



RTI

CZYLI KILKA SŁÓW O DOKUMENTACJI SZTUKI NASKALNEJ

Stwierdzenie, że archeologiczne metody dokumentowania zabytków stają się coraz bardziej wysublimowane, z pewnością nie należy do odkrywczych. „Cyfryzujący” się świat nieustannie dostarcza archeologii nowych narzędzi, dzięki którym rozdzielczość pozyskiwanych danych bije na głowę możliwości, jakie nauka miała jeszcze dwie dekady temu.

**PAWEŁ POLKOWSKI,
PIOTR WITKOWSKI**

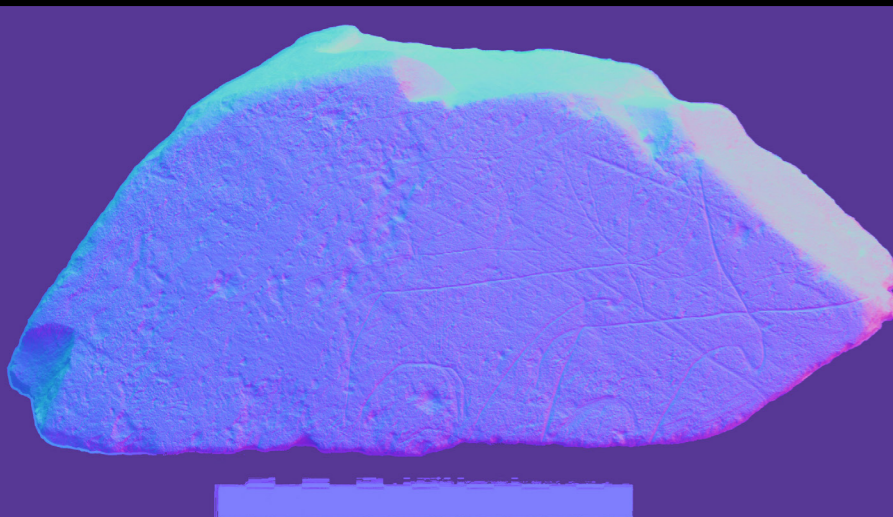
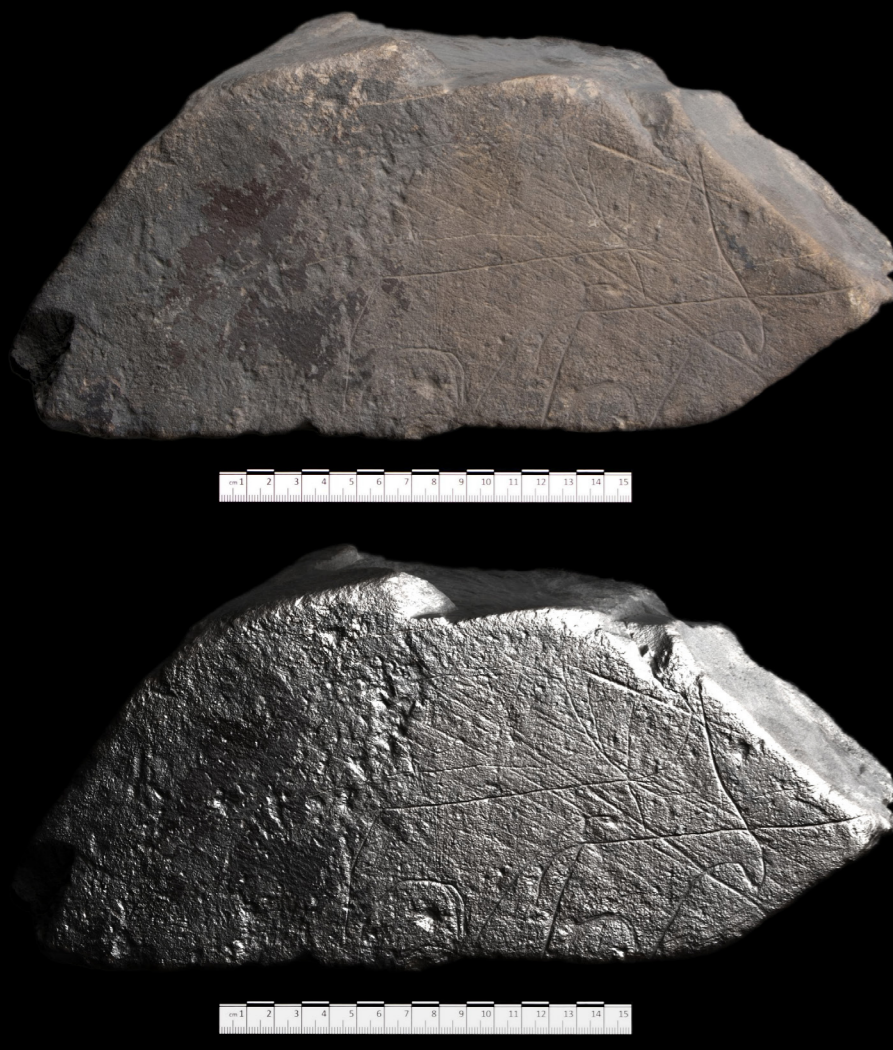
Można dziś tworzyć trójwymiarowe modele, na przykład, przy użyciu scanningu laserowego, choć trzeba mieć na uwadze, że z reguły jest to metoda dość kosztowna. Istnieje jednak alternatywa dla tej opcji – metody dokumentacji bazujące na fotografii, która przeszła w ostatnich kilkunastu latach prawdziwą rewolucję. Nie tylko umożliwiają one osiągnięcie zbliżonych efektów, ale pozwalają również na zaoszczędzenie czasu i pieniędzy. Należą do nich, między innymi, fotogrametria i RTI – obie metody stosowane

coraz częściej w badaniach nad sztuką naskalną. Poniżej chcielibyśmy opisać pokrótce tę drugą, wskazując na jej walory poznawcze, ale także korzyści, jakie daje w zakresie prezentacji badanych przedmiotów w przestrzeni publicznej.

Z POLSKI DO SUDANU

Metodę RTI (ang. *Reflectance Transformation Imaging* – co dosłownie znaczy: obrazowanie transformacji odbiciowej) zastosowaliśmy do zadokumentowania wybranych głazów z petroglifami¹, będących własnością Muzeum Archeologicznego w Poznaniu (MAP). Owe unikatowe zabytki trafiły do Polski dzięki kilkuletniemu zaangażowaniu się MAP w badania ratownicze w rejonie IV Katarakty na Nilu w Sudanie. Od 2003 roku prace prowadzone były na rozmaitych stanowiskach archeologicznych, wśród których znalazły się liczne miejsca ze sztuką naskalną. Kolejne sezony prac, zwłaszcza od 2006 roku, pozwoliły zadokumentować setki petroglifów *in situ*. Większość z nich usytuowana była na skalnych ścianach, część – na łatwo dostępnych horyzontalnych powierzchniach skalnych, a niektóre – na luźno zalegających głazach. Ponieważ cały obszar badań w efekcie planowanej budowy tamy na Nilu miał ulec zatopieniu, postanowiono, że mniejsze kamienie pokryte rytami zostaną zebrane i włączone do inwentarza zabytków. W 2010 roku komisja wyznaczona przez NCAM (*National Corporation for Antiquities and Museums*) dokonała podziału zabytków pozyskanych w badaniach na IV Katarakcie pomiędzy stronę sudańską oraz polską i w geście podziękowania za wkład w badania tego rejonu podarowała polskim instytucjom mniej więcej połowę kolekcji.

Przygotowania do wykonania dokumentacji RTI jednego z zabytków.



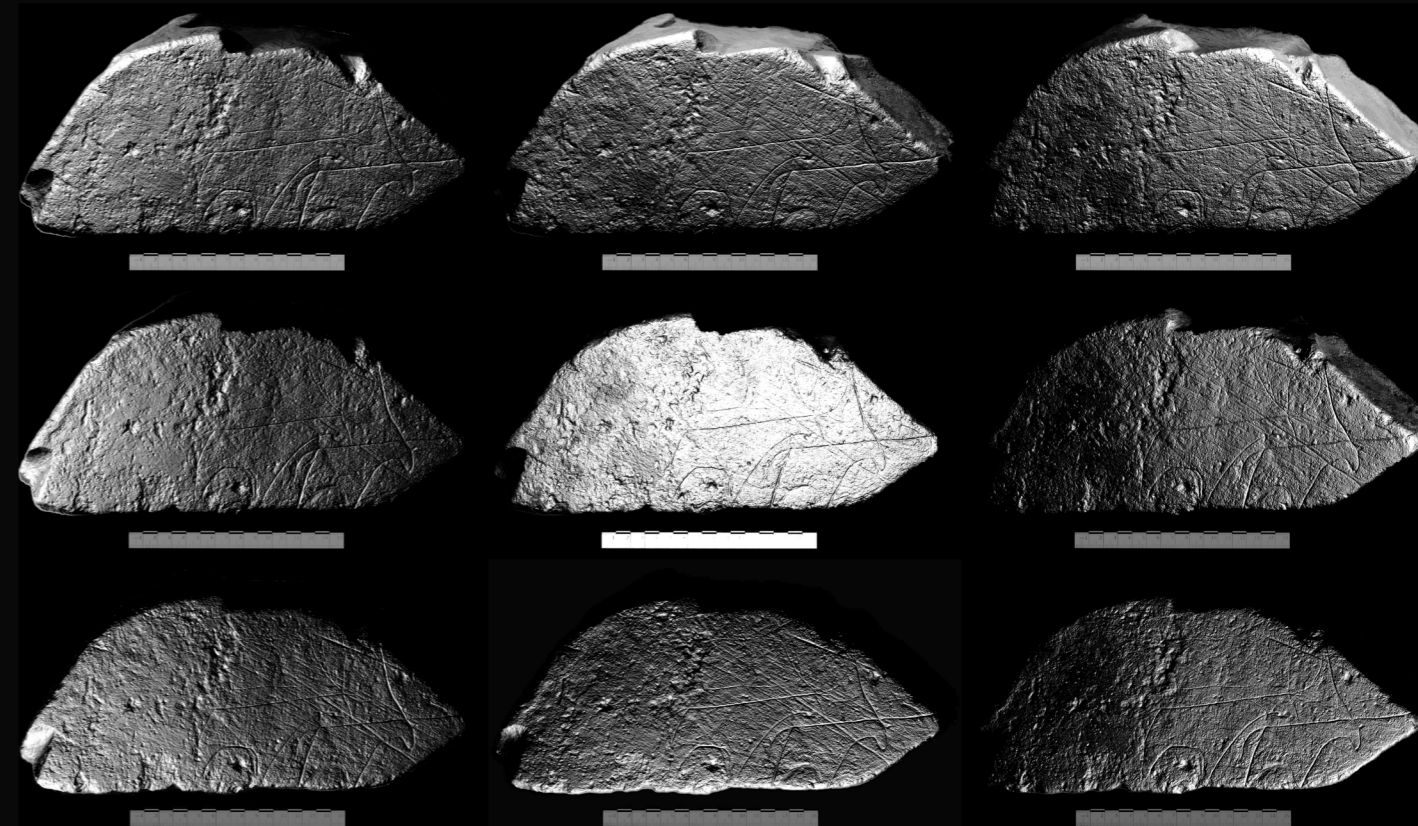
GŁAZ OZDOBIONY MOTYWEM DWÓCH KRÓW: RÓŻNE TRYBY WIZUALIZACJI: GÓRA – TRYB STANDARDOWY (DEFAULT), ŚRODEK – TRYB IMITUJĄCY POWIERZCHNIĘ METALICZNĄ BĄDŹ SZKLISTĄ CECHUJĄCA SIĘ ODBICIAMI ZWIERCIADLANymi (SPECULAR ENHANCEMENT), DÓŁ – TRYB WIZUALIZUJĄCY KSZTAŁT POWIERZCHNI, TZW. MAPA NORMALNYCH (NORMALS VISUALISATION).

Z SUDANU DO POLSKI

W ten sposób kilkanaście gładów z petroglifami trafiło do MAP, gdzie znalazły one swoje miejsce na nowo powstałej wystawie stałej pt. „Sztuka naskalna Afryki Północnej”. Większość z nich pokryta jest przedstawieniami tylko na jednej stronie, choć są i takie, które posiadają rytzy na niemal wszystkich powierzchniach. Zawierają one niezbyt rozbudowane kompozycje, zdominowane przedstawieniami bydła. Z dziewięciu eksponowanych kamieni aż osiem zawiera wizerunki krów, choć ich stylistyka cechuje się pewnym zróżnicowaniem. Większość ukazuje bydło długorogie z różnie ukształtowanymi rogami. Czy są to jednak wizerunki zwierząt udomowionych, pozostaje kwestią otwartą. Wydaje się, że tak, gdyż petroglify te powstawały najprawdopodobniej pomiędzy IV a II tys. p.n.e., kiedy to pasterstwo stanowiło podstawę zarówno gospodarki, jak i wierzeń ówczesnych Nubijczyków².

Wśród „pознаńskich” rytów znajdują się także dwa przedstawienia antropomorficzne. Są to bardzo schematyczne, patkowate postacie i w obu przypadkach zostały zestawione z bydlęciem. Te dwa gładz zdają się zawierać petroglify, które należy jednak datować nieco inaczej niż opisane powyżej. Na jednym z kamieni widnieje starszy wizerunek bydła, częściowo przesłonięty młodszym wyobrażeniem, ukazującym być może relikwiarz lub kościół chrześcijański. Motyw ten ma swoje analogie w Nubii i choć jest wykonany dość schematycznie, to jednak interpretacja ta wydaje się być stosunkowo bezpieczna. Za to drugi gładz pokryty został petroglifem, który z racji kompletnego spatynowania i wyraźnego zwietrzenia powierzchni najprawdopodobniej reprezentuje najstarszy horyzont rytów nubijskich (wczesny neolit?). Taką ocenę wzmaga dodatkowo niezwykle enigmatyczna forma petroglifu, opierająca się wszelkim identyfikacjom. Wyobrażenie to jest niestety częściowo uszkodzone.

Wszystkie gładz zostały sfotografowane zarówno *in situ*, jak i po ich przewiezieniu do Polski. Ponieważ formy petroglifów są dosyć klasyczne (z jednym wyjątkiem), toteż zostały one w większości zidentyfikowane. Zastosowanie metody RTI nie miało w tym wypadku na celu próby rozpoznania nowych rytów, które mogły być wcześniej niedostrzeżone, choć oczywiście takiej możliwości nie można było wykluczyć. Głównym celem wykonania fotografii RTI było przetestowanie samej techniki na specyficznym rodzaju zabytku jakim jest sztuka naskalna oraz stworzenie modeli przydatnych zarówno w zadaniach analitycznych, jak i popularizatorskich. Innymi słowy, metoda ta była testowana w warunkach „laboratoryjnych” (tj. w muzeum, a nie na pustyni). Jakie płyną wnioski z zastosowania tej metody? O tym za chwilę. Najpierw



GŁAZ OZDOBIONY MOTYWEM DWÓCH KRÓW OŚWIETLONY Z RÓŻNYCH KIERUNKÓW.

przyjrzyjmy się samej technice RTI i zasadom jej działania.

CO TO JEST REFLECTANCE TRANSFORMATION IMAGING?

RTI to metoda dokumentacji zabytków lub fragmentów ich powierzchni, która powstała w roku 2000 w firmie *Hewlett-Packard Labs* na potrzeby tworzenia grafiki 3D. Z czasem jej drugorzędne przeznaczenie, czyli symulacja oświetlenia sfotografowanej powierzchni, nabrała znaczenia w takich dziedzinach jak konserwacja, muzealnictwo, archeologia czy kryminologia, doprowadzając do zmiany nazwy metody (początkowo określano ją jako *Polynomial Texture Mapping* – wielomianowe odwzorowanie tekstur) i stworzenia specjalistycznego oprogramowania.

Metoda RTI to kilkustopniowy proces. Pierwszy etap polega na wykonaniu serii zdjęć tego samego obiektu za pomocą umieszczonego nieruchomo aparatu fotograficznego. Parametry ekspozycji, takie jak czas naświetlania, wielkość otworu przesłony czy czułość matrycy, ustawiamy w aparacie na początku sesji, podobnie jest z ustawieniami balansu bieli, ogniskowej obiektywu czy ostrości – pozostają one niezmiennie

przez cały czas jej trwania. Wszystko to wymaga użycia trybu manualnego w aparacie. Jedynym zmiennym czynnikiem jest światło, a dokładnie punkt w przestrzeni, w którym umieszczamy lampę podczas wykonywania każdego zdjęcia. Po zakończonej sesji, zbiór tych punktów powinien utworzyć półsferę wokół dokumentowanego obiektu. Ważnym jest, by odległość od źródła światła do środka kadru pozostawała stała dla wszystkich fotografii i wynosiła minimum trzy długości przekątnej kadru. Wiąże się to z fizycznymi właściwościami światła. Łatwo je opisać na przykładzie lampy, jaką większość z nas ma na biurku. Gdy ją zapalimy, oświetli ona powierzchnię mebla z pewną określoną jasnością. Jeśli odległość między żarówką a biurkiem zwiększymy dwukrotnie, jasność powierzchni biurka spadnie cztery razy. Aby utrzymać stałą odległość, w warunkach studyjnych, najczęściej wykorzystuje się specjalnie do tego celu skonstruowane kopuły lub ramiona z umieszczonymi na nich źródłami światła. W terenie, odległość określa się za pomocą sznurka o odmierzonej wcześniej długości.

Warto wspomnieć jeszcze o kulach. Stanowią one dość charakterystyczny element wyposażenia, niezbędny do dokumentacji zabytków metodą

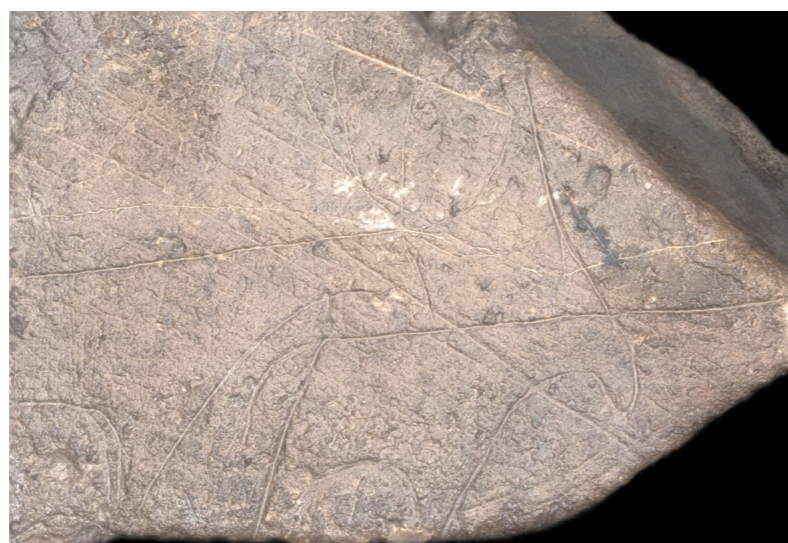
RTI. Dwie czarne lub czerwone połyskliwe kule umieszcza się w kadrze, w taki sposób, by nie zasłaniały zabytku (umieszczonego w środku kadru) i zarazem nie rzucały cienia na fotografowaną powierzchnię na żadnym ze zdjęć. Odbłyśki zarejestrowane na kulach wykorzystywane są w następnym etapie do uzyskania informacji o pozycji źródła światła podczas wykonywania konkretnego zdjęcia.

Otrzymane obrazy, po skopiowaniu na dysk komputera, otwieramy w specjalistycznym i darmowym oprogramowaniu, które przetwarza je i generuje plik *.rti lub *.ptm. Nasza ingerencja sprowadza się w zasadzie do kilkukrotnego kliknięcia myszką, aby rozpocząć kolejne etapy obliczeń, wskazać pozycje kul, zaznaczyć powierzchnię kadru, jaka znajdzie się w wygenerowanym pliku, a także aby wybrać jego typ. W wyniku obliczeń przeprowadzanych przez program, uzyskujemy informację o kształcie i kolorze sfotografowanej powierzchni oraz jej właściwościach związanych z odbijaniem światła.

Utworzony plik, możemy otworzyć w jednej z kilku dostępnych przeglądark, np. *RTI Viewer*. Na monitorze komputera ukazuje się sfotografowany zabytek, który oświetlamy z wybranego przez nas kierunku. W programie możemy zmieniać nie tylko kąt padania światła, ale także powiększać obraz zabytku oraz manipulować właściwościami jego powierzchni poprzez wybór trybu wizualizacji. Obraz jest bardzo realistyczny i użytkownik odnosi wrażenie, że badany przedmiot znajduje się bezpośrednio w jednej jego dłoni, a w drugiej trzyma latarkę lub lampę i zmieniając jej położenie, powoduje zmianę rozkładu światła i cienia na zabytku.

Informacja o kształcie powierzchni i jej cechach, wraz z wykorzystaniem możliwości ich zmiany oraz zastosowanym systemem interaktywnego oświetlenia, tworzy symulację pozwalającą na zwiększenie naszej percepcji wzrokowej, a tym samym dostrzeżenie ledwo uchwytnych lub wręcz niewidocznych gołym okiem cech badanej powierzchni. Dotyczy to w szczególności obiektów o zróżnicowanej topografii.

Choć obraz wygenerowany w przeglądarce plików, podobnie jak zwykła fotografia czy model 3D (będący wynikiem skanowania lub fotogrametrii), jest próbą jak najwierniejszego opisu zabytku lub dokumentowanej powierzchni, to nigdy nie odwzorowuje wszystkich cech fizycznych rzeczywistego obiektu. To niemożliwe. Każdy proces dokumentacji jest procesem zarówno eliminacji, jak i generalizacji informacji. Wniosek, jaki z tego płynie dla nas, to konstatacja, iż wyniki badania obrazu RTI (podobnie jak te oparte o efekty skanowania laserowego i fotogrametrii) powinny zostać skonfrontowane z rzeczywistym obiektem. W tym aspekcie



GAŁZ OZDOBIONY MOTYWEM DWÓCH KRÓW. ZBLIŻENIE NA DEKOROWANĄ POWIERZCHNIĘ.

RTI ujawnia swoją zdecydowaną przewagę nad alternatywnymi metodami dokumentacji – czas potrzebny na pozyskanie fotografii źródłowych i wygenerowanie pliku *.rti/*.ptm jest krótki. W warunkach studyjnych wykonanie zestawu zdjęć nie trwa dłużej niż kilkanaście minut, w terenie zajmuje to więcej czasu i jest zależne od zastanych warunków, ale doświadczenie jednego z autorów podpowiada, że proces ten nie zajmuje więcej niż godzinę. Praca na komputerze zależy od mocy obliczeniowej naszego sprzętu, ale gotowy obraz RTI można obejrzeć już po kolejnej godzinie. Taki stan rzeczy pozwala na szybką weryfikację wyników badań. Choć szybkość dokumentowania nie jest może najważniejsza w przypadku zabytków przechowywanych w muzeach, to cecha ta nabiera znaczenia, gdy badania prowadzimy w odległym i niedostępnym zakątku świata jedynie przez krótką część roku, w dodatku nie mając pewności czy będziemy mogli powrócić na dane stanowisko w kolejnym sezonie badawczym.

PRZYKŁADY WYKORZYSTANIA RTI

Spośród wszystkich głązów z petroglifami przywiezionych z Sudanu, do dokumentacji metodą RTI wybrane zostały trzy z nich, każdy pokryty rytami tylko na jednej powierzchni.

Pierwszy z nich zawiera przedstawienia dwóch krów umieszczonych jedna za drugą (fot. na str. 76-78). Jedno zwierzę jest mniejsze i ma dwa nieproporcjonalnie długie rogi. W przypadku drugiej krowy mamy do czynienia z aż pięcioma rogami (w sudańskiej sztuce naskalnej znane są przykłady bydła posiadającego nienaturalną liczbę rogów). Dokumentacja RTI pozwoliła, w tym przypadku, uwypuklić oba przedstawienia pozwalając skupić się, w zależności od wybranego kąta padania światła, na ich wybranych fragmentach. Dobrze widoczne stały się również ślady przygotowywania powierzchni pod opisany motyw (długie równoległe linie) oraz wcześniejszy etap zdobienia – niezbyt dostrzegalne gołym okiem, nieukończone przedstawienie krowy (widoczna powyżej dwóch krów linia grzbietu i dwa rogi). Dodatkowo można się zastanawiać czy równoległy łuk, widoczny w górnej części powierzchni głązu, nie miał stanowić grzbietu kolejnego zwierzęcia. Pozostaje to jednak w kwestii domysłów, podobnie jak odpowiedź na pytanie, czy są one autorstwa tej samej osoby co dwa kompletne wizerunki krów. Zastanawiający w tym kontekście jest fakt, że linia grzbietu ukończonych przedstawień zwierząt jest prosta, natomiast w przypadku nieukończonego wizerunku krowy mamy do czynienia z linią bardziej łukowatą. Choć na to pytanie trudno będzie uzyskać jednoznaczną odpowiedź, to interesującym wydaje się wniosek, iż artysta najwyraźniej rozpoczął

wykonywanie przedstawień od stworzenia linii grzbietu i rogów, a dopiero w dalszej kolejności powstawały dolne partie zwierzęcia i zarys głowy.

Drugi z głązów (fot. na str. 80) zawiera motyw, którego interpretacja budzi wiele wątpliwości. Jest ona tak trudna, że właściwie nie wiadomo, z której strony powinno się na niego spoglądać. Choć wykonanie zdjęć i wygenerowanie pliku *.rti nie pomogło w rozwiązaniu tej kwestii, to wzmocniło naszą percepcję, pozwalając na pewniejsze wydobycie motywu z tła. Uwydatniło także liczniejsze niż na innych zabytkach rysy, które przecinają całą powierzchnię włącznie z dekoracją, co świadczy, iż po jej wykonaniu, powierzchnia ta poddana była długotrwałemu lub intensywnemu procesowi ścierania. Mocne spatynowanie petroglifu może świadczyć o co najmniej okresowym zalewaniu kamienia w przeszłości przez płynącą wodę, co jest zgodne z kontekstem jego odkrycia – na dnie doliny wyschniętej rzeki uchodzącej do Nilu.

Trzeci zabytek (fot. na str. 81), podobnie jak pierwszy, zawiera wizerunki dwóch krów. W tym wypadku ukazano je obrócone tyłem do siebie. Zwierzę po prawej stronie głązu częściowo zakrywa wyobrażenie drugiego zwierzęcia. Ponad krowami dostrzec można, z reguły dość słabo widoczne, przedstawienie człowieka z rękami uniesionymi do góry. Wykonana przez nas dokumentacja metodą RTI poprawiła czytelność powierzchni, choć pozostał pewien niedosyt, bowiem petroglify wciąż nie były dostatecznie czytelne. Wynikało to z faktu, że ślady piketażu (tj. techniki tworzenia petroglifów za pomocą uderzania twardym narzędziem w powierzchnię skały, dzięki czemu powstają pojedyncze nieregularne zagłębienia) w niektórych partiach przedstawień nie posiadają wyraźnie zarysowanych granic i są stosunkowo płytkie. Wizerunki te miejscami mocno zwietrzały, przez co krawędzie śladów piketażu uległy starciu i wygładzeniu. Ponadto czytelność petroglifów zmniejszają jeszcze naturalne nierówności skały. Taka charakterystyka powierzchni spowodowała, iż w przypadku tego głązu zdecydowaliśmy się ponownie wygenerować plik *.rti, modyfikując samą metodą RTI. W tym celu, zdjęcia źródłowe przed wczytaniem do programu tworzącego pliki *.rti/*.ptm zostały poddane, każde w identyczny sposób, wzmocnieniu kolorów. Taki pomysł wysunął jeden z autorów w trakcie badań prowadzonych w Gebelein, w południowym Egipcie, w celu jednoczesnego zadokumentowania rytów naskalnych i towarzyszących im *dipinti* (motywów wykonanych barwnikiem). Techniki wzmocnienia kolorów są obecnie bardzo często stosowane w przetwarzaniu zdjęć cyfrowych, zwłaszcza w badaniach sztuki naskalnej, co pozwala wzmocnić wyblakłe kolory malowideł.



Powierzchnia glazu z niezidentyfikowanym petroglifem.

W naszym przypadku połączenie obu metod, posłużyło uwydatnieniu różnicy w barwie patyny pokrywającej zarówno oryginalną powierzchnię skały, jak i petroglify. W efekcie, najslabiej dotychczas dostrzegalny motyw człowieka stał się teraz bardzo dobrze widoczny.

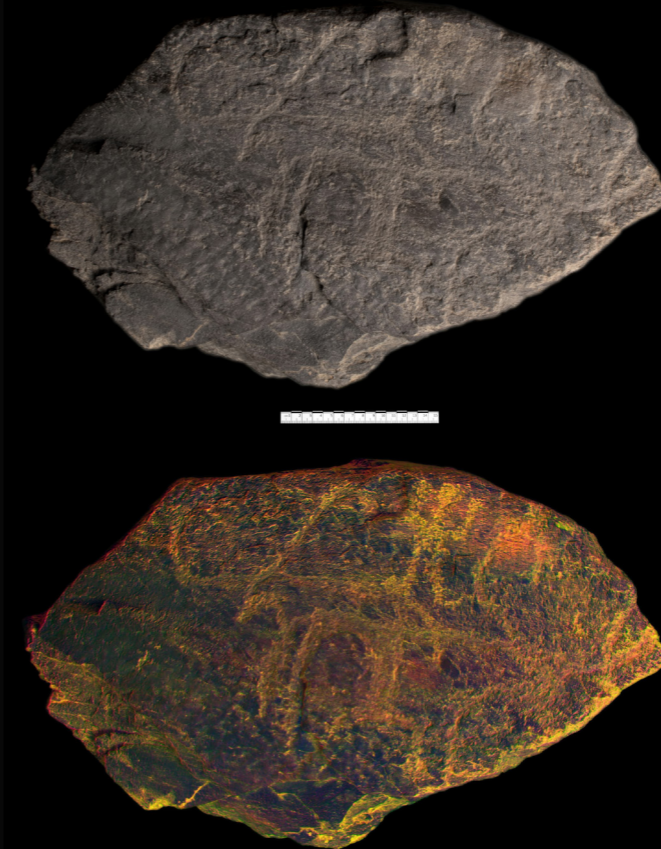
OBSERWACJE I WNIOSKI

Podsumowując obserwacje poczynione podczas dokumentowania zabytków sztuki naskalnej zgromadzonej w MAP można powiedzieć, że RTI jest zarówno efektywną, jak i efektywną metodą dokumentowania i badania petroglifów oraz innych obiektów, które cechują się zróżnicowaną topografią (np. płaskorzeźby, monety, pieczęcie, inskrypcje). Możliwość interaktywnego oświetlenia wygenerowanej komputerowo powierzchni zabytków w powiązaniu z kilkoma trybami jej wizualizacji wzmacnia percepcję kształtu u obserwatora, umożliwiając nie tylko wyraźniejsze postrzeganie elementów widocznych w naturze, ale także takich, które są zerdowane, słabo zarysowane, wręcz niewidoczne gołym okiem. Pozwala to opowiedzieć historię zabytku, a także część historii jego twórców i użytkowników, uzupełnioną o elementy wcześniej niedostrzegane lub pomijane przez wzgląd na ich niepewność.

Archeolog podczas prac dokumentacyjnych w terenie musi mierzyć się z niekorzystnymi warunkami oświetlenia – na przykład z zachmurzeniem lub światłem słonecznym padającym pod nieodpowiednim kątem. Powoduje to zubożenie informacji, jaka zostaje zarejestrowana na pojedynczym, a nawet kilku zdjęciach, a nie zawsze istnieje możliwość powrotu w dane miejsce o dogodnej porze dnia i wykonania kolejnej fotografii. RTI uniezależnia nas od tych naturalnych czynników. W dodatku nasze „sztuczne słońce” możemy umieścić na ekranie komputera w miejscu, które nam odpowiada, sprzecznie z jego naturalną drogą po nieboskłonie. Światło umieszczamy w dogodnym dla nas punkcie, mogąc skupić się na badaniu powierzchni i nie zwracając uwagi na ograniczenia narzucone nam na stanowisku.

To prowadzi nas także do refleksji dotyczącej funkcjonowania rytów w zróżnicowanych warunkach świetlnych w przeszłych krajobrazach. O różnych porach dnia słońce akcentuje na danym panelu różne petroglify, bądź ich elementy. W efekcie kompozycję taką postrzegano w przeszłości (jak i dziś) w bardzo zmiennych warunkach, co mogło wpływać na jej interpretację – jej rozumienie i indywidualny czy społeczny odbiór. Proces ten jest znacznie łatwiej analizować przy użyciu dynamicznej metody RTI niż tradycyjnej statycznej fotografii.

Z kolei zastosowanie technik wzmocnienia kolorów pozwala na silniejsze wydobywanie



GLAZ Z PRZEDSTAWIENIAMI DWÓCH KRÓW I CZŁOWIEKA. GÓRNE ZDJĘCIE – OBRAZ RTI WYGENEROWANY ZGODNIE Z KLASYCZNYM PODEJŚCIEM. DOLNE ZDJĘCIE - OBRAZ RTI WYGENEROWANY NA PODSTAWIE FOTOGRAFII ZE ZMIENIONĄ KOLORYSTYKĄ.

motywów z otaczającego tła, jakim jest reszta kamiennej powierzchni. Dostrzegalne staje się także zróżnicowanie stopnia spatynowania skały, co może pomóc w ustaleniu chronologii względnej poszczególnych petroglifów.

RTI wzbogaca również nasze możliwości dotyczące upowszechniania informacji o badanych obiektach. Opublikowanie pliku *.rti/*.ptm na stronie internetowej, bądź zastosowanie obrazu RTI jako jednego z elementów wystawy muzealnej, stwarza możliwość zaangażowania widza w proces samodzielnego „odkrywania” – w tym wypadku motywów sztuki naskalnej. Upublicznienie obrazów RTI pozwala na dokładniejszą weryfikację naszych wniosków przez innych badaczy. Każdy laik czy specjalista, operując sztucznym światłem, może dokonywać analiz na ekranie komputera.

RTI, co ważne, jest metodą nieinwazyjną, a tym samym nieniszczącą zabytku. Nie dotykamy jego powierzchni, więc nie powodujemy zmian, które mogą być efektem stosowania tradycyjnych metod dokumentacji, zwłaszcza

rysowania na przezroczystej folii, którą trzeba przymocować do powierzchni obiektu. Rysując ryty tym sposobem, dociskamy pisakiem folię do powierzchni zabytku, co może spowodować uszkodzenia.

Wreszcie, jeden z najważniejszych walorów metody to najniższe koszty. Skanowanie laserowe nadal wiąże się z bardzo wysokimi wydatkami, na które nie stać znacznej części archeologów. W przypadku zastosowania metody RTI największe koszty są znacznie niższe, a nawet znikome, jeśli posiadamy aparat fotograficzny, lampę błyskową i komputer. Oprogramowanie dostępne dla najpopularniejszych systemów operacyjnych jest darmowe, a niezbędne kule można wykonać samemu, choćby z łatwo dostępnych akrylowych bombek choinkowych. Okazuje się więc, że zastosowanie metody RTI nie jest droższe od wykonania zwykłej fotografii czy fotogrametrii.

ŹRÓDŁA ILUSTRACJI:

str. 74: fot. P. Polkowski
str. 75-81: P. Witkowski

WYBRANA LITERATURA:

- DUFFY S. M., BRYAN P., EARL G., BEALE G., PAGIH., KOTOUALAE. 2013. *Multi-light Imaging for Heritage Applications*. [Online]. Dostępny w: https://content.historicengland.org.uk/images-books/publications/multi-light-imaging-heritage-applications/Multi-light_Imaging_FINAL_lo_w-res.pdf [Dostęp: 24.06.2014].
- MALZBENDER T., GELB D., WOLTERS H., ZUCKERMAN B. 2000. *Enhancement of Shape Perception by Surface Reflectance Transformation*, Hewlett-Packard Technical Report HPL-2000-38R1, [Online]. Dostępny w: <http://www.hpl.hp.com/techreports/2000/HPL-2000-38R1.pdf> [Dostęp: 10.05.2016].
- Polkowski P.L. 2010. *Fotografie prehistorii*. „Archeologia Żywa” nr 6(52).
- WITKOWSKI P., CHYLA J. M., EJSMOND W. 2015. *Combination of RTI and Decorrelation - an Approach to the Examination of Badly Preserved Rock Inscriptions and Rock Art at Gebelein (Egypt)*, [w:] S. CAMPANA, SCOPIGNO R., CARPENTIERO G., CIRILLO M. (red.)“CAA2015 KEEP THE REVOLUTION GOING. Proceedings of the 43rd Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology”, Oxford, s. 939-944.

PRZYPISY:

¹O tym, czym są petroglify pisaliśmy w AŻ w numerze 3/2017.

²Nubia – kraina historyczna w północno-wschodniej Afryce obejmująca środkowy bieg Nilu pomiędzy Asuanem a Chartumem (między VI a I kataraktą), obecnie na terenie południowego Egiptu i północnego Sudanu.

O autorach:



Dr PAWEŁ POLKOWSKI

archeolog specjalizujący się w badaniach sztuki naskalnej Egiptu i Sudanu. Kierownik badań nad petroglifami w Oazie Dachla (Egipt). Pracownik Muzeum Archeologicznego w Poznaniu.



Dr PIOTR WITKOWSKI

dokumentalista, wolny strzelec, uczestnik licznych badań archeologicznych na terenie naszego kraju jak i na obszarze rozciągającym się od Egiptu po Azję Środkową. Obecnie członek ekspedycji archeologicznych w Tebach Zachodnich oraz w regionie Gebelein, w górnym Egipcie.