



I. ARTYKUŁY / PAPERS

Wybór optymalnej metody zabezpieczenia komory Fryderyk August w Kopalni Soli „Wieliczka” w aspekcie poprawy statyki górotworu, ochrony powierzchni i zapobiegania zagrożeniu wodnemu

The optimal method for securing the Frederick Augustus Chamber in the “Wieliczka” salt mine to improving rock mass statics, protecting the surface and preventing water hazard

Kajetan D’OBYRN

Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
e-mail: dobyrn@agh.edu.pl

STRESZCZENIE

Komora Fryderyk August znajduje się jest na poziomie II_n, na południe od szybu Górsko. W części północnej komory, zlokalizowany jest wyciek nienasyconej solanki i upłynionego materiału ilasto-pyłastego z szczeliny stropowej. Wyciek powoduje systematyczny rozwój zniszczeń płaszcza solnego komory i elementów drewnianej obudowy. Analizując możliwe metody zabezpieczenia komory Fryderyk August wzięto pod uwagę podsadzenie komory podsadzką hydrauliczną albo zabezpieczenie komory poprzez wzmocnienie skał stropowych i ociosowych obudową kotwiovą i zabudowę kasztów drewnianych oraz wykonanie zabiegów iniekcyjnych. Trzecim rozważanym rozwiązaniem problemu jest wypełnienie komory mieszaninami iniekcyjnymi. Rozwiązaniem optymalnym okazało się wypełnienie komory mieszaninami iniekcyjnymi z uwagi na uzyskanie pełnego podparcia stropu i zabezpieczenie rejonu wycieku bezpośrednio po wypełnieniu, bez wpływu na obciążenie i stan filarów wyrobisk sąsiednich. Wybrany wariant nie wymaga przebudowy wyrobisk chodnikowych w celu doprowadzenia podsadzki do likwidowanych komór oraz zapewnia bezpieczne prowadzenie robót.

Słowa kluczowe: górnictwo, zabezpieczenie komór, ochrona zabytkowych wyrobisk, ochrona powierzchni, zagrożenie wodne

ABSTRACT

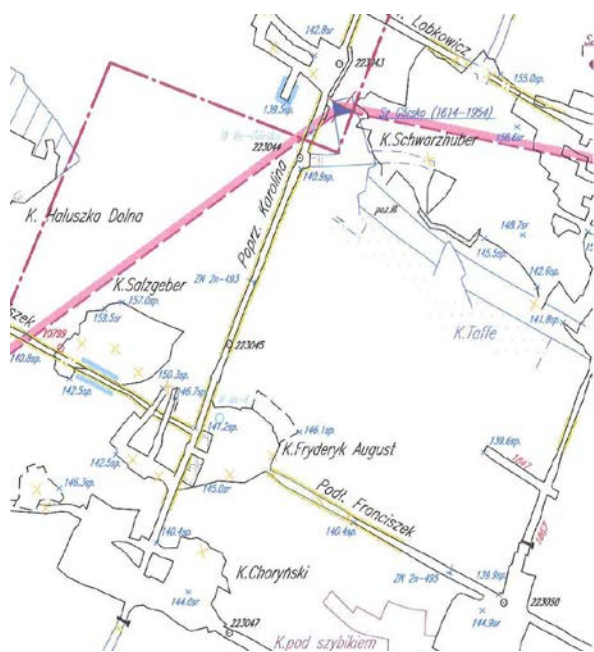
The Frederick Augustus Chamber is located on Level II_n, south of the Górsko shaft. Unsaturated brine and liquefied fine silt are leaking into the chamber from a fissure in the ceiling located in the northern part of the chamber. Salt water and the liquefied silty material are causing systematic damage to the salt-coat of the chamber as well as to its wooden supporting elements. The following possibilities of implementing alternative solutions were analysed as an outcome of the analysis of methods for securing the Frederick Augustus Chamber: back-filling the chamber by means of hydraulic backfilling; securing the chamber by strengthening ceiling rocks and sidewalls with anchor supports and wooden crib casing as well as performing injection procedures. The optimal solution is a filling-in of the chamber with injection mixtures because it allows to accomplish the total support of the ceiling and secures the leak area immediately upon filling of the chamber, without increasing the load, and without deteriorating the state of the pillars of mine workings located in the work area. This option was selected as it does not require reconstruction of the mine corridors for the purpose of backfill transportation to the chamber guaranteeing long-term safe working conditions.

Key words: mining, chamber backfilling, protecting historic mine workings, surface protection, water hazard

WSTĘP

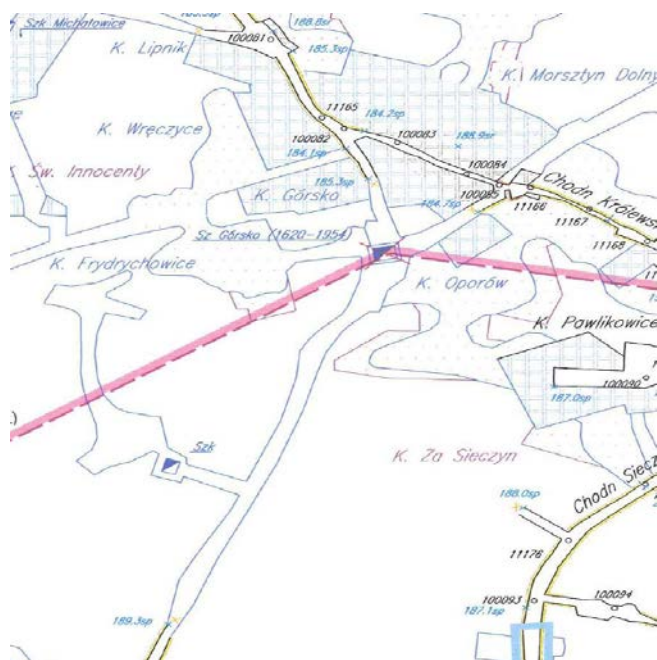
Komora Fryderyk August zlokalizowana jest na poziomie II_n. na południe od szybu Górsko, bezpośrednio przy południowym odcinku poprzeczni Karolina. Komora od wielu lat jest w stanie zawałowym, który spowodowany jest migracją nienasyconej solanki, a skutkiem jest wypływ przez szczelinę stropową komory upłynnionego materiału ilastego. Część komory z sięgającym stropu materiałem ilastym powinna zostać zlikwidowana, natomiast część przylegająca do chodnika Karolina należy zabezpieczyć. Podstawowym problemem jest dobór metody likwidacji i zabezpieczenia, która to metoda zabezpieczy komorę i jej otoczenie przed dalszą degradacją. Prawdopodobnie dobrana metoda oraz jej bezpieczna realizacja mogą zostać wykorzystane przy zabezpieczaniu innych wyrobisk w zabytkowych kopalniach.

Od strony zachodniej do komory Fryderyk August przylega komora Salzgeber, która jest w stanie zawałowym, a od strony południowej komora Choryński (Ryc. 1). Bezpośrednio nad komorą zlokalizowane jest niedostępne wyrobisko komorowe bez nazwy, prawdopodobnie wyeksploatowane w tej samej bryle soli zielonej typowej, lub też w wąskim pasie utworów złoża pokładowego – w pokładzie soli spizowej. Na poziomie II_w., kilkanaście metrów na północny wschód od komory Fryderyk August zlokalizowana jest komora Pawlikowice, która sięga do poziomu I. Nad komorą Fryderyk August - na poziomie I - istnieje chodnik łączący podłużnie Karaś z szybem Górsko. Na tym poziomie są również zlokalizowane zespoły wyrobisk komorowych (Ryc.2), w przeważającej większości niedostępnych (komory Frydrychowice, Górsko, Pawlikowice, Oporów).



Ryc. 1. Wyrobiska poziomu II_n. w otoczeniu komory Fryderyk August (Archiwum KS „Wieliczka”)

Fig. 1. Workings at the level II_n in the vicinity of Fryderyk August chamber (Archives KS „Wieliczka”)



Ryc. 2. Wyrobiska poziomu I nad komorą Fryderyk August (Archiwum KS „Wieliczka”)

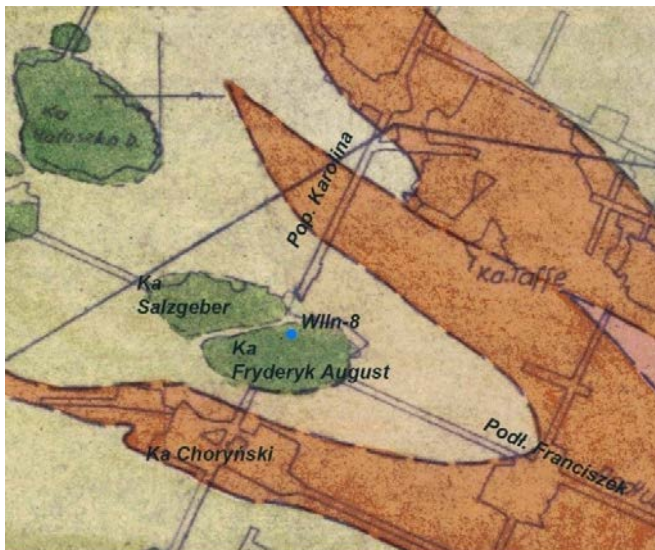
Fig. 2. Workings of level I above Fryderyk August chamber (Archives KS „Wieliczka”)

UWARUNKOWANIA GEOLOGICZNE






Budowa geologiczna wielickiego złoża została przedstawiona w wielu publikacjach jak np.: Gawel (1962), Garlicki (1979), Alexandrowicz (2000), Oszczytko i in. (2006). W niniejszej publikacji skoncentrowano się na opisie warunków geologicznych w otoczeniu komory Fryderyk August, która została wyeksploatowana w bryle soli zielonej typowej ZBt, w partii złoża bryłowego wypełniającej synklinę utworzoną przez lokalne łuski złoża pokładowego. W utworach złoża pokładowego budujących tę strukturę wyeksploatowano na północ od komory zespół wyrobisk w rejonie szybu Górsko: komory Schwarzhuber, Taffe, na południe komorę Choryński (Ryc. 3). Bryła komory Fryderyk August tkwi w skałach płonnych typu zubrów, charakteryzujących się bardzo bogatą siecią wtórnych soli włóknistych. Laminacja bryły ZBt obserwowana w stropie komory rozciąga się na kierunku W-E, natomiast obserwowana w ociosie zachodnim komory (w rejonie poprzeczni Karolina) wykazuje zafałdowania.

WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Podstawową charakterystykę warunków hydrogeologicznych Kopalni Soli „Wieliczka” przedstawiono w publikacji Brudnik i in. (2010), natomiast uwarunkowania hydrogeologiczne w centralnej części kopalni na najpłytszych poziomach (d’Obyrn, 2012) kształtują aktualną sytuację w tym rejonie kopalni. W komorze Fryderyk August zlokalizowany jest wyciek WII_n-8. Został on zarejestrowany w 1969 roku. Początkowo w komorze obserwowano wyciek kroplowy (około 120 kr/min) z północno-wschodniego fragmentu stropu. Solanki



Objaśnienia:

-  - zubry i ilowce margliste
-  - sól zielona bryłowa
-  - sole spizowe
-  - sól szybikowa
-  **WIlIn-8** – wyciek solanki

Ryc. 3. Mapa geologiczna górotworu w najbliższym otoczeniu komory Fryderyk August poziom II (Przybyło J., [w:] Projekt techniczny... 2014)

Fig. 3. Geological map of level II in the vicinity of the Friedrich August chamber (Przybyło J., [in:] Projekt techniczny... 2014)

z wycieku gromadziły się w rzępiu zlokalizowanym w poprzeczni Karolina w rejonie, w którym przechodzi ona przez komorę Fryderyk August. Wykroplenia pierwotnie występowały w miejscu wcinki w stropie komory, następnie stopniowo zaczęły migrować w kierunku zachodnim, ostatecznie lokując się w strefie spękań stropu wyrobiska. Wielkość wykropleń wahała się w granicach 30–200 kropel/min. Analizy chemiczne z lat 1984–2003 wykazały pełne nasycenie solanki wycieku. Od lat 2009–2010 stwierdzono towarzyszący okresowo wykropleniom materiał skalny w formie ilów pylastych i znaczny spadek nasycenia wód wycieku. W miejscu wykropleń stwierdzono stopniowe poszerzanie się strefy spękań aż do wylugowania w stropie pustki znacznych rozmiarów (ok. 1,5 m x 1,5 m x 2 m), która łączy komorę z prawdopodobnym, niedostępnym wyrobiskiem zlokalizowanym nad nią. Materiał skalny wynoszony z wyciekiem uformował stożek sięgający stropu komory (Ryc. 4).

W ostatnim czasie wydatek wycieku waha się orientacyjnie w granicach 0,1–0,3 dm³/min, przy nasyceniu ok. 27–30 g/dm³ NaCl. Wyciek WIlIn-8 może mieć genetyczny związek z utworami wodonośnymi zlokalizowanymi wokół szybu Górsko. Wycieki wód z tego szybu pierwotnie obserwowano na podszczybiu poziom III. Na mapie „Dopływu wód dzikich” (tak nazywano wycieki kopalniane) poziomu III z lat 30. XX wieku, na podszczybiu szybu widnieje wyciek nr 63 o wydatku 1,59 dm³/min. Według obserwacji z lat 1943–1944 na podszczy-

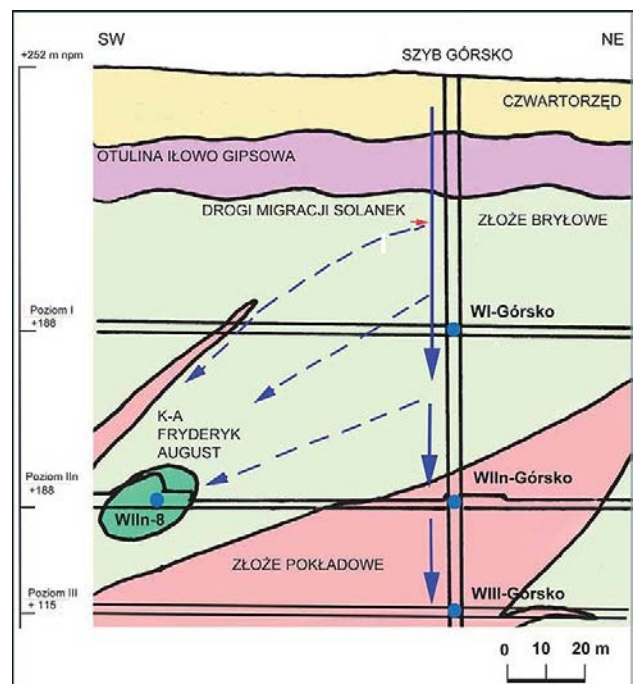


Ryc. 4. Szczelina w stropie oraz nagromadzenie materiału skalnego wynoszonego do komory

Fig. 4. The fissure in the roof and a pile of rock material carried in to the chamber by inflowing water

biu poziomu III występowały dopływy rzędu 0,66–2,0 dm³/min, zaś w latach 1948–49 o wielkości około 1,5 dm³/min. Solanki te były nienasycone.

Po zasypaniu szybu Górsko w 1954 roku dopływy rejestrowane na jego podszczybiach charakteryzowały się zróżnicowanym wydatkiem w granicach od kroplowych do około 2 dm³/min, a także zmiennością dróg przepływu. Wycieki związane z szybem obserwowano w rejonie podszczybi na poziomie II niższym oraz III. Podszczybia na poziomach I oraz IV nie są dostępne (Ryc. 5).



Ryc. 5. Schemat dopływu wód i materiału skalnego z szybu Górsko do rejonu komory Fryderyk August poz. II (d'Obyrn K., Przybyło J., 2012)

Fig. 5. Schematic inflow of water and rock material from the Górsko shaft to the area of the Frederick August chamber at level II (d'Obyrn K., Przybyło J., 2012)

W chodniku dojściowym do szybu Górsko na poziomie I w rejonie nad komorą Fryderyk August stwierdzono wyciek kroplowy nienasyconej solanki w ilości około 0,2 dm³/min oraz nagromadzenie płynnego materiału skalnego, makroskopowo podobnego do tego, który obserwuje się w komorze Fryderyk August.

Nie można jednoznacznie stwierdzić, czy dopływ solanek, a zwłaszcza materiału skalnego ma związek z szybem Górsko, ale wiele faktów wskazuje na tę możliwość. Obecność kurzawki makroskopowo podobnej do tej obserwowanej w komorze Fryderyk August stwierdzono na podszybiach tego szybu lub w ich otoczeniu, zwłaszcza na poziomie I. Zwiększona zawartość siarczanów w wodach wycieku WIIn-8 (około 7-9 g/ dm³) świadczy o migracji wód z utworów czwartorzędowych przez otulinę iłowo-gipsową do wyrobisk kopalni. Migracja solanki oraz materiału skalnego z rejonu szybu Górsko do komory Fryderyk August prawdopodobnie odbywa się po drogach powstałych zgodnie z kierunkiem zapadania utworów złoża pokładowego. Dopływ solanek i materiału skalnego może mieć także związek z zapadliskiem dopowierzchniowym komory Zgłobice i być niezależnym od szybu Górsko.

STAN REJONU KOMORY FRYDERYK AUGUST I METODY ZABEZPIECZENIA

W 2011 r. w komorze Fryderyk August stwierdzono miejscowe występowanie wzmoczonego ciśnienia górotworu objawiające się między innymi odkształceniami nieciąglymi elementów drewnianej obudowy komory – pęknięcia stropnic i stojaków oraz miejscowe wypiętrzenie spągownic. W celu ograniczenia tych zagrożeń podjęto działania mające na celu likwidację źródła dopływu wycieku do komory oraz zabezpieczenie rejonu komory i poprzeczni Karolina zlokalizowanych w sąsiedztwie miejsca wypływu.

W ramach działań mających na celu likwidację źródła dopływu wycieku w okresie od grudnia 2011 r. do grudnia 2012 r. przeprowadzono doszczelnienie szybu Górsko w przedziale głębokości od 0 do 18m p.p.t., stanowiącego potencjalną drogę migracji wód z powierzchni do podziemnych wyrobisk w tym rejonie kopalni. Zabezpieczono również fragment komory Fryderyk August i poprzeczni Karolina poprzez zabudowę kasztów oraz wykonanie obudowy podporowej z drewna.

Niestety, pomimo wykonania prac doszczelniających w szybie Górsko, w komorze Fryderyk August w dalszym ciągu obserwowany jest okresowy wypływ upłynnionego materiału ilastego z nienasyconą solanką. W wyniku wykonanego w 2013 r. przeglądu wyrobisk na poz. I w rejonie szybu Górsko, stwierdzono, że podszybie szybu Górsko jest niedostępne, przy czym zarówno dojście od strony podłużni Karaś jak i dojścia od strony chodników Górsko i Królewskie są niedrożne. W chodniku Górsko ok. 15 m od szybu Górsko zalegają pod strop chodnika skały ilaste przemieszane z gliną.

W chodniku dojściowym do szybu Górsko od strony chodnika Królewskie, ok. 15 m przed szybem nastąpił zawał chodnika z widocznymi wykropleniami wody, ściekającymi po obudowie w ilości ok. 0,2 dm³/min. oraz nagromadzony jest nanieiony materiał ilasty na spągu, identycznego jak w komorze Fryderyk August. Stan tych wyrobisk ogranicza możliwość podjęcia działań pozwalających na skuteczne uszczelnienie dróg dopływu wycieku występującego w komorze.

Brak skutecznego uszczelnienia dróg dopływu wycieku komory skutkuje obecnie powiększaniem pustek nad komorą, które osłabiają otaczający górotwór i mogą prowadzić do jej zawału i bezpowrotnej utraty wyrobiska. Wyciek spowodował również wyługowania w spągu poprzeczni Karolina skutkujące osłabieniem wsparcia drewnianych odrzwi stanowiących obudowę górniczą tego wyrobiska. Zawał komory Fryderyk August może wpłynąć na wzrost zagrożenia wodnego i zawałowego w rejonie komory oraz utratę stateczności wyrobisk zlokalizowanych w jej sąsiedztwie. W przypadku zawału komory zniszczeniu ulegnie również przechodzący przez nią odcinek poprzeczni Karolina, stanowiący drogę dojściową do zlokalizowanych w rejonie komory, a przewidzianych do zachowania komór Franciszek i komory Choryński.

Wobec powyższego niezbędne jest ograniczenie możliwość dalszego rozwoju zagrożenia wodnego oraz zawałowego w rejonie komory i jej zabezpieczenie przed niekontrolowanym obwałem stropu. W celu wyboru optymalnego sposobu realizacji tych prac, przeanalizowano możliwość wykorzystania różnych stosowanych w kopalni metod zabezpieczenia wyrobisk:

- podsadzenie komory podsadzka hydrauliczną,
- zabezpieczenie komory poprzez wzmocnienie skał stropowych i ociosowych obudową kotwiovą i zabudowę kasztów drewnianych oraz wykonanie zabiegów iniekcyjnych,
- wypełnienie komory spienianymi lekkimi mieszaninami iniekcijnymi.

Przy zastosowaniu każdej z ww. metod należy uwzględnić konieczność zachowania fragmentu komory na odcinku jej kontaktu z poprzeczną Karolina, która stanowi wyrobisko komunikacyjne i wentylacyjne na poziomie II niższym. Zrealizowane to zostanie poprzez wzmocnienie skał stropowych i ociosowych komory w rejonie poprzeczni Karolina obudową kotwiovą z kotew szkłoepoksydowych o długości do 10 m oraz zabudowę kasztów.

Ocena możliwości podsadzania komory Fryderyk August podsadzka hydrauliczną:

Podsadzenie komory Fryderyk August podsadzka hydrauliczną wymaga ulokowania w komorze ok. 2 390 m³ piasku podsadzkiowego. Ten sposób zabezpieczenia wyrobiska wymaga także wykonania: szeregu przebudów wyrobisk chodnikowych na poziomach wyższych, w celu doprowadzenia rurociągów podsadzkiowych i odwadniających do likwidowa-

nego wyrobiska, otworów podsadzkowych do najwyższych punktów likwidowanej komory oraz tam podsadzkowych. Zakres tych robót, które muszą poprzedzić wykonanie prac podsadzkowych, skutkuje długim okresem uzyskania oczekiwanego efektu realizacji w postaci zabezpieczenia wyrobiska. Wprowadzenie znacznej ilości piasku podsadzkowego do komory wpłynie na dodatkowe obciążenie filarów komór leżących poniżej. Dodatkowo, zastosowanie technologii podawania materiałów podsadzkowych opartej na transporcie hydraulicznym rurociągami, wymaga ujmowania solanki z miejsc lokowania materiału podsadzkowego. Z uwagi na znaczne zeszczerzenie górotworu w rejonie komory Fryderyk August ujmowanie solanki będzie utrudnione. Solanka wprowadzona do komory wraz z piaskiem podsadzkowym, w ilości zbliżonej do objętości piasku, nawodni poprzez szczeliny warstwy ilaste budujące górotwór i spowoduje utratę parametrów wytrzymałościowych filarów zlokalizowanych w tym rejonie wyrobisk, skutkując zagrożeniem zawału wyrobisk, a w dalszej kolejności zagrożeniem dla nadległych terenów powierzchni. Zastosowanie piasku do wypełnienia komory nie zapewni doszczelnienia miejsca wycieku, a niezasolona solanka nadal będzie migrowała przez komorę.

Ocena możliwości zabezpieczenia komory Fryderyk August poprzez wzmocnienie skał stropowych i ociosowych obudową kotwiczną oraz zabudowę kasztów drewnianych wraz z wykonaniem zabiegów iniekcyjnych

Wykonanie takiego zabezpieczenia polega na zabudowie w stropie i ociosach komory kotew szkłoepoksydowych o długości do 10 m oraz zabudowie kasztów drewnianych i wykonaniu zabiegów iniekcyjnych. Rozwiązanie to nie wymaga wykonywania długotrwałych prac przygotowawczych i nie wpływa na wzrost obciążeń oraz utratę parametrów wytrzymałościowych filarów zlokalizowanych w rejonie wyrobisk. Niestety wykonanie w komorze Fryderyk August prac kotwicznych oraz zabudowy kasztów wymagałoby wejścia załogi kopalnianej bezpośrednio w rejon zagrożony zawałem skał stropowych, stwarzając bezpośrednie zagrożenie dla bezpieczeństwa ludzi. Dodatkowo zawodnienie górotworu w otoczeniu komory ogranicza możliwość skutecznego osadzania kotew w górotworze.

Ocena możliwości wypełnienia komory Fryderyk August mieszaninami iniekcyjnymi

Wykonanie zabezpieczenia komory Fryderyk August poprzez wypełnienie jej przestrzeni spienianymi lekkimi materiałami iniekcyjnymi nie wymaga wykonywania długotrwałych prac przygotowawczych. Zastosowanie spienianych materiałów iniekcyjnych pozwoli na wypełnienie komory w całej jej przestrzeni bez konieczności wykonywania rozbudowanych tam podsadzkowych. Ze względu na ograniczony zakres prac przygotowawczych to rozwiązanie możliwe jest do szybkiej realizacji. Zastosowane materiały zapewnią

szybkie podparcie i doszczelnienie miejsca, w którym wyciek pojawia się w komorze, jak również nie wpłyną znacząco na wzrost obciążeń oraz utratę parametrów wytrzymałościowych filarów zlokalizowanych w tym rejonie wyrobisk. Wypełnienie komory lekkimi materiałami iniekcyjnymi jest możliwe do wykonania bez konieczności prowadzenia prac w części komory zagrożonej powstaniem obwałów skał stropowych i ociosowych, zatem nie stwarza bezpośredniego zagrożenia dla załogi która te prace będzie wykonywała.

OPIS WYBRANEJ METODY ZABEZPIECZENIA KOMORY FRYDERYK AUGUST

Analizując przedstawione powyżej metody zabezpieczenia komory Fryderyk August należy stwierdzić, że optymalną metodą zabezpieczenia tej komory będzie jej wypełnienie mieszaninami iniekcyjnymi.

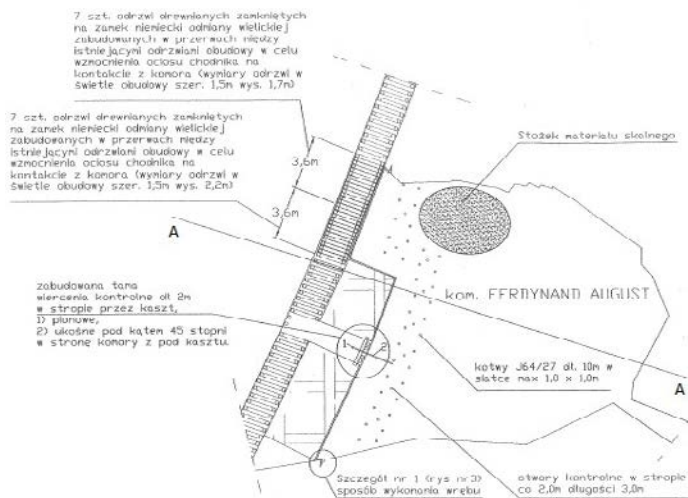
Wybrana metoda zabezpieczenia komory obejmuje zasadniczo dwa kierunki prowadzenia prac. Pierwszy, dotyczy likwidacji pustki w komorze poprzez wypełnienie pianami mineralnymi, w części komory położonej na wschód od poprzeczni Karolina. Drugi część prac to zabezpieczenie fragmentu komory w części sąsiadującej bezpośrednio z poprzeczną Karolina.

Likwidacja pustki w komorze wymaga zabudowy tamy iniekcyjnej z kopalniaków, desek i płótna podsadzkowego, oddzielającej wypełnianą część komory od poprzeczni Karolina. W rejonie, w którym zostanie wykonana tama podsadzkowa planuje się wzmocnienie stropu komory poprzez zabudowę kotew z włókna szklanego J64/27 o długości 8,0 m i 10,0 m w siatce 1,0m x 1,0m z podkładkami i nakrętkami.

Zabezpieczenie komory w części sąsiadującej z poprzeczną Karolina polegać będzie na wzmocnieniu istniejącej obudowy drewnianej poprzez zabudowę nowych odrzwi pośrednich obudowy drewnianej zamkniętej, łączonej na zamek niemiecki w odmianie wielickiej. Wymiary odrzwi w świetle obudowy: szerokość 1,5 m wysokość 2,2 m.

Zakres prac przygotowawczych do likwidacji pokazano na rycinach 6 i 7.

Wypełnienie pustki komory Fryderyk August na poziomie II_n zostanie wykonane pianą cementową charakteryzującą się niskim ciężarem właściwym, łatwością rozprowadzania oraz dużą szybkością wiązania. Piana zostanie wytworzona w rejonie przodka i podawana agregatem pompowym przez tamę zamykającą wyrobisko. Do wypełnienia przestrzeni komory wraz z wylugowaną pustką stropową zostanie zastosowana piana cementowa lekka (Ekopiana lub materiał o podobnych parametrach) o stosunku wody do proszku równej jeden w/p=1. Wytrzymałość na ścislenie zastosowanej piany po 28 dniach wyniesie 1,92 MPa. Wypełnianie prowadzone będzie warstwami poziomymi. Jednorazowo należy podawać nie więcej niż 10 Mg materiału. Z najwyższych miejsc wypełnianej przestrzeni należy wyprowadzić rury odpowietrzające przez tamę do poprzeczni Karolina. Do wytworzenia piany



Ryc. 6. Schemat proponowanego zabezpieczenia wyrobiska
(Projekt techniczny... 2014)

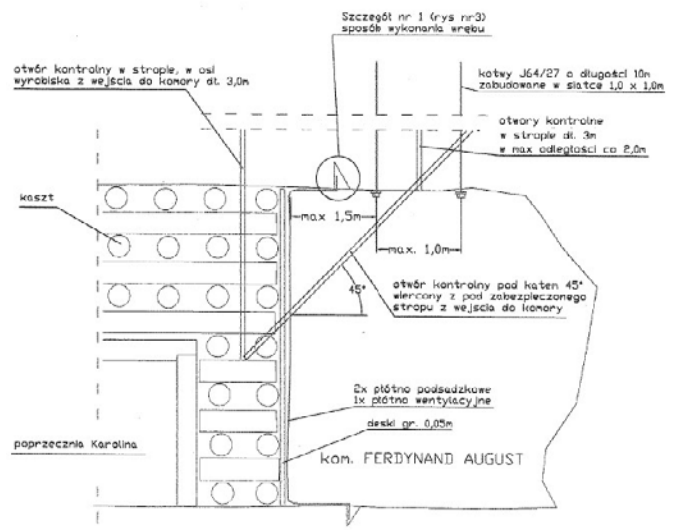
Fig. 6. Scheme of suggested excavations protection
(Projekt techniczny... 2014)

cementowej zostanie zastosowany agregat pompowy służący do wytwarzania mieszanin materiałów cementowych z wodą, w określonych proporcjach składników, a następnie przetłoczenia wytworzonej piany przewodem do miejsca zastosowania. Stanowisko agregatu zostanie zlokalizowane w rejonie zlikwidowanego szybu Górsko na poziomie II n przy poprzeczni Karolina, skąd przewodem elastycznym ułożonym na spągu wyrobiska, piana zostanie doprowadzona za tamę w wypełnianą przestrzeń komory Fryderyk August (Projekt techniczny... 2014).

PODSUMOWANIE

Z przeprowadzonej oceny różnych metod zabezpieczenia komory Fryderyk August w aspekcie statyki otaczającego górotworu i ochrony powierzchni wykazano, że optymalną metodą zabezpieczenia jest wypełnienie komory mieszaninami iniekcyjnymi. Wybór tej metody uzasadniają w szczególności następujące argumenty:

- geomechaniczne - uzyskuje się pełne podparcie stropu i zabezpieczenie rejonu wypływu wycieku bezpośrednio po wykonaniu wypełnienia komory nie wpływając na wzrost obciążeń i pogorszenie stanu filarów wyrobisk zlokalizowanych w rejonie wykonywanych robót,
- technologiczne - wybrano opcję, która nie wymaga przebudowy wyrobisk chodnikowych w celu doprowadzenia podsadzki do likwidowanych komór, zapewnia bezpieczne prowadzenie robót bez konieczności długotrwałego przebywania ludzi w strefach zagrożonych zawałem skał.



Ryc. 7. Schemat przygotowania wyrobiska do likwidacji
(Projekt techniczny... 2014)

Fig. 7. Scheme of preparation of the excavation for liquidation
(Projekt techniczny... 2014)

Praca została częściowo sfinansowana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach badań statutowych AGH WGGiOŚ nr 11.11.140.797.

LITERATURA / REFERENCES

- ALEXANDROWICZ Z. [red], 2000. Groty Kryształowe w Kopalni Soli Wieliczka. *Studia Naturae* 46 PAN Instytut Ochrony Przyrody
- BRUDNIK K., CZOP M., MOTYKA J., D'OBYRN K., ROGOŹ M., WITCZAK ST., 2010. The complex hydrogeology of the unique Wieliczka salt mine, *Przeegląd Geologiczny* 58 (9/1): 787-796
- D'OBYRN K., 2012. The analysis of destructive water infiltration into the Wieliczka Salt Mine – a unique UNESCO site, *Geological Quarterly* 56 (1): 85-94
- D'OBYRN K., PRZYBYŁO J., 2012. Problemy hydrogeologiczne i geotechniczne związane z zawodnieniem zabytkowych szybów kopalni soli Wieliczka na przykładzie szybu Górsko, *Geology, Geophysics & Environment* 38 (1): 23-34,
- GARLICKIA., 1979. Sedymentacja soli mioceńskich w Polsce, Prace Geologiczne PAN oddz. w Krakowie, nr 119
- GAWĘŁ A., 1962. Budowa złoża solnego Wieliczki, Prace tom XXX, cz. III. Instytut Geologiczny, Warszawa
- OSZCZYPKO N., KRZYWIEC P., POPADYUK I., PERYT T., 2006. Carpathian Foredeep Basin (Poland and Ukraine) – its sedimentary, structural and geodynamic evolution. in: Picha F, Golonka J (eds.), *The Carpathians and Their Foreland: Geology and Hydrocarbon Resources*, AAPG Memoir 84: 293-350.
- Projekt techniczny zabezpieczenia i zamknięcia wlotu do komory Fryderyk August na poziomie II n Kopalni Soli „Wieliczka” S.A. – sierpień 2014 r. – praca zbiorowa, Archiwum Kopalni Soli „Wieliczka” S.A.