

ZŁOŻA PIASKÓW KWARCOWYCH W NIECCE TOMASZOWSKIEJ, STAN I PROBLEMY ICH DOKUMENTOWANIA

QUARTZ (GLASS) SANDS DEPOSITS IN TOMASZÓW SYNCLINE AND THEIR RESOURCES REPORTING PROBLEMS

Ewa Poręba - Przedsiębiorstwo Geologiczne w Krakowie

Marek Nieć - Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków

Sabina Drózd - Przedsiębiorstwo Geologiczne w Krakowie

W niecce tomaszowskiej występują dolnokredowe piaski i piaskowce kwarcowe. Wyróżniane są jako formacja z Białej Góry, która obejmuje kilka ogniw o zróżnicowanych parametrach jakości kopaliny. Systematyczne prace rozpoznawcze realizowane od połowy XX w. pozwoliły na udokumentowanie wielu złóż w skrzydłach niecki, o łącznych zasobach około 600 mln ton. W złożach zagospodarowanych znajduje się około 27% całości udokumentowanych zasobów. Piaski i piaskowce kwalifikujące się jako szklarskie występują w dwóch ogniwach. Przedzielone są piaskami gorszej jakości. Piaski szklarskie ogniw złożowych, charakteryzują się w przeważającej masie zawartością krzemionki ponad 98%, zawartością Fe_2O_3 poniżej 0.08% i TiO_2 poniżej 0.10%. Piaski, które nie spełnią wymagań stawianych piaskom szklarskim, wykorzystywane są jako formierskie i wysokiej jakości piaski budowlane. Składnikiem podstawowym frakcji ilastych jest kaolinit, uzyskiwany w wyniku płukania piasku. Złoża są udokumentowane na podstawie kryteriów bilansowości niedostosowanych do współczesnych możliwości ich wykorzystania i znaczna część zasobów jest eliminowana jako niekwalifikujące się do zagospodarowania. Złoża powinny być dokumentowane według kryteriów, definiujących warunki brzeżne dla piasków kwarcowych o wielokierunkowym zastosowaniu.

Słowa kluczowe: piaski kwarcowe, piaski szklarskie, dokumentowanie złóż, niecka tomaszowska

The peculiar feature of Tomaszów Syncline is the occurrence of Lower Cretaceous quartz sand and sandstone. They form Biała Góra composed of five members of sandy deposits of varied industrial utility defined by their chemical parameters. The systematic exploration realized since the mid of XX-th century allow to demonstrate about 600 mln ton of sand resources suitable for mining, located in several areas in the both syncline wings. 27% of them recently occurs in active opencast mines. Quartz sand and sandstones qualified for glass production form two members separated by sand deposits of lower quality deposits. Glass sands are characterized by silica content over 98%, Fe_2O_3 below 0.08% and TiO_2 below 0.10%. Sands of lower quality are utilized as foundry or to production of high quality building materials. In the mud-clay fraction kaolinite occurs, recovered due to the sand washing and utilized as ceramic raw material. The criteria defining boundaries of deposits resources, actually used are incompatible with the recent sand utilization, and considerable quantity of sand is excluded from resources reporting. The new resources criteria should be formulated conformable with multipurpose quartz sand utilization possibilities.

Keywords: quartz sands, industrial sands, glass sands, resources reporting, Tomaszów syncline, Poland

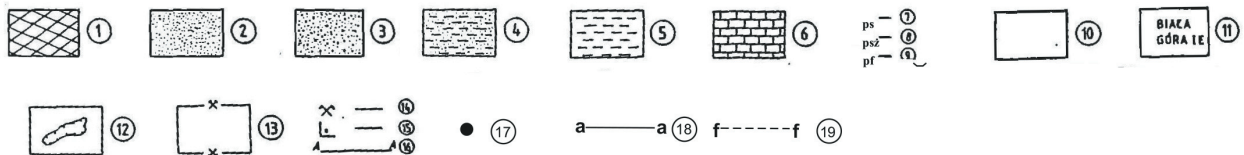
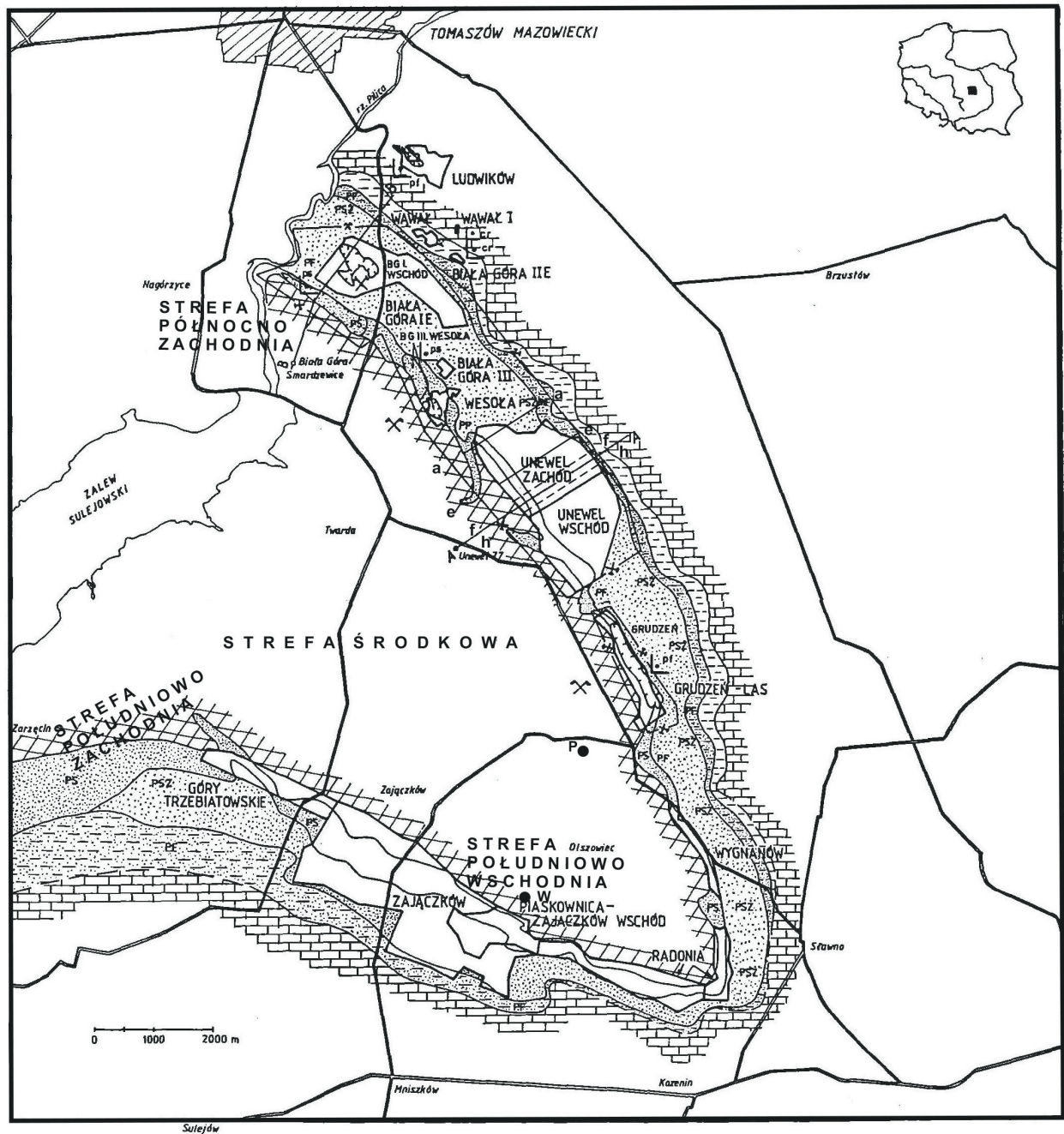
Wstęp

Niecka tomaszowska jest płytką „zatoką” synkinalną na granicy synklinorium łódzkiego i północno-zachodniego mezozoicznego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich (Witkowski 1969). Jej cechą wyróżniającą pod względem surowcowym jest występowanie w jej obrębie piasków i słabo zwięzłych piaskowców kwarcowych, które określane są jako formacja z Białej Góry. Stanowią one największą i unikalną bazą zasobową, jednych z najczystszych piasków w Europie. Ma ona ważne znaczenie gospodarcze ze względu na wielkość zasobów i centralne położenie w kraju. Piaski te charakteryzują się możliwością wielosuwrowcowego wykorzystywania, ale w szczególności

jako piaski szklarskie. Rozpoznane udokumentowane zasoby złóż piasków kwarcowych stanowią około 80% wszystkich zasobów piasków kwarcowych ustalonych w kraju, a wydobycie ze złóż tego rejonu pokrywa przeszło 65% produkcji czystych piasków.

Warunki występowania i litostratygrafia piasków i piaskowców formacji z Białej Góry

Formację z Białej Góry tworzą białe i jasnoszare piaski i słabo zwięzłe piaskowce o lepszemu kaolinowemu o wysokiej zawartości SiO_2 , na ogół ponad 98% i niskiej ilości składników zanieczyszczających, o różnym stopniu wysortowania, od słabo

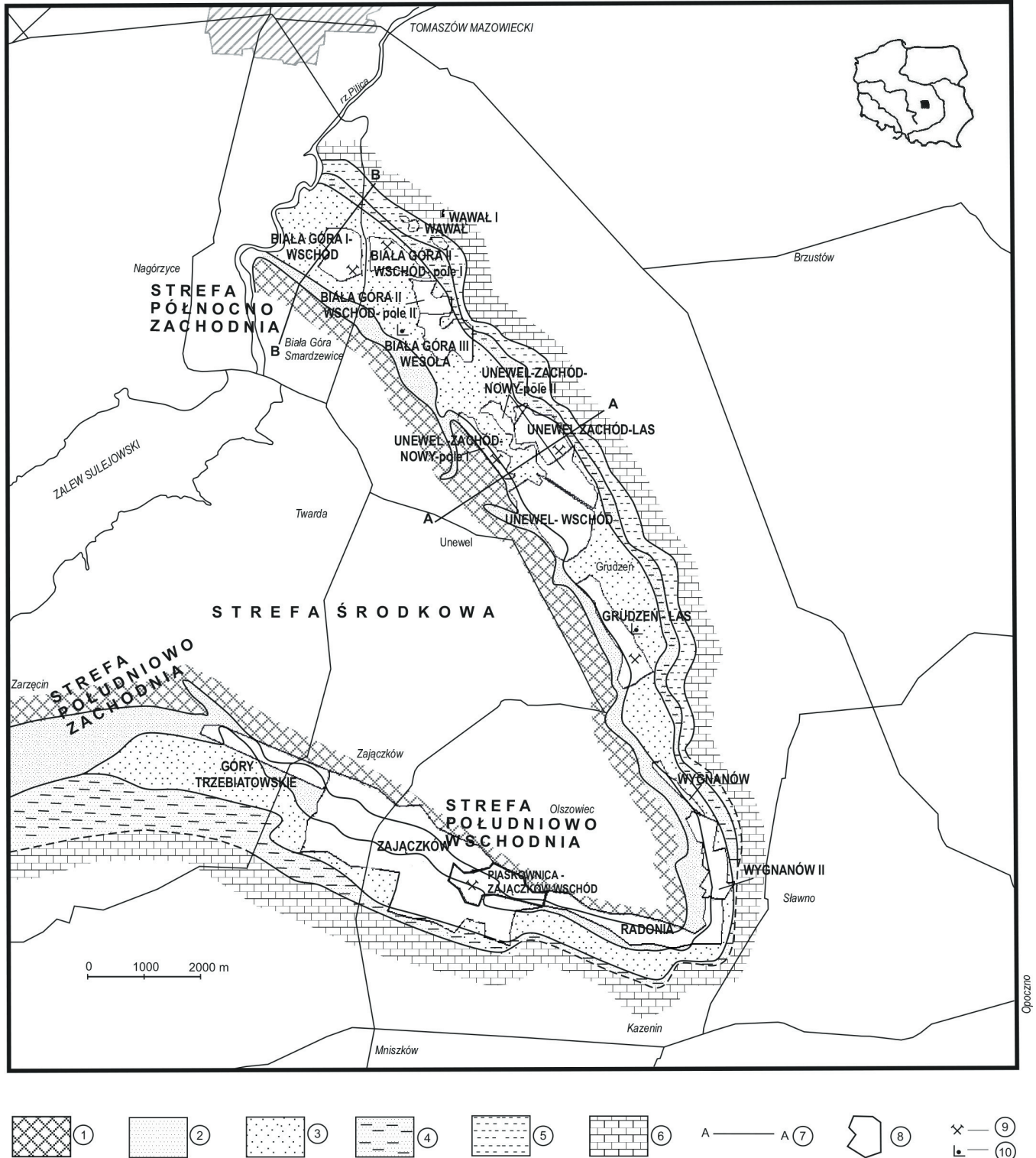


Rys. 1. Uproszczona mapa litostratigraficzna synkliny tomaszowskiej z lokalizacją złóż piasków szklarskich i formierskich wg stanu na 1988 r.
 1 - kreda górna: piaskowce spongiolitowe, gezy mułowce, 2-4 kreda dolna formacja piasków z Białej Góry: 2 - ogniwa piaskowców z Nagórzycy i ze Smardzewicy, 3 - ogniwo piasków z Potoka, 4 - ogniwo mułków i piasków z Zarzęcina, 5 - kreda dolna, formacja mułowców z Wąwatu, 6 - jura: wapienie, mułowce, 7-9 kompleksy litoindyustrialne: 7 - kompleks piasków szklarskich, 8 - kompleks piasków szklarskich i żwirków filtracyjnych, 9 - kompleks piasków formierskich, 10 - nazwa złoża, 11 - granice złoża, 12 - wyrobisko, 13 - granice obszaru górniczego, 14 - czynna kopalnia, 15 - zakład przeróbki kopaliny: ps - piasków szklarskich, pf - piasków formierskich, cr - surowców ilastych ceramiki budowlanej, 16 - linia przekroju geologicznego A-A, 17 - otwory badań regionalnych: P - otwór Potok A-74, W - otwór Wydraków -77, 18-a-e - linie otworów charakteryzujące zmiany średniego składu granulometrycznego w ich profilach, 19-f-h - linie profili zbiorczych charakteryzujące zmiany zawartości pyłów w formacji z Białej Góry

Fig. 1. Lithostratigraphic simplified map of Tomaszów Syncline with the location of quartz sand deposits explored up to the 1988 year.
 1 - Upper Cretaceous spongiolitic sandstones and mudstones, 2-4 Lower Cretaceous Biała Góra formation: 2 - Nagórzycy and Smardzewicy sandstone members, 3 - Potok sands member, 4 - Zarzęcin sands and mudstones member, 5 - Lower Cretaceous Wąwół mudstones member, 6 - Jurassic limestones and mudstones, 7-9 litho-industrial rock complexes: 7 - glass sands, 8 - glass sands and quartz (filtration) gravels, 9 - foundry sands, 10 - deposit name, 11 - boundary of mining field, 12 - open pit, 13 - boundary of mining area, 14 - active mine, 15 - beneficiation plants: ps - for glass sands, pf - for foundry sands, cr - brick clays, 16 - cross section A-A, 17 - selected bore holes: P - Potok A-74, W - Wydraków -77, 18, a-e - exploratory borehole rows used for presentation of sand granulometry variation, 19, f-h - exploratory borehole rows used for presentation of mud fraction content in sand of Biała Góra formation

do dobrze wysortowanych. Jest to seria morskich (deltowych) utworów dolnokredowych, które obejmują okres od hoterywu do albu środkowego o miąższości do około 140 metrów, która zapada pod kątem kilku stopni (3 - 8°) w kierunku osi niecki (rys. 1, 2). Poniżej formacji białogórskiej występują ilasto-

-mułowcowe osady z okresu berias (infrawalazyń) - hoteryw dolny, wydzielane jako formacja mułowców z Wąwału, a w jej stropie utwory piaszczysto-gezowo-mułowcowe i margliste z limonitem, glaukonitem i fosforytami, datowanymi na alb środkowy (Kobyłecki, 1948).



Rys. 2. Uproszczone przekroje geologiczne obrazujące ułożenie osadów w synklinie tomaszowskiej
 A-A przekrój przez złożo Unewel, B-B przekrój przez złożo Biała Góra IE, 1 - czwartorzęd, 2 - kreda górna: piaskowce spongiolitowe, gezy mułowce, 3-6 kreda dolna: 3-5 formacja piasków z Białej Góry, 3 - ogniwo piaskowców z Nagórzyc i ze Smardzewic, 4 - ogniwo piasków z Potoka, 5 - ogniwo mułków i piasków z Zarzęcina, 6 - formacja mułowców z Wąwału, 7 - jura: wapienie, mułowce, 8 - granica złoża, 9 - otwór złożowy, 10 - otwór badań regionalnych

Fig. 2. Geological cross sections (simplified) of Tomaszów Syncline

A-A cross section through Unewel deposit, B-B cross section through Biała Góra IE deposit, 1 - Quaternary, 2 - Upper Cretaceous spongiolitic sandstones and mudstones, 3-5 Lower Cretaceous Biała Góra formation: 3 - Nagórzycze and Smardzewice sandstone members, 4 - Potok sands member, 5 - Zarzęcin sands and mudstones member, 6 - Lower Cretaceous Wąwał mudstones member, 7 - Jurassic limestones and mudstones, 8 - deposit boundary, 9 - exploratory boreholes, 10 - boreholes for regional geological study

W formacji białogórskiej wyróżnia się 4 ogniwa zróżnicowane litologicznie, od dołu:

- piasków i mułków z Zarzęcina,
- dwudzielne piasków z Potoka,
- piaskowców ze Smardzewic,
- piasków z Nagórzyc.

Ogniwo mułków i piasków z Zarzęcina - złożone jest z wzajemnie przewarstwiających się mułowców i kwarcowych piaskowców, których udział zwiększa się ku górze, na ogół o ciemnoszarej i szarej barwie, z częściami zwęglonej flory i miką, z wkładkami piaskowców kwarcowo-glaukonitowych. Mineralogicznie, są to osady: kaolinitowo-montmoryllonitowe, kwarcowo-montmoryllonitowo-illitowe. Wśród ziarn kwarcu dominujący jest udział spękanych. Frakcja minerałów ciężkich cechuje się przewagą minerałów nieprzeźroczystych. Osady te, charakteryzują się bardzo dużymi zmianami wielkości ziarna i złym wysortowaniem. Na krzywych profilowania geofizycznego zaznaczają się bardzo dużymi wahaniami, potwierdzającymi ostre zmiany w uziarnieniu i zapyleniu. Chemicznie osady tego ogniwa różnią się zawartością składników od pozostałych ogniwi formacji z Białej Góry. Mułki i piaski z Zarzęcina występują na całym obszarze niecki. Miąższość ogniwa wynosi 16,0-59,0 m, najpełniej rozwinięte są w strefie południowo zachodniej.

Ogniwo piasków z Potoka - złożone jest z osadów o dużej lateralnej zmienności i różnym stopniu diagenety. Wyróżnić w nim można sekwencje kilku niepełnych cyklotemów o uziarnieniu frakcjonalnym prostym. Tworzą je zlepionce kwarcowe, różnoziarniste i drobnoziarniste piaskowce kwarcowe, o lepszemu kaolinowym, piaski kwarcowe bardzo zagęszczone, lokalnie pyłowce kwarcowe z kaolinem i miką. Ogniwo jest wyraźnie dwudzielne. W części dolnej przeważają piaskowce drobnoziarniste, a w górnej piaskowce różnoziarniste, z wkładkami ilów kaolinowych. Granulometrycznie są to osady o bardzo dużych zmianach średnicy ziarna. Osady części niższej charakteryzują się na ogół wielkością ziarna w granicach 0,05-1,2 mm, z dominującą frakcją 0,15-0,4 mm, w części wyższej posiadają bardzo zmienną średnicę ziarna 0,01-1,2 mm. Są one umiarkowanie lub źle wysortowane, zwłaszcza w stropowej części. Barwa osadów jest od białej, jasnoszarej, jasnożółtej do żółtej. W piaskach tego ogniwa zaznacza się udział matowych ziaren kwarcu, duża zmienność składu frakcji ciężkiej osadów, wyrażająca się dużymi wahaniami ilości minerałów nieprzeźroczystych i przeźroczystych, bardzo dużymi zmianami składu jakościowego tych ostatnich. Pojawia się tu także: biotyt, amfibole, chloryt nawet glaukonit. W składzie chemicznym - piaski części niższej charakteryzują się zawartością $Al_2O_3 < 1\%$, i $Fe_2O_3 < 0,2\%$, CaO i MgO w ilościach śladowych, w części wyższej zawartość Al_2O_3 sięga nawet do 7%, Fe_2O_3 dochodzi do 5%, CaO i MgO do kilku procent. Na krzywych profilowania gamma-gamma gęstościowym warstwy zailone i zażelazone części wyższej zaznaczają się wyraźnym maksimum. Największą miąższość około 110,0 m ogniwo osiąga w północno zachodniej części niecki. W jej części południowej miąższość tego ogniwa wynosi około 60 m. W okolicach Zarzęcina ono nie występuje.

Ogniwo piaskowców ze Smardzewic to osady bardziej dojrzałe i o większym stopniu zdiagenezowania. Reprezentowane są przez piaskowce kwarcowe drobnoziarniste, o lepszemu kaolinowym, sporadycznie z otoczkami kwarcu. Są to najmniej zmienne granulometrycznie osady o dominującej

wielkości ziarna 0,125-0,25 mm, przeciętnie około 0,2 mm, na ogół są one dobrze wysortowane. Są to pozornie bezstrukturalne piaskowce, warstwowane przekątnie w dużej skali, możliwej do zaobserwowania w wyrobiskach kopalnianych. Lepiszczu piaskowców jest ilaste - kaolinowe. Lokalnie piaskowce tego ogniwa są silnie spękane, spękania wypełnione są limonitem. Skład mineralogiczny frakcji ciężkiej i gatunkowy kwarcu wykazuje najmniejszą zmienność w całym profilu formacji. Dominującymi są ziarna kwarcu bezbarwnego bez wrostków i przeświecającego. We frakcji ciężkiej zaznacza się przewaga minerałów nieprzeźroczystych nad przeźroczystymi, wśród których występują jedynie najcięższe - cyrkon, rutyl, turmalin, staurolit i dysten. W profilowaniu geofizycznym osady wyróżniają się wysoką opornością. Miąższość tego ogniwa w strefie północnej i środkowej wynosi 15,0-25,0 m, a w południowej w kierunku Zarzęcina wzrasta do 35,0-50,0 m. Piaskowce te, poza strefami spękań są na ogół barwy białej i jasnoszarej.

Najwyższe ogniwo piasków z Nagórzyc rozpoczynają piaskowce, różnoziarniste, o uziarnieniu frakcjonalnym odwrotnym, o lepszemu częściowo żelazistym. Wśród ziarn kwarcu zaznacza się przewaga barwnych i bezbarwnych z wrostkami. We frakcji minerałów ciężkich pojawiają się wcześniej niewystępujące: granat, epidot i w dużej ilości glaukonit. Chemicznie osady charakteryzują się zawartością Fe_2O_3 około 0,1 %. Są one umiarkowanie i źle wysortowane, a dominującą jest frakcja 0,25-0,50 mm. Piaskowce ogniwa z Nagórzyc zaznaczają się wyraźnym maksimum na krzywej profilowania gamma-gamma. Miąższość ogniwa na terenie całej niecki jest niewielka, na ogół wynosi 1,0-5,0 m, sporadycznie do 10,0 m.

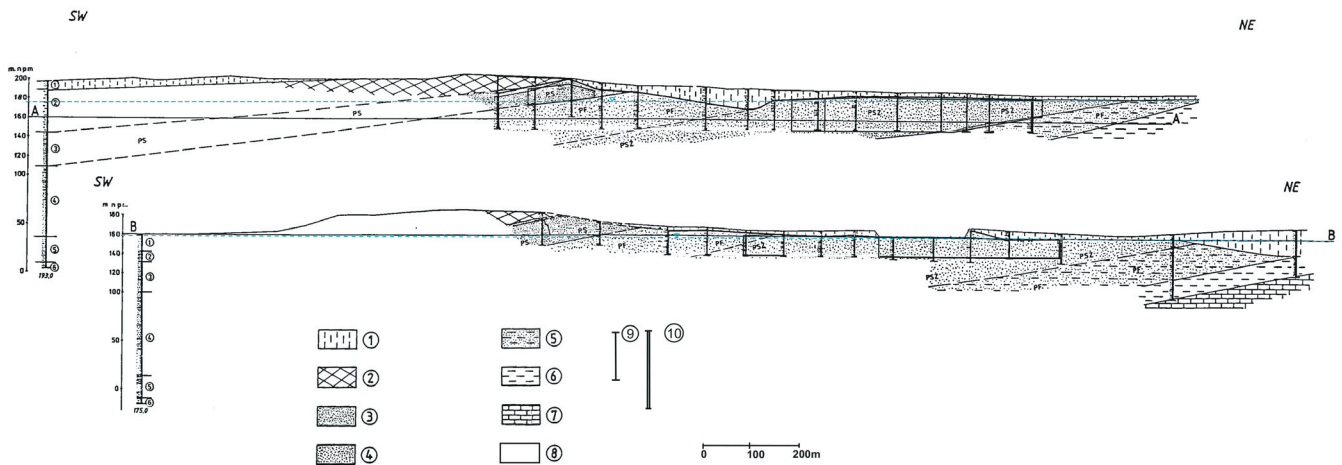
Niecka tomaszowska uformowana została w czasie orogenezy alpejskiej. Stwierdzono w niej uskoki o kierunku SW-NE (stwierdzane w badaniach powierzchniowych i wykrywane metodami geofizycznymi). Zaznaczają się także, dyslokacje o kierunkach WNW-ESE, być może o założeniach waryscyjskich, których efektem jest zanikanie, wyklinowywanie lub nadmierne rozszerzenie obszaru występowania poszczególnych ogniwi. Uskoki i spękania są przyczyną lokalnych zanieczyszczeń piasków kwarcowych w złożach, zwłaszcza w południowej części niecki.

Wychodnie utworów formacji białogórskiej występujące w obu skrzydłach niecki tomaszowskiej rozcinają czwartorzędowe doliny kopalne o szerokości do kilkuset metrów i głębokości do kilkudziesięciu metrów, wypełnione utworami piaszczystymi zlodowaceń środkowopolskich. Dzieli one wychodnie serii złożowej na oddzielne obszary złożowe.

Historia badań

Piaski w niecce tomaszowskiej wykorzystywane są od XVIII wieku, początkowo do celów gospodarskich, a od połowy XIX w. jako szklarskie. Wydobywane były sposobem podziemnym w rejonie Nagórzyc, gdzie zachowane są jeszcze wyrobiska sztolniowe i komorowe. Taki sposób eksploatacji został jednak zakazany, ze względu na zagrożenia dla pracujących pod ziemią. Wydobycie piasków sposobem odkrywkowym podjęto w latach 20-tych XX wieku w rejonie współczesnej kopalni w Białej Górze.

Piaski kwarcowe w niecce tomaszowskiej były przedmiotem wielu badań już od połowy XIX wieku (Pusch 1883, Michalski 1884, Lewiński 1932, Szejn 1967, Kobyłecki 1936,



Rys. 3. Schematyczna mapa litostratygraficzna synkliny tomaszowskiej z lokalizacją złóż piasków szklarskich i formierskich wg stanu na 2017 r.

1 - kreda górna: piaskowce spongiolitowe, gezy mułowce, 2-5 kreda dolna: 2-4 formacja piasków z Białej Góry, 2 - ogniwo piaskowców z Nagórzyc i ze Smardzewic, 3 - ogniwo piasków z Potoka, 4 - ogniwo mułków i piasków z Zarzęcina, 5 - formacja mułowców z Wąwół, 6 - jura: wapienie, mułowce, 7 - linia przekroju geologicznego A-A, 8 - granica złoża, 9 - czynna kopalnia, 10 - zakład przeróbki kopalin

Fig. 3. Lithostratigraphic simplified map of Tomaszów Syncline with the location of explored quartz sand deposits, delineated in 2017 year.

1 - Upper Cretaceous spongilitic sandstones and mudstones, 2-4 Lower Cretaceous Biała Góra formation: 2 - Nagórzycze and Smardzewice sandstone members, 3 - Potok sands member, 4 - Zarzęcin sands and mudstones member, 5 - Lower Cretaceous Wąwół mudstones member, 6 - Jurassic limestones and mudstones, 7 - cross section A-A, 8 - deposit boundaries, 9 - active mine, 10 - beneficiation plant

1948, Kokoszyńska 1956, Witkowski 1969).

Pierwsze systematyczne prace geologiczne poszukiwawcze i rozpoznawcze złóż piasków kwarcowych, rozpoczęto na przełomie lat 50-tych XX w. Ich efektem były dokumentacje geologiczne złóż Biała Góra I i Biała Góra II. Obecnie złoża te, są w całości lub częściowo wyeksploatowane i pozostawiane ich fragmenty włączone do nowych złóż. W latach 60-tych udokumentowane zostały złoża piasków szklarskich Biała Góra III - Wesoła, Góry Trzebiatowskie, Radonia i piasków formierskich Wygnanów i Grudzeń Las. Położone one były w sąsiedztwie wychodni utworów albu środkowego zaznaczających się w morfologii terenu charakterystyczną kuestą.

Na szeroką skalę prace geologiczne w synklinie tomaszowskiej podjęto w latach 70-tych i 80-tych. Badaniami geologiczno-zwiadowczymi za piaskami szklarskimi, formierskimi i żwirkami filtracyjnymi objęta została cała wychodnia serii piaszczystej od wychodni kredy górnej po jurę. Seria piaszczysta rozpoznana została i zbadana mineralogicznie, granulometrycznie, chemicznie oraz metodami geofizyki powierzchniowej i otworowej. Efektem tych prac było ustalenie zasobów piasków szklarskich i formierskich w ilości ponad 700 mln ton w kategorii $C_1 - D_2$, w 21 obszarach synkliny tomaszowskiej. Równocześnie prowadzone były prace geologiczne dokumentacyjne na obu skrzydłach synkliny na całej szerokości wychodni w rejonie Unewela i Zajączkowa, zakończone udo-

kumentowaniem złoża Zajączków w kategorii C_2 o zasobach około 140 mln ton piasków kwarcowych szklarskich, z którego wydzielono Piaskownica Zajączków Wschód (kategoria $B+C_1+C_2$) oraz złożo Unewel, które przy dalszym rozpoznaniu zostało podzielone na dwa złoża Unewel Zachód (w kat. $B+C_1$) i Unewel Wschód (Kat. C_1) o zasobach odpowiednio 86 i 97 mln ton. Rozmieszczenie udokumentowanych złóż według stanu na 1987 r. przedstawia mapa na rys. 1. Zasoby ustalane były wg kryteriów bilansowości z 1966 r., uzupełnionych w 1982 r. uwzględniających specyfikę tych złóż. Kryteria te były bardzo rozbudowane i zróżnicowane zgodnie z wymaganiami odnośnie wyróżnianych klas piasku.

Po 2000 roku na podstawie prac regionalnych, uzupełnionych dalszym rozpoznaniem udokumentowano kolejne złoża: Biała Góra I E, Biała Góra IIE, w nowym obszarze Biała Góra III Wesoła oraz Wygnanów II, a także złożo Unewel w dalszym ciągu zostało podzielone na mniejsze obszary, i tak zostały udokumentowane: Unewel Zachód – Las, Unewel Zachód – Pole I (rys. 3). Dalszy podział złóż spowodowany jest koniecznością uwzględnienia praw własności nieruchomości gruntowych i wymagań ochrony środowiska. Zasoby tych złóż oceniane były na podstawie kryteriów bilansowości obowiązujących od 1.01.2002 r. (tab. 1). Zdyskwalifikowały one znaczną część zasobów czystych piasków kwarcowych, ze względu na zawartość pyłów przekraczającą 5%.

Tab. 1. Graniczne wartości parametrów definiujących złożo piasków kwarcowych
Tab.1. Cut off values of parameters defining the boundaries of quartz sand deposits

L.p.	Parametry	Jednostka	Wartości graniczne parametru
1	Minimalna miąższość złoża	m	2
2	Maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoża	-	0.5
3	Maksymalna zawartość pyłów mineralnych (<0.05 mm)	%	5
4	Minimalna zawartość ziaren kwarcu	%	90

Charakterystyka złóż i stan ich rozpoznania

Udokumentowane złoża zlokalizowane są w obu skrzydłach niecki tomaszowskiej, w pasie wychodni formacji z Białej Góry (rys. 3). Aktualnie eksploatowane lub w stanie udostępnienia jest 6 złóż: Biała Góra IE, Biała Góra IIE, Unewel Zachód Nowy, Unewel Zachód Las, Grudzeń Las i Piaskownica Zajęczków Wschód.

W udokumentowanych złożach występują przede wszystkim piaskowce kwarcowe ogniwa ze Smardzewic i z dolnej części ogniwa z Potoka. Dwa pozostałe ogniwa mają znaczenie marginalne w budowie geologicznej złóż (rys. 4). Udział poszczególnych ogniw w poszczególnych złożach jest uzależniony od ich lokalizacji w stosunku do granic całej formacji piaskowców z Białej Góry oraz od upadu warstw (rys. 2). Złoża występują pod nakładem piasków i glin czwartorzędowych oraz utworów nieproduktywnych kredowych o miąższości 4-8 m i maksymalnie do parunastu metrów. Głębokie paleodoliny stanowią granice niektórych złóż.

Złoża rozpoznane są za pomocą regularnej sieci otworów wiertniczych orientowanej prostopadle do rozciągłości warstw. Odległości między otworami wynoszą od około 400 m w początkowej fazie badań, umożliwiającej pełne rozpoznanie profilu serii złożowej (przy upadzie 3-5°), zagęszczanej nawet do 50 m w fazie końcowej, z uwagi na zmienność parametrów złóż (Poręba 1976). Do rozpoznania granic paleodoliny wykonywane były badania geofizyczne – elektrooporowe.

Utwory serii złożowej rozpoznane są w poszczególnych złożach do głębokości 30 - 50 m, pod nakładem glin i piasków

czwartorzędowych oraz częściowo nieproduktywnych utworów kredowych o miąższości średnio 4 - 8 m, a maksymalnie do kilkunastu metrów.

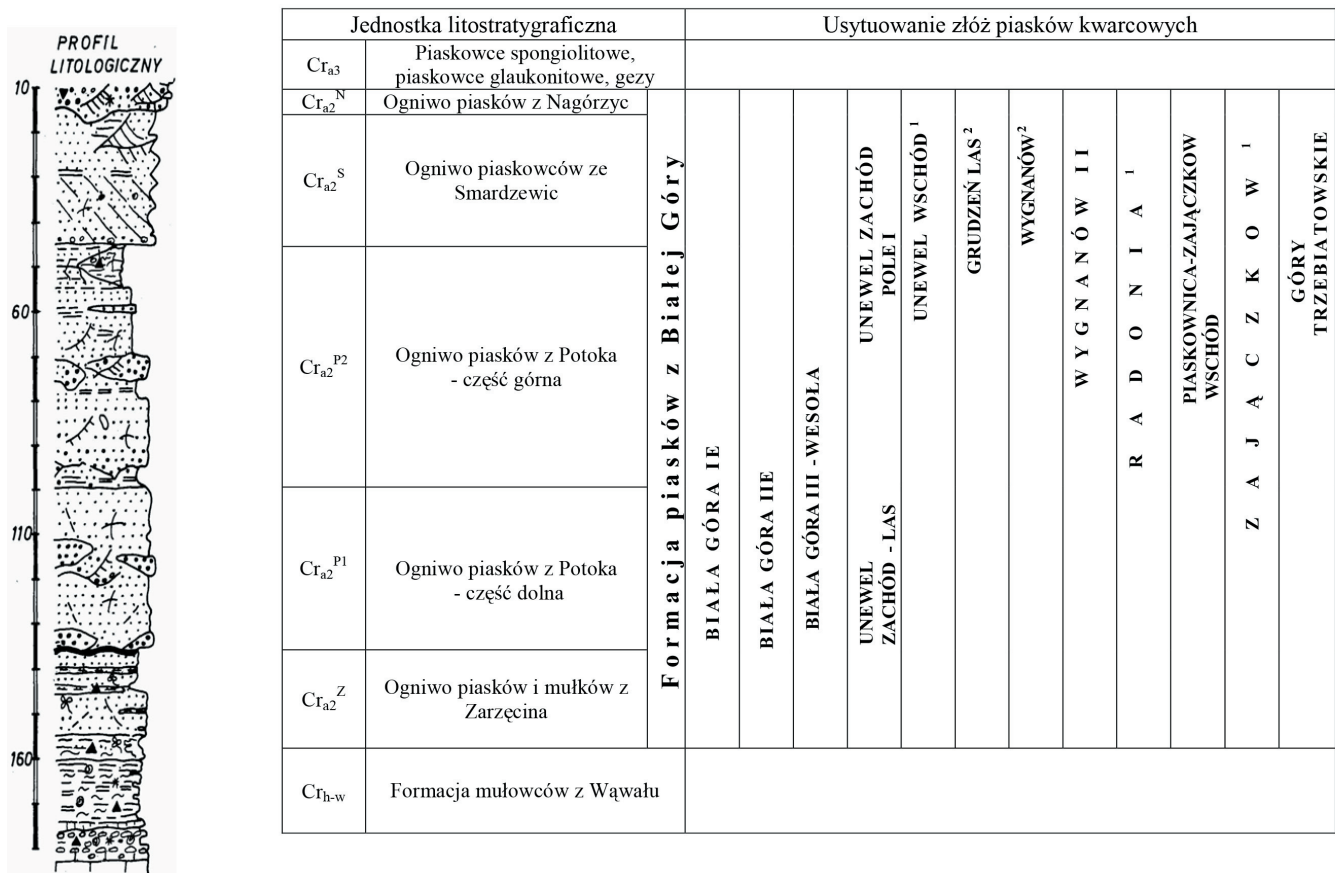
Jakość kopalin

Piaski i piaskowce kwarcowe formacji z Białej Góry są badane przede wszystkim z punktu widzenia ich przydatności dla przemysłu szklarskiego, który stawia najbardziej rygorystyczne wymagania odnośnie jakości surowca. Powoduje to konieczność bardzo szczegółowych badań chemicznych i mineralogicznych. We wszystkich złożach, związanych z formacją z Białej Góry (za wyjątkiem złoża Stary Wygnanów) oraz w obszarach prognostycznych wykonywane były badania piasków płukanych, które obejmują:

- skład granulometryczny,
- oznaczenie zawartości SiO_2 , siarczanów, Fe_2O_3 , TiO_2 , Al_2O_3 ,
- oznaczenie zawartości i rodzaju minerałów akcesorycznych i określenie stopnia obtoczenia ziaren kwarcu (w próbkach z niektórych otworów).

Rygorystyczne wymagania odnośnie maksymalnej dopuszczalnej, niewielkiej zawartości składników szkodliwych (siarczanów, Fe_2O_3 , TiO_2) stwarzają konieczność skrupulatnej kontroli opróbowania i procedur analitycznych.

Mineralogicznie głównym składnikiem piasków poszczególnych złóż jest kwarc, stanowiący >95% skały, akcesorycznie – skalenie: ortoklasy i plagioklasy - w ilości 2-3%, w większości



¹ Złoża piasków szklarskich z zasobami piasków formierskich

² Złoża piasków formierskich

Rys. 4. Profil litostratygraficzny formacji z Białej Góry i usytuowanie złóż piasków szklarskich i formierskich
Fig. 4. Lithostratigraphic column of Biała Góra formation and location of glass and foundry sand deposits

silnie zwięztałe, o różnym stopniu kaolinityzacji i serycytyzacji oraz frakcja minerałów ciężkich - nieprzeźroczystych i przeźroczystych, a wśród nich: cyrkon, dysten, brookit, rutil, turmalin, staurolit, sporadycznie - glaukonit, granat, muskowitz, biotyt, amfibole i pirokseny, anataz, chloryt.

Badania składu chemicznego piasków wykonane były na piaskach płukanych dla wszystkich otworów, stwierdzających piaski formacji z Białej Góry, dla wybranych kilku procent wykonano analizy piasków surowych.

W składzie chemicznym piasków formacji z Białej Góry od spągu do stropu sekwencji osadów, zarysowuje się generalnie tendencja do wzrastania zawartości krzemionki i zmniejszania zawartości związków zanieczyszczających piaski. Zanieczyszczenia piasków kwarcowych związkami tlenków barwiących oraz glinu, związane są z substancją ilastą, która tworzy otoczki na ziarnach kwarcu oraz samodzielnymi minerałami ciężkimi i ich wrostkami w ziarnach kwarcu.

Piaski formacji w stanie naturalnym nie zawierają, bądź

sporadycznie niewielkie ilości CaO i MgO, w przeciwieństwie do utworów podległych i nadległych, które cechują się ich zawartością nawet do kilkunastu procent. Różnice między składem chemicznym formacji piasków z Białej Góry i utworów występujących w jej w spągu i stropie przedstawia tabela 2.

Płukanie piasków powoduje znaczne wzbogacenie w krzemionkę i zminimalizowanie ilości pozostałych składników. Najczystsze piaski kwarcowe, o największej ilości krzemionki, najniższej związków barwiących oraz najmniejszej ich zmienności występują w ogniwie ze Smardzewic i niższej części ogniwa z Potoka. Nieco gorszymi parametrami i większym zróżnicowaniem zawartości głównych składników chemicznych charakteryzują się piaski wyższej części ogniwa z Potoka (tab. 3).

Ekstremalnie niskie zawartości krzemionki, a wysokie składników szkodliwych, przedstawione w tabeli występują na ogół sporadycznie. Wiązane są z występowaniem cienkich warstewek ilastych lub wypełnień spękań. Pojawiają się one lokalnie i nie mają istotnego wpływu na ogólną ocenę jakości kopaliny.

Tab. 2. Podstawowe składniki chemiczne piasków formacji i osadów przyległych (w stanie surowym)

Tab. 2. Basic chemical components of raw sands and surrounding deposits

Skład chemiczny [%]	Formacja mułowców z Wąwala	Formacja piasków z Białej Góry			Utwory mułowcowo-gazowe albu środkowego
		piasków i mułków z Zarzęcina	piasków z Potoka część wyższa i niższa	piaskowców ze Smardzewic i Nagórzyc	
SiO ₂	16.4 - 67.8	63.3 - 99.0	72.2 - 99.1	96.8 - 99.1	66.7 - 88.5
Fe ₂ O ₃	4.7 - 20.8	0.21 - 6.5	0.04 - 5.0	0.05 - 0.86	1.98 - 6.2
Al ₂ O ₃	4.5 - 18.5	0.66 - 13.0	0.29 - 7.0	0.05 - 0.86	4.07 - 8.46
CaO	2.3 - 26.1	0.0 - 1.9	0.0 - 4.5	0.0 - 0.37	0.81 - 11.80
MgO	1.1 - 11.1	0.0 - 1.2	0.0 - 2.0	0.0 - 0.03	0.23 - 2.08

Tab. 3. Zróżnicowanie zawartości głównych składników chemicznych piasków i piaskowców kwarcowych

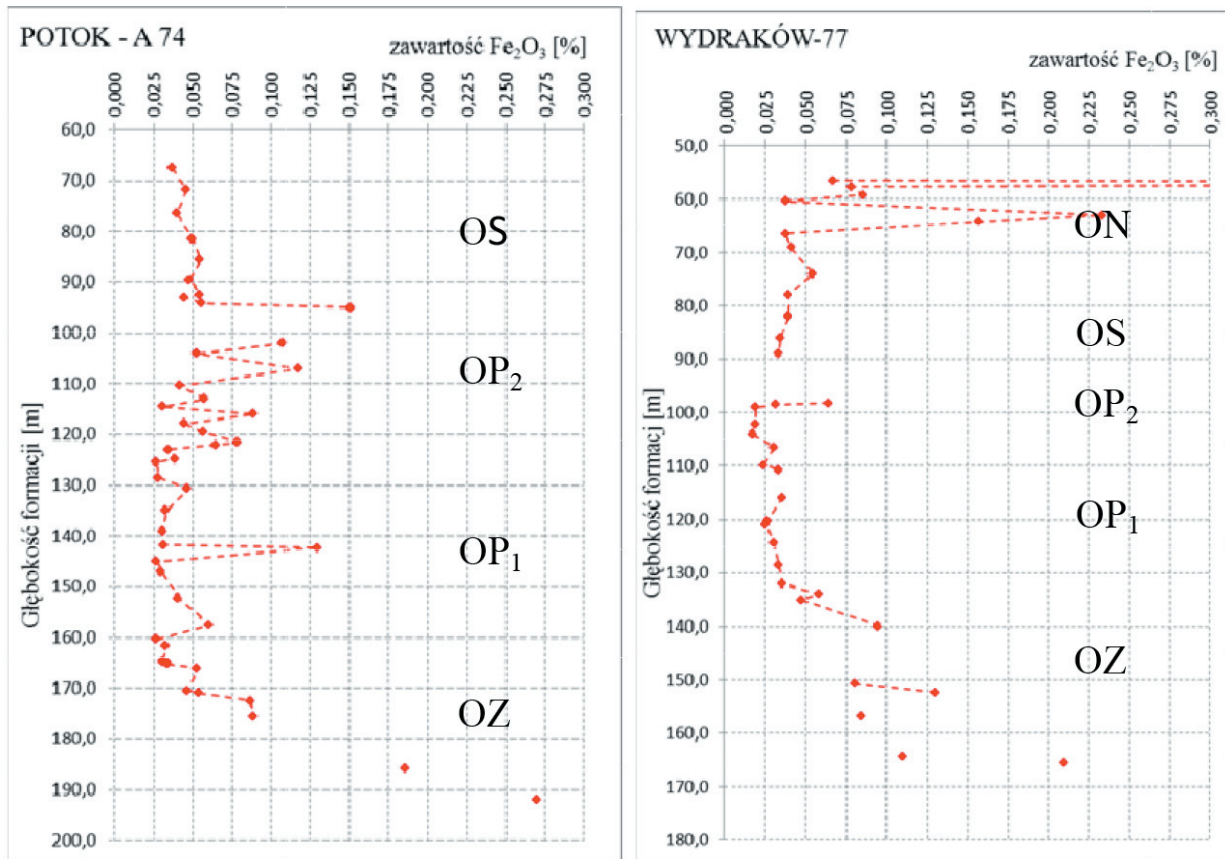
Tab. 3. Variation of main chemical components of quartz sands and sandstones

Ogniwo	Rozstęp głównych składników chemicznych [%]					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	Str. praż.
Piasków z Nagórzyc	98.1-99.7	0.00-0.49	0.017-0.756	0.005-0.085	0.00-0.25	0.16-0.47
Piaskowców ze Smardzewic	97.8-99.8	0.03-0.78	0.005-0.550	0.005-0.300	0.00-0.32	0.02-0.45
piasków z Potoka część wyższa	94.3-99.7	0.00-5.00	0.004-2.140	0.001-0.300	0.00-0.59	0.07-0.82
piasków z Potoka część niższa	96.5-99.8	0.05-1.60	0.003-0.615	0.000-0.400	0.00-0.58	0.13-0.68
piasków i mułków z Zarzęcina	97.6-99.6	0.03-1.16	0.029-0.960	0.020-0.292	0.00-0.72	0.16-0.73

Tab. 4. Średnie zawartości głównych składników szkodliwych

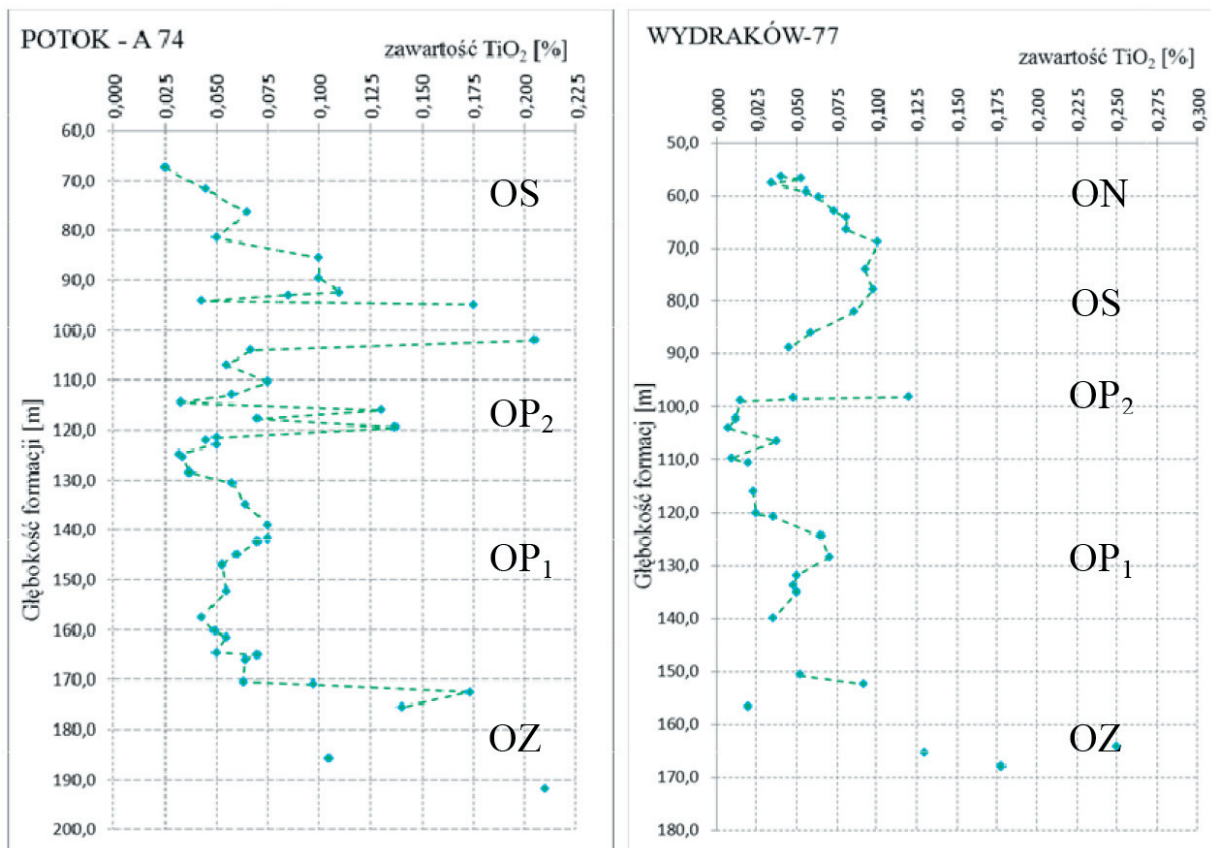
Tab. 4. Average content of deleterious components

Ogniwo	Wartości średnie [%]					
	Rejon Unewela			Rejon Wygnanowa		
	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂
Piaskowców ze Smardzewic	0.168	0.053	0.055	0.182	0.057	0.056
piasków z Potoka część wyższa	0.248	0.058	0.062	0.198	0.078	0.046
piasków z Potoka część niższa	0.312	0.049	0.044	0.235	0.040	0.043



Rys. 5. Zawartość Fe_2O_3 w piaskach formacji z Białej Góry w otworach: Potok A-74 i Wydraków -77, ON-ogniwo z Nagórzyc, OS-ogniwo ze Smardzewic, OP_2 -ogniwo z Potoka cz. wyższa, OP_1 -ogniwo z Potoka cz. niższa, OZ-ogniwo z Zarzęcina

Fig. 5. Fe_2O_3 content in sands of Biała Góra formation in the boreholes: Potok A-74 and Wydraków -77, ON- Nagórzyce member, OS-Smardzewice member, OP_2 -Potok member upper part, OP_1 -Potok member lower part, OZ-Zarzęcin member



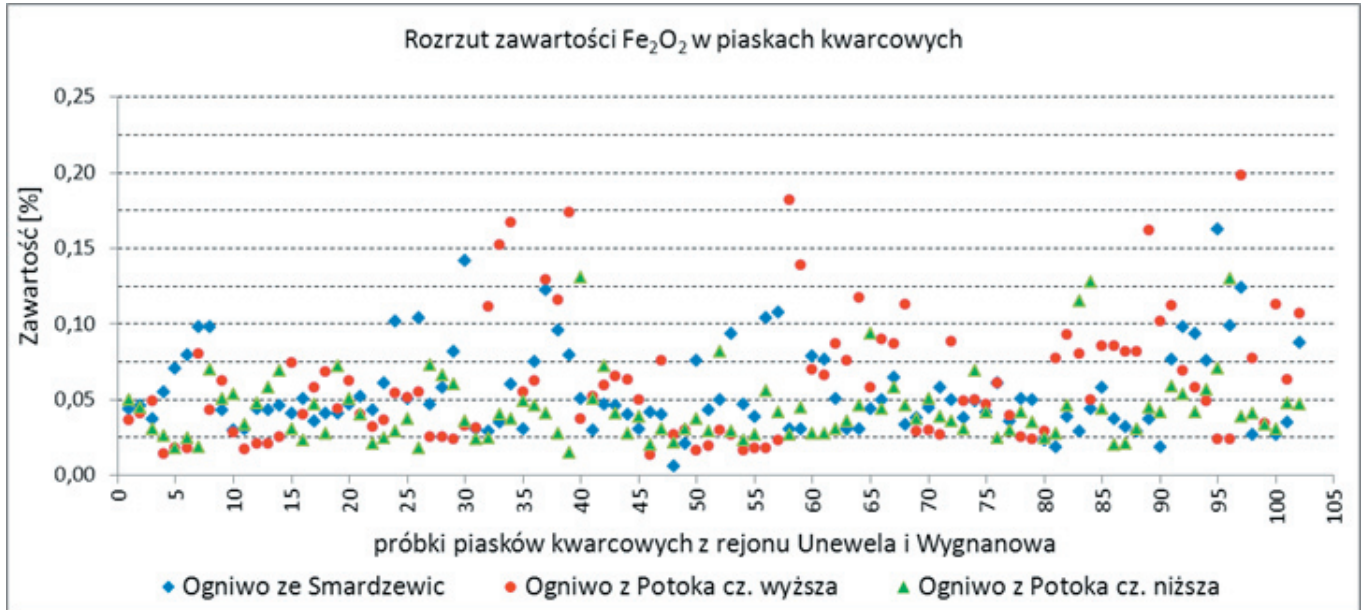
Rys. 6. Zawartość TiO_2 w piaskach formacji z Białej Góry w otworach: Potok A-74 i Wydraków -77 ON-ogniwo z Nagórzyc, OS-ogniwo ze Smardzewic, OP_2 -ogniwo z Potoka cz. wyższa, OP_1 -ogniwo z Potoka cz. niższa, OZ-ogniwo z Zarzęcina

Fig. 6. TiO_2 content in sands of Biała Góra formation in the boreholes: Potok A-74 and Wydraków -77, ON- Nagórzyce member, OS-Smardzewice member, OP_2 -Potok member upper part, OP_1 -Potok member lower part, OZ-Zarzęcin member

Piaski płukane poszczególnych ogniwi charakteryzują się na ogół niewielką ilością Fe_2O_3 i TiO_2 , choć różnymi zakresami zróżnicowania zawartości tych składników. Średnie zawartości głównych składników barwiących piaski kwarcowe w złożach

Unewel i Wygnanów w dominujących w ich budowie dwóch ogniwach przedstawia tabela 4.

Charakter i wielkość zmian głównych składników barwiących piaski kwarcowe Fe_2O_3 i TiO_2 w profilu formacji,



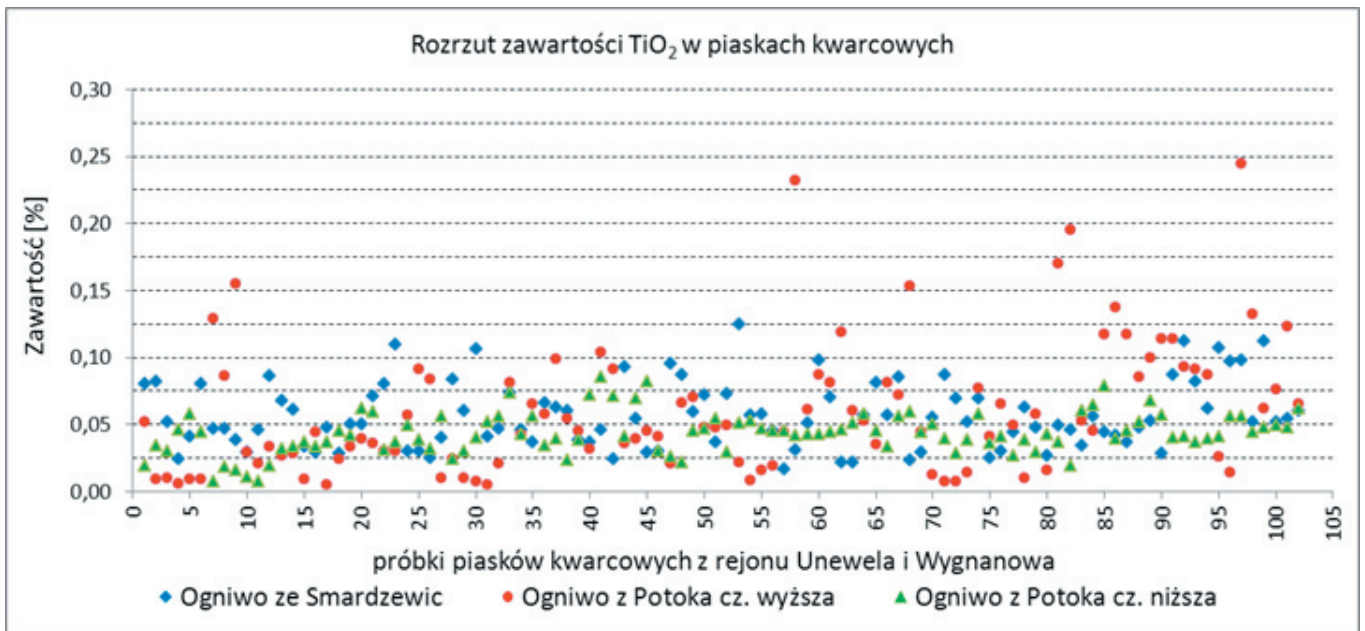
Rys. 7. Rozrzut zawartości Fe_2O_3 w piaskach płukanych z otworów w złożu
 Fig. 7. Variation of Fe_2O_3 content in the washed sands from exploratory boreholes

Tab. 5. Udział piasków klasy 6-tej wg Bn-80/6811-01
 Tab. 5. The share of 6-th class sand in the total sands volume

Ogniwo	Udział piasków o zawartości składników barwiących [%]		
	$Fe_2O_3 > 0.08\%$	$Fe_2O_3 0.08-0.30 \%$	$TiO_2 > 0.10\%$
piasków z Nagórzyc	~50%	~5%	0%
piaskowców ze Smardzewic	~10%	0%	~10%
piasków z Potoka część wyższa	~35%	~5%	~30%
piasków z Potoka część niższa	~5%	0%	~5%
piasków i mułków z Zarzęcina	~30%	~5%	~25%

Tab. 6. Zakres udziału poszczególnych frakcji ziarnowych piasków surowych
 Tab. 6. The range of granulometric fraction content of raw sands

Ogniwo	Wartości brzeżne	Skład granulometryczny „na mokro” [%]						
		frakcje [mm]						
		> 1.25	1.25-0.71	0.71-0.50	0.50-0.315	0.315-0.10	0.10-0.06	<0.06
piasków z Nagórzyc	Minimum	0.7	0.5	1.8	5.0	6.0	0.1	0.1
	Maximum	24.2	15.0	19.5	46.9	80.0	7.0	14.4
piaskowców ze Smardzewic	Minimum	0.0	0.0	0.1	0.2	22.8	0.1	0.5
	Maximum	20.8	17.7	34.2	59.1	94.7	15.4	15.3
piasków z Potoka część wyższa	Minimum	0.0	0.0	0.0	0.1	2.6	0.0	0.4
	Maximum	46.4	42.6	74.9	58.7	94.8	65.5	86.9
piasków z Potoka część niższa	Minimum	0.0	0.0	0.2	0.2	0.6	0.0	0.1
	Maximum	37.7	44.2	39.6	91.0	94.0	17.6	25.2
piasków i mułków z Zarzęcina	Minimum	0.0	0.0	0.1	0.7	16.6	0.1	1.6
	Maximum	31.2	17.0	20.2	48.5	87.8	27.8	50.2



Rys. 8. Rozrzut zawartości TiO_2 w piaskach płukanych z otworów złożowych
Fig. 8. Variation of TiO_2 content in the washed sands from exploratory boreholes

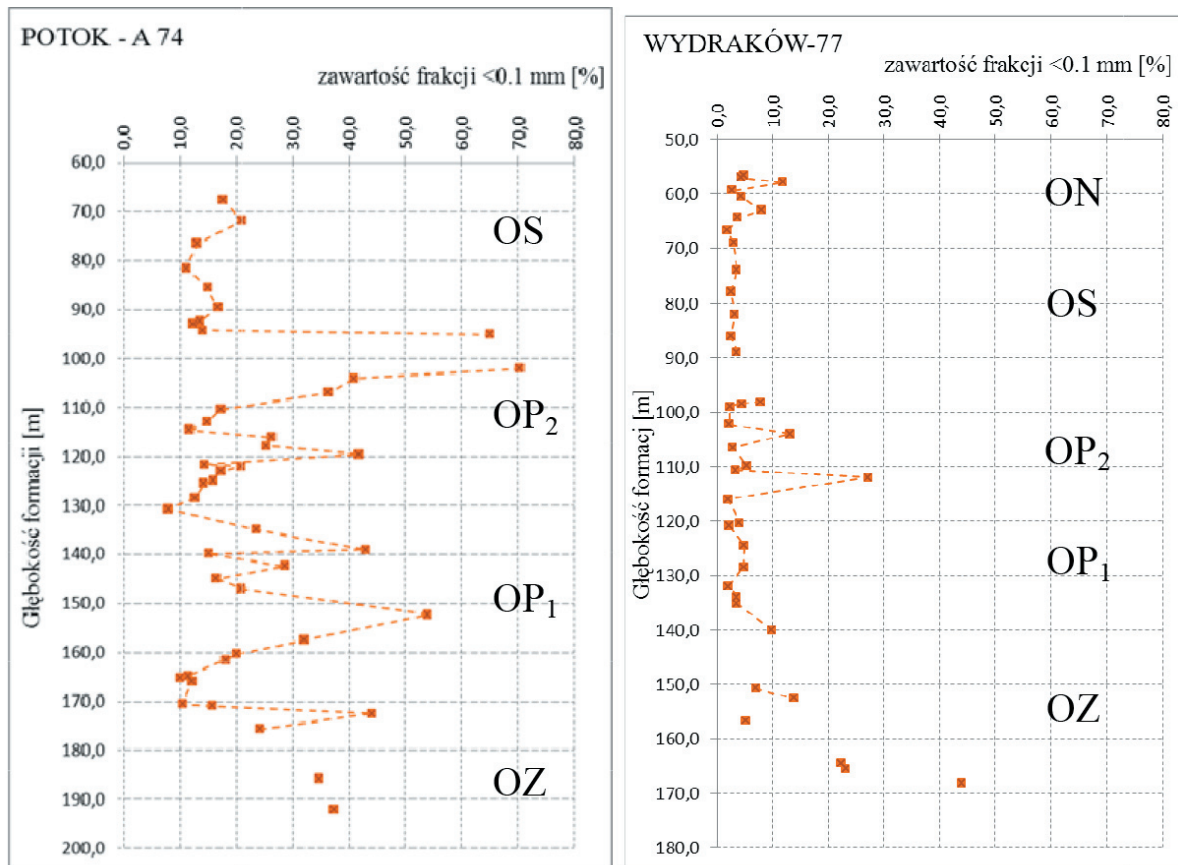
na przykładzie dwóch otworów głębokich: Potok A-74 i Wydraków-77 zlokalizowanych na przeciwległych skrzydłach synkliny przedstawiają rysunki 5 i 6.

Przeważająca większość piasków zawiera $Fe_2O_3 < 0,08\%$ i $TiO_2 < 0,10\%$ czyli odpowiada przynajmniej 5-tej klasie piasków szklarskich (wg BN-80/6811-01). Piaski spełniające wymagania tej klasy stanowią w ogniwach złożowych 65-95%. Po zubożeniu (wielokrotnym płukaniu) uzyskuje się surowiec klas wyższych, 3 do 4 a po wydzieleniu minerałów ciężkich

możliwe jest uzyskanie surowca szklarskiego klasy 2.

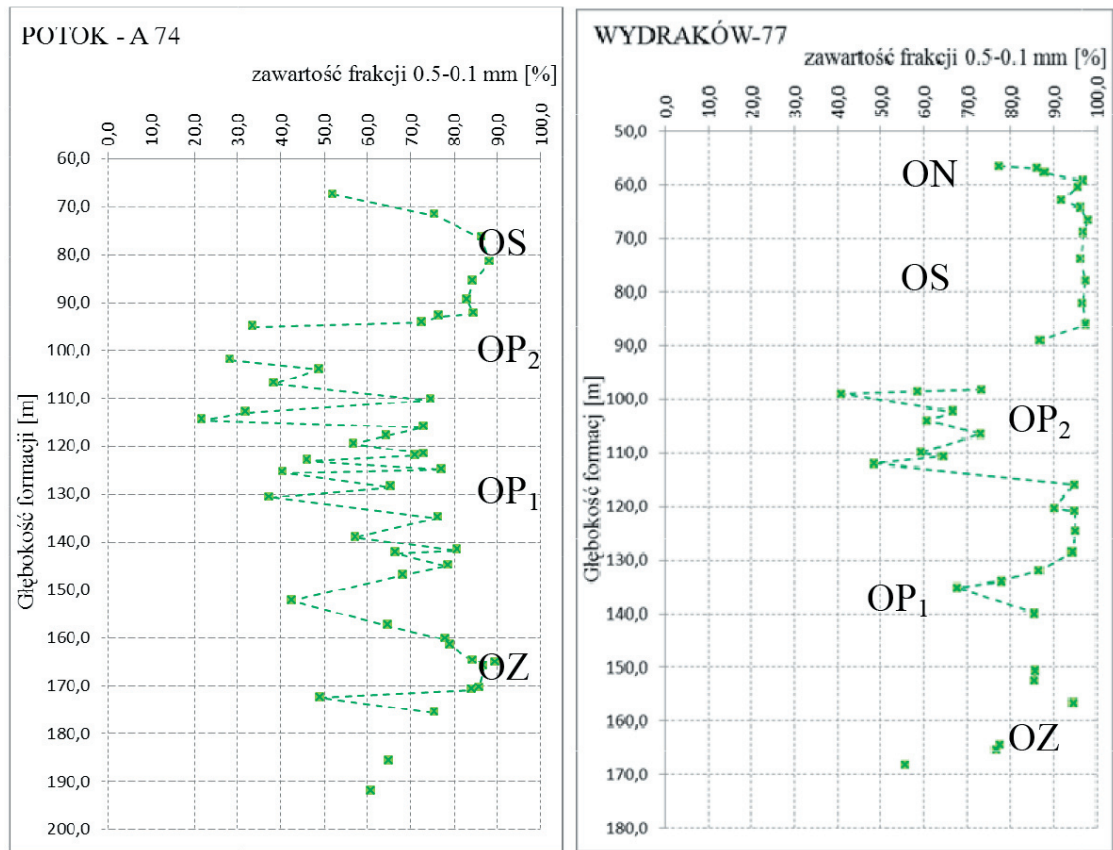
W złożach piasków kwarcowych, związanych przede wszystkim z ogniwem ze Smardzewic i Potoka, udział piasków o zawartości $Fe_2O_3 > 0,08\%$ i $TiO_2 > 0,10\%$ czyli gorszych od klasy 5-tej według BN-80/6811-01 wynosi od 5 do 18%, ale na ogół poniżej 10% (tab. 5).

Na przykładzie ponad 100 reprezentatywnych próbek z otworów złożowych, z rejonu Unewela i Wygnanowa widoczne jest, że piaski o zawartości $Fe_2O_3 > 0,08\%$ i $TiO_2 > 0,1\%$ w ogni-



Rys.9. Zawartość frakcji $< 0,1$ mm w piaskach formacji z Białej Góry w otworach: Potok A-74 i Wydraków -77 ON-ogniu z Nagórzyc, OS-ogniu ze Smardzewic, OP_2 -ogniu z Potoka cz. wyższa, OP_1 -ogniu z Potoka cz. niższa, OZ-ogniu z Zarzęcina

Fig. 9. The content of granulometric fraction below 0.1 mm, in sands of Biała Góra formation in the boreholes: Potok A-74 and Wydraków -77, ON- Nagórzycie member, OS-Smardzewice member, OP_2 - Potok member upper part, OP_1 -Potok member lower part, OZ-Zarzęcin member



Rys. 10. Zawartość frakcji 0,5-0,1 mm w piaskach formacji z Białej Góry w otworach: Potok A-74 i Wydraków -77 ON-ogniwo z Nagórzyc, OS-ogniwo ze Smardzewic, OP₂-ogniwo z Potoka cz. wyższa, OP₁-ogniwo z Potoka cz. niższa, OZ-ogniwo z Zarzęcina

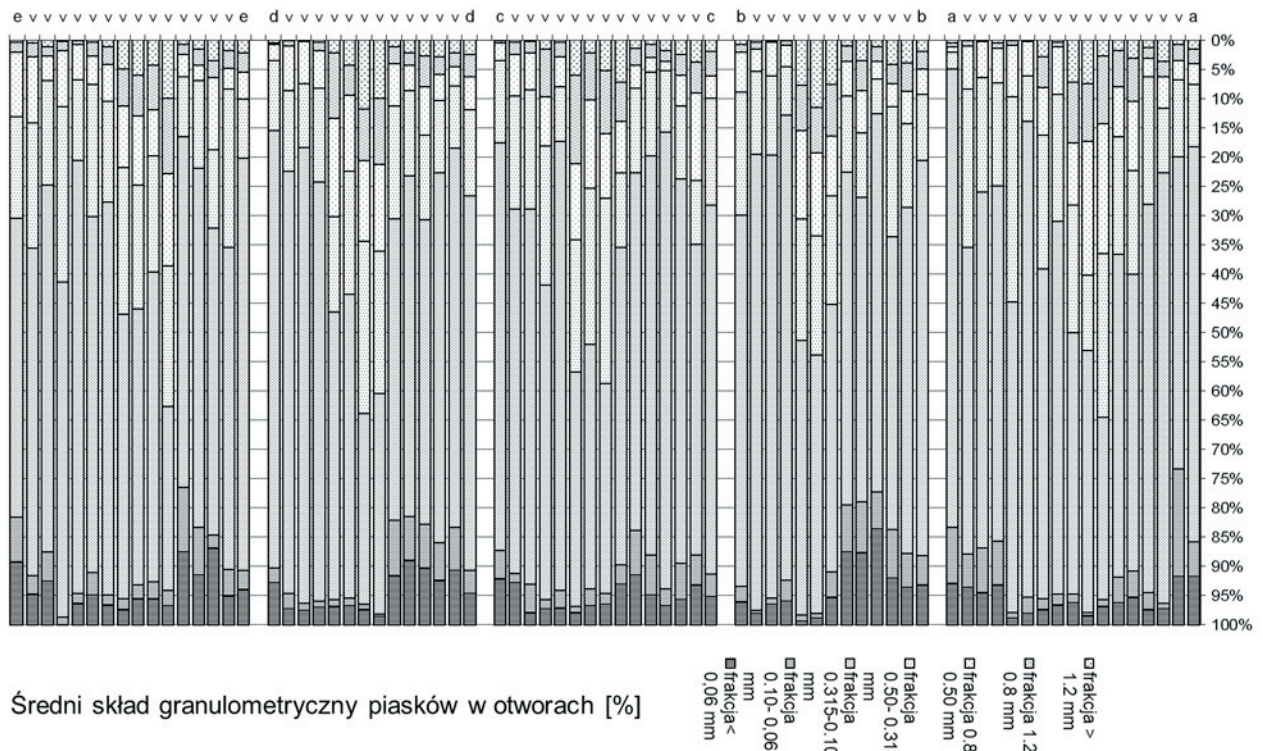
Fig. 10. The content of granulometric fraction 0.5-0.1 mm, in sands of Biała Góra formation in the boreholes: Potok A-74 and Wydraków -77,

ON- Nagórzycze member, OS-Smardzewice member, OP₂- Potok member upper part, OP₁-Potok member lower part, OZ-Zarzęcin member

wach złożowych stanowią nie więcej niż 15% (rys. 7 i 8).

Granulometrycznie piaski formacji z Białej Góry są bardzo zróżnicowane. Najbardziej jednorodnie granulometrycznie są

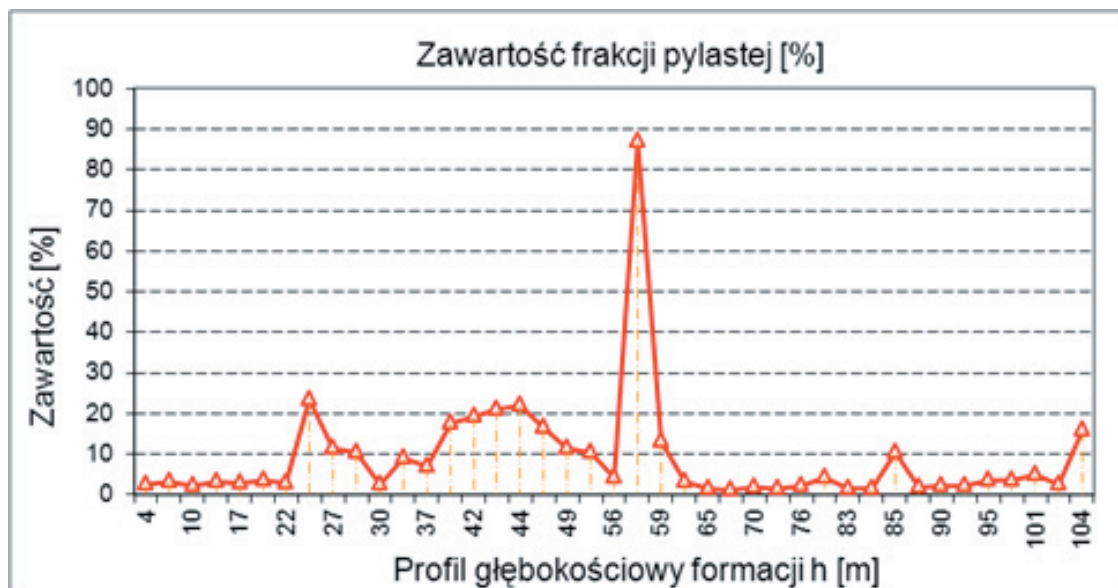
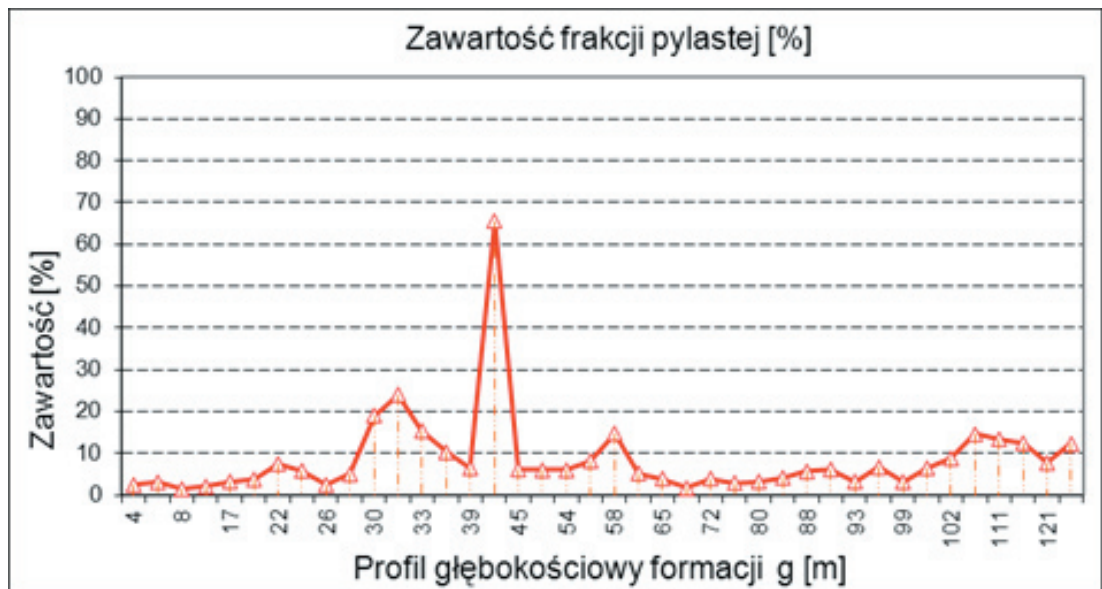
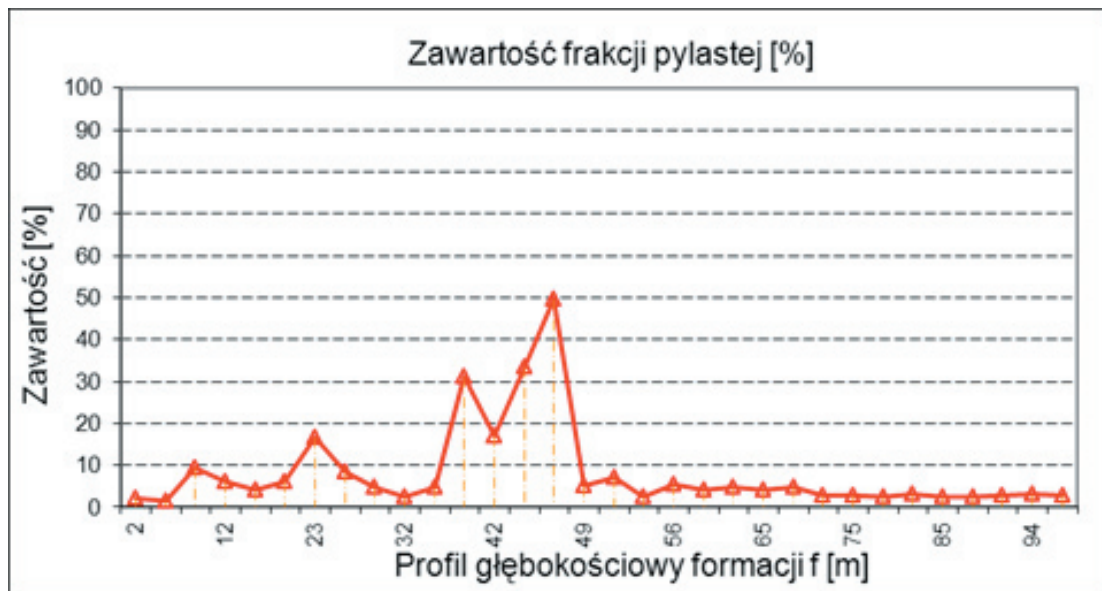
piaski ogniwa ze Smardzewic, najmniej - piaski wyższej części ogniwa z Potoka. W ogniwach tych frakcje grubsze występują na ogół w większej ilości niż frakcje <0,1 mm. Piaski wyższej



Średni skład granulometryczny piasków w otworach [%]

Rys. 11. Średni skład granulometryczny piasków w otworach złożowych po upadzie na NE skrzydle synkliny, - oznaczenie otworu, a-a, b-b, c-c, d-d, e-e – linie przekrojów

Fig. 11. Average granulometric composition of sands in exploratory boreholes, deep ward arranged in the NE Tomaszów syncline wing



Rys. 12. Zawartość frakcji pylastej piasków w profilach zbiorczych formacji z Białej Góry na NE skrzydle synkliny (f, g, h)
 Fig. 12. Mud-clay granulometric fraction content in sands of Biała Góra formation in the NE wing of Tomaszów syncline

części ogniwa z Potoka wykazują największe zróżnicowanie ilości prawie wszystkich frakcji (tab. 6).

Skład granulometryczny piasków kwarcowych formacji w poszczególnych otworach złożowych charakteryzuje się dużą zmiennością wszystkich frakcji. Główną frakcją piasków występującą w największej ilości jest frakcja drobnoziarnista (0,1-0,315 mm) i frakcja średnioziarnista (0,315-0,5 mm), obie stanowią podstawową frakcję szklarską.

Największą zmiennością udziału frakcji pyłowej charakteryzuje się wyższa część ogniwa z Potoka. Współczynnik zmienności frakcji <0,06 mm dla tego odcinka profilu wynosi ~100%, dla części niższej i ogniwa ze Smardzewic waha się w granicach 60-70%, natomiast pozostałych jest rzędu 70-80%.

Zmiany zawartości podziarna <0.1 mm i frakcji podstawowej szklarskiej 0,5-0,1 mm w pełnym profilu formacji z Białej Góry na przykładzie otworów głębokich Potok A-74 i Wydraków -77 z przeciwnych skrzydeł synkliny przedstawia rysunek 9 i 10. Widoczne są duże zmiany uziarnienia piasków. Piaski ogniwa ze Smardzewic i niższej części z Potoka skrzydła południowego są lepiej wysortowane od pozostałych i zawierają mniejsze ilości pyłów.

Zmienność średniego składu granulometrycznego piasków, w tym frakcji pyłastej na podstawie, której definiowane jest złożo, w otworach złożowych, obejmujących pełny profil formacji na północnym skrzydle synkliny, na odcinku Wesoła - Unewel pokazuje rysunek 11.

Średnia zawartość pyłów w piaskach przekracza wartość 5% dopuszczalną kryteriami (ciemny brązowy) w około ½ przedstawionych otworów. Przyjęcie jako kryterium 12% podziarna tj. frakcji <0,1 mm (jasny i ciemny brązowy) pozwoliłoby na pozytywną ocenę większej ilości otworów, a tym samym poszerzenie granic złoża i zwiększenie ilości zasobów.

Szczególnie duże wahania frakcji pyłowej piasków kwarcowych występują w otworach na północnym skrzydle synkliny w rejonie Unewela (linie f, g, h). Profile głębokościowe formacji wykonane na podstawie pojedynczych prób z otworów złożowych z tego rejonu obrazują jak znaczna część formacji charakteryzuje się ilością pyłów przekraczającą wartość kryterialną (rys. 12).

Kopaliny i składniki towarzyszące

Kopalina towarzyszącą w złożach niecki tomaszowskiej są żwirki kwarcowe, które po płukaniu spełniają wymagania

Tab. 7. Zasoby piasków szklarskich stan 31.12.2016

Tab. 7. Glass sands resources (data for 31.12.2016)

Złoża	Zasoby bilansowe [mln ton]	Zasoby przemysłowe [mln ton]	Wydobycie [mln ton]	Złoża
Eksploatowane	146,796	54,940	1,461	Biała Góra I Wschód Biała Góra II Wschód Piaskownica Zajęczków E Unewel Zachód Las Unewel Zachód Nowy
Nieeksploatowane	348,789			Biała Góra III Wesoła Góry Trzebiatowskie Radonia Unewel Wschód Wygnanów II Zajęczków
Łącznie	495,585	54,940	1,461	

filtracyjnych. Występują one w dolnej części ogniwa z Potoka. Piaski, które nie spełnią wymagań stawianych piaskom kwarcowym szklarskim, w zależności od stwierdzanych ich właściwości wykorzystywane są jako formierskie i wysokiej jakości piaski budowlane (do tynków, zapraw itp.).

Składnikiem podstawowym frakcji drobnoziarnistych, ilastych jest kaolinit. Gromadzi się on w produktach płukania piasków, które są wykorzystywane jako surowiec kaolinowy. Kaolinit stanowi zatem typowy, występujący w kopalnie, wykorzystywany składnik towarzyszący (nie kopalinę towarzyszącą).

Gospodarka złożami

Zasoby geologiczne udokumentowanych złóż piasków kwarcowych szklarskich i formierskich w niecce tomaszowskiej wynoszą około 600 mln ton. Dodatkowo wykazywane są zasoby prognostyczne w ilości 210,75 mln ton i perspektywiczne 60,5 mln ton w otoczeniu udokumentowanych złóż (Galos 2011), a także w we wnętrzu niecki tomaszowskiej ogromne zasoby hipotetyczne w ilości 10566 mln ton obecnie niedostępne dla zagospodarowania.

Piaski i piaskowce formacji z Białej Góry w górnej części są suche do głębokości kilkunastu metrów w rejonie Białej Góry, a do kilkudziesięciu metrów (60-70 m) w rejonie Wygnanowa, Radoni. W rejonie Białej Góry, poniżej rzędnej +160 m n. p. m. są zawodnione, a w rejonie Wygnanowa poniżej rzędnej +180 m n. p. m. Stopień zawodnienia złóż jest różny, od suchych jak w przypadku Radoni i Wygnanowa do w większości zawodnionych, nawet do 80% w rejonie Białej Góry. Duży udział zawodnionej części w ogólnych zasobach złoża znacznie ogranicza wielkość zasobów wydobywalnych.

Około 53% udokumentowanych zasobów znajduje się powyżej zwierciadła wód podziemnych (zasoby suche). Zasoby te są obecnie eksploatowane. Zasoby z części zawodnionej wydobywane są jedynie w złożach z rejonu Białej Góry do głębokości średnio 5 m poniżej zwierciadła wody. Zasoby wydobywalne piasków kwarcowych „suche” ocenia się na około 180 mln ton.

Aktualnie eksploatowanych lub przygotowywanych do eksploatacji jest 6 złóż: Biała Góra IE, Biała Góra IIE, Unewel Zachód Nowy, Unewel Zachód Las, Grudzeń Las, i Piaskownica Zajęczków Wschód. Wydobywane piaski kwarcowe przetwarzane są w dwóch zakładach produkcyjnych: Tomaszowskich Kopalniach Surowców Mineralnych w Białej Górze i firmie

Grudzeń Las w Grudzeniu. W zakładach tych piaski kwarcowe poddawane są głębokiej przeróbce polegającej na: rozdrabnianiu i przesiewaniu na: hydrocyklonach przesiewaczach wibracyjnych, przesiewaniu na różnego rodzaju hydroklasyfikatorach, separatorach spiralnych i separacji magnetycznej.

Tab. 8. Udział zasobów przemysłowych w udokumentowanych bilansowych (na podstawie Bilansu zasobów 2017)

Tab. 8. The share of quartz sands industrial reserves in the total their demonstrated resources

Złoże	Udział zasobów przemysłowych w bilansowych [%]
Biała Góra I Wschód	26
Biała Góra II Wschód	22
Piaskownica Zajęczków E	88
Unewel Zachód Las	65
Unewel Zachód Nowy	7

Tab. 9. Tradycyjny podział surowcowy formacji z Białej Góry

Tab. 9. Traditional subdivision of Biała Góra formation

Podział surowcowy (poziomy)		Ogniwa	Uziarnienie i skład chemiczny
V		piaskowców z Nagórzyc	różnoziarniste, umiarkowanie i żle wysortowane, dominują ziarna 0,25-0,5 mm, żelaziste
Seria Złożowa	IV	piasków szklarskich klasy 4-5	dobrze wysortowane, dominują ziarna 0,1-0,2 mm, 80-95 % frakcji podstawowej, 96-99 % SiO_2 , do 1% Al_2O_3 , poniżej 0,1% Fe_2O_3
	III	piasków formierskich	uziarnienie zmienne 0,01-1,2 mm, żle wysortowane, 45-70% frakcji podstawowej, 70-98 % SiO_2 , do 10% Al_2O_3 , do 1% Fe_2O_3 , do 4,5% CaO , do 2% MgO
	II	piasków szklarskich klasy 3-5 z przewarstwieniami żwirków kwarcowych (filtracyjnych)	umiarkowanie wysortowane, dominują ziarna 0,1-0,4 mm, 70-90 % frakcji podstawowej, 97-98 % SiO_2 , poniżej 1% Al_2O_3 , poniżej 0,1% Fe_2O_3 , poniżej 0,1% CaO
I		mułków i piasków z Zarzęcina	żle wysortowane, ziarna 0,03-0,3 mm, 80-95 %, zmienny skład chemiczny, do 5% Al_2O_3 , 0,4-2,5% Fe_2O_3 , 0,1-0,3 TiO_2

Tab. 10. Zasoby piasków kwarcowych dolnokredowych dokumentowanych jako formierskie (stan na 31.12.2016)

Tab. 10. Foundry sand resources (data for 31.12.2016)

Złoża		Zasoby bilansowe [mln ton]	Zasoby przemysłowe [mln ton]	Wydobycie [mln ton]	Złoża
Dokumentowane piasków formierskich	eksploatowane	16,842	16,842	0,812	Grudzeń Las
	nieeksploatowane	1,361			Parczówek Sobawiny
W złożach piasków szklarskich	nieeksploatowane	100,643			Unewel Wschód Radonia Wygnanów Zajęczków
Łącznie		118,846	16,842	0,812	

Proces wzbogacania i przeróbki piasków kwarcowych prowadzi do uzyskania surowców takich jak: piasków szklarskich klas 2-5 frakcji podstawowej, piasków formierskich klasy 1K różnych frakcji ziarnowych, żwirków i piasków filtracyjnych różnych frakcji, piasków do chemii budowlanej oraz piasków o specjalnych zastosowaniach w zależności od potrzeb odbiorców. W trakcie uszlachetniania piasków uzyskiwany jest także kaolin o zawartości około 70% kaolinitu.

W złożach zagospodarowanych znajduje się około 27% całości udokumentowanych zasobów (tab. 7). Jako zasoby przemysłowe kwalifikowana jest często tylko znikoma część tych złóż (tab. 8), znajdująca się w granicach obszarów objętych koncesjami na wydobywanie kopaliny. Wynika to z niedoskonałości systemu udzielania koncesji i utrudnia racjonalną gospodarkę złożami (Nieć 2018). Zasoby przemysłowe są wykazywane jako przewidziane do wydobycia w ramach udzielonej koncesji. Niski ich udział w udokumentowanych zasobach bilansowych wynika z niedostosowania granic obszaru objętego koncesją do granic obszaru objętego doku-

mentacją¹ oraz występowania zasobów w części zawodnionej na głębokości poniżej możliwej eksploatacji.

W złożach dawniej tradycyjnie wykazywano także piaski formierskie, odrębnie dokumentowane i w związku z tym wyróżniano w profilu formacji z Białej Góry 5 poziomów (tab. 9). Obecnie wyróżniane są one jeszcze w złożach niezagospodarowanych. W całości jako formierskie wykazywane są i eksploatowane w złożu Grudzeń Las (tab. 10). Wyróżnianie szklarskich i formierskich odmian kopaliny na etapie dokumentowania i wykazywanie ich lokalizacji obecnie mija się z celem, gdyż w wyniku systematycznego opróbowania złoża i urobku w czasie eksploatacji, selektywnego wydobywania wyróżnianych odmian kopaliny oraz odpowiednich operacji przerobczych możliwe jest uzyskiwanie szerokiego asortymentu surowców o oczekiwanych właściwościach.

Ogromna baza udokumentowanych złóż piasków kwarcowych, związana z formacją piasków z Białej Góry kurczy się nie tylko z powodu prowadzonego od prawie 100 lat wydobywania. Obecnie obowiązujące kryteria, definiujące naturalne nagromadzenie piasków kwarcowych, przyczyniają się do wyeliminowania z bilansu znacznej części udokumentowanych zasobów złóż piasków kwarcowych w synklinie tomaszowskiej.

Przed 2002 r. dokumentowane były złoża przy zastosowaniu kryteriów bilansowości, które uwzględniały zróżnicowanie właściwości piasków kwarcowych, przede wszystkim klasę piasku szklarskiego (wg zawartości Fe_2O_3 i TiO_2) i zawartość podstawowej frakcji ziarnowej. W zależności od średniej klasy dla złoża ustalany był zróżnicowany, dopuszczalny stosunek nadkładu do miąższości złoża w otworze i dopuszczalna ilość podziarna do 12%. Przy tych kryteriach około 90% serii piaszczystej formacji kwalifikowało się do piasków kwarcowych, wyróżnianych jako szklarskie i formierskie.

Obecnie złoża piasków kwarcowych w niecce tomaszow-

skiej są udokumentowane na podstawie kryteriów bilansowości niedostosowanych do współczesnych możliwości wykorzystania złóż (Galos red. 2009). Powoduje to, że znaczna część zasobów była eliminowana jako niekwalifikujące się do zagospodarowania.

Głównym parametrem dyskwalifikującym znaczną część zasobów piasków kwarcowych w synklinie tomaszowskiej jest obecnie zawartość pyłów mineralnych (ponad 5%). To kryterium jakościowe, w większości spełniają piaski ogniwa ze Smardzewic i niższej części z Potoka, pozostała część około 15-20% tych piasków charakteryzuje się ilością powyżej 5% pyłów. Piaski wyższej części ogniwa z Potoka w większości się nie kwalifikują do złoża na podstawie tego kryterium.

W ostatnio dokumentowanych złożach piaski kwarcowe o zawartości pyłów >5% były przydzielone do granic zasobów geologicznych. W wyniku tego około 25% zasobów geologicznych piasków kwarcowych w tych złożach zostało utracone.

Zawartość pyłów w piaskach tj. frakcji <0.06 mm nie powinna być traktowana jako parametr dyskwalifikujący piaski kwarcowe, tym bardziej, że wszystkie frakcje ziarnowe są wykorzystywane. Frakcja ta składa się częściowo z pyłów kwarcowych, częściowo zawiera frakcję ilastą kaolinitową, z której pozyskiwany jest surowiec kaolinowy. Obowiązujące kryteria, ustalające brzeżne warunki uziarnienia piasków są niekompatybilne z granulacją czystych piasków kwarcowych synkliny tomaszowskiej i możliwościami ich wykorzystania.

Piaski kwarcowe ogniwa złożowych formacji z Białej Góry, charakteryzujące się w przeważającej masie zawartością krzemionki >98%, zawartością Fe_2O_3 <0,08% i TiO_2 <0,10%, powinny być dokumentowane wg specjalnych kryteriów, definiujących warunki brzeżne dla czystych piasków kwarcowych o wielokierunkowym zastosowaniu. Tym bardziej, że produkcja surowców w obu, działających zakładach na bazie tych piasków jest wielokierunkowa.

Tab. 11. Propozycja granicznych wartości parametrów definiujących złoża piasków kwarcowych szklarskich (Galos, Nieć 2009)
Tab. 11. Proposed cut off criteria for delineation of quartz glass sand deposits

L.p.	Parametry	Jednostka	Wartości graniczne parametru
1	Minimalna miąższość złoża	m	2,0
2	Maksymalny stosunek grubości nadkładu do miąższości złoża	-	0.5
3	Maksymalna zawartość pyłów mineralnych (<0.1 mm)	%	12
4	Zawartość składników chemicznych w kopalinie po płukaniu	minimalna SiO_2	98
		maksymalna Fe_2O_3	0,08
		maksymalna TiO_2	0,20
5	Głębokość dokumentowania	-	do głębokości możliwej i dopuszczalnej eksploatacji

¹ Przed udzieleniem koncesji złoża powinno być podzielone na część objętą koncesją i położoną poza obszarem koncesyjnym, które powinny być przedstawiane w odrębnych dokumentacjach (Nieć 2018)

Drugim parametrem ograniczającym w dużym stopniu bilansowość złóż piasków kwarcowych jest również stosunek grubości nadkładu do miąższości złoża ($N/Z < 0,5$). Stosunek N/Z przekraczający wartość dopuszczalną kryteriami w znacznej mierze jest pochodną zawartości pyłów w złożu. W mniejszym stopniu wynika z większej grubości osadów młodszych (kredy górnej czy czwartorzędu)

Dwie działające w synklinie tomaszowskiej kopalnie piasków kwarcowych dopuszczają możliwość zmiany warunków brzeżnych parametrów w kierunku ich złagodzenia, zarówno odnośnie zwiększenia dopuszczalnej zawartości podziarna frakcji $< 0,1$ mm jak i zwiększenia brzeżnego stosunku N/Z .

Pozostałe parametry - zawartość SiO_2 min. 90% i miąższość złoża 2 m w złożach piasków kwarcowych związanych z formacją z Białej Góry nie mają żadnego wpływu na ustalenie granic złoża. Zawartość SiO_2 w czystych piaskach kwarcowych formacji występuje na ogół w ilości 98-99%, rzadko poniżej 97%. Miąższość złóż znacznie przekracza brzeżną kryterialną, miąższość złoża jest ograniczona głębokością możliwej eksploatacji. Złoża ze względu na możliwość eksploatacji dokumentowane są do głębokości 3040 m od powierzchni terenu, nie głębiej niż 20 m poniżej poziomu wód kredowych. Aktualnie eksploatacja do tej głębokości nie jest jeszcze osiągalna.

Stosowane kryteria definiujące złoża piasków kwarcowych, wykorzystywanych jako szklarskie, ale znajdujących inne za-

stosowania (po odpowiedniej przeróbce) nie są dostosowane do tego rodzaju kopaliny. Znaczna ilość zasobów czystych piasków kwarcowych jest z tego powodu eliminowana w trakcie wykonywania nowych dokumentacji i aktualizacji zasobów w starych.

W 2009 r. zaproponowana została modyfikacja kryteriów bilansowości złóż i dostosowania ich do możliwości wykorzystania złóż ale z punktu widzenia przemysłu szklarskiego (tab. 11). Piaski kwarcowe o zawartości ponad 90% ziaren kwarcu mogą być wykazywane jako kopalina towarzysząca bez szczegółowego wskazania kierunku wykorzystania.

Wnioski

W niecce tomaszowskiej istnieje bardzo duża lecz ograniczona baza zasobowa piasków kwarcowych o wysokiej jakości, kwalifikujących je do wykorzystania jako szklarskie oraz do innych zastosowań. Dla racjonalnego wykorzystania ich złóż konieczne jest takie ich dokumentowanie, by możliwe było projektowanie pełnego wielosuwrowcowego ich wykorzystania. W związku z tym konieczna jest modyfikacja zasad wyznaczania granic złóż w zakresie:

- kryteriów definiujących granice złoża,
- dokumentowania złóż przewidzianych do zagospodarowania tylko w granicach przewidywanej koncesji.

Literatura

- [1] Galos K., *Piaski szklarskie*. 2011 W: Bilans perspektywicznych zasobów kopalni Polski wg. stanu na 31,12.2009. PIG-PIB, Warszawa, s.196 -199
- [2] Galos K. (red.), *Waloryzacja bazy zasobowej piasków szklarskich i ocena perspektyw złożowych w świetle współczesnych wymagań przemysłu szklarskiego*. 2009. Studia, Rozprawy, Monografie IGSMiE PAN, 157
- [3] Galos K., Nieć M., *Stosowane zasady rozpoznawania złóż piasków szklarskich*. W: *Waloryzacja bazy zasobowej piasków szklarskich i ocena perspektyw złożowych w świetle współczesnych wymagań przemysłu szklarskiego*. 2009. Studia, Rozprawy, Monografie IGSMiE PAN, 157, s. 51- 63
- [4] Kobyłecki M., *O stratygrafii i tektonice utworów kredowych niecki tomaszowskiej*. 1936. Sprawozdania Towarzystwa Naukowego Warszawskiego 29
- [5] Kobyłecki M., *Kredowa niecka tomaszowska*. 1948. Biuletyn PIG 41, s. 52 - 63
- [6] Kokoszyńska K., *Dolna kreda okolic Tomaszowa Mazowieckiego*. 1956. Biuletyn 113 IG, Z badań geologicznych Regionu Świętokrzyskiego t. I, s. 5 - 64
- [7] Lewiński J., *Das neokom in Polen und seine paleogeographische Bedeutung*. 1932. Geologische Rundschau Bd. 23 H5
- [8] Michalski A., *Badania geologiczne dokonane w 1883 r. w północno zachodniej części Guberni Radomskiej i Kieleckiej*. 1884. Pamiętnik Fizjograficzny t. IV, Warszawa
- [9] Nieć M., *Koncesjonowanie poszukiwań, rozpoznawania i eksploatacji, rozpoznawania i eksploatacji złóż kopalni a wymagania racjonalnej gospodarki*. 2018. Przegląd Geologiczny t. 66, t. 66, nr 3, s. 170 - 175
- [10] Nieć M., Poręba E., *Złoża piasków przemysłowych*. 2003. Surowce mineralne Polski, Wyd. Instytut GSMiE PAN Kraków
- [11] Poręba E., *Ustalenie optymalnych siatek wierceń dla złóż piasków szklarskich*. 1976. W: Optymalizacja siatek wiertniczych przy dokumentowaniu złóż surowców stałych. IG Warszawa, s. 162 - 164
- [12] Poręba E., *Litostratygrafia kredy dolnej w synklinie tomaszowskiej*. 1987. W: Synklina tomaszowska i jej znaczenie surowcowe. PG Kraków, TKSM Biała Góra, s. 14 - 26
- [13] Poręba E., *Budowa geologiczna synkliny tomaszowskiej i jej baza surowcowa*. 1987. W: Synklina tomaszowska i jej znaczenie surowcowe. PG Kraków, TKSM Biała Góra, s. 27 - 46
- [14] Pusch i. B., *O składzie polskiej jury albo szeregu oolitowego*. 1883. Pamiętnik Fizjograficzny t. III Warszawa
- [15] Szejn J., *Stratygrafia mikropaleontologiczna kredy dolnej Kujaw*. 1967. Biuletyn IG 200, Z badań stratygraficzno paleontologicznych w Polsce t. II, s. 237 - 259
- [16] Witkowski A., *Budowa geologiczna niecki tomaszowskiej*. 1969. Prace Inst. Geol. 53. t. LIII., Warszawa