

Przewietrzanie Grot Kryształowych w Kopalni Soli Wieliczka w aspekcie zaburzeń przepływu powietrza

WACŁAW DZIURZYŃSKI^{ID}, PAWEŁ JAMRÓZ^{ID}, PRZEMYSŁAW SKOTNICZNY^{ID}, KATARZYNA SOCHA^{ID}

Instytut Mechaniki Górotworu PAN; ul. Reymonta 27, 30-059 Kraków

KRZYSZTOF MORYDZ

Kopalnia Soli „Wieliczka”; ul. Daniłowicza 10, 32-020 Wieliczka

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki analizy przewietrzania kopalni w aspekcie doprowadzenia powietrza do wyrobisk Groty Kryształowej. Bazując na aktualnym modelu numerycznym sieci wyrobisk kopalni Soli Wieliczka, przedstawiono analizę sposobu przewietrzania Grot Kryształowych w warunkach zaburzenia przepływu powietrza wywołanego postojem wentylatora na szybie Wilson oraz rewersji wentylacji w wyrobiskach Groty Kryształowej. Wyznaczono drogi dopływu świeżego powietrza z szybów wdechowych kopalni do Groty Kryształowej poprzez komorę Baum, obliczono ilość powietrza i długość drogi wentylacyjnej doprowadzającej powietrze oraz odprowadzenia powietrza z Groty do szybu Wilson

Słowa kluczowe: przewietrzanie Grot Kryształowych, zaburzenia przepływu, drogi przepływu powietrza, rewersja

1. Wstęp

Groty Kryształowe zlokalizowane na terenie Kopalni Soli „Wieliczka” stanowią wyjątkowy obszar występowania skupisk halitu, szacuje się że tworzenie dużych solnych kryształów związane jest z czasem zlodowacenia krakowskiego, które rozpoczęło się ok. 730 tys. lat temu. Wielkie skupiska kryształów są jedynymi odkrytymi złożami pochodzącymi z tego okresu. Powyższe nakłada obowiązek szczególnej troski aby to naturalnie utworzone okazy zachować w stanie gwarantującym poprawność formy i kształtu. Zagrożenia jakie można się pojawić wynika z ruchów górotworu oraz dopływającego powietrza, które niesie ze sobą w ciągu roku zmienną ilość wilgoci. Wykorzystanie powietrza obiegowego wraz z aktywnym osuszaniem atmosfery panującej w Grotach stanowi podstawowy sposób kontrolowania warunków termiczno-wilgotnościowych na terenie Grot Kryształowych. Jak wykazały prowadzone pomiary istnieje jednak zagrożenie wprowadzenia do objętości Grot Kryształowych powietrza o większej wilgotności. Z uwagi na takie zagrożenie konieczna stała się analiza sieci wentylacyjnej, przez którą transportowane jest powietrze do Grot, identyfikacja zagrożeń i możliwych stanów awaryjnych związanych z odwróceniem przepływu.

2. Powietrze wentylacyjne dopływające do grot – analiza sieci wentylacyjnej

Wyrobiska Kopalni Soli „Wieliczka” przewietrzane są wentylacją ssącą z szybami wdechowymi: Daniłowicz, Kinga, Regis, Paderewski oraz otworem wentylacyjnym Boża Wola. Funkcję szybów wdechowych pełnią szyby: Wilson i Kościuszko. System przewietrzania w KS „Wieliczka” składa się z czterech podsieci wentylacyjnych przewietrzanych niezależnymi prądami powietrza:

- podsieć szybów Kinga-Kościuszko i Wilson,
- podsieć szybów Daniłowicza-Kościuszko i Wilson,

- podsieć szybu Paderewski-Kościuszeko,
- podsieć szybu Regis-Wilson i Kościuszeko.

Na potrzeby niniejszej analizy zaktualizowano strukturę sieci wentylacyjnej wyrobisk kopalni Soli Wieliczka z opisem bocznic oraz węzłów, a ponadto wprowadzono aktualne ilości powietrza płynącego bocznicami w korelacji z wynikami pomiarów wentylacyjnych wykonywanych przez służbę wentylacyjną kopalni w roku 2022. Te działania pozwoliły na uzyskanie aktualnej bazy danych do obliczeń rozprywu powietrza programem VentGraph [Dziurzyński, Krach, Pałka, 2021].

Na szybie Kościuszeko zabudowana jest zmodernizowana stacja wentylatorów z dwoma wentylatorami Korfmann typu dAL 16-1100 z możliwością zmiany obrotów. Na szybie wydechowym Wilson zabudowana jest również nowa stacja wentylatorów głównych z wentylatorami typu Korfmann typu dAL-16.

Przepływ powietrza przez wyrobiska wykonane w solnym górotworze pozwala na obniżenie wilgotności względnej powietrza, dlatego istotne jest rozpoznanie drogi wentylacyjnej dopływającego powietrza do Groty Kryształowej. Z uwagi na złożoną strukturę wyrobisk oraz małe ilości płynącego powietrza wymagało to wspomaganie ze strony opracowanego modelu numerycznego systemu VentGraph.

Z szybu Kinga powietrze jest rozprowadzane z ośmiu poziomów, ilość powietrza na wlocie do szybu wynosi $3039 \text{ m}^3/\text{min}$:

- Poz. I chodnik Kunegunda, podsieć Szybu Kościuszeko,
- Poz. IIw Skoczylas, podsieć Szybu Kościuszeko,
- Poz. IIIn Geramb, podsieć Szybu Kościuszeko,
- Poz. III Pistek, podsieć Szybu Kościuszeko,
- Poz. IV Rittinger Wschód, podsieć Szybu Wilson,
- Poz. IV Rittinger Zachód, podsieć Szybu Kościuszeko,
- Poz. V Austria, podsieć Szybu Wilson,
- Poz. VI Regis, podsieć Szybu Wilson i Kościuszki,
- Poz. VII Layer, podsieć Szybu Wilson,
- Poz. VIII Biliński, podsieć Szybu Kościuszeko.

Z szybu Paderewskiego powietrze jest rozprowadzane tylko na podsieć Szybu Kościuszeko, ilość powietrza na wlocie do szybu wynosi $214 \text{ m}^3/\text{min}$.

Z szybu Daniłowicz powietrze jest rozprowadzane z pięciu poziomów, ilość powietrza na wlocie do szybu wynosi $1318 \text{ m}^3/\text{min}$:

- Poz. I, podsieć Szybu Wilson,
- Poz. IIw, podsieć Szybu Kościuszeko,
- Poz. III, podsieć Szybu Wilson i Kościuszki,
- Poz. IV, podsieć Szybu Wilson i Kościuszki,
- Poz. V, podsieć Szybu Wilson i Kościuszki.

Z szybu Regis powietrze jest rozprowadzane z pięciu poziomów, ilość powietrza na wlocie do szybu wynosi $268 \text{ m}^3/\text{min}$:

- Poz. I, podsieć Szybu Wilson,
- Poz. IIw, podsieć Szybu Wilson,
- Poz. III, podsieć Szybu Wilson i Kościuszki,
- Poz. IV Aleksander, podsieć Szybu Wilson,
- Poz. V Roeschner, podsieć Szybu Wilson.

Z otworu wielkośrednicowego Boża Wola, który jest silnie otamowany, powietrze dopływa do poziomu I, ilość powietrza na wlocie do szybu wynosi $10,2 \text{ m}^3/\text{min}$ i powietrze kieruje się do podziemi Szybu Wilson.

Analizując wyniki obliczeń rozprywu powietrza wynika, że do Groty Kryształowej najwięcej powietrza kierowane jest z Szybu Kinga poprzez Poziomu IV Rittinger Wschód, do podziemi Szybu Wilson. Ilość powietrza na poziomie Rittinger wschód = $1249 \text{ m}^3/\text{min}$, z tego do komory Baum bezpośrednio dopływa:

- chodnikiem Władysław dopływ w ilości $9 \text{ m}^3/\text{min}$,
- szybikiem # Lipowiec dopływ w ilości $7,6 \text{ m}^3/\text{min}$,
- szybikiem #August dopływ w ilości $4,7 \text{ m}^3/\text{min}$,

- szybikiem # Boża Wola dopływ w ilości 4,6 m³/min,
- szybikiem # Klemens dopływ w ilości 110 m³/min,
- chodnik Karaś dopływ w ilości 20,4 m³/min.

Razem z poz. IV Rittinger Wschód do komory Baum dopływa 156,3 m³/min, ponadto z pozostałych szybów wdechowych dopływa:

- z Szybu Daniłowicz Poz. I do komory Baum dopływa w ilości 33,3 m³/min,
- z Szybu Regis Poz. I do komory Baum dopływa w ilości 12,7 m³/min,
- z Szybu Regis Poz. II n do komory Baum dopływa w ilości 1,0 m³/min,
- z Szybu Boża Wola Poz. I do komory Baum dopływa w ilości 10,2 m³/min,

Ostatecznie do komory Baum dopływa 212,5 m³/min, z tej ilości, do Groty Kryształowej dopływa 12 m³/min.

Dla wyznaczonej drogi przepływu powietrza od wlotu Szybu Kinga do wlotu do Groty Kryształowej obliczono jej długość, w tym celu skorzystano z opcji „Obliczanie wskaźnika stabilności drogi Wentylacyjnej” programu VentGraph, której wynik obliczeń pokazano w tabeli nr 1 i tabeli 2.

Tab. 1

Obliczanie wskaźnika stabilności drogi wentylacyjnej	
Suma mocy prądu N [W] = 7041.0	
Suma długości bocznic = 3589.4	

W tabeli nr 2 pokazano ciąg kolejnych wyrobisk, którymi przepływa powietrze w kierunku Groty Kryształowej.

Tab. 2


Nr bocznicy	Wlot	Wylot	Długość [m]	Q [m ³ /min]
1	1	1001	57.1	2915.1
29	1001	2001	27.0	2892.2
628	2201	2501	16.0	2840.9
625	2001	2201	19.3	2877.1
629	2501	3001	14.1	2823.4
630	3001	4001	41.0	2655.2
631	4001	POZAR	43.0	983.3
949	POZAR	4024	66.0	1891.1
657	4024	4018	117.0	1711.0
663	4018	4020	51.0	1600.4
666	4020	4028	86.0	5.2
486	4028	3501	13.0	22.3
487	3501	3502	35.0	22.3
488	3502	3503	38.0	22.7
492	3503	3504	215.0	2.2
493	3504	3062	25.9	2.2
474	3062	2231	27.0	131.3
473	2231	2230	93.0	174.1
254	2230	2222	98.0	156.9
251	2222	2221	56.0	15.3
374	1032	3043	71.2	863.3
249	2221	1030	92.0	165.8
61	1030	1031	12.0	173.1
62	1031	1035	29.0	182.0
69	1035	1036	59.0	191.6
60	1037	1072B	269.0	19.9
87	1072B	1072A	230.0	49.7

Tab. 2. ciąg dalszy.

88	1072A	1047A	166.0	49.7
94	1047A	1047B	50.0	50.0
95	1047B	1055	2.0	50.6
106	1055	1065	116.0	172.7
107	1065	1056	49.0	180.2
107	1065	1056	49.0	180.2
108	1056	1057	100.0	181.7
120	1058	1063	166.0	199.6
126	1063	1070	250.0	6.1
127	1070	1068	110.0	15.1
131	1068	1069	32.0	205.1
132	2019	1069	14.8	4.9
133	1069	1069A	40.0	214.2
134	1069A	2019	40.0	214.0
139	2019	2020	348.0	224.6
140	2020	2021	114.0	224.6
141	2021	2274	42.0	211.4


Poniżej pokazano wynik obliczeń długości drogi wentylacyjnej dopływu powietrza z pozostałych szybów:

- Z Szybu Daniłowicz:

 Obliczanie wskaźnika stabilności drogi wentylacyjnej


Suma mocy prądu N [W] = 1776.7
Suma długości bocznic = 498.0

- Z Szybu Regis:

 Obliczanie wskaźnika stabilności drogi wentylacyjnej

Suma mocy prądu N [W] = 33.3
Suma długości bocznic = 261.0

- Z otworu wentylacyjnego Boża Wola:

 Obliczanie wskaźnika stabilności drogi wentylacyjnej


Suma mocy prądu N [W] = 57.6
Suma długości bocznic = 72.3

Wyznaczona długość drogi przepływu powietrza z szybu Kinga wynosi 3589 metrów, do wyznaczonej długości tej drogi należy dodać wyrobiska prowadzące powietrze z pozostałych szybów wdechowych, ostatecznie mamy:

$$L_{\max} = 3589 + 498 + 261 + 72 = 4420 \text{ metrów}$$

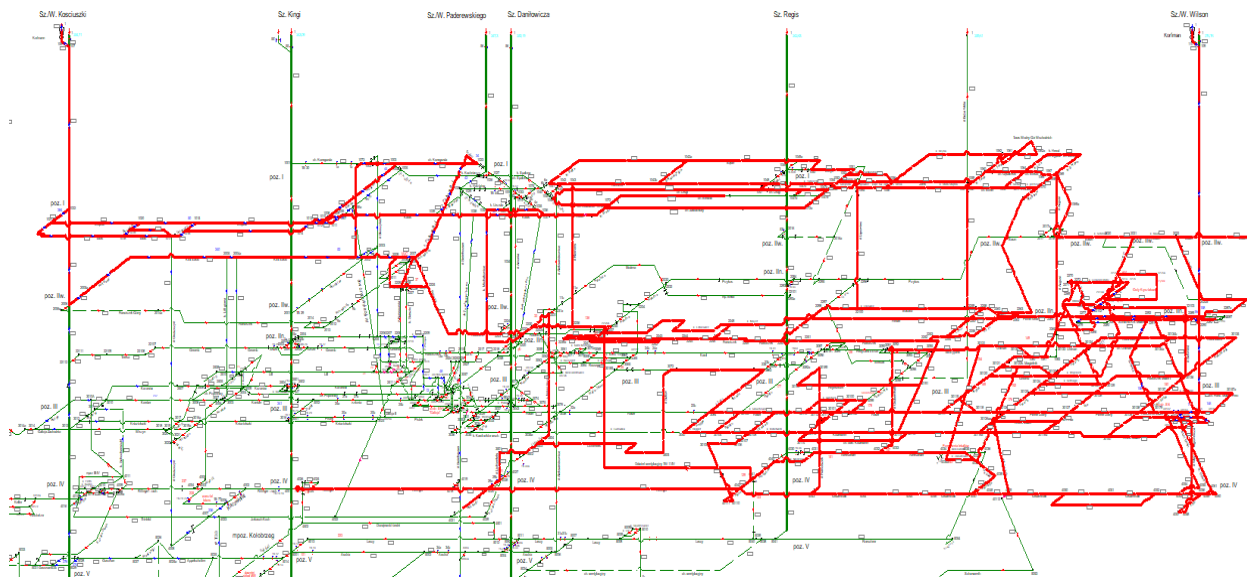
W uzupełnieniu, dokonano obliczeń długości drogi wentylacyjnej odprowadzającej powietrze z Groty Kryształowej do szybu Wilson, wynik pokazuje tabelka pokazana poniżej, wynika z niej że suma długości wyrobisk odprowadzających powietrza wynosi 570,5 metra.

- Wylot do Szybu Wilson:

 Obliczanie wskaźnika stabilności drogi wentylacyjnej

Suma mocy prądu N [W] = 64932.8
Suma długości bocznic = 570.5

Na rysunku nr 14 pokazano sieć wyrobisk kopalni Wieliczka, gdzie czerwona gruba linia obrazuje drogę przepływu powietrza z poziomu IV Rittinger Wschód do komory Baum i Groty Kryształowej, część powietrza z poziomu IV Rittinger przepływa również do szybu Kościuszko.



Rys. 1. Sieć wyrobisk Kopalni Soli w Wieliczce, – linie grube na wschód od szybu Kinga, poz. IV to wyrobiska którymi dopływa świeże powietrze do Groty Kryształowej i szybu Wilson, – linie grube na zachód, to wyrobiska odprowadzające powietrze do szybu Kościuszko

3. Zaburzenia przepływu powietrza w podsieci Groty Kryształowej

Dla oceny mikroklimatu powietrza Grot Kryształowych istotnym jest rozważenie wystąpienia zaburzeń przepływu, co może skutkować inną drogą doprowadzenia powietrza do Groty Kryształowej szczególnie dla:

- przypadku awaryjnego postoju wentylatora na szybie Wilson,
- rewersji przewietrzania rejonu Groty Kryształowej.

3.1. Postój wentylatora na szybie Wilson

Postój wentylatora na szybie wentylacyjnym Wilson może być wywołany albo chwilowym brakiem zasilania lub planowym postojem wynikającym z prac konserwacyjnych stacji wentylatorów lub urządzeń szybu Wilson. Korzystając z opcji „Zmiana parametrów bocznic” systemu programów VentGraph dla modułu GRAS, wykonano obliczenia rozprywu powietrza po symulacji wyłączenia wentylatora Korfman pracującego na szybie Wilson.

Wyłączenie wentylatora symulowano poprzez wyzerowanie współczynników charakterystyki A1, A2, A3, A4 wentylatora co pokazano na Rys. 2. Poniżej pokazano obliczoną ilość powietrza przepływającą szysbem Wilson oraz w bocznicie obrazującej wyrobisko Groty Kryształowej:

- Ilość powietrza w szybie Wilson:

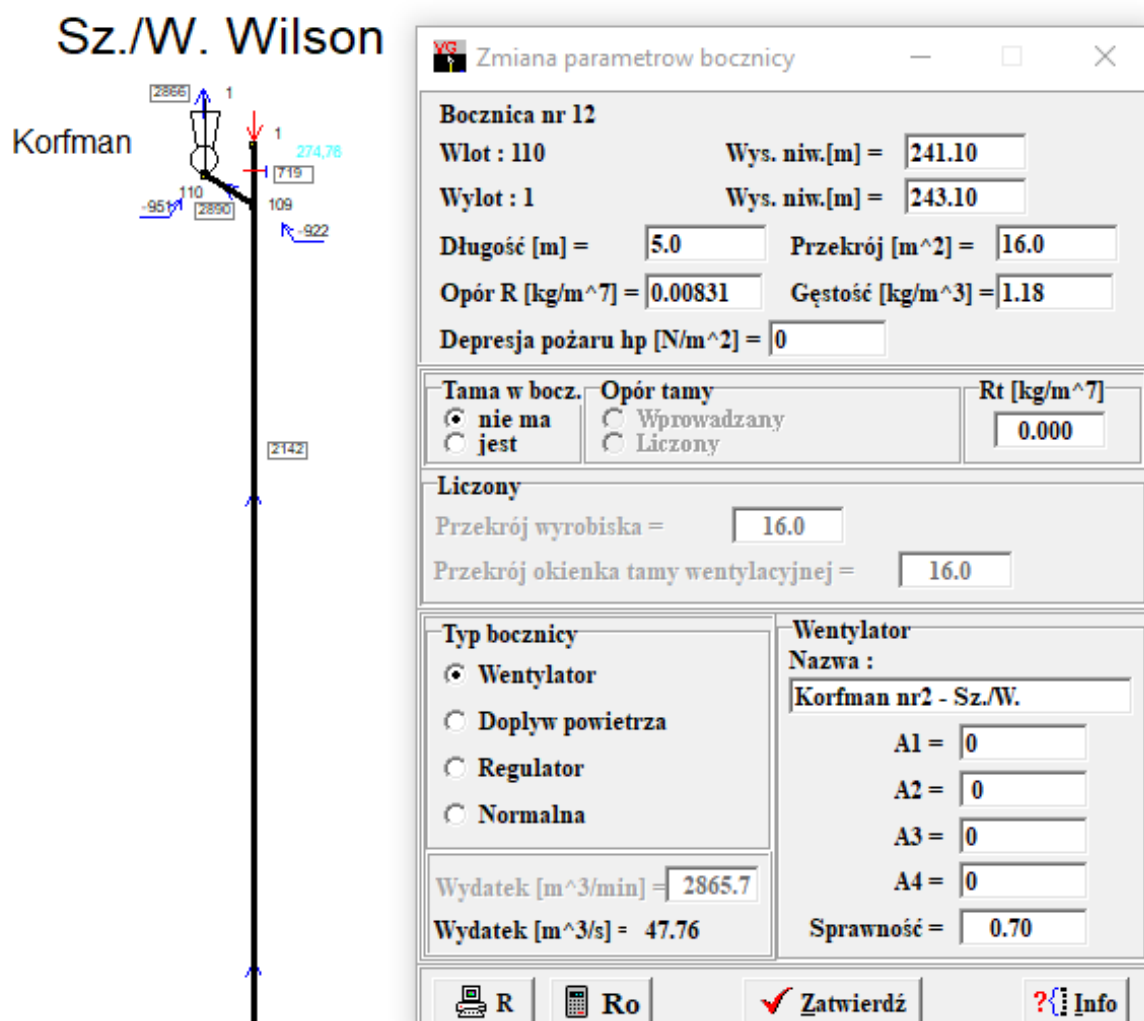
BOCZNICA NR : 12

Włot : 110	Wylot : 1	
Wydatek w bocznicie [m ³ /min] / [m ³ /s] / [Mg/s] :	-342.7 / -5.7	
Prędkość przepływu powietrza [m/s] :	-0.36	

- Ilość powietrza przepływająca w Grocie Kryształowej:

BOCZNICA NR : 150

Włot : 2274A	Wylot : 2276	
Wydatek w bocznicie [m ³ /min] / [m ³ /s] / [Mg/s] :	-7.0 / -0.1	
Prędkość przepływu powietrza [m/s] :	-0.02	



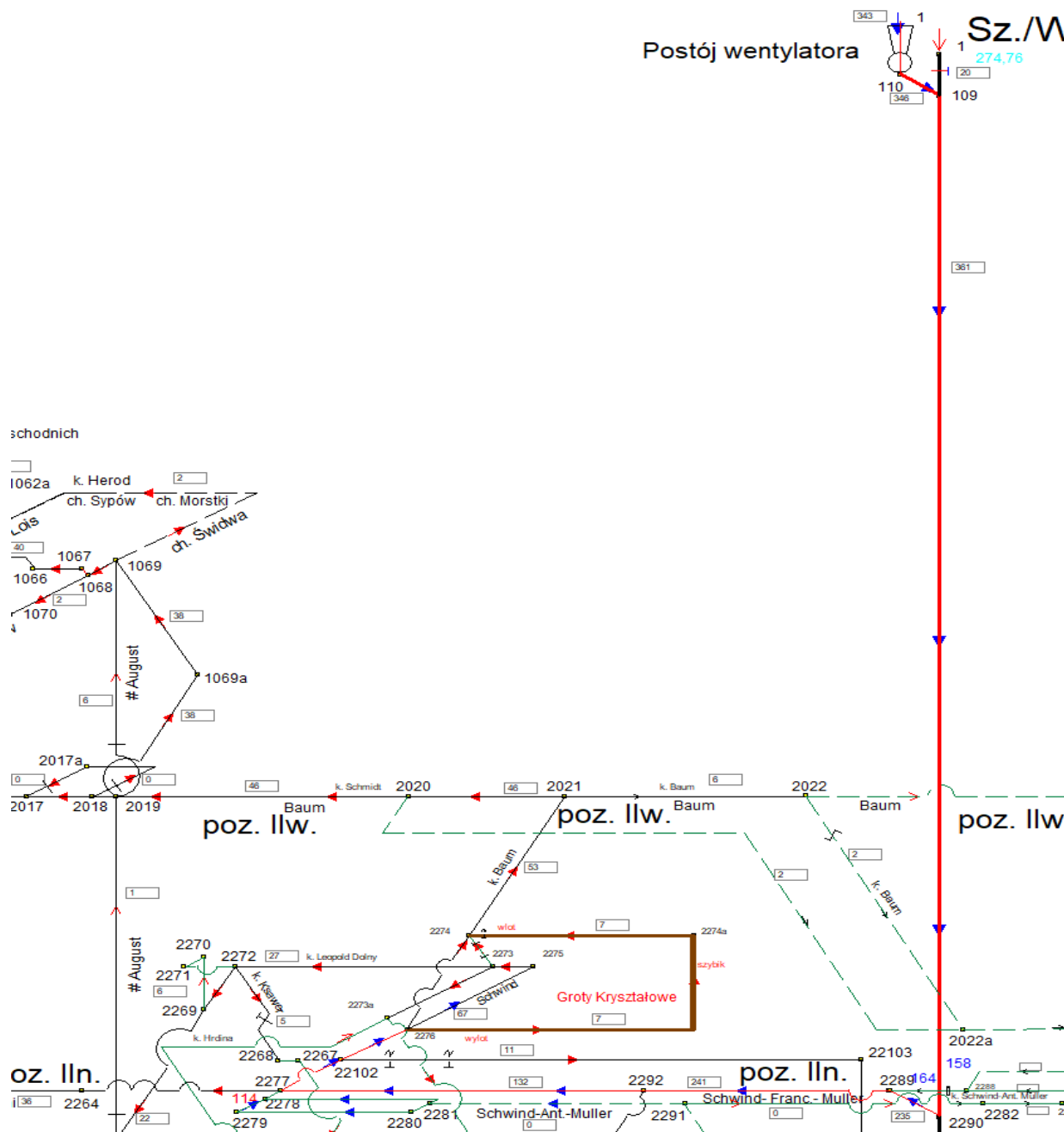
Rys. 2. Widok opcji GRAS systemu programów VentGraph

Na rysunku 3 pokazano wynik obliczeń rozpyływu powietrza, który informuje, że powietrze wpływa szybem Wilson w ilości 342,7 m³/min, przepływ powietrza do Groty Kryształowej ulega odwróceniu i wynosi 7 m³/min.

3.2. Rewersja wentylacji Groty Kryształowej

Odwrócenie kierunku przepływu powietrza w bocznicach sieci wentylacyjnej kopalni możliwe jest jedynie w tzw. bocznicach przekątnych. Boczną przekątną jest bocznica, którą można przejść w przeciwnych kierunkach idąc od węzła początkowego, związanego z wlotami do szybów transportowych, do węzła końcowego, odpowiadającego wylotom szybów wentylacyjnych. Za istotne dla sposobu realizacji rewersji lokalnej uznano sprawdzenie czy w rozpatrywanym rejonie wyrobisk są bocznicie przekątne, w których powietrze mogłoby zmienić kierunek przepływu na skutek zamykania i otwierania tam w istniejących wyrobiskach. Zagadnienie wyznaczenia bocznic przekątnych w złożonej sieci kopalnianej nie jest nowe i było przedmiotem rozważań innych badaczy [Bystroń, 1956; Czczott, 1957; Frycz, Sułkowski i Kolarczyk, 1987; Kolarczyk, 1990, 1993; Dziurzyński i Tracz, 1987; Szlązak, Liu Jian, Borowski i Obracaj, 1998].

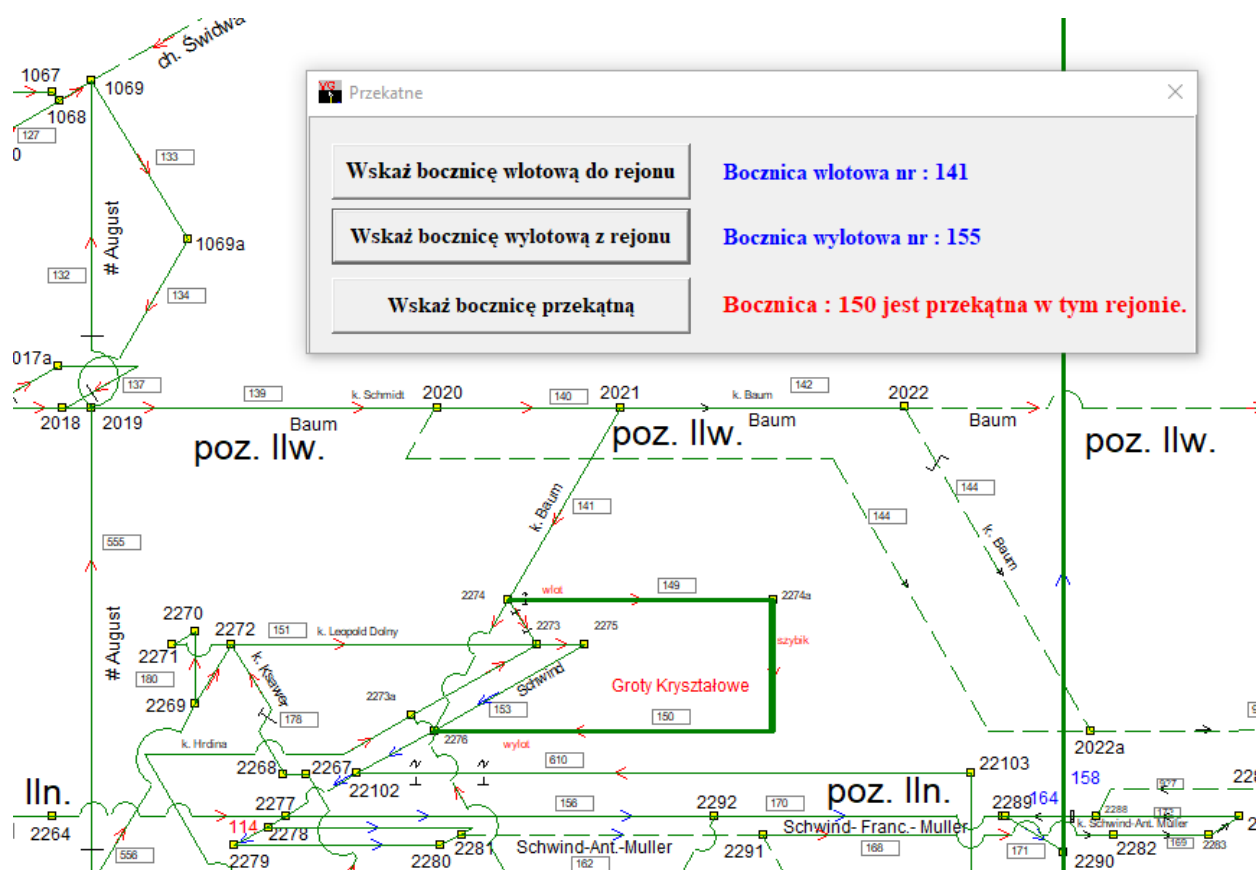
Z uwagi na zastosowanie metody komputerowej symulacji procesu przewietrzania jako narzędzia sposobu wykonania rewersji lokalnej przewietrzania, opracowano algorytm wyznaczenia bocznic przekątnych dla złożonej struktury sieciowej z wieloma wentylatorami. Opracowany algorytm wyznaczenia bocznic przekątnych pozwolił na ułożenie procedur programu komputerowego POŻAR systemu VentGraph. Opcja „Przekątne” w module POŻAR służy do sprawdzenia, czy w rozpatrywanym rejonie wyrobisk, są bocznicie przekątne, w których powietrze mogłoby zmienić kierunek przepływu, gdyby zaistniała taka potrzeba podczas przeprowadzanych działań wentylacyjnych w kopalni.



Rys. 3. Fragment sieci wentylacyjnej kopalni soli w Wieliczce, – postój wentylatora na szybie Wilson, – linie czerwone to wyrobiska którymi dopływa świeże powietrze do Groty Kryształowej, – linia brązowa pogrubiona wyrobiska Groty Kryształowej

Po wywołaniu opcji „Przekątne” na ekranie pojawi się okno panelu „Przekątne” (Rys. 4). Aby sprawdzić czy rozpatrywana bocznica jest przekątną w danym rejonie należy wskazać najpierw bocznice wlotową i wylotową z tego rejonu. Po wciśnięciu klawisza „Wskaż bocznice wlotową do rejonu” należy kursorem myszy wskazać na schemacie przestrzennym sieci wlot do rozpatrywanego rejonu (zatwierdzić lewym klawiszem myszy), a następnie użyć klawisza „Wskaż bocznice wylotową z rejonu” oraz wskazać kursorem na rysunku sieci bocznice w drodze wylotu powietrza z tego rejonu. Numery wybranych bocznicy będą wyświetlane w panelu okna „Przekątne” obok właściwych im opisów klawiszy.

Mając wyznaczony rejon sieci wentylacyjnej można przystąpić do sprawdzania, czy wyrobisko Grota Kryształowa jest przekątną w tym rejonie. Po wciśnięciu klawisza „Wskaż bocznice przekątną”, Rys. 4, należy wskazać na schemacie sieci bocznice która nas interesuje, w omawianym przykładzie są to wyrobiska Groty Kryształowej. Program analizuje rejon dla tej bocznicy i po obliczeniach wyświetla obok klawisza informację czy wskazana bocznica jest przekątną w tym rejonie. W ten sposób wskazując kolejno interesu-



Rys. 4. Fragment sieci wentylacyjnej kopalni soli w Wieliczce, – rewersja wentylacji Grotę Kryształowej

jące nas bocznice sprawdzamy czy są przekątnymi w danym rejonie dla wybranych bocznicy wlotu i wylotu. Jeżeli otrzymane wyniki nie spełniają naszych oczekiwań, w następnym kroku postępowania zmieniamy położenie tamy np. wylotowej na inną bocznice. Wybierając nową bocznice wlotową czy wylotową dla bocznicy nr 155 program analizuje rejon dla ostatnio wskazanej bocznicy „przekątnej” i wyświetla nową informację w oknie panelu.

Na rysunku 17 pokazano końcowe rozwiązanie wyznaczania miejsca położenia tam, które spowodują odwrócenie kierunku przepływu przez grotę Kryształową.

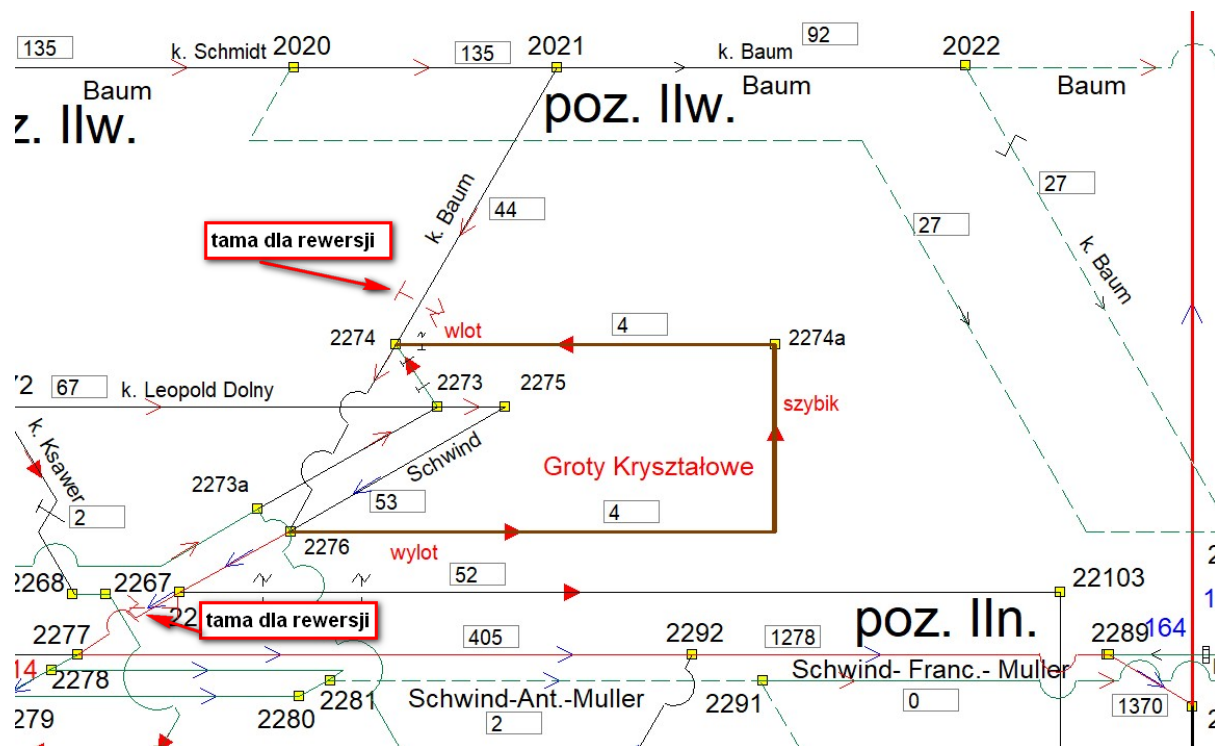
Wykonanie odwrócenia kierunku przepływu przez wyrobiska Grotę Kryształowej można dokonać poprzez zabudowę tamy na wylocie z komory Baum nr bocznicy 141 (węzeł wlotowy 2021 – węzeł wylotowy 2274 oraz zabudowy drugiej tamy w wyrobisku nr 156 (węzeł wlotowy 2267 – węzeł wylotowy 2277) na poziomie Iln.

Na rysunku 5 pokazano wynik obliczeń rozplywu powietrza skutkiem postawienia dwu tam po zabudowaniu tam w wyznaczonych wyrobiskach dla rewersji przewietrzania rejonu Grotę Kryształowej, uzyskano rewersję, przepływ powietrza po rewersji wyniósł $4 \text{ m}^3/\text{min}$.

4. Podsumowanie

Zastosowanie specjalistycznego programu POŻAR systemu VentGraph, a zwłaszcza opcja programu wyznaczania bocznicy przekątnych umożliwiła wyznaczenie miejsca położenia tam dla przeprowadzenia rewersji przepływu powietrza w wyrobiskach Grotę Kryształowej.

Ponadto wyznaczono stan w rozplywie powietrza w sieci wyrobisk kopalni Wieliczka w przypadku postępu wentylatora na szybie Wilson. Dla tego przypadku dopływ powietrza do Grotę Kryształowej ulega odwróceniu i powietrze dopływa krótszą drogą do Grotę Kryształowej wynoszącą 570 m. Stan wentylacji dla postępu wentylatora powinien być jak najkrótszy, dlatego służby wentylacyjne kopalni powinny ograniczać takie działania do niezbędnego minimum.



Rys. 5. Fragment sieci wentylacyjnej kopalni soli w Wieliczce, – rewersja wentylacji Groty Kryształowej, – miejsce umieszczenia tam dla rewersji, – w prostokątach ilość powietrza po postawieniu tam do rewersji, – strzałki pogrubione czerwone oznaczają kierunek przepływu powietrza po rewersji

W stanie normalnego przewietrzania dopływ powietrza do grotę Kryształowej odbywa się wielokrotnie dłuższą drogą wynoszącą co najmniej 4420 metrów, tak długa droga przepływu powietrza korzystnie wpływa na mikroklimat Groty Kryształowej.

Praca została wykonana w roku 2022 w ramach prac statutowych realizowanych w IMG PAN w Krakowie, finansowanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Literatura

- Malicki M., 1977: Wentylacja i klimatyzacja, PWN Warszawa.
- Załącznik do zarządzenia Nr 9/11 Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Krakowie z dnia 31 marca 2011 r. Plan ochrony rezerwatu przyrody „Groty Kryształowe”.
- Kozłowski R., Hosker R., 1993: Zabezpieczenie przez zniszczeniem Kopalni Soli w Wieliczce. Sprawozdanie z realizacji polsko-amerykańskiego programu badawczego za okres 1992-1993. Msc. Inst. Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN, Kraków.
- Bystron H., 1956: Sposób kreślenia kanonicznych schematów przewietrzania. Przegląd Górniczy, nr 3, str. 86-100, 1956.
- Dziurzyński W. Tracz J., 1987: Rewersja wentylacji głównej w przypadku pożaru w grupowym prądzie świeżego powietrza. W: XXI Dni Techniki ROW'95. 18-19.10. s. 165-175 Wodzisław Śląski, 1995.
- Dziurzyński W., Pałka T., Krach A., 2021: Podręcznik użytkownika programu VentGraph Plus z przykładami. Monografia, Wydawnictwo IMG PAN, 2021.
- Szlązak N., Zajac K., 1998: Ocena możliwości wykonywania rewersji wentylacji głównej w kopalniach węgla kamiennego. Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej, str. 92, Kraków, 1998.
- Czczott H., 1957: Metoda badań i wyniki prac nad teorią wentylacji. Wybór pism H. Czczotta, opracowanie J. Litiwniszyn. PWN, Warszawa 1957.
- Frycz A., Sułkowski J., Kolarczyk M., 1987: Sposoby wymuszania i regulacji rozplywu powietrza w głębokich kopalniach rud miedzi. CUPRUM, nr 1-2, 1987.
- Kolarczyk M. 1990: Definiowanie i wyznaczanie charakterystyk części kopalnianych sieci wentylacyjnych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Górnictwo, zeszyt 188, 1990.

Kolarczyk M., 1993: Wpływ struktury kopalnianej sieci wentylacyjnej na wrażliwości prądów powietrza przy zmianach oporów bocznic. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, zeszyt 214, Gliwice, 1993.

Szlązak N., Liu Jian, Borowski M., Obracaj D., 1998: Numeryczne wyznaczanie bocznic przekątnych w kopalnianych sieciach wentylacyjnych. Archives of Mining Sciences, , nr 4, s. 549-561.

Ventilation of crystal caves in the Wieliczka salt mine in the aspect of air flow disorders

Summary

The article presents the results of the mine ventilation analysis in the aspect of bringing air to the Crystal Caves chambers. Based on the current numerical model of the Wieliczka Salt Mine , the Crystal Caves ventilation analysis was presented in the airflow conditions caused by the Wilson shaft fan stand and the reverse of ventilation in the Crystal Caves excavations. Fresh air supply from the inspiratory shafts of the Cristal Caves through the Baum chamber has been determined.

Keywords: ventilation of Crystal Caves, flow disturbance, air flow paths, reverse ventilation