

TOMASZ HERBICH

POCZĄTKI METODY MAGNETYCZNEJ  
W POLSKICH BADANIACH ARCHEOLOGICZNYCH

W 2011 r. mija 50 lat od pierwszego zastosowania w polskiej archeologii metody magnetycznej. Nastąpiło to zaledwie trzy lata po pierwszych badaniach tą metodą stanowiska archeologicznego – co miało miejsce w Anglii podczas udanej próby lokalizacji pieców do produkcji ceramiki w Water Newton, w pobliżu rzymskiego miasta Durobrivae, w Northamptonshire (M.J. Aitken 1958b). Celem poniższego tekstu jest przypomnienie pierwszej dekady polskich badań magnetycznych i badaczy, którzy tę metodę wprowadzali do polskiej archeologii. Z publikacji dających świadectwo działań w tym okresie przebija wpierw fascynacja możliwością rejestracji niewidocznych na powierzchni obiektów, potem nadzieja na szerokie zastosowanie metody, towarzysząca fazie jej testów na różnego typu stanowiskach, wreszcie stagnacja i sporadyczne jej stosowanie wyłącznie na stanowiskach, na których efektywność metody została wcześniej potwierdzona. W następnych dekadach w polskiej geofizyce archeologicznej obecna była głównie metoda geoelektryczna elektrooporowa. Typowa dla ośrodków zachodnioeuropejskich przewaga zastosowań metody magnetycznej nad pozostałymi metodami geofizycznymi obecna stała się w Polsce dopiero wraz ze schyłkiem XX w.

## 1. POZNAWANIE METODY

Metoda magnetyczna, jako użyteczne narzędzie do rejestracji niewidocznych na powierzchni ziemi obiektów archeologicznych, po raz pierwszy w polskim piśmiennictwie wspomniana została w krótkim artykule Zbigniewa Bukowskiego, poświęconym zastosowaniu magnetometru protonowego do badań stanowisk archeologicznych w Anglii (Z. Bukowski 1960). Artykuł ukazał się w periodyku o charakterze popularnonaukowym, a źródłem wiedzy autora była informacja zamieszczona w „The Illustrated London News”, periodyku o daleko bardziej popularnym charakterze (M.J. Aitken 1958a). Na przydatność metody magnetycznej w archeologii zwrócili także uwagę w 1960 r. Krzysztof Dąbrowski i Wojciech Stopiński (1962, s. 605, przyp. 4). Ci jednakże badacze skupili się początkowo na badaniach

przy użyciu metody elektrooporowej, przeprowadzając wiosną 1960 r. udane testy na terenie wczesnośredniowiecznego grodziska na Zawodziu na terenie Kalisza, będące zarazem pierwszymi badaniami geofizycznymi stanowiska archeologicznego w Polsce (K. Dąbrowski, W. Stopiński 1961a; 1961b). Z. Bukowski i K. Dąbrowski byli pracownikami Instytutu Historii Kultury Materialnej (obecnie: Instytut Archeologii i Etnologii) Polskiej Akademii Nauk (dalej: PAN), instytucji o nowatorskim w archeologii polskiej programie, nastawionym na prowadzenie badań interdyscyplinarnych i wdrażanie metod przyrodniczych i technicznych (W. Hensel 1955). W. Stopiński był pracownikiem Zakładu Geofizyki PAN<sup>1</sup>.

Niezależnie od ich działań (a także niezależnie od doświadczeń pozyskanych w Anglii) postulat zastosowania metody magnetycznej w badaniu stanowiska archeologicznego zgłoszony został w środowisku badaczy reliktyw starożytnego przemysłu hutniczego na terenie Gór Świętokrzyskich, związanych z Akademią Górniczo-Hutniczą (dalej: AGH) i Muzeum Archeologicznym w Krakowie. Głównymi postaciami tej grupy byli metalurg Mieczysław Radwan i archeolog Kazimierz Bielenin. Następstwem postulatu były wprawdzie próby kameralne i następujące po nich pierwsze próby terenowe w Nowej Słupi w kwietniu 1961 r. (K. Bielenin, J. Kowalczyk, T. Stopka 1963, s. 308). Data ta wyznacza początek praktycznego stosowania metody magnetycznej w badaniu stanowisk archeologicznych na terenie Polski.

## 2. PIERWSZE ZASTOSOWANIA: BADANIA STANOWISK HUTNICZYCH NA OBSZARZE GÓR ŚWIĘTOKRZYSKICH

Obecność żużli z zawartością żelaza, świadczących o wytopie tego metalu na terenie Gór Świętokrzyskich, zauważona została już w okresie międzywojennym przez geologów Jana Samsonowicza i Jana Czarnockiego, a także przez M. Radwana (K. Bielenin [1959/1960] 1961, s. 143). Metodyczne badania wykopaliskowe podjęte zostały w 1955 r. Do 1960 r. przeprowadzono prace wykopaliskowe na 37 stanowiskach piecowych, przebadano ślady i pozostałości 1661 ziemnych pieców, pozwalających datować świętokrzyski przemysł hutniczy na okres wpływów rzymskich (II–V w. n.e.). Prowadzone równoległe do wykopalisk badania powierzchniowe i inwentaryzacyjne doprowadziły do rejestracji dziesiątków kolejnych stanowisk (K. Bielenin 1961). Specyfika badań stanowisk hutniczych, będących obiektem zainteresowania specjalistów z różnych dziedzin nauki, spowodowała, iż do studiów nad wczesną metalurgią żelaza powołany został interdyscyplinarny Zespół Historii Polskiej Techniki Hutniczej i Odlewniczej afiliowany przy Zakładzie Historii Nauki i Techniki PAN, złożony z archeologów, historyków, metalurgów i geologów,

---

<sup>1</sup> Warto wspomnieć, iż kontakt pomiędzy W. Stopińskim a K. Dąbrowskim nawiązany został dzięki spotkaniu przez W. Stopińskiego brata K. Dąbrowskiego, Tadeusza, studenta geologii, który zainteresował W. Stopińskiego ewentualnym zastosowaniem metody geoelektrycznej w archeologii i doprowadził do spotkania badaczy (informacja ustna W. Stopińskiego).

reprezentujących Muzeum Archeologiczne w Krakowie, Katedrę Historii Techniki i Nauk Technicznych AGH i Instytut Odlewnictwa w Krakowie oraz Muzeum Świętokrzyskie w Kielcach (K. Bielenin [1959/1960] 1961, s. 143–144).

Analizy chemiczne żużla z piecowisk, wykonane w pracowniach chemicznych AGH, wykazały iż zawartość żelaza w żużlu dochodzi do 50% (M. Radwan 1958). Żelazo to występuje w różnych związkach chemicznych, najczęściej w połączeniu z krzemionką, tworząc ortokrzemian żelaza – fajalit. Naturalny fajalit, jako składnik oliwinu, jest charakterystycznym składnikiem skał zasadowych i ultrazasadowych (np. andezytu i bazaltu). Skały te, tworząc silne anomalne pole magnetyczne, stwarzały możliwość ich rejestracji przy użyciu ówczesnie stosowanej aparatury do badań magnetycznych – wag magnetycznych (J. Kowalczuk, T. Stopka 1962, s. 321).

Obserwacje te skłoniły Jerzego Kowalczuka, wówczas adiunkta w Katedrze Geofizyki AGH, i Tadeusza Stopkę – adiunkta w Katedrze Historii Techniki i Nauk Technicznych AGH, do zadania pytania, czy sztucznie otrzymany fajalit z żużla wytopowego cechuje się wystarczająco dużą podatnością magnetyczną, zdolną do wytworzenia pola anomalnego na tyle silnego, że mogłoby być przedmiotem prospekcji geofizycznej, zatem – czy metoda terenowej prospekcji magnetycznej byłaby przydatna do lokalizacji piecowisk. Pierwsze badania miały charakter kameralny: pomiary przeprowadzone w Katedrze Geofizyki Geologicznej AGH wykazały, że żużel oddziałuje na magnetometr podobnie jak równej wielkości bryła andezytu. Dla uniknięcia zaburzeń typowych dla pomiarów w mieście, dalsze prace przeprowadzono z dala od obszarów zabudowanych. Pomiary nad umieszczonymi w odstępach bryłami żużli także dały pozytywny wynik. Rezultaty tych doświadczeń skłoniły w kwietniu 1961 r. J. Kowalczuka i T. Stopkę do opracowania na zlecenie Zakładu Historii Nauki i Techniki PAN, reprezentowanego przez M. Radwana, „magnetycznej metody geofizycznej dla lokalizacji obiektów archeologicznych – piecowisk po wytopie żelaza” (J. Kowalczuk, T. Stopka 1962, s. 321–322). Materiałów miały dostarczyć badania stanowisk starożytnego górnictwa i hutnictwa w rejonie świętokrzyskim. Warto w tym miejscu wspomnieć, iż badacze ci wiedzieli o wykorzystywaniu metody elektrooporowej do badań stanowisk archeologicznych; wysuwając pomysł zastosowania metody magnetycznej przekonani byli o oryginalności podejmowanych badań na polu archeologii (J. Kowalczuk 1962, s. 368).

## 2.1. BADANIA W NOWEJ SŁUPI, STANOWISKO 4

Badaniom w Nowej Słupi warto poświęcić więcej uwagi niż pracom późniejszym, zarówno ze względu na ich pionierski w Polsce charakter, jak i fakt, iż zagadnienia metodyczne, jakie musiano podczas nich rozwiązać, rzutowały na dalsze wczesne działania przy użyciu metody magnetycznej z zastosowaniem wag magnetycznych.

Przedmiotem badań miały być miejsca stanowisk hutniczych, które w postaci piecowisk wytopu żelaza zachowały się w wierzchnich warstwach ziemi, do głębokości około 1 m. Terminem „piecowisko” określa się zespoły kłoców żużla żelaznego; właściwą postacią tego żużla jest kloc o kształcie walcowatym, średnicy około 45 cm, wysokości około 40 cm (K. Bielenin [1959/1960] 1961, s. 143). Kloc

żuźła stanowi pozostałość jednego wytopu w zagłębionym w ziemi piecu dymarskim. Do badań wytypowany został obszar w północno-zachodniej części Nowej Słupi. Pierwsze prace wykonano 18 kwietnia 1961 r. wzdłuż profilu wskazanego przez M. Radwana i K. Bielenina. Pomiary zarejestrowały miejsca o anomalnych wartościach natężenia pola magnetycznego, wyraźnie różniących się od wartości tła poza obszarem występowania piecowisk. Sondaż wykopaliskowy w miejscu punktów anomalnych potwierdził obecność kłoców żuźła, wpływających na wskazania przyrządu (K. Bielenin, J. Kowalczyk, T. Stopka 1963, s. 308). Właściwe zastosowanie metody magnetycznej do lokalizacji piecowiska przeprowadzono w miejscu, któremu nadano nazwę „stanowisko Słupia 4”, w zachodniej części wsi, w dniach 19–21 kwietnia 1961 r. Pomiary przeprowadzono wagami magnetycznymi dwu rodzajów: wagą pryzmatową  $\Delta Z$  typu A. Schmidta firmy Askania oraz wagą uniwersalną  $\Delta Z/\Delta H$  typu G. Fanselau firmy VEB Gäreteu. Regler Werke Teltow, z systemem zawieszanym na nici.

Z pionierskiego charakteru badań wynikała konieczność opracowania metodyki prac polowych. Metodyka ta uwarunkowana była przede wszystkim spodziewanymi poziomymi wymiarami piecowiska wytopu żelaza. Przyjęto, że odległości pomiędzy punktami pomiarowymi nie powinny być większe niż 2 do 4 m; pomiary miały w przybliżony sposób określić granice obszaru anomalnych wskazań przyrządu. Szczegółowa lokalizacja piecowiska miała nastąpić w drugim etapie prac, po zagęszczeniu siatki pomiarowej do 1 m. Metodyka prac polowych wagą magnetyczną wymagała ustalenia tzw. punktów bazowych, czyli miejsc do rejestracji czasowych zmian wartości natężenia naturalnego pola magnetycznego. Punkty takie, na obszarze pozbawionym anomalii magnetycznych, wyznaczono w pierw u podnóża góry Święty Krzyż, a następnie w bezpośrednim sąsiedztwie stanowiska Słupia 4 (około 30 m od granicy obszaru badań). Punkt w Słupi traktowany był następnie jako baza polowa, na której rozpoczynano i kończono pomiary każdego dnia prac oraz do którego nawiązywano pomiarami kilkakrotnie w ciągu dnia, nie rzadziej niż co 1,5 godziny. Dodatkowo, celem kontroli wskazań instrumentów, na niektórych punktach pomiary przeprowadzano obu przyrządami (K. Bielenin, J. Kowalczyk, T. Stopka 1963, s. 309).

Badaniami objęto obszar o powierzchni około 500 m<sup>2</sup>. Wykonano 211 pomiarów zmian składowej pionowej  $\Delta Z$  na 188 punktach pomiarowych (70 pomiarów za pomocą przyrządu  $\Delta Z$  Askania i 141 przyrządem  $\Delta Z$  Teltow) oraz 18 pomiarów składowej poziomej  $\Delta H$  przyrządem Teltow (ryc. 1). Opracowanie wyników pomiarów polegało na wykonaniu szeregu operacji obliczeniowych, obejmujących wyliczenie średniej wartości wskazań instrumentu, przeliczenie wskazania średniego na jednostki natężenia pola magnetycznego, obliczenie poprawki wyrównawczej dla punktów powtarzanych (ujmującej różnice we wskazaniach instrumentów spowodowanych zmianami temperatury, zmianami dziennymi mierzonych składowych, dryftu przyrządu itp.), obliczenie wartości skorygowanej o poprawkę wyrównawczą, obliczenie poprawki bazowej i na koniec – obliczenie wartości anomalii magnetycznej. Obliczanie poprawki bazowej miało na celu odniesienie wskazań obu instrumentów do jednego poziomu wyrównawczego, za który umownie przyjęto wartość +500  $\gamma$ ,



Ryc. 1. Nowa Słupia 4. Badania geofizyczne przy użyciu wagi magnetycznej, wykonywane przez J. Kowalczuka (w środku) i T. Stopkę (po prawej).

Wg K. Bielenina, I. Suligi 2007, ryc. 41a

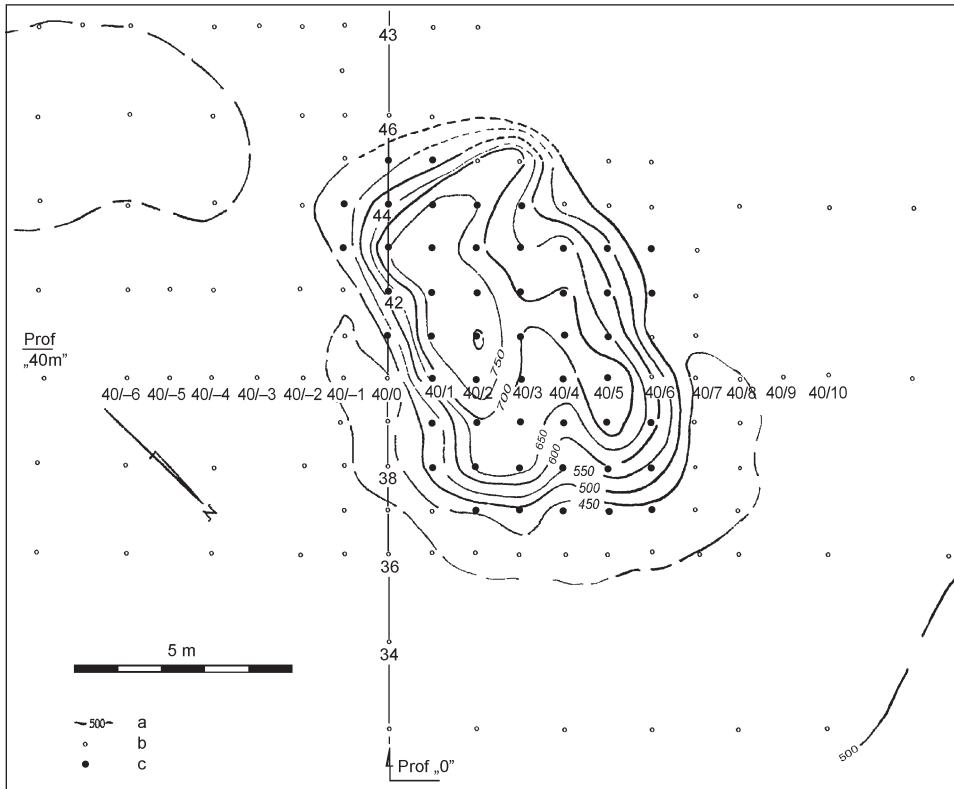
Fig. 1. Nowa Słupia 4. Geophysical prospection using a magnetic balance, carried out by J. Kowalczuk (in the center) and T. Stopka (on the right).

After K. Bielenin, I. Suliga 2007, Fig. 41a

jako najbliższą wartości niezakłóconego pola magnetycznego. Wyniki przeliczone zgodnie z powyższą procedurą posłużyły do wykreślenia mapy izolinii (izoanomalii) składowej pionowej  $\Delta Z$  (ryc. 2; K. Bielenin, J. Kowalczuk, T. Stopka 1963, s. 311–312). Na mapie widać wyraźnie, iż na tle obszaru o niezakłóconych wartościach (równych  $500 \gamma \pm 10 \gamma$ ) rysuje się obszar dodatnich anomalii magnetycznych o elipsyjnym kształcie, o powierzchni około  $56 \text{ m}^2$ . Wartości anomalii w niektórych punktach przekraczają  $800 \gamma$ . Wyznaczony na podstawie badań magnetycznych obszar o anomalnych wartościach dodatnich uznany został przez badaczy za obraz piecowiska hutniczego.

Następnym etapem prac była weryfikacja wykopaliskowa wyniku badań magnetycznych. Wykop nr 1, o rozmiarach  $11,5 \times 7 \text{ m}$ , wytyczony został w taki sposób, by w jego granicach znalazł się cały obszar o anomalnych wartościach dodatnich. Na warstwę ułamków żużla natrafiono już po zdjęciu 20 centymetrowej grubości warstwy humusu. Warstwa ułamków powstała na skutek mechanicznego niszczenia stanowiska w czasie prac rolnych. Na poziomie 25 cm poniżej powierzchni ujawniono zarys dwóch równoległych pasów dymarek oddzielonych od siebie ścieżką, na poziomie od 30 do 50 cm uzyskano powierzchnie niezniszczonego piecowiska (ryc. 3, 4). W trakcie eksploracji odkryto ślady i pozostałości 99 dolnych części pieców dymarskich w układzie dwóch niejednorodnych czwórek z trójkami (ryc. 5).





Ryc. 2. Nowa Słupia 4. Mapa izoanomalii składowej pionowej  $\Delta Z$  magnetyzmu ziemskiego  
 a – izoanomalie  $\Delta Z$  w gammach ( $\Delta Z \gamma$ ); b – stanowiska pomiarowych  $\Delta Z$ ;  
 c – anomalie dodatnie (względem 500  $\gamma$ ).

Wg K. Bielenina, J. Kowalczuka, T. Stopki 1963, ryc. 3

Fig. 2. Nowa Słupia 4. Map of isoanomalies of the Earth's magnetic field vertical component  $\Delta Z$   
 a –  $\Delta Z$  isoanomalies in gamma ( $\Delta Z \gamma$ ); b –  $\Delta Z$  magnetic measurement points; c – positive anomalies  
 (with regard to 500  $\gamma$ ).

After K. Bielenin, J. Kowalczuk, T. Stopka 1963, Fig. 3

Piece nie różniły się od pieców znalezionych na innych stanowiskach w okręgu świętokrzyskim: była to kotlinka o średnicy około 45 cm wkopana w warstwę calca do głębokości około 50 cm. Ściany boczne rozszerzały się ku dołowi, co powodowało, iż płaskie dno pieca miało średnicę przeważnie powyżej 50 cm (K. Bielenin, J. Kowalczuk, T. Stopka 1963, s. 312–313).

Porównanie mapy magnetycznej z planem piecowiska wykazało dużą zgodność obrazów (ryc. 5). Na przeważającej części mapy granice anomalii dodatniej (względem izolinii 500  $\gamma$ ) odpowiadały ściśle zewnętrznej granicy piecowiska. Dokładność określenia przebiegu granicy była funkcją gęstości siatki pomiarowej i przy zastosowanej gęstości jeden pomiar na 1 m<sup>2</sup> nie była większa niż  $\pm 1$  m. Zdaniem badaczy ta dokładność wyznaczenia granicy struktury archeologicznej była wystarczająca dla ekonomicznego zaplanowania prac wykopaliskowych i ograniczenia ich do



Ryc. 3. Nowa Słupia 4. Zlokalizowane magnetycznie piecowisko na stanowisku.

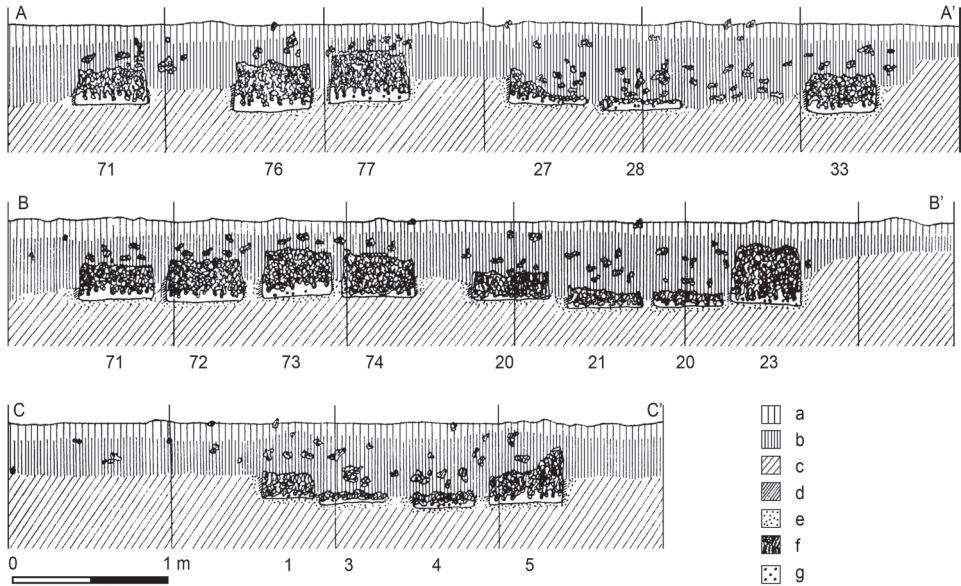
Fot. K. Bielenin

Fig. 3. Nowa Słupia 4. Location of a smelting furnace site mapped magnetically.

Photo. K. Bielenin

niezbędnego minimum (K. Bielenin, J. Kowalczuk, T. Stopka 1963, s. 317). Nierównomierny obraz magnetyczny piecowiska był odbiciem nierównomierności w stanie zachowania, które w pewnych fragmentach stanowiska zachowały się niemal w całości, w innych, bardziej zniszczonych w wyniku prac rolnych, fragmentarycznie lub uległy pełnemu zniszczeniu (a o ich położeniu można było sądzić jedynie na podstawie śladów wypalonego dna pieca). Odnosząc wyniki do doświadczeń wyniesionych z magnetometrii prospekcyjnej, badacze uznali, że piecowiska, składające się z szeregu ściśle skupionych kłoców, zalegających na przestrzeni kilkudziesięciu metrów kwadratowych, przy wysokości kłoców równej kilkudziesięciu centymetrom, można porównać z formami płytowymi, które mogą być interpretowane jakościowo i ilościowo. Dla potrzeb archeologii za wystarczającą uznano interpretację jakościową.

Badania dostarczyły także materiału do porównania przydatności pomiarów składowej  $\Delta H$  w śledzeniu reliktyw hutnictwa. Uzyskano to, przeprowadzając pomiary w poprzek piecowiska i odnosząc je do pomiarów składowej  $\Delta Z$  mierzonoj w tych samych punktach (ryc. 6). Porównanie wykresów zmian obu składowych wskazuje, iż składowa  $\Delta H$  charakteryzuje się mniejszą amplitudą wartości (nie przekraczając 630  $\gamma$  w części dodatniej i 485  $\gamma$  w części ujemnej). Przesunięcie ekstremów profilu  $\Delta H$  względem  $\Delta Z$  uznano za typowe dla anomalii rejestrowanych nad poziomo zalegającymi płytami (K. Bielenin, J. Kowalczuk, T. Stopka 1963, s. 319).



Ryc. 4. Nowa Słupia 4. Przekroje pionowe przez piecowisko na osi AA', BB', CC' (osie zaznaczone na ryc. 5)

a – próchnica jasnobrunatna; b – próchnica ciemnobrunatna; c – less; d – ścianki pieców; e – less przepalony; f – żużel; g – węgiel drzewny.

Wg K. Bielenina, J. Kowalczuka, T. Stopki 1963, ryc. 6

Fig. 4. Nowa Słupia 4. Vertical sections through a smelting furnace site: AA', BB', CC' (axes marked in Fig. 5)

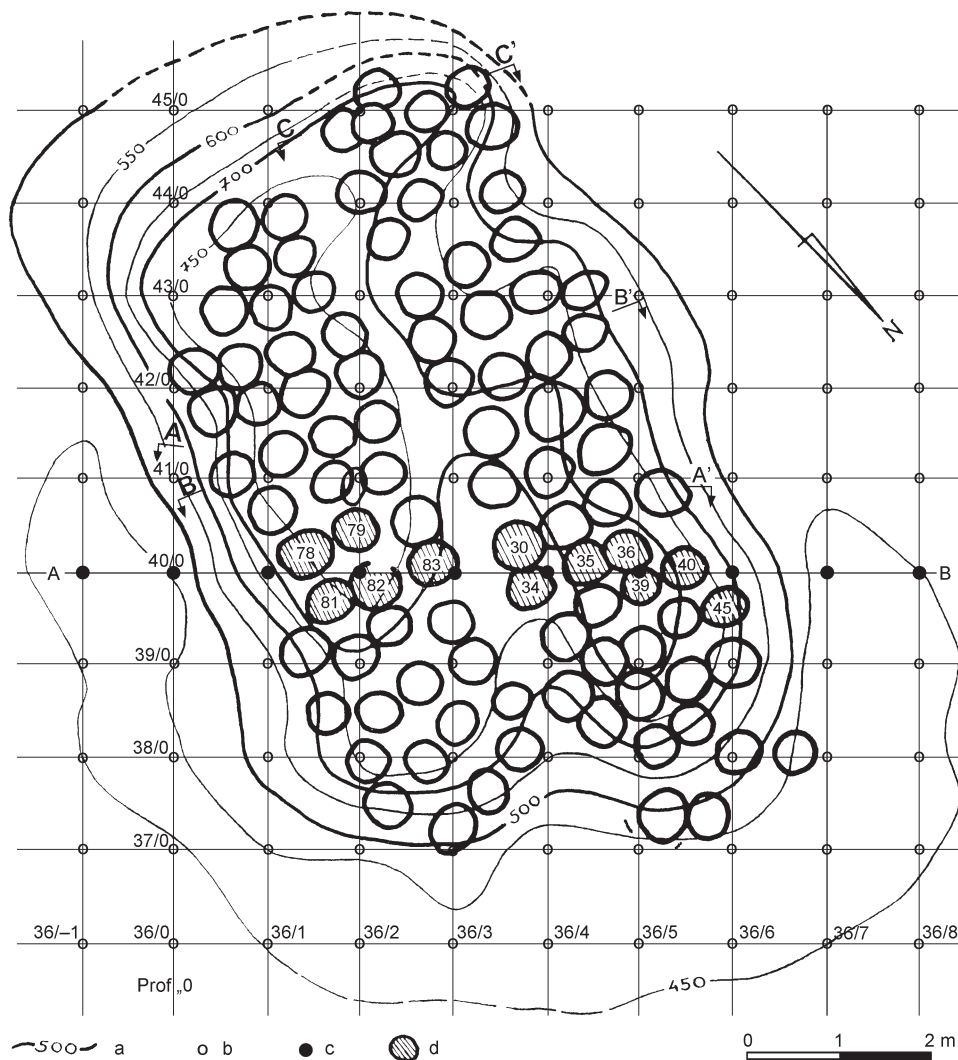
a – light brown humus; b – dark brown humus; c – loess; d – furnace walls; e – burnt loess; f – slag; g – charcoal.

After K. Bielenin, J. Kowalczuk, T. Stopka 1963, Fig. 6

Prace w Nowej Słupi pozwoliły ich autorom zgłosić wnioski metodyczne do uwzględnienia przy badaniu stanowisk hutniczych. Postulowali dwuetapowość działań: etap pierwszy stanowiłyby pomiary mające na celu ustalenie pozycji piecowiska, prowadzone w rzadkiej siatce, ze stanowiskami pomiarowymi usytuowanymi w odstępach od 5 do 20 m. W drugim etapie pomiarów szczegółowych, gęstość siatki pomiarowej zależna byłaby od żądanej dokładności określenia zarysów piecowiska (J. Kowalczuk, T. Stopka 1962, s. 323; ci sami 1964 s. 678). Doświadczenia z prac w Słupi wskazały, że odległość równa 1 m pomiędzy punktami pomiarowymi jest wystarczająca z punktu widzenia ekonomiki prac wykopaliskowych. Autorzy wyrazili przypuszczenie, że przy zagęszczeniu punktów pomiarowych do odległości od  $\pm 10$  cm do 40 cm, pomiary pozwolą na ustalenie położenia poszczególnych kłoców (przy założeniu że są dobrze zachowane). Uszczegółowienie pomiarów pozwoliłoby także na uzyskanie innych informacji o piecowisku, jak np. określenie położenia ścieżki pomiędzy skupiskami kłoców.

Pomiary w Nowej Słupi wykazały w sposób niezwykle przekonujący, iż metoda magnetyczna jest nieodzownym narzędziem w badaniach śladów hutnictwa starożytnego. Narzędzie to trafiło w ręce archeologów wyłącznie dzięki założonej





Ryc. 5. Nowa Słupia 4. Mapa izoanomalii składowej pionowej  $\Delta Z$  na tle piecowiska  
 a – izoanomalie  $\Delta Z$  w gammach ( $\Delta Z\gamma$ ); b – stanowiska pomiarów magnetycznych  $\Delta Z$ ; c – stanowiska pomiarów magnetycznych  $\Delta Z$  i  $\Delta H$ ; d – kloce profilu „40 m”.

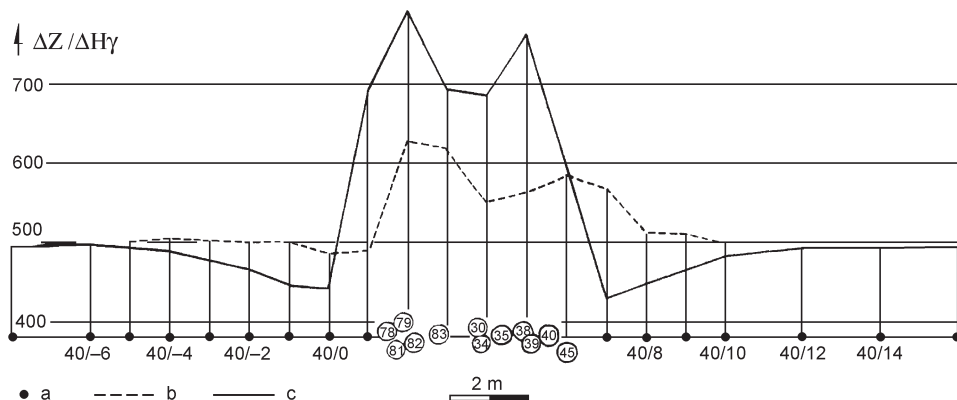
Wg K. Bielenina, J. Kowalczyka, T. Stopki 1963, ryc. 5 i 14

Fig. 5. Nowa Słupia 4. Map of the  $\Delta Z$  vertical component isoanomaly juxtaposed with the smelting furnace site

a –  $\Delta Z$  isoanomalies in gamma ( $\Delta Z\gamma$ ); b –  $\Delta Z$  magnetic measurement points; c –  $\Delta Z$  and  $\Delta H$  magnetic measurement points; d – slag blocks of the “40 m” cross-section.

After K. Bielenin, J. Kowalczyk, T. Stopka 1963, Figs 5 and 14

od początku interdyscyplinarności projektu, zjawisku niezczęstemu w ówczesnych czasach, choć postulowanemu w dyskusjach nad metodyką badań archeologicznych w Polsce (W. Hensel 1955).



Ryc. 6. Nowa Słupia 4. Profil magnetyczny wzdłuż osi AB (patrz ryc. 5)

a – stanowiska pomiarów magnetycznych; b – wykres składowej poziomej  $\Delta H$  ( $\gamma$ );  
c – wykres składowej pionowej  $\Delta Z$  ( $\gamma$ ).

Wg K. Bielenina, J. Kowalczyka, T. Stopki 1963, ryc. 15

Fig. 6. Nowa Słupia 4. Magnetic profile on the AB axis (see Fig. 5)

a – magnetic measurement points; b – chart of the  $\Delta H$  ( $\gamma$ ) horizontal component;  
c – chart of the  $\Delta Z$  ( $\gamma$ ) vertical component.

After K. Bielenin, J. Kowalczyk, T. Stopka 1963, Fig. 15

## 2.2. BADANIA NA INNYCH STANOWISKACH HUTNICZYCH

W następstwie wysoce zadawalających wyników badań w Nowej Słupi, w latach 1961–1964 pomiary magnetyczne przeprowadzono na 23 dalszych stanowiskach hutniczych w regionie świętokrzyskim (K. Bielenin 1966, s. 43). Badania zdecydowanie różniły się pod względem powierzchni obszarów objętych prospekcją (od 100 m<sup>2</sup> w Worowicach i Hucisku-Gajówce do 52 000 m<sup>2</sup> w Łazach) i liczby punktów pomiarowych na poszczególnych stanowiskach (od 30 w Mirogonowicach A i B do 414 w Bielniku, stanowisko 2). Wliczając prace w Słupi, podczas dwóch pierwszych sezonów badań (w latach 1961 i 1962) prospekcją objęto obszar o powierzchni 71 300 m<sup>2</sup>, wykonując na nim 1790 pomiarów. Używano tych samych co w Słupi przyrządów, mierzono wyłącznie składową  $\Delta Z$ . Powtarzano także wypracowaną tam metodykę pomiarów i opracowania danych pomiarowych (J. Kowalczyk 1962, s. 369–370, tamże przypisy do niepublikowanych raportów z prac na poszczególnych stanowiskach). Na badanych metodą magnetyczną stanowiskach na zboczach Łysej Góry w Świętokrzyskim Parku Narodowym oraz w Baszowicach, Mirogonowicach, Skalach, Łomnie i Worowicach przeprowadzono wykopaliska. Ich wyniki w pełni potwierdziły dużą przydatność metody magnetycznej (K. Bielenin 1992, s. 46).

Autorzy mieli świadomość, że obraz magnetyczny piecowisk jest łatwy do rozpoznawania z racji faktu, iż obserwowane na tej kategorii stanowisk zmiany wartości  $\Delta Z$  i  $\Delta H$  znacznie przewyższają przeciętne wartości tych składowych obserwowane podczas badań geologicznych (J. Kowalczyk 1962, s. 371). Piecowiska hutnicze, z racji dużej zawartości żelaza w kłocach żużla, wywoływały na tyle silne anoma-

lie magnetyczne, że można je było rejestrować instrumentami o niewielkiej czułości pomiaru. Dodatkowym czynnikiem korzystnie wpływającym na wyrazistość pomiaru była sytuacja geologiczna na poszczególnych stanowiskach. Piecowiska w regionie świętokrzyskim przeważnie lokowane były na glebach lessowych o dużej miąższości. Pozbawiona właściwości magnetycznych gleba tworzyła dobry kontrast dla wysoce magnetycznych piecowisk.

Metodyka wypracowana w regionie świętokrzyskim, została zastosowana do badań stanowiska w Igołomii koło Krakowa w 1962 r. Przeprowadził je magistrant w Katedrze Geofizyki Geologicznej na Wydziale Geologiczno-Poszukiwawczym AGH, Marek Lemberger. Objęły one obszar 3000 m<sup>2</sup>, pomiary prowadzono w siatce o boku 2 m, pomiary kontrolne w punkcie bazowym dokonywano w około półgodzinnych odstępach (M. Lemberger 1962). Zasadniczym celem badań była lokalizacja pieców hutniczych z pierwszych wieków n.e., których istnienie w tym miejscu potwierdzone było wynikami wcześniejszych wykopalisk (A. Krupkowski, T. Reyman 1953, s. 59–65). Pomiary testowe wykonano na wydobytych wówczas klocach żużla; stwierdzono, iż kłocę wywołują z odległości jednego metra anomalie rzędu 10 do 15  $\gamma$ . Biorąc pod uwagę fakt, iż poszukiwane kłocę znajdują się na głębokości co najmniej 50 cm poniżej powierzchni, liczone się z możliwością wykrycia jedynie skupiska kłoców, a nie pojedynczych obiektów. Z mapy magnetycznej można było wnosić, iż teren jest mało zaburzony magnetycznie, zaledwie w kilku miejscach wartość  $\Delta Z$  przekraczała +10  $\gamma$  (względem punktu bazowego). Teren ten został przebadany także przy zastosowaniu metody elektrooporowej; do weryfikacji wykopaliskowej wybrano przede wszystkim te miejsca, gdzie wartości anomalne stwierdzono przy użyciu obydwóch metod (oraz jedno miejsce wyłącznie z anomalią magnetyczną). W miejscu, w którym pomiary magnetyczne zarejestrowały anomalię o niewielkiej amplitudzie (około 15  $\gamma$ ), a pomiary elektrooporowe obszar o wyraźnie podwyższonych wartościach oporności, odkryto ziemiankę z neolitu. W miejscu anomalii magnetycznej nie wspartej zmianą w rozkładzie oporności odkryto resztki pieca do produkcji ceramiki (M. Lemberger 1962, s. 366–367).

Wypracowana w Słupi i powielona na kolejnych stanowiskach metoda została szybko upowszechniona w środowisku archeologów w serii publikacji, z których najwcześniejsza ukazała się w druku już w pierwszym sezonie zastosowania metody (J. Kowalczyk, T. Stopka 1961). Po kolejnych sezonach badań autorzy ogłaszali opracowania o charakterze syntetycznym, w których podsumowywali doświadczenia w dziedzinie metodyki pomiarów stanowisk hutniczych (J. Kowalczyk, T. Stopka 1962; 1964). Istotna była poczyniona w wyniku badań obserwacja, iż stosowanie metody magnetycznej na stanowiskach archeologicznych przynosiło obopólną korzyść, nie tylko archeologom (o czym było wspomniane powyżej), ale i geofizykom, bowiem niemal natychmiastowe porównanie obrazu geofizycznego z wynikiem wykopalisk stwarzało cenny sprawdzian efektywności metody, w stopniu trudno osiągalnym w prospekcji geologicznej *sensu stricto* (J. Kowalczyk, T. Stopka 1964, s. 678–679).

Intensywność badań geofizycznych stanowisk hutniczych w rejonie świętokrzyskim zdecydowanie zmalała z końcem dekady lat sześćdziesiątych. Po testach

magnetometru protonowego (patrz poniżej, podrozdział 3.2) powrócono do sprawdzonej wagi magnetycznej; ostatnie odnotowane w literaturze jej zastosowanie miało miejsce w 1968 r., na stanowisku 10 w Słupi Nowej (K. Bielenin 1970, s. 275).

### 3. ETAP TESTÓW: BADANIA STANOWISK W REJONIE KALISKIM

#### 3.1. BADANIA PRZY UŻYCIU WAGI MAGNETYCZNEJ

Inicjatorem badań w regionie kaliskim był Krzysztof Dąbrowski. Po pomysłowych testach z użyciem metody elektrooporowej, latem 1961 r. przystąpił on wraz z Wojciechem Stopińskim do pomiarów magnetycznych na cmentarzysku ciepłopalnym z okresu późnolatańskiego i wpływów rzymskich w Wesółkach. Naukowcy byli świadomi trudności, z jakimi należy się liczyć przy zastosowaniu metody na stanowisku z obiektami nie tworzącymi tak silnych pól magnetycznych, jak miało to miejsce w przypadku pomiarów na stanowiskach hutniczych. Badania miały mieć charakter doświadczalny; o wyborze stanowiska zdecydował fakt powszechności tego typu stanowisk w Polsce. Cmentarzysko leży na zboczu tarasu Proсны na jednorodnym piaszczystym podłożu. Groby zalegają bezpośrednio pod warstwą ziemi ornej, na głębokości od 0,15 m do 0,30 m. Wyposażenie zmarłych stanowiły niewielkie przedmioty żelazne oraz ceramika. Nadzieję na lokalizację poszczególnych pochówków wiązano właśnie z możliwością rejestracji wyrobów z żelaza (K. Dąbrowski, W. Stopiński 1962).

Badania przeprowadzono wagą magnetyczną składowej  $\Delta Z$  firmy Teltow. Wskazania wagi codziennie rejestrowano na wybranym w pobliżu cmentarzyska punkcie bazowym. Po analizie magnetogramów z Centralnego Obserwatorium Geofizycznego w Belsku uznano, że w dniach, w których prowadzono badania, nie występowały istotne zaburzenia w polu magnetycznym Ziemi; wyniki pomiarów odniesiono zatem wyłącznie do pomiarów w punkcie bazowym. Wykonano 88 pomiarów, w trzech etapach. Na etap pierwszy złożyły się pomiary wzdłuż uprzednio wyznaczonych krawędzi wykopu, mające na celu uzyskanie ciągłego profilu magnetycznego w rejonie kulminacji stanowiska. Pomiary w odstępach co 4 m nie wychwytywały zróżnicowania w polu magnetycznym, zagęszczono je zatem do 2 m. Drugim etapem były pomiary w siatce o boku 1 m, na dwóch wybranych odcinkach stanowiska, w obrębie obszaru przeznaczonego do wykopalisk. Trzecim etapem były pomiary nad sześcioma grobami, których zarysy uzyskano po zdjęciu ziemi ornej (ryc. 7). Badania okazały się przydatne w lokalizowaniu wyrobów żelaznych; formułowane w terenie na podstawie pomiarów oceny dotyczące wyposażenia zmarłych w poszczególnych grobach uzyskiwały potwierdzenie w trakcie ich eksploracji. W grobach, które umiejscowiono na podstawie badań (ryc. 8), masa przedmiotów żelaznych wahała się od 0,25 kg (grób 2) do 2,05 kg (grób 3). Poważnym osiągnięciem było stwierdzenie możliwości wykrywania grobów wyposażonych wyłącznie w naczynia gliniane, uzyskane w wyniku badań doświadczalnych, po zdjęciu warstwy humusu. Zlokalizowanie jamy (ryc. 9), zawierającej w wypełniku fragmenty naczyń, kamienie i warstwę ziemi ciemnej barwy, stanowiło ważną wskazówkę,

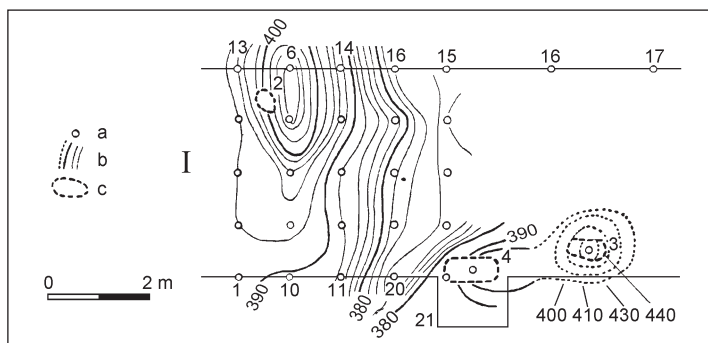


Ryc. 7. Wesółki. W. Stopiński wykonuje pomiary parametryczne wagą magnetyczną nad grobem nr 3 z wyposażeniem żelaznym (składowa  $\Delta Z = 457 \gamma$ ).

Wg K. Dąbrowskiego 1964, ryc. 2

Fig. 7. Wesółki. W. Stopiński making parametric measurements with a magnetic balance over grave no. 3 with iron goods ( $\Delta Z$  component = 457  $\gamma$ ).

After K. Dąbrowski 1964, Fig. 2



Ryc. 8. Wesółki. Mapa rozkładu pola magnetycznego składowej  $\Delta Z$

a – stanowisko pomiarów składowej  $\Delta Z$ ; b – izolinie; c – groby.

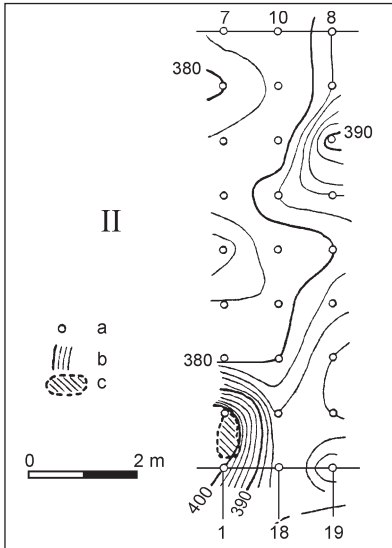
Wg K. Dąbrowskiego, W. Stopińskiego 1962, ryc. 6

Fig. 8. Wesółki. Map of the distribution of the Earth's magnetic field  $\Delta Z$  component

a –  $\Delta Z$  component measurement point; b – isolines; c – graves.

After K. Dąbrowski, W. Stopiński 1962, Fig. 6





Ryc. 9. Wesółki. Mapa rozkładu pola magnetycznego składowej Z

a – stanowisko pomiarów składowej Z; b – izolinie; c – jamy.  
Wg K. Dąbrowskiego, W. Stopińskiego 1962, ryc. 7

Fig. 9. Wesółki. Map of the distribution of the Z component of the magnetic field

a – Z component measurement point; b – isolines; c – pits.  
After K. Dąbrowski, W. Stopiński 1962, Fig. 7

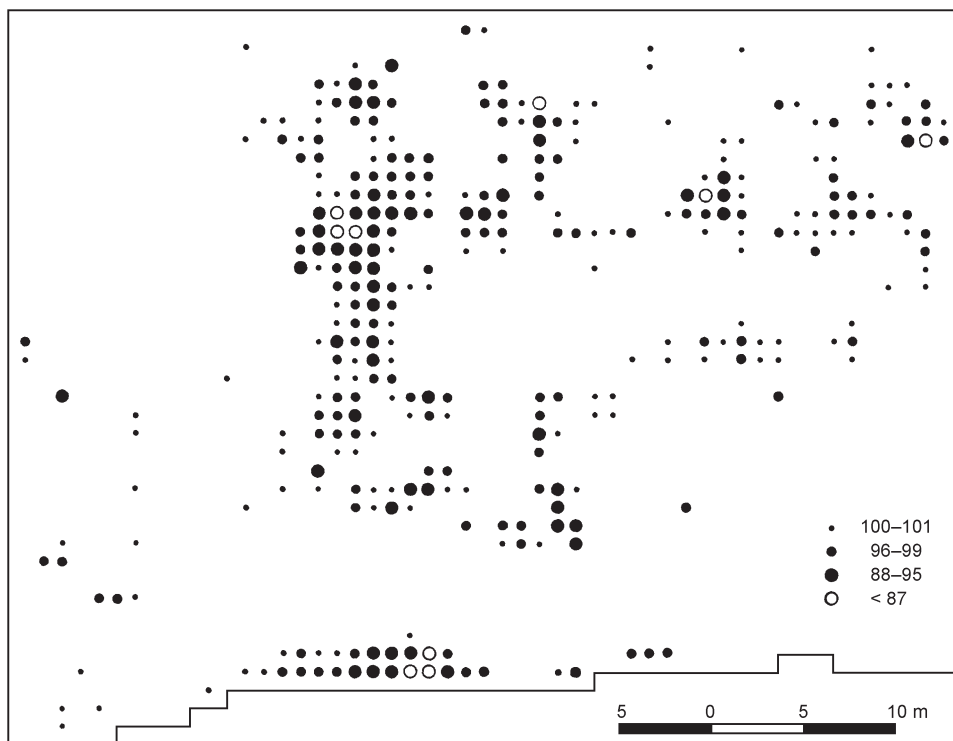
że metoda magnetyczna może znaleźć zastosowanie w badaniu osiedli otwartych (K. Dąbrowski, T. Stopiński 1962, s. 612).

Autorzy badań w Wesółkach jako pierwsi w krajowym piśmiennictwie dali też istotne z punktu analizy ekonomicznej badań terenowych wyliczenia dotyczące czasu niezbędnego do wykonania pomiarów na danej powierzchni i czasu niezbędnego do wykonania pomiaru w jednym punkcie. Za dolną granicę możliwości w przeciągu jednego dnia roboczego przyjęto uzyskanie obrazu rozkładu pola magnetycznego na obszarze 50 m<sup>2</sup>, przy pomiarach w siatce o boku 1 m i udziale 2 pracowników: prowadzącego pomiary i rejestratora (K. Dąbrowski, W. Stopiński 1962, s. 614).

Badania K. Dąbrowskiego i W. Stopińskiego znalazły wymiar formalny w powołaniu w Instytucie Historii Kultury Materialnej PAN jednostki nazwanej Zespołem Badawczym dla Zastosowania Metod Geofizycznych w Archeologii. W skład tego zespołu weszła również geolog Ewa Stupnicka z Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego (K. Dąbrowski 1963, s. 83; tenże 1964).

### 3.2. BADANIA PRZY UŻYCIU MAGNETOMETRU PROTONOWEGO

Upowszechnienie w polskim piśmiennictwie archeologicznym pierwszego praktycznego zastosowania magnetometru protonowego, opartego na własnych doświadczeniach autora, jest dziełem K. Dąbrowskiego. Doświadczenia te K. Dąbrowski uzyskał dzięki uczestnictwu w badaniach przeprowadzonych przez włoską Fundację Lerici na terenie cmentarzyska kultury Villanova w Tarkwinii w marcu 1963 r. Program badań, prowadzonych wspólnie z Richardem Linigtonem z sekcji archeologicznej Fundacji Lerici, zakładał natychmiastową weryfikację wykopaliskową wyniku geofizycznego. Fundacja miała duże doświadczenie w badaniu nekropoli etruskich, wybór stanowiska kultury Villanova rokował rozszerzenie doświadczeń z uwagi na to, iż reprezentowało ono odmienne zjawiska archeologiczne niż nekropole



Ryc. 10. Tarquinia–Civitucola. Zestawienie wyników pomiarów na odcinku cmentarzyska.

Wg R.E. Liningtona, K. Dąbrowskiego 1964, ryc. 3

Fig. 10. Tarquinia–Civitucola. Juxtaposition of measurement results in the burial ground sector.

After R.E. Linington, K. Dąbrowski 1964, Fig. 3

etruskie. Cmentarzysko leży na skalistym występie tarasu. Jego część uległa dewastacji w wyniku rabunkowych wykopalisk; z obserwacji poczynionych na zdewastowanych obiektach wynikało, że groby mają kształt owalny lub prostokątny, o średnicy od 0,50 m do 2 m. Wykute w skalistym podłożu jamy grobowe osiągają głębokość od 1 m do 1,5 m. W wypełnionych ziemią jamach znajdowały się popielnice i bryły skały wulkanicznej (R.E. Linington, K. Dąbrowski 1964). W ciągu trzech dni wykonano 1900 pomiarów magnetometrem typu Elsec, produkowanym według prototypu zbudowanego w Oxfordzie przez M.J. Aitkena i E.T. Halla (M.J. Aitken 1961a, s. 11–16, 48). Z racji spodziewanych niewielkich różnic w rozkładzie pola magnetycznego pomiary wykonywano trzymając sondę na wysokości 0,50 m ponad powierzchnią gruntu i w siatce o boku 1 m. Na mapie magnetycznej zarejestrowano szereg obszarów o wartościach anomalnych (ryc. 10). Zakładając, iż anomalie wywołane są wypełniskami jam grobowych, wykreślono hipotetyczny plan rozmieszczenia grobów (ryc. 11) i wytypowano miejsca do weryfikacji wykopaliskowej. W trzech miejscach, zgodnie z oczekiwaniami, znaleziono groby. Punktowa anomalia o dużej amplitudzie odpowiadała blokowi skały wulkanicznej (R.E. Linington, K. Dąbrowski



Ryc. 11. Tarkwinia–Civitucola. Hipotetyczny plan rozmieszczenia grobów

a – sondáže archeologiczne; b – zbadane groby; c – bloki skały wulkanicznej; d – naturalne szczeliny w skale; e – nielegalne wykopaliska (zdevastowane groby); f – prawdopodobne groby, których lokalizację ustalono na podstawie interpretacji wyników pomiarów magnetometru protonowym; g – strefa zalegania grubszej warstwy ziemi.

Wg R.E. Liningtona, K. Dąbrowskiego 1964, ryc. 4

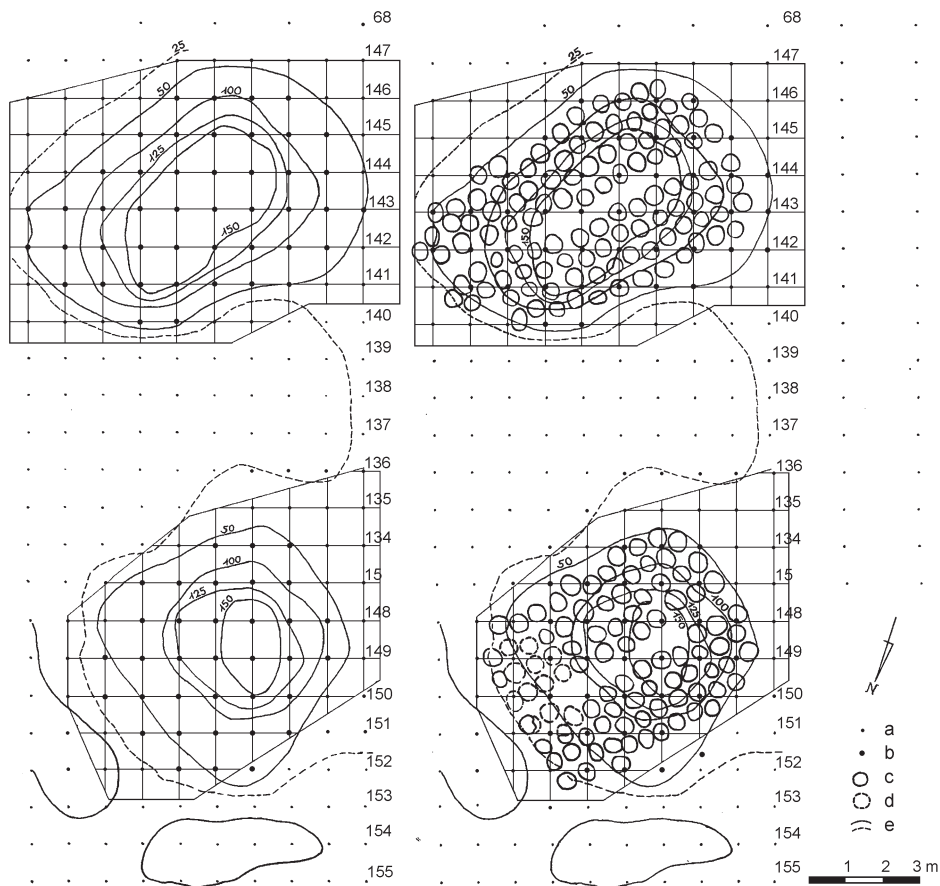
Fig. 11. Tarquinia–Civitucola. Hypothetical plan of grave distribution

a – archeological testing; b – excavated graves; c – blocks of volcanic rock; d – natural cracking of the rock; e – illicit digging (devastated graves); f – presumed graves located by interpreting results of measurements with a proton magnetometer; g – zone of thicker soil.

After R.E. Linington, K. Dąbrowski 1964, Fig. 4

1964, s. 71). Tak dobry wynik weryfikacji upoważnił autorów do uznania planu hipotetycznego za „zasługującego na pełne zaufanie” (R.E. Linington, K. Dąbrowski 1964, s. 72). Na entuzjastyczną opinię K. Dąbrowskiego o nowej aparaturze złożyło się kilka czynników. Dla osoby mającej doświadczenia z użytkowaniem wagi magnetycznej, fascynujące były czas pomiaru, wynoszący w jednym punkcie pomiarowym 3 sekundy (podczas badań wagą w Wesólkach pomiar trwał 8 minut), oraz łatwość obsługi instrumentu. Nie bez znaczenia była też wysoka czułość aparatury, pozwalająca realnie myśleć o badaniach stanowisk archeologicznych zawierających obiekty wywołujące niewielkie zmiany w natężeniu pola magnetycznego.

Po raz pierwszy w Polsce magnetometr protonowy użyty został w 1965 r. w regionie świętokrzyskim, w Nowej Słupi, na stanowiskach oznaczonych numerami 6 i 7. Jednodniowy test przydatności magnetometru w wykrywaniu piecowisk hutniczych



Ryc. 12. Piecowiska dymarskie na stanowiskach Nowa Słupia 6 i 7 na tle obrazu anomalii magnetycznych według J. Jankowskiego, S. Małozzewskiego, K. Bielenina

a – punkty pomiarów; b – punkty anomalii; c – piece hutnicze (kotlinki); d – zniszczone kotlinki; e – granice anomalii.

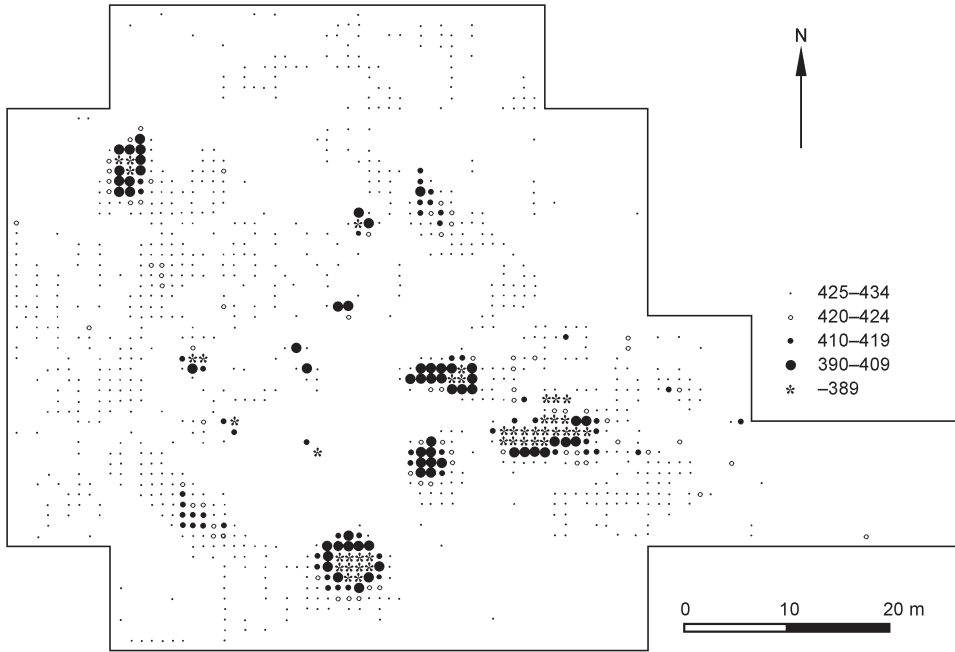
Wg K. Bielenina 1967, ryc. 5; tegoż 1992, ryc. 21

Fig. 12. Smelting furnaces at Nowa Słupia sites 6 and 7 juxtaposed with the magnetic anomalies after J. Jankowski, S. Małozzewski, K. Bielenin

a – measurement points; b – anomaly points; c – smelting furnaces (hollows); d – destroyed hollows; e – anomaly borders.

After K. Bielenin 1967, Fig. 5; idem 1992, Fig. 21

przeprowadzili Jerzy Jankowski z Zakładu Geofizyki PAN w Warszawie – współautor instrumentu, i Stanisław Małozzewski z AGH. Na obszarze wytypowanym do badań na podstawie zdjęcia lotniczego zlokalizowano dwa obszary o anomalnych wartościach natężenia pola magnetycznego, sięgających 150  $\gamma$  powyżej średnich wartości otoczenia: obszar południowy o powierzchni 90 m<sup>2</sup> i północny o powierzchni 60 m<sup>2</sup> (K. Bielenin 1967; 1992, s. 46–48). Każdej z anomalii odpowiadało piecowisko: w miejscu anomalii południowej odsłonięto pozostałości 110 pieców dymarskich,



Ryc. 13. Jarantów. Zestawienie wyników pomiarowych.

Wg K. Dąbrowskiego, R.E. Liningtona 1967, ryc. 22

Fig. 13. Jarantów. Juxtaposition of measurement results.

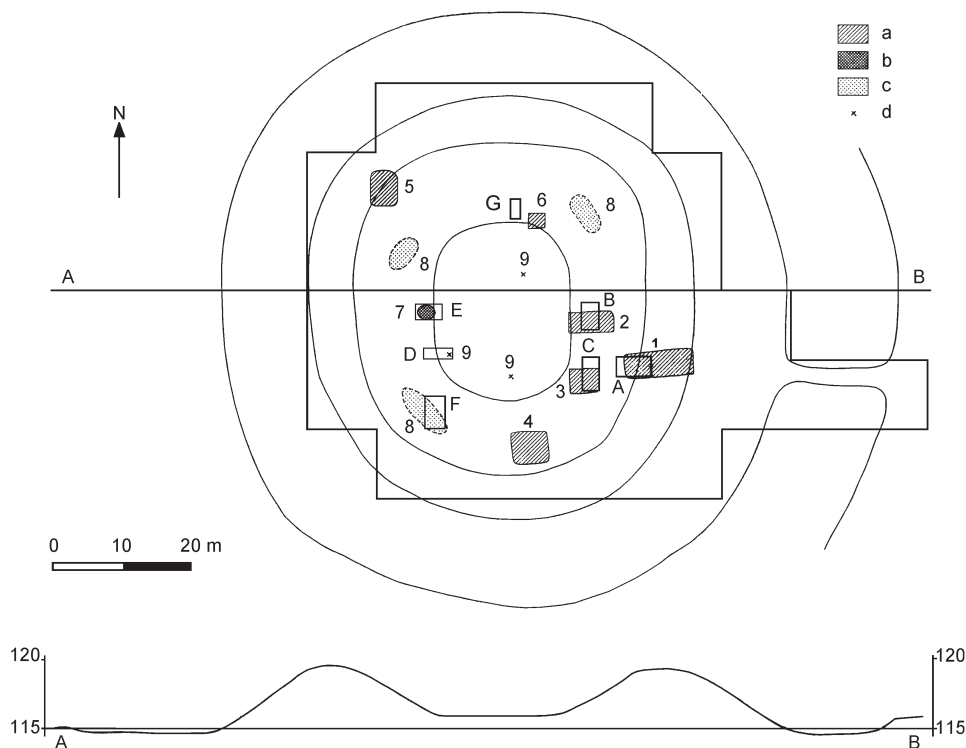
After K. Dąbrowski, R.E. Linington 1967, Fig. 22

północnej – pozostałości 93 pieców (ryc. 12). W 1966 r. instrument przetestowany został przez J. Jankowskiego wraz z Andrzejem Zawadą podczas badań na osadzie wielokulturowej w Dębnic, zorganizowanych przez Tadeusza Kaletyna, konserwatora zabytków archeologicznych w województwie wrocławskim. Badania wykonane na części obszaru osady pozwoliły uściślić jej zasięg przestrzenny i doprowadziły do odkrycia licznych skupisk obiektów: budynków, pieców garncarskich i hutniczych (T. Kaletyn 1968, s. 283).

W 1965 r. magnetometr protonowy znalazł zastosowanie w badaniach K. Dąbrowskiego w regionie kaliskim. Zostały one przeprowadzone wspólnie z R.E. Liningtonem. Celem ich było pozyskanie doświadczeń o przydatności aparatury tego typu w badaniach stanowisk typowych dla ziem polskich. Pomiary przeprowadzono na grodzisku wczesnośredniowiecznym w Jarantowie, na cmentarzysku ciałopalnym z okresu późnolateńskiego w Zagorzynie oraz na terenie osady z okresów późnolateńskiego i wpływów rzymskich w Piwonicach. Pomiary przeprowadzono aparaturą typu Elsec. Wyniki pomiarów na wszystkich stanowiskach weryfikowane były prowadzonymi w 1966 r. badaniami wykopaliskowymi (K. Dąbrowski, R.E. Linington 1967; R.E. Linington, K. Dąbrowski 1968).

Celem badań w Jarantowie było uzyskanie informacji, w jaki sposób na obraz magnetyczny wpłynąć mogą elementy systemu obronnego grodziska oraz jego





Ryc. 14. Jarantów. Plan stanowiska z naniesieniem stref anomalnych wyznaczonych na podstawie badań magnetycznych (o numerach 1–9) i wykopów archeologicznych (oznaczonych literami od A do G) a – silnie wydzielone strefy o wartościach anomalnych; b – izolowana anomalia o dużej amplitudzie; c – strefy o zmiennych wartościach, słabo wydzielone; d – anomalie punktowe.

Wg K. Dąbrowskiego, R.E. Lingtona 1967, ryc. 23

Fig. 14. Jarantów. Plan of the site with anomalous zones based on magnetic measurement results (nos 1–9) and archaeological trenches (letters A to G)

a – distinct zones of anomalous values; b – isolated high amplitude anomaly; c – zones of changeable values, poorly distinguished; d – point anomalies.

After K. Dąbrowski, R.E. Lington 1967, Fig. 23

wnętrze. System obronny tworzyły drewniane belki (często spalone lub nadpalone), ziemia i kamienie. We wnętrzu grodziska spodziewać się można było pozostałości po zabudowie drewnianej i kamiennej, palenisk, studni, jam. Badaniami objęto całe wnętrze grodziska, aż do szczytu wałów, na obszarze o powierzchni 3700 m<sup>2</sup>. Bez wątplenia był to w tym czasie największy w Polsce zwarty obszar stanowiska archeologicznego przebadany przy użyciu metody magnetycznej. Na podstawie pomiarów, prowadzonych w siatce metrowej, można było wydzielić na mapie magnetycznej kilka stref anomalnych o amplitudzie zmian w przedziale 20 γ (ryc. 13). Większość anomalii znajdowała się w dolnej części zbocza wału, pięć z nich wytypowanych zostało do weryfikacji wykopaliskowej (ryc. 14). W czterech wykopach (nry 1, 2, 3, 5) odsłonięto skupiska kamieni, których strop zalegał od głębokości 0,35 do 0,95 m, zwykle



Ryc. 15. Jarantów. Szczątki konstrukcji drewnianej i kamiennej w wykopie sondażowym.

Wg I. Dąbrowskiej 1969, ryc. 3

Fig. 15. Jarantów. Remnants of a wooden and stone structure in a test trench.

After I. Dąbrowska 1969, Fig. 3

z fragmentami belek (ryc. 15). W wykopie nr 6 stwierdzono obecność wyłącznie zwęglonych belek (drobne skupiska kamieni były na głębokości 2,4 m). W sondażu nr 4 na terenie o niezaburzonych wartościach magnetycznych odkryto kamienie; w sondażu nr 7 – także na terenie o stabilnych wartościach – nie znaleziono żadnych śladów konstrukcji. W miejscu silnej anomalii punktowej (sondaż nr 5) niektóre spośród kamieni były przepalone. W konkluzji badań trudno było autorom jednoznacznie ocenić ich wartość. Z jednej strony wykopaliska pokazały związek anomalii (z jednym wyjątkiem) z obecnością konstrukcji kamiennych (co zostało dobitnie podkreślone w polskiej publikacji badań: R.E. Linington, K. Dąbrowski 1968, s. 86), z drugiej strony – rezultaty prac archeologicznych sugerowały równomierność rozsypania konstrukcji wału w wewnętrznej partii grodziska, a to zdecydowanie nie znalazło odbicia w układzie anomalii. Sprawę miały rozstrzygnąć dalsze badania wykopaliskowe, które, niestety, ograniczyły się do jednego sezonu (I. Dąbrowska 1969).

Wynikiem badań magnetycznych na terenie cmentarzyska w Zagorzynie była mapa magnetyczna z kilkoma zaledwie anomaliami o amplitudzie zmian sięgających 30  $\gamma$ ; na większości obszaru zarejestrowano stabilne, mało zróżnicowane wartości. Analiza mapy uwzględniająca anomalie o mniejszej amplitudzie pozwoliła wyodrębnić więcej obszarów o zróżnicowanych wartościach (K. Dąbrowski,

R.E. Linington 1967, s. 35). Weryfikacyjna eksploracja archeologiczna wykonana bezpośrednio po pomiarach magnetycznych pokazała, że anomalie te są skutkiem obecności żelaznych przedmiotów złożonych do grobu (K. Dąbrowski, R.E. Linington 1967, s. 35, ryc. 24). Groby miały kształt płytkich jam leżących na głębokości 0,20–0,30 m. Wypełniska jam, silnie kontrastujące z piaszczystym otoczeniem, swą ciemną barwą zawdzięczały domieszce węgla i przepalonych kości. W opinii badaczy wypełniska takie nie mogły powodować wyrazistych zmian w natężeniu pola magnetycznego, o amplitudzie pozwalającej na czytelną rejestrację anomalii. Po przekopaniu całego obszaru przebadanego metodą magnetyczną okazało się, że liczba grobów wykrytych na obszarach o zróżnicowanych wartościach natężenia pola równa jest liczbie grobów znalezionych poza obszarami o takich wartościach (R.E. Linington, K. Dąbrowski 1968, s. 89). Badacze słusznie zwrócili uwagę, iż przy tak niewielkich odległościach pomiędzy poszczególnymi jamami, trudno przy pomiarach w siatce metrowej uchwycić rzeczywistą liczbę pochówków, nawet przy założeniu, że w dostateczny sposób wpływają na zmianę natężenia pola magnetycznego (K. Dąbrowski, R.E. Linington 1967, s. 36). Na pewno słuszny był wniosek, iż na tego typu stanowisku metoda sprawdzić się mogła przy lokalizacji grobów wyposażonych w wyroby żelazne. Wyniki nie dały natomiast podstawy do zgłoszonego przez badaczy wniosku, iż „magnetometr protonowy może być użyteczny szczególnie w przypadku, gdy zachodzi potrzeba szybkiego określenia zasięgu przestrzennego cementarzyska ciepłopalnego” (R.E. Linington, K. Dąbrowski 1968, s. 89).

Trzecim z testowanych stanowisk była osada w Piwonicach. Badania objęły obszar 400 m<sup>2</sup>, z czego 200 m<sup>2</sup> zostało zweryfikowanych wykopaliskowo. Na mapie magnetycznej obszaru przeznaczanego do wykopalisk wydzielono 6 anomalii, odpowiadających jamie znacznych rozmiarów (o głębokości 1,70 m), piecowi hutniczemu, paleniskom o konstrukcji kamiennej i piecowi piekarskiemu. Wynik można by uznać za zadawalający, gdyby nie fakt, iż spośród obiektów odsłoniętych podczas wykopalisk aż osiem (o podobnym charakterze do tych, które wywołały czytelne zmiany w rozkładzie natężenia pola: piece piekarskie, jamy, paleniska kamienne i fragment budynku) w żaden sposób nie odbiło się na mapie magnetycznej (R.E. Linington, K. Dąbrowski 1968, s. 89–93). Być może w części spowodowane to było faktem, iż aparat z racji problemów technicznych nie pracował na najwyższym zakresie czułości (K. Dąbrowski, R.E. Linington 1967, s. 37). Ambiwalentny wynik spowodował, iż autorzy uznali, że przydatność magnetometru protonowego dla rozpoznania osady otwartej o słabo zachowanych elementach zabudowy jest raczej ograniczona (R.E. Linington, K. Dąbrowski 1968, s. 93).

#### 4. ETAP STAGNACJI

Obecność badań magnetycznych w procesie badań archeologicznych, tak dobrze widoczna w literaturze przedmiotu w pierwszej połowie lat sześćdziesiątych, z końcem dekady w sposób wyraźny maleje. Wyniki badań magnetometrem protonowym

w okolicach Kalisza są ostatnią publikacją zespołu, którego trzon stanowili W. Stopiński i K. Dąbrowski. Pierwszy z nich rozpoczął współpracę z innymi zespołami badawczymi, dającymi mu samodzielność w publikowaniu wyników (np. badania metodą elektrooporową rzymskiego miasta w Novae w Bułgarii, w ramach prac misji Uniwersytetu Warszawskiego – W. Stopiński 1967; poszukiwania pierwszego obserwatorium astronomicznego Mikołaja Kopernika we Fromborku – W. Stopiński 1968). Trudno obecnie dociec, co spowodowało zaniechanie badań geofizycznych przez K. Dąbrowskiego. Sądzić można, że nie bez znaczenia był fakt, iż metody te nie okazały się złotym środkiem w dostarczaniu wiedzy o obiektach niewidocznych na powierzchni i po okresie wielkich nadziei amplituda optymizmu zmierzać zaczęła ku minimum, przekładając się na ograniczoną liczbę badań. K. Dąbrowski był typem badacza niezwykle aktywnego zarówno w terenie, jak i w działalności publikacyjnej. Gdy umierał w 1979 r. w Londynie w wieku zaledwie 48 lat, w następstwie choroby, która rozwinęła się w wyniku nieszczęśliwego wypadku, bibliografia jego prac liczyła około 300 pozycji, w tym szereg znaczących książek (T. Baranowski 1990). Dbał o to, by jego dokonania prezentowane były w liczących się periodykach europejskich, takich jak „Archaeometry” (K. Dąbrowski 1963) i „Prespezioni Archeologiche” (K. Dąbrowski, R.E. Linington 1967). Publikacja w „Archaeometry” była jedynym w tym czasie w literaturze zachodnioeuropejskiej świadectwem działań na polu geofizyki archeologicznej w kraju innym niż Anglia, Włochy, Niemcy, Francja i USA. Analizując aktywność K. Dąbrowskiego, założyć można, iż dążył on do działań dających wymierny i niepodważalny efekt. Charakterystyczny dla rodzącej się u K. Dąbrowskiego ambiwalentnej oceny metod geofizycznych jest różnoraki wydźwięk dwóch publikacji, których był współautorem, dotyczących tych samych badań: wnioski o przydatności metody magnetycznej przeznaczone dla czytelnika krajowego (R.E. Linington, K. Dąbrowski 1968) mają bardziej optymistyczny charakter niż wnioski w daleko bardziej technicznym tekście, opublikowanym w piśmie dla węższego grona specjalistów w dziedzinie geofizyki archeologicznej (K. Dąbrowski, R.E. Linington 1967). Dla decyzji K. Dąbrowskiego o odejściu od badań geofizycznych zapewne nie bez znaczenia był fakt, iż trudno było mu znaleźć w środowisku geofizyków badacza, który mógłby poświęcić badaniom archeologicznym tyle energii, co W. Stopiński.

Zarzucenie badań przez K. Dąbrowskiego spowodowało, że jedynym ośrodkiem stosującym metodę magnetyczną w Polsce pozostał na pewien czas ośrodek krakowski, badający hutnictwo świętokrzyskie. Ostatnie badania magnetyczne w tym regionie miały miejsce na stanowisku 10 w Nowej Słupi, przy użyciu wagi magnetycznej (K. Bielenin 1970, s. 275). Wyjście poza teren świętokrzyski odbyło się na sprawdzonym gruncie stanowisk hutniczych: metoda (przy użyciu magnetometrów protonowych) zastosowana została w 1974 r. przez zespół geofizyków z AGH podczas badań świeżo odkrytego centrum metalurgicznego na Mazowszu (A. Jarzyna, J. Kowalczyk, S. Małoszewski, J. Matuszyk, M. Szybiński, S. Woyda 1975; S. Woyda 1977) oraz w 1975 r. na terenie stanowisk żużla w regionie Dolnych Łużyc w Brandenburgii, przez zespół kierowany przez K. Bielenina, w skład którego wchodził

geofizycy z Przedsiębiorstwa Poszukiwań Geofizycznych w Warszawie oraz archeolog Jacek Przeniosło z Instytutu Historii Kultury Materialnej PAN (K. Bielenin 1983). Badania te stanowią już jednak etap innego okresu – sporadycznego stosowania metody magnetycznej, sytuacji typowej dla następnych trzech dekad polskiej geofizyki archeologicznej, zdominowanej przez zastosowania metody elektrooporowej (K. Misiewicz 2002).

## 5. PODSUMOWANIE

Opisane powyżej początki stosowania metody magnetycznej w polskich badaniach archeologicznych wskazują na dwie warte podkreślenia okoliczności: oryginalność pomysłu geofizyków z AGH wprowadzenia metody magnetycznej do badań archeologicznych oraz zastosowanie do pomiarów innego typu instrumentu, niż miało to miejsce w Europie Zachodniej i USA.

Do czasu przeprowadzenia pierwszych badań magnetycznych w Słupi metoda znalazła już zastosowanie na około pięćdziesięciu stanowiskach w Wielkiej Brytanii (M.J. Aitken 1961b, s. 83) i kilku we Włoszech (C.M. Lerici 1961), testowana była w Niemczech (I. Scollar 1961), USA (R.B. Johnston 1961) i Francji (A. Hesse 1962). Grupa warszawska (K. Dąbrowski i W. Stopiński), usytuowana w stolicy kraju, miała łatwiejszy dostęp do literatury zachodnioeuropejskiej, wiedziała o testach metody magnetycznej w Europie Zachodniej, lecz w pierwszej kolejności skupiła się na próbach przy użyciu metody elektrooporowej. W grupie krakowskiej (K. Bielenin, J. Kowalczyk i T. Stopka) geofizycy pracowali w silnym centrum kształcenia w geofizyce geologicznej i nie trafiały do nich informacje z rodzącej się dziedziny geofizyki archeologicznej. Na brak wiedzy w tym zakresie w grupie krakowskiejłożyło się też kilka innych czynników, z których najważniejsze to powolny przepływ informacji w owym czasie pomiędzy środowiskami skupionymi w różnych ośrodkach. Ich obniżona w stosunku do środowisk zachodnich aktywność wynikała zarówno z ubóstwa instytucji naukowych w Polsce (odbijającego się np. na dostępie do literatury zachodnioeuropejskiej), jak i niechęci komunistycznych władz do integracji polskiej społeczności naukowej ze społecznością zachodnią. Dowodem na przekonanie autorów badań w świętokrzyskim ośrodku hutniczym o oryginalności ich pomysłu jest fakt, iż po raz pierwszy pracę M.J. Aitkena zacytowali dopiero w 1963 r. (K. Bielenin, J. Kowalczyk, T. Stopka 1963, s. 303).

W odróżnieniu od bardziej zaawansowanej technicznie Europy Zachodniej, która kontakt z magnetyką zaczęła z poziomu wyznaczonego przez magnetometry protonowe, w Polsce stosowana była daleko wolniejsza i mniej dokładna (ale dostępna!) waga magnetyczna. W sytuacji braku możliwości zastosowania nowoczesnej aparatury docenić należy aktywność K. Dąbrowskiego, który zdołał zainteresować badaniami w Polsce R. Liningtona z włoskiej Fundacji Lerici, w owym czasie najważniejszej obok uniwersytetu w Oksfordzie placówki zajmującej się geofizyką archeologiczną. Pięć lat później gotowy już był prototyp polskiego instrumentu



protonowego, tyle że – poza zawężonym niemal wyłącznie do badań stanowisk produkcji żelaza ośrodkiem krakowskim – nie było przez niemal dekadę w Polsce badaczy zainteresowanych jego stosowaniem.

Słowa kluczowe: geofizyka archeologiczna, metoda magnetyczna, waga magnetyczna, magnetometr protonowy

### **Podziękowania**

Zważywszy czasowy wymiar rocznicy wspomnianej we wstępie do artykułu, autor miał niezwykłą okazję posłania tego tekstu większości wspomnianych w nim badaczy: Kazimierzowi Bieleninowi, Jerzemu Kowalcukowi, Wojciechowi Stopińskiemu, Jerzemu Jankowskiemu i Markowi Lembergerowi. Jestem im głęboko wdzięczny za uwagi.

## WYKAZ CYTOWANEJ LITERATURY

### *Wykaz skrótów*

- „MArch” — „Materiały Archeologiczne”, Kraków.  
 „KHKM” — „Kwartalnik Historii Kultury Materialnej”, Warszawa.  
 „KHNT” — „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki”, Warszawa.

### *Literatura*

- Aitken M. J.  
 1958a *Archaeology without digging, or how a bottle of water – and 150 transistors – can detect underground features. The proton magnetometer*, „The Illustrated London News”, nr 6226, s. 560–561.  
 1958b *Magnetic prospecting. I – The Water Newton survey*, „Archaeometry”, t. 1, s. 24–26.  
 1961a *Physics and Archaeology*, New York.  
 1961b *Magnetic location in Britain*, „Archaeometry”, t. 4, s. 83–84.
- Baranowski T.  
 1990 *Krzysztof Dąbrowski – archeolog Kalisza*, „Rocznik Kaliski”, R. 22, s. 47–57.
- Bielenin K.  
 [1959/1960] 1961 *Starożytny ośrodek metalurgii żelaza w północnym rejonie Gór Świętokrzyskich*, „Archeologia”, 11, s. 143–159.  
 1961 *Badania nad starożytnym hutnictwem świętokrzyskim w 1959 r.*, „MArch”, t. 3, s. 149–169.  
 1966 *Dziesięciolecie zespołowych badań terenowych nad starożytnym hutnictwem świętokrzyskim*, „MArch”, t. 7, s. 39–57.  
 1967 *Sprawozdanie z badań nad starożytnym hutnictwem świętokrzyskim w 1965 r.*, „MArch”, t. 8, s. 241–251.  
 1970 *Sprawozdanie z badań nad starożytnym hutnictwem świętokrzyskim w 1968 r.*, „MArch”, t. 11, s. 275–277.  
 1983 *Erkundung archäologischer Objekte mit modern technischen und naturwissenschaftlichen Methoden*, [w:] *Bodendenkmalpflege und archäologische Forschung*, F. Horst red., Berlin, s. 79–97.

- 1992 *Starożytne górnictwo i hutnictwo żelaza w Górach Świętokrzyskich*, Kielce.
- Bielenin K., Kowalczyk J., Stopka T.  
1963 *Zastosowanie metody magnetycznej w badaniach stanowiska Nowa Słupia 4, pow. Kielce*, „MArch”, t. 4, s. 303–324.
- Bielenin K., Suliga I.  
2007 *50-lecie badań nad starożytnym hutnictwem żelaza w Górach Świętokrzyskich*, Kraków.
- Bukowski Z.  
1960 *Magnetometr protonowy w badaniach archeologicznych*, „Z otchłani wieków”, R. 26, nr 2, s. 119–124.
- Dąbrowska I.  
1969 *Badania archeologiczne wczesnośredniowiecznego grodziska w Jarantowie, pow. Kalisz, w 1966 r.*, „Sprawozdania Archeologiczne”, 20, s. 227–230.
- Dąbrowski K.  
1963 *The application of geophysical methods to archaeological research in Poland*, „Archaeometry”, t. 6, s. 83–88.  
1964 *Sprawozdanie z prac terenowych przeprowadzonych w roku 1961 przez Zespół Badawczy dla Zastosowania Metod Geofizycznych w Archeologii*, „Sprawozdania Archeologiczne”, 16, s. 306–308.
- Dąbrowski K., Linington R. E.  
1967 *The use of the proton magnetometer in the region of Kalisz in 1965*, „Prospezioni Archeologiche”, 2, s. 29–42.
- Dąbrowski K., Stopiński W.  
1961a *Zastosowanie metody elektryczno-oporowej w badaniach archeologicznych*, „KHKM”, R. 9, nr 1, s. 75–87.  
1961b *Z doświadczeń w stosowaniu metody elektryczno-elektrooporowej w archeologicznych badaniach grodziska wczesnośredniowiecznego*, „Przegląd Geofizyczny”, R. 6, z. 3, s. 169–183.  
1962 *Zastosowanie metody magnetycznej do badań cementaryszk ciałopalnych z okresu rzymskiego*, „KHKM”, R. 10, nr 3–4, s. 605–615.
- Hensel W.  
1955 *Bariera dźwięku*, „KHKM”, R. 3, nr 4, s. 673–686.
- Hesse A.  
1962 *Geophysical prospecting for archaeology in France*, „Archaeometry”, t. 5, s. 123–125.
- Jarzyńska A., Kowalczyk J., Małuszewski S., Matuszyk J., Szybiński M., Woyda S.  
1975 *Badania magnetyczne na stanowiskach archeologicznych na obszarze Mazowsza*, „Zeszyty Naukowe Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica”, 524, „Geologia”, z. 24, Kraków, s. 223–232.
- Johnston R. B.  
1961 *Archaeological application of the proton magnetometer in Indiana (USA)*, „Archaeometry”, t. 4, s. 71–72.
- Kaletyn T.  
1968 *Sprawozdanie z działalności konserwatora zabytków archeologicznych na terenie woj. wrocławskiego w 1966 roku*, „Silesia Antiqua”, t. 10, s. 282–299.
- Kowalczyk J.  
1962 *Zastosowanie geofizycznej metody magnetycznej w prospekcji stanowisk archeologicznych na obszarze starożytnego i średniowiecznego hutnictwa świętokrzyskiego w latach 1961–1962*, [w:] *Sprawozdania z posiedzeń Komisji Archeologicznej Oddziału PAN w Krakowie, lipiec-grudzień 1962*, Kraków, s. 368–371.

Kowalczyk J., Stopka T.

- 1961 *Zastosowanie metody magnetycznej w badaniach archeologicznych*, „Przegląd Geologiczny”, t. 9, nr 10, s. 540–543.
- 1962 *Badania magnetyczne w eksploracji stanowisk archeologicznych*, „KHNiT”, R. 7, nr 3, s. 321–328.
- 1964 *Badania geofizyczne metodą magnetyczną obiektów archeologicznych na obszarze starożytnego hutnictwa świętokrzyskiego*, „KHKM”, R. 12, nr 4, s. 671–679.

Krupkowski A., Reyman T.

- 1953 *Badania metaloznawcze nad przekutym półfabrykatem żelaza z Witowa, pow. Pińczów i żużlem dymarkowych z Igołomi, pow. Miechów*, „Sprawozdania Państwowego Muzeum Archeologicznego”, t. 5, z. 1–2, s. 48–65.

Lemberger M.

- 1962 *Badania geofizyczne na stanowiskach archeologicznych w Igołomii, Stradowie, Błogocicach i Dalewicach*, [w:] *Sprawozdania z posiedzeń komisji Oddziału PAN w Krakowie, lipiec-grudzień 1962*, Kraków, s. 363–368.

Lerici C.M.

- 1961 *Archaeological surveys with the proton magnetometer in Italy*, „Archaeometry”, t. 4, s. 76–82.

Linington R.E., Dąbrowski K.

- 1964 *Doświadczalne badania magnetometrem protonowym cmentarzyska kultury villanova w Tarquinii*, „KHKM”, R. 12, nr 1, s. 67–75.
- 1968 *Doświadczalne badania magnetometrem protonowym stanowisk archeologicznych w rejonie Kalisza*, „KHKM”, R. 16, nr 1, s. 83–94.

Misiewicz K.

- 2002 *How we tried to show invisible – history of archaeological geophysics in Poland*, „Archaeologia Polona”, t. 40, s. 111–124.

Radwan M.

- 1958 *Konferencja Sprawozdawcza Zespołu Historii Techniki Hutniczej i Odlewniczej*, „KHNiT”, R. 3, s. 491–504.

Scollar I.

- 1961 *Magnetic prospecting in the Rhineland*, „Archaeometry”, t. 4, s. 74–75.

Stopiński W.

- 1967 *Wstępna analiza doświadczalnych badań elektrycznooporowych z wycinka miasta Novae – sektor zachodni*, „Archaeologia”, 18, s. 196–210.
- 1968 *Poszukiwania pierwszego obserwatorium astronomicznego Mikołaja Kopernika we Fromborku metodą elektrycznooporową*, „KHNiT”, R. 13, nr 3, s. 637–649.

Woyda S.

- 1977 *Mazowiecki ośrodek hutnictwa starożytnego (I wiek p.n.e. – IV wiek n.e.)*, „KHKM”, R. 25, nr 4, s. 471–488.

TOMASZ HERBICH

THE BEGINNINGS OF MAGNETIC PROSPECTION  
IN POLISH ARCHAEOLOGY

## S u m m a r y

The article presents pioneering work in the field of magnetic prospection of archaeological sites in Poland, focused on the contribution of two centers: on one hand, the Mining and Metallurgy Academy (Polish acronym: AGH) and the Archaeological Museum in Kraków, and on the other hand, a group of researchers from the Polish Academy of Sciences in Warsaw, comprising workers of the Institute of the History of Material Culture (now the Institute of Archaeology and Ethnology) and the Geophysics Department.

The Kraków center, which formed around metallurgist Mieczysław Radwan and archaeologist Kazimierz Bielenin, had been investigating metallurgy sites from the period of Roman influence in the Holy Cross Mountains since 1955 (K. Bielenin 1992). Chemical analyses of slag from furnaces (that is, assemblages of slag blocks remaining from iron smelting, Figs 4 and 5) revealed considerable iron content (up to 50%) in the form of different compounds, most often in combination with silica, forming fayalite, which is iron orthosilicate (M. Radwan 1958). Natural fayalite being a component of olivine, is found typically in alkaline and ultra-alkaline rocks (e.g. andesite and basalt) and creates a strong magnetic field which is measurable. The magnetic measurement apparatus of the day, magnetic balance, was observed to be useful for this purpose. This observation in turn led Jerzy Kowalczyk, then lecturer at the Geophysics Chair, and Tadeusz Stopka, then lecturer in the History of Technique and Technical Sciences Chair, both of the AGH in Kraków, to investigate whether artificially produced fayalite in smelting slag was of sufficient magnetic susceptibility to create a magnetic field strong enough to be measured by geophysical methods – in other words, would magnetic field prospection be applicable to the task of locating furnaces (J. Kowalczyk, T. Stopka 1962, p. 321–322). Following positive results of both lab and field tests, a survey was conducted on 19–21 April 1961 on site 4 in Nowa Słupia. It marks the absolute beginning of the application of method of magnetic prospection in archaeological research in Poland (K. Bielenin, J. Kowalczyk, T. Stopka 1963). It should be said that the researchers from Kraków were aware of the electrical resistivity method being used to investigate archaeological sites, but believed that their idea of using the magnetic method for research in the field of archaeology had not been put forward before (J. Kowalczyk 1962, p. 368).

The research in Nowa Słupia was carried out using two kinds of instruments: A. Schmidt's prismatic balance measuring the vertical component  $\Delta Z$  and G. Fanselau's universal balance measuring the vertical component  $\Delta Z$  and the horizontal component  $\Delta H$  (K. Bielenin, J. Kowalczyk, T. Stopka 1963) (Fig. 1). An area of anomalous values of magnetic field intensity was distinguished based on the results of measurements, values exceeding 300  $\gamma$  compared to those of undisturbed ground in the neighborhood (Fig. 2). Archaeological testing to verify these results (Figs 3, 4) demonstrated that the extent of the anomalous area coincided with the area occupied by furnaces (Figs 5, 6). The project established a measurement standard that was applied later at other metallurgical sites. It consisted of two stages of research, where the first stage depended on determining the position of furnaces on a loose grid with measurement points every 5 to 20 m (J. Kowalczyk, T. Stopka 1962, p. 323; *ibidem* 1964, p. 678) and the second added detailed measurements taken in a grid dependent on the required accuracy of the furnace outline. The Słupia experience indicated that a one-meter distance between measuring points was sufficient from the point of view of the efficiency of subsequent archaeological excavations.

From this point on the magnetic method proved to be indispensable for investigating traces of ancient metallurgy. Archaeologists were given this new tool thanks to the interdisciplinary character of the Nowa Słupia project, which by itself was not frequent in those days despite being postulated in contemporary debate on archaeological research methods in Poland (W. Hensel 1955).

The method developed at Słupia and tested at other sites was quickly popularized in archaeological circles thanks to a series of publications, the earliest of which appeared in print already during

the first season of its application (J. Kowalczyk, T. Stopka 1961). Synthetic studies summing up the authors' experience with the method in measuring metallurgical sites followed in the wake of successive field seasons (J. Kowalczyk, T. Stopka 1962; 1964). An important observation was the mutual benefit of archaeologists and geophysicists, both of whom could compare the geophysical image with excavation results almost immediately, thus providing an excellent opportunity for testing the method's effectiveness to an extent not easily achieved in regular geological prospection (J. Kowalczyk, T. Stopka 1964, p. 678–679).

The success of the research at Nowa Słupia led to 23 other metallurgical sites in the Holy Cross Mountains region being prospected by the magnetic method between 1961 and 1964. Fieldwork was carried out at the site on the slopes of Łysa Góra in the Holy Cross National Park and at Baszowice, Mirogonowice, Skąły, Łomna and Worowice. Excavation results fully confirmed the usefulness of the prospection method (K. Bielenin 1992, p. 46). In the second half of the 1960s, however, survey intensity in the region dropped substantially. A proton magnetometer (designed by J. Jankowski with a team from the Geophysics Department of the Polish Academy of Sciences) was tested in 1965 on sites 6 and 7 in Nowa Słupia (Fig. 12), after which the reliable magnetic balances were used again, the last recorded use of this apparatus being in 1968 on site 10 in Nowa Słupia (K. Bielenin 1970).

The Warsaw group, which revolved around archaeologist Krzysztof Dąbrowski, went beyond a single type of site (like the metallurgical sites which the Kraków group had concentrated on) to test the effectiveness of the magnetic method on different kinds of settlement sites and cemeteries. Research was conducted on sites in the Kalisz region, first with magnetic balances and then, once cooperation was established with the Lericci Foundation in Italy, with a proton magnetometer. Surveys were tested immediately by archaeological excavation methods. The first measurements were carried out by geophysicist Wojciech Stopiński in the summer of 1961, using a magnetic balance, at a cremation burial ground from the period of Roman influences in Wesółki (Figs 7–9). The method proved useful in locating iron objects in the grave goods; the mass of metal finds from individual burials ranged between 0.25 kg and 2.05 kg. More importantly, however, the method proved capable of locating also graves with nothing but clay vessels in their furnishing; this was verified once the humus surface layer was stripped in a test trench (Fig. 7). The fact that open pits (Fig. 9), containing fill composed of dark soil, stones and fragmented pottery, could be mapped suggested that the magnetic method could find application in the surveying of open settlements (K. Dąbrowski, T. Stopiński 1962).

In 1965 Krzysztof Dąbrowski tested a proton magnetometer on a number of sites in the Kalisz region, working in association with R.E. Linington from the Lericci Foundation. He had been introduced to the effectiveness of these instruments two years earlier, in 1963, when he participated in the Lericci Foundation's project to investigate a Villanova Culture cemetery in Tarquinia (R.E. Linington, K. Dąbrowski 1964) (Figs 10, 11). Dąbrowski's enthusiasm for the new apparatus was supported by a number of factors. First of all, for someone used to magnetic balances the measuring time of the proton instrument, just 3 seconds in a measuring point, was already a substantial advantage (at Wesółki individual measurements taken with a magnetic balance could take as much as 8 minutes). The second benefit was the use-friendliness of the machine. Of equal importance was the sensitivity of the apparatus which gave hope for positive results in the prospection of archaeological sites with features characterized by only minimal changes in the intensity of the magnetic field. Dąbrowski's work in the Kalisz region was designed to produce data on the usefulness of the proton magnetometer in research on sites typical of Polish territories, hence the choice of an early medieval stronghold in Jarantów, a cremation burial ground from the Late La Tène period in Zagórzyn and an open settlement from the Late La Tène and Roman Influences period in Piwonice. Measurements were carried out with apparatus of the Elsec type and verified by archaeological excavations in 1966 (K. Dąbrowski, R.E. Linington 1967; R.E. Linington, K. Dąbrowski 1968).

At Jarantów the experiment called for establishing what kind of magnetic image could be expected from elements of stronghold fortifications consisting of wooden beams (often scorched or wholly burnt), earth and stone, and the features inside the defenses, that is, stone and wooden architecture, hearths, wells, pits. The entire area inside the walls was prospected, altogether 3700 m<sup>2</sup>, reaching right up to the top of the walls. At that time it was undoubtedly the largest single archaeological area



to be mapped with the magnetic method in Poland. Measurements were taken in a meter grid and the resultant magnetic map produced an image of several anomalous zones with change amplitude in the 20  $\gamma$  range (Fig. 13). These were verified by archaeological digging (Figs 14, 15), but the results were hardly unambiguous. On one hand, excavations revealed a connection between the anomalies (with one exception) and the presence of stone structures (emphasized in the Polish publication: R.E. Linington, K. Dąbrowski 1968, p. 86). On the other hand, however, excavations clearly suggested a uniform distribution of elements of the collapsed defenses inside the stronghold area, something that the arrangement of anomalies on the magnetic map had not reflected in any measure.

The map of the cemetery in Zagórzyn revealed barely a few anomalies with a change amplitude reaching 30  $\gamma$ ; most of the mapped area was characterized by stable, little differentiated values. An analysis taking into consideration lesser amplitudes distinguished more areas of differentiated values (K. Dąbrowski, R.E. Linington 1967, p. 35). Verifying archaeological research which followed the magnetic survey demonstrated that the anomalies corresponded to the presence of iron objects among the grave goods (K. Dąbrowski, R.E. Linington 1967, p. 35, Fig. 24).

The third of the tested sites was the settlement in Piwonice where 400 m<sup>2</sup> were surveyed and 200 m<sup>2</sup> of this verified by digging. The magnetic map of the area to be excavated showed six anomalies corresponding to a pit of large size (1.70 m deep), a metallurgical furnace, a stone hearth and a bread oven. The magnetic result could be considered as satisfactory were it not for the fact that of all the features actually excavated, eight which were of a similar character as the ones mapped as anomalies (bread ovens, pits, stone hearths and a part of a building) did not produce any recordable evidence of differences in magnetic field intensity whatsoever (R.E. Linington, K. Dąbrowski 1968, p. 89–93).

Two phases can be distinguished in the activities described above: the pioneer phase and the implementation phase during which the effectiveness of the method was tested in the course of regular archaeological research. These phases are evident in the work of the Kraków team investigating metallurgical sites. The Warsaw team tested the method extensively on different sites to establish its usefulness. Their combined efforts should have entrenched the magnetic method as an archaeological prospection tool in much the same way as happened in England. Meanwhile in Poland stagnation ensued starting from the end of the 1960s. The Kraków group restricted itself to researching iron-producing sites also outside the Holy Cross region (A. Jarzyna, J. Kowalczuk, S. Małoszewski, J. Matuszyk, M. Szybiński, S. Woyda 1975; K. Bielenin 1983). The dynamic Warsaw team broke up for reasons difficult to fathom today. It seems that Krzysztof Dąbrowski, the kingpin of the Warsaw group, dropped the method disillusioned with its relatively poor effectiveness translated into a minimum of research projects. Dąbrowski liked quick solutions and was prolific as regards publishing results (T. Baranowski 1990). His article in "Archaeometry", the only journal in the early 1960s to treat on archaeological geophysics, was the only publication in this periodical by an author from outside the immediate circle of specialists from Great Britain, Italy, Germany, France and the USA (K. Dąbrowski 1963). Perhaps W. Stopiński's withdrawal from the team was also a factor in Dąbrowski's decision to move away from archaeological geophysics; Stopiński worked with other research centers before quitting archaeological work altogether in the 1970s (W. Stopiński 1967; 1968).

In summary, Polish beginnings in the field of magnetic geophysics can be commended for two things. First, the original contribution of researchers from the Mining and Metallurgy Academy in Kraków who applied the magnetic method to archaeological research and second, the use of instruments other than apparatus used in Western Europe for the measurements.

At the time that the method was first tested in Nowa Słupia, it had already been applied at about 50 sites in Great Britain (M.J. Aitken 1961b, p. 83) and a few in Italy (C.M. Lerici 1961), has started to be tested in Germany (I. Scollar 1961), USA (R.B. Johnston 1961) and France (A. Hesse 1962). The Warsaw group being located in the Polish capital naturally had better access to Western European topic literature and knew of testing of the method taking place in Western Europe, yet it concentrated first on using the electrical resistivity method. Geophysicians from the Kraków group, J. Kowalczuk and T. Stopka, were active in a strong teaching center concentrated on geological geophysics and had no information about the emerging field of archaeological geophysics. Other factors which determined this lack of knowledge in the Kraków group was the slow exchange of data between different

research centers, much slower than in Western scientific communities, resulting not only from the overall poverty of scientific institutions in Poland (seen for instance in the limited access to Western European literature), but also from the communist authorities' unwillingness to foster the integration of the Polish scientific community with its Western counterparts. Testifying to the originality of their ideas is the fact that the researchers from Kraków cited M.J. Aitken's work for the first time in 1963 (K. Bielenin, J. Kowalczyk, T. Stopka 1963, p. 303).

Unlike the more advanced technologically Western Europe, which launched magnetic geophysics from the platform of proton magnetometers, Poland had access to much slower and less reliable (but available!) apparatus, that is, the magnetic balance. In the face of this lack of modern equipment, it is all the more laudable that K. Dąbrowski managed to involve in research in Poland R.E. Linington from the Lerici Foundation, which was at the time the most important center of archaeological geophysics next to the University of Oxford. Five years later a prototype of a Polish proton magnetometer was ready, but for almost a decade after that there was practically no interest in its application apart from the work of the Kraków group restricted almost exclusively to the investigation of iron-producing sites.

Keywords: archaeological geophysics, magnetic method, magnetic balance, proton magnetometer

*Translated by Iwona Zych*

Adres Autora:

Mgr Tomasz Herbich  
Instytut Archeologii i Etnologii PAN  
al. Solidarności 105  
00-140 Warszawa  
herbich@iaepan.edu.pl