

Włodzimierz SIKORA
Józef SZTEŁAK
Mirosław CHUDEK
Politechnika Śląska

KOMOROWY SYSTEM WYBIERANIA ZŁOŻA SOLI Z ZASTOSOWANIEM PODSAFZKI
HYDRAULICZNEJ NA PRZYKŁADZIE ZŁOŻA W REJONIE ZATOKI PUCKIEJ

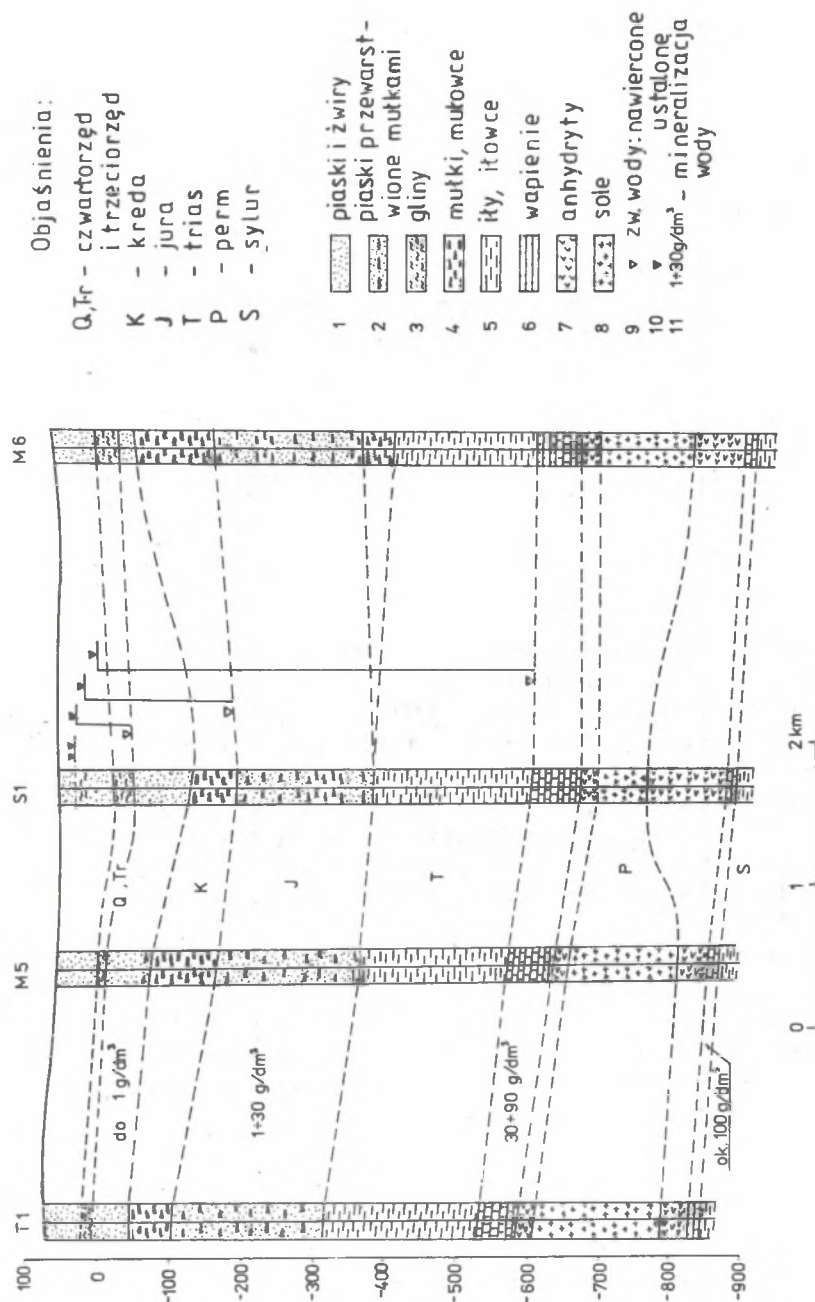
Streszczenie. W przedmiotowym artykule omówiono komorowy sposób wybierania złoża soli z zastosowaniem podsafzki płynnej w rejonie Zatoki Puckiej. Sposób ten zapewnia maksymalny stopień wykorzystania złoża, bezpieczeństwo pracy i ochronę powierzchni terenu.

1. WPROWADZENIE

Z dotychczas udokumentowanych złóż soli w Polsce najlepsze parametry geologiczno-górnictwa posiada złożo soli kamiennej i potasowej w rejonie Zatoki Puckiej. Złożo to zalega w formie pokładowej i obejmuje olbrzymią powierzchnię w porównaniu z małymi złożami typu wysadowego. Zaleganie złoża przedstawia rys. 1.

Udokumentowane przez Instytut Geologiczny w Warszawie zasoby soli kamiennej bilansowe dla tego złoża o powierzchni około 50 km² wynoszą kilkanaście miliardów ton, a zasoby polihalityów kilkaset milionów ton o średniej zawartości K₂O - 8,6%, na stosunkowo niedużej głębokości od około 700 do 750 m.

Przy tak olbrzymiej powierzchni występowania złoża, wielkich zasobach soli kamiennej i potasowej oraz stosunkowo dogodnych warunkach dla prowadzenia eksploatacji podziemnej istnieją w perspektywie bardzo korzystne warunki do rozbudowy w tym rejonie przemysłu górnictwa, składającego się z kilku kopalń, jak również przemysłu chemicznego, bazującego na tym surowcu.



Rys. 1. Przekrój geologiczny złoża soli Zatoki Puckiej

Fig. 1. Geological cross-section of the rock-salt deposit at the region of the Puck Gulf

2. ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ

W skład budowy geologicznej omawianego obszaru wchodzi utworów:

- czwartorzędowe,
- trzeciorzędowe,
- kredowe,
- jurajskie,
- triasowe,
- permskie,
- sylurskie.

Charakterystyka litologiczna poszczególnych utworów: przedstawie się następująco:

- czwartorzęd zbudowany jest z glin, pyłów, piasków i żwirów. Przewagę w wykształceniu litologicznym stanowią wodonośne osady piaszczysto-pyłaste. Miąższość tych osadów wynosi około 100 m, a miejscami jak np. w otworze nr Chłapowo S-1 wynosi około 157 m;
- trzeciorzęd w rozpatrywanym rejonie zbudowany jest z iłów, gliny, piasków pylastych o charakterze kurzawkowym. Miąższość osadów trzeciorzędowych wynosi około 12 m;
- kreda w stropowej części zbudowana jest z iłolupków o miąższości około 21 m zalegających w głębokości od około 122-143 m. Dolną część otworów kredowych stanowią głównie warstwy wodonośne składające się z piasków drobnoziarnistych z domieszką pyłów oraz wkładem ilastych. Warstwy te zalegają w głębokości od 143 m do około 210 m. Miąższość osadów kredowych wynosi około 68 m;
- jura zbudowana jest z warstw iłu i iłolupku oraz wodonośnych piasków drobnoziarnistych, przy czym przewagę stanowią piaski. Miąższość osadów jurajskich wynosi około 186 m, zalegają one na głębokości od ok. 210-396 m;
- trias w stropowej części w głębokości od ok. 396-441 m, zbudowany jest z wodonośnych warstw pyłów i piasków drobnoziarnistych. Natomiast spągowa część tych utworów zbudowana jest z grubego kompleksu warstw nieprzepuszczalnych składającego się z iłowców zalegających na głębokości od 441 m do ok. 678 m;
- perm zbudowany jest z czterech kompleksów litologicznych:
 - od 678-732 m z wapieni dolomitowych z przewarstwieniami anhydrytu,
 - od 732-752 m z anhydrytów praktycznie niewodonośnych,
 - od 752-858,5 m złoża soli kamiennej z wkładkami anhydrytu. Miąższość serii złożowej w rejonie otworu IG-4 wynosi ok. 106 m,
 - od 858,5-931,5 m anhydryt o miąższości ok. 73 m praktycznie niewodonośny,
 - od 935,5-943,0 wapień margliety praktycznie bezwodny.

Bezpośrednio pod utworami permu zalegają warstwy sylurskie zbudowane z łożupków.

Zaleganie poszczególnych utworów ilustruje przekrój geologiczny (rysunek 1).

Układ hydrogeologiczny w rozpatrywanym rejonie jest dla prowadzenia eksploatacji podziemnej korzystny, ponieważ dwa nadległe silnie wodonośne poziomy, występujące do głębokości około 450 m, są odizolowane od złoża soli grubym kompleksem warstw nieprzepuszczalnych o miąższości około 200 m.

W pracy [1] przedstawiono rozwiązania, które gwarantują bezpieczeństwo kopalni z punktu widzenia hydrogeologicznego.

3. DOBÓR SYSTEMU WYBIERANIA

Wybieranie złoża powinno odbywać się z minimalnymi stratami, z kierowaną ochroną powierzchni oraz maksymalną, odpowiadającą obecnemu stanowi techniki, koncentracją produkcji. Te podstawowe założenie rzutowały w decydującym stopniu na dobór systemu wybierania, o którym jest mowa poniżej.

Pokładowy charakter złoża o zmiennej grubości, od kilkudziesięciu do ponad stu metrów (średnio 40 m) można wybrać przy małych stratach w przypadku zastosowania systemu komorowego składającego się z trzech półek: górnej, dolnej i środkowej (rys. 2).

Według tego systemu złoża wybierane będzie warstwami o grubości około 20 m, przy pozostawieniu półek ochronnych między warstwami o grubości 2m.

Dla pełnego zabezpieczenia wielkości kierowanego osiadania powierzchni przy równoczesnej minimalizacji strat zakłada się stosowanie podsadzki hydraulicznej.

Dla umożliwienia wybierania złoża należy stosować system warstwowy z dołu do góry z podsadzką hydrauliczną. Natomiast polihalit wybierany będzie systemem komorowym na całą grubość pokładu.

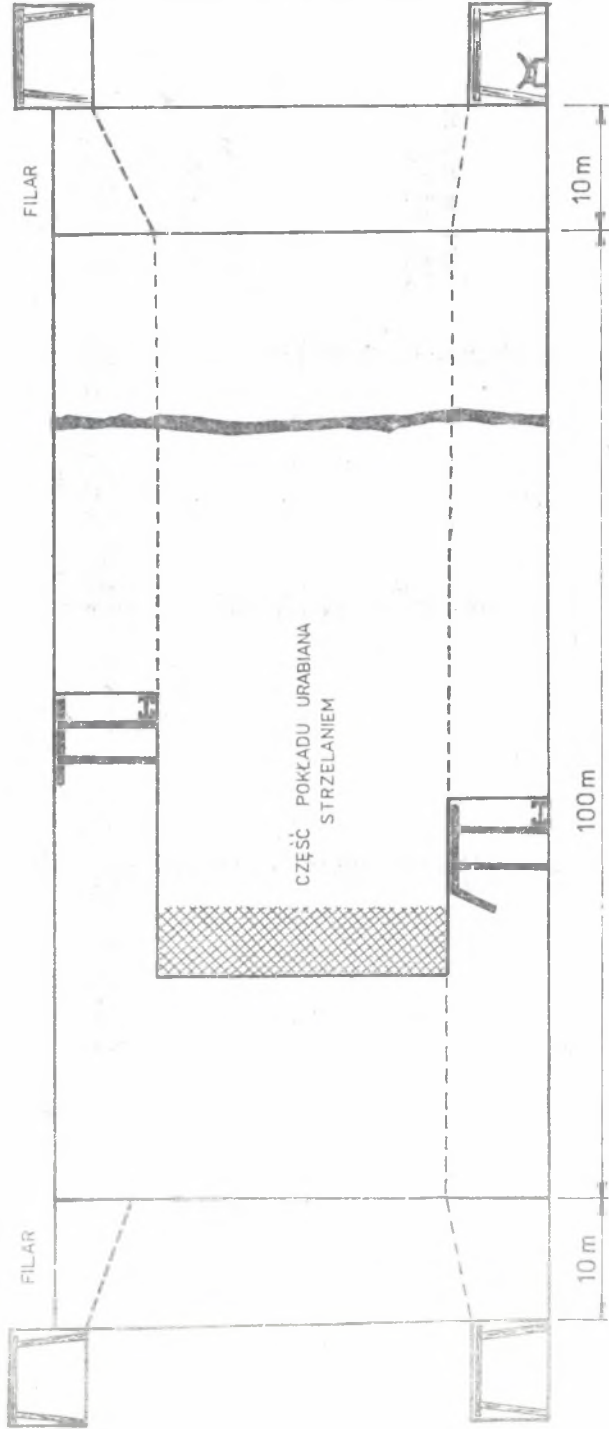
Najistotniejszym zagadnieniem z punktu widzenia bezpieczeństwa pracy dla opracowanego systemu eksploatacji jest dobór wymiarów komór.

A zatem pokład wybierany jest warstwami (rys. 3), przy czym kolejność wybierania jest następująca:

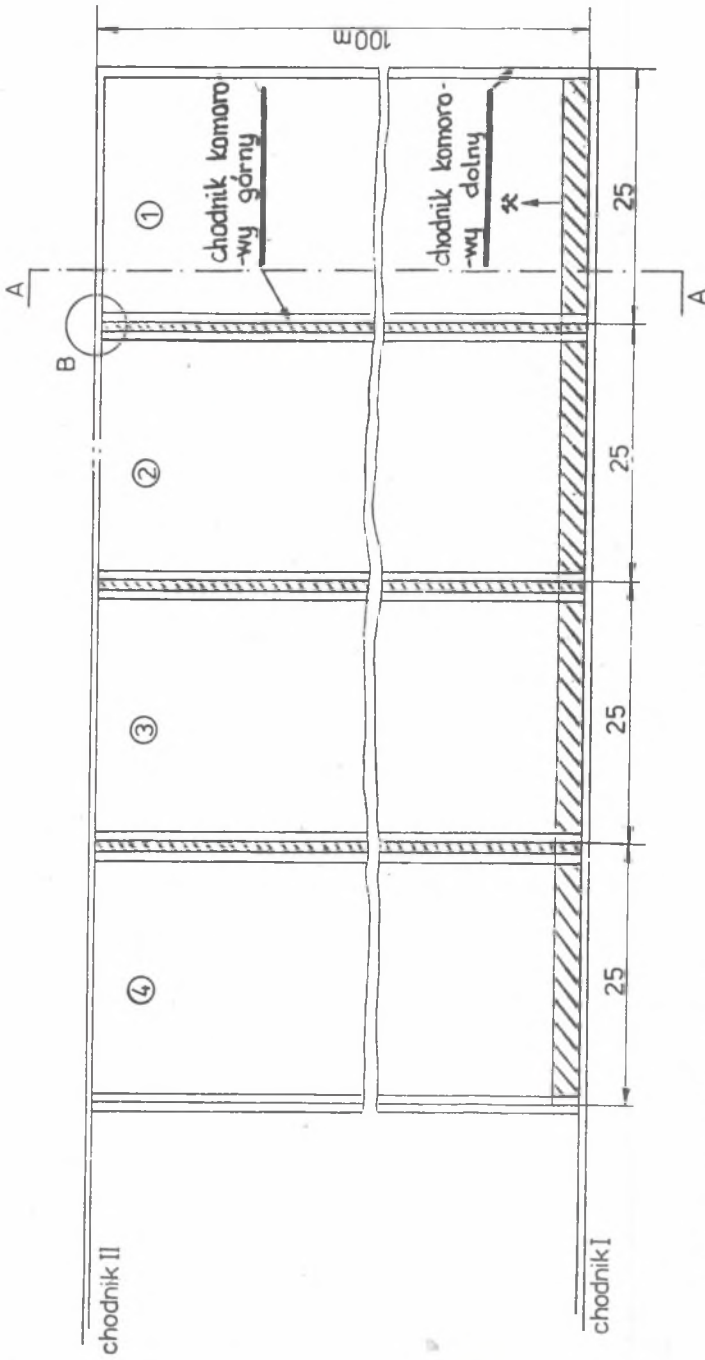
- najpierw wybrane zostaną komory w pierwszej warstwie złoża o grubości 20 m przy bezpiecznej szerokości komór 25 m i przy długości około 100 m.
- po wybraniu i podsadzeniu warstwy pierwszej, wybierana będzie w analogiczny sposób warstwa druga, a przy większej grubości złoża wybierane będą w takiej kolejności warstwy następne.

W rozpatrywanych warunkach geologiczno-górnicznych wybieranie soli zaleca się prowadzić sposobem komorowo-półkowym z podsadzką hydrauliczną. Przy tym systemie eksploatacji i wysokości komór $h = 20$ m wybieranie

PRZEKRÓJ A-A



Rys. 2. System eksploatacji komorowo-półkowy
Fig. 2. System of exploitation



chodnik I — transport materiałów
 chodnik II — transport urobku

Rys. 3. Schemat podszedzenia komór
 Fig. 3. Scheme of hydraulic filling

złoża soli rozpocznie się w półce górnej i dolnej o wysokości każda 4 m, a następnie w półce środkowej o wysokości około 12 m (rys. 2).

Wybieg półek dolnej i górnej powinien wyprzedzać półkę środkową około 5 m. Przekrój komory przedstawia rys. 2.

Po wybraniu i podsadzeniu pierwszej komory będzie w podobny sposób wybierana następna komora. Między jedną a drugą komorą będzie pozostawiony filar międzykomorowy o grubości 5 m, którego zadaniem jest zabezpieczenie przed przedostaniem się podsadzki z podsadzanej komory oraz częściowe podparcie stropu nad komorą.

Uginający się strop nad dowolną komorą opiera się z jednej strony na podsadźce w wybranych komorach, a z drugiej na filarze międzykomorowym i podsadźce znajdującej się w wybranej komorze. Komorowo półkowy system wybierania z punktu widzenia mechaniki górotworu musi spełniać warunki pełnego bezpieczeństwa tak ze strony warstw stropowych, jak i ociosów.

Biorąc pod uwagę, że sól ulega łatwiejszemu odkształcaniu w wyniku jej pełzania, do obliczeń przyjęto dopuszczalny kąt ugięcia stropu 4° . Przy takim kącie ugięcia stropu na szerokości 25 m wielkość obniżenia wynosi 2,1 m; jest ona więc nieco większa od przewidywanej ściśliwości podsadzki przy jej szczelnym podsadzeniu. Zakładając, że do podsadzki stosowany będzie piasek I klasy o ściśliwości 10%, a po podsadzeniu wystąpi dodatkowe doszczelnienie przez wprowadzenie kompozytów chemoutwardzalnych opartych na odpadach anhydrytowych, uzyska się dobre podparcie stropu.

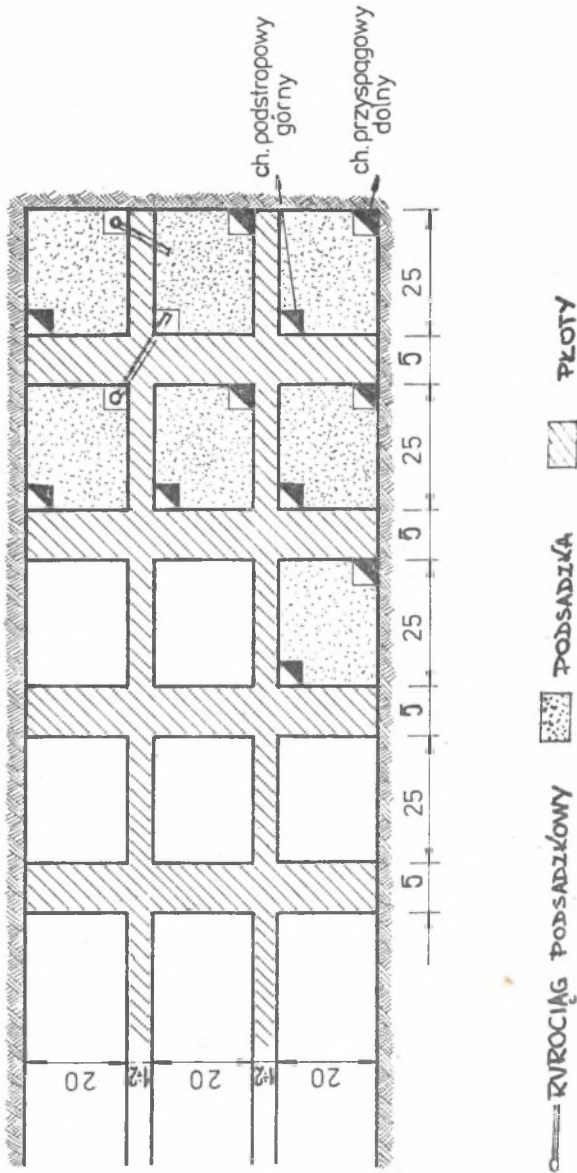
Ponadto zastosowana do podsadzki solanka posiada pełne nasycenie, tak że po odwodnieniu nastąpi częściowa rekrytalizacja soli, co pozwoli uzyskać w pewnym sensie podsadzkę utwardzoną.

Stan taki upoważnia do stwierdzenia, że podsadzka będzie stanowiła dobre podparcie stropu, przy której wielkość ugięcia będzie mniejsza od obliczonej, a pozostawiony filar międzykomorowy o grubości 5 m w wyniku pełzania odkształcać się będzie w podobny sposób jak utwardzona podsadzka.

Dla rozpatrywanych warunków geologiczno-inżynierskich przyjęto szerokość komory 25 m, która zapewni zabezpieczenie stropu przed zniszczeniem. Z obliczeń wynika, że kosztem zmniejszenia współczynnika bezpieczeństwa będzie można zwiększyć szerokość komory do około 40 m, a może i więcej. Jednakże o ostatecznej szerokości zdecydować będzie można dopiero po rozpoczęciu eksploatacji pilotowej. Z tego względu w dalszej części opisanego będzie wyposażenie komór zarówno dla szerokości 25 m, jak i ewentualnie większej.

Proponowany system eksploatacji przedstawia się następująco:

- pokład eksploatowany jest na warstwy o grubości 20 m każda,
- między warstwami pozostawiona będzie półka ochronna solna o grubości 2-3 m,
- między poszczególnymi komorami pozostawia się płot o grubości około 5 m,



Rys. 4. Schemat eksploatacji komorowej pokładu polihalitu

Fig. 4. Layout of a room and pillar extraction of the polyhalite deposit

- pole wybierkowe obejmuje komory o długości 100 m odgrudzone od siebie płotami (rys. 4),
- po wybraniu komory następuje jej podsadzenie,
- dla każdej komory prowadzone są 2 chodniki rozcinające: jeden przy spągu i drugi przy stropie (rys. 4),
- każda warstwa udostępniona jest oddzielnie,
- główne chodniki prowadzone są także dla każdej warstwy oddzielnie, z tym że między warstwą pierwszą a drugą oraz drugą a trzecią wystarczy po jednym chodniku,
- od strony chodników głównych pozostawia się także płoty o grubości 10 m.

Omawiany system opracowany dla dotychczas niezagospodarowanego złoża w Zatoce Puckiej może być zastosowany także w innych złożach soli kamiennej.

4. OPIS SYSTEMU WYBIERANIA

Projektowana komora składająca się z trzech półek stanowi odmianę systemu podbierkowego (rys. 2). Polega on na równoczesnym wybieraniu w każdej warstwie części przystropowej oraz przyspągowej przy zastosowaniu kompleksu mechanizacyjnego. Grubość wybierania półki przystropowej, jak i przyspągowej wynosi 4 m. Ta część pokładu urabiana jest kombajnem jednobębnowym. Przodek zabezpieczońy jest obudową zmechanizowaną, a urobek transportowany przenośnikiem zgrzeblowym.

Stosując zabiór 0,55 m, tj. zmniejszony w stosunku do stosowanego w innych górnictwach, można będzie uzyskać dostateczną wydajność kombajnu. Część środkowa warstwy urabiana będzie robotami strzelniczymi, a następnie załadowywana częściowo samoczynnie oraz częściowo przy użyciu spychacza na przenośniki leżące po odzwałowej stronie obudowy. Górny kompleks wyprzedzać powinien dolny kompleks o około 3 m. Roboty wiertnicze wykonywane będą z górnej półki. Podsadzenie odbywać się będzie po wyeksploatowaniu całej komory o wymiarach 25 m x 100 m x 20 m.

Z postępu wynikającego z jednego zabioru 0,5 m wielkość wydobycia wyniesie:

$$25 \times 20 \times 0,55 \times 2,14 = 600 \text{ ton}$$

A zatem przy pięciu zabiorach wydobycie wynosić będzie 3000 ton. Dwie komory zapewnią pełne wydobycie kopalni. Z tego wydobycia przypada na:

- półkę przystropową - 350 ton,
- półkę przyspągową - 350 ton,
- półkę środkową - 2300 ton.

Przy wydajności przenośnika rzędu 800 ton/godz. cały załadunek i przetransportowanie urobku pochodzącego ze środkowej części warstwy wyniesie około 4 godz. Istnieje więc możliwość pełnego zamknięcia cyklu w ciągu doby.

Jak z tego przeliczenia wynika, proponowany system zapewnia bardzo wysoką koncentrację produkcji, a przy szerokości komór 40-50 m proces technologiczny ulegnie wydatnemu usprawnieniu.

5. PODSADZANIE KOMÓR

Problemem wiążącym się bezpośrednio z technologią wybierania jest podsadzanie pustki poeksploatacyjnej. Jak wynika z obliczeń, wyeksploatowana komora ma objętość $50,000 \text{ m}^3$ i tyle materiału podsadzkowego trzeba będzie wprowadzić do pustek poeksploatacyjnych. Jako materiał podsadzkowy używane będą odpady z bieżącej produkcji oraz piasek, a jako medium transportowe stosowana będzie solanka pochodząca z zamkniętego obiegu. Konieczne będzie zaprojektowanie instalacji podsadzkowej na wymaganą wydajność. W przemyśle węglowym stosuje się instalacje podsadzkowe o wydajności około $500 \text{ m}^3/\text{godz}$. Przyjmując taką wielkość instalacji można wyliczyć, że podsadzenie jednej komory trwać będzie 100 godz. Wynika stąd, że przy dwuzmianowej pracy podsadzanie trwać będzie około 1 tydzień. Wymagać to będzie jednocześnie dostarczania na dobę około 7000 m^3 materiału podsadzkowego.

Zastosowanie solanki do podsadzania zabezpieczy płoty solne przed ługowaniem, a równocześnie wskutek rekrytalizacji doprowadzić może do uzyskania podsadzki utwardzonej, co będzie miało korzystny wpływ na górotwór, zwłaszcza przy wybieraniu warstw górnych.

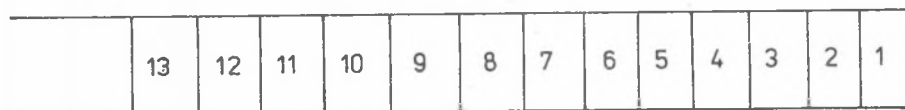
Ażeby uzyskać możliwie szczelne podsadzenie komory, przewiduje się doszczelnianie komór podsadzką o charakterze ekspansywnym, uzyskowaną z odpadów anhydrytowych z bieżącej produkcji. Jak wykazują badania, podsadzka anhydrytowa powiększa swoją objętość o kilka procent. Doszczelnianie komór podsadzką anhydrytową odbywać się będzie z chodników przygotowawczych dla wyższej komory (rys. 4). Wzdłuż chodnika poprowadzony będzie rurociąg podsadzkowy, z którego co 15-20 m specjalnie odwierconymi otworami wprowadzi się podsadzkę do pustek w komorach. Ten system powinien zapewnić możliwie dużą szczelność podsadzania.

Zastosowanie podsadzki wymagać będzie oddzielnego opracowania gospodarki solankę oraz osadzonym w osadniku materiałem.

Przy zastosowaniu komory o wymiarach $25 \times 100 \text{ m}$ istnieje konieczność pozostawienia płotków odgradzających o szerokości do 5 m ze wszystkich stron komory. Wybierane będą jednocześnie dwie komory, po czym następować będzie ich podsadzenie, a eksploatowane będą komory następne.

Objętość komory wynosi:

$$25 \text{ m} \times 100 \text{ m} \times 20 \text{ m} = 50,000 \text{ m}^3$$



Rys. 5. Schemat rozcięcia pola

Fig. 5. Geometry of the panel

Przy ciężarze objętościowym $2,14 \text{ t/m}^3$ daje to ilość urobku 107.000 t. Przyjmując 3.000 t/dobę, żywotność komory wyniesie 35 dni.

A zatem dla zabezpieczenia rocznego wydobycia w wysokości 2 mln ton potrzeba będzie wyeksploatować rocznie 20 komór. Wynika z tego, że wymiary pola dla jednorocznej eksploatacji wynosić będą:

500 m x 100 m x 40 m

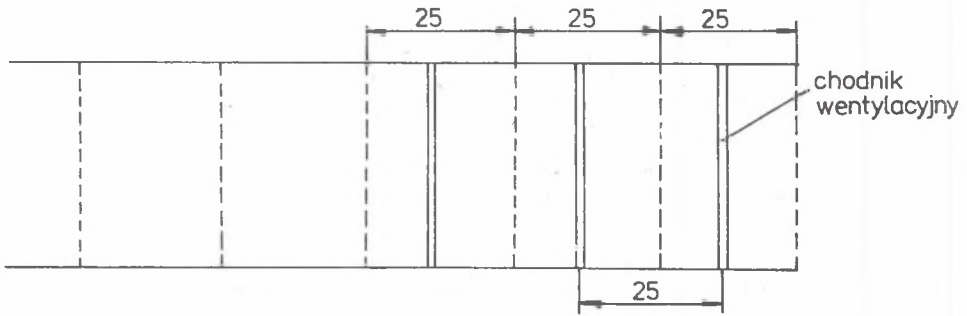
Dla uzyskania prawidłowego wybierania, zapewniającego bezpieczne warunki podsadzania, istnieje konieczność ustalenia kolejności wybierania i podsadzania komór (rys. 5), a mianowicie:

<u>Etap</u>	<u>W eksploatacji komory</u>	<u>W podsadzaniu komory</u>
1	1 i 4	-
2	7 i 10	1 i 4
3	2 i 5	7 i 10
4	8 i 11	2 i 5
5	3 i 6	8 i 11
6	9 i 12	3 i 6
itd.		

6. WYBIERANIE POKŁADU POLIHALITU

Pokład polihalitu ma zmienną grubość, a mianowicie 5 do 6 m, ponadto zalega w stropie warstw solnych. Polihalit jest surowcem bardzo cennym, stąd system wybierania polihalitu powinien charakteryzować się maksymalnym wskaźnikiem wykorzystania złoża. Najlepszy byłoby tutaj system ścianowy, jednakże z uwagi na dużą zmienność grubości pokładu oraz wysoką wytrzymałość polihalitu (3,5-krotnie wyższa od wytrzymałości soli) prowadzenie tego systemu byłoby niemożliwe. Dlatego projektuje się system komorowy na całą grubość pokładu (rys. 6). Przy grubościach wyższych urobek będzie zestrzeliwany na spąg i z urobku prowadzić się będzie w stronę stropu dalsze roboty strzelnicze.

Podczas wybierania złoża polihalitów o grubości około 5 m systemem komorowym z podsadzką hydrauliczną wystąpi uginanie warstw stropowych oraz



Rys. 6. Kolejność wybierania komór
Fig. 6. Sequence of exploitation

stosunkowo małe zaciskanie wyrobisk w poziomie. Występuje tu bowiem znaczny wpływ stropu i spągu na przebieg przemieszczeń poziomych, a zatem na stan naprężeń w stropie komór. Zachodzi tu również potrzeba pozostawienia filara 2-3 m (płot) między jedną a drugą, w celu zabezpieczenia się przed przedostaniem podsadzki z sąsiedniej komory oraz częściowego podparcia stropu.

Przewiduje się, że do podsadzenia będzie stosowany piasek klasy I lub klasy II, który zapewnia małą ścisłość podsadzki.

Z przeprowadzonych badań przez GIG opublikowanych w Poradniku Górnictwa (t. 3, s. 401) wynika, że piasek podsadzkowy klasy I przy ciśnieniu 180 kg/cm^2 posiada ścisłość 5,5%, natomiast piasek podsadzkowy klasy II przy ciśnieniu 180 kg/cm^2 posiada ścisłość 10%. Przy zastosowaniu piasku klasy I wielkość osiadania podsadzonej zabierki o wysokości 6 m wyniesie około 0,39 m, natomiast dla podsadzki z piasku klasy II osiadanie stropu wyniesie 0,6 m.

LITERATURA

- [1] Bezpieczny model kopalni dla skojarzonej eksploatacji złóż soli kamiennej i polihalitytów z punktu widzenia zagrożeń wodnych - praca zespołowa pracowników naukowych Pol. Śl. w skład którego wchodzi autorzy Arch. Instytutu Geologii Stosowanej, Gliwice 1980.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Erast Konstantynowicz

КАМЕРНАЯ СИСТЕМА ВЫЕМКИ СОЛИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ЗАКЛАДКИ
В РАЙОНЕ ПУЦКОГО ЗАЛИВА

Р е з ю м е

В предметной статье рассмотрен камерный способ выемки залежей соли, с применением гидравлической закладки, в районе Пущкого залива. Этот способ обеспечивает максимальное использование залежей, безопасность работы и охрану поверхности территории.

ROOM AND PILLAR EXTRACTION OF ROCK-SALT WITH HYDRAULIC FILLING
FOR THE DEPOSIT AT THE REGION OF THE PUCK GULF

S u m m a r y

In the article the method of a rock-salt deposit exploitation with hydraulic filling at the region of the Puck Gulf is presented this method provides maximum deposit extraction ratio, improvement of safety and minimum subsidence.