

KAZIMIERZ BIELENIN, KRZYSZTOF DĄBROWSKI,  
WOJCIECH STOPIŃSKI

## ZAGADNIENIE INWENTARYZACJI ŚLADÓW STAROŻYTNEGO HUTNICTWA METODĄ ELEKTRYCZNOOPOROWĄ

### Wstęp\*

Ostatnie lata przyniosły szczególne ożywienie badań nad starożytnym i wczesnośredniowiecznym hutnictwem na ziemiach polskich. Ośrodkiem skupiającym zainteresowania archeologów i metaloznawców stał się rejon Gór Świętokrzyskich, odgrywający w obrębie tej problematyki rolę kluczową<sup>1</sup>. Owocne wyniki badań realizowanych w ramach współpracy Muzeum Archeologicznego w Krakowie oraz Akademii Górniczo-Hutniczej rzuciły snop światła na charakter dawnych piecowisk hutniczych oraz pozwoliły na poznanie procesów technologicznych<sup>2</sup>. Równocześnie z całą ostrością ukazały one aktualność badań terenowych na obszarze świętokrzyskim, za których rozwinięciem przemawiają dwa zasadnicze czynniki: 1. systematyczne i szybkie niszczenie dawnych piecowisk hutniczych w związku z intensyfikacją i mechanizacją uprawy roli; 2. znikoma liczba dotychczas naukowo przebadanych stanowisk w stosunku do skali produkcji metalurgicznej tego regionu (ryc. 1).

Rozwiązanie zadowalające tych zagadnień jest nie do pomyślenia bez należytego rozpoznania terenowego, a w ślad za nim i inwentaryzacji stanowisk. Badacze tego regionu zdają sobie sprawę, że jedynie wyko-

---

\* „Wstęp” opracował K. Dąbrowski, IHKM PAN w Warszawie; „Badania elektrycznooporowe” oraz „Porównanie stopnia przydatności metod: elektrycznooporowej i magnetycznej” — W. Stopiński, Zakład Geofizyki PAN; „Wyniki kontroli archeologicznej” — K. Bielenin, Muzeum Archeologiczne w Krakowie; „Wnioski końcowe” — K. Dąbrowski i W. Stopiński.

<sup>1</sup> K. Bielenin, *Ancient Centre of Iron Metallurgy in the Region of Góry Świętokrzyskie (Świętokrzyskie Mountains)*, „Archaeologia Polona”, t. 4: 1962, s. 221–234.

<sup>2</sup> M. Radwan, *Jeszcze w sprawie niektórych badań nad starożytnym hutnictwem żelaza w Polsce*, „Kwartalnik Historii Kultury Materialnej”, R. 10: 1962, nr 3–4, s. 641–645.



Ryc. 1. Nowa Słupia, pow. Kielce. Widok ogólny stanowiska 5. Wykonywanie pomiarów elektrycznooporowych aparaturą „Elektrisk Malmletning AB”

Fot. K. Dąbrowski

rzystanie najnowszych zdobyczy technicznych oraz nowoczesnych metod badawczych zapewnić może temu skomplikowanemu przedsięwzięciu właściwe powodzenie. Szczupłość fachowej kadry przy rozległości obszaru, obejmującego około 500 km<sup>2</sup>, o urozmaiconej rzeźbie terenu, nie pozwalała zagadnienia tego rozwiązać za pomocą tradycyjnych archeologicznych poszukiwań powierzchniowych. Pomyślne wyniki przyniosły obserwacje terenu poczynione przez K. Bielenina<sup>3</sup> z powietrza, pozwalające na rejonizację śladów dawnych piecowisk. K. Bielenin i M. Radwan zainicjowali także pierwsze prace mające na celu przystosowanie metod geofizycznych do inwentaryzacji piecowisk hutniczych w terenie. Poszukiwania powierzchniowe bowiem, nawet najbardziej szczegółowe, nie mogą dać wyczerpującej informacji o zasięgu przestrzennym i stanie zachowania piecowisk. Natomiast zalety metod geofizycznych, szczególnie elektrycznooporowej<sup>4</sup> i magnetycznej stanowiły przesłankę, że za ich pomocą równie szybko jak sposobami tradycyjnymi, a niewspółmiernie dokład-

<sup>3</sup> Wyniki tych obserwacji zakomunikował K. Bielenin na Archeologicznej Konferencji Sprawozdawczej w Szczecinie w grudniu 1961r.

<sup>4</sup> K. Dąbrowski, W. Stopiński, *Zastosowanie metody elektrycznooporowej w badaniach archeologicznych*, „Kwart. Hist. Kult. Mat.”, R. 9: 1961, nr 1, s. 75.

niej można będzie realizować terenową inwentaryzację stanowisk hutniczych. Wyniki zastosowania metody magnetycznej, opublikowane przez J. Kowalczyka i T. Stopkę<sup>5</sup>, przyniosły pierwsze w tym zakresie doświadczenia, stanowiące dogodny punkt wyjściowy zarówno do dyskusji nad zakresem przydatności tej metody, jak i kontynuacji innych prac terenowych<sup>6</sup>. Na baczność uwagę zasługują poczynania badaczy angielskich i włoskich, którzy na odcinku zastosowania metod geofizycznych w badaniach archeologicznych dokonali prac pionierskich. O przydatności metody magnetycznej do badań stanowisk archeologicznych pierwsze informacje znajdujemy w kilku komunikatach M. J. Aitkena<sup>7</sup> oraz w jego niedawno opublikowanej książce<sup>8</sup>. Należy też podkreślić fakt, że piecowiska hutnicze z rejonu świętokrzyskiego stanowią klasyczny przedmiot badań dla metody magnetycznej, natomiast prace badaczy angielskich dotyczyły obiektów różnorodnych i z uwagi na ich charakter trudniejszych do wykrywania tą metodą.

Badania piecowiska Słupia 5 metodą elektrycznooporową miały na celu zorientowanie, w jakim stopniu dokładnie oraz przy użyciu jak licznego zespołu można będzie inwentaryzować piecowiska hutnicze. Spodziewano się również uzyskać pierwsze przesłanki dla porównania stopnia przydatności obu metod geofizycznych w celu rozwiązywania problemu inwentaryzacji śladów dawnego hutnictwa. Zdawano sobie wyraźnie sprawę, że przedwczesne byłoby na etapie wstępnych doświadczeń porównywanie ekonomicznych wskaźników wynikających ze stosowania tych metod. Słuszność tego stanowiska w pełni znajduje potwierdzenie w ostatnich publikacjach Fundacji C. M. Lericiego<sup>9</sup> omawiających szczegółowo kilkuletnie prace doświadczalne prowadzone na terenie Italii. Zastosowanie metod geofizycznych wnosi do terenowych badań archeologicznych szerokie możliwości obniżenia kosztów eksploracji — następuje to jednak

<sup>5</sup> J. Kowalczyk, T. Stopka, *Zastosowanie metody magnetycznej w badaniach archeologicznych*, „Przeł. Geolog.”, nr 10: 1961, s. 540.

<sup>6</sup> Wydaje się, że J. Kowalczyk i T. Stopka przecenili wyniki przez siebie uzyskane, przypisując im oryginalność zastosowania prospekcji magnetycznej w archeologii (*op. cit.*, s. 543), co nie umniejsza rezultatów doświadczeń, jakie osiągnęli zajmując się konkretnym, lecz szczegółowym problemem wykrywania metodą magnetyczną starożytnego piecowiska hutniczego.

<sup>7</sup> O pierwszych wynikach stosowania prospekcji magnetycznej w archeologii por. M. J. Aitken, G. Webster, A. Rees, *Magnetic prospecting*, „Antiquity”, Cambridge, vol. 32: 1958 nr 128, s. 270. M. J. Aitken, *Magnetic prospecting*, „Antiquity”, Cambridge, vol. 33: 1959 nr 131, s. 205.

<sup>8</sup> M. J. Aitken, *Physics in Archaeology*, New York — London 1961, s. 7, por. rec. K. Dąbrowskiego [w:] „Archeologia Polski”, t. 9: 1964, z. 1, s. 205.

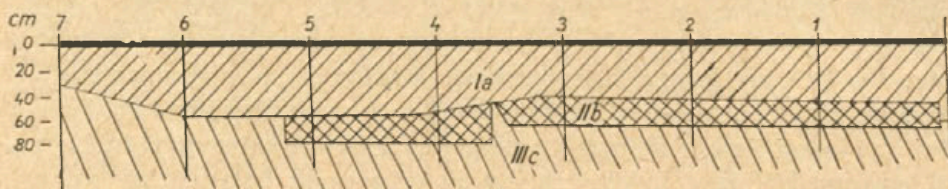
<sup>9</sup> Por. np. uwagę w „Quaderni di geofisica applicata”, Fondazione C. M. Lericiego, Milano, vol. 22: 1961, s. 27 (nadbítka).

w wyniku na właściwą skalę przeprowadzonych doświadczeń oraz jest ściśle uzależnione od zaplecza technicznego (aparatura, sprawni operatorzy, środki transportu).

## BADANIA ELEKTRYCZNOOPOROWE

### 1. Metodyka badań

Ogólny program doświadczalny badań elektryczno-oporowych<sup>10</sup> obejmował między innymi stanowisko pieców hutniczych w Zagłębiu Staropolskim. Archeolodzy wyróżniają trzy zasadnicze typy piecowisk hutniczych: 1) zorganizowane, 2) nie zorganizowane, 3) pojedyncze. Pełnych danych do ustalenia metodyki badań dostarczyła ekspozycja piecowiska zorganizowanego w miejscowym Muzeum Techniki NOT w Nowej Słupi. Piecowisko zorganizowane jest to bryła o kształcie prostopadłościanu. Dłuższy bok tej bryły wynosi od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów, krótszy natomiast nie przekracza dziesięciu metrów. Przeciętna jej wyso-



Ryc. 2. Schematyczny przekrój pionowy piecowiska hutniczego  
Warstwa Ia — nadkład; IIb — z kłocami żużla; IIIc — calc

Opr. W. Stopiński

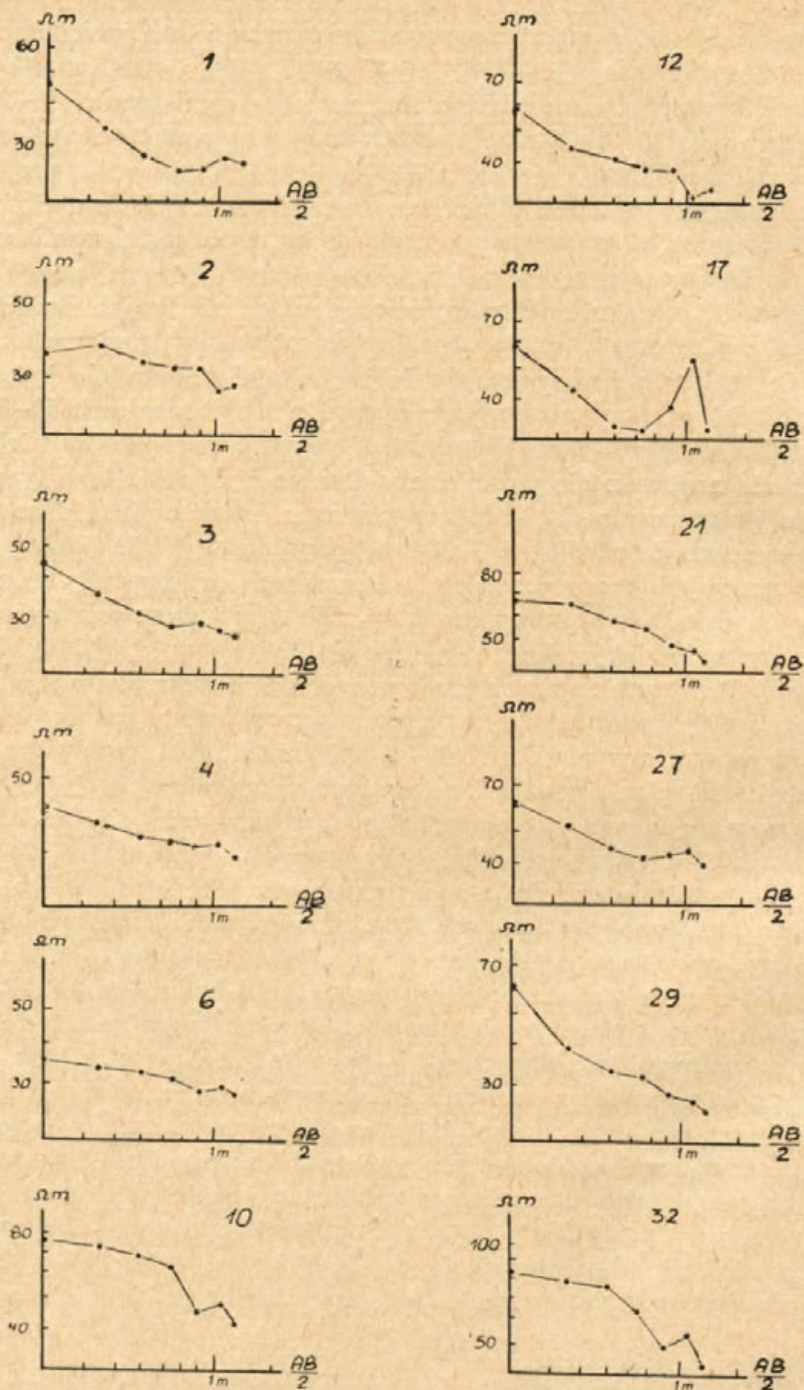
kość dochodzi do 0,70 m. Bryłę tę w 90% tworzą kłoc żużla, pozostałe 10% przypada na luki wypełnione lessiem. W widocznym przekroju pionowym tegoż piecowiska wyodrębniamy trzy zasadnicze poziomy badawcze elektryczne (ryc. 2), które różnić się winny opornością. Warstwę pierwszą w sensie elektrycznym nazywać będziemy nadkładem (a), druga odpowiada kłocom żużla (b), a trzecia calcowi (c). Dalej nazywać je będziemy warstwami a, b, c w odróżnieniu od warstw kulturowych. Omawiane piecowisko posadowione jest w warstwie lessu. Zostały w nim wykopywane sukcesywnie jamy o głębokości nie przekraczającej w zasadzie 0,50 m. Średnica powstałych w nich kłoców żużla wynosi przeciętnie 0,45 m. Kłoc te ułożone są w rzędach. Odległość między rzędami i poszczególnymi kłocami w rzędzie wynosi średnio od kilku do kilkunastu

<sup>10</sup> K. Bielenin, *Badania nad starożytnym hutnictwem żelaza w regionie Gór Świętokrzyskich w 1961 r.*, Sprawozdania z Badań Muzeum Archeologicznego w Krakowie, 1961 r., Kraków 1961, s. 11.

centymetrów. Luki wypełnione są lessem *in situ*, ale o zmienionej pod wpływem temperatury 800–900 °C, jak sądzić należy, strukturze<sup>11</sup>. Tworzy on z kłocami odrębną od otoczenia warstwę o miąższości 40–50 cm. Przypuszcza się, że ta temperatura wywołała również trwałe zmiany w przewodności elektrycznej calca. Do tego zagadnienia wrócę przy omawianiu wyników pomiarowych. Warstwę pierwszą, czyli nakład, tworzy ziemia uprawna. W warstwie tej znajdują się większe lub mniejsze odłamki żużla o zmiennym zagęszczeniu, pochodzą one ze zniszczonych górnych części kłoców. Niewykluczona jest obecność innych śladów bytności człowieka. Duża różnorodność elementów występujących w tej warstwie wpływać będzie na stopień złożoności obrazu elektrycznego. Miąższość tej warstwy utrzymuje się przeciętnie w granicach 30–50 cm. Mając parametry dotyczące wymiarów poszczególnych pieców i ich rozmieszczenia nasuwało się pytanie, czy słuszne będzie dla tego typu stanowiska przeprowadzenie badań w kierunku lokalizacji każdego pieca. Dotychczasowe doświadczenia, zebrane przy prowadzeniu badań elektrycznooporowych osady otwartej w Piwonicach, wskazywały na możliwość wykrywania jam o średnicach 0,5 m<sup>12</sup>. Aby jednak osiągnąć wynik pozytywny, należałoby wtedy w metrze kwadratowym wykonać dziewięć sondowań. Przy tym zagęszczeniu przebadanie jednego ara wymagałoby wykonania 900 sondowań. Czas potrzebny na wykonanie pomiarów zamykałby się wówczas w granicach 20–25 roboczodni. Koszt tak przeprowadzonych badań przekraczałby wielokrotnie tradycyjną eksplorację, szerokodennym wykopem. Rozważania te oraz przyjęcie piecowiska jako bryły zwartej wywarły decydujący wpływ na opracowanie metodyki badań odpowiadającej dwóm zasadniczym wymogom: 1) dokładne zlokalizowanie przestrzenne piecowiska, 2) minimalny nakład punktów badawczych i środków finansowych. Biorąc to pod uwagę zastosowano sondowania typu Wennera ułożone w regularną siatkę o boku 2 m. Sondowania te zawierały po siedem pomiarów. Rozstawy AB zostały tak dobrane, aby w omawianych warstwach (*a*, *b*, *c*) w każdym punkcie badawczym padały po dwa pomiary oporności  $\rho$ . Natomiast na warstwę trzecią (*c*) przypadły trzy pomiary oporności. Celem siódmego pomiaru było skontrolowanie zasięgu wpływu temperatury piecowiska na podłoże (calec). Układ punktów badawczych w regularnej siatce, jak i zakładane zasięgi głębokości rozstawów AB posłużyć miały do wykreślenia map rozkładu oporności w siedmiu płaszczyznach (ryc. 3). Pomiary oporności wykonane zostały aparaturą prądu przemiennego typu „Elektrisk Malmletning AB”.

<sup>11</sup> Radwan, *op. cit.*, s. 2.

<sup>12</sup> К. Домбровский, В. Стопиньский, Е. Ступницкая, Исследование археологических памятников методом определения величины электросопротивляемости грунта, „Советская Археология“, R. 1962, nr 3, s. 105 nn.



Ryc. 3. Nowa Słupia, pow. Kielce. Typowe krzywe sondowania pionowego ze stan. 5

Opr. W. Stopiński

Jako elektrod prądowych i potencjalnych użyto stalowych szpilek mierniczych. Wykazały one dużo cech dodatnich w stosunku do poprzednio stosowanych prętów stalowych o średnicy 18 mm i długości ok. 1 m. Przed przystąpieniem do pomiarów poszczególne stanowiska sondowań zostały oznaczone kołeczkami, tworząc regularną siatkę o dwumetrowym boku (ryc. 4). Przy sondowaniach o tak niewielkich rozstawach zastosowano szablon, na którym oznaczono cyframi miejsca uziemień elektrod AB i MN. Sposób ten pozwolił na wyeliminowanie każdorazowego odmie-



Ryc. 4. Nowa Słupia, pow. Kielce, stan. 5. Fragment stanowiska z siatką punktów badawczych i zastosowanym szablonem z wyznaczonymi rozstawami AB i MN sondowań pionowych

Fot. K. Dąbrowski

rzania odległości rozstawów dla AB i MN w poszczególnych sondowaniach. Zastosowanie szablonu przyczyniło się do znacznego skrócenia czasu, potrzebnego na wykonanie sondowania, przez wyeliminowanie wielu powtarzających się czynności technicznych. Dzięki temu zmniejszono również liczbę pracowników fizycznych z czterech do dwóch.

Na stanowisku Nowa Słupia 5 przeprowadzono w sierpniu 1962 r. doświadczalne badania metodą elektrycznooporową.

Stanowisko hutnicze Nowa Słupia 5 znajduje się w północno-wschodniej części stoku Łysej Góry, około 80–90 m poniżej granicy Świętokrzyskiego Parku Narodowego, na polu Józefa Dusia w Nowej Słupii, pow. Kielce.

W czasie przeprowadzonych w tym rejonie wstępnych badań powierzchniowych przez M. Radwana i K. Bielenina „gospodarz” oświadczył, że na swoim polu wyoruje żużel żelazny. Według jego relacji żużel występuje tam pod warstwą orną na przestrzeni około 80 m<sup>2</sup>. W warstwie ornej pola stwierdzono występowanie nielicznych ułamków żużla o strukturze porowatej z odciskami węgla drzewnego. Znalaziono też kilka ułamków przepalanej polepy ze śladami ożuzlenia i zeszkliwienia. Nie występowały tam natomiast wyraźniejsze ślady działalności hutniczej w postaci intensywniejszego zagęszczenia żużla. Gospodarz od szeregu lat oczyszczał pole podczas orki, zbierając i wynosząc ułamki żużla poza jego obręb. W okresie międzywojennym, jak oświadczył, wykopał i wywiózł z tego pola około 3 wozów żużla.

Sugerowana przez M. Radwana oś piecowiska przebiegać miała z S na N wzdłuż między dzielącej pole uprawne. W tej strefie zagęszczona została siatka sondowań do 1 m, aby dokładniej uchwycić sugerowaną oś piecowiska (ryc. 4). Wyniki pomiarowe z pierwszego dnia pracy przeanalizowano i wykonano wstępną interpretację jakościową. Pozwoliła ona na wyznaczenie kierunku i przebiegu osi piecowiska oraz jego granic. Zagadnienie to omówione zostanie bliżej w rozdziale interpretacji. Dla skontrolowania możliwości precyzyjniejszego określenia osi piecowiska i jego granic wykonane zostało zagęszczenie punktów badawczych między ciągiem trzecim a czwartym.

## 2. Interpretacja

Podstawowym materiałem do analizy wyników badań elektryczno-oporowych są mapy rozkładu oporności wykonane dla siedmiu poziomów. Przy założeniu, że każdy poziom badawczy znajduje się na głębokości równej połowie odcinka rozstawów AB<sup>13</sup>, każda z map wykonana będzie w innym stopniu dokładności. Wynika to ze stosunku odległości między poszczególnymi sondowaniami a rozstawem AB reprezentującym zasięg przestrzenny maksymalnego natężenia prądu, jako czynnika kontrolującego zmiany w rozkładzie oporności. Z tego wynika, że najniższy stopień wiarygodności w rozkładzie oporności posiadać będą mapy reprezentujące warstwę *a*, czyli nadkład (ryc. 5, 5a, 5b\*\*), wyższy stopień dokładności odnosić się będzie do map warstwy *b*, czyli warstwy z piecami (ryc. 6, 6a). Natomiast mapy rozkładu oporności dla warstwy *c* (ryc. 7, 7a) posiadać będą wysoki stopień dokładności rozkładu oporności. Najwyższy stopień dokładności, którego nie należałoby przekraczać na badanym stanowisku wyłącznie z przyczyn ekonomicznych, dla warstwy *c*, posiadają dwa od-

\*\* Ryciny 5–7 pod opaską przy okładce.

<sup>13</sup> В. Да х н о в, Электрическая разведка нефтяных и газовых месторождений, Москва 1953.



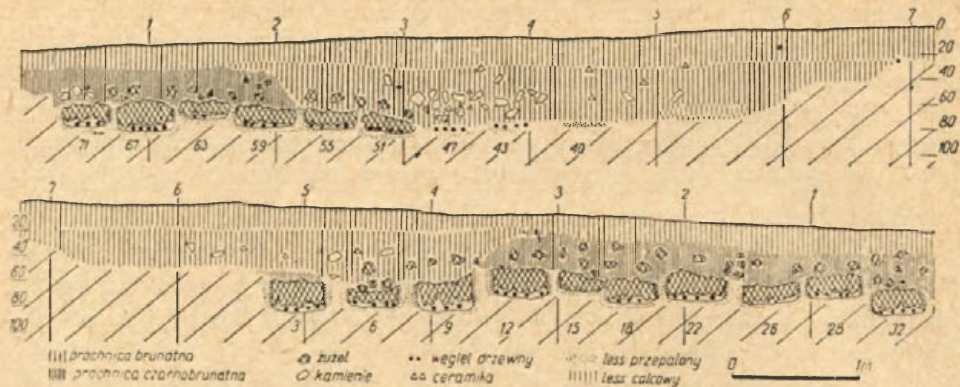
cinki, na których wzajemne odległości wynoszą 1 m. Jako ilustracja do interpretacji omówione zostaną wybrane mapy rozkładu oporności, reprezentujące omawiane trzy warstwy.

Mapy oporności dla rozstawu  $AB = 0,60$  m i  $AB = 0,75$  m (ryc. 5 a, b) reprezentują nam rozkład oporności w warstwie pierwszej (a). Odpowiada ona płaszczyźnie leżącej od powierzchni ziemi na głębokości ok. 0,30 m i 0,45 m. Śledzimy na niej trzy anomalie o stosunkowo wysokiej oporności, dochodzącej do 100 omm, oraz dwie o niskiej oporności, około 30 omm. Być może, wzrost oporności zarejestrowany sondowaniami 5, 10, 16, 21, 26, 32 i 38 przypisać należy większemu odwodnieniu, spowodowanemu tarasową budową pól uprawnych (ok. 0,20–0,30 m). Anomalia ta wąskim przesmykiem rejestrowanym sondowaniem 14 łączy się z anomalią dodatnią wykrytą sondowaniem 18. Omówione anomalie otoczone są warstwami o stopniowo malejącej oporności, średnio do ok. 40 omm. Trudno byłoby wyjaśniać każde zaburzenie rejestrowane w rozkładzie oporności. Rozkład ten charakteryzuje nam warstwę orną.

Mapa oporności dla poziomu głębszego o 0,15 m od poprzednio omówionego wskazuje obniżenie się oporności z zachowaniem ogólnego kształtu anomalii dodatnich. Kontrola archeologiczna wykazała, że to obniżenie oporności przypisać należy pojawieniu się na tej głębokości warstwy ziemi czarnej o stosunkowo dużej zawartości próchnicy i odłamków żużla (ryc. 5).

Na mapie rozkładu oporności dla rozstawu  $AB = 1,20$  m (ryc. 6a) obserwujemy wzrost oporności w części centralnej obszaru badanego. Jest to wskazówka, że pojawia się nowa warstwa, w której kontrola archeologiczna ujawniła piece hutnicze (ryc. 6).

Rozkład oporności omówionych map w żadnym przypadku nie pozwala wyciągnąć pewnych wniosków dotyczących lokalizacji piecowiska. Składają się na to m. in.: wpływ dużego zróżnicowania oporności w warstwie pierwszej, dowodem czego są załączone mapki (ryc. 5a, b, 6a). Po drugie miąższość nadkładu (warstwy a) równa się miąższości warstwy b. Trzecim czynnikiem jest różny stan zachowania się piecowisk i ich zagłębienia w warstwie b (ryc. 2 i 8). Nie należy tu również pominąć braku zdecydowanego kontrastu oporności między tymi warstwami. Wzajemny wpływ tych czynników stał się zasadniczą przyczyną, jak sądzić należy, niemożliwości bezpośredniego zlokalizowania zjawiska, jakim jest piecowisko, metodą elektrycznooporową. Dzięki zastosowaniu pomiarów na wielu poziomach badawczych za pomocą sondowań 7-punktowych mieliśmy możliwość prześledzić rozkład oporności w calcu. Utwory lessu litologicznie znane są jako jednorodne. Z danych archeologicznych wiemy, że działalność człowieka w tym rejonie nie powinna była zakłócić tej głębokości. Przesłanki te gwarantowały nam, że powinniśmy otrzymać

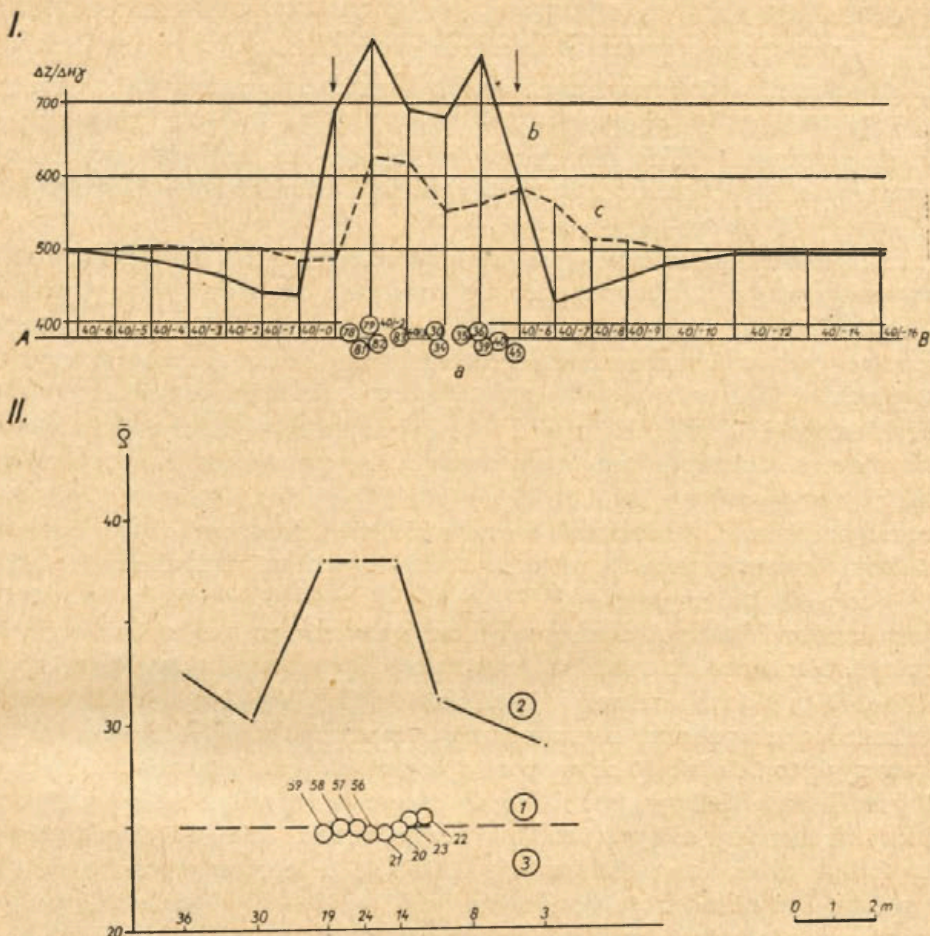


Ryc. 8. Nowa Słupia, pow. Kielce. Przekrój pionowy stan. 5 wzdłuż osi pieców 3—32 oraz 40—71

Opr. K. Bielenin

elektrycznie obraz możliwie jednorodny, a wyłącznie w obrębie stanowiska zakłócony wpływami wysokiej temperatury pochodzącej z pieców hutniczych. Jak już na wstępie wspomniałem, dochodziła ona w piecach do około 900 °C. Wykonana mapa rozkładu oporności dla głębokości 1,2 m (ryc. 7a) potwierdziła istnienie w calcu trwałych śladów wywołanych temperaturą. Należy zaznaczyć, że notujemy tu stosunkowo niewielkie różnice w oporności pomiędzy lessem otaczającym piecowisko a będącym pod bezpośrednim wpływem temperatury. Wykonana mapa rozkładu oporności dla rozstawu AB = 2,4 m, czyli siódmego poziomu badawczego, daje nam obraz odmienny w stosunku do poprzednio omawianych. Mapa ta wskazuje, że w centralnej części badanego obszaru, na tle spokojnego rozkładu oporności (ryc. 7a), obserwujemy niewielki wzrost oporności. Na podstawie kształtu tej anomalii po wyeliminowaniu z rozważań strefy zakłóconej (pas zawarty między sondowaniami 5—4 a 38—37) wyznaczona została oś piecowiska. Oś ta wyznaczona na podstawie rozkładu oporności przebiegać miała na linii sondowań 12—16. Jednocześnie z ogólnego rozkładu oporności wyznaczone zostały granice boczne piecowiska. Całkowite odkrycie szerokopłaszczyznowym wykopem usytuowanym na podstawie tych wyników potwierdziło z dużą dokładnością wnioski interpretacji (ryc. 7). Pomimo uzyskania wyniku pozytywnego należy zdawać sobie sprawę, że wyznaczenie granic piecowiska i jego osi metodą elektryczną nie będzie zadaniem łatwym.

Zaobserwowane zjawisko wzrostu oporności, spowodowane wysoką temperaturą pieca hutniczego (około 900 °C), wywołało trwałe zmiany w utworach lessowych. Zjawisko to, poza podstawowym znaczeniem dla metody elektrycznooporowej w śledzeniu piecowisk hutniczych, może być wykorzystane również w badaniach archeomagnetycznych. Spełni ono,



Ryc. 9. Nowa Słupia, pow. Kielce. Zestawienie porównawcze wyników badań elektrycznooporowych i magnetycznych stanowisk hutniczych:

I — Nowa Słupia, stan. 4: a — kłocce żużla żelaznego; b — wykres składowej pionowej  $\Delta Z$  ( $\gamma$ ); c — wykres składowej poziomej  $\Delta H$  ( $\gamma$ ). II — Nowa Słupia, stan. 5: 1 — kłocce żużla żelaznego; 2 — wykres wartości sondowania poziomego dla rozstawu AB = 2,1; 3 — lokalizacja punktów pomiarowych  
I — wg J. Kowalczuka i T. Stopki; II — opr. W. Stopiński

jak wiemy, rolę parametru datującego stanowisko<sup>14</sup>. Były również podjęte przez autora próby wykorzystania kierunkowego namagnesowania kłoców żużla z pieców hutniczych. Zostało to stwierdzone na kłocach znajdujących się w Muzeum w Krzemionkach Opatowskich<sup>15</sup>.

<sup>14</sup> Aitken, *Physics...*, s. 121.

<sup>15</sup> Próby pobrane z kłoców żużla przekazane zostały do zbadania prof. H. Pietrowej z Instytutu Fizyki Ziemi ZSRR w Moskwie, ponieważ placówka paleomagnetyczna znajduje się w stadium organizacji. Czekamy na nadesłanie wyników.

## PORÓWNANIE STOPNIA PRZYDATNOŚCI METOD: ELEKTRYCZNOOPOROWEJ I MAGNETYCZNEJ

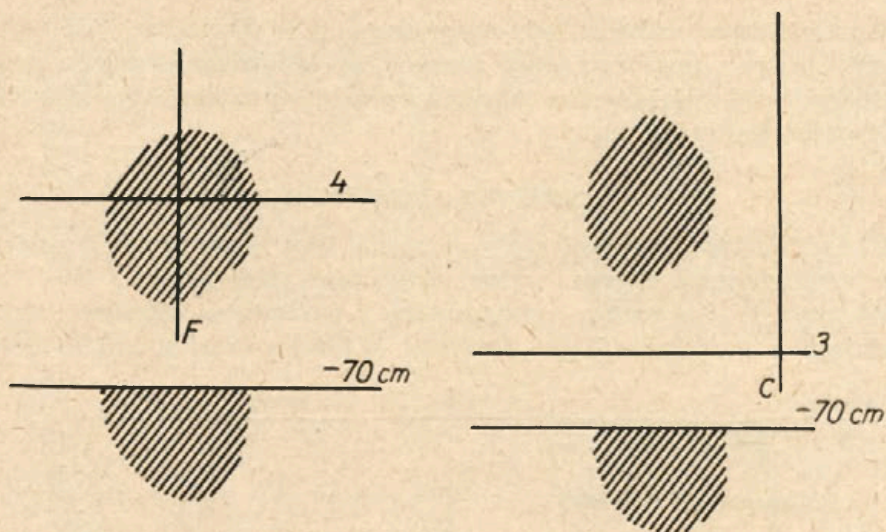
Niezależnie od omówionych badań elektrycznooporowych wykonane zostały badania magnetyczne składowej „Z”<sup>16</sup>. Badania magnetyczne J. Kowalczyka i T. Stopki, jak sądzić należy na podstawie publikowanych materiałów, ograniczyły się wyłącznie do kartowania obiektów hutniczych z wynikiem pozytywnym.

Zastosowanie do badań piecowisk hutniczych dwu odrębnych metod, magnetycznej i elektrycznooporowej, pozwala na porównanie wyników i wydanie oceny o stopniu przydatności tych metod. Z uwagi na szczególne już omówienie metody elektrycznooporowej scharakteryzującej w pierwszej kolejności metodę magnetyczną w zastosowaniu do omawianej problematyki. Następnie przejdę do porównania wyników tych metod. Magnetyka stosowana ma długą tradycję, wypracowane i wypróbowane metody w rozwiązywaniu problematyki geologicznej (poszukiwanie ferromagnetyków)<sup>17</sup>. W ostatnich kilku latach stosowana była również z dużym powodzeniem na różnych stanowiskach archeologicznych. Główną cechą charakterystyczną tej metody przy rozwiązywaniu omawianej problematyki jest jej duża wydajność przy minimalnej obsadzie personalnej. Pomiarowiec może wykonać pomiary wagami typu Fanselau na 150–200 punktach dziennie. W zależności od gęstości pokrycia wycinka terenu możemy zbadać dwa ary, przy wzajemnej odległości punktów badawczych co 1 m lub 10 arów, przy odległościach wzajemnych 5 m. W metodyce badań elektrycznooporowych znane są również różne warianty, którymi możemy osiągać ten sam postęp pracy. Jako przykład zaliczyć tu można układ czteroelektrodowy (AMNB), o jednym pomiarze na stanowisku, lub układ trójelektrodowy (AMN — B — ∞). Pomiary tego typu stosowane mogą być wyłącznie do śledzenia obiektów o dużym kontraście oporowym. W przypadku omawianego stanowiska zastosowanie ich nie rokuje pozytywnych efektów. Natomiast gdy stosujemy badania wielopoziomowe za pomocą sondowań, wydajność pracy w stosunku do metody magnetycznej jest trzy do czterech razy mniejsza, przy minimalnym zespole: pomiarowiec + dwóch robotników. Dane te przemawiają bezsprzecznie na korzyść stosowania metody magnetycznej. Drugim czynnikiem, który tu porównam, będzie wielkość zjawiska magnetycznego i elektrycznego. Żużel, jako pozostałość wytopu rud żelaza, zawiera w sobie czystego żelaza średnio około 50%<sup>18</sup>. Stanowi to przyczynę wielkiej jego pobudliwości magnetycznej. Na stanowisku Nowa Słupia 4 obszar otaczający piecowisko hutnicze charakteryzował się przeciętnie dla  $\Delta Z$  wartością

<sup>16</sup> Kowalczyk, Stopka, *op. cit.*, s. 5.

<sup>17</sup> E. W. Janczewski, *Geofizyczne metody poszukiwawcze*, Kraków 1954.

<sup>18</sup> Radwan, *op. cit.*, s. 2.



Ryc. 10. Nowa Słupia, pow. Kielce, stan. 5. Plan pionowy i przekroje wykrytych dołów po słupach

Opr. K. Bielenin

450  $\gamma$ , natomiast wartości  $\Delta Z$  w obrębie piecowiska dochodziły do 800  $\gamma$ <sup>19</sup>. Różnica pomiędzy pomiarami tła a pomiarami na stanowisku osiąga wartość 400  $\gamma$ . Nieporównywalnie przewyższa ona w tym rejonie anomalie natury geologicznej. Mówi nam to, że wyodrębnienie i zidentyfikowanie tej anomalii nie przedstawia dla magnetologa żadnej trudności. Z całą otwartością należy podkreślić, że zjawisko zróżnicowania oporności elektrycznej notowane w omawianej warstwie trzeciej (c), znajdującej się w zasięgu wysokich temperatur, jest wielokrotnie mniejsze, a tym samym trudniejsze do zidentyfikowania (ryc. 9). Przytoczone przykłady dostatecznie wyjaśniają wybór metody magnetycznej jako właściwej i ekonomiczniejszej w poszukiwaniu piecowisk hutniczych, ale wyłącznie takich, które posiadają kotlinki wypełnione kłocami żużla. Natomiast przy inwentaryzacji piecowisk zniszczonych (bez kłoców żużla), których, jak twierdzą archeolodzy, jest bardzo duża liczba, właściwe usługi może oddać metoda elektrycznooporowa, przy śledzeniu trwałych zmian oporności wywołanych w calcu.

Stanowisko badane metodą elektrycznooporową należało do typu złożonych, a to wskutek obecności w nadkładzie piecowiska zarysów dwu budynków. Należy stwierdzić, że występuje tu przewaga zjawiska elektrycznego nad magnetycznym w stosunku odwrotnym. Przydatność i uzyskiwana jednoznaczność w wyznaczeniu granic budynków, a nawet jam,

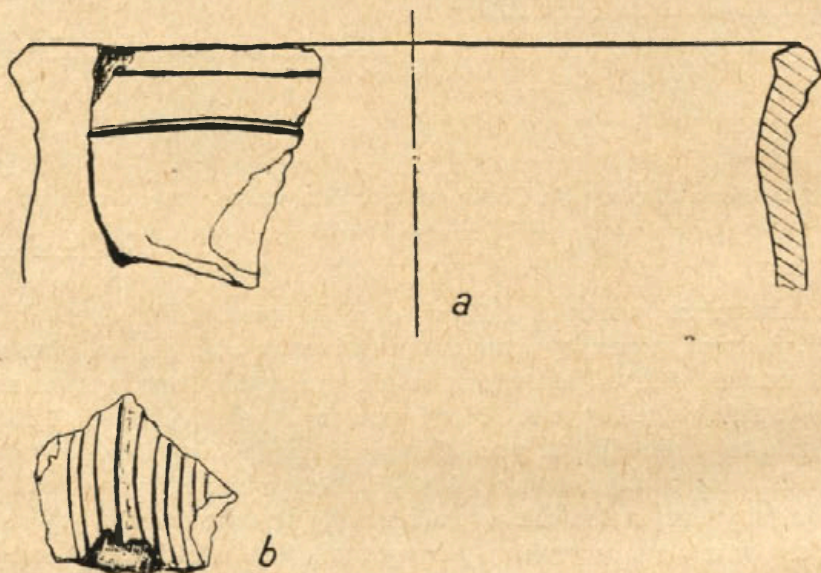
<sup>19</sup> Kowalczyk, Stopka, *op. cit.*, s. 5.

była potwierdzona w badaniach osady otwartej w Piwonicach pod Kaliszem<sup>20</sup>. Należy z tego wyciągnąć wniosek, że odtwarzanie układu przestrzennego osad związanych z hutnictwem winno powierzyć się metodzie elektrycznooporowej.

#### WYNIKI KONTROLI ARCHEOLOGICZNEJ

W wyniku badań archeologicznych stanowiska Nowa Słupia 5 stwierdzono występowanie w jego obrębie następującej stratygrafii:

Warstwa 1 — próchnica jasnobrunatna z nielicznymi ułamkami żużla żelazistego o strukturze litej i soplowej, z fragmentami ułamków cera-



Ryc. 11. Nowa Słupia, pow. Kielce, stan. 5. Fragmenty ceramiki siwej z warstwy piecowiska pod chatą:

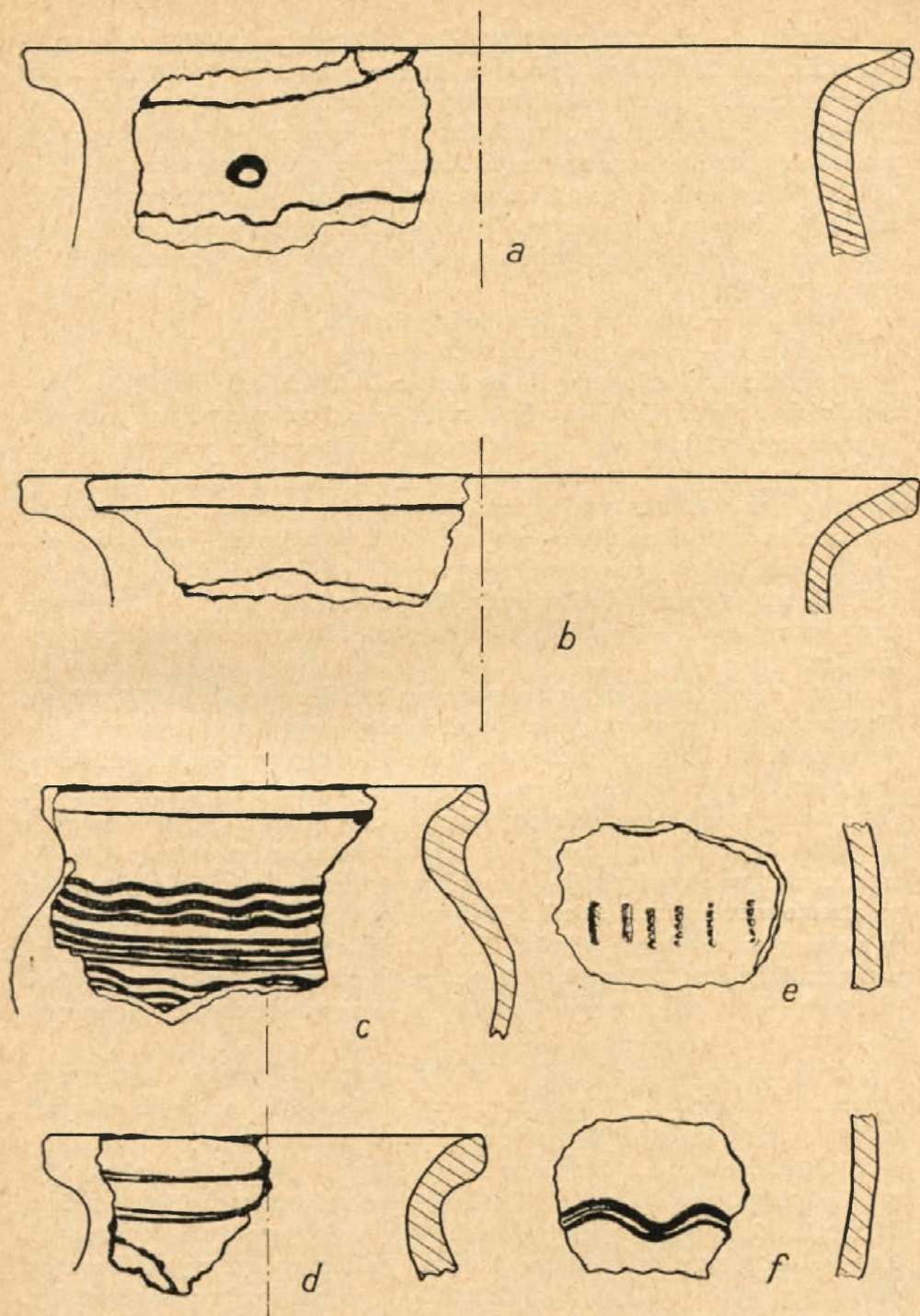
a — fragm. górnej części garnka; b — fragm. dna miski

miki (naczynie ręcznie lepiące) zdobionych ornamentem pasm żłobków i linii falistej. Na uwagę zasługuje fragment miski o brzuścu załamany dwustożkowo. Naczynie wykonane z gliny tłustej z domieszką, powierzchnie obu naczyń szaro-siwo-brunatne.

Warstwa 2 — ułamki żużla oraz ostrokrawędziste kamienie kwarcytu i piaskowca. W warstwie tej występowały również ułamki ceramiki wczesnośredniowiecznej (ryc. 12).

Warstwa 3 — górny poziom kotlinek pieców hutniczych, obfitująca w żużel.

<sup>20</sup> Dąbrowski, Stopiński, *op. cit.*, s. 4.



Ryc. 12. Nowa Słupia, pow. Kielce, stan. 5. Fragmenty ceramiki wczesnośrednio-wiecznej z chaty

Warstwa 4 – w której występują kotlinki pieców hutniczych, czarno-brunatne. Zawierała ona kamienie (liczne przepalone), ułamki żużła, fragmenty polepy z szybowej obudowy pieców. W jej obrębie na odcinku DF – 3 = 5 natrafiono na skupiska kamieni częściowo przepalonych. Na poziomie 0,50 m kamienie zalegały jednolitą warstwą na przestrzeni około  $0,80 \times 0,80$  m, grubości do 0,20 m (ryc. 5a). Regularny kontur tego obiektu wskazuje, że było to palenisko. Na poziomie 0,50 m w omawianej warstwie uchwycono zarys regularnego obiektu, zapewne pozostałości budynku (ryc. 6).

Warstwa 5 – przepalony less pod kotlinkami.

Warstwa 6 – less calcowy czysty.

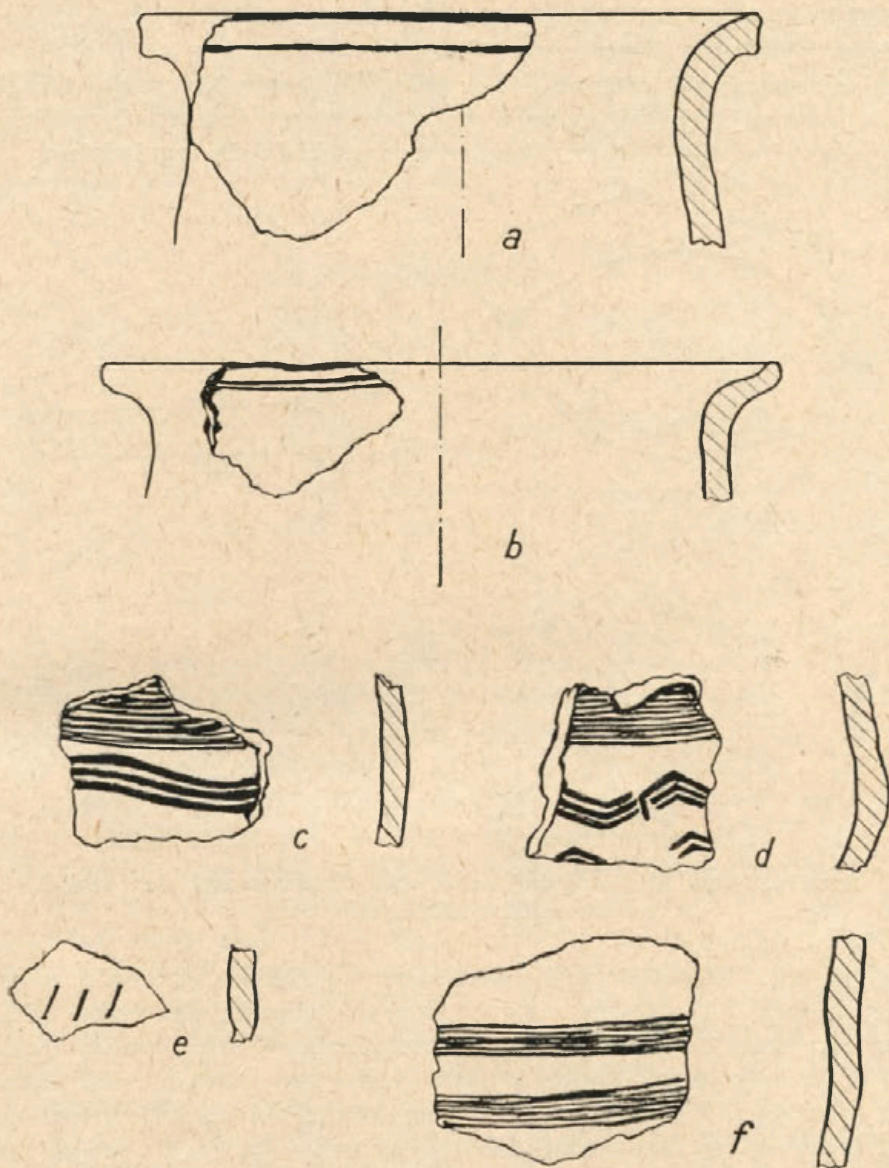
W wyniku archeologicznych badań kontrolnych odkryto ślady i pozostałości 76 ziemnych pieców hutniczych (ryc. 7), zbudowanych w dwóch ciągach trójek i czwórek. Początek ciągów piecowiska znajduje się po stronie zachodniej. W trakcie prowadzonych wytopów piecowisko przesunęło się w kierunku wschodnim. Trudno z całą pewnością stwierdzić, czy granica wschodnia piecowiska nie sięga poza granicę wykopu. Nie wielkie sondáže na polu sąsiadującym od strony wschodniej z parcelą J. Dusia nie wykazały śladów żużła. Wydaje się, że piece 7 i 73 lewego ciągu oraz piece 74–76 prawego ciągu stanowią krańcowe obiekty piecowiska.

Lewy, południowy, ciąg piecowiska posiada łącznie ślady 37 kotlinek. Ciąg ten rozpoczynają 2 piece, po nich następuje 5 trójek w układzie nieco ukośnym do prostopadłej osi ścieżki. Następny szereg to nieregularnie usytuowana czwórka, po której następujące dwa piece, 22 i 23, stanowią wyraźne zaburzenie regularnego czwórkowego układu dalszych szeregów, które od tego miejsca zalegają ukośnie na zewnątrz w dół. Po trzech szeregach czwórek lewy ciąg kończy dwójka pieców usytuowana po stronie wewnętrznej ścieżki. W tym ciągu mamy przykład wkopania w siebie poszczególnych pieców. Piec 23 został wkopany po stronie zewnętrznej w piec 22. Przykład ten wskazuje na indywidualną pracę pieca hutniczego oraz rzuca pewne światło na kierunek przesuwania się piecowiska.

Prawy ciąg posiada ślady 39 ziemnych pieców. Początek ciągu rozpoczyna dwójka pieców, po niej następują dwie trójki, po czym widzimy regularnych 7 szeregów czwórek zakończonych trójką.

Piece hutnicze na stanowisku Nowa Słupia 5 posiadały średnią szerokość kotlinki w granicach 0,40 m. Kotlinki o średnicach 0,50 m należą do rzadkości. Ściany boczne kotlinek były wyklejone iłem do grubości 0,03 m. Po stronie zewnętrznej kotlinek widoczny był wypał lessu na przestrzeni około 0,05 m. Kształt kotlinek w przekroju pionowym był cylindryczny lub zbliżony do trapezu.





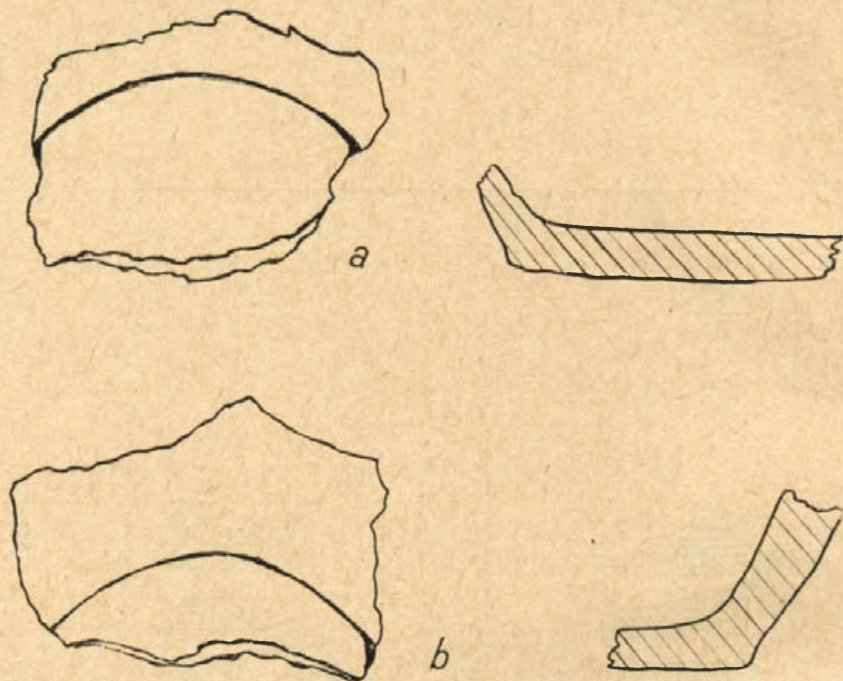
Ryc. 13. Nowa Słupia, pow. Kielce, stan. 5. Fragmenty ceramiki wczesno-średniowiecznej z chaty

Górna powierzchnia pieców była zniszczona i uszkodzona. W części wschodniej widoczne są ślady niszczenia mechanicznego przy uprawie pola, w części zachodniej piecowisko zostało zdewastowane znacznie wcześniej przez osadę wczesnośredniowieczną.

W czasie badań stwierdzono, że najgłębsze z zachowanych kotlinek

posiadały głębokość do 0,40 m (piec 9). Średnia głębokość zachowanych kotlinek piecowisk wynosiła 0,15–0,20 m.

Ślady słupów. W odcinku 4 D w odległości około 0,40 m w kierunku północnym od pieca 47 zalegała kolista warstwa brunatnej próchnicy o wymiarach 0,36—0,43 m. Warstwa ta zagłębiała się regularnie w less



Ryc. 14. Nowa Słupia, pow. Kielce, stan. 5. Fragmenty den naczyń wczesnośredniowiecznych z chaty

do głębokości około 0,30 m. Podobna warstwa ciemnej próchnicy, o wymiarach około 0,38–0,43 m, zalegała pomiędzy ciągami piecowiska w linii ścieżki na skrzyżowaniu 4 F. Warstwa zagłębiała się tam również do około 0,30 m. W wypełnisku zagłębień poza ciemną próchnicą nie stwierdzono żadnych widocznych zabytków archeologicznych, ani też żużła żelazistego. Zagłębienia te są najprawdopodobniej śladami wkopów dla umocowania pionowych słupów drewnianych, związanych z piecowiskiem. Przemawia za tym brak ułamków żużła w tych jamach, z czego wnosić wolno, że wykonano je przed zbudowaniem piecowiska (ryc. 10). Jak wynika z planu, chata wczesnośredniowieczna zbudowana była techniką zrębową.

Problem ustalenia chronologii piecowiska ułatwiają fragmenty ceramiki siwej znalezione wśród pieców poniżej chaty wczesnośredniowiecznej. Fragmenty te należą do ceramiki siwej, tak zwanej gładkiej, mającej liczne analogie na stanowiskach okresu późnorzymskiego, III–IV w.n.e.,

z terenów Małopolski, co daje podstawy do ustalenia chronologii piecowiska hutniczego Nowa Słupia 5 na ten okres (ryc. 11). Chata wczesnośredniowieczna z ceramiką obtaczaną, z formami naczyń jajowatych o łagodnych profilach, a często z profilowanymi krawędziami mającymi analogie w ceramice pochodzącej z dużej osady na południowo-wschodnim zboczu Łysej Góry, w Łazach, datowana może być wstępnie na VIII–IX w. (ryc. 12–14).

#### WNIOSKI KOŃCOWE

Wyniki uzyskane ze zdjęć lotniczych, badań magnetycznych oraz elektrycznooporowych upoważniają do zaproponowania badań kompleksowych, z następującą kolejnością ich prowadzenia.

Pierwsza winna być bezwzględnie kartografia lotnicza. Da ona generalny przegląd regionu staropolskiego hutnictwa. Wskaże jednocześnie rejon, gdzie występuje koncentracja śladów dawnego hutnictwa oraz osadnictwa jemu współczesnego, a także i z innych okresów historii. Dopiero po wytypowaniu tych rejonów przystąpić należy do wykonania w pierwszym rzędzie wstępnego zwiadu magnetycznego ewentualnie elektrycznooporowego. Przez badania zwiadowcze rozumiemy wykonanie pomiarów na wytyczonych trasach, wynikających z analizy zdjęć lotniczych. Pozwoli to na wstępne zlokalizowanie stanowisk archeologicznych. Po badaniach zwiadowczych otrzymamy selekcję typów stanowisk, których szczegółowe rozpoznanie przeprowadzić należy jedną z omawianych tutaj metod. Wybór metody zależny będzie od przewagi zjawiska typu elektrycznego lub magnetycznego na danym stanowisku.

Jest rzeczą oczywistą, że istnieje możliwość wykonywania badań w każdym przypadku o węższym zakresie, dla poznania lub rozpoznania konkretnego stanowiska archeologicznego. Wówczas będą to prace o charakterze wyłącznie usługowym, ponieważ badania będą miały wąski, jednokierunkowy zakres.

Trzeba więc pamiętać, że rozpoznanie geofizyczne tego rodzaju kryje w sobie bardzo duże niebezpieczeństwo sprowadzenia wnioskovania archeologicznego na błędne tory.

Natomiast niedopuszczalne wydaje się być wykonanie badań w niepełnym zakresie w stadium ich eksperymentowania. Porównanie wyników o stopniu przydatności którejs z metod dla rozwiązywania problematyki archeologicznej przeprowadzone być może jedynie na podstawie rezultatów prac kompleksowych wszechstronnie udokumentowanych. Tylko w ten sposób osiągać się będzie wyniki w pełni miarodajne dla formułowania poglądów o celowości i zakresie stosowania metod geofizycznych przy inwentaryzacji oraz badaniach systematycznych stanowisk archeologicznych.

KAZIMIERZ BIELENIN, KRZYSZTOF DĄBROWSKI,  
WOJCIECH STOPIŃSKI

## PROBLEM OF INVENTORY OF ANCIENT METALLURGY VESTIGES BY THE METHOD OF ELECTRICAL-RESISTIVITY SOUNDING

### Introduction\*

A particular animation of research work on early mediaeval metallurgy in Polish territories is lately noticeable in our Country. The main centre of investigation is the region of the Holy Cross Mountains<sup>1\*\*</sup>. The scientific centres of Cracow — the Archaeological Museum, the Mining and Metallurgy Academy — examine the character of ancient smelting furnace vestige groups and the technological processes connected with iron smelting<sup>2</sup>. The activities of those centres proved the obvious necessity of starting proper-field work, which is emphasized by the following factors: 1. The systematic and rapid destruction of ancient metallurgical furnace vestiges in connection with the intensification and mechanization of tillage; 2. The extremely small number of sites hitherto examined, in comparison with the respective area (about 500 sq. klm) and the scope of the metallurgical production of the region. The scarcity of expert researchers and the size of the task resulted in the necessity of extending the traditional archaeological methods, adding to them aerial photography and geophysical investigation (the magnetic and the electrical-resistivity method), with K. Bielenin and M. Radwan as pioneers. Experiments of foreign researches<sup>7-9</sup> as well as our own<sup>4,5</sup> were as many premises proving that the inventory of smelting sites can be performed by means of those methods with much more accuracy and speed.

Investigation of the furnace vestige group Słupia 5 by way of electrical-resistivity sounding aimed at: 1) Obtaining data for estimation of the accuracy of site localization; 2) elaboration of research work methodology; 3) collecting data permitting to compare the efficiency of the electrical-resistivity sounding method and the magnetic method for localization of ancient metallurgy vestiges.

### Electrical-resistivity soundings

The general program of experimental electrical-resistivity sounding work<sup>3</sup> comprised among others the smelting furnace site at Zagłębie Staropolskie. Speaking about the methodology of investigation the Author specifies the characteristic features of the smelting furnace vestige groups — three essential layers of various resistivity. We shall call the first layer (a) overlay, the second layer (b) corresponds to slag blocks, the third one (c) — to undisturbed soil. In contradistinction to cultural layers we shall call them hereinafter layers a, b and c (Fig. 2).

The first layer — layer a — consists of arable soil. It should be presumed that this layer is remarkable for maximum resistivity variation, as result of the great variety of elements it consists of. The layer b is formed by pits in the loess filled up with slag. This layer was subjected to the influence of high temperatures of 800–900° C. A characteristic feature of the layer c is that its structure has been never disturbed by direct human interference. However, according to the Author's opinion, intermediate lasting resistivity changes took place in that

\*\* The asterisk and reference numbers are to the Polish text (Cf. Polish notes).

layer in consequence of high temperature. In their considerations the Authors come to the conclusion that endeavours to localize particular hollows (furnaces) are rather unadvisable, in spite of the fact that experiments during investigation by the method of electrical-resistivity sounding at the open settlement of Piwonice permitted to detect pits of 0,5 m diameter<sup>12</sup>. In consequence the Authors admits that the furnace group is a compact block. This point of view was decisive for the adopted method of investigation answering two basic requirements: 1. Accurate spacial localization of the furnace group as a compact block; 2. Minimum number of investigation points and minimum of expenses.

In order to settle the problem, the researchers applied vertical Wenner type sounding with seven measurement points (Fig. 3). The spacings AB were selected so as to secure in each of the layers a, b and c at least two resistivity tests. Measuring was performed by means of the Elektrisk Malmletning AB apparatus (Fig. 1). A pattern with marked distances of spacings AB and MN proved to be a useful technical improvement, steel pin arrows (Fig. 4) served as electrodes. Application of those two factors permitted to eliminate numerous technical proceedings previously repeatedly performed and to reduce the number of auxiliary hands from four to two only.

M. Radwan and K. Bielenin chose as experimental area the site Nowa Słupia 5. The surface of the arable soil of that place showed no furnace group vestiges other than a moderate affluence of slag splinters. According to M. Radwan's suggestion, the furnace group axis runs from S to N, however, further investigation did not confirm that suggestion.

The basic material for analysis of the results of investigation by means of the method of electrical-resistivity sounding are maps of resistivity distribution elaborated for seven levels of investigation. The Authors point at the fact that those maps present various degrees of accuracy of resistivity distribution. The lowermost degree of accuracy appears in maps of the layer a Figs 5 and 6, the highest in those of the layer c (Fig. 7a), depending on the density of the electrical sounding network. In the resistivity distribution map (Fig. 5b) three anomalies of relatively high resistivity (100 ohm) are visible, as well as two of low resistivity (approx. 30 ohm). In the map of the level deeper by 0.15 m (Fig. 5a) anomalies do not alter their general aspect. In the next map (Fig. 6a) we may observe a resistivity rise in the middle part of the area under investigation. This means appearance of a new layer where archaeological checking detected smelting furnaces. The resistivity distribution of those maps (Figs. 5a, b; 6a) entitles us by no means to draw definite conclusions as to the immediate localization of the furnace group. The map of resistivity distribution in Fig. 9, elaborated for the spacing AB = 2,4 m, shows a different image than the maps in Figs 5, 6, 7. It states that the middle part of the area under investigation shows a resistivity rise. On the basis of the shape of that anomaly, after elimination from our considerations of the disturbance zone (between soundings 5-4 and 38-37), the axis of the furnace vestige group has been determined. Generally speaking it runs from W to E. The same image of resistivity distribution permitted to trace the furnace group boundaries.

The Authors underline the possibility of making use of lasting thermal changes in the loess, detected by the method of electrical-resistivity sounding, for dating by means of magnetometric methods<sup>14</sup>. They also point at the outstanding directivity of slag block magnetization, stated in blocks in the museum at Krzemionki Opatawskie<sup>15</sup>.

### Comparison of the fitness of the electrical-resistivity sounding method and the magnetic method

The empirical material collected in consequence of magnetic<sup>5</sup> investigations in the region of „Staropolskie Hutnictwo” – Old-Polish Metallurgy – in the Holy Cross Mountains, and of electrical-resistivity soundings at Nowa Słupia 5, proved sufficient. It enabled the Authors to perform the analysis of the degree of efficiency of both methods for establishment of the inventory of ancient smelting furnace groups. Besides the analysis of technical proceedings connected with measurements, the magnetic excitability of the slag and the resistivity changes appearing in the undisturbed soil under the influence of high temperatures have been recognized as main comparative parameters. Slag as residue of iron ores contains on the average nearly 50 per cent<sup>18</sup> of pure iron, which is the cause of its high magnetic excitability (Fig. 9). Investigation results obtained until now show that the difference between the values of the background measurements and the measurements above the furnace group reaches on the average the value of 400  $\gamma$ , while the difference of resistivity in relation to resistivity of undisturbed soil under the furnace group amounts to 10-20 ohm. Those examples sufficiently prove that the choice of the magnetic method is proper and more economical for search after smelting furnace groups with slag block residue. On the other hand, an inventory of destroyed furnaces (with no slag blocks) may be made by the method of electrical resistivity sounding, by careful observation of lasting resistivity changes in undisturbed soil. According to the Author's opinion, investigation of objects located in settlements connected with metallurgy and charcoal stores should be effected by the method of electrical-resistivity sounding.

### Results of archaeological check up

A furnace group localized by the electrical-resistivity sounding method was subjected to archaeological check up. The Authors single out six cultural layers. In the first and the second layer there are among others fragments of early mediaeval pottery (Fig. 11). In consequence of archaeological check up activities, remnants and residues of 76 earth smelting furnaces were found, built up in two sequences of threes and fours (Figs 12 and 13). Vestiges of digging for setting up of vertical wooden posts connected with the furnace group (Fig. 10) have also been found at that site.

The problem of elaboration of the chronology of the furnace group is easier owing to fragments of the so called plain grey pottery found under the vestiges of an early mediaeval hut situated among furnaces. Analogous objects have been found at a site of the late Roman period (IIIrd – IVth century) in Little Poland (Fig. 11). On the other hand, pottery objects turned on a potter's wheel found in that hut, of gentle egg-like shape, have their analogies in ceramics originating from a large settlement on the south-east slope of the Bald Mountain, at the village of Łazy. They may date from the VIIIth – IXth century (Figs. 2–14).

### Conclusions

Results obtained by means of aerial photography, magnetic investigation and electrical-resistivity sounding method entitle us to suggest complex research work performed in the following order:

First of all, aerial cartography, which will procure a general survey of the region of Old-Polish Metallurgy, marking the concentration points of vestiges of metallurgy and of colonization of the epoch, as well as of other historical periods. Those proceedings achieved, investigation by means of the electrical-resistivity sounding method or the magnetic method may be started. They will result in selecting site types, which should be succeeded by detailed research work by those methods. The Authors point at the possibility of performing investigations at a lesser scale, especially in the range of electrical methods. However, it should be well kept in mind that geophysical identification of that kind has often behind it a serious danger of leading archaeological conclusions astray.

Translated by Halina Goiębiowska