

Petrografia i proveniencja piaskowców jury dolnej formacji piaskowca z Koperszadów w jednostce krizniańskiej rejonu Kop Sołtysich w Tatrach

Monika Popiołek¹, Dorota Salata¹, Alfred Uchman¹



M. Popiołek



D. Salata



A. Uchman

Petrography and provenance of Lower Jurassic sandstones of the Med'odoly Sandstone Formation in the Križna Unit of the Kopy Sołtysie region in the Tatra Mountains. *Prz. Geol.*, 58: 154–162.

Abstract. Petrographic types of sandstones belonging to the Baboš Quartzite Mb (Sinemurian) and the Waksmundzka Sandstone Mb (Sinemurian-?Lotharingian) of the Med'odoly Sandstone Fm (Križna Unit, Fatricum) in the Kopy Sołtysie region were identified. In the literature, they were usually described as quartzites or quartzose sandstones, but in fact they represent quartz arenites or subarkose arenites. Their composition indicates that the source of clastic material was of a cratonic interior type or related to a recycled orogenic material rich in quartz. It is possible that

the source was located in elevated parts of the Tatricum or Hronicum domains. Sedimentary features and facies context point to deepening of sedimentary environment from the shallower shelf (Baboš Quartzite Mb) to that of a deeper shelf (Waksmundzka Sandstone Mb).

Key words: petrography, provenance, sandstones, Lower Jurassic, Tatra Mountains

Piaskowce stanowią istotny składnik utworów dolnej jury w jednostce krizniańskiej w Tatrach. Zostały one wyróżnione jako formacja z Koperszadów (Lefeld i in., 1985). Wiedza o ich petrografii jest dość pobieżna. Zaledwie w kilku pracach można znaleźć ich mikroskopową charakterystykę (patrz rozdział *Stan badań...*).

Celem niniejszej pracy jest bardziej szczegółowe przedstawienie petrografii ogniwa piaskowca z Waksmundzkiej oraz ogniwa kwarcytów z Babosza, należących do formacji piaskowca z Koperszadów, które odsłaniają się we wschodniej części strefy regłowej Tatr polskich w rejonie Kop Sołtysich (ryc. 1).

Tło geologiczne

Piaskowce jury dolnej jednostki krizniańskiej w rejonie Kop Sołtysich (regle Tatr Wysokich) występują w obrębie jednostki Tatr Bielskich o cechach płaszczowiny cząstkowej (Bac-Moszaszwilli & Lefeld, 1999; Lefeld, 1999). Dawniej wyróżniano w tym rejonie łuskę tektoniczną Kop Sołtysich-Siodła (np. Bac-Moszaszwilli i in., 1979). Jednostka Tatr Bielskich zawiera na tym obszarze sukcesję osadową w odwróconym położeniu, zaczynającą się wspomnianymi piaskowcami a kończącą się utworami kredy. Piaskowce te wchodzi w obręb formacji piaskowców z Koperszadów, podzielonej na ogniwo kwarcytów z Babosza i ogniwo piaskowców z Waksmundzkiej (Iwanow, 1985a). Ogniwo kwarcytów z Babosza znane jest głównie z Tatr Bielskich, gdzie zostało opisane przez Borzę (1958). Zanika ono ku zachodowi, jakkolwiek jest znane z wiercenia Zakopane IG1 (Nowicka, 1973) i z bloków w obrębie eocenu numulitowego w kamieniołomie pod Capkami (regle zakopiańskie). Z regli polskiej części Tatr ogniwo to znane jest z rejonu Kop Sołtysich (Iwanow, 1973). Jego miąższość w rejonie Przedniej Kopy Sołtysiej wynosi 10–20 m, a w Tatrach Bielskich 30–100 m (Iwanow, 1985a). Dolna granica tego ogniwa w rejonie Kop Sołtysich nie jest znana,

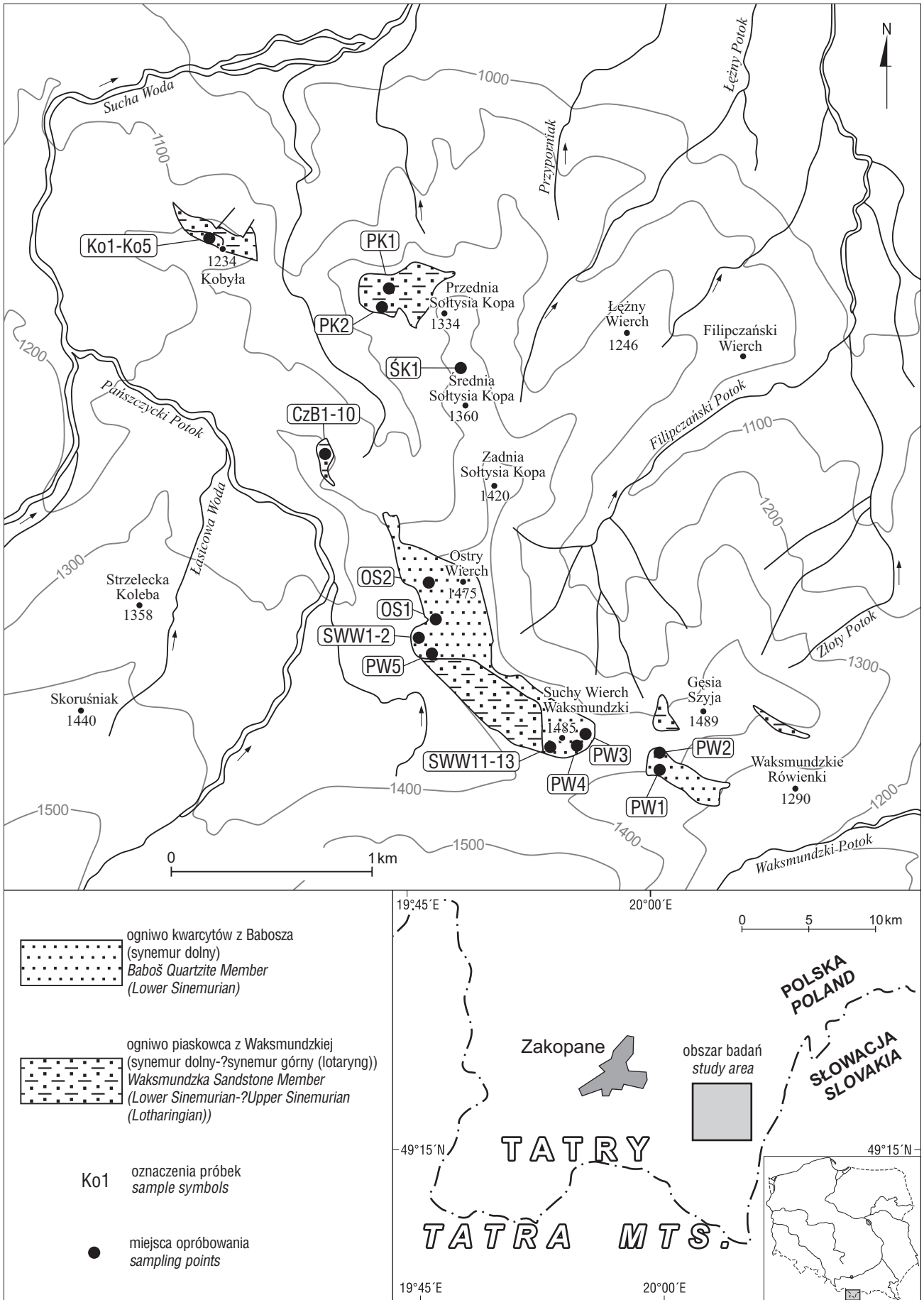
gdź jego niższa część jest ścięta erozyjnie lub tektonicznie. Stratygraficznie ku górze piaskowce ogniwa kwarcytów z Babosza przechodzą stopniowo w piaskowce ogniwa z Waksmundzkiej, które ma miąższość 20 m, maksymalnie 30–40 m (Iwanow, 1985a). Brak diagnostycznych skamieniałości uniemożliwia dokładniejsze datowanie obu ogniw. Na podstawie pozycji stratygraficznej w stosunku do lepiej datowanych starszych i młodszych wydziałów przypuszcza się, że należą one do dolnego synemuru (ryc. 2), a ogniwo piaskowca z Waksmundzkiej być może także do synemuru górnego — lotaryngu w terminologii tradycyjnej (Iwanow, 1985a).

Stan badań petrograficznych formacji piaskowca z Koperszadów

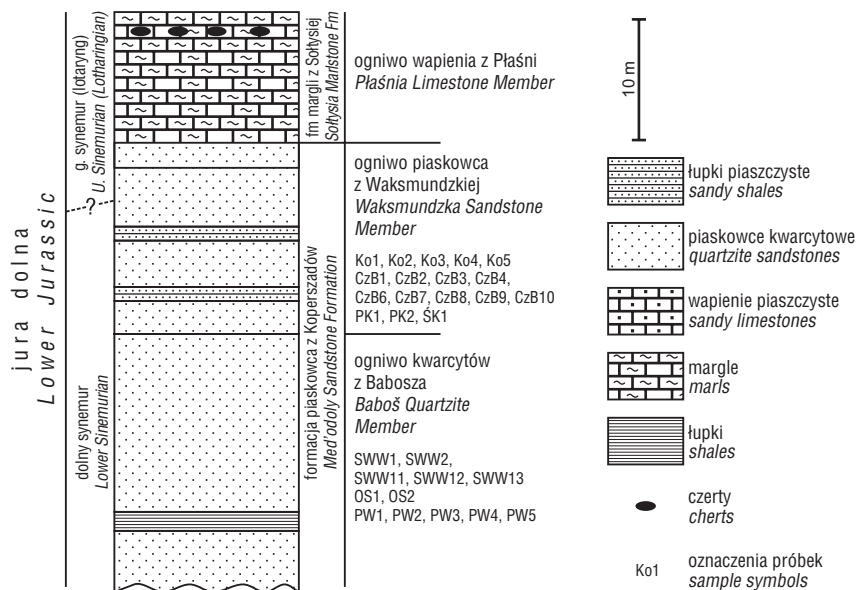
Badaniami piaskowców ogniwa kwarcytów z Babosza zajmowali się Uhlig (1897), Sokołowski (1948, 1973, 1978), Andrusov (1950), Borza (1958), Grabowska-Hakenberg (1958), Iwanow (1973, 1979), Nowicka (1973), Teofilak-Maliszewska (1973), Lefeld i in. (1985) oraz Gaździcki i Lefeld (1997b). Uhlig (1897) identyfikował je z dolnojurajskimi piaskowcami Tatr Zachodnich („Pisan-sandstein”). Andrusov (1950) opisał je jako jasne kwarcyty liasu, a Sokołowski (1948) jako masywne, białe, na przełomie migotliwe, wietrzejące na ciemno skały. Borza (1958) określił je jako kompleks jasnoszarych, masywnych piaskowców kwarcytowych o charakterze fliszowym, w których brak skamieniałości. Iwanow (1973) dla białych, masywnych kwarcytów i piaskowców kwarcytowych pochodzących z góry Baboš zaproponował nazwę kwarcyty z Babosza.

Na podstawie obserwacji makroskopowych i mikroskopowych opisano te piaskowce jako drobno- lub gruboziarniste (Borza, 1958; Teofilak-Maliszewska, 1973), o średnicy ziaren do 5 mm (Lefeld i in., 1985), barwy szarej lub niebieskoszarej, miejscami z wkładkami piaskowców wapnistych. Według cytowanych autorów są one złożone z kwarcu, wygaszającego światło normalnie, faliście lub smużyście, lokalnie z obwódkami regeneracyjnymi (Lefeld i in., 1985). Rzadziej występuje w nich zserycytyzowany ortoklaz lub mikroklina i sporadycznie plagioklasy. Wśród litoklastów

¹Institut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Jagielloński, ul. Oleandry 2a, 30-063 Kraków; monikapopiolek@op.pl; dorota.salata@uj.edu.pl; alfred.uchman@uj.edu.pl



Ryc. 1. Lokalizacja terenu badań i miejsc poboru prób (geologia według Sokołowskiego & Jaczynowskiej, 1979a, b, 1980, zmodyfikowana)
 Fig. 1. Location map of the studied area and sampled points (geology after Sokołowski & Jaczynowska, 1979a, b, 1980, modified)



Ryc. 2. Uproszczony profil niższej części jury dolnej płaszczowiny cząstkowej Tatr Bielskich (jednostka križniańska) w rejonie Kop Sołtysich (wg Iwanowa, 1985a, b) z zaznaczeniem miejsca poboru prób
Fig. 2. Simplified lithostratigraphic section of lower part of the Lower Jurassic in the Tatr Bielskie Nappe (Križna Unit) with indication of sampled points (after Iwanow, 1985a, b)

stwierdzono kwarcyty, łupki kwarcytowe i rogowce. W dolnych partiach ogniwa spoiwo jest wapniste, bazalne, w środkowych krzemionkowe, a w górnych znów wapniste. Ze składników akcesorycznych stwierdzono cyrkon, leucyt, turmalin, muskowitz, submikroskopowej wielkości rutyl, apatyt, piryty, ułamki szkliwa wulkanicznego oraz amfibole. Teofilak-Maliszewska (1973) rozpoznała ponadto staurolit oraz kalcytowe bioklasty.

Najbardziej szczegółowe analizy petrograficzne przedstawiła Nowicka (1973), która piaskowce kwarcytowe z profilu wiercenia Zakopane IG-1 podzieliła na dolne, leżące normalnie, i górne, odwrócone. Piaskowce kwarcytowe dolne są średnio- do gruboziarnistych lub różnoziarniste, źle wysortowane. Ziarna kwarcu miejscami ściśle ząbają się i są zmylonizowane, lokalnie z widocznymi szwami stylolitowymi, niekiedy zawierają wrostki turmalinu, łuszczaków, minerałów nieprzezroczystych oraz wypełnione węglanami lub drobnokrystalicznym kwarcem spękania, świadczące o kataklazie. Spoiwo jest krzemionkowe, niekiedy regeneracyjne, lub węglanowe z kryształami dolomitu, rzadziej ilaste lub mieszane. Wśród minerałów ciężkich, poza wcześniej wymienionymi, Nowicka (1973) opisała biotyt, chloryt, dysten, anataz oraz granat i epidot. Piaskowce kwarcytowe górne mają podobny skład. Wśród litoklastów pojawiają się okruchy skał kwarcowo-chalcedonowych impregnowanych węglanami, okruchy kwarcowo-skaleninowe, chalcedonowe oraz zmylonizowany kwarc, rzadziej fragmenty kwaśnych skał głębinowych, złożone z kwarcu, mikroklinu i biotytu, oraz okruchy skał wylewnych o strukturze felzytowej.

Sokołowski (1973) w wierceniu Zakopane IG-1 w obrębie niższej jednostki, tak zwanej czarnej serii górnej, wyróżnia dwa kompleksy synemurskich piaskowców kwarcytowych, z których jeden należy do jednostki normalnej, a drugi do odwróconej. Piaskowce te są szare, różnoziarniste i zawierają soczewki czarnego łupka ilastego. Miejscami są w nich widoczne większe ziarna niebieskawego kwarcu, o średnicy do 4 mm, oraz żyły kalcytowe. Według Sokołowskiego (1973) pod względem cech petrograficznych i miąższości zbliżają się one do kwarcytów synemuru serii regłowej dolnej Kop Sołtysich czy Tatr Bielskich.

Skały ogniwa piaskowca z Waksmundzkiej są utworami przejściowymi od kwarcytów z Babosza do skał wyżej-

leżących (ogniwo wapienia z Płaśni; Iwanow, 1985b). Są to ciemne piaskowce i wapienie piaszczyste lub piaskowce wapniste z przeławieniami ciemnych łupków (Sokołowski, 1948; Borza, 1958; Iwanow, 1979; Lefeld i in., 1985; Uchman, 2004). Grabowska-Hakenberg (1958) określiła je jako silnie wapniste piaskowce obfitujące w nieregularnie rozsiiane ziarna kwarcu, średnicy od 0,5 do 3 mm, lub synemurskie piaskowce kwarcowe o spoiwie wapnistym. Iwanow (1973) określa je jako dolnoliasowe czarne osady detrytyczno-węglanowe.

Metodyka badań

Próbki pobrane do badań reprezentują osady ogniwa piaskowca z Waksmundzkiej (lokalizacja: Kobyła, Czerwone Brzeżki, Przednia Kopa Sołtysia i Średnia Kopa Sołtysia) oraz ogniwa kwarcytów z Babosza (lokalizacja: Suchy Wierch Waksmundzki, Ostry Wierch i Przysłop Waksmundzki) — ryc. 1 i 2 oraz tab. 1.

Obserwacje mikroskopowe wykonano w świetle przechodzącym pod mikroskopem optycznym *Nikon Eclipse E 600 POL* przy użyciu powiększeń obiektywu: 4 x 0,1 i 10 x 0,25. Ponadto wykonano analizy EDS składu chemicznego w mikroobszarze na polerowanych płytkach cienkich z czterech próbek, przede wszystkim w celu dokładnej identyfikacji jakościowej minerałów szkieletu ziarnowego. Zbadane zostały skalenie, łuszczyki, cyrkon, turmaliny, granaty, rutyle, apatyty i monocyty. Badania wykonano pod napięciem przyspieszającym 20 kV i w czasie zliczeń wynoszącym 100 s, metodą bezwzorcową.

Badania rentgenowskie wykonano na dyfraktometrze *Philips X'Pert APD* z zastosowaniem promieniowania CuK (1,54 Å), w zakresie 2θ: 2,21°–63,99°, z krokiem 0,02° i czasem pomiaru 1 s, oraz napięcia 40 kV i natężenia prądu anodowego 30 mA, w preparatach orientowanych na szkiełku podstawowym.

Ilościowy skład objętościowy składników badanych skał został określony na podstawie pomiarów planimetrycznych, którym poddano łącznie 20 próbek. Przeprowadzono planimetryczną całą powierzchnię preparatu w siatce 0,2 x 2 mm, wykonując po około 500–550 zliczeń z każdej próbki, ze skokiem 0,2 mm, wyjątkowo próbki piaskowców drobnoziarnistych planimetryczono ze skokiem 0,4 mm (CzB2, SWW11 i SWW12). Wykorzystano do tego stolik

planimetryczny połączony z urządzeniem zliczającym ELTINOR. Podczas planimetrowania podzielono składniki na osiem grup: kwarc monokrystaliczny, kwarc polikrystaliczny, skalenie, muskowitz, ziarna lityczne (okruchy skał krzemionkowych, gnejsy, łupki krystaliczne i wapienie), minerały ciężkie (granat, rutyl, cyrkon, monacyt, turmalin i apatyt), matrix i cement.

Wyniki badań

Ogniwo kwarcytów z Babosza. Piaskowce tego ogniwa (SWW1, 2, 11 i 12; OS1 i 2, PW1–5) są drobno-, średnio- lub gruboziarniste, kremowoszarobieżowe lub szarobrunatne, wyjątkowo różowawe (SWW13), o zróżnicowanym stopniu selekcji wielkości ziaren. Ich szkielet ziarnowy jest zwarty, o ziarnach ustalonych, rzadziej nieustalonych (SWW11 i 12), nieuporządkowany, złożony z kwarcu, ska-

leni i litoklastów. Spoiwo jest krzemionkowe (w tym chalcedonowe), rzadziej krzemionkowo-ilaste, wapienste (PW5) lub częściowo wapienste (SWW1), porowo-kontaktowe. Matrix występuje wyjątkowo (PW2) (tab. 2).

Pobocznie występują jasne łyszczki o składzie muskowitzu oraz minerały ciężkie. Ziarna są średnio obtoczone (półostrokrawędziste i półobtoczone; Pettijohn, 1957), średnio lub dobrze wysortowane (Pettijohn i in., 1987). Kontakty między ziarnami są przeważnie suturowe lub proste, rzadziej wklęsło-wypukłe.

Ziarna kwarcu występują w postaci mniejszych, bardziej ostrokrawędzistych osobników monokrystalicznych oraz większych, lepiej obtoczonych ziaren kwarcu zgranulowanego. Przeważają odmiany monokrystaliczne, faliście wygaszające światło, często zawierające wrostki minerałów węglanowych. Kwarc we wszystkich próbkach jest składnikiem dominującym. Jedyne w piaskowcach drobnoziarnistych (SWW11 i 12) ilość kwarcu zgranulowanego jest znacznie mniejsza.

Skalenie, głównie mikroklin, są znacznie liczniejsze niż kwarc (tab. 3). W próbkach SWW11 i PW1 poza kwarcem w znacznych ilościach występuje dobrze zachowany ortoklaz ($Or_{89-95}Ab_{4-12}An_1$), który w przeciwieństwie do skałeni ogniwa piaskowca z Waksmundzkiej nie wykazuje przejawów albityzacji. W porównaniu do skałeni ogniwa piaskowca z Waksmundzkiej są one znacznie lepiej zachowane.

Ziarna lityczne to okruchy czertów i innych skał krzemionkowych (30–100%). Rzadziej pojawiają się okruchy gnejsów (5,88% w próbce SWW13), łupków krystalicznych (11,76–15,00%) i wapieni (23,08–70,00%).

Wśród minerałów ciężkich w próbkach z Suchego Wierchu Waksmundzkiego rozpoznano cyrkon, monacyt i rutyl. W próbce SWW11 monacyt jest obecny w dużych ilościach, często w postaci ziaren idiomorficznych. Niektóre ziarna monacytu wykazują ślady przeobrażeń, prawdopodobnie diagenetycznych. W próbce SWW1 zaobserwowano rutyl z mikrokrystaliczną otoczką żelazistą. W próbkach z Przysłopu Waksmundzkiego mniej liczne minerały ciężkie są reprezentowane jedynie przez cyrkon, najczęściej obecny w postaci wrostków w ziarnach kwarcu (głównie w próbce PW1).

W formie skupień ziarnistych w spoiwie oraz jako wrostki w kwarcu i skałeniach występują znaczne ilości tlenków żelaza i pirytu. Jasne łyszczki o składzie muskowitzu są reprezentowane jedynie przez pojedyncze blaszki. Piaskowce te są dojrzałe mineralogicznie, natomiast mniej dojrzałe teksturalnie.

Kwarc jest dominującym minerałem na wszystkich dyfraktogramach piaskowców. W próbce PW5 głównym minerałem węglanowym jest dolomit (refleks 2,92 Å). W próbkach OS1 i 2, SWW1, 2 i 11–13 oraz PW2–5 wśród skałeni potasowych na podstawie reflek-

Tab. 1. Koordynaty GPS pobranych prób

Table 1. GPS coordinates of the samples

Lokalizacja <i>Location</i>	Numer próby <i>Sample number</i>	Koordynaty GPS <i>GPS coordinates</i>
Ogniwo piaskowca z Waksmundzkiej <i>Waksmundzka Sandstone Member</i>		
Kobyła	Ko1	N 49°16'38.7"; E 020°02'36.2"; ± 8 m
	Ko2	jak wyżej, <i>as above</i>
	Ko3	N 49°16'39.0"; E 020°02'39.6"; ± 8 m
	Ko4	N 49°16'38.7"; E 020°02'40.4"; ± 15 m
	Ko5	N 49°16'38.5"; E 020°02'41.6"; ± 8 m
Czerwone Brzeżki	CzB1	N49°16'10.01"; E020°03'03.2"; ± 5 m
	CzB2	jak wyżej, <i>as above</i>
	CzB3	N49°16'08.2"; E020°03'05.7"; ± 7 m
	CzB4	na szczycie Czerwonych Brzeżków, <i>at the Czerwone Brzeżki summit</i>
	CzB6	N49°16'08.5"; E020°03'08.8"; ± 22 m
	CzB7	jak wyżej, <i>as above</i>
	CzB8	N49°16'08.1"; E020°03'05.4"; ± 11 m
	CzB9	jak CzB6, <i>as CzB6</i>
	CzB10	jak CzB6, <i>as CzB6</i>
	Przednia Sołtysia Kopa	PK1
PK2		N 49°16'412"; E 020°03'305"; ± 13 m
Średnia Sołtysia Kopa	ŚK1	N 49°16'302"; E 020°03'638"; ± 37 m
Ogniwo kwarcytów z Babosza <i>Baboś Quartzite Member</i>		
Suchy Wierch Waksmundzki	SWW1	N49°15'48.1"; E 020°03'28.9"; ± 75 m
	SWW2	N49°15'46.6"; E 020°03'32.8"; ± 48 m
	SWW11	N49°15'35.9"; E 020°03'45.5"; ± 5 m
	SWW12	jak wyżej, <i>as above</i>
	SWW13	N49°15'28.1"; E 020°04'06.2"; ± 7 m
Przysłop Waksmundzki	PW1	N 49°15'359"; E 020°04'454"; ± 7 m
	PW2	N 49° 15'359"; E 020°04'456"; ± 7 m
	PW3	N 49°15'398"; E 020°04'162"; ± 9 m
	PW4	jak wyżej, <i>as above</i>
	PW5	N 49°15'704"; E 020°03'423"; ± 8 m
Ostry Wierch	OS1	N 49°15'788"; E 020°03'506"; ± 10 m
	OS2	N 49°15'896"; E 020°03'410"; ± 6 m

Tab. 2. Cechy makroskopowe i mikroskopowe badanych piaskowców
 Table 2. Macroscopic and microscopic features of the analysed sandstones

Ogniwo Member	Frakcja Particle size	Kolor Colour	Szkielet ziarnowy Grain framework	Ziarna Grains	Spoiwo Cement	Matrix Matrix	
Ogniwo kwarcytów z Babosza Baboš Quartzite Member	różnoziarniste <i>hetero-grained</i>	szarobeżowe, szarobrunatne, wyjątkowo różowawe <i>gray-beige, gray-brownish, exceptionally pinkish</i>	zwały <i>fixed grains</i>	kwarc, skalenie, litoklasty, miki, minerały ciężkie <i>quartz, feldspars, micas, lithoclasts, heavy minerals</i>	krzemionkowe, krzemionkowo- ilaste, wapniste <i>siliceous, siliceous- clayey, calcareous</i>	tylko w only in PW2	
Ogniwo piaskowca z Waksmundzkiej Waksmundzka Sandstone Member	piaskowce o spoiwie krzemionkowym <i>Siliceous sandstones</i>	różnoziarniste <i>hetero-grained</i>	beżowe, szare, brunatne, <i>beige, gray, brownish</i>	zwały <i>fixed grains</i>	kwarc, skalenie, litoklasty, miki, minerały ciężkie <i>quartz, feldspars, micas, lithoclasts, heavy minerals</i>	krzemionkowe, krzemionkowo- ilaste <i>siliceous, siliceous-clayey</i>	tylko w only in Ko1, Ko4, CzB2, CzB8
	piaskowce o spoiwie wapnistym <i>Calcareous sandstones</i>	średnioziarniste <i>medium grained</i>	szare, ciemnoszare <i>gray, dark gray</i>	zwały <i>fixed grains</i>	kwarc, skalenie, litoklasty <i>quartz, feldspars, lithoclasts</i>	wapnisto- margliste <i>calcareous-marly</i>	brak <i>absent</i>
	wapień piaszczyste <i>Sandy limestones</i>	drobnoziarniste <i>fine grained</i>	szare, ciemnoszare <i>gray, dark gray</i>	rozproszony <i>floating grains</i>	kwarc, muskowitz, węglanowe ziarna lityczne <i>quartz, muscovite, carbonate lithoclasts</i>	wapniste <i>calcareous</i>	brak <i>absent</i>
	wapień <i>Limestones</i>	b. drobno- ziarniste <i>very fine grained</i>	ciemnoszare <i>dark gray</i>	rozproszony <i>floating grains</i>	bioklasty, intraklasty węglanowe, kwarc detrytyczny <i>bioclasts, carbonate intraclasts, detritic quartz</i>	wapniste <i>calcareous</i>	brak <i>absent</i>

sów 3,26 Å i 3,28 Å stwierdzono mikroklin, a w próbce PW1 na podstawie refleksu 3,37 Å — ortoklaz. W próbkach SWW11 i 12 oraz PW3 refleks o wartości 10 Å pochodzi od zaobserwowanych mikroskopowo łyśczyków lub minerałów ilastych obecnych w spoiwie piaskowców.

Ogniwo piaskowca z Waksmundzkiej. Część piaskowców tego ogniwa (Ko1, 2, 4, CzB1, 2, 4, 8) jest szarokremowa na świeżym przełamie, a brunatna na zwietrzałej powierzchni. Szkielet ziarnowy jest zwarty. Składa się on głównie z ziaren kwarcu i skalenia o zróżnicowanej wielkości, niskim stopniu wysortowania i bezładnej orientacji. Spoiwo jest krzemionkowe lub krzemionkowo-ilaste.

Pozostałe piaskowce (Ko3 i 5, CzB3, 6, 7, 9 i 10, PK1 i 2 oraz ŚK1) są drobnoziarniste (z wyjątkiem próbek CzB6

i ŚK1 o średnim i grubym ziarnie) i lepiej wysortowane, ciemnoszare lub czarne na świeżym przełamie, a ciemno-beżowe na zwietrzałej powierzchni, o teksturze bezładnej. Ich spoiwo jest wapniste (tab. 2).

Wyróżniono cztery grupy skał: 1) piaskowce o spoiwie krzemionkowym, 2) piaskowce o spoiwie wapnistym, 3) wapień piaszczyste i 4) wapień i margle.

Piaskowce o spoiwie krzemionkowym (Ko1, 2 i 4, CzB1, 2, 4 i 8) to skały o frakcji drobno- (CzB2); średnio- (Ko1 i 2, CzB1) i gruboziarnistej (Ko4, CzB4, CzB8), o spoiwie kontaktowo-porowym, krzemionkowym lub krzemionkowo-ilastym. W próbkach Ko1 i 4 oraz CzB2 i 8 występuje matrix. Szkielet ziarnowy jest zwarty, o ziarnach nieustalonych, polimiktyczny, z wyjątkiem próbek Ko4 i CzB2, o szkielecie oligomiktycznym o ziarnach nieustalonych. Dominuje kwarc monokrystaliczny o prostym

Tab. 3. Minimalne i maksymalne udziały składników piaskowców (w % objętościowych)
 Table 3. Minimum and maximum percentages of sandstone grains (volume percents)

Ogniwo Member	Qt	Qm	Qp	F	R	Mc	Mx	M	Cm
kwarcytów z Babosza Baboš Quartzite	54,1–89,69	53,17–85,4	0,93–13,31	1,08–12,55	1,63–8,17	0,19–2,61	2,83–15,78	0,19–3,23	3,23–23,51
piaskowca z Waksmundzkiej Waksmundzka Sandstone	50,76–86,8	43,76–76,7	1,33–17,3	0,7–10,08	1,17–6,65	0,39–3,80	3,30–40,25	0,19–2,58	2,64–26,05

Qt — suma kwarcu, Qm — kwarc monokrystaliczny, Qp — kwarc polikrystaliczny, F — skalenie, R — litoklasty, Mc — minerały ciężkie, Mx — matrix, M — miki, Cm — cement

Qt — total quartz, Qm — monocrystalline quartz, Qp — polycrystalline quartz, F — feldspars, R — rock fragments, Mc — heavy minerals, Mx — matrix, M — micas, Cm — cement

lub falistym wygaszaniu światła, często zawierający wrostki minerałów ciężkich lub węglanowych. W podrzędnych ilościach występuje kwarc polikrystaliczny, skalenie potasowe ($(\text{Or}_{91-97}\text{Ab}_{5-8}\text{An}_{0,5-1})$) — zwykle zserycytizowane i noszące ślady postępującej od szczelin w ziarnach albityzacji, litoklasty oraz jasne łyszczki o składzie muskowitu i minerały ciężkie (tab. 3). Ziarna lityczne są reprezentowane przez skały krzemionkowe (93–100% obj.), rzadziej gnejsy (2,86–6,25%). Wśród minerałów ciężkich są obecne: cyrkon, rzadziej turmalin, rutyl, monacyt, apatyt chlorowy oraz piryt i tlenki żelaza. Występują one w postaci wrostków w większych ziarnach kwarcu lub jako zaokrąglone ziarna w przestrzeniach międzyziarnowych. W próbce CzB2 stwierdzono również turmalin z szeregu schörl – drawit oraz ziarno granatu z serii piralspitu o przewadze udziałów cząsteczek almandynowej i piropowej (Alm — 61,2–61,3% mol, Prp — 34,9–35,2% mol) nad innymi. W podrzędnych ilościach w granacie tym występuje cząsteczka grossularu (0,3–2,25% mol), andradytu (1,52–2% mol) i spessartynu (0,82–1,66% mol). Składniki piaskowców są źle wysortowane, z wyjątkiem dobrze wysortowanych w próbce CzB2, i odznaczają się niewielkim stopniem obtoczenia (ziarna półostrokrawędziste i półobtroczone). Kontakty między ziarnami są proste, wklęsło-wypukłe i punktowe oraz suturowe — w próbkach Ko4 i CzB8. Piaskowce te są dojrzałe mineralogicznie, natomiast mniej dojrzałe teksturalnie.

Piaskowce o spoiwie wapnistym (CzB6 i ŚK1) są skałami średnioziarnistymi, o spoiwie bazalnym, miejscami porowym, krustyfikacyjnym. Szkielet ziarnowy jest zwarty, o ziarnach nieustalonych, polimiktyczny. Składa się on z ziaren kwarcu, skaleni i okruchów ziaren litycznych (tab. 3). Składniki szkieletu wykazują niski stopień wysortowania oraz średni stopień obtoczenia (ziarna półobtroczone). Kontakty międzyziarnowe są przeważnie proste, wklęsło-wypukłe i punktowe. Kwarc występuje w postaci ziaren monokrystalicznych, rzadziej zgranulowanych, spękanych i pociętych licznymi żyłkami kalcytowymi. Podrzednie obecne są silnie przeobrażone skalenie potasowe. Ziarna lityczne są reprezentowane przez okruchy skał krzemionkowych (34,78–60%), gnejsy (5,0% — próbka ŚK1), łupki krystaliczne (5,0% — próbka ŚK1) oraz wapienie (30,0–65,22%).

Wapienie piaszczyste (Ko3 i 5, CzB3, 7, 9 i 10) to skały, w których często występują częściowo skarbonatyzowane igły gąbek, płytki szkarłupni, otwornice bentoniczne, rzadziej fragmenty skorup małżów oraz w próbce CzB7 — kolec jeżowca. Materiał detrytyczny jest reprezentowany przez kwarc, muskowit, okruchy skał węglanowych oraz wyjątkowo, w próbce Ko5, przez litoklast łupka krystalicznego. Tło skalne stanowi mikryt. Detrytyczne ziarna węglanowe należą do frakcji piaszczysto-pyłowej (CzB10), są średnio lub dobrze wysortowane, ułożone bezładnie. Miejscami można zaobserwować kierunkowe ułożenie spikul (Ko3) lub delikatną laminację (Ko5), niekiedy marglistą (CzB10). Wapienie przecinają liczne żyłki kalcytowe. Według klasyfikacji Foka (1959, 1962) są to mikrokrystaliczne wapienie allochemiczne z bioklastami i intraklastami lub biosparyty i intrasparyty (CzB10). Zgodnie z podziałem Dunhama (1962) są to wackstony lub packstony, rzadziej grainstony (CzB10), natomiast po zmodyfikowaniu go przez Embry'ego i Klovana (1972) są to floatstony lub rudstony.

Wapienie (PK1 i PK2) to biomikryty i biomikrosparyty ze skupieniami sparytu, delikatną laminacją i licznymi żyłkami kalcytowymi. Szkielet skały stanowią bioklasty

(igły gąbek, otwornice bentoniczne, fragmenty skorup małży oraz płytki szkarłupni), intraklasty węglanowe oraz ziarna detrytycznego kwarcu. Tło jest mikrytowe. Według Foka (1959, 1962) są to wapienie mikrytowe z bioklastami, a według Dunhama (1962) — mudstony lub wackestony.

Na niemal wszystkich dyfraktogramach piaskowców tego ogniwa dominującym minerałem jest kwarc, z wyjątkiem skał silnie wapnistych (CzB3, 9, i 10), w których dominuje kalcyt. W próbkach Ko3 i 5, CzB3, 6, 7, 9 i 10 oraz ŚK1 obok kwarcu występuje kalcyt oraz dolomit. W próbkach CzB1, 2 i 4 wśród skaleni potasowych na podstawie refleksów 3,26 Å i 3,28 Å stwierdzono mikroklin oraz w próbce CzB9 na podstawie refleksu 3,32 Å — ortoklaz. W próbkach Ko1, 2, 3 i 5, CzB1, 2, 6, 9 i 10 oraz ŚK1 na podstawie refleksów 3,19 Å i 3,21 Å stwierdzono również obecność albitu. Refleks zbliżony do 10 Å na dyfraktogramach próbek CzB2 i 8 pochodzi od zaobserwowanych mikroskopowo łyszczków lub minerałów ilastych zawartych w spoiwie piaskowców. Na dyfraktogramach próbek Ko5 i CzB1 występują odpowiednio refleksy 14,778 Å i 14,014 Å, które mogą świadczyć o obecności chlorytu lub innych minerałów ilastych. Refleksy te charakteryzują się bardzo małymi intensywnościami.

Dyskusja

Przeprowadzone analizy stanowią istotne uzupełnienie badań i obserwacji wcześniejszych autorów zajmujących się formacją piaskowca z Koperszadów. Poza wykonaniem standardowego opisu petrograficznego obliczono udziały procentowe składników ziarnowych, spoiwa oraz matrix i na tej podstawie ustalono dokładne typy petrograficzne piaskowców dolnojurajskich, dotychczas opisywanych ogólnie jako piaskowce kwarcowe lub kwarcytowe. Na podstawie składu szkieletu ziarnowego określono prowincje geotektoniczne, z których pochodził materiał klastyczny, a wyniki analizy składu chemicznego EDS pozwoliły na identyfikację nie stwierdzonego dotychczas monacytu, określenie rodzaju i pochodzenia turmalinu oraz granatu, a także odmian skaleni.

Skały okruchowe formacji piaskowca z Koperszadów zaliczają się ogólnie do arenitów kwarcowych i arenitów subarkozowych, które można wyróżnić zarówno w piaskowcach ogniwa kwarcytów z Babosza, jak i ogniwa piaskowców z Waksmundzkiej. Wyjątek stanowią próbki CzB8 i PW2, będące wakami kwarcowymi. Według klasyfikacji piaskowców Pettijohna i in. (1987) w polu arenitów kwarcowych, charakteryzujących się bardzo wysokim udziałem kwarcu i niewielkim udziałem skaleni i ziaren litycznych, znalazły się punkty projekcyjne próbek OS1 i 2 oraz PW3, 4 i 5, reprezentujących ogniwo kwarcytów z Babosza, oraz próbek Ko4, CzB1, 4, 6 i ŚK1 ogniwa piaskowca z Waksmundzkiej. W polu arenitów subarkozowych, cechujących się wysokim udziałem kwarcu i średnim udziałem skaleni, lokują się punkty projekcyjne próbek SWW1 i 2, SWW11, 12 i 13 oraz PW2 ogniwa kwarcytów z Babosza, a także próbek Ko1 i 2 oraz CzB2 ogniwa piaskowca z Waksmundzkiej (ryc. 3A).

Punkty projekcyjne próbek PW2, 4 i 5, OS1 i 2 oraz SWW1 i 2, reprezentujące skład piaskowców ogniwa kwarcytów z Babosza, a także próbek Ko1 i 4 oraz CzB8 ogniwa piaskowca z Waksmundzkiej na diagramie dyskryminacyjnym (F-Qt-L), przedstawiającym prowincje geotektoniczne, z których mógł pochodzić materiał detrytyczny piaskowców (Dickinson i in., 1983), znalazły się w polu reprezentującym wnętrze platformy kontynentalnej (blok

kontynentalny nieaktywny tektonicznie). Pozostałe punkty, odpowiadające próbkom SWW11, 12 i 13 oraz PW3 ogniwa kwarcytów z Babosza i próbkom Ko2, CzB1, 2, 4, 6 i ŚK1 ogniwa piaskowca z Waksmundzkiej, znalazły się w polu reprezentującym recyklowany orogen (ryc. 3B).

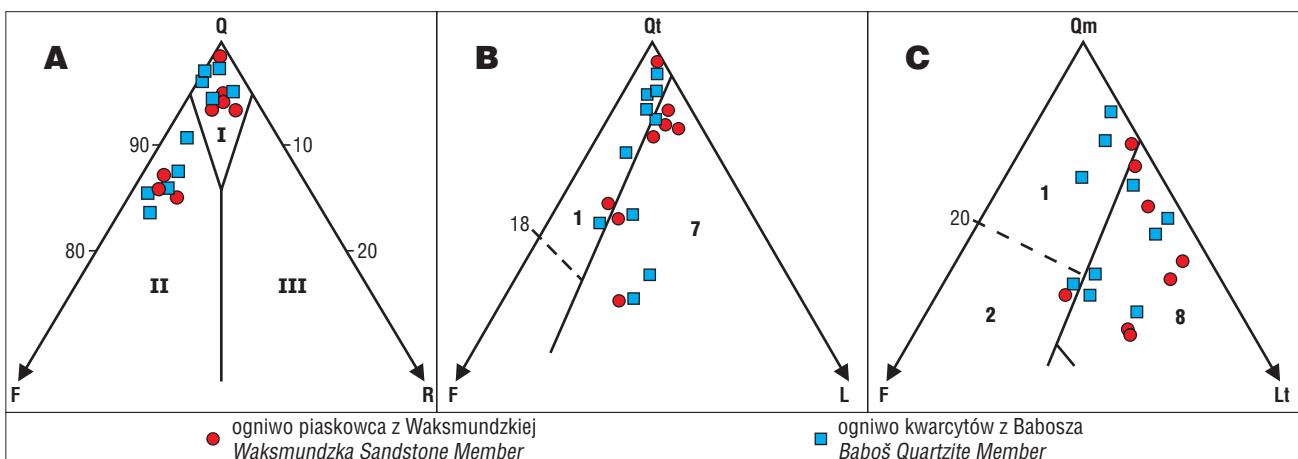
Na diagramie (F-Qm-Lt) (Dickinson i in., 1983) punkty projekcyjne reprezentujące próbki Ko4, SWW1, OS2 i PW5 lokują się w polu odpowiadającym wnętrzu platformy kontynentalnej (blok kontynentalny nieaktywny tektonicznie), a punkty reprezentujące próbki CzB2 i SWW11 odpowiadają pośredniemu obszarowi kontynentalnemu (blok kontynentalny). Pozostałe punkty, odpowiadające próbkom Ko1 i 2, CzB1, 4, 6 i 8, ŚK1, SWW2, 12 i 13, OS1 oraz PW2, 3 i 4, znalazły się w polu reprezentującym recyklowany orogen zasobny w kwarc (blok kontynentalny) (ryc. 3C).

Obszarem źródłowym był niewątpliwie kompleks skał zasobnych w kwarc. Kwarcze faliście wygaszające światło i polikrystaliczne mogą pochodzić ze skał metamorficznych. Kwarc monokrystaliczny oraz pozostałe minerały mogą pochodzić zarówno ze skał magmowych, jak i metamorficznych, co potwierdza również obecność okruchów gnejsów, magmowych lub metamorficznych okruchów kwarcowo-skaleniovych oraz obtoczonych lub idiomorficznych ziaren cyrkonów. Skład chemiczny turmalinu należącego do szeregu schörl (Fe-Mn) – drawit (Mg) wskazuje, że jego skałami macierzystymi były ubogie w Li granitoidy, pegmatyty i aplity (Henry & Guidotti, 1985), a brak różnicy w składzie chemicznym pomiędzy częścią centralną a krawędziami turmalinu wskazuje na stabilne warunki podczas jego krystalizacji. Wysoka zawartość cząsteczki piropowej w granacie w próbce CzB2 świadczy o tym, że powstawał on w warunkach metamorfizmu wysokiego stopnia. Większą ilość ziaren monacytu, cyrkonu, turmalinu, granatu, rutylu oraz apatytu zaobserwowano w piaskowcach reprezentujących arenity subarkozowe. W arenitach kwarcowych ich ilość jest znikoma. Okruchy skał krzemionkowych oraz w mniejszych ilościach skał węglano-

wych świadczą o obecności skał osadowych w obszarze źródłowym.

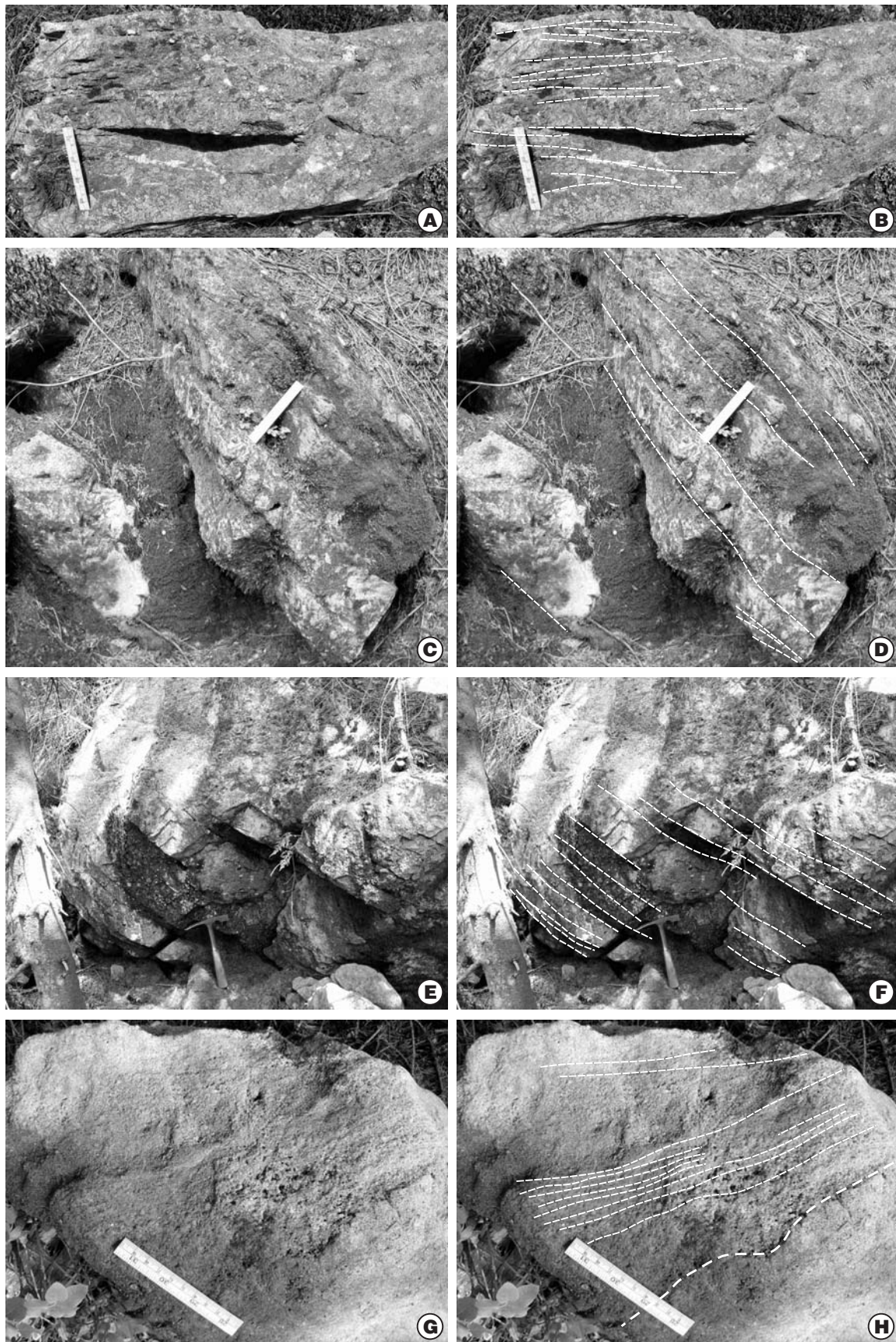
Chociaż wykształcenie składników oraz ich skład chemiczny wskazują, że ich skałami macierzystymi były głównie skały magmowe lub metamorficzne, to jednak wysoka dojrzałość mineralogiczna piaskowców świadczy raczej o wielokrotnej przeróbce materiału klastycznego. Sugeruje to jego pochodzenie z erozji skał klastycznych o zróżnicowanym udziale kwarcu, skaleni i innych składników w niedaleko usytuowanym obszarze źródłowym, na co z kolei wskazuje niewielka dojrzałość teksturalna.

W obrębie ogniwa piaskowca z Waksmundzkiej okrucy skał węglanowych oraz spoiwo węglanowe mogą pochodzić z erozji skał węglanowych usytuowanych bliżej brzegu. Turnau-Morawska (1953, 1955) sugeruje, że materiałem źródłowym liasowych skał klastycznych i węglanowych mogły być osady kajpru i werfenu. Wskazuje na to również podobieństwo otoczek, kwarcu i skaleni potasowych. Brak biotyту i plagioklazów w osadach liasowych może być wynikiem bardziej zaawansowanych procesów wietrzeniowych na pierwotnym złożu. Według cytowanej autorki obszarem źródłowym osadów liasowych był masyw, który dostarczał także składników do kajprowego i werfńskiego basenu sedimentacji lub też osady liasowe pochodziły z przerobienia utworów kajpru lub werfenu. Spoiwo węglanowe w wielu próbkach skał ogniwa piaskowca z Waksmundzkiej występuje jako składnik przeważający, a tylko w niektórych jest to spoiwo kontaktowe. Można więc przypuszczać, że w wyniku erozji skał węglanowych duża ilość CaCO₃ przeszła do roztworu w basenie sedimentacyjnym i została wytrącona w postaci spoiwa syngenetycznego, natomiast okrucy skalne pochodzące z erozji triasowych skał węglanowych zachowały się w postaci ziaren litycznych, reprezentowanych przez wapienie mikrytowe i sparytowe (Turnau-Morawska, 1953, 1955). W próbkach CzB6 i ŚK1 ziarna kwarcu tkwiące w spoiwie węglanowym są poprzecinane licznymi żyłkami kalcytowymi, co przemawia za syngenetycznym wytrąceniem



Ryc. 3. Punkty projekcyjne formacji piaskowca z Koperszadów na diagramach klasyfikacyjnych i dyskryminacyjnych piaskowców: **A** — Według Pettijohna i in. (1987): F — skalenie; Q — kwarc; R — fragmenty skał; I — arenity kwarcowe; II — arenity subarkozowe; III — arenity sublityczne; **B** — Według Dickinsona i in. (1983): Qt — kwarc całkowity mono- i polikrystaliczny; F — skalenie; L — fragmenty skał; 1 — wnętrze platformy kontynentalnej; 7 — orogen recyklowany; **C** — Według Dickinsona i in. (1983): Qm — kwarc monokrystaliczny; F — skalenie; Lt — fragmenty skał i kwarc polikrystaliczny; 1 — wnętrze platformy kontynentalnej; 2 — obszar kontynentalny pośredni; 8 — orogen recyklowany zasobny w kwarc

Fig. 3. Projection points for sandstones of the Med'odoly Sandstone Formation in the classification and discrimination diagrams: **A** — According to Pettijohn et al. (1987): F — feldspars; Q — total quartz (monocrystalline and polycrystalline); R — rock fragments; I — quartz arenites; II — subarkose arenites; III — sublithic arenites; **B** — According to Dickinson et al. (1983): Qt — quartz; F — feldspars; L — lithics; 1 — craton interior; 7 — recycled orogen; **C** — According to Dickinson et al. (1983): Qm — monocrystalline quartz; F — feldspars; Lt — rock fragments and polycrystalline quartz; 1 — craton interior; 2 — transitional continental area; 8 — recycled orogen rich in quartz



Ryc. 4. Warstwowanie równoległe, prawie równoległe i skośnie dużej skali (linie przerywane), świadczące o znacznej energii środowiska: **A–B** — Przysłop Waksmundzki; **C–F** — Ostry Wierch; **G–H** — laminacja, gradacja ziarna i powierzchnia erozyjna, Średnia Kopa Sołtysia. **C–H** — warstwy tektonicznie wychylone

Fig. 4. Parallel and large scale cross lamination (marked by dashed lines) indicating high-energy environment: **A–B** — Przysłop Waksmundzki; **C–F** — Ostry Wierch; **G–H** — lamination, graded bedding and erosional surface, Średnia Kopa Sołtysia. **C–H** — tectonically inclined beds

CaCO₃. Składniki tych osadów były poddane intensywnym procesom diagenetycznym, o czym świadczą liczne zatoki z rozpuszczania w ziarnach kwarcu, kalcyfikacja igieł gąbek oraz fragmentów muszli małżów. Geneza spikulitów mogła być następująca: na dnie występowały dywanowo rozpościerające się siedliska gąbek, zasypane przez materiał klastyczny opadający z zawiesiny lub przynoszony przez słabe prądy. Taki schemat depozycji tłumaczy małą zawartość materiału detrytycznego oraz dużą koncentrację spikul w wapieniu (próbka Ko3).

Sedymentacja utworów ogniwa piaskowca z Waksmundzkiej zachodziła w środowisku morskim, poniżej normalnej podstawy falowania, lecz prawdopodobnie w zasięgu dystalnej sedymentacji sztormowej i działania prądów dennych. Wskazują na to lokalnie występujące nagromadzenia intraklastów mikrytowych (Czb6 i 10) i bioklastów w próbkach węglanowych, reprezentowanych przez spikule gąbek, otwornice bentoniczne, fragmenty płytek szkarłupni oraz skorupy małżów. Osady te są całkowicie zbioturbowane, o czym świadczą struktury bioturbacyjne, widoczne w płytkach cienkich w postaci smug (PK1).

Piaskowce ogniwa kwarcytów z Babosza były deponowane w środowisku płytszego szelfu, w zasięgu normalnej podstawy falowania. Gaździcki i Lefeld (1997) sugerowali, że depozycja kwarcytów baboszańskich zachodziła w ujściach podmorskich kanionów, lecz brak jakichkolwiek przesłanek sedymentologicznych wskazujących na głębokowodny typ sedymentacji. Mimo że skały te w literaturze są określane jako masywne, to miejscami można dostrzec w nich warstwowania równoległe, prawie równoległe i skośne dużej skali (ryc. 4), typowe dla środowisk płytszego szelfu. Ich geneza jest związana z procesem erozji i powtórnego osadzania materiału ze starszych skał osadowych lub krystalicznych i jego obróbki w płytszych partiach basenu sedymentacyjnego, czego efektem jest wysoka dojrzałość mineralogiczna piaskowców. Osady te charakteryzują się jednak stosunkowo niską dojrzałością teksturalną, co może świadczyć o niskiej intensywności przerabiania i prawdopodobnie bliskim transporcie. Również dobry stan zachowania monacytów (próbka CzB2) wskazuje na krótki transport.

Sukcesja osadowa: ogniwo kwarcytów z Babosza – ogniwo piaskowca z Waksmundzkiej – margle z Płaśni wskazuje na pogłębianie środowiska sedymentacji. Jest to trend typowy dla utworów jury dolnej jednostki krzyżniańskiej (np. Wiczorek, 2001).

Próba określenia paleogeograficznej lokalizacji obszaru źródłowego jest bardzo trudna. Nie udało się ustalić kierunku transportu. Nie wykluczone, że materiał pochodzi z wyniesionych i erodowanych części Tatricum, Hronicum lub obszarów na ich zalepczu.

Autorzy dziękują Dyrekcji Tatrzańskiego Parku Narodowego za pozwolenie na przeprowadzenie badań, Pani prof. Annie Maliszewskiej i Anonimowemu Recenzentowi za krytyczne uwagi.

Literatura

- ANDRUSOV D. 1950 — Tectonická stavba masivu Širokiej (Vysoke Tatro). Geol. Sbor., 1: 19–26.
- BAC-MOSZASZWILI M. & LEFELD J. 1999 — Correlation of the Subtratic tectonic units south of Zakopane (Polish Tatra Mts). Stud. Geol. Pol., 115: 131–138.
- BAC-MOSZASZWILI M., BURCHART J., GLĄZEK J., IWANOW A., JAROSZEWSKI W., KOTAŃSKI Z., LEFELD J., MASTELLA L., OZIMKOWSKI W., RONIEWICZ P., SKUPIŃSKI W. & WESTWALEWICZ-MOGILSKA E. 1979 — Mapa geologiczna Tatr polskich, skala 1 : 30 000. Wydaw. Geol.
- BORZA K. 1958 — Triasove a liasove kremence Belanskych Tatier (Die tradischen und liassischen quartize des Gebirges Belanske Tatro). Geol. Sbor., 9 (1): 52–65.
- DICKINSON W.R., BEARD L.S., BRAKENRIDGE G.R., ERJAVEC J.L., FERGUSON R.C., INMAN K.F., KNEPP R.A., LINDBERG F.A. & RYBERG P.T. 1983 — Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting. Geol. Soc. America Bull., 94: 222–235.
- DUNHAM R. J. 1962 — Classification of carbonate rocks according to depositional texture. American Association of Petroleum Geologist Memoir, 1: 108–121.
- EMBRY A.F. & KLOVAN E.J. 1972 — Absolute water depths limits of Late Devonian paleoecological zones. Geol. Rundsch., 61: 672–686.
- FOLK R.L. 1959 — Practical petrographic classification of limestones. American Association of Petroleum Geologist Bulletin, 43: 1–38.
- FOLK R.L. 1962 — Spectral subdivisions of limestone types. American Association of Petroleum Geologist Memoir, 1: 62–84.
- GAŹDZICKI A. & LEFELD J. 1997 — Jura dolna. [W:] Lefeld J. & Gaździcki A. (eds), Przewodnik LXVIII Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Zakopane, 2–4 października 1997. Polskie Towarzystwo Geologiczne, Warszawa: 59–61.
- GRABOWSKA-HAKENBERG H. 1958 — Budowa geologiczna obszaru Kop Sołtysich w Tatrach. Kwart. Geol., 2: 400–412.
- HENRY D.J. & GUIDOTTI C.V. 1985 — Tourmaline as a petrogenetic indicator mineral: an example from the staurolite grade metapelites of NW Maine. American Mineralogist, 70: 1–15.
- IWANOW A. 1973 — New data on geology of the Lower Sub-Tatric Succession in the eastern part of the Tatra Mts. Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences. Série des Sciences de la Terre, 21 (1): 65–74.
- IWANOW A. 1979 — Trasa B6. [W:] Lefeld J. (ed.), Przewodnik 51 Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Zakopane. Wydaw. Geol.: 198–210.
- IWANOW A. 1985a — Formacja piaskowca z Koperszadów. [In:] Lefeld J. (ed.), Jurassic and Cretaceous lithostratigraphic units in the Tatra Mountains. Stud. Geol. Pol., 84: 41–46.
- IWANOW A. 1985b — Ogniwo wapienia z Płaśni. [In:] Lefeld J. (ed.), Jurassic and Cretaceous lithostratigraphic units in the Tatra Mountains. Stud. Geol. Pol., 84: 49–50.
- LEFELD J., GAŹDZICKI A., IWANOW A., KRAJEWSKI K. & WÓJCIK K. 1985 — Jurassic and Cretaceous lithostratigraphic units in the Tatra Mountains. Stud. Geol. Pol., 84: 40–46.
- LEFELD J. 1999 — Tectonics of the Subtratic Units, Eastern Tatra Mts. Stud. Geol. Pol., 115: 139–166.
- NOWICKA M. 1973 — Opracowanie petrograficzne utworów mezozoicznych występujących pod serią reglową i utworów dolnego triasu, kajpru i synemuru serii reglowej z otworu wierniczego Zakopane IG1. Z badań geologicznych w Karpatach, tom XVI. Biul. Inst. Geol., 265: 241–278.
- PETTIJOHN F.J. 1957 — Sedimentary Rocks. New York: Harper: 718.
- PETTIJOHN F.J., POTTER P.E. & SIEVER R. 1987 — Sand and Sandstone. Springer-Verlag.
- SOKOŁOWSKI S. 1948 — Tatro Bielskie: geologia zbczocy południowych. Pr. Państw. Inst. Geol., 4: 1–47.
- SOKOŁOWSKI S. 1973 — Geologia paleogenu i mezozoicznego podłoża południowego skrzydła niecki podhalańskiej w profilu głębokiego wiercenia w Zakopanem. Biul. Inst. Geol., 265: 6–74.
- SOKOŁOWSKI S. 1978 — Geologia strefy reglowej Tatr Polskich między Kopami Sołtysimi a Białką. Pr. Muzeum Ziemi, 28: 35–61.
- SOKOŁOWSKI S. & JACZYŃSKA W. 1979a — Mapa geologiczna Tatr Polskich, Arkusz Kopieniec. Wydaw. Geol.
- SOKOŁOWSKI S. & JACZYŃSKA W. 1979b — Mapa geologiczna Tatr Polskich, Arkusz Kopy Sołtysie. Wydaw. Geol.
- SOKOŁOWSKI S. & JACZYŃSKA W. 1980 — Mapa geologiczna Tatr Polskich, Arkusz Wołoszyn. Wydaw. Geol.
- TEOFILAK-MALISZEWSKA A. 1973 — Opracowanie petrograficzne najwyższego triasu i jury dolnej (bez utworów synemuru) w podłożu paleogenu Zakopanego. Biul. Inst. Geol., 265: 177–194.
- UHLIG V. 1897 — Die Geologie des Tatragebirges. I. Einleitung und stratigraphischer Teil. Denkschriften der Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse, 64: 643–684.
- TURNAU-MORAWSKA M. 1953 — Kajer tatrzański, jego petrografia i sedymentologia. Acta Geol. Pol., 3: 33–102.
- TURNAU-MORAWSKA M. 1955 — Uwagi o sedymentacji w ferfenu tatrzańskiego. Roczn. Pol. Tow. Geol., 23: 37–52.
- UCHMAN A. 2004 — Tatro, ich skały osadowe i badania sedymentologiczne. [W:] Kędziński M., Leszczyński S. & Uchman A. (eds), Geologia Tatr: Ponadregionalny Kontekst Sedymentologiczny, Polska Konferencja Sedymentologiczna, VIII Krajowe Spotkanie Sedymentologów, Zakopane, 21–24.06.2004 r. Pol. Tow. Geol., Kraków, 5–15.
- WIECZOREK J. 2001 — Condensed horizons as turning events in passive margin evolution: the Tatra Mts. Example. Zbl. Geol. Paläont., Teil I, 1/2 (for 2000): 199–209.

Praca wpłynęła do redakcji 29.05.2009 r.

Po recenzji akceptowano do druku 28.09.2009 r.