

## **Raport z badań geofizycznych metodą georadarową w obrębie zapadliska w Zamku Książąt Pomorskich w Szczecinie**

**Zamawiający:**

BARG-ARTGEO Sp. z o. o.  
ul. Zygmunta Chmielewskiego 13  
70-028 Szczecin

**Wykonawca:**

Radosław Mieszkowski RMTEERRA,  
konsultacje geotechniczne i geofizyczne,  
ul. Kossaka 20, 05-820 Piastów

Opracował

dr hab. Radosław Mieszkowski



*Upr. geol. VII-1565*

Maj 2019 r.

## Spis treści:

### CZĘŚĆ TEKSTOWA

1. Wstęp
2. Metodyka pomiarów georadarowych (GPR)
3. Opracowanie wyników badań geofizycznych
4. Podsumowanie
5. Literatura

### ZAŁĄCZNIKI

| Załączniki | Tytuł                                     |
|------------|---|
| 1          | MAPA DOKUMENTACYJNA                       |
| 2.1        | Zestawienie echogramów - ściana zachodnia |
| 2.2        | Zestawienie echogramów - ściana północna  |

## 1. Wstęp

Badania geofizyczne metodą georadarową wykonano na podstawie zlecenia z dn. 29 kwietnia 2019 r. Pomiary wykonano w dn. 30 kwietnia 2019 r.

Celem nieinwazyjnych pomiarów geofizycznych było rozpoznanie podłoża gruntowego pod kątem obecności w nim stref rozluźnienia oraz reliktyw muru w pobliżu zapadliska wewnątrz sali Zamku, w której doszło do awarii budowlanej zapadnięcia kolumny podporowej strop.

W ramach niniejszego opracowania wykonano:

1/ pomiary terenowe

Tabela 1. Charakterystyka pomiarów geofizycznych

| metoda geofizyczna | Miejsce                     | Ilość profili                                      | Charakterystyka pomiaru                                 |
|--------------------|-----------------------------|--|---|
| GPR                | Ściana zachodnia zapadliska | 1 profil anteną 450 MHz<br>1 profil anteną 160 MHz | Aparatura: GPR HDR, anteny ekranowane MALA, prod szwed. |
|                    | Ściana północna zapadliska  | 1 profil anteną 450 MHz<br>1 profil anteną 160 MHz |   |

2/ przetwarzanie i interpretację uzyskanych rezultatów.

Tabela 2. Charakterystyka przetwarzania danych terenowych

| metoda geofizyczna | program komputerowy | UWAGI  |
|--------------------|---------------------|--|
| GPR                | RadExplorer         | zastosowano procedury: „move zero”, „bandpassfrequency”, „background removal” i „gain” |

## 2. Metodyka pomiarów georadarowych (GPR)

Pomiary wykonano dwoma antenami ekranowanymi MALA HDR 450MHz i 160 MHz.

Sygnał fali el.-mag. był wyzwalany po czasie co ok. 0.5 sekundy.

Tabela 3. Metodyka pomiarów metodą GPR

| Profile GPR | okno czasowe | Wzbudzenie sygnału co | przybliżona głębokość prospekcji |
|-------------|--------------|-----------------------|----------------------------------|
| GPR_1-450   | 80 ns        | 0.5 sek.              | Teoretyczna 3.5 m                |
| GPR_3-450   |              |                       | Efektywna 2.2÷2.7 m              |
| GPR_2-160   | 190 NS       | 0.5 sek.              | Teoretyczna 8.5 m                |
| GPR_4-160   |              |                       | Efektywna 3÷3.5 m                |

### 3. Opracowanie wyników badań geofizycznych

#### Teoria metody

Idea badań geofizycznych z użyciem systemów georadarowych opiera się na zjawisku odbicia fal elektromagnetycznych o wysokich częstotliwościach, emitowanych za pomocą specjalnych anten nadawczych w głąb ośrodka geologicznego. Odbite fale są odbierane przez antenę odbiorczą i archiwizowane przy użyciu odpowiednio skonfigurowanych systemów rejestracji. Emisja i odbiór fal prowadzony jest impulsowo. System georadarowy - w określonym przedziale czasowym - prowadzi rejestrację fal odbitych od powierzchni i z wnętrza ośrodka w głąb, którego emitowane są fale. Tłumienie energii, zmiana fazy i częstotliwości oraz czas powrotu odbitej fali radarowej zależą od własności fizycznych ośrodka, z których główną rolę odgrywają: oporność elektryczna (tłumienie energii) i stała dielektryczna (powstawanie fal odbitych).

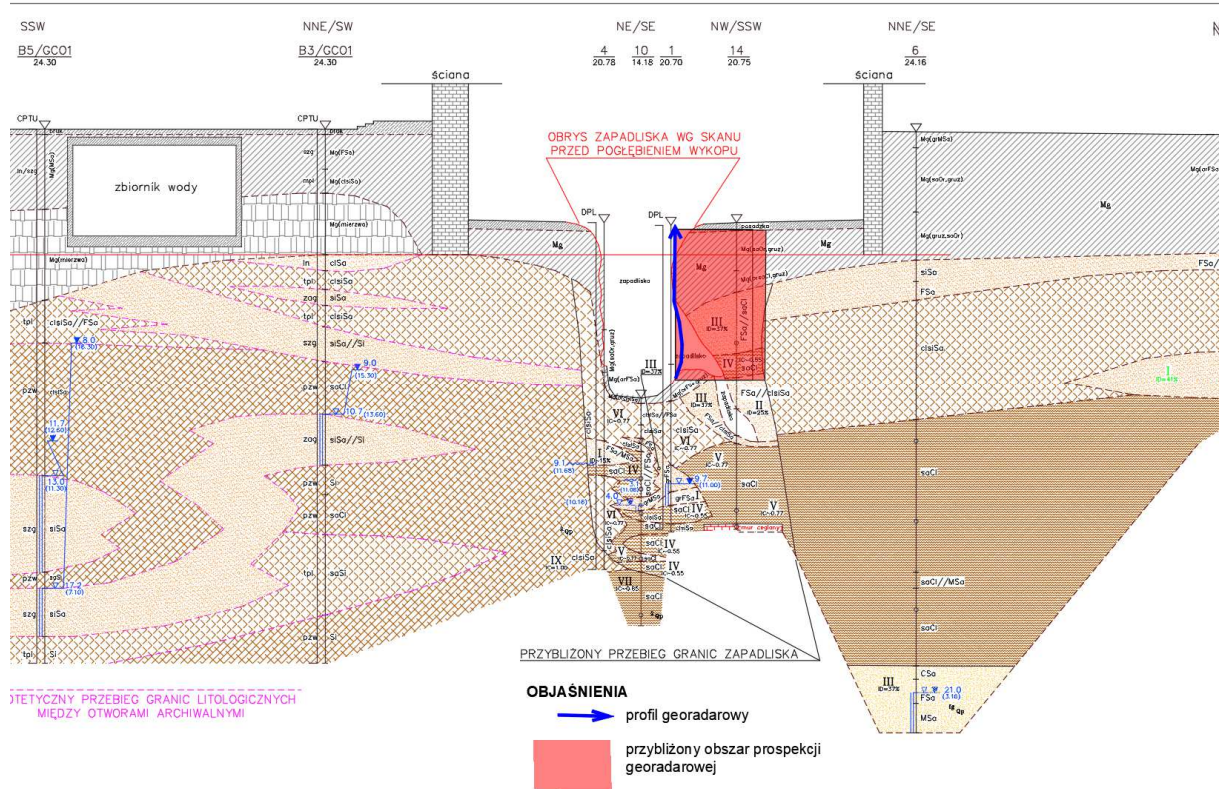
Istotny wpływ na możliwości prospekcji radarowej ma oporność elektryczna badanego ośrodka. Im oporność elektryczna jest niższa, tym większe tłumienie fali oraz spadek zasięgu prospekcji radarowej i odwrotnie. Im wyższa oporność elektryczna, tym głębokość prospekcji radarowej wzrasta. W praktyce przyjmuje się, że dobre warunki dla prospekcji radarowej występują dla oporności ośrodka powyżej 100  $\Omega\text{m}$ . Zwraca się uwagę, iż na terenie objętym pomiarami georadarowymi występuje podłoże o zmiennej oporności elektrycznej (ryc.1), tj.:

- niejednorodne grunty nasypowe (z gruzem) charakteryzujące się opornościami <100  $\Omega\text{m}$ ,
- spoiste grunty rodzime – clsiSa, saCl (oporność rzędu kilkudziesięciu  $\Omega\text{m}$ ),
- sypkie grunty rodzime – FSa//caCl (oporność kilkadziesiąt  $\Omega\text{m}$  do 100  $\Omega\text{m}$ ),

Niskie oporności gruntów ograniczają prospekcję metody georadarowej do ok. 3 m p.p.t.

Zarejestrowany w trakcie profilowania georadarowego obraz falowy nie zawsze pozwala na jednoznaczną identyfikację źródeł refleksów. Stąd zachodzi konieczność przetwarzania wyników z użyciem wybranych procedur filtracji zapisu i jego interpretacji. Ostateczna weryfikacja wyników musi być zawsze wykonywana przy użyciu metod bezpośrednich (wiercenia, wykopy, odkrywki i/lub sondowania). Lokalizację profili pomiarowych metodą GPR przedstawiono w załączniku 1.

Metodyka pomiarów georadarowych polegała na podciąganiu dwóch systemów anten georadarowych od dołu zapadliska ku górze (ryc. 1).



Ryc. 1 Przekrój geologiczny z zaznaczoną lokalizacją badań georadarowych i przybliżonym zakresie efektywnej prospekcji

System rejestracji danych georadarowych wyposażony był kontroler wraz oprogramowaniem przeznaczonym do akwizycji, analizy i uproszczonego przetwarzania danych w trakcie wykonywania pomiarów. Szczegółowy opis metody georadarowej można znaleźć w pracach: JOL H.M. (ed.), 2009 i KARCZEWSKI, J. 2007.

### Przetwarzanie i interpretacja danych GPR

Interpretację wyników badań przeprowadzono głównie pod kątem lokalizacji na profilach stref wzmocnienia fali el.-mag., które mogą pochodzić od stref rozluźnienia gruntów i/lub relikwów murów.

Zinterpretowane echogramy georadarowe zestawiono w załącznikach 2.1 i 2.2. Obszary wzmocnienia sygnału fali elektromagnetycznej, pochodzące prawdopodobnie od strefy rozluźnienia gruntów, okonturowano niebieską linią przerywaną.

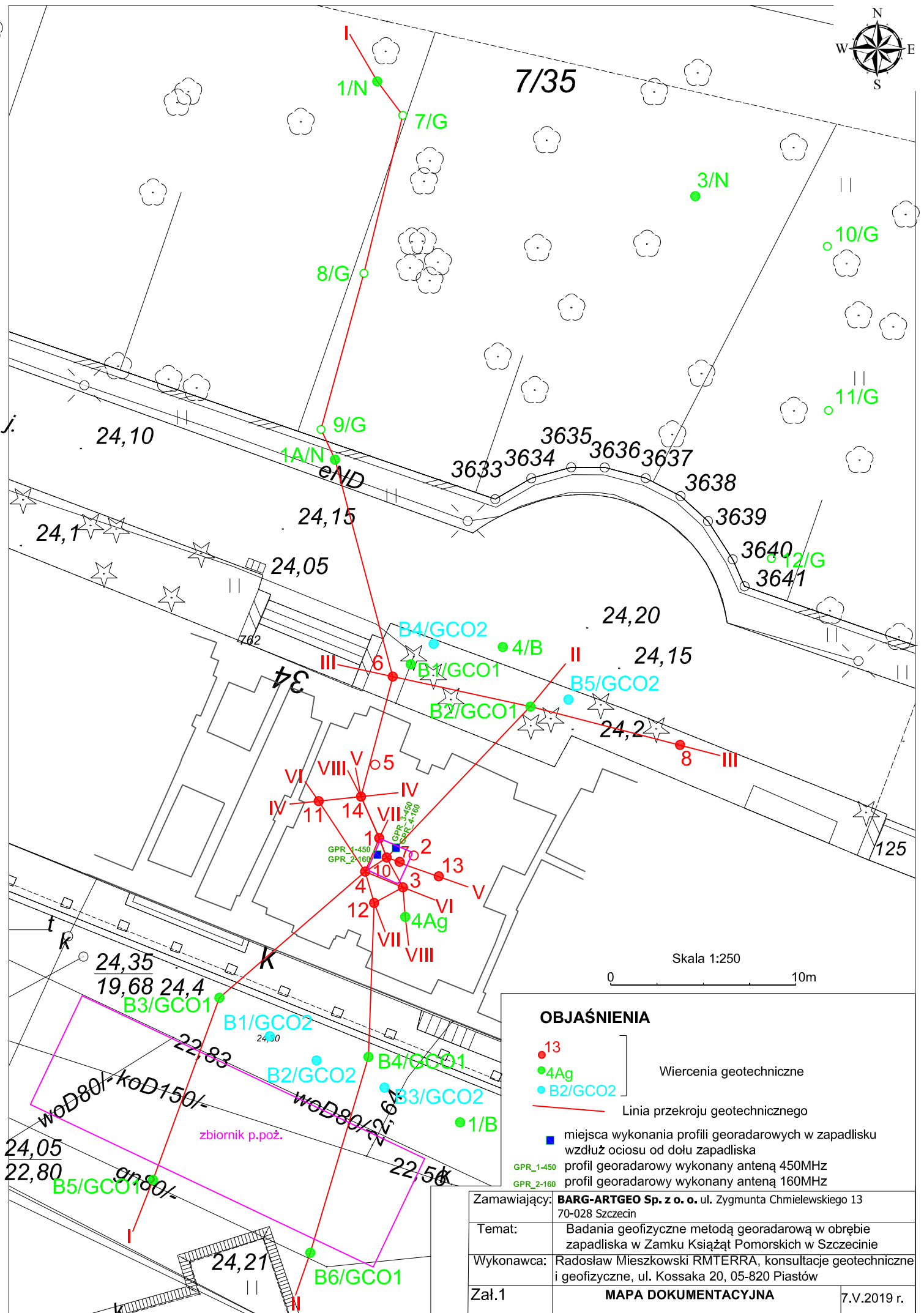
Dodatkowo na echogramach georadarowych wyinterpretowano wyraźne horyzonty refleksyjne równoległe ścian zapadliska. Ich rozciągłość może wskazywać na powierzchnie ścięcia i/lub szczeliny w gruncie. Na echogramach zidentyfikowano 3-4 takie anomalie (zał. 2.1 i 2.2)

#### **4. Podsumowanie**

- a/ W ramach niniejszego opracowania wykonano pomiary metodą georadarową dwoma systemami anten ekranowanych 160 MHz i 450 MHz.
- b/ Efektywna prospekcja metody sięgnęła max. do 3 m z uwagi na dominującą obecność gruntów spoistych w podłożu, które tłumią fale el.-mag.
- c/ W załącznikach 2.1 i 2.2 zaznaczono anomalie georadarowe powstałe od strefy rozluźnienia gruntów w dolnej części zapadliska oraz od prawdopodobnych ścięcia gruntów, zaznaczające się koncentrycznie do ścian zapadliska.
- d/ z uwagi na ograniczenia metody georadarowej (tłumienia fali el.-mag. w gruntach spoistych) nie udało się prospekcją objąć strefy, w której nawiercono relikty murów.
- e/ Należy podkreślić, iż zastosowana metody geofizyczna jest metodą nieinwazyjną, wykonywaną z powierzchni terenu. Na podstawie georadaru nie można jednoznacznie określić genezy zarejestrowanych anomalii. Rola wykonanych badań geofizycznych sprowadza się do wskazania miejsc o anomalnych wartościach mierzonych pól fizycznych.

#### **5. Literatura**

- JOL H.M. (ed.), 2009 - Ground Penetrating Radar: Theory and Application, 1st ed., Elsevier  
KARCZEWSKI, J. 2007. Zarys metody georadarowej. Kraków.



Skala 1:250  
0 10m

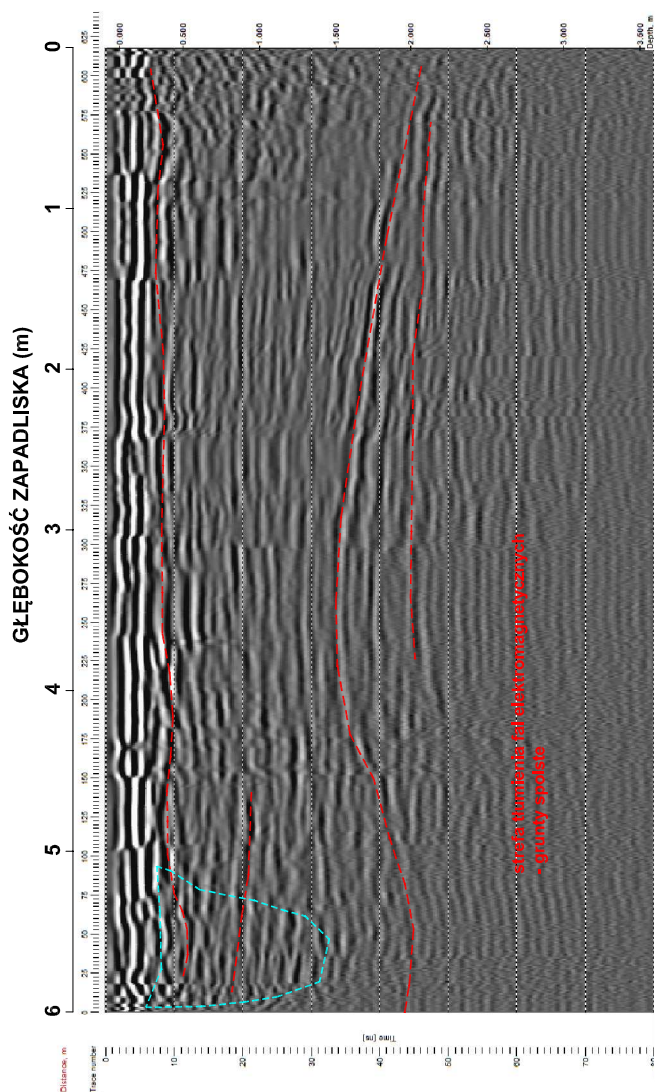
**OBJAŚNIENIA**

- 13 Wiercenia geotechniczne
- 4Ag
- B2/GCO2
- Linia przekroju geotechnicznego
- miejsca wykonania profili georadarowych w zapadisku  
wzdłuż ościsłu od dołu zapadiska
- GPR\_1-450 profil georadarowy wykonany anteną 450MHz
- GPR\_2-160 profil georadarowy wykonany anteną 160MHz

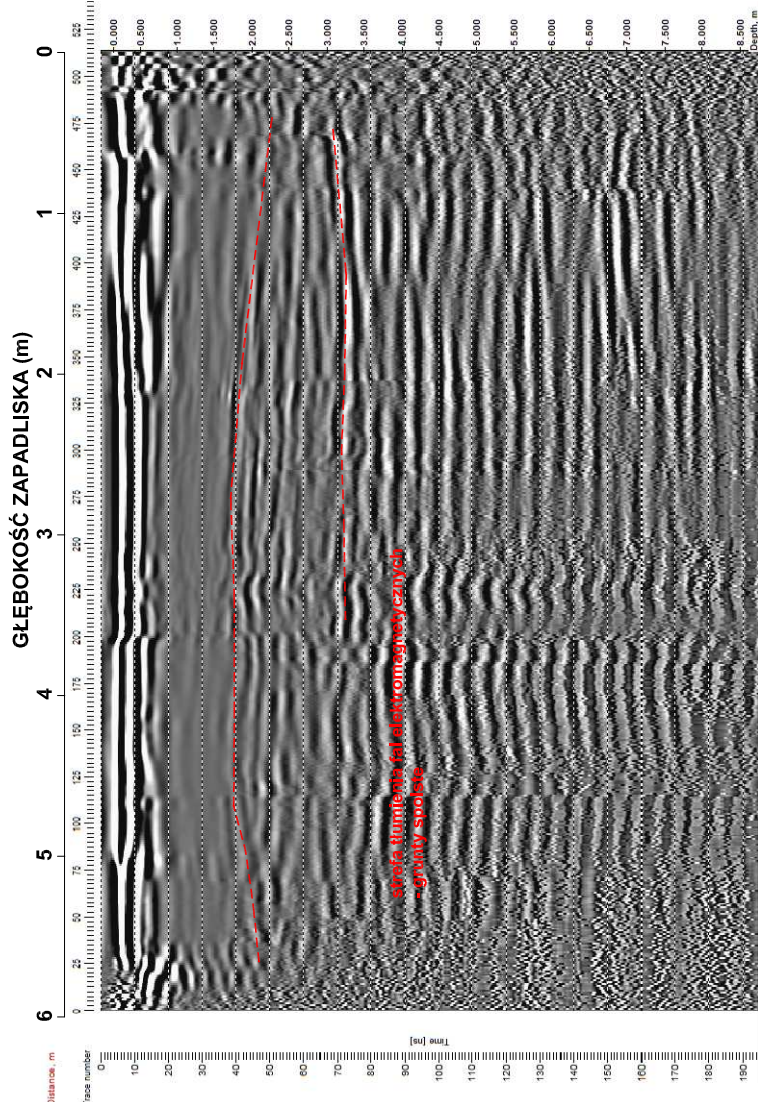
|              |  |             |
|--------------|--|-------------|
| Zamawiający: | <b>BARG-ARTGEO Sp. z o. o.</b> ul. Zygmunta Chmielewskiego 13<br>70-028 Szczecin                         |             |
| Temat:       | Badania geofizyczne metodą georadarową w obrębie<br>zapadiska w Zamku Książąt Pomorskich w Szczecinie    |             |
| Wykonawca:   | Radosław Mieszkowski RMTERRA, konsultacje geotechniczne<br>i geofizyczne, ul. Kossaka 20, 05-820 Piastów |             |
| Zał.1        | <b>MAPA DOKUMENTACYJNA</b>   | 7.V.2019 r. |

## Zestawienie echogramów - ściana zachodnia

GPR\_1-450



GPR\_2-160



### OBJAŚNIENIA



okonturowana strefa wzmocnienia sygnału fali el.-mag. Możliwe rozluźnienie gruntów



horyzonty refleksyjne. Odpowienik granic ścienia w gruncie

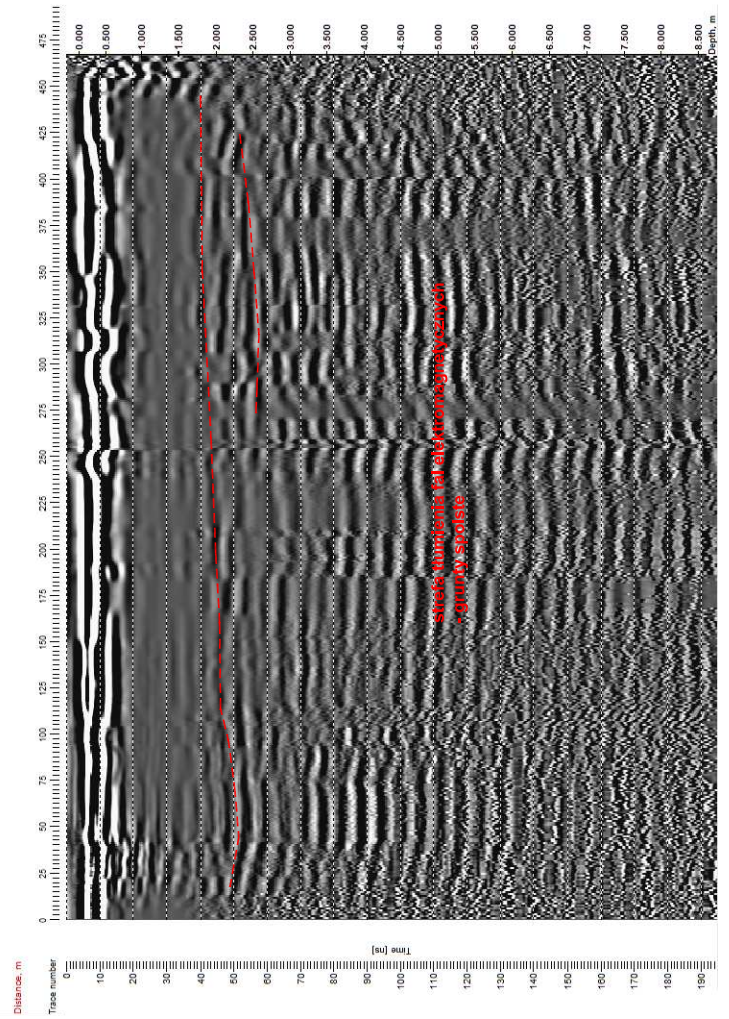
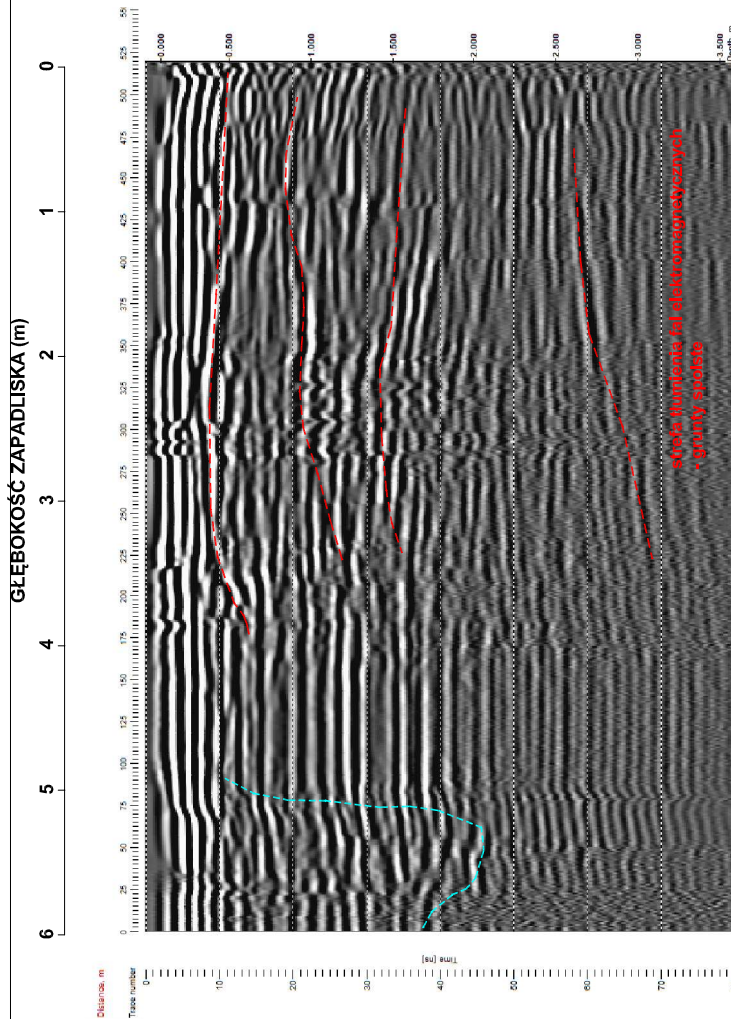
|              |  |             |
|--------------|--|-------------|
| Zamawiający: | <b>BARG-ARTGEO Sp. z o. o.</b> ul. Zygmunta Chmielewskiego 13<br>70-028 Szczecin                         |             |
| Temat:       | Badania geofizyczne metodą georadarową w obrębie<br>zapadliska w Zamku Książąt Pomorskich w Szczecinie   |             |
| Wykonawca:   | Radosław Mieszkowski RMTERRA, konsultacje geotechniczne<br>i geofizyczne, ul. Kossaka 20, 05-820 Piastów |             |
| Zał.2.1      | <b>Zestawienie echogramów - ściana zachodnia</b>   | 7.V.2019 r. |



## Zestawienie echogramów - ściana północna

GPR\_3-450

GPR\_4-160



### OBJAŚNIENIA



okonturowana strefa wzmocnienia sygnału fali el.-mag. Możliwe rozluźnienie gruntów



horyzonty refleksyjne. Odpowienik granic ścieńcia w gruncie

|              |  |             |
|--------------|--|-------------|
| Zamawiający: | <b>BARG-ARTGEO Sp. z o. o.</b> ul. Zygmunta Chmielewskiego 13<br>70-028 Szczecin                         |             |
| Temat:       | Badania geofizyczne metodą georadarową w obrębie<br>zapadliska w Zamku Książąt Pomorskich w Szczecinie   |             |
| Wykonawca:   | Radosław Mieszkowski RMTERRA, konsultacje geotechniczne<br>i geofizyczne, ul. Kossaka 20, 05-820 Piastów |             |
| Zał.2.2      | <b>Zestawienie echogramów - ściana północna</b>  | 7.V.2019 r. |