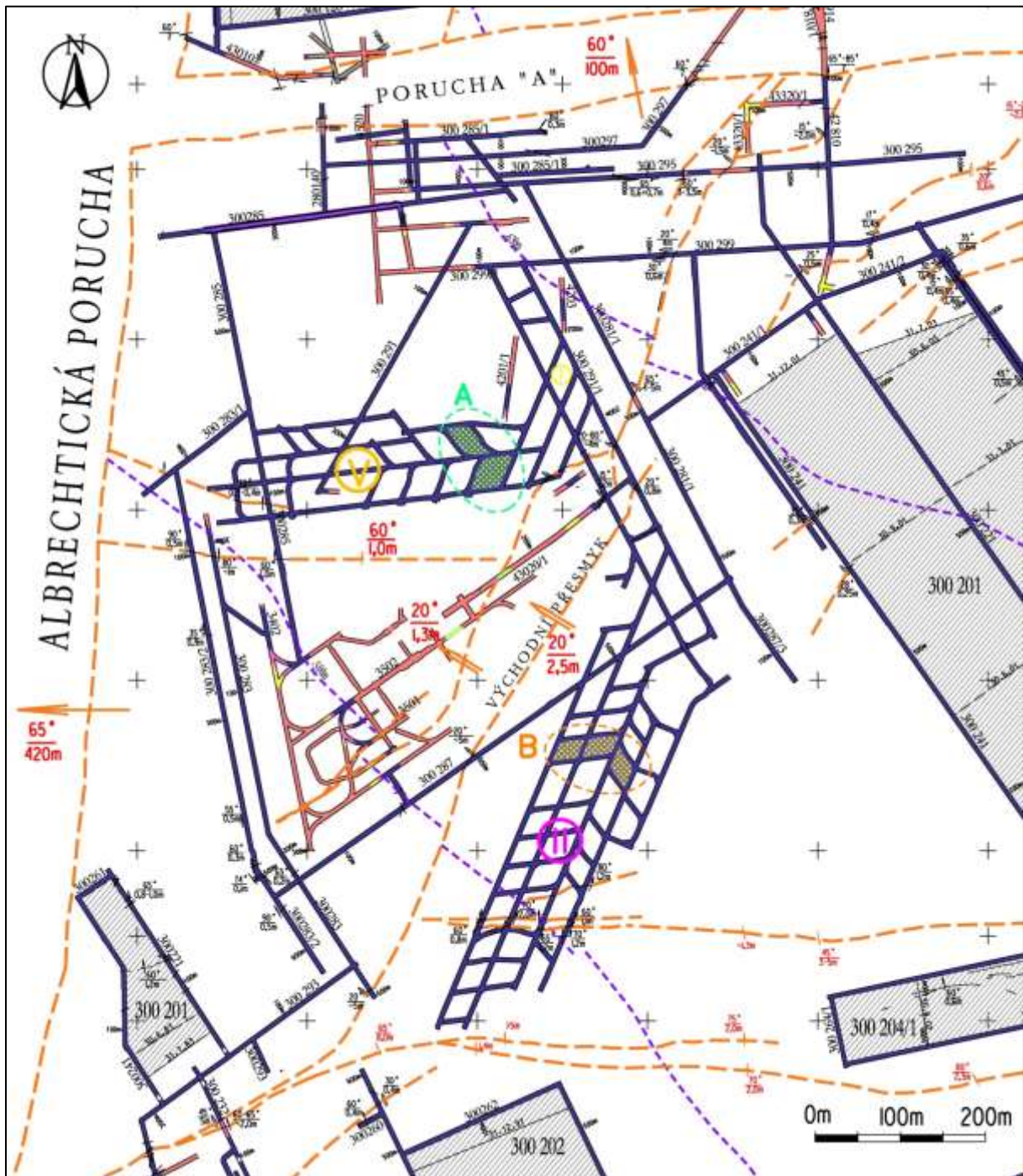
Vrt:	ČSM 1432/14	Hodnocený hloubkový interval : 0,00 m - 10,4 m tj. 0 - 10,4 m nad slojí č. 30 (634)				
Vrstva č.	Litologický typ	Hloubka od [m]	Hloubka do [m]	Mocnost vrstvy [m]	Průměrná pevnost v tlaku [m]	
1.	Prachovec, nepravidelně laminovaný jemnozrným pískovcem	0,00	5,00	5,00	72,5	
2.	Pískovec jemnozrný, nepravidelně laminovaný prachovcem	5,00	10,40	5,40	90,0	
vážený průměr pevnosti v tlaku [Mpa] v intervalu				0 - 10,4 m	81,6	
vážený průměr pevnosti v tlaku [Mpa] redukován součinitelem vrstevnatosti β v intervalu				0 - 10,4 m	77,5	
počet kusů jádra v intervalu				0 - 10,4 m	109	
průměrná kusovitost jádra [cm] v intervalu				0 - 10,4 m	10,0	
součet délek kusů jádra větších než 10 cm [m] v intervalu				0 - 10,4 m	7,3	
Index RQD v intervalu				0 - 10,4 m	68	
RMR						
1.	2.	3.	4.	5.	6.	Celkem
7	13	8	25	15	0	68

Tab.2 Souhrn parametrů pro určení koeficientu RMR na vrtném jádře v nadloží sloje č. 30 (634) – vrt č. ČSM 1468/16 (lokality B)

Vrt:	ČSM 1468/16	Hodnocený hloubkový interval : 0,00 m - 10,4 m tj. 0 - 10,4 m nad slojí č. 30 (634)				
Vrstva č.	Litologický typ	Hloubka od [m]	Hloubka do [m]	Mocnost vrstvy [m]	Průměrná pevnost v tlaku [m]	
1.	Prachovec, místy laminovaný jemnozrným pískovcem	0,00	4,30	4,30	107,0	
2.	Prachovec, hustě laminovaný jemnozrným pískovcem, místy až s přechody do jemnozrného pískovce	4,30	9,00	4,70	114,0	
3.	Prachovec, místy laminovaný jemnozrným pískovcem	9,00	10,40	1,40	111,0	
vážený průměr pevnosti v tlaku [Mpa] v intervalu				0 - 10,4 m	110,7	
vážený průměr pevnosti v tlaku [Mpa] redukován součinitelem vrstevnatosti β v intervalu				0 - 10,4 m	99,6	
počet kusů jádra v intervalu				0 - 10,4 m	175	
průměrná kusovitost jádra [cm] v intervalu				0 - 10,4 m	6,3	
součet délek kusů jádra větších než 10 cm [m] v intervalu				0 - 10,4 m	4,2	
Index RQD v intervalu				0 - 10,4 m	38	
RMR						
1.	2.	3.	4.	5.	6.	Celkem
7	8	8	25	15	-2	61

[Zadejte text.]

[Zadejte text.]



Obr. 1. Umístění monitorovaných pilířů v dobytce V (A) a II (B) v kontextu s dobýváním metodou chodba-pilíř ve sloji č. 30 (634)

Chodby obdélníkového průřezu v rozměrech 5,2 x 3,5 m jsou vyztuženy svorníkovou výztuží. Stropní svorníky a boční svorníky pro zpevnění pilířů představují lepené ocelové svorníky délky 2,4 m s únosností 285 kN. V místech budoucích křížů a odboček byly v bocích použity sklolaminátové svorníky stejné délky s únosností 540 kN. Základní parametry svorníků (délka, hustota) byly navrženy podle standardních návrhových metod používaných v OKD. Na křížích chodeb byly dále do nadloží osazeny pramencové kotvy v délce 6,0 m.

[Zadejte text.]

[Zadejte text.]

3 GEOTECHNICKÝ MONITORING

Pro ověření deformačních projevů dobývání metodou chodba-pilíř byl implementován rozsáhlý systém monitoringu a sledování deformací a pohybu povrchu. Cílem monitoringu je sledování chování dotčeného horninového masivu a použité svorníkové výztuže jak v průběhu vlastní dobývání, tak v průběhu další životnosti chodeb. Monitorované oblasti byly vybrány s cílem sledovat stav a chování horninového masivu a použité výztuže v odlišných geotechnických podmínkách lokalit A a B. V lokalitě A byly monitorovány chodby, lemující 2 pilíře o ploše 1200 m² (pilíř V1) a 860 m² (pilíř V2), v lokalitě B chodby podél 3 pilířů (II1, II2, II3) s plochami 590, 730 a 590 m².

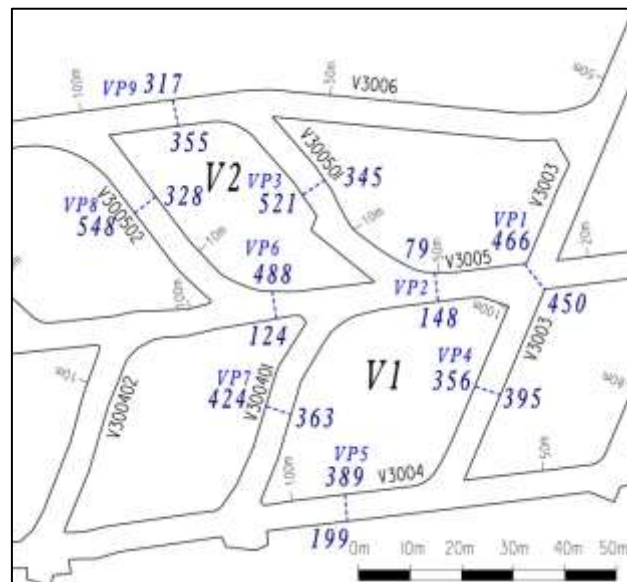
Vlastní monitoring zahrnuje:

- měření konvergence chodeb
- deformometrii nadložních hornin chodeb
- deformometrii uhelných pilířů
- měření zatížení instalovaných kotevních prvků

Součástí monitoringu bylo rovněž rozsáhlé měření napětí v pilířích a horninovém masivu pomocí kuželových sond a zátěžových buněk /2,7/, které není předmětem tohoto příspěvku.

Pro měření deformací nadložních hornin a zatížení kotevních prvků bylo použito víceúrovňových vertikálních extenzometrů, tenzometrických svorníků a hydraulických dynamometrů instalovaných pod podložky pramencových kotev. Pro měření deformací ponechaných uhelných pilířů byly instalovány víceúrovňové horizontální extenzometry. Konvergence chodeb byla měřena ve stanicích, situovaných zpravidla v polovině stran pilířů, případně na křížích chodeb. Kromě toho bylo ve vybraných úsecích použito laserového skenování celého profilu chodeb /3,4/. Měření deformací povrchu zahrnovalo podrobný monitoring poklesů a pohybů stabilizovaných bodů na povrchu v dotčené oblasti ochranného pilíře.

Měření probíhalo od začátku dobývání ve sledovaném úseku do jeho uzavření. Vzhledem k přístupnosti monitorované lokality A jsou některá měření prováděna i po ukončení těžebních prací. Celková doba měření tak činila v lokalitě A max. 38 měsíců, v lokalitě B max. 14 měsíců.



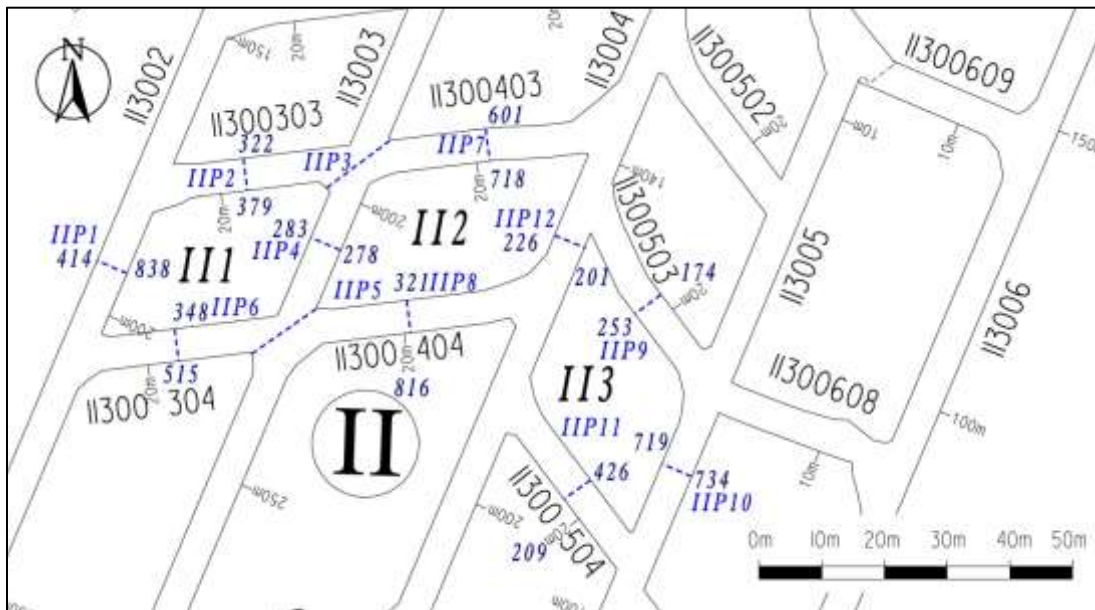
Obr. 2. Umístění konvergenčních profilů v lokalitě A s vyznačením maximálních hodnot konvergencí boků chodeb v mm.

3.1 Měření konvergence chodeb

V lokalitě A bylo instalováno 9 konvergenčních stanic (obr. 2) s měřickým sledováním svorníků ukotvených především do boků chodeb (horizontální konvergence). Měřicí svorníky v boku díla byly umístěny ve dvou úrovních výšky chodby (šířky š1 a š2). Vertikální konvergenční měření nebylo možné vzhledem k průběžnému porušování počvy (kolové mechanismy, přibirka). Měření bylo doplněno opakovaným 3D laserovým skenováním chodeb kolem pilíře V2. V lokalitě B bylo zřízeno 12 konvergenčních stanic (obr. 3) a provedeno opakované laserové skenování chodeb.

[Zadejte text.]

[Zadejte text.]



Obr. 3 Umístění konvergenčních profilů v lokalitě B s vyznačením maximálních hodnot konvergence boků chodeb v mm

3.2 Měření deformací nadloží chodeb

V lokalitě A bylo použito 14 dvojic vertikálních 5 stupňových lankových extenzometrů, umístěných v chodbách v blízkosti konvergenčních stanic a na křížích chodeb. Dvojice extenzometrů byla umístěna ve dvou paralelních vertikálních vrtech délky 3 a 8 m s kotvičkami ve vzdálenosti 1 – 1,5 – 2 – 2,5 – 3 m a 1 (3) – 4 – 5 – 6 – 8 m. Pro vyšší přesnost měření byly tyto mechanické extenzometry vybaveny elektronickým převodníkem naměřených hodnot. V lokalitě B bylo použito celkem 19 třístupňových lankových extenzometrů s kotvičkami ve vzdálenosti 2,2 – 5,2 – 7 m, které byly situovány v blízkosti konvergenčních stanic a na křížích chodeb.

3.3 Měření deformací boků chodeb (deformometrie pilířů)

V lokalitě A bylo nainstalováno celkem 8 horizontálních extenzometrů GEL v délce 10 m, umístěných cca v polovině délky a šířky obou sledovaných pilířů. Měřené vzdálenosti byly 1,5 – 3 – 5 – 7 – 10 m od líce výrubu. V lokalitě B bylo použito 12 extenzometrů GEL délky 10m (pilíř II2) a 12 m s měřenými vzdálenostmi 1,5 – 3 – 5 – 8,5 – 10 m resp. 1,5 – 3 – 5 – 8,5 – 12 m.

3.4 Měření zatížení kotevních prvků

V lokalitě A bylo nasazeno 7 hydraulických dynamometrů Glötzl, umístěných pod podložkami vertikálních pramencových kotev délky 6,0 m, osazených na křížích chodeb.

V lokalitě A bylo ve sledovaných chodbách také použito 11 tenzometrických svorníků délky 2,4 m. Výsledky těchto měření byly podrobněji popsány v /1/

[Zadejte text.]

[Zadejte text.]

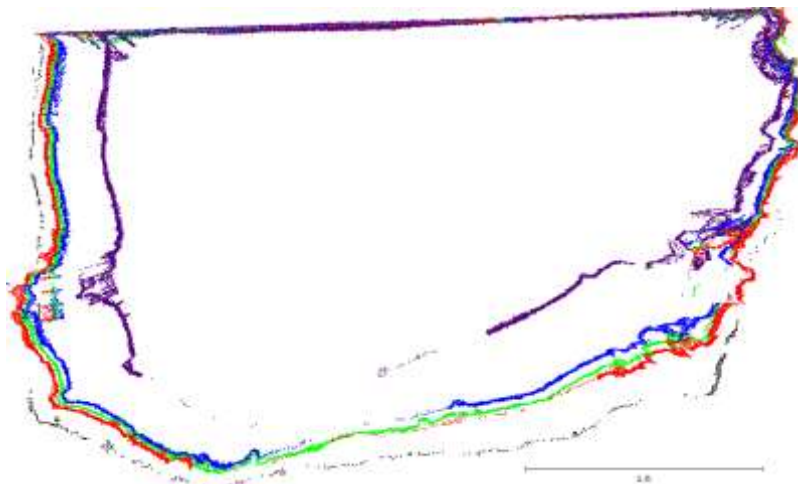


Obr.

4 Vertikální a horizontální řez chodbou V300501 (10. 2. 2015 – 20. 7. 2017)

4 VÝSLEDKY MĚŘENÍ

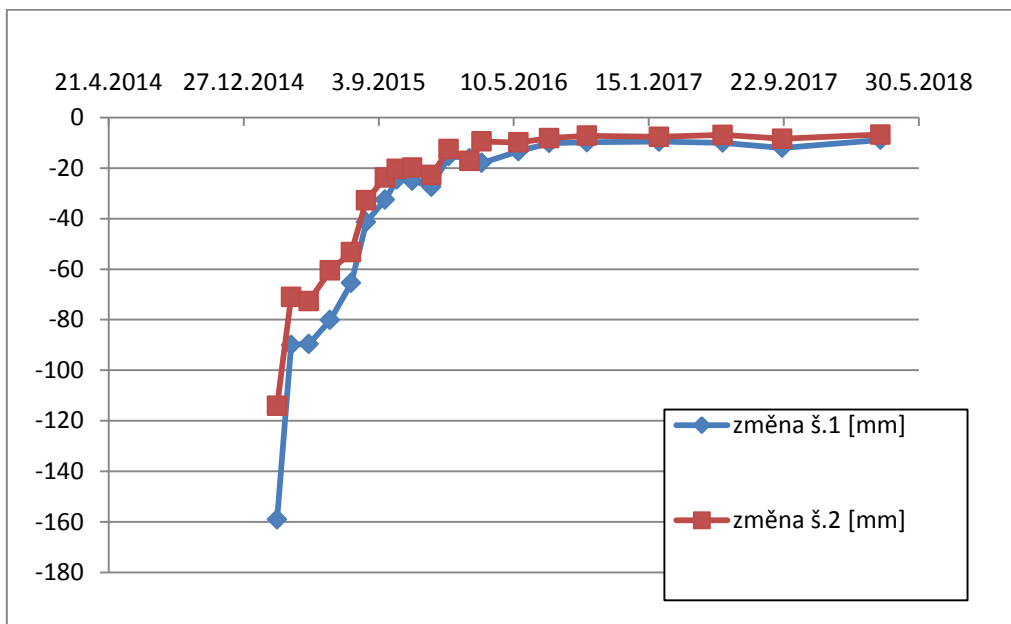
Komplexní průběh konvergence chodeb je nejlépe patrný na výsledcích laserového skenování. Typický profil z lokality A je uveden na obr. 4, (chodba V300501), profil z lokality B je na obr. 5 (chodba II3005). Z výsledků měření je zřejmé, že v obou lokalitách docházelo ke zcela minimálním deformacím stropu chodeb v řádu milimetrů. To bylo potvrzeno měřeními vertikálních extenzometrů. Největší deformace způsobilo zvedání počvy a vysouvání uhelných boků chodeb. Typický časový průběh horizontální konvergence v monitorované lokalitě A v období od 4.2. 2015 (vstupní měření) do 20.3.2018 (poslední měření) je uveden na obr. 6. Výrazně vyšší deformace byly zaznamenány v lokalitě B s narušeným nadložím a menšími pilíři i přesto, že sledované období v této lokalitě představovalo maximálně 14 měsíců, zatímco měření v lokalitě A zahrnuje delší časový úsek (až 38. měsíců). Časový průběh horizontální konvergence v monitorované lokalitě B v období od 1.8. 2016 (vstupní měření) do 25.8.2017 (poslední měření) je uveden na obr. 7. Výrazné zvýšení horizontálních konvergencí na začátku sledovaného období (k 7.10. 2016) lze korelovat s dotvářením pilíře II3, když tento monitorovaný pilíř byl vytvořen k 24.9. 2016. Z měřených hodnot je zřejmé, že ke zvýšení rychlosti deformací zde také došlo v posledním období měření (viz. obr. 7). Tento trend byl v závěrečné fázi monitoringu zaznamenán na všech sledovaných profilech v lokalitě B. Zvýšené deformace pilířů byly nepochybně aktivovány vytvářením čtvrté řady pilířů na východní straně dobývky II. Tento trend byl potvrzen i ostatními monitorovacími prvky (např. horizontální extenzometry).



Obr. 5 Vybraný řez chodbou II3005 (12.10.2016 – 17.8.2017)

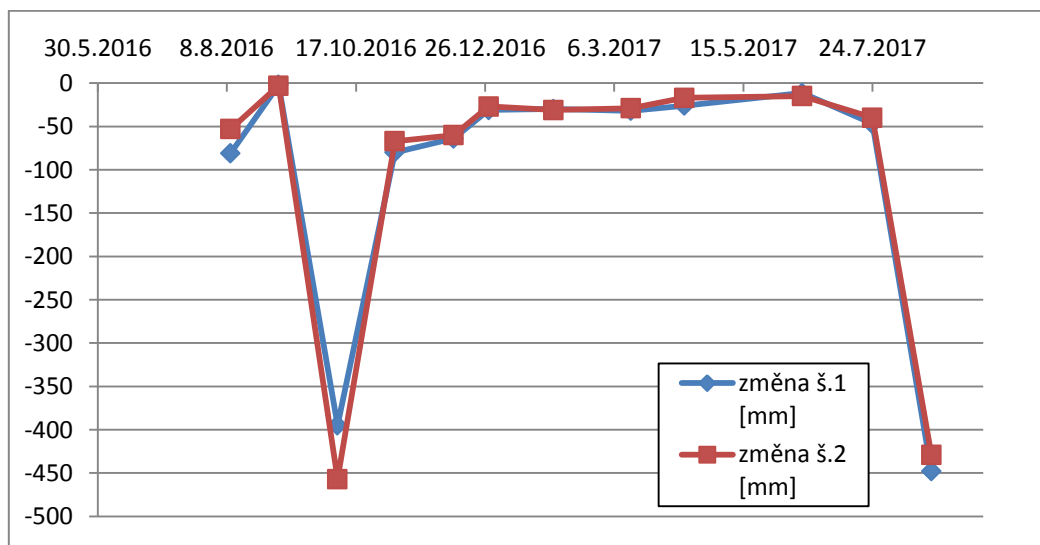
[Zadejte text.]

[Zadejte text.]



Obr. 6 Změny šířek chodby V300501 sledované na konvergenčním profilu č. 3 v dobývce V.

Porušování horninového masivu v okolí chodeb bylo sledováno pomocí vertikálních a horizontálních extenzometrů. Měření vertikálních extenzometrů potvrdilo, že v obou lokalitách docházelo ke zcela minimálním deformacím nadloží chodeb. V lokalitě A byly evidovány největší hodnoty rozvrstvení stropu do sledované výšky 8 m v rozmezí 4 – 7 mm, v lokalitě B bylo maximální rozvrstvení do sledované výšky 7 m v rozmezí 9 – 15 mm.

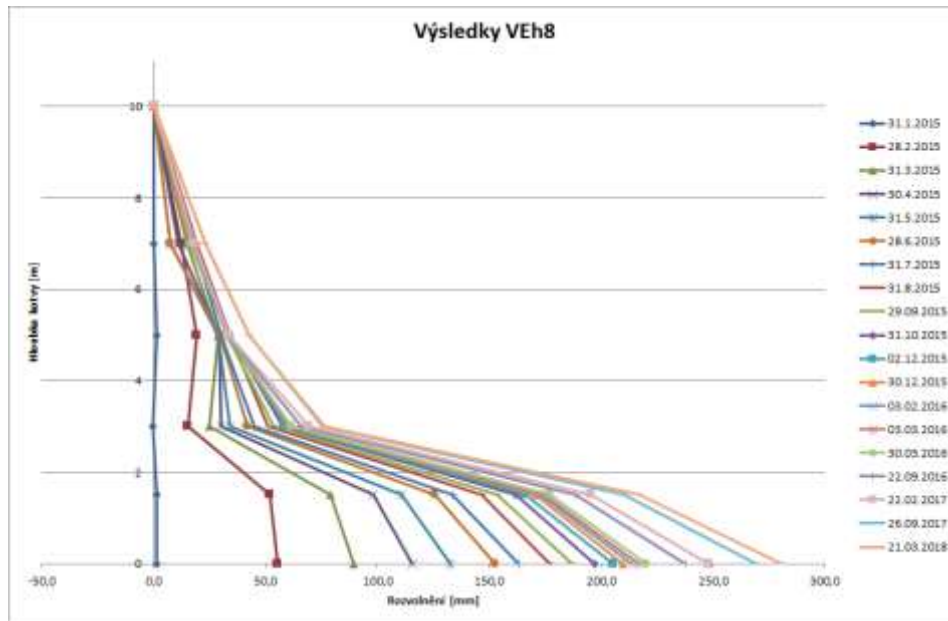


Obr. 7 Změny šířek chodby II3005 sledované na konvergenčním profilu č. 10 v dobývce II.

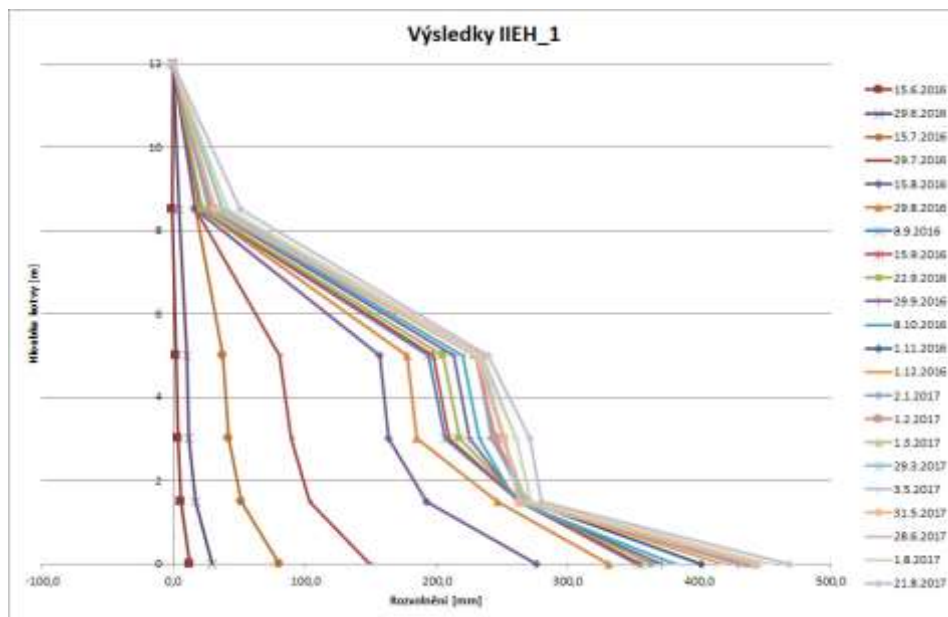
Horizontální extenzometry sledují deformace uhelných pilířů. Charakteristický průběh rozvolnění pilíře V2 v lokalitě A do hloubky 10 m je patrný z obr. 8. Je zřejmé, že k určitým deformacím dochází v celém hloubkovém intervalu, výraznější rozvolnění masivu je patrné od hloubky 3 – 5 m, nejbližší oblast u boků chodby je ovlivněna použitou svorníkovou výztuží, jejíž působení ovšem s časem slábne. Charakteristický průběh deformací v pilíři III v lokalitě B je uveden na obr. 9. Výrazné deformace pilíře nastávají v hloubce 5 – 8 m, výrazné rozvolnění pilíře se postupně projevuje i v bezprostředním boku chodby, kde je působení svorníkové výztuže zcela eliminováno.

[Zadejte text.]

[Zadejte text.]



Obr. 8 Rozvolnění uhlénoho pilíře V2 na horizontálním extenzometru VEh8 umístěném na chodbě V3006.



Obr. 9 Rozvolnění uhlénoho pilíře III na horizontálním extenzometru IIEh1 umístěném na chodbě II3002.

Měření zatížení kotevnických prvků v nadloží ukázalo, že změna osového zatížení kotev v celém období byla velmi malá, dosáhla maximálně 30 kN a u tří ze sedmi dynamometrů byla změna nulová. Vzhledem k umístění sledovaných kotev na křížích chodeb je to další ukazatel minimálních deformací nadloží i v prostoru exponovaných křížů chodeb. Rovněž výsledky měření tenzometrických sborníků prokázaly velmi nízké hodnoty zatížení většinou v rozmezí 10 – 20 % jejich únosnosti /1/.

5 ZÁVĚR

Při použití této metody se nadloží rovnoměrně opírá o ponechané pilíře, takže spolu s působením svorníkové výztuže chodeb dochází k minimálnímu rozpojování a vertikálním deformacím nadložních hornin. Jak ukazuje skenování chodeb, z hlediska absolutních pohybů představuje strop chodeb nejstabilnější oblast

[Zadejte text.]

[Zadejte text.]

s deformacemi v řádu několika mm. K výraznějším deformacím a porušení stropu nedochází ani v oblasti exponovaných křížů chodeb. To znamená, že použitá dobývací metoda splňuje jeden ze základních požadavků – minimalizaci vlivu na deformace povrchu.

Největší deformace v chodbách vznikají jednak zvedáním počvy, jednak vytlačováním uhelných pilířů do prostoru chodby. To je spojeno s výrazným porušováním podložních hornin a rozvolňováním uhelných boků chodeb do vzdálenosti několika metrů od okrajů výrubu.

Rychlost těchto deformací souvisí s bezprostředním vlivem ražení chodeb v okolí měřených profilů a s časem klesá. Ještě ani 1/2 roku po ukončení dobývání nedochází k úplnému uklidnění pohybů, rychlost deformací se však výrazně snížila.

Ze srovnání obou lokalit vyplývá, že výrazně větší a rychlejší deformace se projevily v lokalitě B, kde se ukázalo, že značný vliv na velikost deformací má stavba okolního horninového masivu. Velikost pilířů v počátečním stadiu asi nehraje větší roli, ale přítomnost přesmykové plochy v nadloží zvyšuje velikost i rychlost horizontálních deformací již v období razících prací před zformováním pilířů. Minimální vertikální deformace stropu chodeb se ve srovnání s lokalitou A téměř nezměnila, ale menší rozměry pilířů a jejich větší zatížení přispívají ke zvýšení deformací pilířů ve vzdálenosti 5 – 8 m od okraje výrubu a ve snížení stabilizačního efektu svorníkové výztuže boků chodeb.

PODĚKOVÁNÍ

Výzkum byl podpořen grantovým projektem MŠMT LO1406 programu NPU I Institut čistých technologií těžby a užití energetických surovin.

LITERATURA

- (1) WACLAWIK P., ŠŇUPÁREK R., KUKUTSCH R. Rock bolting at the room and pillar method at great depths, *Proc. Eurock 2017, Procedia Engineering Vol. 191, pp. 575-582*
- (2) WACLAWIK P., PTÁČEK J., KONÍČEK P., KUKUTSCH R., NEMCIK J. Stress-state monitoring of coal pillars during room and pillar extraction, *Journal of Sustainable Mining Vol.15, No. 2 (2016) 49-56*
- (3) KUKUTSCH R., KAJZAR V., WACLAWIK P., NEMCIK J. Use of 3D laser scanner technology to monitor coal pillar deformation, In *Coal Operators' Conference 2016 Proceeding, Wollongong, Australia, 2016, pp. 109-117.*
- (4) KAJZAR, V, KUKUTSCH, R, WACLAWIK, P and NEMCIK, J. Innovative Approach to Monitoring Coal Pillar Deformation and Roof Movement Using 3D Laser Technology. *Symposium of the International Society for Rock mechanics, 20-22 June 2017, Procedia Engineering. Volume 191, pp. 873-879.*
- (5) GRYGAR, R, WACLAWIK, P,. Structural-tectonic conditions of Karvina Subbasin with regard to its position in the apical zone of Variscan accretion wedge, *Acta Montanistica Slovaca 2011 Vol. 16, No. 2, pp. 159-175.*
- (6) WACLAWIK, P, PTACEK, J and GRYGAR, R,. Structural and stress analysis of mining practice in the Upper Silesian Coal Basin, *Acta geodynamica et geomaterialia 2013 Vol. 10, Issue 2, pp. 255-265.*
- (7) WACLAWIK, P., STAS, L., KONICEK, P., SINGH, R. Failure assessment of a coal pillar during room and pillar mining. In *NexGen Technologies for Mining and Fuel Industries. Dhanbad, India, 2017 No. article 63.*

[Zadejte text.]

[Zadejte text.]

[Zadejte text.]