

Sposób wzmocnienia obudowy odrzwiowej dla zabezpieczenia wyrobiska poddanego ciśnieniom eksploatacyjnym

Method of arch support reinforcement for the securing of workings subjected to abutment pressures



Dr hab. inż. Marek Rotkegel^{)}*



Dr inż. Andrzej Walentek^{)}*



*Mgr inż. Zbyszek Folwarczny^{**)}*



*Mgr inż. Roman Knapski^{**)}*

Treść: Stalowa obudowa odrzwiowa jest podstawowym sposobem zabezpieczania wyrobisk korytarzowych w polskich kopalniach węgla kamiennego. Jej popularność wynika z kilku czynników, wśród których należy wymienić przede wszystkim stosunkowo niewielkie koszty zakupu i wykonania obudowy, wielowariantowość w zakresie przekroju wyrobiska (kształtu i rozmiaru), możliwość kształtowania w szerokim zakresie parametrów podpornościowych obudowy poprzez odpowiedni dobór kształtowników, materiałów, formatów i rozstawów odrzwi oraz przez stosowanie dodatkowych wzmocnień. Niestety w niektórych szczególnych przypadkach nośność obudowy może nie być wystarczająca. Sytuacja taka zaistniała w kopalni Silesia w chodniku 332, którego drażenie zaplanowano równoległe do chodnika kierunkowego 6 w odległości od niego około 3,0 m (z zachowaniem tzw. "płotu" o szerokości 3,0 m). Drażenie chodnika 332 miało odbywać się w trakcie eksploatacji pokładu 330 ścianą 333 w kierunku przeciwnym do jej biegu. Taki niekorzystny plan robót przyjęto z uwagi na zapewnienie ciągłości wydobycia (i jego odpowiedniego poziomu), sprawnego zbrojenia kolejnej ściany oraz jej uruchomienia bez zbędnej przerwy technologicznej związanej z pracami udostępniającymi i zbrojeniowymi. W warunkach występowania ciśnień eksploatacyjnych typowa obudowa odrzwiowa nie mogła być zastosowana w sposób efektywny. Dla zapewnienia odpowiednich (ekonomicznie uzasadnionych) rozstawów odrzwi (min. 0,5 m) należało zastosować dodatkowe wzmocnienia obudowy. Zdecydowano o podbudowaniu obudowy stojakami SV oraz zastosowaniu dodatkowych elementów wzmacniających odrzwia, tzw. zastrzałów, sprawdzonych wcześniej w kopalniach czeskich. Elementy te, montowane do odrzwi, znacząco podnoszą ich nośność, a przez to pozwalają w sposób bezpieczny stosować zwiększony (efektywny) ich rozstaw. W artykule przedstawiono konstrukcję wzmocnionej obudowy, wyniki analiz wytrzymałościowych (w tym porównanie z rozstawem bez proponowanego wzmocnienia) oraz doświadczenia wynikające z zastosowania tego rozwiązania w chodniku 332.

^{*)} Główny Instytut Górnictwa, Katowice

^{**)} Przedsiębiorstwo Górnictwe „Silesia” sp. z o.o., Czechowice-Dziedzice

Abstract: The steel arch support is the basic method used to secure gallery workings in Polish hard coal mines. Its popularity stems from several factors, which first and foremost include the relatively low costs of purchase and manufacture of the support, its flexibility with regard to the working cross-section (shape and size) and the wide range of possibilities in the determination of the load capacity parameters of the support through the correct selection of sections, materials, formats and spacing of the arches as well as by utilising additional reinforcement. Unfortunately in some particular cases, the load capacity of the support may not be sufficient. Such a situation occurred in the Silesia mine in road 332, whose driving was planned in parallel to lateral 6 at a distance of approximately 3.0 m (retaining a 3.0 m-wide coal pillar). The driving of road 332 was supposed to take place during the mining of coal bed 330 via longwall 333 in the direction opposite to its course. This unfavourable work plan was adopted in order to ensure extraction continuity (and its appropriate level), the efficient setup of another longwall and its commencement without unnecessary technical delays related to opening and equipping works. Under the conditions of abutment pressure occurrence, a standard arch support could not be utilised in an effective manner. To ensure the appropriate (economically justified) arch spacing (min. 0.5 m), it was necessary to introduce additional support reinforcement. It was decided to brace the support with additional SV props and to use additional arch reinforcement elements – angle braces – which had been proven to be reliable in Czech mines. These elements, mounted on the arches, significantly increase their load capacities, and thus make it possible to safely utilise their greater (effective) spacing. The article presents the construction of the reinforced support, the results of strength analyses (including a comparison of the spacing without the proposed reinforcement) and the practical experience obtained as a result of the utilisation of this solution in road 332.

Słowa kluczowe:

geomechanika, numeryczne modelowanie, technologia, eksploatacja, obudowa, projektowanie

Keywords:

geomechanics, numerical modeling, technology, extraction, support, designing

1. Wprowadzenie

Stalowa obudowa odrzwiowa, z uwagi na liczne zalety, jest najczęściej stosowaną obudową wyrobisk korytarzowych w polskich kopalniach węgla kamiennego. Cechy, które wpływają na taki stan rzeczy to z pewnością możliwość kształtowania w szerokim zakresie parametrów podpornościowych obudowy poprzez odpowiedni dobór gabarytów odrzwi, ich kształtu, zastosowanych materiałów oraz profili i rozstawów. Producenci obudów oferują wiele typoszeregów odrzwi o zróżnicowanych parametrach. Jednocześnie w przypadkach zwiększonych obciążeń kopalnie mogą stosować dodatkowe elementy wzmacniające w postaci stojaków drewnianych lub stalowych, kasztów czy też przykotwienie odrzwi. Nie bez znaczenia jest także stosunkowo prosty montaż takiej obudowy oraz niewielki zakres nieskomplikowanych czynności kontrolnych. Jednak w szczególnych przypadkach nośność standardowych odrzwi nawet z „klasycznymi” wzmocnieniami może nie być wystarczająca dla zabezpieczenia wyrobiska przy zastosowaniu rozstawów odrzwi uzasadnionych względami ekonomicznymi wynikającymi między innymi z kosztów materiałowych czy też z uzyskiwanych postępów robót.

Przykładem takiej sytuacji jest drażenie i zabezpieczenie chodnika 332 w PG „Silesia” w warunkach jednoczesnego prowadzenia eksploatacji ścianą 333. Związane z tym działania są też doskonałym przykładem indywidualnego projektowania obudowy (tzw. „na miarę”) (Prusek i in. 2006, 2007, 2008, 2009) z uwzględnieniem specyficznych warunków geologiczno-górnicych.

2. Obciążenia działające na obudowę

Przedsiębiorstwo Górnicze „Silesia” w 2017 roku zaplanowało drażenie chodnika 332. Drażenie to miało odbywać się w trakcie eksploatacji pokładu 330 ścianą 333 w kierunku przeciwnym do biegu ściany z pozostawieniem płotu węglowego o szerokości około 3 m. Taki plan działań związany był z koniecznością intensyfikacji robót przygotowawczych oraz ograniczenia przerw w wydobywaniu wynikających z przygotowywania do ruchu kolejnej ściany – 332. Chodnik 332, o długości około 660 m drażony był na głębokości około

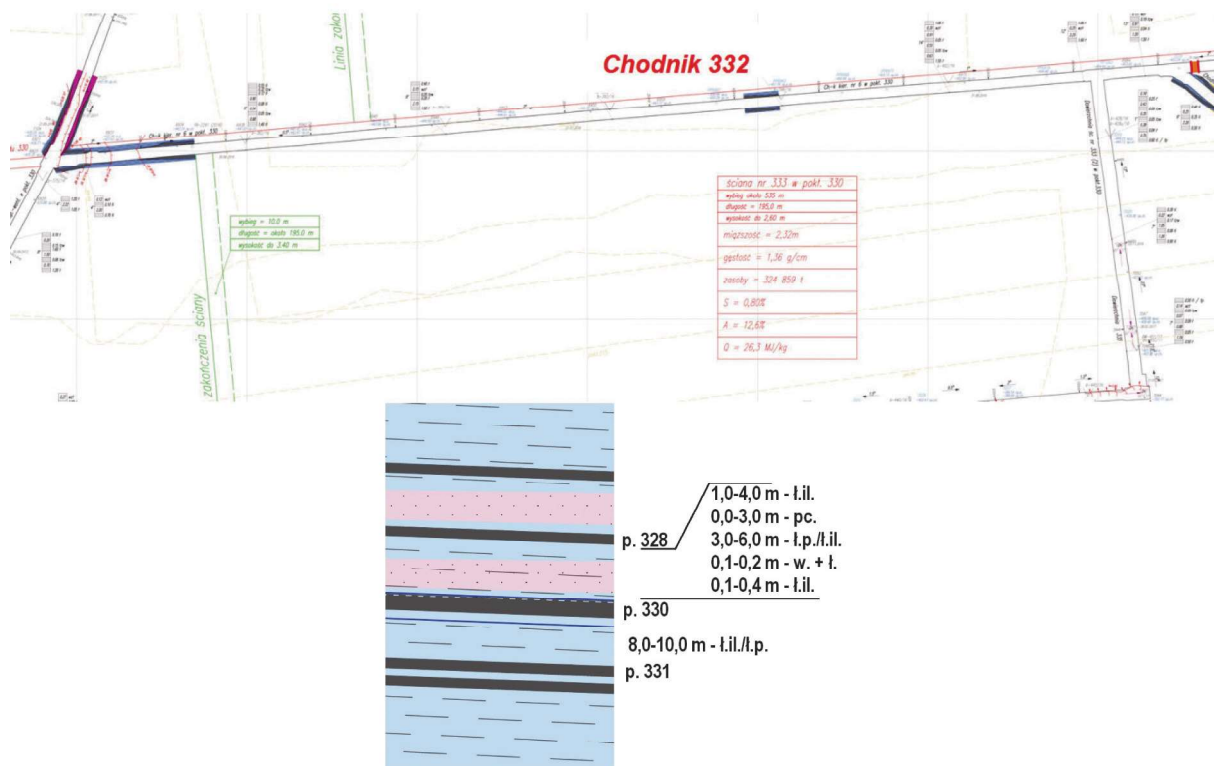
700 m ze średnim nachyleniem około $+1,5^\circ$ w pokładzie 330 o miąższości 2,2 – 2,5 m. Drażenie odbywało się od Pochylni transportowo-wentylacyjnej równoległe do chodnika kierunkowego 6. Na rysunku 1 przedstawiono fragment mapy obrazujący rejon prowadzonych robót wraz z przekrojem geologicznym.

Pierwotnie założono prowadzenie robót w kilku etapach. Etap pierwszy obejmował drażenie chodnika 332 oraz zbrojenie ściany 333. W drugim etapie przewidziano jednoczesne drażenie chodnika i eksploatację ścianą 333. Kolejny etap obejmował zatrzymanie drażenia chodnika (w odległości nie mniejszej niż 80 m od frontu ściany) na czas minięcia przodka przez ścianę (rys. 2).

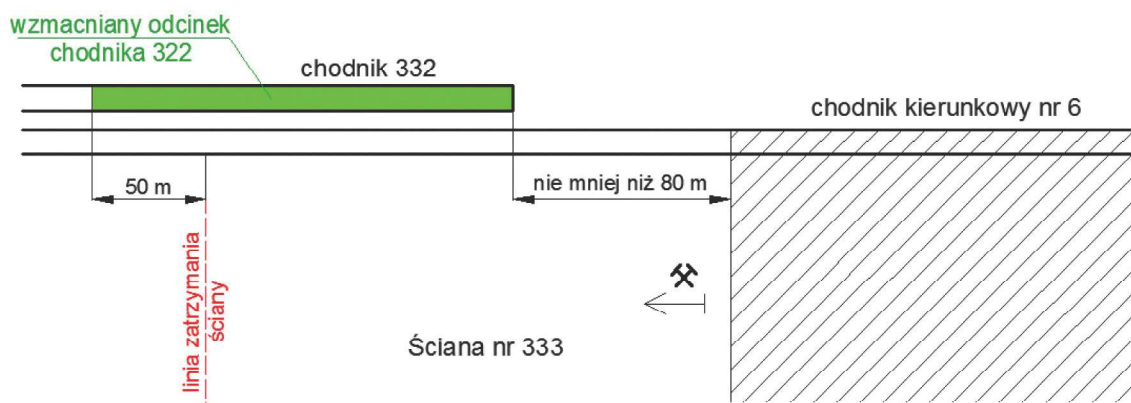
W tym czasie zaplanowano wycofanie kombajnu z przodka, a w trakcie przestojów ściany – sukcesywne podbudowanie obudowy stojakami za wycofywanym kombajnem. Po odpowiednim oddaleniu się czoła ściany od przodka chodnika planowano pobierkę spągu, a następnie wznowienie jego drażenia. Ten plan działania uległ zmianom wynikającym z wydrażenia chodnika przed planowanym terminem uruchomienia ściany 333.

Pomimo korzystnych zmian w harmonogramie prowadzenia robót w dalszym ciągu spodziewano się znacznych obciążeń działających na obudowę, związanych z eksploatacją pokładu 330 ścianą 333. Uwzględniając warunki eksploatacji (wysokość ściany 2,6 m, nachylenie pokładu 16° , szerokość płotu węglowego 3,0 m oraz gabaryty poprzeczne chodnika 332) w oparciu o teorię Bilińskiego (Biliński 1984, 1989, 1992, 1996a, 1996b, Prusek 2008), obliczono wartości obciążeń działających na obudowę. Przyjęto, że obciążenie to przy zastosowaniu gabarytów odpowiadających obudowie ŁPSil13 nie powinno przekroczyć wartości 0,7 MN/m (wybiegu wyrobiska). Jednocześnie przeprowadzone analizy numeryczne górotworu wskazały na znaczne przemieszczenia konturu wyrobiska oraz wysokie wartości obciążeń działających od strony ociosu południowego – od strony ściany 333.

Głównym celem przeprowadzenia obliczeń numerycznych górotworu było wyznaczenie optymalnej szerokości filara węglowego pozostawionego pomiędzy chodnikiem kierunkowym nr 6, będącym wyrobiskiem przyścianowym ściany 333 a projektowanym chodnikiem 332. Ponadto, istotnym w analizowanych warunkach geologiczno-górnicych okazała



Rys. 1. Mapa rejonu chodnika 332 i ściany 333 wraz z przekrojem skał wokół wyrobiska
 Fig. 1. Layout of the road 332 and longwall 333 area, together with a cross-section of the rocks around the working



Rys. 2. Schemat koordynacji frontu ściany 333 i drążonego przodka chodnika 332 (konceptja)
 Fig. 2. Diagram of the coordination of the front of longwall 333 and the driven face of road 332 (concept)

się również lokalizacja drążonego chodnika 332 w stosunku do nachylnego pokładu 330, która miała wpływ na wartość konwergencji tego wyrobiska w momencie prowadzenia ściany 333.

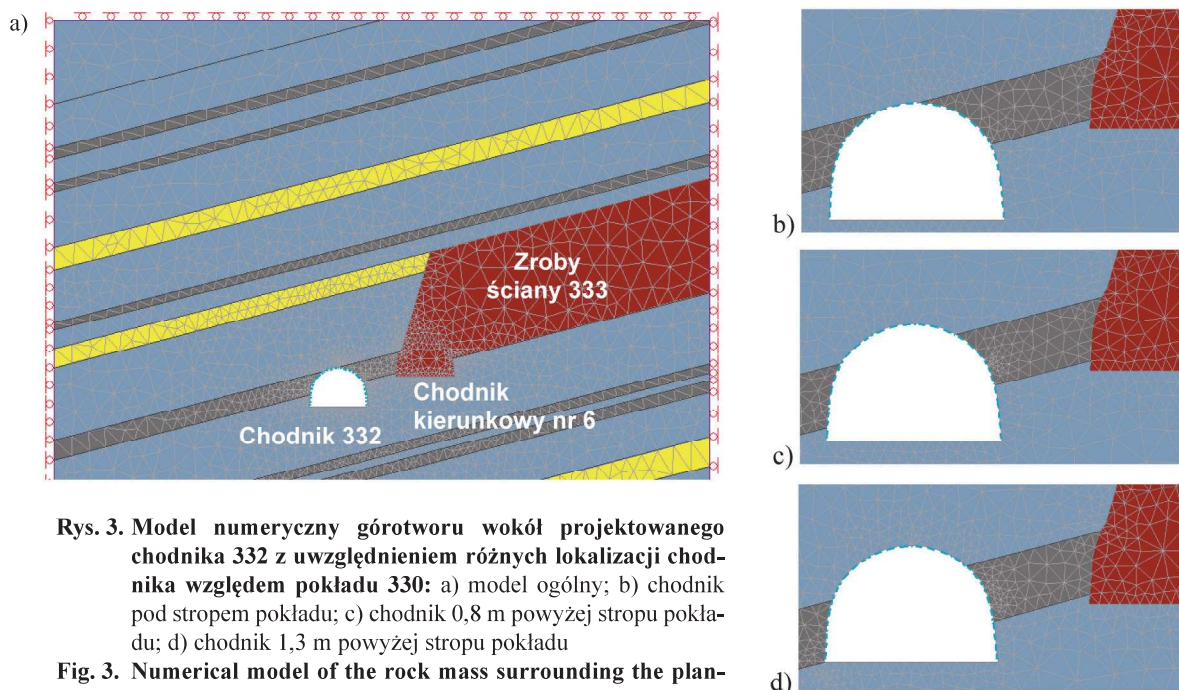
Obliczenia numeryczne w zakresie prognozy zaciskania chodnika 332 w pokładzie 330 w następstwie eksploatacji ścianą zawałową 333 wykonano przy użyciu programu Phase² opartego na metodzie elementów skończonych (Walentek 2018). W obliczeniach numerycznych założono, iż górotwór jest ośrodkiem sprężysto-plastycznym i izotropowym. Warunek stanu granicznego, obliczany według kryterium Hoeka – Browna, dla spękanego masywu skalnego przyjęto jako:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

gdzie:

- σ'_1 i σ'_3 – efektywne naprężenie maksymalne i minimalne przy zniszczeniu, [MPa],
- m_b – wartość stałej Hoeka – Browna dla masywu skalnego,
- s i a – stałe, wyznaczone w oparciu o własności górotworu,
- σ_{ci} – wytrzymałość jednoosiowa próbki skalnej na ściskanie, [MPa].

W celu obliczenia wartości zaciskania pionowego i poziomego chodnika 332 w wyniku prowadzonej sąsiedniej ściany 333 w pokładzie 330 zbudowano model górotworu w postaci tarczy o wymiarach 70x70 m. W modelu tym uwzględniono przekrój poprzeczny wyrobiska o wielkości odpowiadającej odrzwiom obudowy ŁPSil12. Chodnik 332 znajduje się w odległości 3,0 m (szerokość plotu węglowego) od chodnika kierunkowego 6 (rys. 3).



Rys. 3. Model numeryczny górotworu wokół projektowanego chodnika 332 z uwzględnieniem różnych lokalizacji chodnika względem pokładu 330: a) model ogólny; b) chodnik pod stropem pokładu; c) chodnik 0,8 m powyżej stropu pokładu; d) chodnik 1,3 m powyżej stropu pokładu

Fig. 3. Numerical model of the rock mass surrounding the planned road 332 with the inclusion of different placements of the road in relation to coal bed 330: a) general model; b) road under the coal bed roof; c) road 0.8 m above the roof; d) road 1.3 m above the roof

Układ warstw skalnych w poszczególnych modelach zbudowano w oparciu o przekrój geologiczny udostępniony przez kopalnię. Parametry wytrzymałościowe skał otaczających chodnik 332 w pokładzie 330 przedstawiono w tablicy 1.

Obudowę podporową zamodelowano wykorzystując w tym celu elementy typu belkowego i przypisano im parametry kształtownika V36. Ponadto dla modelu przyjęto warunki brzegowe w postaci zerowych przemieszczeń poziomych na krawędziach pionowych i zerowych pionowych na poziomych krawędziach tarczy z uwzględnieniem pierwotnego stanu naprężeń, wynikającego z głębokości lokalizacji chodnika 332, równej 700 m i średniego ciężaru objętościowego nadkładu.

Wyniki obliczeń numerycznych w postaci mapy przemieszczeń całkowitych górotworu wokół chodnika 332 za frontem ściany 333 w pokładzie 330 przedstawiono na rysunku 4.

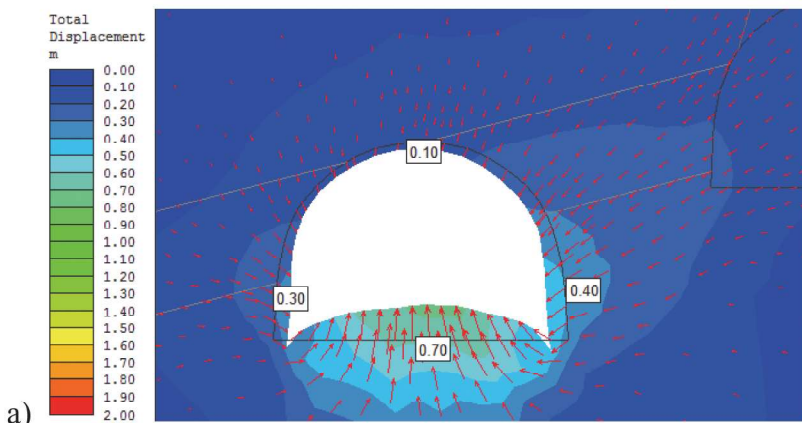
Na podstawie uzyskanych rezultatów obliczeń numerycznych górotworu wokół chodnika 332 w pokładzie 330 (rys. 4) podjęto decyzję o maksymalnym obniżeniu lokalizacji chodnika 332 tak, aby płot pomiędzy chodnikami w minimalnym stopniu obejmował pokład 330, a w maksymalnym stopniu skały spągowe. Na rysunku 5 przedstawiono przekrój przez sąsiadujące wyrobiska. Dodatkowo zdecydowano o zastosowaniu obudowy o specjalnej konstrukcji, dostosowanej do specyficznych warunków geologiczno-górnicych.

3. Konstrukcja obudowy

Do zabezpieczenia chodnika 332 w pokładzie 330 przewidziano odrzwia typoszeregu ŁPSil o wielkości 12 (6250x4200 mm), a w miejscach poszerzeń – 13 (6400x4300 mm). Odrzwia ŁPSil zaprojektowane zostały w 2015 roku pod kątem warunków geologiczno-górnicych występujących w PG „Silesia”. Składają się one z czterech łuków łączonych na zakładkę, a cechą odróżniającą je od obudowy ŁP jest brak odcinka prostego w łukach ociosowych – łuki ociosowe posiadają dwie krzywizny. Dzięki temu odrzwia lepiej pracują w warunkach występowania zwiększonych obciążeń ze strony ociosów. Jednak w związku ze spodziewanymi ciśnieniami eksploatacyjnymi, wypiętrzaniem spągu oraz założonym rozstawem odrzwi ($d \geq 0,5$ m) celowe było zastosowanie dodatkowych wzmocnień odrzwi. Zatem przyjęto, że odrzwia wykonane zostaną z kształtownika V36 ze stali o parametrach mechanicznych zgodnych z PN-H-84042, a budowane będą z rozstawem 0,5 m. Popularne wzmocniające przykotwienie obudowy (Majcherczyk i in. 2013) nie mogło być tu zastosowane z uwagi na konieczność jak najszybszego wydrążenia chodnika 332. W tej sytuacji zaprojektowano wzmocnienie odrzwi z postaci tzw. „stalowego poligonu” czy „stalowych zastrzałów”, sprawdzonych w warunkach kopalń czeskich (Kuba i in. 2002). Te elementy wzmocniające wykonane są

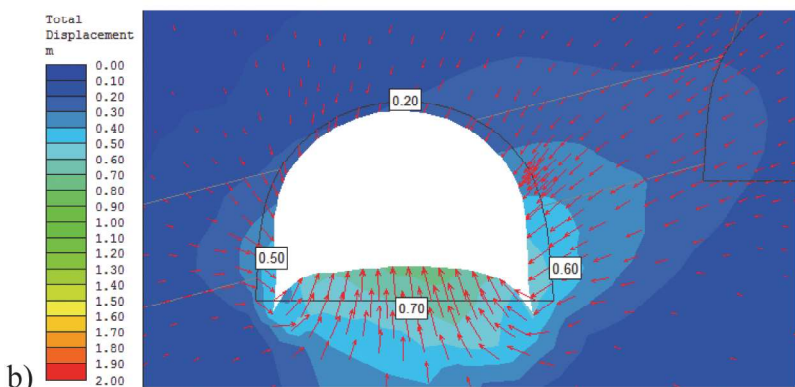
Tabela 1. Własności warstw skalnych i parametry kryterium Hoeka-Browna przyjęte do obliczeń numerycznych
Table 1. Properties of rock strata and parameters of the Hoek-Brown criterion adopted for numerical calculations

Rodzaj skały	Moduł Younga E [MPa]	Współczynnik Poissona ν [-]	Wytrzymałość na ściskanie R_c [MPa]	Parametr kryterium Hoeka-Browna „ m_b ”	Parametr kryterium Hoeka-Browna „ s ”
Węgiel	1600	0,30	16,86	0,876	0,0008
Łupek ilasty	2780	0,24	29,10	1,132	0,0034
Piaskowiec	8000	0,21	57,54	2,521	0,0048



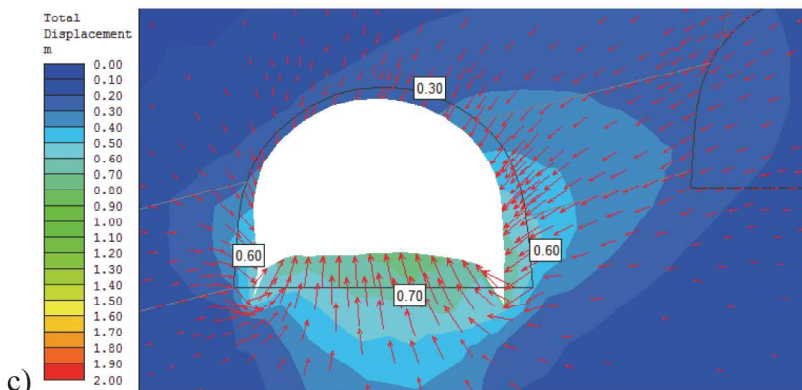
Przemieszczenia:

- strop: 100 mm,
- ocios północny: 300 mm,
- ocios południowy: 400 mm,
- spąg: 700 mm.



Przemieszczenia:

- strop: 200 mm,
- ocios północny: 500 mm,
- ocios południowy: 600 mm,
- spąg: 700 mm.

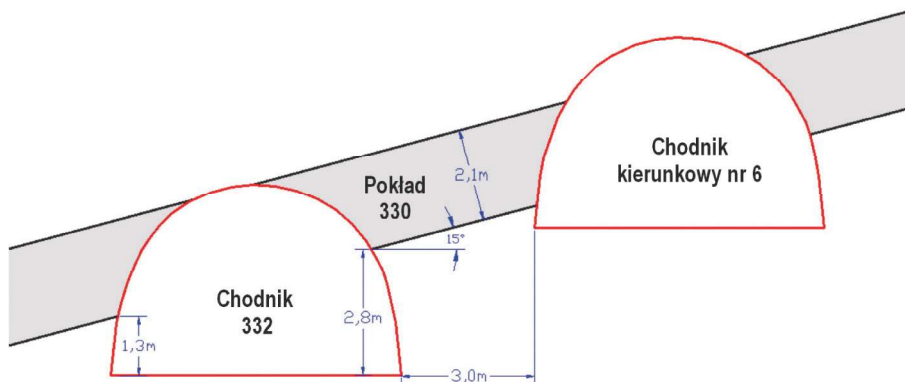


Przemieszczenia:

- strop: 300 mm,
- ocios północny: 600 mm,
- ocios południowy: 600 mm,
- spąg: 700 mm.

Rys. 4. Mapa przemieszczeń całkowitych górotworu wokół chodnika 332 w pokładzie 330 za frontem ściany 333: a) chodnik pod stropem pokładu; b) chodnik 0,8 m powyżej stropu; c) chodnik 1,3 m powyżej stropu

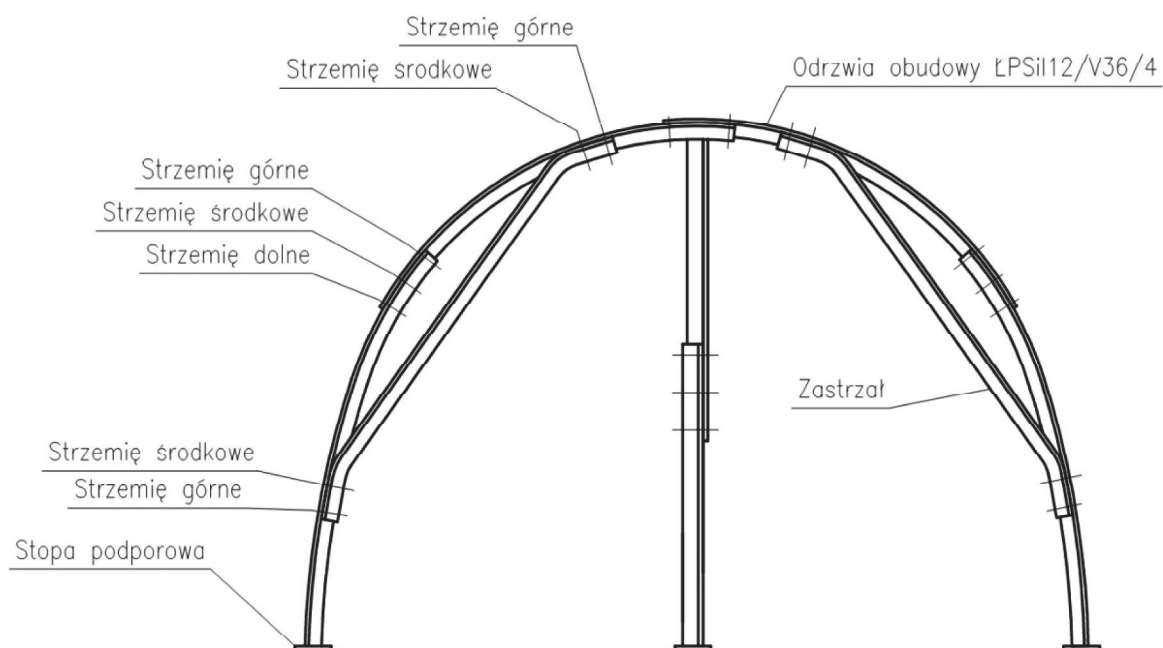
Fig. 4. Map of the total displacements of the rock mass surrounding road 332 in coal bed 330 behind the front of longwall 333: a) road under the coal bed roof; b) road 0.8 m above the roof; c) road 1.3 m above the roof



Rys. 5. Usytuowanie chodnika 332 względem pokładu 330 i chodnika kierunkowego nr 6
Fig. 5. Location of road 332 in relation to coal bed 330 and lateral no. 6

z kształtownika V36, którego końce są gięte lub „łamane” (spawane), umożliwiając tym samym ich połączenie z łukami ociosowymi i stropnicowymi odrzwi. Odpowiednie usytuowanie tych elementów na obrysie odrzwi powoduje zwiększenie nośności złączy ciernych, co znacząco podnosi nośność całych odrzwi (Brodny 2011, 2012). Dodatkowymi, standardowymi wzmocnieniami obudowy są stojaki stalowe budowane w osi wyrobiska. Kompletną obudowę przewidzianą do zabezpieczenia chodnika 332 przedstawiono na rysunku 6. Natomiast na rysunkach 7 i 8 pokazano „zastrzały” próbnie zmontowane do odrzwi u producenta. Przedmiotowe odrzwia zostały zwerifikowane wytrzymałościowo w trakcie analiz numerycznych przeprowadzonych metodą elementów skończonych (SRAC 1999, Rakowski, Kacprzyk 1993, Rusiński 1994). W analizach przyjęto obciążenie równomiernie rozłożone, działające na

stropnicę, o wartości uwzględniającej obciążenia ze strony górotworu oraz przyjęty rozstaw odrzwi. W wyniku przeprowadzonych symulacji uzyskano między innymi rozkład naprężeń zredukowanych oraz deformacje modelu odrzwi. Na rysunku 9 przedstawiono barwną mapę naprężeń zredukowanych w modelu odrzwi podbudowanych stojakiem, a na rysunku 10 – w modelu odrzwi ze stojakiem i zastrzałami. Jak widać w przypadku zastosowania zastrzałów naprężenia zredukowane zmniejszają się trzykrotnie, a co za tym idzie nośność tych odrzwi jest trzykrotnie większa. Maksymalne wartości naprężeń zredukowanych w odrzwiach ze stojakiem i bez zastrzałów występują przy zakładce ociosowej. Natomiast w przypadku odrzwi podbudowanych stojakiem i wzmocnionych zastrzałami ekstrema naprężeń zlokalizowane są poniżej połączenia zastrzału z łukiem ociosowym.



Rys. 6. Schemat obudowy chodnika 332

Fig. 6. Road 332 support diagram

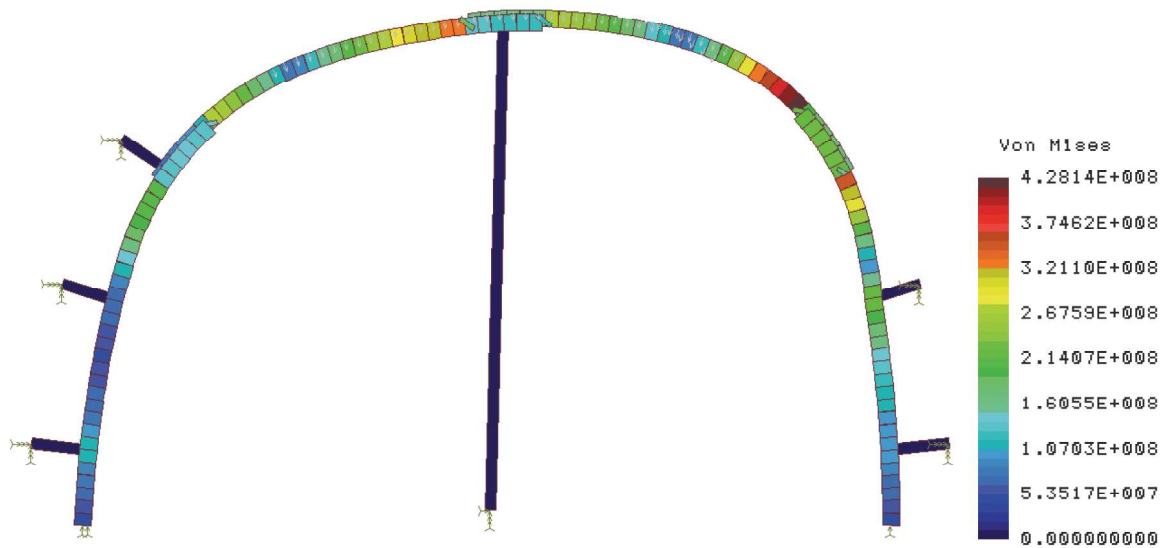


Rys. 7. Element wzmacniający w trakcie próbnego montażu u producenta

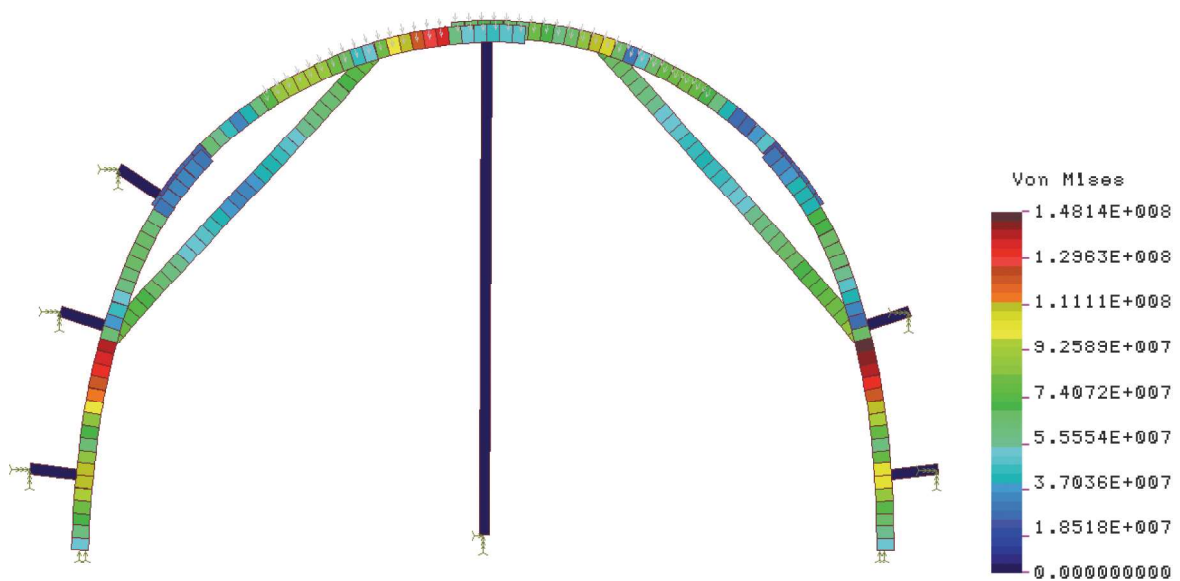
Fig. 7. Reinforcing element during a trial assembly at the manufacturer's site



Rys. 8. Połączenie elementu wzmacniającego z łukiem ociosowym odrzwi ŁPSil
 Fig. 8. Connection of the reinforcing element with the side wall arch of the ŁPSil arch



Rys. 9. Rozkład naprężeń zredukowanych w modelu odrzwi ŁPSil podbudowanych stojakami
 Fig. 9. Distribution of reduced stresses in the model of propped ŁPSil arches



Rys. 10. Rozkład naprężeń zredukowanych w modelu odrzwi ŁPSil dodatkowo wzmocnionych zastrzałami
 Fig. 10. Distribution of reduced stresses in the model of ŁPSil arches with additional reinforcement by angle braces

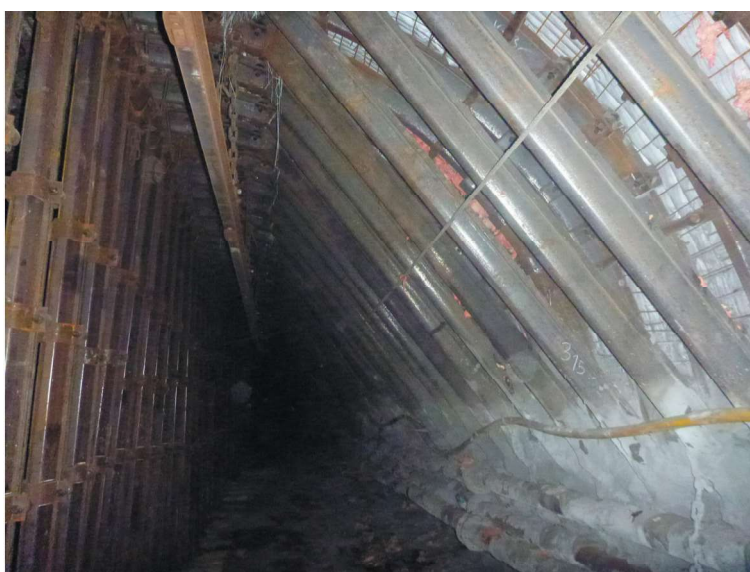
4. Praca obudowy w warunkach eksploatacji ścianą 333

Chodnik 332 drażony był od stycznia do maja 2018 roku. Jak wspomniano wcześniej, ostatecznie uniknięto jednoczesnego drażenia chodnika i prowadzenia eksploatacji ścianą 333 – chodnik ukończono przed uruchomieniem ściany. Pomimo tego, z uwagi na spodziewane znaczne obciążenia działające na obudowę zdecydowano o zastosowaniu stojaków SV oraz stalowych zastrzałów. Na rysunku 11 i 12 przedstawiono ogólny widok wzmocnionej obudowy.

Pomimo znacznej nośności wzmocnionych odrzwi nie obyło się bez utrudnień o charakterze lokalnym. Miejscowo wystąpiły znaczne wypiętrzenia spągu (sięgające 1,2 m), złamania podkładów budowanych pod stojakami, a także zwichrowania elementów wzmocniających oraz łuków ociosowych. Incydenty te prawdopodobnie związane były

z miejscami gromadzenia się wody, która wpływała na obniżenie parametrów skał otaczających wyrobisko, a przez to na zwiększenie obciążeń. Z obserwacji wynika, iż sumaryczna długość takich odcinków wynosi około 55 mb, tj. około 8,5 % długości wyrobiska. Z tego istotny wpływ na odrzwa obudowy zaobserwowano na około połowie długości ww. odcinków. Sytuacje takie przedstawiono na rysunkach 13 i 14.

W trakcie biegu ściany prowadzone były okresowe pomiary gabarytów wyrobiska w wybranych miejscach. Zmierzone w trakcie trzech akcji pomiarowych szerokości i wysokości wyrobiska w świetle obudowy przedstawiono na rysunku 15. Jak widać, w trakcie eksploatacji ścianą 333, pomijając wypiętrzenia spągu, gabaryty wyrobiska i obudowy nie uległy zmianom powodującym utratę funkcjonalności chodnika. Generalnie można stwierdzić, że maksymalne zmniejszenie szerokości wyrobiska nie przekroczyło 1,0 m i jest na pozio-



Rys. 11. Elementy wzmocniające zabudowane po stronie ociosu południowego (metraż 310 m)

Fig. 11. Reinforcing elements mounted on the south side wall (310th metre)



Rys. 12. Obudowa chodnika 332 (metraż 180 m)

Fig. 12. Road 332 support (180th metre)



Rys. 13. Połamane podkłady pod stojakami i wypiętrzony spąg (metraż 510 m)

Fig. 13. Broken sleepers under the props and uplifted floor (510th metre)



Rys. 14. Lokalna utrata stateczności odrzwi i elementów wzmacniających (metraż 335)

Fig. 14. Local loss of stability of the arches and reinforcing elements (335th metre)

mie porównywalnym do uzyskanego podczas modelowania numerycznego.

5. Podsumowanie i wnioski

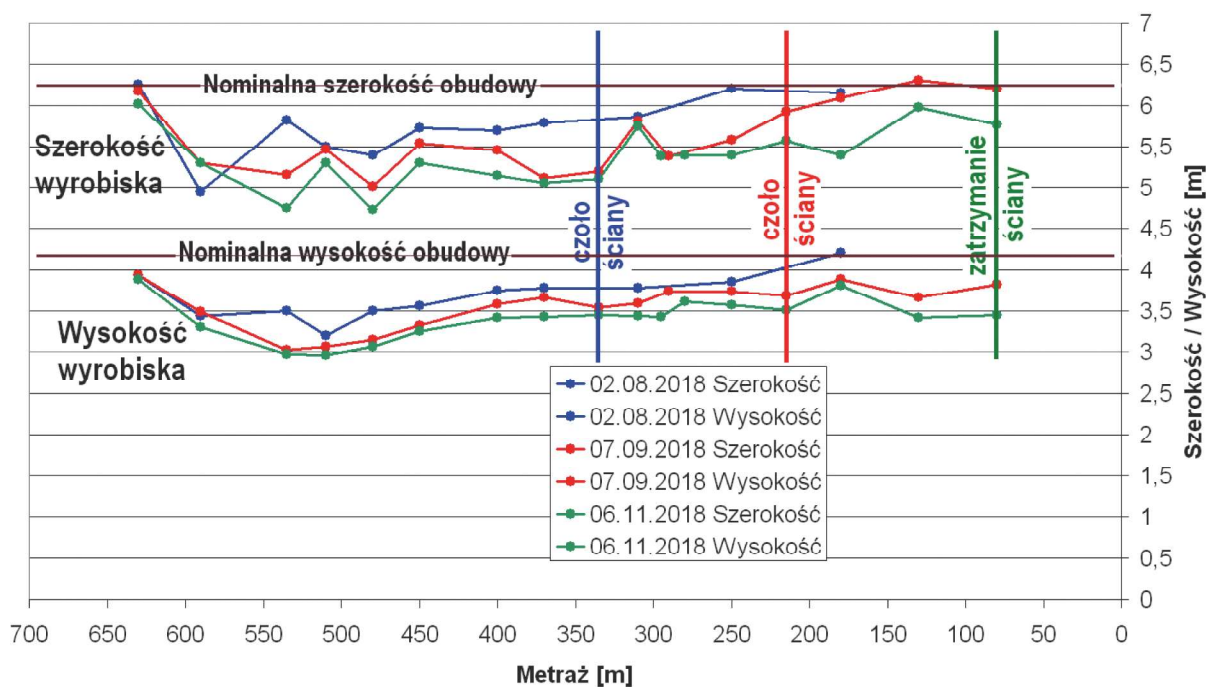
Prezentowana w artykule obudowa ŁPSil12/V36, wzmocniona stalowymi stojakami i zastrzałami, opracowana została pod kątem jednoczesnego dźwżenia chodnika i prowadzenia eksploatacji sąsiednią ścianą. Ostatecznie jednak dzięki dużemu zaangażowaniu załogi, możliwe było wcześniejsze wydrążenie całego chodnika. Pozwoliło to uniknąć kłopotliwego dźwżenia chodnika z jednoczesnym prowadzeniem ściany.

Zaprojektowane wzmocnienia obudowy ŁPSil (zabudowane na odcinku około 620 m) obejmowały zabudowę stalowych zastrzałów oraz stojaków SV. Z uwagi na dużą liczbę

elementów wzmacniających, niewielkie rozstawy odrzwi, a także dla sprawnego i terminowego wydrążenia chodnika konieczne było zatrudnienie dodatkowej załogi. Między innymi dzięki temu uzyskano średni postęp około 6,1 m/dobę, tj. 12-13 odrzwi.

Należy tu też zaznaczyć, że zastosowane wzmocnienia ograniczały w sposób znaczący funkcjonalności wyrobiska. Stalowe zastrzały nie utrudniały prowadzenia transportu kolejką podwieszaną ani odstawy urobku z przodka. Podobnie stojaki SV, które budowane były przed frontem ściany 333 z wyprzedzeniem co najmniej 100 m.

Dla zapewnienia odpowiednio wysokiego poziomu bezpieczeństwa zastosowano dodatkowe obostrzenia. W czasie eksploatacji ścianą 333 wyłączano z ruchu załogi odcinek wyrobiska od 100 mb przed frontem ściany aż do cechy 150 mb Chodnika badawczego kierunkowego nr 6a. Wejścia do



Rys. 15. Pomierzone gabaryty chodnika 332 w świetle obudowy

Fig. 15. The measured dimensions of road 332 within the area of the support

strefy zostały oznaczone transparentami, tablicami, a zgodę na wejście do tej części Chodnika 332 na zmianie nieeksploatacyjnej lub podczas postępu ściany udzielał dyspozytor ruchu. Ponadto w trakcie eksploatacji ściany 333 na zmianie niewydobywczej wyrobisko poddawane było kontroli, w czasie której sprawdzano między innymi stan techniczny obudowy, co pozwoliło wyznaczyć odcinki o wzmożonym ciśnieniu eksploatacyjnym. W trakcie tych działań strzemię elementów wzmacniających zastrzałów i stojaków SV były regularnie dokręcane.

Podsumowując, zastosowana wzmocniona obudowa i przyjęty sposób prowadzenia prac przygotowawczych pozwolił na skrócenie czasu okresu pomiędzy zatrzymaniem ściany 333 a uruchomieniem ściany kolejnej - 332 z około 4 miesięcy do 1 tygodnia.

Literatura

- BILIŃSKI A. 1984 - Tąpnięcia w świetle mechaniki górotworu odprężonego. Prace GIG, Katowice.
- BILIŃSKI A. 1989 - Ocena stanu zagrożenia tąpnięciem wyrobiska eksploatacyjnego. Prace GIG, Katowice.
- BILIŃSKI A. 1992 - Zasady utrzymania wyrobiska w ścianach zawałowych. Prace GIG, Katowice.
- BILIŃSKI A. 1996a - Ruchy górotworu w polach eksploatacji ścianowej. Praca GIG (niepublikowana). Katowice.
- BILIŃSKI A. 1996b - Obciążenie wyrobisk eksploatacyjnych. Prace GIG (niepublikowana). Katowice.
- BRODNY J. 2011 - Tests of friction joints in mining yielding supports under dynamic load. Archives of Mining Sciences, Vol. 56, No. 2, p. 303-318.
- BRODNY J. 2012 - Identyfikacja parametrów pracy złącza ciernego stosowanego w górniczej obudowie podatnej wyrobisk korytarzowych. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice.
- KUBA S., SZATANIK P., POLACH K. 2002 - Zpevnování důlních děl na lokalitě Doubrava Dolu Čs. armáda injektážemi a svorníkováním. Reinforcement, sealing and anchoring of rock massive and building structures 2002. Ostrava 14.-15.2.2002.
- MAJCHERCZYK T., NIEDBALSKI Z., ULASZEK A. 2013 - Wzmacnianie obudowy wyrobisk korytarzowych w warunkach wysokich naprężeń. „Przeгляд Górnicy” nr 5, s. 17-24.
- PRUSEK S., ROTKEGEL M., SKRZYŃSKI K. 2006 - Komputerowe wspomaganie projektowania obudowy wyrobisk korytarzowych i ich połączeń. „Przeгляд Górnicy” nr 3, s. 21-26.
- PRUSEK S., ROTKEGEL M., SKRZYŃSKI K. 2007 - Proces projektowania obudowy wyrobisk korytarzowych z wykorzystaniem systemu CAD. Górnictwo i Geoinżynieria. Kwartalnik Akademii Górniczo-Hutniczej, R 31, z. 3/1, s. 485-496.
- PRUSEK S. 2008 - Metody prognozowania deformacji chodników przyścianowych w strefach wpływu eksploatacji z zawałem stropu. Prace Naukowe GIG nr 874. Katowice.
- PRUSEK S., ROTKEGEL M., TOR A. 2008 - Przebieg kompleksowego procesu projektowania nowej konstrukcji obudowy wyrobisk korytarzowych. Szkoła Eksploatacji Podziemnej, s. 333-351.
- PRUSEK S., ROTKEGEL M., BOCK S. 2009 - Design and control of working support in Polish coal mines based on three-dimensional numerical modeling. 28th International Conference on Ground Control in Mining.
- RAKOWSKI G., KACPRZYK Z. 1993 - Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- RUSIŃSKIE. 1994 - Metoda elementów skończonych. System COSMOS/M. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa.
- SRAC 1999 - COSMOS/M. User's Guide, Structural Research & Analysis Corp. Los Angeles, USA.
- WALENTEK A. 2018 - Empiryczna i numeryczna metoda prognozy zasięgu strefy spękań górotworu wokół chodnika przyścianowego przed frontem ściany. „Przeгляд Górnicy” nr 2, s. 50-59.

Artykuł wpłynął do redakcji – luty 2019

Artykuł akceptowano do druku – marzec 2019