



Part-financed by the European Union  
(European Regional Development Fund  
and European Neighbourhood and  
Partnership Instrument)



## Raport z magnetometrycznych pomiarów morskich w rejonie Głębi Gdańskiej

Raport 467/12		Data: 2012-05-15	Wersja: 1.01
Opracowali:	Agnieszka Brzezińska, Dorota Cichowska, Łukasz Gajewski, Wojciech Konieczny, Maria Kubacka, Jarosław Nowak		
Sprawdził:	Lucjan Gajewski		
Zatwierdził:	Benedykt Hac		

Wykonawca:

<p><b>Zakład Oceanografii Operacyjnej</b> <b>Instytut Morski w Gdańsku</b> <b>ul. Długi Targ 41/42</b> <b>80-830 Gdańsk</b></p>	
---	--

Zamawiający:

<p><b>Akademia Marynarki Wojennej im. Bohaterów Westerplatte</b> <b>ul. Śmidowicza 69</b> <b>81- 103 Gdynia</b></p>	
---	--

Gdańsk, maj 2012

## Spis treści

<b>1. CEL PRACY</b> .....	<b>3</b>
<b>2. PODSTAWA PRAWNA</b> .....	<b>3</b>
<b>3. DOWIĄZANIE GEODEZYJNE</b> .....	<b>3</b>
<b>4. SPRZĘT POMIAROWY</b> .....	<b>4</b>
4.1. JEDNOSTKA POMIAROWA .....	4
4.2. SYSTEM NAWIGACYJNY .....	5
4.3. POMIAROWE URZĄDZENIE MAGNETOMETRYCZNE .....	6
<b>5. STRUKTURA ORGANIZACYJNA PROJEKTU</b> .....	<b>6</b>
5.1. REJON I SPOSÓB PROWADZENIA PRAC .....	6
5.2. PRZETWARZANIE ZEBRANYCH DANYCH PROWADZĄCE DO IDENTYFIKACJI OBIEKTÓW FERROMAGNETYCZNYCH .....	8
<b>6. WYNIKI</b> .....	<b>14</b>
6.1. ANOMALIA AM-01 .....	16
6.2. ANOMALIA AM-02 .....	17
6.3. ANOMALIA AM-03 .....	18
6.4. ANOMALIA AM-04 .....	19
6.5. ANOMALIA AM-05 .....	20
6.6. ANOMALIA AM-06 .....	21
<b>7. WNIOSKI</b> .....	<b>22</b>
<b>LITERATURA</b> .....	<b>23</b>
<b>ZAŁĄCZNIKI</b> .....	<b>24</b>

## 1. Cel pracy

Celem wykonanej pracy było przeprowadzenie pomiarów magnetometrycznych oraz analiza zebranych danych. Poszukiwane magnetometrycznie obiekty to amunicja chemiczna zatopiona w Morzu Bałtyckim. Szacowana wielkość pojemników wykorzystywanych do jej przechowywania to wielkość pocisków artyleryjskich kalibru 150mm oraz pojemników zbiorczych w postaci stalowych beczek. Celem sondażu magnetometrycznego jest znalezienie korelacji pomiędzy pozycjami wykrytych podczas trałowania hydroakustycznego obiektów, a zaburzeniami pola magnetycznego w tych samych pozycjach.

## 2. Podstawa prawna

Podstawą wykonania projektu jest umowa nr 1/AMW/2012/NB z dnia 27.02.2012 r. oraz Aneks 1 do umowy z dnia 16.04.2012 podpisane pomiędzy Akademią Marynarki Wojennej im. Bohaterów Westerplatte, jako Zamawiającym a Instytutem Morskim w Gdańsku, jako Wykonawcą.

## 3. Dowiązanie geodezyjne

Parametry układu współrzędnych opisane w projekcie:

<b>Parametry elipsoidy</b>	
Elipsoida:	WGS 1984
Układ współrzędnych:	WGS84
Półoś główna:	6378137
Spłaszczenie (1/f):	1/298.2572236
<b>Parametry projekcji</b>	
Projekcja:	Gauss-Krüger
Szerokość bazowa:	0°
Południk środkowy:	19° E (Central Meridian)
Główny współczynnik skali:	0.9993
False Northing:	-5 300 000 m
False Easting:	500 000 m

## 4. Sprzęt pomiarowy

### 4.1. Jednostka pomiarowa

Wszystkie prace morskie objęte przedmiotem zamówienia zostały wykonane przez statek badawczy Instytutu Morskiego w Gdańsku – R/V IMOR (Rys.4.1)

Znaki rozpoznawcze:	Sygnal zawezwawczy:	SNKB
	Radiowy sygnał rozpoznawczy:	MMSI – 2613 79 000
	Międzynarodowy numer IMO:	IMO 9212565
Parametry techniczne:	Długość:	32,50 m
	Szerokość:	10,50 m
	Zanurzenie:	2,41 m
	Wyporność:	327



Rys.4.1. Statek badawczy Instytutu Morskiego w Gdańsku – R/V „IMOR”

Maksymalna prędkość statku: 9 węzłów.

Maksymalne warunki pogodowe do pomiarów akustycznych (pomiar sejsmiczny): wiatr 10 m/s, wysokość fali do 1 m.

Maksymalne warunki pogodowe do poboru prób osadów powierzchniowych: wiatr 10 m/s, wysokość fali do 1,5 m.

Limity pogodowe i zasięg pływalności określone przez klasę statku to obszar A1 + A2 GMDSS oraz 200 MM od miejsca schronienia dla wiatru do 8° B i stanu morza 5° B.

## 4.2. System Nawigacyjny

Do pozycjonowania czujników pomiarowych na statku IMOR (przetworniki echosondy i magnetometru) stosowano system pozycjonowania satelitarnego DGPS AgGPS 132 (Rys. 4.2), & RTK TRIMBLE SPS 851 firmy Trimble korzystające z korekty pozycji transmitowanej z satelity systemu OMNISTAR. Dokładność pozycji określona przez dwa odchylenia standardowe (na poziomie ufności równym 96%) była lepsza niż 2 metry. System pozycyjny był powiązany z czujnikami pomiarowymi poprzez oprogramowanie zintegrowanego systemu nawigacyjnego QINSy v.8. Pozwala on na cyfrowy pomiar i rejestrację wszystkich parametrów systemu, a także wizualizację pozycji umożliwiającą żeglugę po zadanym profilu pomiarowym.



*Rys. 4.2. System pozycjonowania satelitarnego AgGPS 132 firmy Trimble.*

Dzięki znajomości stałych przesunięć anteny systemu pozycjonowania względem poszczególnych czujników oprogramowanie QINSY w czasie rzeczywistym przeliczało współrzędne anteny na współrzędne prostokątne poszczególnych czujników.

Na system nawigacyjny składało się oprogramowanie nawigacyjne Qinsy v.8.0, zbierające i gromadzące dane o pozycji, dane z czujników ruchu (DMS), kierunku (żyro) oraz dane o profilu. Dane wynikowe przekazywane były w czasie rzeczywistym na ekran sternika oraz do systemu pozycjonowania dynamicznego (DP) pozwalając na aktywne utrzymanie pozycji na zadanym profilu pomiarowym.

### 4.3. Pomiarowe urządzenie magnetometryczne

Do pomiarów natężenia pola magnetycznego na wyznaczonych profilach pomiarowych wykorzystano magnetometr protonowy SeaQuest produkcji MarineMagnetics (Rys.4.3) skonfigurowany do pracy z dwoma dodatkowymi czujnikami magnetometrycznymi oraz altymetrem. Czulość poszczególnych czujników magnetometrycznych magnetometru SeaQuest wynosi 0,01 nT, dokładność pomiaru magnetometru wynosi 0,2nT.



*Rys.4.3. Magnetometr SeaQuest MarineMagnetics.*

## 5. Struktura organizacyjna projektu

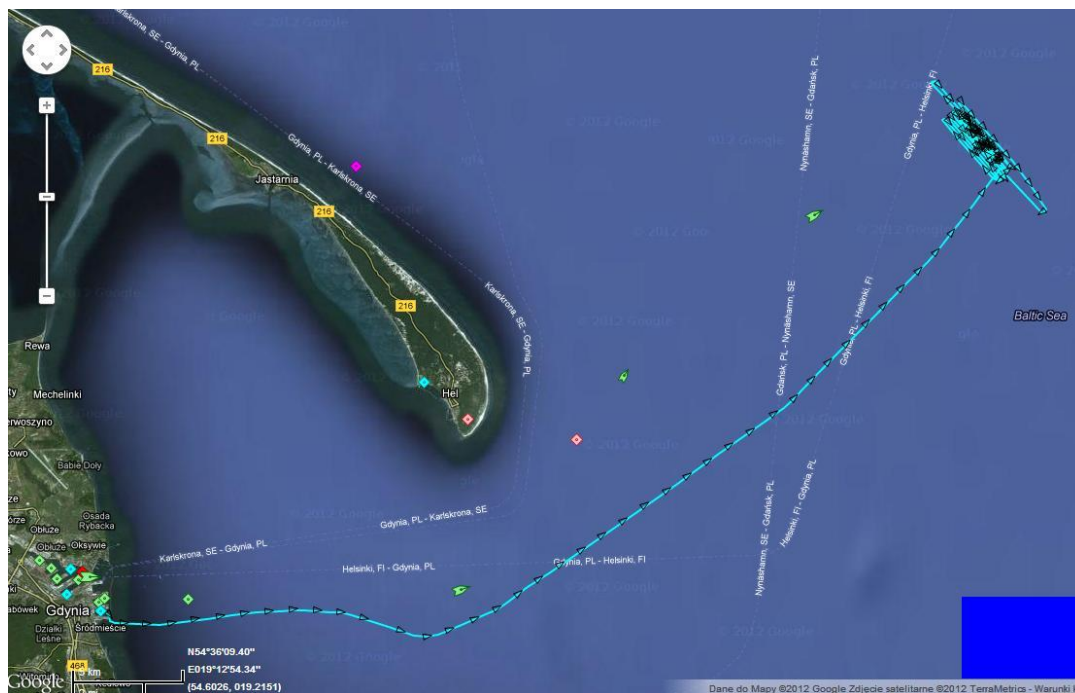
### 5.1. Rejon i sposób prowadzenia prac

W trakcie pomiarów, pozycja magnetometru ustalana była za pomocą systemu nawigacji podwodnej USBL typu SCOUT PRO. W systemie QINSy, rejestrowano wszystkie pozycje zarówno statku, transpondera zamontowanego na kabliolinie jak i 3 mierników magnetometru, znajdujących się w rybie magnetometru SeaQuest. System QINSy umożliwił kalkulacje wszystkich pozycji, tak aby uzyskać rzeczywistą pozycję każdego z czujników pomiarowych.

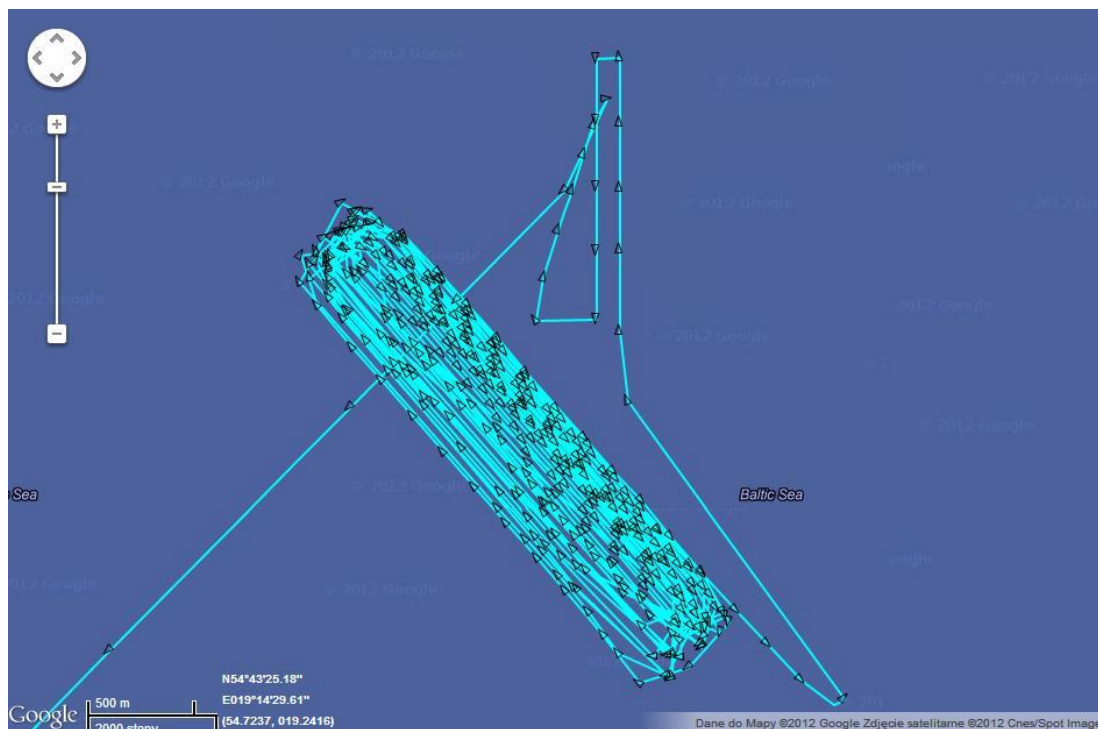
Wartości indukcji magnetycznej zarejestrowano na 56 profilach rozmieszczonych co 10m. Dane pomiarowe były zapisywane w standardowym formacie QINSy w plikach z rozszerzeniem \*.db. Dla potrzeb zlecającego dane wyeksportowano do pliku w formacie

## Raport z magnetometrycznych pomiarów morskich w rejonie Głębi Gdańskiej

ASCII w plikach z rozszerzeniem \*.log co umożliwi ich ponowne, samodzielne przetwarzanie.

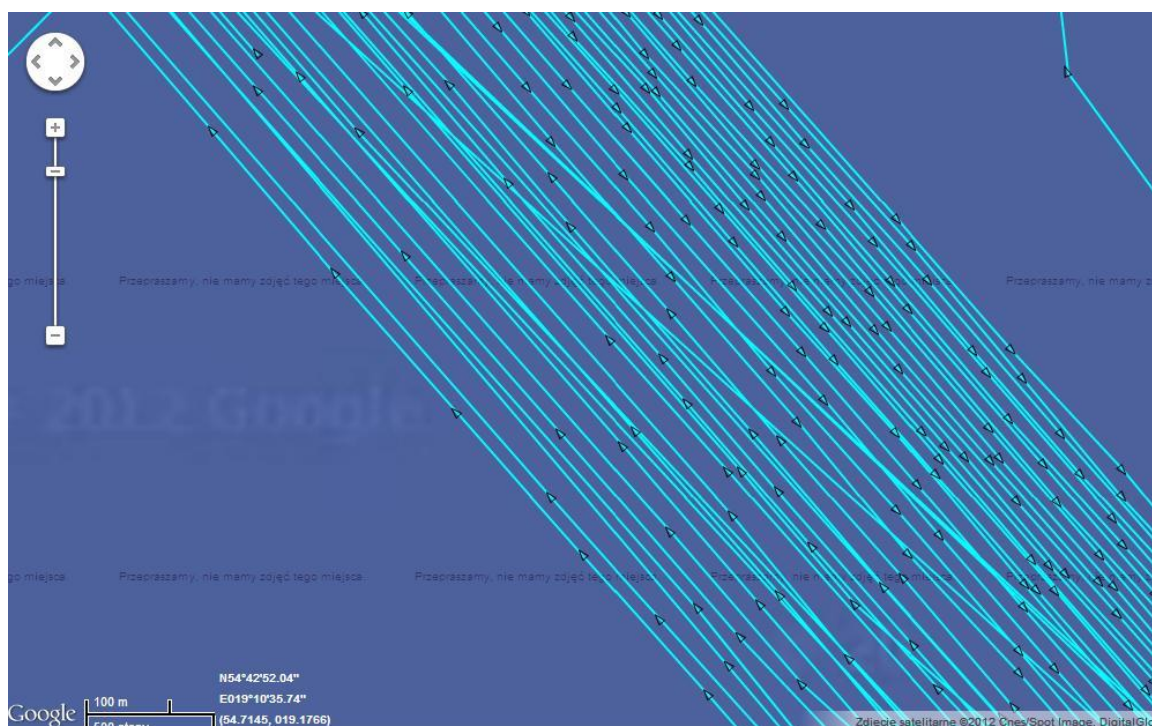


Rys.5.1. Lokalizacja poligonu pomiarowego oraz rozmieszczenie profili pomiarowych w trakcie przeprowadzania pomiarów (<http://www.marinetraffic.com>)



Rys.5.2. Lokalizacja poligonu pomiarowego oraz rozmieszczenie profili pomiarowych w trakcie przeprowadzania pomiarów (<http://www.marinetraffic.com>)





Rys.5.3. Rozmieszczenie profili pomiarowych w trakcie przeprowadzania pomiarów(<http://www.marinetraffic.com>)

## 5.2. Przetwarzanie zebranych danych prowadzące do identyfikacji obiektów ferromagnetycznych

Głównym celem przetwarzania danych magnetometrycznych jest wykrycie lokalnych źródeł zwiększonego natężenia pola magnetycznego wskazujących na obecność obiektów ferromagnetycznych na badanym obszarze.

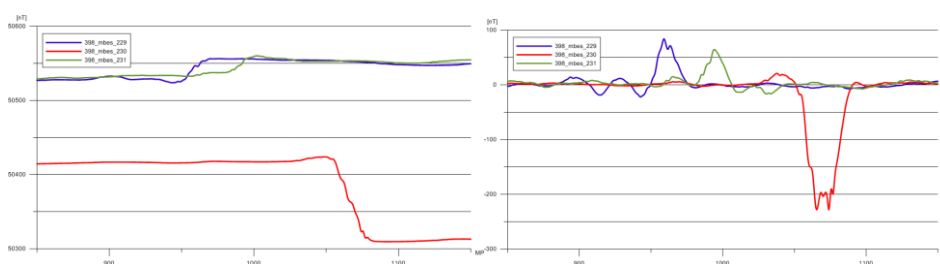
Dane zawierające wartości poziomu indukcji magnetycznej zarejestrowanej przez magnetometr są trudne w interpretacji, głównie ze względu na cechującą je zależność czasową i lokalizacyjną. Dodatkowo natężenie pola magnetycznego w każdym punkcie przestrzeni stanowi wektorową sumę wartości naturalnego pola magnetyzmu ziemskiego oraz w przypadku obecności w obszarze pomiarowym obiektu o cechach ferromagnetycznych jego magnetycznego momentu dipolowego. W skład sygnału rejestrowanego przez magnetometr wchodzi również szumy zakłócające właściwy sygnał, które mogą być generowane przez samo urządzenie elektryczne (magnetometr, kablolina i statek), dobowe wariacje ziemskiego pola magnetycznego wywołane przez Słońce, szumy własne urządzenia pomiarowego, błędy komunikacji pomiędzy urządzeniem pomiarowym a systemem rejestrującym oraz szumy generowane przez fale morskie. W celu redukcji tego typu zakłóceń przeprowadzono wstępną



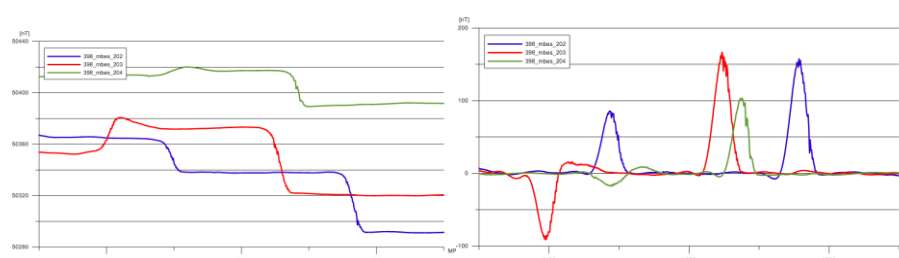
filtrację dolnoprzepustową sygnału eliminując wszystkie wysokoczęstotliwościowe składowe. Kolejnym etapem obróbki danych było zastosowanie dolnoprzepustowego filtra Butterwortha charakteryzującego się maksymalnie płaską funkcją przenoszenia. Jest to rodzaj filtra z nieskończoną odpowiedzią impulsową działającego w dziedzinie czasu. Taki rodzaj filtracji nie wymaga stosowania transformaty Fouriera i polega na mnożeniu próbek przez liczby, ich opóźnieniu i sumowaniu. Głównym celem zastosowania filtra Butterwortha na zebranych danych była eliminacja wartości średnich generowanych głównie przez ziemskie pole magnetyczne i wydobywanie niskoczęstotliwościowych składowych wskazujących na obecność obiektów ferromagnetycznych.

Dane znormalizowane w opisany sposób posłużyły do opracowania mapy anomalii pola magnetycznego. Interpolacja przefiltrowanych danych magnetometrycznych pozwala na przedstawienie wartości natężenia pola magnetycznego w badanym rejonie oraz identyfikację dużych miejscowych anomalii wskazujących na obecność obiektów ferromagnetycznych zalegających na dnie bądź pod warstwą osadów geologicznych. Korelując położenie anomalii magnetycznej z odległością czujników magnetycznych od dna wraz z wartością zarejestrowaną przez urządzenie możliwe jest wyznaczenie przybliżonej masy ferromagnetyka. Analiza mapy rozkładu natężenia pola magnetycznego dodatkowo pozwala określić występowanie większych form geologicznych lub geomorfologicznych.

Ze względu na wysoką wrażliwość czujnika na zmiany odległości od dna w trakcie przeprowadzania pomiaru należy zachować ostrożność przy interpretacji wyników, szczególnie w kwalifikowaniu poszczególnych dipoli jako anomalii generowanych przez ferromagnetyki od dipoli będących wynikiem błędów pomiarowych, dużego zróżnicowania batymetrii lub geomorfologii badanej powierzchni dna. Nagłe zmiany głębokości akwenu lub zmiany wysokości prowadzenia czujnika nad dnem powodują zmiany wartości faktycznego natężenia pola magnetycznego zarejestrowanego przez urządzenie w danym punkcie przestrzeni. Własność tę można wykorzystać m. in. do wykrywania potencjalnych torów i progów wodnych lub stopnia zróżnicowania rzeźby dna morskiego.

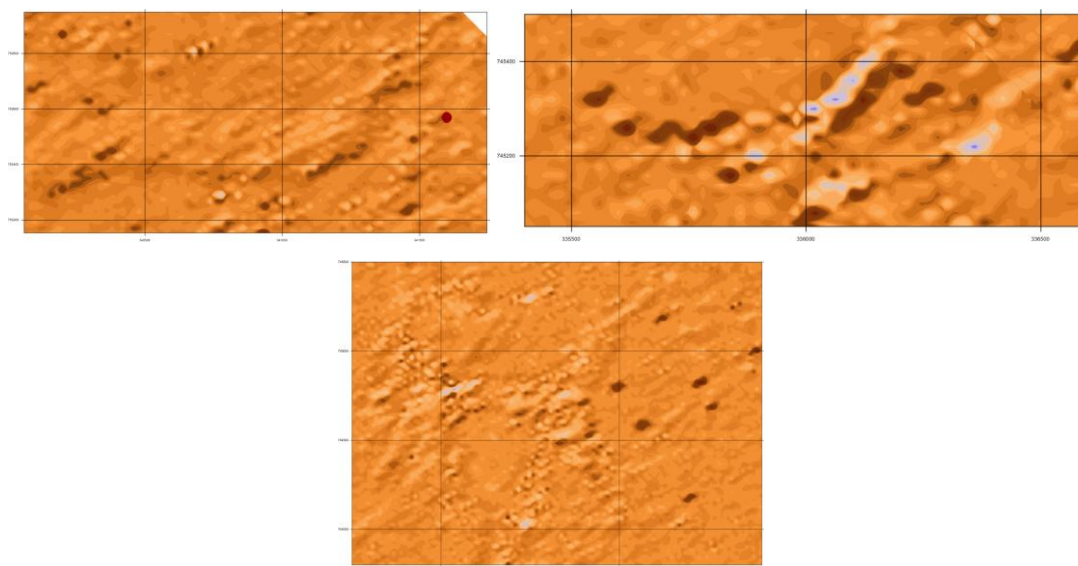


Rys.5.4. Przykłady wykresów wartości natężenia pola magnetycznego zarejestrowane na 3 sąsiednich profilach pomiarowych zarejestrowane na poligonie pomiarowym podczas wcześniej wykonywanych prac oraz wykresy danych z tych samych profili po przeprowadzeniu filtracji



Rys.5.5. Przykłady wykresów wartości natężenia pola magnetycznego zarejestrowane na 3 sąsiednich profilach pomiarowych zarejestrowane na poligonie pomiarowym podczas wcześniej wykonywanych prac oraz wykresy danych z tych samych profili po przeprowadzeniu filtracji

Na wykresach (Rys. 5.4, 5.5) przedstawione zostały wartości natężenia pola magnetycznego zarejestrowane w innym projekcie na wybranych profilach pomiarowych w trakcie oraz wykresy przedstawiające wynik działania zastosowanej metody obróbki danych. Na wykresach przedstawiających dane przed filtracją wyraźnie widać zmiany poziomu natężenia pola magnetycznego, które są wynikiem zmiany głębokości akwenu lub zmiany wysokości prowadzenia urządzenia pomiarowego nad dnem. W efekcie algorytm generuje podwyższone lub znacznie zaniżone wartości anomalii pola magnetycznego. Własność tę można wykorzystać przede wszystkim do znajdowania granic obszarów o różnych własnościach, np. zmiana głębokości w badanym obszarze.



Rys.5.6. Przykłady ciągłych anomalii magnetycznych wskazujących na występowanie potencjalnych progów wodnych lub form geomorfologicznych.

Na ilustracjach (Rys.5.6) przedstawiono fragmenty map anomalii pola magnetycznego na badanych poligonach z przykładami ciągłych anomalii magnetycznych, które wskazują na istnienie progów wodnych lub równoczesne występowanie wielu różnych form geomorfologicznych.

Magnetometr wykonuje pomiar otaczającego pola magnetycznego, na którego wartość wpływa wiele czynników, w tym obecność obiektów o właściwościach ferromagnetycznych zalegających na powierzchni dna lub pod warstwą osadów. Wielkość samej anomalii magnetycznej zależy m. in. od masy takiego obiektu i jest w przybliżeniu odwrotnie proporcjonalna do sześcianu odległości urządzenia pomiarowego od celu w trakcie rejestrowania sygnału. Oznacza to, że wielkość obiektu ferromagnetycznego, który może zostać wykryty warunkuje odległości magnetometru od obiektu zalegającego na dnie. Dwa główne parametry, które mają wpływ na tę odległość to wysokość na jakiej prowadzone jest urządzenie nad dnem w trakcie pomiaru oraz dystans pomiędzy kolejnymi profilami pomiarowymi.

Najbardziej efektywną metodą przeprowadzania pomiaru, przy której możliwe jest wykrycie największej liczby obiektów to gęste rozmieszczenie profili pomiarowych oraz utrzymanie magnetometru jak najbliżej dna. Takie warunki nie zawsze mogą jednak być spełnione. Charakter i uwarunkowania naturalne badanego obszaru to główny czynnik jaki ma

wpływ na sposób wykonywania badań. Zbyt niskie prowadzenie urządzenia pomiarowego przy zmiennej batymetrii czy zróżnicowanej rzeźbie dna zagraża uderzeniem lub wleczeniem urządzenia po podłożu. Gęste rozmieszczenie profili pomiarowych wydłuża czas i koszt trwania badań. W celu doboru najbardziej optymalnego sposobu przeprowadzania pomiaru należy określić najmniejszą oczekiwaną masę obiektów zalegających na dnie, które chcemy zlokalizować przy założeniu, że minimalna wartość anomalii wskazująca obecność obiektu ferromagnetycznego w badanym rejonie to 5nT. Pod uwagę trzeba również wziąć fakt, że mniejsze obiekty są wykrywalne jedynie na wysokości lub w niewielkiej odległości od wyznaczonego profilu pomiarowego natomiast w przestrzeni pomiędzy profilami wykryte zostaną tylko obiekty o dużej masie. Przy rozmieszczeniu profili pomiarowych w odległości 30m i przy minimalnej odległości prowadzenia magnetometru nad dnem 6m obiekt o masie 0,5t zalegający dokładnie pomiędzy profilami pomiarowymi nie zostanie wykryty generując wartość anomalii 1,2nT, natomiast ten sam obiekt na wysokości profilu pomiarowego będzie tworzył anomalię o wartości 24nT (Hall 1966).

*Tab.5.1. Przykłady obiektów archeologicznych zalegających na dnie i minimalna odległość urządzenia pomiarowego od celu warunkująca ich wykrycie (na podstawie równania Hall'a, 1966)*

Przykład obiektu	Masa [kg]	Maksymalna odległość obiektu od magnetometru (anomalii 5nT)
mała armata	9kg	2,7m
średnia armata	14,5kg	3,1m
mała kotwica	100kg	5,9 m
średnia kotwica	2t	15,9 m
stalowy wrak	10t	27,1m
stalowy wrak	100t	58,4m
stalowy wrak	1000t	126m

Z powyższej tabeli (Tab. 5.1) wynika, że małe obiekty są trudne do wykrycia. W granicach odległości 6m od urządzenia pomiarowego jedynie obiekty o masie powyżej 100kg zostaną zauważone jako anomalia rzędu 5nT.

Tab.5.2. Minimalna odległość obiektu ferromagnetycznego od urządzenia pomiarowego przy założeniu wykrywalności  $5nT$  (na podstawie równania Hall'a 1966)

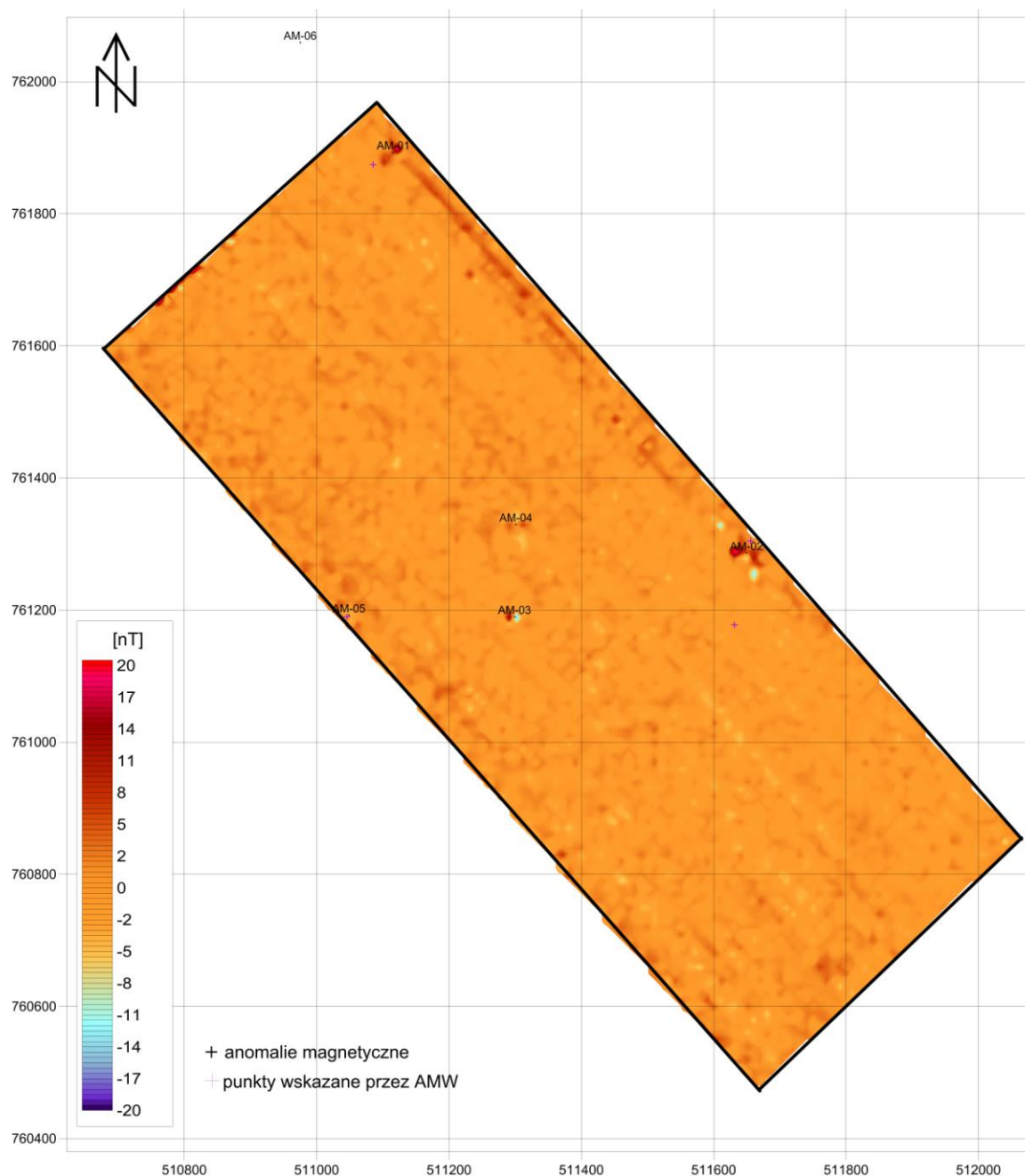
Odległość (m)	Masa obiektu (kg)
5	63
6	108
7	172
8	256
9	365
10	500
12	864
14	1372
16	2048
18	2916
20	4000



Rys.5.7. Przykład obiektu (torpeda o masie magnetycznej ok. 1,5 tony) zalegającego na dnie z nałożonymi wartościami anomalii pola magnetycznego w badanym rejonie

Prawidłowość zastosowanej metody potwierdza wykrycie niewielkich obiektów zalegających na dnie, których obecność potwierdzają zdjęcia akustyczne. Na rysunku (Rys. 5.7) widoczny sonarowy obraz torpedy z nałożonymi izoliniami wartości anomalii pola magnetycznego.

## 6. Wyniki



*Rys.6.1. Mapa rozkładu anomalii pola magnetycznego na wyznaczonym poligonie pomiarowym*

Na rysunku (Rys. 6.1) przedstawiony został rozkład anomalii pola magnetycznego na wyznaczonym poligonie pomiarowym. Mapa przedstawia wielkość samych zmian pola magnetycznego, natomiast skala barw określa ich wartości. Widoczne ciągle anomalie magnetyczne wskazują na lekkie zróżnicowanie w budowie geomorfologicznej dna. Obszary



o wyraźnie podwyższonych wartościach natężenia pola magnetycznego mogą wyznaczać miejsca zmian głębokości. Widoczną na mapie zmienność rozkładu natężenia pola magnetycznego może również powodować zróżnicowanie zalegających typów osadów. W celu dokładnej analizy i weryfikacji badanego obszaru mapę anomalii pola magnetycznego należy porównać z pomiarami batymetrycznymi i geologicznymi.

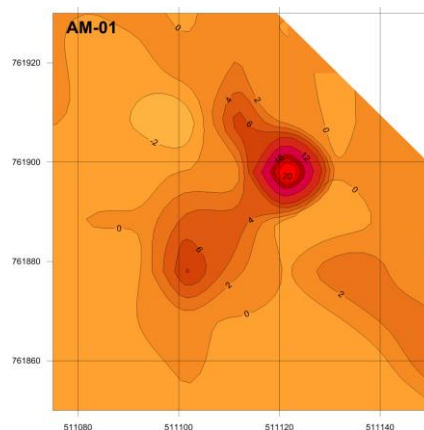
Na mapie wyznaczono 6 anomalii magnetycznych wskazujących na obecność obiektów ferromagnetycznych zalegających na dnie lub pod warstwą osadów. Wielkość anomalii magnetycznej zależy od masy obiektu, jego kształtu, orientacji przestrzennej i materiału z jakiego jest wykonany, natomiast faktyczna wartość podczas rejestrowania przez czujnik jest dodatkowo uwarunkowana odległością magnetometru od dna w trakcie pomiaru i w przybliżeniu odwrotnie proporcjonalna do sześciangu odległości urządzenia od obiektu. W tabeli (tab.6.1) przedstawiono zestawienie anomalii magnetycznych wyznaczonych na poligonie badawczym, pozycję (Easting, Northing) oraz maksymalną wartość natężenia pola magnetycznego zarejestrowaną przez czujnik w tym rejonie. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że pozycje anomalii magnetycznych na mapie są jedynie najbliższym przybliżeniem faktycznego położenia obiektu zalegającego na dnie, z wyjątkiem sytuacji, w których magnetometr przemieszczał się bezpośrednio nad celem.

*Tab.6.1 Wykaz anomalii magnetycznych wyznaczonych na poligonie badawczym*

<b>Nazwa anomalii</b>	<b>Easting</b>	<b>Northing</b>	<b>Wartość max [nT]</b>
AM-01	511115,9012	761892,9121	25
AM-02	511649,4823	761286,2886	23
AM-03	511299,1263	761189,724	15
AM-04	511301,1376	761329,5029	8
AM-05	511048,7087	761192,0776	5
AM-06	510975,1499	762059,0554	40

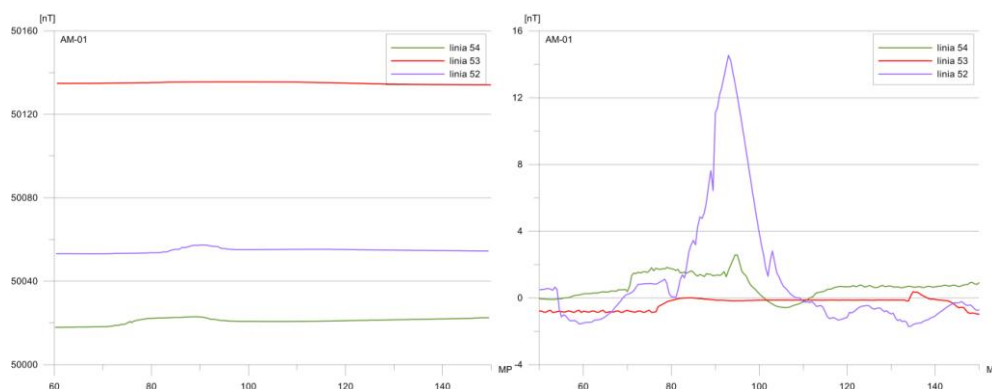
Szczegółowy rozkład natężenia anomalii magnetycznej dla poszczególnych obiektów przedstawiono na powiększonych fragmentach mapy rozkładu anomalii po obróbce danych.

## 6.1. Anomalia AM-01



Rys.6.2. Powiększony fragment mapy anomalii magnetycznych z widoczną szczegółowo anomalią AM-01

Na rysunku (Rys. 6.2) przedstawiony został szczegółowy rozkład natężenia pola magnetycznego dla anomalii AM-01. Wartości zarejestrowane przez czujnik oraz rozmieszczenie przestrzenne izolinii na mapie wskazują na występowanie obiektu ferromagnetycznego w tym rejonie.

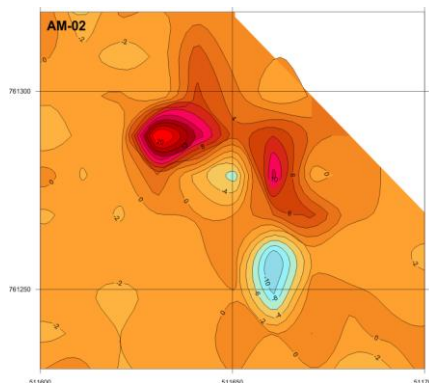


Rys.6.3. Wykresy natężenia pola magnetycznego zarejestrowane przez urządzenie pomiarowe na trzech sąsiednich profilach pomiarowych w miejscu występowania anomalii AM-01

Na rysunku (Rys. 6.3) przedstawione zostały wykresy wartości natężenia pola magnetycznego dla surowych danych zarejestrowanych przez magnetometr na profilach pomiarowych 52 (kolor niebieski), 53 (kolor czerwony), 54 (kolor zielony), oraz na wykresach po prawej stronie te same dane po przeprowadzonej filtracji. Na profilu 52 rysuje się wyraźna anomalia magnetyczna o wartości ok. 15nT po przeprowadzonej filtracji i wzmocnieniu sygnału (normalizacji). Wartość zarejestrowana dla surowych danych wynosi ok. 4nT co wskazywać może na zaleganie obiektu ferromagnetycznego w tym rejonie. Na sąsiednich profilach pomiarowych nie zarejestrowano podwyższonego natężenia pola magnetycznego.

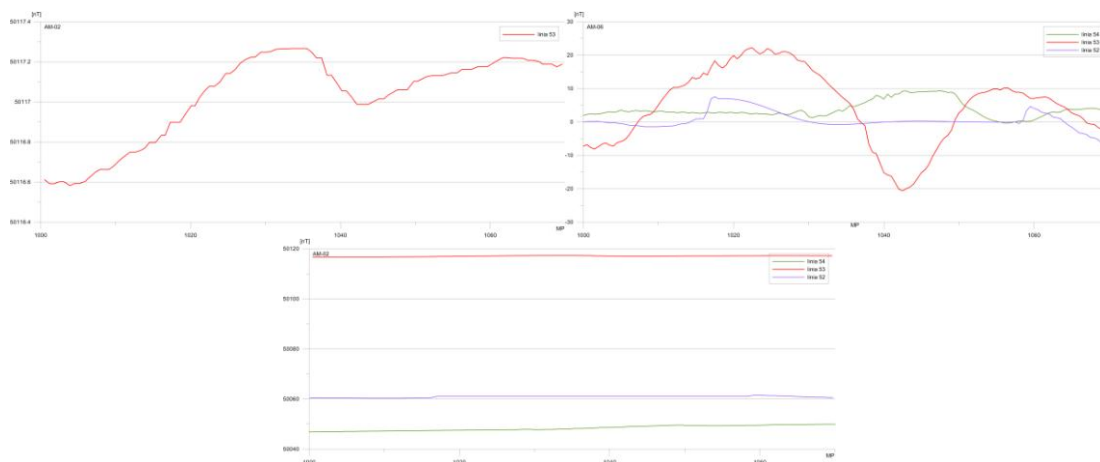
Kształt wykresu wskazuje na małą odległość urządzenia pomiarowego od obiektu w trakcie rejestrowania sygnału bądź obiekt lub jego część znajdują się pod warstwą osadów. Istnieje duże prawdopodobieństwo, że zarejestrowany sygnał może być następstwem lokalnego zróżnicowania batymetrii lub budowy dna.

## 6.2. Anomalia AM-02



Rys.6.4 Powiększony fragment mapy anomalii magnetycznych z widoczną szczegółowo anomalią AM-02

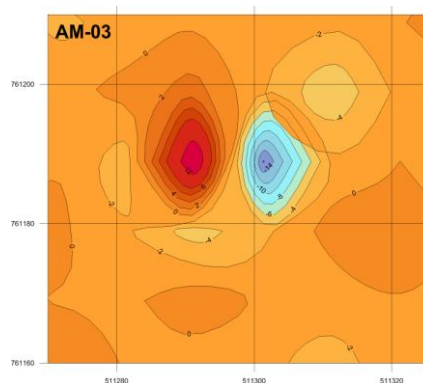
Na rysunku (Rys. 6.4) przedstawiony został szczegółowy rozkład natężenia pola magnetycznego dla anomalii AM-02. Wartości zarejestrowane przez czujnik oraz rozmieszczenie przestrzenne izolinii na mapie wskazują na występowanie obiektu ferromagnetycznego w tym rejonie.



Rys.6.5. Wykresy natężenia pola magnetycznego zarejestrowane przez urządzenie pomiarowe na trzech sąsiednich profilach pomiarowych w miejscu występowania anomalii AM-02

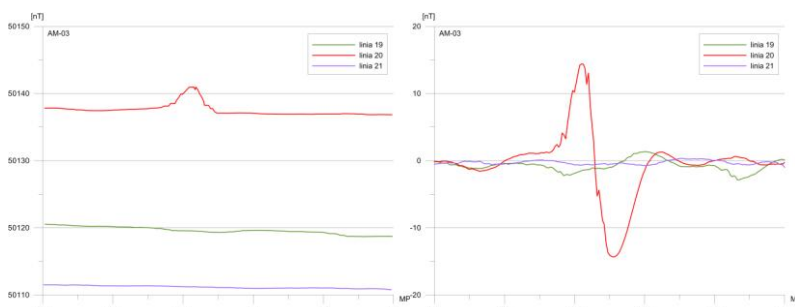
Na rysunku (Rys. 6.5.) przedstawione zostały wykresy wartości natężenia pola magnetycznego dla surowych danych zarejestrowanych przez magnetometr na profilach pomiarowych 52 (kolor niebieski), 53 (kolor czerwony), 54 (kolor zielony), oraz na wykresach po prawej stronie te same dane po przeprowadzonej filtracji. Na profilu 52 rysuje się widoczna anomalia magnetyczna o wartości 20nT po przeprowadzonej filtracji i wzmacnieniu sygnału. Wartość zarejestrowana dla surowych danych wynosi ok. 6nT co wskazuje na zaleganie obiektu ferromagnetycznego w tym rejonie. Dodatkowo podwyższona wartość pola magnetycznego została zarejestrowana na sąsiednich profilach pomiarowych co wskazywać może na podłużny kształt obiektu lub jego duży rozmiar. Kształt wykresu wskazuje na stosunkowo znaczną odległość urządzenia pomiarowego od obiektu w trakcie rejestrowania sygnału bądź obiekt lub jego część znajdują się pod warstwą osadów. Na rozkład zarejestrowanego pola magnetycznego wpływ ma również charakter i kształt dna w tym rejonie.

### 6.3. Anomalia AM-03



Rys6.6. Powiększony fragment mapy anomalii magnetycznych z widoczną szczegółowo anomalią AM-03

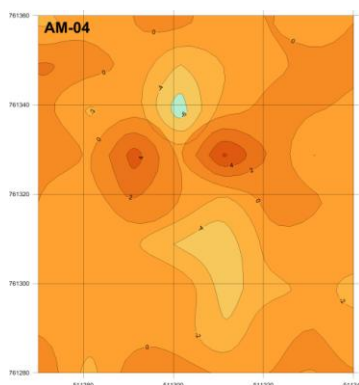
Na rysunku (Rys. 6.6) przedstawiony został szczegółowy rozkład natężenia pola magnetycznego dla anomalii AM-03. Wartości zarejestrowane przez czujnik oraz rozmieszczenie przestrzenne izolinii na mapie wskazują na występowanie niewielkiego obiektu ferromagnetycznego w tym rejonie.



Rys.6.7. Wykresy natężenia pola magnetycznego zarejestrowane przez urządzenie pomiarowe na trzech sąsiednich profilach pomiarowych w miejscu występowania anomalii AM-03

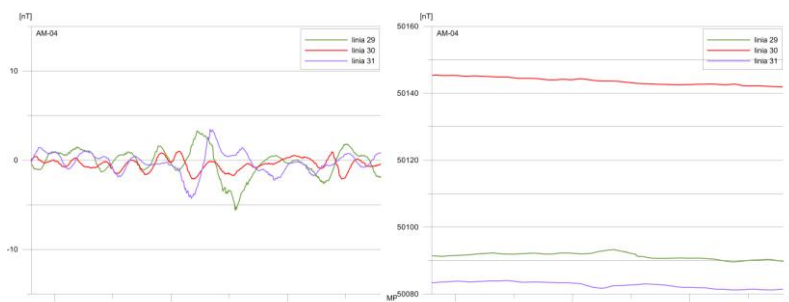
Na rysunku (Rys. 6.7) przedstawione zostały wykresy wartości natężenia pola magnetycznego dla surowych danych zarejestrowanych przez magnetometr na profilach pomiarowych 19 (kolor niebieski), 20 (kolor czerwony), 21 (kolor zielony), oraz na wykresach po prawej stronie te same dane po przeprowadzonej filtracji. Na profilu 20 rysuje się widoczna anomalia magnetyczna o wartości 15nT po przeprowadzonej filtracji i wzmocnieniu sygnału. Wartość zarejestrowana dla surowych danych wynosi ok. 3nT co wskazuje na zaleganie obiektu ferromagnetycznego w tym rejonie. Na sąsiednich profilach pomiarowych nie zarejestrowano podwyższonego natężenia pola magnetycznego. Kształt wykresu wskazuje na stosunkowo znaczną odległość urządzenia pomiarowego od obiektu w trakcie rejestrowania sygnału bądź obiekt lub jego część znajdują się pod warstwą osadów.

#### 6.4. Anomalia AM-04



Rys.6.8. Powiększony fragment mapy anomalii magnetycznych z widoczną szczegółowo anomalią AM-04

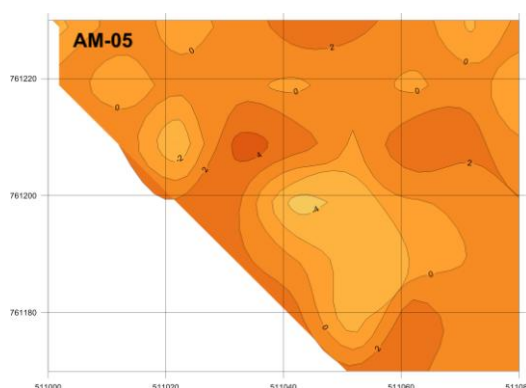
Na rysunku (Rys. 6.8) przedstawiony został szczegółowy rozkład natężenia pola magnetycznego dla anomalii AM-04. Wartości zarejestrowane przez czujnik oraz rozmieszczenie przestrzenne izolinii na mapie wskazują na występowanie niewielkiego obiektu ferromagnetycznego w tym rejonie.



Rys.6.9. Wykresy natężenia pola magnetycznego zarejestrowane przez urządzenie pomiarowe na trzech sąsiednich profilach pomiarowych w miejscu występowania anomalii AM-04

Na rysunku (Rys. 6.9) przedstawione zostały wykresy wartości natężenia pola magnetycznego dla surowych danych zarejestrowanych przez magnetometr na profilach pomiarowych 29 (kolor niebieski), 30 (kolor czerwony), 31 (kolor zielony), oraz na wykresach po prawej stronie te same dane po przeprowadzonej filtracji. Wartości natężenia pola magnetycznego w tych rejonach charakteryzują się dużą zmiennością. Dodatkowo na dwóch profilach widoczne są miejscowe podwyższone wartości pola magnetycznego. Analiza wykresów wskazuje na większy wpływ rzeźby dna na pole magnetyczne w tym rejonie, nie wykluczona jest jednak obecność małego obiektu ferromagnetycznego np. pod powierzchnią osadów lub ułożonego pomiędzy profilami pomiarowymi.

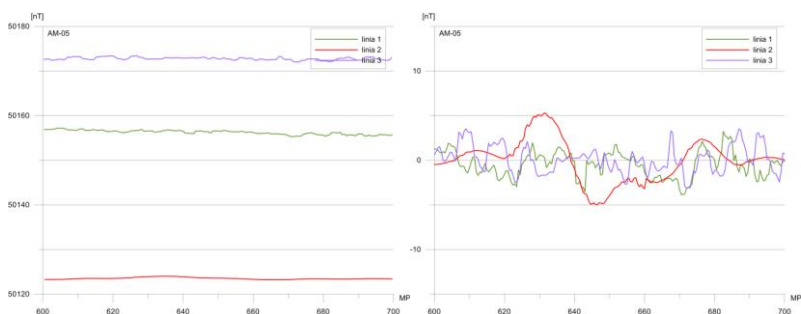
## 6.5. Anomalia AM-05



Rys.6.10. Powiększony fragment mapy anomalii magnetycznych z widoczną szczegółowo anomalią AM-05

Na rysunku (Rys. 6.10) przedstawiony został szczegółowy rozkład natężenia pola magnetycznego dla anomalii AM-05. Wartości zarejestrowane przez czujnik oraz rozmieszczenie przestrzenne izolinii na mapie wskazują na występowanie niewielkiego obiektu ferromagnetycznego w tym rejonie.

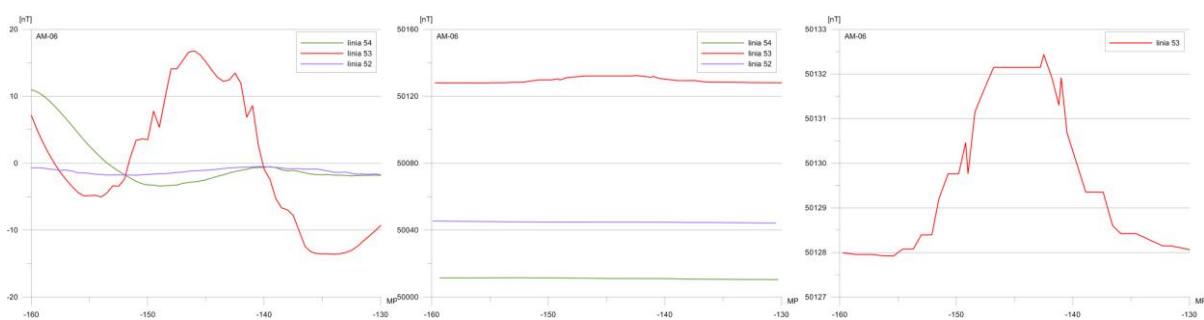




Rys.6.11. Wykresy natężenia pola magnetycznego zarejestrowane przez urządzenie pomiarowe na trzech sąsiednich profilach pomiarowych w miejscu występowania anomalii AM-05

Na rysunku (Rys. 6.11) przedstawione zostały wykresy wartości natężenia pola magnetycznego dla surowych danych zarejestrowanych przez magnetometr na profilach pomiarowych 1 (kolor niebieski), 2 (kolor czerwony), 3 (kolor zielony), oraz na wykresach po prawej stronie te same dane po przeprowadzonej filtracji. Wartości natężenia pola magnetycznego w tych rejonach charakteryzują się dużą zmiennością. Dodatkowo na dwóch profilach widoczne są miejscowe podwyższone wartości pola magnetycznego. Analiza wykresów wskazuje na większy wpływ rzeźby dna na pole magnetyczne w tym rejonie, nie wykluczona jest jednak obecność małego obiektu ferromagnetycznego np. pod powierzchnią osadów lub ułożonego pomiędzy profilami pomiarowymi.

## 6.6. Anomalia AM-06



Rys.6.12. Wykresy natężenia pola magnetycznego zarejestrowane przez urządzenie pomiarowe na trzech sąsiednich profilach pomiarowych w miejscu występowania anomalii AM-06

Na wykresach przedstawione zostały wykresy pola magnetycznego zarejestrowanego przez urządzenie pomiarowe na trzech sąsiednich profilach pomiarowych w rejonie występowania anomalii magnetycznej AM-06. Anomalia znajduje się poza obszarem

wyznaczonym do badań. Na profilu 53 rysuje się widoczna anomalia magnetyczna o wartości ok. 15nT po przeprowadzonej filtracji i wzmocnieniu sygnału. Wartość zarejestrowana dla surowych danych wynosi ok. 4nT co wskazuje na zaleganie obiektu ferromagnetycznego w tym rejonie. Na sąsiednich profilach pomiarowych nie zarejestrowano podwyższonego natężenia pola magnetycznego. Kształt wykresu wskazuje na stosunkowo niewielką odległość urządzenia pomiarowego od obiektu w trakcie rejestrowania sygnału bądź obiekt lub jego część znajdują się pod warstwą osadów.

## 7. Wnioski

- W rejonie przeprowadzonych badań wykryto 5 anomalii magnetycznych oraz jedną dodatkową poza rejonem wyznaczonym przez AMW, które wskazują na zaleganie obiektów ferromagnetycznych w tym rejonie.
- Nie we wszystkich lokalizacjach, które AMW wskazała na zaleganie potencjalnych obiektów, wyznaczono anomalie magnetyczne. Możliwym jest, że wskazane obiekty wykryte sonarem bocznym, są obiektami o właściwościach amagnetycznych, np. wraki (lub elementy wraków) wykonanych z drewna.
- Istnieje spore prawdopodobieństwo, że niektóre z wyznaczonych anomalii nie wskazują na rzeczywiste miejsce zalegania obiektów ferromagnetycznych. Zastosowana technika przetwarzania wykorzystywana do poszukiwania niewielkich anomalii magnetycznych polegająca na głębokim przetworzeniu danych pomiarowych, może (w określonych sytuacjach) prowadzić do powstawania błędów ze względu na powstawanie „węzłów” w których suma błędów powoduje powstanie „fałszywych” obiektów. Jednakże miejsca w których widoczne są dipole dodatnie obok dipoli ujemnych można uznać za wiarygodne.
- Ze względu na małą masę poszukiwanych obiektów sygnał zarejestrowany przez urządzenie pomiarowe został celowo wzmocniony, aby uwydatnić miejscowe anomalie. Wartości przedstawione na wykresach są zawyżone w stosunku do wartości rzeczywistych, jednak metoda ta pozwala wyznaczyć miejsca o nieznacznie podwyższonych wartościach pola magnetycznego na badanym obszarze.

## Literatura

1. Camidge K., Holt P., Johns Ch., Randall L., Schmidt A. Developing magnetometer techniques to identify submerged archeological sites, Cornwall 2010
2. Gajewski L. i inni: Identyfikacja antropogenicznych obiektów dna morskiego metodami bezinwazyjnymi (sprawozdanie merytoryczne), Instytut Morski w Gdańsku, WW 5928, Gdańsk 202

## Załączniki

1. Płyta DVD zawierająca:
  - a. Raport z magnetometrycznych pomiarów morskich w rejonie Głębi Gdańskiej – wersja edytowalna WORD
  - b. Raport z magnetometrycznych pomiarów morskich w rejonie Głębi Gdańskiej – wersja nie edytowalna . pdf
  - c. Dane pomiarowe w formacie programu Qinsy \*.db
  - d. Dane pomiarowe w formacie ASCII \*.log
  - e. Mapa rozkładu anomalii magnetycznych w skali 1:4000.
2. Papierowa mapa rozkładu anomalii magnetycznych w skali 1:4000