

Zarys budowy i ewolucji tektonicznej waryscyjskiej struktury Sudetów – odpowiedź

Paweł Aleksandrowski^{1,2}, Stanisław Mazur¹, Jacek Szczepański¹



P. Aleksandrowski



S. Mazur



J. Szczepański

Dziękujemy koledze Zbigniewowi Cymermanowi za wykazanie zainteresowania naszą publikacją (Mazur i in., 2010a), za umożliwienie nam spojrzenia na nią niezależnymi oczyma czytelnika oraz uświadomienie pewnych jej niedoskonałości i uchybień. Spieszmy zatem, by choć pobieżnie odpowiedzieć na liczne krytyczne uwagi i pytania zawarte w artykule dyskusyjnym (zob. Cymerman, 2010), gdyż obawiamy się, że odpowiedź pełna wielokrotnie przekroczyłaby objętość akceptowalną przez redakcję *Przeglądu Geologicznego*.

Zbigniew Cymerman zarzuca naszemu artykułowi brak oryginalności, krytycznie dyskutuje o zgodności jego treści z zadeklarowanymi przez nas celami publikacji, kon-

testuje pominięcie licznych, istotnych Jego zdaniem, koncepcji i opracowań innych autorów, a następnie skupia się na krytyce naszego, jakoby zbyt pobieżnego i/lub nietrafnego potraktowania kilku wyodrębnionych przez siebie grup problemów szczegółowych, takich jak nomenklatura jednostek strukturalnych oraz kwestie „podejrzanych” terenów tektonostratygraficznych, danych strukturalno-kinematycznych i braku detali interpretacyjnych w naszym zgeneralizowanym opisie skutków deformacji waryscyjskiej w Sudetach. Po przeczytaniu całości artykułu dyskusyjnego z silniejszym niż zwykle nastawieniem autokrytycznym po raz kolejny pograżyliśmy się w lekturze własnej publikacji, starając się spojrzeć na zawarte w niej sformułowania możliwie obiektywnie i rozważając zasadność uwag naszego Polemisty. Zauważyliśmy wtedy racjonalność zarzutu o niepełnej zgodności sformułowanych przez nas celów z treścią naszego artykułu, pozostałe zaś elementy krytyki wydały się nam w znacznej mierze nieuzasadnione.

Przedstawione cele artykułu a ich realizacja – nasze niewątpliwe niedopatrzenie

Z pewną pokorą przyjmujemy krytykę dotyczącą realizacji w naszym artykule celów określonych jako *przegląd*

¹Uniwersytet Wrocławski, Instytut Nauk Geologicznych, pl. Borna 9, 50-204 Wrocław; pawel.aleksandrowski@ing.uni.wroc.pl, stanislaw.mazur@ing.uni.wroc.pl, jacek.szczepanski@ing.uni.wroc.pl

²Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Dolnośląski, al. Jaworowa 19, 53-122 Wrocław

obecnego stanu wiedzy dotyczącej pozycji tektonicznej, budowy i historii rozwoju przedpermicznego piętra strukturalnego Sudetów oraz udostępnienie współczesnych koncepcji i wyników badań (Mazur i in., 2010a). W naszym artykule faktycznie przedstawiamy obecny stan wiedzy oraz współczesne koncepcje i wyniki badań dotyczące geologii waryscydyków sudeckich, jednak – ze względu na wymogi redakcyjne oraz możliwości realizacji zamierzonych zadań dydaktycznych – czynimy to w sposób skrócony i uproszczony. Publikacja zawiera jednak tylko tę wersję modelu budowy i ewolucji Sudetów, która – naszym zdaniem – stanowi w miarę zbliżone do rzeczywistości uogólnienie wyników szczegółowych badań całych pokoleń geologów różnych specjalności, w tym zwłaszcza przeprowadzonych w ostatnich latach badań petrologicznych, geochronologicznych, tektonicznych i geochemicznych. Zgadza się, że trudno nazwać *przeglądem obecnego stanu wiedzy* prezentację jednego zasadniczo modelu, choćby i spójnego wewnętrznie (a za taki go uważamy) oraz nieposiadającego aktualnie równorzędnej konkurencji pod względem zgodności z wynikami różnego typu badań podstawowych (i tę opinię jesteśmy w stanie szczegółowo uzasadnić). Właśnie z tego powodu nie odwoływaliśmy się do cytowanych przez naszego Adwersarza jako konkurencyjne wobec naszego modelu *nowych i ważnych prac na temat ewolucji tektonometamorficznej różnych jednostek sudeckich*. Niemal wszystkie z nich albo dotyczą tylko części Sudetów, albo też skoncentrowane są jedynie na wybranych zagadnieniach, przez co nie muszą już uwzględniać – i nie uwzględniają – wyników badań z innych jednostek sudeckich ani wyników dotyczących zagadnień spoza swego obszaru zainteresowań i dlatego przedstawione w nich interpretacje – naszym zdaniem – nie układają się w spójny model regionalny uwzględniający całokształt dostępnych danych.

Popełnione przez nas główne uchybienie polega na umieszczeniu w krótkim, syntetycznym i mocno zgeneralizowanym artykule deklaracji zrealizowania celów przewidzianych dla całego cyklu publikacji, do którego artykuł ten miał być zaledwie wstępem. Wspomniana deklaracja w przypadku naszego ostatniego artykułu miała brzmieć następująco: *Niniejsza publikacja stanowi pierwszy, wstępny odcinek planowanego przez nas cyklu artykułów, zawierającego przegląd obecnego stanu wiedzy dotyczącej pozycji tektonicznej, budowy i historii rozwoju przedpermicznego piętra strukturalnego Sudetów jako fragmentu pasma waryscyjskiego Europy. Jego celem stanowiąc będzie udostępnienie szerszym kręgom polskiej społeczności geologicznej współczesnych koncepcji i wyników badań, rozproszonych w różnych źródłach, często anglojęzycznych i opublikowanych za granicą, a przez trudno dostępnych dla większości czytelników.*

Przez ewidentne niedopatrzenie nie zwróciliśmy uwagi na fakt, iż w naszej publikacji sformułowanie to pozostało w swej wczesnej wersji, napisanej dla wszystkich artykułów cyklu, w którego kolejnych odcinkach będziemy bardziej systematycznie i szczegółowo omawiać geologię poszczególnych części Sudetów, nie stroniąc od prezentacji różnych poglądów, wzajemnie sprzecznych interpretacji oraz odwołań do historycznych i/lub klasycznych pozycji literatury regionalnej. Niedostatek tych ostatnich w pierwszej publikacji cyklu wynika z ich generalnej nie-

przystawalności do zagadnień ewolucji tektonicznej Sudetów, omawianych w niej na wysokim stopniu uogólnienia, w skali ponadregionalnej i w odniesieniu do nowych koncepcji tektonicznych i nowych wyników badań. Mamy nadzieję, że przygotowywany przez nas obecnie cykl artykułów na temat Sudetów okaże się wreszcie faktycznym *przeglądem współczesnego stanu wiedzy*, konfrontującym rozmaite wyniki, interpretacje i idee oraz że nie będzie już tak rozczarowujący dla naszego Polemisty.

Kwestia oryginalności naszego artykułu

Na wstępie do uwag krytycznych zestawionych przez Zbigniewa Cymermana znajdujemy zarzut, że artykuł, określony przez nas jako *znacznie rozszerzona i zmodyfikowana wersja referatu przedstawionego na XVI Zjeździe Stowarzyszenia Geologów Wychowanków Uniwersytetu Wrocławskiego* (Mazur i in., 2010a), nie jest oryginalny, gdyż *rozbudowaną jego wersję opublikowali prawie ci sami autorzy kilka lat wcześniej w Geological Quarterly* (Mazur i in., 2006) i że nowym elementem jest tu tylko jedna rycina z przekrojami geologicznymi (ryc. 4, Mazur i in., 2010a). Jest to w znacznej mierze, ale jednak nie do końca, prawda. Nie do końca, ponieważ wszystkie ostatnio zamieszczone przez nas ryciny (1–4, *op.cit.*) zostały w swych licznych szczegółach istotnie zrewidowane, uzupełnione i zmodyfikowane w stosunku do publikowanych wcześniej pierwowzorów, co odzwierciedla zarówno stopniowy wzrost ilości dostępnej informacji geologicznej od 2006 r., jak i związane z nim zmiany świadomości autorów w kwestii rozumienia budowy i ewolucji Sudetów.

Z tego, że nasza publikacja nie jest w pełni oryginalna, nie czynimy zresztą tajemnicy, a naszą intencją nie było dostarczenie czytelnikowi tekstu zawierającego całkowicie nowe, dotąd niepublikowane dane i interpretacje. Głównym zadaniem omawianego artykułu było zebranie i przedstawienie w przystępnej formie oraz w języku polskim szerszym kręgom odbiorców wyników naszych wcześniejszych prac (w tym – w znacznej mierze – reinterpretacji i przemyśleń dotyczących wyników badań innych autorów), opublikowanych po angielsku w rozmaitych, często trudno w Polsce dostępnych źródłach, a przez to – jak uważamy – niemal zupełnie nieobecnych w świadomości polskich geologów.

O niewłaściwości niektórych metod polemicznych i wykrzywionym wizerunku stanu wiedzy o śródsudeckiej strefie uskokowej

Najwyraźniej implikacje geologiczne wyników naszych badań miały trudności z przebicciem się również i do świadomości naszego Szanownego Polemisty, który odwołuje się do naszych prac często tylko fasadowo, bez faktycznego wzięcia pod uwagę zawartych w nich danych, modeli i interpretacji (np. Cymerman, 2000a, b, 2002; por. również pozytywne – naszym zdaniem – wyjątki: Cymerman 1996, 1998a), a niekiedy wręcz tylko po to, żeby bez istotnych – naszym zdaniem – argumentów i dowodów im zaprzeczyć (np. Cymerman, 1998b). Przykładem takiego sposobu postępowania naszego Adwersarza może być zawarta w przedostatnim rozdziale Jego artykułu krytycznego (Cymerman, 2010) wzmianka na temat naszych rzekomo błędnych interpretacji przemieszczeń na uskoku śród-

sudeckim. *Od dwóch dekad zakładane są prawoskrętne przemieszczenia przesuwcze na uskoku śródsudeckim (Aleksandrowski, 1990) – pomimo wykazania tam lewoskrętnych i transtensyjnych przemieszczeń podatnych o zwrocie strop ku NW do WNW (Oliver i in., 1993; Johnston i in., 1994; Cymerman 1994, 1998b, 1999) – pisze nasz Polemista. W rzeczywistości dla uskoku śródsudeckiego zostały wykazane (a nie są zakładane) prawoskrętne przemieszczenia przesuwcze, natomiast lewoskrętne (choć bynajmniej nie transtensyjne) przemieszczenia podatne, związane też częściowo ze zwrotem strop ku NW do WNW, okazały się całkowicie błędną interpretacją autorów trzecich.*

W szczegółach wygląda to tak: detaliczna analiza strukturalna fragmentu śródsudeckiej strefy uskokowej w rejonie Pilchowic przeprowadzona przez Aleksandrowskiego (m.in. 1990, 1994, 1995, 2003; Aleksandrowski i in., 1997) wykazała nałożenie efektów dwóch etapów przemieszczeń przesuwczych o przeciwnym zwrocie: prawoskrętnego wczesnokarbońskiego (Marheine i in., 2002), które zaszło w warunkach podatnego ścinania na etapie deformacji oznaczonym jako D₂ oraz lewoskrętnego, najprawdopodobniej późnokarbońskiego, które odbyło się w warunkach półkruchych i kruchych etapu deformacji D₃. Taka zmiana zwrotu przemieszczeń jest *nota bene* typowa dla dużych uskoków przesuwczych, szczególnie na granicach terranów. Kinematyczne wskaźniki ścinania związane z obydwoma etapami przemieszczeń uskokowych okazały się w Pilchowicach nałożone na starszą teksturę deformacyjną, wykształconą w warunkach plastycznego płynięcia materiału skalnego i charakteryzującą się penetratywną foliacją i lineacją z rozciągania, związaną z wcześniejszym, wczesnokarbońskim, zachodzącym w Sudetach Zachodnich na skalę regionalną podatnym ścinaniem o zwrocie strop ku NW i kinematyce kontrakcyjnej (nasuwającej) podczas etapu deformacji D₁. W obrębie śródsudeckiej strefy uskokowej i mas skalnych bezpośrednio do niej przyległych podczas transpresyjnej (nie transtensyjnej!) deformacji na etapie D₂ doszło do znacznego zestromienia i wertykalizacji foliacji, tak że wskaźniki podatnego ścinania z etapu D₁ zostały zreorientowane do położenia, w którym wykazują pozornie lewoskrętny zwrot ścinania o kinematyce przesuwczej. W taki też sposób zostały błędnie zinterpretowane przez Olivera i in. (1993) oraz Johnstona i in. (1994), wykonujących badania strukturalne w Sudetach tylko punktowo. Ponieważ interpretacja ta skutkowała istotnymi a nierealistycznymi implikacjami dla odtworzenia paleotektoniki Sudetów, została szczegółowo zanalizowana, skrytykowana i skorygowana przez Aleksandrowskiego (1994; Aleksandrowski i in., 1997, 2000), a także poddana pod międzynarodową dyskusję i niezależnie wyjaśniona i wycofana przez Grahame'a Olivera podczas osobistej rozmowy z Pawłem Aleksandrowskim na zamku Książ podczas konferencji w ramach programu *Euromprobe* w 1996 r. (David Johnston niestety nie dożył takiej konfrontacji, gdyż zginął wcześniej tragicznie, prowadząc badania geologiczne na klifach Irlandii).

W 1998 r. nasz Adwersarz opublikował krótką pracę (Cymerman, 1998b), w której, nie odnosząc się w żaden sposób do powyższej, zrelacjonowanej w szeregu artykułów i opartej na rzeczowych argumentach dyskusji, zakwestionował bez przedstawienia istotnych dowodów większość ustaleń Aleksandrowskiego i współautorów, doty-

czących kinematyki przemieszczeń na śródsudeckiej strefie uskokowej. W szczególności podał w wątpliwość przesuwczą kinematykę tej strefy i podatny charakter deformacji związany z opisanym przez Aleksandrowskiego przemieszczeniem prawoskrętnym. W odpowiedzi Aleksandrowski (2003) skrytykował trzy główne argumenty Cymermana wytoczone przeciw przesuwczej kinematyce dyslokacji śródsudeckiej, zauważając na gruncie wiedzy geologicznej połączonej z elementami logiki, że dwa spośród nich w *najmniejszym* nawet stopniu nie mogą być podstawą do jej podważenia, a argument trzeci [...] również jest łatwy do odparcia (po szczegóły odsyłamy zainteresowanego Czytelnika do prac Cymermana, 1998 i Aleksandrowskiego, 2003).

Dlaczego w naszym artykule nie odnieśliśmy się do licznych interpretacji i koncepcji wielu innych autorów oraz do szeregu prac klasycznych

Zbigniewa Cymermana zdumiewa, że w naszym artykule *pominięto* [...] nie tylko cytowania, ale przede wszystkim dyskusję z wynikami prac strukturalnych i kinematycznych dla największych jednostek strukturalnych Sudetów, takich jak metamorficzny kompleks kacawski czy kopuła orlicko-śnieżnicka. Zapytuje też, *dlaczego nie podjęto dyskusji na temat pozycji terranu sowiogórskiego jako ewentualnego fragmentu łuku perybałtyckiego (Cymerman, 1998a, 2000a, b). Pominięto i nie podjęto* dlatego, że wspomniane problemy i prace dotyczą zagadnień szczegółowych oraz w większości prezentują wzajemnie sprzeczne rozwiązania, które – naszym zdaniem – nie odzwierciedlają w wystarczający sposób wyników badań podstawowych. Tymczasem – powtarzamy raz jeszcze – opublikowany przez nas artykuł nie jest rygorystycznie napisanym oryginalnym wkładem w rozwój wiedzy o Sudetach, tylko przystępnie sformułowanym wstępem do cyklu bardziej szczegółowych, ale wciąż przeglądowo-popularyzatorskich publikacji. Dotyczy on wyłącznie zagadnień ogólnych i prezentuje w języku polskim (co w obecnej sytuacji fachowego piśmiennictwa geologicznego w naszym kraju stanowi w pewnym sensie ewenement) i w sposób – wierzymy – zrozumiały dla szerokiego grona odbiorców zasadnicze zręby współczesnej wiedzy o Sudetach, wyłożone w postaci jednej, spójnej, autorskiej wizji ich budowy i ewolucji, którą wypracowaliśmy w trakcie długoletniej współpracy. Gdybyśmy, pisząc artykuł, zastosowali się do sugestii naszego Oponenta, to musielibyśmy w pewnym miejscu skoncentrować się np. na postulowanych przez różnych autorów przemieszczeniach na uskoku śródsudeckim. Napisalibyśmy wtedy pewnie, że do dziś nie wiadomo, ile wynosi sumaryczne prawoskrętne przemieszczenie przesuwcze na tym uskoku – ponad 300 km, jak postuluje Aleksandrowski (1990, 1994, 1995, 2003), czy tylko 100–150 km, jak to widzą Franke i in. (1993). Napisalibyśmy też, że wedle niektórych autorów uskok śródsudecki mógł mieć kinematykę lewoprusuwczą (oprócz lub zamiast dekstralnej) o amplitudzie rzędu 150 km (Oliver i in., 1993). W końcu dodalibyśmy, że nie można również całkiem wykluczyć możliwości, że sumaryczne przemieszczenia na uskoku (podczas jednej fazy lub kilku faz wzajemnie znoszących swe efekty) były bardzo niewielkie, wręcz zaniedbywalne, a w poprzek uskoku można śledzić

przedłużanie się granic jednostek tektonicznych pomiędzy jednostką kaczańską i wschodnią okrywą granitu Karkonoszy (Seston i in., 2000). Wyjaśnilibyśmy też, że pogląd powyższy stoi w sprzeczności z obserwacjami Aleksandrowskiego (1990, 1995), który stwierdził, że na całej długości uskoku śródsudeckiego – z wyjątkiem jego najbardziej wschodniego odcinka – na obu jego skrzydłach występują zupełnie różne, niedające się bezpośrednio skorelować ze sobą jednostki tektoniczne. Dorzucilibyśmy także, że niektórzy autorzy (np. Cymerman, 1998b) – inna sprawa, że bez dowodów – w ogóle kwestionują przemieszczenia przesuwce na tej strefie uskoku, zastępując je zrzutowymi, oraz że w latach 50. badacze Sudetów Zachodnich zaprzeczali wręcz samemu istnieniu dyslokacji śródsudeckiej, gdyż przejście między metaosadowymi i metawulkanicznymi seriami skalnymi Gór Kaczawskich a gnejsami i granitami masywu izerskiego wydawało im się naturalnym skutkiem procesów metasomatycznej granityzacji, zgodnie z ówczesnie modną koncepcją.

Rzeczywiście zatem Czytelnik nie znajdzie w naszym artykule *rzetelnego* omówienia tych wzajemnie wykluczających się poglądów. Ale czy faktycznie na tym straci? Czy praca prezentująca te liczne, sprzeczne ze sobą i zazwyczaj słabo udokumentowane hipotezy dobrze spełniałaby rolę popularyzatorsko-informacyjną – o jaką nam chodziło – czy też miałaby raczej charakter odstraszący? Czy nie wywołałaby u Czytelników – niespecjalistów w dziedzinie geologii regionalnej południowo-zachodniej Polski – wrażenia, że geologią Sudetów interesować się nie warto, bo nic na jej temat nie wiadomo na pewno, a wzajemnie niezgodne interpretacje generują jedynie chaos pojęciowy? A przecież wrażenie takie chyba nie odpowiadałoby prawdzie. Obecność formacji skalnych powstałych we wczesnopaleozoicznych basenach ekstensyjnych oraz ortognejsów, będących istotnym składnikiem ich podłoża, stanowi niekwestionowaną cechę Sudetów Zachodnich – niezależnie od skali i zwrotu przemieszczeń na uskoku śródsudeckim i od tego, czy w Sudetach Zachodnich mamy do czynienia z jednym terranem tektonostratygraficznym (Seston i in., 2000; Winchester i in., 2002), czy też np. z trzema zupełnie odrębnymi terranami (Aleksandrowski & Mazur, 2002). W naszym artykule usiłowaliśmy wybrać z chaosu wypowiedzianych dotąd hipotez (a wypowiedzianych nie zawsze odpowiedzialnie i na podstawie wystarczającej ilości danych) ugruntowane informacje i interpretacje, znajdujące oparcie w faktach obserwacyjnych i wynikach badań analitycznych. Okazało się (ze złością, Drogi Czytelniku, zauważyć tu sporą dawkę autoironii, ale też i odrobinę poczucia wartości własnej autorów), że test na zgodność interpretacji z danymi terenowymi i laboratoryjnymi przeszedł, dziwnym trafem, tylko nasz autorski model budowy i ewolucji Sudetów.

O zagadnieniu terranów w Sudetach i o jednej koncepcji naszego Adwersarza, której nieuwzględnienie budzi Jego sprzeciw

Gdybyśmy do *dyskusji na temat pozycji terranu sowiogórskiego jako ewentualnego fragmentu łuku perybaltyckiego* spróbowali zastosować receptę pisarską Zbigniewa Cymermana, to musielibyśmy napisać, że kształt i swoisty

skład litologiczny masywu sowiogórskiego od dawna inspirował wyobraźnię geologów sudeckich. Masyw ten był wielokrotnie interpretowany jako płaszczowina (np. Kossmat, 1925, 1927; Znosko, 1981; Behr i in., 1982), a Oberc (1966) uznał go za „kamień węgielny”, wokół którego owinęła się *staroassyntyjska* struktura Sudetów. Badania analityczne z lat 90. zdawały się potwierdzać egzotyczny charakter terranu sowiogórskiego. Metamorfizm facji granulitowej był tam datowany na ok. 400 mln lat (O'Brien i in., 1997) i nie miał odpowiedników w innych jednostkach sudeckich. Wydawał się znacznie starszy niż metamorfizm granulitowy w masywie orlicko-śnieżnickim (datowany ówczesnie na 340 mln lat – np. Štípská i in., 2004; Lange i in., 2005a). Wiek protolitu gnejsów sowiogórskich był przy tym uważany za proterozoiczny (Żelaźniewicz, 1987, 1990). Późniejsze badania dowiodły jednak, że różnice nie są tak drastyczne, jak sądzono na początku. Okazało się, że większość południowo-zachodniej części masywu sowiogórskiego budują gnejsy o wieku ok. 500 mln lat, które występują powszechnie także w innych jednostkach sudeckich. Co więcej, wiek serii suprakrystalnej sięga ku górze przynajmniej po wczesny kambryj (Gunia, 1999), podobnie jak w metamorfiku Śnieżnika (Jastrzębski i in., 2010). Późniejsze, bardziej precyzyjne datowanie metamorfizmu facji granulitowej dało wiek ok. 395 mln lat w Górach Sowich (Kryza & Fanning, 2007) i 386 mln lat w masywie Śnieżnika (Anczkiewicz i in., 2007). W związku z tym nie jest wykluczone, że masywy sowiogórski i śnieżnicki mogą należeć do jednego stosu płaszczowin, obejmującego kompleksy skalne podobne pod względem ewolucji tektonometamorficznej. Jeśli byłoby tak faktycznie, to czy masyw sowiogórski nadal zasługiwałby na miano oddzielnego, egzotycznego terranu? Na pewno za osobny i egzotyczny uznawali go geolodzy wywodzący ten masyw z krawędzi Baltiki (platformy wschodnioeuropejskiej) lub związanego z nią zespołu terranów. Możliwość przedłużania się Baltiki aż po uskoki środkowej Odry jako pierwszy na gruncie współczesnych, mobilistycznych poglądów, opartych na zasadach tektoniki płyt litosfery postulował Berthelsen (1998), zainspirowany nową interpretacją głębokiego refrakcyjnego profilu sejsmicznego LT-7. Również późniejsze profile refrakcyjne eksperymentu POLONAISE'97 potwierdzały taką możliwość (np. Grad i in., 2002), choć Mazur i Jarosiński (2006) wskazywali, że może to być nadinterpretacja danych sejsmicznych. Wszystkie dotychczasowe publikacje odnoszące się do rezultatów badań głębokiej sejsmiki refrakcyjnej zakładały przedłużanie się krawędzi Baltiki po uskoki środkowej Odry jedynie na poziomie dolnej skorupy. Pierwszymi badaczami, którzy postulowali występowanie w górnej skorupie Sudetów terranów wywodzących się z krawędziowych partii Baltiki byli Oliver, Corfu i Krogh (1993). Założenie to miało bardzo poważne konsekwencje. Uskok śródsudecki, o którym była już mowa w kontekście błędnych interpretacji kinematycznych, uznano za szew tektoniczny powstały w rezultacie zamknięcia Oceanu Tornquista, a Sudety – za fragment orogenu kaledońskiego (Oliver i in., 1993; Johnston i in., 1994). Poglądy te spotkały się z ostrą krytyką wkrótce po ich ogłoszeniu (Aleksandrowski, 1994; Żelaźniewicz & Franke, 1994; Aleksandrowski i in., 2000). Nie będziemy

tu przedstawiać wysuwanych wtedy argumentów, zainteresowanego Czytelnika odsyłamy do prac źródłowych.

Nie zrażając się powyższą krytyką i najwyraźniej nie biorąc pod uwagę wypowiedzianych w jej ramach zasadniczej wagi argumentów, Zbigniew Cymerman ponownie zasugerował, że masyw sowiogórski stanowi terran perybałtycki (2000a). Czy w tym kontekście może kogoś zdziwić, że w swoim popularyzatorskim artykule pominieliśmy całkowicie w naszych oczach nieuprawnioną, wtórną i zdyskredytowaną jeszcze przed jej sformułowaniem hipotezę o pozycji terranu sowiogórskiego jako ewentualnego fragmentu łuku perybałtyckiego? Nasze stanowisko może tu ewentualnie wzmocnić fakt, że od czasu opublikowania nikt nie potraktował jej poważnie. Jeśliby jednak nasz Polemista faktycznie miał tu rację (w co – na gruncie argumentów merytorycznych – zupełnie jednak nie wierzymy), to czy ofiolit środkowosudecki o wieku protolitu wczesnokarbońskiego (Pin i in., 1988), sylurskim (Oliver i in., 1993) bądź też wczesnodewońskim (Dubínska i in., 2004) miałyby być kopalnym fragmentem dna Oceanu Tornquista, a masyw sowiogórski oderwanym i przemieszczonym fragmentem podłoża platformy wschodnioeuropejskiej? Swój wniosek o bałtyckim pochodzeniu masywu sowiogórskiego nasz Oponent (Cymerman, 2000a) opiera na rzekomym braku w gnejsach sowiogórskich odziedziczonych cyrkonów o neoproterozoicznym wieku. Odwołuje się przy tym do pracy Krönera i Hegnera (1998), którzy datowali gnejsy sowiogórskie, używając metody ewaporacji pojedynczych cyrkonów. Metoda ta ze swej natury nie nadaje się do oznaczania składnika odziedziczonych cyrkonów. Nowsze badania z użyciem mikrosondy jonowej SHRIMP (Kryza & Fanning, 2007) dowiodły, że w populacji cyrkonów odziedziczonych w gnejsach sowiogórskich dominuje właśnie składnik neoproterozoiczny (580 mln lat), podobnie jak i w innych terranach gondwańskich. Wydaje się to całkowicie dyskwalifikować hipotezę naszego Polemisty. Akrecja terranu sowiogórskiego i jednoczesne zamknięcie Oceanu Tornquista nastąpiło, Jego zdaniem, na przełomie syluru i dewonu – ze względu na maksymalny wiek ofiolitu sudeckiego (420 mln lat, Oliver i in., 1993) i wiek granulitów sowiogórskich, datujących już etap następny, tj. kolizję fragmentów skorupy kontynentalnej (395 mln lat, Kryza & Fanning, 2007). Tymczasem, wedle współczesnego stanu wiedzy, Ocean Tornquista został zamknięty już pod koniec ordowiku (Dallmeyer, 1999; Katzung, 2001; Winchester i in., 2002; Torsvik & Rehnström, 2003; Nawrocki & Poprawa, 2006), czyli jeszcze przed powstaniem dna oceanicznego, z którego wywodzi się ofiolit sudecki. Zbigniew Cymerman nie ustosunkowuje się w swoich pracach (2000a, 2002) do tego paradoksu związanego z lansowaną przez siebie hipotezą.

Przerwijmy w tym miejscu dyskusję nad ewentualną perybałtycką proveniencją masywu sowiogórskiego. Powyższe akapity potraktujmy zaś jako próbkę tego, jak wyglądałby nasz tekst, gdyby napisać go wedle wskazówek naszego Adwersarza. *Rzetelne* omówienie wcześniejszych poglądów uczyniłoby z niego niestrawny aglomerat wzajemnie sprzecznych hipotez o zupełnie różnej wartości merytorycznej. Oczywiście Zbigniew Cymerman jako wytrawny badacz geologii Sudetów bez problemu dostrzeżę

różne niuanse związane z licznymi badaniami i interpretacjami tego obszaru, ale wydaje się, że nie jest to przypadek wszystkich czytelników... Łatwo jest, będąc przeciwnego zdania w większości kwestii, sugerować nam nierzetelność i stronniczość, podpierając się przy tym garścią mniej lub bardziej przypadkowo dobranych cytowań prac zawierających interpretacje, których nie da się zaakceptować ze względu na brak zgodności z danymi terenowymi i analitycznymi. Trudniej jest stworzyć spójny schemat budowy Sudetów, wpisujący się w kanony współczesnej nauki i niesprzeczny z wynikami różnego typu badań podstawowych. Równie trudno jest opisać go w taki sposób, aby był zrozumiały dla szerokiego grona czytelników.

Czujemy się jeszcze zmuszeni odpowiedzieć na zarzut, że w naszym artykule brak jest wystarczającej informacji o terranowej budowie Sudetów oraz na – nie wprost sformułowaną, ale wyraźnie czytelną – sugestią, że obecnie chyłkiem wycofujemy się z naszego wcześniej opublikowanego modelu z 8 terranami w Sudetach (Aleksandrowski & Mazur, 2002; Mazur i in., 2006). Otóż opracowany przez nas podział Sudetów na terrany jest w dalszym ciągu przez nas podtrzymywany (*nota bene* mimo innej interpretacji genetycznej poszczególnych wydzielonych jednostek, wykazuje on liczne podobieństwa do koncepcji autorstwa naszego Adwersarza – np. Cymerman i Piasecki, 1994; Cymerman, 2000a; Cymerman i in., 2007). W naszym ostatnim artykule (Mazur i in., 2010a) zasadniczo pominieliśmy kwestię tektoniki kolażu w Sudetach w przekonaniu, iż stanowi ona zagadnienie dość specjalistyczne, choć na rycinie 2 (*op.cit.*) umieściliśmy najważniejsze z postulowanych przez nas granic terranów, których nazwy znalazły się na rycinie 1.

W naszym modelu terranowym (Aleksandrowski & Mazur, 2002; Mazur i in., 2006) w Sudetach Zachodnich na uskoku śródsudeckim o potencjalnie dużej amplitudzie przemieszczeń przesuwczych postawiliśmy granicę między dwiema odmiennymi wczesnopaleozoicznymi sukcesjami osadowo-wulkanicznymi, powstałymi w morskich basenach ekstensyjnych, które występują (1) w metamorfiku kaczawskim oraz (2) w południowej i wschodniej krywie masywu granitoidowego Karkonoszy. Te dwie jednostki wydzieliliśmy jako dwa osobne terrany tektonostratygraficzne: kaczawski oraz Południowych i Wschodnich Karkonoszy. O ile serie skalne Południowych i Wschodnich Karkonoszy można uznać za kopalną pozostałość sekwencji wulkaniczno-osadowej Oceanu Saksoturyńskiego (Mazur & Aleksandrowski, 2001), o tyle sukcesja skalna terranu kaczawskiego może ewentualnie wywodzić się z Oceanu Renohercyńskiego (Aleksandrowski, 1990, 1995). Z kolei neoproterozoiczne i wczesnonopaleozoiczne ortognejsy i granitoidy Sudetów Zachodnich, wraz ze swą osłoną zbudowaną bądź to z szarogłazów łżyckich, bądź z łupków łżczykowych i paragnejsów, tworzą – naszym zdaniem – jeden osobny terran, nazwany przez nas łżyckoizerskim (który w skali waryscydu Europy stanowi część terranu saksoturyńskiego).

Sudety Środkowe obejmują w naszym ujęciu (Aleksandrowski & Mazur, 2002; Mazur i in., 2006) trzy terrany tektonostratygraficzne o zróżnicowanym inwentarzu litostratygraficznym. Są to terrany: (1) sowiogórsko-klodzki, (2)

Tepli-Barrandienu i (3) moldanubski. Dwa ostatnie reprezentują sudeckie fragmenty dużych terranów znanych z innych części Masywu Czeskiego. Niezależnie od odmiennej proveniencji wspomnianych terranów, sugerowanej przez korelacje transregionalne, wszystkie wykazują pewne cechy wspólne, takie jak (1) brak wczesnopaleozoicznych sekwencji wulkaniczno-osadowych zdeponowanych w otwartych zbiornikach morskich (z wyjątkiem olistolitów w basenie bardzkim) i (2) w różnym stopniu zachowane relikty przedpóźnodewońskiego metamorfizmu i deformacji. Różnice obejmują natomiast: (1) szerokie rozprzestrzenienie pstrych serii metaosadowych w sudeckim fragmencie terranu moldanubskiego, (2) obecność neoproterozoiczno-kambryjskiego łuku magmowego w obrębie terranu Tepli-Barrandienu (Kryza i in., 2003; Mazur i in., 2004) oraz (3) występowanie wczesnopaleozoicznego kompleksu ofiolitowego w terranie sowiogórsko-kłodzkim.

W skład Sudetów Wschodnich wchodzi z kolei neoproterozoiczne ortognejsy w otoczeniu metaszarogłazów oraz przykrywające je, zmetamorfizowane w różnym stopniu górnopaleozoiczne skały pokrywy osadowej. Skały te wywodzą się z terranu Brunovistulicum, obejmującego ogromną większość Sudetów Wschodnich i mającego swą kontynuację na obszarze południowych Moraw i w podłożu Górnego Śląska. Jednak pewne cechy jednostek Velkého Vrbna i Branny na terenie Sudetów Wschodnich skłoniły nas (Aleksandrowski & Mazur, 2002) do wyróżnienia ich w postaci osobnego terranu morawskiego. Seria Branny obejmuje wprawdzie skały dewońskie, ale ich wykształcenie facjalne nie odpowiada innym fragmentom pokrywy osadowej Brunovistulicum. Również stopień metamorfizmu jednostki Branny jest inny niż sąsiadującej z nią od wschodu jednostki Kepnika. Jednostka Velkého Vrbna zawiera co prawda neoproterozoiczne ortognejsy, ale wiek towarzyszących im silnie zmetamorfizowanych skał osadowych pozostaje niezny, a ich inwentarz litologiczny nie wykazuje analogii z górnopaleozoiczną pokrywą osadową Brunovistulicum. Z tego powodu, a także przez analogię do płaszczowin morawskich na południowych Morawach, jednostki Velkého Vrbna i Branny wyróżniliśmy jako mały allochtoniczny terran, umiejscowiony w trakcie wczesnokarbońskiej kolizji pomiędzy terranami Brunovistulicum i moldanubskim.

O nomenklaturze regionalno-tektonicznej i o naszym małym wkładzie w analizę strukturalno-kinematyczną

W dalszej części dyskusji Zbigniew Cymerman odnosi się krytycznie do użytej przez nas nomenklatury jednostek tektonicznych, prezentując tabelę wskazującą, że od dawna różni autorzy stosowali mniej lub bardziej odmienne nazwy do tych samych jednostek. Na tej podstawie nasz Polemista konstatuje, że *mimo próby regionalizacji tektonicznej południowo-zachodniej Polski (Żelaźniewicz & Aleksandrowski, 2008) oraz opublikowania Tectonic Map of the Sudetes and Fore-Sudetic Block 1 : 200 000 (Cymerman, 2004) [...] sprawa nazewnictwa i podziału jednostek tektonicznych północno-wschodniej części masywu czeskiego pozostaje nadal otwarta. Zgadzamy się z tym w pełni, ale nie rozumiemy, co konkretnie nie podoba się Polemiście w*

użytych przez nas nazwach i których jednostek strukturalnych Sudetów to dotyczy.

Dalej kolega Zbigniew Cymerman zarzuca nam, że *od kilkunastu lat (z wyjątkiem jednej pracy) nie opublikowaliśmy nowych danych strukturalnych i kinematycznych dla Sudetów*, a następnie kontestuje brak w naszym artykule szczegółowych danych dotyczących kierunku i zwrotu ścinania w seriach skalnych ich różnych jednostek tektonicznych. Wyjaśniamy po raz kolejny, że podniesione zagadnienia są istotne, ale – jako kwestie dalece specjalistyczne – dopiero na pewnym poziomie szczegółowości, do którego daleko naszej syntetycznej pracy, i że gdybyśmy je, jak też i inne problemy o tym samym ciężarze gatunkowym, uwzględnili w naszym artykule, to przybrałyby on rozmiary książki. Poza tym wspomniany na początku niniejszego akapitu zarzut naszego Adwersarza nie odzwierciedla prawidłowo stanu faktycznego, gdyż od 1997 r. ukazały się drukiem następujące pozycje sygnowane przez członków naszego zespołu autorskiego i zawierające nowe dane strukturalno-kinematyczne: Mazur & Józefiak (1999); Mazur (2003); Szczepański & Mazur (2004); Mazur i in. (2005). Zresztą nawet gdyby było tak, jak utrzymuje Zbigniew Cymerman, to nie rozumiemy doprawdy, co z tego miałyby wynikać dla wartości naszego artykułu? To przecież naturalne, że prowadząc prace badawcze w dziedzinie geologii, możemy sensownie zajmować się jeszcze innymi sprawami niż ustalanie kierunku i zwrotu ścinania w zdeformowanych seriach skalnych i wcale nie musi to nas ograniczać intelektualnie.

Odpowiedzi na niektóre szczegółowe pytania i zarzuty (bo odpowiedzi na wszystkie nie zmieściłyby się w Przeglądzie)

Zbigniew Cymerman zapytuje, *dlaczego – po prawie dwóch dekadach od ich rozpoznania [...] w Sudetach [w naszym artykule] pomija się znaczenie [...] stref ścinania podatnego*. Odpowiadamy: jest to zagadnienie specjalistyczne i jako takie nie weszło w zakres tematyczny naszego artykułu. Niemniej żadna koncepcja przedstawiona w tym artykule nie jest sprzeczna z bardzo istotną rolą podatnych stref ścinania w budowie i ewolucji piętra waryscyjskiego Sudetów, na którą uwagę słusznie zwraca w swych licznych pracach nasz Polemista (np. Cymerman, 1994, 1998b, 2000b, 2002; Piasecki & Cymerman, 1994), ale także i my sami (np. Aleksandrowski, 1990, 1995; Aleksandrowski i in., 1997; Mazur i in., 2005).

Następnie nasz Oponent zarzuca nam, że *mylonity – jako osobne wydzielenie litologiczne zaznaczyliśmy jedynie w wąskiej strefie ścinania Niemczy i Skrzyńki*, co stanowi *około 10% odsłoniętych skał mylonitycznych na blokach sudeckim i przedsudeckim*. Wyjaśniamy: mylonity – jako osobne wydzielenie litologiczne – zaznaczyliśmy na naszych ilustracjach (ryc. 3 i 4, Mazur i in., 2010a) jedynie w tych jednostkach, w których stanowią one objętościowo co najmniej 50% inwentarza litologicznego. Jeśli nasz Adwersarz uważa, że jest jeszcze w Sudetach jakaś inna jednostka geologiczna zbudowana w ponad połowie z samych mylonitów, to faktycznie się ze sobą w tej kwestii nie zgadzamy.

Nasz Polemista docieka, *dlaczego dla zespołu płaszczowin wschodniosudeckich i wnętrza masywu orlicko-śnieżnickiego narysowano przemieszczenia ku SE (ryc. 4, op.cit.), a w tekście podano prawidłowo ich nasuwanie ku NE do NNE w reżimie prawoskrętnej transpresji*. Odpowiadamy: obie informacje można uznać jednocześnie za prawidłowe, gdyż w strefach deformacji transpresyjnej kierunek nasunięcia nie jest równoległy do kierunku przemieszczeń przesuwczych (zob. Sanderson & Marchini, 1984).

Dalej kolega Zbigniew Cymerman pyta: *dlaczego w rozważaniach kinematycznych pominięto znaczenie skierowanego ku WSW kolapsu ekstensywnego w zachodniej części kopuły (płaszczowiny) Keprnika i jednostki Branny (Cymerman, 1993, 1997)?* Odpowiadamy: bo jest to szczegółowe zagadnienie, niemające bezpośredniego wpływu na zrozumienie generalnej budowy i ewolucji piętra waryscyjskiego Sudetów. Ponadto zgodnie z obowiązującą nomenklaturą geologiczno-strukturalną kolaps może być *ekstensyjny*, ale nie *ekstensywny*, bo znaczenie tego ostatniego słowa jest zgoła odmienne.

Zbigniew Cymerman pyta i komentuje: *Jakie są dowody, że terran śnieżnicki zalega na ofiolicie środkowsudeckim, a ten ostatni nasunięty jest na masyw Gór Sowich (ryc. 1, op.cit.)? W tekście podkreślano, że ofiolit środkowsudecki ma być płaszczowiną nadścielającą masyw sowiogórski (s. 141, op.cit.), a na przekroju C–D serpentynity kompleksu ofiolitowego podścielają ten masyw (ryc. 4, op.cit.). Z czego wynikają te różnice interpretacyjne?* Odpowiadamy: między przekrojami z rycin 1 oraz 4 (wzdłuż linii C–D) nie ma sprzeczności, bo nie są one równoległe do siebie. Do porównania bardziej właściwa byłaby linia A–B z ryciny 4, na której Masyw Nowej Rudy znajduje się u szczytu stosu płaszczowin. Z drugiej strony nasz Adwersarz słusznie wyczuwa, że brak nam pełnego przekonania co do relacji strukturalnej pomiędzy masywem sowiogórskim a ofiolitem sudeckim. Problem ten obszernie przedyskutowaliśmy przed paroma laty (Aleksandrowski & Mazur, 2002) i od tego czasu nie zrobiliśmy większych postępów w zrozumieniu tej kwestii.

Polemista pyta: *dlaczego przekrój geologiczny C–D (ryc. 4, Mazur i in., 2010a) zakończono na masywie Wzgórz Lipowych*. Odpowiadamy: po pierwsze każdy przekrój musi się gdzieś kończyć. Po drugie celowo staraliśmy się uniknąć zobrazowania na przekroju granicy Sudetów Środkowych i Wschodnich na bloku przedsudeckim. Geometria i położenie tej granicy są wciąż słabo rozpoznane ze względu na brak danych sejsmicznych i złe odsłonięcie terenu. Kilka głębokich wierceń, o których wspomina Cymerman, jest faktycznie pomocnych, ale nie rozwiązuje problemu. Do tej kwestii powrócimy w dalszych artykułach cyklu, a na razie odsyłamy Czytelników do publikacji Oberc-Dziedzic i in. (2003, 2005) i Mazura ze współautorami (2010b).

O tym, że nie widzimy tych problemów z naszym modelem waryscyjskiej ewolucji tektonicznej, które trapią naszego Polemistę oraz retoryczne pytanie na zakończenie

W końcu kolega Zbigniew Cymerman przygważdża nas rzekomymi problemami z naszym modelem ewolucji

tektonicznej Sudetów i obszarów sąsiednich i sugeruje, że powinniśmy byli znacznie więcej napisać o różnych szczegółach widocznych na naszym schemacie graficznym (ryc. 1, Mazur i in., 2010a). Otóż, mając na względzie dopuszczalną objętość pracy w *Przeglądzie Geologicznym* oraz przewagę materiałów graficznych nad informacją werbalną, jak również poddając się dyskretnemu urokowi sztuki niedopowiedzenia, zdecydowaliśmy się zawrzeć część informacji wyłącznie w formie graficznej, licząc z jednej strony na domyślność Czytelników, z drugiej zaś pozostawiając pewne zagadnienia nieskomentowane i nierozstrzygnięte. Nie wszystko przecież można przedstawić w krótkiej, ogólnej i syntetycznej pracy, jaką stanowi nasz artykuł. Więcej danych – historii i wyników badań poszczególnych jednostek strukturalnych Sudetów oraz wynikających z nich różnych interpretacji, hipotez i koncepcji – przynieść powinny dalsze artykuły zaplanowanego przez nas cyklu. Mamy niekłamana nadzieję, powtórzmy po raz kolejny, że tym razem lepiej sprostamy postawionemu sobie zadaniu, a może nawet uda się nam zyskać pewne uznanie w oczach naszego Polemisty (?).

Na koniec postawmy jeszcze nurtujące nas od dawna pytanie pod Jego adresem: czy w naszej ostatniej publikacji, jak też i w publikacjach wcześniejszych, znalazł cokolwiek, z czym byłby skłonny się zgodzić i co zostało przez nas przedstawione w odpowiedni, Jego zdaniem, sposób? Bo ani z artykułu dyskusyjnego, ani z innych publikacji naszego Adwersarza nie udało nam się dotychczas tego dowiedzieć.

PS: Uaktualnienie niektórych informacji z naszego artykułu

Pisząc odpowiedź na polemikę z naszą ostatnią publikacją, korzystamy z okazji, aby uaktualnić informacje z zamieszczonej w niej ryciny 5, choć nie była ona akurat przedmiotem krytyki. Rycina ta prezentuje uproszczone kolumny stratygraficzne dla głównych jednostek tektonicznych Sudetów i chcemy skomentować w odniesieniu do niej dwa istotne, nowo opublikowane wyniki, które początkowo uszły naszej uwadze lub ukazały się już po złożeniu naszego manuskryptu do druku.

Znalezisko fauny archeocjatorów w wapieniach wojcieszowskich (Białek i in., 2007) pozwoliło na bezsporne oznaczenie ich wieku na wczesny kambr, podczas gdy w schemacie stratygraficznym na rycinie 5 przypisaliśmy im wiek wczesnoordowicki. Nie dowierając w pełni oznaczeniom mikropaleontologicznym Skowronka i Steffahna (2000), datującym wapienie wojcieszowskie na ordowik-sylur, naszą interpretację oparliśmy na nieprecyzyjnych relacjach terenowych pomiędzy wapieniami i datowanymi radiometrycznie metawulkanitami. Teraz pozostaje nam jedynie wyrazić zadowolenie, że po dłuższym okresie niepewności co do ich wieku, wapienie wojcieszowskie wracają – tym razem na solidnych podstawach faktograficznych – na „swoje miejsce” w kolumnie stratygraficznej, czyli do dolnego kambru (np. Schwarzbach, 1939; Gunia, 1967).

Z kolei nowe datowania cyrkonów z metawulkanitów tworzących wkładki w łupkach łuszczkowych Wschodnich Karkonoszy w okolicach Kowar pokazały, że mają

one wiek ok. 500 mln lat, tj. zbliżony do wieku sąsiadujących z nimi ortognejsów kowarskich (Oberc-Dziedzic i in., 2010). Oznacza to, że kontakty między ortognejsami a łupkami są tektoniczne, a same łupki reprezentują dolny paleozoik, a nie neoproterozoik, jak na naszym schemacie na rycinie 5.

Wyrażamy podziękowanie Zbyszkowi Cymermanowi za ułatwienie nam przygotowania odpowiedzi na Jego polemikę przez uprzejme użyczenie tych spośród swoich publikacji, których nie mogliśmy odnaleźć w naszych zbiorach.

Literatura

- ALEKSANDROWSKI P. 1990 – Early Carboniferous strike-slip displacements at the northeast periphery of the Variscan Belt in Central Europe. [W:] International Conference on Paleozoic orogens in Central Europe (Terranes in the Circum-Atlantic Paleozoic orogens, IGCP Program 233), Abstracts: 7–10, Göttingen, Germany.
- ALEKSANDROWSKI P. 1994 – Discussion on U-Pb ages from SW Poland: evidence for a Caledonian suture zone between Baltica and Gondwana. *Journ. Geol. Soc.*, London, 151: 1049–1050.
- ALEKSANDROWSKI P. 1995 – Rola wielkoskalowych przemieszczeń przesuwczych w ukształtowaniu waryscyjskiej struktury Sudetów. *Prz. Geol.*, 43: 745–754.
- ALEKSANDROWSKI P. 2003 – Śródsudecka strefa uskokowa – przykład przesuwczej granicy terranów. [W:] Ciężkowski W., Wojewoda J. & Żelaźniewicz A. (red.) *Sudety Zachodnie: od wendy do czwartorzędz. Wyd. WIND, Wrocław: 105–118.*
- ALEKSANDROWSKI P., KRYZA R., MAZUR S. & ŻABA J. 1997 – Kinematic data on major Variscan strike-slip faults and shear zones in the Polish Sudetes, northeast Bohemian Massif. *Geol. Mag.*, 133: 727–739.
- ALEKSANDROWSKI P., KRYZA R., MAZUR S., PIN C. & ZALASIEWICZ J.A. 2000 – The Polish Sudetes: Caledonian or Variscan? *Trans. Royal Soc., Edinburgh, Earth Sci.*, 90: 127–146.
- ALEKSANDROWSKI P. & MAZUR S. 2002 – Collage tectonics in the northeasternmost part of the Variscan Belt: the Sudetes, Bohemian Massif. [W:] Winchester J., Pharaoh T. & Verniers J. (red.) *Palaeozoic Amalgamation of Central Europe. Geol. Soc. London, Spec. Publ.*, 201: 237–277.
- ANCZKIEWICZ R., SZCZEPAŃSKI J., MAZUR S., STOREY C., CROWLEY Q., VILLA I.M., THIRLWALL M.F. & JEFFRIES T.E. 2007 – Lu-Hf geochronology and trace element distribution in garnet: implications for uplift and exhumation of ultra-high pressure granulites in the Sudetes, SW Poland. *Lithos*, 95: 363–380.
- BEHR H.J., ENGEL W. & FRANKE W. 1982 – Variscan Wildflysch and nappe tectonics in the Saxothuringian Zone (Northeast Bavaria, West Germany). *Am. Journ. Sci.*, 282: 1438–1470.
- BEŁKA Z., VALVERDE-VAQUERO P., DÖRR W., AHRENDT H., WEMMER K.M., FRANKE W. & SCHÄFER J. 2002 – Accretion of first Gondwana-derived terranes at the margin of Baltica. [W:] Winchester J.A., Pharaoh T.C. & Verniers J. (red.) *Palaeozoic Amalgamation of Central Europe. Geol. Soc. London, Spec. Publ.*, 201: 19–36.
- BERTHELSEN A. 1998 – The Tornquist Zone northwest of the Carpathians: an intraplate-pseudosuture. *Geol. Fören. Förh.*, 120: 223–230.
- BIAŁEK D., RACZYŃSKI P., SZTAJNER P. & ZAWADZKI D. 2007 – Archeocyaty wapieni wojcieszowskich. *Prz. Geol.*, 12: 1112–1116.
- CHALOUPSKÝ J. 1989 – Major tectonostratigraphic units of the Bohemian Massif. *Geol. Soc. America, Special Paper*, 230: 101–114.
- CYMERMAN Z. 1991a – Czy w Sudetach istnieją terrany? *Prz. Geol.*, 39: 450–457.
- CYMERMAN Z. 1991b – Regionalna strefa ścinania we wschodniej części bloku przedsudeckiego. *Prz. Geol.*, 39: 457–463.
- CYMERMAN Z. 1992 – Rotational ductile deformations in the Śnieżnik metamorphic complex (Sudetes). *Kwart. Geol.*, 36: 393–420.
- CYMERMAN Z. 1993 – Czy w Sudetach istnieje nasunięcie ramzowskie? *Prz. Geol.*, 41: 700–706.
- CYMERMAN Z. 1994 – Strefy ścinania w metamorfiku izerskim, Sudety. *Prz. Geol.*, 42: 264–270.
- CYMERMAN Z. 1996 – Transpresja i ekstensja w Rudawach Janowickich (Sudety Zachodnie). *Prz. Geol.*, 44: 1211–1216.
- CYMERMAN Z. 1997 – Structure, kinematics and evolution of the Orlica-Śnieżnik Dome, Sudetes. *Prace Państw. Inst. Geol.*, 156: 5–120.
- CYMERMAN Z. 1998a – The Góry Sowie Terrane: a key to understanding the Palaeozoic evolution of the Sudetes area and beyond. *Geol. Quart.*, 42: 379–400.
- CYMERMAN Z. 1998b – Uskok śródsudecki a regionalne strefy ścinania podatnych w Sudetach. *Prz. Geol.*, 46: 609–616.
- CYMERMAN Z. 1999 – Structural and metamorphic evolution of the Izera metamorphic complex. *Exkursionführer und Veröffentlichungen. GGW, Berlin*, 206: 113–124.
- CYMERMAN Z. 2000a – Palaeozoic orogenesis in the Sudetes: a geodynamic model. *Geol. Quart.*, 44: 59–80.
- CYMERMAN Z. 2000b – Tektonika ucieczkowa i kliny terranowe Masywu Czeskiego. *Prz. Geol.*, 48: 336–344.
- CYMERMAN Z. 2002 – Analiza strukturalno-kinematyczna i waryscyjska ewolucja tektoniczna kompleksu kaczawskiego. *Prace Państw. Inst. Geol.*, 175: 5–147.
- CYMERMAN Z. 2004 – Tectonic map of the Sudetes and the Fore-Sudetic Block, 1 : 200 000. *Wyd. Państw. Inst. Geol.*
- CYMERMAN Z. 2010 – Zarys budowy i ewolucji tektonicznej waryscyjskiej struktury Sudetów – polemika. *Prz. Geol.*, 58: 998–1001.
- CYMERMAN Z. & PIASECKI M.A.J. 1994 – The terrane concept in the Sudetes, Bohemian Massif. *Geol. Quart.*, 38: 191–210.
- CYMERMAN Z., PIASECKI M.A.J. & SESTON R. 1997 – Terranes and terrane boundaries in the Sudetes, northeast Bohemian Massif. *Geol. Mag.*, 134: 717–725.
- DALLMEYER R.D., GIESE U., GLASMACHER U. & PICKEL W. 1999 – First ⁴⁰Ar-³⁹Ar age constraints for the Caledonian evolution of the Trans-European Suture Zone in NE Germany. *Journ. Geol. Soc.*, London, 156: 279–290.
- DON J. 1984 – Kaledonidy i waryscydy Sudetów Zachodnich. *Prz. Geol.*, 8–9: 459–468.
- DON J. 1995 – Problem hercynidów i waryscydów w Sudetach. *Prz. Geol.*, 43: 738–744.
- DUBIŃSKA E., BYLINA P., KOZŁOWSKI A., DÖRR W. & NEJBERT K. 2004 – U-Pb dating of serpentinization: hydrothermal zircon from a metasomatic rodingite shell (Sudetic ophiolite, SW Poland). *Chem. Geol.*, 203: 183–203.
- FRANKE W., ŻELAŻNIEWICZ A., PORĘBSKI S.J. & WAJSPRYCH B. 1993 – Saxothuringian zone in Germany and Poland: differences and common features. *Geol. Rund.*, 82: 583–599.
- FRIEDL G., FINGER F., McNAUGHTON N.J. & FLETCHER I.R. 2000 – Deducing the ancestry of terranes: SHRIMP evidence for South America-derived Gondwana fragments in central Europe. *Geology*, 28: 1035–1038.
- GORDON S.M., SCHNEIDER D.A., MANECKI M. & HOLM D.K. 2005 – Exhumation and metamorphism of an ultrahigh-grade terrane: geochronometric investigations of the Sudetes Mountains (Bohemia), Poland and Czech Republic. *Journ. Geol. Soc.*, London, 162: 841–855.
- GRAD M., GUTERCH A. & MAZUR S. 2002 – Seismic refraction evidence for crustal structure in the central part of the Trans-European suture zone in Poland. [W:] Winchester J.A., Pharaoh T.C. & Verniers J. (red.) *Palaeozoic Amalgamation of Central Europe. Geol. Soc. London, Spec. Publ.*, 201: 95–309.
- GUNIA T. 1999 – Microfossils from the high-grade metamorphic rocks in the Góry Sowie Mts (Sudetes area) and their stratigraphic importance. *Geol. Quart.*, 43: 519–536.
- JASTRZĘBSKI M. 2005 – The tectonometamorphic evolution of the marbles in the Łądek-Śnieżnik Metamorphic Unit, West Sudetes. *Geol. Sud.*, 37: 1–26.
- JASTRZĘBSKI M., ŻELAŻNIEWICZ A., NOWAK I., MURTEZI M. & LARIONOV A.N. 2010 – Protolith age and provenance of meta-sedimentary rocks in Variscan allochthon units: U/Pb SHRIMP zircon data from the Orlica-Śnieżnik Dome, West Sudetes. *Geol. Mag.*, 147: 416–433.
- JOHNSTON J.D., TAIT J.A., OLIVER G.J. & MURPHY F.C. 1994 – Evidence for a Caledonian orogeny in Poland. *Trans. Royal Soc., Edinburgh; Earth Sci.*, 85: 131–142.
- KATZUNG G. 2001 – The Caledonides at the southern margin of the East European Craton. *N. Jb. Geol. Paläont., Abh.*, 222: 3–53.
- KOSSMAT F. 1925 – Erscheinungen und Probleme des Überschiebungsbaues in varistischen Gebirgen Sachsens und der Sudetenländer. *Zentralblatt für Mineralogie, B*: 348–358.
- KOSSMAT F. 1927 – Gliederung des varistischen Gebirgsbaues. *Abh. sächs. geol. Landesamtes*, 1: 1–39.

- KRÖNER A. & HEGNER E. 1998 – Geochemistry, single zircon ages and Sm-Nd systematics of granitoid rocks from the Góry Sowie (Owl Mts, Polish West Sudetes): evidence for early Palaeozoic arc-related plutonism. *Journ. Geol. Soc., London*, 155: 711–724.
- KRYZA R. & FANNING C.M. 2007 – Devonian deep-crustal processes and uplift in the Variscan Orogen: evidence from SHRIMP zircon ages from the HT-HP granulites and migmatites of the Góry Sowie (Polish Sudetes). *Geodinamica Acta*, 20: 159–175.
- LANGE U., BRÖCKER M., ARMSTRONG R., TRAPP E. & MEZGER K. 2005a – Sm-Nd and U-Pb dating of high-pressure granulites from the Złote and Rychleby Mts (Bohemian Massif, Poland and Czech Republic). *J. Metamorph. Geol.*, 23: 133–145.
- LANGE U., BRÖCKER M., ARMSTRONG R., ŻELAŻNIEWICZ A., TRAPP E. & MEZGER K. 2005b – The orthogneisses of the Orlica-Śnieżnik complex (West Sudetes, Poland): geochemical characteristics, the importance of pre-Variscan migmatization and constraints on the cooling history. *Journ. Geol. Soc., London*, 162: 973–984.
- MANECKI M., SCHNEIDER D.A., ZAHNISHER S. & GLASCOCK J. 2004 – Preliminary EMPA total-Pb geochronometry from the Sudetes (Poland & Czech Republic); preservation of multiple tectonic episodes within metamorphic monazite. *Pol. Miner. Soc., Special Papers*, 26: 93–100.
- MARHEINE D., KACHLIK V., MALUSKI H., PATOČKA F. & ŻELAŻNIEWICZ A. 2002 – The ^{40}Ar - ^{39}Ar ages from the West Sudetes (NE Bohemian Massif): constraints on the Variscan polyphase tectono-thermal development. [W:] Winchester J., Pharaoh T. & Verniers J. (red.) *Palaeozoic Amalgamation of Central Europe*, Geol. Soc. London, Spec. Publ., 201: 133–155.
- MATTE P., MALUSKI H., RAILICH P. & FRANKE W. 1990 – Terrane boundaries in the Bohemian Massif: results of large scale Variscan shearing. *Tectonophysics*, 177: 151–170.
- MAZUR S. 2003 – Ewolucja strukturalna metamorfiku kłodzkiego i jej znaczenie dla tektoniki waryscyjskiego piętra Sudetów. *Acta Univ. Wratisl.*, 2581, Pr. Geol.-Miner., 74: 1–197.
- MAZUR S., ALEKSANDROWSKI P., KRYZA R. & OBERC-DZIEDZIC T. 2006 – The Variscan orogen in Poland. *Geol. Quart.*, 50: 89–118.
- MAZUR S., ALEKSANDROWSKI P. & SZCZEPAŃSKI J. 2005 – The presumed Teplá-Barrandian/Moldanubian terrane boundary in the Orlica Mountains (Sudetes, Bohemian Massif): structural and petrological characteristics. *Lithos*, 82: 85–112.
- MAZUR S., ALEKSANDROWSKI P. & SZCZEPAŃSKI J. 2007 – Zarys budowy i ewolucji tektonicznej waryscyjskiego piętra strukturalnego Sudetów. [W:] Dolny Śląsk jako zaplecze surowcowe do budowy autostrad: Materiały sesji naukowej. Uniw. Wrocław, Wrocław: 19–37.
- MAZUR S., ALEKSANDROWSKI P. & SZCZEPAŃSKI J. 2010a – Zarys budowy i ewolucji tektonicznej waryscyjskiej struktury Sudetów. *Prz. Geol.*, 58: 133–145.
- MAZUR S. & JÓZEFIAK D. 1999 – Structural record of Variscan thrusting and subsequent extensional collapse in the mica schists from vicinities of Kamieniec Żąbkowski, Sudetic Foreland, SW Poland. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 69: 1–26.
- MAZUR S. & JAROSIŃSKI M. 2006 – Budowa geologiczna głębokiego podłoża platformy paleozoicznej południowo-zachodniej Polski w świetle wyników eksperymentu sejsmicznego POLONAISE'97. *Prace Państw. Inst. Geol.*, 188: 203–222.
- MAZUR S., KRÖNER A., SZCZEPAŃSKI J., TURNIAK K., HANŻL P., MELICHAR R., RODIONOV N.V., PADERIN I. & SERGEEV S.A. 2010b – Single zircon U-Pb ages and geochemistry of granitoid gneisses from SW Poland: evidence for an Avalonian affinity of the Brunian microcontinent. *Geol. Mag.*, 147: 508–526.
- MIERZEJEWSKI M.P. 1993 – Przemieszczenia fragmentów litosfery a powstanie i ruchy magm – wybrane przykłady z regionu sudeckiego i przed-sudeckiego. *Geol. Sud.*, 27: 97–180.
- NAWROCKI J. & POPRAWA P. 2006 – Development of Trans-European Suture Zone in Poland: from Ediacaran rifting to Early Palaeozoic accretion. *Geol. Quart.*, 50: 59–76.
- OBERC J. 1966 – Górotwór staroassyntyjski na Dolnym Śląsku. [W:] *Z geologii Ziemi Zachodnich. Sesja naukowa dwudziestolecia polskich badań 1945–1965*. T. 2: 57–80, Wrocław.
- OBERC J. 1972 – Sudety i obszary przyległe. [W:] *Budowa geologiczna Polski*. Wyd. Geol., Warszawa.
- OBERC J. 1977 – Pre-Assyntian and Assyntian (Baikalian) Elements in South-Western Poland. [W:] *Geology of Poland*. Wyd. Geol., Warszawa: 99–173.
- OBERC-DZIEDZIC T., KLIMAS K., KRYZA R. & FANNING C.M. 2003 – SHRIMP zircon geochronology of the Strzelin gneiss, SW Poland: evidence for a Neoproterozoic thermal event in the Fore-Sudetic Block, Central European Variscides. *Int. Journ. Earth Sci.*, 92: 701–711.
- OBERC-DZIEDZIC T., KRYZA R., KLIMAS K., FANNING M. C. & MADEJ S. 2005 – Gneiss protolith ages and tectonic boundaries in the NE part of the Bohemian Massif (Fore-Sudetic Block, SW Poland). *Geol. Quart.*, 49: 363–378.
- OBERC-DZIEDZIC T., KRYZA R., MOCHNACKA K. & LARIO-NOV A. 2010 – Ordovician passive continental margin magmatism in the Central-European Variscides: U-Pb zircon data from the SE part of the Karkonosze-Izera Massif, Sudetes, SW Poland. *Int. Journ. Earth Sci.*, 99: 27–46.
- O'BRIEN P. J., KRÖNER A., JAECKEL P., HEGNER E., ŻELAŻNIEWICZ A. & KRYZA R. 1997 – Petrological and isotopic studies on Palaeozoic high-pressure granulites, Góry Sowie Mts, Polish Sudetes. *Journ. Petrol.*, 38: 433–456.
- OLIVER G.J.H., CORFU F. & KROGH T.E. 1993 – U-Pb ages from SW Poland: evidence for a Caledonian suture zone between Baltica and Gondwana. *Journ. Geol. Soc., London*, 150: 355–369.
- PIASECKI M.A.J. & CYMERMAN Z. 1994 – Strefy ścinań a złoto w Sudetach. *Prz. Geol.*, 42: 337–340.
- PIN C., MAJEROWICZ A. & WOJCIECHOWSKA I. 1988 – Upper Palaeozoic oceanic crust in the Polish Sudetes: Nd-Sr isotope and trace element evidence. *Lithos*, 21: 195–209.
- SANDERSON D.J. & MARCHINI W.R.D. 1984 – Transpression. *Journ. Struct. Geol.*, 6: 449–458.
- SCHNEIDER D.A., ZAHNISER S.J., GLASCOCK J.M., GORDON S.M. & MANECKI M. 2006 – Thermochronology of the West Sudetes (Bohemian Massif): rapid and repeated exhumation in the Eastern Variscides, Poland and Czech Republic. *Am. Journ. Sci.*, 306: 846–873.
- SESTON R., WINCHESTER J.A., PIASECKI M.A.J., CROWLEY Q.G. & FLOYD P.A. 2000 – A structural model for the western-central Sudetes: a deformed stack of Variscan thrust sheets. *Journ. Geol. Soc., London*, 157: 1155–1167.
- SUESS F.E. 1912 – Die moravischen Fenster und ihre Beziehung zum Grundgebirge des Hohes Gesenkes. *Denkschr. Akad. d. Wiss., Math.-nat. Kl.*, Wien, 78: 541–631.
- SZCZEPAŃSKI J. & MAZUR S. 2004 – Syn-collisional extension in the West/East Sudetes boundary zone (NE Bohemian Massif): structural and metamorphic record in the Jęglowa Beds from the Strzelin Massif (East Fore-Sudetic Block). *N. Jb. Geol. Paläont., Abh.*, 233: 297–331.
- ŠTIPSKÁ P., SCHULMANN K. & KRÖNER A. 2004 – Vertical extrusion and middle crustal spreading of omphacite granulite: a model of synconvergent exhumation (Bohemian Massif, Czech Republic). *Journ. Metamorph. Geol.*, 22: 179–198.
- TEISSEYRE H. 1956 – Kaledonidy sudeckie i ich waryscyjska przebudowa. *Prz. Geol.*, 4: 97–104.
- TORSVIK T.H. & REHNSTRÖME F. 2003 – The Tornquist Sea and Baltica-Avalonia docking. *Tectonophysics*, 362: 67–82.
- UNRUG R., HARAŃCZYK C. & CHOCYK-JAMIŃSKA M. 1999 – Easternmost Avalonian and Armorican-Cadomian terranes of Central Europe and Caledonian-Variscan evolution of the polydeformed Kraków mobile belt: geological constraints. *Tectonophysics*, 302: 133–157.
- WINCHESTER J.A. & The PACE TMR Network Team 2002 – Palaeozoic amalgamation of Central Europe: new results from recent geological and geophysical investigations. *Tectonophysics*, 360: 5–21.
- ZNOSKO J. 1981 – The problem of oceanic crust and of ophiolites in the Sudetes. *Bull. Acad. Pol. Sc., Sci. Terre*, 29: 185–197.
- ŻELAŻNIEWICZ A. 1987 – Tectonic and metamorphic evolution of the Góry Sowie, Sudetes Mts, SW Poland. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 57: 203–348.
- ŻELAŻNIEWICZ A. 1990 – Deformation and metamorphism in the Góry Sowie gneiss complex, Sudetes, SW Poland. *N. Jb. Geol. Paläont., Abh.*, 179: 129–157.
- ŻELAŻNIEWICZ A. 1997 – The Sudetes as a Palaeozoic orogen in Central Europe. *Geol. Mag.*, 134: 691–702.
- ŻELAŻNIEWICZ A. & FRANKE W. 1994 – Discussion on U-Pb ages from SW Poland: evidence for a Caledonian suture zone between Baltica and Gondwana. *Journ. Geol. Soc., London*, 151: 1050–1052.
- ŻELAŻNIEWICZ A. & ALEKSANDROWSKI P. 2008 – Regionalizacja tektoniczna Polski – Polska południowo-zachodnia. *Prz. Geol.*, 56: 904–911.