

Rozdział IV. *Badania nieinwazyjne grodziska w Suraziu*

Miron Bogacki, Wiesław Małkowski, Radosław Mieszkowski,
Krzysztof Misiewicz

Podczas realizacji projektu badań nieinwazyjnych grodziska w Suraziu¹ wykonane zostały: fotografie lotnicze, opracowanie fotogrametryczne, przetworzenie chmur punktów skaningu lotniczego oraz badania geofizyczne metodami magnetyczną i elektrooporową. W tym rozdziale zaprezentowane zostaną wyniki oraz wnioski pochodzące z opracowania fotogrametrycznego oraz geofizycznych badań w połączeniu z kontekstem ukształtowania rzeźby terenu, wygenerowanego na podstawie danych ALS LIDAR².

IV.1. Fotografie lotnicze

Zdjęcia lotnicze grodziska w Suraziu i jego bezpośredniej okolicy wykonano w maju 2013 r. Były to jedne z pierwszych prac fotogrametrycznych przeprowadzonych na potrzeby polskiej archeologii przy pomocy drona oktokoptyera³. Wcześniej taką dokumentację wykonywano m.in. z przy pomocy balonu helowego i latawca (Bogacki 2016b, 88–119). Nalot wykonano w godzinach rannych, przy bezchmurnym niebie, aby wykorzystać niskie oświetlenie uwypuklające ukształtowanie terenu.

Przed wykonaniem zdjęć rozłożono na dokumentowanym terenie fotopunkty, które domierzono odbiornikiem GNSS RTK (ang. *Global Navigation Satellite System Real Time Kinematic*). Pomiar tych naziemnych punktów kontrolnych posłużyły do osadzenia wszystkich uzyskanych danych w ogólnopolskim geograficznym układzie współrzędnych P UWG: 1992 (EPSG: 2180).

Pod zdalnie sterowanym oktokoptyerem⁴, opartym na autopilocie firmy Mikrokoptyer (<http://mikrokoptyer.de> 2019), zamontowany był aparat Canon EOS 5D mk2 z obiektywem Canon EF 24 mm f/2.8. Zastosowany zestaw umożliwił wykonanie lotu trwającego 7 minut. Fotografujący dysponował możliwością wyzwolenia zdjęć i stałym podglądem fotografii. Do przesyłania obrazu użyto bezprzewodowych przekaźników wykorzystujących sieć 5,8 Ghz (Bogacki 2016b, 162–164). Na bieżąco za pomocą telemetrii przekazywane były też parametry lotu, takie jak wysokość, prędkość i lokalizacja. Dronem sterowano ręcznie. W pierwszej kolejności wykonane zostały zdjęcia pionowe z wysokości ok. 120 m, a następnie fotografie ukośne.

¹ Grodzisko znajduje się w obrębie działki ewidencyjnej nr 255, gm. Suraz, pow. białostocki, woj. podlaskie (N 52°56'35.93" E 22°56'58,12" P UWG 1992: X/N 571495 – Y/E 765075).

² Dane *las* pochodzą z państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii.

³ W podobnym czasie zostały także wykonane prace fotogrametryczne w Grodzisku, pow. pleszewski (Małkowski, Szczurek, Bogacki 2013, 104–107) oraz na grodzisku w Santoku, pow. gorzowski.

⁴ Będącym autorską konstrukcją M. Bogackiego.

Zdjęciami pionowymi został pokryty obszar ok. 0,05 km². Objął on teren samego grodziska oraz stref dookoła niego, w tym m.in. rynku. Wykonano także dodatkowe dokładniejsze ujęcia samego grodziska z niższej wysokości. Efektem prac było uzyskanie dokumentacji fotograficznej składającej się z ok. 200 zdjęć (ryc. IV.1). Dodatkowo zdjęcia pionowe przetworzono w oprogramowaniu fotogrametrycznym Photoscan Pro na Numeryczne Modele Pokrycia Powierzchni Terenu (NMPPT) oraz ortofotomozaiki. Modele cyfrowe zostały zapisane w różnych formatach. Uzyskano NMPPT w postaci chmury punktów (xyz), TIFF-DEM, plików graficznych TIFF z cieniowanym reliefem pokrycia terenu i różnokolorowym zobrażeniem wysokości (ryc. IV.2), modeli 3D zapisanych w plikach OBJ.

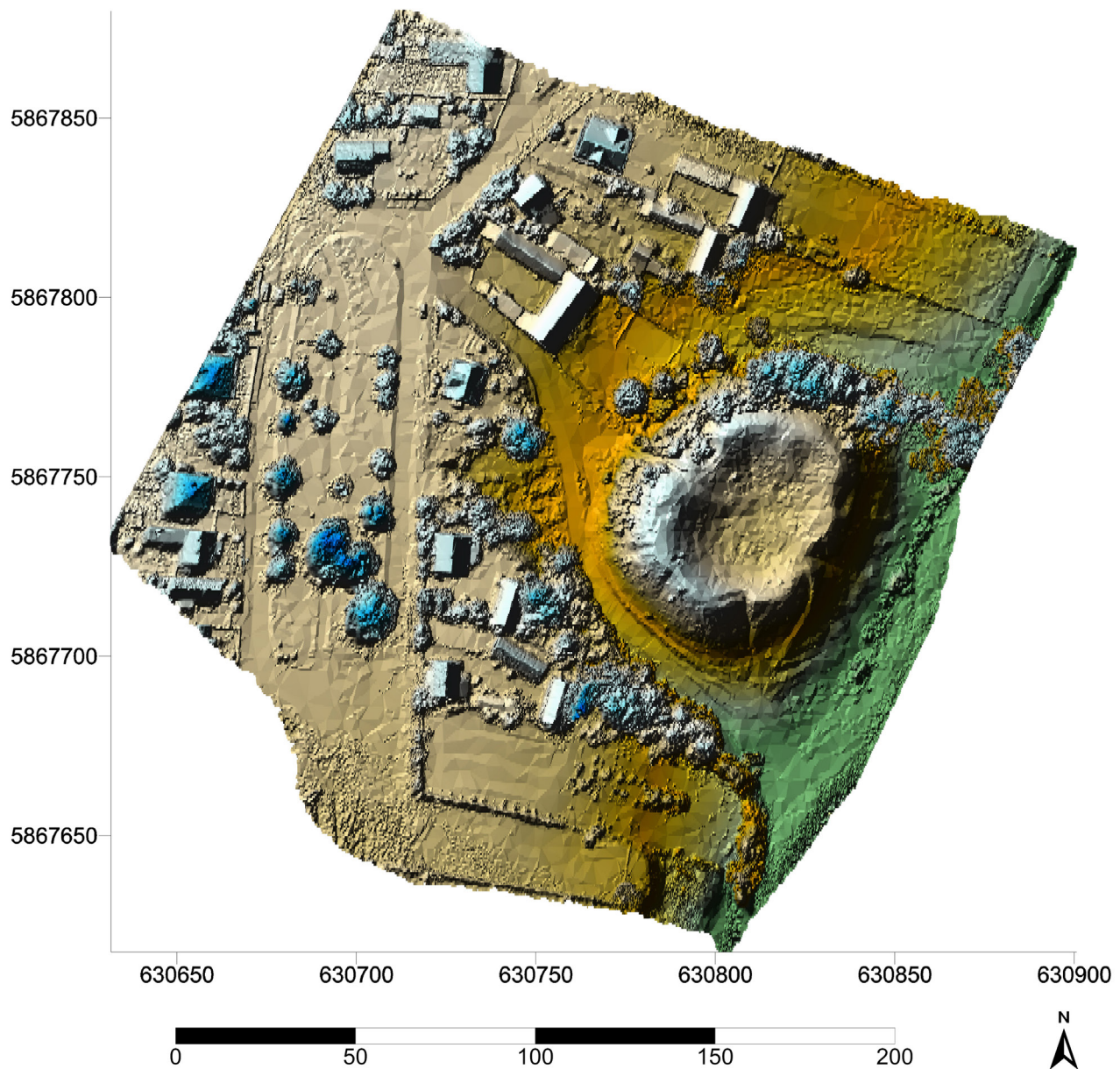


Ryc. IV.1. Suraz, pow. białostocki, stan. 1. Fotografia lotnicza grodziska (widok od południa). W tle współczesny most i miejsce dawnej przeprawy przez Narew (10.05.2013 r.). Fot. M. Bogacki

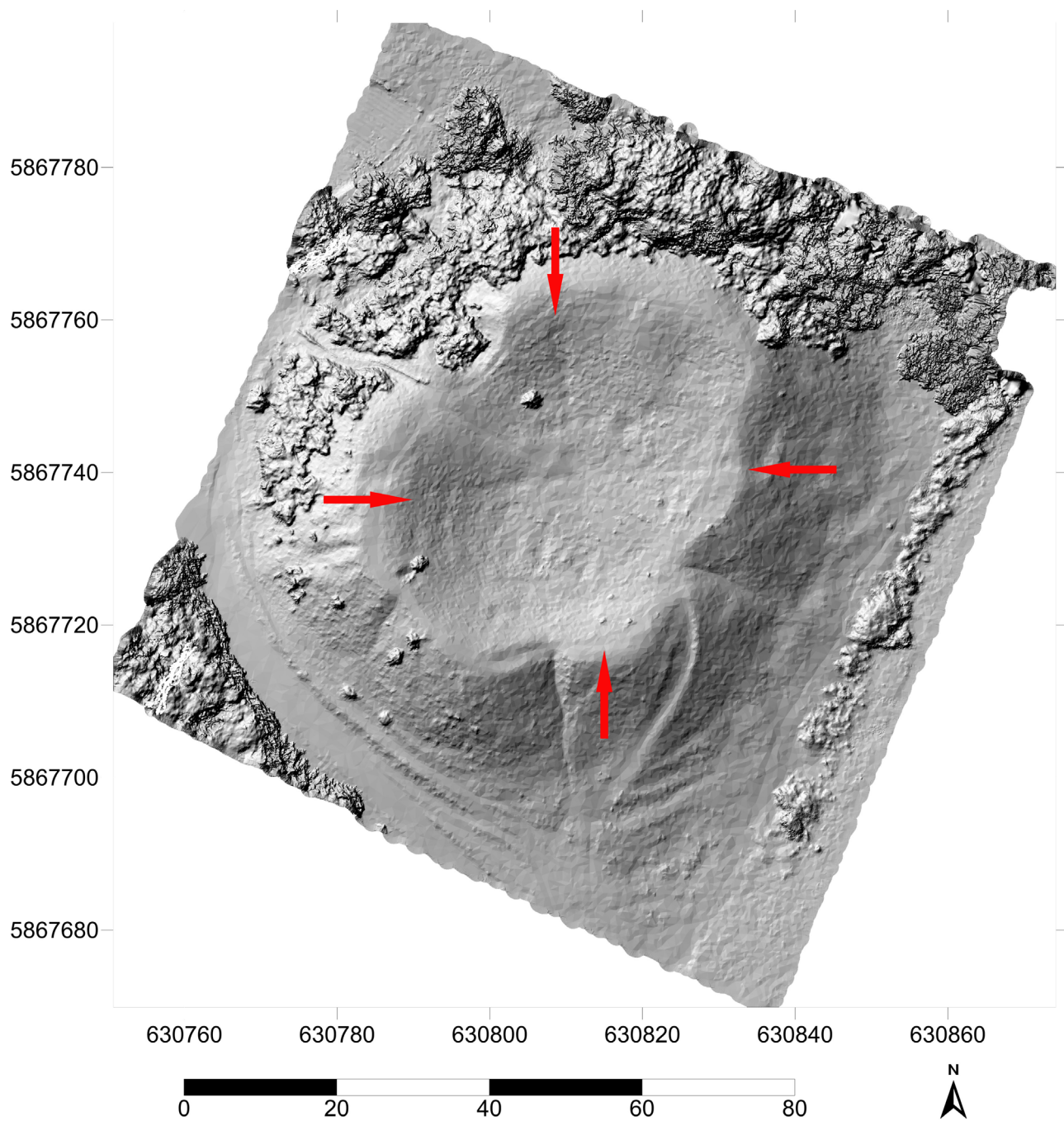
Wykonana w 2013 r. dokumentacja stanowi dobry przykład postępujących zmian w technice wykonywania zdjęć lotniczych, które obecnie są bardziej rozpowszechnione (Bogacki 2016a; Bogacki 2017; Cowley i in. 2018; Themistocleous i in. 2019) i często uzupełniane przez wykorzystanie danych LiDAR (Małkowski 2016, 432–34; Kiarszys, Kolenda 2017). Na podstawie numerycznych modeli pokrycia powierzchni terenu i ortofotomozaik poddano analizie strukturę grodziska oraz jego umiejscowienie względem innych elementów miasta, takich jak rynek czy kościół.

Na zdjęciach nie zaobserwowano jednoznacznych wyróżników stanowisk archeologicznych (Wilson 2000). Związane to było zapewne z dużym przekształceniem terenu przez człowieka i istniejącą wokół zabudową. Zdjęcia zostały wykonane w niekorzystnym dla tego rodzaju dokumentacji okresie, jednak dobrze posłużyły do wykonania wyrazistego modelu, ponieważ zostały wykonane przed rozpoczęciem pełnej wegetacji roślin. Najlepsze warunki dla zauważenia wyróżników stanowisk archeologicznych występują zazwyczaj pod koniec czerwca lub na początku lipca. Wykorzystać wówczas można przesuszenie wierzchnich warstw gleby, powodujące lepsze uwidocznienie się różnic w wysokości i kolorze porastającej

stanowisko roślinności. Tym niemniej należy zauważyć, że uzyskana dokumentacja była nowatorska i bardzo przydatna w dalszych analizach suraskiego grodziska. Przede wszystkim na zdjęciach pionowych bardzo dobrze widoczne są niektóre wykopy z 1936 r., których lokalizacja była dotychczas nieznaną (por. rozdz. V). Po ich skorelowaniu z planem warstwicowym możliwe było odtworzenie ich położenia w terenie (ryc. IV.3).



Ryc. IV.2. Suraz, pow. białostocki, stan. 1. Numeryczny model pokrycia powierzchni terenu NMPPT.
Oprac. M. Bogacki

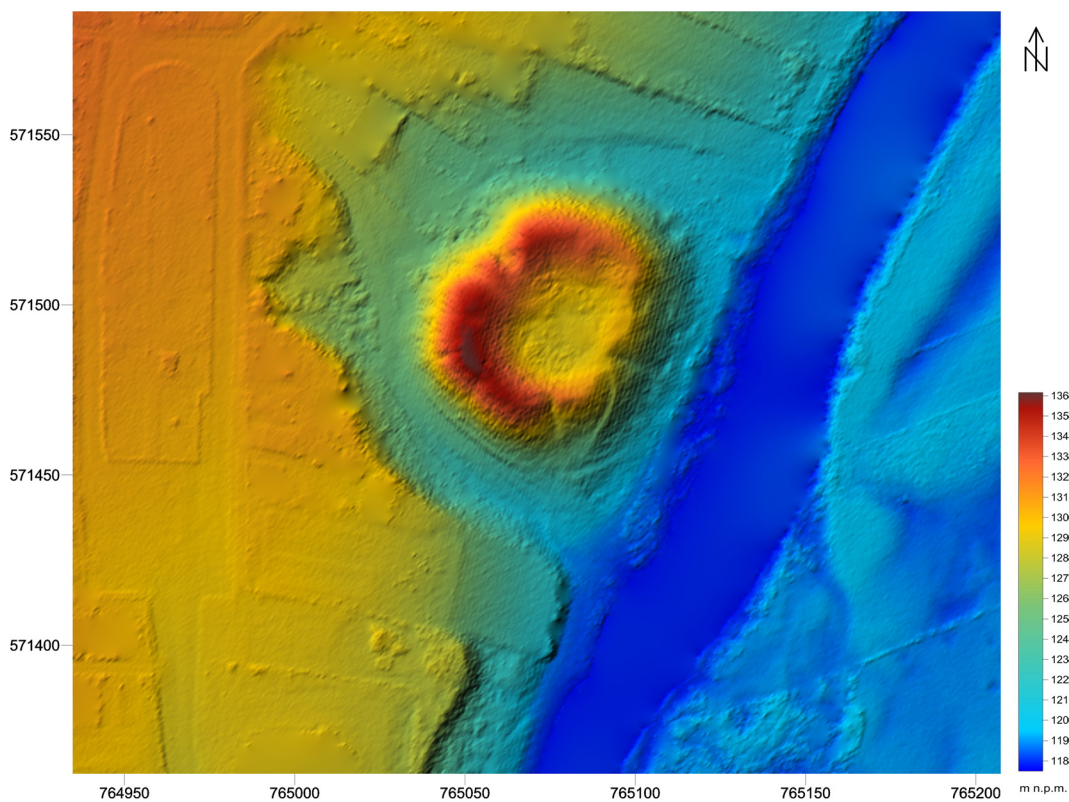


Ryc. IV.3. Suraż, pow. białostocki, stan. 1. Opracowanie fotogrametryczne z widocznymi wykopami archeologicznymi z 1936 r. (strzałkami zaznaczono końce wykopów). Oprac. M. Bogacki

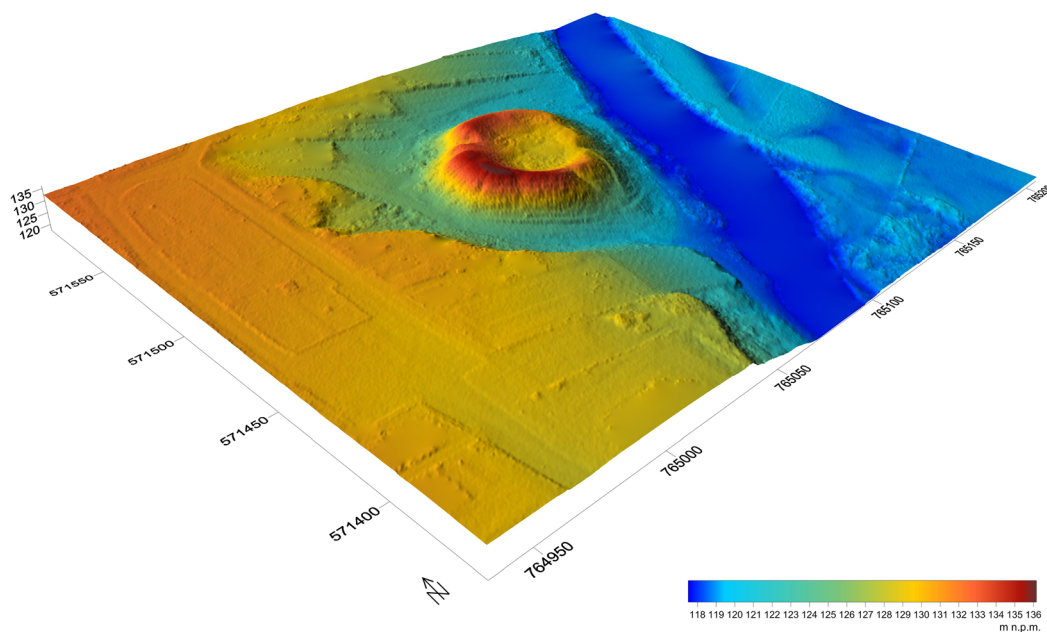
IV.2. Numeryczny model terenu ALS LiDAR

Wizualizację krajobrazu okolicy grodziska przygotowano z wykorzystaniem potencjału materiałów pochodzących z lotniczego systemu skanowania laserowego ALS (ang. *Airborne Laser Scanning*) LiDAR (ang. *Light Detection and Ranging*). Precyzyjnie lokalizowany fizyczny pomiar laserowy, wykonany z pułapu lotniczego, umożliwia pozyskanie geometrii skanowanego terenu w postaci tzw. chmury punktów XYH (ang. *point cloud*) zlokalizowanych w określonym układzie współrzędnych (PUWG 1992). Numeryczny model terenu jest efektem kolejnego etapu filtracji, po której uzyskano zbiór danych bazujący na wartościach punk-

tów sklasyfikowanych jako grunt oraz niska roślinność. Integracja tych dwóch klas podnosi skuteczność analiz pod kątem archeologicznym ze względu na to, że elementy krajobrazu archeologicznego mogą znajdować się w zbiorze punktów sklasyfikowanych jako niska roślinność, tzn. do wysokości 0,3 m. W efekcie przetworzonego modelu terenu wykonano wizualizację i ocenę wartości krajobrazu pod kątem ukształtowania okolic grodziska w kontekście sąsiedztwa rzeki Narwi (ryc. IV.4; IV.5). Na obszarze grodziska i w jego otoczeniu widoczne są liczne nierówności terenu świadczące zarówno o konstrukcji (granica fosy od strony północnej) jak również o zniszczeniach (po stronie zachodniej) i wykopaliskach archeologicznych z 1936 r. (wykop po baszcie).



Ryc. IV.4. Suraż, pow. białostocki, stan. 1. Numeryczny model terenu ALS LiDAR. Grodzisko – widok ortogonalny. Oprac. W. Małkowski



Ryc. IV.5. Suraż, pow. białostocki, stan. 1. Numeryczny model terenu ALS LiDAR. Grodzisko – widok ukośny. Oprac. W. Małkowski

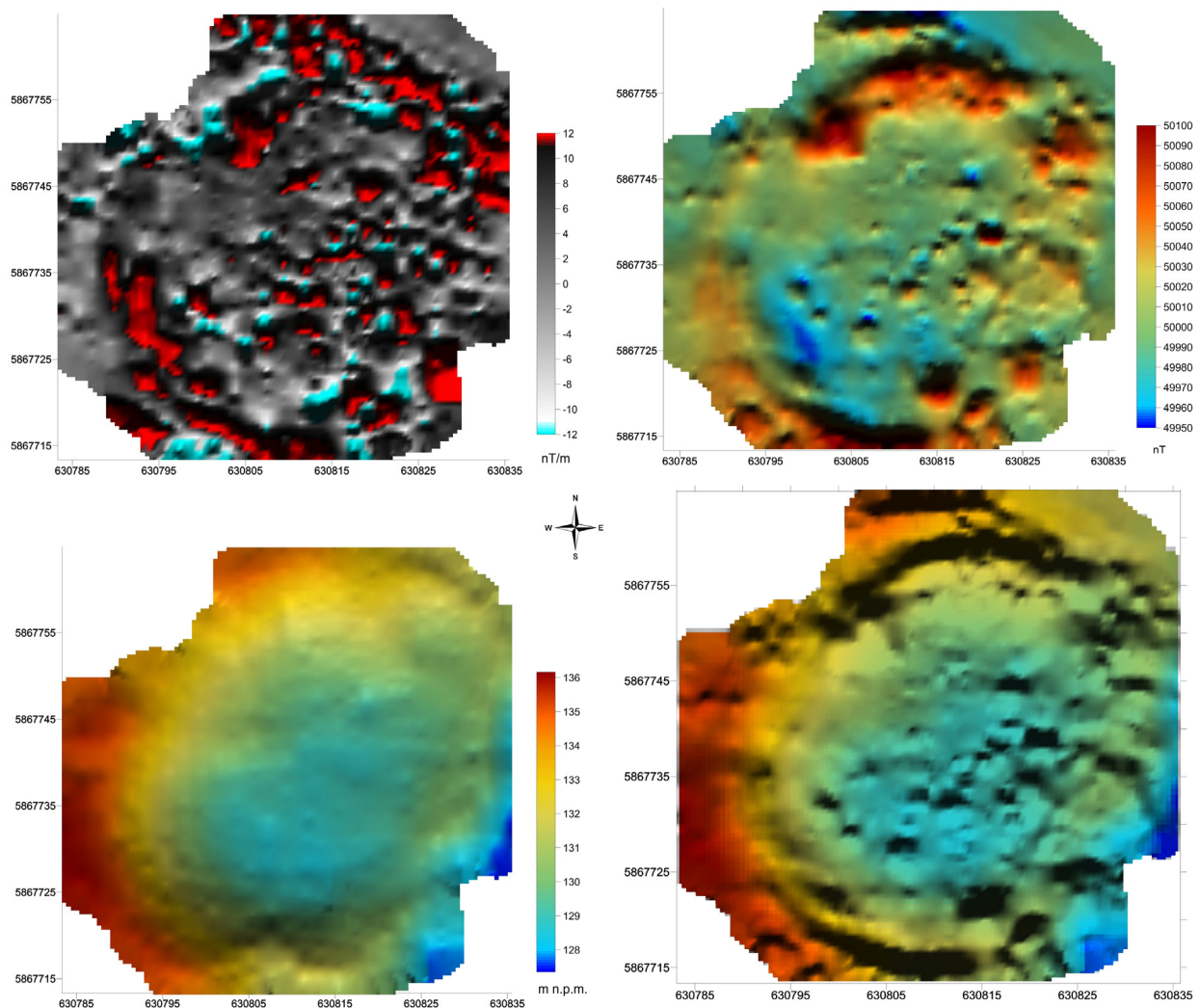
IV.3. Badania magnetyczne

Celem podjętych badań magnetycznych była próba lokalizacji zachowanych pod ziemią pozostałości zabudowy lub innych struktur archeologicznych. Zastosowany w badaniach magnetometr cezowy, rejestrując zmiany wartości wektora całkowitego natężenia pola magnetycznego, pozwala na wydzielenie miejsc anomalii, których źródłem może być obecność reliktyw o charakterze archeologicznym.

Należy tutaj podkreślić, że prospekcja magnetyczna nie daje wprost odpowiedzi na pytanie, jaki rodzaj obiektu daną anomalię powoduje. Analizując jednak dynamikę i kontekst ich położenia, możliwe jest w przybliżeniu określenie typu obiektu. Zakłócenia widoczne są jako obniżenia lub podwyższenia rejestrowanych zmian wartości natężenia pola magnetycznego. Ich źródłem może być zarówno magnetyzacja szczątkowa uzyskana w efekcie różnych sposobów obróbki termicznej, jaki i różnice w podatności magnetycznej poszukiwanych obiektów i ich otoczenia. W tym pierwszym przypadku anomalie mają wyraźnie zaznaczoną strukturę biegunową (dipolową) – z minimalnymi i maksymalnymi wartościami pojawiającymi się w pobliżu obiektu będącego źródłem opisanych powyżej zmian natężenia pola magnetycznego. Rozpatrując charakter określonej anomalii trzeba brać pod uwagę zarówno możliwość pochodzenia antropogenicznego, jak i naturalnych zmian podatności magnetycznej skał i gruntów. Obydwie przyczyny powstawania anomalii magnetycznych mogą występować jednocześnie, co dodatkowo utrudnia jakościową interpretację rezultatów badań, tj. powiązanie odchyleń z konkretnymi obiektami czy formacjami geologicznymi. Z tego powodu z reguły skupiamy się głównie na interpretacji ilościowej, czyli analizie map przygotowanych w różnych konwencjach kolorystycznych. Dla uzyskania maksymalnej czytelności wyników przygotowano wizualizacje dla kolejnych badanych obszarów, opracowane z wykorzystaniem skali barwnej z oznaczeniem biegunów minimalnej i maksymalnej wartości (dla map wartości pseudo gradientu składowej poziomej wektora całkowitego natężenia pola magnetycznego) oraz z zastosowaniem skali szarości (w przypadku map wartości wektora całkowitego natężenia pola magnetycznego).

Rejestracje zmian natężenia pola magnetycznego prowadzono jednokierunkowo w metrowych odstępach między profilami pomiarowymi z sondami rozmieszczonymi poziomo. Przez taki dobór siatki pomiarowej uzyskano częstotliwość rejestracji wektora całkowitego natężenia pola magnetycznego 1 m na osi wschód – zachód oraz w przybliżeniu 10 cm na osi północ – południe. Przybliżenie wynika ze specyfiki pomiaru magnetometrem, którego cykl pomiarowy został ustawiony na 0,1 Hz, czyli 10 razy na sekundę i przy założeniu prędkości średniej pomiaru 1 m/sek. Pomiaru zrealizowano magnetometrem cezowym skonfigurowanym w połączeniu z lokalizacją GNSS RTK, dającą możliwość wirtualnej wizualizacji linii pomiarowych. To rozwiązanie umożliwiło przeprowadzenie pomiaru w sposób ciągły, bez wyznaczania poligonów geodezyjnych i stosowania taśm czy sznurów mierniczych.

Prospekcją objęto całość dostępnego terenu z wyłączeniem stromych stoków. W efekcie pomiaru uzyskano zbiór danych w postaci wartości wektora całkowitego natężenia pola magnetycznego w przedziale 49940–50260nT (ryc. IV.6). Na podstawie różnic wartości rejestrowanych przez poszczególne sondy można było także wyliczyć pseudo gradienty składowej poziomej wektora całkowitego natężenia pola magnetycznego (w zakresie od -750 do +860 nT/m).

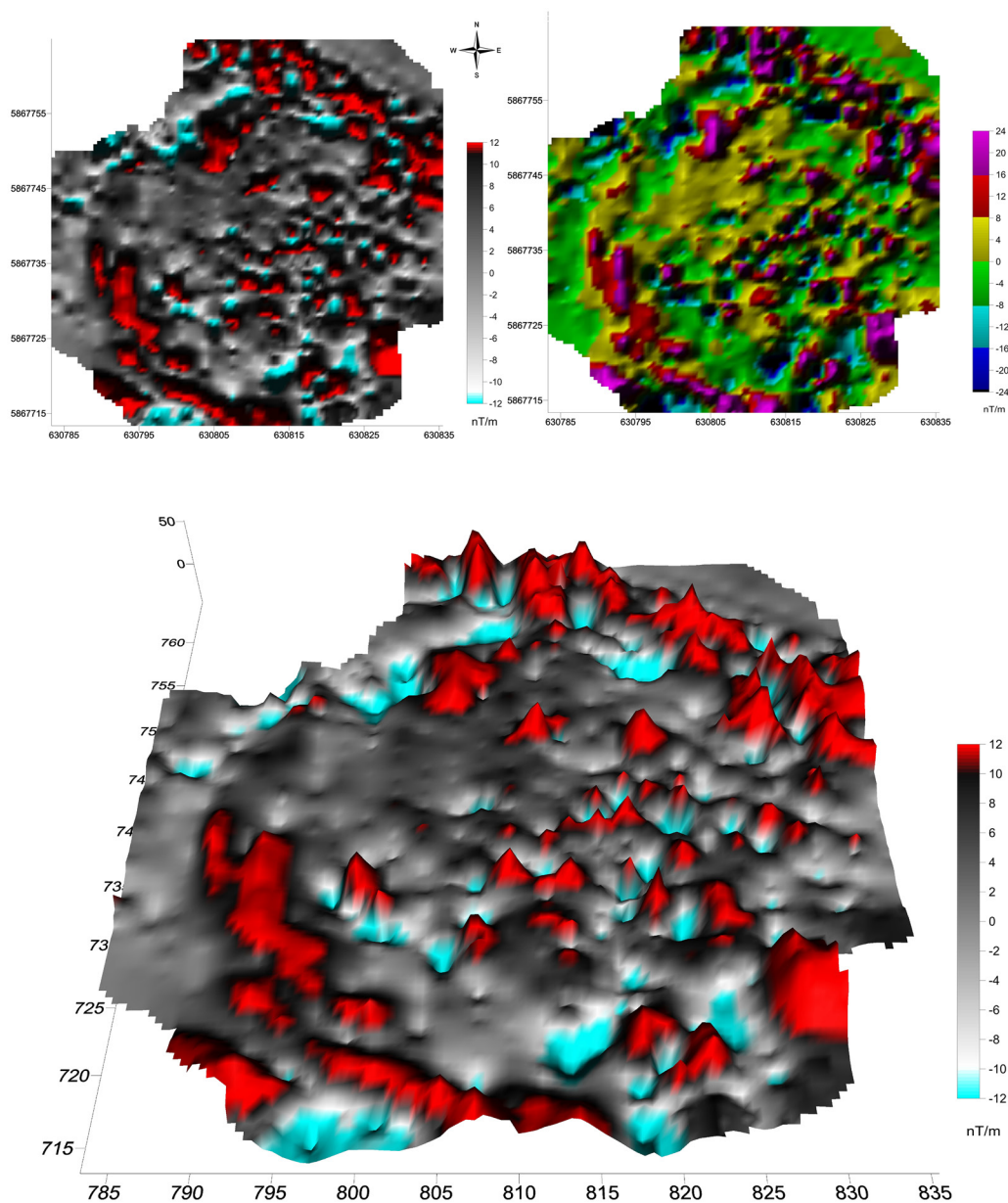


Ryc. IV.6. Suraz, pow. białostocki, stan. 1. Zestawienie wyników pomiaru magnetometrem połączonym z systemem lokalizacji GNSS. Oprac. W. Małkowski

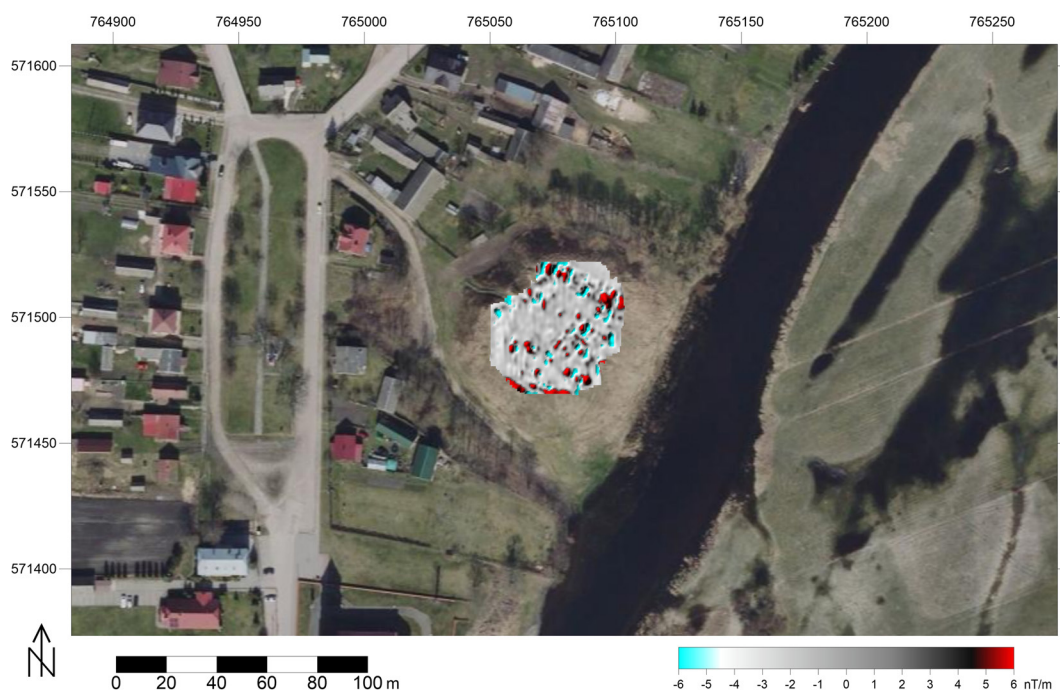
Tak wysokie wartości wynikały głównie z rejestrowania silnych anomalii dipolowych wywołanych przez współczesne przedmioty metalowe zalegające w warstwach przypowierzchniowych, jak i znajdujące się na powierzchni ogrodzenia czy instalacje energetyczne. Znając źródło tych anomalii można było ograniczyć zakres prowadzonych analiz do wartości od -24 do +24 nT/m w przypadku pseudo gradientu składowej poziomej wektora całkowitego natężenia pola magnetycznego i do przedziału 49950–50100 nT przy analizach rozkładu wartości całkowitego wektora natężenia pola. W celu wykonania szczegółowych analiz na potrzeby badań archeologicznych zastosowano zakres wartości pseudo gradientu składowej poziomej wektora całkowitego natężenia pola magnetycznego ± 12 nT/m, osiągając optymalny kontrast wizualizacji danych (ryc. IV.7). Wizualizacje w tym zakresie uczyniają zarówno silne anomalie biegunowe, których specyfika polega na występowaniu minimalnych i maksymalnych wartości rejestrowanych w miejscach zalegania w gruncie struktur silnie przepalonych, jak i zmian punktowych, czy liniowych o mniejszej dynamice. Te ostatnie mogą być wywołane przez obiekty z wypełniskiem ziemnym o innej od otoczenia wartości podatności magnetycznej (niewielkie paleniska, polepa, skupiska ceramiki, jamy czy relikty fos i wałów). W celu uszczegółowienia wyników analiz wszystkim mapom nadano georeferencje, co umożliwiło

ich lokalizację w zestawieniu z aktualnymi obrazami satelitarnymi oraz ułatwiło ewentualne dalsze działania weryfikacyjne już z zastosowaniem metod inwazyjnych (ryc. IV.8). Dotyczyło to zarówno mapy rozkładu zmierzonych wartości wektora całkowitego natężenia pola magnetycznego (ryc. IV.6), jak i wyliczonych gradientów jego składowej poziomej (ryc. IV.7).

Dodatkowo przygotowano zestawienia obydwu map ze szkicami lokalizacyjnymi wykopów Aleksandra Stafińskiego z lat 30. ubiegłego wieku (ryc. IV.9; IV.10). Dysponując powyższymi danymi mogliśmy podjąć próbę interpretacji uzyskanych wyników prospekcji magnetycznej. Skupiliśmy się przy tym na interpretacji ilościowej, polegającej na dokładnej lokalizacji zarejestrowanych anomalii, opisie ich charakteru i przede wszystkim objaśnieniu dynamiki zmian natężenia pola magnetycznego.



Ryc. IV.7. Suraż, pow. białostocki, stan. 1. Mapy wartości pseudo gradientu składowej poziomej wektora całkowitego natężenia pola magnetycznego w zakresach ± 12 nT/m oraz ± 24 nT/m. Oprac. W Małkowski

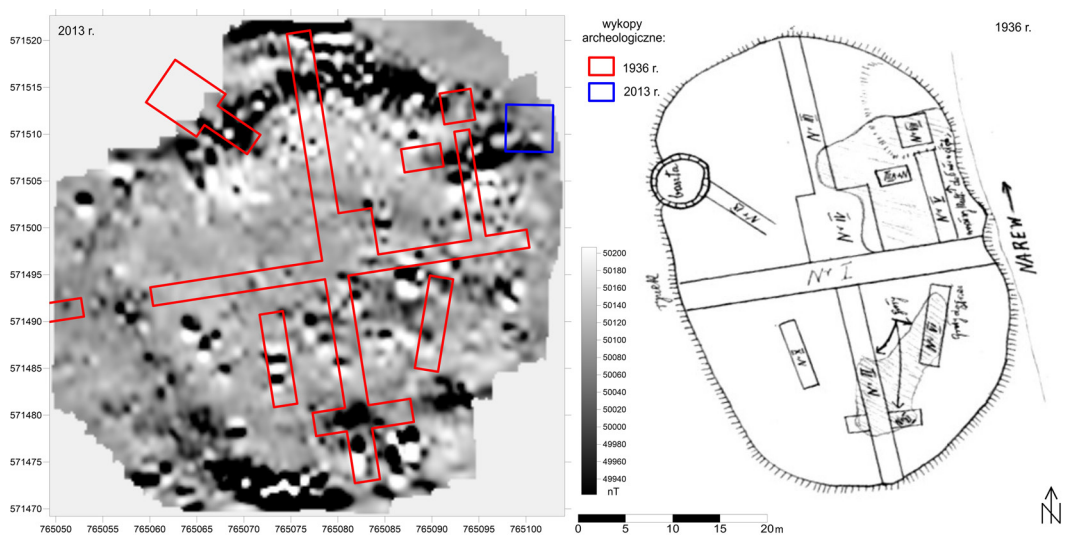


Ryc. IV. 8. Suraż, pow. białostocki, stan. 1. Mapa rozkładu wartości pseudo gradientu składowej poziomej wektora całkowitego natężenia pola magnetycznego w zakresie +/- 6 nT/m w kontekście ortofotomapy. Oprac. W. Małkowski

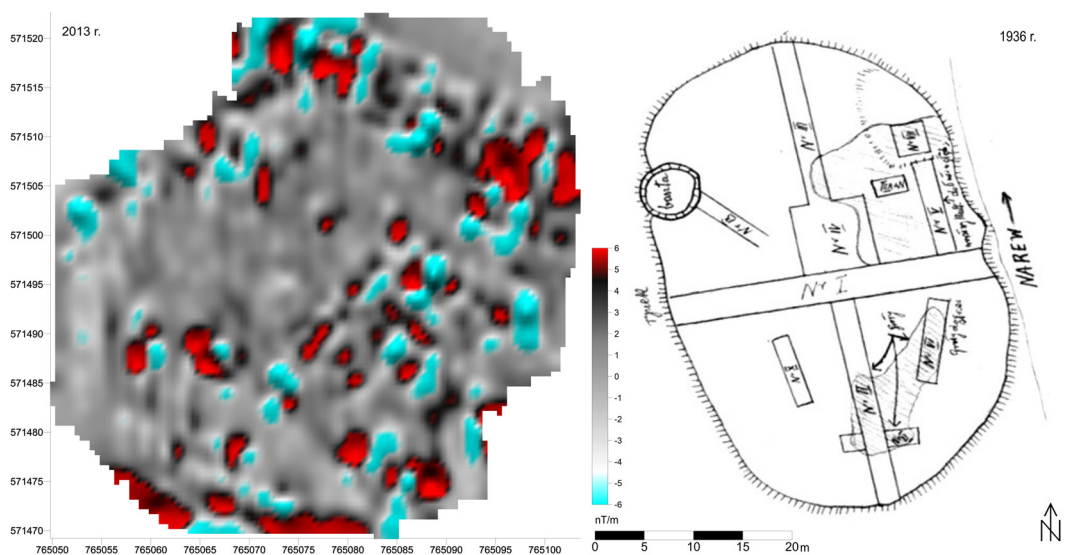
Większość wydzielonych anomalii ma charakter zmian biegunowych będących efektem procesów związanych z obróbką termiczną, w tym ze spalaniem obiektów. W przeważającej liczbie są to lokalne obniżenia i podwyższenia wartości rejestrowanych w miejscu zalegania obiektów wywołujących anomalie. Granice stref anomalnych nie przekraczają 1,5–2,0 m. Widoczne są one głównie na mapach rozkładu wyliczonych wartości składowej poziomej wektora całkowitego natężenia pola magnetycznego, szczególnie po zmniejszeniu zakresu analizy do przedziału od -12 do +12 nT/m (ryc. IV.7). W północnej, ale także południowej części przebadanego terenu ujawniają się również biegunowe anomalie liniowe równoległe. Granice zewnętrzne stref anomalnych wynoszą od 5,80 m od strony południowo-zachodniej do 6,17 m od północnego wschodu. Rejestrują się one zapewne w miejscach zalegania spalonych konstrukcji nasypu wału. Niestety przetworzenie terenu w trakcie wykopaliisk prowadzonych na stanowisku w latach 30. XX w. uniemożliwia przeprowadzenie pełnej analizy jakościowej i określenia poziomu zalegania warstwy ze spalenizną. Analiza rozkładu zmierzonych wartości całkowitego wektora natężenia pola magnetycznego (ryc. IV.6) pozwala na wydzielenie strefy z wartościami powyżej 50 100 nT, szczególnie dobrze widocznej w północnej części przebadanego obszaru, ale zauważalnej również w jego partii zachodniej. Powiązanie rezultatów pomiarów z danymi wysokości terenu (prawa dolna mapa na ryc. IV.6) wskazuje, że słabiej czytelne anomalie w tym miejscu mogą być związane ze zróżnicowaniem wysokościowym powierzchni terenu, mogącym skutkować zwiększeniem głębokości zalegania zachowanych relikwów wału i w rezultacie spadkiem amplitudy sygnału w stosunku do północnej części stanowiska. Nie należy jednak całkowicie wykluczyć hipotezy, że pozostałości umocnień w tym miejscu mogą być wielofazowe, mniej spalone lub słabiej zachowane. Nadanie georeferencji mapom ilustrującym rezultaty pomiarów (ryc. IV.8) pozwala nie tylko na lepszą naszym zdaniem prezentację wyników, ale przede wszystkim dostarcza narzędzi do analiz przestrzennych. Na podstawie danych uzyskanych w rezultacie prospekcji magnetycznej możemy stwierdzić,

że majdan mierzył ok. 40 m po osi północ – południe i 35 m ze wchodu na zachód. Wewnętrzny obwód umocnień wynosił 120 m. Zamykały one obszar o powierzchni ok. 1140 m².

Nie do końca udało się niestety wydzielić w obrębie majdanu jednoznacznych anomalii wskazujących na lokalizację pozostałości ewentualnej zabudowy wewnętrznej. Na mapie rozkładu wartości całkowitego wektora natężenia pola magnetycznego (ryc. IV.6; IV.8) obok anomalii dipolowych widoczne są wąskie, liniowe podwyższenia rejestrowanych wartości, biegnące równoległe i tworzące kąty proste. Wydaje się jednak, że pojawiają się one w miejscu dawnych wykopów archeologicznych (ryc. IV.9; IV.10). Ślady niektórych z nich są w dalszym ciągu widoczne na powierzchni w postaci zagłębień terenu, niekiedy porośniętych roślinnością krzaczastą. Ponieważ dokumentacja z badań z lat 30. ubiegłego wieku zachowała się jedynie w formie szkiców niewyskalowanych i z nie zawsze jednoznaczną orientacją, czytelne anomalie liniowe z kątami prostymi mogą posłużyć do lokalizacji dawnych wykopów archeologicznych.



Ryc. IV.9. Suraż, pow. białostocki, stan. 1. Zestawienie mapy rozkładu wartości całkowitego wektora natężenia pola magnetycznego z wykopami archeologicznymi oraz orientacyjnym szkicem lokalizacyjnym z 1936 r. Oprac. W. Małkowski

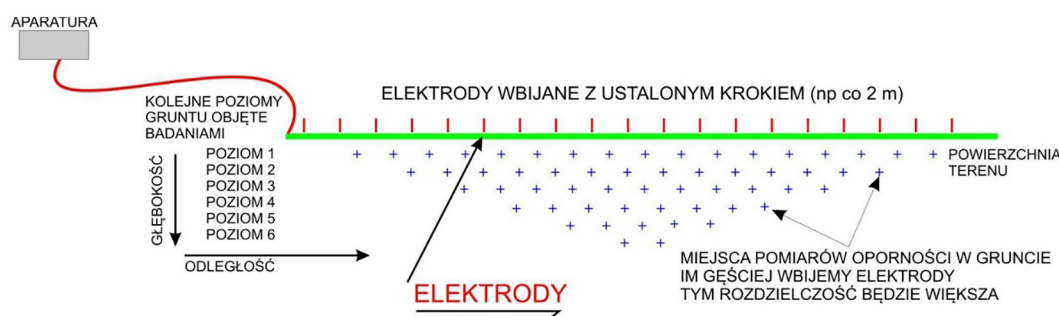


Ryc. IV.10. Suraż, pow. białostocki, stan. 1. Zestawienie mapy rozkładu wartości składowej poziomej wektora całkowitego natężenia pola magnetycznego z orientacyjnym szkicem lokalizacyjnym z 1936 r. Oprac. W. Małkowski

IV.4. Tomografia elektrooporowa ERT

Metoda tomografii elektrooporowej (ERT) została opracowana pod koniec XX w. i jest szeroko opisana (m.in. Loke, Barker 1996; Samouelian i in. 2005; Loke i in. 2015). W metodzie ERT rozkład oporności elektrycznej ośrodka modeluje się blokami w układzie 2D. Modelowanie takie umożliwia określenie zróżnicowania oporności ośrodka w kierunku pionowym i poziomym na powierzchni przekroju wzdłuż linii układu pomiarowego.

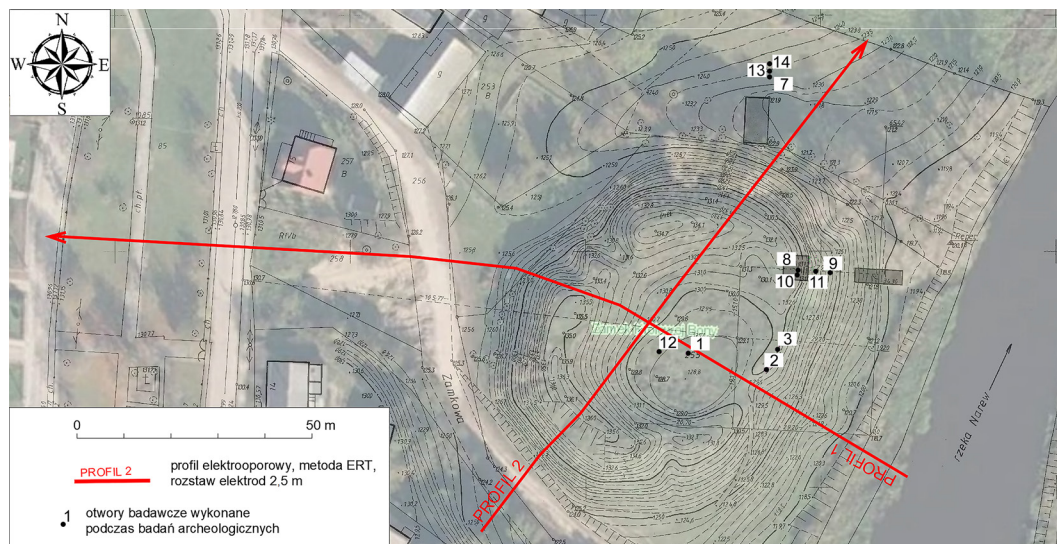
Zasadniczą cechą pomiarów metodą tomografii elektrooporowej jest rozmieszczenie wzdłuż linii profilu, na którym wykonane mają zostać badania, dużej liczby elektrod pomiarowych. Badania tą metodą pozwalają m.in. na uzyskanie informacji o stratygrafii warstw, a także określenia granicy między gruntami rodzimymi a nasypami antropogenicznymi. Uproszczony schemat pomiarów wykonywanych metodą ERT przedstawiono na rycinie IV.11.



Ryc. IV.11. Schemat metodyki pomiarów tomografii elektrooporowej. Według Pacanowski, Sokółowska, Mieszkowski 2016, ryc. 2

Badania przeprowadzono w 2015 r. na grodzisku i we wschodniej części osady przygodowej (ryc. IV.12). W ich wyniku wydzielono dwie warstwy geoelektryczne (Mieszkowski 2015). Górna z nich, o zmiennej miąższości, związana jest z osadami o wysokich opornościach elektrycznych, wynoszących powyżej 50 ohm-m (ryc. IV.13). Odpowiada ona strukturom o pochodzeniu antropogenicznym, takim jak warstwy kulturowe na terenie grodziska i osady, wypełniska fosy oraz innego rodzaju zasypiska. W ich obrębie można wyróżnić cztery strefy. Pierwsza z nich widoczna jest w miejscach, gdzie profile przechodzą przez fosę od zachodniej (profil nr 1, ryc. IV.13: 1) oraz północnej i południowej (profil nr 2, ryc. IV.13: 2) strony grodziska. Ma ona ok. 8 m miąższości i sięga rzędnej ok. 115 m n.p.m., to jest ok. 2 m poniżej obecnego poziomu lustra wody w Narwi. Druga strefa, o miąższości od 5 do 10 m, obejmuje teren grodziska. Równie dużą miąższość, dochodzącą nawet do 12 m, odnotowano na zachód od fosy (strefa trzecia), gdzie zlokalizowane są głębokie wykopy związane prawdopodobnie z pozyskiwaniem piasku, obecnie zasypane gruntami sypkimi. W strefie czwartej, znajdującej się na terenie dawnej osady przygodowej, miąższość struktur antropogenicznych jest znacznie mniejsza i wynosi maksymalnie 4 m (w miejscu wykopów pod kanalizację). Dolna warstwa geoelektryczna odpowiada osadom o niższych opornościach elektrycznych (<50 ohm-m), które można interpretować jako grunty rodzime spoiste. Na obszarze grodziska wzdłuż profilu 1 strop tej warstwy zalega niemal poziomo, na wysokości ok. 124 m n.p.m. Jest to zgodne z wynikami wiercenia wykonanego w północno-wschodniej części grodziska w 2004 r., w którym strop calca odnotowano na podobnej wysokości (Kwiatkowski, Stepa-

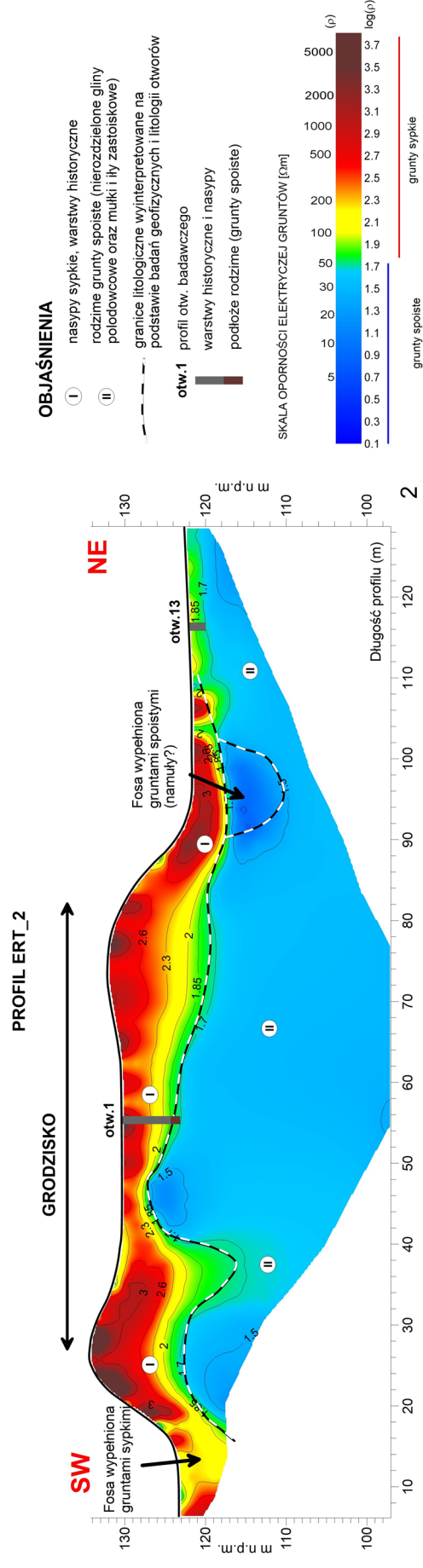
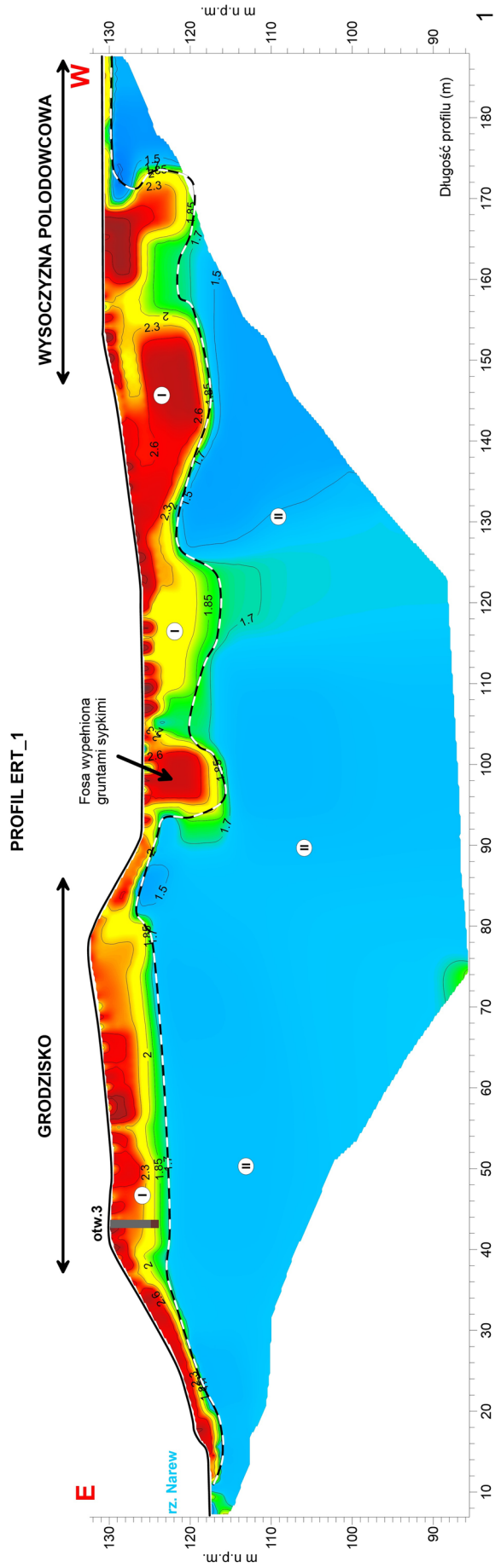
niuk 2004). Natomiast wzdłuż profilu 2 zauważalne są wyraźne deniwelacje stropu osadów rodzimych (na 30–40 m i na 62–72 m profilu). Spągi tych obniżen sięgają 118 m n.p.m., a więc niemal poziomu wody w Narwi (Mieszkowski 2015).



Ryc. IV.12. Suraż, pow. białostocki, stan. 1 i 7. Mapa dokumentacyjna badań geofizycznych metodą ERT. Oprac. R. Mieszkowski

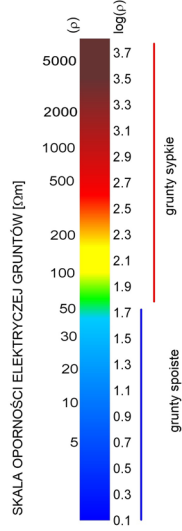
Rezultaty badań geofizycznych potwierdzają w pełni antropogeniczny charakter grodziska, wzniesionego na prawie płaskim, lekko opadającym w stronę brzegu Narwi skraju wysoczyzny. Wrażenie dominacji obiektu nad okolicą wynika nie tylko z obecności potężnych umocnień, wznoszących się na wysokość do ok. 10 m ponad poziom naturalnych nawarstwień, ale również rozległej i głębokiej fosy. Obniżenia zarejestrowane u wewnętrznej podstawy umocnień mogą wskazywać (przynajmniej w kilku miejscach) na istnienie fosy wewnętrznej.

Przeprowadzone badania nieinwazyjne wskazują na wielofazowy charakter stanowiska, przy jednoczesnym znaczącym wpływie przeprowadzonych tu intensywnych prac wykopaliskowych. Wykonane na terenie majdanu i wału grodziska badania magnetyczne wykazały obecność znacznej ilości spalenizny. Z wykorzystaniem potencjału tomografii elektrooporowej ERT uzyskano dodatkowe informacje o miąższości warstw nasypowych. Wykonane fotografie lotnicze oraz wizualizacje fotogrametryczne w połączeniu z numerycznym modelem terenu ALS LiDAR przedstawiają aktualne ukształtowanie grodziska w kontekście krajobrazowym. Wszystkie uzyskane wyniki badań nieinwazyjnych mają charakter georeferencyjny, dzięki czemu możliwe jest dołączenie ich do istniejącego zasobu danych geoprzestrzennych dla prowadzenia dalszych analiz archeologicznych i interdyscyplinarnych.



OBJAŚNIENIA

- I nasypy sypkie, warstwy historyczne
- II rodzime grunty spoiście (niezrodzielone gliny polodowcowe oraz mułki i ropy zastoiskowe)
- - - granice litologiczne wyinterpretowane na podstawie badań geofizycznych i litologii otworów
- otw.1 profil otw. badawczego
- warstwy historyczne i nasypy
- podłoże rodzime (grunty spoiście)



Ryc. IV.13. Suraż, pow. białostocki, stan. 1 i 7. Profile ERT: 1 – profil nr 1; 2 – profil nr 2. Oprac. R. Mieszkowski

Chapter IV. Non-invasive survey of the stronghold in Suraż

Miron Bogacki, Wiesław Małkowski, Radosław Mieszkowski, Krzysztof Misiewicz

Summary

This chapter presents the results of non-invasive research, which were carried out in 2013 and 2015 of the stronghold in Suraż (aerial photographs, photogrammetry, processing of point clouds of the aerial scanning and geophysical research using magnetic and electrofusion methods).

Aerial photographs of the Suraż stronghold and the immediate vicinity were taken in May 2013 using an octocopter drone. The vertical photographs covered an area of about 0.05 km². Landscape visualization of the stronghold area was prepared using materials from aerial photogrammetry and from the ALS system (Airborne Laser Scanning) LiDAR (Light Detection and Ranging). As a result of the processed terrain model, visualizations and assessment of the landscape value were made in terms of the terrain around the stronghold in the context of the Narew River vicinity. Unevenness of the terrain is visible in the area of the stronghold itself and in its surroundings, which is evidence of its structures as well as of damages and archaeological excavations.

An attempt to locate remains of buildings or other archaeological structures preserved underground was the purpose of magnetic tests with the use of a caesium magnetometer. Most of the separated anomalies are of the nature of polar changes resulting from thermal treatment processes, including the burning of the structures. However, the hypothesis that the remains of the fortifications may be multi-phase, less burned or poorly preserved should not be entirely excluded. On the basis of the data obtained as a result of the magnetic prospection, we can conclude that the size of the inner yard was 40 m on the north-south axis and 35 m on the east-west axis. The internal perimeter of the fortifications was 120 m. They enclosed an area of 1140 m².

Electrical resistivity tomography (ERT) was carried out on the stronghold and in the eastern part of the associated open settlement. As a result, two geoelectric layers have been separated. The upper one, of variable thickness, is associated with sediments of high electrical resistance. It corresponds to structures of anthropogenic origin, such as cultural layers in the area of the stronghold and the open settlement, moat fills and other types of backfills. Four zones can be distinguished within them. The first one is visible in places where the profiles pass through the moat from the western, northern and southern sides of the stronghold. Its thickness reaches 8 m. The second zone, with a thickness of 5–10 m, covers the area of the stronghold. An equally large thickness, reaching 12 m, was recorded to the west of the moat (the third zone), where deep trenches are located, probably related to sand extraction. In the fourth zone, located in the area of the open settlement associated with the stronghold, the thickness of anthropogenic structures is much smaller. The results of geophysical research confirm that the stronghold was erected on an almost flat edge of the upland slightly descending towards the bank of the Narew River.