

BUDOWA GEOLOGICZNA I TECHNIKI EKSPLOATACJI ZŁOŻA W WYROBISKACH NOWEJ TRASY SPECJALISTYCZNEJ W KOPALNI SOLI „WIELICZKA”

**Geological structure and exploitation techniques
in excavation chambers of the new specialist route
in the Wieliczka Salt Mine**

Kajetan d’OBYRN, Jerzy PRZYBYŁO & Wiesław WIEWIÓRKA

Kopalnia Soli „Wieliczka” SA; Park Kingi 1, 32-020 Wieliczka

Treść: Od wieków kopalnia wielicka udostępniała zwiedzającym swoje podziemia. Wieloletnia jej współpraca z uczelniami i jednostkami badawczymi w kraju i na świecie, a także rosnąca popularność turystyki aktywnej doprowadziła do udostępniania podziemnych wyrobisk poza istniejącą trasą turystyczną. Wiosną 2009 roku podjęto decyzję o przygotowaniu trasy dla grup specjalistycznych, ukazującej różne sposoby eksploatacji górniczej, z ciekawymi odsłonięciami budowy geologicznej złoże. Ostatecznie zdecydowano o wytyczeniu nowej trasy na poziomach od I do III w centralnej i wschodniej części kopalni, w wyrobiskach o długości około 3400 m. W artykule przedstawiono zarys problematyki geologicznej i górniczej, z jakimi zwiedzający mogą się zapoznać. Przedstawiono także uwarunkowania hydrogeologiczne oraz atrakcyjne poznawczo i widokowo miejsca wtórnej krystalizacji halitu.

Słowa kluczowe: Kopalnia Soli „Wieliczka”, budowa geologiczna, miocen, techniki eksploatacji, złoże soli kamiennej, wtórna krystalizacja halitu

Abstract: Since centuries the Wieliczka Salt Mine has been open to visitors. Many-year collaboration with the Polish and world universities and research institutes, and also growing popularity of the active tourism, led to the opening of undergrounds excavation chambers off the existing regular tourist route. In spring of 2009 the decision about preparing the route for the specialists’ groups was made. The route illustrates different methods of salt excavation with interesting exposures of the salt deposit geological structure. Finally, the new ca. 3400-m long route leads along levels I, II and III of the central and eastern part of the mine. The paper describes geological and mining aspects presented to visitors. It also explains the hydrological conditions and presents attractive locations of the halite re-crystallization sites.

Key words: Wieliczka Salt Mine, geological structure, Miocene, exploitation techniques, salt deposits, halite re-crystallisation

BUDOWA GEOLOGICZNA I WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Udostępniona dla zwiedzających specjalistyczna trasa turystyczna obejmuje wyrobiska górnicze w rejonie centralnym i wschodnim Kopalni Soli „Wieliczka” na poziomach I–III (Fig. 1–3).

Złoże soli kamiennej Wieliczka charakteryzuje się unikatową i zarazem bardzo ciekawą budową, będącą efektem wielu skomplikowanych procesów geologicznych. Zbudowane jest z dwóch kontrastowo różniących się partii – złoży bryłowego, którego zasadniczym elementem są bryły soli zielonych rozmieszczone w skałach płonnych typu iłowców marglistych i zubrów solnych, oraz złoży pokładowego, zbudowanego ze zróżnicowanych litologicznie pokładów (warstw) soli kamiennych poprzedzielanych iłowcami i mułowcami z anhydrytem, sporadycznie piaskowcami. Złoże bryłowe jest bezstrukturalne. Złoże pokładowe jest sfałdowane, uformowane w trzy główne łuski tektoniczne: południową, centralną i północną, zapadające (z wyjątkiem rejonu kopuły Grot Krysztalowych) pod kątem 20–45° na południe (Gawęł 1962, Wiewiórka 1985, Ślaczka & Kolasa 1989).

Od szybu Kinga trasa przebiega przez wyrobiska poziomu I, następnie poziomu II niższego, a wyrobiskami poziomu III powraca do szybu Kinga. W tym rejonie utwory złoży bryłowego wypełniają synklinę utworzoną przez dwie łuski złoży pokładowego – południową i centralną. Odsłaniające się utworów to skały płonne wykształcone w postaci iłowców marglistych i zubrów solnych, a także bryły soli zielonych, zarówno typowych (laminowanych), jak i witrażowych (wielokrystalicznych). W odsłonięciach złoży pokładowego obecne są sole prawie całego profilu – spizowe, szybikowa oraz zielone pokładowe. Na uwagę zasługują również przykłady sedymentacji i tektoniki solnej oraz wtórnej krystalizacji halitu.

Ze względu na zróżnicowanie górotworu, w celu przejrzystego opisu budowy geologicznej, trasę specjalistyczną podzielono na umowne odcinki różniące się litologią i wykształceniem skał.

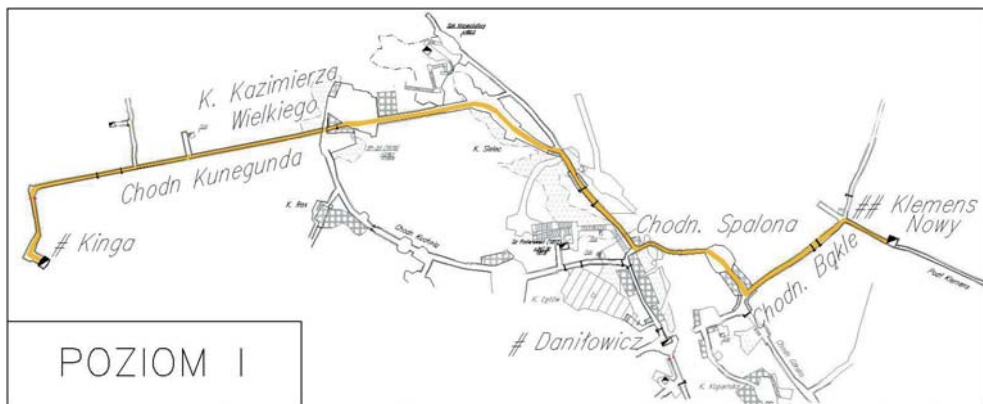


Fig. 1. Schemat trasy specjalistycznej na poziomie I (Dział Robót Górniczych Kopalni Soli „Wieliczka” SA)

Fig. 1. Diagram of the specialist route along Level I (Mining Works Department of the Wieliczka Salt Mine)

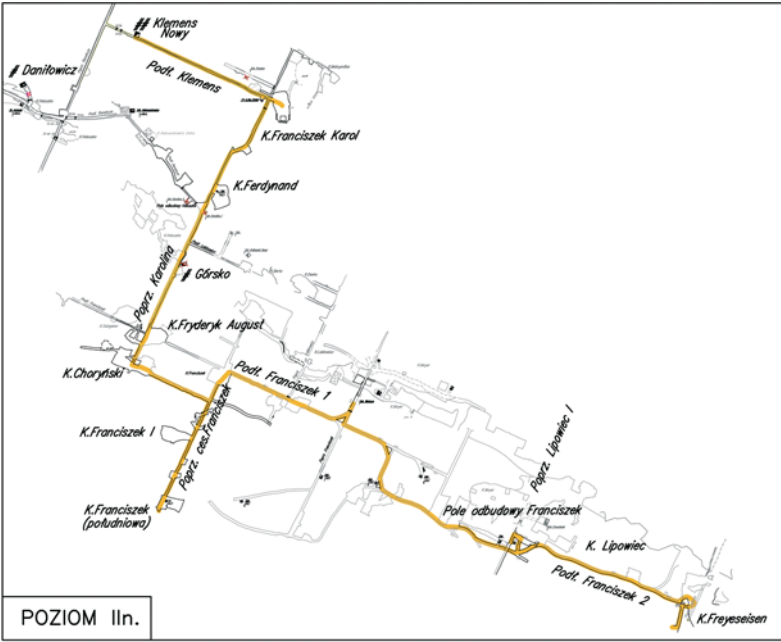


Fig. 2. Schemat trasy specjalistycznej na poziomie II niższym (Dział Robót Górniczych Kopalni Soli „Wieliczka” SA)

Fig. 2. Diagram of the specialist route along Level II (Mining Works Department of the Wieliczka Salt Mine)

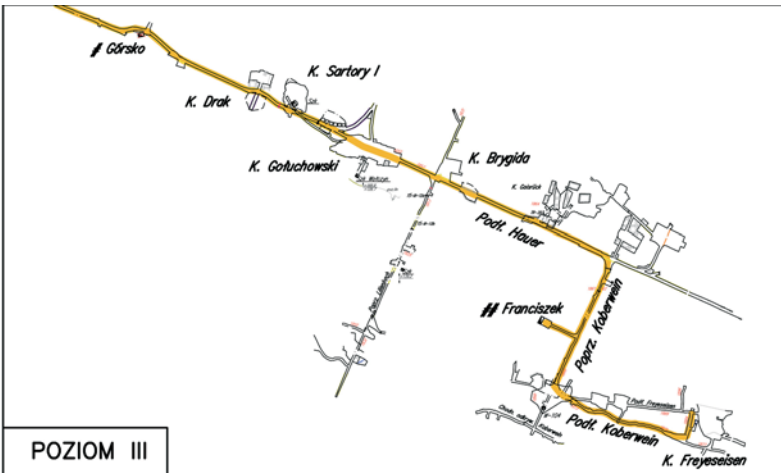


Fig. 3. Schemat trasy specjalistycznej na poziomie III (Dział Robót Górniczych Kopalni Soli „Wieliczka” SA)

Fig. 3. Diagram of the specialist route along Level III (Mining Works Department of the Wieliczka Salt Mine)

Poziom I Bono

Trasa specjalistyczna w obrębie tego poziomu prowadzi od szybu Kinga do szybiku Klemens Nowy, którym zwiedzający schodzą na poziom II niższy. Tę część trasy można podzielić na trzy odcinki.

Odcinek 1. obejmuje fragment chodnika Kunegunda od szybu Kinga do komory Kazimierza Wielkiego, poprowadzony w utworach złoża bryłowego (Fig. 4). Wśród interesujących odsłonień w chodniku zwraca uwagę bryła soli zielonej bryłowej wielokrystalicznej (zwanej inaczej witrażową) z dużymi kryształami halitu i bardzo dobrze widoczną ich budową wewnętrzną, tzw. zonalną. Sole zielone wielokrystaliczne nazwę „sole witrażowe” zawdzięczają charakterystycznemu wyglądowi – zbudowane są z dużych, kilkucentymetrowych kryształów halitu, między którymi przestrzeń wypełnia ił z anhydrytem. Przepływające chodnikiem wilgotne powietrze łąguje sól, natomiast ił z anhydrytem pozostają, tworząc wyraźny relief, który upodabnia ociosy i strop do witrażu. Natomiast budowa zonalna halitu wynika ze zmienności warunków powstawania soli, to znaczy zmian temperatury solanki w procesie jęgo krystalizacji.

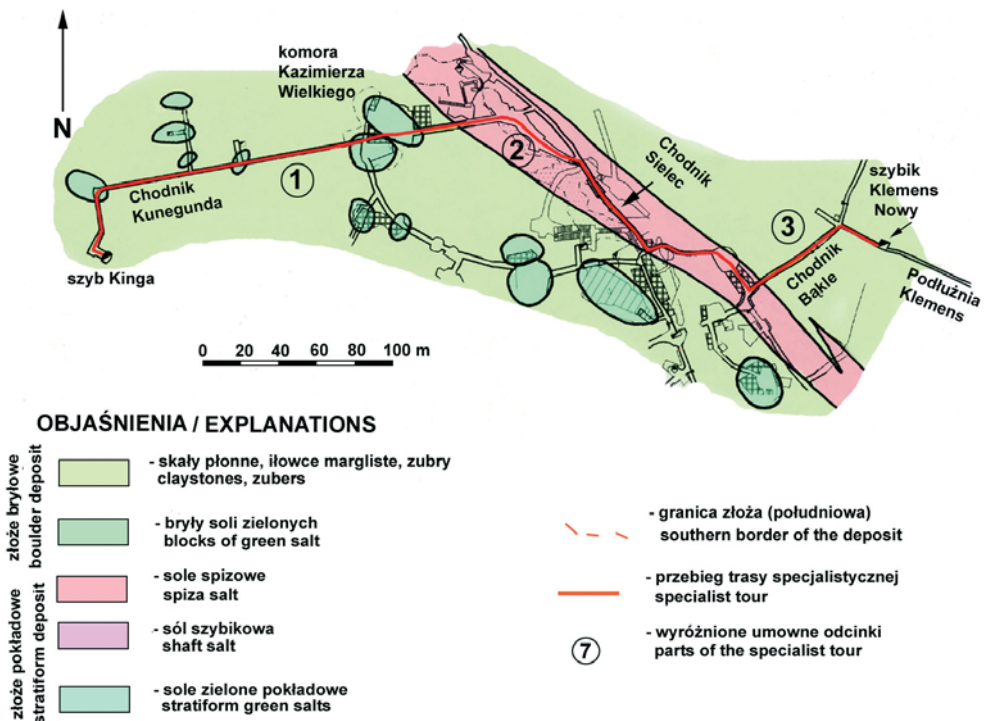


Fig. 4. Fragment mapy geologicznej poziomu I (Manterys 1980, zaktualizował Przybyło 2010)

Fig. 4. Fragment of the geological map of Level I (Manterys 1980, updated Przybyło 2010)

W chodniku znajdują się także odsłonięcia skał płonnych typu zubrów solnych oraz brył soli zielonej laminowanej, zwanej także typową. Sól zielona bryłowa typowa była przez całe stulecia podstawowym gatunkiem soli eksploatowanej w kopalni „Wieliczka”. Jej zielonkawy odcień wynika z paroprocentowej domieszki ilu. Charakterystyczną jej cechą jest laminacja, czyli rytmicznie powtarzające się jaśniejsze i ciemniejsze warstewki. Zmiana barwy lamin (Fig. 7A) wynika ze zróżnicowanej zawartości ilu, także będącej efektem różnorodności warunków sedymentacji soli (Pawlikowski 2009). Przykładem dużego wyrobiska wykonanego w bryle soli zielonej typowej jest komora Kazimierza Wielkiego, w której doskonale widoczna jest laminacja soli.

Opisywany odcinek trasy objęty jest ochroną w postaci stanowiska dokumentacyjnego nr 35.A/3 (Dz. Urz. Woj. Krak. nr 21 1997).

Odcinek 2. wiedzie dalszym fragmentem chodnika Kunegunda i chodnikiem Sielec do chodnika Bąkle. W wyrobiskach tych odsłaniają się różne wykształcone sole spizowe – „szare”, laminowane, „oczkowe” (Fig. 4). Sole spizowe, zróżnicowane litologicznie, tworzą jedno wydzielenie ze względu na łączącą je cechę – są zanieczyszczone materiałem terygenicznym. Stropowe partie soli spizowych przyjmują postać zbliżoną do piaskowca o spoiwie halitowym (Wiewiórka 1985). Występują tu także warstwy soli spizowych z obłymi kryształami (Fig. 7B), co świadczy o redepozycji kryształów po wtórnym rozługowaniu utworów solnych (Pawlikowski 2009).

Na tym odcinku trasy zlokalizowane jest stanowisko dokumentacyjne nr 35.A/2 (Dz. Urz. Woj. Krak. nr 21 1997).

Odcinek 3. prowadzi przez chodnik Bąkle i podłużnię Klemens do szybiku Klemens Nowy, a nim do wyrobisk poziomu II niższego. Trasa ponownie przechodzi w obręb utworów złoża bryłowego, jednak z uwagi na pełną obudowę wyrobisk nie ma na tym odcinku odsłoneń geologicznych (Fig. 4). Jedyne w szybiku Klemens Nowy widoczne są odsłonięcia soli zielonej bryłowej typowej (laminowanej).

Poziom II niższy im. Adama Mickiewicza

Odcinek 4. rozcina utwory złoża bryłowego podłużnią Klemens i poprzeczną Karolina (Fig. 5). W chodnikach tych odsłaniają się skały płonne oraz bryły soli zielonych, w których wykonano dwa duże wyrobiska komorowe – komorę Franciszek Karol oraz komorę Ferdynand. W podłużni Klemens występuje odsłonięcie soli zielonej bryłowej witrażowej, w której widoczne są duże kryształy halitu, obwiedzione ilem z anhydrytem. W otoczeniu komory Franciszek Karol w skałach płonnych spotykane są bloki zlustrowanych, rozsypliwych iłowców marglistych. W komorze Ferdynand obserwujemy zjawisko ciągłych, plastycznych odkształceń znajdującego się w niej filara.

Jako **odcinek 5.** można wyróżnić południowy fragment poprzeczni Karolina, od jej skrzyżowania z podłużnią Rarańcza do komory Choryński wraz z wychodzącym z niej chodnikiem poprowadzonym do poprzeczni Franciszek. Ten odcinek trasy biegnie w utworach złoża pokładowego, w solach spizowych łusek centralnej i południowej, oraz utworach złoża bryłowego (Fig. 5). Łuski złoża pokładowego tworzą tu synklinealne zagłębienie, w którym odsłaniają się utwory złoża bryłowego, z bryłami soli zielonej typowej. W jednej z brył wykonano komorę Fryderyk August.

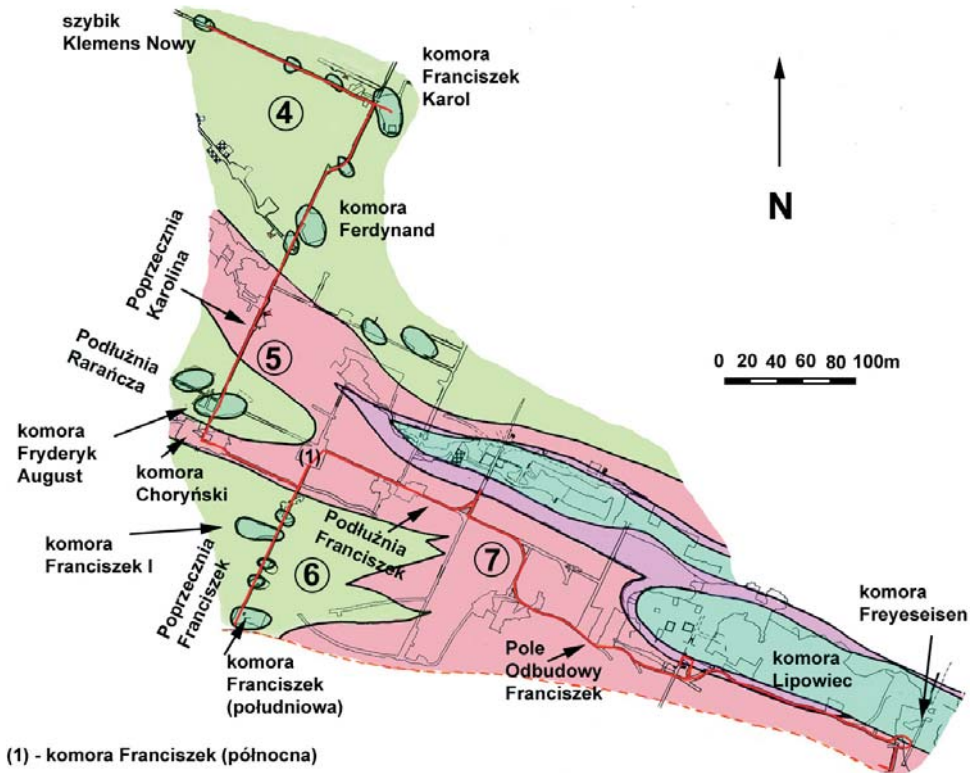


Fig. 5. Fragment mapy geologicznej poziomu II niższego (na podstawie: Manterys 1980, zaktualizował Przybyło 2010), objaśnienia – figura 4

Fig. 5. Fragment of the geological map of Level II (Manterys 1980, updated Przybyło 2010), explanations – figure 4

Odsłonięcia skał w poprzeczni Karolina obrazują budowę geologiczną złoża w cięciu poprowadzonym w poprzek jego rozciągłości. Sole spizowe wykształcone są na tym odcinku głównie w postaci tzw. soli spizowych „pasiastych”, czyli utworów wyraźnie warstwowych, w których widoczne są naprzemianległe jaśniejsze i ciemniejsze cienkie warstewki soli kamiennych, czystych lub zanieczyszczonych iłem. W solach spizowych widoczne są przerosty iłowców anhydrytowych, które w wyniku ługującego działania wilgotnego powietrza uwypuklają się na ociosach chodnika.

Poprzecznia biegnie w stropowych partiach złoża pokładowego, a w wyniku urozmaiconej tektoniki skał w tym rejonie odsłaniają się strefy kontaktu złoża bryłowego i pokładowego. W zubrach solnych złoża bryłowego spotykane są iłowce margliste z porwakami fliszu karpackiego. W komorze Fryderyk August obwalony jest południowy fragment skorupy solnej bryły. W odsłaniających się w efekcie obwałów zubrach solnych widoczna jest rozbudowana sieć soli włóknistych, które wykształciły się wtórnie, z roztworów solanek migrujących w skałach złoża i zasklepiły powstałe w nich spękania i rozwarstwienia (Pawlikowski 2009).

Droga do poprzeczni Franciszek wiedzie przez komorę Choryński, wyeksploatowaną w szczytowych partiach łuski południowej złoża pokładowego. W ociosach komory można zaobserwować ciekawe odsłonięcia soli spizowych „pasiastych” oraz bardzo interesujący fałd, który dobrze ilustruje charakter tej partii złoża (Fig. 7C). W południowym ociosie komory widoczny jest kontakt złoża bryłowego i pokładowego – odsłaniają się zubry (Fig. 7D). W przystopowej partii soli spizowych widoczne są także nagromadzenia uwęglonej substancji organicznej (Fig. 7D). Jest to materiał o słabym stopniu uwęglenia, w skład którego wchodzi zarówno szczątki organiczne roślin z torfowisk okalających dawny zbiornik (tak zwanych bagien solnych), charakterystycznych dla ciepłego bądź subtropikalnego klimatu, jak i roślin klimatu umiarkowanego, takich jak wrzosowate, brzozy, buki, wiązy, sosny itp. Zróznicowanie to można tłumaczyć występowaniem pięter florystycznych w pobliskich pra-Karpatach, z których znoszone były do morza miocenijskiego szczątki roślinne (Wagner *et al.* 2008). Podobne nagromadzenia uwęglonej materii organicznej widoczne są w ociosach chodnika prowadzącego do poprzeczni Franciszek. Pobrane do badań fragmenty materii organicznej pozwoliły na określenie w nich śladowych ilości dioksyn (związków organicznych – produktów spalania) pochodzących sprzed kilkunastu milionów lat, co świadczy o pożarach miocenijskich lasów (Grochowalski 1999).

Odcinek 6. obejmuje południowy fragment poprzeczni Franciszek. Na tym odcinku odsłaniają się utwory złoża bryłowego, wykształcone w postaci zubrów i brył soli zielonej o zróżnicowanej wielkości (Fig. 5). W największych z nich wykonano komory Franciszek (południową) oraz Franciszek I, kolejną bryłę tylko przygotowano do eksploatacji rozcinając ją maszyną wrębową. W komorze Franciszek (południowej), w osi poprzeczni Franciszek, znajduje się wnęka, w której odsłaniają się iłowce margliste z wtrąceniami gipsu. Jest to południowa strefa graniczna złoża.

Za najdłuższy umowny **7. odcinek** nowej trasy można uznać fragment podłużni Franciszek od komory Franciszek (północnej) do komory Freyeseisen. W chodniku tym widoczne są odsłonięcia złoża pokładowego wzdłuż rozciągłości utworów łuski południowej (Fig. 5). Dodatkowym edukacyjnym atutem podłużni jest wykonanie dużych jej partii maszyną wrębową, dzięki czemu odsłonięcia geologiczne są niezwykle wyraziste. Z uwagi na urozmaicony przebieg podłużni oraz obecność przecinających ją chodników poprzecznych obraz budowy geologicznej górotworu ma w wielu miejscach charakter przestrzennych diagramów, w których zjawiska przyrodnicze można obserwować w trzech wymiarach. W podłużni Franciszek od komory Franciszek do rejonu komór Pola Odbudowy Franciszek odsłaniają się sole spizowe z przerostami skał płonnych typu iłowców anhydrytowych. Sole charakteryzują się zabarwieniem rdzawo-szaro-kremowym, iłowce są barwy stalowoszarej, dodatkowo są obwiedzione anhydrytami barwy białej (anhydryt na świeżym przełamie charakteryzuje się barwą niebieską, po absorpcji wody z otaczających skał lub wilgoci z powietrza ulega częściowej przemianie w gips i przyjmuje barwę białą). Kontrastowe skały pozwalają na doskonałą obserwację zachodzących w nich zjawisk z zakresu sedymentacji i tektoniki (Fig. 7E, F). Wśród soli spizowych, które odsłaniają się w ociosach chodników, zwracają uwagę sole spizowe „oczkowe”, „pasiaste” i „szare”.

W ociosach podłużni spotykany jest w wielu miejscach tak zwany przerost centralny soli spizowych (jest to warstwa mułowców i iłowców, o miąższości 2–3 m, dzieląca kompleks tych soli na dwie mniej więcej równe partie, Wiewiórka 1985) oraz mniejsze przerosty

mułowców i iłowców, bardzo zdeformowanych tektonicznie. Wśród tych deformacji widoczne są deformacje ciągłe, w postaci fałdów, oraz deformacje nieciągłe, czyli uskoki lub łuski tektoniczne. Często współwystępują one ze sobą, tzn. np. złuskowane przerosty iłowców anhydrytowych tworzą formy fałdowe. Doskonale widoczne jest także zjawisko plastyczności soli kamiennej. Pod wpływem nacisków tektonicznych sól zaczynała zachowywać się w sposób plastyczny, natomiast iłowce, także plastyczne, ale w zestawieniu z solą bardziej sztywne popękały, co uwidacznia się w odsłonięciach jako urozmaicona mozaika skał (Lamarche 1997).

Wśród soli spizowych zwraca w tym rejonie uwagę kolejna ciekawostka geologiczna złoża Wieliczka, czyli tzw. „sole trzaskające”. Po uderzeniu młotkiem dochodzi do szybkiej ich dezintegracji (rozpadają się na mniejsze okruchy), czemu towarzyszą głośnie trzaski. Rozpuszczane w słodkiej wodzie także „trzaskają”. Ich geneza wiązana jest z tektoniką złoża. Zjawisko „trzaskania” jest efektem dużej ilości zawartych w nich inkluzji gazowych, których obecność ma wynikać z nacisków tektonicznych, jakim poddane były sole – gaz, głównie węglowodory powstałe z rozkładu materii organicznej, niejako był wciskany pomiędzy kryształy halitu. Uwalniający się pod wpływem uderzenia lub rozpuszczania wydaje charakterystyczny odgłos (Tarka 1992, Cyran 2008).

We wschodniej części podłuzni Franciszek, w rejonie komór Lipowiec – Freyeseisen, zaczynają się odsłaniać kolejne elementy profilu litologicznego złoża, mianowicie sól szybikowa oraz sole zielone pokładowe.

Sól szybikowa buduje pokłady o miąższości około 2 m jest niezwykle czysta (około 99% NaCl), zawiera domieszki gazowych bituminów. Sole zielone pokładowe budują 2–4 grubokrystalicznych pokładów soli kamiennej, poprzedzielanych przerostami skał płonnych typu iłowców i mułowców anhydrytowych. Sole zielone zanieczyszczone ıłem i anhydrytem, zawierają średnio około 80% NaCl (Wiewiórka 1985).

Sól szybikowa spoczywa na pokładach soli zielonych pokładowych. W odsłonięciach tych ostatnich widoczne jest zjawisko erozyjnego stropu pokładów. Wynika ono z powiązania procesu sedymentacji soli z gwałtownymi ruchami górotwórczymi, połączonymi z procesami wulkanicznymi. W ich wyniku do zbiornika sedymentacyjnego co jakiś czas dopływały wody słodkie bądź nienasycone, niosące wyerodowane z pobliskiego ładu masy piasku, mułu, ıłu, które osadzały się na powstałych pokładach soli kamiennej. Nienasycone wody ıugowały sól. Z powodu cyklicznego przerywania sedymentacji oraz niepełnego nasycenia morza miocenińskiego w złożu Wieliczka nie doszło do powstania soli potasowo magnezowych, które w procesie wytrącania się soli (węglanów – siarczanów – soli kamiennych – soli potasowo-magnezowych) wytrącają się najpóźniej (Pawlikowski 1975).

Przed komorą Freyeseisen z podłuzni Franciszek w kierunku zespołu komór Lipowiec biegnie poprzeczna, w której odsłaniają się sole zielone pokładowe oraz ıłowce i mułowce z dużą ilością anhydrytu, który przyjmuje postać warstewek, gron oraz tzw. „trzewiowca”. Podłuznia Franciszek dochodzi do komory Freyeseisen wykonanej w soli szybikowej. Komora ta zapada w kierunku południowym, a jej spąg budują sole zielone pokładowe, tworzące kopulaste wyniesienia. Urozmaicony kształt wyrobiska wynika ze zmiennej tektoniki tej partii złoża pokładowego. Droga na poziom III prowadzi pochylnią poprowadzoną po upadzie warstw, a w ociosach pochylni odsłaniają się sole zielone pokładowe z przerostami ıłowców i mułowców anhydrytowych.

Poziom III im. Juliusza Słowackiego

Odcinek 8. wyznaczono w obrębie wyrobisk rozcinających utwory złoża pokładowego, zarówno wzdłuż, jaki i w poprzek jego rozciągłości (Fig. 6). Fragment poprowadzony podłużnią Koberwein do poprzeczni Koberwein biegnie wzdłuż rozciągłości pokładów soli, a w ociosach chodników odsłania się sól szybikowa oraz sole zielone pokładowe. W poprzeczni Koberwein także odsłaniają się pokłady soli zielonych pokładowych, na których spoczywa pokład soli szybikowej. Warstwy zapadają na południe pod kątem około 40–45°. Przerosty ilasto-mułowcowe pocięte są wieloma drobnymi uskokami. W ociosach poprzeczni dobrze widoczny jest erozyjny strop soli zielonych pokładowych, oraz przewarstwienia iłowców z charakterystycznym anhydrytem „trzewiowym” (warstewki o pofałdowanej strukturze wewnętrznej) (Fig. 7G). Mechanizm powstawania takich form nie jest do końca poznany. Prawdopodobnie wiąże się on z hydratacją (uwodnieniem) anhydrytu i powiększaniem ich objętości, co skutkuje powstaniem drobno rytmicznych zafałdowań. Inną hipotezą jest wiązanie powstania tego typu form ze zmniejszaniem się objętości przewarstwionych anhydrytem ilów w procesie diagenety. Podczas tego procesu anhydryt, mający jeszcze plastyczną konsystencję i niezmienną swą objętość, formuje się w drobne fałdki (Bukowski & Szaran 1997).

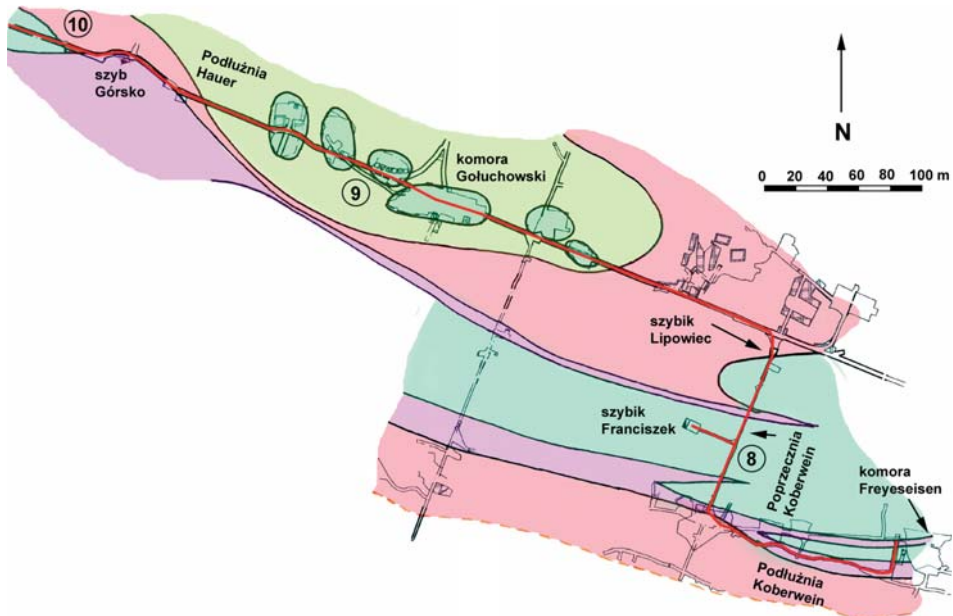


Fig. 6. Fragment mapy geologicznej poziomu III (Manterys 1980, zaktualizował Przybyło 2010), objaśnienia – figura 4

Fig. 6. Fragment of the geological map of Level III (Manterys 1980, updated Przybyło 2010), explanations – figure 4

Poprzecznia Koberwein prowadzi do podłużni Hauer, gdzie odsłaniają się pokłady soli spizowych z urozmaiconą wewnętrzną tektoniką fałdową. Ten fragment trasy objęty jest stanowiskiem dokumentacyjnym nr 35.B/7 (Dz. Urz. Woj. Krak. nr 21 1997).

Odcinek 9. biegnie podłużnią Hauer, która przecina utwory złoża bryłowego wypełniające synklinę utworzoną przez łuski złoża pokładowego – centralną i południową (Fig. 6). Odsłaniają się tu zubry i duże bryły soli zielonej typowej, w których wykonano kilka wyrobisk komorowych z najbardziej okazałą komorą Agenora Gołuchowskiego (Dworzec Gołuchowskiego). Na tym odcinku podłużni Hauer zlokalizowane jest stanowisko dokumentacyjne nr 35.B/8 (Dz. Urz. Woj. Krak. nr 21 1997).

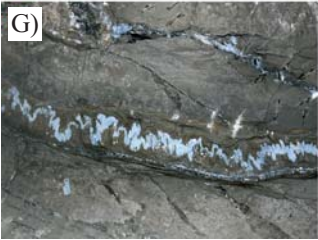
Za ostatni umowny **10. odcinek** trasy należy uznać fragment podłużni Hauer w rejonie podszybia szybu Górsko. Odsłaniają się tu ponownie utwory złoża pokładowego w postaci zarówno pokładów soli spizowych, jak i soli szybikowej oraz soli zielonych pokładowych (Fig. 6). W solach spizowych zwraca uwagę ich bogata budowa wewnętrzna (Fig. 7H).

Kolejne wyrobiska prowadzą zwiedzających do szybu Kinga; drogę tę można przebyć kilkoma (mniej interesującymi ze względu na obudowę wyrobisk) trasami. Dlatego opis budowy geologicznej górotworu w rejonie trasy specjalistycznej można zamknąć na wyróżnionym 10. jej odcinku.

Nowa trasa specjalistyczna biegnie w wyrobiskach zlokalizowanych w oddaleniu od źródeł głównych wycieków kopalnianych dopływających spoza granicy złoża. Zarejestrowane w jej obrębie wycieki mają głównie charakter wykropleń pełnonasyconej solanki o zróżnicowanym wydatku od kilku do około 200 kropel/min, jak np. wycieki w komorze Kazimierza Wielkiego na poziomie I, w rejonie szybiku Klemens Nowy, szybu Górsko i w komorze Fryderyk August na poziomie II oraz szybiku Lipowiec na poziomie III. Jedynie w chodniku Bąkle rejestrowany jest dopływ pełnonasyconej solanki do rząpi, ale o niewielkim wydatku, nie przekraczającym $0.02 \text{ dm}^3/\text{min}$ (*Rejestr wycieków Kopalni Soli Wieliczka*).

Fig. 7. A) Odsłonięcie soli zielonej bryłowej typowej w chodniku Kunegunda na poziomie I. B) Odsłonięcie dwóch odmian soli spizowej w chodniku Kunegunda. Widoczne na poziomie I sole spizowe „oczkowe” wykazujące charakter redepozycji i sole spizowe „szare”. C) Fałd soli spizowej „pasiastej” w komorze Choryński na poziomie II. D) Strefa kontaktu złoża pokładowego i bryłowego w komorze Choryński na poziomie II. W solach spizowych widoczne skupienia uwęglonej substancji organicznej. E) Odsłonięcia zjawisk tektoniki solnej w poprzeczni Franciszek 3 na poziomie II. F) Odsłonięcie pofałdowanych soli spizowych w podłużni Franciszek na poziomie II. G) Odsłonięcie anhydrytu „trzewiowca” w poprzeczni Koberwein na poziomie III. H) Odsłonięcie soli spizowych w podłużni Hauer na poziomie III. I) Sole wtórnej krystalizacji – „włosy Kingi” – na odcisie poprzeczni Franciszek na poziomie II. J) Wtórna szata naciekowa w szybiku Franciszek na poziomie III (fot. J. Przybyło)

Fig. 7. A) Exposure of the boulder green salt, typical of the Kunegunda Gallery at Level I. B) Exposure of the two types of the spiza salt in the Kunegunda Gallery. Visible re-deposited “eye” spiza salts and gray spiza salts. C) Antycline of the layered spiza salts in the Choryński Gallery at Level II. D) Contact zone of the boulder and layered deposits in the Choryński Gallery at Level II. E) Outcrops of the salt tectonics at the Franciszek 3 Traverse at Level II. F) Exposure of the folded spiza salts in the Franciszek Gallery at Level II. G) Exposure of the enterolithic structure of anhydrite in the Koberwein Traverse at Level III. H) Exposure of the spiza salts in the Hauer Traverse at level III. I) Re-crystallized salts – “Kinga’s hair” – in the Franciszek Traverse at level II. J) Secondary drip-stone formations in the minor Franciszek Shaft at Level III (phot. J. Przybyło)



ROZWÓJ TECHNIK EKSPLOATACJI ZŁOŻA

Najciekawsze wyrobiska chodnikowe i komorowe pod względem stopnia zachowania śladów dawnych metod eksploatacji zostały udostępnione na poziomie II niższym oraz III. Spotykamy w tym rejonie chodniki pochodzące z wieku XIX, które były drążone tradycyjną techniką polegającą na ręcznym (przy użyciu kilofów), wykonywaniu wrębów po obrysie wyrobiska, z urabianiem calizny przodka materiałem wybuchowym (Fig. 8).

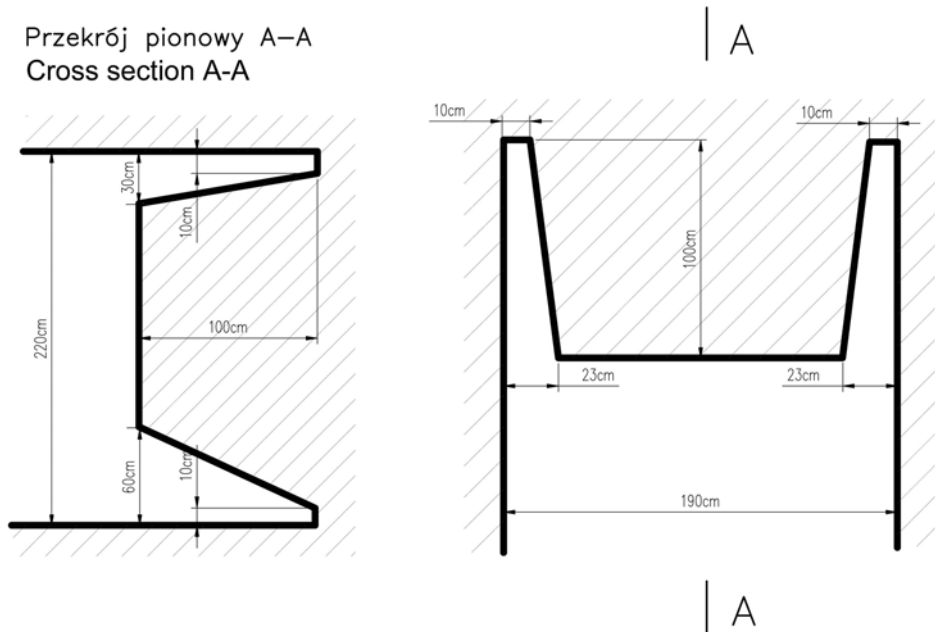


Fig. 8. Schemat ręcznego wrębiania w trakcie drążenia chodników (Windakiewicz 1927)

Fig. 8. Diagram of the hand cutting during driving of the galleries (Windakiewicz 1927)

Chodniki o wymiarach 2.0 m szerokości i 2.5 m wysokości drążono tą metodą z postępem miesięcznym 3.0–4.0 m (Windakiewicz 1927). W taki sposób została wykonana np. poprzeczna Karolina, a także poprzeczna Franciszek 1 na poziomie II niższym oraz podłużna Koberwein na poziomie III. Charakterystyczne zaciosy, czyli półkoliste ślady po urabianiu skał kilofami, widoczne są na ociosach i stropie tych wyrobisk. Na stropie widnieją także ciemne plamy z sadzy wydobywającej się z kaganków olejowych, które w XIX wieku służyły do oświetlania stanowisk pracy (Fig. 9).

Na poziomie II niższym część wyrobisk chodnikowych wykonanych w pierwszej połowie XX wieku wydrążono metodą wrębu mechanicznego i strzelania materiałem wybuchowym. Typowym przykładem takiej techniki eksploatacji jest wschodnia część podłużni Franciszek oraz odchodzące od niej poprzecznie. Technologia drążenia chodników polegała na wykonaniu wrębów w przodku drążonego chodnika przy użyciu wrębiarki niemieckiej firmy Demag (Fig. 10).



Fig. 9. Fragment chodnika ze śladami zaciosów wykonanych kilofami (fot. W. Wiewiórka)

Fig. 9. Fragment of the gallery with the pickaxe marks (phot. W. Wiewiórka)



Fig. 10. Praca maszyną wřebow firmy Demag (karta pocztowa, fot. W. Gargul)

Fig. 10. Working with the Demag cutting machine (postcard, phot. W. Gargul)

Maszynty te z dużym powodzeniem zaczęto stosować w początkach XX wieku (Serek 1978). Do ich napędu służyło sprężone powietrze, dlatego w podłużni Franciszek widoczne są zabudowane w gniazdach ociosowych krótkie belki, na których spoczywał rurowciąg zapopatrujący przodek w sprężone powietrze. Także na ociosach tego wyrobiska widoczne są ciemne plamy, które powstały w związku z wyrzutem z napędu wrębiarki rozprężonego powietrza (Fig. 11).



Fig. 11. Chodnik na poziomie II niższym wykonany wrębiarką firmy Demag (fot. W. Wiewiórka)

Fig. 11. Gallery at Level II cut by the Demag cutting machine (phot. W. Wiewiórka)

Na równych powierzchniach ociosów i stropu tych wyrobisk widoczny jest podział na pojedyncze wręby (Fig. 11). Łatwo prześledzić miesięczne postępy robót z uwagi na obecność znaków odbiórkowych wykonanych czerwoną farbą z określeniem miesiąca, w którym prowadzono drążenie wyrobiska, oraz długości (w metrach) wykonanego chodnika. Ze względu na prowadzenie wyrobisk w skałach solnych nie stosowano w nich obudowy.

Wyrobiska komorowe trasy specjalistycznej eksploatowano różnymi metodami. Spotykamy tutaj komory wybrane metodą klinową ścienną i podnóżną, która była stosowana w kopalni od czasów średniowiecza do XIX wieku. Metoda ta polegała na odrywaniu brył solnych, zwanych kłopciami lub ławami. Kłopeć był to prostopadłościan solny odrywany z ociosu komory, natomiast ława była podobnym w kształcie do kłopciana prostopadłościanem odrywany ze spągu komory. Zarówno kłopcie, jak i ławy były surowcem do produkcji bałwanów, czyli walców solnych stanowiących podstawowy towar handlowy wielkiej kopalni do wieku XIX (Długosz 1958). Po ręcznym wykonaniu wrębów odrywano bryły solne od calizny. Służyły do tego żelazne kliny, po których pozostały charakterystyczne trójkątne ślady na ociosach dwóch wąskich komór bez nazwy przy południowej końcówce poprzeczni Lipowiec I na poziomie II niższym (Fig. 12).



Fig. 12. Ocios komory przy poprzeczni Lipowiec 1 z widocznymi śladami po metalowych klinach (fot. W. Wiewiórka)

Fig. 12. Side wall at the Lipowiec 1 Gallery with visible marks left after metal wedges (phot. W. Wiewiórka)

Komora wschodnia udostępniona chodnikiem z poprzeczni Lipowiec 1 eksploatowana była w latach 1829–1830, o czym świadczą daty wykute w ociosach. Komorę wybierano w dół po upadzie pokładu metodą ścienną klinową. Ściany, czyli ociosy, mają wysokości około 1.0 m, długość komory wynosi 25 m, a szerokość 3.4 m.

Inny rodzaj eksploatacji możemy obserwować w komorach bez nazwy przy poprzeczni Franciszek 1 oraz przy podłużni Franciszek. Wyrobiska te wybrano w XIX wieku metodą polegającą na ręcznym wrębianiu oraz urabianiu calizny materiałem wybuchowym. Ten sposób eksploatacji soli polegał na ręcznym wykonaniu, kilofami, wrębów w ścianie solnej, a następnie odwierceniu otworów strzałowych. Od momentu wprowadzenia strzelania materiałem wybuchowym w roku 1776 do lat 90. wieku XIX otwory strzałowe wiercono ręcznie udarowo, młotem i dłutem. Dopiero pod koniec XIX wieku zastosowano wiertarki obrotowe napędzane ręcznie typu Lisbeth i Reska (Serek 1978). Po urobieniu ściany solnej materiałem wybuchowym otrzymywano urobek o różnej grubości, który był transportowany do młyna solnego.

Metoda wrębu ręcznego oraz strzelania materiałem wybuchowym nie dawała możliwości produkcji bałwanów solnych których produkcja została zaniechana w 1876 roku. (Markowski 1978). Podobnie jak w metodzie klinowej oraz przy pędzeniu chodników z ręcznym wrębem, na ociosach pozostały widoczne współcześnie zaciosy, czyli półkoliste ślady po urabianiu skał kilofami (Fig. 9). Praca akordowa w tym systemie była ewidencjonowana czerwoną farbą odbiórkową z zaznaczeniem miesiąca oraz postępu prac w metrach (Fig. 13).



Fig. 13. Widok fragmentu komory przy podłużni Franciszek 1 z widoczną odbiórką robót (fot. W. Wiewiórka)

Fig. 13. View of the chamber at the Franciszek 1 gallery with visible marks of the excavation progress acceptance (phot. W. Wiewiórka)

W poprzeczni Franciszek 1 zostało wyeksploatowane jedno z najciekawszych na trasie specjalistycznej wyrobisk. Jest to wybrana w dwóch etapach komora Franciszek 1, udostępniona z poprzeczni Franciszek w kierunku zachodnim. Początkowo była wybierana z wrębem ręcznym i strzelaniem materiałem wybuchowym. W ociosie widoczna jest data 1884. W latach 30. XX wieku prowadzono reeksploatację tej komory metodą wrębu maszynowego. Udostępnienie zasobów wykonano pochylnią z poprzeczni Franciszek, osiągając jej przedkolem wschodnią część komory na wysokości 8 m. Przy stropie komory prowadzono eksploatację jedną warstwą w kierunku zachodnim, dwiema warstwami w kierunku wschodnim i kolejnymi dwiema warstwami w kierunku zachodnim (Wójcik 1979). Po wyeksploatowaniu komora osiągnęła: 10 m wysokości, 30 m długości i 10 m szerokości. Na spągu komory jest widoczna pętla torów, po których urabiany materiałem wybuchowym urobek był odwożony transportem konnym do szybu Regis, a następnie transportowany na powierzchnię.

Wiek XX w kopalni wielickiej to rozpoczęcie nowego rozdziału w sposobach eksploatacji złoża. Intensywna eksploatacja złoża w wieku XVII i XIX spowodowała szybkie wyczerpywanie się pokładów czystych soli, które były eksploatowane w postaci soli kamiennej. W latach 1910–1913 wybudowano nowoczesną warzelnię soli, która bazowała na znacznych zasobach zanieczyszczonych, pokładowych soli spizowych, nienadających się do eksploataowania w postaci soli kamiennej. Początkowa produkcja solanki w kopalni była pracochłonna i kosztowna ze względu na pozyskiwanie jej mało efektywnym systemem natryskowym z dosalaniem w wieżach ługowniczych. W roku 1937 oddano do eksploatacji doświadczałnej pierwszą ługownię komorową „A” (Markowski 1978). W wyniku pozytywnych

rezultatów doświadczeń system eksploatacji ługowniami komorowymi stał się podstawowym sposobem urabiania złoża. Produkcja soli kamiennej stopniowo się zmniejszała, aż do zakończenia produkcji w 1964 roku. Zastąpiła ją sól warzona produkowana w warzelni soli na bazie solanki pozyskiwanej w komorach ługowniczych. Na poziomie III w rejonie podłużni i poprzeczni Koberwein jako reeksploatacja po XIX-wiecznych robotach górniczych zostały założone w latach 60. XX wieku ługownie komorowe.

Ługownia komorowa jest wyrobiskiem międzypoziomowym w przypadku trasy specjalistycznej założonym pomiędzy lokalnym międzypoziomem II_n-III, a poziomem III. W etapie robót przygotowawczych zostaje odwiercony z niższego poziomu pionowy otwór wiertniczy o średnicy 190 mm. Po zarurowaniu rurami o średnicy 100 mm kolumna rur zostaje zacementowana na całej długości i wyposażona w zawory odcinające. Rurociąg pełni rolę magistrali do odprowadzenia nasyconej solanki w trakcie zakładania ługowni oraz w czasie eksploatacji (Hwałek 1971). W dalszym etapie prac zostaje wykonany metodą ługowniczą lub urabianiem materiałem wybuchowym szybik od poziomu wyższego do spągu projektowanej komory, a następnie chodniki natryskowe o długości około 50 m po rozciągłości pokładu. Tak przygotowana komora ługownicza jest wypełniana solanką o nasyceniu od 70–100 g NaCl/l, która ługując sól z ociosów i stropu komory, przechodzi w solankę pełnasyconą 315 g NaCl/l, co powoduje systematyczne zwiększenie wymiarów wyrobiska do maksymalnej szerokości 30 m, wysokości 10 m i długości 100 m (Fig. 14).

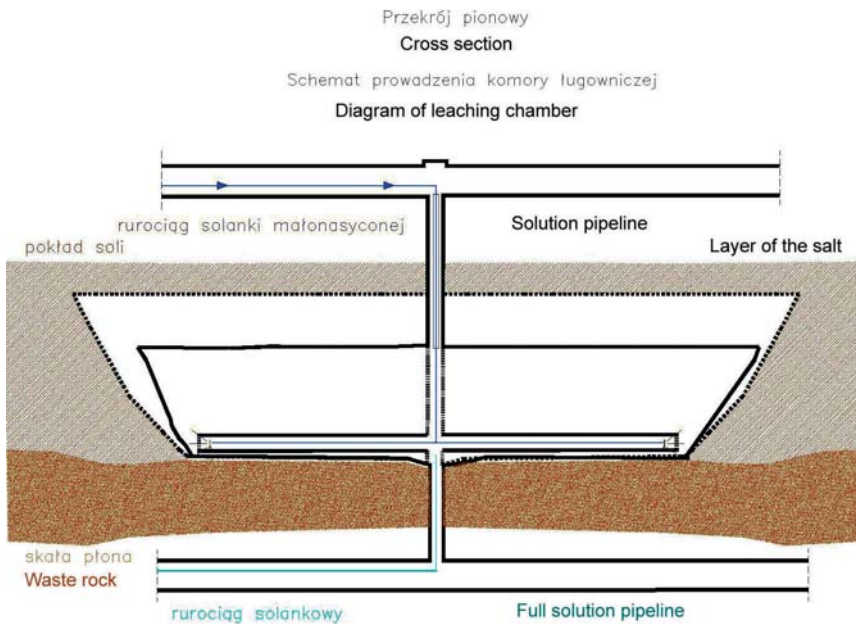


Fig. 14. Schematyczny przekrój przez komorę ługowniczą (Dział Robót Górniczych Kopalni Soli „Wieliczka” SA)

Fig. 14. Schematic section of the leaching chamber (Mining Works Department of the Wieliczka Salt Mine)

W podłużni i poprzeczni Koberwein na poziomie III zachowały się odpływy z komór ługowniczych W-104 (Fig. 15) i W-106 oraz sieć rurociągów odprowadzających solankę nasyconą w kierunku zbiorników na poziomie VIII. Charakterystyczną cechą tej techniki eksploatacji są podługowania ociosów widoczne w podłużni Koberwein oraz obwały w rejonie komory przy poprzeczni Koberwein będące rezultatem osłabienia górotworu w wyniku mokrej eksploatacji.

Transport urobku i materiałów kopalnianych w tym rejonie kopalni był prowadzony szybami Regis, Górsko, Boża Wola, a także w mniejszym stopniu Kinga. Współcześnie szyb Kinga jest podstawowym szybem materiałowym i transportowym dla załogi górniczej, szyb Regis pełni funkcje szybu wentylacyjnego, szyb Boża Wola jest drożny, ale nie pełni żadnej funkcji, natomiast szyb Górsko został zasypany w 1954 roku. Do wymienionych szybów urobek solny był dowożony transportem konnym. W drugiej połowie wieku XIX po wprowadzeniu kolejek podziemnych wózki poruszały się po torowiskach o rozstawie szyn około 800 mm, a od drugiej wojny światowej – po torowisku o rozstawie 600 mm.

W poprzeczni Karolina, w podłużni Franciszek oraz w niektórych z komór na poziomie II niższym zachowały się oryginalne torowiska z końca XIX wieku. W chodniku odchodzącym na południe od podłużni Franciszek zachował się w doskonałym stanie wóz kopalniany z przełomu XIX i XX wieku (Fig. 16). Ponadto w pobliżu komory Freyeseisen znajduje się zabytkowy XIX-wieczny wózek ręczny do transportu soli, tzw. pies węgierski (Kurowski 1992). Pod pochylnią Koberwein na poziomie III wyekspozowano nadwozie pochodzącego z XIX wieku wózka osobowego, używanego do transportu turystów z Dworca Gołuchowskiego do Grot Kryształowych.



Fig. 15. Odpływ z komory ługowniczej W-104 (fot. W. Wiewiórka)

Fig. 15. Discharge from the W-104 leaching chamber (phot. W. Wiewiórka)



Fig. 16. Wóz kopalniany z przełomu XIX i XX wieku w poprzeczni Franciszek na poziomie II niższym (fot. W. Wiewiórka)

Fig. 16. Mining car from the turn of the 19th and 20th centuries at the Franciszek 1 Gallery on Level II (phot. W. Wiewiórka)



Fig. 17. Podszybie szybiku Franciszek na poziomie III (fot. W. Wiewiórka)

Fig. 17. Shaft bottom of the minor Franciszek Shaft on Level III (phot. W. Wiewiórka)

Szybiki w obrębie trasy specjalistycznej możemy podzielić na trzy rodzaje w zależności od przeznaczenia:

- 1) Szybiki z poziomu I wyposażone w kieraty konne służyły do transportu soli. Posiadały one trzy przedziały transportowe: dwa linowe i jeden drabinowy. Przykładem takiego rozwiązania jest szybik Franciszek dostępny na poziomie III (Fig. 17).
- 2) Szybiki lokalne pełniły funkcję wentylacyjną, urobkową lub odkrywkową. Były one zazwyczaj jednoprzędziałowe o głębokości około 35 m i łączyły dwa poziomy. Tego typu szybiki występują licznie w rejonie poprzeczni i podłużni Franciszek na poziomie II niższym.
- 3) Szybiki komunikacyjne były wyposażone w schody lub drabiny. Przykładem takiego rozwiązania jest szybik Klemens z poziomu I na poziom II niższy pełniący funkcję komunikacyjną dla załogi oraz którym prowadzono turystów w czasach zaboru austriackiego.

Kolejny rodzaj dróg transportowo-komunikacyjnych stanowią pochylnie. Jedną z nich jest pochylnia Freyeseisen z poziomu II niższego, rozpoczynająca się w górnej części komory Freyeseisen, gdzie zabudowany był wał hamulczy, prowadząca do podłużni Koberwein na poziom III. Pochylnia wyposażona była w podwójne torowisko oraz zejście dla załogi. Współcześnie zachowały się tylko trepy, czyli deski z przybitymi poprzeczkami ułożone przy ociosie zachodnim pochylni. W celu zapewnienia bezpiecznego poruszania się zwiedzających wykonano dodatkowe przejścia trepowe z podłużni Franciszek na poziom III oraz do poprzeczni Lipowiec.



Fig. 18. Kapliczka w południowej końcówce poprzeczni Lipowiec na poziomie II niższym (fot. W. Wiewiórka)

Fig. 18. Chapel at the south end of the Lipowiec Gallery on Level II (phot. W. Wiewiórka)

Osobnego omówienia wymagają wyrobiska o szczególnym przeznaczeniu. Zaliczymy do nich miejsca kultu religijnego w postaci niewielkiej kapliczki ściennej z 1984 r. w podłużni Klemens na poziomie II niższym oraz kapliczki w południowej końcówce poprzeczni Lipowiec na poziomie II niższym (Fig. 18). Kapliczka w poprzeczni Lipowiec została urządzona we wnęce ociosowej o wymiarach 2 m × 3.5 m. W ociosie nieznanymi górnikami wykonano ołtarz w postaci płaskorzeźby przedstawiającej adorację krzyża przez postacie dwóch zakonników. We wschodnim ociosie została wstawiona kostka solna oraz płaskorzeźba przedstawiająca postać w habicie. Obie płaskorzeźby zostały polichromowane czerwoną farbą odbiórkową (Jaworski *et al.* 1984).

Fragment trasy przebiega również wyrobiskami dawnej trasy turystycznej, zwiedzanej w wieku XIX. Do czasów współczesnych w dobrym stanie technicznym zachowała się jedynie komora Franciszka Karola, w której wyeksponowany jest wykuty w ścianie solnej pomnik upamiętniający pobyt arcyksięcia w kopalni wielickiej w roku 1839 (Kurowski 1990). Sklepienie łuku nad obeliskiem zostało wyłożone kostką solną, natomiast w ociosie zachodnim w trakcie prowadzonych prac porządkowych zostały odsłonięte murki solne oraz wnęka z wyrzeźbionymi w soli kolumnami.

SOLE WTÓRNEJ KRYSZALIZACJI

Wśród walorów przyrodniczych opisywanej trasy, a jednocześnie będących spora atrakcją wizualną wyróżniają się sole wtórnej krystalizacji. Zlokalizowanych jest tu kilka miejsc, które zwracają uwagę urozmaicheniem i urodą zjawisk wtórnej krystalizacji halitu. Migracja solanek w górotworze może powodować powstawanie w wyrobiskach kopalni szaty naciekowej. Jednak muszą być spełnione dwa podstawowe warunki – solanka musi być w pełni nasycona NaCl (około 320 g/dm³) oraz dopływ nie może być intensywny (szata naciekowa powstaje jedynie w miejscach wycieków kroplowych). Obserwowane na trasie zjawiska hydrogeologiczne są, poza niewielkimi dopływami spagowymi w chodniku Bąkle, wykropleniami w pełni nasyconych NaCl solanek, o wydatku od kilku do maksymalnie 200 kropli/min.

Na poziomie I w komorze Kazimierza Wielkiego widoczna jest wtórna szata naciekowa w postaci stalaktytów solnych oraz solnych narostów pokrywających ociosy oraz elementy obudowy komory i chodnika Kunegunda. Stalaktyty solne mają tu charakter wąskich długich rurek, nazwanych przez górników „makaronami solnymi”. Narosty solne noszą zaś miano „kalafiorów solnych”. W szybiku Klemens Nowy łączącym poziom I z poziomem II_n widoczne są stalaktyty solne, polewy naciekowe i inne formy wtórnej krystalizacji halitu. Wśród białych stalaktytów widoczne są także inne, o rdzawym zabarwieniu. Taka barwa świadczy o dopływie ze starych zrobów kopalni, w których korodujące fragmenty żelaza nadają solankom charakterystyczny kolor. Na poziomie II_n w rejonie szybu Górsko i czynnego tu wycieku pełnonasyconej solanki także można zaobserwować sole wtórnej krystalizacji w postaci narostów i stalaktytów solnych.

Wtórnymi solami, które powstały już po procesie ostatecznego formowania się złoża, są tak zwane sole włókniste. Wypełniły one szczeliny i spękania w górotworze, utworzone w skałach płonnych w wyniku procesów tektonicznych lub sedymentacyjnych, na przykład

w wyniku zmniejszania objętości osadu w procesie jego diagenety (Pawlikowski 2008). Sole te można zaobserwować w zubarach i iłowcach marglistych złoże bryłowego oraz w przerostach iłowców i mułowców z anhydrytem w złoże pokładowym. Bogata sieć wtórnych soli włóknistych odsłania się w zubarach w otoczeniu komory Fryderyk August.

Bardzo ciekawą formą wtórnej krystalizacji halitu są współcześnie tworzące się sole włókniste, potocznie nazwane „włosami Kingi” (Fig. 7I). Są to wtórne sole powstałe z halitu zawartego w atmosferze kopalnianej, rozbudowujące się w kierunku, z którego dostarczane jest wilgotne powietrze zawierające chlorek sodu (Pawlikowski 2008). Sole te tworzą się na skałach porowatych z kapilarnymi pustkami, w miejscach dobrze przewietrzanych. Tego typu formy krystalizacji spotykane są w południowym odcinku poprzeczni Franciszek, pokrywają one Zubry złoże bryłowego.

Najbardziej efektowne sole wtórnej krystalizacji na opisywanej trasie można podziwiać w szybiku Franciszek na poziomie III (Fig. 7J). Obudowę szybiku pokrywa bogata szata naciekowa wykształcona głównie w postaci stalaktytów solnych oraz polew naciekowych. Solanki spływające wewnątrz stalaktytu dostarczają chlorku sodu do krystalizacji halitu i powodują wzrost jego długości (powstają wtedy „makarony solne”), natomiast gdy proces ten zachodzi wewnątrz i na zewnątrz stalaktytu, następuje przyrost zarówno długości, jak i jego grubości (Pawlikowski 2008).

W pobliżu szybiku Franciszek zlokalizowany jest szybik Lipowiec. Jego podszycie także pokryte jest bogatą szatą wtórnych soli, wśród których dominują narosty solne.

Sole wtórnej krystalizacji w postaci narostów solnych oraz stalaktytów solnych obserwowane są także na podszyciu szybu Górsko na poziomie III.

PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono nową trasę specjalistyczną, przeznaczoną dla naukowców i studentów górnictwa, geologii oraz nauk pokrewnych, a także dla tych wszystkich, dla których uprawianie turystyki w sposób aktywny jest pomysłem na spędzanie wolnego czasu. Trasa ta została wytyczona w zabytkowych wyrobiskach Kopalni Soli „Wieliczka” na poziomach od I do III na długości 3400 m. Artykuł opisuje trasę specjalistyczną w ujęciu historycznym w aspekcie technik eksploatacji złoże stosowanych w wielickiej kopalni, metod prowadzenia robót przygotowawczych, transportu urobku i mechanizacji prac. W opisie trasy ujęto także wyrobiska o znaczeniu szczególnym, takie jak miejsca kultu religijnego oraz fragment dawnej trasy turystycznej zwiedzanej w wieku XIX.

Na nowej trasie specjalistycznej znajduje się też wiele ciekawych miejsc pozwalających zwiedzającym zapoznać się z zagadnieniami z zakresu szeroko rozumianej przyrody nieożywionej. Biegnie ona przez osady obu partii złoże Wieliczka – bryłowej oraz pokładowej, pozwala na dobre zorientowanie się w problematyce jego budowy geologicznej. Problematyka ta obejmuje zjawiska sedymentacyjne, strukturalne, tektoniczne, mineralogiczne, petrograficzne czy paleobotaniczne. Trasa łącząca walory wizualne, poznawcze i dydaktyczne powinna zainteresować nie tylko naukowców zajmujących się tymi dyscyplinami, ale także miłośników przyrody nieożywionej i hobbystów.

LITERATURA

- Bukowski K. & Szaran J., 1997. Zawartość tlenu i siarki w anhydrytach serii solonośnej Wieliczki i Bochni. *Przegląd Geologiczny*, 45, 815–816.
- Cyran K., 2008. Inkluzje w solach kamiennych Bochni i Wieliczki jako dowód deformacji tektonicznych? *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Przegląd Solny*, 24, 3/2, 241–250.
- Długosz A., 1958. *Wieliczka magnum sal jako zabytek kultury materialnej*. Arkady.
- Gaweł A., 1962. Budowa złoża solnego Wieliczki. *Prace Instytutu Geologicznego*, XXX, cz. III.
- Grochowalski A., 1999. *Dioksyny*. On-line: http://www.dioksyny.pl/_files/Krotko_o_dioksynach.pdf.
- Hwałek S., 1971. *Górnictwo soli kamiennych i potasowych*. Wydawnictwo Śląsk, Katowice.
- Jaworski W., Kurowski P. & Kurowski R., 1984. Charakterystyka zabytkowych wyrobisk kopalni soli w Wieliczce. W: *Studia i materiały do dziejów żup solnych w Polsce*, XIII, Wyd. MŻK Wieliczka.
- Kurowski P., 1990. Trasy turystyczne w kopalni wielickiej. W: *Studia i materiały do dziejów żup solnych w Polsce*, XVI, Wyd. MŻK Wieliczka.
- Kurowski P., 1992. Urządzenia i sprzęt stosowane w transporcie poziomym w kopalni wielickiej do 1861 roku. W: *Studia i materiały do dziejów żup solnych w Polsce*, XVII, Wyd. MŻK Wieliczka.
- Lamarche J., 1997. *Structural geology in the Wieliczka salt mine*. Archiwum Działu Geologicznego Kopalni Soli Wieliczka S.A. (maszynopis).
- Manterys A., 1980. *Dokumentacja geologiczna złoża soli kamiennej Wieliczka*. Archiwum Działu Geologicznego Kopalni Soli Wieliczka S.A.
- Markowski I., 1978. Zarys rozwoju przestrzennego kopalni wielickiej. W: *Studia i materiały do dziejów żup solnych w Polsce*, VII, Wyd. MŻK Wieliczka.
- Pawlikowski M., 1975. *Studium mineralogiczno-petrograficzne utworów terygeniczo-chemicznych złoża solnego Wieliczki*. Wydział Geologiczno-Poszukiwawczy AGH, Archiwum Działu Geologicznego Kopalni Soli Wieliczka S.A. (praca doktorska).
- Pawlikowski M., 2009. Ewaporaty. Nowe dane mineralogiczno-petrograficzne. *Geologia* (kwartalnik AGH), 35, 3 („Przegląd Solny”), 407–424.
- Rejestr wycieków Kopalni Soli Wieliczka*. Archiwum Działu Geologicznego Kopalni Soli Wieliczka S.A.
- Rozporządzenie nr 10 Wojewody Krakowskiego z dnia 6 czerwca 1997 r. w sprawie objęcia ochroną prawną, w formie stanowisk dokumentacyjnych, obiektów geologicznych w Kopalni Soli Wieliczka*. Dziennik Urzędowy Województwa Krakowskiego nr 21. Kraków, dnia 1 lipca 1997 r.
- Serek M., 1978. Narzędzia mechaniczne używane przy urabianiu soli kamiennej w kopalni wielickiej od połowy XIX wieku. W: *Studia i materiały do dziejów żup solnych w Polsce*, VII, Wyd. MŻK Wieliczka.

- Ślęczka A. & Kolasa K., 1989. O olistostromowej budowie złoża bryłowego w Wieliczce. W: Rutkowski J. (red.), *Przewodnik LX Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Kraków 14–16 września 1989*.
- Tarka R., 1992. Tektonika wybranych złóż soli w Polsce na podstawie badań mezostrukturalnych. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, CXXXVII.
- Wagner M., Bukowski K. & Przybyło J., 2008. Charakter petrograficznej substancji węglowej z osadów solnych Wieliczki. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Przegląd Solny*, 24, 3/2, 225–240.
- Wiewiórka J., 1988. Warunki geologiczne eksploatacji soli w żupach krakowskich. W: Jodłowski A. (red.), *Dzieje Żup Krakowskich*, Wyd. MŻK Wieliczka.
- Windakiewicz E., 1927. *Solnictwo*. Skład Główny w Księgarni Jagiellońskiej, Kraków.
- Wójcik J. (red.), 1979. *Opisowa inwentaryzacja i wstępna dokumentacja geologiczno-historyczna wyrobisk zabytkowych poziomu II-niższego Kopalni Soli Wieliczka*. Archiwum Kopalni Soli Wieliczka S.A. (maszynopis).

Summary

In spring 2009 the decision about preparing the route for the specialists' groups in the Wieliczka Salt Mine was made. This route illustrates different methods of salt excavation with interesting exposures of the salt deposit geological structure. The new ca. 3400-m long route leads along levels I, II and III of the central and eastern part of the mine. A diagram of this route is presented in figures 1, 2 and 3. The paper presents an outline of the geological and hydrological aspects available for visitors, as well as description of mining technique development.

The Wieliczka Salt mine deposit is composed of two different formations – the mega-breccia with salt blocks (boulder deposits) and stratified deposits. The new route shows them both. Due to the complexity of the geological structure the route has been divided into sections. Figure 4 shows the geological map of Level I with three sections: 1 – running through the boulder deposits, 2 – cutting bedded part of deposits and 3 – again passing through the boulder deposits. Figure 5 presents a fragment of the geological map of the lower Level II. Sections 4 and 6 cross the boulder deposits, section 7 – the stratified deposits, and section 5 – both of them. Figure 6 illustrates geological conditions of Level III, where sections 8 and 10 run through the stratified deposits and section 9 in the coarse breccia.

The beauty of the route is also augmented by the appearance of different forms of the halite re-crystallization. Figure 7 presents outcrops of the different rocks along the new route (pictures A–H), and examples of halite re-crystallization (pictures I–J).

The new route runs along excavation chambers localized away from the major leaks. The observed ones are in the character of drippings of the fully saturated brine, with the outflow of a few up to 200 drops per minute.

The development of the excavation techniques can be seen along the new route. Part of the excavation chambers was hand-cut in 19th century. The rest was excavated with the use of cutting machines or explosives. Figure 8 shows hand methods of driving galleries,

and in figure 9 dapping marks are visible. Figure 10 illustrates usage of the cutting machine, and figure 11 – part of the gallery cut with this machine. Figure 12 presents outcrop with visible marks left after metal wedges. The progress of the mining works used to be marked with the dye, as shown in figure 13.

Along this route there are also chambers where salt was exploited by leaching in the 20th century. Figure 14 presents a schematic section of the leaching chamber, and figure 15 – the outlet from such a chamber. The route shows also different means of horizontal and vertical transportation. Figure 16 presents the mining car from the turn of the 19th and 20th centuries, and figure 17 shows the shaft bottom of the Franciszek Shaft on Level III.

The special chambers are also presented alongside the route, like The Franciszek Karol chamber with the salt monument or the chapel localized at the south end of the Lipowiec Gallery (Fig. 18).

The new specialist route combines visual, cognitive, and educational values focused on nature and mining issues.