

Petrografia warstw snochowickich (dolna jura, zachodnie obrzeżenie mezozoiczne Gór Świętokrzyskich)

Małgorzata Kozłowska¹



The petrography of the Snochowice Beds (Lower Jurassic, western Mesozoic margin of the Holy Cross Mountains). *Prz. Geol.*, 59: 523–534.

Abstract. The Snochowice Beds – the Lower Jurassic gravels and conglomerates – are composed of the fragments of the most resistant rocks: the vein quartz, quartzites, quartzite sandstones and conglomerates, lydites and jaspers. The results of performed investigations allowed to modification of the existing opinion about the source areas. The results of petrographical analysis also allow to compare the group of the Snochowice Beds pebbles to the pebbles of the Lower and Upper Triassic rocks from the Mesozoic margin of the Holy Cross Mountains and the Inner Carpathians. The similarity of the main components: the pebbles of quartzites, lydites and jaspers of the Carpathian Triassic rocks and the Lower Jurassic gravels was the basis to identifying the Bohemian Massif as the source area, which was build mainly of the Paleozoic metamorphic and sedimentary rocks. In the Snochowice Beds pebbles were recognized also parts of rocks similar to the Cambrian rocks underlying the Jurassic rocks on the Upper Silesia Block.

Keywords: gravels, Lower Jurassic, petrography of pebbles, Mesozoic margin of the Holy Cross Mountains

Warstwy snochowickie to utwory żwirowo-piaszczyste dolnej jury występujące w zachodnim i północno-zachodnim obrzeżeniu mezozoicznym Gór Świętokrzyskich, między Łopusznem a Czermnem (ryc. 1). Utwory te były przedmiotem badań stratygraficznych oraz sedimentologicznych (Jurkiewiczowa, 1967; *vide* Karaszewski & Kopik, 1970; Marcinkiewicz, 1971; Pieńkowski, 1980, 1983, 1991, 2004, 2006; Kozłowska-Deuskiewicz, 2005). Przeprowadzone przez Dadleza (1962) analizy składu litologicznego miały charakter wstępnych analiz petrograficznych. Badania kierunków transportu materiału okrucowego pozwoliły określić generalny kierunek transportu materiału okrucowego z południa na północ, jednak ówczesne słabe rozpoznanie budowy geologicznej południowej Polski spowodowało, że skały źródłowe nie zostały jednoznacznie określone, choć wskazano potencjalne obszary ich występowania – skały paleozoiczne Niecki Nidy oraz skały występujące w podłożu płaszczowin karpackich. W latach 70. i 80. XX w. stan wiedzy na temat budowy geologicznej podłoża skał mezozoicznych południowej Polski uległ zmianie – rozszerzono go o informacje uzyskane z głębokich wierceń (Jurkiewicz, 1974, 1975, 1980; Buła, 2000; Moryc & Łydka, 2000). Badania petrograficzne przeprowadzone przez autorkę mają charakter szczegółowej analizy petrograficznej, której wyniki uzupełnione zostały o dane z głębokich wierceń i pozwoliły zmodyfikować i uściślić dotychczasowe poglądy na temat pochodzenia materiału okrucowego warstw snochowickich.

Zastosowana metodyka badań

Podczas badań terenowych w każdym z 10 odsłoneń (ryc. 1) przeprowadzono makroskopową analizę litologiczną utworów warstw snochowickich. Z osadów o mniejszym stopniu lityfikacji pobrano próby do analizy granulometrycznej – w ten sposób wyróżniono trzy główne litofacje żwirowe (ryc. 2). Na podstawie makroskopowej analizy litologicznej wydzielono jedną litofację piaszkowcą,

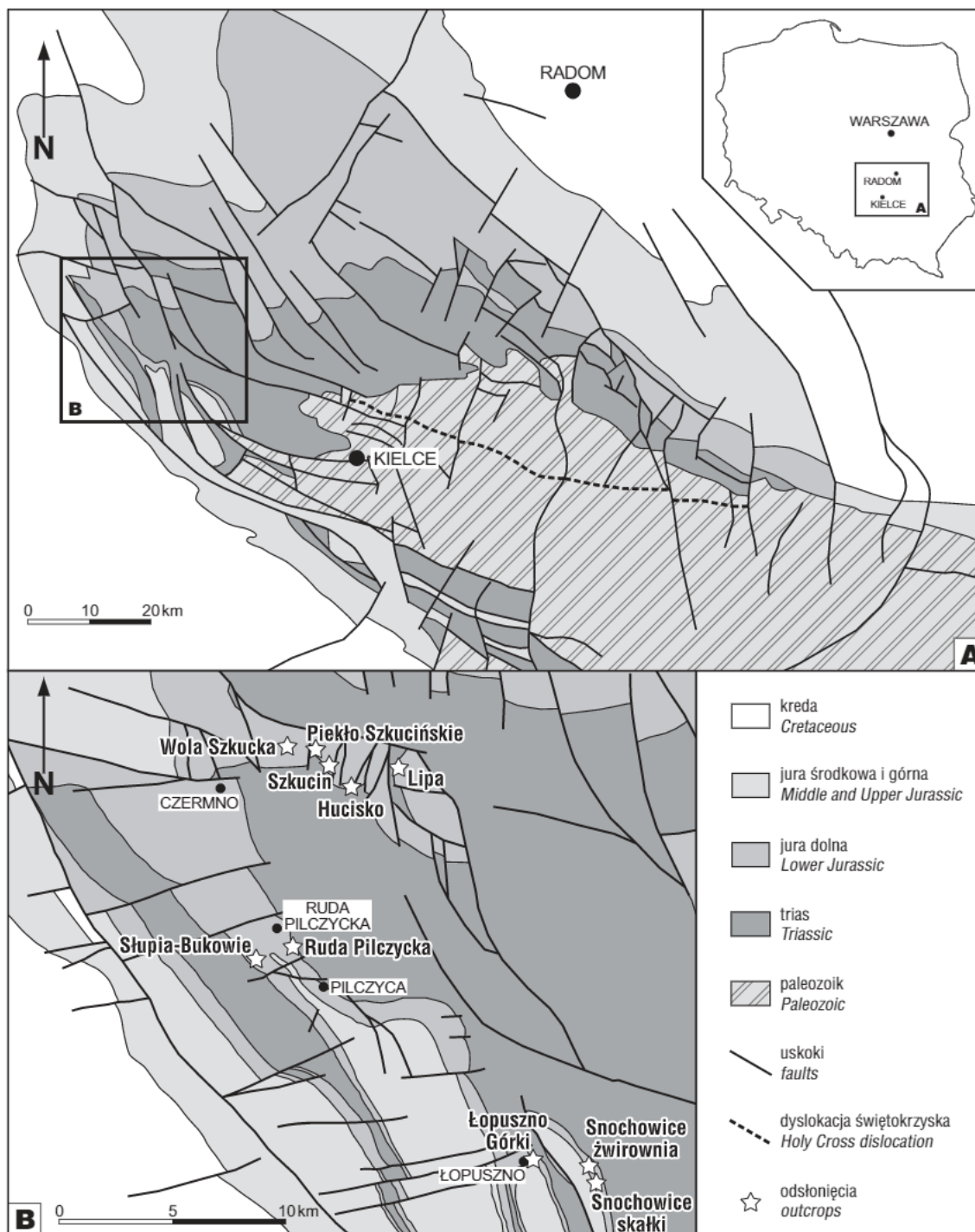
jednak znaczny stopień lityfikacji tych utworów uniemożliwił przeprowadzenie analizy sitowej do badań granulometrycznych. W obrębie poszczególnych klas wielkości otoczków nie stwierdzono wyraźnego zróżnicowania składu litologicznego, dlatego też wstępną makroskopową ocenę składu litologicznego materiału okrucowego i rozpoznanie grup litologicznych otoczków wykonano dla każdej wyróżnionej litofacji zamiast dla poszczególnych klas wielkości otoczków (ryc. 3). Podstawą do wydzielenia tych grup była makroskopowa ocena litologii 200 otoczków losowo wybranych spośród każdej próby. Do badań petrograficznych pod mikroskopem polaryzacyjnym z każdej grupy litologicznej wybrano otoczki o najlepszym stanie zachowania. Badania petrograficzne przeprowadzono na 100 płytkach cienkich. Za pomocą mikroskopu polaryzacyjnego określono skład mineralny oraz strukturę i teksturę skał. Bardzo pomocne w rozpoznaniu pierwotnych cech budowy wewnętrznej wybranych grup otoczków były badania w katodoluminescencji. Wykonano je w pracowni petrograficznej firmy *Nafta-Gaz* w Krakowie, na aparaturze CCL 8200 mk4a firmy *Cambridge Image Technology Ltd.* Do badań wykorzystywano napięcie wzbudzające 20–28 kV i natężenie prądu 600–800 mA.

Charakterystyka warstw snochowickich

Warstwy snochowickie to utwory żwirowo-piaszczyste o różnym stopniu lityfikacji. Są to zarówno rozsypliwie żwiry o spoiwie ilasto-pylastym, jak i zlepienie lub piaszkowce o spoiwie krzemionkowym lub krzemionkowo-żelazistym. Ze względu na proporcje frakcji żwirowej do frakcji drobniejszych oraz ich zawartość procentową wyróżniono 4 główne litofacje:

- średnio- i gruboziarniste piaszkowce, często zawierające znaczną – do 40% – domieszkę frakcji żwirowej;
- drobno- i bardzo drobnoziarniste żwiry i zlepienie ze znaczną – od 16 do 46% – domieszką frakcji piaszkowej (ryc. 2A);

¹Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, al. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; mmkozłowska@uw.edu.pl.



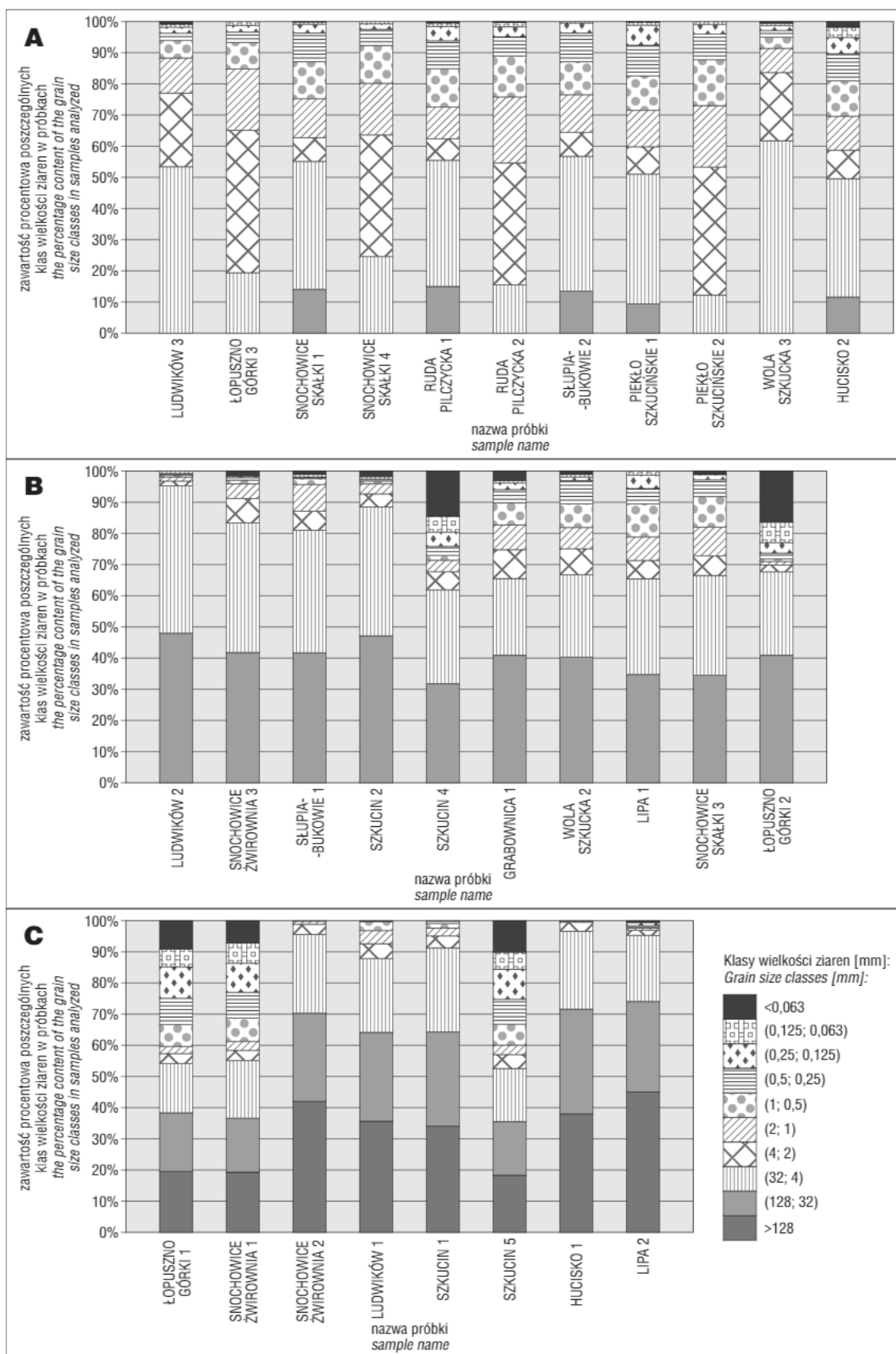
Ryc. 1. Uproszczona mapa geologiczna Gór Świętokrzyskich (wg Dadleza i in., 2000; zmodyfikowana): A – obrzeżenie mezozoiczne Gór Świętokrzyskich; B – lokalizacja badanych odstąpięć

Fig. 1. Simplified geological map of the Holy Cross Mountains (after Dadlez et al., 2000; modified): A – Mesozoic margin of the Holy Cross Mountains; B – the localization of the outcrops

- średnioziarniste żwiry i zlepieńce ze zmienną zawartością – od 5 do 32% – frakcji piaskowej i frakcji drobniejszych (ryc. 2B);
- gruboziarniste lub średnio- i gruboziarniste żwiry i zlepieńce ze zmienną zawartością – od 0 do ponad 40% – frakcji piaskowej i frakcji drobniejszych (ryc. 2C).

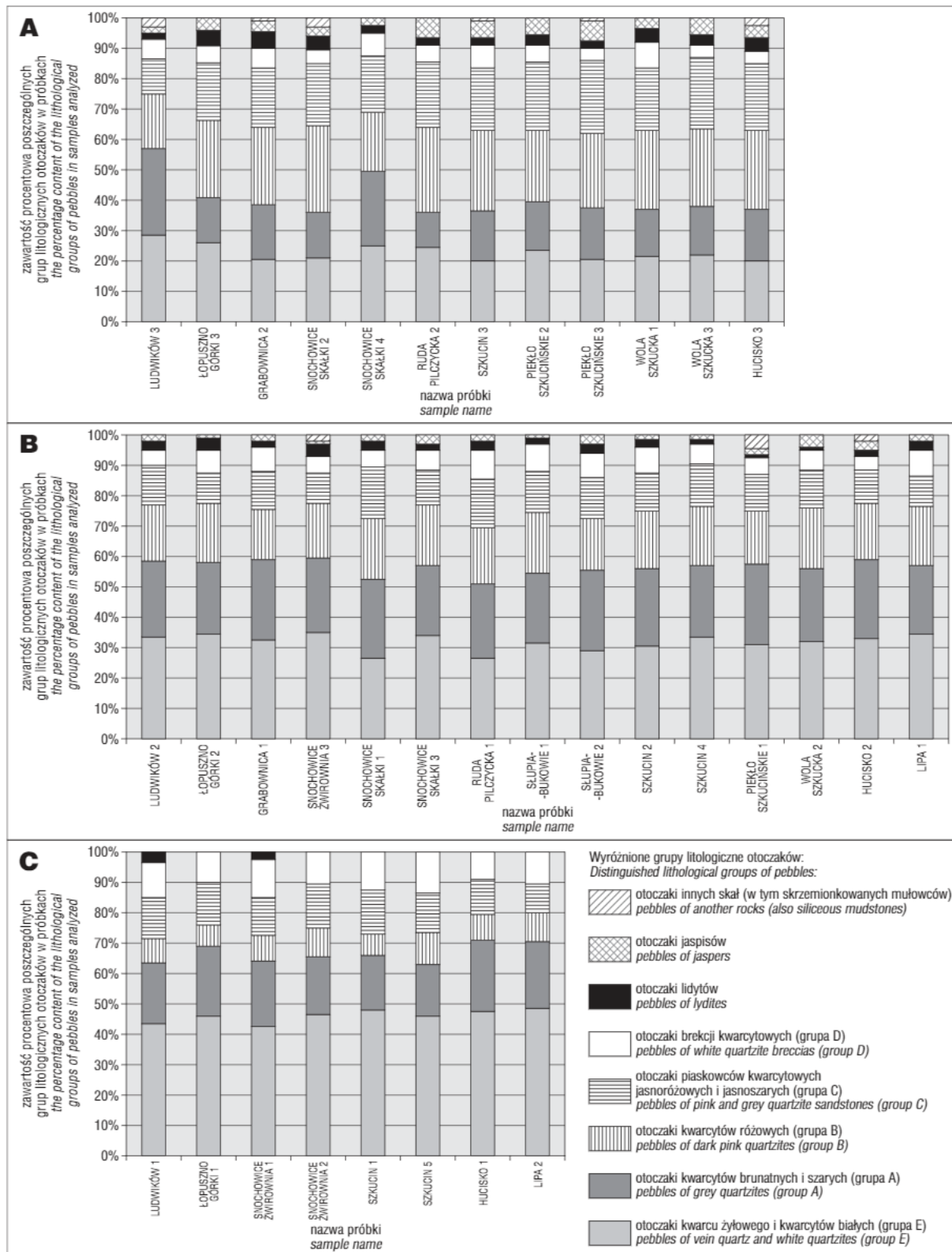
Warstwy snochowickie złożone są z bardzo dobrze obtoczonych fragmentów kwarców żyłowych, kwarcytów,

piaskowców kwarcytowych, jaspisów i lidytów (ryc. 3). Proporcje głównych składników materiału okrucowego zmieniają się zaledwie w niewielkim stopniu, w zależności od wielkości otoczków. W przypadku żwirów gruboziarnistych otoczki kwarców żyłowych stanowią od ponad 40 do 50% wszystkich otoczków. Ich udział maleje w żwirach średnioziarnistych, w których wynosi ok. 30%, a w żwirach drobnoziarnistych i piaskowcach ze żwirem ich ilość przeważnie nie przekracza 25% (ryc. 3). Otoczki



Ryc. 2. Zawartość procentowa poszczególnych klas wielkości ziaren we wszystkich analizowanych próbkach litofacji zwirowych: **A** – drobno- i bardzo drobnoziarniste żwiry i zlepienie ze znaczną domieszką frakcji piaskowej; **B** – średnioziarniste żwiry i zlepienie ze zmienną zawartością frakcji piaskowej i frakcji drobniejszych; **C** – gruboziarniste lub średnio- i gruboziarniste żwiry i zlepienie ze zmienną zawartością frakcji piaskowej i frakcji drobniejszych

Fig. 2. The percentage content of the size grain classes for all analyzed samples from gravelly lithofacies: **A** – fine- and very fine-grained gravels and conglomerates with large admixture of sandy fraction; **B** – medium-grained gravels and conglomerates with variable admixture of sandy fraction and fines; **C** – coarse-grained and medium- and coarse-grained gravels and conglomerates with variable admixture of sandy fraction and fines



Ryc. 3. Zawartość procentowa poszczególnych grup litologicznych otoczków wyróżnionych litofacji warstw snochowieckich: **A** – drobno- i bardzo drobnoziarniste żwiry i zlepienie ze znaczną domieszką frakcji piaskowej oraz średnio- i gruboziarniste piaskowce ze znaczną domieszką frakcji żwirowej; **B** – średnioziarniste żwiry i zlepienie ze zmienną zawartością frakcji piaskowej i frakcji drobniejszych; **C** – gruboziarniste lub średnio- i gruboziarniste żwiry i zlepienie ze zmienną zawartością frakcji piaskowej i frakcji drobniejszych

Fig. 3. The percentage content of different lithological groups of pebbles in distinguished lithofacies of the Snochowiec Beds: **A** – fine- and very fine-grained gravels and conglomerates with large admixture of sandy fraction and medium- and coarse-grained sandstones with large admixture of gravelly fraction; **B** – medium-grained gravels and conglomerates with variable admixture of sandy fraction and fines; **C** – coarse-grained and medium- and coarse-grained gravels and conglomerates with variable admixture of sandy fraction and fines

kwarcytów i piaskowców kwarcytowych są głównymi składnikami badanych żwirów.

Otoczaki kwarcytów brunatnych i białych piaskowców kwarcytowych dominują we frakcjach grubszych. W żwirach średnioziarnistych i gruboziarnistych otoczaki kwarcytów brunatnych stanowią ok. 15–20%, a białych brekcji kwarcytowych – ok. 10–15%. Zawartość procentowa obu grup otoczków zmniejsza się w żwirach drobnoziarnistych i wynosi odpowiednio: brunatne kwarcyty – 10–15%, białe brekcje kwarcytowe – ok. 5%. Z kolei udział otoczków kwarcytów różowych oraz jasnoróżowych/jasnoszarych piaskowców kwarcytowych jest zdecydowanie większy we frakcjach drobniejszych. Otoczaki różowych kwarcytów w żwirach drobnoziarnistych stanowią od 15 do 25%, a otoczaki jasnoszarych piaskowców kwarcytowych: 15–20%. Ich udział maleje we frakcjach grubszych. Otoczaki litytów i jaspisów są nieliczne i występują tylko we frakcjach drobniejszych.

Kwarcę żyłowe. Kwarcę te są zwykle białe, choć zdarzają się również zabarwione na kolor żółty lub różowy. Analiza płytek cienkich pozwoliła wyróżnić 3 grupy różniące się cechami strukturalnymi (tab. 1; ryc. 4A–B).

Kwarcyty i piaskowce kwarcytowe. Wśród otoczków kwarcytowych rozpoznano makroskopowo kilka grup skał różniących się cechami strukturalnymi i teksturalnymi, barwą i sposobem wietrzenia: kwarcyty brunatne – grupa A, kwarcyty różowe – grupa B, jasnoszare i jasnoróżowe piaskowce kwarcytowe – grupa C, białe i jasnoszare brekcje kwarcytowe – grupa D (tab. 2). W badaniach makroskopowych białe kwarcyty – grupa E – zaliczono do kwarców żyłowych, jednak szczegółowa analiza petrograficzna cech teksturalnych w płytkach cienkich wykazała, że są to kwarcyty (tab. 2).

Kwarcyty brunatne – grupa A. Są to skały o teksturze bezładnej i strukturze drobnoziarnistej, zbudowane głównie z ziaren kwarcu monokrystalicznego (ryc. 4C) oraz z niewielkiej ilości fragmentów kwarcytów (ryc. 4D), łupków metamorficznych i niedużych ziaren cyrkonów. Skały te są poprzecinane żyłkami kwarcowymi (ryc. 4E). Wielkość kryształów kwarcu w żyłkach wynosi od 1 do 6 mm, a ich pokrój jest wydłużony.

Kwarcyty różowe – grupa B. W płytkach cienkich rozpoznano teksturę bezładną, miejscami lekko kierunkową. Ponadto struktura jest nierównoziarnista – wielkość składników wynosi od 0,2 do 10 mm (ryc. 4F). Skały te zbudowane są głównie z kwarcu monokrystalicznego faliście wygaszającego światło oraz fragmentów arenitów kwarcowych. Zdecydowanie mniej jest kwarcu monokrystalicznego zwyczajnie wygaszającego światło, a kryształki kwarcu o

wielkości < 1 mm tworzą niewielkie skupienia. Akcesoryczne znaczenie mają czerty. Kontakty ziaren mają charakter suturowy, tylko pomiędzy ziarnami kwarcu zwyczajnie wygaszającego światło kontakty mają charakter prosty. Miejscami w płytkach cienkich występują rozproszone bezpostaciowe związki żelaza, barwiące skałę na lekko czerwony kolor, oraz promieniste skupienia chlorytów.

Piaskowce kwarcytowe jasnoszare i jasnoróżowe – grupa C. Skały te cechują się teksturą bezładną i drobnoziarnistą – składniki ziarniste mają wielkość od 0,04 do 0,8 mm (ryc. 5A). Głównym komponentem jest kwarc monokrystaliczny prosto wygaszający światło, dodatkowo w ilości zaledwie kilku procent występuje muskowit. Skały pocięte są drobnymi żyłkami kwarcowymi.

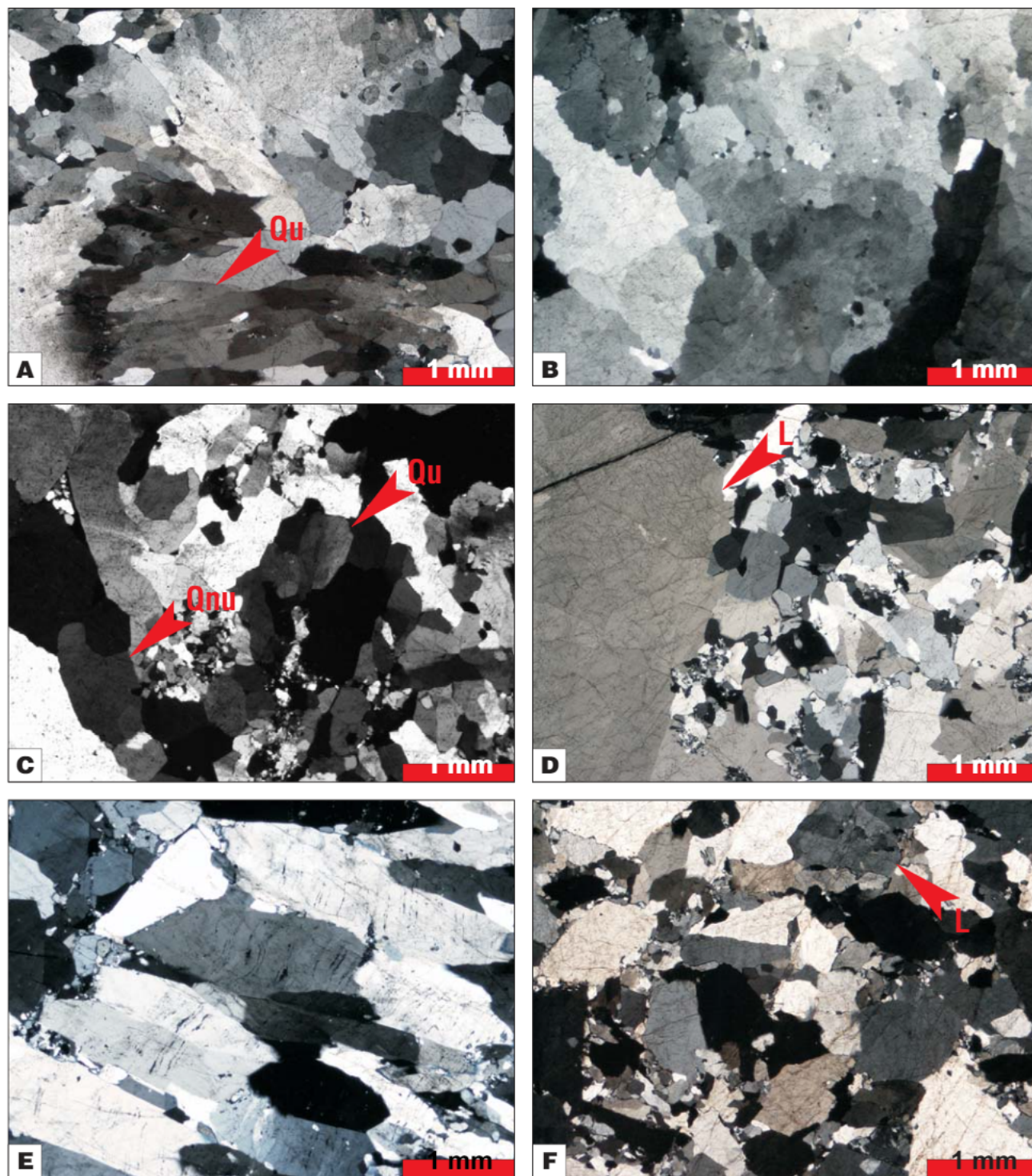
Do określenia pierwotnych cech skały – kształtu ziaren, charakteru kontaktów międzyziarnowych i stopnia wysortowania – wykorzystano analizę katodoluminescencyjną. Skały grupy C cechuje dobre wysortowanie, zbudowane są z dobrze obtoczonych ziaren kwarcowych i kwarcytowych. Kontakty międzyziarnowe mają charakter wklęsło-wypukły i prosty (ryc. 5A–B). Badania katodoluminescencyjne pozwoliły również określić pochodzenie detrytycznego kwarcu na podstawie różnej barwy luminescencyjnej tego minerału. Większość ziaren kwarcowych wykazuje luminescencję w barwach niebieskobrunatnych, a tylko część ma intensywne barwy czerwone lub barwę niebieskofioletową (ryc. 5A–B). Intensywna czerwona barwa kwarcu wskazuje na pochodzenie ze skał wulkanicznych (Zinkernagel, 1978), z kolei na podstawie barw niebieskofioletowej i niebieskobrunatnej kwarcu można wnioskować o genezie magmowej lub metamorficznej (Marshall, 1988; Matter & Ramseyer, 1985). Poza tym wśród składników występują ziarna lityczne – fragmenty kwarcytowych skał metamorficznych. Badane w płytkach cienkich piaskowce kwarcytowe C to dojrzałe petrograficznie skały, zawierające dobrze obtoczony materiał okrucowy (ryc. 5 A–B) pochodzący z wietrzenia skał wulkanicznych i metamorficznych. Badane otoczaki wg klasyfikacji Petti-johna i in. (1973) należą do grupy arenitów kwarcowych.

Brekcje kwarcytowe białe i jasnoszare – grupa D. W otoczkach tej grupy skał stwierdzono teksturę bezładną i strukturę nierównoziarnistą. Skały zbudowane są głównie z kilkumilimetrowych (2–7 mm) fragmentów arenitów kwarcowych o ziarnach kwarcu faliście wygaszającego światło tkwiących w spoiwie o charakterze masy wypełniającej. Spoiwo stanowią głównie ziarna monokrystalicznego kwarcu rozproszonego wśród minerałów ilastych (ryc. 5C). Zarówno ziarna kwarcu drobnoziarnistego, jak i większość ziaren litycznych charakteryzują się niezbyt dobrym obtoczeniem (ryc. 5C–D). Tylko niektóre frag-

Tab. 1. Charakterystyka mikroskopowa otoczków kwarcu żyłowego

Table 1. The microscopy characteristic of the vein quartz pebbles

Rodzaje kwarcu <i>Quartz types</i>	Struktura <i>Texture</i>	Wielkość składników <i>Size of components</i>	Pokrój kryształów <i>Shape of crystals</i>	Sposób wygaszania światła <i>Character of light extinction</i>
kwarc a <i>quartz a</i>	drobnoziarnista <i>fine-grained</i>	0,5–2 mm	wydłużony <i>elongated</i>	zwyczajne lub faliste <i>non-undulose or undulose</i>
kwarc b <i>quartz b</i>	średnioziarnista <i>medium-grained</i>	1–5 mm	izometryczny <i>isometric</i>	faliste <i>undulose</i>
kwarc c <i>quartz c</i>	nierównoziarnista <i>inequigranular</i>	5–20 mm	izometryczny <i>isometric</i>	faliste <i>undulose</i>



Ryc. 4. Mikrofotografie płytek cienkich wykonane pod mikroskopem polaryzacyjnym, nikole skrzyżowane. **A** – wydłużone kryształy kwarcu faliście wygaszającego światło (Qu); **B** – kwarc żyłowy (kwarc b) – kryształy kwarcu faliście wygaszającego światło; **C** – kwarcyty (grupa A) – główne składniki skały: kryształy kwarcu zwyczajnie (Qnu) oraz faliście wygaszającego światło (Qu); **D** – kwarcyty (grupa A) – duży, obtoczony fragment kwarcytu; **E** – kwarcyty (grupa A) – fragment żyłki kwarcowej przecinającej skałę; **F** – kwarcyty (grupa B) – ziarno lityczne (L), struktura nierównoziarnista

Fig. 4. Thin sections microphotographs performed under polarizing microscope, crossed polars. **A** – elongated quartz crystals with undulose light extinction; **B** – vein quartz (quartz b) – quartz crystals with undulatory light extinction; **C** – quartzites (group A) – main components of rocks: quartz crystals with non-undulose (Qnu) and undulatory (Qu) light extinction; **D** – quartzites (group A) – big, rounded part of quartzite; **E** – quartzites (group A) – part of vein quartz crossed the rock; **F** – quartzites (group B) – lithoclast (L), inequigranular texture

menty arenitów kwarcowych są dobrze obtoczone (ryc. 5E). W skałach rozpoznano nieliczne drobne ziarna cyrkonu.

Na podstawie badań katodoluminescencyjnych wykazano, że ziarna lityczne zbudowane są z kwarcu o barwie

brunatnej, wskazującej na pochodzenie ze skał o wysokim stopniu metamorfizmu (Matter & Ramseyer, 1985) (ryc. 5C–D). Kaolinit występujący w ilasto-detrytycznym spoiwie charakteryzuje się w katodoluminescencji barwą

Tab. 2. Charakterystyka mikroskopowa otoczków kwarcytów, piaskowców kwarcytowych i brekcji kwarcytowych (Qnu – ziarna kwarcu zwyczajnie wygaszającego światło, Qu – ziarna kwarcu faliście wygaszającego światło, mw – spoiwo wypełniające typu matriks)

Table 2. The microscopy characteristic of the quartzites, quartzite sandstones and quartzite breccias pebbles (Qnu – quartz grains with non-undulose light extinction, Qu – quartz grains with undulatory light extinction, mw – matrix)

Charakterystyka makro- i mikroskopowa <i>Macro- and microscopy characteristic</i>	Wyróżnione grupy kwarcytów, piaskowców i brekcji kwarcytowych <i>Distinguished quartzites, quartzite sandstones and breccias groups</i>				
	A	B	C	D	E
Opis makroskopowy <i>Macroscopic description</i>	brunatne, wietrzeją na kolor brunatno-żółty <i>brown, weathered on brownish-yellow colour</i>	różowe <i>pink</i>	jasnoszare, jasnoróżowe <i>light grey, light pink</i>	białe, jasnoszare <i>white, light grey</i>	białe <i>white</i>
Tekstura i struktura <i>Texture</i>	bezlądna, drobnoziarnista <i>disordered, fine-grained</i>	bezlądna, nierównoziarnista <i>disordered, inequigranular</i>	bezlądna, drobnoziarnista <i>disordered, fine-grained</i>	bezlądna, nierównoziarnista <i>disordered, inequigranular</i>	kierunkowa – laminacja, drobno- i średnioziarnista <i>ordered – lamination, fine- and partly medium-grained</i>
Wielkość składników <i>Size of components</i>	0,2–1 mm	0,2–10 mm	0,04–0,8 mm	2–7 mm	1–6 mm
Rodzaj kontaktów międzyziarnowych <i>Type of grain contacts</i>	Suturowy lub prosty <i>sutured or straight</i>	suturowy <i>sutured</i>	prosty, wklęsło-wypukły <i>straight, concave-convex</i>	–	suturowy <i>sutured</i>
Składniki skały* <i>Rock components*</i>	Qu, Qnu , fragmenty kwarcytów, akcesoryczne fragmenty łupków metamorficznych, ziarna cyrkonów Qu, Qnu , quartzite fragments, accessory metamorphic schists fragments, zircon grains	Qu , fragmenty arenitów kwarcowych, czerty, Qnu, związki żelaza, chloryty Qu, quartz arenite fragments, cherts, Qnu, iron compounds, chlorites	Qnu , muskowił, fragmenty kwarcytów Qnu, muscovite, quartzite fragments	fragmenty arenitów kwarcowych , spoiwo (mw): Qnu, minerały ilaste, akcesoryczne ziarna cyrkonów quartz arenite fragments, matrix (mw): Qnu, clay minerals, accessory zircon grains	Qu Qu
Inne cechy skały <i>Other rock features</i>	drobne żyłki kwarcu <i>fine quartz veins</i>	zawartość ziaren litycznych: 40–55%; ziarna lityczne wydłużone <i>lithic grains content: 40–55%; elongated lithic grains</i>	drobne żyłki kwarcu <i>fine quartz veins</i>	ziarna kanciaste, słabo obtoczone <i>angular, poor rounded grains</i>	kryształy kwarcu wydłużone <i>elongated quartz crystals</i>

* w kolumnie „składniki skały” pogrubioną czcionką zaznaczono składniki dominujące objętościowo)

* in column "rock components" bolded fonts were used for the dominating volume components of rocks)

ciemnoniebieską (ryc. 5D). Skały te to arenity oraz waki lityczne (wg klasyfikacji Pettijohna i in., 1973).

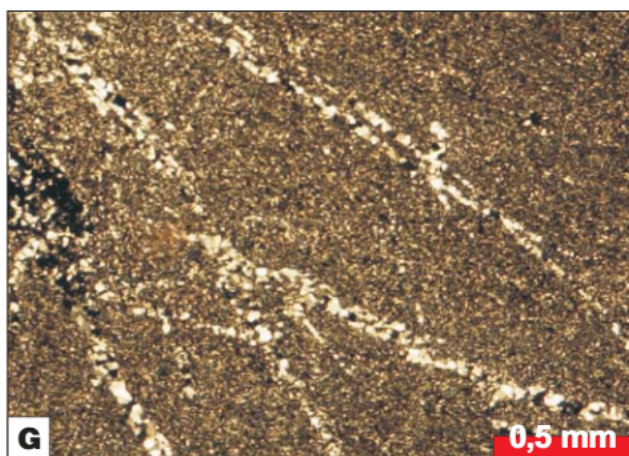
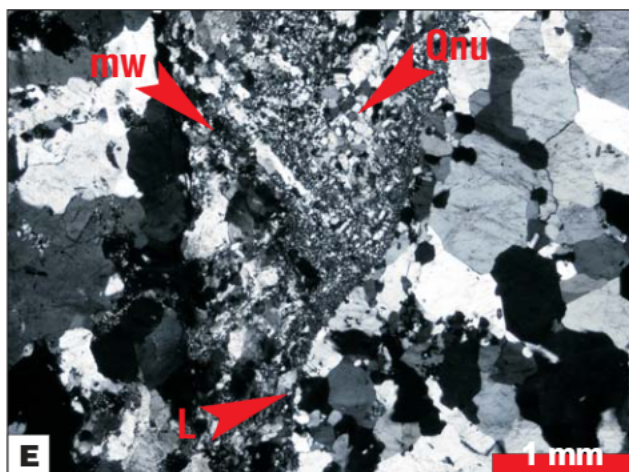
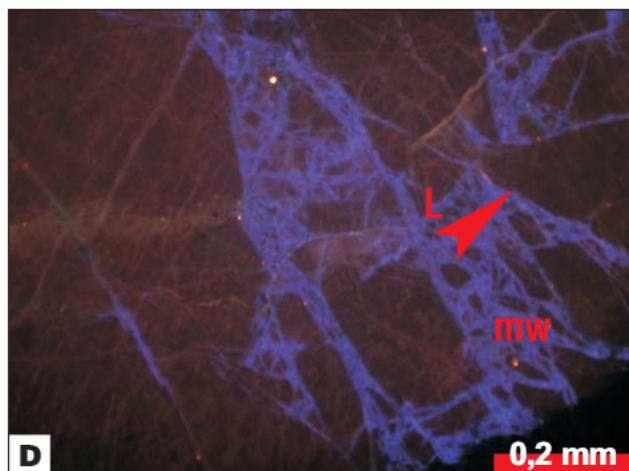
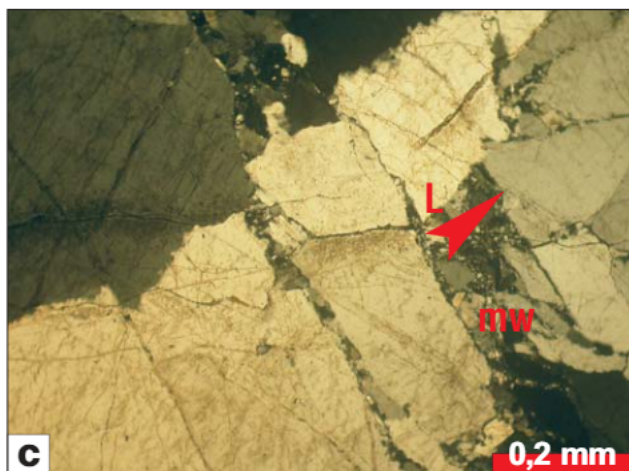
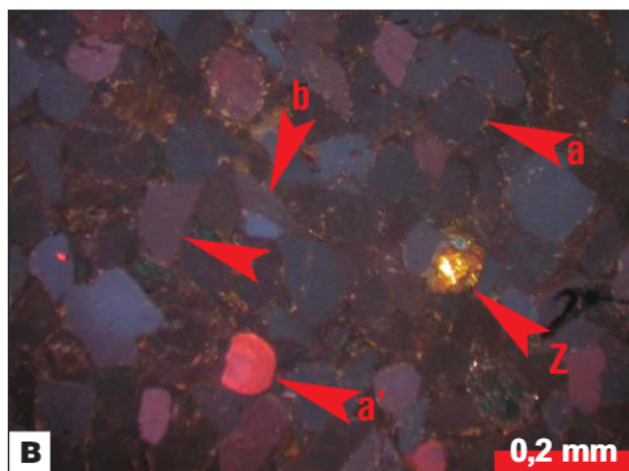
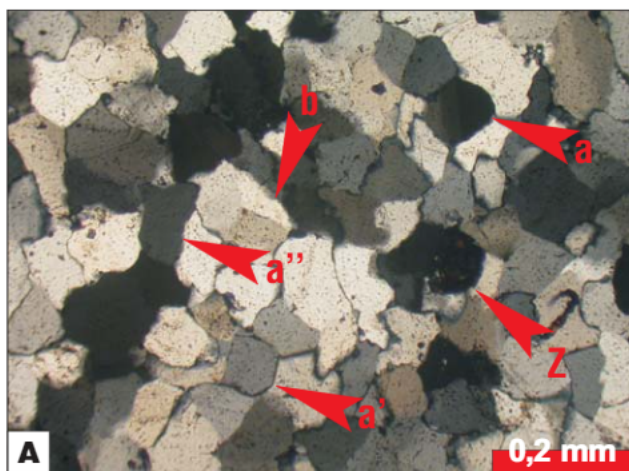
Kwarcyty białe – grupa E. Są to skały o strukturze równoziarnistej i teksturze wybitnie kierunkowej, zbudowane z wydłużonych kryształów kwarcu o długości od 1 do 6 mm, ułożonych linijnie i równolegle do siebie (ryc. 5F). W badanych płytkach cienkich stwierdzono ok. 60–70% kryształów kwarcu faliście wygaszającego światło oraz ok. 30–35% kryształów zbliźniaczonych. Skały te mają teksturę charakterystyczną dla skał metamorficznych. Grupę E tworzą kwarcyty z lineacją i łupki kwarcytowe o teksturach łupkowych.

Inne skały krzemionkowe. Akcesorycznie w materiale okruchowym warstw snochowickich występują otoczki

lidyków i jaspisów. Stanowią one zaledwie kilka procent i są obecne głównie we frakcjach najdrobniejszych – żwirach drobno- i bardzo drobnoziarnistych (ryc. 2A).

Lidyty. Skały te cechuje tekstura bezładna. Zbudowane są z bezpostaciowej krzemionki i poprzecinane żyłkami kwarcowymi.

Jaspisy. Na podstawie obserwacji płytek cienkich wyróżniono dwie grupy jaspisów. Do pierwszej zaliczono skały skrytokrystaliczne o teksturze bezładnej i masywnej. Zbudowane są one z chalcedonu zabarwionego związkami żelaza na kolor czerwono-brunatny (ryc. 5G) i poprzecinane wtórnymi żyłkami kwarcu prosto wygaszającego światło. Druga grupa to skały o teksturach lekko kierunkowych, zbudowane z bezpostaciowej krzemionki tworzącej niewyraźną laminację (ryc. 5H). Te skały również poprzecinane



←

Ryc. 5. Mikrofotografie płytek cienkich wykonane pod mikroskopem polaryzacyjnym, nikole skrzyżowane. **A** – piaskowce kwarcytowe (grupa C) – główne składniki skały: ziarna kwarcu (a), fragmenty kwarcytów (b) oraz akcesoryczne ziarna cyrkonu (Z); **B** – piaskowce kwarcytowe (grupa C) – czerwona luminescencja ziaren kwarcu (a), fioletowoniebieska luminescencja fragmentów kwarcytów (b) oraz żółta i biała luminescencja ziaren cyrkonu (Z); **C** – brekcje kwarcytowe (grupa D) – główne składniki skały: fragmenty kwarcytów (L) oraz spoiwo wypełniające typu matryks (mw) złożone z ziaren kwarcu i kaolinitu; **D** – brekcje kwarcytowe (grupa D) – brunatnobrązowa luminescencja fragmentów kwarcytów (L) oraz niebieskofioletowa luminescencja kaolinitu rozproszonego w spoiwie; **E** – brekcje kwarcytowe (grupa D) – kilkumilimetrowy fragment piaskowca kwarcowego (L), drobny detrytyczny kwarc zwyczajnie wygaszający światło (Qnu) stanowiący główny składnik spoiwa (mw); **F** – kwarcyty (grupa E) – wydłużone kryształy kwarcu; **G, H** – Skały krzemionkowe – jaspisy. Zdjęcia A, C i E–H wykonane w nikolach skrzyżowanych, B i D – obraz CL

Fig. 5. Thin sections microphotographs performed under polarizing microscope, crossed polars. **A** – quartzite sandstones (group C) – main rock components: quartz grains (a), parts of the quartzites (b), rare zircon grains (Z); **B** – quartzite sandstones (group C) – red luminescence of quartz grains (a), violet-blue luminescence of fragments of quartzites (b) and yellow and white luminescence of rare zircon grains (Z); **C** – quartzite breccias (group D) – the main rock components: parts of quartzites (L) and matrix (mw) composed of detrital quartz and kaolinite; **D** – quartzite breccias (group D) – dark-brown luminescence of quartzites (L) and blue luminescence of kaolinite dispersed in matrix; **E** – quartzite breccias (group D) – a few millimeters part of quartz arenite (L) and fine detrital quartz with non-undulose light extinction (Qnu), which is the main components of matrix (mw); **F** – quartzites (group E) – the elongated crystals of quartz; **G, H** – silicious rocks – jaspers. Photos A, C and E–H were performed in crossed polars, photos B and D – CL images

są drobnymi żyłkami kwarcowymi, jednak kwarc, który je wypełnia, ma wielkość 0,05–0,2 mm i cechuje go faliste wygaszanie światła.

Pochodzenie materiału okrucowego – implikacje paleogeograficzne

Niewielkie zróżnicowanie składu litologicznego materiału okrucowego, obecność tylko skał najbardziej odpornych na wietrzenie mechaniczne i chemiczne, a także prawie stałe proporcje głównych składników w poszczególnych profilach dowodzą wysokiej dojrzałości petrograficznej warstw snochowickich. Doskonałe obtoczenie tak odpornych na wietrzenie składników jak kwarc żyłowy i kwarcyty oraz zły stan zachowania niektórych z nich wskazują na to, że materiał ten przeszedł długi transport i/lub był wielokrotnie redeponowany ze starszych formacji osadowych.

Problem pochodzenia materiału okrucowego warstw snochowickich nie został dotychczas rozwiązany. Analiza kierunków transportu tego materiału (Pieńkowski, 1980, 2004; Kozłowska-Deuszkiewicz, 2005) wykazała, że odbywał się on generalnie z południa na północ. Zatem potencjalnych obszarów i skał źródłowych należałoby szukać:

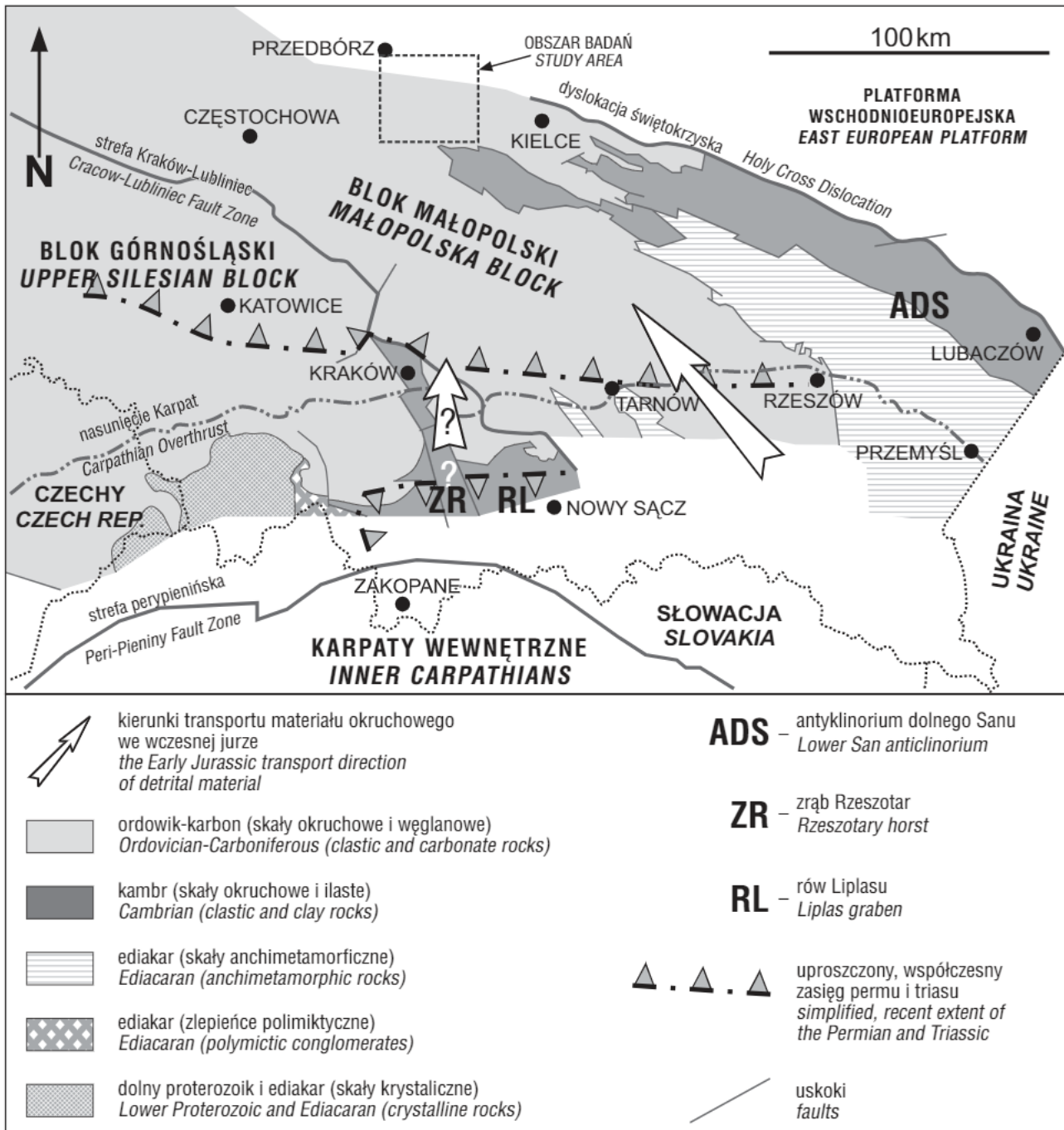
- ❑ w rejonie Niecki Nidy – wśród skał paleozoicznych, jak sugerował Dadlez (1962), lub permskich i triasowych występujących bezpośrednio w podłożu jury (Kozłowska-Deuszkiewicz, 2005);
- ❑ na obszarze antyklinorium dolnego Sanu – wśród skał prekambryjskich występujących w podłożu miocenu (Unrug & Calikowski, 1960);
- ❑ w rejonie południowo-zachodniej krawędzi masywu małopolskiego – wśród skał prekambryjskich i kambryjskich przykrytych utworami jury;
- ❑ w rejonie północno-wschodniej krawędzi masywu górnośląskiego – wśród skał kambryjskich występujących bezpośrednio pod utworami jury, m.in. na obszarze zrębu Rzeszotar.

Według Dadleza (1962) większość otoczków kwarcytowych pochodzi najprawdopodobniej z erozji kwarcytów dolnego dewonu występujących w podłożu mezozoiku Niecki Nidy. Obecnie, dzięki licznym głębokim wierceniom wykonanym na tym obszarze, wiadomo już, że utwory

dewonu i karbonu przykryte są przez kompleks skał osadowych permu i triasu o miąższości od ok. 350 m (wiercenie Węgrzynów IG-1; Jurkiewicz, 1973) do ponad 1250 m (wiercenie Pagów IG-1; Jurkiewicz, 1976). Prawdopodobnie więc, jeśli obszar ten podlegał intensywnej erozji we wczesnej jurze, skałami źródłowymi badanych utworów powinny być skały triasowe, a materiał okrucowy powinien być podobny do tego, który buduje triasowe skały okrucowe. Ze względu na wykształcenie litologiczne triasu – głównie mułowce, iłowce i piaskowce (Jurkiewicz, 1974, 1975, 1980) – materiału okrucowego należałoby oczekiwać w spoiwie dolnojurskich skał okrucowych, ewentualnie w materiale ziarnowym frakcji piaskowej. Z badań petrograficznych Teofilak-Maliszewskiej (1967, 1968) wynika, że głównym źródłem materiału dla piaskowców dolnojurskich w obrębie mezozoicznego Gór Świętokrzyskich są właśnie utwory triasu. Z kolei zlepieńce i żwiry triasowe o dużej miąższości i znacznym lateralnym rozprzestrzenieniu prawie nie występują na tym terenie, dlatego też opisywany zespół otoczków warstw snochowickich nie może pochodzić z erozji skał triasowych obszaru Niecki Nidy.

Gruboziarnisty materiał okrucowy nie pochodzi również z erozji skał prekambryjskich antyklinorium dolnego Sanu (ADS; ryc. 6), jak twierdzili Unrug & Calikowski (1960). Skały prekambryjskie występujące w tym rejonie to przede wszystkim mułowce i łupki ilaste, lokalnie sphyllitizowane, z rzadkimi przeławieniami szarogłazowych piaskowców i mułowców (Pożaryski & Tomczyk, 1968; Pożaryski i in., 1992). Zlepieńce wieku prekambryjskiego stwierdzone wierceniami na tym obszarze są zbudowane z fragmentów skał metamorficznych – głównie fyllitów (Moryc & Łydzka, 2000). Jednak ani fragmentów osadowych skał prekambryjskich, ani otoczków fyllitów nie rozpoznano wśród otoczków warstw snochowickich. Ponadto obszar antyklinorium dolnego Sanu stanowił obniżenie w trakcie sedymentacji we wczesnej jurze, a skały prekambryjskie oraz paleozoiczne zostały zerodowane z tego terenu dopiero po sedymentacji warstw snochowickich.

Potencjalnym źródłem materiału okrucowego warstw snochowickich mogłyby być także skały prekambryjskie i paleozoiczne stwierdzone bezpośrednio pod utworami jury w niektórych wierceniach w obrębie północno-wschodniej krawędzi bloku górnośląskiego oraz zachodniej części



Ryc. 6. Schematyczna mapa głównych jednostek strukturalnych występujących w podłożu permu, triasu i jury z naniesionymi kierunkami transportu we wczesnej jurze (wg Buła & Żaby, 2008; Buła i in., 2008)

Fig. 6. Structural geological map of the Permian, Triassic and Jurassic basement with the main transport directions in the Early Jurassic (after Buła & Żaba, 2008; Buła et. al., 2008)

bloku małopolskiego (Zając & Tomasz, 1990; Buła, 2000; Buła & Żaba, 2008). Piaskowce karbonu zawierają znaczne ilości skaleni i są arenitami arkozowymi i subarkozowymi (Świerczewska, 1995). Z badań katodoluminescencyjnych wynika jednak, że w otoczkach piaskowców kwarcytowych grupy C i brekeji kwarcytowych grupy D ziarna skaleni nie występują. Kambryjskie skały grubookruszowe, zdefiniowane jako ogniwa piaskowców skolitusowych z Mogilan oraz piaskowców bioturbacyjnych z Głogoczowa należące do formacji z Goczałkowic, są zbudowane z ziaren litycznych: kwarcu żyłowego, kwarcytów, chalcedonitów, łupków metamorficznych spojonych spoiwem kwarcowo-

-regeneracyjnym i ilasto-hematytowym (Kowalski, 1983; Kowalczewski, 1990; Buła, 2000). Skały te występują bezpośrednio pod utworami jury w wąskiej strefie na zrębie Rzeszotar (ZR na ryc. 6). Otoczaki piaskowców kwarcytowych grupy C i brekeji kwarcytowych grupy D warstw snochowickich zawierają materiał ziarnowy identyczny ze skałami kambru bloku górnośląskiego. Różnią je jednak pewne cechy strukturalne – materiał ziarnowy piaskowców kambru jest słabo wysortowany, a ziarna są słabo obtoczone, podczas gdy piaskowce kwarcytowe grupy C cechuje obecność ziaren dobrze obtoczonych i dobrze wysortowanych. Pod względem obtoczenia i wysortowania składni-

ków ziarnistych piaskowce kambru bardziej przypominają brekcje kwarcytowe z grupy D. Szczegółowa analiza porównawcza i dalsze badania petrograficzne piaskowców kambru i otoczków piaskowców kwarcytowych warstw snochowickich z całą pewnością pomogłyby definitywnie potwierdzić lub wykluczyć ich podobieństwo. Inne skały kambru – mułowce i iłowce również należące do formacji z Goczałkowic oraz piaskowce arkozowe zaliczane do formacji z Borzęt – występujące w wielu otworach wiertniczych bezpośrednio w podłożu jury na masywie górnośląskim w okolicy Krakowa nie zostały dotychczas stwierdzone wśród otoczków warstw snochowickich, podobnie jak fragmenty skał prekambryjskich – skał drobnoziarnistych o różnym stopniu anchimetamorfizmu – zalegających pod utworami jury na masywie małopolskim w okolicy Tarnowa (Moryc & Jachowicz, 2000).

Na południowy wschód od Krakowa, w rowie Liplasu (RL na ryc. 6), skały jurajskie spoczywają bezpośrednio na utworach permu i triasu (Buła, 2000). Zlepieńce permskie, które tam zidentyfikowano (Kiersnowski, 2001), mogłyby stanowić potencjalne źródło materiału okruczowego. Jednak w skład tych utworów wchodzi głównie fragmenty skał węglanowych i wulkanicznych dewońsko-karbońskich tworzących pokrywą osadową masywu górnośląskiego, a tych z kolei nie rozpoznano wśród otoczków warstw snochowickich. A zatem z początkiem jury zlepieńce permu musiały być przykryte utworami triasu, i nie mogły być źródłem materiału okruczowego budującego dolnojurajskie żwiry bruzdy środkowopolskiej.

Pochodzenie otoczków piaskowców kwarcytowych grupy C i brekcji kwarcytowych grupy D nie wydaje się być tak enigmatyczne jak pochodzenie otoczków kwarcytów metamorficznych (grupy A, B i E) oraz litytów i jaspisów. We wczesnej jurze bloki małopolski i górnośląski, przykryte utworami permu i triasu, stanowiły obszar, po którym odbywał się transport materiału okruczowego. Prawdopodobnie jednak nie były głównym obszarem źródłowym frakcji żwirowej warstw snochowickich. Materiał ten musiał być zatem dostarczany do basenu bruzdy środkowopolskiej z obszarów położonych jeszcze dalej na południe lub południowy wschód od bloku górnośląskiego czy małopolskiego – najprawdopodobniej pochodzi z oddalonego masywu czeskiego. Za taką proveniencją materiału okruczowego warstw snochowickich przemawia uderzające ich podobieństwo do zespołu otoczków stwierdzonych w utworach dolnego triasu Karpat wewnętrznych (Roniewicz, 1966; Mišík & Jablonský, 2000). Otoczek jaspisów i hematytowych metakwarcytów występujące w zlepieńcach triasowych Karpat wewnętrznych wykazują podobne cechy budowy do fragmentów jaspisów i kwarcytów grupy B z warstw snochowickich Gór Świętokrzyskich. Mišík & Jablonský (2000) jako źródło tego zespołu otoczków wskazują starsze zlepieńce, niewykluczone że wieku permskiego, złożone głównie z otoczków pochodzących z erozji paleozoicznych skał metamorficznych oraz kwaśnych skał wulkanicznych i piroklastycznych budujących wschodnią część masywu czeskiego. Według tych autorów we wczesnym triasie materiał okruczowy transportowany był w kierunku południowym i południowo-zachodnim, na obszar basenu tatrzańskiego. Ponadto za takim pochodzeniem materiału okruczowego warstw snochowickich przemawia również bardzo podobny skład litologiczny materiału okruczowego

piaskowców kajpru Karpat wewnętrznych. Z opracowań petrograficznych wynika, że piaskowce kajpru karpackiego złożone są głównie z kwarcu żyłowego, litoklastów skał metamorficznych, zwłaszcza kwarcytów, a obszarem źródłowym tego materiału były wschodnia część masywu czeskiego oraz ład rozciągający się w kierunku południowo-wschodnim (Al Juboury, 2007). Według rekonstrukcji paleogeograficznych (*vide* fig. 3 i 4 w Michalík, 1994; Al-Juboury, 2007) w późnym triasie (retyk) ład ten łączył się w kierunku wschodnim i północnym z ładem fennosarmackim. Ponadto z przedstawianych przez Michalíka (1994) i Al-Juboury'ego (2007) rekonstrukcji paleogeograficznych wynika, że wschodnia część masywu czeskiego oraz właśnie ten ład, stanowiący jego przedłużenie w kierunku wschodnim, były najprawdopodobniej obszarem źródłowym materiału okruczowego również w przypadku basenu bruzdy środkowopolskiej – zarówno w późnym triasie (noryk–retyk), jak i we wczesnej jurze (hetang–synemur?).

Wnioski

W trakcie sedymentacji wczesnojurajskiej do basenu bruzdy środkowopolskiej transportowany był materiał okruczowy z południa i południowego wschodu, co znajduje potwierdzenie w wynikach badań kierunków transportu (Dadlez, 1962; Pieńkowski, 1980, 2004; Kozłowska-Deuszkiewicz, 2005). Materiał okruczowy warstw snochowickich nie jest jednak materiałem lokalnym. Przeprowadzone badania petrograficzne pozwoliły stwierdzić, że wśród otoczków warstw snochowickich nie występują otoczki pochodzące z erozji skał paleozoicznych podłoża mezozoiku Niecki Nidy, jak sugerował Dadlez (1962), ani z erozji skał prekambryjskich tworzących podłoże miocenu antyklinalium dolnego Sanu, co sugerowali Unrug i Calikowski (1960). Ponadto skał triasowych i permskich występujących w południowej Polsce i przykrywających skały paleozoiczne południowo-zachodniej części bloku małopolskiego i północno-wschodniej części bloku górnośląskiego również nie rozpoznano w materiale żwirowym warstw snochowickich. Jednak nie oznacza to, że skały te nie były erodowane w trakcie sedymentacji omawianych warstw. Materiał okruczowy pochodzący z erozji skał triasowych jest obecny we frakcjach drobniejszych dolnojurajskich skał okruczowych, jak wykazały badania petrograficzne Teofilak-Maliszewskiej (1967, 1968). Niewielkie różnicowanie litologiczne frakcji żwirowej warstw snochowickich i doskonałe obtoczenie otoczków kwarcu żyłowego, kwarcytów, piaskowców i brekcji kwarcytowych, a także litytów i jaspisów świadczy o znacznej dojrzałości petrograficznej badanych utworów, a przez to o długim transporcie i/lub wielokrotnej redepozycji. Część materiału żwirowego warstw snochowickich – otoczki piaskowców kwarcytowych grupy C i brekcji kwarcytowych grupy D – pochodzi zapewne z erozji utworów kambryjskich zrębu Rzeszotar występujących bezpośrednio pod utworami jury. Według autorki świadczy o tym znaczne podobieństwo cech strukturalnych i teksturalnych otoczków piaskowców i brekcji kwarcytowych warstw snochowickich i tych opisywanych ze skał kambru (Kowalski, 1983; Kowalczewski, 1990; Buła, 2000). Z kolei otoczki kwarcu żyłowego, kwarcytów grupy A, B i E oraz litytów i jaspisów

powstały wskutek erozji skał występujących jeszcze dalej na południe i południowy wschód od granicy bloku małopolskiego i górnośląskiego – z odległego masywu czeskiego. Ponadto podobny skład litologiczny zespołu otoczków ze zlepieńców triasowych Karpat wewnętrznych, jak również zespołu otoczków żwirów i zlepieńców dolnego i górnego triasu w obrzeżeniu mezozoicznym Gór Świętokrzyskich (Teofilak-Maliszewska, 1968; Barczuk, 1979; Maliszewska, 1997) oraz dolnojurajskich warstw snochowickich prowadzi do wniosku, że materiał okruszowy dostarczany był do basenu bruzdy środkowopolskiej z tych samych odległych obszarów zarówno we wczesnym, jak i w późnym triasie oraz we wczesnej jurze. Kilka etapów erozji i depozycji materiału okruszowego w czasie geologicznym spowodowało naturalną eliminację składników mniej odpornych na wietrzenie, zawartych prawdopodobnie w starszych – permskich, a może paleozoicznych, bardziej polimiktycznych zlepieńcach występujących na obszarze ładu prakarpackiego. To także przyczyna bardzo dobrego stopnia obtoczenia otoczków warstw snochowickich, nawet tych najbardziej odpornych na erozję.

Autorka dziękuje Grzegorzowi Pieńkowskiemu i Aleksandrze Kozłowskiej za wykonanie recenzji artykułu.

Literatura

- AL-JUBOURY A. 2007 – Petrography and major element geochemistry of Late Triassic Carpathian Keuper sandstones: Implications for provenance. *Bulletin de l'Institut Scientifique, section Sciences de la Terre*, 29: 1–14.
- BARCZUK A. 1979 – Studium petrograficzne utworów piaskowca w północno-wschodnim obrzeżeniu mezozoicznym Gór Świętokrzyskich. *Arch. Miner.*, 35: 87–155.
- BUŁA Z. 2000 – Dolny paleozoik Górnego Śląska i zachodniej Małopolski. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 171: 1–89.
- BUŁA Z. & ŻABA J. 2008 – Struktura prekambryjskiego podłoża wschodniej części bloku górnośląskiego (Brunovistulicum). *Prz. Geol.*, 56: 473–480.
- BUŁA Z., ŻABA J. & HABRYN R. 2008 – Regionalizacja tektoniczna Polski – Polska południowa (blok górnośląski i blok małopolski). *Prz. Geol.*, 56: 912–920.
- DADLEZ R. 1962 – Odpowiedniki warstw połomskich liasu częstochowskiego w zachodnim obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich. *Kwart. Geol.*, 6: 447–458.
- DADLEZ R., MAREK S. & POKORSKI J. 2000 – Mapa geologiczna Polski bez utworów kenozoiku w skali 1 : 1 000 000. Wydawnictwo Polskiej Agencji Ekologicznej S.A., Warszawa.
- JURKIEWICZ H. 1973 (red.) – Węgrzynów IG-1. Profile głębokich otworów wiertniczych Instytutu Geologicznego, 7: 1–101.
- JURKIEWICZ H. 1974 (red.) – Milianów IG-1. Profile głębokich otworów wiertniczych Instytutu Geologicznego, 21: 1–104.
- JURKIEWICZ H. 1975 – Budowa geologiczna podłoża mezozoiku centralnej części niecki miechowskiej. *Biul. Inst. Geol.*, 283: 5–100.
- JURKIEWICZ H. 1976 (red.) – Pagów IG-1. Profile głębokich otworów wiertniczych Instytutu Geologicznego, 33: 1–102.
- JURKIEWICZ H. 1980 (red.) – Potok Mały IG-1. Profile głębokich otworów wiertniczych Instytutu Geologicznego, 51: 1–88.
- JURKIEWICZOWA I. 1967 – Lias zachodniego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich i jego paralelizacja z liasem wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. *Biul. Inst. Geol.*, 200: 5–132.
- KARASZEWSKI W. & KOPIK J. 1970 – Jura dolna. [W:] Pożaryski W. (red.) *Stratygrafia mezozoiku obrzeżenia Gór Świętokrzyskich*. *Pr. Inst. Geol.*, 56: 65–93.
- KIERSNOWSKI H. 2001 – Osady permo-triasu w basenie Liplas–Tarnawa. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 174: 87–100.
- KOWALCZEWSKI Z. 1990 – Grubokruszowe skały kambru na środkowym południu Polski (litostratygrafia, tektonika, paleogeografia). *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 131: 1–82.
- KOWALSKI W. R. 1983 – Stratigraphy of the Upper Precambrian and lowest Cambrian strata in southern Poland. *Acta Geol. Pol.*, 33: 183–218.
- KOZŁOWSKA-DEUSZKIEWICZ M. 2005 – Charakterystyka sedymentologiczna liasowych warstw snochowickich (zachodnie obrzeżenie Gór Świętokrzyskich) i warstw połomskich (obszar krakowsko-wieluński). Praca doktorska, Archiwum Uniwersytetu Warszawskiego.
- MALISZEWSKA A. 1997 – Charakterystyka petrograficzna. [W:] Marek S. & Pajchłowa M. (red.) *Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce*. Jura dolna. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 153: 206–208.
- MARCINKIEWICZ T. 1971 – Stratygrafia retyku i liasu w Polsce na podstawie badań megasporowych. *Pr. Inst. Geol.*, 65: 1–57.
- MARSHALL D.J. 1988 – Cathodoluminescence of Geological Materials. Unwin Hyman, Boston: 1–147.
- MATTER A. & RAMSEYER K. 1985 – Cathodoluminescence microscopy as a tool for provenance studies of sandstones. [W:] Zuffa G.G. (red.) *Provenance of Arenites*. Reidel Publishing Co.: 191–211.
- MICHALÍK J. 1994 – Notes on the Paleogeography and Paleotectonics of the Western Carpathian Area during the Mesozoic. *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, 86: 101–110.
- MIŠÍK M. & JABLONSKÝ J. 2000 – Lower Triassic quartzites of the Western Carpathians: transport directions, source of clastics. *Geol. Carpathica*, 51: 251–264.
- MORYC W. & JACHOWICZ M. 2000 – Utwory prekambryjskie w rejonie Bochnia–Tarnów–Dębica. *Prz. Geol.*, 48: 601–606.
- MORYC W. & ŁYDKA K. 2000 – Sedimentation and tectonics of the Upper Proterozoic–Lower Cambrian deposits of the Southern Małopolska Massif (SE Poland). *Geol. Quart.*, 44: 47–58.
- PETTIJOHN F.J., POTTER P.E. & SIEVER R. 1973 – Sand and sandstone. Springer Verlag, Berlin: 1–600.
- PIEŃKOWSKI G. 1980 – Sedymentologia dolnego liasu północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. Praca doktorska, Archiwum Uniwersytetu Warszawskiego.
- PIEŃKOWSKI G. 1983 – Środowiska sedymentacji wczesnego liasu północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. *Prz. Geol.*, 31: 223–231.
- PIEŃKOWSKI G. 1991 – Eustatically controlled sedimentation in the Hettangian–Sinemurian (Early Jurassic) of Poland and Sweden. *Sedimentology*, 38: 503–518.
- PIEŃKOWSKI G. 2004 – The epicontinental Lower Jurassic of Poland. *Polish Geological Institute Special Papers*, 12: 1–154.
- PIEŃKOWSKI G. 2006 – Field Trip B4. Lower Jurassic marginal marine and continental deposits – sedimentation, sequences and ecosystems. [W:] Wierzbowski A., Aubrecht R., Golonka J., Gutowski J., Krobicki M., Matyja B.A., Pieńkowski G. & Uchman A. (red.) *Jurassic of Poland and adjacent Slovakian Carpathians. Field Trip Guidebook of 7th International Congress on the Jurassic System*. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa: 207–235.
- POŻARYSKI W., GROCHOLSKI A., TOMCZYK H., KARNKOWSKI P. & MORYC W. 1992 – Mapa tektoniczna Polski w epoce waryscyjskiej. *Prz. Geol.*, 40: 643–651.
- POŻARYSKI W. & TOMCZYK H. 1968 – Assyntian orogen in South-East Poland. *Biul. Inst. Geol.*, 236: 5–39.
- RONIEWICZ P. 1966 – Klastyczne osady dolnego werfenu (seisu) w Tatrach. *Acta Geol. Pol.*, 16: 1–90.
- ŚWIERCZEWSKA A. 1995 – Composition and provenance of Carboniferous sandstones from the Upper Silesia Coal Basin (Poland). *Studia Geol. Pol.*, 108: 27–43.
- TEOFILAK-MALISZEWSKA A. 1967 – Petrografia osadów liasu na niżu polskim. *Biul. Inst. Geol.*, 207: 67–167.
- TEOFILAK-MALISZEWSKA A. 1968 – Petrografia osadów liasu w północnym obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich. *Biul. Inst. Geol.*, 216: 107–192.
- UNRUG R. & CALIKOWSKI A. 1960 – Sedymentacja i petrografia warstw połomskich. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 30: 129–168.
- ZAJĄC R. & TOMAŚ A. 1990 – Wykształcenie litofacjalne utworów dewonu górnego w rejonie północno-wschodniego obrzeżenia Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Kwart. Geol.*, 34: 773.
- ZINKERNAGEL U. 1978 – Cathodoluminescence of quartz and its application to sandstone petrology. *Contrib. Sed. Geol.*, 8: 1–69.

