

UKD 622.33(437.6): 622.332(437.6): 622.2-045.43

Podziemna eksploatacja lignitu systemem ścianowym podbierkowym w kopalniach HBP Prievidza na Słowacji

Underground mining of lignite with top caving longwall mining method in HBP Prievidza mines, Slovakia



*Dr hab.inż. Waldemar Korzeniowski,
prof.nadzw.*)*



Mgr inż. Dušan Terpák)*

Treść: W artykule scharakteryzowano relatywnie rzadko spotykaną technologię eksploatacji złoża lignitu metodą podziemną na przykładzie kopalń na Słowacji. Omówiono specyficzne warunki geologiczno-górnictwa złóż novackich lignitów wraz z ich właściwościami jakościowymi i na tym tle scharakteryzowano najważniejsze etapy stosowanej technologii, uwzględniając zarówno sposoby drążenia wyrobisk korytarzowych za pomocą materiałów wybuchowych i kombajnów jak również sposoby wzmacniania tych wyrobisk za pomocą obudowy chodnikowej. Przedstawiono ideę i schemat ścianowo-podbierkowego systemu eksploatacji z zastosowaniem kompleksu ścianowego, zwracając również uwagę na problem zbrojenia i likwidacji ściany.

Abstract: This paper presents a relatively rarely seen underground mining technology of lignite deposit illustrated with the example of mines in Slovakia. The paper discusses the specific geological-mining conditions of novacky lignites deposits together with their qualitative characteristics, and on this background the most important stages of the applied technologies are described taking into account both drifting methods with explosives or roadheaders, as well as the methods of the excavation reinforcement with a drift support. The paper presents a basic schematic diagram of the top caving mining method with long-wall mining complex, paying also attention to the problem of reinforcement and closure of the longwall.

Słowa kluczowe:

lignit, grube pokłady, system ścianowo-podbierkowy

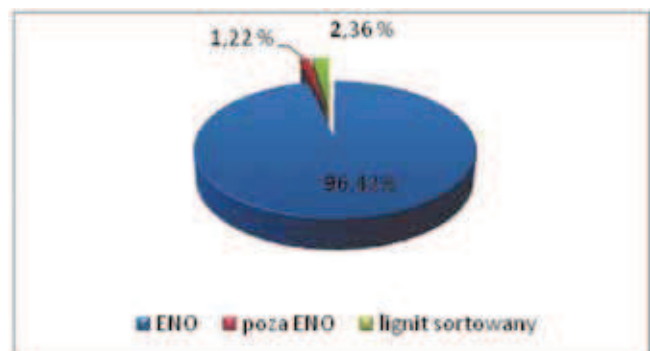
Key words:

lignite, thick seams, top caving mining

1. Wprowadzenie

Eksploatacja lignitu na Słowacji odbywa się metodą podziemną, rzadko spotykaną na świecie systemem eksploatacji stosowanym dla tego typu złóż [1], [2]. Największym producentem jest „Hornonitrianske Bane” Prievidza a.s. (HBP a.s.). Ten zakład o ponad stuletniej tradycji w 1996 roku został sprywatyzowany i przekształcony w spółkę akcyjną założoną przez pracowników przedsiębiorstwa państwowego. Obecnie w skład HBP wchodzi trzy kopalnie: Handlová, Cígeľ i Nováky. W 2009 roku dzięki nowej inwestycji udostępniono nowy rejon eksploatacyjny TU 11. W 2012 roku we wszystkich kopalniach wydobyto 2 880 611 ton lignitu dla potrzeb energetyki, przy mniej więcej wyrównanym poziomie wydobycia w okresie ostatnich dziesięciu lat 2004÷2013, [3]. Największym odbiorcą węgla jest elektrociepłownia ENO, (rys. 1), o łącznej zainstalowanej mocy wynoszącej 518 MW,

która odbiera 96,42 % całkowitej produkcji. Najważniejsze parametry jakościowe wydobywanego lignitu zestawiono w tablicy 1.



Rys. 1. Odbiorcy lignitu na Słowacji [6]

Fig. 1. Buyers of lignite in Slovakia [6]

*) AGH w Krakowie

Tablica 1. Podstawowe parametry jakościowe lignitu [6]
Table 1. Basic quality parameters of lignite [6]

Asortyment	Kopalnia	Granulacja [mm]	Zawartość wilgoci %	Zawartość popiołu %	Zawartość siarki %	Wartość opałowa MJ/kg
Lignit sortowany	Cígeľ	30 - 120	25,0 - 28,0	8,5 - 10,5	1,4 - 1,8	15,0 - 15,8
		20 - 40	25,0 - 27,0	10,0 - 12,0	1,4 - 1,8	15,0 - 15,8
		8 - 20	26,0 - 28,0	10,0-12,0	1,4 - 1,8	14,5 - 15,3
Lignit – miał (drobny)	Nováky	0 - 20	31,0 – 35,0	22,0 - 28,0	2,2 – 2,6	9,5 – 11,0
			32,0 – 35,0	16,0 – 20,0	2,0 -2,6	10,5 – 11,8
			33,5 – 37,0	18,0 – 21,0	1,9 - 2,3	9,5 – 10,5
	Handlová		13,0 – 16,0	35,0 – 38,0	1,3 -1,5	11,0 – 12,5
			15,0 – 18,0	27,0 – 30,0	0,9 – 1,3	12,5 – 14,5
			16,0 – 19,0	28,0 – 31,0	0,9 - 1,3	11,0 – 14,0
			22,0 – 24,0	30,0 – 35,0	1,4 – 1,6	10,0 – 11,0
			22,0 – 25,0	32,0 – 36,0	1,3 – 1,5	9,0 – 10,0
			23,0 – 25,0	24,0 – 29,0	1,4 – 1,6	11,0 – 12,5
Cígeľ						

2. Charakterystyka geologiczno-górnicza złóż

Złóża lignitu zalegają w okolicach miasta Prievidza w środkowej części Słowacji, w Handlowsko-Novackim Zagłębiu Węglowym, które jest przedzielone szerokim pasem górskim tworząc dwa obszary:

- obszar Novacki, z kopalnią Novaki,
- obszar Handlovsk, z kopalniami Handlova i Cigel.

Obszar Novacki tworzą następujące formacje geologiczne:

- kamieńska (tufity)
- novačka (lignit)
- koszańska (iły)
- lehotska (detrytycko-wulkaniczna) [3]

Formację kamieńską tworzą skały wulkaniczne, piaskowce oraz tufity. Miąższość warstw wynosi około 350 m. W południowo-wschodniej części, na głębokości 140 ÷ 180 m udokumentowano warstwę lignitu, której miąższość wynosi 7,1 m. Pod stropem kamieńskiej warstwy udokumentowano także warstwę lignitu, której grubość zmienia się i wynosi maksymalnie do 6,3 m. Warstwa novačka jest warstwą produktywną i jej grubość wynosi 50 m. Pod spągami warstwy novackej ułożone są piaszczysto-iłowe osady oraz tufity, które stopniowo przechodzą do brązowych, ciemno siwych i czarnych iłów. Warstwa ta jest ograniczona uskoki tektonicznymi, wyklinieniem naturalnym i erozyjnym. Węgiel charakteryzuje się niskim stopniem uwęglenia i ma barwę brązową, przechodząca w czarną. [3]

W centralnej części obszaru novackiego udokumentowana jest oddzielna soczewka. W północnej części obszaru warstwa ta oddzielona jest od dolnej części warstwy wkładką, której miąższość zmienia się w granicach od 0,5 m do 16 m. Wkładki dzielące pokład węgla zbudowane są z iłów, piaskowców i łupków węglowych. Pozostała część w południowej części złoża jest również rozdzielona wkładką o grubości w granicach od 0,5 m do 4,7 m dzielącą warstwę węgla na dwie warstwy. Obszar Novacki udostępniony jest z powierzchni szczybami pionowymi. Złoże zalega do głębokości w granicach od 260÷290 m. Kąt nachylenia złoża wynosi 5°. Rejon naruszony jest systemami uskoków o wysokości rzutu 1÷5 m. Nadkład złoża zbudowany jest z iłowców, w spągu zalegają tufity a powyżej udokumentowano pokład lignitu o grubości około 15 m. Złoże jest silnie zuskokowane. Kąt nachylenia płaszczyzn uskoków waha się w granicach od 30° do 90°, średnio 60°. [3] Przykładowy profil geologiczny pokazano na (rys. 2).

2.1. Warunki hydrogeologiczne

W kopalni stwierdzono istnienie poziomów wodonosnych i warstw sprzyjającym powstawaniu kawern. W rejonie tym doszło do wyrzutu skał i kurzawki, co spowodowało kompletne zalanie wyrobiska ścianowego wraz z całym jego wyposażeniem. Od czasu tego zdarzenia rejon novacki został zaklasyfikowany do klasy zagrożenia wyrzutem skał i wtargnięcia kurzawki. W kopalni Novaki występuje zagrożenie wodne w oddziale TU7. Dodatkowo trudności związane są z:

- erozją w sąsiedztwie uskoków,
- występowaniem wód termalnych,
- negatywnym wpływem wody na właściwości fizyko – mechaniczne.[3]

W kopalniach znajdujących się w obszarze handlowskim zagrożenie wodne nie występuje.

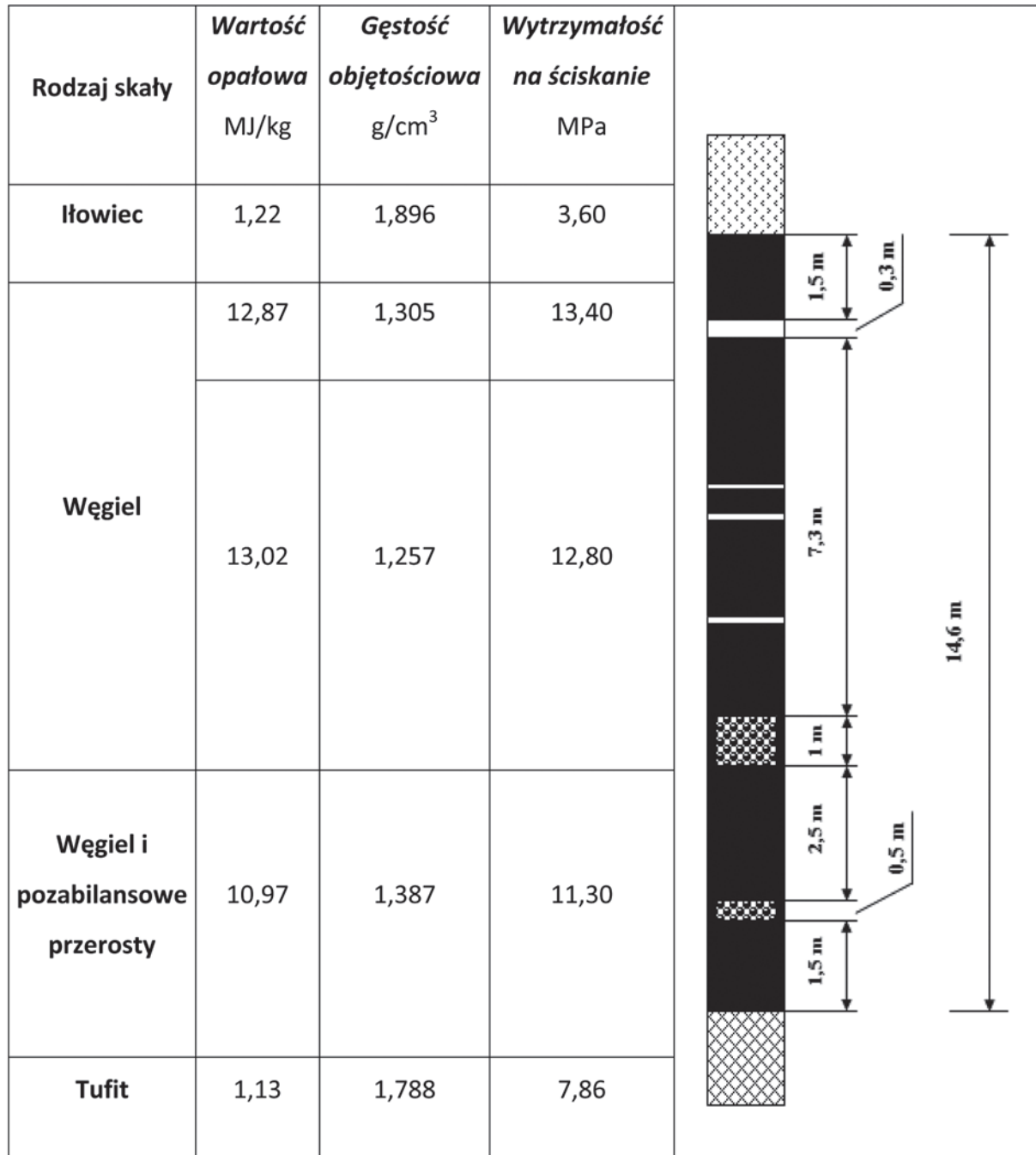
3. Technologia drążenia wyrobisk korytarzowych

Drążenie wyrobisk korytarzowych odbywa się za pomocą kombajnu chodnikowego GPK (rys. 3), oraz techniki strzelniczej.

W kopalni Novaki urabianie za pomocą MW wykonuje się stosunkowo rzadko i przede wszystkim wówczas, kiedy warunki geologiczno-górniczne znacznie utrudniają lub uniemożliwiają zastosowanie kombajnu. Najczęściej materiał wybuchowy służy do drążenia chodników w skałach płonnych, wykonywania skrzyżowań, przecinek, wyrobisk ślepych, czy też wyrobisk odwadniających.

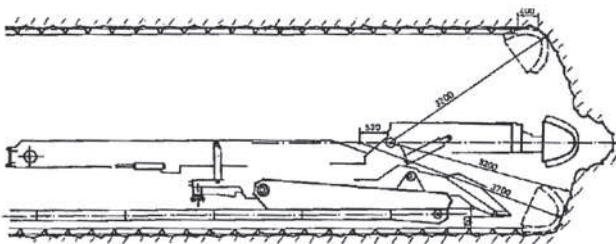
Technologia drążenia polega na wywierceniu otworów strzałowych w przodku za pomocą wiertarek pneumatycznych i elektrycznych zgodnie z metryką strzałową, (rys.4). W przodku odwierca się 12 otworów konturowych, 6 otworów urabiających oraz włom klinowy pionowy składający się z 6 otworów. Ładowanie MW do otworów strzałowych odbywa się ręcznie. Jako przybitkę stosuje się glinę lub worki z wodą. Ładowanie urobku odbywa się ręcznie pomocą tzw. „łopaty mechanicznej” lub za pomocą zgarniaka na przenośnik zgrzeblowy. Z przenośnika zgrzeblowego urobek transportowany jest na przenośnik taśmowy.

Kierunek i sposób urabiania czoła przodka za pomocą kombajnu chodnikowego rozpoczyna się od zawrębiecia głowicy kombajnu w pokład w najbardziej spękanej części przodka eksploatacyjnego, a następnie skrawa się caliznę dochodząc do



Rys. 2. Profil geologiczny pokładu węgla w oddziale TU 11 [2]

Fig. 2. Geological profile of coal seam in TU 11 section [2]



Rys. 3. Fazy drążenia wyrobiska korytarzowego [3]

Fig. 3. Phases of driving the dog heading [3]

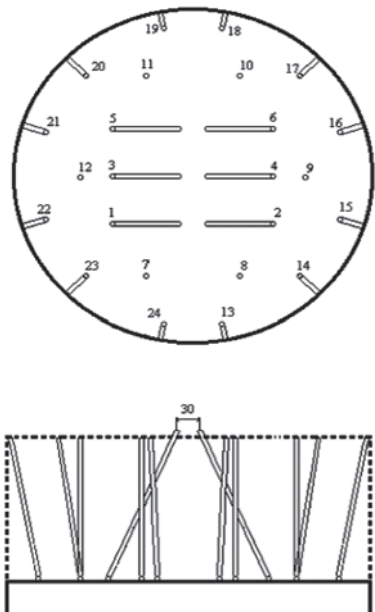
pułapu wyrobiska, (rys. 4). Cały zabiór w przekroju wyrobiska powinien być wykonany w jednym ciągu urabiania. Wieloletnie doświadczenie kombajnistów pozwoliło wypracować różne

sposoby prowadzenia organu urabiającego w celu bezpiecznego i najszybszego wykonania zabioru.

Przy drążeniu wyrobiska, którego kąt nachylenia przekracza 10° kombajn zabezpiecza się dodatkowo kołowrotem VPE-P118E, umieszczonym maksymalnie 12 m od kombajnu. Przed kołowrotem zabudowuje się ponadto stojaki zabezpieczające kołowrót [3].

4. Obudowa wyrobisk korytarzowych

Główne wyrobiska korytarzowe wzmocniane są obudową żelbetonową i obudową stalową otwartą ŁP, natomiast pozostałe wyrobiska obudową ŁP lub obudową zamkniętą kołową podatną. Wyrobiska przygotowawcze drążone są



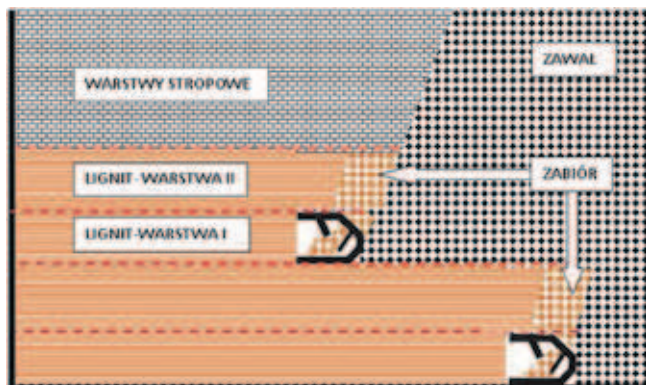
Rys. 4. Metryka strzałowa dla zaboru 1,2 m dla wyrobiska o przekroju kołowym [3]

Fig. 4. Blasting pattern for 1,2 m burden for circular cross-section excavation [3]

w profilu kołowym o przekroju 3300 mm lub 3700 mm. W trudnych warunkach geologiczno-górnicych obudowę wyrobisk dodatkowo wzmacnia się obudową drewnianą z odzwami wielobocznymi.

5. Ścianowo-podbierkowy system eksploatacji

W warunkach obszaru novackiego węgla wydobywa się systemem ścianowym podbierkowym z podziałem na warstwy i z obudową zmechanizowaną rys. 5. Do urabiania czoła ściany stosuje się kombajn ścianowy KGS 324 o zaborze 0,6 m. Kombajn wykonuje pierwszy zabiór od strony ślepego wyrobiska ścianowego w kierunku chodnika podścianowego. Wyrobisko to przeznaczone jest do wybierania filara węglowego z postępowaniem frontu ścianowego. Po jednym pełnym zabiorze przenośnik ścianowy przesuwa się i kombajn urabia pozostałą część calizny. Co drugi zabiór wypuszcza się górną warstwę przez okno wysypowe obudowy zmechanizowanej na przenośnik w przestrzeni warstwy dolnej. Wyrobisko ścianowe zabezpiecza obudowa zmechanizowana BMV-1Mi.



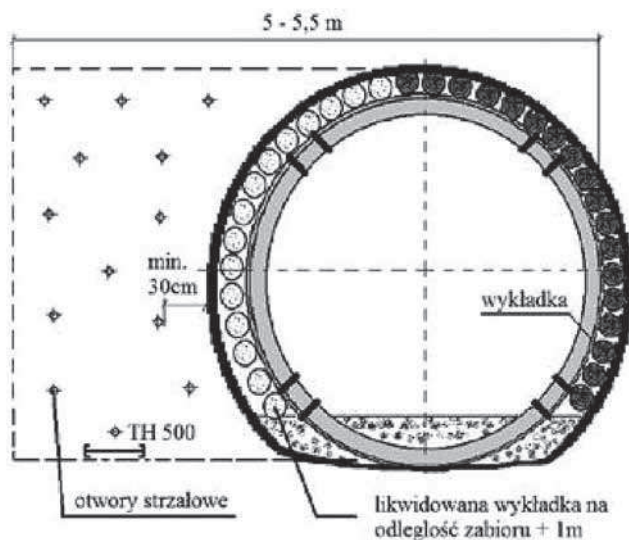
Rys. 5. Idea systemu ścianowego podbierkowego
Fig. 5. Idea of the top coal caving longwall method

Każda sekcja obudowy zmechanizowanej posiada w osłonie odzawałowej okno wysypowe zaopatrzone w zastawkę zamykaną przesuwnikiem hydraulicznym. W przypadku gdy w górnej warstwie węgla nie ulega samourabianiu w stropie wierci się otwory urabiające i węgla w warstwie górnej urabiany jest z zastosowaniem techniki strzelniczej. W stropnicy obudowy zmechanizowanej znajdują się otwory przeznaczone do wiercenia otworów strzałowych w warstwie górnej o średnicy 80 mm. Odległość pomiędzy otworami wynosi od 350 do 650 mm. Otwory wiercone są nad każdą sekcją obudowy zmechanizowanej w układzie naprzemiennym, to znaczy, że jeżeli nad jedną sekcją odwiercono otwory w układzie pionowym to nad kolejną sąsiadującą otwory wykonuje się w układzie wachlarzowym. Roboty strzałowe w wyrobisku ścianowym stosuje się sporadycznie i tylko w przypadku kiedy duży kęs węgla zablokuje okno wysypowe, co uniemożliwia wypuszczanie węgla z górnej warstwy lub w okresie rozruchu ściany.

5.1. Zbrojenie ściany

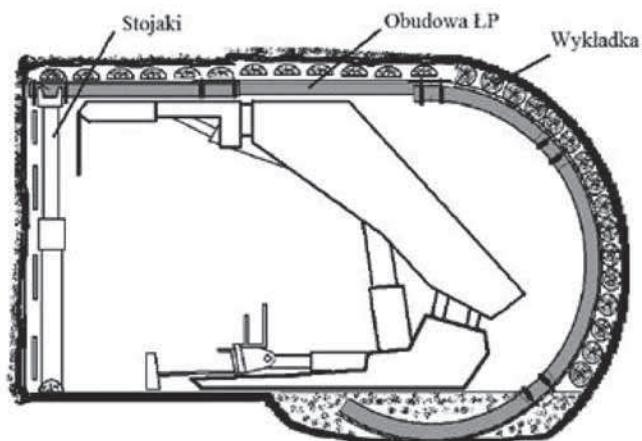
Przecinka ścianowa jest wykonywana dwuetapowo. W ramach pierwszego etapu drąży się przecinkę o przekroju poprzecznym kołowym, która następnie jest zabudowana zamkniętą kołową obudową LP. W drugim etapie rozciągka jest poszerzana z zastosowaniem techniki strzelniczej lub kombajnu chodnikowego (rys. 6). Otwory strzałowe wierci się wiertarką pneumatyczną zgodnie z metryką strzałową. Zabiór ma długość 1,6 m. Sposób poszerzania przecinki zależy od warunków geologiczno-górnicych. Poszerzanie odbywa się na całej długości lub z wyprzedzeniem, kiedy w trakcie poszerzania montuje się obudowę zmechanizowaną. Wraz z postępowaniem demontuje się łuk ociosowy i w stropie montuje się stalowe profile, które mocowane są do łuku stropniczego (rys. 7). W czole ściany ustawia się stojaki hydrauliczne, których zadaniem jest podtrzymywanie profili stalowych. Po zabudowaniu profili, strop wypełnia się drewnianą wykładką. Przecinkę poszerza się na szerokość 5,0 ÷ 5,5 m.

W skład kompleksu ścianowego wchodzi: obudowa zmechanizowana BMV- 1Mi, przenośnik zgrzeblowy TH 500 oraz kombajn ścianowy KGS 342. Najważniejsze parametry techniczne zawiera tablica 2.



Rys. 6. Sposób poszerzania przecinki za pomocą techniki strzelniczej [3]

Fig. 6. Method of widening the crosscut with blasting technique [3]



Rys. 7. Montaż sekcji obudowy zmechanizowanej [3]
Fig. 7. Installation of hydraulic powered support unit [3]

Tablica 2. Dane techniczne obudowy zmechanizowanej BMV-1Mi [5]

Table 2. Specifications of the roof support BMV-1Mi [5]

Wysokość obudowy	2,1 – 3,2 m
Szerokość	1,5 m
Stojaki teleskopowe	2
Siła przesuwu zestawu	391 kN
Siła przesuwu przenośnika	251 kN
Masa	13 856 kg
Ciśnienie zasilania	32 MPa
Szerokość okna wysypowego	0,85 m
Wysokość okna wysypowego	1,10 m

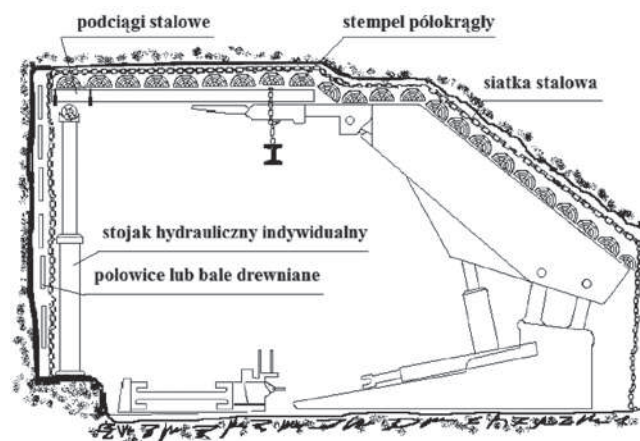


Rys. 8. Obudowa zmechanizowana BMV – 1Mi [5]
Fig. 8. Hydraulic powered support BMV – 1Mi [5]

5.2. Technologia likwidacji ściany

Likwidację ściany poprzedza zatrzymanie eksploatacji w odległości 30 m przed dowieznięciem. Kombajn wykonuje trzy skrawki, do momentu kiedy siatka, wskutek przesunięcia się obudowy zmechanizowanej, znajdzie się na spągu

poza obudowę. Kolejne skrawki kombajn wykonuje już bez przesunięcia obudowy, po czym następuje zabudowa i zabezpieczenie stropu prostymi profilami stalowymi, które podpierane są stojakami hydraulicznymi przed czołem likwidowanej ściany. Szczegółowy sposób zabezpieczenia stropu wyrobiska jest pokazany na rysunku 10, gdzie na przekroju oznaczono poszczególne elementy systemu obudowy zawierające stęple drewniane, podciągi stalowe oraz siatkę zabezpieczającą. Po zabezpieczeniu stropu montuje się kolejną podwieszoną wzdłuż likwidowanej ściany w celu zabezpieczenia transportu pojedynczych elementów kompleksu ścianowego. W ostatniej fazie przystępuje się do demontażu kompleksu ścianowego.



Rys. 9. Sposób zabezpieczenia stropu podczas likwidacji ściany [3]
Fig. 9. Method of roof protection during long-wall closure [3]

5.3. Wentylacja

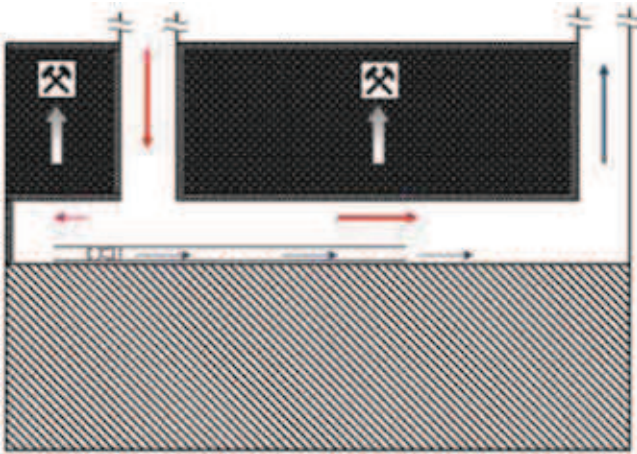
Przewietrzanie wyrobisk kopalnianych odbywa się wentylacją opływową oraz za pomocą lutniociągów (tłoczące, ssące, kombinowane). W wyrobiskach ścianowych dodatkowo stosuje się doświeżanie powietrza poprzez instalację wentylatora w celu przewietrzania wyrobiska ślepego należącego do ściany. Wentylator pomocniczy instaluje się w odległości co najmniej 5 m od przodka (tabl. 4) (rys. 10).

Tablica 3. Dane techniczne wentylatorów [3]
Table 3. Specifications of fans [3]

Typ wentylatora	Średnica mm	Maksymalna moc zainstalowana kW	Liczba obrotów obr/min	Masa kg	Hałas dB
APXE 315	315	0,8	2850	79	76
APXE 400	400	2,2	2820	113	81
APXE 500	500	7,5	2885	204,5	90
APXE 630	630	22	2925	409	91

6. Podsumowanie

W artykule omówiono technologię podziemnej eksploatacji lignitu stosowaną w kopalniach słowackich. Lokalne warunki geologiczne pozwalają eksploatować pokład węgla sposobem na warstwy. Dolna warstwa jest wybierana klasycznym systemem ścianowym. Druga faza eksploatacji oparta jest na systemie podbierkowym, którego idea jest oparta na samourabianiu nadległej warstwy węgla lub za pomocą materiału



Rys. 10. Schemat przewietrzania wyrobiska ścianowego
Fig. 10. Scheme of long-wall ventilation

wybuchowego, a następnie wypuszczaniu urobku do dolnej przestrzeni roboczej poprzez okna wysypowe znajdujące się w obudowie zmechanizowanej. Zaletami przedstawionego systemu eksploatacji jest możliwość wybierania pokładu na całą miąższość, przy wysokiej koncentracji wydobycia i niższych

w porównaniu do systemu ścianowego kosztów wydobycia. Do wad systemu należy zaliczyć występujące zubożenie i straty kopaliny wynikające zastosowanej technologii.

**Praca wykonana w ramach badań statutowych AGH
 nr.: 11.11.100.775**

Literatura

1. *Cicmanec P., Hrabovsky J., Durove J.B.*: Mechanized mining of might coal seams into complicated geological and underground conditions. *Gospodarka surowcami mineralnymi*, t. 24, z 4/3, 2008.
2. *Halmo J., Šarkan J., Gurský S., Severín T., Lalúch I., Pavol B.*, 11. ťažobný úsek Bane Nováky, nová ťažobná kapacita na Hornej Nitre, *Mineralia Slovaca*, 42 (2010), 133 ÷ 140 ISSN 0369-2086
3. HBP Prievidza a.s. Dokumentacja projektowa. Materiały nie publikowane.
4. *Ozfrat M.K., Simsir F., Gonen A.*: A Brief Comparison of Longwall Methods Used at Mining of Thick Coal Seams. The 19th International Mining Congress and Fair of Turkey, IMCET 2005, Izmir, Turkey, June 09-12, 2005.
5. www.bme.sk/index.php?str=produkty&detail=3
6. www.hbp.sk