



**Referat wygłoszony w dniu 18 lutego 2026r. na posiedzeniu
Komisji Nauk Geologicznych PAN Oddział w Krakowie**

Polska Akademia Nauk
Oddział w Krakowie
Komisja Nauk Geologicznych

dr hab. inż. Bernadetta Pasierb¹, dr hab. Klaudia Stala² prof. PK, dr inż. Wiesław Nawrocki³

Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki

ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków,

¹Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Katedra Geoinżynierii i Gospodarki Wodnej

bernadetta.pasierb@pk.edu.pl; ORCID: 0000-0001-5616-7289

²Wydział Architektury, Katedra Historii Architektury i Konserwacji Zabytków

klaudia.stala@pk.edu.pl; ORCID ID: 0000-0001-7222-8504;

³Zakład Badań Nieniszczących KPG, ul. Pod Strzecha 19, 31-352 Kraków

**Rozpoznanie nieinwazyjnymi metodami geofizycznymi struktur
antropogenicznych na terenie dawnej rezydencji królewskiej w Łobzowie**

Do metod skutecznie wspierających poszukiwania podziemnych struktur antropogenicznych należą nieinwazyjne metody geofizyczne. Znaczące zainteresowanie prospekcją geofizyczną w ciągu ostatnich dwóch dekad wynika z nowych perspektyw oferowanych przez te metody i związane jest z (i) uzyskaniem wysokiej rozdzielczości, (ii) większej głębokości badań, (iii) pozyskiwaniem większej liczby danych w krótszym czasie oraz (iv) nowoczesną prezentacją i wizualizacją wyników. Możliwe to jest dzięki ulepszonej metodycie badań; zastosowaniu urządzeń analogowo-cyfrowych, większej mocy i pojemności aparatury, profesjonalnych komputerów oraz programów do akwizycji, procesingu danych oraz wizualizacji. Również dzięki kompleksowym badaniom wyniki poszukiwań są znacznie lepsze i pozwalają na precyzyjną lokalizację, ograniczając niejednoznaczność badań, jaka pojawia się na etapie przetwarzania i właściwego rozpoznania ośrodka. Niejednoznaczność w badaniach geofizycznych stanowi poważne wyzwanie związane z właściwym rozpoznaniem ośrodka i dotyczy ilościowej i kontekstowej interpretacji wyników, dlatego istotne znaczenie ma ograniczanie obu typów niejednoznaczności poprzez wykonanie badań kilkoma metodami ukierunkowanymi na pomiar uzupełniających się parametrów fizycznych oraz dowiązanie ich wyników do danych archiwalnych i geologicznych (Loke, 2022; Pasierb i Nawrocki, 2025). Spośród wielu metod geofizycznych w szczególności dotyczących płytkich poszukiwań struktur geologicznych i antropogenicznych niezwykle przydatne są dwie metody geofizyczne Ground Penetrating Radar (GPR) oraz Electrical Resistivity Tomography (ERT). Metody GPR i ERT,

podobnie, jaki i inne metody geofizyczne oparte są na prawach fizyki i umożliwiają rozpoznanie i analizę ukrytych struktur bez potrzeby ingerencji w grunt, co jest szczególnie ważne w kontekście ochrony dziedzictwa kulturowego. Georadar wykorzystuje fale elektromagnetyczne o częstotliwości od kilkuset MHz do kilku GHz i w badaniach archeologicznych może pomóc nie tylko w rozpoznawaniu struktur (fundamenty budynków, mury, ściany, tunele), ale także w identyfikacji i chronologii różnych warstw osadniczych, a tym samym w odtworzeniu historii obiektu (Nawrocki i Piasek, 2006; Daniels, 2004; Annan, 2001). Metoda tomografii elektrooporowej pozwala na podstawie różnic w oporności elektrycznej na tworzenie obrazów podziemnych struktur. Może być stosowana do identyfikacji i analizy oraz oceny stanu zachowania artefaktów związanych z fundamentami ze względu na ich różny skład materiałowy (np. kamień, cegła), a także do poszukiwań fos dzięki różnicy w wilgotności i składzie materiału wypełniającego fosę i otoczenie. Badania metodą ERT mogą być wykonywane nawet dla bardzo głęboko zakopanych fundamentów (Loke i in., 2003). Metoda GPR może zatem dostarczyć szybkich wyników dotyczących kształtu i głębokości struktur, natomiast metodą ERT można dokładnie określić także ich własności materiałowe. Poza uzyskaniem przekrojów 2D, odpowiednia metodologia badań 2.5D i 3D umożliwia wykonanie wizualizacji podpowierzchni i rekonstrukcję obrazu 3D, ułatwiając tym samym interpretację danych (Pasierb, 2015; Sato i in., 2024).

W prezentowanych badaniach optymalizacja doboru metod badawczych, tj. georadarowej, tomografii elektrooporowej i skaningu laserowego (Pleśniarski i in., 2025) uzależniona była od celu badań, możliwości metod, ich dokładności i rozdzielczość, zasięgu głębokościowego i potencjalnego rozmiaru poszukiwanych i skanowanych obiektów. Wpływ miały również warunki terenowe tj. asfaltowa nawierzchnia, infrastruktura naziemna i podziemna, zabudowania i drzewa. Warunki te ograniczały lub eliminowały jedną metodę geofizyczną, natomiast nie stanowiły przeszkody dla drugiej.

Celem przeprowadzonych badań było zidentyfikowanie i doprecyzowanie lokalizacji artefaktów będących pozostałościami po fortalicium króla Kazimierza Wielkiego, a następnie letniej rezydencji królewskiej w Łobzowie (Kraków), które do dnia dzisiejszego nie zostały w całości rozpoznane. Pomimo licznie zachowanych źródeł historycznych, zarówno pisemnych i ikonograficznych, do tej pory nie rozpoznano zasięgu i nie odkryto fundamentów skrzydeł pałacu, dawnego skrzydła zachodniego i północnego (Kadłuczka i Kadłuczka, 1999; Stala, 2015, 2016, 2018; Janowski, 2022). Dlatego w latach 2024-25 przeprowadzono po raz pierwszy na tym obiekcie wspólną eksplorację geofizyczną, wykorzystując GPR we wnętrzu pałacu, oraz razem z metodą ERT i skanowaniem laserowym w otoczeniu pałacu. Przedstawione badania stanowią działania, które związane są zarówno z poszerzeniem ogólnej wiedzy uzyskanej na podstawie rozpoznania metodami nieinwazyjnymi, jak i późniejszą ich popularyzację wraz z zapewnieniem dostępu do uzyskanej wiedzy i najnowszych informacji. Badania są kluczowe dla zrozumienia historii pałacu i jego otoczenia, a także dla ochrony cennego zabytku.

Literatura:

- Annan, A.P. 2001. Ground Penetrating Radar. Workshop Notes, Sensor and Software Inc., Canada.
- Daniels, D.J. 2004. Ground Penetrating Radar (2nd ed.). The Institution of Engineering and Technology.
- Janowski, P.J. 2022. Renesansowa curia Lobzoviensis królowej Bony w świetle inwentarza z 1558 roku. *Kwartalnik Historii Kultury Mat.*, 70(3): 271-285, <https://doi.org/10.23858/KHKM70.2022.3.001>
- Kadłuczka, A., Kadłuczka, K. 1999. Dokumentacja Techniczna: Badania Historyczno-Konserwatorskie, Sprawozdanie, Archive of the Voivodeship Conservation Office in Kraków,
- Loke, M.H. 2022. Tutorial: 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.454.4831>
- Loke, M.H., Ackworth, I., Dahlin, T. 2003. A comparison of smooth and blocky inversion methods in 2D electrical imaging surveys. *Exploration Geophysics*, 343: 182–187. <https://doi.org/10.1071/EG03182>
- Nawrocki, W., Piasek, Z. 2006. Metody falowe lokalizacji infrastruktury i obiektów podziemnych. Monografia, nr 328, Inżynieria Środowiska, Kraków: Politechnika krakowska.
- Pasierb, B., Nawrocki W. 2025. Integrated geophysical search for 19th-century underground tanks in Krakow (Poland): Analysis of 2D, 2.5D and 3D ERT surveys. *Archaeological Prospection*, 32 (2): 483-502. <https://doi.org/10.1002/arp.1974>
- Pasierb, B. 2015. Numerical evaluation of 2D electrical resistivity tomography for subsoil investigations. *Technical Transactions. Environment*, 112 (24): 101-112. doi.org/10.4467/2353737XCT.15.230.4616
- Pleśniarski, A., Jabłoński, S., Woźniak, M. 2025. Inwentaryzacja infrastruktury podziemnej na terenie pałacu królewskiego w Łobzowie. Raport SKAN3D dla PK.
- Sato, M., Saito, R., Abbas, A., Mesbah, H., Taha, A., Gaweish, W., Aldeep, M., Ali, A., Kurokouchi, H., Takahashi, K., El-Qady, G., Yoshimura, S. 2024. GPR and ERT Exploration in the Western Cemetery in Giza, Egypt. *Archaeological Prospection*, 31: 187-198. <https://doi.org/10.1002/arp.1940>
- Stala, K. 2018. Wyniki badań archeologicznych w południowo-wschodnim skrzydle budynku tzw. Podchorążówki (dawnej letniej rezydencji królewskiej w Łobzowie. *Wiadomości Konserwatorskie*, 53: 67-75. <https://doi.org/10.17425/WK53LOBZOW>
- Stala, K. 2015. The royal residence of Zygmunt III Vasa in Łobzow. Attempt at reconstruction. *Journal of Heritage Conservation*, 42: 54-60. <https://doi.org/10.17425/WK42VASA>
- Stala, K. 2016. Najstarszy widok łobzowskiego castellum Kazimierza Wielkiego z 1536/1537 roku. *Wiadomości Konserwatorskie*, 46: 119-124, 24. <https://doi.org/10.17425/WK46LOBZO>