

Geofizyczne rozpoznanie zasięgu kry jurajskiej w Gołaszynie k. Łukowa

Maciej Mendecki^{1,3}, Michał Świder², Izabela Nowaczyńska³, Aleksandra Mamak³,
Judyta Odrobińska³, Patrycja Piotrowska³, Julia Rewers³, Anna Tymińska³



M. Mendecki



M. Świder

Geophysical investigation of spatial distribution of the Jurassic raft in Gołaszyn near Łuków, E Poland. Prz. Geol., 66: 48–54.

Abstract. The paper deals with the study of the Middle Jurassic clays near the town of Łuków, to identify its position, depth and thickness defined using geoelectrical techniques. The electrical properties of the ground were determined by a non-invasive 2D Resistivity Imaging Method which involves the investigation of the distribution of resistivity in the ground in X and Z direction. The measurements were carried out on four survey profiles that allowed to distinguish the horizontal and vertical extent of the Jurassic raft. It is not regular, but represents a more complicated structure. The values of resistivity, identified with the Jurassic clays, were very low and reached about 1–20 Ωm, which allowed interpreting, on each resistivity cross-section, its thickness changing from a few metres up to tens of metres.

Keywords: Jurassic raft, black silt, electrical resistivity imaging, Łuków, Gołaszyn, Kra Jurajska nature reserve

W czwartorzędowych osadach polodowcowych w okolicach Łukowa na Nizinie Południowopodlaskiej licznie występują porwaki jurajskie (ryc. 1). Niektóre z nich ze względu na duże rozmiary zostały nazwane krami (stwierdzono ich kilkanaście). Przez wiele lat były one obiektem badań naukowych, a wychodnia jednej z kier w dawnej cegielni Łapiguz w Łukowie zasłynęła jako unikatowe stanowisko fauny kelowejskiej (głównie amonitów), które dzięki pracom prof. Makowskiego (1952, 1962) zostało wpisane na karty światowej geologii. Liczne badania geologiczne (Jahn, 1950; Mizerski, Szamałek, 1985; Mizerski, 1989), wiercenia (Morawski, 1955a), pomiary geofizyczne (Kosmulska, 1973), studia nad glaciektoniką (Mojski, 1972; Ruszczyńska-Szenajch, 1976) czy też oznaczenia eratyków przewodnych (Gałązka, 2004) i paleontologiczne (Zatoń, 2011) umożliwiły coraz dokładniejsze rozpoznanie łań i skamieniałości występujących w tych porwakach.

Większość badań zmierzających do rozpoznania łukowskich kier przeprowadzono w ubiegłym wieku. Od tamtej pory nastąpił szybki rozwój geofizycznych metod badawczych, które umożliwiają uzyskanie precyzyjniejszych obrazów obiektów geologicznych. Jedną z nowych metod z powodzeniem stosowanych do wielkoobszarowego rozpoznania terenu jest dwuwymiarowe obrazowanie oporności gruntów (Milsom, 2007).

Z dotychczasowych badań wynika, że największa z łukowskich kier znajduje się pod cienką warstwą osadów czwartorzędowych k. wsi Gołaszyn (Mizerski, Szamałek, 1985). W celu ochrony cennych skamieniałości, jakie może zawierać, ponad jej SE częścią utworzono w 1980 r. rezerwat przyrody Kra Jurajska (Zarządzenie, 1980). Szukając odpowiedzi na pytania: na jakiej głębokości występuje strop kry jurajskiej k. Gołaszyna i jakie utwory ją podścielają, we wrześniu 2016 r. przeprowadzono badania geofizyczne



Ryc. 1. Lokalizacja obszaru badań na tle jednostek fizycznogeograficznych Polski (wg Kondrackiego, 2009)

Fig. 1. Location of the study area on the background of physiogeographical units of Poland (after Kondracki, 2009)

¹ Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski w Katowicach, ul. Będzińska 60, 41–200 Sosnowiec; maciej.mendecki@us.edu.pl.

² Zespół Szkół Nr 3 im. W.S. Reymonta w Łukowie, ul. Międzyrzeczka 70, 21–400 Łuków.

³ Studenckie Koło Naukowe Geofizyków PREM, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski w Katowicach, ul. Będzińska 60, 41–200 Sosnowiec.

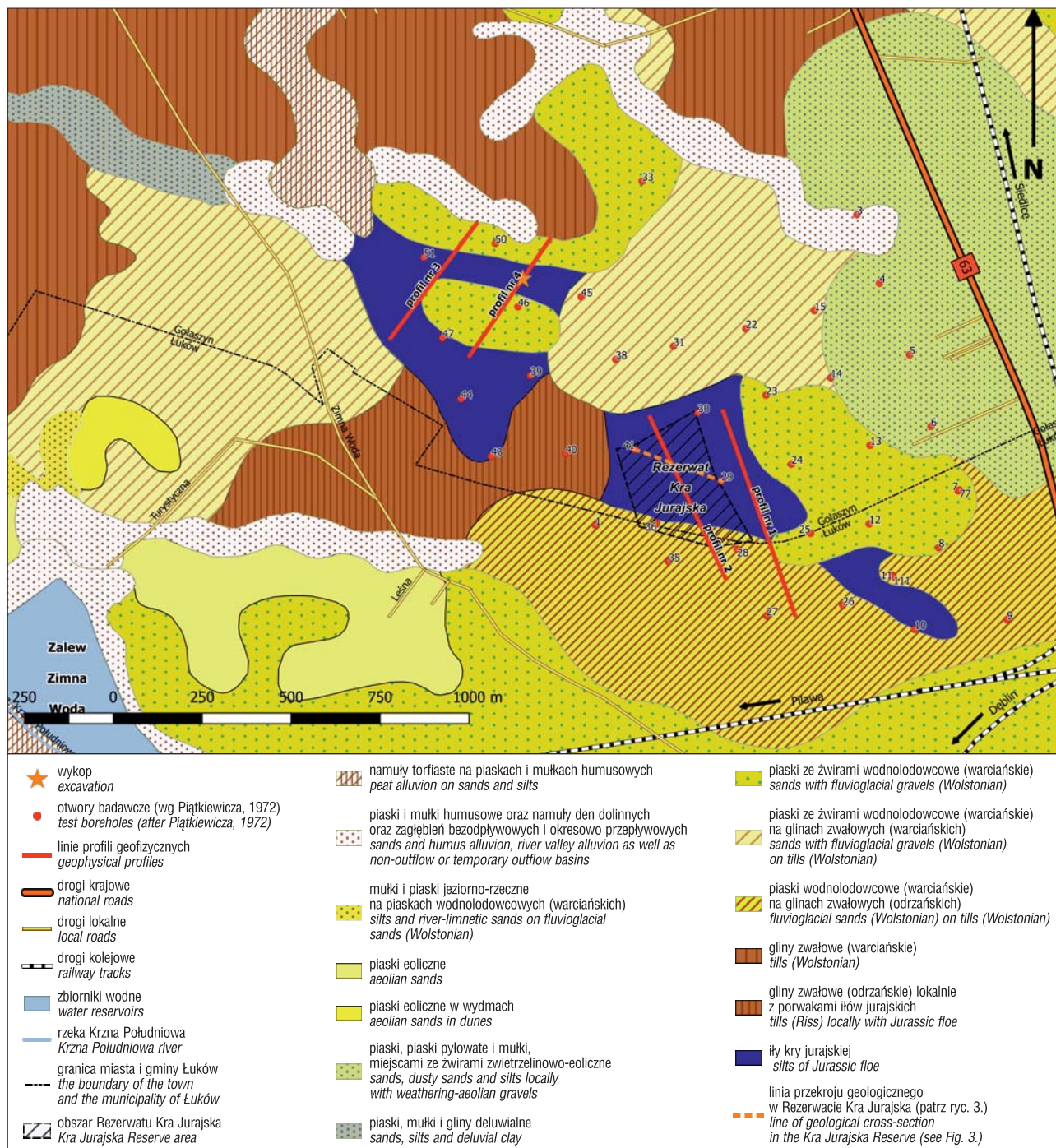
z wykorzystaniem metody obrazowania elektrooporowego. Rezultaty tych badań porównano z wynikami wcześniejszego rozpoznania geologicznego i geofizycznego (Piątkiewicz, 1972; Kosmulska, 1973).

OBSZAR BADAŃ

Badania prowadzono wzdłuż czterech linii profili wytyczonych ponad krąg jurajską w Gołaszynie k. Łukowa (ryc. 2). Dwa profile zaprojektowano na obszarze Rezerwatu Kra Jurajska – ich długość wynosiła 600 m i 500 m. Natomiast dwa następne (o długości 400 m) zlokalizowano

ponad północno-zachodnią częścią kry, znajdującą się poza obszarem rezerwatu.

W rejonie badań na powierzchni terenu odsłaniają się osady dwóch zlodowaceń – warty oraz odry (ryc. 2). Osady zlodowacenia odrzańkiego występują na powierzchni terenu lub pod nakładem glin warciańskich, których miąższość dochodzi do kilku metrów. Koło Łukowa osady warciańskie stwierdzono tylko w części otworów badawczych, co może być skutkiem intensywnej erozji (Małek, Buczek, 2008). Osady zlodowacenia odrzańkiego są reprezentowane przez gliny zwałowe, lokalnie z porwakami ilów jurajskich, oraz piaski i żwiry wodnolodowcowe (kilkuna-



Ryc. 2. Lokalizacja kier jurajskich między Łukowem a Gołaszynem oraz profili geofizycznych i otworów badawczych na tle Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50 000

Fig. 2. Part of the Detailed Geological Map of Poland, containing the location of the Jurassic rafts between Łuków and Gołaszyn with the location of geophysical profiles and boreholes

stometrowej miąższości), a także mułki, ily i pyłowate piaski zastoiskowe (do kilku m miąższości w Łukowie). Koło Łukowa gliny zlodowacenia odrzańskie odsłaniają się na powierzchni terenu. Ich miąższość wynosi średnio ok. 10 m, a miejscami dochodzi do 20 m (Małek, Buczek, 2007, 2008). W okolicy Gołaszyna miąższość glin odrzańskich zmienia się od 12 do 30 m, a ich spąg znajduje się na wysokości ok. 140–150 m n.p.m.

Powierzchnia podczwartorzędowa, ukształtowana przez procesy tektoniczne, erozyjne i glacitektoniczne, jest bardzo urozmaicona. W jej reliefie zaznaczają się kopalne doliny – kręte i z licznymi przegłębieniami (Małek, 2004; Małek, Buczek, 2008). Jedna z dolin przebiega od miejscowości Turze Rogi (kilka km na wschód od obszaru badań) przez Łuków i kontynuuje się ku północy między Zimną Wodą (dzielnica Łukowa) a Gołaszynem. Rzędne dna doliny sięgają od ok. 57 m n.p.m. w Zapowiedniku (na wschód od Łukowa) do ok. 75 m n.p.m. w Łukowie (Małek, Buczek, 2008). Osady czwartorzędowe zalegają na utworach miocenu i mają zróżnicowaną miąższość – od ok. 40 m w południowej części Łukowa do ok. 108 m w kopalnej dolinie na linii Turze Rogi–Łuków–Gołaszyn–Zimna Woda (Małek, Buczek, 2008). W Gołaszynie spąg osadów czwartorzędowych nawiercono na rzędnej ok. 120 m n.p.m. (Małek, Buczek, 2008).

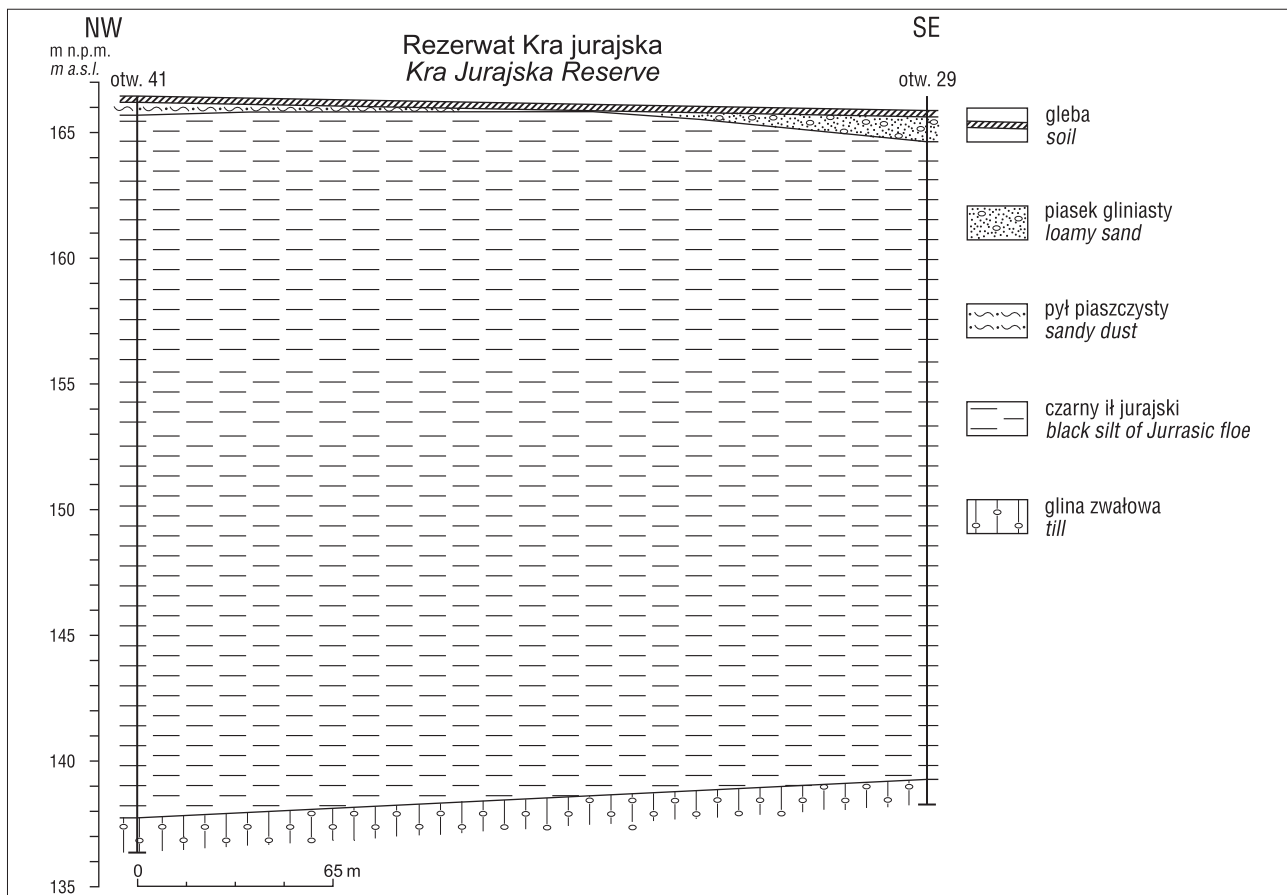
Formacja mezozoiczna jest zredukowana (ok. 800 m miąższości) i zalega monoklinalnie na osadach permu. Przebiegają przez nią uskoki odtwarzające dyslokacje podłoża paleozoicznego (Małek, Buczek, 2008). Poniżej zalegają skały osadowe fanerozoiku o silnie zredukowanej,

kilkusetmetrowej miąższości z licznymi hiatusami (brak m.in. osadów znacznej części kambru, dewonu i znacznej części karbonu). Podłoże krystaliczne występuje na głębokości ok. 1100–1200 m. Jest ono pocięte licznymi uskokiemi o kierunku NE–SW, które z utworów proterozoicznych kontynuują się do osadów syluru i karbonu.

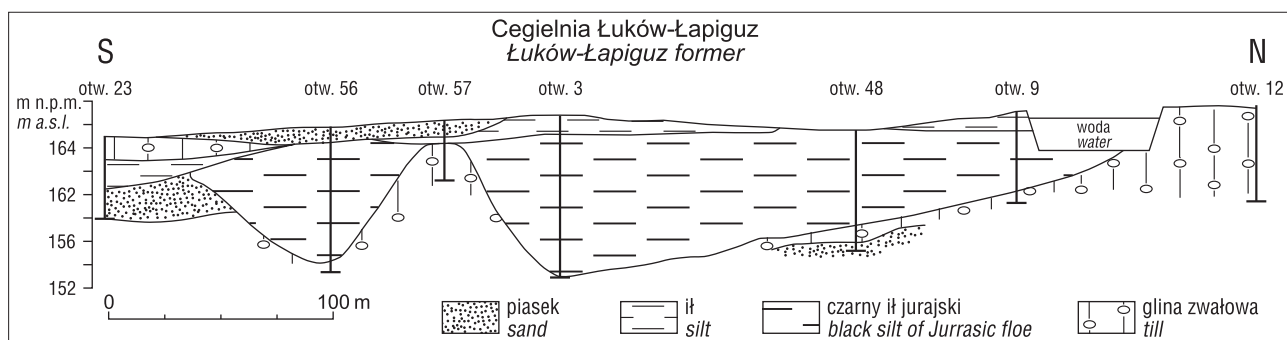
KRY JURAJSKIE K. ŁUKOWA

Za odkrywcę kry jurajskiej w Łukowie (ze słynną wychodnią w Łapiguzie) uznaje się Krisztafowicza (1896), który opisał tutejsze czarne ily jako wychodnie mezozoiku, ale dopiero Lewiński i Samsonowicz (1918) oraz Łuniewski i Świdziński (1929) uznali, że jest to porwak przytransportowany przez lądolód plejstoceni. Dalsze badania, prowadzone od końca lat 40. do 80. XX w. (m.in. Jahn, 1950; Morawski, 1955a, 1955b; Rühle, 1969; Kosmulska, 1973; Mizerski, Szamałek, 1985), przyczyniły się do dokładniejszego rozpoznania kry oraz zbadania jej pod kątem przydatności surowcowej, a także do odnalezienia co najmniej 12 innych jurajskich porwaków w okolicach Łukowa, w tym największej kelowejskiej kry, o wymiarach 600 × 1500 m w poziomie i do 25,8 m w pionie (Piątkiewicz, 1972), która rozciąga się w kierunku NW–SE od Gołaszyna po Zimną Wodę (ryc. 2, 3).

Porwaki jurajskie rozpoznane w Łukowie i okolicach składają się głównie z czarnych i ciemnoszarych, zwięzłych, „tłustych” iłów kelowejskich z pirytem i drobnymi blaszkami muskowitu. W kilku otworach w Gołaszynie nawiercono w krze także ily wiśniowe i wiśniowoszare,



Ryc. 3. Uproszczony przekrój geologiczny osadów czwartorzędowych w rezerwacie Kra Jurajska (wg Piątkiewicza, 1972)
Fig. 3. Simplified geological cross-section of Quaternary sediments in the Kra Jurajska Reserve (after Piątkiewicz, 1972)



Ryc. 4. Uproszczony przekrój geologiczny osadów w rejonie dawnej cegielni Łapiguz w Łukowie (wg Morawskiego, 1955)
Fig. 4. Simplified geological cross-section of sediments in the former Łapiguz brickworks in Łuków (after Morawski, 1955)

z gniazdami i przewarstwieniami średnioziarnistych piasków zaglinionych, pyłów i glin zwałowych ze żwirami (Małek, Buczek, 2008).

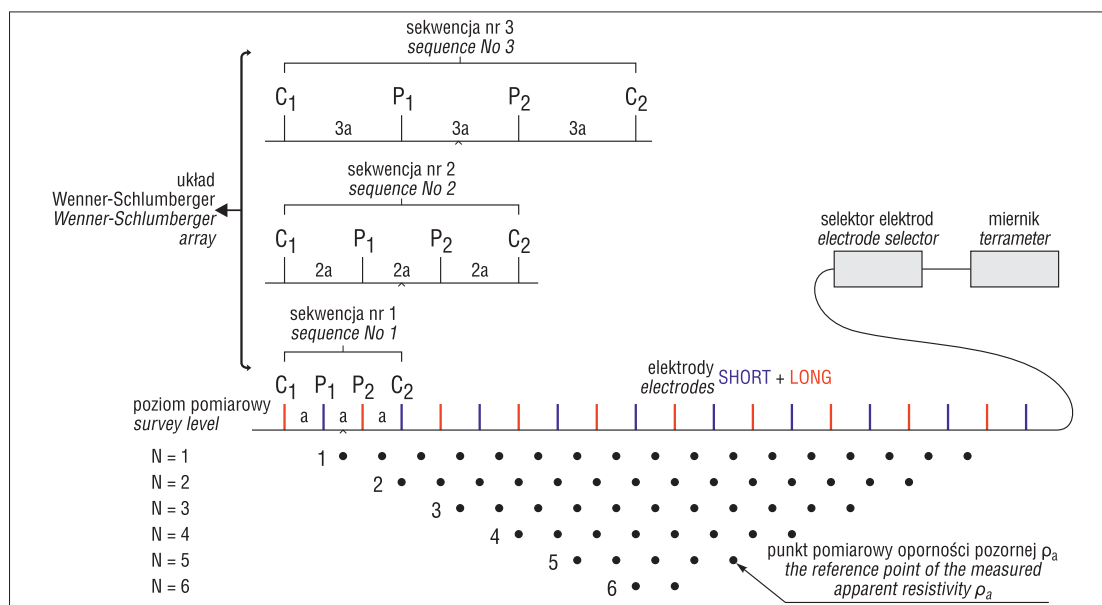
W świetle materiałów wiadczeniowych porwak gołaszynski ma złożoną budowę geologiczną, czym różni się od wyeksploatowanej kry z Łapiguza (Mizerski, Szamałek, 1985; Małek, Buczek, 2008). Miąższość kry w Gołaszynie jest zmienna (ryc. 3). W profilach niektórych otworów wiadczeniowych utwory keloweju przewarstwiają się w stropowej części z osadami czwartorzędowymi (Piątkiewicz, 1972). Oznacza to, że wewnętrzna struktura kry jest bardziej złożona, niż pierwotnie zakładano. Przemieszanie osadów kelowejskich z utworami czwartorzędowymi nasuwa przypuszczenie, że w trakcie transportu kra nie była całkowicie zamrożona lub że deformacje te powstały podczas wymarzania kry. Wyniki wierceń geologicznych z lat 70. XX w. sugerują podobieństwo pozycji geologicznej kry w Gołaszynie (ryc. 3) do pozycji lepiej rozpoznanej kry eksploatowanej na potrzeby dawnej cegielni w Łapiguze (ryc. 4) (Jahn, 1950; Morawski, 1955a, b; Piątkiewicz, 1972). Obie kry zostały osadzone pośród glin zlodowacenia odry, przy czym kra w Gołaszynie została częściowo przykryta przez piaski zlodowacenia warty (Małek, Buczek, 2008).

Zagadnieniem obszaru alimentacyjnego oraz sposobu transportu porwaków łukowskich (w tym kry z Gołaszyna)

zajmowali się m.in.: Jahn (1950), Kosmulska (1973), Ruszczyńska-Szenajch (1976), Mizerski, Szamałek (1985) i Gałązka (2004). Autorzy owi wskazywali na transport w stanie zamrożonym bądź częściowo rozmarzniętym (Ruszczyńska-Szenajch, 1976; Mizerski, Szamałek, 1985). Jako obszary alimentacyjne najczęściej były wymieniane: Skania w południowej Szwecji tudzież Popielany (Papilë) lub Kłajpeda na Litwie (Gałązka, 2004). Obecnie przyjmuje się, iż porwaki te pochodzą z dna Bałtyku, z rejonu na północ od Gdańska. Wskazuje na to przede wszystkim większa miąższość kier oraz litologiczne i paleontologiczne podobieństwo do osadów z dna Bałtyku (Zatoń, 2011).

METODYKA BADAŃ

Do określenia wymiarów jurajskiej kry w Gołaszynie oraz głębokości jej zalegania i reliefu stropu posłużono się metodą elektrooporowego obrazowania gruntu i zastosowano układ pomiarowy Wennera-Schlumbergera (Milsom, 2003; Loke, 2016). Metoda ta umożliwia uzyskanie dwuwymiarowego modelu opornościowego badanego ośrodka geologicznego (Milsom, 2003). Wzdłuż wytyczonych profili badawczych dokonano wielu pomiarów oporności pozornej gruntu (ryc. 5). We wszystkich profilach zastosowano taki sam najmniejszy rozstaw elektrod – co 5 m. Maksymalna wartość natężenia prądu wynosiła 100 mA,



Ryc. 5. Schemat układu pomiarowego w obrazowaniu elektrooporowym 2D (wg Pasierba, 2012 – zmodyfikowany)
Fig. 5. Measurement scheme of the 2D resistivity imaging method (after Pasierb, 2012 – modified)

natomiast minimalna – 10 mA. Wynik badania w jednym punkcie był medianą z 4 pomiarów chwilowych. Pomiar prowadzono z zastosowaniem systemu Lund Imaging firmy ABEM, który umożliwia użycie trzech protokołów:

- LONG – długi, głęboki – elektrody są połączone z co drugim wyprowadzeniem na kablu;
- SHORT – krótki, płytki, zagęszczony – elektrody są połączone z każdym wyprowadzeniem na kablu;
- LONG + SHORT (ryc. 5).

We wszystkich trzech protokołach można stosować dowolne znane układy pomiarowe, ale należy zachować stałą odległość między kolejnymi elektrodami. W protokole LONG zastosowanie rozstawu elektrod co 5 m oznacza, że najmniejsza odległość, na której jest prowadzone badanie, wynosi 10 m. Według protokołu SHORT rozstaw elektrod jest zarazem minimalną odległością, wzdłuż której jest prowadzony pomiar – czyli 5 m. Maksymalny rozstaw układu pomiarowego zależy od długości profilu i przekłada się na zasięg badań w pionie. W zależności od zadanego układu pomiarowego głębokość penetracji gruntu wynosi od 1/3 do 1/6 odległości między skrajnymi elektrodami. Zasięg ten zależy także od oporności badanego ośrodka gruntowego, uwarunkowanej m.in. przez: skład mineralny, wilgotność, porowatość i zasolenie (Schön, 2015).

W celu uzyskania informacji o rzeczywistej oporności gruntu dane pomiarowe poddano procesowi inwersji 2D. Interpretacji geofizycznej dokonano za pomocą oprogramowania Res2Dinv (Loke, 2016), które w sposób iteracyjny znajduje statystycznie najlepszy model ośrodka geologicznego, odzwierciedlający dane zmierzone w terenie.

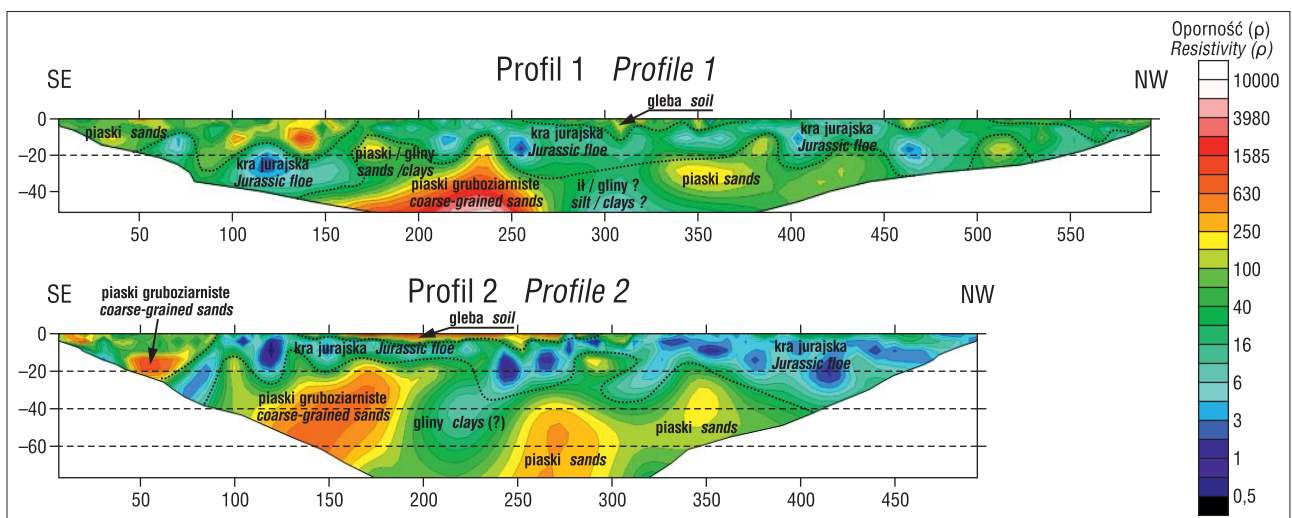
WYNIKI

We wszystkich czterech profilach badawczych (ryc. 6 i 7) stwierdzono obecność kry jurajskiej. Na przekrojach geoelektrycznych ility jurajskie są widoczne jako anomalie o najniższej oporności, rzędu od 1 do 20 Ωm . W profilach 1 i 2 zasięg kry jurajskiej wyinterpretowano na całej długości przekrojów, potwierdzając tym samym wyniki wcześniejszego kartowania geologicznego (Piątkiewicz, 1972; Kosmulska, 1973). W obu profilach stwierdzono

zmienną miąższość kry i głębokość jej zalegania pod powierzchnią terenu. Zróznicowanie litologiczne ility jurajskich, np. występujące w nich soczewki piasków gliniastych, mogą nieco zwiększać sumaryczną oporność kompleksu tych skał, dlatego w interpretacji przyjęto, że oporności od 1 do ok. 10 Ωm odpowiadają w profilu czarne ility jurajskie, oporności od 10 do 20 Ωm – ility z domieszką gliny, a oporności od 20 do 80 Ωm , miejscami do 100 Ωm – utwory gliniaste. Anomalie oporności przekraczające 100 Ωm świadczą o obecności piasków, przy czym im większa jest oporność, tym większy rozmiar ziaren piasku, ponieważ coraz większe pustki pomiędzy ziarnami mineralnymi znacząco zmniejszają przewodnictwo elektryczne.

W profilu 1 (ryc. 6) od strony SE obecność kry jurajskiej zaznacza się na głębokości 15–20 m p.p.t. Pomiędzy 50 a 150 m.b. profilu warstwa ility występuje bliżej powierzchni ziemi, a między 160 a 250 m jest widoczna jako wychodnia kry. Dalej na NW, pomiędzy 250 a 370 m profilu przy powierzchni ziemi widać ciekawą warstwę materiału wysokooporowego, co można zinterpretować jako obecność gleb i piasków, pod którymi na głębokości ok. 2–10 m kontynuuje się strop kry jurajskiej. Od 370 aż do 500 m profilu kra jurajska ponownie odsłania się na powierzchni ziemi, ale w pobliżu 450 m jej strop obniża się do głębokości ok. 5–7 m p.p.t. Obniżenie to jest najprawdopodobniej wypełnione utworami piaszczystymi. Względny wzrost oporności gruntu jest widoczny pomiędzy 500 a 600 m profilu, może on wskazywać na obecność glin lodowcowych zalegających na krze jurajskiej, której spąg znajduje się w tym miejscu na głębokości 2–10 m p.p.t. Pod krą jurajską występują piaski oraz gliny lodowcowe i być może ility.

W profilu 2 (ryc. 6) wybitnie niskooporowe anomalie, wskazujące na zasięg ilastych osadów kry, kontynuują się na prawie całej jego długości. Jednak miąższość kry i położenie jej stropu względem powierzchni ziemi są zmienne. Krę otaczają osady polodowcowe rozpoznane w profilu 1 (ryc. 2). Od strony SE do 90 m.b. profilu pod warstwą gleby występują osady generujące anomalię wysokooporową – prawdopodobnie są to suche piaski lub piaski gruboziarniste. Pod nimi zarysowuje się anomalia niskooporowa, która może pochodzić od ility jurajskich. Pomiędzy 100



Ryc. 6. Rozkład oporności gruntu w profilach 1 i 2 wraz z interpretacją geologiczną
Fig. 6. Resistivity imaging for profiles 1 and 2, including geological interpretation

a 150 m profilu kra osiąga miąższość ok. 20 m i dochodzi do powierzchni ziemi. Następnie, na odcinku pomiędzy 150 a 300 m profilu kontynuuje się pod warstwą gleby i prawdopodobnie piasków, na co wskazuje wysoka oporność osadów.

Oporność osadów między 300 a 500 m profilu wskazuje na dużą miąższość kry jurajskiej na tym odcinku, rzędu od 20 do nawet 40 m, i jej występowanie tuż pod powierzchnią terenu. Natomiast na podstawie danych uzyskanych z wierceń (ryc. 3) stwierdzono, że na terenie Rezerwatu Kra Jurajska maksymalna miąższość iłów wynosi 25,8 m (Piątkiewicz, 1972). Rozbieżność ta może wynikać z tego, że pod krą występują osady polodowcowe: piaski, gliny i iły, a najtrudniejsze i najmniej pewne jest geofizyczne wyznaczenie granicy pomiędzy iłami jurajskimi a drobnziarnistymi osadami czwartorzędowymi (glinami i iłami). Trudność ta jest efektem zbliżonych właściwości petrofizycznych tych skał, przez co charakteryzują się one podobną opornością.

Przekroje 3 i 4 (ryc. 7) odzwierciedlają oporność gruntów w północno-zachodniej części kry. Linia przekroju 3 (ryc. 7) przebiega w pobliżu odwiertu badawczego nr 51 (Piątkiewicz, 1972). W profilu tego otworu do głębokości 0,6 m występuje gleba i osady pylaste, a poniżej, między 0,6 a 16,9 m – ciemny ił jurajski, który zalega na glinach czwartorzędowych (Piątkiewicz, 1972).

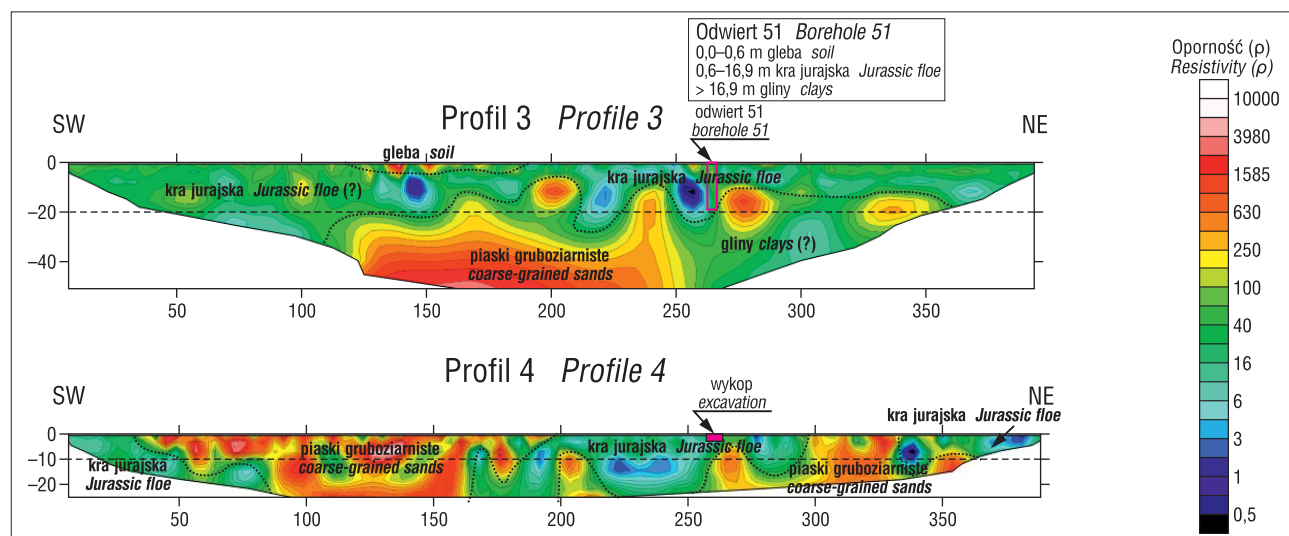
Na podstawie obrazowania geoelektrycznego stwierdzono, że osady kry jurajskiej występują na całej długości przekroju 3. Przeważnie są one przykryte cienką warstwą gleby i pyłu, a w niektórych miejscach piasku (na co wskazuje duża oporność osadów w pobliżu 150 m profilu). Miąższość kry jest zmienna – w SW części profilu osiąga ponad 20 m, a w części środkowej 15–20 m. Przypuszczalnie w środkowej części profilu kra zalega na wysokooporowych piaskach i żwirach lodowcowych, a w części NE, między 250 a 400 m – na glinach i być może iłach czwartorzędowych.

Linia ostatniego, 4 profilu (ryc. 7) znajduje się w odległości ok. 100 m od profilu 3 i jest do niego równoległa. Profil ten poprowadzono przez obszar wykopu. Według danych Urzędu Gminy w Łukowie wykop ten wykonano

wiosną 2016 r. w celu sprawdzenia, czy możliwe jest odsłonięcie na tym terenie osadów kry jurajskiej na potrzeby przyszłego geoparku. Od strony SW, na odcinku od 30 do 200 m profilu 4 pod powierzchnią terenu występuje duża łała osadów wysokooporowych – prawdopodobnie są to osady piaszczyste. Dalej w kierunku NE (w okolicach 220–250 m profilu) pod powierzchnią terenu pojawia się kra jurajska, której miąższość osiąga na tym odcinku ponad 20 m. Na podstawie wyników pomiarów nie można jednoznacznie stwierdzić, czy iły kry jurajskiej kontynuują się pod występującymi wcześniej w profilu osadami piaszczystymi. Wykop znajduje się w okolicy 260 m profilu, na krawędzi kry jurajskiej, która kontynuuje się pod powierzchnią terenu w kierunku SW. Natomiast w kierunku NE (między 300 a 350 m profilu) na powierzchni odsłaniają się piaski jeziorno-rzeczne, zalegające na warciańskich piaskach wodnolodowcowych (ryc. 2). Na końcu profilu ponownie pojawia się anomalia niskooporowa, która może wskazywać na obecność porwaka jurajskiego lub glin zwałowych.

Niestety, ze względu na problemy metodyczne, które uniemożliwiły zastosowanie innych trybów pomiarów niż SHORT, zasięg głębokościowy obrazowania oporności w profilu 4 był niewielki. Jednak wyniki uzyskane z pomiarów geoelektrycznych przeprowadzonych w tym profilu wskazują, że na tym niewielkim obszarze należałoby dokonać rewizji kartowania geologicznego, ponieważ zasięg osadów wyinterpretowany na podstawie wyników badań geofizycznych nie pokrywa się dokładnie z zasięgiem warstw skalnych wyrysowanym na Szczegółowej Mapie Geologicznej Polski (Małek, Buczek, 2007).

Zastosowanie rozstawu elektrod co 5 m umożliwiło, co prawda, uzyskanie zasięgu głębokościowego oraz horyzontalnego badań odpowiedniego do rozpoznania parametrów przestrzennych kry jurajskiej, ale spowodowało, że wynik obrazowania miał małą rozdzielczość. Planując w przyszłości podobne badania należałoby zmniejszyć odległość między elektrodami, co zwiększy rozdzielczość metody. Ponadto, bardzo duże zróżnicowanie litologiczne osadów lodowcowych może czasem powodować problemy z transmisją prądu elektrycznego z elektrod do ośrodków geologicznych, czego doświadczono w trakcie prac



Ryc. 7. Rozkład oporności gruntu w profilach 3 i 4 wraz z interpretacją geologiczną oraz lokalizacją odwiertu nr 51 i wykopu z 2016 r.

Fig. 7. Resistivity imaging for profiles 3 and 4, including geological interpretation. The profiles were supplemented with the data from the borehole 51 and an excavation of 2016

terenowych. Skutkuje to tym, że podczas matematycznego rozwiązania inwersji (czyli odwzorowania rzeczywistego rozkładu warstw przewodzących i słabo przewodzących) otrzymuje się zmienny pionowy zasięg rozpoznania geofizycznego.

W trzech pierwszych profilach pomiary przeprowadzono z zastosowaniem trybu SHORT + LONG. Teoretycznie dzięki zastosowaniu tego trybu należało się spodziewać dobrej rozdzielczości obrazowania do głębokości ok. 40 m (SHORT) i nieco słabszej do głębokości 80 m (LONG). Profil 4 wykonano tylko w trybie SHORT, w związku z tym spodziewano się rozpoznania geofizycznego do głębokości 40 m. Tymczasem otrzymano płytsze maksymalne zasięgi penetracji sygnału, sięgające odpowiednio do 50 m (profil 1), 75 m (profil 2), 50 m (profil 3) i 30 m (profil 4).

PODSUMOWANIE

Badania elektrooporowe umożliwiły zobrazowanie położenia i parametrów kry jurajskiej w Gołaszynie k. Łukowa. Obrazy przekrojów geoelektrycznych 1–3 wykazały dobrą zgodność z danymi pochodzącymi z kartowania geologicznego (Piątkiewicz, 1972), natomiast obraz 4 profilu wskazał na konieczność uszczegółowienia geologicznego rozpoznania terenu, zwłaszcza że profil ten przecina obszar, na którym możliwe byłoby wykonanie sztucznego odsłonięcia iltu jurajskiego na potrzeby ewentualnego geoparku. W związku z tym rekomendowane jest wykonanie kompleksowej analizy geofizycznej i geologicznej w rejonie profilu 4, w celu szczegółowego okonturowania kry jurajskiej w tym miejscu i wskazania istotnych anomalii geofizycznych, które powinny być zweryfikowane na podstawie danych z nowych odwiertów.

Rezultaty przeprowadzonych badań geoelektrycznych wskazały również do rozwiązania problem metodyczny, dotyczący wydzielenia granicy pomiędzy iltami i gliną polodowcową a czarnym iltom jurajskim. Właściwości elektryczne tych skał są bardzo zbliżone do siebie, przez co wszystkie te osady mogą być interpretowane jako jedna warstwa skalna. Taka interpretacja może prowadzić do błędnej oceny rzeczywistej miąższości kry jurajskiej. Dodatkowo interpretację utrudniają ilty z wkładkami glin (Piątkiewicz, 1972), ponieważ oporność tego typu skał powoduje łagodne przejście na obrazie geofizycznym od anomalii charakterystycznych dla iltów do anomalii cechujących gliny. Nieścisłości te można będzie rozwiązać stosując inne metody badań geofizycznych, tj. metodę potencjałów indukowanych (IP), potencjałów samoistnych (SP), metodę płytkiej sejsmiki refrakcyjnej czy też metodę georadarową (GPR).

Badania zostały sfinansowane ze środków przeznaczonych na działalność naukowo-badawczą organizacji EAGE Student Chapter of University of Silesia. Autorzy serdecznie dziękują za wsparcie logistyczne i merytoryczne pracownikom Muzeum

Regionalnego oraz Urzędu Gminy w Łukowie. Bardzo serdecznie dziękujemy recenzentom: dr. hab. Włodzimierzowi Mizerskiemu oraz dr. inż. Wojciechowi Klityńskiemu za cenne i trafne uwagi.

LITERATURA

- GAŁĄZKA D. 2004 – Zastosowanie metody makroskopowego oznaczania eratyków przewodnych do lokalizacji obszarów źródłowych wybranych kier jurajskich. *Prz. Geol.*, 52: 349–350.
- JAHN A. 1950 – Nowe dane o położeniu kry jurajskiej w Łukowie. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 19: 371–385.
- KONDRACKI J. 2009 – Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- KOSMULSKA R. 1973 – Dane o nieznanach dotychczas wystąpieniach iltów jurajskich w rejonie Łukowa. *Prz. Geol.*, 21: 440–441.
- KRISZTAŁOWICZ N. 1896 – Jurskie obrazowania w okrestnościach miasta Łukowa. *Jeżegodnik po geologii i mineralogii Rossii*, t. 2.
- LEWIŃSKI J., SAMSONOWICZ J. 1918 – Ukształtowanie powierzchni, skład i struktura podłoża dyluwium wschodniej części Niżu Północnoeuropejskiego. *Pr. Tow. Nauk. Warszawskiego*, 31: 1–118.
- LOKE M.H. 2016 – Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys. *Geotomosoft*, <http://www.geotomosoft.com/coursenotes.zip> – dostęp on-line 24 czerwca 2017.
- ŁUNIEWSKI A., ŚWIDZIŃSKI H. 1929 – W sprawie kry jurajskiej pod Łukowem. *Prz. Geogr.*, 9: 160–165.
- MAKOWSKI H. 1952 – La fauna Callovienne de Łuków en Pologne. *Paleont. Pol.*, 4: 1–62.
- MAKOWSKI H. 1962 – Problem of sexual dimorphism in ammonites. *Paleont. Pol.*, 12: 1–92.
- MAŁEK M. 2004 – Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50 000, ark. Siedlce Południe (565), Państw. Inst. Geol.
- MAŁEK M., BUCZEK K. 2007 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000, ark. Łuków (602), Państw. Inst. Geol.
- MAŁEK M., BUCZEK K. 2008 – Objasnienia do szczegółowej mapy Geologicznej Polski 1:50 000, ark. Łuków (602), Państw. Inst. Geol.
- MILSON J. 2003 – *Field geophysics*. John Wiley and Sons, Londyn, wyd. 3.
- MIZERSKI W. 1989 – Jurskie kry lodowcowe w okolicach Łukowa, [W:] Łuków i okolice w XIX i XX wieku, Wyd. Geol., Warszawa.
- MIZERSKI W., SZAMAŁEK K. 1985 – Charakterystyka geologiczno-surowcowa kelowejskich skał ilastych kry lodowcowej w rejonie Gołaszyna koło Łukowa. *Kwart. Geol.*, 29 (2): 369–382.
- MOJSKI J.E. 1972 – Nizina Podlaska, [W:] Galon R. (red.), *Geomorfologia Polski*, t. 2 – Niż Polski, PWN, Warszawa.
- MORAWSKI J. 1955a – Kra jurajska spod Łukowa w świetle prac wiertniczych. *Prz. Geol.*, 3 (9): 440–442.
- MORAWSKI J. 1955b – Materiały do znajomości kry jurajskiej pod Łukowem. *Annales UMCS, Sectio B*, t. 9: 1–45.
- PIĄTKIEWICZ A. 1972 – Dokumentacja geologiczna w kat. C2 złoża iltu jurajskiego do produkcji keramzytu w rejonie miejscowości Gołaszyn, pow. Łuków, woj. lubelskie. ZUGiT, Kielce.
- PASIERB B. 2012 – Techniki pomiarowe metody elektrooporowej. *Czasopismo Techniczne*, 23: 191–199.
- RUSZCZYŃSKA-SZENAŁCH H. 1976 – Glacitektoniczne depresje i kry lodowcowe na tle budowy geologicznej południowo-wschodniego Mazowsza i południowego Podlasia. *Stud. Geol. Pol.* 50: 1–106. *Plejstocen Polski*, cz. 11.
- RÜHLE E. 1969 – Przekrój geologiczny utworów czwartorzędowych w Łukowie na Podlasiu. *Biul. Inst. Geol.*, 220.
- SCHÖN J.H. 2015 – *Physical properties of rocks: Fundamentals and principles of Petrophysics*. Elsevier, Oxford.
- ZARZĄDZENIE Ministra Leśnictwa i Przemysłu Drzewnego z dnia 15 grudnia 1980 r. w sprawie uznania za rezerwat przyrody. *Monitor Polski*, 1980 nr 30 (z dnia 30 grudnia 1980 r.), poz. 171, s. 244.
- ZATOŃ M. 2011 – Skarb z północy. *Rocz. Muz. Ewolucji*, 3: 2–9.

Praca wpłynęła do redakcji 3.04.2017 r.
Akceptowano do druku 3.08.2017 r.