

Warszawa 24.01.2022 r.

Dr hab. Katarzyna Jarmołowicz-Szulc , profesor instytutu

Państwowy Instytut Geologiczny- Państwowy Instytut Badawczy

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ MGR INŻ. MADGALENY MARII SITARZ

„Mineralizacja hydrotermalna w Tatrach Polskich.

Inwentaryzacja i charakterystyka sztolni i hałd górniczych będących pozostałością po historycznym górnictwie tatrzańskim”

Rozprawa doktorska pani mgr inż. M.M. Sitarz dotyczy mineralizacji hydrotermalnej w polskiej części Tatr historycznie powiązanej z górnictwem miedzi i srebra w tym rejonie. Praca ma charakter wdrożeniowy i łączy trzy powiązane ze sobą wątki, a mianowicie:

1. zinwentaryzowanie i udokumentowanie pozostałości po historycznym górnictwie kruszcowym w Tatrach Zachodnich;
2. przeprowadzenie prac analityczno-badawczych celem charakterystyki mineralogicznej i geochemicznej mineralizacji Tatr Zachodnich;
3. dokonanie próby odtworzenia ewolucji genetycznej mineralizacji kruszcowej i pochodzenia mineralizujących roztworów w oparciu o analizę reliktovej mineralizacji .

Rozprawa wykonana została w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie pod kierunkiem dr hab. inż. Bożeny Gołębiowskiej.

Charakterystyka rozprawy

Rozprawa ma charakter studium mineralogiczno-geochemiczno -inwentaryzacyjnego.

Praca liczy 154 strony tekstu oraz 128 pozycji bibliografii i zawiera dwa załączniki, obejmujące 40 figur i 8 tabel. Poprzedzona jest abstraktem w języku polskim i angielskim. W ośmiu rozdziałach rozprawy autorka konsekwentnie realizuje swoje zamierzenia zasygnalizowane już we wstępie. Pierwsze trzy części rozprawy mają charakter wprowadzenia w tematykę złóż hydrotermalnych w Tatrach Polskich, historię badań mineralizacji i budowę geologiczną regionu.

Rozdział(2) zatytułowany „**Złoża hydrotermalne w Tatrach Polskich** ” obejmuje dwa podrozdziały. W części pt. „**Historia badań mineralizacji hydrotermalnej**” (2.1) Autorka omawia tę historię od Staszica (1815), podającego informacje o mineralizacji kruszcowej we wschodniej części Tatr poprzez Zejsznera (1851) i prace z obszaru Ornaku z początków XX wieku (np. Pawlica, 1916) po

Gawła, Paulo, czy wreszcie wyniki badań A. Gawędy dotyczące paragenez mineralnych i warunków krystalizacji kruszcowej mineralizacji hydrotermalnej. W swej prezentacji wcześniejszych badań autorka przywołuje także prace przeprowadzone przez innych autorów – członków Koła Naukowego Geologów AGH pod opieką prof. dr hab. M. Pawlikowskiego we współpracy z Tatrzańskim Parkiem Narodowym i zapowiada ich wykorzystanie.

Przystępując do „**Charakterystyki złóż mineralnych w Tatrach Polskich**” (2.2) p. mgr inż. Sitarz porusza za Nieciem i in. (2016) oraz Majzlanem i in. (2020) kwestię istnienia czterech typów mineralizacji na terenie całych Tatr z dominacją dwóch z nich, nie artykułuje jednakże wyraźnie tych typów. Numerem 1 sygnowana jest poniżej mineralizacja polimetaliczno-miedziowo-srebrowa o charakterze żył i rozproszona, z czego polimetaliczna mineralizacja w Tatrach Zachodnich (Dolina Pyszniańska, wschodnie i zachodnie zbocze Ornak) i omawiana za cytowaną bibliografią w 3 etapach krystalizacji – subtektonicznym: węglanowy -syderytowy; syntektonicznym -post-tektonicznym: kwarcowo- siarczkowy; post-tektonicznym: barytowy. W Tatrach Wysokich mineralizacja hydrotermalna związana jest ze strefami tektonicznymi, zarówno uskokuowymi, jak i zmylonityzowanymi. To ostatnie dotyczy np. Przełęczy Szpiglasowej, szczytu Mięgoszowieckiego i Rysów. Dalej autorka wymienia: 1. żyłową mineralizację kwarcowo-złotoносną z antymonitem (i podaje mniej lub bardziej lakoniczne informacje co do niej), 2. rozproszoną mineralizację pirytową eksploatowaną górnictwo z soczewek w Dolinie Starobociańskiej oraz 3. Rozproszoną mineralizację molibdenitową, tę dla odmiany z pegmatytu i zbrekcjonowanego granitu porfirowego w Tatrach Zachodnich.

Cały ten podrozdział jest dla recenzent mało czytelny i trudny do zrozumienia. Niewątpliwie „historia badań” zawsze w każdej pracy jest trudna do napisania, tym nie mniej w recenzowanym manuskrypcie, przy pozornym, numerycznym uporządkowaniu relacjonowanych faktów panuje natłok informacji i zdecydowanie trudno w tym miejscu się zorientować, jak to dokładnie jest z tą mineralizacją w Tatrach (Zachodnich, całych, słowackich, Wysokich...).

Rozdział pt. „**Budowa geologiczna Tatr**” (R.3) ilustruje mała figura – uproszczona mapa geologiczna jednostek Centralnych Karpat Zachodnich i ich osłony (na podstawie prac Lexa i in. (2000) oraz Majzlan i in. (2020)), zamieszczona wcześniej niż powołanie na nią. Tatry są na tej mapie ujęte w prostokąt, co sugerowałoby kolejną figurę samego tylko regionu tatrzańskiego. Brak jest jednakże takiego odnośnika.

Recenzent ma tu wyraźny niedosyt zarówno wielkości zamieszczonej figury (powinna być formatu całej strony), jak i jej zawartości merytorycznej (nacisk położony jest na jednostki po stronie słowackiej, a strona polska potraktowana jest lakonicznie). Wydaje się, że skoro Tatry to fragment łuku Karpat i część Karpat Zachodnich, leżących na terenie Polski, Słowacji oraz częściowo Czech, Węgier i Austrii, to tytułem rzetelnego omawiania budowy geologicznej przydałoby się ten łuk

przedstawić przed/wraz z obecną figurą 1. Tatry nie leżałyby wówczas na całkiem białym polu, a byłyby związane z całym górotworem karpackim. Z kolei rozważania dotyczące trzonu krystalicznego Tatr i jego osłony metamorficznej mogłyby być zilustrowane przez kolejną figurę, pokazującą samą budowę fragmentu wydzielonego prostokątem i oznaczonego jako „Ta” na bieżącej figurze 1.

Omawiając dość szczegółowo budowę geologiczną szeroko rozumianego rejonu, Doktorantka podaje także za różnymi autorami wartości oznaczeń wiekowych skał krystalicznych .

I tu niestety na samym początku popełnia standardowy błąd geologów lat 60tych i 70tych XX stulecia co do nazewnictwa wieku (str.19). Mówi bowiem o „wieku bezwzględny”. Rzeczywiście w pewnym okresie wiek w mln lat tak nazywano. Błąd ten jest niestety nadal często w literaturze powielany, pomimo zwracania uwagi na brak „bezwzględności” przez niektórych geochronologów jeszcze w XX wieku, jak propagator „metody trakowej” w Polsce profesor Jan Burchart (1986). Recenzent również wypowiedziała się na ten temat już w nowym stuleciu (Jarmołowicz-Szulc, 2000, 2018).

A przecież wartość wieku podawana w mln lat nie ma w sobie nic bezwzględnego. To wynik przeliczeń matematycznych pewnych wartości analitycznych uzyskiwanych tą, czy inną metodą (np. stosunków izotopowych, ilości wytrawialnych śladów rozszczepienia i indukowanych itp.).

Ten początkowy lapsus jest skorygowany w dalszym ciągu w pracy przy prawidłowym cytowaniu przez Doktorantkę wyników datowań poszczególnymi metodami jak Ar-Ar, Rb-Sr, czy U-Pb. Niektóre wartości są tu cytowane za Passendorferem (1978), dużo późniejsze za Gawędą i in. oraz Jurewicz i Bagińskim. Recenzentce zabrakło tu powołania na pionierską dla Tatr pracę Burcharta (EPSL, 1972), który to autor właśnie metodą Rb-Sr określił wiek trzonu krystalicznego Tatr na 290-300 Ma. Tego nazwiska i oznaczenia nie powinno zabraknąć w pracach traktujących o geochronologii Tatr.

Na kanwie rozwoju skał intruzyjnych i stygnięcia magmy granitowej, Autorka zgrabnie przechodzi do tworzenia żył pegmatytowych i zwraca uwagę na tworzenie mineralizacji – żył kwarcowych, barytowych i węglanowych z towarzyszącymi im minerałami kruszcowymi takimi, jak: antymonit, antymonit z domieszką srebra i złota, tetraedryt, chalkopiryt, piryt i galena. Stanowi to pomost do kolejnego rozdziału zatytułowanego „**Górnictwo tatrzańskie na przestrzeni wieków**” (R.4), omawiającego eksploatację złóż miedzi i srebra w Tatrach w rysie historycznym, a następnie prezentującego w ciekawy i wyczerpujący sposób wcześniej zinwentaryzowane pozostałości po historycznym górnictwie (sztolnie, hałdy). Rozdział jest bogato i ciekawie ilustrowany figurami, m.in. osiemnastowiecznymi rycinami ze zbiorów TPN i mapkami lokalizacji miejsc eksploatacji górniczej oraz stwierdzonej obecności kruszców.

Rejony występowania mineralizacji kruszcowej na terenie Tatr Polskich zebrane na podstawie map górniczych i materiałów literaturowych (głównie prace autorstwa Kreutza, Wąchockiego, Gawła,

Zwolińskiego, Josta i Paulo) są omówione przez Autorkę w tekście i przedstawione w postaci tabelarycznej, na wspomnianych już figurach, jak też na zdjęciach zaczerpniętych ze zbiorów TPN. Są to dane zaczerpnięte z literatury i umieszczone w pierwszej, omawianej dotąd, części rozprawy, po których następuje rozdział zatytułowany „**Lokalizacja obszaru badań, prace terenowe i inwentaryzacyjne**” (R. 5). Stanowi on rzeczywisty wstęp do prac własnych autorki. Dowiadujemy się z niego, gdzie prowadzone były przez doktorantkę prace terenowe, mające na celu odnalezienie zachowanych pozostałości po górnictwie. (Tej lokalizacji, *nota bene*, pozwalają się już domyśleć podkreślone kolorystycznie wyszczególnienia w tabeli 3 poprzedniego rozdziału). Dotyczy to 5 obszarów, z których 3 znajdują się w Tatrach Zachodnich, 2 – w Tatrach Wysokich. Prace objęły zachodnie i wschodnie zbocza Ornaku (odpowiednio: żleb Piekło i rejon Baniste oraz Żleb pod Banie i Orczaniański, jak też Dolina Pyszniańska) oraz rejon Wielkiego Piargu nad Morskim Okiem i Buli pod Rysami (Tatry Wysokie).

Opróbowanie na terenie TPN jest i było selektywne, bez użycia młotka. Autorka wykonała bogatą dokumentację fotograficzną miejsc poboru próbek analitycznych, przeprowadziła spis (inwentaryzację) pozostałości po górnictwie i naniosła te obiekty na mapę topograficzną. Wykonała plany i przekroje poszczególnych sztolni. To bogaty materiał poznawczy i duży wkład Autorki w poszerzenie i przybliżenie zainteresowanym bieżącej wiedzy na temat dawnego górnictwa tatrzańskiego.

Można tu podkreślić konsekwencję doktorantki w prezentowaniu poszczególnych obiektów, mianowicie kolory opisów lokalizacji w tabeli 1 na str. 28 (R.4) odpowiadają nie tylko rejonom eksploatacji (Fig. 4., R.4), ale także barwie punktów poboru próbek na figurach 8-9 (R.5). Natomiast zamieszczoną tu tabelę 2 pt. „Charakterystyka zebranych próbek z mineralizacją hydrotermalną w rejonie Tatr Zachodnich oraz Wysokich”, obejmującą zestawienie i numerację próbek oraz rodzaj wykonanych preparatów proponowałabym zamieścić dalej – w części poświęconej „**Metodyce badań**” (R.6), bo w bieżącym rozdziale, zdaniem recenzent, rozbija spójność pięknie ilustrowanego tekstu. Ogółem ten rozdział jest ciekawy i bogato ilustrowany, zarówno przestrzennymi obrazami Tatr (na podstawie Google Earth), jak i licznymi przekrojami sztolni wykonanymi przez Doktorantkę.

Część manuskryptu poświęcona stosowanej metodyce prac analityczno-badawczych (wspomniany już R.6) obejmuje kilka podrozdziałów (6) szczegółowo omawiających zastosowane metody. Zgodnie z wyrażonym przeze mnie zdaniem, tu właśnie powinna znaleźć się tabela z preparatami. W podrozdziale „**Obserwacje mikroskopowe**” autorka pisze o ilości wykonanych preparatów i świadków do badań inkluzji fluidalnych i tu powinno być powołanie na tabelę 1 i sama tabela. Wachlarz zastosowanych metod badawczych jest szeroki, prawidłowy i dobrze omówiony. W pracy przeprowadzono analizy SEM-EDS (6.2), EPMA i La-ICP-MS (6.3), badania widma Ramana (6.4), analizę inkluzji fluidalnych (6.5) oraz badania izotopowe (6.6). Część z tych badań Doktorantka

przeprowadziła osobiście, część wykonana została w innych ośrodkach badawczych w kraju i zagranicą. Rozdział ten jest przejrzysty i klarowny.

Nasuwa się tu kilka drobnych uwag czysto technicznych i pytań. Przy omawianiu oznaczeń widma Ramana dwukrotnie powtórzony jest akapit opisujący sprzęt, a więc dotyczący badań przy pomocy Thermo Scientific DXR Raman. W opisie przeprowadzonych badań inkluzji fluidalnych Doktorantka podaje liczbę inkluzji, dla których oznaczona została temperatura homogenizacji, nadmieniam, że wartości T_e i T_m oznaczono dla wystarczająco dużych wrostków. Pytanie recenzent jest – jak dużych? Z kolei w zapowiedzi interpretacji uzyskanych wyników mikrotermometrycznych (przeliczania wartości), Autorka mówi o zasoleniu, dzieląc je na oszacowane i obliczone. Recenzent nie rozumie tej dwoistości.

Wyniki przeprowadzonych badań analitycznych zamieszczone są w rozdziale zatytułowanym „Wyniki badań” (R.7) i w dwóch bogatych w treść załącznikach – Zał. 1 (figury 1-40) oraz Zał. 2 (tabele). Ten rozdział wraz z załącznikami stanowi najważniejszą, integralną i obszerną w swej objętości część rozprawy. To ogólnie dobry sposób prezentacji, chociaż w tym przypadku trudny w śledzeniu z uwagi na słabą pod względem wykonania introligatorską jakość techniczną tomu recenzowanego manuskryptu (strony całkowicie się rozkleiły w trakcie czytania i przekładania kartek).

Pierwszych siedem figur załącznika (Zał. 1., Fig. 1-7) to obrazy makroskopowe pokazujące okazy zmineralizowanych skał (próbki) i obrazujące wnętrza sztolni. Są ładne i spełniają swoje zadanie ilustracji poboru próbek mineralizacji zbadanej przez Autorkę w ramach jej pracy doktorskiej.

Wyniki prac badawczych *sensu stricte* są prezentowane i omówione w kolejnych podrozdziałach. „Charakterystyka chemiczna minerałów kruszcowych” (Podrozdział 7.2) poprzedzona jest wstępem ogólnym i ma dwie części. Autorka poprzedza prezentację i omawianie wyników prac analitycznych tetraedrytu objaśnieniem, jaki to minerał – antymonowa siarkosól miedzi, która należy do szerokiej grupy określanej jako grupa tetraedrytu. Za Biagoni i in. (2020) cytuje ogólny wzór grupy i jej całą tabelę (zatwierdzony przez International Mineralogical Association), i wyjaśnia zastosowanie w swej pracy nazwy „tetraedryt”, co wskazuje na przynależność siarkosoli z badanego obszaru Tatr Zachodnich do tej właśnie grupy. Omówieniu wyników występowania i analiz dla tego minerału, jako najważniejszego minerału kruszcowego, poświęca Autorka wiele uwagi (str. 68-80). Prezentuje jego charakter i paragenezy (z chalkopirytem, pirytem, niekiedy galeną, w asocjacji z pirytem) w skali makroskopowej i mikroskopowej. Obserwacje poparte są wynikami analiz mikroskopowych i fotografiami. Autorka dokonuje także stosownych przeliczeń składników na konkretne pozycje strukturalne i wydziela dwa rodzaje tetraedrytów – tetraedryt (Fe) i tetraedryt (Zn). Na podstawie analizy chemicznej wyróżnia również Hg, Cd, Mn (podstawniki na pozycji C), ślady Pb, Cu i Ag. Po szerokim omówieniu tekstowym, Autorka prezentuje wyniki analiz chemicznych tetraedrytu w sposób przejrzysty i czytelny w tabelach z rozbiciem na

poszczególne 3 miejsca opróbowania na zachodnim zboczu Ornaku i podaje korelacje zawartości Fe, Zn oraz Sb i As w postaci oddzielnych wykresów i zbiorczo (Fig.28-29). W przypadku Fe i Zn dodatkowo nanosi także wartości z pracy Bakoša (2003).

Te zestawienia figuralne wyprzedzają nieco dalszą prezentację wyników dla tetraedrytu we wschodniej części zbocza Ornaku i doliny Pyszniańskiej, co omawiane jest szczegółowo w dalszej części podrozdziału i zestawione tabelarycznie. Autorka przeprowadziła także analizę pierwiastków śladowych w tetraedrycie z trzech głównych regionów górniczych w Tatrach Zachodnich.

Wyniki analiz chemicznych i ich omówienie wraz z zestawieniami tabelarycznymi przedstawia Doktorantka również dla chalkopiryty, piryty i galeny (7.2.2). Osobne badania przeprowadziła mgr. Inż. Sitarz dla srebra w mineralizacji kruszcowej i temu pierwiastkowi poświęcony jest kolejny podrozdział. Srebro w Tatrach jest składnikiem podrzędnym, związane jest głównie z tetraedrytem, rzadziej chalkopirytem. Na najwyższe jego koncentracje wskazuje Autorka w strefie wietrzenia.

W tej części rozważań dysertacji nieco mylące jest odwoływanie się do figur tekstowych i figur w załączniku. Przy okazji – uwaga co do Zał.1. Na zdjęciach konieczne są opisy literowe minerałów. Sam obraz i często długi i skomplikowany podpis pod planszami nie wystarczy.

Poza minerałami kruszczowymi Autorka badała także minerały płone Tatr Zachodnich oraz węglany w Tatrach Zachodnich i Wysokich. Wyniki tych badań (analiza chemiczna, EDS, Raman) są szczegółowo omówione, jasno przedstawione na figurach (np. Fig. 37-38, Fig.40. Już w tej części rozprawy (str. 95) Doktorantka wdaje się w odniesienia swoich wyników do oznaczeń lub rozważań z literatury, co zdaniem recenzent należy w tym miejscu pominąć, a przesunąć do dyskusji. W rozważaniach wyników analitycznych gdzieś „zagubiła się” figura 32 z Zał. 1. W podrozdziale 7.2.6, do którego tematycznie „pasuje”, brak jest na nią powołania, chociaż są odniesienia do kilku wcześniejszych figur.

Podrozdział 7.3 zatytułowany jest „**Badania inkluzji i izotopów**”. Recenzent nie bardzo rozumie tego połączenia wyników dwóch różnych metod badawczych, tym bardziej, że w dalszej **Dyskusji** (R.8) nie ma wspólnej interpretacji tych wartości. Sama część dotycząca inkluzji fluidalnych jest nieco chaotyczna, można by powiedzieć jest to trochę taki „miesz-masz”. Podstawy teoretyczne badań FI w minerałach przewijają się z lokalizacją próbek (dwa miejsca w Tatrach) i cierpią na tym, zdaniem recenzent, same rezultaty badań. Z tego względu byłoby lepiej wydzielić dwa pod-podrozdziały np.: 7.3.1. *Podstawy teoretyczne badań Inkluzji fluidalnych* (tekst z obecnej strony 107, część 108, dalej całe rozważania ogólne str.109) oraz 7.3.2. *Omówienie uzyskanych wyników badań FI* (rzeczywiste omówienie wyników obserwacji poczynając od lokalizacji – fragment str. 108- poprzez tzw.

petrografię inkluzji – ostatni akapit str.110. Niezależnie od uchybień natury technicznej, trzeba podkreślić rzeczywistą wysoką wartość merytoryczną tej części pracy i uzyskanych wyników. Godna pochwały jest przejrzystość i rzetelność opisów, a także sam sposób przeprowadzenia badań inkluzji fluidalnych, bo przed oznaczeniami mikrotermometrycznymi wykonano także diagnostykę wzbudzenia luminescencji inkluzji w UV (choć recenzent, patrząc na adekwatne obrazy zastanawia się, jakiego rodzaju filtra użyto, czy to na pewno UV, czy nie światło mieszane...). Wyniki badań mikrotermometrycznych omówione są w manuskrypcie na stronach 111-121 i zamieszczone w odpowiednich tabelach w tekście (tab. 21 – 28) w rozgraniczeniu lokalizacji (zachodnie i wschodnie zbocze Ornaku oraz Tatry Wysokie). Technicznie mogłyby tworzyć kolejny pod-podrozdział 7.3.3. Z wartości diagnostycznych dla fluidów zamkniętych w inkluzjach, z uwagi na niewielkie (jakie?) rozmiary wrostków Autorka oznaczyła głównie temperatury homogenizacji inkluzji dwufazowych (T_h), utrudniony był natomiast pomiar temperatury eutektyku (T_e) i uzyskano nieliczne wartości temperatury topnienia lodu (T_m). Pomiary przeprowadzono na pojedynczych wrostkach, analizując je trzykrotnie, co w tej skali (ok. 1 μm) jest dużym osiągnięciem. Zdaniem recenzenta uzyskane wyniki są miarodajne i mogą stanowić punkt wyjścia do dalszego opracowania, interpretacji i dyskusji, co przedstawione jest w kolejnej części rozprawy (R.8), a posilkiwane danymi zaczerpniętymi z literatury polskiej i słowackiej. Ilustrację do badań inkluzji fluidalnych stanowią figury w Zał.1. (Fig. 34-40). Ogółem obejmują one dużą ilość zdjęć inkluzji, będących rzeczywistym wynikiem przeprowadzonych przez autorkę obserwacji i prezentowanych konsekwentnie z podaniem lokalizacji. Drobnym ujemnym szczegółem technicznym na tych figurach jest brak wydzielenia /wskazania przykładowych obiektów. Wyszczególnienie niektórych inkluzji strzałkami zwiększyłoby czytelność poszczególnych figur.

Dalsza część podrozdziału (niepotrzebnie połączona z wynikami badań inkluzji) traktuje o wynikach badań izotopowych (str. 121-122 i tabele 35-36). Przeprowadzono oznaczenia izotopów siarki dla wybranych próbek **tetraedrytu z żył kwarcowych** z rejonu Baniste i Doliny Pyszniańskiej uzyskując odpowiednio wyniki $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ 1.98-3.42 ‰ i 1.47-23.29 ‰. Podając te wyniki autorka od razu odnosi je do oznaczeń Gawędy, co zdaniem recenzenta powinno znaleźć się w rozdziale poświęconym dyskusji, a nie omawianiu wyników. Dla **kalcytu** z Doliny Pyszniańskiej i Tatr Wysokich przeprowadzona została analiza izotopów węgla i tlenu. Wyniki oznaczeń własnych zamieszczone są jako przedziały wartości $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ i $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ i również połączone z wynikami Gawędy, niestety bez ujednoliconego sposobu podawania wartości, co nieco razi w odpowiedniej tabeli.

„Dyskusja” (R. 8) wyników stanowi finalną, jakże ważną część rozprawy pani mgr. inż. M. M. Sitarz. Jest bardzo obszerna, adekwatnie do ilości przeprowadzonych przez nią badań analitycznych i kroków inwentaryzacyjnych. Swoje wyniki dyskutuje Autorka w rozbiciu na poszczególne zagadnienia, podobnie do układu prezentacji rezultatów prac z tą różnicą, że jako pierwszą omawia – wcześniej

oddzieloną – kwestię inwentaryzacji pozostałości po górnictwie (R. 8.1). Krótko relacjonuje tu swoje osiągnięcia w dziedzinie opisu pozostałości po historycznym górnictwie w Tatrach Zachodnich, wykonanej dokumentacji fotograficznej, planach i przekrojach zachowanych sztolni i hałd. Przy niezaprzeczalnie wysokiej wartości merytorycznej i poznawczej wykonanych prac, ten fragment rozdziału zatytułowanego „Dyskusja”, rzeczywistą dyskusją nie jest. Jest ciekawym, rzeczowym streszczeniem/podsumowaniem niezaprzeczalnych osiągnięć Autorki w zakresie zinwentaryzowania pozostałości po górnictwie w Tatrach Zachodnich (wschodnie i zachodnie zbocze Ornaku, Dolina Pyszniańska), ale przydałoby się jeszcze odniesienie do badaczy licznie przywoływanych w rozdziale 4 (choćby Gawęł, czy Wątocki) i przykładowe odniesienie do pięknych, własnych fotografii i schematów z rozdziału 5.

Pod względem formy dyskusji, lepszy wydaje się podrozdział 8.2 (**Kruszcowa mineralizacja hydrotermalna**), gdzie znaleźć można odniesienia i porównania wyników Autorki do tych uzyskanych przez innych badaczy, zarówno polskich, jak i obcych. Recenzent ma jednak wrażenie, że ta dyskusja jest zbyt rozległa i zawiera niepotrzebne powtórzenia faktów pokazanych w poprzednim rozdziale (np. str.126). Powtórzeniem, acz w tym miejscu logicznym, jest także figura 43, prezentująca zawartości Zn i Fe w mineralizacji tetraedrytowej w Tatrach Zachodnich, zbadanej przez Autorkę, w odniesieniu do danych z Tatr słowackich. Stanowiła ona już wcześniej część fig.28 (str.72). Przy okazji – na jednej figurze cytowany jest Bakoš (2003), na drugiej Bakoš (2002). Praca doktorska Bakosa pochodzi z roku 2003, co zresztą nieco dalej stwierdza sama Autorka.

Dalsza dyskusja minerałów i pierwiastków (srebra, rtęci, chalkopiryty, piryty oraz barytu) jest ciekawa i prawidłowa, zarówno pod względem treści, jak i formy. Tu są również – tym razem na dobrym miejscu w rozprawie- krytykowane wcześniej przez recenzent w R.7, odniesienia do wyników uzyskanych przez Gawędę i współautorów (np. 2007). Swoją dyskusję prowadzi dalej Autorka w odniesieniu do mineralizacji węglanowej występującej w żyłach hydrotermalnych. Tatr Wysokich i Zachodnich. Pokazuje na figurach i omawia zależności pomiędzy żelazem i magnezem w syderycie (fig. 45) oraz korelację tych pierwiastków *en bloc* dla węglanów z obu regionów (Fig. 46). Swoje wyniki odnosi do podawanych przez Gawędę i in. (2007), stwierdza podobieństwa wartości i interpretacji oraz różnice. Zależności pomiędzy zawartością FeCO_3 , CaCO_3 i MgCO_3 prezentuje Autorka w bardzo czytelny sposób na trójkącie udziału molowego na kolejnej figurze wraz z wartościami zaczerpniętymi z literatury. Pozwala to w łatwo zobaczyć podobieństwa i różnice wyników Autorki i badań poprzedników.

Wykonane przez Doktorantkę oznaczenia składu chemicznego, zawartości pierwiastków śladowych, badania Fl i izotopów prowadzą do określenia charakteru mineralizacji w kolejnym podrozdziale zatytułowanym „Ewolucja genetyczna mineralizacji kruszcowej”(8.4). Autorka szeroko omawia tę mineralizację w polskiej części Tatr i odnosi ją do innych wystąpień w Karpatach, zwłaszcza

z części słowackiej górotworu, gdzie oznaczenia prowadził Bakoš (2003), a później Majzlan i in. (2020). W oparciu o wyróżnienia etapów mineralizacji w jednostce Tatric Doktorantka zalicza większość próbek z Tatr Zachodnich do etapu dolomitowo-barytowo-terteadrytowego i przytacza zawartości stosunków $Sb/(Sb+As) > 0.8$ oraz $0.3 < Fe/(Fe+Zn) < 0.6$. Ilustruje to załączona figura zbiorcza (Fig.48), bardzo istotna w tym miejscu, aczkolwiek będąca powtórzeniem wcześniejszej. Część przebadanych próbek z polskiej części Tatr zaliczyć można także do etapu kwarcowo-Cu-siarczkowego, co jest najnowszym osiągnięciem w stosunku do wcześniejszych badaczy.

Na podstawie rozważań zawartości pierwiastków śladowych i istniejących paragenez w przeprowadzonej dyskusji Autorka skłania się do określenia warunków tworzenia mineralizacji jako niskotemperaturowych i niskociśnieniowych. Obszernie dyskutuje badania inkluzji fluidalnych, przy niedosyć oznaczeń własnych, cytując szereg prac, głównie Tatr Wysokich, zarówno polskich, jak i słowackich.

Ta część rozprawy jest dla recenzenta zbyt długa i o tyle skomplikowana, że autorzy słowaccy podają swoje oznaczenia w konkretnych, drobnych, nie do końca znanych, czy zaznaczonych na jakiejś figurze lokalizacjach. Sądzę, że bardziej przystępne, zrozumiałe i ciekawe byłoby w tym miejscu tekstu zestawienie tabelaryczne obejmujące za poszczególnymi autorami: wielkość inkluzji, zakres temperatur homogenizacji, interpretację temperatury, ciśnienie, zasolenie i charakter fluidu, lokalizację i bibliografię (Fragment takiego zestawienia recenzent zamieszcza, jako swego rodzaju sugestią ujęcia tematu, w Załączniku 1 do niniejszej recenzji, dotyczącym szczegółów technicznych). Godne pochwały i podkreślenia jest dotarcie przez Autorkę do tak licznej bibliografii, podającej wyniki oznaczeń inkluzji fluidalnych w Tatrach i Małych Karpatach. W swych rozważaniach podobieństw i różnic w stosunku do wyników innych badaczy, Autorka prezentuje także bardzo czytelny wykres współzależności zasolenia fluidu i temperatury homogenizacji inkluzji dwufazowych dla Tatr Zachodnich i oznaczeń z Tatr słowackich (Bakoš, 2003). Natomiast rozważania T_e wymagają pewnej rewizji. Temperatura eutektyku jest zawsze wartością ujemną, więc w określeniach „wyższe” i „niższe” temperatury powinno się uwzględniać kierunek osi w zakresie poniżej zera.

Wkład własny w badania izotopowe w Tatrach dyskutuje Autorka w końcowej części podrozdziału. Podobnie, jak w przypadku FI, widzi konieczność przeprowadzenia dalszych badań. Swoje wyniki dla tetraedrytu z rejonu Baniste i Doliny Pyszniańskiej wiąże z dominującym pochodzeniem magmowym, podobnie, jak Gawęda i in. (2007) dla okolic Starobociańskiego Wierchu i Ornaku oraz tetraedrytu ze złóż kruszcowych jednostki Tatric (Majzlan i in. 2020). Stosunki izotopowe węgla i tlenu w Tatrach Zachodnich wskazują na obecność hydrotermalnych węglanów i obecność atmosferycznego dwutlenku węgla oraz mieszane magmowo-meteoryczne pochodzenie roztworów hydrotermalnych. Stosunki izotopowe dla Tatr Wysokich są, zdaniem Autorki, porównywalne z tymi

dla Tatr Zachodnich. Różnią się, natomiast od wartości uzyskanych dla węglanów a podawanych przez Ggawędę (2001, 2007).

Ostatnie strony dysertacji doktorskiej pani mgr inż. M.M. Sitarz to nienumerowane części: „Podsumowanie i wnioski” oraz „Wdrożenie wyników badań”, ten ostatni fragment nawet nie ujęty w spisie treści.

Jest to rzeczyste zakończenie przeprowadzonych przez Autorkę prac analityczno-badawczych i terenowo- inwentaryzacyjnych oraz klarowne podsumowanie osiągniętych wyników naukowych i inwentaryzacyjnych. Zdaniem Autorki, mineralizacja hydrotermalna w Tatrach Zachodnich tworzyła się w następujących etapach: węglany I – Kwarc I – baryt I – kwarc II + węglany II + mineralizacja kruszcowa + baryt II – mineralizacja **hipergeniczna**. Według Doktorantki w polskiej części Tatr mineralizacja jest uboga i monotonna. Warunki jej tworzenia (zarówno z punktu widzenia inkluzji fluidalnych, jak i izotopów) są podobne, jak w pozostałych rejonach krystaliniku. Hydrotermalna mineralizacja kruszcowa na terenie Tatr stanowiła źródło historycznego górnictwa, którego zachowane do dziś ślady w Tatrach Zachodnich odnalazła, zinwentaryzowała i zbadała Autorka, co wraz z wkładem analityczno-badawczym poszerza wiedzę w zakresie dziedzictwa naturalnego i kulturowego całych Tatr.

Ocena merytoryczna

Recenzowaną rozprawą doktorską mgr inż. M.M. Sitarz to obszerne studium terenowo – badawcze, w którym połączone zostały aspekty inwentaryzacyjno-poznawcze dotyczące pozostałości po górnictwie kruszczowym w Tatrach z badaniami analityczno-instrumentalnymi mineralizacji kruszczowej.

Recenzent wysoko ocenia dysertację doktorantki. Rozprawa doktorska pani mgr inż. M.M. Sitarz jest ciekawa i podoba się osobie recenzującej, chociaż jest inna niż typowa praca doktorska – ma charakter inwentaryzacyjno-badawczy i rozpatruje kilka aspektów badawczo-poznawczych. Napisana jest ładnym językiem i starannie przygotowana.

Doktorantka wykonała trudną i zasługującą na uznanie pracę inwentaryzacyjną bieżących pozostałości po górnictwie kruszczowym w Tatrach. Przyznam, że chętnie zobaczyłabym w terenie choć jedną taką (łatwo dostępną) lokalizację i liczę na chociaż jedno turystyczne udostępnienie na terenie TPN – może na zboczach Ornaku - wraz z tablicą edukacyjną zawierającą wyniki prac analitycznych prezentowanych w rozprawie pani magister, nie tylko w lapidarium TPN, jak to jest w planach.

Prace badawcze wykonane przez Doktorantkę i przedstawione w dysertacji zasługują na uznanie. Autorka nie tylko poradziła sobie z trudnym terenem badawczym i inwentaryzacyjnym (Tatry Zachodnie, Tatry Wysokie, obszar Parku Narodowego), ale dokonała szerokiej, szczegółowej analizy minerałów kruszcowych i towarzyszących, co rzuca światło na charakter tych minerałów, ich skład i pochodzenie.

Przy pomocy wielu metod Autorka przebadła imponującą ilość próbek kruszców i minerałów płonnych, zebranych bez użycia młotka z uwagi na specyficzny obszar Tatrzańskiego Parku Narodowego i uzyskała ciekawe wyniki w zakresie wielu wątków badawczych.

Podsumowując rozważania mające na celu ocenę recenzowanej rozprawy doktorskiej można powiedzieć, że

- 1) Autorka osiągnęła cel naukowy, jakim była charakterystyka mineralogiczno-petrograficzna minerałów kruszcowych z obszaru historycznego górnictwa tatrzańskiego;
- 2) Opanowała – teoretycznie i praktycznie – olbrzymi wachlarz metodyczny wykazując się w pracy znajomością metod i umiejętnością interpretacji wyników;
- 3) Wykazała się umiejętnością i możliwością dokonywania przeliczeń w zakresie geochemii, mikrotermometrii, badań izotopowych i ramanowskich;
- 4) Przeprowadziła liczne, cenne badania i wyciągnęła ciekawe, daleko idące wnioski;
- 5) Wykazała się umiejętnością dyskusji i interpretacji wniosków metodycznych.
- 6) Autorka osiągnęła również cel praktyczny, jakim była inwentaryzacja i dokumentacja obiektów dawnego górnictwa tatrzańskiego i tym samym wypełniła zadanie wdrożenia społeczno-naukowego.

Wyciągnięte przez p. mgr inż. M.M. Sitarz wnioski o charakterze mineralogicznym, petrograficznym i geochemicznym odniesione do zinwentaryzowanych i szczegółowo opisanych pozostałości górnictwa w Tatrach Zachodnich, mają znaczenie zarówno lokalne, jak i regionalne. Posłużą rozwojowi wiedzy i informacji o geologicznej historii Tatr i o dawnym górnictwie tatrzańskim.

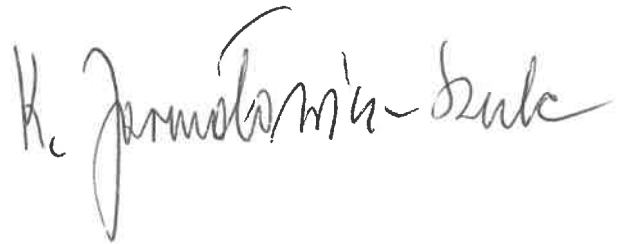
Wnioski końcowe

Niezależnie od wyrażanych uwag krytycznych, których celem jest dodatkowe powiększenie wartości pracy, a wyrażanych zarówno w trakcie omawiania rozprawy, jak i w załączniku poprawek

technicznych, recenzent uważa rozprawę pani mgr inż. M.M. Sitarz za opracowanie ciekawe i wartościowe, i wnoszące wiele nowego do dotychczasowej wiedzy na temat mineralizacji kruszcowej Polskich Tatr i historycznego wydobycia kruszców .

Ogółem jako recenzent oceniam rozprawę doktorską mgr inż. Magdaleny Marii Sitarz bardzo wysoko. Uważam pracę badawczą doktorantki za wnikliwą i wielostronną. Podkreślić należy aspekt praktyczny przeprowadzonych badań analitycznych i inwentaryzacyjnych, które zostaną wdrożone do rozprzestrzeniania wiedzy na terenie TPN. W swojej rozprawie autorka wykazała się bardzo dobrym opanowaniem warsztatu metodycznego, uzyskała ciekawe wyniki badań i ich dyskusję przeprowadziła właściwie i satysfakcjonująco.

Rozprawa spełnia wymogi Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018, poz.1668, z późn. zm.) i w związku z tym wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Magdaleny Marii Sitarz do dalszych części procedury nadawania stopnia doktora. .

Handwritten signature in black ink, appearing to read "K. Jarmolowski". The signature is written in a cursive, flowing style.

UWAGI TECHNICZNO-REDAKCYJNE

Załącznik 1.

Figury 1-7. Obrazy makroskopowe okazów

Trochę razi nieujednolicony sposób prezentacji skali, zwłaszcza liczne na zdjęciach 10- i 20 groszówki. Problem skali makroskopowej można na przyszłość rozwiązać karteczką z 1 cm położoną obok okazu.

Figury 8. 13. 16. 17 – różne formy wypełnień żyłami kruszczowymi szczelin, spękań, pęknięć, czy pustek - w tekście; W tekście cytowane są w takiej, skokowej kolejności – można je zredukować do ilości obiektów, i stawiać w tekst dokładnie przy omawianych formach wypełnień.

Figura 8 – Tetraedyt i chalkopiryt : Układ zdjęć jest w pionie.; o ile przy jednym charakterystycznym mineralu opis odzwierciedla treść, to przy tetraedyty, chalkopirycie i barycie w żyłce dobrze byłoby pokazać strzałkami i literami, bądź cyframi, który minerał jest który.

Fig. 9 – na zdjęciach trzeba podkreślić minerały.

Fig. 33 -40. Inkluzje fluidalne w świetle przechodzącym i UV.

Dziwna kolorystyka zdjęć w nadfiolecie, sugerująca przesunięcie bardziej w kierunku światła niebieskiego niż fluorescencji (podać długość fali).

Przykładowe obiekty na zdjęciach/figurach warto byłoby wyróżnić strzałkami.

Fig. 26. Na mapce z Google Earth naniesione są czarne cyferki 1, 2 – praktycznie niewidoczne , zwłaszcza w rejonie Wielkiego Piargu (n.M.O.).

Uwagi tekstowe

Str.11. Cytowanie Gawęda i in. (1998) – powinno być Gawęda, Paulo (1998);

Str.16. Cytowanie Mikulski (2012) – powinno być Mikulski i in. (2012);

Str.17 – Plašienka i in. 1997;

Str.21 Cytowanie Burda Gawęda 2011998 – powinno być Burda i in. (2011) - od Burda, Gawęda, Klötzli;

Str.34 – w podpisie Planu kopalni jest Zwoliński (1959) – w literaturze jest: 1958;

Str.67, 68 – Biagioni, czy Biaggioni i in (2020);

Str.128 – Paulo 1998, czy , jak w spisie literatury 1997;

Str.129 – na figurze – jest Wątocki ,1957, nie 1951 i Bakos. 2002;

(Teoretycznie) brak w literaturze pracy Radkova i in. 2017 (str.130) – a to chyba poz. 14 w spisie ...

Str. 131 – Luptakova, Pršek ...

Str.137 – drobne błędy w cytowaniu prac np. jest Chowan (1990) zamiast Chowan i in. (1990);

Str. 160 – bibliografia : „bałagan” w referencjach Luptakova lub Luptakova i in. (poz. 75-78);

Drobne sugestie recenzent co do możliwości udoskonalenia poszczególnych rozdziałów (jak np. omawiającego dość szczegółowo zarówno budowę szeroko rozumianego rejonu, jaki kwestie genetyczne trzonu krystalicznego Tatr) zawarte są przy omawianiu tych rozdziałów .

W rozdziale „Dyskusja” – propozycja tabelarycznego ujęcia np.

Minerał	Wielkość Inkluzji (um)	Temp . T _h (°C)	Temp. Krystaliz acji (°C)	Ciśnien e (kbar)	Fluid	Zasole nie (% wag.ek w. NaCl)	Lokalizacja	Bibliografia
---------	------------------------------	----------------------------------	---------------------------------	---------------------	-------	---	-------------	--------------

Kwarc, żyły hydr.	2-10 Wtórne	156- 187			NaCl -H ₂ O	1.73-17	Tatry Wysokie	Sitarz i in. (2021)
Kwarc , żyły zmylonity- zowane	2-15	89- 169	264-316	1.3 – 1.6	NaCl, KCl	4.8 – 12.7	Tatry Wysokie	Jurewicz, Kozłowski (2002)
Kwarc z minerali- zacji dolomito- wej i Fe- dolomit.		190- 250					Tatry Wysokie	Gawęda (2001)
Kwarc	10-15	120.8 - 200.5			NaCl -H ₂ O	13.94- 32.18	Tatry Zachodnie	Bakoš (2003)
Kwarc		120- 174 120- 170 p. 97- 120 wt.			NaCl -H ₂ O		Polska część Tatr Zachodnich	Autorka