

Literatura:

1. Jędrzak A., *Biologiczne aspekty przetwarzania odpadów*.
2. Gołębiowska U., Gostomczyk W., Krużewski W., Mas R., Mikulski W., *Odnawialne źródła energii – technologia, legislacja, ekonomika*.
3. *Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 14 sierpnia 2008 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej, zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii oraz obowiązku potwierdzania danych dotyczących ilości energii elektrycznej wytworzonej w odnawialnym źródle energii*

■ Tomasz Ordza – student V roku biologii o specjalności ekologia i zarządzanie zasobami przyrody Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.

BADANIA GEORADAROWE W SŁUŻBIE ARCHEOLOGII

Najciekawsze odkrycia archeologiczne często były dziełem przypadku. Niespodziewana obserwacja zgłoszona właściwym osobom zapoczątkować może cykl badań o doniosłym znaczeniu. Również odkrycia o mniejszym znaczeniu zaczynały się często od szczęśliwego zbiegu okoliczności.

Tak właśnie stało się w niewielkiej wsi w powiecie proszowickim, Żębocinie (389 mieszkańców), o wielkiej tradycji, zgodnie z którą pierwszy kościół został w niej zbudowany w 1050 roku, a lipy koło niego sadził jego proboszcz, późniejszy biskup krakowski i patron Polski – Stanisław Szczepanowski. Biskup Szczepanowski nie był jedynym świętym związanym z Żębocinem – jako błogosławiona jest czczona przez parafian żyjąca około pół wieku później Małgorzata, żona dziedzica Żębocina, Mikołaja, która aby zachować czystość w czasie wyprawy wojennej na Ruś (prowadzonej przez mordercę świętego Stanisława) zamknęła się na czas nieobecności męża samotnie w wieży.

Obecny gotycki kościół pochodzi z połowy XIII wieku, a wizytacja biskupia w 1598 roku potwierdza istnienie murowanego kościoła pod wezwaniem obu bohaterów religijnych Żębocina – św. Stanisława i św. Małgorzaty (choć patronką jest oczywiście nie mało znana świątobliwa żona właściciela wsi, ale święta Małgorzata z Antiochii Pizydyjskiej). Kościół przechodził różne koleje, był rekonsekrowany w 1614 roku i uszkodzony (prawdopodobnie przez trzęsienie ziemi). Przebudowano go w latach 1757–1783, a w latach 1925–1930 wybudowano obok plebanii. Tradycyjnie istniejący cmentarz przykościelny został zlikwidowany w połowie XIX wieku i zastąpiony przez cmentarz parafialny, położony około 100 m od kościoła św. Stanisława i św. Małgorzaty.

Nic dziwnego, że na miejscu o takiej tradycji i ulegającemu różnym przebudowom mogą kryć się

zagadki archeologiczne. Zupełnie przypadkowo na ich trop natrafiono, kiedy dla wygody parafian obecny proboszcz, ksiądz Krzysztof Olszewski, władający parafią przez ostatnią dekadę, postanowił wybudować parking na łące w pobliżu kościoła.

Pierwsze uderzenia łopaty natrafiły na próg kamienny, który okazał się pierwszym stopniem prowadzącym w dół, do lochów.



Ryc. 1. Zespół kościelny w Żębocinie – kościół pw. św. Małgorzaty i św. Stanisława z XIII, XVIII wieku, dzwonnica z 1776, mur z XIII–XVIII wieku. Fot. Sebastian Rózga (Licencja Wikipedia Commons).

Podziemne pustki

Pod pozornie trwałą i stabilną Powierzchnią Ziemi przebiegają złożone procesy i kryją się zagadki niedostępne ludzkim oczom. Do niedawna o istnieniu niektórych z nich mogliśmy się domyślać, inne zostawały odkryte jedynie przez szczęśliwy przypadek. Sytuacja – jak to bywa zwykle w nauce – radykalnie zmieniła się przez odkrycie i wprowadzenie nowych technik badawczych. Dla poszukiwań podziemnych było to wprowadzenie georadaru.

Georadar (Ground-penetrating radar (GPR)) jest metodą geofizyczną stosującą fale elektromagnetyczne do obrazowania przestrzeni pod powierzchnią gruntu. Polega ona na wysyłaniu w głąb gruntu fal elektromagnetycznych w zakresie częstotliwości od 10 MHz do 2,5 GHz, które penetrują obszary podziemne, odbijając się od granic ośrodków o różnej stałej dielektrycznej. Odbicia te są rejestrowane przez anteny odbiorcze i po odpowiednim przetworzeniu komputerowym pozwalają uzyskać obrazy anomalii na echogramach. Fale penetrują skały, glebę, lód, wodę, a dzięki ich odbiciom można wykrywać istnienie różnych przedmiotów, zmiany w składzie chemicznym (np. skażenia chemiczne), pustki i szczeliny. Kiedy wysłana przez antenę nadawczą fala natrafia na zagrzebany obiekt lub granicę ośrodków o różnej stałej dielektrycznej, antena odbiorcza rejestruje zmianę odbitego sygnału.



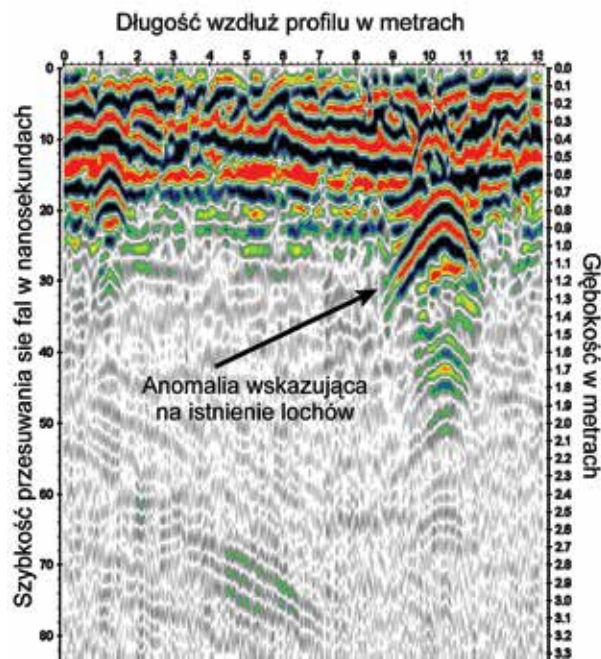
Ryc. 2. Odkryte na parkingu wejście do podziemi kościoła. Fot. Sylwia Tomecka-Suchoń.

Georadar nie jest metodą doskonałą. Działa on słabo w ośrodkach o dużej przewodności elektrycznej, takich jak gliny i gleby skażone solanką, ponieważ w takich ośrodkach fale elektromagnetyczne są silnie tłumione. Także jeżeli gleba jest niejednorodna, na przykład zawiera liczne odłamki skalne, rozpraszanie się sygnału utrudnia interpretację wyników.

Inne kłopoty, zapewne do przewyciężenia w niedalekiej przyszłości to to, że interpretacja otrzymanego obrazu, radiogramu, wymaga dużego doświadczenia. Podobnie jak trzeba posiadać doświadczenie, aby zinterpretować szmery i tony serca przy osłuchiowaniu klatki piersiowej. Rzeczywiście trzeba stać się ekspertem, aby prawidłowo zaprojektować, przeprowadzić i interpretować wyniki badań georadarowych.

Mimo problemów, postęp metodologiczny znacznie ułatwił badania georadarowe, które zostały zapoczątkowane już w latach 20. zeszłego wieku

w Niemczech (do poszukiwania zagrzebanych przedmiotów), ale naprawdę zaczęły rozwijać się od czterdziestu lat, a obecnie, od lat dwudziestu przeżywają swój rozkwit.



Ryc. 3. Przykładowy echogram radarowy na łące opodal kościoła w Żębocinie. Na kolejnych echogramach na przestrzeni czterech metrów kontuuje się anomalia wskazująca na istnienie lochów.

Z wielu dziedzin, w których zastosowano badania georadarowe, można wymienić ochronę środowiska (wykrywanie skażeń chemicznych), gospodarkę komunalną (wykrywanie rur i światłowodów), inżynierię budowlaną, zwłaszcza wykrywanie pustek zagrażających drogom i liniom kolejowym, a także w glaciologii (badanie lodowców) i wojskowości (wykrywanie min). Takie badania prowadzono między innymi w Katedrze Geofizyki WGGiOŚ AGH, gdzie zajmowaliśmy się problemem wędrujących ku powierzchni ziemi pustek powstałych w wyniku działalności górniczej i zagrażających szlakom komunikacyjnym i budowlom, a także skażeniami środowiska powodowanymi przez wypłukiwanie składników mineralnych z hałd górniczych. Ostatnio zainteresowaliśmy się również możliwościami wykorzystania metod georadarowych w archeologii.

Pierwszym naszym projektem było zbadanie okolic kościoła świętego Benedykta na wzgórzu Lassoty w krakowskiej dzielnicy Podgórze. Zgodnie z niektórymi hipotezami archeologicznymi, zwłaszcza wysuniętymi przez wybitnego polskiego architekta i popularyzatora wiedzy archeologicznej, profesora Politechniki Krakowskiej, Wiktora Zina (1925–2007) w miejscu kościoła stał pierwotny dwór władców Małopolski, zanim osiedlili się oni na przeciwnym

brzegu Wisły, na wzgórzu Wawel. Badania Zina sugerowały, że w miejscu kościoła znajdowała się w IX lub X wieku rezydencja książęca, której głównymi elementami był kościół w kształcie rotundy oraz obszerne *palatium*, właściwa siedziba księcia i dworu. Wyniki badań archeologicznych profesora Zina zostały bardzo mocno poparte wynikami naszych badań georadarowych, właśnie publikowanych w *Acta Geophysica*. W badaniach tych wyraźnie określiliśmy przebieg murów mogących stanowić ściany *palatium* oraz przebieg absydy rotundy.

Zachęcona tymi wynikami, wyraźnie wskazującymi możliwości wykorzystania techniki georadarowej, rozpoczęłam badania georadarowe w Żębocinie. Średniowieczna tradycja tego miejsca, rozpowszechniona dzięki Ignacemu Kraszewskiemu w powieści

„Boleszczyce” oraz legendami miejscowymi (na przykład o odkryciu bardzo starożytnego wina w lochach kościoła, którego daty jednak nie można ustalić, gdyż odkrywcy szybko je skonsumowali) uznałam kościół w Żębocinie i jego okolice za dobre miejsce do przeprowadzenia praktycznych zajęć ze studentami z zastosowania georadaru. Faktycznie pierwsze wyniki są obiecujące, ale oczywiście nie nadają się jeszcze do publikacji. Niewątpliwie wskazują one jednak, że metoda georadarowa jest potencjalnie wielkim sprzymierzeńcem archeologa, i że geofizyka współczesna ma szansę wnieść istotny wkład do naszej wiedzy o dziejach Polski.

Sylvia Tomecka-Suchoń, Piotr Pyka (Kraków)

Dr Sylvia Suchoń jest adiunktem w Zakładzie Geofizyki WGGiOŚ AGH w Krakowie. Inż. Piotr Pyka jest absolwentem AGH, a pomiary georadarowe w Żębocinie wykonywał w ramach swojej pracy inżynierskiej.

ŻYCIE W ZIMIE – PRZYPADEK NAJMNIEJSZYCH SSAKÓW ŚWIATA

Zima to piękna pora roku. Śnieg całkowicie odmienia krajobraz, a mróz czyni powietrze krystalicznie przejrzystym. Okres piękny zwłaszcza, gdy obserwujemy go przez okno przytulnego mieszkania. Zapadnięci w wygodnym fotelu, z gorącym kubkiem herbaty w dłoni, z lodówką pełną jedzenia i gorącą wodą w kranie... Zmieńmy jednak na chwilę ten obrazek. Przypomnijmy sobie oczekiwanie na spóźniający się tramwaj czy krótki spacer do osiedlowego sklepu. Zaledwie 10 min spędzonych na półotwartej przestrzeni wydaje się wiecznością. Zdaje się wtedy, że temperatura poniżej -10°C nie pozwala na jakąkolwiek aktywność poza drżeniem. Umysł i całe ciało domagają się powrotu do ciepłego domu. A przecież zazwyczaj jesteśmy zaopatrzeni w wiatroodporne kurtki z polarem, ocieplane buty, termoaktywną bieliznę i cały ten, niemal alpinistyczny, sprzęt. A co z nieubranymi zwierzętami, zwłaszcza tymi małymi? W jaki sposób są w stanie przetrwać takie warunki ryjówki – najmniejsze ssaki świata?

Najmniejszy polski gatunek ryjówki (*Soricidae*) – ryjówka malutka (*Sorex minutus*) – waży zaledwie 3 g. Nie jest to nawet pełna łyżeczka cukru. Jej wyjątkowo mały organizm pracuje bardzo szybko. O wiele szybciej, niż przewidywali

naukowcy dla takiej wielkości ciała. Serce bije nawet 1000 razy na minutę. Tak ogromne tempo przemiany materii wymusza na nich ciągle poszukiwanie pokarmu, by sprostać wymaganiom energetycznym. W ciągu doby zwierzę to musi zjeść ilość pokarmu odpowiadającą masie jej ciała. Samica ryjówki malutkiej, gdy jest w ciąży, zjada w ciągu doby nawet trzy razy więcej. Z drugiej strony, małe ciało nie pozwala na zgromadzenie dużych zapasów energetycznych w postaci tłuszczu. Ich żołądek musi więc być stale pełny – gdy tylko zabraknie w nim pokarmu, odpoczywająca ryjówka musi natychmiast wznowić intensywne żerowanie. Jeśli nie zapełni go ponownie w ciągu kilku godzin – umrze. W podobnej sytuacji jest jej trochę większa kuzynka, ryjówka aksamitna (*Sorex araneus*) (8 g) oraz już spory, jak na rodzinę ryjówkowatych (*Soricidae*), rzęsorek rzeczek (*Neomys fodiens*) (14 g). Te trzy gatunki, wraz z rzęsorkiem mniejszym (*Neomys anomalus*), tworzą reprezentację polskich ryjówek z podrodziny *Soricinae*.

W jaki sposób udaje się więc tym zwierzętom przetrwać zimę? W Polsce ta pora roku bywa naprawdę sroga. Zdarzało się nawet, że temperatura spadała do -40°C . Można więc podejrzewać, że takie mrozy zmniejszają dostępność pokarmu, utrudniają żerowanie,