

Stopiński, Wojciech

Poszukiwania pierwszego obserwatorium astronomicznego Mikołaja Kopernika we Fromborku metodą elektrycznooporową

Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 13/3, 637-649

1968

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.



Wojciech Stopiński

POSZUKIWANIA PIERWSZEGO OBSERWATORIUM ASTRONOMICZNEGO MIKOŁAJA KOPERNIKA WE FROMBORKU METODĄ ELEKTRYCZNOOPOROWĄ

Wśród badaczy życia i twórczości Mikołaja Kopernika istnieje wiele poglądów dotyczących miejsca pierwszych jego obserwacji astronomicznych we Fromborku¹. Zbliżające się 500-lecie urodzin Kopernika stwarza specjalną okazję do kontroli tych poglądów, uzupełnienia wiadomości i krytycznego spojrzenia na interpretację dokumentów mówiących o pierwszym obserwatorium fromborskim².

Wśród hipotez dotyczących lokalizacji tego obserwatorium możliwa do sprawdzenia metodami geofizycznymi jest hipoteza dra J. Pagaczewskiego, lokująca je w ogrodach kurii: św. Piotra lub św. Stanisława. Problemem tym zainteresowałem się w 1964 r. Przeprowadziłem wówczas we Fromborku dwudniowy rekonesans, w czasie którego zapoznałem się z fizjografią terenu oraz wykonałem próbne pomiary oporności gruntu w pobliżu oktagonu i studzien, po stronie południowo-wschodniej warowni. Pozytywne wyniki, uzyskane wówczas, pozwoliły poprowadzić w latach 1966—1967 systematyczne badania zachodniego wzgórza *Mons ante Castrum* warowni fromborskiej³. Pozostałe hipotezy są poza zasięgiem stosowania metod geofizycznych. Zajmą się nimi zapewne inni specjaliści: historycy architektury, astronomowie i archeolodzy⁴.

BUDOWA GEOLOGICZNA TERENU BADAŃ I ZMIANY WYNIKAJĄCE Z DZIAŁALNOŚCI LUDZKIEJ

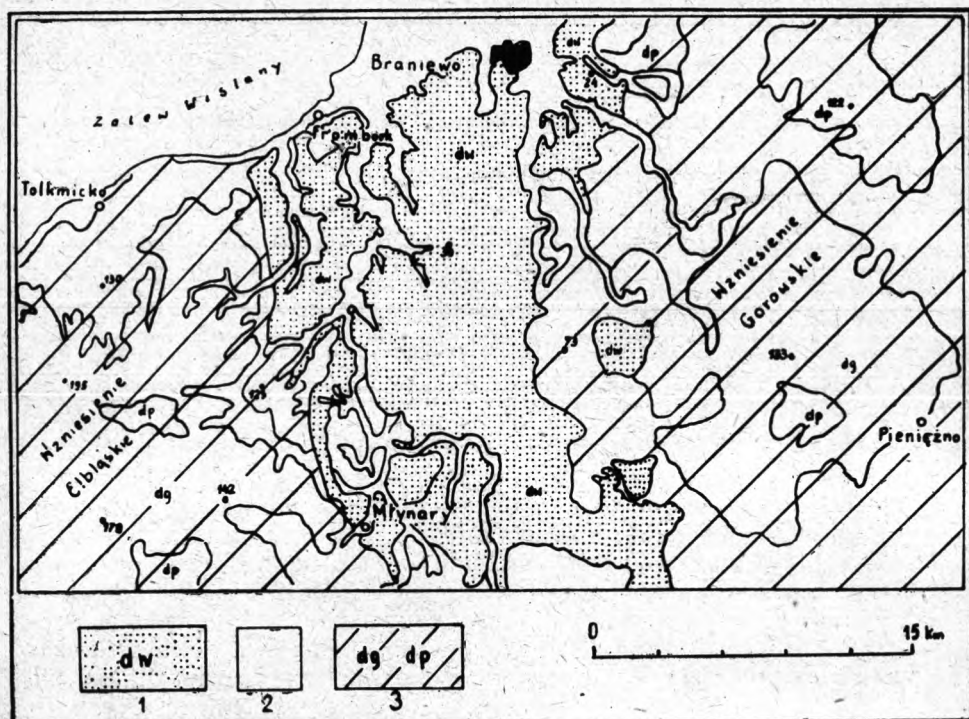
Frombork leży na północnej krawędzi Niziny Warmińskiej, ograniczonej wzniesieniami morenowymi: od zachodu — Wzniesieniem Elbląskim, a od północnego wschodu — Wzniesieniem Górowskim (ryc. 1). Nizina wypełniona jest w części północnej łąkami warwowymi z niewielkimi polami piasków akumulacji lodowcowej z głazami i rozcięta rzekami: Pasłęką, Baudą i Narusą, odprowadzającymi do Zalewu Wiślanego wody spływające z otaczających ją wzniesień. W pobliżu ujścia Baudy, na krawędzi pola piasków, leży Frombork. Krawędź ta wznosi się stromo do ok. 30 m

¹ Por.: J. Pagaczewski, *Lokalizacja obserwatorium Kopernika we Fromborku na podstawie XVI-wiecznego dokumentu*. „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki”, nr 1/1964, ss. 1 i nast.

² Por.: J. Pagaczewski, *Srednie obserwatoria astronomiczne — czy tylko „punkty obserwacyjne”*. „Komunikaty Mazursko-Warmińskie”, nr 1/1966.

³ Poszukiwania te były subsydiowane przez Komitet Milenium, poprzez Zakład Historii Nauki i Techniki PAN.

⁴ Por. np.: A. Penconek, *Obserwatorium astronomiczne Mikołaja Kopernika we Fromborku*. „Urania”, nr 6/1961. A. Penconek postawił hipotezę, iż obserwatorium Kopernika znajdowało się na oktagonie zamykającym południowo-zachodni narożnik warowni.



Ryc. 1. Nizina Warmińska. Wycinek uproszczonej, przeglądowej mapy geologicznej Polski S. Z. Różyckiego z 1949 r.

1 — ility warwowe; 2 — mady i piaski rzeczne, torfy; 3 — gliny zwalowe, piaski akumulacji lodowcowej

Рис. 1. Варминская низменность. Фрагмент упрощенной, обзорной геологической карты Польши С. З. Ружицкого (1949 г.)

1 — илстые отложения; 2 — речные наносные почвы и пески, торфы; 3 — валунная глина, пески, образованные в результате аккумуляющей деятельности ледников

Fig. 1. The Warmia Lowland. A fragment of S. Z. Różycki's simplified general geological map from 1949

1 — varved clays; 2 — fluvial silts and sands, peats; 3 — boulder clay, sands of glacial accumulation

nad poziom Zalewu Wiślanego, tworząc wysoczyznę, rozciętą głębokimi wąwozami na trzy wzgórza, które nosiły nazwy: *Mons ante Castrum*, *Mons prope Castrum*.

Wzgórza te zajmowała kapituła biskupstwa warmińskiego z katedrą. Całość *Mons Castrum* tworzyła kompleks obronny. W północno-zachodniej zaś części wzgórza *Mons ante Castrum*, jak wskazują zachowane dokumenty (ryc. 2), rozmieszczone były kanonie: najdalej ku północnemu zachodowi św. Stanisława, a następnie św. Michała i św. Piotra⁵. Południowo-zachodnia granica kanonij — jak można sądzić — wyznaczona była przez pasmo wydm. Oddalone są one o 200—250 m od wąwozu oddzielającego wzgórze katedralne od *Mons ante Castrum*.

⁵ Por. też: J. Pagaczewski, *Uzupełniające wiadomości do historii kanonij położonych na zachód od katedry we Fromborku*. Kraków 1966. Maszynopis w archiwum Zakładu Geofizyki PAN.

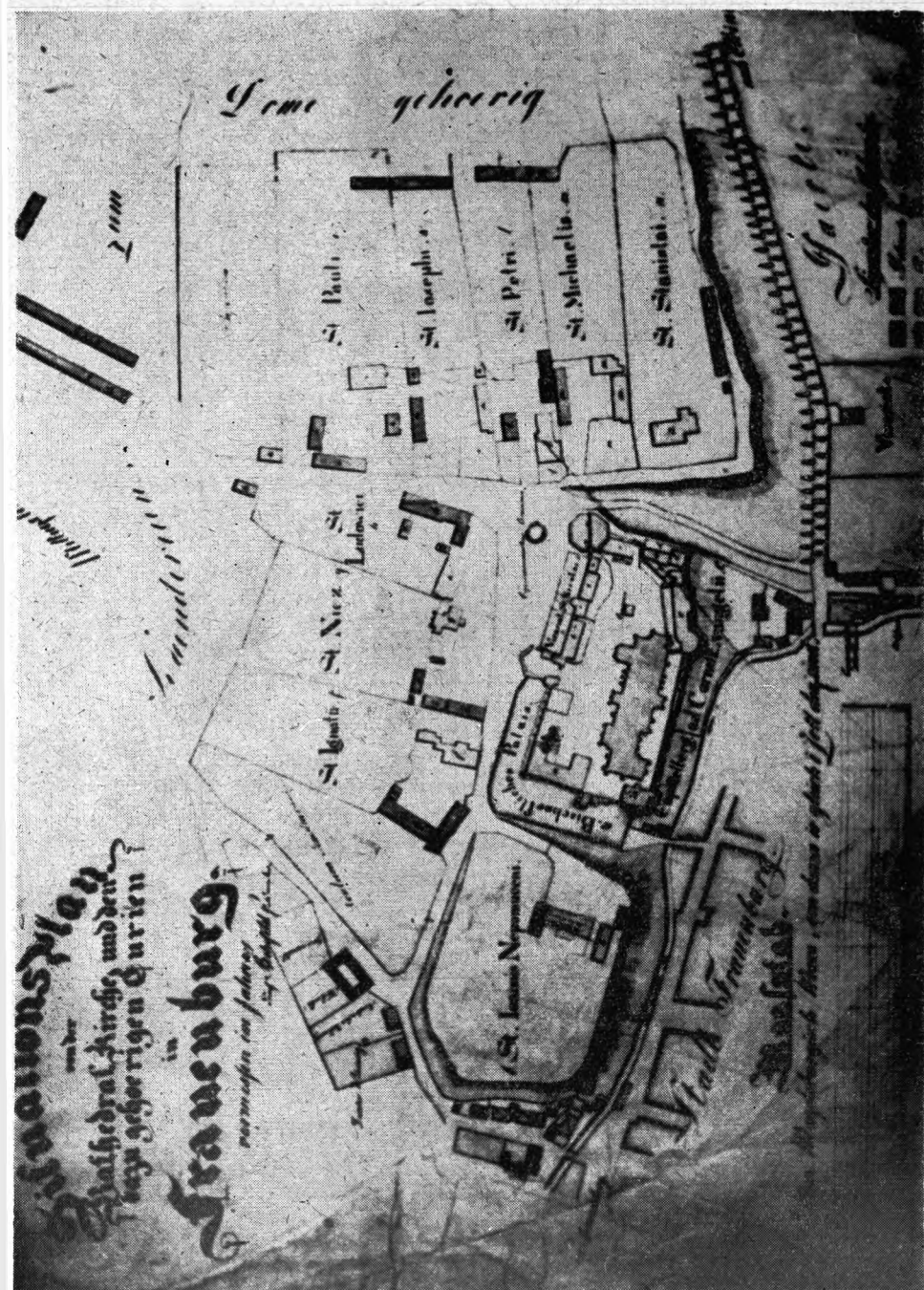


Рис. 2. Frombork, plan warowni i kurii wedlug Rehefeld'a z 1873 г. Кіерунек рѳімосну skierowany jest na tym planie ku dołowi i w lewo

Рис. 2. Фромборк, план крепости и курии, по Рехефельду (1837 г.). Северное направление обращено на этом плане книзу и влево

Fig. 2. Frombork: map of stronghold and diocesan land, after Rehefeld (1837). In this map the north direction points downward and to the left

Obecnie obszar wydmowy o bogatej morfologii zajęty jest przez park z pięknym starym drzewostanem. W kierunku południowym i południowo-wschodnim, w odległości 500—600 m od krawędzi wysoczyzny, droga biegnąca do szpitala zamyka wzgórze *Mons ante Castrum*, a za nią rozciąga się kraina martwych wydm i wąwozów.

Północno-zachodni wycinek wymienionego wzgórza, o powierzchni 4 ha, ma bardzo bogatą historię, udokumentowaną w niewielu fragmentach zachowanych źródeł pisanych i w nie zbadanych jeszcze warstwach osadniczych. Na tym obszarze lokalizuje J. Pagaczewski hipotetycznie pierwsze obserwatorium Kopernika, które nazywał on *pavimentum*.

Napady krzyżackie i najazdy szwedzkie nie omijały warowni z katedrą, niszczyły również kanonie. Nie należy też zapominać, że i czas pozostawił niszczące ślady, a kanonicy obejmujący kanonie dokonywali częstych przebudów.

W pewien czas po śmierci Kopernika jedną z kanonij objął dziekan katedry, kanonik Ekhard z Kępna. On to gościł w 1584 r. astronoma Cimbera. Z dziennika pomiarów tego astronoma wynika, że wykonał on serię obserwacji z obserwatorium pozostałego po Koperniku na terenie kanonii Ekharda⁶.

W wyniku dalszego użytkowania tego terenu narastała na nim liczba obiektów; w szczególności w wiekach XIX i XX układano tu wodociągi i kanalizację oraz wznoszono obiekty gospodarcze. Dzisiejsze rozplanowanie budynków kurii przedstawione jest na szkicu sytuacyjnym badań elektrycznooporowych (ryc. 3). Zmieniły się jedynie funkcje i tym samym ogólna liczba budynków mieszkalnych.

J. Pagaczewski, lokalizując obserwatorium Kopernika za murami warowni fromborskiej, hipotezę tę oparł na opisie obserwacji fromborskich dokonanych przez Kopernika⁷, a także na opisie przyrządów, sposobu ich ustawiania oraz podstawy, na której były ustawiane, zawartym w dzienniku pomiarów fromborskich Cimbera i podanym przez Tychona Brahego, na koniec zaś — na adnotacji z 31 III 1513 w księdze kasy budowlanej kapituły fromborskiej o zakupie przez Kopernika 800 kamieni budowlanych oraz wapna. Na podstawie tych dokumentów J. Pagaczewski wnosi, że owe *pavimentum* było płytą o wymiarach 4×4 m, zbudowaną z kamieni i otoczoną wałem ziemnym⁸.

CEL BADAŃ

Przed metodą elektrycznooporową postawiono dwa podstawowe zadania: znalezienie *pavimentum* Kopernika oraz zlokalizowanie obiektów mieszkalnych i gospodarczych, dziś nie istniejących. Nasuwały się przy tym pytania: czy i w jakim stanie zachowało się obserwatorium Kopernika, oraz która z trzech kanonii była kanonią Kopernika, a później Ekharda z Kępna?

Stan zachowania obserwatorium uzależniony jest w dużej mierze od tego, czy było ono wybudowane w strefie bezpośredniego zasięgu później-

⁶ Por. artykuł J. Pagaczewskiego cytowany w przypisie 1 (ss. 6—7); oraz: J. Pagaczewski, *Dokumentacja historyczno-astronomiczna do poszukiwań geofizyczno-archeologicznych „pavimentum” Mikołaja Kopernika we Fromborku*. Kraków 1966. Maszynopis w archiwum Zakładu Geofizyki PAN. Zob. też recenzję książki J. Pagaczewskiego *Obserwatoria Mikołaja Kopernika na Warmii*, zamieszczoną w niniejszym numerze „Kwartalnika”, s. 686.

⁷ *De revolutionibus [...] liber II, caput 2.*

⁸ Por. maszynopisemną pracę cytowaną w przypisie 6.

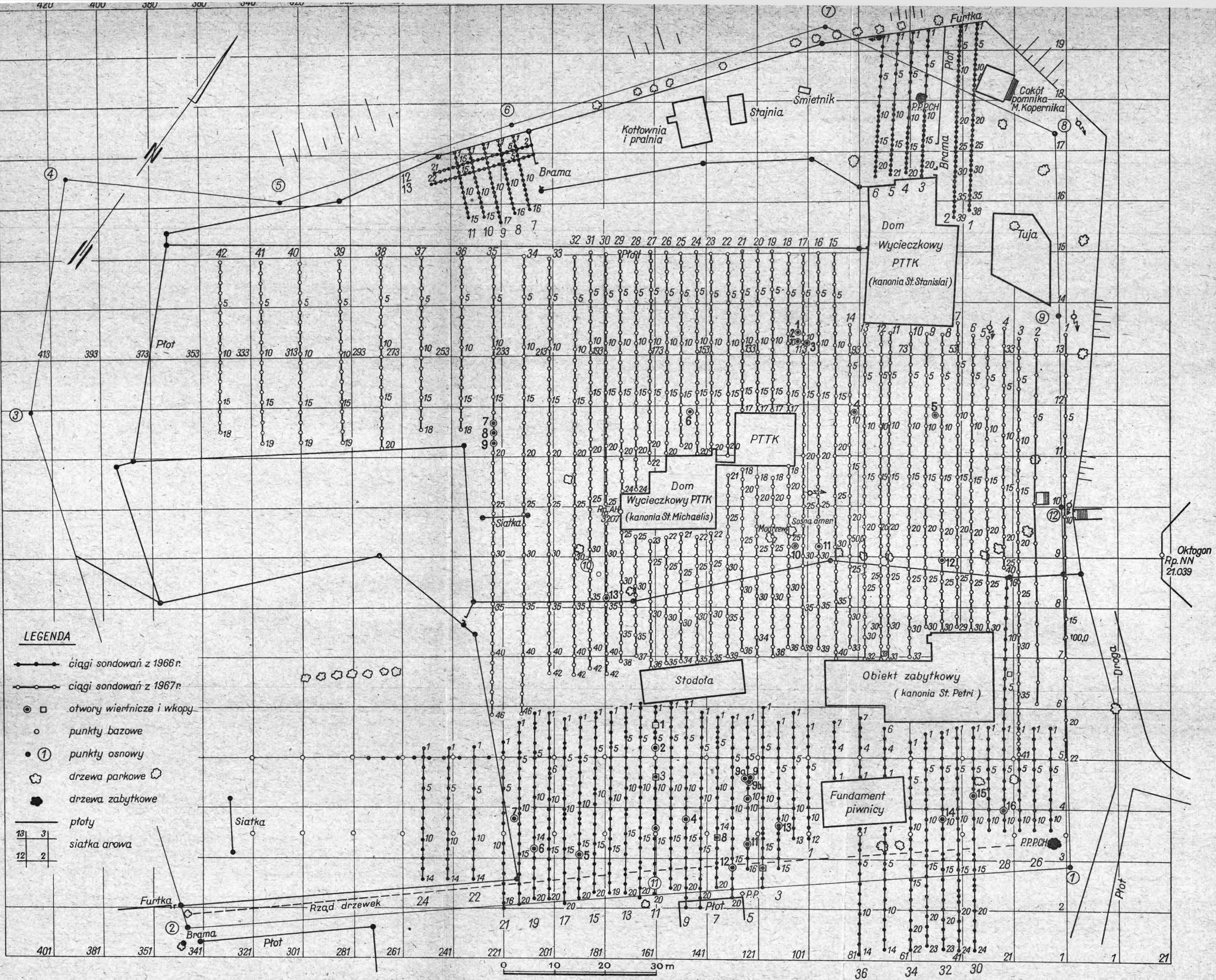


Рис. 3. Ситуационный абрис нынешнего состояния застройки на холме Монс анте Кастром и пунктов зондирования почвы с помощью метода сопротивлений в 1966—1967 гг. По В. Ступиньскому

Fig. 3. Map of today's buildings on Mons ante Castrum hill, and localities of electro-resistivity examinations made in 1966—1967 (after W. Stopiński)

szych obiektów budowlanych, czy też na uboczu. Dzisiejsze ukształtowanie powierzchni absolutnie jednak nie sugeruje istnienia zasypanego obiektu o wymienionej wielkości. Archeologiczne badania prowadzone przy kanonii św. Michała wykryły natomiast skupiska cegły gotyckiej na głębokości ok. 1 m⁹. Ponieważ wydaje się, że fundament *pavimentum* posadowiony był nie płycej niż 1 m od ówczesnej powierzchni, istniałaby nadzieja zachowania chociażby części fundamentowej.

Z tymi wiadomościami i niepewnościami przystąpiono do opracowania metodyki badań.

METODYKA BADAŃ

Z całą świadomością trudności, jakie będziemy napotykać przy poszukiwaniu *pavimentum*, podjęliśmy opracowanie takiej metodyki badań elektrycznooporowych, która by umożliwiła danie odpowiedzi na postawione pytania. Należy zaznaczyć, że zadanie poszukiwania określonego obiektu o wymiarach ok. 4×4 m na obszarze 4 ha nie było jeszcze w naszej praktyce rozwiązywane. Drugie za to zadanie, o szerszym aspekcie, nie przedstawiało tych trudności, ponieważ analogiczne badania były już prowadzone z wynikiem dodatnim¹⁰.

Przy opracowaniu metodyki badań uwzględniono przyjęte wymiary *pavimentum* oraz prawdopodobną jego konstrukcję: siatka sondowań pionowych była tak dobrana, że zabezpieczała niepominięcie obiektu tej wielkości. Jednocześnie liczba pomiarów w sondowaniu gwarantowała prześledzenie zmian oporności w warstwach osadniczych oraz pozwalała wnioskować o zmianach oporności w calcu. Siatka sondowań w dostatecznej mierze zabezpieczała również wykrycie fundamentów budynków mieszkalnych oraz innych obiektów znajdujących się w zasięgu badań.

Wzajemne odległości ciągów sondowań wynosiły 3—6 m, a odległości sondowań w ciągu: 1—2 m (por. ryc. 3). Był to najbardziej ekonomiczny układ siatki sondowań, zabezpieczający przy tym w dostatecznej mierze rozwiązanie problemu.

Z uwagi na specyficzne warunki badań i potrzeby prawidłowej interpretacji ich wyników, kontrolę wykrytych anomalii wykonywano świadrem ręcznym, co umożliwiało pobieranie prób. Przewidziane były również wkopy o powierzchni nie większej niż 1 m².

INTERPRETACJA WYNIKÓW POMIAROWYCH

Wyniki pomiarów przedstawiono przy pomocy map rozkładu pozornej oporności. Każda z tych map reprezentuje zmiany oporności na innej głębokości od powierzchni ziemi. Mapa dla rozstawów sondowań AB₂ odpowiada głębokości ok. 0,9 m, AB₃ — głębokości ok. 1,5 m, AB₄ — głębokości ok. 1,8 m, a mapa AB₅ — głębokości ok. 3,0 m¹¹.

Pomiary na powierzchniach najgłębszych, które reprezentują rozstawy AB₄ i AB₅ sondowań pionowych¹², miały za zadanie prześledzenie

⁹ Badania prowadził dr J. Kruppe.

¹⁰ Por.: T. Lemkiewicz, W. Stopiński, *Zastosowanie metody elektrycznooporowej do badań archeologicznych na obszarze miast*. Warszawa 1965. Maszynopis w archiwum Zakładu Geofizyki PAN.

¹¹ Podane głębokości są przyjęte przez autora jako odpowiadające środkom rozstawu AB sondowania pionowego.

¹² Z uwagi na duże podobieństwo w rozkładzie oporności na pewnych głębokościach, omówiono tu bardziej szczegółowo mapy oporności jedynie dla wybranych poziomów.

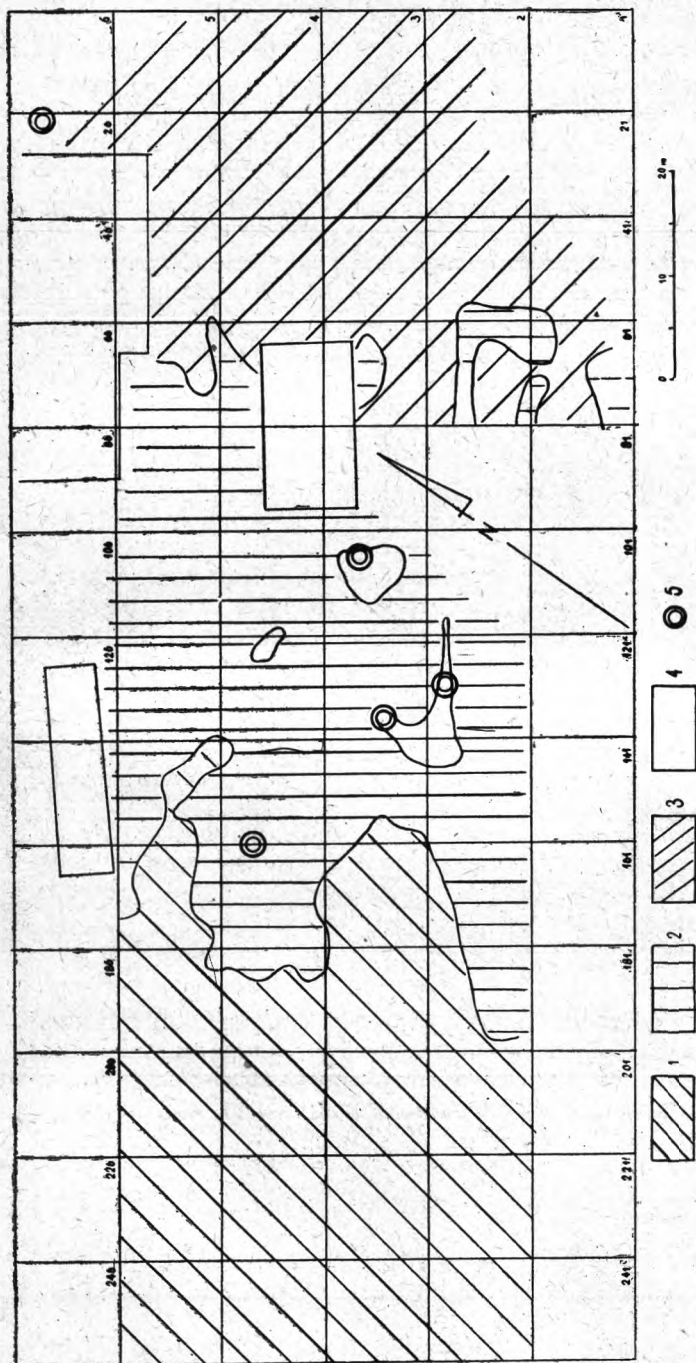


Рис. 4. Zgeneralizowana mapa rozkładu oporności kanonii św. Piotra dla rozstawu AB_4 . Według W. Stopińskiego
 1 — oporność strefy wydymowej (3000—200 ohm); 2 — oporność utworów dolinki (200—40 ohm); 3 — oporność wschodniej części ka-
 nonii św. Piotra (1400—200 ohm); 4 — budynki; 5 — miejsca przuszczalnych obiektów archeologicznych wykryte metodą elektry-
 cznooporową

Рис. 4. Общая карта расположения сопротивлений на территории канонии св. Петра на отрезке AB_4 . По В. Стопиньскому
 1 — сопротивление дюнной зоны (3000—200 ohm); 2 — сопротивление образований предлощины (200—40 ohm); 3 — сопротивление в северной части каноний
 св. Петра (1400—200 ohm); 4 — строения; 5 — места предполагаемых археологических объектов, обнаруженные исследованиями по методу сопротивления
 Fig. 4. Generalized map of distribution of resistivity in the area of the former property of the canons of St. Peter's
 church, for distance AB_4 (after W. Stopiński)

1 — resistivity of dune zone (3000—200 ohm); 2 — resistivity of valley deposits (200—40 ohm); 3 — resistivity of eastern part of
 the above mentioned area (1400—200 ohm); 4 — buildings; 5 — sites of probable archeological objects detected by electro-resist-
 ivity method

środowiska naturalnego (calca) nie naruszonego działalnością człowieka¹³, a pomiary na powierzchniach odnoszących się do rozstawów AB₃, AB₂, AB₁ — zadanie zlokalizowania obiektów i prześledzenia zmian oporności w warstwie osadniczej.

Mapa rozkładu oporności dla rozstawu AB₄ już w ujęciu zgeneralizowanym narzuca podział obszaru kanonii św. Piotra na trzy strefy różniące się opornością (ryc. 4).

Południowo-zachodnia część tego obszaru ma zdecydowanie wysoką oporność właściwą, dochodzącą do 3000—3500 omm¹⁴. W obrębie tej części obserwujemy duże lokalne zróżnicowanie oporności, co świadczyć może o zróżnicowaniu litologicznym piasków wydmowych oraz o zmiennej ich miąższości. Obserwowane niewielkie oczka o oporności 150—300 omm świadczą o migracji piasków wydmowych w lokalne dolinki.

Część środkowa terenu kanonii, o szerokości ok. 80 m, charakteryzuje się niską opornością (200—40 omm), co przypisać można utworom zastoiskowym, wykształconym w postaci piasków zailonych z zawartością humusu. Morfologicznie rzecz biorąc, obszar ten jest dolinką rozcinającą wzgórze *Mons ante Castrum*. Na jej obszar od strony południowo-zachodniej wkraczają — na co wskazuje rozkład oporności — dwoma językami piaski z obszaru wydmowego. Wybitne obniżenia oporności (do 40 omm) układają się w arach 142—122 i 146—126¹⁵, wyznaczając oś pradolinki, dziś niewidocznej. Wydaje się, że wyznaczenie osi tej pradolinki ma kapitalne znaczenie dla poszukiwań, do czego jeszcze powrócę. Obszar obniżonej oporności poszerza się w kierunku północnym.

Trudności terenowe nie pozwoliły wykonać pomiarów w arach 81—83, co uniemożliwiło dokładniejsze sprecyzowanie północno-wschodniej granicy dolinki. Jak należy sądzić, przebiegać ona będzie w obrębie arów 81—84. Wysokość oporności i jej rozkład świadczy tu o lepszym wysortowaniu piasków w calcu. Z uwagi na wskazówki zawarte w planie Rehelfelda z 1837 r. (por. ryc. 2), pomiarami objęto także część kanonii św. Józefa po wschodniej stronie badanego obszaru, co pozwoliło m.in. na prześledzenie i w tej kanonii krawędzi dolinki.

Oporność wzrasta systematycznie w kierunku północno-wschodnim na terenie kanonii św. Piotra i św. Józefa. Część ta porozcinana jest przy tym mniejszymi wycinkami o obniżonej oporności, co świadczyć może o dość zróżnicowanej morfologii obszaru przed jego zagospodarowaniem.

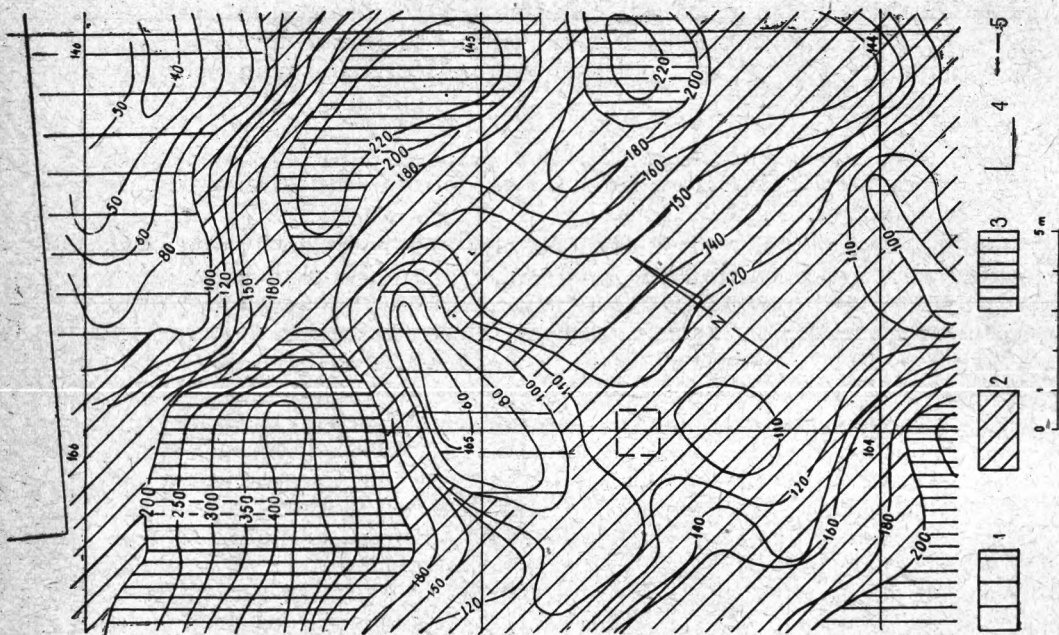
Badania elektrycznooporowe doszły do krawędzi wąwozu rozdzielającego wzgórze: *Mons Castrum* i *Mons ante Castrum*, gdzie obserwujemy mniej zdecydowany charakter wydmowy niż w części południowo-zachodniej badanego obszaru.

Dla płytszego poziomu AB₂ mapa rozkładu oporności wykazuje ten sam układ generalnego podziału na trzy zróżnicowane obszary (ryc. 5). W szczególności rozkład oporności południowo-zachodniego wycinka ka-

¹³ Por. w związku z analogicznym zadaniem: K. Dąbrowski, W. Stopiński, E. Stupnicka, *Początki i rozwój grodziska na Zawodziu w Kaliszu w świetle badań środowiska naturalnego*. „Archeologia Polski”, nr 2/1962.

¹⁴ 1 omm = 1 omometr.

¹⁵ Przyjęty przez autora sposób oznaczania siatki arowej odczytać można z ryc. 3. Kwadraty tej siatki są oznaczone w kolumnach, od dołu do góry mapy, od 1 do 20, a dalej (ku lewej stronie) od 21 do 40, od 41 do 60 itd. Ta sama numeracja jest zachowana na ryc. 4—6 i 7.



Ryc. 5. Rozkład oporności dla rozstawu AB_2 zachodniego wycinka kanonii św. Piotra z wydłmą (oporność 400—200 om) wkraczającą na obszar dolinki. Według W. Stońskiego

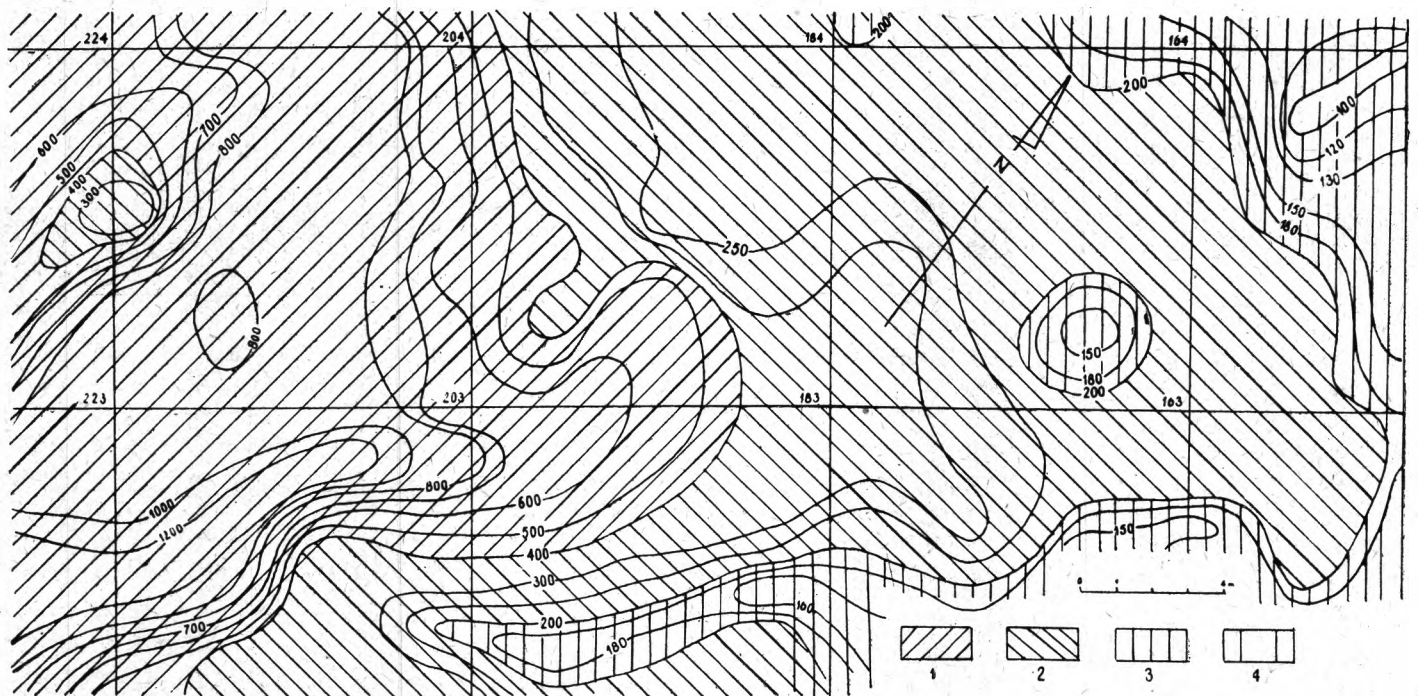
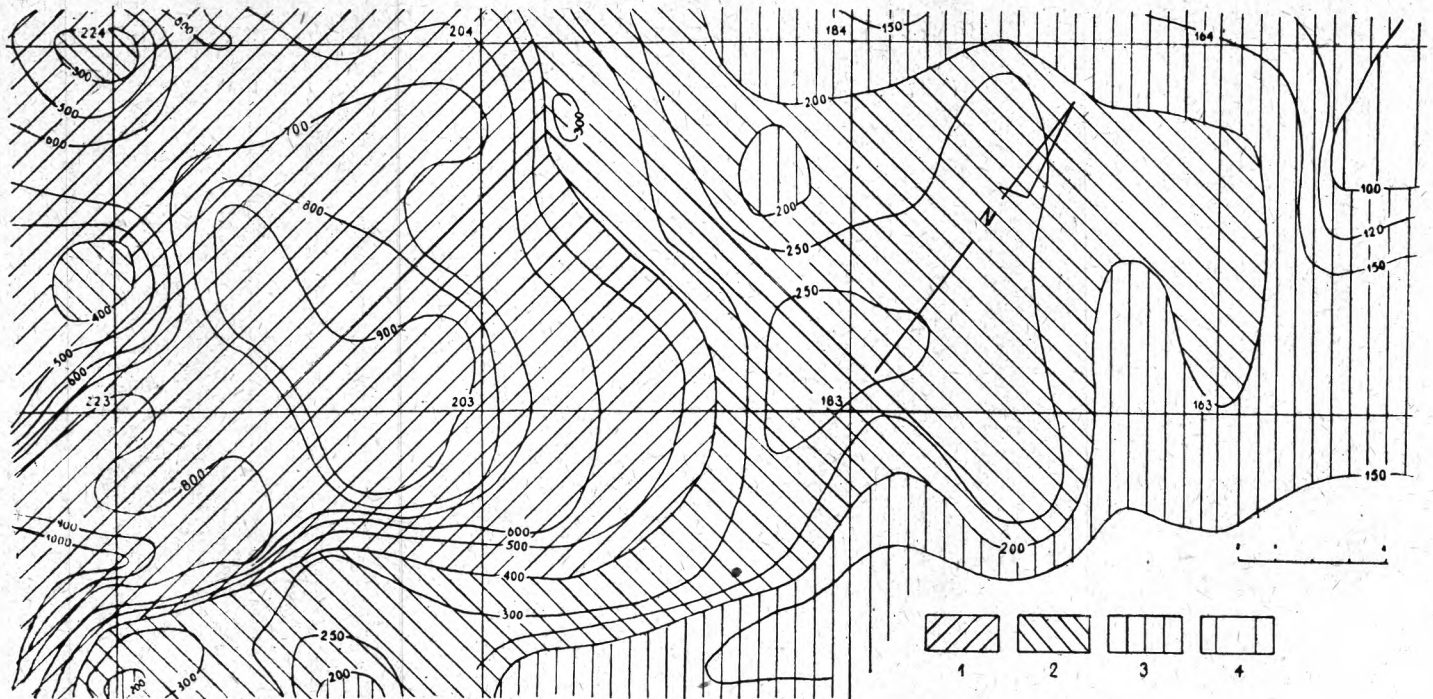
1 — oporność 100—40 om (piaski silnie zaglinione, gliny); 2 — oporność 200—100 om (piasek lekko zagliniony z humusem i fragmentami cegły i ceramiki); 3 — oporność 400—200 om (piaski średnioziarniste dobrze wysortowane); 4 — budynki; 5 — miejsce przypuszczalnego obiektu archeologicznego wykryte metodą elektryczną

Rис. 5. Расположение сопротивлений на отрезке AB_2 западного канонного участка канонии св. Петра (400—200 ом), занимающего часть площади прадолины. По В. Стопінському

1 — сопротивление 100—40 ом (глинистые пески, глина); 2 — сопротивление 200—100 ом (песок с небольшой примесью глинистых частиц, содержащих гумус и обломки кирпича и керамики); 3 — сопротивление 400—200 ом (среднезернистые пески); 4 — строения; 5 — место предполагаемого археологического объекта, обнаруженного исследованиями по методу сопротивлений

Fig. 5. Resistivity distribution for distance AB_2 of the western section of the former property of the canons of St. Peter's church; this section contains a dune (of 400—200 ohm) encroaching on the valley area (after W. Stopiński)

1 — resistivity 100—40 ohm (heavy loamy sands, loams); 2 — resistivity 200—100 ohm (slightly loamy sand with humus, containing brick and pottery fragments), 3 — resistivity 400—200 ohm (medium-grained well sorted sands); 4 — buildings; 5 — site of probable archeological object detected by electro-resistivity method



Ryc. 6. Wycinek map oporności dla rozstawów: AB₅ (ryc. 6a) i AB₂ (ryc. 6b), obrazujący przemieszczanie się wydmy z południowego zachodu na północny wschód. Według W. Stopińskiego

1 — oporność 3000—400 omm (jądro wydmy); 2 — oporność 400—200 omm (piaski wydmy przewarstwione, większa zawartość humusu); 3 — oporność 200—100 omm (piaski z większą zawartością humusu i lekko zailone); 4 — oporność poniżej 100 omm (piaski silnie zaglinione)

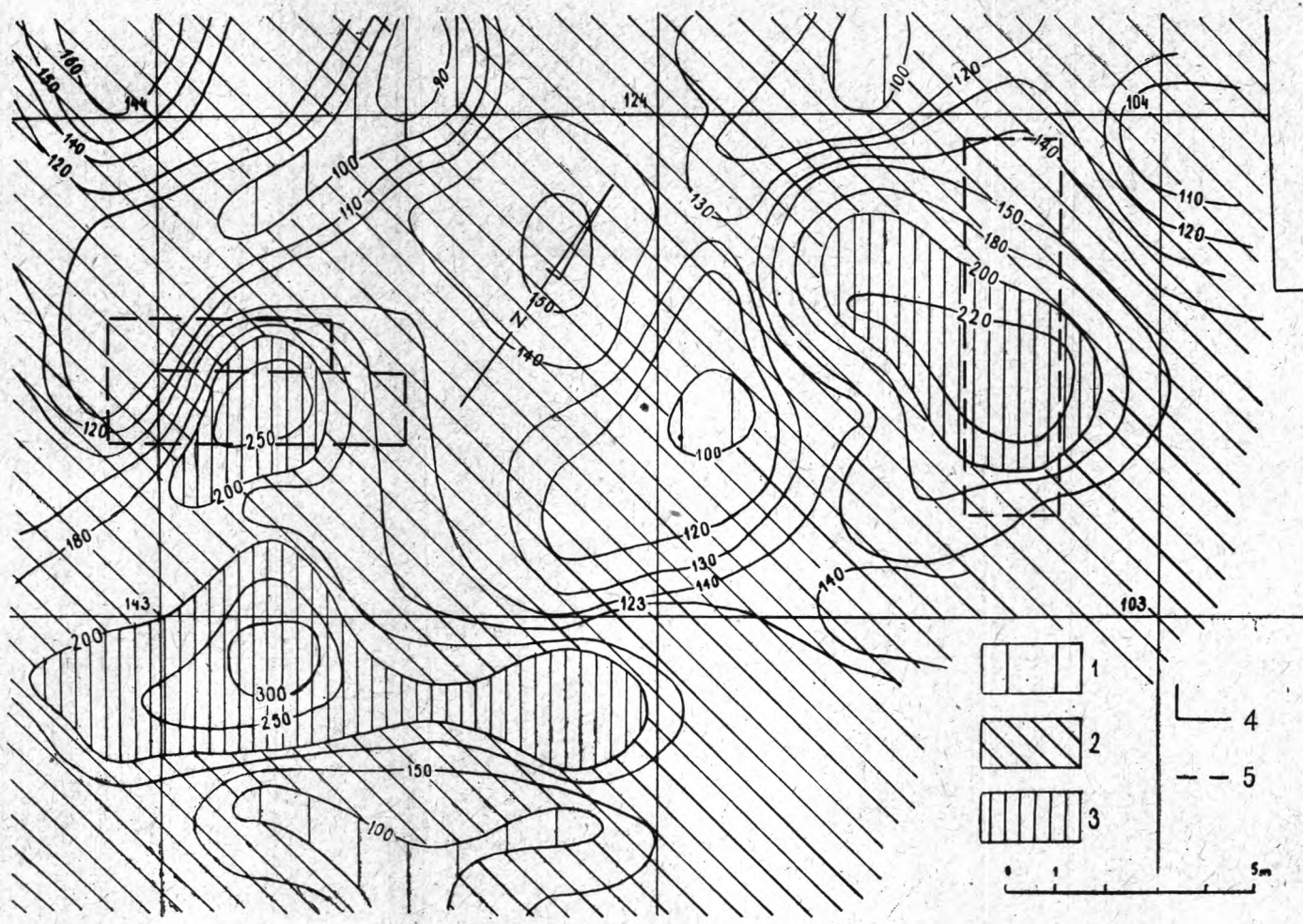
Рис. 6. Фрагмент карты сопротивлений на отрезке AB₅ (рис. 6а) и на отрезке AB₂ (рис. 6б), иллюстрирующий перемещение дюны с юго-запада на северо-запад. По В. Стопиньскому

1 — сопротивление 3000—400 омм (ядро дюны); 2 — сопротивление 400—200 омм (дюнные пески с прослойками, содержание гумуса больше); 3 — сопротивление 200—100 омм (пески с большой примесью гумуса и небольшим содержанием ила); 4 — сопротивление меньше 100 омм (глинистые пески)

Fig. 6. Section of resistivity map for distances: AB₅ (fig. 6a) and AB₂ (fig. 6b), illustrating a dune migration from south-west to north-east (after W. Stopiński)

1 — resistivity 3000—400 ohmm (dune core); 2 — resistivity 400—200 ohmm (stratified dune sands with greater humus content); 3 — resistivity 200—100 ohmm (sands with greater humus content, slightly clayey); 4 — resistivity of less than 100 ohmm (sands strongly clayey)

644a



Ryc. 7. Wycinek mapy oporności dolinki dla rozstawu AB₂ z sugerowanymi relikami budowli. Według W. Stopińskiego
 1 — oporność poniżej 100 omm; 2 — oporność 200—100 omm; 3 — oporność powyżej 200 omm; 4 — budynki; 5 — miejsca obiektów archeologicznych wykrytych metodą elektrycznooporową

Рис. 7. Фрагмент карты сопротивлений прадолины на отрезке АВ₂ с предполагаемыми остатками строений. По В. Стопиньскому
 1 — сопротивление меньше 100 омм; 2 — сопротивление 200—100 омм; 3 — сопротивление больше 200 омм; 4 — строения; 5 — места археологических объектов, найденных с помощью метода сопротивлений

Fig. 7. Section of resistivity map of valley, for distance AB₂, with surmised relicts of buildings (after W. Stopiński)
 1 — resistivity of less than 100 ohmm; 2 — resistivity 200—100 ohmm; 3 — resistivity higher than 200 ohmm; 4 — buildings; 5 — sites of archeological objects detected by electro-resistivity method



nonii nie ulega zasadniczym przekształceniom, co może świadczyć o minimalnych zmianach morfologicznych tego wycinka terenu. Północno-zachodnia krawędź obszaru wydmowego natomiast — jak wskazują pomiary elektrycznooporowe — przejawia tendencje wkraczania w obszar dolinki. Występuje to szczególnie w arach 165, 145, 144.

Obserwujemy również przemieszczanie się wydmy w kierunku północno-wschodnim z centrum znajdującego się w arach 245, 242 i 222, gdzie oporność piasków przekracza 3000 omm, aż na ary 142 i 143. Mapa oporności na głębokości 3,0 m (rozstaw AB₅, ryc. 6a), porównana z analogiczną mapą na głębokości 0,9 m (rozstaw AB₂, ryc. 6b), obrazuje zwiększony zasięg piasków w poziomie płytszym (charakterystyczne są szczególnie warstwy 200 i 300 omm). Ten obraz migracji piasków wskazuje, iż miąższość warstwy osadniczej w kierunku południowym maleje i jednocześnie jest ona rozdzielana piaskami wkraczającymi w dolinkę. Zmniejszanie się obszarów o niskiej oporności (poniżej 100 omm) w arach 164, 165, 145, 144 świadczy o stopniowym spłycaaniu się tej części dolinki, przy czym poza naturalnymi czynnikami, zmieniającymi jej charakter, pojawiają się tu, jak sądzić należy, również i obiekty działalności ludzkiej.

Na terenie, przedstawionym na wycinku mapy rozkładu oporności odnoszącej się do głębokości ok. 0,90 m (por. ryc. 5), wytypowaliśmy na granicy arów 164 i 144 niewielką anomalię dodatnią do skontrolowania wierceniem. Potwierdziło ono istnienie reliktyw fundamentów ogrodzenia uwidocznionego na planie Rehefelda (por. ryc. 2), a niewielkie odsłonięcie w centrum anomalii wkopem 0,5 × 0,5 m pokazało mur z cegły gotyckiej (ryc. 8).

Wydaje się, że omawiana poprzednio dolinka, w zagłębieniach charakteryzujących się opornością 40—100 omm, była zawodniona nie tylko okresowo. Warunki te zapewne nasunęły ówczesnym budowniczym warowni myśl wykorzystania dolinki do celów obronnych kanonii na wzgórzu *Mons ante Castrum*. Dla obecnie prowadzonych badań ma to kapitalne znaczenie, gdyż — jeżeli ta hipoteza znajdzie potwierdzenie — każe przyjąć, iż obserwatorium Kopernika musiało być zlokalizowane po stronie wewnętrznej umocnień obronnych, co w dużym stopniu precyzuje obszar poszukiwań. Jednocześnie można sądzić, że obiekty wykryte poza tą strefą będą młodsze.

Z układu izomów nasuwają się dwie hipotezy dotyczące przebiegu fosy: mogła ona przebiegać bądź w arach 142—146 z niewielkim odchyleniem na zachód w arze 146, bądź w arach 122—126; na obu tych liniach bowiem obserwujemy obniżenie oporności. Dopiero jednak dalsze badania wzgórza pozwolą przesłedzić przebieg dolinki, a tym samym zasięg ewentualnych umocnień obronnych, na obszarze kanonii: św. Michała i św. Stanisława.

W strefie hipotetycznych umocnień obronnych *Mons ante Castrum* wykryta została anomalia dodatnia o podwyższonej oporności (ponad 200 omm), zajmująca ok. 3/4 powierzchni aru 103 (ryc. 7). Skontrolowana została ona wierceniem: po przejściu ziemi uprawnej (40 cm), wiercenie weszło w rumos z cegły i dachówek, zatrzymując się na kamieniach.



Ryc. 8. Fragment odsłoniętego muru z cegły gotyckiej wykrytego metodą elektryczno-oporową na granicy arów 164 i 144 (por. ryc. 4 i 5). Fot. W. Stopiński

Рис. 8. Фрагмент стены, построенной из готического кирпича. Эта стена была обнаружена методом сопротивлений на границе 164 и 144 ара (ср. рис. 4 и 5). Фото В. Стопинского

Fig. 8. Fragment of uncovered wall built of Gothic brick, discovered by electro-resistivity method on boundary of ares 164 and 144 (cf. figs. 4 and 5). Photo by W. Stopiński

W następnym sezonie badań (1967 r.) anomalia ta poddana została powtórnie kontroli metodami archeologicznymi¹⁶; stwierdzono wówczas istnienie dołu wypełnionego gruzem budowlanym.

W arze 123 stwierdzono wystąpienie dodatniej anomalii oporności. Wiercenie nr 8 a następnie wkop (1 × 1 m), po przejściu ziemi uprawnej i gruzu ceglanego, zatrzymały się na kamieniach. Odsłonięcie wykonane do głębokości 0,57 m ujawniło fundament kamienny spojony zaprawą wapienną (ryc. 9), a w 1967 r. pod tymi kamieniami odsłonięto nie zniszczony piec długości ok. 3 m, wykonany z cegły gotyckiej o konstrukcji łukowej.

Na granicy arów 122—123 i 102—103 podłużną anomalię wysoko-oporową skontrolowano wkopem 1 × 1 m do głębokości 0,60 m, stwierdzając obecność luźnych kamieni z zaprawą wapienną. Odpowiadałoby to fundamentom ogrodzenia rozdzielającego kanonie lub fundamentom kanonii św. Józefa. Inne anomalie o wysokiej oporności (1400 omm) skontrolowano wierceniami, które nie przebiły rumoszu budowlanego, składającego się z fragmentów cegieł i dachówek.

Uwidocznione obszary niskiej oporności skontrolowano kilkoma wier-

¹⁶ Kontrolne badania archeologiczne prowadzone były przez dra J. Kruppe, a finansowane przez konserwatora zabytków województwa olsztyńskiego.

ceniami, stwierdzając osady zastoiskowe, wykształcone w postaci namulów ilastych i piasków zailonych, co potwierdza istnienie zawodnionej dolinki.

WNIOSKI

W wyniku badań przeprowadzonych w latach 1966—1967 na wzgórzu *Mons ante Castrum* uzyskano dla 2/3 tego obszaru informacje dotyczące paleogeografii podłoża (calca) warstwy kulturowej. Dotyczy to kanonii: św. Piotra i św. Michała oraz częściowo kanonii św. Józefa. W warstwie kulturowej zlokalizowano anomalie o wysokiej oporności, świadczące o istnieniu relikwów fundamentów zabudowy lub nagromadzonego rumoszu budowlanego. Kontrola 17 wybranych anomalii elektrycznooporowych świdrem ręcznym, a w 5 wypadkach również minimalnymi wkopami, potwierdziła istnienie konstrukcji kamiennych, konstrukcji z cegły gotyckiej i dużych warstw rumoszu. Kontrola metodą archeologiczną dwu anomalii wyjaśniła, że zostały one spowodowane obiektami archeologicznymi. Kontrola wyników badań elektrycznooporowych przez wiercenia i badania archeologiczne w dostatecznej zatem mierze uwypukliła możliwości badawcze metody elektrycznooporowej na stanowiskach archeologicznych z okresu średniowiecznego.



Ryc. 9. Fragment odsłoniętej konstrukcji kamiennej spojonej zaprawą wapienną.
Fot. W. Stopiński

Рис. 9. Фрагмент обнаруженной раскопками каменной стены с известковым раствором.
Фото В. Стопиньского

Fig. 9. Fragment of uncovered stone structure cemented by chalk mortar. Photo by
W. Stopiński

ПОИСКИ ПЕРВОЙ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ НИКОЛАЯ КОПЕРНИКА МЕТОДОМ СОПРОТИВЛЕНИЙ

Гипотеза И. Пагачевского, локализирующая первую астрономическую обсерваторию Николая Коперника во Фромборке в другом месте епископского капитула на холме Монс анте Каструм, а не в башне *turris Copernicana*, как писал Л. Прове и др. ученые коперниканисты, дала основание применению при археологической разведке этой обсерватории (павиментум) метода сопротивлений. Использование этого метода имело двойную цель: во-первых, найти обсерваторию Коперника и, во-вторых, установить размещение уже не сохранившихся до нашего времени жилых и хозяйственных объектов (сравни рис. 2). Решение такого рода задания — разведка точно определенного объекта площадью ок. 16 кв. м на территории 4 гектаров — было предпринято в нашей практике впервые. Для поисков мы применили систему вертикального зондирования, которая в 1966 и 1967 г. равномерно покрыла всю территорию исследуемых каноний (рис. 3). Обнаруженные аномалии мы предварительно проверяли с помощью ручного бура.

Результаты измерений представлены на картах изоомов, составленных для каждого исследуемого горизонта. Карта изоомов сектора глубиной около 1,8 м свидетельствует о наличии в нем трех зон, различающихся величиной сопротивления. Зона максимального сопротивления 3500 ометров (омм) отвечает дюнным пескам. Низкое сопротивление (40—200 омм) средней части этого сектора связано с наличием в ней застойных образований (илистые пески с примесью гумуса), залегающих на границе небольшой прадолины. К северу сопротивление снова повышается, что свидетельствует о том, что в песке содержится меньше илистых частиц.

Представленный фрагмент карты расположения сопротивлений на глубине около 0,9 м (рис. 5, 6б и 7) в принципе тоже свидетельствует о наличии в этом секторе трех зон, причем, кроме естественных факторов (дюны), несколько изменивших характер прадолины, здесь были обнаружены следы деятельности человека. Прадолина, возможно, использовывалась в древности в качестве рва, северная же граница, видимо, служила оборонительным укреплением курии. Такая гипотеза уточняет площадь предполагаемого расположения обсерватории.

В пределах прадолины неподалеку от курии св. Петра исследованиями были выявлены аномалии. Некоторые аномалии были проверены с помощью бурения скважин, что позволило обнаружить в них, в частности, обломки черепицы и щебень, камни со следами известкового раствора (рис. 9) и стену, построенную из готического кирпича (рис. 8). В дальнейшем археологическими раскопками тут была найдена печь, выполненная из готического кирпича.

Таким образом, результаты исследований подтвердили эффективность применения метода сопротивлений для археологической разведки.

THE SEARCH FOR COPERNICUS' FIRST ASTRONOMICAL OBSERVATORY AT FROMBORK UNDERTAKEN BY THE ELECTRO-RESISTIVITY METHOD

The hypothesis put forward by Dr. J. Pagaczewski — that Copernicus' first observatory at Frombork was not what was called *turris Copernicana* well-known in Copernican literature, but was rather situated within the limits of diocesan property on Mons ante Castrum hill — initiated the application of the electro-resistivity method in the search for this observatory (*pavimentum*). The use of this method was intended to solve two problems: to find Copernicus' observatory, and to locate dwellings and farm buildings not existing any more today (cf. fig. 2). Never before in our practice had a task of this kind been assigned to us, to discover on an area of 4 ha traces of a definite object of some 16 sq. m. For this research we established rows of vertical soundings which in 1966 and 1967 covered the whole area of the diocesan land by a uniform network (fig. 3).

The anomalies observed were checked in a preliminary way by means of a hand-operated auger.

The results obtained are presented on an iso-ohm map for the individual research levels. The map plotted for the depth of 1.8 m (fig. 4) reveals three zones differing in resistivity. The zone of highest resistivity, 3500 ohm-meters (abbreviated ohmm), corresponds to dune sand. The low resistivity of the centre part (40—200 ohmm) is ascribed to ice-dammed deposits (clayey sands with humus) which signify a buried small proto-valley. Northward the resistivity increases again — proof of a diminution of clayey components in the sands.

A map showing the distribution of resistivity, shown in sections for the depth of approximately 0.9 m (figs. 5, 6b, 7) keeps up for the most part the general pattern of three zones detected for the previously investigated 1.8 m depth; here, however, apart from natural agencies like dunes which alter the character of the proto-valley, relicts of man's activities turned up. It may be, that the small valley has once been used as moat-like fosse and that its northern scarp was a defensive barrier protecting the diocesan land, and this assumption would indicate more precisely the area in which the observatory might have been built.

In the valley area and near the former residence of the canons of St. Peter's church, anomalies were determined, part of which have later been checked by drillings. In this manner there were discovered, apart from other objects, debris piles of stones and roof tiles, building stone with traces of mortar (fig. 9), and a wall built of Gothic brick (fig. 8). Further examinations by archeological methods unearthed a furnace built of Gothic brick.

The above research serves to stress the fact, that the electro-resistivity method might be put to good use at archeological localities.