



Tomasz HERBICH*

Metody geofizyczne w archeologicznych badaniach starożytnych miast w Egipcie

Streszczenie: Podczas ostatnich dwóch dekad nastąpił gwałtowny postęp w poznawaniu zespołów miejskich starożytnego Egiptu. Stało się to możliwe dzięki zastosowaniu metody magnetycznej, pozwalającej rekonstruować plany miast na obszarach o powierzchni dziesiątek hektarów – niemożliwych do przebadania przy użyciu konwencjonalnych metod wykopaliskowych. Metoda jest szczególnie efektywna w przypadku badań zabudowy w delcie Nilu, a także w dolinie Nilu i na jej na obrzeżach, czyli tam, gdzie podstawowym materiałem budowlanym była suszona w słońcu cegła, wytwarzana z mułu nilowego – surowca o dużej zawartości tlenków żelaza, a zatem łatwego do rejestracji przy użyciu metody magnetycznej. W korzystnych warunkach prospekcja magnetyczna daje na tyle dokładny obraz niewidocznej na powierzchni zabudowy, iż na podstawie cech typowych dla danych okresów rozwoju architektury egipskiej można wstępnie określać datę powstania budynków. Pomiaru pozwalają także na rejestrowanie miejsc pochówków, struktur o charakterze produkcyjnym (np. piece do produkcji ceramiki). Obszary prowadzone na dużych przestrzeniach pozwalają na rekonstrukcję zmian w krajobrazie (np. poprzez odtworzenie sieci nieistniejących kanałów czy odnóg rzecznych). W pomiarach używane są dwa typy magnetometrów: gradientometry turboprzepływowe mierzące wektor pionowy natężenia pola magnetycznego oraz magnetometry pompowane optycznie, mierzące całkowite natężenia pola. Gęstość próbkowania wynosi zwykle od 8 do 20 pomiarów na metr kwadratowy. Poza metodą magnetyczną, w badaniach znajduje także zastosowanie metoda elektrooporowa, głównie w wersji profilowań. Jest ona przydatna w badaniach zabudowy z epoki rzymskiej, gdy podstawowym materiałem budowlanym była cegła palona. Gęstość próbkowania wynosi 1 lub 2 pomiary na metr kwadratowy. W artykule przedstawione są wyniki badań autora na stanowiskach z epok począwszy od Średniego Państwa (1 poł. II tysiąclecia przed Chr.) do schyłku pierwszego tysiąclecia po Chr.

Słowa kluczowe: geofizyka archeologiczna, metoda magnetyczna, metoda elektrooporowa, archeologia Egiptu, badania miast antycznych

Geophysical methods in the archaeological study of ancient Egyptian cities

Abstract: Huge progress has been made over the last two decades in research on ancient Egyptian cities, mainly by means of the magnetic method, which has enabled city plans to be reconstructed over dozens of hectares –

* Mgr, Instytut Archeologii i Etnologii Polskiej Akademii Nauk, Warszawa; e-mail: herbich@iaepan.edu.pl

something conventional excavation methods do not allow. The method is particularly effective in the case of research in the valley and delta of the Nile, where the basic building material was sun-dried brick made of Nile mud, a material rich in iron oxides, easily registered using the magnetic method. Under the right circumstances, magnetic surveying provides an image of subterranean structures, sufficiently precise to date structures on the grounds of characteristics typical for Egyptian architecture of different periods. The readings can also register burials and industrial features (e.g. pottery-production furnaces). Surveys of larger areas support reconstructions of the paleo-landscape (e.g. by recreating canal networks and Nile branches). Measurements are taken using two kinds of instruments: fluxgate gradiometers (measuring the vertical component of the magnetic field) and optically pumped (measuring the total value of the magnetic field). The sampling grid is between 8 and 20 measurements per square meter.

Surveying with the resistivity method (mainly profiling) has proved useful for examining sites from the Roman period, when fired brick was the basic material in use for building purposes. The sampling grid in this case is 1 or 2 measurements per square meter. The article presents the author's research on sites from the Middle Kingdom (the first half of the 2nd millennium BC) to the end of the 1st millennium AD.

Keywords: archaeological geophysics, magnetic method, electrical resistance method, archaeology of Egypt, study of Egyptian cities

1. Uwarunkowania badań urbanistyki miast antycznych

Badania nad zagadnieniami urbanistycznymi miast antycznych najłatwiej prowadzić wówczas, gdy pozostałości zabudowy są czytelne na powierzchni terenu, zachowane w stopniu pozwalającym odtworzyć plan zabudowy i określić funkcję poszczególnych dzielnic. Archeologiczne metody wykopaliskowe służą wówczas do określenia charakteru niewielkich fragmentów zabudowy a podstawowe znaczenie mają badania powierzchniowe, analizy topograficzne, studia map i zdjęć lotniczych. Badania są znacznie trudniejsze, gdy w wyniku zniszczeń, procesów erozji lub procesów depozycyjnych pozostałości zabudowy przestały być czytelne na powierzchni terenu i odsłonięcie ich fragmentów wymaga prac wykopaliskowych. Próby rekonstrukcji planu miasta i określenie funkcji dzielnic wymagałyby wówczas przeprowadzenia wykopalisk na powierzchni dziesiątek lub setek hektarów, w zależności od rozmiarów obszaru zasiedlonego. Przy obecnych kosztach wykopalisk, a także powolności procesu badawczego, podjęcie takich prób staje się przedsięwzięciem mało realnym, przynajmniej w przypadku miast o powierzchni przekraczającej kilkadziesiąt hektarów.

Pamiętać także należy, że o ile wczesne badania antycznych cywilizacji bliskowschodnich polegały głównie na badaniu ośrodków miejskich, to w przypadku Egiptu prace przede wszystkim koncentrowały się na badaniu świątyń i cmentarzysk, bo dzięki temu łatwiej można było pozyskiwać obiekty o dużej wartości muzealnej oraz świadectwa unikalnej sztuki egipskiej (Bietak 1979). Wszystko to w efekcie doprowadziło do sytuacji, iż w końcu XX wieku żadne z miast egipskich okresu faraonńskiego nie miało rozpoznanego planu zabudowy; o urbanistyce wypowiadano się na podstawie źródeł pośrednich bądź na podstawie badań osad, niebędących jednakże typowymi miastami, takich jak osiedla robotników, osady związane z obsługą miejsc kultu czy fortece (Kemp 2006). Badania jedyne ośrodka miejskiego rozpoznanego na znacznej powierzchni – Tell Amarna w Środkowym Egipcie, nie pozwalały na uogólnienia, bowiem było to miasto będące rezydencją królewską, wzniesioną podczas panowania jednego władcy i w wyniku zmian o charakterze religijno-politycznych szybko opuszczoną (Kemp 2006). Więcej powiedzieć można było o ośrodkach miejskich zachowanych na obrzeżach Morza Śródziemnego i Czerwonego – te jednakże powstały

w kręgu wpływów cywilizacji grecko-rzymskiej, której urbanistyka jest daleko lepiej poznana od egipskiej.

2. Czynniki wpływające na stan zachowania antycznych miast w Egipcie

Na stan zachowania antycznych miast egipskich wpłynęły dwa czynniki – lokalizacja oraz materiał użyty do budowy.

2.1. Miasta wznoszone w dolinie i delcie Nilu

Główne ośrodki miejskie starożytnego Egiptu powstawały w dolinie i delcie Nilu – na terenach aluwialnych, w pobliżu rzeki lub jej odnóg, z racji na rolę transportu wodnego w wymianie dóbr. Miejsca te były narażone na zalanie podczas okresowych wylewów Nilu. Opuszczone obszary miejskie stawały się atrakcyjne, jako obszary do upraw rolniczych, co powodowało kolejne zniszczenia i całkowite zatarcie śladów zabudowy na powierzchni terenu. Przybliżone granice miasta określić można było jedynie na podstawie analizy zasięgu resztek ceramiki widocznych w warstwie ormej. Wyjątkiem są pozostałości miast tworzących obecnie tzw. *telle* (*tell* po arabsku znaczy „wzgórze”). Miasta te zwykle były wznoszone na niewielkich wzniesieniach niezalewanych podczas wylewów. W delcie wzniesienia te były piaszczystymi relikdami sedymentacji plejstoceniowej, w dolinie Nilu był to wały brzegowe (Bietak 1979). Atrakcyjność takich miejsc powodowała, iż ich zasiedlenie było kontynuowane pomimo zniszczeń, np. w wyniku konfliktów politycznych: na zniszczonej warstwie zabudowy wznoszone nowe budynki, co w wyniku procesów zachodzących nierzadko w okresie kilku tysiącleci powodowało, iż najpóźniejsza zabudowa wznoszona była na wzgórzu wyższym nawet o 15–20 metrów od otoczenia (Bietak 1979). Miasta na tellach przetrwały do naszych czasów głównie w delcie Nilu, jednakże w wyniku procesów erozji zabudowa jest czytelna na powierzchni jedynie fragmentarycznie; określić można głównie zasięg miasta (co też może być mylące z racji stałego powiększania areалу ziem uprawnych kosztem powierzchni tellu), w rzadkich przypadkach elementy zabudowy czytelne są na zdjęciach lotniczych i satelitarnych (Parcak 2016).

Drugim czynnikiem niekorzystnie wpływającym na stopień zachowania zabudowy był podstawowy w przeciągu całej historii starożytnego Egiptu materiał budowlany: suszona w słońcu cegła wytwarzana z mułu nilowego. Materiał ten, relatywnie odporny na zniszczenia w wyniku działania czynników atmosferycznych w klimacie suchym, łatwo ulega zniszczeniu na obszarach zalewowych (w dolinie Nilu) lub z opadami deszczu (w delcie Nilu). Po zniszczeniu zabudowy obszar łatwo staje się obszarem rolniczym, bowiem materiał tworzący cegły staje się z powrotem glebą. Materiał tworzący *telle*, dzięki obecności podnoszących żyzność resztek organicznych, traktowany był na obszarach gęsto zaludnionych jako materiał do użytkowania pól. To przyczyniło się w sposób decydujący do zmniejszenia powierzchni tellów.

Użycie kamienia (wapieni, piaskowców i granitów) jako materiału budowlanego ograniczone było niemal wyłącznie do zabudowy o charakterze kultowym lub sepulkralnym. Bardziej odporna na niszczące oddziaływanie czynników atmosferycznych cegła palona weszła

w użycie dopiero w okresie, gdy Egipt stał się prowincją rzymską i stosowana była głównie do wznoszenia budowli o charakterze publicznym.

2.2. Miasta wznoszone w oazach Pustyni Zachodniej i na wybrzeżach morskich

W miastach wznoszonych w oazach Pustyni Zachodniej podstawowym budulcem była suszona w słońcu cegła, wytwarzana z lokalnych glin. Budowle z tego materiału zachowały się lepiej niż w dolinie Nilu, oazy były jednak obszarami peryferyjnymi. Istniejące tu formy osadnictwa to niewielkie osiedla albo osady, często o charakterze militarnym, niewiele wnoszące do wiedzy o urbanistyce egipskiej. Kamień, podobnie jak w dolinie i delcie Nilu, stosowany był okazjonalnie, głównie do wznoszenia budynków o charakterze publicznym.

Wybrzeża (zarówno Morza Śródziemnego, jak i Czerwonego) szerzej zasiedlane były dopiero od okresu hellenistyczno-rzymskiego, gdy Egipt uległ wpływom cywilizacji powstałych na północnych obrzeżach Morza Śródziemnego. To, a także fakt, iż miasta wznoszone na wybrzeżach morskich narażone były na silniejsze oddziaływanie czynników atmosferycznych powodowało, iż w znacznie większym stopniu niż na pozostałym obszarze Egiptu użytkowany jako materiał budowlany był kamień. W okresie rzymskim, szczególnie na północnym wybrzeżu półwyspu Synaj, powszechne zastosowanie znalazła cegła palona. Miasta na wybrzeżach uległy zniszczeniu, jednakże w odróżnieniu od doliny Nilu, tereny nie podlegały uprawie, zatem w wielu wypadkach resztki zabudowy czytelne są na powierzchni.

3. Zastosowanie metod geofizycznych w badaniu miast antycznych Egiptu

3.1. Odkrycie właściwości magnetycznych mułu nilowego i wczesny okres badań

Do zasadniczej zmiany w metodyce badania miast doprowadziło zastosowanie metod geofizycznych, a przede wszystkim metody magnetycznej. Podczas badań twierdzy nubijskiej w Mirgissa zauważono, iż muł nilowy charakteryzuje się dużą podatnością magnetyczną, zaistniała dzięki obecności tlenków żelaza (Hesse 1967). Metodę magnetyczną stosowano jednakże przede wszystkim na obrzeżach doliny Nilu, na obszarach, gdzie konstrukcje mułowe wznoszono na skraju pustyni. Badania prowadzono głównie przy użyciu magnetometrów protonowych, o rozdzielczości 1 nT. Gęstość próbkowania wynosiła zwykle 1 pomiar na 1 m². Duży kontrast pomiędzy podatnością magnetyczną cegieł mułowych i piasku pozwalał na łatwą lokalizację pozostałości zabudowy (Verner i Hašek 1981; Myśliwiec i in. 1995). Rozdzielczość taka nie była jednakże wystarczająca do rekonstrukcji planów zabudowy podczas badań w ośrodkach miejskich wznoszonych na podłożu mułowym, gdy kontrast pomiędzy wartościami podatności resztek zabudowy i ich otoczenia był znacznie mniejszy. Badania pozwalały jedynie na rejestrację obiektów o charakterze przemysłowym, powodujących znaczne zmiany w natężeniu pola magnetycznego (np. piece do produkcji ceramiki, warsztaty metalurgiczne; Pavlish 2004). Nawet po zastosowaniu do badań archeologicznych instrumentów o wyższej rozdzielczości (turboprzepływowych

o rozdzielczości 0,1 nT i pompowanych optycznie o rozdzielczości 0,01 nT) dalej wątpiono w możliwość lokalizacji struktur mułowych w otoczeniu z dominacją mułu.

Podejmowane sporadycznie próby z zastosowaniem metod elektrooporowych do badań architektury dawały daleko gorsze wyniki od badań magnetycznych. Wyniki – pozyskiwane zwykle w warunkach wysokiej oporności kontaktu elektrod z glebą – pozwalały jedynie na rozpoznawanie granic obszarów zabudowanych (Mathieson 1984) lub też propozycji lokalizacji zespołów obiektów (Myśliwiec i Herbich 1988).

3.2. Badania architektury mułowej w dolinie i delcie Nilu

Przełom w badaniu zabudowy miejskiej nastąpił w 1995 r., gdy na zaproszenie Centrum Archeologii Śródziemnomorskiej Uniwersytetu Warszawskiego w Kairze przyjechali do Egiptu badacze z Urzędu Konserwatorskiego Bawarii, Helmut Becker i Jörg Fassbinder. Badacze dysponowali magnetometrami cezowymi o rozdzielczości 0,01 nT. Po udanych pomiarach w Sakkara (lokalizacji elementów architektury grobowej z cegły mułowej, przykrytych piaskiem; Fassbinder i in. 2001), zgodzili się przeprowadzić testowe pomiary na badanym przez misję muzeum w Hildesheim (Niemcy) stanowisku Qantir w zachodniej delcie – miejscu zalegania pod powierzchnią resztek miasta o powierzchni kilku kilometrów kwadratowych, będącego stolicą Egiptu u schyłku II tys. przed Chr. Jednodniowy test doprowadził do odkrycia zespołu pałacowego; wyniki pozwoliły określić jego wymiary, wewnętrzne rozplanowanie a nawet liczbę kolumn w sali hipostylowej (Pusch 1999). Badania bezspornie wykazały, iż metoda magnetyczna, przy pomiarach z odpowiednią gęstością próbkowania (co najmniej 8 pomiarów na metr kwadratowy: co 0,25 m wzdłuż linii odległych od siebie o 0,5 m) i przy zastosowaniu aparatury o rozdzielczości co najmniej 0,1 nT pozwala na mapowanie pozostałości architektury mułowej w delcie i dolinie Nilu. Sukces testu w Qantir spowodował podjęcie w następnym roku projektu badawczego dążącego do pełnej rekonstrukcji planu miasta. Badaniami objęto obszar o powierzchni przekraczającej 2 km². Pomiary doprowadziły do odtworzenia siatki ulic, wyodrębnienia dzielnic o różnym charakterze (o funkcjach kultowych, mieszkalnych, przemysłowych), odtworzenia planów poszczególnych budynków w obrębie dzielnic, czy wreszcie umiejscowienia przebiegu nieistniejącej obecnie peluzyjskiej odnogi Nilu (Pusch i in. 2000). Wynik badań w Qantir dał impuls do podjęcia badań na innych stanowiskach w delcie, zarówno w miejscach, gdzie zabudowa znajduje się pod obszarami uprawnymi, jak i w obrębie telli.

3.2.1. Badania miast bez zachowanych form powierzchniowych, na obszarach upraw

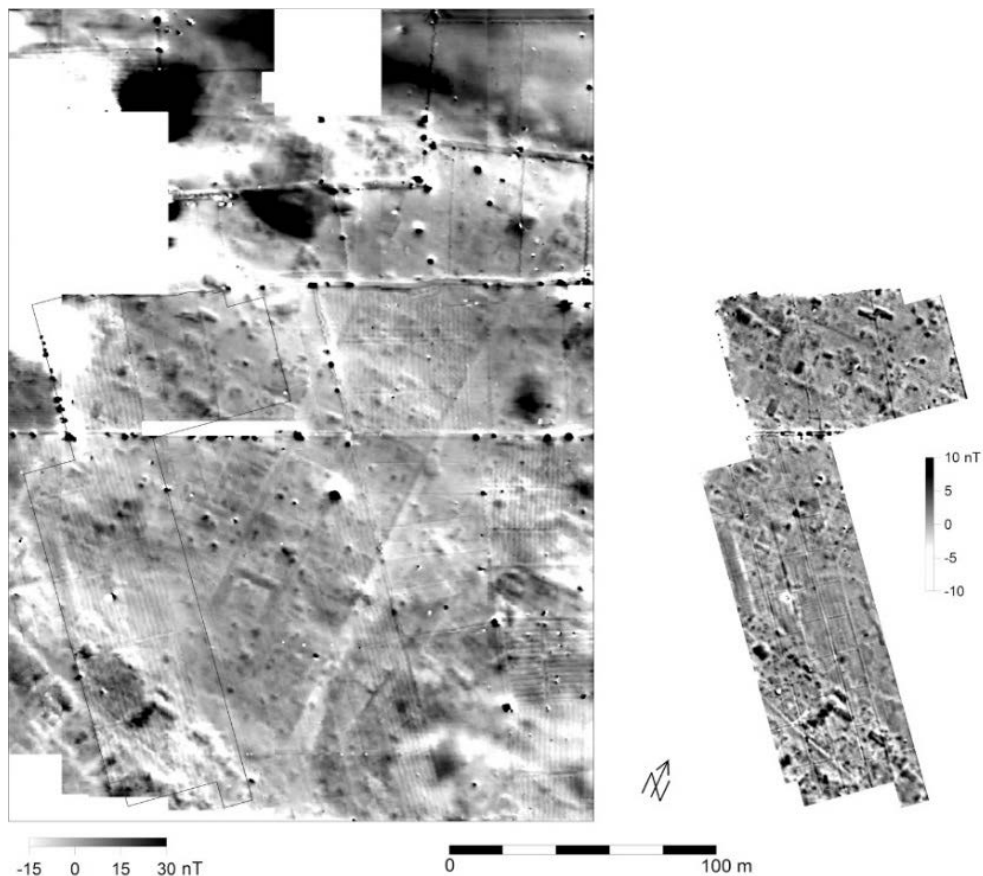
Dobrym przykładem efektywności metody magnetycznej w odtwarzaniu planu miasta o całkowicie zniwelowanej powierzchni pokrytej uprawami rolniczymi są wyniki badań w Tell el-Dab'a w zachodniej części Deltę, położonego podobnie jak sąsiadujące Qantir nad nieistniejącą peluzyjską odnogą Nilu. Miasto sporadycznie badane było u schyłku XIX i 1 poł. XX wieku. Systematyczne badania prowadzone od 1966 r. pozwoliły określić chronologię zasiedlenia (począwszy od 1 poł. II tys. przed Chr. do połowy I tys. przed Chr.). Badania geomorfologiczne pozwoliły wydzielić obszary, które mogły być zasiedlane jako położone powyżej najwyższego poziomu Nilu podczas wylewów. Analiza ceramiki

pozwoła określić zasięg zabudowy i wstępnie określić jej chronologię. W przeciągu 200 lat od zasiedlenia miasto osiągnęło powierzchnię około 75 ha, a w połowie II tys. przed Chr. powierzchnię 250 ha, stając się jednym z największych miast w Egipcie (Bietak 1996). Badania wykopaliskowe pozwoliły odsłonić i wydatować fragmenty zabudowy oraz określić jej funkcje, np. dzielnicę pałacową czy osiedle o charakterze mieszkalnym czy rzemieślniczym. Stopień możliwości szczegółowego poznania rozplanowania miasta oddaje porównanie powierzchni obszaru przebadanego wykopaliskowo w okresie przed rozpoczęciem badań geofizycznych do zasięgu obszaru zasiedlonego: 2,93 ha do wspomnianych powyżej 250 ha (Forstner-Müller, inf. ustna).

Warunki do poznania planu miasta stworzyły dopiero badania metodą magnetyczną, prowadzone przez autora w latach 1999–2011 (od 2000 r. wraz z Christianem Schweitzem). Badania prowadzono przy użyciu gradientometrów turboprzepływowych mierzących wektor pionowy natężenia pola magnetycznego oraz magnetometrów cezowych mierzących całkowite natężenie pola. Badania objęły obszar o powierzchni przeszło 150 ha i doprowadziły do dokładnego określenia granic obszarów zabudowanych, ich funkcji i chronologii, jak też ich wewnętrznego rozplanowania. Doprowadziły do odkrycia zespołu pałacowego, w wyniku wykopalisk zidentyfikowanego jako siedziba władców z dynastii Hyksosów (Bietak i in. 2007). Pozwoliły także wykryć zabudowę w miejscach, które badania geomorfologiczne wykluczały jako możliwe do zasiedlenia. Badania magnetyczne pozwoliły precyzyjnie wyznaczyć brzeg rzeki oraz zasięgi obszarów zalewowych. Badania pozwoliły także wydzielić fragmenty nadbrzeży, które mogły pełnić funkcję przystani. Hipotezę taką wzmocniły badania elektrooporowe, dzięki którym wykazano, iż nadbrzeża zostały wzmocnione ceglami o dużej zawartości piasku (zarejestrowanymi jak warstwa o podwyższonej oporności, poświadczonej wierceniami; Herbach i Forstner-Müller 2013). Stosowanie różnych rodzajów instrumentów do badań magnetycznych pozwoliło też na określenie ich przydatności w tego typu badaniach: pomiary całkowitej wartości natężenia pola dawały mniej dokładny obraz zabudowy, dostarczały natomiast lepszy obraz płytkiej geologii, pozwalający np. precyzyjnie wyznaczać granice dawnego koryta rzecznego czy obszarów zalewowych (rys. 1).

3.2.2. *Badania miast zachowanych w formie telli*

Pierwsze efektywne badania w dziedzinie odtwarzania planu zabudowy zachowanej w formie tellu przeprowadzone zostały w 1999 r. w Buto/Tell el-Farain (Hartung i Herbach 2004). Pomiary przy użyciu metody magnetycznej dały obraz architektury z najpóźniejszej fazy zasiedlenia – z I tys. przed Chr., po schyłek okresu rzymskiego. Pomiary dały na tyle dokładny obraz zabudowy z okresu 1 poł. I tys. przed Chr., iż można było wykreślić pozycję poszczególnych budynków wzniesionych wokół centralnej ulicy dzielnicy (rys. 2). Dzielnicę datować można było na podstawie typowych cech planu poszczególnych budynków. Wyniki badań pozwoliły prześledzić zmiany funkcji poszczególnych rejonów miasta, np. umiejscowienie dzielnicy przemysłowej miasta i cmentarzyska z okresu rzymskiego na obszarach pełniących wcześniej funkcje mieszkalne i sakralne. W dzielnicy przemysłowej badania pozwoliły wskazać miejsca przeszło 50 pieców (do produkcji naczyń), których przebadanie wykopaliskowe dostarczyło nowej wiedzy o technologii wytwórstwa naczyń w okresie rzymskim (Ballet 2004). Zasięg cmentarzyska jest czytelny jako zasięg

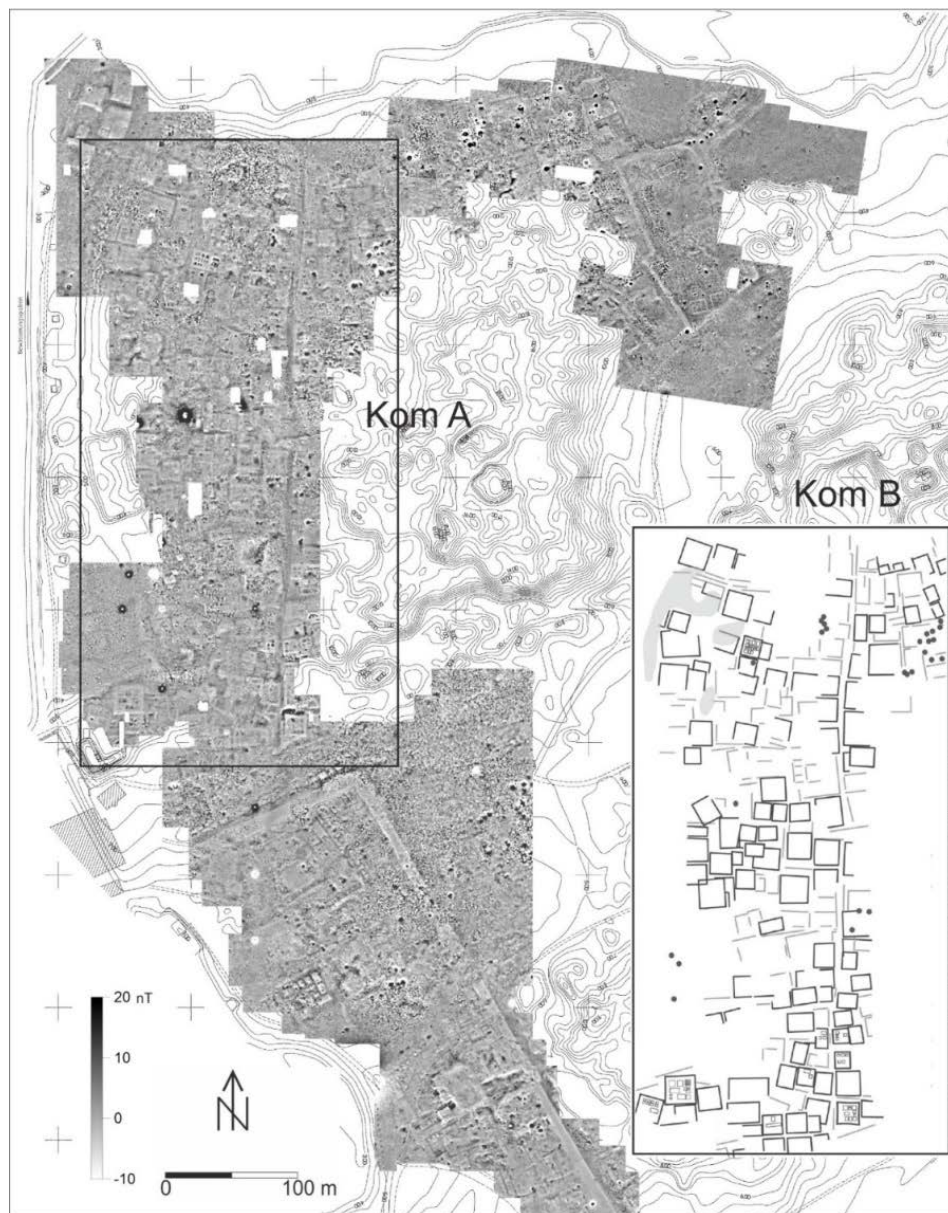


Rys. 1. Tell el-Dab'a. Mapy magnetyczne. Po lewej pomiar całkowitego natężenia pola magnetycznego magnetometrem cezowym. Linia obwiedziono obszar pomiarów gradientometrem turboprzepływowym. Na mapie widoczny jest zarys regularnej zabudowy z 1 poł. I tys. przed Chr. przylegającej od południa do rzeki. Po prawej wynik pomiaru gradientu wektora pionowego natężenia pola magnetycznego

Fig. 1. Tell el-Dab'a. Magnetic maps. Left: measurements of the total value of the magnetic field by a caesium magnetometer. Lines mark the area measured by a fluxgate gradiometer. The map shows a regular plan of a city dated to the 1st half of the 1st millennium BC, touching the river from the south. Right: results of the vertical vector of the magnetic field intensity survey

obszaru występowania silnych anomalii magnetycznych, wywołanych przez terakotowe trumny.

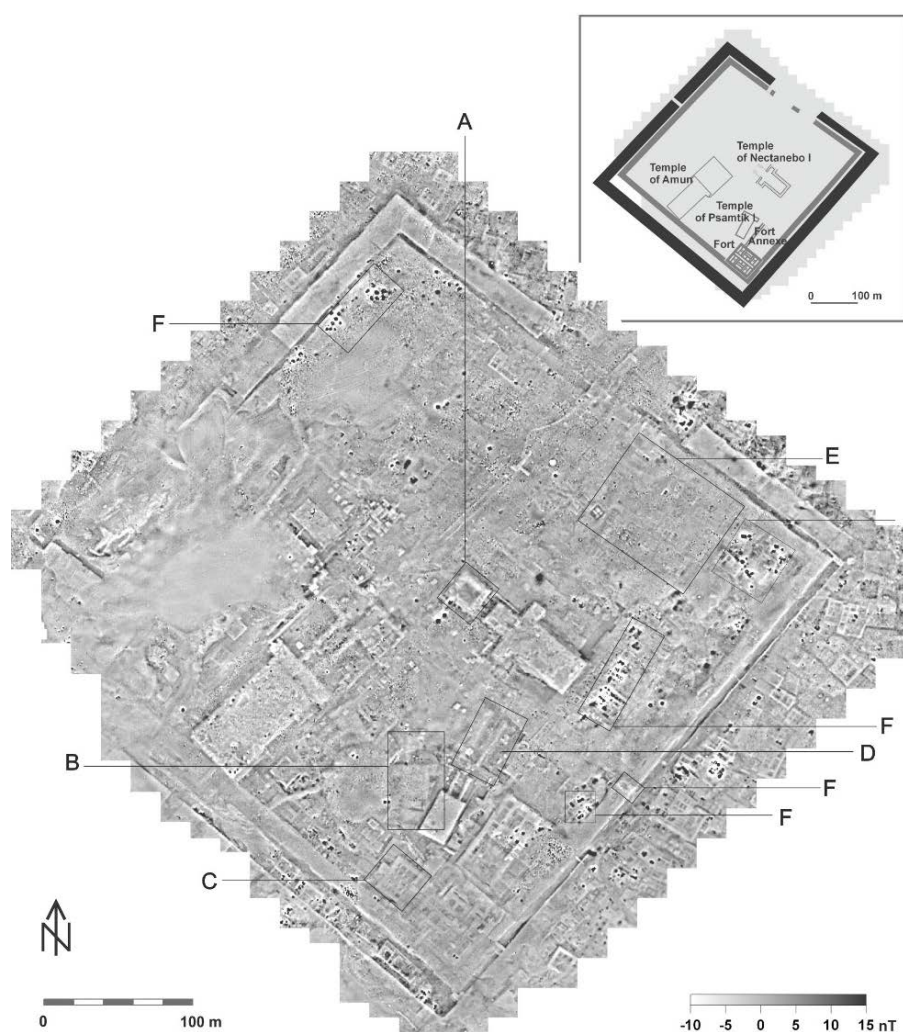
Badania magnetyczne pozwoliły także wydzielić obszary o funkcjach sakralnych w obrębie miast i rekonstrukcję ich planów. Najbardziej czytelne wyniki dostarczyły badania przy użyciu metody magnetycznej okręgu świątynnego w Tell el-Balamun w północno-wschodniej delcie Nilu (rys. 3). Przebieg murów otaczających okrąg, pozycję i plan trzech świątyń, obecność zabudowy o charakterze mieszkalnym a także obecność pochówków poznano w wyniku badań powierzchniowych i wykopaliskowych (Spencer 2003). Badania magnetyczne okręgu uzupełniły ten wynik: odkryto nieznaną świątynię (oznaczoną B na rys. 3),



Rys. 2. Buto/Tell el-Farain. Mapa magnetyczna. W ramce po lewej obszar mapy, na podstawie którego wykonano rekonstrukcję zabudowy przedstawionej w ramce po prawej (wg Marouard 2010, rys. III-23). Obszary występowania anomalii typowych dla trumien terakotowych zaznaczono na szaro. Ovalne anomalie o dużej amplitudzie oznaczają anomalie wywołane przez piece do produkcji ceramiki

Fig. 2. Buto/Tell el-Farain. Magnetic map. Box on the left marks the part of the map used for the reconstruction of the urban settlement, shown in the box on the right (after Marouard 2010, fig. III-23). Area with anomalies typical for terracotta coffins marked in grey. Oval anomalies of a high amplitude (black dots) correspond to pottery kilns

a także w sposób istotny zmieniono obraz świątyń, przebadanych – jak się wydawało kompletnie – w wyniku wykopalisk. Przed świątynią wzniesioną za czasów Nektanebo I odkryto nieznaną kamienny budynek funkcjonalnie z nią związany (A), przed świątynią Psametyka I odkryto nieznaną pylony z przejściem pomiędzy kolumnadami (D). Przy forcie odkryto budynek pełniący zapewne funkcje stajni (C), odkryto obszary o funkcjach produkcyjnych (związanych z kultem, F), uzyskano plan zabudowy dzielnicy mieszkalnej (z układem ulic pomiędzy budynkami, E) (Herbich 2009).



Rys. 3. Tell el-Balamun. Mapa magnetyczna. Oznaczenia w tekście

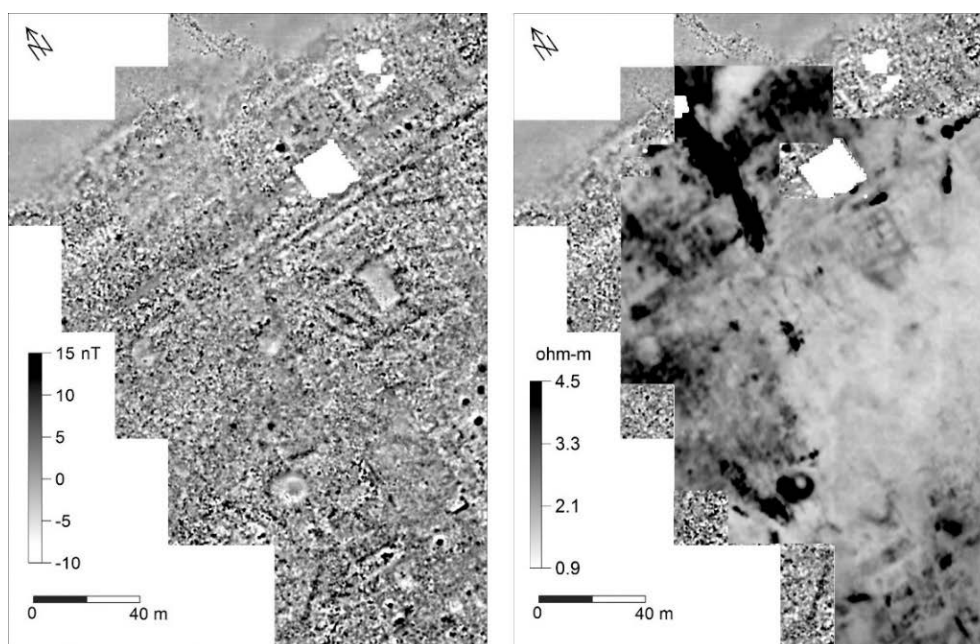
Fig. 3. Tell el-Balamun. Magnetic map.

A – foundations of a stone kiosk; B – unknown temple; C – hypothetical stables; D – unknown pylon and foundations of a colonnade; E – Ptolemaic quarter; F – remains of an industrial nature (kilns)

3.3. Badania miast na wybrzeżach Morza Śródziemnego

3.3.1. Badania na obrzeżach delty Nilu

Największym ośrodkiem miejskim, jaki powstał na północnym obrzeżu delty, było Peluzjum – w czasach hellenistycznych i rzymskich (III w. przed Chr. – VI w.) ustępujące znaczeniem jedynie Aleksandrii. Miasto założone u ujścia do morza peluzyjskiej odnogi Nilu, leży obecnie w odległości około 4 km od brzegu morskiego. Badania przeprowadzono przy użyciu dwóch metod – magnetycznej i elektrooporowej (rys. 4). O zastosowaniu metody elektrooporowej zdecydowały wysoka wilgotność podłoża (dająca dobry kontakt elektrod z gruntem) i rodzaj dominującego materiału budowlanego: cegły palonej, która powinna charakteryzować się wyższą opornością od niskooporowego aluwialnego i zasolonego podłoża. Profilowania elektrooporowe przeprowadzono układem stosowanym powszechnie w archeologii, tzw. *twin-probe* (Gaffney i Gater 2003). Odstęp pomiędzy elektrodami ruchomymi AM wyniósł 0,5 m, stacjonarnymi BN 3 m, gęstość próbkowania wyniosła $0,5 \times 1$ m. Wyniki badań metodą magnetyczną pozwoliły na ogólną rekonstrukcję planu. Wstępnie określono charakter poszczególnych obszarów miasta ze względu na wymiary budynków i cechy ich rozplanowania oraz zrekonstruowano siatkę ulic. Z powodu silnej podatności magnetycznej cegieł palonych niemożliwa była analiza wewnętrznego rozplanowania budynków, można jedynie było rekonstruować orientację zabudowy. Analiza ta stała się jednak możliwa dzięki wynikom badań elektrooporowych, w wielu wypadkach pozwalających odtworzyć plan po-



Rys. 4. Peluzjum. Po lewej stronie mapa magnetyczna, po prawej mapa zmian oporności pozornej gruntu nałożona na mapę magnetyczną

Fig. 4. Pelusium. Left: Magnetic map, right: resistivity map superimposed on the magnetic map

szczególnych budynków (np. pomieszczeń o planie typowym dla pomieszczeń sklepowych, biegnących wzdłuż ulicy).

3.3.1. *Badania na obrzeżach na wschód od Aleksandrii*

Cechą charakterystyczną zabudowy miejskiej z okresu hellenistyczno-rzymskiego po wschodniej stronie Aleksandrii jest użycie jako głównego materiału budowlanego lokalnego surowca – wydobywanego z przybrzeżnego wału wapienia, materiału o znikomej podatności magnetycznej. Badania metodą magnetyczną w większości badanych zespołów dały jednak pozytywny wynik – pozwalając zarówno na częściową rekonstrukcję siatki ulic jak i planów poszczególnych budynków. Działo się to dzięki dwóm czynnikom: w przypadku zabudowy bezpośrednio na brzegu morskim, wzniesionej na podłożu wapiennym, przykrytej obecnie piaskiem, elementy planu można było wychwycić dzięki właściwościom podwyższonej w stosunku do otoczenia podatności magnetycznej materiałów wypełniających pomieszczenia lub zalegających wzdłuż murów, na ulicach (Herbich i in. 2011). W przypadku natomiast osiedli po południowej stronie wapiennego wału (np. Marea i Herbich 2005), wznoszonych na podłożu glebowym, murom wapiennym na mapach magnetycznych odpowiadają anomalie o niższych od otoczenia wartościach natężenia pola magnetycznego. Dzieje się tak dzięki znacznie wyższej podatności magnetycznej lokalnej gleby od podatności wapieni (podatność gleby wynosiła od 0,3 do $0,6 \times 10^{-3}$ SI, podatność wapieni nie przekraczała $0,005 \times 10^{-3}$ SI).

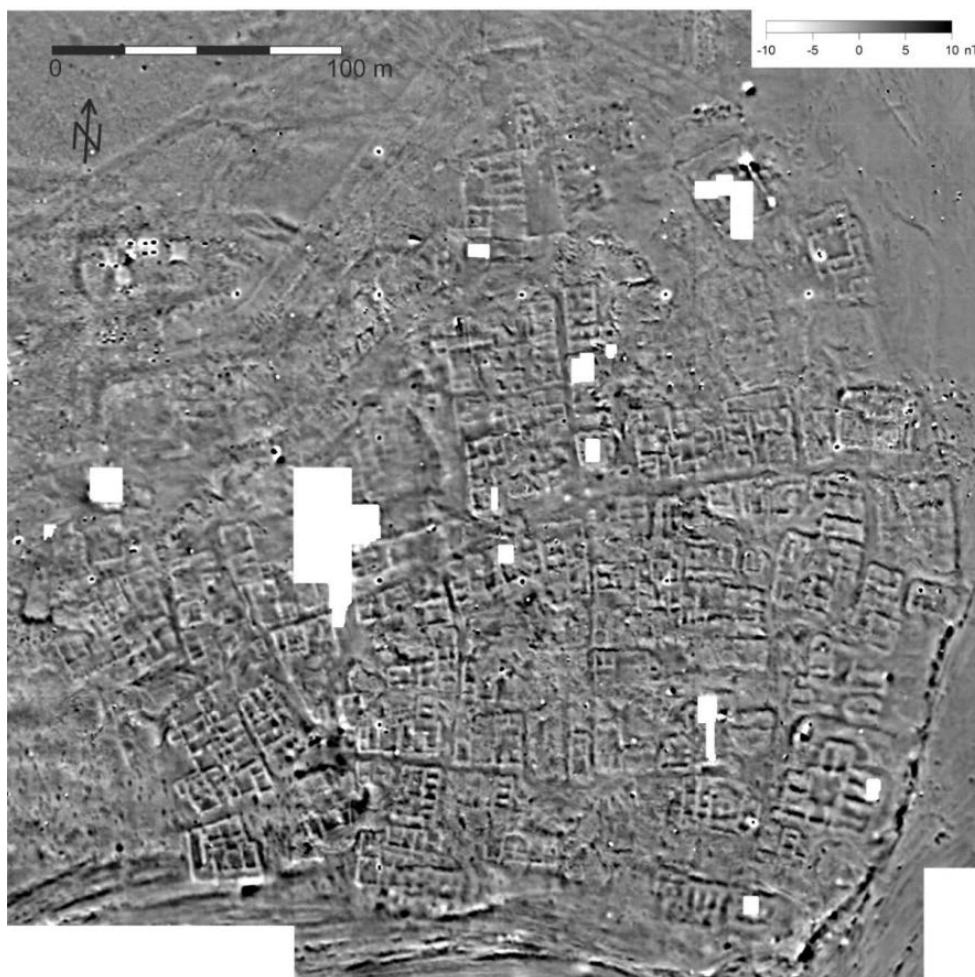
3.4. *Badania miast na wybrzeżach Morza Czerwonego*

Miasta powstałe na wybrzeżu Morza Czerwonego wznoszone były z lokalnie pozyskiwanych surowców kamiennych (głównie wapieni i piaskowców) oraz wydobywanych z morza bloków rafy koralowej. Ponieważ cechą charakterystyczną tych materiałów jest ich znikoma podatność magnetyczna, pozytywny wynik badań metodą magnetyczną zależy od właściwości magnetycznych materiału w warstwach otaczających i przykrywających pozostałości zabudowy. W Berenike, najbardziej na południe wysuniętym porcie egipskim, wybudowanym w okresie hellenistycznym, dzięki podwyższonej podatności magnetycznej materiałów w tych warstwach wyniki badań metodą magnetyczną dały niespodziewanie dobre rezultaty (rys. 5 i 6). Analiza mapy magnetycznej miasta pozwoliła na odtworzenie bloków zabudowy i siatki ulic, a nawet na rekonstrukcję planu poszczególnych budynków, w stopniu pozwalającym na umiejscowienie przejść pomiędzy poszczególnymi pomieszczeniami w domostwie (Zych i Herbich 2015). Pomiar magnetyczny pozwoliły również odtworzyć zasięg zabudowy portowej oraz zrekonstruować zarys planu fortu z czasów hellenistycznych.

Podsumowanie

Celem artykułu było skrótkowe zarysowanie problematyki badań ośrodków miejskich starożytnego Egiptu oraz przedstawienie przykładów zastosowania metod geofizycznych

w badaniu pozostałości miast egipskich, klasyfikowanych pod względem usytuowania w poszczególnych regionach geograficznych kraju. W przypadku cywilizacji starożytnych klasyfikacja taka ma ścisły związek z doбором materiałów budowlanych, co z kolei – z racji fizycznych właściwości tych materiałów – przekłada się na skuteczność stosowania metod geofizycznych w rekonstrukcji planu zabudowy. Z materiału pozyskanego podczas blisko dwu dziesięcioleci badań wynika, iż metody geofizyczne – a spośród nich metoda magnetyczna – przynosi najlepsze rezultaty w badaniu miast wzniesionych z suszonej w słońcu cegły tworzonej z mułu osadzanego przez Nil. Dobrego wyniku oczekiwano podczas badań zabudowy, której budulcem była cegła palona, powodująca silne zaburzenia pola magnetycznego. Badania jednakże wykazały, że skala zaburzeń jest na tyle duża, iż zakłóca czytelność wyniku. W przypadku badań zabudowy z cegły palonej (lub kamienia), w warunkach

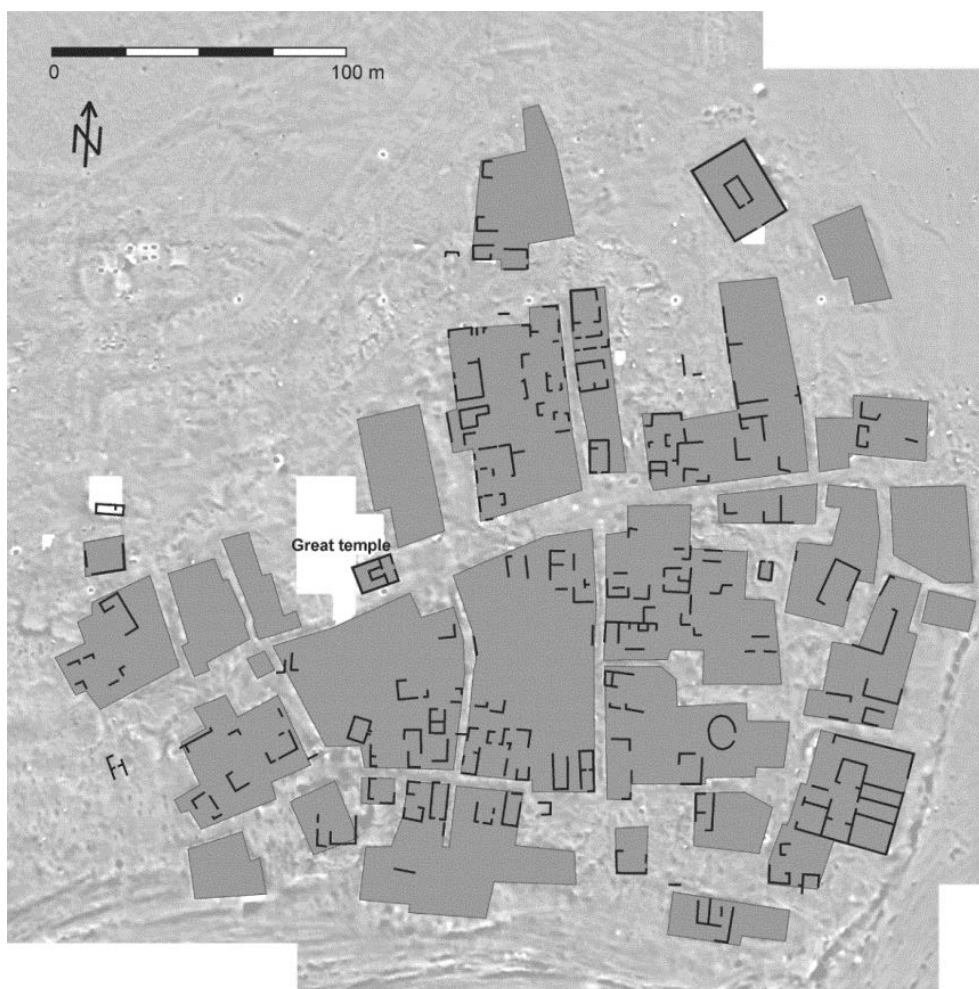


Rys. 5. Berenike. Mapa magnetyczna miasta z okresu rzymskiego

Fig. 5. Berenike. Magnetic map of a Roman city

dobrej przewodności podłoża, okazało się, iż warto użyć metodę elektrooporową. Wynik nie jest identyczny z wynikiem badań magnetycznych, może jednakże dostarczyć istotnych informacji, których nie dostarczają obserwacje zmian natężenia pola magnetycznego. Doświadczenia wskazują, iż dobry wynik uzyskać można także w przypadku badań zabudowy wzniesionej z materiałów o niskiej podatności magnetycznej. W tym jednakże przypadku wynik badań zależy od właściwości materiałów w warstwach otaczających pozostałości zabudowy.

Dotychczasowe doświadczenia wskazują, iż metody geofizyczne są w warunkach egipskich najlepiej sprawdzającą się metodą badań nieinwazyjnych, mogących w krótkim czasie dostarczyć danych, pozwalających nierzadko na rekonstrukcję planu miasta w stopniu po-



Rys. 6. Berenike. Mapa magnetyczna z nałożoną pozycją murów zlokalizowanych podczas badań topograficznych w 1994 (wg Aldsworth i in. 1995). W kolorze szarym hipotetyczne bloki zabudowy

Fig. 6. Berenike. Magnetic map with superimposed position of walls recorded during a 1994 topographical survey (after Aldsworth et al. 1995). Shaded boxes show presumed insulae

zwalającym na określenie chronologii zabudowy, funkcji poszczególnych dzielnic, elementów krajobrazu wokół miasta, jak również rekonstrukcję planu poszczególnych budynków. Uzyskanie takiego wyniku wymaga jednak w przypadku obu metod wspomnianych w artykule odpowiedniej gęstości próbkowania a w przypadku metody magnetycznej – użycia aparatury o wysokiej rozdzielczości (nie mniejszej niż 0,1 nT). Ze względu na powierzchnie obejmowane pomiarami istotny jest także krótki czas pomiaru. Wymagania te wykluczyły z badań powszechnie niegdyś stosowane w archeologii magnetometrii protonowe (Herbich 2015).

Ograniczona objętość publikacji spowodowała, iż problem zawężono do prezentacji najbardziej charakterystycznych przykładów badań, prezentując krótki opis wyników badań uzupełniony ich graficznym obrazem – mapą zmian natężenia pola magnetycznego lub mapą zmian rozkładu oporności pozornej gruntu. Każde ze stanowisk badanych przez autora w Egipcie zostało przedstawione w publikowanych co dwa lata raportach (przypisy w Herbich 2013). W sumie badania prowadzono na 33 stanowiskach, będących miastami lub osiedlami. Spośród tych stanowisk, wynik całkowicie nieprzydatny – tzn. niepozwalający w jakikolwiek sposób przyczynić się do uzupełnienia wiedzy o rozplanowaniu zabudowy, otrzymano jedynie w przypadku badań czterech stanowisk. Przyczyną takiego stanu było przemieszanie warstw powierzchniowych dokonane w ciągu ostatniego stulecia, na skutek pozyskiwania materiału do użyzniania pól, nieumiejętnych (i nieudokumentowanych) wykopalisk i wykopalisk rabunkowych.

W artykule autor ograniczył się jedynie do prezentacji wyników własnych badań. Badacze z innych krajów zajmowali się kilkoma zespołami miejskimi w Egipcie, głównie na terenie delty: wspomniane powyżej Qantir, Sais (Wilson 2006), Kom Firin (Spencer 2008) oraz kilku stanowisk na wybrzeżu Morza Śródziemnego.

Literatura

- Aldsworth i in 1995 – Aldsworth, F.G., Sidebotham, S.E. i Wendrich, W.Z. 1995. The town survey, plan and description. [W:] Sidebotham S.E. i Wendrich W.Z. red., *Berenike 1994. Preliminary report of the 1994 excavations at Berenike (Egyptian Red Sea coast) and the survey of the Eastern Desert*. Leiden: Leiden University, s. 13–20.
- Ballet, P. 2004. Graeco-Roman pottery workshops of Buto. *Egyptian Archaeology* 24, s. 18–19.
- Bietak, M. 1979. Urban archaeology and the “town problem” in ancient Egypt. [W:] Weeks K. red., *Egypt and the social sciences*. Cairo: American University in Cairo, s. 97–144.
- Bietak, M. 1996. *Avaris. The capital of the Hyksos*. London: British Museum, 98 s.
- Bietak i in 2007 – Bietak, M., Herbich, T. i Forstner-Müller, I. 2007. Discovery of a new palatial complex in Tell el-Dab’a in the Delta: geophysical survey and preliminary archaeological verification. [W:] Hawass Z. i Richards J. (red.), *The Archaeology and Art of Ancient Egypt. Essays in Honor of David B. O’Connor, Annales du Service des Antiquités de l’Égypte* 36(1), s. 119–125.
- Fassbinder i in 2001 – Fassbinder, J.W.E., Becker, H. i Herbich, T. 2001. Magnetometry in the desert area west of Zosre’s pyramid, Saqqara, Egypt. *Monuments and Sites VI*. München: ICOMOS, s. 64–65.
- Gaffney, C. i Gater, J. 2003. *Revealing the buried past. Geophysics for archaeologists*. Stroud: Tempus, 192 s.
- Hartung, U. i Herbich, T. 2004. Geophysical investigation at Buto (Tell El Farain), *Egyptian Archaeology* 24, s. 14–17.
- Herbich, T. 2005. Geophysical surveying in Egypt. [W:] Piro S. red., *6th International Conference on Archaeological Prospecting. Preceedings*. Rome: ITABC, s. 1–5.
- Herbich, T. 2009. Magnetic survey of the Late Period great temple enclosure in Tell el-Balamun, Egypt, *Archaeosciences. Revue d’Archéométrie* 33 (suppl.), s. 77–79.

- Herbich, T. 2013. Geophysical surveying in Egypt: periodic report for 2011–2012. [W:] Neubauer W., Trinks I., Salisbury R. i Einwögerer C. red., *Archaeological Prospection. Preceedings of the 10th International Conference*. Vienna: Ludwig Boltzmann Institute, s. 241–245.
- Herbich, T. 2015. Magnetic prospecting in archaeological research: a historical outline. *Archaeologia Polona* 53, s. 21–68.
- Herbich, T. i Forstner-Müller, I. 2013. Small harbours in the Nile Delta: the case of Tell el-Dab^a, *Études et Travaux* 26(1), s. 257–272.
- Herbich i in. 2011 – Herbich, T., von der Osten-Woldenburg, H. i Zych, I. 2011. Geophysics applied to the investigation of Graeco-Roman coastal towns west of Alexandria: the case of Marina el-Alamein. [W:] Meyza H. i Zych, I. red., *Classica Orientalia. Essays presented to Wiktor Andrzej Daszewski on his 75th birthday*. Warsaw: University of Warsaw, s. 209–231.
- Hesse, A. 1967. Mesures et interprétation en prospection géophysique des sites archéologiques du Nil, *Prospezioni Archeologiche* 1, s. 43–48.
- Kemp, B. 2006. *Starożytny Egipt. Anatomia Cywilizacji*. Warszawa: PIW. 496 s.
- Marouard, G. 2010. *Archéologie, architecture et images de la maison urbaine d'époque hellénistique et romaine dans la chôra égyptienne*. Université de Poitiers. Niepublikowana rozprawa doktorska.
- Mathieson, I. 1984. A resistivity survey at el-Amarna. [W:] Kemp B.J. red., *Amarna reports I*, London: Egypt Exploration Society, s. 99–123.
- Myśliwiec, K. i Herbich, T. 1988. Polish archaeological activity at Tell Atrib in 1985, [W:] van den Brink E. red., *Archaeology of the Nile Delta*, Amsterdam: Netherland Foundation for Archaeological Research in Egypt, s. 177–189.
- Myśliwiec i in 1995 – Myśliwiec, K., Herbich, T. i Niwiński, A. 1995. Polish research in Saqqara in 1987. *Études et Travaux* 17, s. 178–03.
- Parcak, S. 2016. Satellite archaeology for Egyptology. [W:] Zakrzewski S., Shortland A. i Rowland J., *Science in the study of ancient Egypt*, New York – London: Routlage, s. 55–58.
- Pavlish, L. 2004. Archaeometry at Mendes: 1990–2002. [W:] Knoppers G. N. i Hirsch A. (red.), *Egypt, Israel, and the ancient mediterranean world*. Leiden – Boston: Brill, s. 61–111.
- Pusch, E. 1999. Towards a map of Piramesse. *Egyptian Archaeology* 14, s. 13–15.
- Pusch i in. 2000 – Push, E., Becker, H. i Fassbinder, J.W. 2000. Palast – Tempel – Auswärtiges Amt? Oder: sind Nilschlammauern magnetisch zu erfassen? *Ägypten und Levante* 11, s. 135–153.
- Spencer, A.J. 2003. *Excavations at Tell el-Balamun 1999–2001*. London: British Museum, 56 s.
- Spencer, N. 2008. *Kom Firin. I: The Ramesside temple and the site survey*. London: British Museum, 118 s.
- Wilson, P. 2006. *The survey of Saïs 1997–2002*. London: Egypt Exploration Society. 336 s.
- Verner, M. i Hašek, V. 1981. Die Anwendung geophysikalischer Methoden bei der archäologischen Forschung in Abusir. *Zeitschrift für Ägyptische Sprache und Altertumskunde* 108, s. 68–84.
- Zych, I. i Herbich, T. 2015. Magnetic survey in the service of uncovering the Hellenistic and Roman port of Berenike on the Red Sea in Egypt. *Archaeologia Polona* 53, s. 95–118.

