

Samodzielna obudowa kotwowa w zabezpieczaniu kanałów likwidacyjnych ścian zawałowych

The roof bolting in recovery roadway for longwall mining



Dr inż. Zbigniew Rak^{*)}



Dr inż. Jerzy Stasica^{*)}

Treść: W polskim górnictwie najczęstszą metodą wykonywania kanałów likwidacyjnych ścian jest ich drażenie na linii zatrzymania ściany za pomocą kombajnu ścianowego, rzadziej także chodnikowego. Stosuje się w tym wypadku obudowę podporową składającą się z prostek stalowych pełniących funkcję stropnic podpartych na sekcjach obudowy zmechanizowanej oraz stojakach stalowych i drewnianych. Metoda ta daleka jest od doskonałości. Wymaga znacznego zaangażowania materiałowego oraz pracy manualnej brygad górniczych. Wątpliwości może budzić także poziom bezpieczeństwa załóg. Problem z mechanizacją wykonywania obudowy kanałów likwidacyjnych sprowadza się do stosunkowo znacznego wydłużenia całego procesu. W krajach o znacznie bardziej rozwiniętej kulturze technicznej w tym zakresie (USA, Australia, Chiny) przecinki i kanały likwidacyjne zabezpieczane są z wykorzystaniem samodzielnej obudowy kotwowej. Procedury i mechanizacja robót odsuwają pracownika ze stref bezpośredniego zagrożenia jakim jest zabezpieczany strop czy odsłonięty ocios ściany. Obudowa kotwowa w połączeniu z opiną wykonaną z wielkoformatowych siatek poliestrowych powodują, że system taki daje wysoką pewność w zakresie stateczności wyrobiska oraz jego funkcjonalności na etapie prac likwidacyjnych.

Abstract: In Polish coal mining, the most popular method of pre-driven recovery roads execution is their driving along the line of the stopped longwall panel with the help of a longwall shearer, rarely with the help of a roadheader. The standing support consisted of steel or wooden props and steel roof beams propped up on the chock shield support is used then. But this method is not perfect. It requires a lot of materials and the intensive commitment of the mining staff. The level of safety of the mining crew is also questionable. The problem with the recovery roadway support mechanization is caused by the elongation of the process. In some high-tech countries (The USA, China, Australia) recovery roadways and pre-driven recovery roads are supported by installing *bolts*. The mechanization of mining works and appropriate procedures move back the miner from the most dangerous zone of open roof and face walls. The system of roof bolting and meshing using polyester large-sized meshes ensures the recovery roadway stability and its functionality during the recovery works.

Słowa kluczowe:

system ścianowy, likwidacja ścian, przecinka likwidacyjna, kotwienie

Keywords:

longwall mining, longwall recovery, recovery roadway, roof bolting

1. Wprowadzenie

Krajowa literatura fachowa nie poświęca zbyt wiele uwagi likwidacji ścian w zakresie obudowy przecinek likwidacyjnych. Wydaje się, że technologia ta nieformalnie uznana została za zamkniętą, tj. z niewielkimi szansami na rozwój. Może jest to spowodowane krótkim okresem życia przecinek likwidacyjnych, a więc także mniejszą wagą tych wyrobisk w całej infrastrukturze dołowej kopalni. Być może przyczyna tego stanu rzeczy leży w przyzwyczajeniu i niechęci do wpro-

wadzenia innowacji w sprawdzonych i dobrze opanowanych technologiach. Tym niemniej, trzeba wyraźnie zaznaczyć, że likwidacja ścian należy do trudniejszych okresów w procesie prowadzenia eksploatacji systemami ubierkowymi i zaniechanie jej unowocześnienia nie leży w interesie kopalń. Wydobywanie w tym okresie spowalnia i wreszcie zatrzymuje się, a przedsiębiorca traci jednocześnie możliwość efektywnego wykorzystania niezwykle kosztownego sprzętu. Zazwyczaj, w warunkach polskich, zamrożenie sprzętu z tego powodu trwa przez okres dwóch do trzech miesięcy. W górnictwie amerykańskim i australijskim okres ten zwykle nie przekracza 2 do 4 tygodni. W tym czasie realizowanych jest szereg czynności generujących stosunkowo wysokie

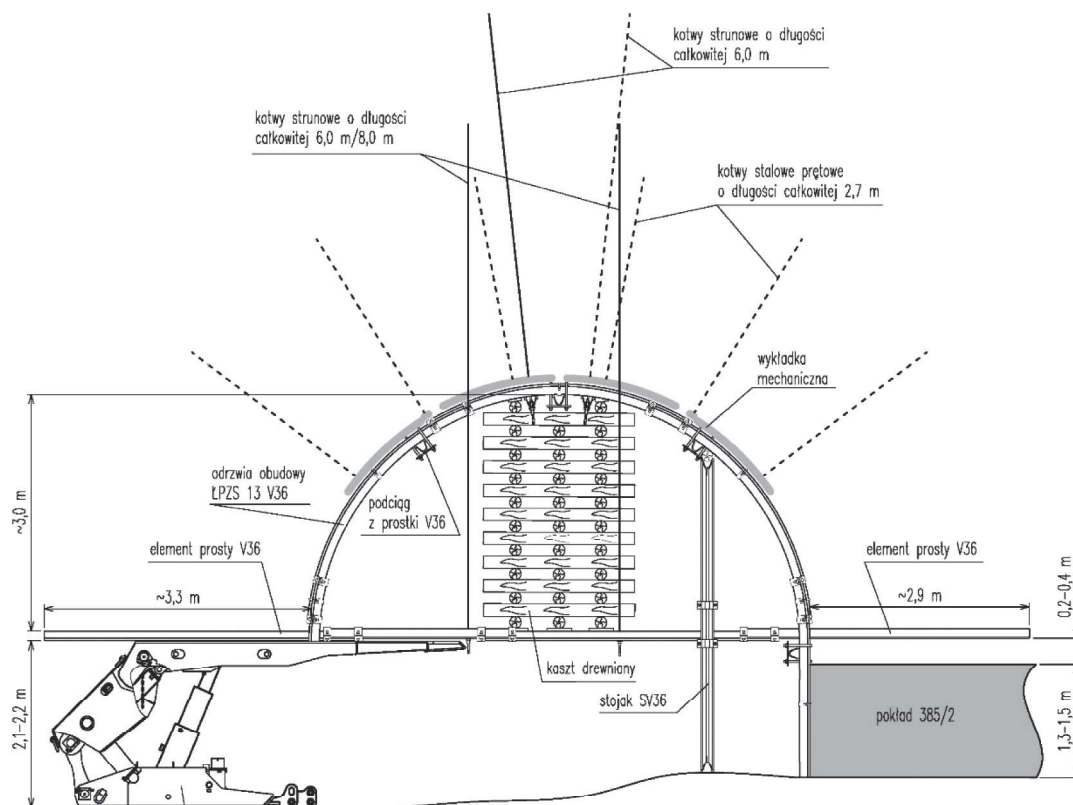
^{*)} AGH, Wydział Inżynierii Łądowej i Gospodarki Zasobami

koszty. Przygotowanie pola transportowego wymaga dużego zaangażowania materiałowego, logistycznego oraz nakładu pracy załóg górniczych, podobnie zresztą jak rabunek sekcji i zabezpieczanie wyrobionych przestrzeni. Wiele elementów tej technologii realizowanych jest ręcznie, a niski poziom mechanizacji wprost generuje wzrost ryzyka wypadków przy pracy. Należy również pamiętać, że pole transportowe nie jest jedynie zabezpieczeniem przestrzeni roboczej, ale zwykle pełni rolę konstrukcji do podwieszenia trasy kolejek realizujących transport ciężkich zestawów zmechanizowanego kompleksu ścianowego (Stefaniak i in. 2009, Kania i in. 2018, Mazurek i in. 2019). To z kolei powoduje, że niewłaściwe wykonanie obudowy przecinek likwidacyjnych może generować dalszy wzrost ryzyka prac brygad rabunkarskich i dodatkowe opóźnienia w procesie likwidacji ścian.

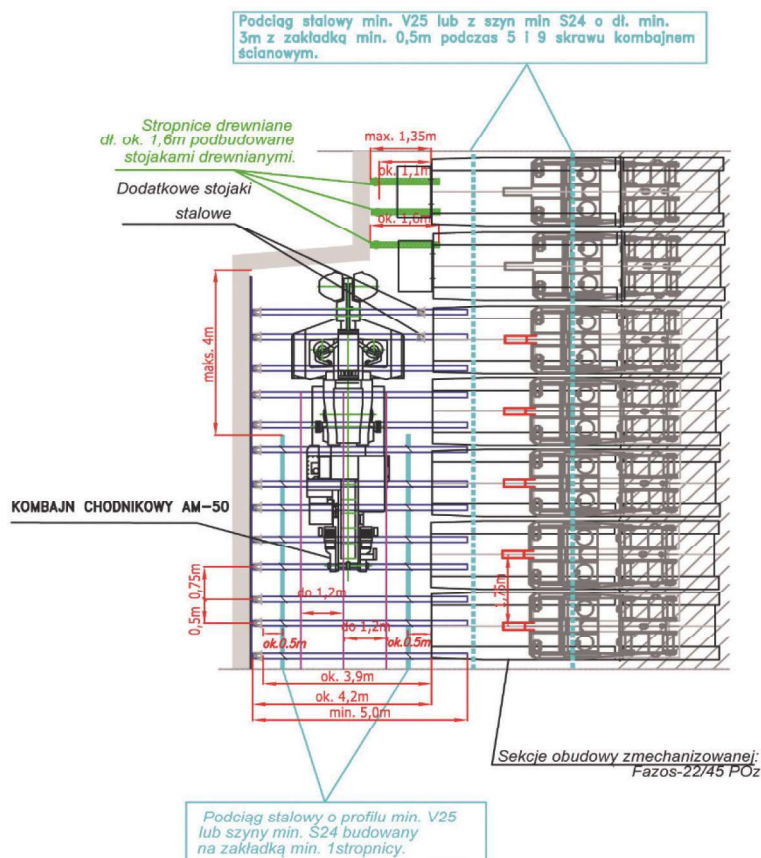
W praktyce wyróżnia się dwie podstawowe metody wykonania przecinek likwidacyjnych: z wyprzedzeniem ściany i na linii zatrzymanej ściany (Piechota i in. 2009). Pierwsza, znacznie rzadsza, metoda likwidacji ścian polega na „wjechaniu” kompleksem ścianowym do wcześniej wykonanego wyrobiska (wydrążonego przed falą ciśnienia eksploatacyjnego). Wyrobiskiem tym jest przecinka likwidacyjna wykonana na projektowanej linii zatrzymania ściany, tj. w odległości gwarantującej stateczność wyrobisk głównych. Sporadycznie, w sposób analogiczny, wjazd odbywa się do wyrobiska głównego. Dotyczy to jednak sytuacji, gdy wraz z zakończeniem ściany następuje również częściowa lub całkowita likwidacja głównych wyrobisk przygotowawczych (rys. 1). W tej metodzie przecinki likwidacyjne zabezpiecza się zazwyczaj obudową podporową lub podporowo-kotwową. Ze względu na oddziaływanie ciśnienia eksploatacyjnych stosowane są tu zwykle rozwiązania w postaci typowych odrzwi ŁP lub zbliżonych (Horst i Zachwieja 2014, Turek 2010, Rak i in. 2016). Znane

są także przypadki wykorzystania obudów łukowo-prostych, a także niesymetrycznych, które ze względu na niższą nośność, intensywnie przykottwia się kotwami strunowymi (Ficek i in. 2000, Celmer i in. 2012). Metoda ta nie należy do często stosowanych również w górnictwie światowym. Przecinki likwidacyjne są w niej zazwyczaj zabezpieczane samodzielną obudową kotwową, rzadko wspomagana obudową podporową (Zhang i in. 2006, Stankus 2014).

Druga metoda likwidacji ścian polega na wykonaniu przecinki likwidacyjnej, dla odróżnienia zwanej zwykle kanałem likwidacyjnym lub polem transportowym, na linii zatrzymania ściany (Piechota i in. 2009, Nawrat i Pytlik 2013, Turek 2010, Kania i in. 2018). Dominuje tu sposób wykorzystujący kombajn ścianowy jako narzędzie urabiające podczas wykonywania całego kanału likwidacyjnego. Sporadycznie, szczególnie w przypadkach gdy kombajn ścianowy należy szybko poddać remontowi, kanał jest drążony z urabianiem kombajnem chodnikowym lub z wykorzystaniem materiałów wybuchowych (rys. 2). Niezależnie od sposobu urabiania, najczęstszym rodzajem obudowy kanału likwidacyjnego w tej metodzie jest obudowa podporowa prostokątna, a w przypadku drążeniu kombajnem chodnikowym również łukowa lub łukowo-prosta. Typową konstrukcją tej obudowy tworzą stropnice z prostek typu V (zwykle dwie na jedną sekcję) podbudowane od strony ściany na sekcjach obudowy zmechanizowanej. Od strony ociosu ściany, stropnice podparte są zwykle podwójnym układem stojaków drewnianych lub drewnianych i stalowych. Dodatkowym elementem stabilizującym stropnice są podciąg stalowe. W uzasadnionych przypadkach, zwłaszcza przy dużym nachyleniu podłużnym kanału likwidacyjnego lub znacznych masach zestawów transportowych kolejek podwieszanych, stropnice przykottwia się kotwami strunowymi (rys. 3).



Rys. 1. Przykładowe rozwiązanie likwidacji ścian poprzez wjazd do wyrobiska głównego
Fig. 1. The example of the longwall panel liquidation through the entering the main road

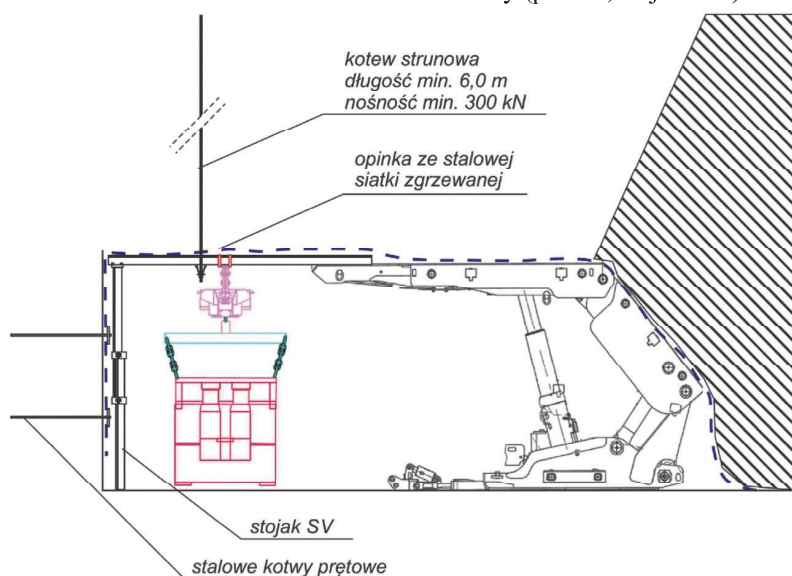


Rys. 2. Przykładowe rozwiązanie drażenia kanału likwidacyjnego ściany z wykorzystaniem kombajnu chodnikowego
 Fig. 2. The example of the pre-driven recovery road driving with the help of roadheader

Prezentowane rozwiązanie obudowy kanału likwidacyjnego wykonywanego kombajnem ścianowym jest charakterystyczne dla górnictwa polskiego. Technologia ta, jakkolwiek dzięki wieloletnim doświadczeniom bardzo dobrze opanowana przez brygady ścianowe i likwidacyjno-zbrojeniowe, nie jest wolna od wad. Najistotniejsze z nich, zdaniem autorów, to:

- mały stopień mechanizacji robót,
- wysoki poziom ryzyka urazami podczas przekładki stropnic,

- systematyczne niszczenie stropu podczas wielokrotnego rozpięcia obudowy zmechanizowanej z zabudowanymi stropnicami,
- ograniczona stabilność elementów obudowy podporowej podczas transportu zwłaszcza sekcji obudowy zmechanizowanej w kanale likwidacyjnym,
- ograniczanie przekroju w świetle kanału poprzez zabudowę stojaków przyciosowych,
- znaczne masy materiałów tworzących konstrukcję obudowy (prostki, stojaki SV).



Rys. 3. Przykładowe rozwiązanie prostokątnej obudowy podporowo-kotwowej kanału likwidacyjnego
 Fig. 3. The example of the pre-driven recovery road rectangular stand-and-roof bolting support

Druga z zaprezentowanych metod likwidacji ścian dominuje również w światowym górnictwie węgla kamiennego. Podstawową różnicą jest jednak sposób obudowy kanału likwidacyjnego. W krajach gdzie górnictwo charakteryzuje wysoka wydajność robót, duży nacisk kładzie się na mechanizację prac podczas wykonywania obudowy. Z tego powodu dominują tam systemy samodzielnej obudowy kotwowej. Podczas przygotowania ściany do likwidacji oraz w przedziale transportowym kanału likwidacyjnego, bezpośrednio za kombajnem ścianowym rozwijana jest ciągła siatka z kompozytów poliestrowych, a następnie za pomocą ręcznych lub zmechanizowanych kotwiarek realizuje się kotwienie stropu, także na końcu ociosu. W efekcie całość robót związanych z wykonaniem obudowy kanału likwidacyjnego wykonywana jest w sposób zmechanizowany. Co najistotniejsze, operatorzy maszyn i urządzeń w każdym momencie zajmują pozycje pod obudową zmechanizowaną z dala od odsłoniętego ociosu ściany.

2. Propozycja samodzielnej obudowy kotwowej kanału likwidacyjnego

Rozdział ten, dla uwiarygodnienia rozważań i obliczeń, oparto o przykładowe warunki geologiczno-górniczne charakterystyczne dla polskiego karbonu w Zagłębiu Lubelskim. Dane zaczerpnięto z LW „Bogdanka” S.A., gdzie autorzy niniejszego artykułu, realizowali projekt poświęcony ocenie możliwości zastosowania samodzielnej obudowy kotwowej oraz systemu Face Bolter w kanałach likwidacyjnych.

2.1. Warunki geologiczno-górniczne

Teoretyczne wyrobisko posadowiono na głębokości około 1000 m w pokładzie o miąższości ~2,6 m, który zalega prawie poziomo. W stropie pokładu zalega ilowiec o miąższości około 1,5 m, powyżej którego występuje gruba ława osadu mułowcowo-piaskowcowego (~10 m) oraz kolejna warstwa ilowca. Budowa warstw spągowych pokładu jest zbliżona. Parametry skał w otoczeniu wyrobiska przedstawiono w tabeli nr 1.

Tabela 1. Podstawowe parametry modelu obliczeniowego
Table 1. Basic parameters of the calculation model

Warstwa	Gęstość objętościowa kg/m ³	Moduł Younga MPa	Liczba Poissona	Wytrzymałość na ściskanie MPa
ilowiec	2610	4600	0,25	10-15
mułowiec	2660	11760	0,25	15-31,8
węgiel	1220	1040	0,39	10-15

Przyjęto, że w rejonie wyrobiska nie występują żadne zaburzenia sedimentacyjne czy też tektoniczne. Oddziaływanie krawędzi eksploatacyjnej, która biegnie równolegle do linii zatrzymania ściany uwzględniono w obliczeniach poprzez przyjęcie współczynnika koncentracji naprężeń na poziomie 1,2.

2.2. Obudowa kanału likwidacyjnego

W kanale likwidacyjnym, wzorem rozwiązań światowych, zastosowano obok obudowy zmechanizowanej, samodzielnej obudowę kotwową, na którą składa się kotwienie niskie i wysokie. Przyjęto, że w ścianie zastosowane zostały sekcje obudowy zmechanizowanej POz o parametrach zestawionych w tabeli nr 2.

Tabela 2. Parametry sekcji obudowy zmechanizowanej
Table 2. The data of the chock shield support

Parametr	Wartość
wysokość obudowy	1,5 - 3,2 m
zakres roboczy	1,7 - 3,1 m
podporność obudowy	0,996 - 1,151 MPa
podziałka	1,75

- Samodzielną obudowę kotwową tworzą:
- kotwy prętowe o nośności 250 kN i długości całkowitej 2,0 m, wklejane w ociosie na całej długości ładunkami poliestrowymi,
 - kotwy prętowe o nośności 250 kN i długości całkowitej 2,5 m, wklejane w stropie na całej długości ładunkami poliestrowymi,
 - kotwy strunowe o nośności 500 kN i długości całkowitej 8,0 m, z naciągiem wstępnym na poziomie 100-150 kN, wklejane w stropie na całej długości techniką iniekcyjną,
 - ciągła opinka z kompozytu poliestrowego w stropie i ociosie.

Propozycję metryki obudowy przedstawiono na rysunku 4. Ze względów ruchowych założono, że wystarczająca rozpiętość pola transportowego kanału likwidacyjnego wyniesie 2,5 m (odległość od końca stropnic obudowy zmechanizowanej do ociosu węglowego). Zaś wysokość kanału, warunkująca możliwość uzyskania odpowiedniej przestrzeni dla robót kotwowych, przyjęto na poziomie 3,1 m.

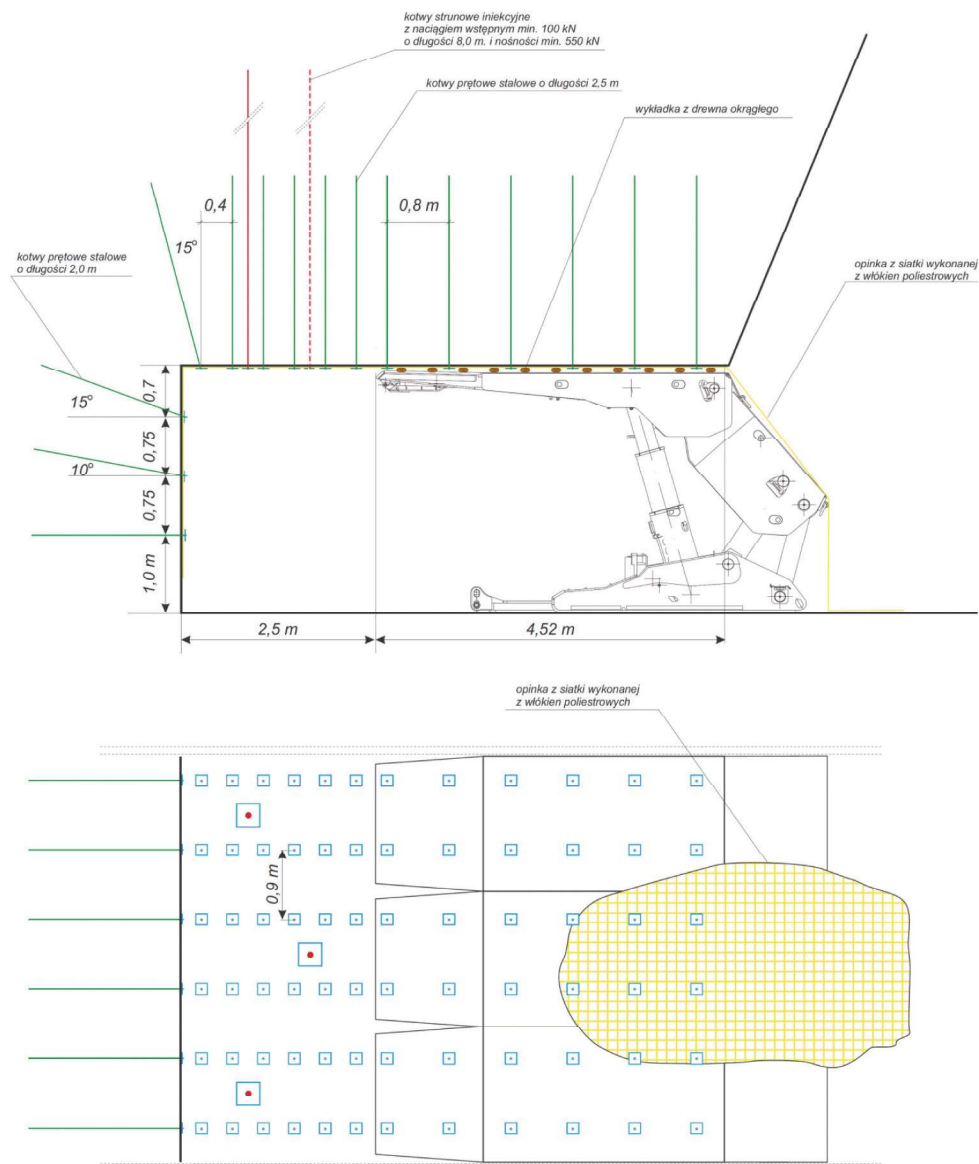
Transport sekcji wymaga podwieszenia trasy kolejki transportowej na dodatkowo zabudowanych kotwach prętowych, które ze względów formalnych, pominięto w modelu obliczeniowym.

Zabudowę kotew rozlokowano w siatce 0,9×0,8 m w przestrzeni nad sekcjami obudowy zmechanizowanej oraz 0,9×0,4 m w pozostałej przestrzeni. Kotwy strunowe rozmieszczono w dwóch rzędach w podziałce co około 1,75 m. Siatka z kompozytu poliestrowego jest rozpięta na całej przestrzeni ociosu i stropu wyrobiska z niewielkim odcinkiem (~0,5 m) na spagu za sekcjami ścianowej obudowy zmechanizowanej.

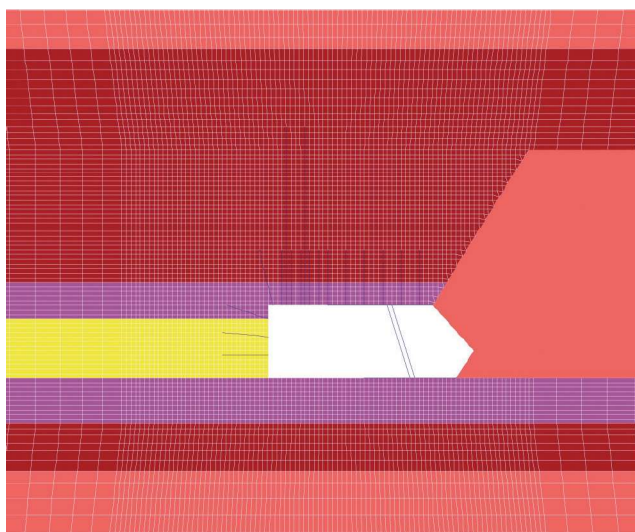
2.3. Obliczenia numeryczne obudowy kanału likwidacyjnego

Do obliczeń przygotowano prostokątną tarczę o wymiarach 100×80 m w płaskim stanie odkształcenia. Przyjęto model sprężysto-plastyczny Coulomba-Mohra dla wszystkich warstw. Tarczę podzielono zgodnie z profilem geologicznym w danym rejonie na poziomo zalegające warstwy. W obliczeniach wykorzystano metodę różnic skończonych, a dyskretyzację przeprowadzono przy pomocy programu FLAC wersja 7.0 firmy ITASCA. Tarczę modelu podzielono siatką o wymiarach 130 na 120 oczek zagęszczoną wokół wyrobiska tak, że najmniejsze oczko ma wymiary ok. 20×20 cm. Na pionowych brzegach tarczy przyjęto podparcia poziome (swoboda ruchu w kierunku osi pionowej), na dole tarczy podparcia pionowe (swoboda ruchu w kierunku osi poziomej) (rys. 5).

Prezentację wyników obliczeń ograniczono jedynie do dwóch map przedstawionych poniżej oraz wyników obliczeń sił osiowych w kotwach. Naprężenia pionowe w modelu osiągnęły swą maksymalną wartość ściskającą 46 MPa w pokładzie 391 w ociosie wyrobiska poza zasięgiem kotew ociosowych (rys. 6). W stropie i w spagu obserwuje się rozległe strefy odprężone i z naprężeniami rozciągającymi o zasięgu do ponad 8 m. Wartość maksymalna ciśnienia normalnego działającego na stropnicę sekcji obudowy zmechanizowanej wynosi w modelu 1,25 MN/m, przy czym wartość ta osiągnięta jest przy podparciu stojakami (rys. 7). Obserwacja stref uplastycznienia



Rys. 4. Metryka obudowy kotwowej kanału likwidacyjnego
 Fig. 4. The pre-driven recovery road bolting pattern

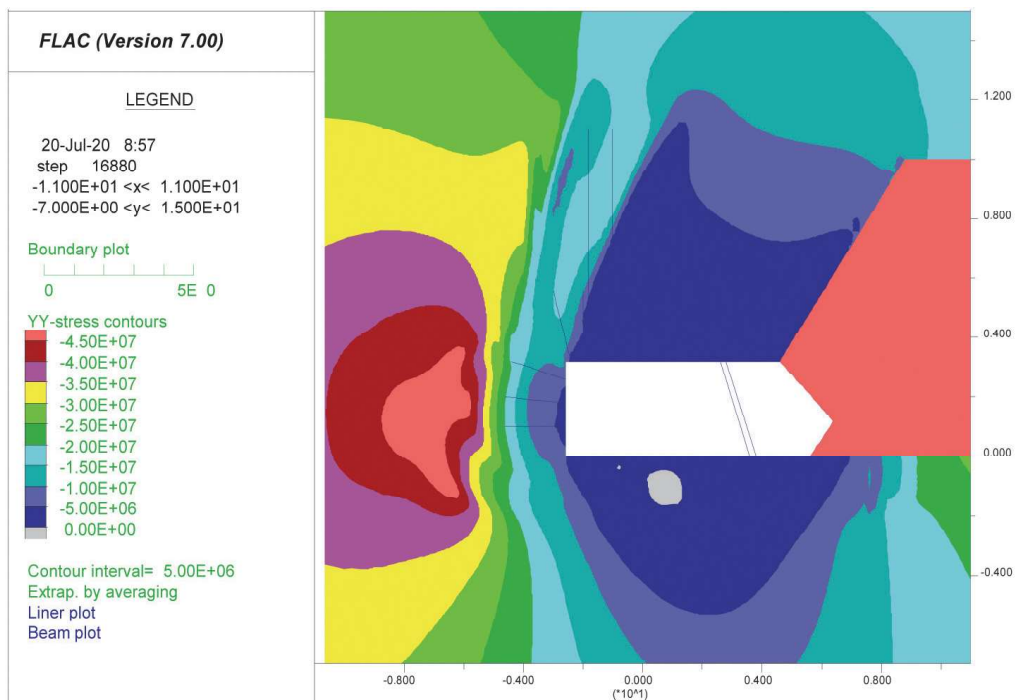


Rys. 5. Fragment siatki modelu numerycznego
 Fig. 5. The fragment of numerical model mesh

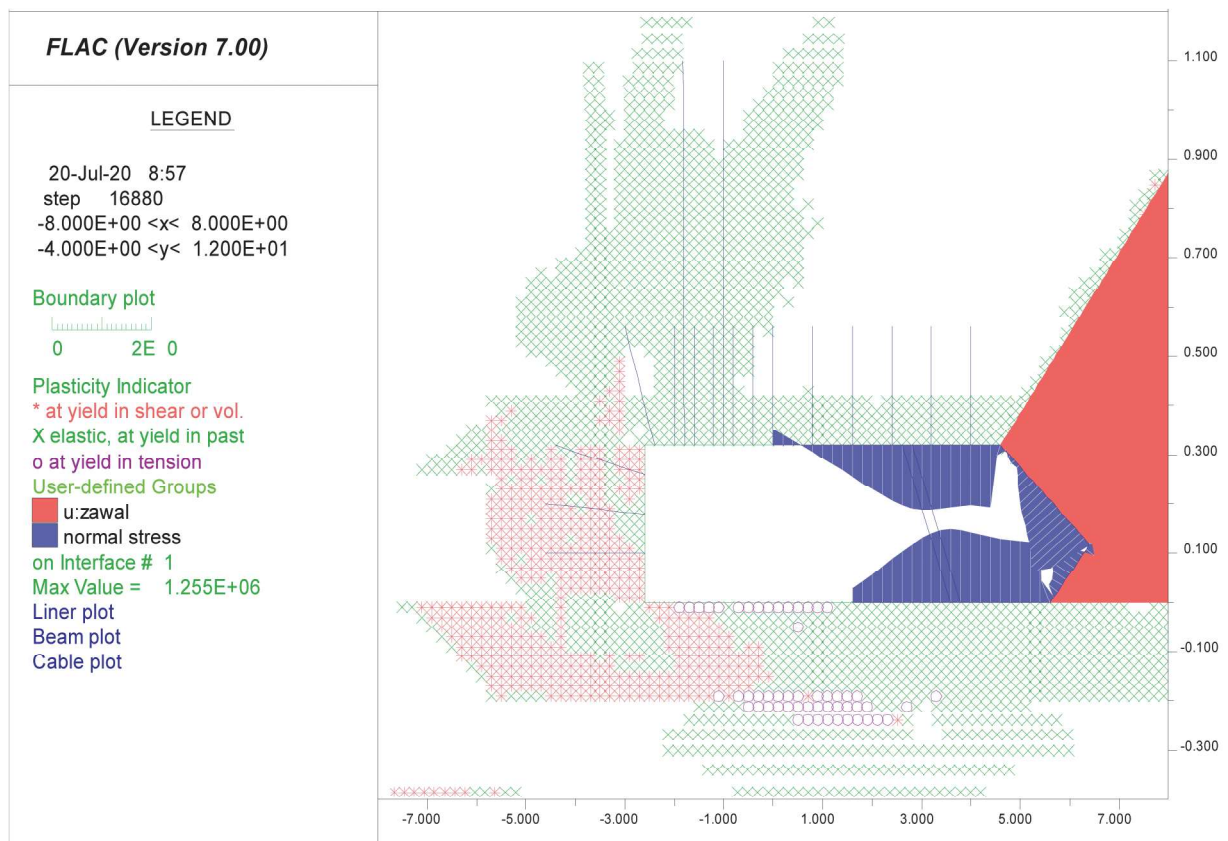
w modelu doprowadza do stwierdzenia, że w długim okresie utrzymywania kanału likwidacyjnego jest:

- zasięg strefy uplastycznienia stropu bezpośredniego w przestrzeni nad sekcjami osiąga poziom do ok. 1 m,

- zasięg strefy uplastycznienia stropu w przestrzeni przedziału transportowego osiąga poziom nawet 9 m, tym samym może obejmować całą długość kotwi strunowych,
- w ociosie węglowym strefy uplastycznione sięgają na głębokość ok. 3 m.



Rys. 6. Naprężenia pionowe w górotworze otaczającym
Fig. 6. Vertical stress in the rock mass



Rys. 7. Naprężenia normalne działające na odrzwia (ciśnienie działające na obudowę) i strefy uplastycznienia górotworu wokół wyrobiska
Fig. 7. Normal stress acting on the support frame and yielded zones in the rock mass

Z punktu widzenia stateczności obudowy niezwykle interesującym jest rozkład sił osiowych w kotwach stropowych i ociosowych (tab. 3).

Analiza powyższych wyników z modelu pozwala na skonkretyzowanie następujących wniosków:

- kotwy ociosowe posłużą do stabilizacji ociosu i w dłuższym horyzoncie czasowym mogą zostać zerwane,
- kotwy strunowe pracują w granicach swych nośności, niemniej wklejenie ich na całej długości wydaje się niezbędne ze względu na możliwą strefę spękań,
- kotwy prętowe pracują w granicach nośności, a najmocniej obciążone są kotwy w drugim i trzecim rzędzie od ociosu (w modelu nr 8 i 9),
- kotwy nad sekcjami są obciążone do 40% swych nośności.

W komentarzu do uzyskanych wyników obliczeń numerycznych należy niewątpliwie zaznaczyć dwie istotne kwestie. Pierwsza – to krótki czas utrzymywania wyrobiska, a druga – to bliskość zrobów ściany. Znaczący zasięg stref spękań uzyskany w modelu, będący konsekwencją wysokiego stanu naprężeń związanego z głębokością i obecnością krawędzi eksploatacyjnej w pokładzie 385/2 to pewien stan końcowy, który w rzeczywistości może ujawnić się po kilku lub nawet kilkunastu miesiącach utrzymywania wyrobiska. Biorąc pod uwagę, że przedział transportowy użytkowany będzie przez okres 1-2 miesięcy, należy się spodziewać, że rzeczywisty zasięg stref spękań w tym czasie będzie znacznie mniejszy

i nie powinien, zdaniem autorów, objąć pakietu skał kotwionych kotwami prętowymi, a tym bardziej strunowymi. Z doświadczeń wykonywania i utrzymywania kanałów likwidacyjnych ścian zawałowych wynika bowiem, że deformacje nieciągłe w stropie są tu zazwyczaj znacznie mniej rozległe niż te uzyskane w toku obliczeń numerycznych. W przeciwnym wypadku, tradycyjny sposób zabezpieczania pól transportowych z wykorzystaniem 2 prostek podpartych na obudowie zmechanizowanej z jednej strony i podwójnym organie stojaków z drugiej, nie mógłby zagwarantować stateczności przedziału transportowego. Przyczyn takiego stanu rzeczy należy doszukiwać się w tym, że strefa górotworu w rejonie przedziału transportowego jest objęta redukcją naprężeń wynikającą z bezpośredniej bliskości zrobów zawałowych. Oczywiście kwestią kluczową będzie złamanie stropu na krawędzi stropnicy obudowy zmechanizowanej. Każdorazowo odcinkowe zawieszenie stropu będzie miało destrukcyjny wpływ na utrzymanie przedziału transportowego zarówno w obudowie kotwowej, jak i podporowej.

Przedstawione w tym rozdziale rozwiązanie obudowy należy traktować jedynie poglądowo. Rzeczywista liczba kotew, zwłaszcza strunowych, oraz ich rozmieszczenie, a także dodatkowe elementy jak stropnice płytowe, powinny być dobierane indywidualnie dla warunków stwierdzonych bezpośrednio w przodku. Ponadto prezentowany system nie wyklucza dodatkowego zabezpieczania tradycyjnymi techni-

Tabela 3. Obciążenia kotew w modelu
Table 3. Loading on bolts in the model

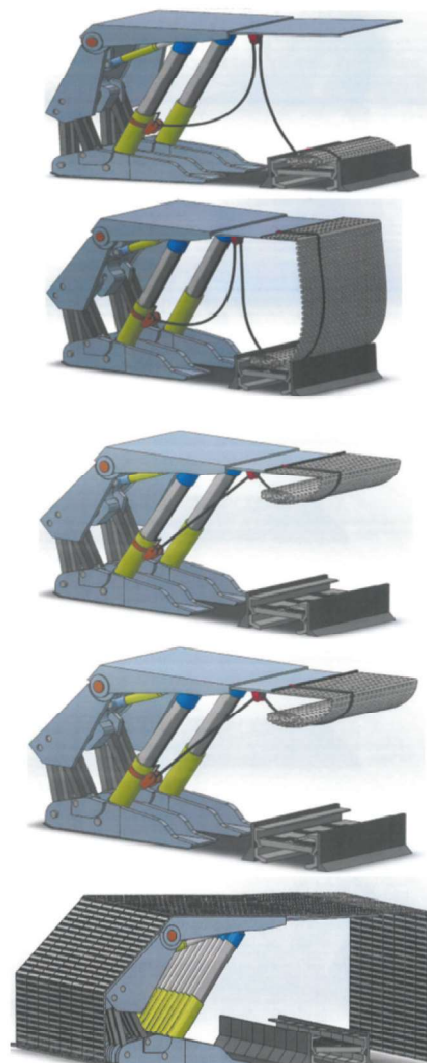
Grupa kotew	Oznaczenie w modelu	Siła osiowa [kN]	Wyężenie [%]
Kotwy ociosowe	1	250	100
	2	250	100
	3	250	100
Kotwy prętowe w stropie odsłoniętym	4	152	61
	5	222	89
	6	235	94
	7	157	63
	8	121	48
	9	114	46
Kotwy prętowe w stropie nad sekcjami obudowy zmechanizowanej	10	140	56
	11	94	38
	12	92	37
	13	89	36
	14	94	38
	15	99	40
Kotwy strunowe	16	279	50
	17	282	50
Rozmieszczenie kotew			

kami podporowymi w sytuacjach awaryjnych. Chociaż wydaje się to nieco kuriozalnym pomysłem, a to głównie z powodu zdecydowanie wyższych parametrów nośności prezentowanego układu kotwienia niskiego i wysokiego w stosunku do tradycyjnie, wysięgnikowo budowanych prostek na sekcjach.

2.4. Zarys technologii

Podstawowym elementem w zakresie prawidłowego zabezpieczenia kanału likwidacyjnego jest opinka stropu i ociosu. Jej rola nie ogranicza się tylko do zabezpieczenia pola transportowego, ale stanowi także osłonę od zawału w okresie rabowania sekcji oraz zabudowy zabezpieczeń podporowych (zwykle kasztów) w odsłoniętej przestrzeni. Z punktu widzenia bezpieczeństwa załogi jest więc elementem kluczowym. W polskim górnictwie rolę opinki spełniają zazwyczaj stalowe siatki zgrzewane, siatki ogrodzeniowe usztywniane starożytecznymi linami oraz okrągłaki drewniane. Poprawnie wykonana opinka musi być przede wszystkim ciągła i powinna charakteryzować się odpowiednią wytrzymałością oraz sztywnością. W górnictwie światowym standardem jest stosowanie ciągłej opinki wykonanej jako pojedyncza siatka (mata) z kompozytów poliestrowych (Travis B. 1991). Przykładem takiego rozwiązania jest siatka Grid Carbo, która przeszła już próby ruchowe m.in. w LW „Bogdanka” S.A. w kanałach likwidacyjnych zabezpieczonych obudową podporową. Maty wielkoformatowe przygotowywane są dla każdej ściany niezależnie. Długość pojedynczego arkusza maty odpowiada długości ściany, a jej szerokość – przestrzeni, którą powinna zabezpieczyć, tj. od spągu w strefie zawału przez osłonę sekcji obudowy zmechanizowanej, aż po strop i ocios przedziału transportowego kanału likwidacyjnego (zwykle od 10 do 14 m). Wprowadzanie maty na sekcje realizowane jest za pomocą układu bloczków zabudowanych na sekcjach oraz z wykorzystaniem stropnic i osłon czoła sekcji (rys. 8). Czynności te wymagają więc jedynie pracy operatorów bloczków oraz sekcyjnych. Całkowicie wyeliminowano potrzebę manualnych robót montażowych realizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie odsłoniętego stropu oraz ociosu ściany. Przed każdym przejazdem kombajnem podczas wykonywania skrawu, siatka pozostaje zwinięta pod stropnicą sekcji. Za kombajnem siatka jest rozwijana i za pomocą jedynie ruchu sekcji odbywa się jej wprowadzenie do nowo odsłoniętej przestrzeni. Po wykonaniu pełnego zakresu robót uzyskany efekt to opięcie całej przestrzeni pojedynczym, wielkoformatowym arkuszem siatki. Prezentowany system znalazł szerokie uznanie wśród brygad rabunkarskich praktycznie na całym świecie, głównie ze względu na niską pracochłonność, wysoką kulturę pracy oraz równie wysoki poziom bezpieczeństwa robót.

Rozpoczęcie kotwienia stropu w postępującej i zabezpieczanej opinką ścianie realizowane jest tak, aby kotwy znalazły się pod stropnicą możliwie najbliżej jej przegubowego połączenia z osłoną odzawałową. Ta pierwsza linia kotew stanowi rodzaj łamacza i ze względu na bliskość zawału bardzo często zabudowywane są tu długie kotwy strunowe. Kotwienie stropu realizowane jest na bieżąco, możliwie najbliżej za postępującym kombajnem. Wielkość otwarcia (odległość ostatniej zabudowanej kotwy w skrawie od kombajnu) jest ustalana na bieżąco w zależności od lokalnych warunków stropowych. W trakcie robót kotwowych kombajn i przenośnik są zatrzymywane. Stosuje się dwie techniki kotwienia: z wykorzystaniem ręcznych kotwiarek lub urządzenia *face bolter* (przodkowe urządzenie kotwiące). Ze względu na dostępność magistrali wysokiego ciśnienia stosowane są ręczne kotwiarki hydrauliczne lub lżejsze kotwiarki pneumatyczne. Kotwienie ręczne odbywa się zwykle z zastosowaniem dwóch



Rys. 8. Zabudowa siatki (maty) wielkoformatowej (mat. Firmy CARBOSPEC)

Fig. 8. Large-sized mesh installment (acc. CARBOSPEC)

kotwiarek jednocześnie. Prace prowadzone są spod obudowy zmechanizowanej, a rozpięcie kotwiarek realizowane jest na trasie przenośnika ścianowego (rys. 9).



Rys. 9. Wykonywanie obudowy kotwowej w kanale likwidacyjnym z zastosowaniem kotwiarki ręcznej (www.dsiunderground.com)

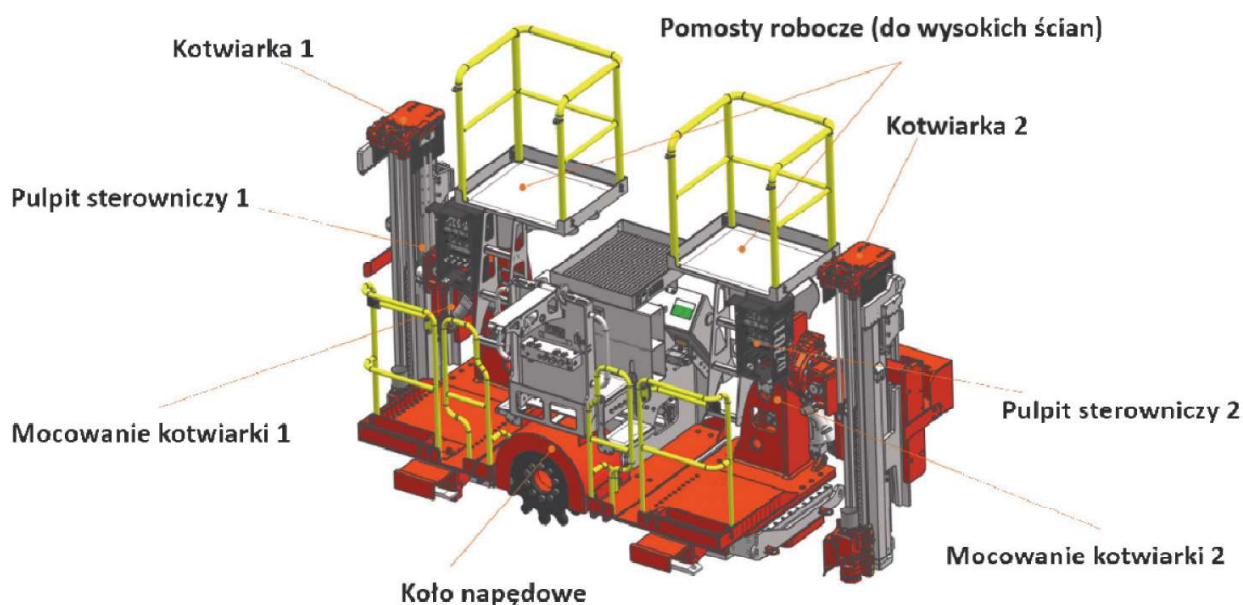
Fig. 9. Roof bolting in the pre-driven recovery road with the help of portable manual roof bolter (www.dsiunderground.com)

Ręczna realizacja kotwienia jest systematycznie wypierana we współczesnym górnictwie przez techniki zmechanizowane. Urządzeniem wykorzystywanym w takich przypadkach jest ww. *face bolter* (rys. 10). Jest to w rzeczywistości dwulawetowy wóz kotwiący, który porusza się dwukierunkowo po trasie przenośnika. Urządzenie zasilane jest ze ścianowej magistrali wysokiego ciśnienia. W oparciu o emulsję zasilane są zarówno kotwiarki jak i koło napędowe współpracujące z beczynowym systemem jezdnym kombajnu ścianowego. Urządzenie obsługiwane jest przez dwóch operatorów pracujących ze spągu lub w przypadku ścian wyższych z pomostów roboczych. Pomosty są szczególnie przydatne na etapie instalacji ładunków klejowych w otworach kotwowych, gdy wysokość ściany przekracza 3 m. Każdy z operatorów realizuje prace kotwowe jedną kotwiarką, ponadto jeden z operatorów steruje ruchem urządzenia wzdłuż ścianowego

przenośnika zgrzeblowego. Parametry kotwiarek i ich konstrukcja dobierana jest niezależnie do parametrów ściany (gł. wysokość) oraz zwiercalności skał stropowych.

Przeciętny czas zabudowy dwóch kotwi w jednej pozycji urządzenia zamyka się w przedziale od 2 do 2,5 minuty. Urządzenie podczas realizacji prac w kanale likwidacyjnych pokazano na rys. 11. Sposób mocowania kotwiarek umożliwia ich obrót o ponad 100°, co daje możliwość objęcia zakresem kotwienia zarówno stropu jak i ociosu ścianowego (nawet z odchyleniem kotew ociosowych o ponad 10° w dół).

Rabowanie sekcji realizowane jest zwykle z pojedynczą lub dwoma sekcjami asekuracyjnymi, a odsłonięta przestrzeń kanału likwidacyjnego zabezpieczana jest za pomocą kasztów wykonanych z twardego drewna lub podpór betonowych w formie kolumn jak w systemie Bullflex lub J-Crib (Rak 2017) (rys. 12).



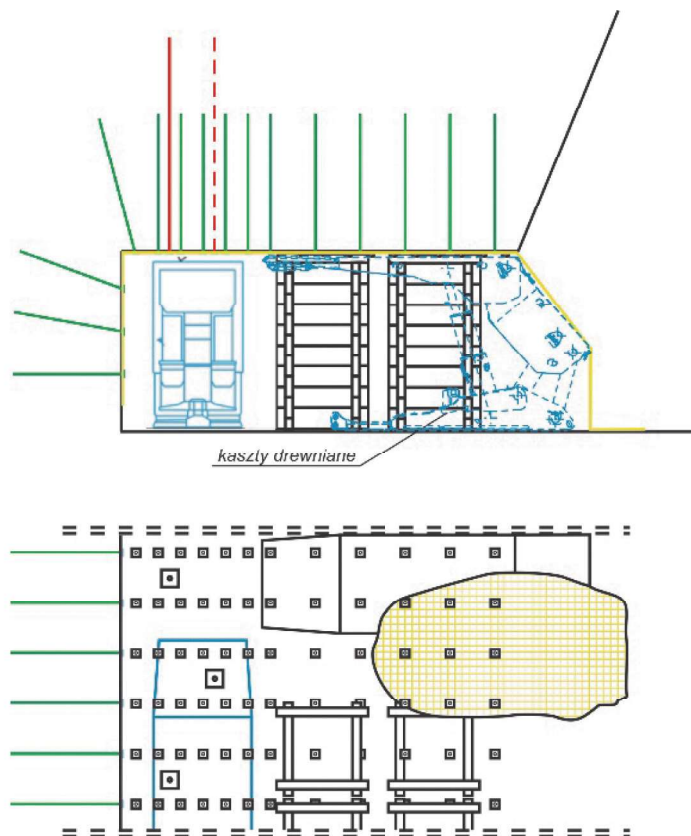
Rys. 10. Przdokowe urządzenie kotwiące (mat. Firmy Sandic)

Fig. 10. Face Bolter (Sandic materials)



Rys. 11. Face Bolter firmy ARO Longwall w trakcie pracy pod ziemią (www.miningmonthly.com)

Fig. 11. ARO Longwall Face Bolter in use underground (www.miningmonthly.com)



Rys. 12. Zabezpieczanie kanału likwidacyjnego sekcją asekuracyjną oraz kasztami drewnianymi
 Fig. 12. The pre-driven recovery road supporting with the additional chock shield support and wooden chocks

3. Podsumowanie

Zaprezentowana w niniejszym artykule technologia zabezpieczania kanałów likwidacyjnych ścian jest w chwili obecnej dominującą w światowym górnictwie węgla kamiennego. Powszechnie uznawana jest za rozwiązanie bezpieczne i skuteczne. Jego skuteczność wiąże się ze znacznym stopniem mechanizacji robót, co powoduje, że czas likwidacji ścian jest zwykle ponad dwa razy krótszy niż w polskim górnictwie. Łatwo wyobrazić sobie z jakim efektem ekonomicznym wiąże się fakt takiego skrócenia czasu likwidacji ściany i tym samym wydłużenia dostępności maszyn i urządzeń zmechanizowanego kompleksu ścianowego. Zapewne u niektórych naszych kolegów obudzą się wątpliwości, które zwykle sprowadzają się do lapidarnego stwierdzenia „w naszych warunkach geologiczno-górnictwowych ta metoda się nie sprawdzi”. Z całą pewnością niektórzy będą mieli rację, bo przecież przy wybieraniu grubych pokładów na warstwy trudno mówić o kotwieniu stropu w gruzowisku zawałowym. Co jednak z pozostałymi przypadkami? Czyżby wszyscy dookoła się mylili, a jedynie nasza metoda jest bezpieczna i skuteczna?

Literatura

- CELMER M., LUBRYKA M., SKATUŁA R., GŁUCH P. 2012 – Doświadczenia ze stosowania obudów podporowo-kotwowych niesymetrycznych w przecinkach zbrojonych i likwidacyjnych w kopalni „Jas-Mos”. Aktualne problemy zwalczania zagrożeń górniczych. II Konferencja naukowo-techniczna, Brenna, 7-9 listopada, s. 7-84.
- FICEK J., KONSEK S., SOBIK M. 2000 – Rozwiązania w zakresie obudowy przecinek rozruchowych i likwidacyjnych w kopalni „Jankowice”.
- Zeszyty naukowe Politechniki Śląskiej. Górnictwo z. 246, s. 119-133.
- HORST R., ZACHWIEJA T. 2014 – Nowatorski sposób zabudowy kanału likwidacyjnego obudowy zmechanizowanej w KWK Piast. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej. IGSMiE Kraków.
- KANIA J., SZWEDA S., SZYGUŁA M. 2018 – Analiza procesu wybudowy sekcji obudowy zmechanizowanej z wyrobiska ścianowego w aspekcie bezpieczeństwa. „Maszyny Górnicze” nr 3, s. 24-34.
- MAZUREK K., SZYGUŁA M., TURCZYŃSKI K. 2019 – Development of technology for withdrawal of the powered roof support from a row and its relocation from the liquidated longwall system. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 679, no 012003.
- NAWRAT S., PYTLIK P. 2013 – Bezpieczna likwidacja ścian w kopalniach węgla w warunkach zagrożenia wybuchem metanu. „Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie” nr 2, s. 3-12.
- PIECHOTA S., STOPYRA M., POBORSKA-MŁYŃNARSKA K. 2009 – Systemy podziemnej eksploatacji złóż węgla kamiennego rud i soli. Wydawnictwa AGH, Kraków.
- RAK Z. 2017 – Dobre praktyki w utrzymywaniu wyrobiska w jednostronnym otoczeniu zrobami zawałowymi. Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN nr 101, s. 117-132.
- RAK Z., STASICA J., RAWICKI Z. 2016 – Wybrane zagadnienia stosowania obudowy kotwowej dla wzmocnienia obudowy podporowej w wyrobiskach przygotowawczych. „Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie” nr 2, s. 3-13.
- STANKUS J. 2014 – A Case Study of Low Overburden Longwall Recovery with Pre-Developed Recovery Entries. Proceedings of 33rd International Conference on Ground Control in Mining, Morgantown, WV. Ficek, J., Konsek, S., Sobik, M. 2000 – Rozwiązania w zakresie obudowy przecinek rozruchowych i likwidacyjnych w kopalni „Jankowice”. Zeszyty Naukowe. Górnictwo, Politechnika Śląska. Zeszyt 246, s. 119-133.
- STEFANIAK R., JANIK M., KUSKA J. 2009 – Nowe rozwiązania organizacyjno-techniczne wprowadzone przy przezbieraniu kompleksu

ścianowego ze ściany 904 do ściany 905 i zmiany wprowadzone do maszyn i urządzeń wyżej wymienionego kompleksu. KOMTECH 2009 – Innowacyjne, bezpieczne oraz efektywne techniki i technologie dla górnictwa Człowiek – Maszyna – Środowisko, ITG KOMAG, Gliwice 2009, s. 53-63; ISBN 978-83-60708-38-5.

TRAVIS B., ANDERSON R. 1991 – Use of polymer grids for Longwall shield recovery. Proceedings: 10-th International Conference on Ground Control in Mining, s. 52-58.

TUREK M. 2010 – Podstawy podziemnej eksploatacji węgla kamiennego. Główny Instytut Górnictwa, Katowice, s. 261-274.

www.dsiunderground.com

www.miningmonthly.com

ZHANG P., MISHRA M., TRACKEMAS J., ZEGLEN E., HUFF C., PENG S., CHEN J. 2006 – Pre Driven Longwall Recovery Room Under Weak Roof Conditions – Design, Evaluation and Monitoring. 25th International Conference on Ground Control in Mining, Moragantown, VW, s. 221-228.

Artykuł wpłynął do redakcji – wrzesień 2021

Artykuł akceptowano do druku – 12.11.2021

ICI JOURNALS MASTER LIST

Uprzejmie informujemy, że czasopismo „Przeгляд Górnicy (ISSN: 0033-216X)” pozytywnie przeszło proces oceny i jest indeksowane w bazie ICI Journals Master List za rok 2020.

Na podstawie weryfikacji informacji z ankiety ewaluacyjnej oraz analizie wydań czasopisma z 2020 roku, wyznaczona została wartość wskaźnika Index Copernicus Value (ICV) za rok 2020.

ICV 2020 = 67.49

Wyznaczona ocena jest widoczna na liście czasopism ICI Journals Master List 2020 <https://journals.indexcopernicus.com/search/formjml> oraz w Paszporcie Państwa czasopisma <https://journals.indexcopernicus.com/search/details?id=28377&lang=pl>

Jednocześnie zapraszamy Państwa do skorzystania z dodatkowych możliwości wynikających z indeksacji czasopisma na liście ICI Journals Master List 2020:

Zespół Ewaluacji Czasopism Naukowych
Index Copernicus International
www.indexcopernicus.com