

STREFA TEKTONICZNA KRAKÓW–LUBLINIEC NA ODCINKU KRAKOWSKIM W ŚWIELE DANYCH UZYSKANYCH Z NOWYCH OTWORÓW BADAWCZYCH TROJANOWICE 2 I CIANOWICE 2

THE KRAKÓW SECTOR OF THE KRAKÓW–LUBLINIEC TECTONIC ZONE IN THE LIGHT OF DATA OBTAINED FROM NEW BOREHOLES OF TROJANOWICE 2 AND CIANOWICE 2

RYSZARD HABRYN¹, ZBIGNIEW BUŁA¹, JERZY NAWROCKI²

Abstrakt. W artykule przedstawiono wyniki badań dwóch pełnordzeniowanych otworów badawczych – Trojanowice 2 i Cianowice 2 o docelowych głębokościach 600 m, wykonanych w 2007 roku na północ od Krakowa w miejscowościach Zielonki i Grębyńce. Głównym celem tych wierceń było sprawdzenie koncepcji dotyczących rodzaju kontaktu bloku górnośląskiego i małopolskiego na północnych peryferiach Krakowa oraz wykartowanie na tym obszarze przebiegu strefy uskoku Kraków–Lubliniec, stanowiącej granicę między wymienionymi regionalnymi jednostkami tektonicznymi. Otworem Trojanowice 2 osiągnięto pod dewonem dolnym fragment profilu osadów dolnokambryjskich (formacja z Borzęty (fm)), których zasięg występowania ogranicza się wyłącznie do południowo-wschodniej części bloku górnośląskiego; natomiast w otworze Cianowice 2 nawiercono pod utworami jury silikoklastyki ediakaru o charakterze fliszowym oraz podobnych cechach litologicznych i tektonicznych do równowiekowych skał rozpoznanych w zachodniej i południowej części bloku małopolskiego. W związku z powyższym przyjęto, że strefa uskoku Kraków–Lubliniec oddzielająca blok górnośląski od małopolskiego jest usytuowana między wymienionymi otworami. Na podstawie danych z wiercenia Trojanowice 2 i innych, wykonanych w jego sąsiedztwie, wykazano, że Rów Krzeszowicki uwidaczniający się w strukturze utworów kenozoicznych (mioceńskich) i mezozoicznych w rejonie Krakowa ma waryscyjskie założenia tektoniczne, a ograniczające go uskoki zostały reaktywowane w trakcie ruchów alpejskich. Rozpoznanie otworu Cianowice 2 i udokumentowanie stratygraficznie skał ediakarskich pozwoliły przyporządkować ten sam wiek podobnym litologicznie utworom nawierconym w sąsiednich otworach: Jerzmanowice, Bębło i DB-4, zaliczanym dotychczas do sylurskiej formacji z Mrzyglodu (fm). W pracy omówiono także wyniki innych badań, które przeprowadzono w trakcie dokumentowania tych wierceń.

Słowa kluczowe: blok górnośląski, blok małopolski, strefa tektoniczna Kraków–Lubliniec.

Abstract. The paper presents the results of two fully cored exploratory boreholes of Trojanowice 2 and Cianowice 2 that targeted a depth of 600 m. They were drilled north of Kraków in 2007, in the villages of Grębyńce and Zielonki. The main objective of the boreholes was to test the concepts on the nature of the contact zone between the Upper Silesian Block and the Małopolska Block in the northern outskirts of Kraków, and to map the trend of the Kraków–Lubliniec fault zone in this area. The zone is a boundary between the above-mentioned regional tectonic units. The Trojanowice 2 borehole reached the Lower Devonian deposits and the underlying Lower Cambrian rocks (Borzęta Formation (Fm.)) whose range is limited to the south-eastern part of the Upper Silesian Block. The Cianowice 2 borehole drilled (under the Jurassic) Ediacaran flysch-like siliciclastics, lithologically and tectonically similar to the coeval rocks identified in the western and southern part of the Małopolska Block. Therefore, it has been assumed that the Kraków–Lubliniec fault zone, separating the Upper Silesian Block from the Małopolska Block, is located between these boreholes. Based on data from the Trojanowice 2 borehole and other wells drilled in this area, it has been proved that the Krzeszowice Graben, accentuated in the structure of the Cenozoic (Miocene) and Mesozoic succession in the Kraków region, is of Variscan age and the bounding faults were reactivated during the Alpine movements. The Cianowice 2 borehole has enabled the examination and stratigraphic documentation of the Ediacaran rocks and allowed assigning the same age to the lithologically similar deposits in the adjacent Jerzmanowice, Bębło and DB-4 boreholes. Previously, these deposits were included in the Silurian Mrzyglód Formation (Fm.). The paper also discusses the results of other studies that have been carried out during documenting of the boreholes.

Key words: Upper Silesian and Małopolska blocks, Kraków–Lubliniec fault zone.

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Górnośląski, ul. Królowej Jadwigi 1, 41-200 Sosnowiec; e-mail: ryszard.habryn@pgi.gov.pl, zbigniew.buła@pgi.gov.pl

² Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; e-mail: jerzy.nawrocki@pgi.gov.pl

WSTĘP

Obszar południowej Polski, obejmujący tereny Górnego Śląska i zachodniej Małopolski, charakteryzuje się bardzo skomplikowaną budową geologiczną. W jego zasięgu są usytuowane trzy jednostki tektoniczne: monoklina śląsko-krakowska, zapadlisko przedkarpackie i Karpaty zewnętrzne, ukształtowane w okresie od triasu po miocen, w wyniku alpejskich procesów sedymentacyjno-diastryficznych. W podłożu tych jednostek i na ich przedpolu, licznymi wierceniami (ponad 7 tys. otworów wiertniczych) i częściowo robotami górniczymi rozpoznano skały paleozoiczne (od kambru po perm) i prekambryjskie. Wiercenia, w których je osiągnięto, wykonano na przestrzeni ostatnich 100 lat, przy czym większość z nich (ponad 90% z ogólnej liczby wierceń) zrealizowano w drugiej połowie XX wieku (lata 1960–1992).

Do horyzontów stratygraficznych najdokładniej rozpoznanych i zbadanych na omawianym obszarze należą górnokarbońskie osady węglonośne tworzące Górnośląskie Zagłębie Węglowe (GZW). Na podstawie danych z ponad 5,5 tys. wierceń i robót górniczych prowadzonych na przestrzeni ostatnich 200 lat z dużą szczegółowością określono litologię, stratygrafię, cechy strukturalne i złożowe górnokarbońskich utworów węglonośnych GZW. Wyniki badań tych utworów przedstawiono w kilkuset pracach opublikowanych w ostatnich 60 latach. Wśród ważniejszych, obrazujących aktualny stan rozpoznania ich budowy geologicznej i cech złożowych, należy wymienić atlasy map geologiczno-strukturalnych i złożowych GZW opublikowanych pod redakcją Kotasa (1983), Buły i Kotasa (1994) oraz Jureczki i in. (2005). Niestety podłoże górnokarbońskich utworów węglonośnych GZW, reprezentowane przez klastyczne i węglanowe skały: dolnokarbońskie, dewońskie i kambryjskie (głównie dolnokambryjskie) oraz utwory prekambru, rozpoznano tylko w kilku otworach usytuowanych głównie w południowej części GZW. Jednostkę tektoniczną zbudowaną ze skał prekambryjskich, rozpoznanych w podłożu GZW i na południe od jego granicy (między Cieszyнем, Bielskiem a Andrychowem), określano początkowo jako: kra cieszyńska (Bukowy, 1964), masyw lub blok górnośląski (Bukowy, 1972, 1984; Kotas, 1972, 1982). Po włączeniu do tej jednostki tektonicznej skał prekambryjskich rozpoznanych na terenie Czech (między Brnem a Cieszyнем) została ona określona jako Brunovistulicum (Dudek, 1980) lub masyw Brunii–Górnego Śląska (Kotas, 1985). Jednakże w wymienionych pracach nie sprecyzowano w sposób jednoznaczny przebiegu i charakteru jej granic. Szerszą charakterystykę tej jednostki tektonicznej przyjętą za Dudkiem (1980) przedstawili Buła i Żaba (2005). Dyskutując pozycję tektoniczną GZW na tle budowy prekambryjskiego i dolnopaleozoicznego podłoża, cytowani wyżej autorzy określili zasadnicze cechy budowy fundamentu prekambryjskiego Brunovistulicum i wyróżniając w jego obrębie jednostki tektoniczne niższego rzędu – blok górnośląski i blok Brna, wyznaczyli i zdefiniowali ich granice.

W drugiej połowie XX wieku prowadzono również intensywne prace wiertnicze w celu rozpoznania triasowych złóż cynku i ołowiu na obszarze monokliny śląsko-krakowskiej (obszar krakowsko-częstochowski) oraz poszukiwania i rozpoznania mineralizacji polimetalicznej Mo-W-Cu występującej w skałach paleozoicznych tworzących podłoże mezozoiczne na tym obszarze. W ramach tych prac wykonano około 4 tys. wierceń (Habryn, Markowiak, 1997), przy czym w około 2,5 tys. z nich osiągnięto pod mezozoikiem różnej długości odcinki profili skał paleozoicznych i prekambryjskich, od kilku do ponad 1500 metrów. Obszar występujących tu skał paleozoicznych i prekambryjskich określano terminami „północno-wschodnie obrzeżenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego” (NE obrzeżenie GZW) lub „region krakowsko-lubliniecki” (m.in. Bukowy, 1964, 1972, 1984; Ekiert, 1971). Należy zwrócić uwagę na fakt, że w większości otworów nawiercających skały paleozoiczne i/lub prekambryjskie ich pozycja stratygraficzna przez długi czas była niejasna, a w wielu przypadkach pozostaje nadal nieustalona i dyskusyjna. Bezpośrednią przyczyną tego stanu rzeczy jest brak w skałach skamieniałości przewodnich umożliwiających ich datowanie. W związku z tym skałom podmezozoicznym rozpoznany tu w poszczególnych otworach często przypisywano różną pozycję stratygraficzną, kierując się wyłącznie kryteriami litologicznymi i/lub tektonicznymi (zob. Buła, 1994, 2000). Następstwem rozbieżności w ocenie wieku skał paleozoicznych, a zwłaszcza dolnopaleozoicznych i prekambryjskich występujących w podłożu mezozoicznym na obszarze krakowsko-lublinieckim były różne, kontrowersyjne interpretacje ich budowy geologicznej i pozycji tektonicznej. Były one włączane m.in. do: krakowskiej gałęzi waryscydów (Bukowy, 1964, 1984), górotworu kaledońskiego krakowidów (Znosko, 1963; Ekiert, 1971; Harańczyk, 1982a, b), intertidów kaledońskich (Znosko, 1983). Dopiero podjęte w latach 90. XX wieku badania litologiczno-sedymentologiczne i stratygraficzne zachowanych próbek skał i rdzeni pochodzących z wierceń wykonanych w regionie krakowsko-lublinieckim oraz w sąsiednich rejonach Górnego Śląska i zachodniej Małopolski (m.in. Nehring-Lefeld i in., 1992; Buła, 1994; Jachowicz, 1994; Siewniak-Madej, 1994; Buła, Jachowicz, 1996; Nehring-Lefeld, Szymański, 1998; Szymański, Teller, 1998), doprowadziły do uporządkowania litostratygrafii i skorelowania profili osadów dolnopaleozoicznych (Buła, 2000). Równolegle z wymienionymi badaniami realizowano: badania tektoniczne (Żaba, 1994, 1995, 1996a, b, c, 1999), prace komputerowe w zakresie baz danych z wierceń wykonanych na obszarze krakowsko-lublinieckim (Habryn, Markowiak, 1997) oraz prace kartograficzne (Buła i in., 1996, 2002) skorelowane z mapami grawimetrycznymi (Królikowski, Petecki, 1995) i magnetycznymi (Cieśla i in., 1993). W konsekwencji wszystkie te prace stworzyły podstawę do opracowania nowego, znacznie różniącego się od

poprzednio prezentowanych, modelu budowy geologicznej paleozoiku i prekambriu w regionie krakowsko-lublinieckim (Buła i in. 2002). Na podstawie zebranego w trakcie realizacji tych prac bogatego materiału faktograficznego udokumentowano na tym obszarze obecność dwóch kontaktujących ze sobą jednostek tektonicznych o odmiennej budowie i przeszłości geologicznej, z których każda podczas obejmujących je procesów tektonicznych i sedymentacyjnych zachowywała się odrębnie. Te dwie kontaktujące ze sobą jednostki tektoniczne to blok górnośląski, będący częścią terranu Brunovistulicum i blok małopolski (m.in. Buła, 1994, 2000; Buła i in., 1997, 2002; Żaba, 1999; Buła, Żaba, 2005, 2008). Jednostki te są ograniczone wyraźnymi nieciągłościami tektonicznymi (ponadregionalnymi strefami uskokowymi). Jedną z tych nieciągłości jest wyznaczona w regionie krakowsko-lublinieckim i zdefiniowana przez Bułę (1994, 2000), Bułę i in. (1996, 1997) oraz Żabę (1995, 1996a–c, 1999) strefa tektoniczna (uskokowa) Kraków–Lubliniec. Ma ona przebieg NW–SE, a jej szerokość dochodzi do około 0,5 km. Przecina ona i przemieszcza wszystkie serie skalne prekambriu i paleozoiku (po perm włącznie) bloku górnośląskiego względem bloku małopolskiego. Strefie tej towarzyszy waryscyjski magmatyzm datowany na późny karbon–wczesny perm (Nawrocki i in., 2005, 2008, 2010; Żelaźniewicz i in., 2008).

Przebieg strefy uskokowej Kraków–Lubliniec z dość dużą dokładnością ustalono na odcinku między Lubliniec a Wolbromiem, na podstawie licznych wierceń i danych geofizycznych (magnetycznych, grawimetrycznych) oraz wykonanych przez Królikowskiego i Peteckiego modeli

grawimetrycznych dwuwymiarowych (Buła i in., 2004) i interpretacji głębokich sondowań sejsmicznych wzdłuż profilu CEL02 (Malinowski i in., 2005). Z mniejszą szczegółowością określono usytuowanie tej strefy uskokowej w okolicach Krakowa, zwłaszcza ze względu na niewielką ilość wykonanych tu wierceń, przeważnie płytkich do głębokości 200–400 m i małą wiarygodność pozycji stratygraficznej osiągniętych w nich podmezozoicznych kompleksów skalnych. Niestety, próbki rdzeni wiertniczych z tych otworów nie zostały zachowane, co uniemożliwia ponowne przeprowadzenie badań. Odcinek krakowski strefy uskokowej Kraków–Lubliniec dotychczas nie był rozpoznawany przy użyciu sejsmiki refleksyjnej. Najbliższe profile sejsmiczne wykonano na południowy-wschód od Niepołomic, w sąsiedztwie północnej granicy fliszu karpackiego. W tym też rejonie strefę uskokową Kraków–Lubliniec przecina profil refrakcyjny CEL01.

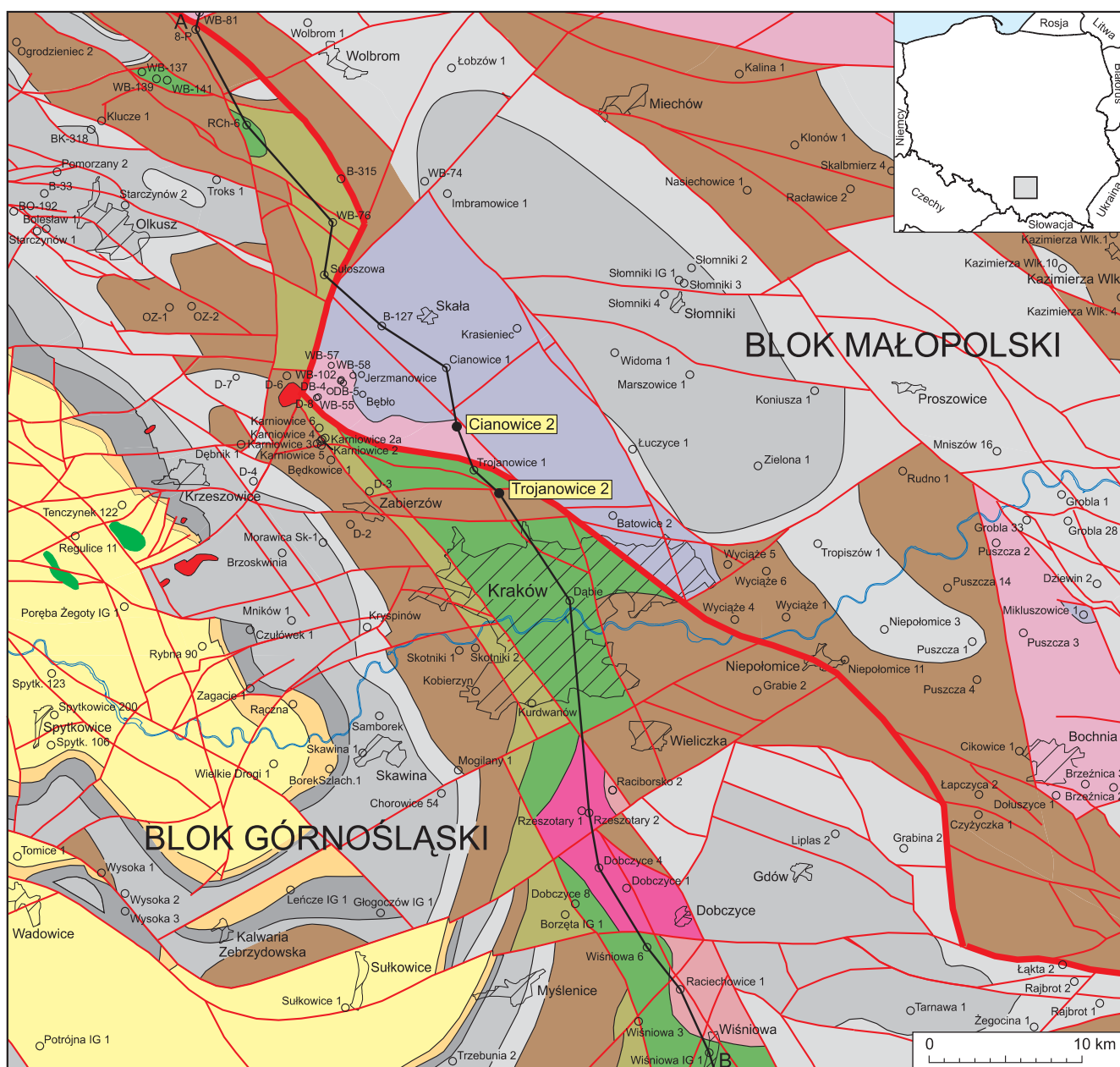
W ramach tematu „Zintegrowany program płytkich wierceń badawczych dla rozwiązania istotnych problemów budowy geologicznej Polski”, opracowano założenia do wierceń w okolicach Krakowa ujęte w „Problemie 10: Geologiczno-strukturalne rozpoznanie strefy rozłamu Kraków–Lubliniec na odcinku krakowskim”. Zaprojektowane i wykonane w 2007 roku na północnych peryferiach Krakowa dwa pełnordzeniowane otwory badawcze Trojanowice 2 i Cianowice 2, o docelowych głębokościach 600 m, umożliwiły rozwiązanie szeregu zagadnień dotyczących budowy geologicznej paleozoiku i prekambriu w okolicach Krakowa, w tym przede wszystkim pozwoliły na uściślenie przebiegu strefy uskokowej Kraków–Lubliniec.

CELE, ZAŁOŻENIA GEOLOGICZNE I LOKALIZACJA OTWORÓW WIERTNICZYCH TROJANOWICE 2 I CIANOWICE 2

Celem prac badawczych obejmujących wykonanie otworów wiertniczych Trojanowice 2 i Cianowice 2 było przede wszystkim:

- sprawdzenie wiarygodności przedstawionego przez Bułę i in. (1997, 2002), Żabę (1999) i Bułę (2000) poglądu dotyczącego kontaktu bloku górnośląskiego i małopolskiego na północnych peryferiach Krakowa oraz wyznaczenie przebiegu strefy uskokowej Kraków–Lubliniec na tym obszarze;
- określenie budowy geologicznej północnego odcinka zrębu Rzeszotar usytuowanego na bloku górnośląskim i utworzonego z archaicznych skał krystalicznych, który to element strukturalny, w myśl poglądów przedstawionych przez Bułę (2000), kontynuuje się od rejonu Rzeszotar (otw. Rzeszotary 2; fig. 1) w kierunku na północ od Krakowa po rejon Trojanowice (otw. Trojanowice 1; fig. 1), gdzie urywa się na strefie uskokowej Kraków–Lubliniec;
- doprecyzowanie wieku, genezy i obszaru(ów) źródłowego(ych):

- 1) sylurskich utworów zlepieńcowo-piaszczystych formacji z Łapczycy (fm) (w ujęciu Buły, 2000), zalegających w południowo-zachodniej części bloku małopolskiego pod utworami dewonu (otw. Łapczyca 2, Wyciąże 1 i 4; fig. 1) lub jury (otw. Batowice 2, Cianowice 1, Krasieniec, Bębło, Jerzmanowice, Wola Kalinowska B-127; fig. 1);
- 2) ediakarskich (wendyjskich) zlepieńców polimiktycznych występujących w południowo-wschodniej części bloku górnośląskiego między utworami kambru kambru a krystalicznymi lub anchimetamorficznymi, różnowiekowymi skałami prekambryjskimi (otw. Potrójna IG 1, Wiśniowa 6; fig. 1), pod utworami kambru (otw. Wiśniowa 3, Wiśniowa IG 1; fig. 1) oraz pod utworami jury (otw. Raciborsko 2, Raciechowice 1; fig. 1) (Ślaczka, 1976; Kowalczewski, 1990; Buła, Jachowicz, 1996; Buła, 2000; Buła, Żaba, 2005; Buła, Hąbryn, 2008);



- A B linia przekroju geologicznego
line of geological cross-section
- uskoki
faults
- strefa uskokowa Kraków–Lubliniec
Kraków-Lubliniec Fault Zone
- Rajbrot 1
otwory nawiercające utwory paleozoiczne i/lub prekambryjskie
wells in which the Paleozoic and/or Precambrian rocks were encountered
- **Cianowice 2**
dokumentowane otwory wiertnicze
documented boreholes

**Fig. 1. Mapa geologiczna regionu krakowskiego – odkryta do karbonu
(według Buły, Habryna, 2008; z uzupełnieniami Buły, Habryna, 2010)**

Geological map of the Kraków region (without formations younger than the Carboniferous)
(after Buła, Habryn, 2008; slightly simplified and modified after Buła, Habryn, 2010)

OBJAŚNIENIA DO FIGURY 1 EXPLANATIONS TO FIGURES 1

BLOK MAŁOPOLSKI
MAŁOPOLSKA BLOCK

BLOK GÓRNOŚLĄSKI
UPPER SILESIA BLOCK

Utwory górnopaleozoiczne Late Paleozoic deposits

- Górnokarbońskie utwory węglonośne GZW
Upper Carboniferous coal-bearing deposits of the Upper Silesian Coal Basin
- krakowska seria piaskowcowa (westfal B–D)
Cracow Sandstone Series (Westphalian B–D)
- seria mułowcowa (westfal A–B)
Mudstone Series (Westphalian A–B)
- seria paraliczna (wyższy namur A)
Paralic Series (Upper Namurian A)

- karbońskie skały klastyczne (kulm)
Carboniferous terrigenous rocks (Culm)
- karbońskie skały węglanowe
Carboniferous carbonate rocks
- dewońskie skały węglanowe
Devonian carbonate rocks
- dolnodewońskie skały klastyczne
Lower Devonian terrigenous rocks

Utwory dolnopaleozoiczne Early Palaeozoic deposits

- sylur
silurian
- kambr (terenew – oddział 2) – formacja z Goczałkowic (fm)
Cambrian (Terreneuvian – Series 2) – Goczałkowice Formation
- kambr (terenew) – formacja z Borzęty (fm)
Cambrian (Terreneuvian) – Borzęta Formation

Utwory prekambryjskie Precambrian rocks

- ediakarskie skały anchimetamorficzne
Ediacaran anchimetamorphic rocks
- ediakarskie zlepienie polimiktyczne
Ediacaran polymictic conglomerates
- archaiczno-wczesnoproterozoiczne skały krystaliczne
Archaean-Early Proterozoic crystalline rocks

Skały magmowe na powierzchni paleozoiku Igneous rocks on the top surface of the Paleozoic

- porfiry, granitoidy
porphyres, granitoides
- diabazy, melafiry
diabases, melaphyres



- ustalenie na podstawie modelowań geofizycznych głębokiej geometrii strefy uskoku Kraków–Lubliniec na odcinku krakowskim;
 - określenie ewentualnego oddziaływania strefy uskoku Kraków–Lubliniec na rozwój osadów mezozoicznych w rejonie Krakowa, w tym określenie jej wpływu na warunki sedymentacji i ewolucji strukturalnej tych utworów.
- Pierwszy z zaprojektowanych otworów wiertniczych – Trojanowice 2 – zlokalizowano w miejscowości Zielonki,

po południowej stronie strefy uskoku Kraków–Lubliniec na obszarze bloku górnośląskiego, na północnym skraju subpołudnikowej struktury zrębowej Rzeszotar (fig. 1). Usytuowano go na linii łączącej wcześniej wykonane tu otwory wiertniczych – Cianowice 2 – zlokalizowano w miejscowości Grębownicy, po północnej stronie strefy uskoku Kraków–Lubliniec w obszarze bloku małopolskiego (fig. 1).

ZAŁOŻONE I UZYSKANE PROFILE OTWORÓW WIERTNICZYCH TROJANOWICE 2 I CIANOWICE 2

Uwzględniając wyniki otworów wiertniczych Trojanowice 1, Dąbie, Rzeszotary 1 i 2, Dobczyce 1 i 4, Wiśniowa IG 1, Wiśniowa 3 i 6 (fig. 1), przedstawione m.in. w pracach: Rutkowskiego (1930); Różyckiego (1953); Bukowego (1960), Znoski (1963), Burtan i in. (1974); Heflika i Koniora (1974) oraz dane palinologiczne dotyczące pozycji stratygraficznej skał podjurajskich z tych otworów (Buła, Jachowicz, 1996), założono następujący profil przypuszczalny otworu Trojanowice 2 (Buła i in., 2005a):

Głębokość [m]	Stratygrafia i opis osadu
0,0–10,0	czwartorzęd gliny z fragmentami krzemieni i wapieni
10,0–30,0	trzeciorzęd (miocen) iłowce i mułowce piaszczyste
30,0–220,0	jura wapień skaliste i płytowe
220,0–500,0	kambr dolny (terenew) – formacja z Borzęty (fm) iłowce i mułowce
500,0–600,0	prekambr w tym: 500,0–550,0 zlepieńce różnoziarniste z wkładkami żwirów piaszczystych i piaskowców 500,0–550,0 zlepieńce różnoziarniste z wkładkami żwirów piaszczystych i piaskowców

Otwór Trojanowice 2 wykonano w okresie 18.02–04.07. 2006 r. do głębokości 602,0 m. Rzeczywisty profil litologiczno-stratygraficzny otworu ilustruje fig. 2 (Habryn i in., 2007a).

Założenia geologiczne dla otworu Cianowice 2 opracowano na podstawie wyników uzyskanych z otworów wiertniczych: Batowice 2, Cianowice 1, Bębło, Jerzmanowice, Wola Kalinowska B-127 (Cebulak, 1958; Roszek, Siedlecki, 1963; Bukowy, 1965; Bukowy, Ślósarz, 1968; Buła, 2000). Założono następujący profil przypuszczalny tego otworu (Buła i in., 2005b):

Głębokość [m]	Stratygrafia i opis osadu
0,0–10,0	czwartorzęd gliny i mułki
10,0–220,0	jura wapień skaliste w spągu z wkładkami margli

220,0–500,0	sylur górny – formacja z Łapczyca (fm) zlepieńce i piaskowce różnoziarniste z przewarstwieniami mułowców
500,0–600,0	sylur-ludlow – formacja z Mrzygłodu (fm) iłowce i mułowce z wkładkami piaskowców

Otwór wiertniczy Cianowice 2 wykonano w okresie 29.07–15.12. 2006 r. do planowanej głębokości 600,0 m. Jego rzeczywisty profil litologiczno-stratygraficzny ilustruje figura 3 (Habryn i in., 2007b).

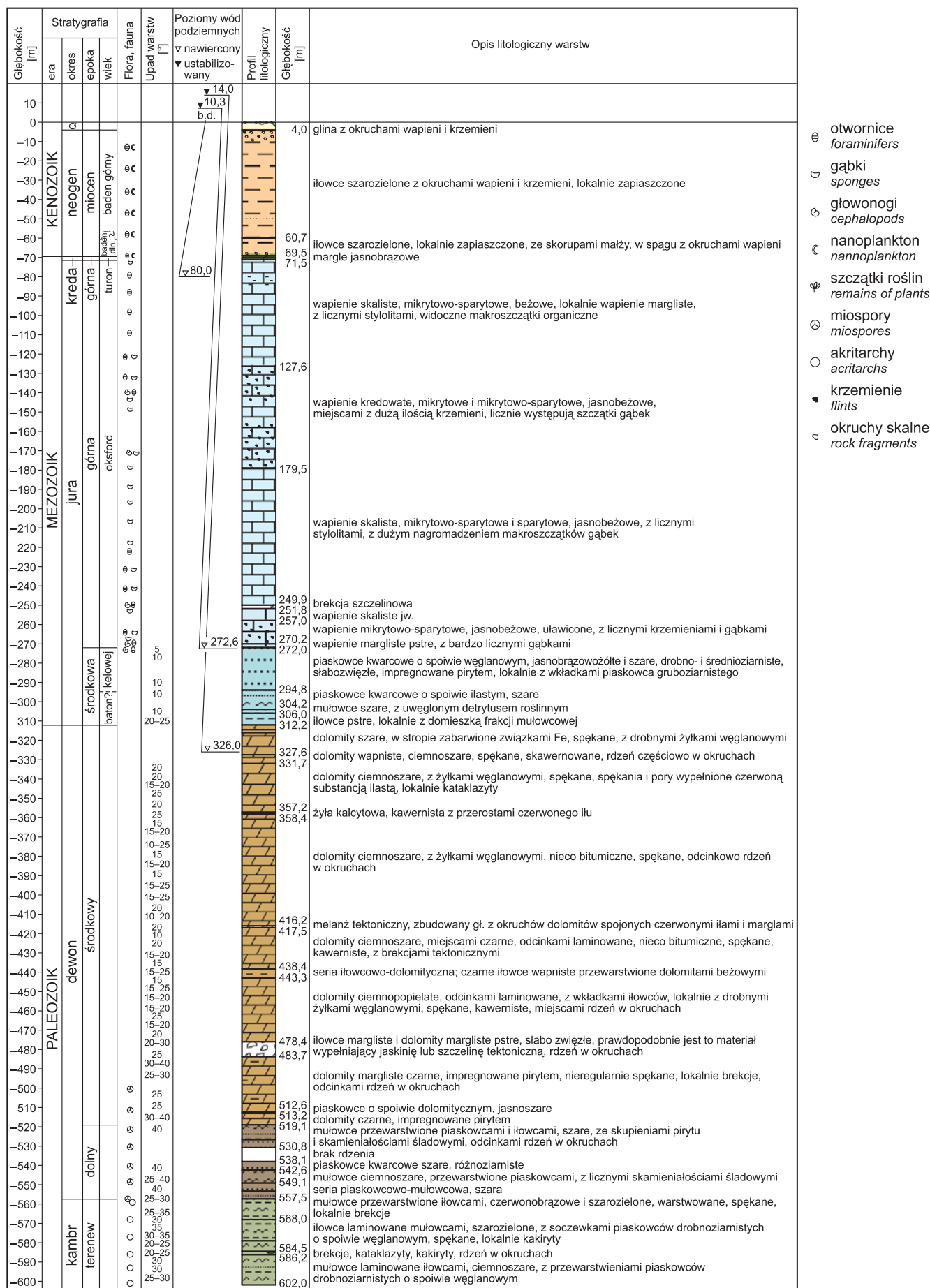
Różnice między profilami założonymi a rzeczywistymi dotyczą przede wszystkim utworów podmezozoicznych, w niejszym zakresie również utworów jury oraz miocenu. W otworze Trojanowice 2 stwierdzono większe od zakładanych miąższości utworów ilastych miocenu (fig. 2). W obu otworach natrafiono też na skały klastyczne jury środkowej i ?dolnej o znacznej miąższości: Trojanowice 2 – 40,2 m; (fig. 2), Cianowice 2 – 28,7 m (fig. 3), leżące bezpośrednio na stropie utworów paleozoicznych lub prekambryjskich, a pod pokrywą skał węglanowych jury górnej. W sąsiednich otworach: Dąbie, Trojanowice 1 i Cianowice 1 miąższości odcinków profili, zaliczanych do jury środkowej, wynoszą odpowiednio: 0,8; 4,6 i 5,0 m.

W trakcie wiercenia otworu Trojanowice 2 do planowanej głębokości 600,0 m nie osiągnięto skał prekambryjskich, a jedynie skały dolnokambryjskie. Nie przewidziano obecności dewońskich skał węglanowych i klastycznych. Natomiast w otworze Cianowice 2 bezpośrednio pod jurą nawiercono skały prekambryjskie (ediakar), a nie jak planowano utwory sylurskie.

Uwidaczniające się różnice między przypuszczalnymi a rzeczywistymi profilami skał podmezozoicznych w omawianych otworach należy wiązać przede wszystkim ze znacznie bardziej skomplikowaną tektoniką dysjunktywną i zachodzącymi z dużo większą intensywnością niż zakładano wcześniej procesami denudacyjnymi, prowadzącymi do ukształtowania budowy geologicznej podmezozoicznego podłoża regionu krakowskiego. Obecny stan rozpoznania wiertniczego paleozoicznego i prekambryjskiego podłoża w tym rejonie jest jednak niewystarczający do rozwiązania części zagadnień sprecyzowanych powyżej w celach jakie przyświecały realizacji wiercen Trojanowice 2 i Cianowice 2.

Fig. 2. Profil litologiczno-stratygraficzny otworu wiertniczego Trojanowice 2

Lithostratigraphic profile of Trojanowice 2 borehole



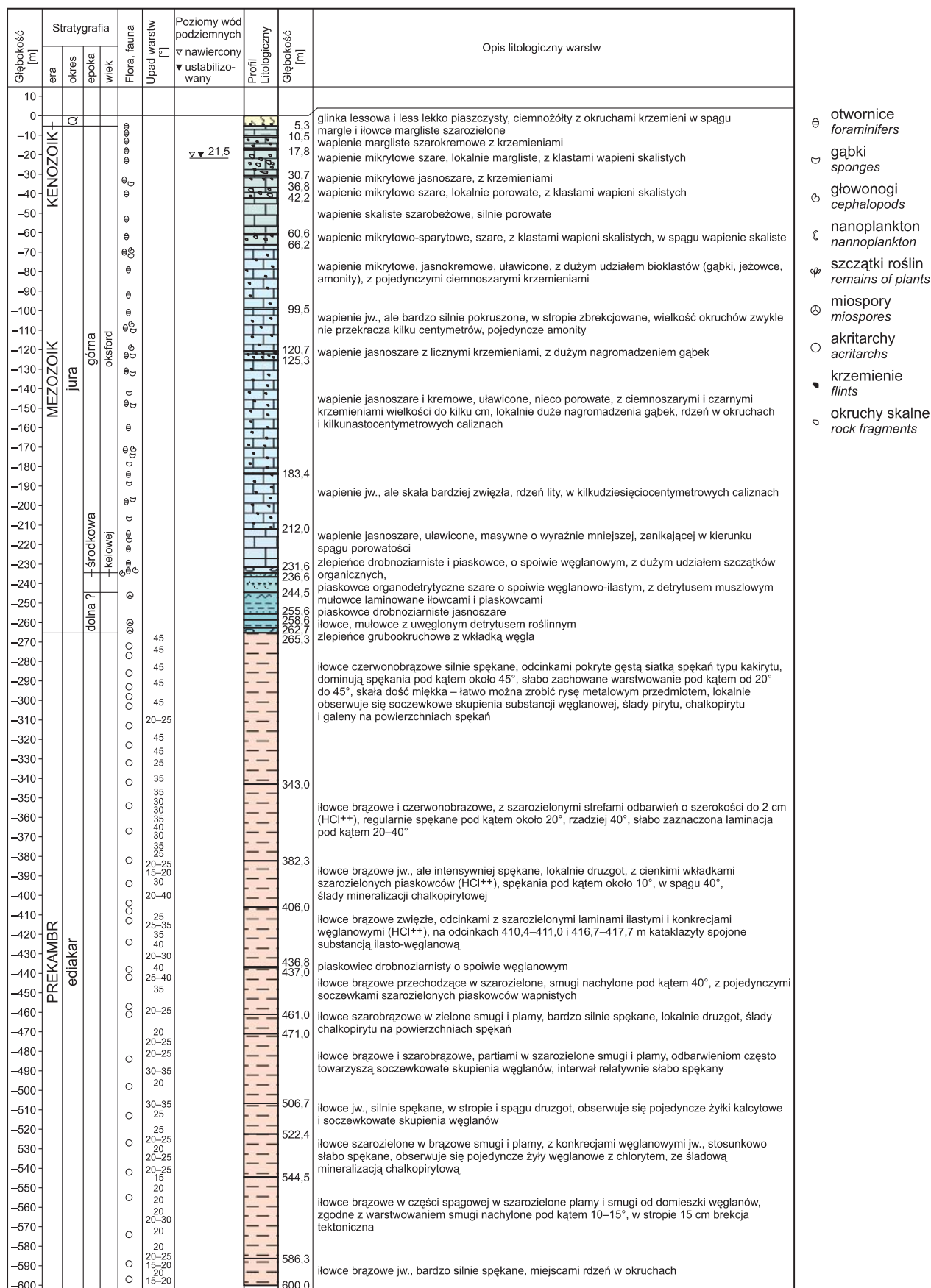


Fig. 3. Profil litologiczno-stratygraficzny otworu wiertniczego Cianowice 2

Lithostratigraphic profile of Cianowice 2 borehole

BUDOWA GEOLOGICZNA OKOLIC KRAKOWA W ŚWIEŹLE WYNIKÓW BADAŃ OTWORÓW WIERTNICZYCH TROJANOWICE 2 I CIANOWICE 2

Wyniki badań otworów wiertniczych Trojanowice 2 i Cianowice 2 potwierdziły pogląd, w myśl którego, na północnych peryferiach Krakowa bloki górnośląski i małopolski kontaktują się ze sobą wzdłuż uskoku Kraków–Lubliniec (Buła i in., 1997; Żaba, 1999; Buła, 2000; Buła, Żaba, 2005). Pozwoliły także zweryfikować model budowy geologicznej paleozoiku i prekambriu obszaru krakowskiego (fig. 1), którego kartograficzny obraz uwzględniający wyniki przedmiotowych wierceń, po raz pierwszy przedstawiono w „Atlasie geologiczno-strukturalnym paleozoicznego podłoża Karpat zewnętrznych i zapadliska przedkarpacciego” (Buła, Habryn, 2008) i szeroko opisano w pracy Buły i Habryna (2010).

Dowodem na to, że otwór Trojanowice 2 (fig. 2, 4) zlokalizowano w krawędziowej części bloku górnośląskiego w obrębie zrębu Rzeszotar (fig. 1), jest obecność w jego profilu udokumentowanych stratygraficznie (Jachowicz-Zdanowska, 2014) ilasto-mułowcowych utworów kambru dolnego formacji z Borzęty (fm), charakterystycznych dla południowo-wschodniej części bloku górnośląskiego (Buła, 2000; Buła, Habryn, 2010). Budowa geologiczna okazała się jednak o wiele bardziej skomplikowana, niż zakładano w projekcie. Otworem tym natrafiono na dotychczas nieznaną w tym rejonie 200-metrowy kompleks dolomitów zaliczonych przez Tomęś do dewonu środkowego (Habryn i in., 2007a) i podścielający go blisko 40-metrowy kompleks klastycznych utworów dewonu dolnego (Filipiak, 2014). Świadczy to o tym, że zręb Rzeszotar z archaiczno-wczesnoproterozoicznym trzonem krystalicznym i dolnokambryjską pokrywą osadową przykrywały osady dewonu dolnego i środkowego, które następnie w części centralnej i południowej tego elementu strukturalnego zostały ścięte erozyjnie. Zachowały się jedynie w części północnej, w strukturze o typie rowu tektonicznego (fig. 4). Udokumentowany stratygraficznie profil osadów kambru dolnego z otworu Trojanowice 2 pozwala przypuszczać, że archaiczno-wczesnoproterozoiczne skały północnej części zrębu Rzeszotar, można osiągnąć w tym rejonie 1000-metrowym otworem wiertniczym.

Wyniki badań otworu Cianowice 2 potwierdziły prawidłową, zgodną z projektem, lokalizację otworu w krawędziowej części bloku małopolskiego. Nawiercono dające się datować metodami palinologicznymi (Jachowicz-Zdanowska, 2014) utwory prekambriu – ediakaru, najstarsze rozpoznane dotychczas skały bloku małopolskiego, tworzące jego fundament. Reprezentują je głównie utwory ilaste z niewielkim udziałem mułowców i piaskowców, czerwono-brązowe i szarzielone, o charakterze fliszowym, słabo metamorficznie przeobrażone (anchimetamorficzne), silnie tektonicznie zdeformowane. Są to skały o podobnym charakterze litotektonicznym do równoległych skał rozpoznanych w zachodniej i południowej części bloku małopolskiego, w kilkuset otworach pod różnoległymi skałami od ordowiku po miocen (Jachowicz i in., 2002; Buła, Habryn, 2008; Żelaźniewicz i in., 2009; Jachowicz-Zdanowska, 2010, 2011).

Otworem tym nie stwierdzono spodziewanego w projekcie kompleksu zlepieńców i piaskowców gruboziarnistych formacji z Łapczyca (fm), zaliczanych do syluru górnego i rozpoznanych w sąsiednich otworach, m.in.: Łapczyca 2, Batowice 2, Cianowice 1. Bezpośrednio pod utworami klastycznymi jury dolnej, otworem Cianowice 2 nawiercono 347 metrowy kompleks skał ediakarskich, a zatem osiągnięto podłoże prekambryjskie bloku małopolskiego bez paleozoicznej pokrywy. Należy przypuszczać, że występujące nieco bardziej na wschód i północ utwory górnosylurskie formacji z Łapczyca (fm) (Buła, Habryn, 2008, 2010) zostały w sąsiedztwie otworu Cianowice 2 ścięte erozyjnie. W świetle wyników tego wiercenia osadom ilastym z otworów: Jerzmanowice, Bębło i DB-4 (fig. 1) zaliczanym dotychczas do sylurskiej formacji z Mrzygłodu (fm) (Buła, 2000), należy przyporządkować wiek ediakarski (Buła, Habryn, 2010).

W nawiązaniu do powyższego należy przyjąć, że strefa uskoku Kraków–Lubliniec, oddzielająca blok górnośląski od małopolskiego, w rejonie Krakowa jest usytuowana między otworami Trojanowice 1 i Trojanowice 2, w których stwierdzono podobne litologicznie utwory kambru dolnego charakterystyczne dla bloku górnośląskiego, a otworami Cianowice 2 oraz Bębło i Jerzmanowice nawiercającymi prekambryjskie (ediakarskie) skały klastyczne typowe dla bloku małopolskiego (fig. 1–4).

Przeprowadzone badania biostratygraficzne utworów jury przyniosły również nowe fakty, zwłaszcza dotyczące paleogeografii południowego zasięgu występowania utworów lądowych jury dolnej. Rozpoznany wierceniem Cianowice 2 bezpośrednio nad utworami ediakaru, a pod piaszczysto-węglanowymi utworami morskimi keloweju, 20-metrowy kompleks szarych i szarzielonych zlepieńców, piaskowców i mułowców z podrzędnymi wkładkami syderytów i węgla może reprezentować: jurę środkową – baton (Matyja, Ziółkowski, 2014), jurę dolną (być może środkową albo zarówno dolną, jak i środkową; Pieńkowski, 2014), bądź mieścić się w przedziale od jury dolnej – pliensbachu do jury środkowej – batonu, co sugeruje Ziąja (Habryn i in., 2007b). Z pewnością do jury środkowej – keloweju można zaliczyć występujące powyżej morskie utwory klastyczne, piaskowce wapiaste z detrytusem muszlowym (Olszewska, 2014, Matyja, Ziółkowski, 2014). Podobne utwory keloweju rozpoznano otworem Trojanowice 2.

Uzyskane dane biostratygraficzne na podstawie oznaczeń makro- (Matyja, Ziółkowski, 2014) i mikroskamieniałości (Olszewska, 2014) z utworów węglanowych jury górnej dobrze przystają do danych z obszarów przyległych. Jednocześnie wskazują na zróżnicowane środowiska sedymentacji. Według Matyi i Ziółkowskiego (2014) górnójurajski profil wiercenia Trojanowice 2 nawiązuje wykształceniem fałdalnym do zespołu biohermalnego Ojcowa, a profil wiercenia Cianowice 2 wykazuje podobne następstwo utworów jak w basenie Korzkwi, wyróżnionym przez Ziółkowskiego (2007).

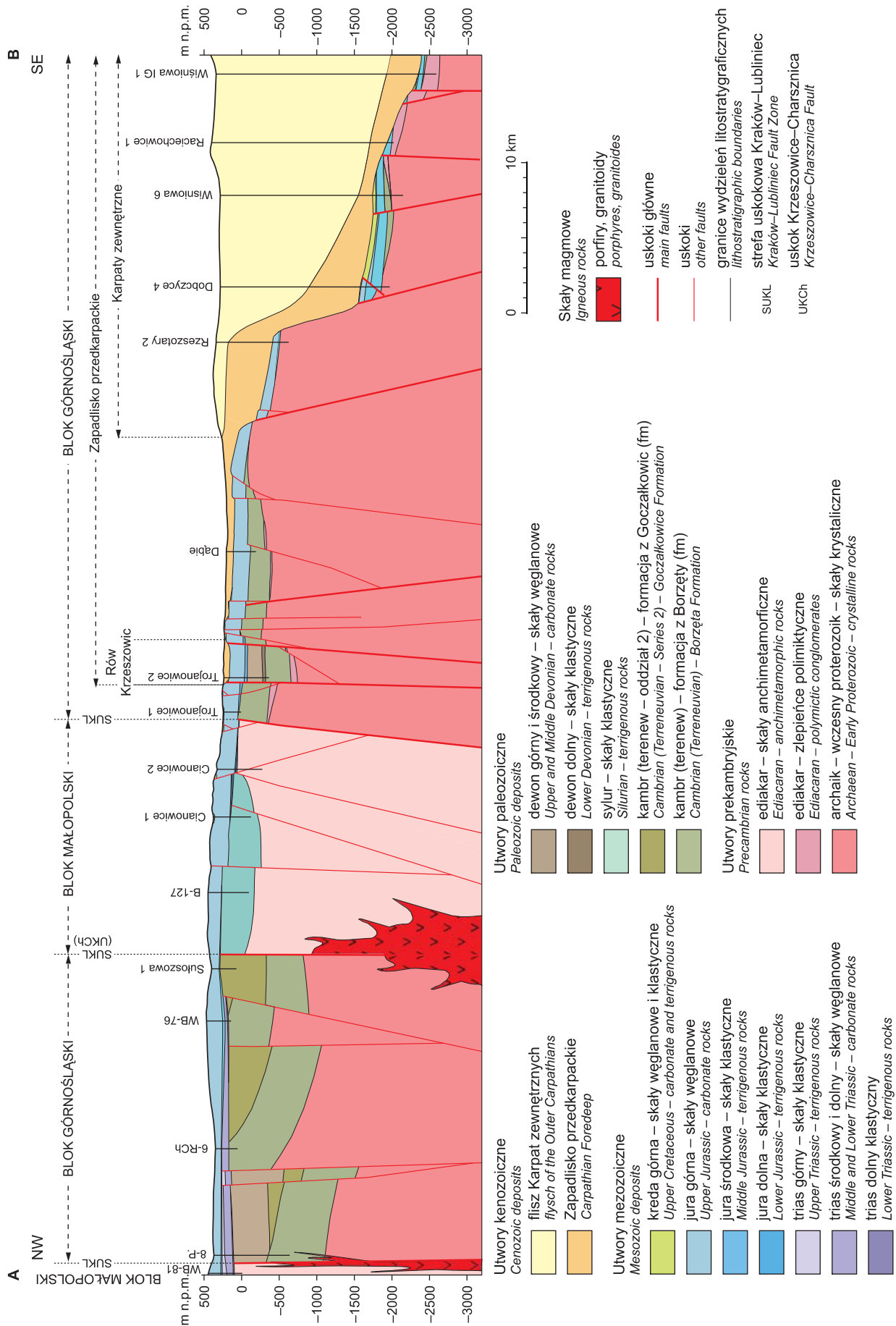


Fig. 4. Przekrój geologiczny A-B

Geological cross-section A-B

Erozyjny strop utworów węglanowych jury górnej z płatowo zachowanymi utworami kredy górnej o niewielkiej miąższości, rozpoznany otworem Trojanowice 2, przykrywają utwory mioceńskie, które wypełniają Rów Krzeszowski. W spągu są to wczesnobadeńskie ilowce warstw skawińskich, wyżej ility spiralisowe formacji z Machowa zaliczane do późnego badenu (Olszewska, 2014; Garecka, 2014).

Wyniki badań otworu wiertniczego Trojanowice 2 umożliwiają także zweryfikowanie genezy i wieku Rowu Krzeszowskiego – wyróżnianego w strukturze utworów kenozoicznych (mioceńskich) i mezozoicznych regionu krakowskiego. Otwór Trojanowice 2 jest usytuowany na przedłużeniu tej subrównoleżnikowej struktury w kierunku na wschód od Krzeszowic (fig. 1). Pod utworami mioceńskimi i mezozoicznymi nawiercono w nim fragment profilu utworów dewońskich, pod którymi stwierdzono skały kambru dolnego (terenew) formacji z Borzęty (fm) (fig. 2). W zlokalizowanych na północ i południe od tego otworu otworach wiertniczych Trojanowice 1 i Dąbie, usytuowanych poza obrębem Rowu Krzeszowskiego, brak jest utworów dewońskich, a pod jurą leżą bezpośrednio dolnokambryjskie (terenew) utwory formacji z Borzęty (fig. 1, 4). Z porównania podmezozoicznych profili otworów Trojanowice 1 i 2 oraz Dąbie i innych otworów odwierconych w rejonie Krakowa można wnioskować, że otwór Trojanowice 2 jest położony w rowie tektonicznym, utworzonym w wyniku ruchów waryscyjskich, w którego obrębie zachowały się utwory dewońskie (fig. 1, 2, 4). Uskoki ograniczające tę strukturę od północy i południa stanowią jednocześnie obramowanie wschodniej części Rowu Krzeszowskiego, kontynuującego się w kierunku wschodnim do strefy uskokuwej Kraków–Lubliniec (fig. 1, 4).

Analiza wielkości zrzutu mezozoicznych i paleozoicznych formacji skalnych wzdłuż uskoku ograniczającego Rów Krzeszowski od północy, a biegnącego między otworami Trojanowice 1 i Trojanowice 2, wskazuje, że wielkość przemieszczenia utworów dolnokambryjskich wynosi co najmniej 300 m w kierunku południowym, a utworów jurajskich około 100 m w tym samym kierunku (fig. 4). Przedstawione powyżej dane sugerują karbońskie lub wczesnopermskie (Nawrocki i in., 2008) założenia tektoniczne Rowu Krzeszowskiego i alpejską reaktywację ograniczających go uskoku.

Przeprowadzona w wymienionych otworach analiza strukturalna utworów prekambryjskich, paleozoicznych i mezozoicznych występujących w krawędziowych częściach bloków górnośląskiego i małopolskiego pozwoliła na poznanie ich ewolucji tektonicznej (Żaba, Sikora, 2007a, b). Stwierdzono, że w występujących w profilu otworu Trojanowice 2 utworach kambru, dewonu oraz jury zaznaczyły się kolejno przejawy deformacji zachodzących w reżimie: nasuwczym, normalnym i przesuwczym, a utwory dolnokambryjskie występują w skrzydle szerokopromiennego fałdu ze zginania. Nie stwierdzono niezgodności kątowej między utworami kambru i dewonu dolnego, a także między utworami dewonu środkowego i jury środkowej. Żaba i Sikora (2007a, b) zauważyli, że w stropie kompleksu dolnokambryjskiego i w utworach dolnodewońskich zaznaczyły się

wyjątkowo liczne przejawy ruchów nasuwczych, którym przypisano wiek waryscyjski. Rozpoznane przejawy deformacji nasuwczych w utworach górnourajskich świadczą, że ruchy te zachodziły również po jurze lub nawet po kredzie.

Analiza strukturalna utworów ediakaru rozpoznanych w otworze Cianowice 2 (Żaba, Sikora, 2007a, b) pozwoliła wydzielić kilkanaście epizodów deformacji stanowiących geometryczno-wiekową sekwencję różnej rangi wydarzeń geologicznych. W badanym otworze wydzielono 12 kolejno tworzących się generacji struktur planarnych S (powierzchnie warstwowania, złupkowanie, kliważ, spękania, mezouskoki), 7 generacji brekcji tektonicznych, 4 generacje żyłek mineralnych (przeważnie reprezentowanych przez węglany, a także chloryt, baryt oraz minerały kruszcowe i ilaste) i 6 generacji fałdów (makrofałdy oraz mezofałdy tworzące się najczęściej w wyniku aktywności uskoków). Utwory ediakaru zostały kilkakrotnie objęte przemieszczeniami przesuwczymi. Ślady starszych ruchów lewoprzesuwczych, które zachodziły co najmniej dwukrotnie, zaznaczyły się w analizowanych skałach znacznie lepiej, niż młodszych przemieszczeń prawoprzesuwczych. Pierwsze i zasadnicze fałdowanie serii ediakarskiej nastąpiło prawdopodobnie na przełomie ediakaru i kambru, następne miały miejsce w paleozoiku, najprawdopodobniej w późnym sylurze oraz w późnym karbonie.

Badania mineralogiczno-geochemiczne próbek skalnych z otworów Trojanowice 2 i Cianowice 2 nie wykazały koncentracji metali o charakterze złożowym. Nie ujawniły również istotnych anomalii geochemicznych, a zawartości poszczególnych metali zazwyczaj nie odbiegają od wartości przyjmowanych dla tła geochemicznego. W otworze Trojanowice 2 stwierdzono ubogi zespół minerałów kruszcowych: piryty, markasyt, chalkopiryt, goethyt, limonit, tlenki tytanu, tytanit, z czego dominującymi są piryty i markasyt (Markowiak, 2014). Śladową mineralizację chalkopirytem napotkano jedynie w skałach kambru dolnego.

W skałach ediakarskich rozpoznanych otworem Cianowice 2 okruszcowanie ma również charakter śladowy (Markowiak, 2012). Występuje tu jednak dość bogaty, niskotemperaturowy zespół mineralny: chalkopiryt, piryty, bornit, galena, minerały szeregu tennanty–tetraedyt, kowelin, chalkozyn, markasyt, sfaleryt i anglezyt. Świadczyć to może o tym, że utwory te znalazły się w peryferyjnej strefie oddziaływań hydrotermalnych związanych z magmatyzmem waryscyjskim strefy uskokuwej Kraków–Lubliniec, w sąsiedztwie uskoku Krzeszowice–Charsznica (fig. 4).

Badania petrofizyczne przeprowadzone na 120 próbkach skał pobranych tak, aby reprezentowały wszystkie typy litologiczne w obrębie udokumentowanych stratygraficznie jednostek litostratygraficznych, ujawniły nieco wyższe od spodziewanych wartości gęstości utworów kambru i niższe utworów ediakaru. Przeprowadzony dwuwymiarowy model gęstościowy wzdłuż przekroju wyznaczonego otworami Trojanowice 2 i Cianowice 2 (Rosowiecka, 2014) potwierdził sporządzoną interpretację geologiczną (fig. 4).

Odwiert Trojanowice 2 przyniósł także wymierne korzyści ekonomiczne. Wierceniem tym natrafiono na nieznany

dotąd w północnej części Krakowa, wydajny dewoński poziom wodonośny o naporowym zwierciadle wody i samowypływie rzędu kilkudziesięciu m³/h. Po stwierdzeniu wód

podziemnych dobrej jakości otwór ten zaadoptowano na studnię, oznaczono symbolem S-3 i włączono w system wodociągowy gminy Zielonki (Chmura i in., 2009).

PODSUMOWANIE

Wyniki wykonanych w 2007 roku otworów Trojanowice 2 (głęb. 602 m) i Cianowice 2 (głęb. 600 m), zlokalizowanych po północnej stronie Krakowa w miejscowościach Zielonki oraz Grębyńce, potwierdziły kontakt bloków górnośląskiego i małopolskiego na tym obszarze. Pozwoliły wyznaczyć przebieg strefy uskoku Kraków–Lubliniec stanowiącej granicę między tymi jednostkami tektonicznymi różniącymi się budową prekambryjskiego fundamentu i cechami rozwoju paleogeograficzno-facjalnego paleozoicznych pokryw osadowych. Otworem Trojanowice 2 osiągnięto pod utworami dewonu dolnego (głęb. 557,5–602,0 m) fragment profilu osadów dolnokambryjskich formacji z Borzęty (fm), których zasięg występowania ogranicza się wyłącznie do południowo-wschodniej części bloku górnośląskiego; natomiast w otworze Cianowice 2 nawiercono pod utworami jury (głęb. 265,3–600,0 m) silikoklastyki ediakaru o charakterze fliszowym i podobnych cechach litologicznych i tektonicznych do równowiekowych skał rozpoznanych w zachodniej i południowej części bloku małopolskiego, w kilkuset otworach pod różnowiekowymi utworami od ordowiku po miocen.

Na podstawie danych z wiercenia Trojanowice 2 oraz uwzględniając otwory archiwalne Trojanowice 1 i Dąbie, wykazano, że uwidaczniający się w strukturze utworów kenozoicznych (mioceńskich) i mezozoicznych w rejonie Krakowa Rów Krzeszowski ma waryscyjskie założenia tektoniczne, a ograniczające go uskoki zostały częściowo reaktywowane w trakcie ruchów alpejskich.

Stratygraficzne udokumentowanie ediakarskiego wieku skał podjurajskich w otworze Cianowice 2 (Jachowicz-Zda-

nowska, 2014) pozwoliło na przyporządkowanie wieku prekambryjskiego podobnym litologicznie utworom rozpoznany w pobliskich otworach bloku małopolskiego: Jerzmanowice, Bębło i DB-4, dotychczas zaliczanym do sylurskiej formacji z Mrzygłodu (fm).

Analiza strukturalna utworów mezozoicznych, paleozoicznych i prekambryjskich rozpoznanych w omawianych otworach wykazała skomplikowane, wieloetapowe przejawy deformacji. Wydzielono szereg epizodów deformacji stanowiących geometryczno-wiekową sekwencję różnej rangi wydarzeń geologicznych od najstarszych z przełomu ediakar–kambr po najmłodsze górno kredowe (Żaba, Sikora, 2007a, b).

Badania mineralogiczno-geochemiczne próbek skalnych z otworów Trojanowice 2 i Cianowice 2 nie wykazały koncentracji metali o charakterze złożowym, ani też istotnych anomalii geochemicznych. W utworach ediakaru w otworze Cianowice 2 natrafiono jednak na bogaty zespół niskotemperaturowych minerałów kruszcowych, który świadczy o bliskości obecności skał magmowych (Markowiak, 2012).

Wyniki badań omówionych otworów wiertniczych pozwoliły zweryfikować model budowy geologicznej paleozoiku i prekambriu okolic Krakowa, a wykonany przekrój geologiczny obrazuje jego najważniejsze cechy. Przeprowadzony dwuwymiarowy model gęstościowy, wzdłuż profilu przechodzącego przez otwory Trojanowice 2 i Cianowice 2 (Rosowiecka, 2014), potwierdził wiarygodność przedstawionej w artykule interpretacji budowy geologicznej.

LITERATURA

- BUKOWY S., 1960 — Nowe dane o karbonie górnym koło Krakowa. *Prz. Geol.*, Zesz. **10**: 557–558.
- BUKOWY S., 1964 — Nowe poglądy na budowę północno-wschodniego obrzeżenia Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Biul. Inst. Geol.*, **184**: 5–34.
- BUKOWY S., 1965 — Badanie podłoża jury na północnym i wschodnim obrzeżeniu GZW. Wyniki wierceń Jerzmanowice, Cianowice, Krasieniec. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB*, Warszawa.
- BUKOWY S., 1972 — Budowa podłoża karbonu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Pr. Inst. Geol.*, **61**: 23–50.
- BUKOWY S., 1984 — Struktury waryscyjskie regionu śląsko-krakowskiego. *Pr. Nauk. UŚl. Geologia*, **692**: 1–75.
- BUKOWY S., ŚLÓSARZ J., 1968 — Wyniki wiercenia Bębło. *Biul. Inst. Geol.*, **112**: 7–34.
- BUŁA Z., 1994 — Problemy stratygrafii i wykształcenia osadów starszego paleozoiku północno-wschodniego obrzeżenia GZW. *Przew. 65 Zjazdu PTG, Sosnowiec. Pr. Nauk. UŚl.*, **1431**: 31–57.
- BUŁA Z., 2000 — Dolny paleozoik Górnego Śląska i Zachodniej Małopolski. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **171**: 1–63.
- BUŁA Z., HABRYN R., 2010 — Budowa geologiczna prekambriu i paleozoiku regionu krakowskiego. Prekambr i paleozoik regionu krakowskiego. *Mat. konf. Konferencja naukowa Kraków, 19 listopada 2010*: 7–39. Państw. Inst. Geol. — Państw. Inst. Bad., Warszawa.
- BUŁA Z., HABRYN R. (red.), 2008 — Atlas geologiczno-strukturalny paleozoicznego podłoża Karpat zewnętrznych i zapadliśka przedkarpacciego. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

- BUŁA Z., HABRYN R., CHMURA A., 2005a — Projekt prac geologicznych na wykonanie otworu badawczego Trojanowice 2. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- BUŁA Z., HABRYN R., CHMURA A., 2005b — Projekt prac geologicznych na wykonanie otworu badawczego Cianowice-2. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- BUŁA Z., HABRYN Z., KARWASIECKA M., KRÓLIKOWSKI CZ., MARKIEWICZ J., MARKOWIAK M., NOWAK I., PETECKI Z., ŻELAŻNIEWICZ A., ŻÓŁTOWSKI Z., 2004 — Paleozoiczna akrecja Polski, zad. 2: Geofizyczno-geologiczny obraz strefy kontaktowej Kraków–Lubliniec. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- BUŁA Z., HABRYN R., KRIEGER W., KUREK S., MARKOWIAK M., PREIDL M., WOŹNIAK P., 1996 — Podsumowanie badań geologicznych wykonanych na NE obrzeżeniu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- BUŁA Z. (red.), HABRYN R., KRIEGER W., KUREK S., MARKOWIAK M., WOŹNIAK P., 2002 — Atlas geologiczny paleozoiku bez permu w strefie kontaktu bloków górnośląskiego i małopolskiego. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- BUŁA Z., JACHOWICZ M., 1996 — The Lower Paleozoic sediments in the Upper Silesian Block. *Geol. Quart.*, Zesz. **40**: 299–336.
- BUŁA Z., JACHOWICZ M., ŻABA J., 1997 — Principal characteristics of the Upper Silesian Block and Małopolska Block border zone (southern Poland). *Geol. Mag.*, **133**: 669–677.
- BUŁA Z., KOTAS A. (red.), 1994 — Atlas geologiczny Górnośląskiego Zagłębia Węglowego Cz. III – Mapy geologiczno-strukturalne, 1:100 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- BUŁA Z., ŻABA J., 2005 — Pozycja tektoniczna Górnośląskiego Zagłębia Węglowego na tle prekambryjskiego i dolnopaleozoicznego podłoża. *W: Przew. 76 Zjazdu Pol. Tow. Geol. Rudy k/Rybnika*: 14–42. Warszawa.
- BUŁA Z., ŻABA J., 2008 — Struktura prekambryjskiego podłoża wschodniej części bloku górnośląskiego (Brunovistulicum). *Prz. Geol.*, **56**, 6: 473–480.
- BUŁA Z., ŻABA J., HABRYN R., 2008 — Regionalizacja tektoniczna Polski – Polska południowa (blok górnośląski i blok małopolski). *Prz. Geol.*, **56**, 10: 912–919.
- BURTAN J., SOKOŁOWSKI S., LISZKOWA J., SZOTOWA W., SZCZUROWSKA J., 1974 — Problem Karpat fliszowych i głębokiego podłoża w oknie tektonicznym Wiśniowej. *Biul. Inst. Geol.*, **273**, 18: 97–179.
- CEBULAK S., 1958 — Zlepienie paleozoiczne w Batowicach koło Krakowa. *Prz. Geol.*, **6**, 8/9: 395–396.
- CHMURA A., CZOP M., HABRYN R., MOTYKA J., 2009 — Wstępna ocena możliwości pozyskiwania wód pitnych z wapieni dewońskich w rejonie Zielonek koło Krakowa. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **436**: 41–46.
- CIEŚLA A., WYBRANIEC S., PETECKI Z., 1993 — Mapa magnetyczna Polski w skali 1:200 000 z komputerowym bankiem danych, ark.: Kraków, Tarnów, Mielec, Rzeszów, Tomaszów Lub., Cieszyń, Bielsko-Biała, Nowy Sącz, Jasło, Przemyśl, Drohobycz, Tatry Zach., Tatry Wysokie, Łupków. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- DUDEK A., 1980 — The crystalline basement block of the Outer Carpathians in Moravia: Bruno-Vistulicum. *Rozpr. CS. Akad. Ved.* **90**, 8.
- EKIERT F., 1971 — Budowa geologiczna podpermńskiego podłoża północno-wschodniego obrzeżenia Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Pr. Inst. Geol.*, **66**: 5–77.
- FILIPIAK P., 2014 — Palinologia dolnodewońskich i środkowodewońskich osadów klastycznych z otworu wiertniczego Trojanowice 2. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **459**: 7–32.
- GARECKA M., 2014 — Biostratygrafia utworów miocenu środkowego w otworze badawczym Trojanowice 2 na podstawie nanoplanktonu wapiennego. *Biul. Państw. Inst. Geol.* **459**: 33–44.
- HABRYN R., BUŁA Z., CHMURA A., FILIPIAK P., GARECKA M., INDYK A., JACHOWICZ M., MARKOWIAK M., MATYJA B.A., NOWAK J., OLSZEWSKA B., PACZEŚNA J., POLECHOŃSKA O., SIKORA R., STADMULLER M., TOMAŚ A., TRUSZEL M., WOŹNIAK P., ZIÓŁKOWSKI P., ŻABA J., 2007a — Dokumentacja geologiczna otworu badawczego Trojanowice 2 – Zintegrowany program płytkich wierceń badawczych dla rozwiązania istotnych problemów budowy geologicznej Polski. Problem 10. Geologiczno-strukturalne rozpoznanie strefy rozłamu Kraków–Lubliniec na odcinku krakowskim. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- HABRYN R., BUŁA Z., CHMURA A., INDYK A., JACHOWICZ M., MARKOWIAK M., MATYJA B. A., NOWAK J., OLSZEWSKA B., PIENKOWSKI G., POLECHOŃSKA O., SIKORA R., STADMULLER M., TRUSZEL M., ZIAJA J., ZIÓŁKOWSKI P., ŻABA J., 2007b — Dokumentacja geologiczna otworu badawczego Cianowice 2 – Zintegrowany program płytkich wierceń badawczych dla rozwiązania istotnych problemów budowy geologicznej Polski. Problem 10. Geologiczno-strukturalne rozpoznanie strefy rozłamu Kraków–Lubliniec na odcinku krakowskim. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- HABRYN R., MARKOWIAK M., 1997 — Komputerowa baza danych otworów wiertniczych z NE obrzeżenia Górnośląskiego Zagłębia Węglowego w zakresie lokalizacji, stratygrafii, litologii, geochemii i metalogenii. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- HARAŃCZYK C., 1982a — Krakowidy jako górotwór kaledoński. *Prz. Geol.*, **30**, 11: 575–581.
- HARAŃCZYK C., 1982b — Nowe dane do poznania kaledońskiego górotworu Krakowidów. *Przew. 54 Zjazdu Pol. Tow. Geol. w Sosnowcu*: 90–102. Wyd. Geol., Warszawa.
- HEFLIK W., KONIOR K., 1974 — Obecny stan rozpoznania podłoża krystalicznego w obszarze Cieszyń–Rzeszotary. *Biul. Inst. Geol.*, **273**: 195–228.
- JACHOWICZ M., 1994 — O występowaniu mikroskamieniałości grupy Acritarcha w utworach starszego paleozoiku północno-wschodniego obrzeżenia GZW. *Prz. Geol.*, Zesz. **42**: 631–637.
- JACHOWICZ-ZDANOWSKA M., 2010 — Palinologia kambru dolnego bloku górnośląskiego i prekambriu bloku małopolskiego w regionie krakowskim. *W: Mat. konf. Konferencja naukowa Kraków, 19 listopada 2010*: 67–91. Państw. Inst. Geol. – Państw. Inst. Bad., Warszawa.
- JACHOWICZ-ZDANOWSKA M., 2011 — Organic microfossil assemblages from the late Ediacaran rocks of the Małopolska Block, southeastern Poland. *Geol. Quart.*, **55**, 2: 85–94.
- JACHOWICZ-ZDANOWSKA M., 2014 — Mikroskamieniałości organiczne terenów (kambr dolny) i późnego ediakaru (neoproterozoik) okolic Krakowa. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **459**: 61–82.
- JACHOWICZ M., ŻELAŻNIEWICZ A., BUŁA Z., BOBIŃSKI W., HABRYN R., MARKOWIAK M., ŻABA J., 2002 — Geneza i pozycja stratygraficzna podkambryjskich i podordowickich anchimetamorficznych skał w południowej Polsce – przedpole orogenu neoproterozoicznego? Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.

- JURECZKA J., DOPITA M., GAŁKA M., KRIEGER W., KWARCINŃSKI J., MARTINIEC P., 2005 — Atlas geologiczno-złożowy polskiej i czeskiej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, 1:200 000. Państw. Inst. Geol., Min. Środ., Warszawa.
- KOTAS A., 1972 — Ważniejsze cechy budowy geologicznej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego na tle pozycji tektonicznej i budowy głębokiego podłoża utworów produktywnych. *W: Problemy geodynamiki i tąpnięć*: 5–55. Komitet Górnictwa PAN, Kraków.
- KOTAS A., 1982 — Zarys budowy geologicznej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *W: Przew. 54 Zjazdu Pol. Tow. Geol. Sosnowiec*: 45–72. Wyd. Geol., Warszawa.
- KOTAS A. (red.), 1983 — Atlas geologiczny Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Cz. II. Mapy jakości węgla 1:100 000. Inst. Geol., Warszawa.
- KOTAS A., 1985 — Structural evolution of the Upper Silesian Coal Basin (Poland). *W: 10 Kongr. Int. Strat. Geol. Carb., Madrid 1983, Compt. Rend.*, **3**: 459–469.
- KOWALCZEWSKI Z., 1990 — Grubookruchowe skały kambru na środkowym południu Polski (litostratygrafia, tektonika, paleogeografia). *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **131**.
- KRÓLIKOWSKI C., PETECKI Z., 1995 — Atlas grawimetryczny Polski. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- MALINOWSKI M., ŻELAŻNIEWICZ A., GRAD M., GUTERCH A.I JANIK T., 2005 — Seismic and geological structure of the crust in the transition from Baltica to Paleozoic Europe in SE Poland – CELEBRATION 2000 experiment, profile CEL 02. *Tectonophysics*, **401**: 55–77.
- MARKOWIAK M., 2012 — Przejawy mineralizacji kruszcowej w utworach ediakaru nawierconych w otworze Cianowice 2. *Biul. Inst. Geol.*, **448**: 345–358.
- MARKOWIAK M., 2014 — Przejawy mineralizacji kruszcowej w skałach nawierconych otworami Trojanowice 2 i Cianowice 2. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **459**: 83–92.
- MATYJA B.A., ZIÓLKOWSKI P., 2014 — Stratygrafia i zróżnicowanie facjalne jury górnej na przykładzie profili otworów wiertniczych Cianowice 2 i Trojanowice 2 (pogranicze Wyżyny Olkuskiej i Rowu Krzeszowickiego). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **459**: 93–108.
- NAWROCKI J., FANNING M., LEWANDOWSKA A., POLECHOŃSKA O., WERNER T., 2008 — Palaeomagnetism and the age of the Cracow volcanic rocks (S Poland). *Geophysical Journal International*, **174**: 475–488.
- NAWROCKI J., KRZEMIŃSKI L., PAŃCZYK M., 2010 — ⁴⁰Ar–³⁹Ar ages of selected rocks and minerals from the Kraków–Lubliniec Fault Zone, and their relation to the Paleozoic structural evolution of the Małopolska and Brunovistulian Terranes (S Poland). *Geol. Quart.*, **54**: 289–300.
- NAWROCKI J., POLECHOŃSKA O., LEWANDOWSKA A., WERNER T., 2005 — On the paleomagnetic age of the Zalas laccolith (southern Poland). *Acta Geol. Pol.*, **55**: 229–236.
- NEHRING-LEFELD M., MODLIŃSKI Z., SIEWNIAK-MADEJ A., 1992 — Biostratigraphy of the Old Paleozoic carbonates in the Zawiercie area (NE margin of the Upper Silesian Coal Basin). *Geol. Quart.*, **36**, 2: 171–198.
- NEHRING-LEFELD M., SZYMAŃSKI B., 1998 — Ordovician stratigraphy in the Żarki–Mysłów area (NE margin of the Upper Silesian Coal Basin). *Geol. Quart.*, **42**, 1: 29–40.
- OLSZEWSKA B., 2014 — Wyniki badań mikropaleontologicznych utworów jury górnej, kredy górnej i miocenu w otworach wiertniczych Trojanowice 2 i Cianowice 2 (południowo-wschodnia część Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **459**: 109–132.
- PIENKOWSKI G., 2014 — Profil sedimentologiczny przedkelo-wejskich (jurajskich) utworów silikoklastycznych w otworze badawczym Cianowice 2 (okolice Krakowa). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **459**: 147–156.
- ROSOWIECKA O., 2014 — Model strefy uskokowej Kraków–Lubliniec w świetle wyników analizy pól potencjalnych. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **459**: 157–166.
- ROSZEK H., SIEDLECKI S., 1963 — On the presumably late Silurian and early Devonian sediments in the environs of Cracow. *Bull. Acad. Pol. Sc. Ser. Sc. Geol. Geogr.*, **11**, 1: 15–22.
- RÓŻYCKI S.Z., 1953 — Górny dogger i dolny malm Jury Krakowsko-Częstochowskiej. *Pr. Inst. Geol.*, **17**.
- RUTKOWSKI F., 1930 — Ogólne wyniki głębokiego wiercenia w Dąbiu pod Krakowem. *Posiedz. Nauk. Państw. Inst. Geol.*, **27**: 38–39.
- SIEWNIAK-MADEJ A., 1994 — Przegląd badań konodontowych osadów paleozoiku NE obrzeżenia Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Prz. Geol.*, **42**, 8: 649–652.
- SZYMAŃSKI B., TELLER L., 1998 — The Silurian stratigraphy of the Zawiercie–Żarki area (NE margin of the Upper Silesian Coal Basin). *Geol. Quart.*, **42**, 2: 183–200.
- ŚLĄCZKA A., 1976 — Nowe dane o budowie podłoża Karpat na południe od Wadowic. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, **46**, 3: 337–350.
- ZIÓLKOWSKI P., 2007 — Stratygrafia i zróżnicowanie facjalne górnej jury wschodniej części Wyżyny Krakowskiej. *Tomy Jurajskie*, **4**: 9–22.
- ZNOSKO J., 1963 — Problemy tektoniczne obszaru pozakarpackiej Polski. *Pr. Inst. Geol.* **30**: 71–105.
- ZNOSKO J., 1983 — Tektonika środkowo-południowej Polski pozakarpackiej. *Kwart. Geol.*, **27**, 3: 457–470.
- ŻABA J., 1994 — Mezoskopowe struktury kwiatowe w dolnopaleozoicznych utworach NE obrzeżenia GZW – rezultat transpresyjnego ścinania w strefie dyslokacyjnej Kraków–Myszków (Hamburg–Kraków). *Prz. Geol.*, **42**, 8: 643–648.
- ŻABA J., 1995 — Uskoki przesuwcze strefy krawędziowej bloków górnośląskiego i małopolskiego. *Prz. Geol.* **43**, 10: 838–842.
- ŻABA J., 1996a — Główne etapy ewolucji strukturalnej utworów paleozoicznych w brzeżnej części bloku małopolskiego (NE obrzeżenia GZW). *W: Mat. Konf. Nauk. Pol. Tow. Geol. UŚl.* 8–9.XI.1996. Katowice–Sosnowiec: 43–55.
- ŻABA J., 1996b — Uskoki przesuwcze strefy krawędziowej bloków górnośląskiego i małopolskiego. *Prz. Geol.* **43**, 10: 838–842.
- ŻABA J., 1996b — Późnokarbońska aktywność przesuwcza strefy granicznej bloków górnośląskiego i małopolskiego. *Prz. Geol.* **44**, 2: 173–180.
- ŻABA J., 1999 — Ewolucja strukturalna utworów dolnopaleozoicznych w strefie granicznej bloków górnośląskiego i małopolskiego. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **166**: 1–162.
- ŻABA J., SIKORA R., 2007 — Analiza strukturalna. *W: Dokumentacja geologiczna otworu badawczego Trojanowice 2*. Habryn i in.: 135–180. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- ŻABA J., SIKORA R., 2007 — Analiza strukturalna. *W: Dokumentacja geologiczna otworu badawczego Cianowice 2*. Habryn i in.: 89–132. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- ŻELAŻNIEWICZ A., BUŁA Z., FANNING M., SEGHEDI A., ŻABA J., 2009 — More evidence on Neoproterozoic terranes in southern Poland and southeastern Romania. *Geol. Quart.*, **5**, 1: 93–124.

ŻELAŻNIEWICZ A., PAŃCZYK M., NAWROCKI J., FANNING M., 2008 — A Carboniferous – Permian, calc-alkaline, I-type granodiorite from the Małopolska Block, Southern Poland: im-

plications from geochemical and U-Pb zircon age data. *Geol. Quart.*, 52, 4: 301–308.

SUMMARY

In 2007, two boreholes were drilled north of Kraków in the villages of Grębynice and Zielonki: Trojanowice 2 (depth 602 m) and Cianowice 2 (depth 600 m). Results of these boreholes confirmed the presence of the contact between the Upper Silesian Block and the Małopolska Block in this area. They also facilitated mapping of the Kraków–Lubliniec fault zone, which is a boundary between the above-mentioned regional tectonic units that differ in the structure of the Precambrian basement and the palaeogeographic and facies development of the Paleozoic sedimentary cover. The Trojanowice 2 borehole reached the Lower Devonian deposits (at 557.5–602.0 m) and the underlying Lower Cambrian rocks (Borzęta Formation (Fm.)) whose range is limited to the south-eastern part of the Upper Silesian Block. The Cianowice 2 borehole drilled (under the Jurassic succession at a depth of 265.3–600.0 m) Ediacaran flysch-like siliciclastics, lithologically and tectonically similar to the coeval rocks identified in the western and southern part of the Małopolska Block in a few hundred of boreholes, under deposits of various ages from Ordovician to Miocene.

Based on data from the Trojanowice 2 borehole and other wells drilled in this area (Trojanowice 1 and Dąbie), it has been proved that the Krzeszowice Graben, accentuated in the structure of the Cenozoic (Miocene) and Mesozoic succession in the Kraków region, is of Variscan age and the bounding faults were partly reactivated during the Alpine movements.

Ediacaran age of the sub-Jurassic rocks in the Cianowice 2 borehole has been proved by acritarchs (Jachowicz-Zda-

nowska, 2014), and therefore the Precambrian age has been assigned to lithologically similar deposits drilled in the nearby boreholes of the Małopolska Block: Jerzmanowice, Bębło and DB-4. These rocks were previously included in the Silurian Mrzyglód Formation (Fm.).

Structural analysis of the Mesozoic, Paleozoic and Precambrian rocks identified in these boreholes has revealed complicated and multi-stage deformation. A number of episodes of deformation have been distinguished. They represent a geometric and age sequence of geological events of various ranks, from the oldest ones at the Cambrian/Ediacaran transition, to the youngest ones in the Late Cretaceous (Żaba, Sikora, 2007a, b).

Geochemical and ore analyses of rock samples from the Trojanowice-2 and Cianowice-2 boreholes show neither concentrations of metals of economic importance, nor significant geochemical anomalies. However, the Ediacaran deposits (Cianowice 2) contain a rich association of low-temperature ore minerals, indicating the nearby presence of igneous rocks (Markowiak, 2012).

Results of the boreholes allowed verifying the model of the geological structure of the Paleozoic and Precambrian succession of the Kraków region (Fig. 1). The geological cross-section presented in Fig. 4 shows its main features. A two-dimensional density model, developed along the profile through the Trojanowice 2 and Cianowice 2 boreholes (Rosowiecka, this volume), has confirmed the reliability of the interpretation of the geological structure presented in this paper.