

Zabezpieczenie komory Ferdynad d'Este jako działanie ograniczające zagrożenie wodne przy północnej granicy wielickiego złoża soli

Securing the Ferdinand d'Este Chamber as an operation limiting water hazard at the northern boundary of the Wieliczka salt deposit



Dr hab. inż. Kajetan d'Obyrn *,**)



Mgr inż. Jan Kucharz *)

Treść: W artykule przedstawiono sposób zabezpieczenia jednej z komór w Kopalni Soli „Wieliczka”. Komora Ferdynad d'Este znajduje się w rejonie zaliczonym do III stopnia zagrożenia wodnego, przy północnej granicy złoża. Kopalnia Soli „Wieliczka” prowadzi systematyczne prace ograniczające zagrożenie wodne i zawałowe szczególnie przy północnej granicy złoża, poprzez zabezpieczenie lub likwidację komór w celu stabilizacji górotworu. W przypadku komór zabytkowych, których nie można zlikwidować wykonywana jest analiza geomechaniczna i hydrogeologiczna, a na ich podstawie powstaje projekt zabezpieczenia komory. Zabezpieczenie komory Ferdynad d'Este jest przykładem planowanych prac obejmujących zarówno obudowę kotwioną, obudowę podporową oraz szczelną likwidację, co stanowi przykład kompleksowego podejścia do występujących problemów hydrogeologiczno-górnicych w zabytkowej kopalni soli.

Abstract: This paper presents a procedure for securing one of the chambers of the “Wieliczka” Salt Mine. The Franz Ferdinand Chamber is located in a third degree water hazard zone at the northern boundary of the Wieliczka salt deposit. The “Wieliczka” Salt Mine conducts systematic works limiting water and cave-in hazards especially at the northern boundary of the salt deposit securing and liquidating chambers for the purpose of stabilizing the rock mass. Geomechanical and hydrogeology analyses are performed in the case of historic chambers that cannot be liquidated. Chamber-securing procedures are developed on the basis of the analyses results. Securing the Franz Ferdinand Chamber is an example of planned works including rockbolt supporting, chock supporting and tight-sealed liquidation being an example of a comprehensive approach to hydrogeology and mining problems that may arise in historic salt mines.

Słowa kluczowe:

kopalnia soli, zagrożenie wodne, zagrożenie zawałowe, stabilizacja górotworu, zabezpieczenie komory

Key words:

salt mine, water hazard, cave-in hazard, rock mass stabilization, securing the chamber

1. Wprowadzenie

Na przestrzeni ponad siedmiu wieków w Kopalni Soli „Wieliczka” wykonano około 2 400 wyrobisk komorowych połączonych układem wyrobisk chodnikowych o długości ok 245 km, zlokalizowanych od poziomu I do poziomu IX, tj. od ok. 50 do 327 m p.p.t. Część tych wyrobisk wyeksploatowano przy północnej granicy złoża, w rejonach zaliczonych

do III stopnia zagrożenia wodnego. Wyrobiska położone przy północnej granicy złoża w przypadku utraty stateczności mogą spowodować powstanie obwałów i szczelin, a to z kolei może przyczynić się do uruchomienia dopływu wód pozazłożowych do kopalni. Wyrobiska te w zdecydowanej większości przewidziano do likwidacji. Jednak część komór stanowią wyrobiska zabytkowe, które nie mogą zostać zlikwidowane. Zabytkowość wyrobiska powoduje konieczność wykonania prac zabezpieczających, odbudowujących lokalnie statykę górotworu. Przykładem takiego wyrobiska jest komora Ferdynad d'Este.

*) Kopalnia Soli „Wieliczka” S.A., **) Politechnika Krakowska

2. Lokalizacja i stan techniczny komory Ferdynand d'Este

Komora Ferdynand d'Este zlokalizowana jest na III poziomie Kopalni Soli „Wieliczka” S.A. (rys. 1) w rejonie szybu Regis i poprzeczną Ferdynand d'Este datowaną na lata 30. XIX stulecia (1834 r.) łączy się z komorą Ferdynand, a równoległym do granicy złoza chodnikiem z poprzeczną Wałczyn północ, wykonanym w latach 70. XX wieku (1976 r.). Wtedy komory te wraz z komorą Wałczyn zaadoptowano na cele magazynów dla potrzeb Ministerstwa Kultury i Sztuki – w wyrobiskach tych miały być przechowywane w wypadku konfliktu zbrojnego zbiory muzealne [7]. Przebudowane w latach 70. XX wieku poprzecznie Wałczyn północ, Ferdynand d'Este oraz łączący je chodnik zabezpieczono obudową ŁP, którą pokryto torkretem. Komory znajdują się w rejonie niemetanowym. Odległość omawianych komór od szybu Regis wynosi około 240 m.

Komora Ferdynand d'Este ma kształt prostopadłościanu o wymiarach: długość ok. 48 m, szerokość ok. 10,5 m i wysokościach ok. 11,5 m w części centralnej oraz wschodniej i ok. 10 m w części zachodniej. Na wlocie południowym do komory zabudowane są łuki ŁP (rys. 2), pokryte betonem. Na ociosie wschodnim komory, na wysokości 5 m znajduje się półka solna podbudowana konstrukcją drewnianą (kaszt + wypełnienie pod strop drewnem z odzysku). W południowo-wschodnim narożniku komory oraz północno-wschodnim znajduje się tzw. bono (konstrukcja drewniana ze stojaków i wypełniających je desek) o zróżnicowanym stanie technicznym (rys. 3).

Pomiędzy wlotem północnym i południowym do komory, na jej spągu znajduje się gruz solny pochodzący ze zniszczonego płaszczu solnego ociosów. Wlot do komory od strony północnej i cały chodnik (rys. 4) uległ całkowitej destrukcji i wymagać będzie szczelnej likwidacji.

W północnej części komory na długości ok. 14 m w kierunku zachodnim, na ociosie północnym w jego części podstropowej nastąpiło zniszczenie skorupy solnej, której fragmenty leżą na spągu. Również w narożniku południowo-wschodnim, nad wlotem południowym do komory widoczne są odsłonięcia skał płonnych. Na ociosach komory i stropie widoczne są ślady wtórnej krystalizacji soli świadczące o istnieniu wycieków w komorze.



Rys. 1. Wycinek mapy poziomu III KS „Wieliczka” w rejonie komór Ferdynand d'Este

Fig. 1. Section of map of level III in “Wieliczka” Salt Mine in the area of Ferdinand d'Este chambers



Rys. 2. Wlot do komory Ferdynand d'Este. Widoczna korozja łuków ŁP i wypełnienie obudowy chodnika betonem natryskowym, fot.: A. Maj [11]

Fig. 2. inlet to Ferdinand d'Este chamber. Visible corrosion of arch and filling of the gallery lining with shotcrete, photo: A. Maj [11]



Rys. 3. Ocios wschodni, komora z półką solną podpartą obudową drewnianą, fot.: A. Maj [11]

Fig. 3. Eastern side wall of the chamber with salt shelf supported by timber lining, photo: A. Maj [11]



Rys. 4. Destrukcja ociosu północnego komory i chodnika w kierunku północnym, fot.: A. Maj [11]

Fig. 4. Destruction of the Northern side wall of the chamber and wall towards the North, photo: A. Maj [11]

3. Budowa geologiczna górotworu w najbliższym otoczeniu komór Ferdinand d'Este i Ferdinand

Wyroby w otoczeniu komory Ferdinand d'Este zostały wykonane w utworach bryłowej partii złoże Wieliczka, wykształconej w postaci brył soli zielonych - typowych ZBt oraz witrażowych ZBw, nieregularnie rozmieszczonych w skałach płonnych - rozsypliwych, zlustrowanych ilowcach marglistych i zubrach [5]. W skałach płonnych spotykane są egzotyki skał fliszu karpackiego - bloki szaro-kremowych piaskowców oraz pstrych ilowców. Rozwarstwienia skał zostały wtórnie zasklepione solami włóknistymi [10].

Według rozpoznania geologicznego z lat 70. XX wieku granicę złoże stwierdzono w chodniku biegnącym z komory Ferdinand d'Este, będącym przedłużeniem poprzeczni Ferdinand d'Este. Obecnie końcówka tego chodnika jest częściowo w stanie zawałowym i wypełniona urobkiem, zatem weryfikacja tej informacji nie jest możliwa bez wykonania prac rozpoznawczych-górnich. Komory Ferdinand d'Este i Ferdinand zostały wyeksploatowane w bryłach soli zielonej typowej ZBt (rys. 5.).



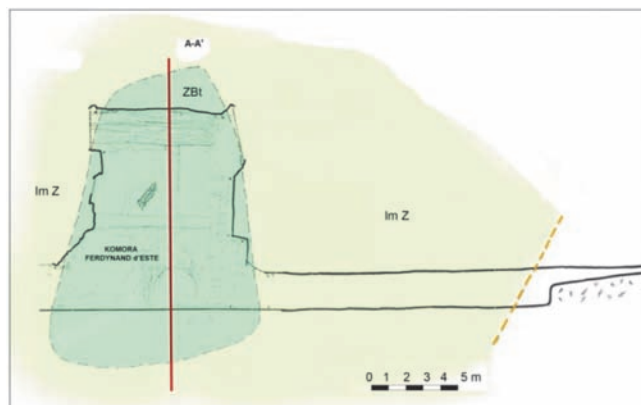
Rys. 5. Mapa geologiczna otoczenia komór Ferdinand d'Este i Ferdinand [2]

Fig. 5. Geological map of the surrounding of Ferdinand d'Este and Ferdinand chambers [2]

Bryła komory Ferdinand d'Este umiejscowiona jest w przygranicznej partii złoże, jej dłuższa oś rozciąga się na kierunku NWW-SEE. Bryła ta jest pochylona w kierunku północnym pod kątem około 45°. Jej wschodnią część rozpoznano podczas prac związanych z wykonaniem chodnika łączącego komorę z poprzeczną Wałczyn pfn. Podczas tych prac odsłonięto około 10 m bryły soli zielonej typowej ZBt, w której wyeksploatowano główne wyrobisko.

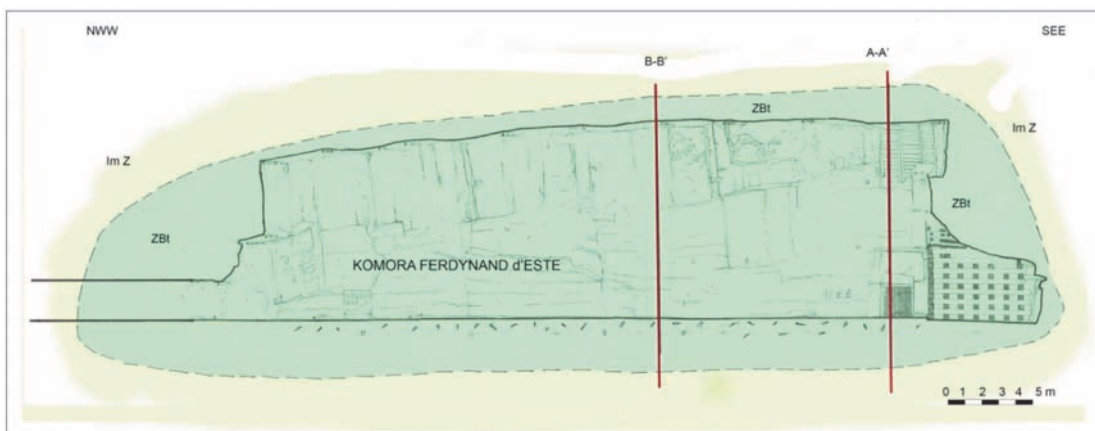
Zarys bryły komory przedstawiono na rysunkach 6 i 7. Grubość skorupy solnej w stropie i w spągu wyrobiska została wyinterpretowana, aby ją potwierdzić należy wykonać wiercenia kontrolne (bezrdzeniowe, profilowanie otworów z uzyskanych zwiercin). W ociosach komory odsłaniają się skały płonne - ilowce margliste i zubry. Nad wejściem do komory z poprzeczni Ferdinand d'Este oraz w jej przedłużeniu w kierunku na północ widoczne są zaszalowania - obudowane drewnem odsłonięcia skał płonnych. W ociosie południowym wyrobiska, w jej środkowej partii, także widoczne są osłonięcia skał płonnych.

Charakterystyczną cechą brył soli zielonych typowych ZBt są miąższe na kilka centymetrów przewarstwienia, tzw. „soli jarczystych”, czyli warstewki białych, rozsypliwych soli. Na nich tworzą się pęknięcia i rozwarstwienia soli. Obwał skały solnej obserwowany w rejonie wlotu do komory poprzeczni Ferdinand d'Este powstał na bazie tych przewarstwień.



Rys. 6. Przekrój geologiczny A-A'. Zielonym kolorem oznaczono bryłę soli, której eksploatacja stworzyła komorę Ferdinand d'Este. Żółto-zielony kolor oznacza zuber solny o podwyższonej zawartości soli [2]

Fig. 6. Cross-section A-A'. Green colour indicates a lump of salt whose exploitation has formed the Ferdinand d'Este chamber. Yellow-green colour indicates the salt rock with increased content of salt [2]



Rys. 7. Przekrój geologiczny C-C, oznaczenia jak na rys. 7 [2]

Fig. 7. Geological cross-section C-C, designation as in fig. 7 [2]

4. Warunki hydrogeologiczne

Komora Ferdynand d'Este znajduje się w partii złoże zaliczonej do III stopnia zagrożenia wodnego [8], [11]. Rozpatrywana partia górotworu zlokalizowana jest w strefie przylegającej do północnej granicy złoże z utworami chodenickimi, stanowiącymi największe zagrożenie wodne dla kopalni. Komorę wyeksploatowano w obrębie górnej, bryłowej partii złoże. Złoże bryłowe, ze względu na dominującą w nim obecność skał ilastych, w stanie nienaruszonym spełnia rolę naturalnej izolacji kopalni przed dopływem wód pozazłożowych ze źródeł stanowiących istotne jej zagrożenie, tj. z należących do neogenu warstw chodenickich (przyległych do złoże od północy) i z nadległego poziomu czwartorzędowego.

Bezpośrednią przyczyną migracji wód spoza złoże do kopalni jest naruszenie wyrobiskami północnej granicy złoże bądź zawalenie się komór wyeksploatowanych blisko tej granicy bądź zawalenie się komór wyeksploatowanych powyżej, aż do powierzchni terenu. W historii kopalni zanotowano wiele dochodzących do powierzchni [4]. W wyniku tych zawałów powstały na powierzchni znacznych rozmiarów zapadliska, a do kopalni przedostawała się woda czwartorzędowa, poprzez spękania i szczeliny zruszonego górotworu. Komora Ferdynand d'Este znajduje się w bardzo bliskiej (6 – 10 m) odległości od północnej strefy granicznej. Nad rejonem komory nie występują żadne wyrobiska poeksploatacyjne ani wyrobiska pionowe (szyby, otwory podsadzkowe), a najbliższe usytuowane zapadliska dopowierzchniowe znajdują się w odległości większej niż 250 m na południowy wschód i na południe od komory Ferdynand.

W komorze Ferdynand d'Este nie ma zarejestrowanych wycieków, występują natomiast zjawiska wodne w postaci mocnego zawilgocenia skał solnych, jak i płonnych odsłaniających się zwłaszcza w przystropowych partiach komory oraz prowadzących do niej chodników. W okresach letnich obserwuje się występujące w komorze wycieki kropłowe, skoncentrowane przy wlocie do tej komory od strony zachodniej, rozciągające się wzdłuż jej osi – zgodnie z przepływem powietrza. Obecnie wycieki kropłowe w tej komorze wynoszą około 20 kropli/min. Podobne zjawisko ma miejsce w sąsiedniej komorze Wałczyn, gdzie strefa zawilgocenia i wycieków kropłowych (obecnie około 30 kropli/min) występuje na przedłużeniu chodnika Wałczyn północny. Natomiast północna końcówka poprzeczni Ferdynand d'Este na odcinku ok. 16 m od komory (tylko na takim odcinku jest drożna) jest sucha.

W przeszłości (w 1842 roku), w poprzeczni Ferdynand d'Este zarejestrowany był wyciek, ale informacje o nim są fragmentaryczne. Na mapach z 1935 roku zarejestrowany został pod nr 39, jego wielkość dopływu wynosiła $0,86 \text{ dm}^3/\text{min}$, a zawartość NaCl $120 \text{ g}/\text{dm}^3$. Następnie w latach 1943 – 1951 wielkość dopływu wahała się w przedziale $0,004 - 0,091 \text{ dm}^3/\text{min}$, a zawartość NaCl wynosiła $312 \text{ g}/\text{dm}^3$. Kolejna informacja dotycząca wycieku w poprzeczni Ferdynand d'Este pochodzi z roku 1967, kiedy to w rejestrze wycieków występuje pod nr VIII-10 i rejestrowany jest brak dopływu, a w roku 1971 stwierdzono zanik wycieku do poprzeczni Ferdynand d'Este.

Pomimo, iż w analizowanych komorach obecnie nie występują wycieki, a nad nimi górotwór nie został naruszony żadnymi wyrobiskami górniczymi, to rejon ich lokalizacji jest wyjątkowo niekorzystny z uwagi na bliskość północnej granicy złoże, z którą związane jest największe zagrożenie wodne dla kopalni. Obecnie w bliskim sąsiedztwie komory Ferdynand d'Este występują wycieki należące do grupy najważniejszych

wycieków w kopalni, a w przeszłości w bliskim sąsiedztwie ww. komór miała miejsce jedna z najważniejszych katastrof wodnych w Kopalni Soli „Wieliczka” S.A. [5].

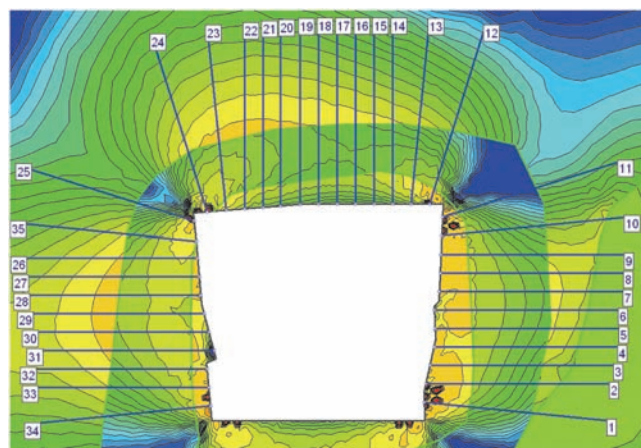
5. Analiza geomechaniczna

Podstawą prac projektowych dotyczących zabezpieczenia zabytkowych komór w Kopalni Soli „Wieliczka” stanowią analizy geomechaniczne. Z uwagi na skomplikowaną budowę geologiczną złoże parametry geomechaniczne górotworu są bardzo zmienne. Powoduje to konieczność zindywidualizowanego podejścia do budowy modelu [6].

Ogólny stan stateczności komory ocenia się jako dobry, jednak stan wykonanych w tej komorze wzmocnień potwierdza potrzebę zastosowania wzmacniającej obudowy kotwowej. W celu optymalnego zaprojektowania prac zabezpieczających opracowano analizę geomechaniczną metodami numerycznymi dla komór Ferdynand d'Este [8], której celem było określenie rozkładu naprężeń i wytyczenia górotworu w ociosach i stropie komory oraz oszacowanie prędkości narastania maksymalnej siły osiowej w projektowanych kotwach wzmacniających (rys. 8).

Przy wykonywaniu obliczeń przyjęto kotwy w rozstawie $1 \times 1 \text{ m}$ oraz następujące parametry projektowanych kotew wykonanych z włókien szklanych połączonych żywicą epoksydową (np. kotwy J64/27):

- długość żerdzi kotwiących 10 m,
- średnica żerdzi kotwiących 27 mm,
- moduł Younga szkła epoksydowego 80 GPa,
- nośność kotew 100 kN (przyjęta siła na wyrwanie kotwy z górotworu),
- siła niszcząca kotew 350-400 kN.



Rys. 8. Przekrój B-B komory z lokalizacją kotew i rozkładu naprężeń w górotworze po zabezpieczeniu komory [8]

Fig. 8. Cross-section B-B of the chamber with anchors and stress pattern in rock mass after securing the chamber [8]

Analiza prędkości narastania siły osiowej wykazała, że najszybciej narastać będzie siła osiowa w kotwi 25-ociosowej od strony południowej. Prędkość ta wynosi poniżej 10 kN na rok. We wszystkich innych kotwach maksymalna prędkość narastania siły osiowej maleje w funkcji odległości od ociosu i nie przekracza 5 kN na rok. Można oszacować, że graniczna wartość nośności kotwi zostanie po kilkunastu latach. Dla większości kotwi ten okres wydłuży się powyżej 25 lat. Biorąc pod uwagę wartość siły niszczącej kotwy, można szacować, że pierwsze zniszczenia (zerwania) w pojedynczych przekrojach kotwi nastąpią po czasie trzy razy dłuższym. Pęknięcie

zardzi kotwi wklejanej osłabia tylko jej działanie wzmacniająca, w odróżnieniu od kotwi o zamocowaniu punktowym, której pęknięcie całkowicie redukuje jej rolę wzmacniającą. Kotwie od strony północnej (w pobliżu zalegają niepełzające warstwy chodenickie) wykazują mniejszą prędkość narastania sił osiowych.

Wizualnie, stan ogólny stropu i ociosów komór Ferdinand jest zadawalający. Takie też uzyskano wyniki z analizy numerycznej wyteżenia stropu i ociosów, przy założeniu dobrego stanu otuliny solnej komór.

Z analizy numerycznej wynikają następujące wnioski:

- Wskaźniki wytrzymałości górotworu, niewiele przekraczające wartość 1, dla otuliny (płaszczka solnego) komór w części złożonej z zielonej soli bryłowej. Trzeba więc wzmocnić ociosy i strop obu komór obudową kotwową.
- Odsłonięte miejscami skały płonne, osłonięte obecnie deskami, świadczą o tym, że otulina solna może być cienka i mieć zaniżoną nośność. Ten fakt przemawia również za wzmocnieniem masywu skalnego obudową drewnianą typu bono oraz obudową kotwową.
- Warstwy chodenickie należy traktować jako potencjalnie zawodnione, mimo że chodnik będący przedłużeniem poprzeczni Ferdinand d'Este dotarł do warstw chodenickich, w których nie stwierdzono zawodnienia.
- Prędkość narastania sił osiowych w projektowanych kotwach będzie mała i nie przekroczy 4 kN/rok w większości kotew, co wynika z małej prędkości konwergencji komór.
- Wierząc otwory pod długie kotwy, należy stale kontrolować zwierciny. W przypadku stwierdzenia, że otwór dotarł do warstw chodenickich należy przerwać wiercenie i zastosować krótsze kotwy, niż projektowano.
- W miejscach odsłonięcia skały płonnej zastosować siatkę zabezpieczającą i wykładkę z drewna mocowaną kotwami długimi.

6. Koncepcja zabezpieczenia górniczego

Zabezpieczenie lub likwidacja poprzez podsadzenie komór przy północnej granicy złoża stanowi jeden z elementów stabi-

lizacji górotworu. Systematycznie prowadzone prace pozwalają, poprzez stabilizację górotworu, ograniczyć zagrożenie wodne [3], będące najgroźniejszym z zagrożeń występujących w kopalni. Na podstawie przeprowadzonych wizji lokalnych pod kątem określenia aktualnego stanu technicznego komory oraz przeprowadzonej analizy geomechanicznej i hydrogeologicznej dla komór Ferdinand d'Este, jak również po uwzględnieniu zaleceń konserwatorskich, do zabezpieczenia przedmiotowych komór zaproponowano zastosowanie obudowy kotwowej z kotew długich szkłoepoksydowych typu J64/27mm, o różnych długościach, utwierdzonych klejem KL lub Wieliczka I w zależności od stwierdzonego (podczas wierceń pod kotwy) stanu górotworu otaczającego komorę [10].

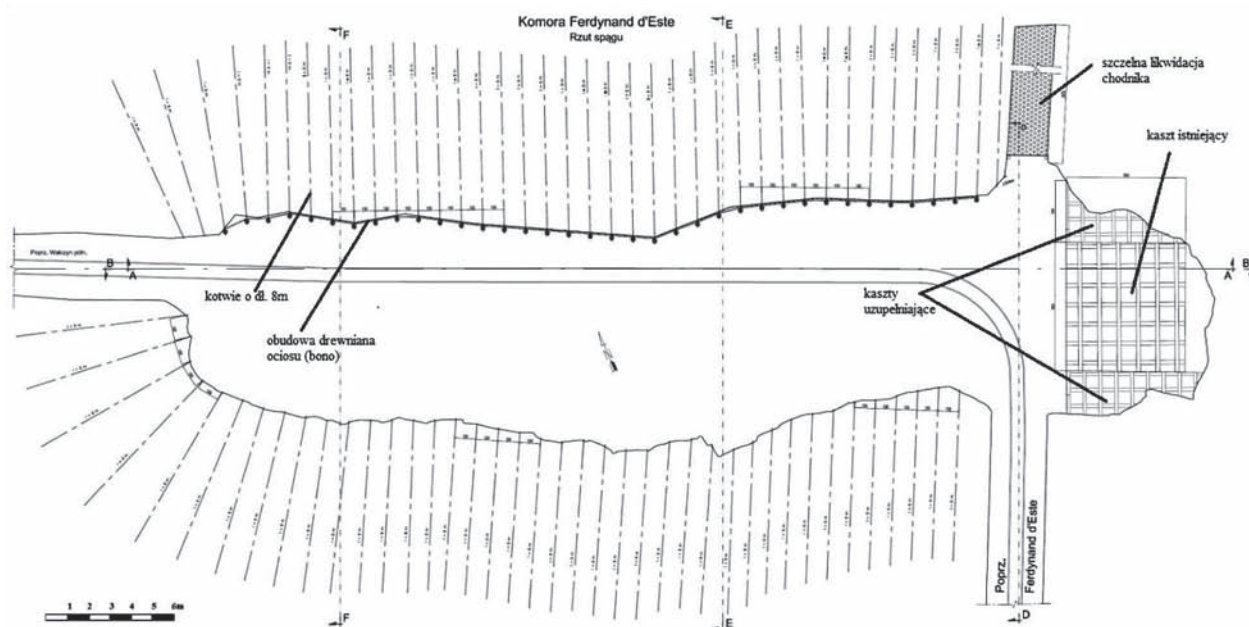
Przed przystąpieniem do zasadniczych prac zabezpieczających w komorze należy wykonać wstępne prace obejmujące:

- demontaż dotychczasowej (na ociosie południowym i północnym) zniszczonej obudowy drewnianej ociosów w postaci tzw. bona oraz zabudowanych pojedynczych elementów drewnianych (stojaki, rozpory itp.),
- przybierkę i obrywkę odpajających się od calizny fragmentów skał (dotyczy to głównie odcinka ok. 15 m, licząc od kasztu drewnianego przy ociosie wschodnim komory oraz w głąb komory),
- usunięcie gruzu skalnego znajdującego się na spągu i jego niwelacja.

Po wykonaniu wstępnych robót wykonane zostanie ostateczne zabezpieczenie komory poprzez:

1. Zabezpieczenie ociosu północnego (rys. 9,10).

W miejscach odsłonięć skał płonnych projektuje się opinkę siatką zabezpieczającą, np. Hucka lub inną o podobnych parametrach i właściwościach fizykomechanicznych. Siatka zabezpieczająca będzie mocowana do górotworu kotwami o długości 6 m. Kolejną czynnością będzie zabudowa przy ociosie obudowy drewnianej w postaci tzw. bona składającego się ze stojaków z okrągłaków $\varnothing 20$ cm o długości do 6,0 m i dźwigarów pod stojaki piętrowe (również z okrągłaków $\varnothing 20$ cm). Powierzchnia pomiędzy tymi elementami konstrukcyjnymi zostanie wyłożona deskami o gr.4 cm. Wolne przestrzenie między płaszczyzną ociosu północnego a ww. bono planuje się wypełnić pianą cementowo-mineralną, np.: durafonem lub



Rys. 9. Rzut spągu komory Ferdinand d'Este [11]

Fig. 9. View of the floor of Ferdinand d'Este chamber [11]

inną o podobnych właściwościach. Dodatkowym zabezpieczeniem obudowy drewnianej będą kotwy szkłoepoksydowe o długości 8 m z podkładkami i nakrętkami, zabudowane w siatce kotwienia 1,0 x 1,0 ± 0,2 m.

2. Ociós południowy (rys. 9,11) zostanie zabezpieczony obudową kotwową o długości 8 m w rozstawie 1,0 x 1,0 m ± 0,2 m. Miejsca odsłoneń skał płonnych projektuje się zabezpieczyć obudową drewnianą (bonem) w sposób analogiczny jak proponowany dla ociosu północnego oraz siatka bezpieczeństwa i kotwami stabilizującymi tę konstrukcję do calizny solnej.

3. Zabezpieczenie ociosu wschodniego komory Ferdynand d'Este (rys. 9,12).

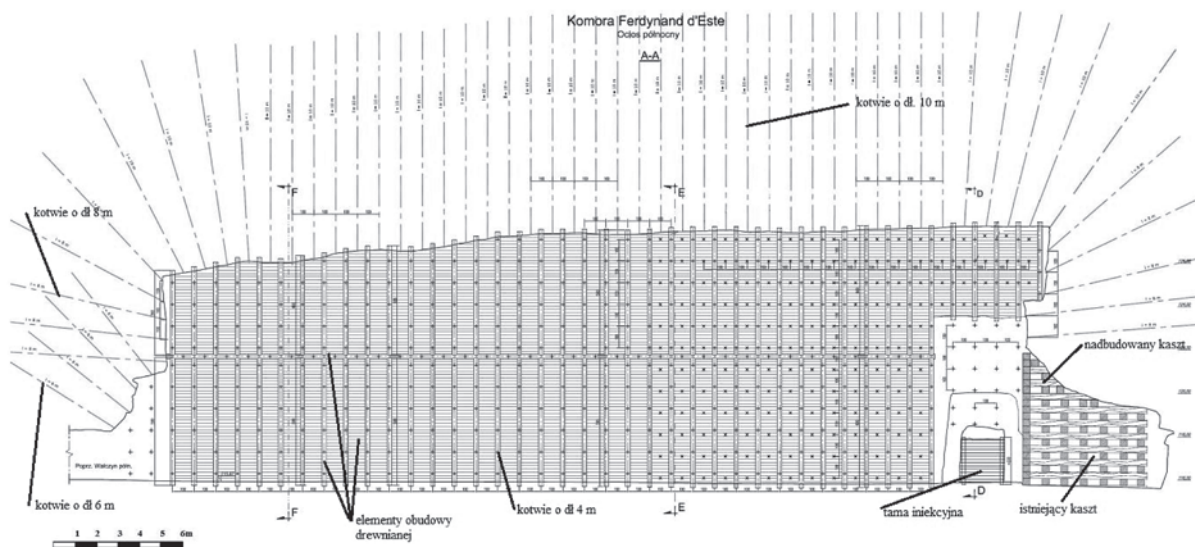
Aktualnie przy ociocie wschodnim znajduje się kaszt drewniany ażurowy wypełniony materiałem skalnym. Kaszt ten podpira półkę skalną. Górną część kasztu stanowi drewno z odzysku (okrągłaki) ułożone na pełno, wypełniając wolną przestrzeń między półką a kasztem. W miejscu tym projek-

towany jest demontaż górnej części obudowy drewnianej (drewno luźne i osłona z desek), dobudowa górnej części kasztu z okrągłaków ułożonych ażurowo i wypełnienie kasztu gruzem w celu dokładnego podparcia półki solnej. Konieczne jest także poszerzenie obecnego kasztu do ociosu północnego i południowego komory.

4. Do zabezpieczenia ociosu zachodniego (rys.9,13) zastosowana będzie obudowa kotwowa od długości 8m, z nakrętkami i podkładkami zabudowanych w górotworze w siatce kotwienia 1,0 x 1,0 m ± 0,2 m.

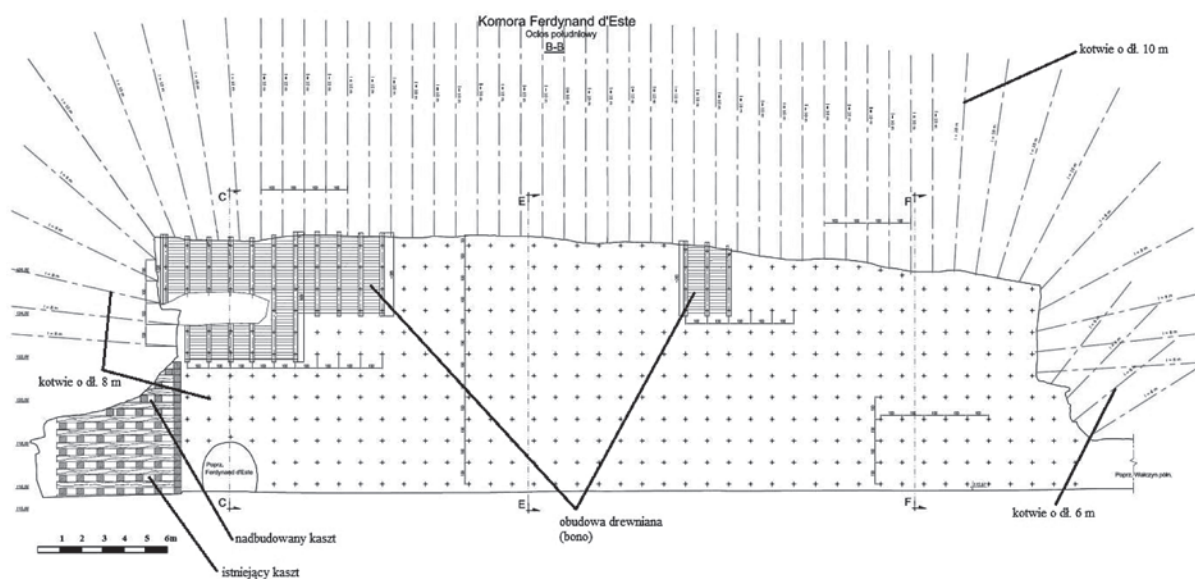
5. Strop komory (rys. 10-14) projektuje się zabezpieczyć obudową kotwową z kotew J64/27 mm, o długości 10 m z podkładkami i nakrętkami. Kotwy zabudowane w górotworze w siatce kotwienia 1,0 x 1,0 m ± 0,2 m.

6. Ślepy chodnik, stanowiący wlot do komory od strony północnej (rys. 9 i 12), ze względu na stan zawałowy wyrobiska zostanie zlikwidowany poprzez wypełnienie materiałem iniekcijnym. W tym celu zaprojektowano postawienie na



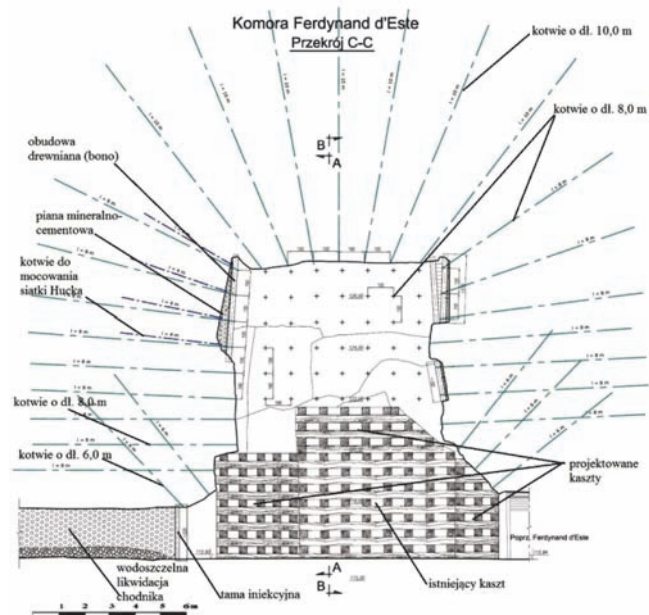
Rys. 10. Zabezpieczenie ociosu północnego komory [11]

Fig. 10. Securing the chamber's Northern side wall [11]

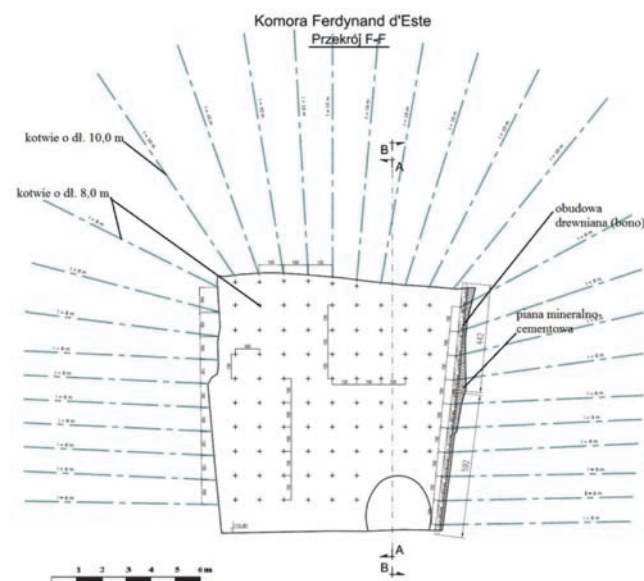


Rys. 11. Zabezpieczenie ociosu południowego komory [11]

Fig. 11. Securing the chamber's Southern side wall [11]



Rys. 12. Zabezpieczenie ociosu wschodniego komory [11]
Fig. 12. Securing the chamber's Eastern side wall [11]



Rys. 13. Zabezpieczenie ociosu zachodniego komory [11]
Fig. 13. Securing the chamber's Western side wall [11]

jego wlocie do komory tamy podsadzkowej (deski, płótno podsadzkowe). Jako iniekt zastosowany będzie durafonam lub inny środek o podobnych właściwościach chemicznych i fizykochemicznych.

6. Podsumowanie

Stan techniczny i lokalizacja komory Ferdynand d'Este przy północnej granicy złoża w części złoża zaliczonej do

III stopnia zagrożenia wodnego może stwarzać zagrożenie dla kopalni.

Stan techniczny tego wyrobiska wskazuje na możliwość rozwoju w jego obrębie zjawisk zawałowych, mogących prowadzić do lokalnej utraty stateczności przyległych partii górotworu, a to z kolei może przyczynić się do uruchomienia dopływu wód pozazłożowych do kopalni. Najprostszym, a zarazem najskuteczniejszym sposobem rozwiązania tego problemu jest zazwyczaj likwidacja takich wyrobisk, jednak komora Ferdynand d'Este jest wyrobiskiem zabytkowym, przewidzianym do zachowania w ramach docelowego modelu technicznego, wpisanej na listę UNESCO zabytkowej Kopalni Soli „Wieliczka”. Nie jest zatem możliwa poprawa stateczności górotworu w rejonie komory poprzez jej wypełnienie materiałem podsadzkowym.

Powyższe uwarunkowania powodują konieczność wykonania prac zabezpieczających, polegających na wzmocnieniu istniejącego płaszczu solnego komory w częściach stropowych i ociosowych, głównie poprzez zabudowę kotew szkło-epoksydowych o długości 8-10 m, mocowanych na klejach mineralnych oraz wykonaniu lokalnych zabezpieczeń obudową drewnianą. Wykonanie projektowanych prac poprawi statykę w tej części górotworu i może poszerzyć zakres udostępnienia wielickiej kopalni.

Literatura

1. Bauer J.: Analiza geomechaniczna metodami numerycznymi dla komór Ferdynand d'Este na poz. III Kopalni Soli „Wieliczka” S.A., materiał archiwalny Kopalni Soli „Wieliczka” S.A. 2013.
2. Bromowicz A., Butra J., Chwałek J., Dębkowski R., Kidybiński A., Kucharz J., Kwapin J., Parchanowicz J., Suślik A.: Instrukcja stosowania obudowy kotwowej w Kopalni Soli „Wieliczka”. Archiwum Kopalni Soli „Wieliczka” S.A., 2000.
3. d'Obryn K., Brudnik K.: Ograniczenie zagrożenia wodnego poprzez stabilizację górotworu w centralnym rejonie Kopalni „Wieliczka”, „Górnictwo i Geologia” 2012, t. 7, z. 4, str. 59-69.
4. d'Obryn K.: The analysis of destructive water infiltration into the Wieliczka Salt Mine – a unique UNESCO site. Geological Quarterly 2012 nr 56(1), str. 85-94,
5. d'Obryn K., Brudnik K.: Wyniki monitoringu hydrogeologicznego w Kopalni Soli „Wieliczka” po zamknięciu dopływu wody w poprzeczni Mina na poz. IV, „Przeгляд Górnicy” 2011, nr 6, str. 90- 96.
6. d'Obryn K., Hydzyk – Wiśniewska J.: Selected aspects of numerical modelling of the salt rock mass: the case of the “Wieliczka” Salt Mine, Archives Of Mining Sciences 2013, vol. 58, no 1, str. 73-88.
7. Jodłowski A., Charkot J., Gawroński W.: Studium historyczno-konserwatorskie komór Ferdynand d'Este na poziomie III w Kopalni Soli „Wieliczka” S.A. Muzeum Żup Krakowskich. Wieliczka, lipiec 2013 r.
8. Materiały mapowe – archiwum Działu Mierniczy Kopalni Soli „Wieliczka” S.A., 2013 .
9. Parchanowicz J., Maj A., Brych K., Przybyło J., Stecka J., Charkot J., Bauer J., Struzik H.: Koncepcja robót zabezpieczających w komorach Ferdynand d'Este wraz z analizą geomechaniczną i hydrogeologiczną, KGHM Cuprum CBR, Wrocław 2013.
10. Przybyło J.: Dane i materiały geologiczne – archiwum Działu Geologicznego Kopalni Soli „Wieliczka” S.A., 2013.
11. Przybyło J., Stecka J.: Analiza hydrogeologiczna dla komór Ferdynand d'Este na poz. III Kopalni Soli „Wieliczka” S.A., archiwum Działu Geologicznego Kopalni Soli „Wieliczka” S.A. 2013.