

## WSTĘPNE WYNIKI KOMPLEKSOWYCH BADAŃ PRZYRODNICZYCH SZTOLNI HERMANNLOCH W JANOWCU – KOMPONENTY ABIOTYCZNE

Paweł P. ZAGOŹDŻON  
Katarzyna D. ZAGOŹDŻON  
Katarzyna GRUDZIŃSKA

Institut Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, Na Grobli 15, 50–421 Wrocław.

*dokumentacja geologiczna, historyczne sztolnie,  
analiza chemiczna, Janowiec, Bardo Mts.*

Przedstawiono wstępne wyniki specjalistycznych badań środowiska niewielkiej sztolni *Hermannloch*, znajdującej się w Janowcu koło Barda Śląskiego (Dolny Śląsk). Objęły one analizę chemiczną podłoża skalnego, wód gromadzących się na spągu wyrobiska oraz powietrza. Ponadto określono pH i twardość wód oraz temperaturę i wilgotność panujące w sztolni. Badania te są elementem pierwszego na Dolnym Śląsku kompleksowego, interdyscyplinarnego rozpoznania dawnego, podziemnego obiektu górniczego.

Podłoże wykazuje dość stały skład chemiczny, bez względu na rodzaj badanej skały (łupek ilasty i wypełnienie strefy tektonicznej). Dominującymi składnikami są krzemionka (ok. 62–67%) i glina (ok. 14,5–17%), istotnymi domieszkami śladowymi są Ba, Zr, Zn, Sr, Rb i Cr. Woda gromadząca się w wyrobisku jest to woda słodka wapniowo-siarczanowo-wodorowęglanowa o średniej twardości ogólnej oraz pH ok. 7,5. Skład atmosfery kopalnianej nie odbiega od przeciętnego składu powietrza atmosferycznego (odnotowano nieco podwyższoną zawartość CO<sub>2</sub>). Nie stwierdzono obecności siarkowodoru.

Sztolnia Hermannloch w Janowcu jest pierwszym na Dln. Śl. historycznym obiektem górniczym poddawany systematycznemu, kompleksowemu rozpoznaniu przyrodniczemu w zakresie nauk o ziemi, i nauk biologicznych.

Do tej pory obiekt ten został szczegółowo opisany pod względem morfologicznym, górniczym i historycznym (Stysz i in., 2014; Szychowska-Krąpiec i in., 2014). Pełna długość jego wyrobisk sięga ok. 115 m, jednak ze względu na bardzo wysokie zagrożenie zawałami jego głębsza część, po przeprowadzeniu penetracji została zamknięta (Szychowska-Krąpiec i in., 2014). Obecnie do badań dostępny jest odcinek sztolni o długości 36 m, zakończony niewielką komorą oraz krótki, około 6-metrowej długości chodnik boczny (por. rys. 1). Wyrobisko jest reliktem XVI-wiecznej

działalności górniczej. Zdaniem Stysza i in. (2014; również: Szychowska-Krąpiec i in., 2014) eksploatowano w niej rudy ołowiu. Natomiast wyniki dotychczasowych prac geologicznych (stwierdzona bogata mineralizacja pirytowa, przy braku oznak występowania galeny) wskazują raczej, że prowadzono tu eksploatację łupków będących surowcem do produkcji alunu (Zagożdżon & Zagożdżon, 2014).

W ramach podstawowych badań geologicznych scharakteryzowano występujące odmiany litologiczne i wyznaczono ich zasięg, opisano też elementy tektoniki górotworu. Uzyskane wyniki przedstawione zostały w postaci geologicznego planu obecnie dostępnej części wyrobiska. Ukazano wstępne wyniki analizy bogatej, wieloetapowej mineralizacji pirytowej (Zagożdżon & Zagożdżon, 2014).

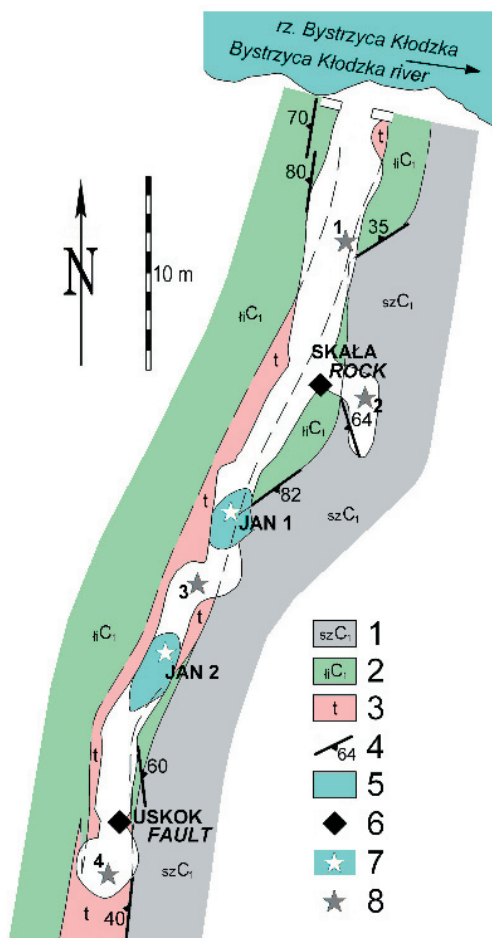
Kolejnym etapem prac będzie precyzyjny opis abiotycznych składników środowiska, którego podstawą są wykonane badania składu chemicznego próbek skał, wody i powietrza. Celem tych analiz, poza precyzyjnym rozpoznaniem górotworu, jest określenie chemicznych parametrów środowiska życia szczegółowo analizowanych gatunków grzybów występujących w sztolni (por. Pusz & Ogórek, 2014).

Skład chemiczny podłoża skalnego określono na podstawie analizy dwóch próbek. Pierwsza z nich została pobrana na rozwidleniu wyrobisk, w odległości około 14 m od wlotu *Hermannloch* (rys. 1), jest to fragment, dominującego na ociosach łupka ilastego. Druga z próbek została wyseparowana z obrębu strefy tektonicznej, tuż przed komorą stanowiącą ostatnią część obecnie dostępnego wyrobiska.

Analizy wykonano w Centralnym Laboratorium Chemicznym Państwowego Instytutu Geologicznego (PIG–PIB). Zawartość składników podstawowych oraz pierwiastków śladowych badano metodą XRF (spektroskopia fluorescencji rentgenowskiej), odrębnie, metodą ICP–MS (spektrometria mas z plazmą indukcyjnie sprzężoną), zbadano zawartość srebra, zaś metodą GFAAS (bezpłomieniowa absorpcyjna spektrometria atomowa) – złota. Dla obu próbek określono też stratę prażenia.

Wstępne porównanie wyników analizy obu próbek ukazuje dość stały skład chemiczny podłoża skalnego w sztolni. Zawartość poszczególnych składników głównych wykazuje niewielkie wahania, nie przekraczające 1%, bardziej zróżnicowana jest jedynie zawartość  $\text{SiO}_2$  (ok. 4,8%) oraz  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (ok. 2,5%). W obu próbkach zbliżone są proporcje zawartości poszczególnych składników. Można stwierdzić, że próbka pobrana ze strefy uskokowej, względem łupka ilastego, jest nieco wzbogacona w krzemionkę i tlenek Na, zaś zubożona w glinę oraz związki Fe, Mg, Ca, K (tab. 1).

Zawartość niektórych pierwiastków śladowych w porównywanych próbkach wykazuje wyraźną zmienność. W próbce pobranej ze strefy uskokowej, w stosunku do łupka ilastego, obserwuje się znacząco większą zawartość Cr (o ponad 115%) i Ni (>100%), natomiast znacznie mniejszy jest udział As (zawartość mniejsza o ok. 50%), Ba (ok. 40%, trzeba jednak dodać, że bar w próbkach tych stanowi ok. ¼ do ⅓ masy wszystkich analizowanych pierwiastków śladowych), Co (60%) i Pb (50%), również wyraźnie mniej jest Rb i V. Należy zaznaczyć, że również w przypadku pierwiastków śladowych proporcje zawartości poszczególnych składników w obrębie każdej próbki są zbliżone (wyraźna dominacja Ba, wysokie udziały Cr,



Ryc. 1. Uproszczony plan geologiczny dostępnego odcinka sztolni *Hermannloch* w Janowcu (na podstawie Zagożdżon & Zagożdżon, 2014) ze wskazaniem miejsc pobrania próbek; 1 – szarogłazy i łupki mułowcowe, 2 – łupki ilaste, 3 – strefa tektoniczna, 4 – wybrane pomiary foliacji lub granic odmian litologicznych, 5 – woda, 6 – miejsca pobrania próbek skał, 7 – miejsca pobrania próbek wody, 8 – miejsca pobrania próbek powietrza

Fig. 1. Simplified geological plan of accessible part of *Hermannloch* adit in Janowiec (after Zagożdżon & Zagożdżon, 2014) with location of sampling points; 1 – graywackes and mudstone slates, 2 – claystone, 3 – tectonic zone, 4 – selected measurements of bedding or contacts of rocks, 5 – water, 6 – rock sampling points, 7 – water sampling points, 8 – air sampling points

Rb, Sr, V, Zn i Zr) (tab. 2). Zawartość metali szlachetnych w obu próbkach była poniżej granic oznaczalności wykorzystanych metod.

Na podstawie kompleksowej analizy dwóch próbek rozpoznano właściwości wód gromadzących się w wyrobisku. W czasie opróbowania (2.07.2014 r.) ich poziom był wyjątkowo niski, co było rezultatem niskiego poziomu wód w górotworze oraz zdrenowania początkowej części wyrobiska, w związku z podejmowanymi próbami jego oczyszczenia i uporządkowania. W rezultacie całkowicie pozbawiony wody był

zbiornik dotychczas najgłębszy, położony w krótkim, bocznym chodniku. Jediną możliwością pobrania próbek dawały dwa płytkie nagromadzenia wody w głównym wyrobisku usytuowane około 22 i 32 m od wlotu (rys. 1). W pierwszym z nich woda uzupełniana była w wyniku powolnego sączenia następującego ze wschodniego ociosu, na wysokości ok. 0,5 m ponad spągkiem wyrobiska. Na powierzchni około 0,5 m<sup>2</sup> występuje tam delikatna polewa kalcytowa o miąższości 1–2 mm.

Tab. 1. Skład chemiczny badanych skał – składniki główne

Tab. 1. Content of main components in rocks analysed

Nazwa próbki Name of a sample		Janowiec – skała Janowiec – rock	Janowiec – uskok Janowiec – fault
Zawartość składników [%] Content of components [%]	SiO <sub>2</sub>	62,10	66,87
	TiO <sub>2</sub>	0,633	0,60
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,21	14,64
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,76	6,22
	MnO	0,047	0,039
	MgO	3,05	2,62
	CaO	0,53	0,27
	Na <sub>2</sub> O	2,00	2,38
	K <sub>2</sub> O	3,35	2,44
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,118	0,124
	SO <sub>3</sub>	0,06	0,06
	Cl	0,010	0,011
	F	<0,01	0,01
	Strata praż./LOI	3,96	3,57
	Σ	99,83	99,85

Badania próbek przeprowadzone zostały w Laboratorium Analiz Wód i Ścieków Głównego Instytutu Górniczo-Geologicznego, określono dla nich zasadowość wody (metodą miareczkową), twardość (wyliczoną z zawartości jonów Ca i Mg oraz zasadowości) oraz pH. Zawartość poszczególnych jonów badana była za pomocą metody ICP-OES (emisyjna spektrometria plazmowa), zawartość chlorków, siarczanów, węglanów, wodorowęglanów, azotanów i azotynów – za pomocą metody IC (chromatografia jonowa), zaś zawartość jonu amonu i siarczków/siarkowodoru – za pomocą metody FIA (wstrzykowa analiza przepływowa z detekcją spektrofotometryczną).

Woda występująca w zgłębieniach spągu sztolni w Janowcu jest to woda słodka wapniowo-siarczanowo-wodorowęglanowa (Ca-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>), o średniej twardości ogólnej oraz pH w granicach 7,4 do 7,5. Stanowi ona w głównej mierze przesącz z szczelin górotworu. Dodatkowo, okresowo występuje mieszanie się wód sztolniowych z wodami powierzchniowymi (wlotowe partie wyrobiska są zalewane przez wody rzeki Bystrzycy w okresach jej podwyższonego stanu).

Analiza parametrów atmosfery sztolni objęła pomiary temperatury i wilgotności oraz określenie zawartości wybranych gazów. Parametry fizyczne zmierzono podczas pobierania próbek do badań mykologicznych, w dniu 14.03.2014 r. (por. Puszczyński i in., 2014).

Tab. 2. Zawartość pierwiastków śladowych w badanych skałach

Tab. 2. Content of trace elements in rocks analysed

Nazwa próbki <i>Name of a sample</i>	Janowiec – skała <i>Janowiec – rock</i>	Janowiec – uskok <i>Janowiec – fault</i>	
Zawartość składników [ppm] <i>Content of components [ppm]</i>	As	13	7
	Ba	500	320
	Br	3	3
	Ce	40	38
	Co	12	5
	Cr	85	185
	Cu	47	40
	Ga	21	16
	Hf	5	4
	La	28	25
	Mo	< 2	< 2
	Nb	11	10
	Ni	28	57
	Pb	19	10
	Rb	105	80
	Sr	105	101
	Bi	<3	<3
	Th	8	7
	U	5	5
	V	106	81
	Y	26	25
	Zn	131	111
	Zr	136	134
Cd	<3	5	
Sn	2	< 2	
Ag	<0,05	<0,05	
Au	<0,001	<0,001	

Tab. 3. Podstawowe parametry próbek wody

Tab. 3. Main parameters of water samples

Nr próbki <i>Sample No</i>	Parametry <i>Parameters</i>			
	pH	twardość ogólna <i>total water hardness</i>	twardość węglanowa <i>carbonate hardness</i>	twardość niewęglanowa <i>non-carbonate hardness</i>
		[mg/l CaCO <sub>3</sub> ]		
Jan 1	7,4	325	148	177
Jan 2	7,5	329	145	184

Tab. 4. Zawartość składników mineralnych w próbkach wody

Tab. 4. Content of mineral components in water samples

		Numer próbki <i>Sample No</i>	Jan 1	Jan 2
Zawartość składników <i>Content of components</i>	[mg/l N]	azot amonowy <i>ammonium nitrogen</i>	0,016	0,016
		azot azotanowy <i>nitrate nitrogen</i>	0,11	0,07
		azot azotynowy <i>nitrite nitrogen</i>	< 0,006	< 0,006
	[mg/l]	kwas metakrzemowy <i>metasilicic acid</i>	28	27,1
		chlorki <i>chlorides</i>	15	14
		siarczany <i>sulfates</i>	200	190
		węglany <i>carbonates</i>	0	0
		wodorowęglany <i>bicarbonates</i>	180	177
		azotany <i>nitrates</i>	0,48	0,31
		azotyny <i>nitrites</i>	< 0,02	< 0,02
		Ca	106	108
		Mg	14,3	14,3
		Na	13,4	13
		K	2,07	1,6
		Fe	0,32	0,033
		Al	0,11	< 0,01
		Pb	< 0,005	< 0,005
jon amonowy <i>ammonium ion</i>	0,02	0,021		
siarczki/siarkowódor <i>sulphides/hydrogen sulphide</i>	< 0,02	< 0,02		

& Ogórek, 2014). Temperatura panująca w wyrobisku miała wartość 6,2–7,7°C, zaś wilgotność 44–95%.

Próbki powietrza do analizy jego składu gazowego pobrano w częściach wyrobiska charakteryzujących się najmniej efektywną wentylacją. Takie miejsca stanowią potencjalne „pułapki”, w których może dojść do nagromadzenia się szkodliwych gazów, dzięki czemu możemy określić specyficzny dla wyrobiska skład jakościowy powietrza.

W trakcie prac terenowych do specjalnych worków próżniowych pobrane zostały próbki powietrza przeznaczonego do badań laboratoryjnych. Zawartość gazów określono w Instytucie Górnictwa Politechniki Wrocławskiej przy użyciu stacjonarnego chromatografu gazowego Arnel Clarus 500. Wyniki pomiarów porównano ze „standardowym” składem powietrza atmosferycznego, którego dopuszczalne parametry reguluje Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz.U. 2002...). Wyni-

ki analizy jakościowej i ilościowej oznaczeń stężeń gazów występujących w sztolni Hermannloch w Janowcu przedstawiono w tabeli 5.

W trakcie badań terenowych nie stwierdzono obecności siarkowodoru, będącego wskaźnikiem zagrożenia ze strony powietrza w podziemnych wyrobiskach górniczych.

Z każdego wytypowanego miejsca pobrano po dwie reprezentatywne próbki atmosfery sztolni (w odstępie około 5 minut). Lokalizacja miejsc poboru próbek została przedstawiona na ryc. 1. Wyniki analizy jakościowej i ilościowej oznaczeń stężeń gazów występujących w sztolni Hermannloch w Janowcu przedstawiono w tabeli nr 5.

Tab. 5. Wyniki oznaczeń stężenia gazów w powietrzu występującym w sztolni Hermannloch w Janowcu

Tab. 5. Concentration of gases in air of Hermannloch adit in Janowiec

Gaz Gas	Stężenie gazów w powietrzu atmosferycznym, [% obj.] Concentration of gases species in atmospheric air [% Vol.]	Średnie stężenie gazów w punktach 1–3* [% obj.] Average concentration of gases in sampling points No 1–3 [% Vol.]	Średnie stężenie gazów w punkcie 4** [% obj.] Average concentration of gases in sampling point No 4 [% Vol.]	Dokładność pomiaru zawartości składnika gazowego [% obj.] Accuracy of measurement of gases [% Vol.]
CO <sub>2</sub>	0,03	0,611	0,733	0,01
Ar	0,93	0,930	0,930	0,01
O <sub>2</sub>	20,95	20,939	20,725	0,01
N <sub>2</sub>	78,08	77,520	77,612	0,01
Σ		100,00		–

\* wartości średnie z pomiaru wszystkich prób gazu *average results calculated from all gas samples*

\*\* wartości średnie z pomiaru dwóch pobranych próbek gazu (wyniki odbiegające od pozostałych próbek) *average results calculated from two gas samples (results significantly differ from the other)*

Określony skład gazowy praktycznie nie odbiega od przeciętnego składu powietrza atmosferycznego. Stężenie CO<sub>2</sub> w powietrzu sztolni Hermannloch, w punktach poboru próbek nr 1–3, wyniosło 0,611% obj. i jest ono blisko 20-krotnie większe, niż w powietrzu atmosferycznym, jednak wciąż małe jak na tego typu obiekt podziemny. Stężenie argonu, tlenu oraz azotu jest zbliżone do stężeń gazów występujących w czystym powietrzu atmosferycznym. W przypadku komory (końcowa część dostępnego odcinka wyrobiska) stężenie CO<sub>2</sub> jest wyższe i wynosi 0,733% obj. Wzrost stężenia CO<sub>2</sub> związany jest głównie ze słabą wentylacją tej strefy, jak również z czynnikiem ludzkim – obecnością grupy badaczy przeprowadzających pomiary. Istnieje bardzo małe prawdopodobieństwo, że podwyższone wartości stężeń składników gazowych (zwłaszcza dwutlenku węgla) wynikają z budowy geologicznej oraz występujących w górotworze nieciągłości, którymi gaz mógłby migrować do wyrobiska.

Zgodnie z obowiązującymi przepisami górnictwymi (Dz.U. 2002...) zawartość CO<sub>2</sub> w powietrzu kopalnianym nie może przekraczać 1%, a zawartość tlenu nie może być niższa niż 19%. Przy zapewnieniu nawet niewielkiej wymiany powietrza w sztolni *Hermannloch* nie powinno dochodzić do przekroczenia dopuszczalnych stężeń wymienionych gazów. Jednak wzmożone użytkowanie wyrobiska np. poprzez drobny ruch turystyczny oraz nieodpowiednie zabezpieczenie względem mikroklimatu może zaburzyć skład powietrza czyniąc atmosferę kopalnianą niebezpieczną dla zdrowia i życia ludzkiego.

*Badania wykonano w ramach prac statutowych Politechniki Wrocławskiej nr S20027 i S40029.*

## Literatura

- Dz. U. 2002 nr 139 poz. 1169 – Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych, Dziennik Ustaw z 2 września 2002 r.
- PUSZ W., OGÓREK R., 2014. Wstępne badania speleomikologiczne w historycznej sztolni w Janowcu. *Hereditas Minariorum*, 1: 169–170.
- STYSZ M., MACZKA M., SZYCHOWSKA-KRAPIEC E., 2014. *Janowiec koło Barda – dawny ośrodek górnictwa, w świetle badań archiwalnych i inwentaryzacyjnych*. *Hereditas Minar.* 1., 9–27.
- SZYCHOWSKA-KRAPIEC E., STYSZ M., MACZKA M., 2014. *Odkrycie i inwentaryzacja pozostałości dawnego górnictwa w Janowcu koło Barda*. *Mat. X Konf. Dziedzictwo i historia górnictwa oraz wykorzystanie pozostałości dawnych robót górniczych*, Wieliczka 9–11.04.2014 r.: 47–49. Druk. Ofic. Wyd. Polit. Wr. Wrocław.
- ZAGOŹDŻON P.P., ZAGOŹDŻON K.D., 2014. *Badania geologiczne – element kompleksowego rozpoznania sztolni Hermannloch (Janowiec k. Barda, Sudety)*. *Mat. X Konf. Dziedzictwo i historia górnictwa oraz wykorzystanie pozostałości dawnych robót górniczych*, Wieliczka 9–11.04.2014 r.: 60–61. Druk. Ofic. Wyd. Polit. Wr. Wrocław.

## PRELIMINARY RESULTS OF COMPLEX ENVIRONMENTAL INVESTIGATIONS IN HERMANNLOCH ADIT IN JANOWIEC – ABIOTIC COMPONENTS

*geological documentation, historic adit, chemical analysis, Janowiec, Bardo Mts.*

Preliminary results of specialized environmental studies of a small adit called *Hermannloch*, located in Janowiec near Bardo Śląskie (Lower Silesia, Poland) are discussed. These investigations include the chemical analysis of bedrock and water accumulating on the mine's floor and air. Furthermore the pH and hardness of water as well as the temperature and humidity of the air are determined. These studies are an element of the first comprehensive, interdisciplinary recognition of former underground mining object in Lower Silesia.

The bedrock has a fairly constant chemical composition, regardless of the type of rocks studied (shale and material filling the tectonic zone). The predominant components are silica (approx. 62–67%) and alumina (approx. 14,5–17%), significant trace elements are Ba, Zr, Zn, Sr, Rb, and Cr. Calcium-sulfate-bicarbonate water, of medium hardness and pH at the level of 7,5 stagnates in the adit. The composition of the atmosphere in the mine does not differ from the average composition of the air. There is no presence of hydrogen sulphide.