

*Kajetan d'Obryn\*,\*\**

## MOŻLIWOŚCI ZABEZPIECZENIA KOMÓR JAKUBOWICE W KOPALNI SOLI „WIELICZKA”

---

### 1. Lokalizacja i charakterystyka komór Jakubowice

Zespół komór Jakubowice stanowi kompleks komór, we wschodniej części pola centralnego kopalni. Są to rozległe komory z najstarszymi zachowanymi fragmentami eksploatacji wykonywanej ręcznie, tj. metodą klinową ścienną i kawernową. Znajdują się tu bardzo dobrze zachowane drewniane ciągi odwadniające, ciekawe formy krystalizacji wtórnej oraz rozmaite rodzaje kasztów i filarów komorowych. Grupy omawianych komór są wyeksploatowane w równoległych warstwach złoża pokładowego, na różnych jego wysokościach. W rzucie poziomym komory te nakładają się na siebie, a połączone są szybikami lub fragmentami komór, powstałymi w wyniku wtórnej eksploatacji w rejonie. W wyniku wyniesienia warstw kopuły Grot Kryształowych ku górnym partiom górotworu szczególnie cenny pokład soli szybikowej został w tym rejonie rozpoznany i eksploatowany już w XVI i XVII wieku. Wyrobiska w większości są płaskie, rozległe, dostosowując swój kształt i przebieg do parametrów zalegania dwu-metrowej miąższości pokładu soli szybikowej.

Nazwa Jakubowice, obejmująca obecnie kompleks komór leżących na poziomach od II niższego do IV, pierwotnie dotyczyła wyrobisk znajdujących się poniżej III poziomu. Najstarszą w zespole jest komora Wiesenberg (III/243 i III/244), której początek eksploatacji przypada na lata 1634–1640. W 1640 roku rozpoczęto eksploatację komory Piaski Stare (III/319, III/321, III/322), natomiast pierwsza wzmianka o komorze Jakubowice (IV/316) (dawna komora Chrystian znajdująca się poniżej poziomu III) pochodzi z 1693 roku. W tym samym czasie prowadzono również eksploatację środkowej części komory Wiesenberg.

Na szczególną uwagę zasługują ślady eksploatacji w komorze Wiesenberg. Zachowały się tam między innymi zawrębiony i nieodspojony kłapeć czy wybój ze śladami zbitego kłap-

---

\* Kopalnia Soli „Wieliczka” S.A., Wieliczka

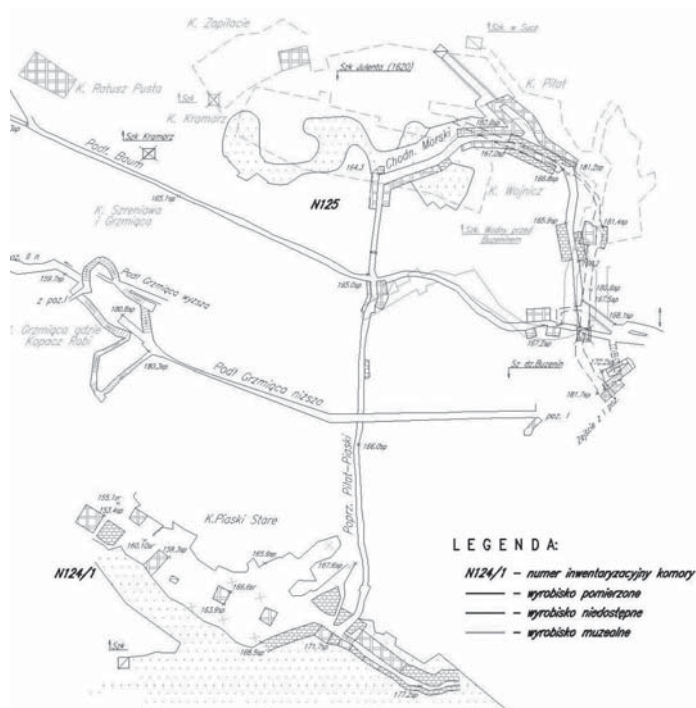
\*\* Instytut Zaopatrzenia w Wodę i Ochrony Środowiska, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Krakowska, Kraków

cia w przodku upadowego chodnika rozcinającego. W chodniku prowadzącym z tej komory do częściowo podsadzonego szybiku Jakubowice widoczne są ślady odbiórki w postaci wykutych w ociosach niewielkich krzyżykach. Na południowo-zachodnim ociosie tego chodnika wykuta jest też data „1630”. W rejonie szybiku Jakubowice pozostały również negatywy zbitych kłapci. Ślady eksploatacji kawernowej zachowały się w części komory Jakubowice i w komorze Piaski Stare [2].

Sposoby zabezpieczeń górniczych reprezentują głównie filary solne, mury solne i kaszty. Najciekawsze z nich to podcięty filarek solny w komorze Jakubowice, wolnostojące filary i kaszty pełne w komorach Jakubowice, Wiesenberg i Piaski Stare oraz mur z płonego urobku w rejonie szybiku Jakubowice na poziomie III.

Oryginalne kaszty i niepowtarzalna architektura komór tworzą bogate wartości widokowe. Interesujące są liczne napisy pozostawione na kasztach, jak np. „...Jadamowski 1645”, „Stan. Seb. Jakubowski d. 10 marca 1764”, „R 1773 Pod Marcin” czy „Dozorca Hage 1808” [7].

Praktycznie zespół komór Jakubowice rozciąga się od poziomu I, gdzie tworzą go trudno dostępne chodniki i komory zabudowane kasztami, do poziomu IV kopalni, z wielopoziomowymi komorami o różnym kształcie. W skład zespołu komór, na poziomie I wchodzi komora na skrzyżowaniu chodnika Boruta i Podłużni Grzmiąca Niższa oraz chodnik prowadzący na niższe poziomy kopalni, a na wielu odcinkach przechodzący



Rys. 1. Wyrobiska zespołu komór Jakubowice na poziomie II wyższym





Rys. 3. Wyrobiska zespołu komór Jakubowice na poziomie IV

## 2. Budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne

W rejonie komór Jakubowice warstwy geologiczne układają się w strukturę zwaną kopułą Grot Kryształowych, będącą antyklinalnym wyniesieniem skał podłoża, na którym spoczywają utwory złoże pokładowego, a na nich złoże bryłowego. Wyrobiska zlokalizowane są na północnym i północno zachodnim skłonie kopuły. Warstwy zapadają tu na północ i północny zachód pod kątem około 20–40° [1]. W obrębie Kopuły Grot Kryształowych wstępują wszystkie utwory należące do serii solnej złoże (formacji utworów Wielickich) oraz utwory podsolne zaliczane do warstw skawińskich. Nadległa część bryłowa złoże wykształcona jest w postaci skały płonnej — iłowców marglistych i zubrów (iłowców marglistych z kryształami halitu). W zubrach solnych występują bryły soli kamiennej (soli bryłowej zielonej laminowanej oraz zielonej soli bryłowej witrażowej). W złoże pokładowym można wyróżnić pokłady soli zielonych, soli szybikowej oraz sole spizowe oddzielone od soli szybikowej warstwą przerostów mułowcowych, iłowcowych, w tym iłowców anhydrytowych. Przerosty, liczne fałdy i zaburzenia tektoniczne mają duże znaczenie dla technicznego stanu zespołu komór.

Wyciek WIII–23, o wydajności ok. 0,3 l/min, stanowiący pełno nasyconą solankę rejestrowany jest w szybiku Śnieci na III poziomie kopalni.

### 3. Stan techniczny komór

Prowadząc obserwację stanu technicznego komór wydzielono trzy grupy (tabela 2):

- Dobry stan techniczny oznacza brak lub pojedyncze spękania stropu i filarów oraz brak obwałów.
- Przeciętny stan techniczny oznacza lokalne obwały o niewielkim zasięgu, występowanie spękań stropu i filarów, częściowo zniszczone mury solne, zaciśnięte kaszty.
- Zły stan techniczny oznacza występowanie obwałów o dużym zasięgu i zawałowisk, mocno spękanego stropu, rozgniecionych filarów, kasztów i murów solnych.

Najistotniejszym czynnikiem decydującym o stanie technicznym komór jest budowa geologiczna otoczenia komory. Na kontakcie soli szybikowej i skał płonnych dochodzi bowiem do rozwarstwiania się i odspajania, często cienkich, pozostawionych w stropie komór warstw soli szybikowej. Efektem tego są liczne, lokalne obwały stropu komór. Bardzo istotnym, ze względu na stateczność komór, jest jednak fakt, iż ponad przerostami skał płonnych znajduje się kompleks soli spizowych o znacznej wytrzymałości, który stabilizuje dalszy rozwój lokalnych obwałów o niewielkim pionowym zasięgu.

Występujące na I poziomie komory są prawie całkowicie podbudowane kasztami lub podsadzone, co stanowi pełne zabezpieczenie przed możliwością powstawania zapadłisk dopowierzchniowych lub obwałów. Tylko fragmenty chodnika prowadzącego na niższe poziomy kopalni są w dobrym stanie technicznym, jednak możliwa jest jego przebudowa. Stan chodnika bezpośrednio zależy od lokalnych warunków górniczo-geologicznych.

Komory N124/1 i N124/2 poziomu II wyższego są ze sobą połączone i sięgają do poziomu III gdzie oznaczone są jako III/274 oraz III/273. Komora N124/1 wykonana jest w złożu pokładowym soli szybikowej, a w stropie występują sole spizowe o znacznej wytrzymałości, stanowiące mocny i nie zagrożony obwałami strop. Obecna, niewielka wysokość komory jest efektem znacznej konwergencji. Kaszty występujące w tej komorze są w dobrym stanie i słabo obciążone. Szczególnie kaszt występujący przy wyjściu z komory jest praktycznie nieobciążony. Brak pełnego obciążenia kasztów można tłumaczyć w sposób podobny do sytuacji podsadzanych komór, kiedy pomiędzy piaskiem, a stropem pozostaje wolna przestrzeń, na której w wyniku konwergencji osiada strop komory. Podobnie w przypadku kasztów można przypuszczać, że pierwotnie nie zostały zabudowane do samego stropu komory. Wchodząc do komory N124/2 obserwuje się unikalny układ wyrobisk, tworzących dużych rozmiarów, rozległą komorę w górnej części wysoką, a w dolnej części niską i zawężającą się, z pozostawioną między tymi częściami półką solną. Układ ten wynika z selektywnej eksploatacji soli szybikowych. Półka solna, częściowo spękana i ścięta wymaga podbudowy kasztem. Pozostawiony w górnej części komory niewielki filar, w wyniku konwergencji został już ścięty i nie pełni istotnej roli w podparciu stropu. Wyrobiska te są w dobrym stanie technicznym, bez odspojen skorupy solnej w stropie i spękań w ociosach. W rejonie wejścia do komory N125 i szybika Krystian występują natomiast liczne odspojenia i spękania stropu wynikające z występowania w stropie sole szybikowych, wraz z przerostami skał płonnych. Konwergencja wyrobisk powodująca powolne obciążanie kasztów i podsadzki spowodowała

dobrze podparcie stropu komór tego poziomu. Występująca w północno wschodniej części rejonu nieregularna komora N125 posiada znaczne rozmiary (ok. 160×75 m), ale jest prawie niedostępna. W wyniku silnej konwergencji strop komory zdecydowanie się obniżył zaciśkając wyrobisko.

Komory III/274, III/273 znajdują się na III poziomie, w południowej części zespołu komór Jakubowice. Stan komory III/274 jest dobry, podobnie jak górna część komory III/273, natomiast dolna część III/273 wymaga zabezpieczenia. Komory występujące w północnej części tzn.: III/244 i III/243 z uwagi na lokalne przewarstwienia w stropie są w przeciętnym stanie technicznym. Występujące tu lokalne obwały nie mają dużego zasięgu i nie zagrażają stateczności całych komór ze względu na występujące w stropie sole spizowe. We wszystkich, czterech komorach lokalnie występują spękania stropu, przy krawędziach kasztów i filarów, które także nie mają większego wpływu na stateczność tych komór. W gorszym stanie technicznym są chodniki dojściowe, które wymagają całkowitej przebudowy.

W komorze IV/316 zlokalizowanej pomiędzy poziomami III i IV, graniczącej z szybikiem Jakubowice, poza pęknięciem spągu w południowym narożu komory nie występują inne negatywne zjawiska.

W rejonie szybika Śnieci można obserwować lokalne, niewielkiego zasięgu obwały stropu na przewarstwach iłowców i soli włóknistych. W końcowej części chodnika prowadzącego do komory IV/313 występuje „współczesny” obwał, który wymaga zabezpieczenia, natomiast komora IV/313 nie wymaga dodatkowych zabezpieczeń.

W stropie komory IV/314 widać odpajanie się od stropu dużego bloku solnego. Poza przejściem z komory IV/309 do komory IV/311 brak jest obwałów. Mocno obciążone na skutek konwergencji mury solne i kaszty są w dobrym stanie. W kolejnej komorze — IV/311, wschodnia część jest w dobrym stanie technicznym, z pojedynczym pęknięciem stropu, natomiast północny ocios pomimo podparcia kasztami i murem solnym objęty jest rozległym obwałem sięgającym do chodnika wychodzącego z komory IV/309. Nieduża komora IV/312 zachowana jest w bardzo dobrym stanie technicznym, natomiast w niewielkiej komorze poprzedzającej komorę IV/312 nastąpiło odspojenie i obwał grubego bloku soli szybikowych odspojonego częściowo w warstwie soli a częściowo na przewarstwie iłowców anhydrytowych.

Komora IV/322 jest niewielką komorą z dobrze zachowanym stropem, jednak ze względu na leżące poniżej inne komory zespołu Jakubowice i rozszczelniony spąg komory, jej stan techniczny należy określić jako zły. Przejście z komory IV/322 do komory IV/308 przebiega przez spękane półki solne i odspojone ociosy soli szybikowych, w otoczeniu szybika Marcin. Rejon ten jest w bardzo złym stanie technicznym. Ociosy, półka solna i lokalnie strop komory IV/308 są spękane z odspojonymi blokami solnymi. Przy południowym ociosie znajduje się wejście do niżej położonej, niedostępnej i zawałowej komory IV/301. Komora ta, bezpośrednio oddziałuje na północno zachodni ocios komory IV/309 leżącej wyżej. Środkowa część komory IV/308 jest w przeciętnym stanie technicznym. Na jej ociosach (szczególnie południowym) występują nieliczne spękania, natomiast strop jest dobrze zachowany. W zachodniej części komory zachował się mur solny, datowany na 1750 rok, podpierający strop. Mur ten pozwolił na zachowanie tej części komory w dobrym stanie technicznym.

Gorzej zachowane jest bezpośrednio otoczenie szybika Smok, z lokalnym obwałem stropu i niewielkim wyciekami solanki. Największą komorą w tym rejonie jest nieregularna komora IV/307, której zachodni ocios jest w złym stanie technicznym. Pozostawienie w stropie zbyt cienkiej warstwy soli spowodowało opadnięcie na lokalnych przewarstwiach warstwy soli szybikowej. Obwał spowodował także odsłonięcie grubej warstwy iłowców anhydrytowych. Komorę tę należy zaliczyć do komór w złym stanie technicznym.

Komora IV/305 wydrążona w solach szybikowych stanowi przedłużenie komory IV/307. Przy wejściu do komory znajduje się duży, mocno obciążony kaszt. Mimo kasztu, wokół którego nastąpiły obwały komora jest w złym stanie technicznym. Stan ociosów wskazuje na znaczną konwergencję komory. Podobnie na bardzo dużą konwergencję, wskazuje stan komór IV/304 i IV/306, które na skutek zaciśnięcia chodnika łączącego te komory są praktycznie niedostępne. Ociosy w rejonie tych komór są również w złym stanie. Komorą IV/304 jest praktycznie zaciśnięta i zniszczona. Stan techniczny tych komór jest zły. Stan wyrobisk w tym rejonie jest efektem wzmożonego ciśnienia górotworu.

Najniżej położone komory poziomu IV: IV/317, IV/319, IV/320, IV/321, IV/324, IV/327, IV/303 znajdują się praktycznie w stanie zawałowym. Pozostawione pojedyncze filary, a także ociosy są mocno spękane. Obudowa drewniana jest w bardzo złym stanie. Warstwa soli szybikowych wraz z przerostami w wielu miejscach tworzy rozległe obwały stropu. Najgorzej jednak prezentują się stropy tych wyrobisk. Biorą po uwagę możliwość zachowania komór wyższych poziomów oraz stan techniczny komór położonych najniżej, na IV poziomie jedynym rozwiązaniem jest podsadzenie tego zespołu komór.

#### 4. Analiza geomechaniczna

Podstawowymi parametrami służącymi do określenia zachowania się górotworu w otoczeniu wyrobisk są wartości opisujące własności wytrzymałościowe i odkształceniowe skał, określane na drodze badań laboratoryjnych. Jednak górotwór w rejonie zespołów komór Jakubowice, jak i całe złożo wielickie, charakteryzuje się znaczną różnorodnością form mineralnych. Na podstawie dostępnych dokumentacji [3, 5, 6, 8, 9, 12, 18], można stwierdzić, że próby skał wykazują znaczne zróżnicowanie parametrów odkształceniowo-wytrzymałościowych. Na podstawie wyników dotychczasowych badań można jedynie określić przedziały zmienności poszczególnych parametrów wytrzymałościowych:

- wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie: sól spizowa 23,5–53,0 MPa  
zuber 6,0–36,0 MPa
- wytrzymałość na rozciąganie: sól spizowa 0,9–11,9 MPa  
zuber 0,4–2,7 MPa
- kohezja: sól spizowa 3,3–11,3 MPa  
zuber 1,7–7,4 MPa
- kąt tarcia wewnętrzny: sól spizowa 9,6–71,0°  
zuber 30,0–75,0°

Parametry odkształceniowe podobnie jak i wartości charakteryzujące właściwości reologiczne, w materiałach źródłowych przedstawiane są rzadziej, a do obliczeń przyjmowane są następujące współczynniki:

- dla soli spizowej:  $E = 1820$  MPa, współczynnik Poissona  $\nu = 0,4$  [10],  
 $E = 1000$  MPa i  $\nu = 0,48$  [11],
- dla zubrów:  $E = 800$  MPa i  $\nu = 0,48$  [11].

Przyjmowane wartości współczynnika lepkości soli spizowej to:

$$\eta = 4,92 \cdot 10^{17} \text{ Pa}\cdot\text{s} [11],$$

$$\eta = 5,29 \cdot 10^{17} \text{ Pa}\cdot\text{s} [10],$$

oraz:

$$\eta = 0,876\text{--}1,006 \cdot 10^{16} \text{ Pa}\cdot\text{s} \text{ z prób jednoosiowego pełzania przy naprężeniu } 7,2 \text{ MPa},$$

$$\eta = 0,799\text{--}1,175 \cdot 10^{16} \text{ Pa}\cdot\text{s} \text{ przy naprężeniu } 12 \text{ MPa} [18].$$

Także w innych pracach [10], do reologicznego modelu Poyntinga–Thomsona, wykorzystano uśrednione wyniki. Wartości te nie dają jednoznacznych informacji o własnościach górotworu, zwłaszcza o jego reologicznych cechach odkształceniowych, a także podstaw do wnioskowania o jego aktualnym stanie, zwłaszcza w strefach z deformacjami nieciągłymi.

Odmienne podejście do sposobu określania właściwości górotworu, zastosowano w pracach Tajdusia i in. [14, 15], gdzie do numerycznej oceny aktualnego stanu górotworu wykorzystano reologiczne parametry odkształceniowe soli, określone na drodze analizy odwrotnej. Do tego celu zostały wykorzystane pomiary rzeczywistych przemieszczeń stropu komory Warszawa, wykonywane okresowo w latach 1994–2008 oraz reologiczny model całkowy, wynikający z teorii dziedziczności, z jądrem pełzania typu Abela:

$$L(t - \tau) = \delta(t - \tau)^{-\alpha} \quad (1)$$

gdzie:

$E$  — współczynnik sprężystości, MPa,

$\nu$  — współczynnik Poissona,

$\alpha$  i  $\delta$  — parametry reologiczne modelu górotworu solnego określonymi na drodze analizy odwrotnej,

$L(t-\tau)$  — pewna funkcja malejąca względem czasu  $(t-\tau)$ , tzw. jądro pełzania.

Wynikiem tego jest zastąpienie sprężystych parametrów odkształceniowych operatorami czasowymi w postaci:

$$E(t) = \frac{E}{1 + \frac{\delta}{1 - \alpha} \cdot t^{-\alpha}} \quad (2)$$

$$\nu(t) = 0,5 - \frac{1 - 2 \cdot \nu}{2 \cdot \left(1 + \frac{\delta}{1 - \alpha} \cdot t^{-\alpha}\right)} \quad (3)$$

których parametry pokazano w tabeli 1.



TABELA 1  
**Parametry całkowych modeli reologicznych soli spizowej i zuberów  
w rejonie komór Warszawa i Budryk**

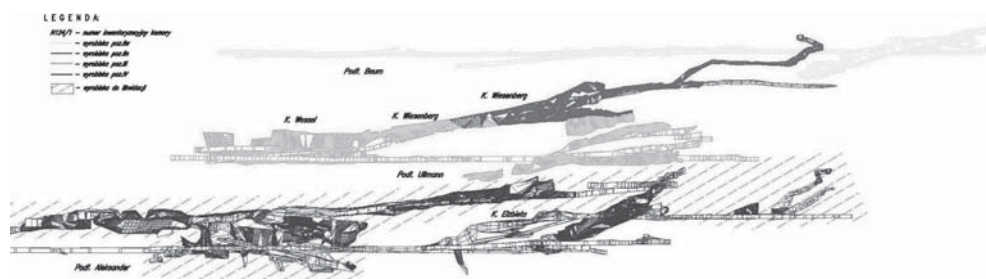
Rodzaj skały	$E_0$ [GPa]	$\delta$ [doba <sup>-a</sup> ]	$\alpha$
sól spizowa	14,971	$0,650 \cdot 10^{-4}$	-0,32837
zuber	10,784	$0,915 \cdot 10^{-4}$	-0,41456

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń autorzy podają następujące wartości operatorów współczynników odkształcalności:

- dla soli spizowej  $E(t) = 2570$  MPa,
- dla zuber  $E(t) = 850$  MPa.

Z uwagi na zbyt małą liczbę danych pomiarowych, podobnej analizy nie przeprowadzono dla obliczenia początkowych wartości operatorów  $v(t)$ , ponieważ w omawianym rejonie nie prowadzono pomiarów przemieszczeń poziomych. Autorzy analizy geomechanicznej [16] nie interpretują parametrów  $E_0$  jako modułów sprężystości skały. Wartości tych parametrów wynikają jedynie z bezpośredniej aproksymacji funkcji konwergencji konturów wyrobiska, a więc utożsamiają czas rozpoczęcia pomiarów konwergencji z czasem wykonania wyrobiska. Stwierdzają też, że na podstawie ogólnej znajomości zachowania się skał solnych udział przemieszczeń natychmiastowych w odkształceniach całkowitych jest znikomy.

Przedstawiona analiza dotychczasowych wyników badań wskazuje na olbrzymi rozrzut wartości wszystkich parametrów charakteryzujących wielicki górotwór solny. W rejonie zespołu komór Jakubowice przeprowadzono badania własności wytrzymałościowych i odkształceniowych skał [16], które pozwoliły na wykonanie analizy geomechanicznej tego rejonu kopalni. Analiza geomechaniczna rejonu potwierdziła analizę stanu technicznego wyrobisk oraz wskazała na najważniejsze działania jakie powinny zostać podjęte zachowania części wyrobisk i zabezpieczenia tej części kopalni przed dalszą degradacją. Na podstawie obliczeń numerycznych, nie stwierdzono bezpośredniego zagrożenia dla powierzchni terenu. Wykazano natomiast, że komory: IV/309, IV/315, IV/303, IV/302, IV/319, IV/317, IV/320, znajdujące się po zachodniej stronie poprzeczni Marcin stanowią zagrożenie dla wyrobisk otaczających. Podsadzenie komór wymienionych w tabeli 2 nie powinno doprowadzić do istotnej zmiany w stanie naprężenia w górotworze. Rysunek 4 przedstawia wzajemne położenie komór na poszczególnych poziomach wraz z zakresem prac podsadzkowych.



Rys. 4. Schemat przestrzenny rejonu komór Jakubowice [17]

TABELA 2

**Wykaz analizowanych komór zespołu Jakubowice wraz z ich planowanym zabezpieczeniem**

Numer komory	Stan komory	Rodzaj planowanych zabezpieczeń	Nazwa (wg map archiwalnych)
<b>Poziom II wyższy</b>			
N124/1	Dobry	Brak	Komory Jakubowice
N124/2	Dobry	Brak	
N125	Przeciętny	Obudowa górnicza	
<b>Poziom III</b>			
IV/316	Dobry	Brak	Komory Wiesenberg
III/243	Przeciętny	Obudowa górnicza	
III/244	Przeciętny-	Obudowa górnicza	
III/274	Dobry	Brak	Komory Jakubowice
III/273	Przeciętny	Obudowa górnicza	
<b>Poziom IV</b>			
IV/250	—	Podsadzenie	Komory Elżbieta
IV/330	—	Podsadzenie	
IV/311	Przeciętny	Obudowa górnicza	
IV/313	Dobry/Przeciętny	Obudowa górnicza	
IV/326	Zły	Podsadzenie	
IV/327	Zły	Podsadzenie	
IV/324	Zły	Komora zabytkowa, podsadzenie	
IV/320	Zły	Komora zabytkowa, podsadzenie	
IV/317	Zły	Komora zabytkowa, podsadzenie	
IV/319	Zły	Komora zabytkowa, podsadzenie	
IV/321	Zły	Komora zabytkowa, podsadzenie	Komora Piaski
IV/322	Zły	Komora zabytkowa, podsadzenie	
IV/307	Zły	Komora zabytkowa, podsadzenie	Komory Jakubowice
IV/308	Zły/Przeciętny	Obudowa górnicza	
IV/301	Zły	Podsadzenie	
IV/302	Zły	Podsadzenie	
IV/303	Zły	Podsadzenie	
IV/315	—	Podsadzenie	
IV/318	—	Podsadzenie	
IV/305	Zły	Komora zabytkowa, podsadzenie	
IV/304	Zły	Podsadzenie	
IV/306	Zły	Podsadzenie	
IV/309	Przeciętny	Obudowa górnicza	Komora Małachów
IV/312	Dobry	Obudowa górnicza	
IV/314	Przeciętny	Obudowa górnicza	

## 5. Planowane prace zabezpieczające

Analizując wyniki przeprowadzonych badań i analiz można stwierdzić, że komory wchodzące w skład zespołu Jakubowice nie stwarzają bezpośredniego zagrożenia dla powierzchni terenu w postaci deformacji nieciągłych. Komory znajdujące się na górnych poziomach Kopalni (IIw i III) znajdują się w dobrym bądź przeciętnym stanie technicznym i po zastosowaniu w wybranych wyrobiskach odpowiedniej obudowy górniczej w postaci kasztów, innych typów obudowy podporowej lub kotwienia, powinny być one stateczne. W znacznie gorszym stanie znajduje się część komór zlokalizowanych na poziomie IV. Pozostawienie komór w złym (zawałowym) stanie może wywołać niekontrolowany proces zniszczenia, co w konsekwencji doprowadzić może do utraty stateczności komór zlokalizowanych na wyższych poziomach. W efekcie tych zjawisk mogłoby dojść do powstania zapadlisk na powierzchni terenu. Dlatego też istnieje konieczność podsadzenia części wyrobisk na poziomie IV. Oczywiście jest, że oprócz deformacji nieciągłych powierzchnia terenu poddana jest procesom deformacji ciągłych, które związane są z procesami reologicznymi zachodzącymi w górotworze. Jednakże aktualna intensywność deformacji ciągłych jest niewielka i wykazuje nawet tendencję spadkową. Również prognozy deformacji nie wskazują na możliwość znacznej intensyfikacji deformacji [13]. W tabeli 2 przedstawiono zestawienie ujętych w analizie komór wraz z planowanymi sposobami ich zabezpieczenia.

Zespół komór Jakubowice stanowi istotną grupę wschodniej części pola centralnego kopalni. Przeprowadzona analiza stanu technicznego oparta na obserwacjach stanu wyrobisk znalazła potwierdzenie w numerycznej analizie geomechanicznej. Z obu tych analiz wynika, że najistotniejsze znaczenie dla stanu zachowania komór poeksploatacyjnych ma budowa geologiczna otoczenia komór (w szczególności przewarstwienia skał płonych występujące w stropie komór i w ociosach), a także intensywność procesu konwergencji wyrobisk. Likwidacja poprzez podsadzenie najniżej leżących wyrobisk w złym stanie technicznym i zabezpieczenie cennych historycznie wyżej leżących komór uchroni ten rejon kopalni przed dalszą degradacją. Istotnym efektem przeprowadzonych analiz jest także wykazanie braku bezpośredniego zagrożenia, pochodzącego od rozpatrywanego zespołu komór, dla powierzchni terenu.

### LITERATURA

- [1] *Brudnik K., Przybyło J., Stecka J.*: Budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne rejonu Grot Krysztalowych. Groty Krysztalowe w Kopalni Soli Wieliczka. *Studia Natura* 46, Kraków, 2000, s. 35–57
- [2] *Dębkowski R., Lason A.*: Ciekawe, mało znane, a warte pokazania zabytkowe obiekty w KS Wieliczka. *Prace Naukowe Instytutu Górniczego Politechniki Wrocławskiej*, nr 117, *Studia i Materiały* nr 32, Wrocław, 2006
- [3] *Flisiak D., Jakóbska A., Wosz R.*: Badania właściwości fizykomechanicznych soli i skał płonych z kopalni Siedlec. *Arch. Katedry Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki AGH*, Kraków, 1987 (praca niepublikowana)
- [4] *Flisiak D.*: Właściwości odkształceniowe soli kamiennej w próbach reologicznych. *Geotechnika i Budownictwo Specjalne*. Wyd. KGBiG AGH, Kraków, 2002

- [5] *Flisiak D., Cyran K.*: Właściwości geomechaniczne mioceńskich soli kamiennych. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, nr 429, Warszawa, 2008
- [6] *Flisiak D., Kleczek Z. i in.*: Opracowanie teoretycznego modelu dla określenia stanu naprężeniowo-deformacyjnego w komorze Ważyn w KS Bochnia. Arch. Katedry Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki AGH, Kraków, 1994 (praca niepublikowana)
- [7] *Jaworski W., Kurowski P., Kurowski R.*: Charakterystyka zabytkowych wyrobisk Kopalni Soli w Wieliczce. Studia i materiały do dziejów żup solnych w Polsce, T. XIII. Wieliczka, 1984, s. 15–105
- [8] *Kasprzyk W.*: Analiza możliwości wykorzystania kopalni Siedlec dla podziemnego składowania wysokotoksycznych odpadów przemysłowych. Badania laboratoryjne wytrzymałości doraźnej wybranych soli z kopalni Siedlec. OBR Chemkop, Kraków, 1993 (praca niepublikowana)
- [9] *Kleczek Z., Flisiak D. i in.*: Geomechaniczna ocena stateczności górotworu w otoczeniu komory Michałowice. Arch. Katedry Geomechaniki Budownictwa i Geotechniki AGH, Kraków, 1997 (praca niepublikowana)
- [10] *Mikoś T.*: Analiza stanu zabezpieczeń górniczych komory Budryk w aspekcie zmian zachodzących w górotworze. Fundacja „Nauka i Tradycje Górnicze”. Wydział Górniczego i Geoinżynierii AGH, Kraków, 2008 (praca niepublikowana)
- [11] *Parchanowicz J., Dębkowski R.*: Projekt zabezpieczenia górniczego komory Lebzelttern znajdującej się na międzypoziomie Kazanów w KS Wieliczka wraz z jej przystosowaniem pod względem wentylacji i infrastruktury do przyłączenia do komory Budryk. Etap I — Część ogólna: Uwarunkowania wraz z analizą geomechaniczną dla rozpatrywanej komory. Centrum Badawczo Projektowe Miedzi „Cuprum”, Wrocław, 2004 (praca niepublikowana)
- [12] *Rybicki S., Lendusko P.*: Sprawozdanie z badań cech fizyko-mechanicznych prób ilów mioceńskich z otoczenia złoża soli kopalni Wieliczka. Zakład Geologii Inżynierskiej AGH, Kraków, 1992 (praca niepublikowana)
- [13] *Szewczyk J.*: Kopalnia Soli Wieliczka — 80 lat obserwacji deformacji pogórnich. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, kwartalnik t. 24, z. 2/3, Kraków, 2008
- [14] *Tajduś A. i in.*: Wpływ wykonywanych robót górniczych w tym wykonania chodnika dojściowego, na stateczność komory „Warszawa” na poziomie III oraz stateczność innych komór zlokalizowanych w jej rejonie. Etap I. Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki AGH, Kraków, 2009 (praca niepublikowana)
- [15] *Tajduś A. i in.*: Oddziaływanie wytypowanych, niezlikwidowanych komór na poziomach I—III na wyrobiska trasy turystycznej i na powierzchnię terenu. Etap II. Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki AGH, Kraków, 2009 (praca niepublikowana)
- [16] *Tajduś A., Czaja P., Cala M., Cieślak J., Flisiak D., Flisiak J., Hydzik J., Betlej M., Kowalski M.*: Wykonanie analizy geomechanicznej rejonu komór Jakubowice i Ksawer AGH Wydz. Górniczego i Geoinżynierii, Kraków, 2010 (praca niepublikowana)
- [17] *Ulmaniec P.*: Schemat przestrzenny rejonu komór Jakubowice, Archiwum Działu Mierniczego Kopalni Soli Wieliczka, 2010
- [18] *Wojnar W., Bieniasz J., Gołda J. i in.*: Studium sposobów i warunków kotwienia mioceńskiego górotworu solnego. OBR Chemkop Kraków, 1996 (praca niepublikowana)