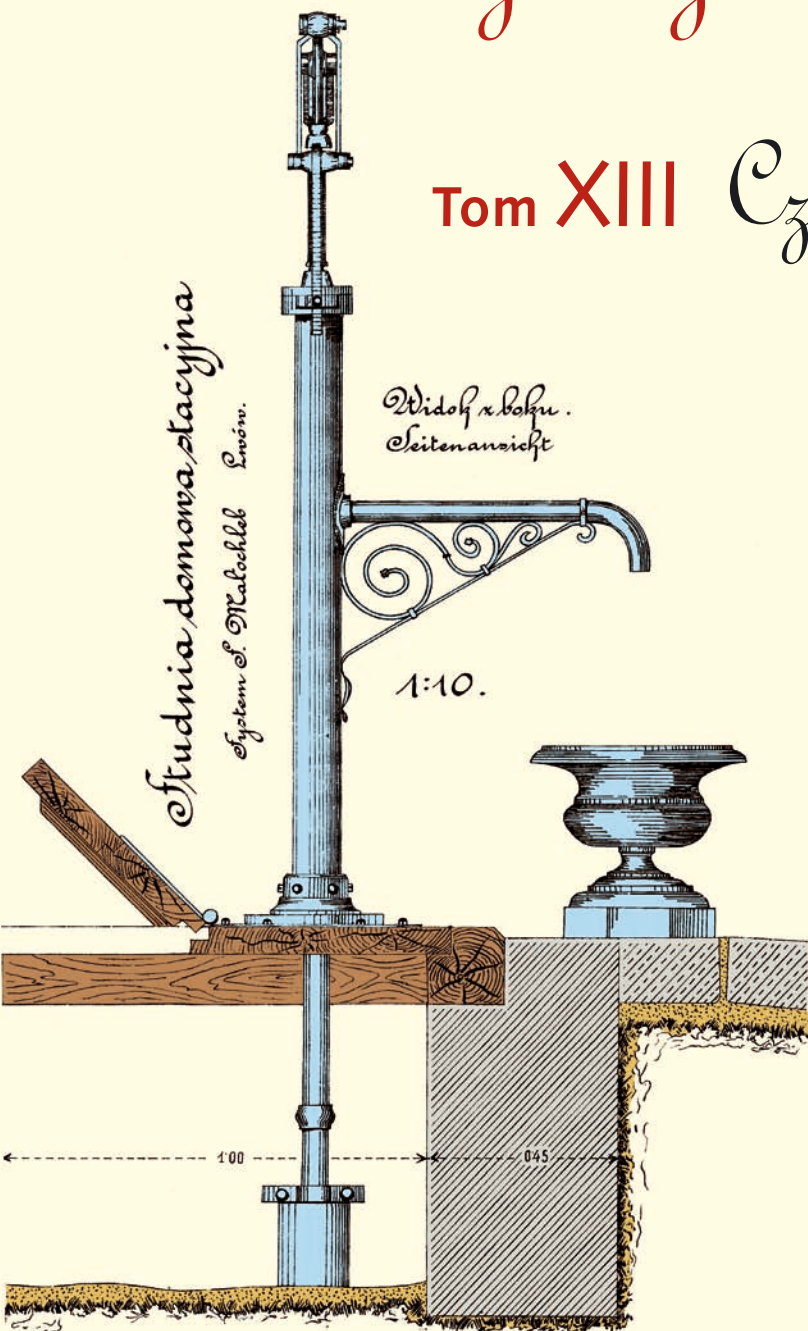


Współczesne problemy hydrogeologii

Tom XIII Część 4.



Copyright © Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH, Kraków 2007



Wydanie publikacji zostało sfinansowane przez
Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

Recenzenci:

Jadwiga Szczepańska
Wojciech Ciężkowski
Józef Górski
Andrzej Kowalczyk
Ewa Krogulec
Grzegorz Malina
Jerzy Małecki
Marek Marciniak
Jacek Motyka
Marek Nawalany
Jan Przybyłek
Andrzej Rózkowski
Andrzej Sadurski
Andrzej Szczepański
Stanisław Staśko
Stanisław Witczak
Andrzej Zuber

Redakcja: Andrzej Szczepański, Ewa Kmiecik, Anna Żurek

Projekt okładki i stron tytułowych: Andrzej Tomaszewski

Na okładce: fragment projektu studni miejskiej we Lwowie z 1906 roku
— ze zbiorów prof. **Antoniego S. Kleczkowskiego** (1922–2006)

Korekta: Zespół

Skład komputerowy systemem $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$: pre $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ t, www.pretext.com.pl

Druk: ROMA-POL, www.romapol.pl

ISBN-13 978-83-88927-16-4

Lucyna Rajchel, Marek Duliński, Jacek Rajchel

**Ziemia Muszyńska —
dziedzictwo epok geologicznych**

**Ziemia Muszyńska —
Inheritance of Geological Periods**

Słowa kluczowe Muszyna, sesja terenowa

Key words Muszyna, field session

Abstract This article describes Muszyna field session, which being organized during XIII conference “Contemporary problems of hydrogeology”.

Ale i wy zacni, lecz częstokroć wybredni współobywatele, poznajcie niepoślednią cenę naszych wód. Żyćcie w piersiach Waszych zamiatanie do naszych wybornych źródeł, do naszych wspaniałych, wiecznie zielonych lasów, do naszych uroczych dolin, do naszych rozkosznych łąk. Powściągnajcie wadę narodową, tj. żądzę wałęsania się po świecie i gonienia za wiatrem. Wyrzeknijcie się długiego, kosztownego, a najczęściej wcale niepotrzebnego pobytu za granicą, owej zgubnej skłonności, która nie tylko Was samych wyzuwa z majątku, ale nadto tak bardzo się przyczynia do ubożenia Waszego kraju...

„Uwagi nad zdrojowiskami krajowymi” (Dietl, 1858)

1. Położenie

Muszyna położona jest w Beskidzie Sądeckim, między Krynica a Żegiestowem, w malowniczej i urokliwej dolinie Popradu, na wysokości 450–520 m n.p.m. Muszyna to uzdrowisko podgórskie o klimacie umiarkowanie bodźcowym, a okresowo silnie bodźcowym, typowym dla śródgórskich dolin i kotlin karpackich (Kozłowska-Szczęsna, 2002). Gmina Uzdrowiskowa Muszyna położona jest w południowej części powiatu nowosądeckiego, w przygranicznej strefie polsko-słowackiej. W skład Gminy Uzdrowiskowej Muszyna wchodzi miejscowości: Andrzejówka, Dubne, Jastrzębik, Lełuchów, Milik, Powroźnik, Szczawnik, Wojkowa, Złockie i Żegiestów.

2. Rys historyczny

Pierwsza pisemna wzmianka dotycząca Sądecczyzny znajduje się w dokumentach z 1223–1224 roku (Pietrzak, 1996). W roku 1288 Muszyna została zapisana biskupowi krakowskiemu Pawłowi z Przemkowa. Król Władysław Łokietek przyłączył Ziemię Muszyńską do królewskiej. Za panowania Kazimierza Wielkiego Muszyna przeżywała największy rozwój, otrzymała prawa miejskie na prawie magdeburskim, a na jej ziemiach rozpoczęła się kolonizacja. Posuwała się ona doliną Dunajca, którą przebiegał trakt handlowy na południe Europy. W celu jego zabezpieczenia budowano szereg warownych zamków granicznych — jeden z nich powstał w Muszynie w XIV wieku. Muszyna należała do królewskiej do 5 sierpnia 1391 roku, kiedy to król Władysław Jagiełło oddał biskupowi krakowskiemu Janowi Radlicy zabrane wcześniej dobra. Od tego czasu istniał „klucz muszyński”. Obejmował on dwa miasteczka: Muszynę i Miastko (obecny Tylcz) i trzydzieści pięć wsi (Rucka, 2005; Ślusarczyk, 2002). Dobra ziemskie w ówczesnej Polsce dzieliły się na: królewskie, kościelne, szlacheckie (rycerskie) i dobra miejskie. W przypadku własności ziemskich kościelnych istniał dalszy podział na: posiadłości biskupie, klasztorne i pozostałe dobra. Posiadłości biskupie były zorganizowane w gospodarcze jednostki administracyjne zwane „kluczami” (Ślusarczyk, 2002) — stąd „klucz muszyński”. W stosunku do

Muszyny i okolic stosowano również nazwę „państwo muszyńskie”. Było to związane z zarządzaniem tym terytorium przez biskupów, którzy wydawali zbiory ustaw (było to państwo w państwie). Funkcjonowały także nazwy „starostwo muszyńskie” — od funkcji zarządzającego, oraz „kres muszyński” — od położenia geograficznego na końcu południowo-wschodniej Sądeckizyny, czyli na kresie.

Przez obszar ten przebiegał bardzo ważny nadpopradzki szlak handlowy, prowadzący na południe Europy, którym przez cały rok podróżowały karawany kupieckie. Zimą transportowano towar zamrożonym Popradem, wiosną spławiano go na tratwach do Nowego Sącza, a latem transportowano wozami wzdłuż Popradu. Głównie sprowadzano wino, miedź, żelazo, owoce oraz w okresie postu — śledzie. Składy wina znajdowały się pod dzisiejszym Rynkiem, a było ono przeznaczone na stoły królewskie i biskupie. Z Polski wywożono sól z Wieliczki i ołów (Rucka, 2005). Kolonizację Beskidu Sądeckiego zawdzięczamy biskupom krakowskim, którym zależało na rozwoju gospodarczym terenów będących ich własnością. Przybyszom, którymi byli głównie pasterze, proponowali oni zmianę trybu życia z wędrownego (koczowniczego) na osiadły, oferując korzystne warunki osadnicze. Osadników nazywano Rusnakami, a następnie Łemkami, a teren, który zamieszkiwali, Łemkowszczyzną. Głównie byli oni wyznania prawosławnego, chcąc jednak pozostać w dobrach biskupich musieli po Unii Brzeskiej w 1596 przejść na grekokatolicyzm, gdyż w dobrach kościelnych nie mogli osiedlać się innowiercy (Żydzi w Muszynie pojawili się dopiero po rozbiorach). Klucz muszyński to obszar, który należał do ewenementów w kwestii wyznaniowej. Muszyna była siedzibą starosty będącego zarządcą dóbr z parafią rzymskokatolicką, natomiast wszystkie okoliczne wsie należące do klucza miały parafie obrządku wschodniego.

Z powodu nadgranicznego położenia, często pojawiała się nazwa „państwo muszyńskie”. Istniało ono aż do rozbiorów Polski. W roku 1781 dobra biskupie przeszły na rzecz skarbu austriackiego i przekształcono je w dobra kameralne. Upadek Muszyny rozpoczął się w drugiej połowie XVII wieku. Przyczynił się do tego napad Rakoczego, wojny szwedzkie i długi okres stagnacji po rozbiorach. Pod koniec XVIII wieku Muszyna utraciła prawa miejskie, a jej rozwój rozpoczął się po roku 1876, kiedy uruchomiono linię kolejową z Tarnowa do Budapesztu. Muszyna była wówczas stacją docelową dla licznych kuracjuszy podróżujących do uzdrowisk Krynica i Żegiestów.

Występowanie i wykorzystanie przez ludność źródeł wód kwaśnych w Muszynie datuje się od czasów jej powstania. Jako pierwszy opisywał je kronikarz Jan Długosz w XV wieku. Zainteresowanie wodami muszyńskimi nastąpiło w XVIII wieku, a pisał o nich ks. Gabryjel Rzączyński w dziele „Historia naturalia curiosa Regni Poloniae” z roku 1721, w którym wspomina o źródłach wód kwaśnych w dobrach muszyńskich. Następne informacje tego autora pochodzą z „Auctuarium historiae naturalia curiosae Regni

Poloniae Gedani" z 1745 roku, gdzie informuje: *Oprócz Drużbak są szczawy w Muszynie i Krynicy w dobrach biskupstwa krakowskiego. Służą one pijącym [...]* (Skórczewski, 1906). Kolejne informacje możemy znaleźć w pracach Torosiewicza (1849) i Zejsznera (1836). Pierwsze analizy Olszewskiego z 1878 roku, opublikowane w 1881 roku, pochodzą ze źródła „Grunwald” i ze źródła w Szczawniku (prawdopodobnie ze źródła „Za Cerkwią”). W roku 1911 woda ze źródła „Grunwald”, najbardziej wówczas popularnego, została poddana badaniom w CK Zakładzie Powszechnym do Badań Środków Spożywczych w Krakowie.

W roku 1929 wykonano w Muszynie pierwszy odwiert „Antoni” (rys. 1) o głębokości 110 m, który zmienił oblicze miasta. W roku 1930 Muszyna została włączona do Związku Uzdrowisk Polskich a w 1934 odzyskała prawa miejskie i uruchomione zostały ponownie łaźienki mineralne. Natychmiast pojawili się liczni kuracjusze.



Rysunek 1. Odwiert „Antoni” i pijalnia wód mineralnych w Muszynie (fot. L. Rajchel)

Figure 1. „Antoni” well and mineral water pump-room in Muszyna (photo L. Rajchel)

Kluczowe znaczenie dla rozwoju Muszyny miało wykonanie analizy chemicznej wody z odwiertu „Antoni” opublikowane przez Orłowskiego (1936). Wodę tę zaliczono wtedy do najsilniejszych polskich szczaw wapniowo-magnezowych. W 1936 odwiercono drugi otwór o głębokości 146 m, nazwany „Wanda”, w którym uzyskano podobny typ wody mineralnej. Powiększyło to możliwości lecznictwa balneologicznego w Muszynie. Inwestorem pozostał wyłącznie magistrat miejski, gdyż władze bały się konkurencji dla Żegiestowa i Krynicy. Uzdrowisko miało monopol na prowadzenie usług balneologicznych. Odwierty i łaźienki były własnością miejską, administrowaną przez Zarząd Miejski. W latach 1935–1938 inż. J. Krówczyński, prywatny inwestor, wykonał dwa dalsze odwierty — „Piotr” o głębokości 115 m i „Mi-

lusia" o głębokości 171 m — oraz wybudował łazienki wraz z pijalnią. Było to drugie centrum balneologiczne w Muszynie. W 1939 roku dla kuracjuszy, których było około 10 000, były przeznaczone dwa hotele, 29 pensjonatów, 30 willi oraz wiele kwater prywatnych.

Wybuch II wojny światowej na wiele lat zniszczył całkowicie świetność uzdrowiska. Dopiero w latach 1956–1957 Miejska Rada Narodowa podjęła decyzję o reaktywacji uzdrowiska. Wykonano rekonstrukcję odwiertów „Antoni” i „Wanda”, z którego Spółdzielnia Pracy uruchomiła rozlewnię wody „Milusia”, a Miejska Rada przejęła odwierty „Piotr” i „Milusia” oraz łazienki mineralne.

W 1975 powstała Spółdzielnia „Postęp”, która zaczęła rozlewać wodę pod handlową nazwą „Muszynianka”.

Od 1963 roku nastąpiło intensywne poszukiwanie wód mineralnych w rejonie Złockiego i Szczawnika. Do 1974 odwiercono 10 odwiertów o głębokości od 70 do 400 metrów. Prowadzono również wiercenia w rejonie Powroźnika, gdzie odwiercono i udokumentowano zasoby w trzech odwiertach (Chrzastowski, Ostrowicka, 1979). Decyzją Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 12 marca 1975 roku utworzono obszar górniczy „Muszyna I”. Obejmował on Muszynę, Złockie, Szczawnik i Jastrzębik. Decyzją z dnia 30 maja 1984 roku utworzono obszar górniczy „Muszyna II” o powierzchni 61,842 km², który dodatkowo obejmował Powroźnik i część Krynicy-Zawodzie (Szarek, Gorczyca, 2004).

Od roku 1989 w związku ze zmianami ustrojowymi i gospodarczymi nastąpiły również zmiany w przemyśle rozlewniczym i uzdrowiskowym na terenie Muszyny. W roku 1992 zostały zamknięte łazienki nr 2 i wyłączone z eksploatacji odwierty „Milusia” i „Piotr”. Odwierty „Złockie-2” i „Złockie-3” (rys. 2) eksploatowane są sezonowo, a inwestorzy prywatni zaczynają inwestować w przemysł rozlewniczy (Szarek, Gorczyca, 2004).

Minister Środowiska w latach 90. wydał 13 koncesji na poszukiwanie i rozpoznanie wód leczniczych na terenie gminy Muszyna, w tym 8 koncesji na obszarze górniczym Muszyna II, gdzie wykonano 26 nowych odwiertów. Część nieczynnych odwiertów została zagospodarowana. Na niektórych prowadzone są prace rekonstrukcyjne a odwierty „Wanda” i „P-II” zostały zlikwidowane.

W roku 1992 Miasto i Gmina Uzdrowiskowa Muszyna otrzymały na okres 20 lat koncesję na eksploatację wód leczniczych do celów balneologicznych oraz rozlewnictwa. Minister Środowiska w roku 2001 przeniósł koncesję na rzecz Spółki z o.o. „Uzdrowisko Muszyna”.

Wody lecznicze eksploatowane z obszaru górniczego „Muszyna II” aż w 90% są wykorzystywane w przemyśle rozlewniczym. Nieznaczna ilość tych wód jest wykorzystywana również w balneologii — do kuracji kąpielowej i krenoterapii.



Rysunek 2. Odwiert „Złockie-3” (fot. L. Rajchel)
 Figure 2. „Złockie-3” well (photo L. Rajchel)

3. Wody mineralne ziemi muszyńskiej

Wody mineralne udokumentowane na obszarze Muszyny związane są z prowincją karpacką subregionu popradzkiego (Paczyński, Płochniewski, 1996). Według Węclawika (1967) obszar ten należy do centralnej strefy hydrochemicznej i przebiega przez miejscowości usytuowane w dolinie Popradu i dolinach jej prawobrzeżnych dopływów. Ciągnie się ona od Piwnicznej, Głębokiego, Łomnicy, Wierchomli, Zubrzyka, Zegiestowa, Milika, Andrzejówki, Złockiego, Szczawnika, Jastrzębika, Muszyny, Leluchowa, Powroźnika, Krynicy po Tylicz.

Obszar ten szczyti się również mianem „Popradzkie Zagłębie Balneologiczne” (Ostrowicka, 1966). Należy dodać, iż jest to obecnie największe i najpopularniejsze w Polsce „Zagłębie Rozlewnicze Wód Mineralnych”, gdzie butelkowane są najbardziej wartościowe wody, znane i doceniane nie tylko na obszarze całej Polski, ale również za jej granicami.

Wody typu szczaw i wody kwasowęglowe na terenie Muszyny udostępniają źródła: „Ganiczne”, „Grunwald”, „Na Wapiennym” oraz odwierty: „Anna”, „P-1”, „P-2”, „P-3”, „Stanisław”, „Józef”, „Piotr”, „Milusia”, „Antoni”, „Łukasz”, „W-1”, „W-3”, „IN-1”, „IN-2” i „IN-3”. W Złockiem są to źródła: „Bulgotka”, „Na Mokradłach”, „Oddech Diabła” (rys. 4a), „Zatopione” (rys. 4b), „U Jawora” oraz odwierty: „Złockie-1”, „Złockie-2”, „Złockie-3”, „Złockie-6”, „Złockie-7”, „Złockie-8”, „Złockie-9”, „Złockie SL-2” i „Złockie SL-3” a w Jastrzębiku źródła: „Jastrzębia” (rys. 5a), „Pod Cerkwią” (rys. 5b), „Pod Gruszą”, „Iwona” i odwiert „G-8”. W Szczawniku tylko jedno źródło

udostępnia te wody — źródło „Za Cerkwią”. Ich charakterystyka została zestawiona w tabeli 1, a lokalizacja przedstawiona na rysunku 3.

Tabela 1. Głębokość odwiertów, mineralizacja, zawartość CO₂ oraz typ hydrochemiczny szcawa i wód kwasowęglowych rejonu Muszyny

Table 1. Depth of wells, mineralization, CO₂ contents and hydrochemical type of carbonated waters and waters containing carbon dioxide in the Muszyna region

Lokalizacja	Głębokość [m]	M [g/dm ³]	CO ₂ [mg/dm ³]	Typ hydrochemiczny wód
Muszyna				
Źródło „Graniczne”	—	1,3	2632	HCO ₃ –Ca
Odwiert „Piotr”	115	2,7	2134	HCO ₃ –Ca–Mg
Odwiert „Milusia”	171,4	2,9	2800	HCO ₃ –Mg–Ca–Na
Odwiert „Antoni”	120	8,0	3080	HCO ₃ –Mg, B
Odwiert „Anna”	12,0	1,7	3172	HCO ₃ –Ca–Mg, Fe
Źródło „Grunwald”	—	3,3	2185	HCO ₃ –Ca–Mg
Odwiert „Łukasz”	51,2	0,7	260	HCO ₃ –Ca–Mg
Odwiert „P-3”	120	6,0	3300	HCO ₃ –Mg–Ca, B
Odwiert „P-2”	100	1,5	1170	HCO ₃ –Mg–Ca
Odwiert „P-1”	18,3	0,5	569	HCO ₃ –Ca–Mg
Odwiert „Stanisław”	150	2,2	2881	HCO ₃ –Ca, Fe
Odwiert „Józef”	160	1,3	1423	HCO ₃ –Ca–Mg
Odwiert „W-1”	142	1,7	2390	HCO ₃ –Ca–Mg
Odwiert „W-3”	153	2,3	795	HCO ₃ –Mg–Ca
Odwiert „IN-2”	103	5,9	2134	HCO ₃ –Mg–Ca–Na, Fe
Odwiert „IN-1”	150	5,2	1968	HCO ₃ –Mg–Na
Odwiert „IN-3”	145	3,5	2134	HCO ₃ –Mg–Ca
Szczaawnik				
Źródło „Za Cerkwią”	—	2,9	2336	HCO ₃ –Na–Ca
Jastrzębik				
Źródło „Pod Cerkwią”	—	1,3	2203	HCO ₃ –Ca, Fe
Źródło „Jastrzębia”	—	1,0	2450	HCO ₃ –Ca
Źródło „Iwona”	—	2,2	2820	HCO ₃ –Ca
Źródło „Pod Gruszą”	—	2,0	2292	HCO ₃ –Ca, Fe
Odwiert „G-8”	150	1,7	2500	HCO ₃ –Ca, Fe
Złockie				
Źródło „Zatopione”	—	1,9	2343	HCO ₃ –Ca, Fe
Źródło „Bulgota”	—	1,2	2287	HCO ₃ –Ca, Fe
Źródło „U Jawora”	—	1,4	1522	HCO ₃ –Ca
Źródło „Na Mokradłach”	—	1,2	1849	HCO ₃ –Ca–Mg
Źródło „Oddech Diabła”	—	1,3	1713	HCO ₃ –Ca, Fe
Odwiert „Złockie-1”	164	7,6	2436	HCO ₃ –Mg–Na–Ca, Fe
Odwiert „Złockie-2”	150	3,7	3330	HCO ₃ –Ca–Mg–Na
Odwiert „Złockie-7”	202	0,8	967	HCO ₃ –Ca–Mg
Odwiert „Złockie-8”	203,6	1,1	2172	HCO ₃ –Ca–Mg
Odwiert „Złockie-9”	400,2	25,0	2387	HCO ₃ –Na–Mg, Fe, B, Br
Odwiert „SL-2”	200	2,6	2520	HCO ₃ –Ca, Fe
Odwiert „SL-3”	200	1,2	1600	HCO ₃ –Ca–Mg–Na



Rysunek 3. Lokalizacja źródeł i odwiertów z wodą mineralną typu szczaw w rejonie Muszyna
Figure 3. Localization of mineral water springs and wells in the Muszyna region



Rysunek 4. Źródła w Złockiem: a) „Oddech Diabła”; b) „Zatopione” (fot. L. Rajchel)
Figure 4. Springs in Złockie: a) „Oddech Diabła”; b) „Zatopione” (photo L. Rajchel)



Rysunek 5. Źródła w Jastrzębiku: a) „Jastrzębia”; b) „Pod Cerkwią” (fot. L. Rajchel)
Figure 5. Springs in Jastrzębik: a) „Jastrzębia”; d) „Pod Cerkwią” (photo L. Rajchel)

Szczawy i wody kwasowęglowe uznane za lecznicze wyprowadzają źródła oraz liczne odwierty (tab. 1) o głębokości od 12 m (odwiert „Anna”) do 400,2 m (odwiert „Złockie-9”), ale głównie mają one powyżej 100 m. Mineralizacja waha się w granicach od 0,5 g/dm³ (odwiert „P-1”) do 25 g/dm³ (odwiert „Złockie-9”).

Prawie wszystkie wody są mineralne, z wyjątkiem trzech, które należy zaliczyć do akratopeg. Zawierają one wolny CO₂ w ilości od 260 mg/dm³ (odwiert „Łukasz”) do 3330 mg/dm³ (odwiert „Złockie-2”). Są to szczawy, a do kwasowęglowych należy zaliczyć jedynie cztery analizowane wody z odwiertów „Łukasz”, „P-1”, „W-3” i „Złockie-7”. Typ hydrochemiczny wód jest HCO₃-Ca, HCO₃-Ca-Mg, HCO₃-Mg-Ca, sporadycznie HCO₃-Ca-Mg-Na lub HCO₃-Mg-Na. Składnikiem swoistym, który występuje we wszystkich analizowanych wodach jest CO₂. W niektórych występuje Fe, sporadycznie HBO₂, a Br na tym obszarze stwierdzono jedynie w wodzie udostępnionej otworem „Złockie-9”, którego chemizm jest podobny do słynnych krynickich „Zuberów”.

Obecnie wody mineralne typu szczaw i wody kwasowęglowe, wydobywane na obszarze górniczym „Muszyna II”, rozlewane są w siedmiu rozlewniach.

Są to rozlewnie:

- Spółdzielni Pracy „Muszynianka”,
- Wód Mineralnych Cechinianka, należąca do Przedsiębiorstwa Robót Budowlanych i Transportowych,
- Wód Mineralnych „Sopel”,
- Wód Mineralnych „Polskie Źdroje”,
- Wód Mineralnych „Galicjanka”,
- Wód Mineralnych Mineral Complex,
- Wód Mineralnych INEX.

Wody mineralne są również udostępnione do picia w pijalniach:

- Milusia,
- Cechini,
- Antoni,

a także w ogólnodostępnych punktach czerpalnych (dla mieszkańców, kuracjuszy oraz turystów) z:

- odwiertu „Anna”,
- źródła „Grunwald”,
- odwiertu „Złockie-8” w Sanatoriach: GeoVita, Activa i Wiarus,
- odwiertu „Józef”,
- odwiertu „Złockie-2” i „Złockie-3” w Sanatorium Gwiazda Gór (dawny Metalowiec).

4. Główne typy wód podziemnych i ich skład izotopowy

Występujące na rozważanym obszarze wody podziemne reprezentowane są głównie przez różnowiekowe wody infiltracyjne oraz, w kilku przypadkach, przez wody pochodzenia dehydratacyjnego, uwalniane w procesie diagenety utworów fliszowych i ascendujące ku powierzchni (Oszczypko, Zuber, 2002). Składy izotopowe wód występujących w pasie od Głębokiego po Tylicz przedstawiono na rysunku 6. Wody pochodzenia infiltracyjnego tworzą Lokalną Linię Wód Meteorycznych (LMWL) o równaniu:

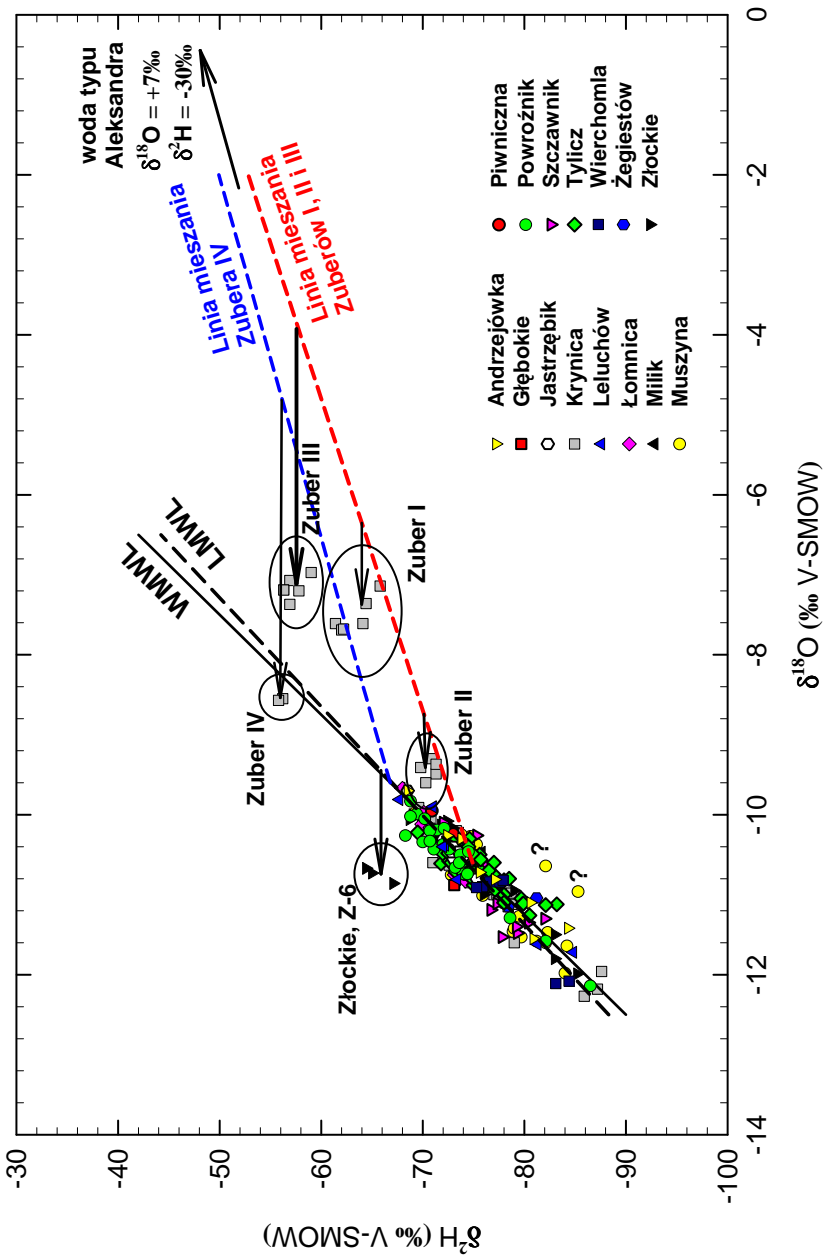
$$\delta^2\text{H} = (7,35 \pm 0,18)\delta^{18}\text{O} + (3,60 \pm 1,91) \quad (1)$$

przy czym wartość współczynnika korelacji wynosi 0,929. Równanie (1) różni się znacznie od wzoru podanego przez Ciężkowskiego i in. (1996) dla karpackiej linii wód meteorycznych:

$$\delta^2\text{H} = 5,86\delta^{18}\text{O} - 11,26 \quad (2)$$

Należy jednak pamiętać, że równanie (2) zostało określone dla znacznie szerszego obszaru Karpat.

Wody o najniższych składach izotopowych, posiadające wartości $\delta^{18}\text{O}$ w przedziale pomiędzy -11 a -12‰ , w większości uważane są za wody zasilane w okresie chłodniejszego klimatu (tzw. wody glacialne), prawdopodobnie pod koniec ostatniego zlodowacenia. Są one praktycznie pozbawione trytu. Kolejną grupą są wody wykazujące znaczny udział wód glacialnych. Ich wartości $\delta^{18}\text{O}$, w zależności od proporcji mieszania, wahają się w przedziale od około $-10,6$ do prawie $-11,4\text{‰}$. W zależności od wieku składowej infiltracyjnej są one albo pozbawione trytu, albo zawierają go w małych ilościach. Trzecią grupę stanowią wody w całości pochodzące z infiltracji holocenijskiej. Skład izotopowy tlenu waha się w nich w szerokich granicach: od $-9,6$ do nawet $-11,5\text{‰}$ przy szerokim spektrum wartości stężeń trytu. Jak widać, składy izotopowe poszczególnych grup wód częściowo się pokrywają, uniemożliwiając wyznaczenie między nimi ostrych granic. Powodem tego jest występowanie na rozważanym obszarze tzw. efektu wysokościowego, polegającego na tym, że w miarę wzrostu wysokości n.p.m. obszaru zasilania, skład izotopowy wód infiltracyjnych staje się coraz niższy (bardziej ujemny). Z jednej strony, w wielu przypadkach umożliwia to szacowanie wysokości obszaru zasilania, a tym samym wskazywanie konkretnych rejonów infiltracji wód, z drugiej zaś strony powoduje, że do rozpoznania rodzaju wód niezbędna staje się wiedza o zawartości trytu, oraz przynajmniej przybliżona znajomość spodziewanych kierunków przepływu wód w systemach skalnych na tle topografii terenu. Właśnie wody o najniższych składach izotopowych (por. rys. 6) zaliczono do wód glacialnych z uwagi na brak trytu oraz odpowiednio wysokich wzniesień, które mogłyby wygenerować tak znaczący efekt wysokościowy.



Rysunek 6. Typowe składy izotopowe wód podziemnych w rejonie od Głębokiego po Tylicz
 Figure 6. Typical stable isotope composition of groundwaters at the Głębokie-Tylicz area

Osobną grupę wód stanowią wody typu „Zuber”. Ujęte są czterema odwiertami usytuowanymi w obrębie Góry Parkowej w Krynicy. Istotną rolę w formowaniu ich składu chemicznego i izotopowego odgrywa składowa dehydratacyjna (nie pojawiająca się na powierzchni w omawianym rejonie w czystej postaci), która jak wykazał Zuber (1987) powinna charakteryzować się składem izotopowym zbliżonym do składu wody z odwiertu „Aleksandra” w Wysowej. Drugim składnikiem tych wód są stare wody pochodzenia infiltracyjnego, przy czym w odwiercie „Zuber IV” składowa ta jest prawdopodobnie wieku przedczwartorzędowego. Proste mieszania dwuskładnikowe dla tych odwiertów przedstawiono na rysunku 6 liniami koloru czerwonego i niebieskiego. Jednak jak wynika z rysunku, punkty pomiarowe nie leżą na liniach mieszania, lecz są przesunięte od nich na lewo, co zaznaczono strzałkami. Bezpośrednim powodem obserwowanego przesunięcia jest wymiana izotopowa tlenu zachodząca pomiędzy stosunkowo niewielką ilością wody w skałach, a dużymi ilościami gazowego CO₂. W ciągu ostatnich sześciu lat wykonano 3 oznaczenia składu izotopowego wody z odwiertu „Z-6” w Złockiem. Wykazuje ona charakterystyczne cechy wód typu „Zuber” wraz z przesunięciem izotopowym składu izotopowego tlenu. Co więcej, skład izotopowy wodoru sugeruje, że składowa infiltracyjna jest tego samego typu jak w odwiercie „Zuber IV” w Krynicy.

5. Pochodzenie gazowego dwutlenku węgla w świetle rezultatów oznaczeń składu izotopowego węgla

Występujący na obszarze Karpat endogeniczny dwutlenek węgla jest jednym z najważniejszych czynników determinujących mineralizację wód podziemnych. Jego pochodzenie od dziesięcioleci było przedmiotem zainteresowania badaczy. Świdziński (1965) genezę CO₂ w Karpatach wiązał z młodym wulkanizmem trzeciorzędowym, nie wykluczając jednak jego produkcji w procesie metamorfizmu. Lis i Hałas (1980) w oparciu o badania składu izotopowego CO₂ wysunęli hipotezę, że dwutlenek węgla w rejonie Krynicy pochodzi z termicznego rozkładu morskich utworów węglanowych. Natomiast Leśniak i Węclawik (1985), rozpatrując argumenty geologiczne i fizykochemiczne doszli do wniosku, że badane przez nich wody są otwarte na CO₂, nie wypowiadając się jednak na temat jego genezy. W tym samym roku Leśniak (1985), przeprowadzając obliczenia równowag chemicznych i izotopowych, dowodził również otwartości wód na CO₂.

Oprócz hipotez związanych z pochodzeniem magmatycznym i metamorficznym dopuszczano także możliwość mieszania się CO₂ z obydwu źródeł w różnych rejonach Karpat. Leśniak i in. (1997), analizując skład izotopowy helu (³He/⁴He) łącznie ze składem izotopowym węgla niektórych wód karpackich stwierdzili, że jednoznaczna interpretacja dotycząca proporcji mieszania dwutlenku węgla pochodzącego z płaszczka Ziemi i skorupy ziemskiej

jest bardzo trudna. W późniejszej pracy Leśniak (1998), dokonując obliczeń możliwych zmian składu izotopowego fazy gazowej w wyniku procesów mieszania i odgazowania z wody, doszedł do wniosku, że dwutlenek węgla w Karpatach pochodzi w przeważającej części z termalnego rozkładu skał węglanowych w obecności minerałów krzemianowych w skorupie ziemskiej.

Skład izotopowy węgla ($\delta^{13}\text{C}$) w dwutlenku pochodzenia magmowego zawiera się w dość szerokich granicach: od -26‰ do ok. -3‰ względem V-PDB (Hoefs, 1987). Zwykle w mofetach na obszarach wulkanicznych obserwuje się wartości z przedziału od -8‰ do -3‰ . Próby CO_2 pobierane wprost z nad gorącej lawy charakteryzują się wartościami $\delta^{13}\text{C}$ pomiędzy -26‰ a -15‰ . Najczęściej przyjmuje się, że skład izotopowy CO_2 pochodzącego z odgazowania magmy w płaszczu Ziemi zawiera się w przedziale od -8‰ do -5‰ . Obserwowane zróżnicowanie składu izotopowego węgla spowodowane jest, jak się uważa, głównie temperaturą procesu odgazowania, ilością usuniętej fazy lotnej i przebiegiem samego procesu odgazowania (Taylor, 1986).

Drugim ważnym źródłem CO_2 jest metamorfizm skał osadowych w obrębie skorupy ziemskiej. Proces rozkładu węglanów zachodzi efektywnie w obecności skał krzemianowych (Valley, 1986). Węglany ulegające rozkładowi są zwykle pochodzenia morskiego i ich skład izotopowy węgla wynosi najczęściej $\delta^{13}\text{C} \sim 0\text{‰}$ względem V-PDB. Produkowany z nich CO_2 w warunkach równowagi izotopowej powinien wykazywać $\delta^{13}\text{C}$ na poziomie od $+0,3\text{‰}$ ($t = 200^\circ\text{C}$) do około $+2,6\text{‰}$ ($t = 400^\circ\text{C}$). W zakresie temperatur pomiędzy 400 a 700°C jego skład pozostaje na stałym poziomie — pomiędzy $+2,6$ i $+2,7\text{‰}$. Jeśli wartości składu izotopowego węgla w węglanach różnią się od 0‰ (w praktyce może to być przedział od -2‰ do $+2\text{‰}$), to wszystkie wspomniane wyżej składy CO_2 należy skorygować w przybliżeniu o wartość wynikającą z tej różnicy. Produkowany w wyniku rozkładu węglanów CO_2 , unosząc ze sobą preferencyjnie cięższy izotop (^{13}C), powoduje obniżanie jego zawartości w układzie, co prowadzi do tego, że w lokalnych układach ograniczonych przestrzennie, w miarę rozwoju reakcji w czasie, kolejne partie produkowanego CO_2 charakteryzują się coraz niższymi wartościami $\delta^{13}\text{C}$. W skrajnych przypadkach wartości te mogą pokrywać się z wartościami typowymi dla CO_2 pochodzenia magmowego co uniemożliwia określenie jego pochodzenia w oparciu tylko o dane odnośnie składu izotopowego węgla.

Na rysunku 7 zestawiono dostępne rezultaty analiz składu izotopowego gazowego CO_2 oraz całkowitego nieorganicznego węgla rozpuszczonego w wodach (TDIC) na obszarze centralnej strefy hydrochemicznej od Głębokiego po Tylicz. Z uwagi na pewne problemy związane z techniką opróbowania oraz przeliczania danych pomiarowych nie zamieszczono na nim danych opublikowanych przez Lisa i Hałasa (1980). W tym miejscu należy zaznaczyć, że znaczący postęp w geochemii izotopowej układów węglanowych nastąpił dopiero od połowy lat 80. ubiegłego wieku.

Jak wynika z rysunku 7, zarówno skład izotopowy węgla w gazowym CO₂, jak i w TDIC, charakteryzuje się dużym rozrzutem mierzonych wielkości. Najwyższe wartości $\delta^{13}\text{C}$ w gazowym dwutlenku węgla obserwuje się we wszystkich czterech odwiertach „Zuber”, w źródle „Lisa” w Tyliczu (najwyższa jak dotychczas zmierzona wartość $-1,05\%$) (Duliński i in., 2005) w silnej ekshalacji w Jastrzębiku oraz na obszarze Złockiego. Wymienione lokalizacje charakteryzują się bardzo dużymi („Zubery”) i znacznymi wydatkami gazu. Pozostałe analizy składu izotopowego CO₂ dotyczą głównie źródeł i ekshalacji w korytach potoków, przy czym wydatki CO₂ są bardzo małe lub wręcz znikome. Wszystkie te ujęcia charakteryzują się wartościami $\delta^{13}\text{C}$ poniżej -2% , a w skrajnych przypadkach: „Słotwinki” i źródła „Za Cerkwią” w Szczawniku, skład izotopowy gazu zbliża się do wartości bliskich -6% . Do chwili obecnej, na gruncie znanych teorii nie udało się wytłumaczyć obserwowanego zróżnicowania składu izotopowego CO₂.

Najwyższe wartości $\delta^{13}\text{C}$ silnie sugerują, że dwutlenek węgla w tej części Karpat pochodzi głównie z rozkładu morskich węglanów w obrębie skorupy ziemskiej. Leśniak i in. (1997), wykorzystując izotopy helu pokazali, że w strumieniu gazowego CO₂ na obszarze od Rymanowa po Rabkę obecna jest składowa pochodząca z płaszcza Ziemi. Jednak jej niewielki udział, rzędu kilku procent, może tłumaczyć zmienność $\delta^{13}\text{C}$ tylko w niewielkich granicach, pomiędzy -1 a -2% . Równowagowe z roztworami wodnymi ciśnienia cząstkowe CO₂ dowodzą również, że obserwowane niskie stężenia ^{13}C w niektórych ujęciach nie mogą być spowodowane udziałem dwutlenku węgla pochodzenia biogenicznego.

Skład izotopowy rozpuszczonego w wodach węgla TDIC zmienia się również w szerokich granicach: od $-5,9\%$ (ujęcia „Kinga-1” i „Kinga-2” w Głębokiem) do ok. $+3,4\%$ (odwiert nr 10 w Krynicy). Na rysunku 7 odwierty „Zuber” tworzą odrębną grupę punktów o mierzonych wartościach $\delta^{13}\text{C}$ pomiędzy $+4,5$ a $5,4\%$. Te najwyższe wartości $\delta^{13}\text{C}_{\text{TDIC}}$ odzwierciedlają wysoki stopień odgazowania wód, wynikający z bardzo dużych ciśnień CO₂. Po odgazowaniu, w skład TDIC wchodzi praktycznie tylko jony wodorowęglanowe, których skład izotopowy jest znacząco wyższy od składu gazowego CO₂.

Wytłumaczenie pozostałych wyników uzyskanych dla rozpuszczonego węgla nie jest już takie łatwe. Teoretycznie, w układach otwartych względem gazowego CO₂ w warunkach nasycenia względem CaCO₃ wartości $\delta^{13}\text{C}_{\text{TDIC}}$ mogą zawierać się w przedziale od ok. $+5\%$ do ok. $-0,6\%$, odpowiednio dla ciśnień cząstkowych CO₂ 0,1 oraz 5 atm (przy temperaturach wód obserwowanych na ich wypływach). W abstrakcyjnym roztworze o bardzo niskim pH, zawierającym węgiel tylko w formie rozpuszczonego CO₂, wartość $\delta^{13}\text{C}_{\text{TDIC}}$ powinna wynosić ok. $-2,1\%$. Jak wynika z rysunku 7, wiele uzyskanych wyników eksperymentalnych wskazuje na wartości znacząco niższe. Zgodnie z teorią, mogą one być rezultatem formowania roztworów węglanowych przy bardzo wysokich ciśnieniach CO₂. Jednak przykład odwier-

tów „Zuber” wskazuje, że wskutek odgazowania dwutlenku węgla wartości $\delta^{13}\text{C}_{\text{TDIC}}$ powinny w takim przypadku wzrastać. W chwili obecnej wydaje się, że bardzo niskie wartości $\delta^{13}\text{C}_{\text{TDIC}}$ są rezultatem niskiego składu izotopowego gazowego CO_2 , zmodyfikowanego bliżej nieznanymi przyczynami.

6. Środowisko przyrodnicze okolic Muszyny

Obszar miasta i gminy Muszyna usytuowany jest u zbiegu trzech mezoregionów karpackich: Beskidu Sądeckiego, Gór Czerchowskich i Magury Kurczyńskiej, rozdzielonych dolinami rzek Popradu i Muszynki, których wody łączą się w Muszynie. Rzeźba obszaru jest młoda i erozyjna, ściśle uwarunkowana budową geologiczną. Obszar ten położony na wysokości 406–1114 m n.p.m., ma charakter typowo górski. Około 67% powierzchni tworzą góry średnie i niskie (obszary źródłiskowe i strefy alimentacji), 19% zajmują pogórze a 14% — doliny rzeczne: Popradu, Muszynki, Kryniczanki, Szczawnika, Złockiego Potoku, Jastrzębika, Milika, Żegiestowskiego Potoku, Smereczka, Zimnego, Wojkowskiego Potoku, oraz potoków: Młynne, Słupne i Pusta.

Doliny Popradu, Kryniczanki i Muszynki są płaskodenne, wąskie i głębokie. Największa jest dolina Popradu, mająca charakter przełomu. Jest on unikatowy w skali polskich Karpat, tworząc liczne meandry, wciśnięte w strome zbocza. Szerokość doliny waha się od 150 do 500 m, a głębokość od 200 do 250 m. Średnioroczne przepływy na Popradzie mierzone w Miliku wynoszą około $20 \text{ m}^3/\text{s}$. Przepływy powodziowe bywają 50 do 100-krotnie wyższe od średnich rocznych, czyniąc spustoszenie (Szewczyk, Śliwińska, 2000).

Obszary położone do wysokości około 700 m n.p.m. leżą w piętrze umiarkowanie ciepłym (średnie temperatury w roku wynoszą od $+6$ do $+8^\circ\text{C}$). Stoki i grzbiety w przedziale wysokości od 700 do około 1100 m n.p.m. są położone w piętrze umiarkowanie chłodnym (średnie temperatury w roku wynoszą od $+4$ do $+6^\circ\text{C}$), a szczytowe partie Jaworzyny Krynickiej i Runku należą do piętra chłodnego (średnie temperatury w roku wynoszą od $+2$ do $+4^\circ\text{C}$). Suma rocznych opadów kształtuje się od około 750 mm w dolinie Popradu do 1100 mm w najwyższych partiach (Szewczyk, Śliwińska, 2000).

Z uwagi na dużą rozpiętość pionową obszaru, wynoszącą 700 m, środowisko przyrodnicze jest zróżnicowane. Pod względem warunków klimatycznych, florystycznych, wodnych i glebowych tworzy piętrową strukturę przyrodniczą (Szewczyk, Śliwińska, 2000).

Dodatkowym atutem ziemi muszyńskiej jest jej usytuowanie na obszarze Popradzkiego Parku Krajobrazowego (PPK). Został on utworzony w 1987 roku w celu ochrony walorów przyrodniczych, historycznych i kulturowych Beskidu Sądeckiego. Obejmuje dwa najważniejsze pasma górskie: Radziejowej i Jaworzyny Krynickiej, rozdzielone przez Poprad, główną rzekę i sym-

bol Parku, który zawdzięcza jej swoją nazwę. Obszar ten posiada wyjątkową georóżnorodność, która jest dziedzictwem minionych epok geologicznych i różnorodnych czynników naturalnych. Wartość szczególną mają występujące na obszarze parku cenne wody mineralne, będące największym, niekwestionowanym, naturalnym bogactwem Ziemi Sądeckiej.

Powierzchnia Parku wynosi 54 tys. ha, a otuliny — 25 tys. ha. Około 70% powierzchni Parku stanowią lasy, które są pozostałością Puszczy Karpackiej. Najcenniejsze drzewostany chronione są przez sieć rezerwatów przyrody, a ich historia sięga początków XIX wieku. Pierwszy prywatny rezerwat założył leśnik i wielki miłośnik przyrody Adam hrabia Stadnicki: (...) *Otóż ustanowiłem rezerwaty w Barnowcu w 1905 roku, w Łabowcu i Uhrynie około 1925 r. a w Baniskach zaraz po kupnie Rytra w 1916. Rezerwaty te ustanowiłem jako wówczas nieograniczony właściciel tych lasów (a nie przewidując, że je kiedyś utracę) — pod wrażeniem ich pierwotnego piękna i uroku jaki na mnie i na profesorze Stanisławie Sokołowskim wywarły. Ale to były z konieczności tylko małe szczątki przepięknej puszczy karpackiej jaką były wówczas lasy Nawojowskie. (...) Postanowiłem sobie jako cel tak w tych lasach gospodarować, aby mimo normalnego, dozwolonego użytkowania — nie zatraciły charakteru pierwotnego (...) gospodarowałem wyjmując wszędzie tylko to co było chore, niekształtne — lub przeszkadzało we wzroście i rozwoju jednostkom lepszym przyszłościowym, lub odnowieniu (...)* (Stadnicki, 1973; *vide* Staszkievicz, 2000).

W lasach tych żyje bogaty świat zwierząt z typowymi gatunkami puszczańskimi. Są to m.in.: ryś, niedźwiedź, żbik, wilk, kuraki leśne, bocian czarny, orzeł przedni i puchacz (Staszkievicz, 2000).

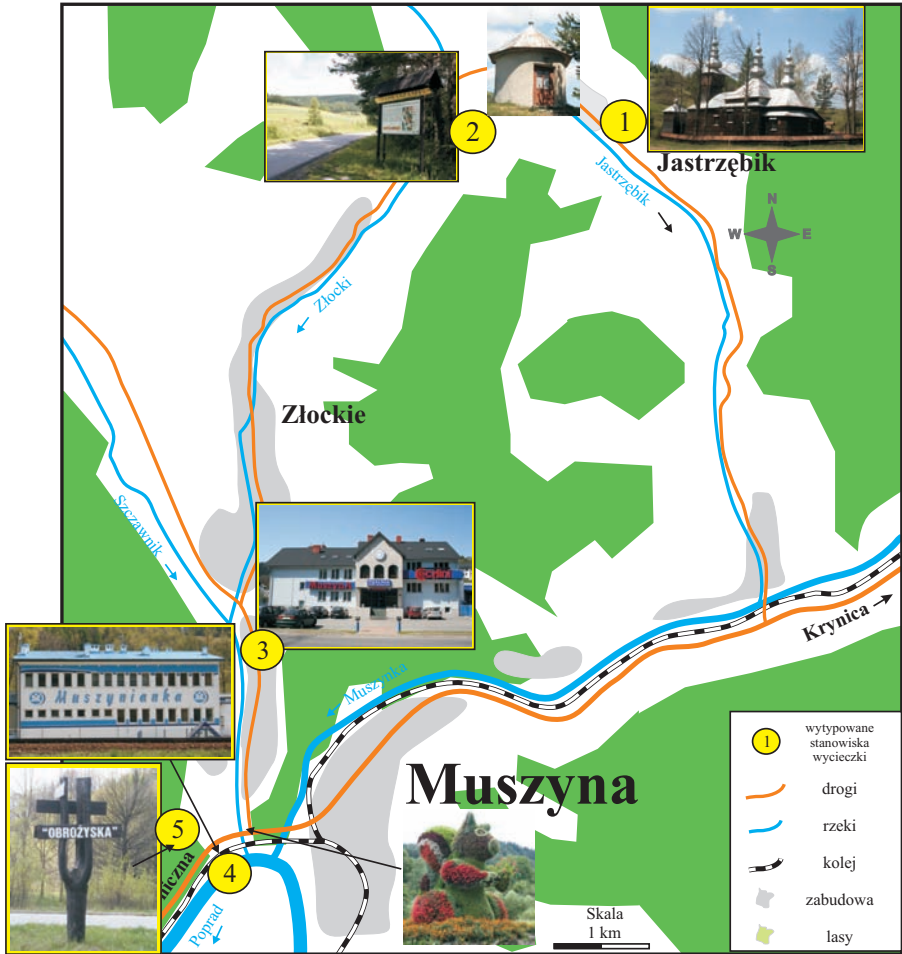
Na obszarze PPK ochroną objęto walory przyrody ożywionej i nieożywionej (Alexandrowicz, 1996; Rajchel, Rajchel, 1999; Alexandrowicz, Poprawa, 2000; Staszkievicz, 2000). Sieć geoochrony składa się głównie z pomników i rezerwatów przyrody oraz stanowisk dokumentacyjnych.

Administracyjnie PPK obejmuje Miasto i część Gminy Krynica, Miasto i Gminę Muszyna, Miasto i Gminę Piwniczna, część Miasta i Gminy Stary Sącz, część gmin: Łabowa, Nawojowa, Łącko, Ochotnica, Krościenko i Rytró oraz część miasta Szczawnica.

Południową granicę Parku i otuliny wyznacza głównie kręta dolina Popradu (granica ze Słowacją), na zachodzie Dunajec a od północnego-wschodu dolina Kamienicy Nawojowskiej.

7. Trasa wycieczki

Wycieczka autokarowa po Muszynie i okolicach prowadzi do pięciu wytypowanych stanowisk. Ich lokalizacja została przedstawiona na rysunku 8. Poszczególne stanowiska zostały omówione w dalszej części tekstu.



Rysunek 8. Lokalizacja punktów wycieczki w rejonie Muszyny
 Figure 8. Localization of excursion stations in the Muszyna region

Stanowisko 1. Grekokatolicka cerkiew w Jastrzębiku

Jastrzębik został lokowany na prawie wołoskim przez biskupa Piotra Myszkowskiego, który w Krakowie dnia 22 grudnia 1577 roku wystawił przywilej lokacyjny. Zezwolił on Piotrowi Tyliszczakowi z Krynicy osadzić na surowym korzeniu wieś nad potokiem (Ślusarczyk, 2002).

Cerkiew p.w. św. Łukasza (rys. 9) zbudowano w 1856 roku, wykorzystując fragmenty dawnej świątyni. Jest ona posadowiona na wzgórzu po wschodniej stronie głównej drogi w górnej części wsi. Została zbudowana w stylu

zachodnio-łemkowskim. Jest to drewniany trójdzielny obiekt z jedną nawą. Każdą część cerkwi pokrywa inny kształt urokliwego dachu z blachy, który zdobią baniaste hełmy ze ślepymi latarniami (Darmochwał, 2001). Dolna część cerkwi jest pokryta gontem a jej wyższe partie oszalowano deskami.



Rysunek 9. Cerkiew św. Łukasza w Jastrzębiku (fot. J. Rajchel)

Figure 9. St. Luke's uniat church in Jastrzębik (photo J. Rajchel)

Obiekt jest zamknięty drewnianym ogrodzeniem z dzwonnica o budowie słupowej z blaszanym namiotowym dachem i kopułą stanowiącą bramę wejściową. Wnętrze świątyni zdobią XVIII-wieczne ikony, siedem ikon Deesis z apostołami z połowy XVII wieku oraz ornamentalna polichromia z 1801 roku i dziewiętnastowieczny ikonostas barokowo-klasycystyczny (Rucka, 1993). Prawosławie przyszło z osadnictwem łemkowskim, a krajobraz ziemi muszyńskiej wzbogaciły urokliwe cerkwie, które pojawiły się prawie w każdej wsi. Większość cerkwi po wysiedleniu Łemków w ramach akcji o kryptonimie „Wisła” przemianowano na kościoły rzymsko-katolickie, pozostawiając jednak ich wystrój. Możemy je podziwiać do dziś m.in. w Żegiestowie, Andrzejówce, Wojkowej, Dubnem, Szczawniku, Jastrzębiku, Złockiem, Miliuku, Leluchowie, Tyliczu i Powroźniku.

Stanowisko 2. Mofeta w Złockiem

Mofeta we wsi Złockie k. Muszyny (rys. 10) została odkryta przez Henryka Świdzińskiego i Ludwika Watychę w 1938 roku. 60 lat później uznano ją, na podstawie Rozporządzenia Wojewody Nowosądeckiego z dnia 7 grudnia

1998 roku, za pomnik przyrody nieożywionej, o nazwie „Mofeta CO₂ imienia Profesora Henryka Świdzińskiego”. Wcześniej proponowano utworzenie tu rezerwatu przyrody nieożywionej, a ostatnio została ona umieszczona na europejskiej liście stanowisk geochrony (European List of Geosites) (Alexandrowicz, 1996, 2006; Alexandrowicz i in., 1998a, b).

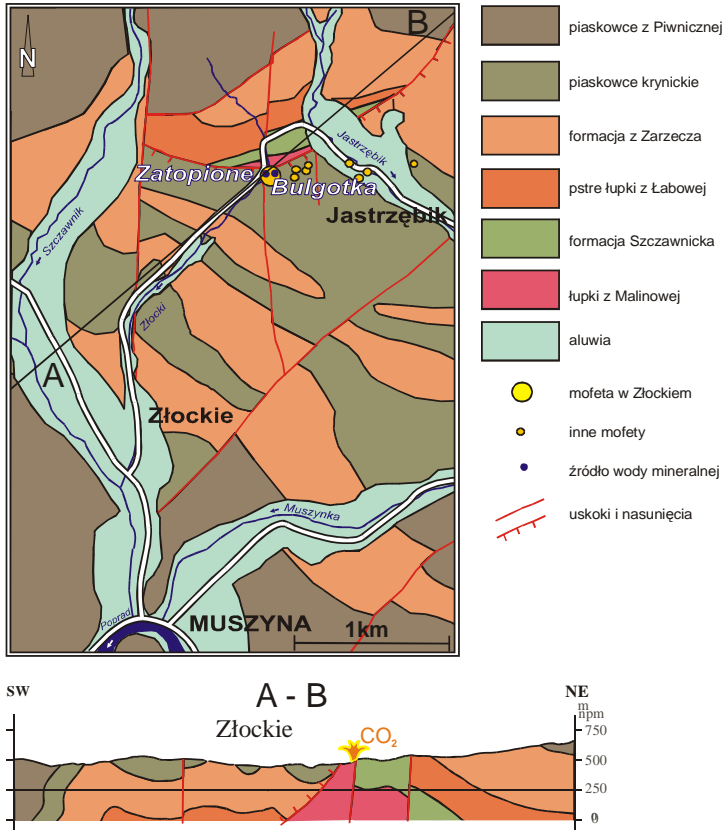
Geologiczne położenie mofety

Mofeta CO₂ im. prof. H. Świdzińskiego znajduje się na obszarze jednostki magurskiej zewnętrznych Karpat fliszowych w obrębie krynickiej strefy tektoniczno-facialnej. W profilu litostratygraficznym tego rejonu wyróżniono utwory od górnej kredy po górny eocen (Chrzastowski i in., 1993, 1995; Birkenmajer, Oszczytko, 1989; Oszczytko, 1992).

W kolejności stratygraficznej zostały wyróżnione w rejonie Złockiego następujące formacje (Chrzastowski i in., 1993, 1995) (rys. 10):

- łupków z Malinowej, wieku turon–niższy senon, wykształcone jako ilaste łupki czerwone i pstre z wkładkami bładozielonych margli krzemionkowych;
- szczawnicka (warstwy inoceramowe) wieku górnego senonu–paleocenu — cienkoławicowe, wapniste piaskowce barwy stalowo-niebieskiej, przedzielane pakietami ilastych i marglistych łupków podobnej barwy;
- łupków z Łabowej, czyli tzw. „pstry eocen” — ilasto-margliste łupki pstre eocenu dolnego, o zabarwieniu czerwonym i seledynowo-niebieskim;
- z Zarzecza (warstwy beloweskie) wieku eocenu dolnego, wykształcona jako drobnorytmiczny flisz — popielate i stalowe piaskowce wapniste i ilasto-margliste łupki popielate i niebieskie; formacja ta zawiera miększe litosomy rozsypliwych, gruboławicowych piaskowców i zlepieńców ogniwa krynickiego;
- magurska (warstwy magurskie) wieku eocenu środkowego i górnego, z ogniwem piaskowca z Piwnicznej w spągu.

W rejonie Złockiego utwory te formują antyklinę Szczawnika–Złockiego–Jastrzębika o równoleżnikowym usytuowaniu. Wzdłuż osi tej struktury przebiega podłużna dyslokacja o charakterze niewielkiego nasunięcia (Chrzastowski i in., 1993, 1995). Trzy poprzeczne i dwa skośne uskoki dzielą tę strukturę na szereg bloków tektonicznych poprzemieszczanych wzajemnie w pionie i w poziomie. Największa liczba mofet grupuje się wzdłuż wspomnianego nasunięcia w miejscu, gdzie rozdziela ono diapirowo wyciśnięte utwory formacji łupków z Malinowej i flisz formacji szczawnickiej północnego skrzydła od piaskowców krynickich formacji z Zarzecza skrzydła południowego (rys. 10).



Rysunek 10. Mapa geologiczna i przekrój geologiczny okolic Złockiego (wg Chrzastowski i in., 1993, 1995; Rajchel i in., 1999, zmodyfikowane)

Figure 10. Geological map and geological cross-section of the Złockie region (according to Chrzastowski et al., 1993, 1995; Rajchel et al., 1999, modified)

Strop podłoża orogenu Karpat w subregionie poprzadzkim znajduje się na głębokości kilkunastu kilometrów, z dwoma centrami obniżenia — w rejonie Szczawnicy do 15 km p.p.m. i w okolicy Krynicy — 13 km p.p.m. (Ryłko, Tomasz, 1998; Oszczypko, Zuber, 2002; Ciężkowski, 2002). Powierzchnia podłoża wykazuje generalny kierunek nachylenia na S i poprzecinana jest systemem głębokich do kilku km rowów tektonicznych, usytuowanych NW-SE i wypełnionych osadami molasowymi dolnego miocenu. Przecięta jest również szeregiem uskoków zrzutowo-przesuwczych o usytuowaniu N-S, z których jeden przebiega w rejonie Muszyny. Dalej na wschód znajduje się znacznie większa transwersalna strefa dyslokacyjna Wysowa-Sędziszów Małopolski o przebiegu NNE-SSW, będąca uskokiem lewoprzesuwczym o amplitudzie dochodzącej w rejonie Wysowej do kilkunastu km, a przemieszczeniu poziomym około 40 km (Ryłko, Tomasz, 1998). Być może ekshalacje CO₂ powią-

zane są również w tym subregionie z obniżeniem powierzchni Moho, oraz z obecnością poprzecznej strefy tektonicznej, krzyżującej się w tym miejscu z równoleżnikowo przebiegającą strefą głębokiego rozłamu, rozdzielającego leżącą po S stronie skorupę typu oceanicznego od leżącej po N stronie skorupy typu kontynentalnego (Bojdys, Lemberger, 1986).

Ogólna charakterystyka mofety ze Złockiego

Mofeta CO₂ imienia Profesora Henryka Świdzińskiego znajduje się powyżej ostatnich zabudowań wsi Złockie, w odległości około 4,5 km na N od głównej drogi w Muszynie. Jest ona usytuowana w dnie bagnistej doliny potoku Złockiego, będącego lewobrzeżnym dopływem potoku Szczawnik. Obejmuje obszar około 25 m², na którym w kilkunastu punktach, z różną intensywnością, wydobywa się nieustannie CO₂.

Ekshalacje znajdujące się pod pokrywą wody ujawniają się poprzez wydobywające się różnej wielkości bąble. Największa sucha ekshalacja — „Dychawka” (rys. 11), i kilka mniejszych, znajdują się na lewym brzegu potoku.



Rysunek 11. Ekshalacja „Dychawka” w Złockiem (fot. L. Rajchel)

Figure 11. „Dychawka” CO₂ exhalation in Złockie (photo L. Rajchel)

Ilość wydobywającego się na terenie mofety dwutlenku węgla szacowana jest na 15 tys. m³ na dobę. Temperatura wydobywających się gazów mofety jest mniej więcej stała i oscyluje około +10°C zarówno w Złockiem, jak i w innych mofetach tego regionu (Świdziński, 1965).

Znajdują się tu również źródła wody mineralnej typu szczawy $\text{HCO}_3\text{-Ca}$, Fe : „Bulgotka” — usytuowane na lewym zboczu doliny, oraz „Zatopione” — pokryte wodą potoku. Woda tego ostatniego źródła intensywnie zasila potok Złocki na obszarze występowania ekshalacji.

Lokalizacja innych mofet i zagrożenia związane z ich występowaniem

W okolicy Mofety CO_2 im. Prof. H. Świdzińskiego występuje także szereg innych, mniejszych mofet na obszarze około $0,3 \text{ km}^2$, rozciągający się równoleżnikowo na działce wodnym od potoku Złockiego do wsi Jastrzębik (Chrzastowski, 1969; Rajchel i in., 1999). Większość z nich można zaobserwować w trakcie obfitego opadu deszczu, gdy nad miejscem ich występowania tworzy się warstwa bulgoczącej wody, lub w zimie — gdy wydobywający się CO_2 wytopi lokalnie pokrywę śniegu.

Na podstawie zdjęcia gazometrycznego tego obszaru (Szura, Lenk, 1974; Rajchel i in., 1999; Ciężkowski, 2002) stwierdzono, że zawartość CO_2 w powietrzu podglebowym skorelowana jest z przebiegiem głównej dyslokacji podłużnej i dwu uskoków poprzecznych, ograniczających najwyższej tektonicznie wyniesiony blok antykliny Szczawnika–Złockiego–Jastrzębika. Dwa centra maksymalnej koncentracji CO_2 w powietrzu podglebowym sięgają tu 92% objętościowych i należą do najwyższych na terenie kraju (Ciężkowski, 2002).

Pojedyncze mofety znane są również z dalszej okolicy, np. Tylicza, doliny Szczawicznego potoku i samej Krynicy. Istnieją również w tym rejonie podziemne zbiorniki CO_2 . Na jeden z nich natrafiono w czasie wiercenia otworu „Zuber II” w Krynicy, 17 lipca 1938 roku. Doszło wówczas do wybuchu dwutlenku węgla nawierconego na głębokości 950 m, którego ciśnienie początkowe wynosiło 80 atm! (Świdziński, 1965, 1971, 1972; Chrzastowski, Ostrowicka, 1979).

Przy bezwietrznej pogodzie dochodzi do stagnowania w dnie doliny potoku Złockiego wydobywającego się z mofety dwutlenku węgla, z racji jego gęstości 1,53 raza większej od gęstości powietrza. Stwarza to sytuację podobną do występującej w słynnej *Grotta del Cane* (Psiej Grocie) koło Neapolu, wypełnionej do pewnej wysokości dwutlenkiem węgla. O ile tam ofiarami uduszenia bywają pieski, tu są nimi dżdżownice, owady, jaszczurki, drobne gryzonie, a głównie ptaki, szczególnie czule na brak tlenu. Zdarzył się również jeden przypadek śmiertelny wśród ludzi w sąsiedniej wsi Jastrzębik, w piwnicy wypełnionej dwutlenkiem węgla. Stąd zalecana ostrożność przy zwiedzaniu tych polskich *Pól Flegrejskich*.

Warto przypomnieć o wpływie CO_2 na organizm człowieka (Ciężkowski, 2002). Jest to gaz bezbarwny, prawie bezwonny, nietoksyczny, ale przy większych stężeniach może doprowadzić do śmierci przez uduszenie. Przy jego

zawartości odpowiadającej 0,04% wagowych we wdychanym powietrzu nie ma on wpływu na nasz organizm. Przy zwiększającym się stężeniu występują stopniowo: szybszy oddech, ból głowy, przyspieszenie tętna, drgawki, zaburzenia widzenia i słuchu, zaburzenia rytmu serca, omdlenie. Przy stężeniu powyżej 30% następuje natychmiastowa śmierć.

Na mofety w Jastrzębiku i pomiędzy Krynica a Tyliczem, i związane z nimi zagrożenia, zwrócił już uwagę Ludwik Zeuschner (1836), wspominając o mofecie w potoku Jastrzębik. Opisuje on również z okolicy Niżnych Rużbachów z Kotliny Spiskiej na Słowacji wielki otwór mofety: (...) *peryodycznie gaz kwas węglowy wyziewający i dlatego zwierzęta domowe nigdy w to miejsce zbliżyć się niezwykle, a jeżeli które przypadkiem się tu zabłąka, jakoby piorunem uderzone natychmiast ginie* (...) (Zeuschner, 1836). Sto lat później opisano tam obszerny krater z martwicy wapiennej, zawierający na dnie (...) *szczątki ptaków i rozmaitych zwierząt, gdzie (...) ekshalacja gazowa przyziemna sięga wzrostu człowieka* (Gadomski, 1934). Ten sam autor opisuje mofetę w Tyliczu (...) *iz po wybudowaniu leśniczówki rządowej w 1922 roku, w piwnicach teje giną zwierzęta, a wydobywa się „trujący zapach”, który zmusił mieszkańców do opuszczenia domu* (...).

Osady i świat organiczny mofety w Złockiem

Na atrakcyjny wygląd mofety w Złockiem wpływa bulgoczące, rdzawe błoto, kontrastujące kolorystycznie z porastającą dno doliny intensywnie zieloną, niskopienną roślinnością. Osad ten najobficiej występuje w otoczeniu źródła „Zatopione” a w znacznie mniejszej ilości w niszy i na drodze odpływu wody ze źródła „Bulgotka”, gdzie ma głównie postać cienkiej powłoki. Ten intensywnie rdzawy, galaretowaty, kłaczkowaty osad, nazwany przez H. Świdzińskiego „rudawką” (1972), jest ochrą *in statu nascendi*. Terminu ochra używał już Wojciech Oczko (1578) na określenie składników wytrąconych z wód mineralnych, podobnie jak Ludwik Zeuschner (1836), stosujący także określenie „niedokwas żelaza”.

Rdzawy, galaretowaty osad z mofety w Złockiem składa się z pozostającego w mniejszości materiału allogenicznego, wynoszonego przez wypływającą wodę ze skał otaczających i ze składników autogenicznych, strąconych z tej zmineralizowanej wody (Rajchel i in., 2005a, b; Rzepa, Rajchel, 2006). Pierwotnie wody te zawierają uwodniony węglan żelazawy, przeobrażający się w procesie utleniania i hydrolizy oraz w wyniku metabolizmu zasiedlających to środowisko bakterii żelazistych, w ferrihydryt i goethyt. Proces ten zachodzi tym szybciej, im wyższe jest pH środowiska. Wysoki odczyn wód (pH 6–7) sprawia, że proces ten przebiega bardzo szybko. W grupie minerałów autogenicznych występują ponadto węglany (głównie kalcyt, niekiedy syderyt lub żelazisty dolomit), a sporadycznie: siarka elementarna, gips, oraz krzemionka typu opalowego. Ta ostatnia związana jest prawdopodobnie ze szkielecikami okrzemek, zasiedlających wypływy tych wód. W skład mate-

riału allogenicznego wchodzi głównie: kwarc, kaolinit, illit, montmorillonit, mika, smektyt, chloryt, skalenie i kalcyt.

Grupą minerałów decydującą o barwie i strukturze osadów mofety są tlenowodorotlenki żelaza. Tworzą one galaretowatą masę o barwie od żółtobrązowej przez ciemnobrązową do rdzawoczerwonej. Różnorodność ta związana jest głównie ze zmiennością ich charakteru fazowego oraz z adsorbacją różnych jonów, powodujących modyfikację właściwości optycznych, jak również z obecnością substancji organicznej.

Roślinność porastająca obszar mofety w Złockiem jest typowym przykładem zespołu roślin siedlisk wilgotnych i błotnych (Rajchel i in., 1999). W miejscu najbardziej intensywnego wypływu CO₂ roślinność ta jest skąpa lub w ogóle nie rozwija się, podczas gdy nieco dalej jest bujna i zróżnicowana gatunkowo. Dominującym składnikiem jest tu sitowie leśne *Scirpus silvaticus*, ponadto w skład tego zespołu wchodzi: mietlica rozłogowa *Agrostis stolonifera*, knieć błotna *Caltha palustris*, rzeżucha gorzka *Cardamine amara*, przytulia błotna *Galium palustre*, karbieniec pospolity *Lycopus europaeus*, tojeść rozesłana *Lysimachia nammularia*, mięta długolistna *Mentha longifolia*, niezapominajka błotna *Myosotis palustris*, jaskier rozłogowy *Ranunculus repens*, a także manna jadalna *Glyceria fluitans*.

Równie interesujący jest zasiedlający mofetę zespół mikroorganizmów, występujący w galaretowatym osadzie i w ochrowych powłokach na wypływach wód mineralnych (Rajchel, Rajchel, 2006). W przykrytym wodą koloidalnym, rdzawym osadzie stwierdzono masowe występowanie bakterii *Ferrobacterium sp.* oraz znacznie rzadszej *Lepthothrix ochracea* Kützing. Występują tu zarówno bakterie redukujące związki żelaza (rodzaje: *Bacillus*, *Clostridium* i *Desulfovibrio*), jak i utleniające je (rodzaje: *Galionella*, *Leptothrix* i *Thiobacillus*), a także bakterie beztlenowe.

Osad ten zawiera także sinice *Cyanophyceae*: *Oscillatoria tenuis* Agardh (pospolicie), *Lyngbya aerugineo-coerulea* (Kützing) Gomont (rzadko); eugleniny *Euglenophyceae*: *Euglena viridis* Ehrenberg (pospolicie); okrzemki *Bacillariophyceae*: *Pinularia viridis* Ehrenberg (pospolicie), *Nitzschia sp.* (rzadko) oraz pojedyncze okazy zielenic *Chlorophyceae*: *Micrthamnion kützingianum* Nägeli i *Monoraphidium contortum* (Turet) Komarkova-Legnerova. Ponadto stwierdzono tu również przedstawicieli promieniowców *Actinomycetales*, grzybów *Phycomycetes* i *Hyphomycetes*.

Składniki gazowe mofety w Złockiem

Głównym składnikiem ekshalacji w Mofecie im. Prof. H. Świdzińskiego w próbkę gazu pobranej ze źródła „Zatopione” jest oczywiście CO₂. Ten rodzimy dwutlenek węgla traktowany jest przez niektórych mineralogów jako gazowa substancja mineralna, nosząca nazwę mofetyt (Bolewski, 1975).

Szczegółowe zestawienie składu mofety w Złockiem i niektórych gazów pochodzących z otworów wiertniczych i wód mineralnych w subregionie popradzkim przedstawia w % objętościowych tabela 2.

Tabela 2. Skład gazów z mofety ze Złockiego i z wód typu szczaw (w % objętościowych)
Table 2. Composition of gases from the Złockie mofette and from the carbonated-type waters (in vol. %)

Lokalizacja	Składniki gazowe				
	CO ₂	CH ₄ **	N ₂	O ₂	H ₂ S
1. Źródło „Zatopione” w Złockiem***	94,23	0,65	4,17	0,44	—
2. Mofeta Złockie**	98,65–99,37	0,33–0,39	0,25–1,02*	0,00	—
3. Otwór „Zuber I”	95,90	2,00	1,80	0,30	—
4. Otwór „Zuber II”****	81,11–84,28	0,57–5,70	10,02–18,31	—	—
5. Otwór „Zuber II”	87,50–94,60	0,44–1,55	6,87–10,19*	0,07–1,87	śląd
6. Otwór „Zuber III”	83,06	0,14	16,80*	—	—
7. Otwór „Żegiestów II”	88,81	0,08	11,10*	—	—
8. Otwór „Łomnica 1”	94,21	0,99	4,8*	—	—
9. Otwór „Piwniczna 2”	61,64	39,91	–1,65	—	—

* także argon i inne gazy szlachetne; ** i inne węglowodory; *** po odliczeniu powietrza.

Liczba ujemna oznacza brak azotu nadmiarowego. Skład gazów podany za: 1 — Rajchel, Rajchel (2006); 2–5 — Świdziński (1965, 1972); 6, 7, 9 — Dowgiałło (1978); 8 — Chrzastowski (1992)

Jak widać, inwentarz składników gazowych mofety w Złockiem, oraz pochodzących z otworów wiertniczych eksploatujących wody mineralne i uwalniany z samych wód mineralnych jest w dorzeczu Popradu silnie zróżnicowany (Dowgiałło, 1978; Świdziński, 1965).

Obszar występowania mofet w rejonie Złockiego–Szczawnika był badany celem udokumentowania zasobów CO₂ i wód mineralnych w kategorii C₁ dla potrzeb przemysłu spożywczego („suchy lód”, dogazowywanie wód mineralnych) i jako gaz leczniczy (kąpiele gazowe). Przedstawiono (Bogacz i in., 1962) dwa alternatywne projekty pozyskiwania CO₂: z powierzchniowych ujęć naturalnych ekshalacji lub za pomocą otworu wiertniczego głębokości 650 m, zlokalizowanego w rejonie podłużnego nasunięcia. Przewidywano, że na głębokości około 550 m otwór ten natrafi na (znajdujące się pod ciśnieniem 55 atm. i o temp. 16°C) złożo CO₂ w stanie płynnym! Projektu wiercenia i wybudowania w tym miejscu zakładu produkcyjnego nie zrealizowano.

Również na SE od Tylicza, w dolinie potoku Sychownego, prawobrzeżnego dopływu Muszynki były prowadzone w latach 60. i 70. XX wieku roboty ziemne (szybiki) dla udostępnienia złoża CO₂ do hodowli glonów *Chlorella ironodesmus* dla celów spożywczych (Świdziński, Węclawik, 1971; Ciężkowski, 2002). Porzucone i niezabezpieczone pozostałości tej inwestycji znajdują się obecnie na terenie byłego ośrodka wypoczynkowego Akademii Rolniczej z Krakowa, obok źródła „Lisa” (Duliński i in., 2005). Obecnie dwutlenek węgla pozyskiwany jest z otworów „Zuber” w Krynicy.

Zespół Popradzkiego Parku Krajobrazowego wydał ciekawy folder promujący mofetę w Złockiem, dostępny w ośrodkach informacji turystycznej Sądeckizny. Poczynając od roku 1998 na mapach turystycznych Beskidu Sądeckiego zaznaczana jest lokalizacja zarówno mofety w Złockiem, jak i źródeł wód mineralnych objętych ochroną jako pomniki przyrody nieożywionej (Rajchel, Rajchel, 1999).

Również niepowtarzalne odgłosy źródła „Bulgotka” i „Zatopione” oraz ekskhalacji „Dychawka”, tworzące specyficzny pejzaż dźwiękowy mofety, zostały zarejestrowane i wydane na płycie CD z inicjatywy Zespołu „Magiczne Karpaty” (Styczyński, 2006).

Wszystkie te działania spowodowały niezwykle wzrost zainteresowania Mofetą im. prof. H. Świdzińskiego. Jest ona regularnie odwiedzana głównie przez zorganizowane grupy młodzieżowe i indywidualnych turystów. Stanowi również stały punkt realizacji programu dydaktycznego dla studentów Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Stanowisko 3. Pijalnia wód mineralnych Cechini w Złockiem

Historia firmy wiąże się z historią rodziny Cechinich, której korzenie tkwią na Sycylii. Ponieważ Włosi byli i są znanymi specjalistami w budowie dróg i tuneli za czasów miłośnicwie panującej Monarchii Austro-Węgierskiej duża ich grupa została zatrudniona do prac przy budowie kolei tarnowsko-leluchowskiej, a szczególnie do drążenia tunelu między Żegiestowem a Andrzejówką. Marco Cechini zauroczony pięknem Ziemi Sądeckiej pozostał na niej zakładając rodzinę (www.cechini.pl).



Rysunek 12. Pijalnia Cechini w Złockiem (fot. L. Rajchel)

Figure 12. Pijalnia Cechini in Żłockie (photo L. Rajchel)

Przedsiębiorstwo Robót Budowlanych i Transportowych „Cechini” sp. cywilna w Muszynie-Złockiem zajmuje się obecnie między innymi branżą rozlewniczą wód mineralnych. Wodę typu szczawy, która jest wykorzystywana w rozlewnictwie udostępniają odwierty „Stanisław” i „Józef”. Jest ona obecnie butelkowana pod handlową nazwą „Muszyna Stanisław” i „Muszyna Józef”. Woda ta jest również eksportowana do Kuwejtu. Można ją degustować w ogólnodostępnej pijalni wód, usytuowanej nieopodal rozlewni (rys. 12).

Stanowisko 4. Rozlewnia wód mineralnych „Muszynianka” w Muszynie

Spółdzielnię Pracy „Postęp” założono w roku 1951 jako przedsiębiorstwo o profilu usługowym. W roku 1959 rozpoczęła ona m.in. butelkowanie wody mineralnej pod handlową nazwą „Milusia” a od 1975 roku, po zakupieniu odwiertu „P-2”, zaczęto rozlewać „Muszyniankę” (szklane butelki, napis tylko na kapslu). W roku 1997 rozpoczęto butelkowanie wody „Muszynianka” w opakowania jednorazowe typu PET, a w roku 2000 w Zakładzie nr 2 uruchomiono dodatkowo produkcję „Muszynianki Plus”.

Moda na zdrową żywność zaczęła przejawiać się zwiększonym zapotrzebowaniem na wody mineralne, a „Muszynianka” ze względu na wyjątkowe walory smakowe i zdrowotne (duża ilość Ca i Mg) bardzo szybko znalazła uznanie licznych klientów. Wykonano i udokumentowano nowe odwierty, wybudowano nowe hale produkcyjne, a w 2005 roku uruchomiono najnowsze, imponujące linie rozlewnicze niemieckiej firmy „KRONES” o wydajności 18 000 sztuk butelek o pojemności 1,5 l na godzinę. „Muszynianka” we wszystkich rankingach zajmuje czołowe miejsce, jak również ciągle otrzymuje wyróżnienia i prestiżowe nagrody. Od 2000 roku jest eksportowana do USA, Kanady i Australii (Janas, 2006). Wody typu szczaw rozlewane pod handlową nazwą „Muszynianka” są wydobywane odwiertami „P-1”, „P-2”, „P-3”, „Antoni” i „Łukasz” w Muszynie a „Muszynianka Plus” pochodzi z odwiertów „A-1”, „A-2” w Andrzejówce i „K-1” w Miliku. W roku 2005 Spółdzielnia Pracy „Postęp” zmieniła nazwę, obecnie jest to Spółdzielnia Pracy „Muszynianka”.

Stanowisko 5. Rezerwat „Las Lipowy Obrożyska”

Rezerwat „Las Lipowy Obrożyska” został utworzony po odzyskaniu przez Polskę niepodległości w 1919 roku dla ochrony lasów grądowych *Tilio-Carpinetum*. Rezerwat o powierzchni 100,38 ha jest usytuowany na wysokości 450–638 m n.p.m. Zajmuje stoki Mikowej Góry, a szczególnie jej zachodni skłon, zwany Obrożyska.

Rzeźba terenu ma tu cechy osuwiskowe. Występują małe nieckowate podmokłe zagłębienia w obrębie koluwiów, jak również zapełnione skarpy nisz i wały gruzowe (Alexandrowicz, Margielewski, 1996). Obszar ten charakteryzuje się łagodnymi warunkami termicznymi w stosunku do otoczenia, dzięki czemu zachował się tu las liściasty z przewagą lipy drobnolistnej *Tilia cordata* (Obrębska-Starkłowa, 1967). Drzewostan ten jest uważany za relikwyt polodowcowego optimum klimatycznego okresu atlantyckiego (około 4000–2000 lat p.n.e.), w którym doszło do rozprzestrzenienia się drzew ciepłolubnych liściastych i powstania wielogatunkowych lasów. Wśród lasów karpaccich niewielkie tylko fragmenty można zaliczyć do lasów o charakterze pierwotnym (Czaplak, 1998). Rośnie tu również grab zwyczajny *Carpinus betulus*, olszyna karpacka *Alnetum incanae*, jodła *Abies alba*, świerk *Picea Excelsa*, jawor *Acer pseudoplatanus* i buczyna karpacka *Dentario glandulosae Fagetum*. Na szczególną uwagę zasługuje rosnąca tu również sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* i modrzew polski *Larix polonica* (Jaworski i in., 1993)

Rezerwat wywołuje duże wrażenie, występują tu lipy wykazujące wielką różnorodność wieku i rozmiarów (rys. 13). Większość drzew jest 90-letnich, ale są również 130-letnie o obwodzie od 140 do 160 cm i wysokości do 37 m.



Rysunek 13. Las lipowy „Obrożyska” w Muszynie (fot. J. Rajchel)

Figure 13. Linden forest in „Obrożyska” reserve in Muszyna (photo J. Rajchel)

Najnowsze badania głównego ołtarza w Kościele Mariackim w Krakowie, prowadzone przez konserwatorów krakowskich wykazały, że Wit Stwosz wykonał ołtarz główny z drewna lipowego rodem z terenów obecnego rezerwatu lipowego „Obrożyska” z Muszyny (Dziennik Polski z 17 marca 1998, *vide* Czaplak, 1998).

Literatura

- Alexandrowicz Z., (red.), 1996: *Geochrona Beskidu Sądeckiego i Kotliny Sądeckiej*. Studia Naturae, 42: 1–148.
- Alexandrowicz Z., 2006: *Framework of European geosites in Poland*. Nature Conservation, 62/5: 63–87.
- Alexandrowicz Z., (red.), Poprawa D., (red.), 2000: *Ochrona georóżnorodności w polskich Karpatach*. Warszawa, 142 pp.
- Alexandrowicz Z., Margielewski W., 1996: *Geomorfologiczna waloryzacja istniejących rezerwatów leśnych*. [w:] Alexandrowicz Z. (red.) 1996 — *Geochrona Beskidu Sądeckiego i Kotliny Sądeckiej*. Studia Naturae, 42: 27–32.
- Alexandrowicz Z., Poprawa D., Rączkowski W., 1998a: *The regional network of geosites in the Polish Carpathians*. Przegl. Geol., 46: 775–781.
- Alexandrowicz Z., Rajchel J., Rajchel L., 1998b: *Projekt ochrony mofety CO₂ w Złockiem imienia Profesora Henryka Świdzińskiego*. Wydział Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa Urzędu Wojewódzkiego w Nowym Sączu, ms: 4 pp.
- Birkenmajer K., Oszczytko N., 1989: *Cretaceous and Paleogene Lithostratigraphic units of the Magura Nappe, Krynica Subunit, Carpathians*. Ann. Soc. Geol. Polon., 59: 145–181.
- Bogacz K., Chrzastowski J., Węclawik S., 1962: *Dokumentacja geologiczna złoża gazu CO₂ w rejonie wsi Złockie–Jastrzębik*. Przedsiębiorstwo Państwowe Nowosądeckie Zakłady Spożywcze Przemysłu Terenowego, Grybów, pow. Nowy Sącz, 67 pp.
- Bojdys G., Lemberger M., 1986: *Modelowania grawimetryczne jako metoda badania budowy litosfery na przykładzie Karpat*. Zeszyty Naukowe AGH 1073, Geologia 33: 1–104.
- Bolewski A., 1975: *Mineralogia szczegółowa*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, 528 pp.
- Całpak Z., 1998: *Rezerwat lipy drobnolistnej „Obrozyska” w Muszynie*. Almanach Muszyny 1998. GIMPO, Warszawa, 59–64
- Chrzastowski J., 1969: *Wycieczka 25. Złockie–Jastrzębik–Powroźnik*. [W:] Unrug R. (red.) Przewodnik geologiczny po zachodnich Karpatach fliszowych. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, 235–246.
- Chrzastowski J., 1992: *Muszyna–Złockie. Budowa geologiczna, wody mineralne i ekshalacje CO₂*. [W:] Zuchiewicz W. (red.), Oszczytko N. (red.), Przewodnik LXIII Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Koninki, 17–19 września 1992, Kraków, 131–134.
- Chrzastowski J., Nescieruk P., Wójcik A., 1993: *Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski. 1:50 000. Arkusz Muszyna (1052) i arkusz Leluchów (1062)*. PiG, Warszawa, 44 pp.
- Chrzastowski J., Nescieruk P., Wójcik A., 1995: *Szczegółowa mapa geologiczna Polski. 1:50 000. Arkusz Muszyna (1052) i arkusz Leluchów (1062)*. PiG, Warszawa.
- Chrzastowski J., Ostrowicka H., 1979: *Budowa geologiczna i surowce balneologiczne regionu muszyńskiego*. [W:] Sądeckczyzna południowo-wschodnia. t. 2. Problemy gospodarki współczesnej. Prace Historyczne UJ, 60: 11–44.
- Ciężkowski W., (red.) 2002: *Występowanie, dokumentowanie i eksploatacja endogenicznego dwutlenku węgla w Polsce*. Wrocławskie Towarzystwo Naukowe, Wrocław, 1–221.

- Darmochwał T., 2001: *Beskid Sądecki. Przewodnik*. Agencja TD, Białystok, 99–105.
- Dietl J., 1958: *Uwagi nad zdrojowiskami krajowymi ze względu na ich skuteczność, zastoso-
wanie i urządzenie*. Kraków.
- Dowgiało J., 1978: *Pochodzenie dwutlenku węgla w szczawach Karpat i Sudetów na obszarze
Polski*. Biul. PIG, 312: 191–216.
- Duliński M., Rajchel L., Rajchel J., 2005: *Chemiczne i izotopowe badania ekshalacji tylickiej*.
Współczesne Problemy Hydrogeologii, t. XII, Toruń 2005, 189–196.
- Gadomski A., 1934: *Z fizjografii dorzecza Popradu*. Wiad. Służby Geograf., 8: 37–64.
- Hoefs J., 1987: *Stable Isotope Geochemistry*. Springer-Verlag, 3-rd Ed., pp. 241.
- Janas M., 2006: *Magnez i wapń atutem „Muszynianki”*. Źródło. Krajowa Izba Gospo-
darcza, Przemysł Rozlewniczy: 16–18.
- Jaworski A., Karczmarski J., Skrzyszewski J., 1993: *Budowa i struktura lasu lipowego
w rezerwacie Obrożyska*. Acta Agraria Silvestria, ser. Silvestris, 31; 57–59.
- Kozłowska-Szczęśna B., (red.), 2002: *Bioklimat Uzdrawisk Polskich i możliwości jego wy-
korzystania w lecznictwie PAN IG i PZ im. S. Leszczyckiego*. Warszawa, 2002: 611
- Leśniak P., 1985: *Open CO₂-underground water system in the West Carpathians (South
Poland) — chemical and isotopic evidence*. Chem. Geol., 49: 275–286.
- Leśniak P., Węclawik S., 1985: *Zbiorniki tzw. szczaw z płaszczowiny magurskiej jako
otwarty względem CO₂ system wód podziemnych*. Przegl. Geol., 7: 394–398.
- Leśniak P.M., 1998: *Origin of carbon dioxide and evolution of CO₂-rich waters in the West
Carpathians, Poland*. Acta Geol. Pol., 48: 343–366.
- Leśniak P.M., Sakai H., Ishibashi J. I., Wakita H., 1997: *Mantle helium signal in the West
Carpathians, Poland*. Geochem. J., 31: 383–394.
- Lis J., Hałas S., 1980: *Preliminary results of stable carbon isotopes studies in Sudetic and
Carpathians mineral waters*. Zfl — Mitteilungen, 29: 69–82.
- Obrębska-Starkłowa B., 1967: *Badania mikroklimatyczne w rezerwacie lipowym „Obrożys-
ka” w Miliku koło Muszyny*. Ochrona Przyrody, 42: 222–358.
- Oczko W., 1578: *„Cieplice”*. [W:] Przymiot i Cieplice, opatrzone życiorysem W. Oczki
przez E. Klinka (1881).
- Ostrowicka H., 1966: *Wody mineralne w rejonie doliny Popradu*. Zeszyty Naukowe AGH,
XIV Sesja Naukowa, zesz. spec., 11, Kraków.
- Oszczypko N., 1992: *Zarys stratygrafii płaszczowiny magurskiej*. [W:] Zuchiewicz W.
(red.), Oszczypko N. (red.), Przewodnik LXIII Zjazdu Polskiego Towarzystwa
Geologicznego, Koninki, 17–19 września 1992, Kraków, 11–20.
- Oszczypko N., Zuber A., 2002: *Geological and isotopic evidence of diagenetic waters in
the Polish Flysch Carpathians*. Geol. Carpath., 53: 257–268.
- Paczyński B., Płochniewski Z., 1996: *Wody mineralne i lecznicze Polski*. PIG, Warszawa,
108 pp.
- Pietrzak S., 1996: *O dokumencie z 1209 roku*. Almanach Muszyny 1996. [W:] Mściwu-
jewska-Kruk B. (red.) Almanach Muszyny, 1996: 84–85.
- Rajchel J., Chrzastowski J., Rajchel L., 1999: *Mofeta ze Złockiego k. Muszyny w jednostce
magurskiej zewnętrznych Karpat fliszowych*. Przegl. Geol., 47/7: 665–657.
- Rajchel L., Rajchel J., 1999: *Karpackie źródła wód mineralnych i swoistych pomnikami
przyrody nieożywionej*. Przegl. Geol., 47/10: 911–919.
- Rajchel L., Rajchel J., 2006: *Ocalona Mofeta*. Almanach Muszyny 2006: 85–87.

- Rajchel L., Rajchel J., Ratajczak T., Rzepa G., 2005a: *Mineralogical investigations of carbonated water deposits from the area of Polish Carpathians*. *Mineralia Slovaca*, 37: 488–489.
- Rajchel L., Rajchel J., Ratajczak T., Rzepa G., 2005b: *Deposits of carbonated waters from selected springs of the Polish Carpathians*. *RMZ Materials and Geoenvironment. Periodical for Mining, Metallurgy and Geology*, 52: 107–110.
- Rucka B., 1993: *Zabytkowe świątynie regionu muszyńskiego*. Towarzystwo miłośników Ziemi Muszyńskiej: 12–27.
- Rucka B., 1995: *Dzieje Muszyny w zarysie*. [W:] Mściwujewska-Kruk B. (red.), *Almanach Muszyny 1995*: 5–10.
- Ryłko W., Tomasz A., 1998: *Tectonics of the consolidated basement of the Polish Carpathians*. *Przegl. Geol.*, 46: 758–762.
- Rzepa G., Rajchel L., 2006: *Skład mineralny osadów wód karpaccich typu szczaw*. Wyd. IGSMiE PAN, *Gosp. Sur. Min., Zesz. Spec.*, 3: 215–236.
- Skórczewski B., 1906: *Historia Krynicy*. *Przegl. Zdrojowy*, 3–12.
- Staszewicz J., (red.), 2000: *Przyroda Popradzkiego Parku Krajobrazowego*. Wyd. PPK Stary Sącz, 324.
- Styczyński M., 2006: *Muzyka mofety w Złockiem, czyli po co przykładać ucho do ziemi*. *Almanach Muszyny 2006*: 89–94.
- Szarek W., Gorczyca R., 2004: *Eksploracja wód leczniczych w Uzdrawisku Muszyna — dawniej i dziś*. *Bezpieczeństwo pracy i ochrona środowiska w górnictwie*. WUG, 6 (118): 20–23.
- Szewczyk A., Śliwińska J., 2000: *Środowisko Przyrodnicze Muszyny*. *Almanach Muszyny*. Wyd. Bigraf s.c., Warszawa, 82–89.
- Szura T., Lenk T., 1974: *Zdjęcie gazowe CO₂ w rejonie Złockiego i Jastrzębika*. [W:] Bogacz K., Chrzastowski J., *Dokumentacja hydrogeologiczna i projekt badań hydrogeologicznych dla ujęcia podziemnych wód mineralnych z utworów górnej kredy — paleogenu płaszczowiny magurskiej w Jastrzębiku, pow. Nowy Sącz, gm. Muszyna*. Instytut Geologii Regionalnej i Złóż Węgla AGH w Krakowie, ms: 74 pp.
- Ślusarczyk E., 2002: *Kościół greckokatolicki w kluczu muszyńskim*. *Almanach Muszyny*. Wyd. Bigraf. s.c., Warszawa, 35–46.
- Świdziński H., 1971: *Budowa geologiczna rejonu Powroźnika*. *Zeszyty Nauk. AGH 309, Geologia*, 15: 29–41, Kraków.
- Świdziński H., 1972: *Geologia i wody mineralne Krynicy*. *Prace Geologiczne PAN*, 70: 11–105.
- Świdziński H., 1965: *Naturalne ekshalacje dwutlenku węgla w Karpatach polskich*. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, t. XXXV, z. 4: 45–70.
- Świdziński H., Węclawik S., 1971: *Wody mineralne rejonu Tylicza na tle budowy geologicznej*. *Zeszyty Nauk. AGH 309, Geologia*, 15: 45–68.
- Taylor B. E., 1986: *Magmatic volatiles: isotopic variation of C, H and S*. [W:] *Stable Isotopes in High Temperature Geological Processes* (Valley J.W., Taylor Jr. H.P. and O'Neil J.R. Eds.), *Reviews in Mineralogy, Am. Min. Soc.*, 16: 185–225.
- Torosiewicz T., 1849: *Źródła mineralne w królestwie Galicji i na Bukowinie*. Drukarnia imienia Ossolińskich, Lwów, 1–173.

- Valley J.W., 1986: *Stable Isotope Geochemistry of Metamorphic Rocks*. [W:] *Stable Isotopes in High Temperature Geological Processes* (Valley J.W., Taylor Jr. H.P. and O'Neil J.R. Eds.), *Reviews in Mineralogy, Am. Min. Soc.*, 16: 445–489.
- Węclawik S., 1967: *Mineral waters in the region of the Polish-Czechoslovakian state boundary (Carpathians)*. *Bull. Acad. Pol. Sc., Sér. Sci. Terre.*, 15: 179–185.
- Zeuschner L., 1836: *O wodach kwaśnych czyli Szczawach w Karpatach*. *Pam. Farmac. Krak.*, (wydaw. przez Flor. Sawiczewskiego), 3: 265–298, Kraków.
- Zuber A., 1987: *O pochodzeniu wód typu zuber*. [W:] *Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej, 25 Lat Górnictwa Uzdrowiskowego*, Krynica. Wyd. AGH, Kraków: 37–51.

Praca została zrealizowana w ramach badań statutowych w Akademii Górniczo-Hutniczej im. S. Staszica w Krakowie nr 11.11.140.890, 11.11. 220.01, oraz 11.11.140.447.