



**dr. hab.
Mateusz Bogucki**

Archeolog i numizmatyk. Kierownik Laboratorium Bio- i Archeometrii IAE PAN. Zajmuje się gospodarką i ekonomią wczesnego średniowiecza. Bada handlowe emporia epoki wikingów oraz znaleziska monet i skarbów. Studiuje najstarsze mennictwo polskie. m.bogucki@iaepan.edu.pl



**mgr Robert
Ryndziewicz**
Laboratorium Bio-
i Archeometrii IAE PAN

Archeolog, specjalista w dziedzinie stosowania nieinwazyjnych metod geofizycznych, przede wszystkim georadarów i magnetometrii w badaniach archeologicznych. r.ryndziewicz@iaepan.edu.pl

BEZ CZŁOWIEKA SIĘ NIE OBĘDZIE

O tym, jak technologie zmieniają nasz ogląd przeszłości, a jak pod ich wpływem zmienia się sama archeologia – opowiadają **dr hab. Mateusz Bogucki i mgr Robert Ryndziewicz** z Laboratorium Bio- i Archeometrii w Instytucie Archeologii i Etnologii PAN.

Czy archeolodzy też czują zagrożenie dla swojej profesji ze strony sztucznej inteligencji?

ROBERT RYNDZIEWICZ: W tej kwestii jestem akurat optymistą. Uważam raczej, że AI może nam pomóc w pracy badawczej. Wolę doceniać, niż przeceniać rolę sztucznej inteligencji i z dużą ciekawością śledzę kolejne sposoby jej zastosowania w badaniach archeologicznych. Na obecnym etapie rozwoju tych technologii nie wydaje mi się, by były zagrożeniem dla profesji archeologa. Sieci neuronowe to zaawansowane narzędzia, umożliwiające przetwarzanie danych na nieosiągalną dotąd skalę, jednak decydującym ogniwem pozostają wciąż umysły ludzi badających przeszłość. **MATEUSZ BOGUCKI:** Archeologia jako najbardziej interdyscyplinarna z dziedzin humanistycznych, od zawsze chętnie korzystała z nowoczesnych technologii. Oczywiście, nowoczesnych jak na swoje czasy.

Od zawsze, ale chyba nigdy aż na taką skalę?

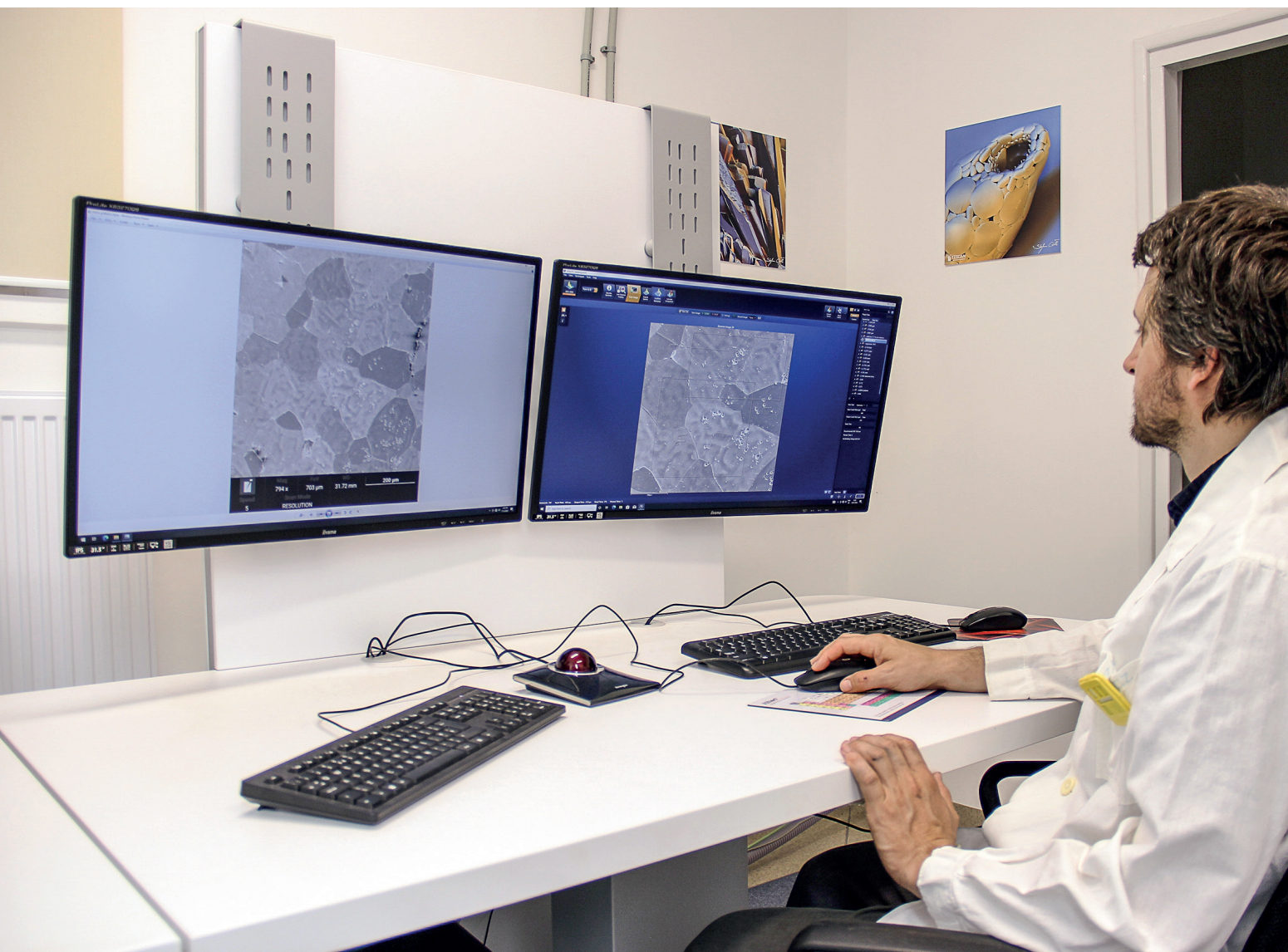
R.R.: By odpowiedzieć na to pytanie, warto się przyrzeć, jak przebiegał rozwój archeologii jako dyscypliny naukowej. Na pewno jednym z momentów przełomowych były lata powojenne, szczególnie lata 60. XX wieku. Był to czas wielkiego przeformułowywania paradygmatów w archeologii. Stopniowo dyscyplina ta przestawała koncentrować się na pozyskiwaniu i opisywaniu zabytków, a zaczęła brać pod uwagę także inne aspekty funkcjonowania przeszłych społeczności. Nurt ten zyskał miano archeologii procesualnej. Jedną z jego cech był optymizm poznawczy – przekonanie, że im dokładniejsze metody badawcze zastosujemy, tym precyzyjniej poznamy przeszłość. Jednak archeologia sięgała po nowatorskie metody już wcześniej i robi to do dzisiaj. Teraz po prostu metod i narzędzi jest o wiele więcej.

M.B.: Dobrym przykładem są badania odkrytego w 1933 roku Biskupina. Wykorzystywano wtedy m.in. balon na uwięzi zaopatrzony w aparat fotograficzny.

Powstał dzięki temu zbiór kilku tysięcy znakomitej jakości fotografii, dokumentujących badania wykopaliskowe. Dziś w tym samym celu wykorzystujemy drony – metoda pozostała ta sama, zmieniły się jednak narzędzia, które nie tylko są bardziej wydajne, lecz także pozwalają widzieć lepiej i dokładniej.

Na ile technologia zmieniła nasze widzenie dawnych dziejów?

M.B.: Wystarczy spojrzeć na badania dużych ośrodków, np. Ostrowa Lednickiego. Tak duże kompleksy osadnicze miały różne funkcje. Co więcej, cały czas ewoluowały. Dzięki badaniom, w których wykorzystujemy zaawansowaną aparaturę badawczą, taką jak georadary, możemy wskazać, gdzie znajdowała się część rezydencjonalna, gdzie targ, w którym miejscu były cmentarze, lepianki biedoty, piecowiska czy warsztaty. To właśnie technologia umożliwia rozpoznanie stosunkowo niewielkim kosztem tej oryginalnej materii bez jej niszczenia. Badania laboratoryjne niejednokrotnie zmieniają też nasze postrzeganie dawnych zjawisk – np. badania nad surowcami i technikami wytwarzania pokazują, że odnajdywane przez nas przedmioty nie zawsze pochodzą z miejsc, na które wskazywałaby analiza ich kształtu czy zdobnictwa. Analizy mikroskopowe i chemiczne ceramiki, szkła oraz metali pozwalają odkryć niedostrzegalne gołym okiem informacje o powiązaniach kulturowych, szlakach handlowych, transferze idei. Parafrazując – od 150 lat dzinsy Levi's 501 wyglądają tak samo, ale badania włókien, nici oraz stopu guzików pozwoliłyby nam ustalić, czy wyprodukowano je w Ameryce, czy w cenionej, ale niedziałającej już szwalni w Płocku, czy np. w Tajlandii. W warunkach pradziejowych to jest przecież kluczowa informacja, czy jakiś przedmiot wytworzono lokalnie, czy przetransportowano go setki, a nawet tysiące kilometrów. To bardzo zmienia naszą wizję funkcjonowania ówczesnych społeczeństw.



ARCHIWUM IAE PAN

O jakich konkretnie technologiach w przypadku archeologii mówimy?

M.B.: Tych technologii obecnie jest naprawdę wiele i niemal zawsze są one wynikiem współpracy archeologów z przedstawicielami innych dyscyplin. Istnieje cała gałąź archeologii zwana *archaeological science*, która łączy perspektywy humanistyki z narzędziami nauk ścisłych. Obecnie nowoczesne i zaawansowane technologie są wykorzystywane na każdym etapie badań – od wstępnego rozpoznania stanowiska archeologicznego, przez badania wykopaliskowe, po prace gabinetowo-analityczne. Można powiedzieć, że ogromna część procesów badawczych w archeologii jest dziś realizowana w zaawansowanych laboratoriach, umożliwiających precyzyjne datowanie próbek, ustalenie składu pierwiastkowego i izotopowego materiałów czy np. badanie zachowanych w kościach pozostałości DNA. Technologie, których używamy, rzadko kiedy zostały opracowane z myślą

o archeologii. Częściej dostosowujemy do swoich potrzeb rozwiązania zaczerpnięte z innych dyscyplin. W Polsce jednym z pierwszych miejsc, gdzie zaczęto podchodzić do badania przeszłości w ten sposób, było laboratorium funkcjonujące w naszym instytucie. Jego początki sięgają lat 50. ubiegłego wieku. Zarówno wtedy, jak i obecnie ma ono na celu umożliwienie archeologom korzystanie z możliwości, które oferuje nowoczesna aparatura analityczna. Specjalizujemy się zwłaszcza w badaniach wyrobów z metali, ceramiki i szczątków roślinnych oraz na zastosowaniu nieinwazyjnej prospekcji geofizycznej i teledetekcyjnej w badaniach terenowych.

R.R.: Metody geofizyczne wywodzą się wprost z nauk o Ziemi i opracowano je do rozpoznawania budowy geologicznej skorupy ziemskiej, poszukiwania złóż albo badania lodowców czy stabilności górotworów. Po dostosowaniu ich skali, czyli rozdzielczości i zasięgu głębokościowego prowadzonych pomiarów,

Nowoczesne technologie są wykorzystywane na każdym etapie badań – od wstępnego rozpoznania stanowiska archeologicznego, przez badania wykopaliskowe, po prace gabinetowo-analityczne

znalazły szerokie zastosowanie w badaniu ukrytych pod ziemią pozostałości archeologicznych. Szczerze mówiąc, trudno nazwać je nowoczesnymi, gdyż archeologia korzysta z nich już od kilkudziesięciu lat.

Od czego się zaczęło?

R.R.: Pierwsze polskie badania geofizyczne na stanowisku archeologicznym przeprowadzono z ramienia Instytutu Historii Kultury Materialnej (dawna nazwa Instytutu Archeologii i Etnologii PAN) z zastosowaniem metody elektrooporowej już w 1960 roku na wczesnośredniowiecznym grodzisku w Kaliszu-Zawodziu. Rok później badacze z Krakowa przeprowadzili badania magnetyczne na terenie starożytnego ośrodka hutniczego w Nowej Słupi. Początkowo prace tego rodzaju były prowadzone we współpracy z geofizykami, jednak postęp technologiczny sprawił, że dziś archeolodzy z powodzeniem mogą korzystać z nich sami. Obecnie geofizyka archeologiczna jest jednym z najefektywniejszych i najbardziej uzasadnionych ekonomicznie sposobów na odkrywanie, dokumentowanie i badanie niewidocznych na powierzchni ziemi struktur, stanowisk i krajobrazów. Stopniowo coraz powszechniej jest wykorzystywany w archeologii georadar – narzędzie, które moim zdaniem ma olbrzymi potencjał. Od 2017 roku nasze laboratorium brało udział w kilkudziesięciu projektach, w których wykorzystywaliśmy georadary – pracowaliśmy nie tylko w Polsce, lecz także m.in. w Sudanie, Hiszpanii, Grecji i we Włoszech. Niejednokrotnie nasze badania dostarczyły przełomowych danych.

Co o naszych przodkach mówią nam obrazy uzyskane za pomocą georadaru?

R.R.: Żeby dobrze odpowiedzieć na to pytanie, trzeba zrozumieć, jak działają metody geofizyczne. Georadarem sprawdzamy, w jaki sposób fala

elektromagnetyczna rozchodzi się w badanym gruncie. Pozwala to identyfikować podziemne układy nawarstwień i nieciągłości w ich obrębie. Uzyskane dane mają charakter niebezpośredni – obserwujemy jedynie wybrane, mierzalne parametry gruntu. Można to porównać do próby opisanie smaku potrawy przez określenie jej koloru, gęstości lub temperatury. Prawdziwi mistrzowie kuchni potrafią powiedzieć, jak smakuje dana potrawa, nawet jej nie próbując. Trochę podobnie jest z geofizyką archeologiczną; pozyskujemy dane cyfrowe bez naruszania gruntu, a następnie musimy je zinterpretować, by zrozumieć, co znajduje się pod ziemią. Prawidłowa interpretacja nie jest możliwa bez dogłębnej znajomości metody, ale należy też uwzględnić mnóstwo innych czynników. Posiłkujemy się zdjęciami lotniczymi, zobrazowaniami satelitarnymi, danymi z wcześniejszych wykopalisk lub odwiertów, mapami geologicznymi. Porównując i zestawiając te dane, jesteśmy w stanie powiedzieć dużo więcej i uzyskać szerszy obraz niż w oparciu o same tylko wykopaliska.

Gdzie wykorzystywaliście georadar?

R.R.: Badaliśmy georadarem np. późnośredniowieczny zamek w Żelechowie na Mazowszu, rozpoznaliśmy pozostałości średniowiecznego miasta ukryte pod współczesną tkanką miejską Sandomierza, zidentyfikowaliśmy prawdopodobną lokalizację meczetu w Madīnat Ilbīra – jednego z ważniejszych miast Kalifatu Kordobańskiego rządzonego przez dynastię Umajjadów. We współpracy z Centrum Archeologii Śródziemnomorskiej Uniwersytetu Warszawskiego badaliśmy także dwie z trzech stolic średniowiecznych królestw nubijskich na terenie obecnego Sudanu: Starą Dongolę – stolicę królestwa Makurii, i Sobę – stolicę królestwa Alwy.

Wspomnieliście wcześniej o dronach.

M.B.: To stosunkowo niedawna nowinka, która bardzo dużo zmieniła w archeologii. Drony są wyposażone w systemy pozycjonowania, więc dane pozyskane za ich pomocą są bardzo precyzyjnie osadzone w kontekście przestrzennym. Dzięki temu łatwiej jest nam tworzyć dokładne mapy i plany badanych przestrzeni. Już nie mówiąc o tym, że pozwalają znacznie oszczędzić koszty związane z organizowaniem wyprawy. Dużym przełomem w archeologii było upowszechnienie się skanowania LiDAR, czyli skanowania laserowego wykonywanego z pokładu samolotu. Wiązka lasera emitowana ze specjalnego urządzenia dociera do gruntu, odbija się i wraca, co pozwala na uzyskanie szczegółowych informacji na temat rzeźby terenu. W związku z tym wszystkie pozostałości archeologiczne, które mają choćby szcątkowo zachowaną własną formę terenową, np. grodziska, kurhany, grobowce, a także wały i systemy fos, stały się nagle o wiele łatwiej dostrzegalne. Nawet nie wychodząc z biura,



SYLWIA PIWOWAR

tylko korzystając jedynie z ogólnodostępnych danych, potrafimy dzięki algorytmom AI namierzyć w ciągu dwóch tygodni tysiące nowych stanowisk. LiDAR poszerzył też naszą perspektywę o lasy, które są terenami z reguły trudno dostępnymi. Teraz możemy dokładnie zbadać również takie tereny.

Cechą wspólną wszystkich narzędzi, o których mówimy, jest to, że są nieinwazyjne. Jakie to ma praktyczne znaczenie dla archeologii?

R.R.: Europejska konwencja o ochronie dziedzictwa archeologicznego, czyli tzw. konwencja maltańska, którą Polska ratyfikowała w 1995 roku, podkreśla że dziedzictwo archeologiczne jest niezbędne do poznania przeszłości gatunku ludzkiego, w związku z czym powinno być ono chronione i zachowane w oryginalnym miejscu. Dziedzictwo archeologiczne jest zasobem nieodnawialnym, a jednocześnie nieustannie jest narażone na zniszczenie przez czynniki takie jak rozwój gospodarczy, transformacje krajobrazu, erozja, zmiany klimatu czy rabunkowa eksploatacja stanowisk archeologicznych. W ciągu ostatnich kilku dekad straciliśmy już bardzo dużo i powinniśmy chronić to, co pozostało z myślą o przyszłych pokoleniach.

Metody nieinwazyjne pozwalają prowadzić badania bez naruszania zabytkowej substancji. Tam, gdzie prowadzenie wykopalisk nie jest konieczne lub możliwe, wydają się najbardziej optymalnym rozwiązaniem. Wspomniana wcześniej Soba leży na obrzeżach Chartumu – wielkiej współczesnej metropolii afrykańskiej, która stopniowo pochłania teren dawnego średniowiecznego miasta. To sprawiło, że do badań została dostępna tylko niewielka część – mniej więcej około 50 ha, tj. 1/6 szacowanej wielkości Soby. Reszta jest już zabudowana lub zagospodarowana w inny sposób. Przeprowadziliśmy badania geofizyczne na całej dostępnej powierzchni, uzyskując ogrom informacji na temat tego, jak to miasto wyglądało. Wykopaliska prowadziliśmy tylko na starannie wybranych, niewielkich obszarach, tak by możliwie zoptymalizować proces badawczy. Na podstawie danych z badań nieinwazyjnych mogliśmy zidentyfikować nie tylko dzielnice, lecz także poszczególne budowle, drogi i inne elementy średniowiecznego miasta. Łącząc te dane z innymi, mogliśmy odpowiedzieć na wiele pytań dotyczących średniowiecznych procesów urbanizacyjnych w subsaharyjskiej Afryce. Proszę sobie wyobrazić, ile czasu zajęłoby przebadanie takiego obszaru metodą wykopaliskową.

Czy każda zaawansowana technologia sprawdza się niezależnie od badanego stanowiska?

M.B.: W żadnym wypadku. Kluczem jest umiejętność dobrania metod, adekwatnych do stawianych przez nas pytań i warunków, które zastajemy. Przykładem są metody datowania. Punktem zwrotnym,



ARCHIWUM IAE PAN

w szczególności dla badań europejskiego wczesnego średniowiecza była dendrochronologia. O ile w przypadku szczątków organicznych pochodzących z paleolitu czy neolitu – których pozostało niewiele – znakomicie sprawdza się datowanie radiowęglowe, o tyle datowanie przyrostów rocznych drewna pozwoliło może nie w pełni, ale na pewno lepiej zrozumieć procesy rozwoju państwa piastowskiego. Do konstrukcji wałów, a także domów używano wówczas bali drzewnych. Badając to drewno, możemy dziś stwierdzić, skąd zostało przywiezione. Profesor Tomasz Ważny przeprowadził serię analiz na materiałach z wczesnośredniowiecznego Wolina. Okazało się, że o ile w początkowej fazie rozwoju tego ośrodka wykorzystywano drewno lokalne – ładne, duże pnie stanowiły o solidności domów – o tyle

Zaawansowane laboratoria umożliwiają precyzyjne datowanie próbek, ustalenie składu pierwiastkowego i izotopowego materiałów czy np. badanie zachowanych w kościach pozostałości DNA



SYLWIA PIWOWAR

Drony to stosunkowo niedawna nowinka, która bardzo dużo zmieniła w archeologii. Dzięki nim łatwiej jest tworzyć dokładne mapy i plany badanych przestrzeni

z czasem zaczęto sprowadzać coraz gorszej jakości materiał z dalszych obszarów, np. Meklemburgii. Budowano z czego popadło: a to z drewna rozbiórkowego, a to z fragmentów łodzi. Dopiero specjalistyczne badania za pomocą nowoczesnych metod pozwalają uchwycić ten kontekst.

Co jeszcze da się wyczytać za pomocą nowych narzędzi?

M.B.: Bardzo dużo nowych danych dostarczają analizy izotopów metali – badamy, skąd pochodziło srebro do produkcji monet Bolesława Śmiałego, Władysława Hermana czy Bolesława Krzywoustego, i okazuje się, że korzystano nie tylko ze srebra z przetopu, lecz także wykorzystywano lokalne złoża z okolic Olkusza i Dąbrowy Górniczej. Inną metodą jest badanie poziomu

izotopów strontu w zębinach ludzkich. W Bodzi pod Włocławkiem przebadano cmentarzysko z początków państwa polskiego i okazało się, że część pochowanych ma zupełnie inny poziom tego pierwiastka niż miejscowi. Możemy przypuszczać w związku z tym, że obok miejscowych grzebano tam także przybyszów z Pomorza, Danii lub okolic Kijowa. Z kolei cztery wojownicy pochowani na cmentarzysku w Ciepłym urodzili się najprawdopodobniej w Danii.

Powiedzieliśmy już o tym, jak technologie zmieniają nasz ogląd przeszłości, a jak pod ich wpływem zmienia się sama archeologia?

M.B.: Mówiliśmy o metodach geofizycznych, które wywodzą się z geologii. Dendrochronologia wzięła się z kolei z nauk przyrodniczych, z tym że w archeologii znalazła najlepsze zastosowanie. Sięgnę jeszcze po przykład z wciąż najbardziej „ludzkiego” etapu prac, czyli wykopalisk. Jasne, korzystamy z łopat, pędzelków, szpachelek... Choć i tu zachodzą zmiany – kolega pracujący w Turcji właśnie planuje badanie stanowiska z architekturą przy wsparciu robotów sterowanych sztuczną inteligencją. Ale na tym etapie niezwykle ważna jest dokumentacja i tutaj standardem stała się fotogrametria i precyzyjne pomiary geodezyjne. Kiedyś rysowało się za pomocą ołówka na papierze milimetrowym. Fotogrametria robi kilkaset albo kilka tysięcy zwymiarowanych zdjęć tylko jednego wykopu. Do tego możemy zeskanować laserowo jego powierzchnię. To pokazuje różnicę.

R.R.: Warto też pamiętać, że każde wykopalisko są działaniem niszczącym i jednorazowym. To powoduje, że przeoczenie jakiejś informacji jest równoznaczne z jej utratą. Dlatego precyzyjna dokumentacja jest tak ważna. Wyzwania, które teraz nie są stawia archeologii, są jednak dużo bardziej złożone. Coraz mocniej odczuwamy skutki zmian klimatu, co nie pozostaje bez wpływu na zabytki archeologiczne. Niedawno we współpracy z Uniwersytetem im. Adama Mickiewicza w Poznaniu i Narodowym Instytutem Dziedzictwa przeprowadziłem badanie georadarowe pozostałości osady obronnej z przełomu epoki brązu i żelaza w Smuszewie. Nie chodziło nam o dokonanie nowych odkryć, lecz sprawdzenie, czy i w jaki sposób zmiany klimatu wpływają na ten bezcenny i niezwykle delikatny – zachowany pod ziemią w postaci liczących kilka tysięcy lat drewnianych konstrukcji – zabytek. Wykorzystanie technologii i interakcje archeologii z innymi dyscyplinami nauki są nie tylko korzystne, ale wręcz konieczne, by lepiej zrozumieć, jak funkcjonowały minione społeczeństwa. Łączenie wiedzy z różnych dyscyplin i korzystanie z technologii, którymi one się posługują, może prowadzić do odkrywania nowych faktów. Biologia molekularna dostarcza narzędzi do analiz materiału genetycznego, co pomaga zrozumieć nam interakcje między różnymi grupami ludzkimi w przeszłości.

Geologia umożliwia badanie zapisów zmian klimatycznych, które w przeszłości mogły wpływać na zachowanie ludzi. Ale archeologia może też poszerzać perspektywę innych dyscyplin. Człowiek od zawsze współistniał ze środowiskiem naturalnym, modyfikował je, zatem także paleogeografia idzie z archeologią ramię w ramię. To bardzo wdzięczne pole przenikania się dyscyplin.

Czy w związku z tym uprawiający dziś ten zawód muszą być wyposażeni w dodatkowe umiejętności, kompetencje?

R.R.: Komputery zrewolucjonizowały od strony technicznej nasz sposób działania i nie ulega wątpliwości, że katalog niezbędnych kompetencji archeologicznych znacząco się poszerzył w tym właśnie kierunku. Oczywiście nie da się nauczyć wszystkiego, ale bycie z technologiami na bieżąco jest dziś obowiązkiem badacza. Rzadziej omawianym efektem tego stanu rzeczy jest masowy przyrost danych cyfrowych, z którymi trzeba coś zrobić.

M.B.: Przychodzą nam z pomocą systemy GIS oraz duże bazy danych, które pozwalają organizować zebrany materiał, lepiej go szeregować, kategoryzować, płynniej z nim pracować. Już nie trzeba przerzucać ton arkuszy, map, wszystko to jest w komputerze, ale poruszania się w tym systemie trzeba się nauczyć.

Jak wyglądałaby dziś archeologia bez nowoczesnych technologii?

R.R.: Myślę, że odpowiedź jest zawarta poniekąd już w samym pytaniu. Korzystanie z nowych technologii jest dla wielu osób kuszące. Nie chodzi jednak o to, by używać coraz doskonalszych narzędzi do szukania odpowiedzi na stare pytania. Najpiękniejsze w nauce jest chyba to, że możemy przeformułowywać stare problemy, patrzeć na nie z innej perspektywy i stawiać nowe pytania. Technologia może nam w tym pomagać.

M.B.: Jeśli wyobrazimy sobie naszą dzisiejszą wiedzę o przeszłości, ale bez wyników będących efektem interdyscyplinarności, to zostaną nam mapy stanowisk, odręczne rysunki grobów, grodzisk i typologia naczyń, broni, ozdób. Czyli cofniemy się do poziomu archeologii z końca XIX wieku. Trzeba jednak pamiętać, że nowoczesne technologie i narzędzia nie są magiczną różdżką, która wszystko nam wyjaśnia – korzystamy z nich, one są bardzo pomocne, ale pokrzepiające jest, że na samym końcu i tak człowiek zostaje z własnymi myślami w głowie i musi podjąć autonomiczną decyzję, co z tego wynika, jak to zinterpretować. Mimo algorytmów, sztucznej inteligencji duch archeologii więc nie ginie.

ROZMAWIAŁ MARIUSZ KARWOWSKI

Georadarem sprawdza się, w jaki sposób fala elektromagnetyczna rozchodzi się w badanym gruncie



SYLWIA PIWOWAR