

Dr hab. Marek Rembiś
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska

Opinia
na temat sposobu zabezpieczenia płyty kamiennej z tropami dinozaurów,
znajdującej się w rezerwacie przyrody Gagaty Soltykowskie

Kraków, 02.08.2018 r.

1. Wstęp

Opinia została wykonana na zlecenie Regionalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska w Kielcach (Umowa nr 42/2018 z dnia 30 lipca 2018).

Celem opinii było wskazanie zabiegów i materiałów konserwatorskich, niezbędnych do przeprowadzenia skutecznej konserwacji, ograniczającej wpływ czynników atmosferycznych na płytę kamienną z tropami dinozaurów, znajdującą się w rezerwacie przyrody Gagaty Sołytkowskie.

Obiekt (płyta kamienna) będący przedmiotem opinii, znajduje się w dawnym wyrobisku mułowców i iłowców, eksploatowanych dla potrzeb przemysłu ceramicznego (produkcja cegieł). W obrębie tych skał występują szaro-brązowe piaskowce tworzące nieciągłe ławice o soczewkowatym kształcie. Wymienione skały reprezentują utwory formacji zagajskiej wieku dolnego hetangu (najniższa jura) (Niedźwiedzki 2011; Pieńkowski 1983, 1991, 2004a i b; Pieńkowski, Niedźwiedzki 2008) i stanowią zapis ekosystemu lądowego, związanego z rozwojem rzeki anastomozująco-meandrującej oraz przyległych do niej obszarów równi zalewowej (G. Niedźwiedzki, 2011).

Na powierzchniach ławic piaskowców występują unikalne ślady wegetacji roślinnej i działalności życiowej jurajskich zwierząt, w tym zwłaszcza dinozaurów, zachowane głównie w formie naturalnych odlewów, ale także tropów właściwych (utrwalonych w formie odcisków) i źle zachowanych śladów, reprezentujących tzw. podtropy (Niedźwiedzki, 2006).

Fragment ławicy takiego piaskowca, określanego jako płyta kamienna, z zachowanymi tropami właściwymi zauropodów i teropodów, został poddany ochronie i zabezpieczony przez osłonięcie go drewnianą wiatą i w ten sposób udostępniony do zwiedzania. Obecnie, po kilkuletniej ekspozycji w takich warunkach, podjęta została decyzja o wykonaniu niezbędnych prac konserwatorskich polegających na oczyszczeniu i wzmocnieniu struktury kamienia, zabezpieczając go na kolejne lata przed niszczącym działaniem czynników atmosferycznych i antropogenicznych.

2. Wyniki obserwacji

Pierwszym działaniem wykonanym w ramach realizacji zapisów umowy nr 42/2018 było dokonanie oględzin płyty kamiennej przeznaczonej do konserwacji. Stwierdzono, że ławica piaskowcowa (płyta kamienna) osłonięta wiatą, jest nieznacznie nachylona zgodnie z naturalnym zaleganiem warstw w tej części wyrobiska. Zapewnia to naturalny, grawitacyjny

spływ wody z jej powierzchni. Jednocześnie jednak może być ona zalewana przez wodę spływającą z wyżejleżących ławic. Zjawisko to zostało częściowo ograniczone poprzez wykonanie powyżej wiaty, kamiennego, odpowiednio wyprofilowanego murka, którego zadaniem jest odprowadzenie napływającej wody poza obręb wiaty. Ochronę przedmiotowej płyty przed opadami atmosferycznymi stanowi także zadaszenie wiaty, którego dość szeroki okap odprowadza wodę daleko poza płytę. Drewniane ścianki wiaty, posadzone na niskim fundamencie, dodatkowo zabezpieczają płytę, utrudniając wejście zwierzętom i ludziom na jej powierzchnię. W jednej z części fundamentu wykonane są trzy otwory, których celem jest umożliwienie odpływu wody zgromadzonej we wnętrzu wiaty (Fot. 1-3).

Płyta kamienna znajdująca się we wnętrzu wiaty zalega najprawdopodobniej w swoim naturalnym położeniu, gdyż nie stwierdzono śladów jej odspajania od podłoża lub przemieszczania. Nie jest znana jej grubość, gdyż nie wykonywano odkrywki, jednak z obserwacji jej bocznej części oraz oceny głębokości spękań i odcisków dinozaurów, można wnioskować, że posiada grubość co najmniej 20 cm. Na powierzchni płyty widać tropy właściwe dinozaurów oraz liczne spękania, będące naturalnymi płaszczyznami podzielności górotworu. Stanowią one sieć wzajemnie przecinających się szczelin o zróżnicowanej szerokości i nieznannej głębokości, być może przecinających całą miąższość ławicy (płyty) piaskowca (Fot. 1-5). Na powierzchni płyty widoczne są zachowane szczątkowo ślady brunatnego pigmentu, który został zastosowany w celu lepszej ekspozycji tropów, podczas poprzednio realizowanej konserwacji kamienia (Fot. 2, 3). Powierzchnia płyty jest silnie zabrudzona i wyraźnie widoczna jest na niej warstwa nawarstwienia pyłowo-organicznego o szaro-czarnym zabarwieniu. Szczeliny oraz ślady dinozaurów są zabrudzone i w różnym stopniu wypełnione rozkruszonymi fragmentami piaskowca oraz nawiewanym pyłem (Fot. 1-5). Boczne fragmenty płyty zasiedlane są przez roślinność (Fot. 6). W obrębie płyty zauważalne są przejawy postępującej deterioracji wywołanej czynnikami biologicznymi oraz fizycznymi, takimi jak zamróż i insolacja. Nie można wykluczyć także niszczącego działania czynnika antropogenicznego, wynikającego z niewłaściwego (szkodliwego) zachowania się osób odwiedzających obiekt. W efekcie oddziaływania na kamień zróżnicowanych czynników niszczących, płyta kamienna ulega stopniowemu wykruszaniu się i rozpada się na mniejsze fragmenty. Tropy dinozaurów są obecnie słabo czytelne i bez wykonania ich zabezpieczenia mogą one ulec całkowitemu rozpadowi.

W celu ustalenia metod i materiałów konserwatorskich niezbędnych do wykonania zabezpieczenia płyty kamiennej, pobrano próbkę piaskowca, reprezentującą jedną z luźnych brył znajdujących się w obrębie wiaty (Fot. 7). Obserwacje makroskopowe wykazały, że na

powierzchni próbki utworzyło się naskorupienie o szaro-brunatnej barwie. Ulega ono rozpadowi i złuszcza się wzdłuż tworzących się spękań, ujawniając leżący głębiej system korzeniowy roślin zasiedlających kamień. Rozłupanie próbki na drobniejsze fragmenty wykazało, że na jej powierzchni widoczna jest kora zwietrzelinowa o zmiennej grubości, dość łatwo złuszcząca się, pod którą znajduje się wewnętrzna, zwięzła część piaskowca (Fot. 8). Obserwacje powierzchni przełamu piaskowca, wykazały, że w takiej, stosunkowo dobrze zachowanej części wewnętrznej jest on brunatno-szary, jednak dość niejednorodny, co wyraża się obecnością nieregularnych plamek i skupień o czarnej lub ciemnobrązowej barwie (Fot. 9). Skała jest bardzo zwięzła i drobnoziarnista.

3. Wyniki badań laboratoryjnych

Badania laboratoryjne obejmowały wykonanie analizy petrograficznej piaskowca oraz określenie wartości jego nasiąkliwości wagowej i gęstości objętościowej. Z uwagi na stwierdzoną makroskopowo strefowość budowy wewnętrznej piaskowca wywołaną wietrzeniem, bryłę piaskowca rozbito na trzy fragmenty, stanowiące oddzielne próbki o nr 1, 2 i 3, dla których indywidualnie określono wspomniane wyżej właściwości fizyczne, a następnie obliczono wartość średnią dla uzyskanych wyników.

3.1. Badania petrograficzne

W celu określenia składu mineralnego piaskowca, z pozyskanej próbki wykonano standardowy preparat przeznaczony do mikroskopowych badań w spolaryzowanym świetle przechodzącym. Analiza wykonana metodą mikroskopową obejmowała identyfikację składników mineralnych. Zwrócono też uwagę na ich wielkość, pokrój i stan zachowania. Zagadnienia te przedstawiono na mikrofotografiach. Próbkę badano przy użyciu petrograficznego, polaryzacyjnego mikroskopu optycznego do światła przechodzącego JENAPOL (Carl Zeiss Jena), wyposażonego w cyfrową kamerę Nikon DS-Fi1 o rozdzielczości 5 mln pikseli, z analizatorem obrazu NIS-Elements BR 3.2 (Nikon Corporation, Tokyo).

Obserwacje mikroskopowe wykazały, że skała ma strukturę psamitową, równoziarnistą, a teksturę bezładną i zwięzłą. Powszechnym składnikiem, który stanowi jej szkielet ziarnowy jest kwarc monokrystaliczny o prostym wygaszaniu światła. Jego ziarna mają rozmiary od 0,05 mm do 0,25 mm, zwykle jednak zawierają się w przedziale 0,08-0,12 mm. Są ostrokrawędziste, w wielu z nich obserwuje się zatoki korozyjne. Ziarna kwarcu rozmieszczone są nieregularnie w obrębie spoiwa. W wielu miejscach występują w dużym

nagromadzeniu, koncentrując się w wydłużonych smugach. W innych miejscach są nieliczne, z rzadka rozsiane w obfitym spoiwie (Fot. 10, 11). Oprócz nich dość powszechne są niewielkie skupienia zwęglonej flory oraz wodorotlenków żelaza i pirytu. W dużym udziale obecne są sferolity syderytowe o włóknistych lub klinowych kryształach, układających się promieniście wokół jądra (Fot. 12). Średnice sferolitów mieszczą się w przedziale 0,3-0,5 mm. W niewielkim udziale stwierdzono obecność kryształów dolomitu o pokroju wydłużonych romboedrów, usytuowanych w cienkich laminach złożonych głównie z chlorytów (Fot. 13). Spoiwo zdominowane jest przez syderyt oraz wodorotlenki żelaza i minerały ilaste. W ich obrębie obecne są izolowane skupienia mikrokryształicznej krzemionki o nieregularnych kształtach i zróżnicowanych rozmiarach (Fot. 14, 15). Związki żelaza, oprócz występowania w formie rozproszonej w obrębie spoiwa, koncentrują się także w formie lamin lub wydłużonych smug (Fot. 16, 17). W skale obecne są niewielkie pory o nieregularnych rozmiarach, rozpoznawalne mikroskopowo. Należy przyjąć, że występują w niej także liczne mikropory usytuowane pomiędzy blaszkami minerałów ilastych oraz cząstkami związków żelaza. Pod względem petrograficznym omawiana skała to piaskowiec oligomiktyczny, drobnoziarnisty o spoiwie żelazisto-syderytowo-ilasto-krzemionkowym.

3.2. Nasiąkliwość wagowa i gęstość objętościowa

Nasiąkliwość wagowa (nasiąkliwość przy ciśnieniu atmosferycznym) określa ilość wody, jaką może wchłonąć materiał mineralny w warunkach badania. Właściwość ta jest jedną z najważniejszych oraz najczęściej oznaczanych dla oceny jakości skał, wpływa bowiem pośrednio na ich odporność względem fizycznych, chemicznych i biologicznych czynników niszczących. Wielkość tego parametru określono według normy PN-EN 13755:2008. Próbkę wysuszono do stałej masy i zważono z dokładnością do 0,01 g. Następnie umieszczono je w pojemniku na podkładkach i dodawano wodę o temperaturze 20°C, stopniowo zwiększając jej poziom aż do całkowitego zanurzenia próbek pod wodą. Po czasie 48 godzin próbki wyjęto i zważono. Wynik nasiąkliwości (A_b) dla każdej próbki obliczono z równania:

$$A_b = \frac{m_s - m_d}{m_d} \cdot 100$$

gdzie

m_s - masa próbki nasyconej wodą

m_d – masa suchej próbki

Gęstość objętościowa jest to parametr przydatny dla oceny udziału pustych porów w relacji do składników szkieletu skały. Właściwość ta jest komplementarna wobec oznaczeń nasiąkliwości wagowej.

W celu określenia wartości gęstości objętościowej każdą próbkę zważono, po czym włożono do naczynia próżniowego i stopniowo obniżano ciśnienie do uzyskania 2,0 kPa (15 mm Hg). Utrzymywano to ciśnienie przez 24 godziny, a następnie wprowadzano wodę dejonizowaną aż do całkowitego zanurzenia próbek. Po kolejnych 24 godzinach przywrócono w naczyniu ciśnienie atmosferyczne i pozostawiono próbki w wodzie na 24 godz. Zważono próbki w wodzie na wadze hydrostatycznej, a następnie mokre, po ich wyjęciu z wody. Gęstość objętościową (w kg/m^3) wyrażono jako stosunek masy suchej próbki do objętości próbki, zgodnie ze wzorem:

$$\rho_b = \frac{m_d}{m_s - m_h} \cdot \rho_{rh}$$

gdzie

m_d – masa wysuszonej próbki,

m_s – masa nasyconej próbki,

m_h – masa próbki zanurzonej w wodzie,

ρ_{rh} – gęstość wody, w temp 20°C

Wartości poszczególnych parametrów otrzymane w wyniku przeprowadzonych badań przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Wartość gęstości objętościowej i nasiąkliwości wagowej piaskowców.

Nazwa parametru	Metoda badania	Próbka nr 1	Próbka nr 2	Próbka nr 3	Wartość średnia
Nasiąkliwość, A_b [%]	PN-EN 13755: 2008	2,18	2,19	2,89	2,42
Gęstość objętościowa, ρ_b [kg/m^3]	PN-EN 1936: 2010	3,12	3,02	2,95	3,03

Na podstawie uzyskanych wyników badań można stwierdzić, że piaskowiec budujący ławicę z zachowanymi tropami dinozaurów, posiada zróżnicowaną wartość gęstości objętościowej, mieszczącą się w zakresie $2,95\text{-}3,12 \text{ kg/m}^3$, przy wartości średniej równej $3,03 \text{ kg/m}^3$. Zmienność ta wynika z różnego w nich udziału porów otwartych i zamkniętych. Jest to

efektem nierównomiernego rozmieszczenia się składników spoiwa i ich zróżnicowania petrograficznego.

Badane próbki ze względu na przedstawioną wartość gęstości objętościowej, należą wg klasyfikacji zawartej w normie PN-84/B-01080 do skał bardzo ciężkich, czyli do najwyższej kategorii skał, posiadających wartość tego parametru powyżej $2,6 \text{ kg/m}^3$. Tym samym wielkość ta jest dużo wyższa od wartości charakterystycznej dla wielu piaskowców, reprezentujących różne jednostki litostratygraficzne. Wysoka wartość tego parametru wynika z dużej zawartości syderytu oraz związków żelaza obecnych w skale.

Analiza uzyskanych wyników badań wykazała, że piaskowiec charakteryzuje się wielkością nasiąkliwości wagowej wynoszącą od 2,18% do 2,89% (średnio 2,42%). Zróżnicowana wartość tego parametru w poszczególnych próbkach zależy przede wszystkim od różnego udziału porów otwartych, ich wielkości, kształtu oraz sposobu ich komunikacji. Cechy te kształtowane były warunkami precypitacji składników spoiwa, takich jak syderyt, krzemionka i związki żelaza oraz nasileniem zachodzących później przemian diagenetycznych skały. Według klasyfikacji zawartej w normie PN-84/B-01080 badany piaskowiec należy do skał mało nasiąkliwych, czyli do grupy skał o nasiąkliwości w przedziale 0,5-5%.

4. Charakterystyka proponowanych prac i materiałów konserwatorskich

Analiza aktualnego sposobu zabezpieczenia płyty piaskowcowej oraz stanu jej zachowania, w odniesieniu do charakterystyki litologicznej tej skały, pozwala na wskazanie niezbędnych do wykonania metod konserwatorskich oraz materiałów najbardziej odpowiednich do rodzaju konserwowanej skały. Prace związane z konserwacją płyty piaskowcowej można podzielić na dwa zadania. Jedno z nich obejmuje roboty ogólnobudowlane, związane z poprawą jakości bezpośredniego otoczenia płyty. Ich wykonanie będzie miało wpływ na ograniczenie zawodnienia płyty, które w połączeniu z innymi czynnikami, jest jedną z głównych przyczyn destrukcji kamienia. Do robót tych należy wykonanie drenażu francuskiego, montaż rynny dachowej i korekta położenia otworów odwadniających, znajdujących się w fundamencie wiaty. Drugie zadanie dotyczy bezpośrednio konserwacji kamienia, obejmującej jego oczyszczenie i wzmocnienie. Oba zadania nie są ze sobą bezpośrednio związane pod względem technologicznym i mogą zostać wykonane niezależnie od siebie.

4.1. Drenaż francuski

Obserwacje bezpośredniego otoczenia wiaty wykazały, że powierzchniowa woda spływająca z wyższych części spągu wyrobiska, jest skutecznie zatrzymywana przed wiatą i odprowadzana poza nią przez istniejący murek ochronny. Jednak w obrębie ławic budujących spąg wyrobiska zauważono liczne pionowe spękania, których obecność zaburza ciągłość ławic i powoduje, że część wody zamiast spływać po ich powierzchni, wnika do ich wnętrza. W dalszej kolejności woda może przemieszczać się systemem spękań lub w przestrzeniach między ławicami piaskowców w stronę wiaty i przyczyniać się do zawilgocenia płyty znajdującej się w wiacie. Aby ograniczyć to zjawisko, wskazane byłoby wykonanie tzw. drenażu francuskiego, zapewniającego odbiór, a następnie odprowadzenie nadmiaru wody poza wiatę. W tym celu, powyżej murka ochronnego, należy wykonać wykop (rów) o długości odpowiadającej szerokości wiaty, szerokości co najmniej 20 cm i głębokości zapewniającej przechwytywanie wody przepływającej szczelinami w stronę płyty poddanej ochronie. Wykop należy wyłożyć odpowiednio dobraną geowłókniną igłowaną i wypełnić kruszywem żwirowym o frakcji najlepiej 16-63 mm, a następnie zamknąć dren za pomocą metalowych szpilek typu U. Górną część drenu należy pokryć bryłami i drobniejszymi okruchami piaskowca pochodzącymi z wyrobiska, maskując w ten sposób obecność drenu.

4.2. Montaż rynny dachowej

Obserwacje terenowe wykazały, że woda spływająca z dość dużej powierzchni dachu wiaty, częściowo wsiąka w pas podłoża znajdujący się między murkiem ochronnym a fundamentem, a następnie może bez większych przeszkód przesiąkać do płyty znajdującej się w wiacie. W celu ograniczenia tego procesu, na dachu wiaty powinny zostać zamontowane rynny, a woda winna być z nich odprowadzana poniżej wiaty. Nie wydaje się być koniecznym montaż rur spustowych, wystarczające może być zastosowanie tzw. rzygaczy.

4.3. Korekta położenia otworów odwadniających w fundamencie wiaty

Jak wspomniano wcześniej, w jednej ze ścian fundamentu wykonane są trzy otwory wykończone rurami PCV, których zadaniem jest odprowadzanie nadmiaru wody zgromadzonej w wiacie. Obserwacje wykazały, że są one jednak umieszczone zbyt wysoko w stosunku do powierzchni płyty kamiennej poddanej ochronie i w związku z tym niemal zupełnie nie spełniają swojej roli. Wymagane jest ponowne wykonanie tego typu otworów, jednak umieszczonych znacznie niżej, tj. w taki sposób, aby płaszczyzna stanowiąca przedłużenie stropu płyty piaskowcowej przechodziła przez środek wysokości otworu.

Należałoby rozważyć zasadność wykonania dodatkowego zabezpieczenia płyty w postaci siatek nylonowych rozciągniętych między dachem a ścianami wiaty. Ograniczyłyby one dostęp ptaków do płyty, a być może zniechęciłyby także osoby odwiedzające obiekt do przeskakiwania przez ogrodzenie i deptania płyty.

4.4. Czyszczenie i wzmocnianie kamienia

Prace związane z wykonaniem czyszczenia i wzmocnienia kamienia winny być wykonane koniecznie pod nadzorem geologa oraz konserwatora kamiennych dzieł sztuki, wspólnie podejmujących decyzje dotyczące rodzaju działań, ich kolejności i wyboru materiałów konserwatorskich. Niedopuszczalne jest wykonywanie tych prac samowolnie przez wykonawcę lub samowolna zmiana przez wykonawcę ustaleń i zaleceń przekazanych przez osoby nadzorujące konserwację.

Pierwszym zabiegiem, jakiemu poddany winien zostać kamień, jest odkurzenie jego powierzchni oraz szczelin i zagłębień z luźnych cząstek piaszczystych i pyłowych oraz mechaniczne usunięcie roślinności. Następnym etapem działań winno być zabezpieczenie luźnych elementów płyty, poprzez podklejenie ich lub ewentualne udokumentowanie i zebranie w celu wklejenia elementów po oczyszczeniu całego obiektu. Konieczne jest również odsłonięcie krawędzi płyty poprzez odkopanie, co umożliwi dokładne oczyszczenie całego obiektu oraz ułatwi w późniejszym etapie jego impregnację.

Po takim przygotowaniu płyty należy przystąpić do oczyszczenia jej powierzchni z nawarstwień trwale do niej przylegających. W tym zakresie proponowane są metody naturalne, ze względu na to, iż płyta jest posadowiona w bezpośrednim połączeniu z gruntem, co utrudnia zabezpieczenie terenu przed dostaniem się środków chemicznych do ziemi. Ze względu na to, że obiekt znajduje się pod zadaszeniem i został już wcześniej poddany pracom konserwatorskim, do oczyszczenia omówionego powyżej piaskowca wystarczająca powinna być metoda termopary pod ciśnieniem, przy użyciu parownicy firmy Kärcher. W razie potrzeby może zostać zastosowany dodatkowo biodegradowalny preparat dedykowany do czyszczenia kamieni firmy Kärcher, który jest aplikowany wraz z gorącą parą i zmiękcza powstałe zabrudzenia na powierzchni kamienia. Do doczyszczenia mocno zabrudzonych powierzchni proponuje się zastosowanie metody strumieniowo-ściernej przy użyciu piaskarki lub mikropiaskarki z odpowiednio dobranym kruszywem i ciśnieniem. Rozpoczęcie prac przy płycie powinno zostać rozpoczęte od prób, w celu dobrania odpowiednich metod oraz środków, gdyż piaskowiec może wykazywać w różnych częściach płyty zmienną zwięzłość i

zróżnicowany stopień zabrudzenia. Należy mieć na uwadze, że zastosowanie zbyt radykalnych metod może spowodować uszkodzenie piaskowca lub zatarcie unikatowych śladów dinozaurów.

Kolejnym etapem prac jest przeprowadzenie impregnacji wzmacniającej strukturę kamienia. Płyta przeznaczona do impregnacji musi dokładnie wyschnąć, zwłaszcza, gdy poddana była oczyszczeniu metodą termopary. Po jej dokładnym wyschnięciu należy wkleić luźne elementy, które zostały zebrane i udokumentowane (jeśli nie zostało to wykonane przed oczyszczeniem powierzchni). Sklejenie luźnych fragmentów płyty, powinno zostać wykonane przy użyciu żywicy epoksydowej zagęszczonej krzemionką koloidalną.

Właściwy zabieg impregnacji wzmacniającej strukturę kamienia należy wykonać w warunkach temperatury nie wyższej niż $+25^{\circ}\text{C}$ i nie niższej niż $+8^{\circ}\text{C}$, w dzień bezdeszczowy. Do jego wykonania zaleca się zastosowanie preparatów takich jak KSE 100 i KSE 300 firmy Remmers. Impregnacja musi zostać rozpoczęta od preparatu KSE 100, powinna zostać wykonana metodą powlekania przy użyciu pędzli lub polewania, ale wyłącznie na środku płyty, aby impregnat nie spływał z powierzchni kamienia do gruntu lub nie wnikał nadmiernie w szczeliny. Na krawędziach płyty dopuszczalna jest wyłącznie metoda powlekania. Impregnat powinien być aplikowany, aż do momentu ustania jego chłonięcia przez kamień. Następnie całość należy dokładnie zakryć grubą folią, aby ograniczyć odparowywanie impregnatu, co umożliwi i ułatwi jego penetrację w głąb kamienia oraz zapewni prawidłowe warunki do przebiegu hydrolitycznej polikondensacji substancji czynnej, decydując o trwałości i skuteczności efektu wzmocnienia struktury kamienia. Po upływie tygodnia czasu, impregnację należy powtórzyć, ale przy użyciu preparatu KSE 300. Czynność jest dokładnie tak samo wykonywana, a na koniec całość należy dokładnie zabezpieczyć folią i pozostawić pod przykryciem na minimum tydzień czasu. Przez cały czas trwania impregnacji, należy kontrolować, aby płyta nie była narażona na działanie wód opadowych. Zużycie impregnatu w dużej mierze jest zależne od stanu zachowania płyty i chłonności kamienia, jednak biorąc pod uwagę opisaną wcześniej wielkość nasiąkliwości wagowej piaskowca, nie powinno być ono mniejsze niż 0,5 l preparatu na 1 m^2 kamienia. Zasada ta dotyczy każdego etapu impregnacji, czyli w przypadku powierzchni kamienia równej 60 m^2 powinno zostać zużyte nie mniej niż 30 litrów każdego rodzaju impregnatu.

Po wykonaniu impregnacji, odsłonięte krawędzie płyty powinny zostać przysypane drobnymi okruchami piaskowca oraz grysem piaskowcowym, co usprawni odprowadzanie wody, zapobiegając podmakaniu płyty.

Po upływie minimum dwóch tygodni od wykonania impregnacji, konieczne jest zabezpieczenie spękań obecnych na powierzchni całej płyty. W miejscach spękań należy wykonać iniekcję w celu uszczelnienia i zespolenia spękanych fragmentów płyty. Do iniekcji proponuje się zastosowanie żywicy iniekccyjnej Injektionsharz 100 firmy Remmers. Zabieg ten należy wykonać przy użyciu dużych strzykawek, tak, aby preparat został dokładnie wprowadzony w spękania.

Ostatnim etapem prac winno być dokładne uszczelnienie spękań barwioną masą sztucznego kamienia, przy użyciu Restauriermörtel firmy Remmers, dobraną pod względem kolorystycznym i grubością uziarnienia do piaskowca. Uzupelnienia w spękaniach powinny zostać wykonane tak, aby nie licowały się z powierzchnią kamienia.

Nie przewiduje się wykonania impregnacji hydrofobizującej powierzchnię kamienia. Impregnacja ta z natury swojej ogranicza dostęp wilgoci w głąb kamienia i jest powszechnie wykonywana przy wielu pracach budowlanych oraz konserwatorskich. W przypadku omawianego obiektu, który nie posiada izolacji poziomej odcinającej dopływ wilgoci z podłoża, takie uszczelnienie powierzchni kamienia utrudniłoby naturalne odprowadzanie z niego wilgoci poprzez parowanie i w bardzo krótkim czasie doprowadziłoby do przyspieszonej destrukcji płyty.

Trwałość zabezpieczenia skały przed niszczącym wpływem czynników atmosferycznych i antropogenicznych, jest uzależniona od poprawności wykonania zabiegu konserwacji oraz nasilenia i rodzaju czynników niszczących, jakie w kolejnych latach będą oddziaływały na kamień. Zakłada się, że w przypadku poprawnie wykonanej konserwacji i oddziaływania czynników atmosferycznych i antropogenicznych o zwyczajnym natężeniu i rodzaju, typowym dla regionu, w którym znajduje się rezerwat Gagaty Sołtykowskie, efekt wzmocnienia struktury płyty piaskowcowej powinien utrzymać się w okresie co najmniej 10-15 lat. Po tym okresie mogą być niezbędne do wykonania prace związane z konserwacją kamienia w okolicy szczelin i zagłębień, np. podklejanie, wypełnianie szczelin. Zakonserwowana płyta powinna być poddawana bieżącej kontroli i systematycznej konserwacji prewencyjnej polegającej na usuwaniu z niej (zdmuchiowaniu lub ewentualnie delikatnym zamiataniu) gromadzących się drobnych frakcji piaszczystych i pyłowych oraz mechanicznym usuwaniu roślin rozwijających się we wnętrzu wiaty. Takie działania powinny być prowadzone przynajmniej raz w roku. W przypadku stwierdzenia na powierzchni płyty obecności ciemnoszarych nawarstwień pyłowo-organicznych lub plam spowodowanych przez odchody zwierzęce lub wywołane wandalizmem osób odwiedzających obiekt, powinna zostać

umyta czystą wodą, z dopuszczalnym zastosowaniem miękkiej szczotki. Przynajmniej raz na 2 lata powinna zostać dokonana ocena zwięzłości płyty, zwłaszcza w pobliżu szczelin oraz śladów dinozaurów, dla stwierdzenia, czy nie zachodzi w tych miejscach odpryskiwanie fragmentów kamienia. Szczegółowe uwagi dotyczące postępowania z obiektem powinny zostać przekazane Zamawiającemu przez osoby nadzorujące prace konserwatorskie, bezpośrednio po ich zakończeniu.

5. Uwagi końcowe

Przed rozpoczęciem omówionych powyżej prac konserwatorskich, powinno być zorganizowane posiedzenia komisji, w skład której wchodziłoby przedstawiciele Zleceniodawcy, Wykonawcy oraz Nadzoru reprezentowanego przez geologa i konserwatora kamiennych dzieł sztuki. Celem tego posiedzenia byłoby ustalenie przebiegu prac, metod oraz środków, które zostaną użyte. Kolejne spotkanie takiej komisji powinno się odbyć w trakcie realizacji prac, w celu dokładnego sprawdzenia ich przebiegu. Trzecie spotkanie komisji, zrealizowane po zakończeniu prac, powinno zakończyć się podjęciem decyzji o zakończeniu prac lub ewentualnych dalszych pracach. Po każdym spotkaniu komisji winien być spisany protokół, z zapisanym celem i metodyką realizowanych działań, a także wykonanymi pracami i wszelkimi uwagami odnośnie prac i obiektu.

Autor wyraża podziękowanie dr. hab. Janowi Urbanowi z PIG PIB za udostępnienie zdjęć wykonanych przez niego w trakcie wspólnie wykonanych oględzin obiektu i wyrażenie zgody na ich umieszczenie w niniejszej opinii.

Bibliografia

- Niedźwiedzki G., 2006. Ślady wielkich teropodów z wczesnojurajskich osadów Gór Świętokrzyskich. *Przegląd Geologiczny*, 54, 7: 615-621
- Niedźwiedzki G., 2011. Tropy dinozaurów z wczesnojurajskiego ekosystemu z Sołtykowa w Górach Świętokrzyskich. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, 447: 49-98.
- Pieńkowski G. 1983. Środowiska sedymentacyjne dolnego liasu północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. *Przegląd Geologiczny*, 31, 4: 223-231.
- Pieńkowski G. 1991. Eustatically-controlled sedimentation in the Hettangian-Sinemurian (Early Liassic) of Poland and Sweden, *Sedimentology*, 38: 503-518.
- Pieńkowski G. 2004. The epicontinental Lower Jurassic of Poland. *Polish Geological Institute, Special papers*, 12.

- Pieńkowski G. 2004. Sołtyków – unikalny zapis paleoekologiczny wczesnojurajskich utworów kontynentalnych. *Tomy Jurajskie*, 2: 1-16.
- Pieńkowski G. & Niedźwiedzki G. 2008. Invertebrate trace fossil assemblages from the Lower Hettangian of Sołtyków, Holy Cross Mountains, Poland. *Volumina Jurassica*, 6: 109-131, Proceedings of the 7th International Congress on the Jurassic System, September 6-18, 2006, Kraków, Poland.



Fot. 1. Fragment powierzchni płyty z tropami dinozaurów. W ścianie fundamentu widoczne są otwory służące do odprowadzania wody. (Fot. J. Urban)



Fot. 2. Fragment powierzchni płyty z tropami dinozaurów. Na powierzchni widoczne są resztki pigmentu zastosowanego podczas poprzedniej konserwacji. (Fot. J. Urban)



Fot. 3. Fragment powierzchni płyty z tropami dinozaurów. Widoczny pigment pokrywający powierzchnię płyty. (Fot. J. Urban)



Fot. 4. Fragment powierzchni płyty z tropami dinozaurów. Liczne, przecinające się spękania wypełnione pyłem i drobnymi ziarnami piaskowca. (Fot. J. Urban)



Fot. 5. Fragment powierzchni płyty z tropami dinozaurów. Liczne spękania i tropy dinozaurów wypełnione pyłem i drobnymi ziarnami. (Fot. J. Urban)



Fot. 6. Fragment powierzchni płyty z tropami dinozaurów. Na obrzeżu płyty widoczny rozwój roślin zasiedlających wnętrza wiaty. (Fot. J. Urban)



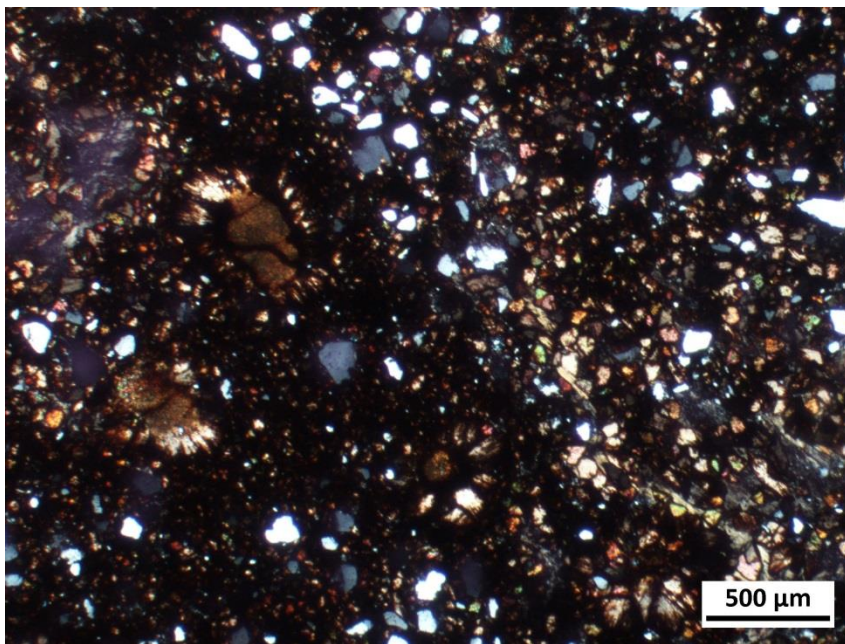
Fot. 7. Widok makroskopowy bryły piaskowca pobranej do badań laboratoryjnych. Widoczne jest naskorupienie, pod którym rozwija się system korzeniowy roślin. (Fot. M. Rembiś)



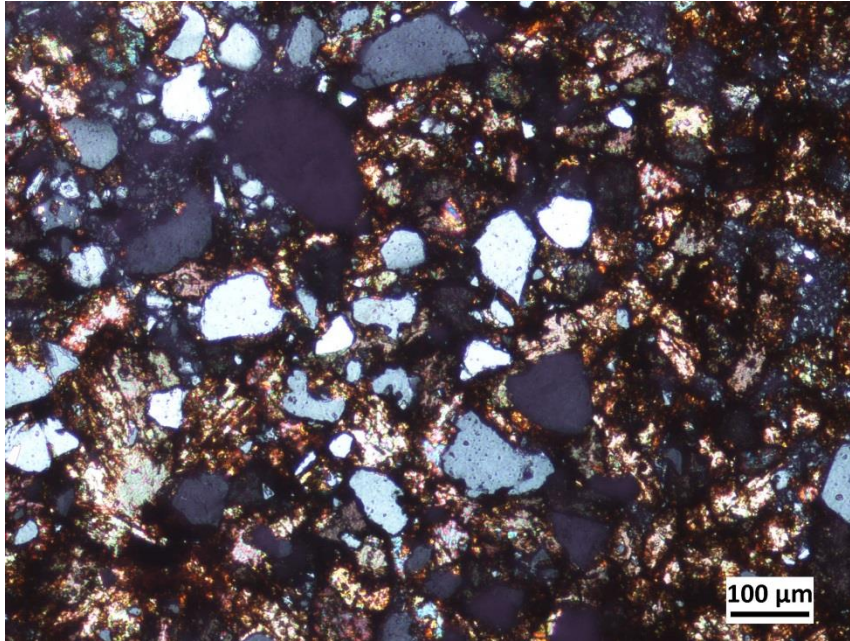
Fot. 8. Widok makroskopowy rozłupanej bryły piaskowca. Zauważalna jest złuszczająca się kora zwietrzelinowa. (Fot. M. Rembiś)



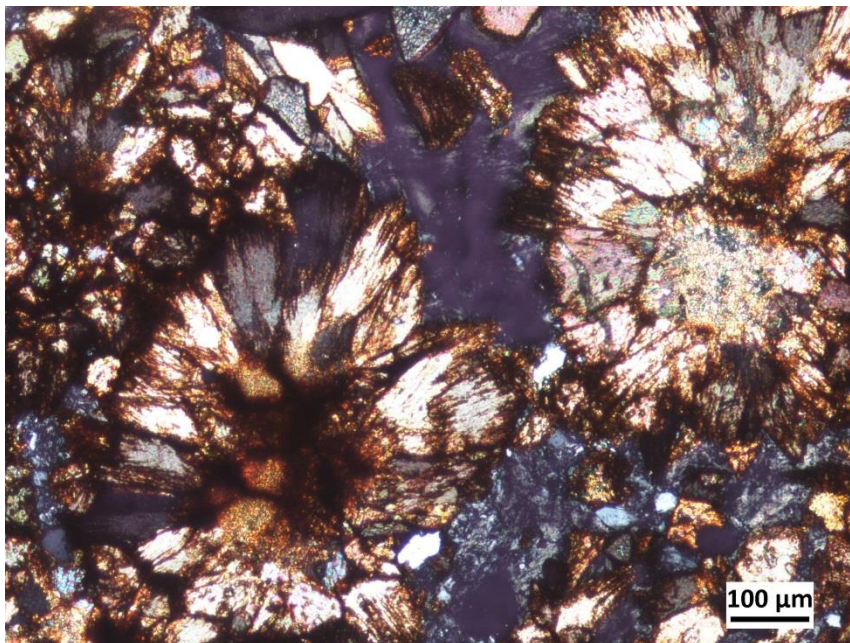
Fot. 9. Widok makroskopowy powierzchni przełamu piaskowca. Widoczne są nieregularne plamy o czarnej i ciemnobrązowej barwie. (Fot. M. Rembiś)



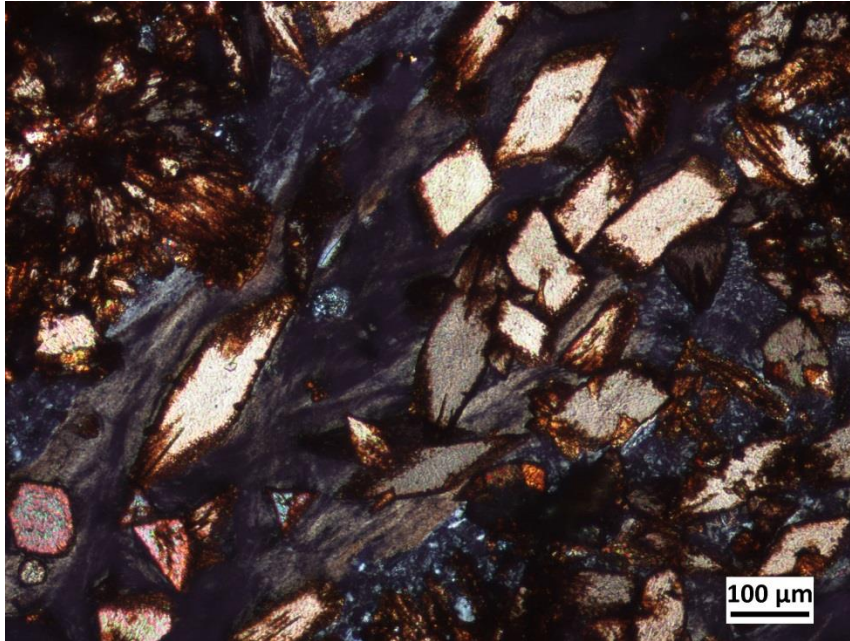
Fot. 10. Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym. Polaryzatory skrzyżowane. Nierównomiernie rozmieszczone ziarna kwarcu w obrębie spoiwa żelazisto-krzemionkowo-ilastego. (Fot. M. Rembiś)



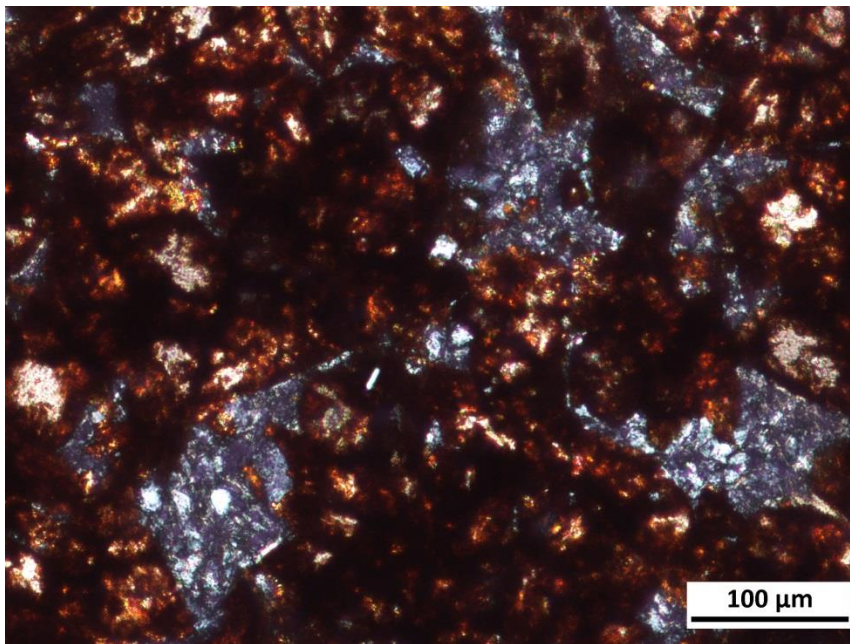
Fot. 11. Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym. Polaryzatory skrzyżowane. Ostrokrawędziste ziarna kwarcu monokrystalicznego z przejawami diagenetycznej korozji. W spoiwie widoczne są żelaziste i krzemionkowe składniki spoiwa. (Fot. M. Rembiś)



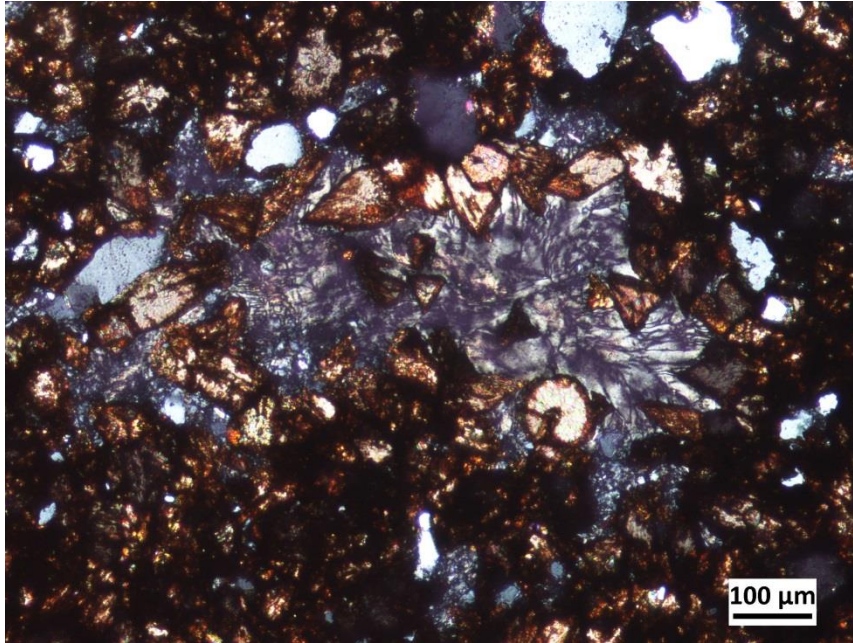
Fot. 12. Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym. Polaryzatory skrzyżowane. Sferolity syderytowe o włóknistych lub klinowych kryształach. W przestrzeniach pomiędzy nimi widoczne jest spoiwo krzemionkowe oraz nieliczne, drobne pory. (Fot. M. Rembiś)



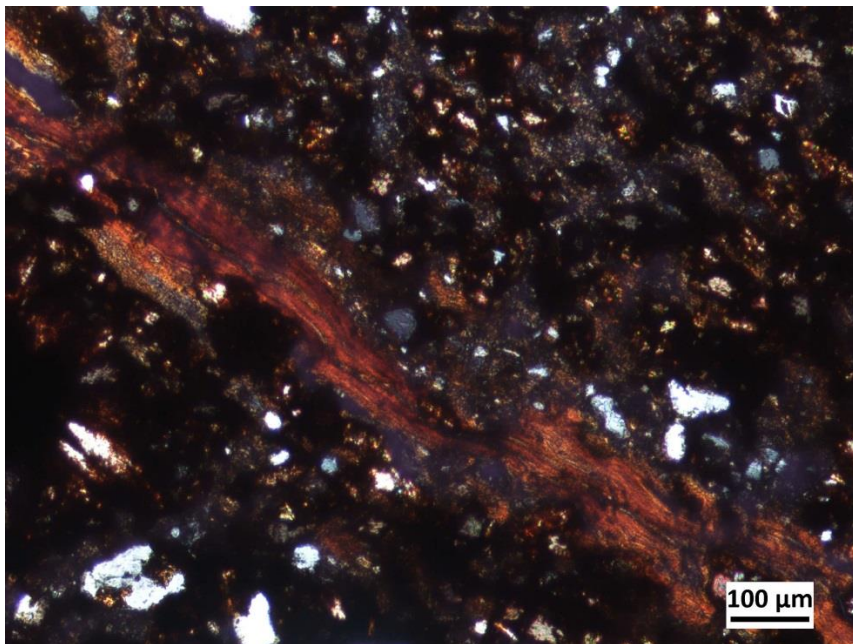
Fot. 13. Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym. Polaryzatory skrzyżowane. Romboedryczne kryształy dolomitu w obrębie laminy chlorytowej. (Fot. M. Rembiś)



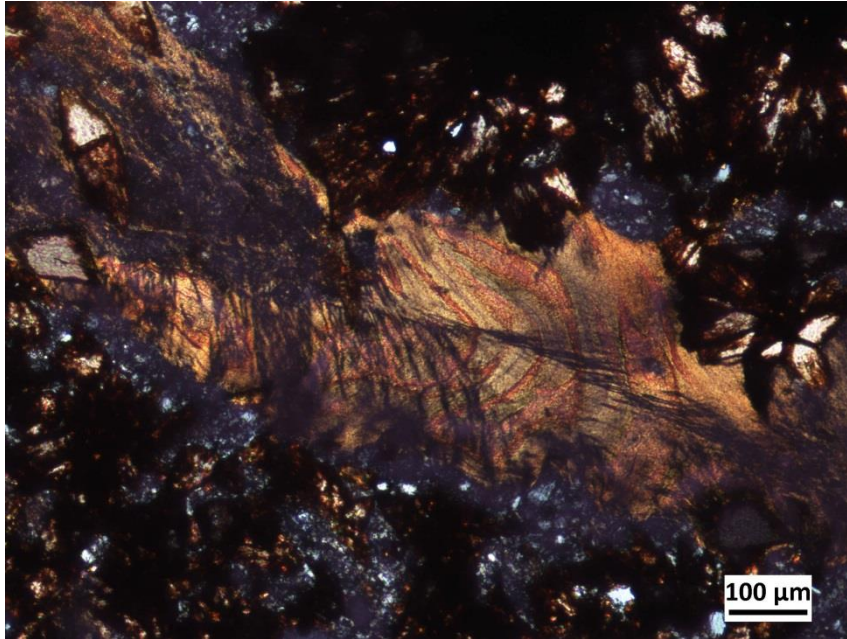
Fot. 14. Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym. Polaryzatory skrzyżowane. W obrębie tła zdominowanego przez wodorotlenki żelaza, syderyt i minerały ilaste (brunatna barwa) obecne są szare skupienia mikrokrystalicznej krzemionki. (Fot. M. Rembiś)



Fot. 15. Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym. Polaryzatory skrzyżowane. Duże skupienie krzemionki w obrębie pozostałych składników spoiwa. (Fot. M. Rembiś)



Fot. 16. Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym. Polaryzatory skrzyżowane. Lamina zbudowana ze związków żelaza. (Fot. M. Rembiś)



Fot. 17. Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym. Polaryzatory skrzyżowane. Skupienie wiązków żelaza o wydłużonym kształcie. (Fot. M. Rembiś)