

Ocena wpływu wybranych parametrów profilowań georadarowych w badaniach podłoża gruntowego dla potrzeb budownictwa na przykładzie zrębu Zakrzówka



JERZY KARCEWSKI

ŁUKASZ ORTYL

EWELINA MAZURKIEWICZ

Akademia Górniczo-Hutnicza

im. Stanisława Staszica w Krakowie



RID

Rozwój Innowacji Drogowych

NOWOCZESNE METODY ROZPOZNANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO W DROGOWNICTWIE

Cel badań i porównań

Definicja problemu

AGH/GF-3/1 Jak wpływają parametry pomiarowe metody georadarowej na jakość rozpoznania struktur podłoża. Wykonanie profilowań porównawczych na tym samym odcinku przy zastosowaniu różnych anten i parametrów pomiarowych.

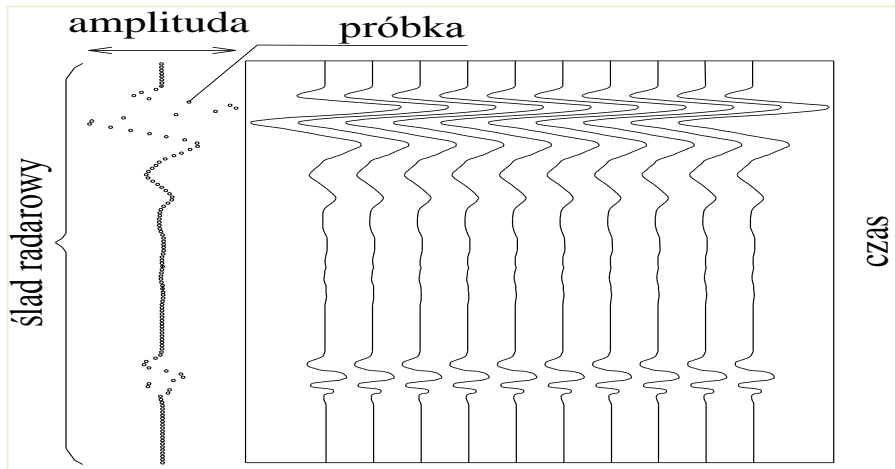
- Obecnie na rynku dostępnych jest wiele różnorodnych systemów georadarowych. Systemy te charakteryzują się często odmiennymi parametrami pomiarowymi. Możliwości techniczne stosowanego sprzętu pomiarowego mogą więc mieć istotny wpływ na ostateczny wynik prowadzonego rozpoznania.
- Jakość zarejestrowanego materiału zależy od zastosowanych parametrów pomiarowych i konstrukcyjnych (częstotliwość i konstrukcja anten).
- Do najbardziej istotnych parametrów pomiarowych należą:
 - składanie (sumowanie) sygnału,
 - ilość próbek sygnału,
 - częstotliwość próbkowania sygnału,
 - czas rejestracji (okno czasowe),
 - odległość pomiędzy trasami.

Definicja problemu

AGH/GF-3/1 Jak wpływają parametry pomiarowe metody georadarowej na jakość rozpoznania struktur podłoża. Wykonanie profilowań porównawczych na tym samym odcinku przy zastosowaniu różnych anten i parametrów pomiarowych.

Do najbardziej istotnych parametrów pomiarowych należą:

- składanie (sumowanie) sygnału,
- ilość próbek sygnału,
- częstotliwość próbkowania sygnału,
- czas rejestracji (okno czasowe),
- odległość pomiędzy trasami.



$$R_{\max} = \left(\Psi \cdot \frac{c^2 \cdot \Sigma}{f^2 \cdot \epsilon_r \cdot e} \cdot \frac{1}{4 \cdot 188,5 \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot R_{\max}} \right)^{1/4}$$

$$\Delta d \cong \frac{c}{4f \cdot \sqrt{\epsilon_r}}$$

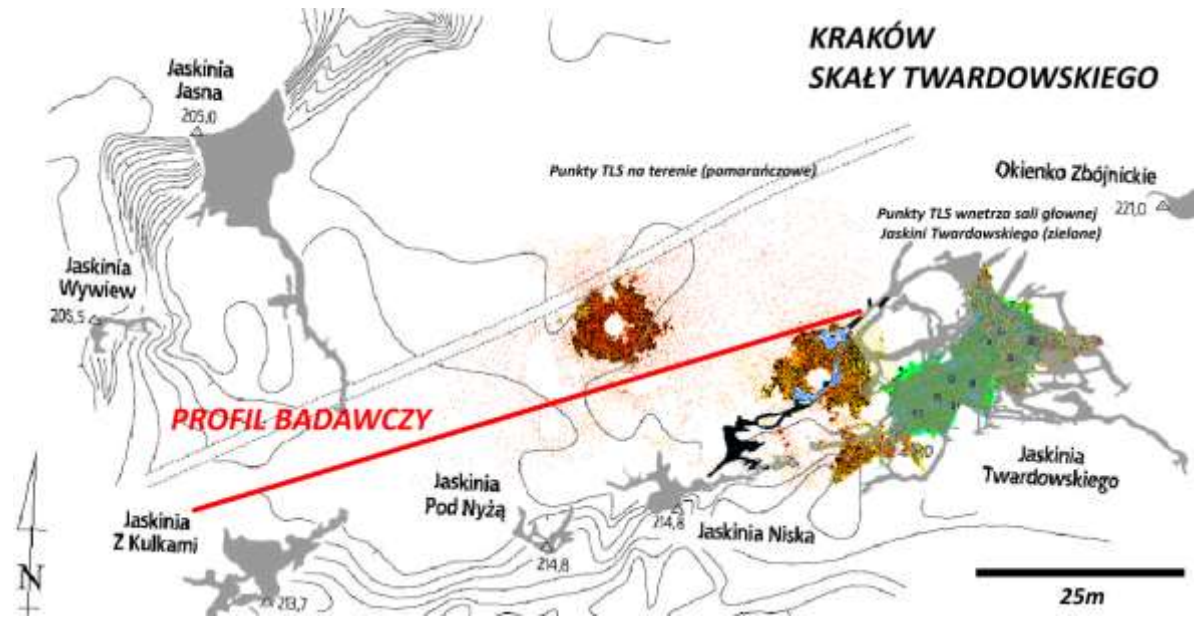
$$\Delta a \cong \sqrt{\frac{d \cdot c}{2f \cdot \sqrt{\epsilon_r}}}$$

Obszar badań

Poligon w Zakrzówku wybrano ze względu na korzystne warunki geologiczne z punktu widzenia metody GPR (duży zasięg głębokościowy) oraz obecność licznych struktur krasowych w warstwach przypowierzchniowych.

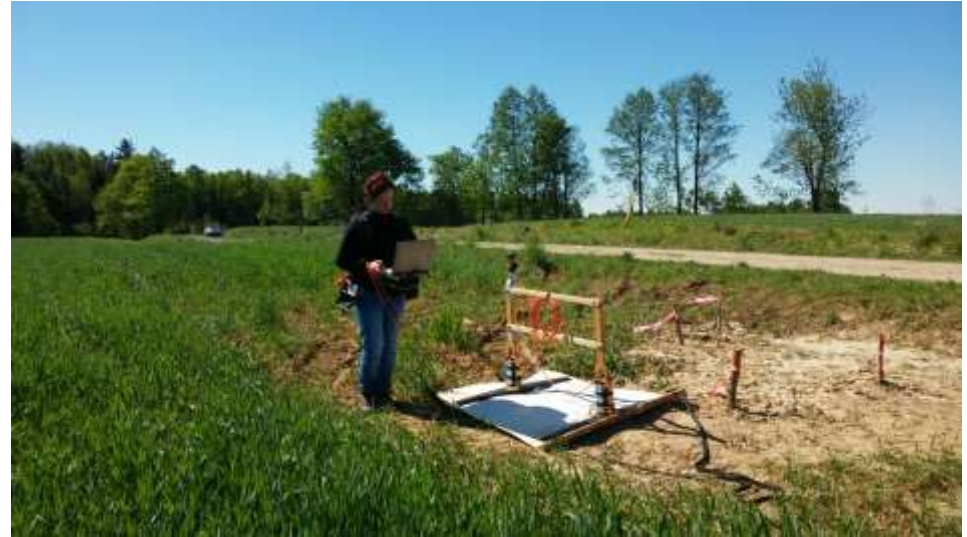


Lokalizacja rejonu badań
(na podstawie www.geoportal.gov.pl)



Lokalizacja profilu badawczego na skalibrowanym planie jaskiń występujących w obszarze południowo zachodniej części parku Skala Twardowskiego
(na podstawie Górný, 2007)

Zaplanowane badania terenowe na poligonie testowym przeprowadzono georadarami Mala GeoScience:
Jednostki: ProEx i RAMAC CU II
Stosowano anteny: ekranowane
100, 250, 500 MHz
nieekranowane 50, 100, 200 MHz
oraz RTA 100 MHz



AGH/GF-3/1 Jak wpływają parametry pomiarowe metody georadarowej na jakość rozpoznania struktur podłoża
Wykonanie profilowań porównawczych na tym samym odcinku przy zastosowaniu różnych anten i parametrów pomiarowych

Parametry pomiarowe analizowanych rejestracji

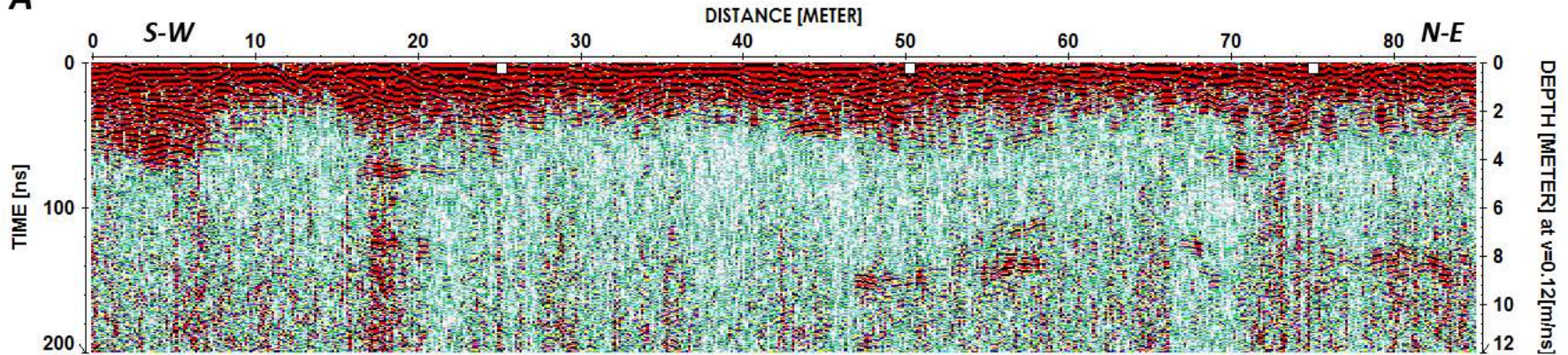
Nazwa	Krok [m]	Czas rejestracji [ns]	Ilość próbek	Częstotliwość próbkowania [MHz]	Ilość złożzeń	Długość profilu [m]	Czas rejestracji [min]
Prof001	0.05	306	508	1655	4	119	3 ½
Prof002	0.05	306	508	1655	64	117	11
Prof003	0.05	148	508	3428	4	119	
Profil2	0.05	306	508	1655	32	86	
Profil3	0.10	306	508	1655	512	85	90
Profil4	0.05	306	508	1655	4	86	

Wyniki profilowań

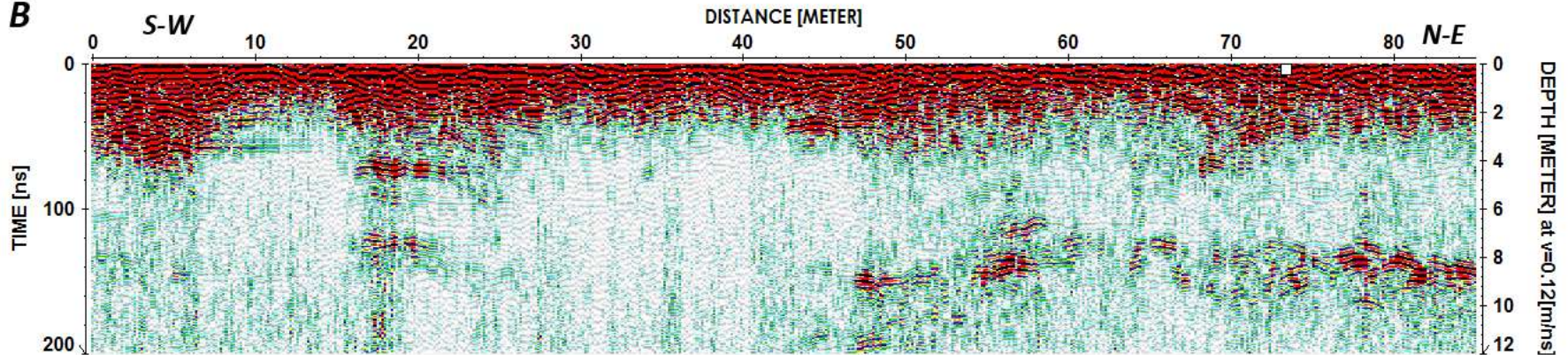
Rejestracje georadarowe przy zastosowaniu różnej wartości składowania sygnału.

A) składowanie 4-krotne, B) składowanie 64-krotne.

A

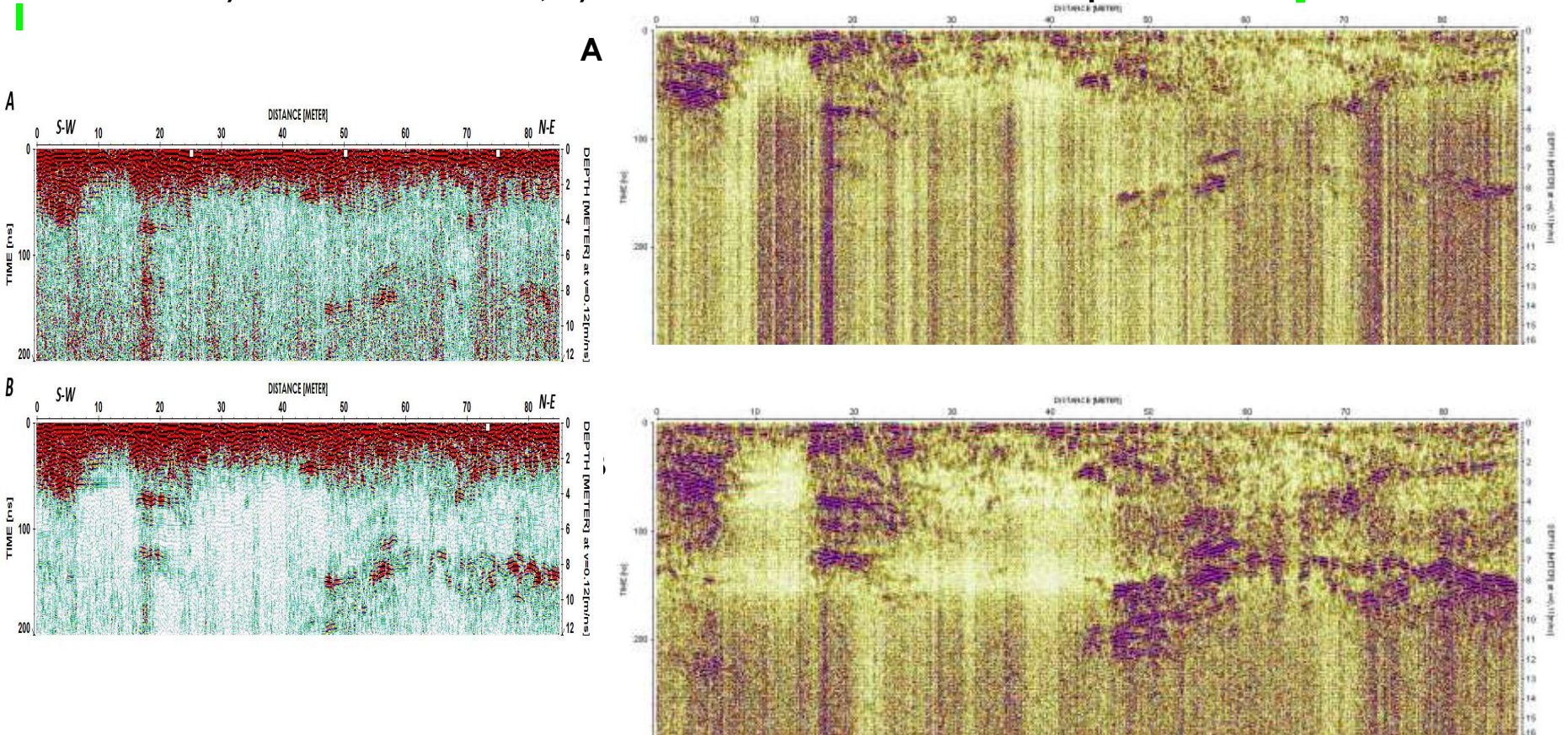


B



Wyniki profilowań

Rejestracje georadarowe przy zastosowaniu różnej wartości składowania sygnału. Antena 250MHz ekranowane A) składowanie 32-krotne, B) składowanie 512-krotne. Odmiennie przetwarzanie



Wyniki profilowań ocena sygnału

Wykres estymacji energii tras dla profili prof001 (4 złożenia) i prof002 (64 złożenia).

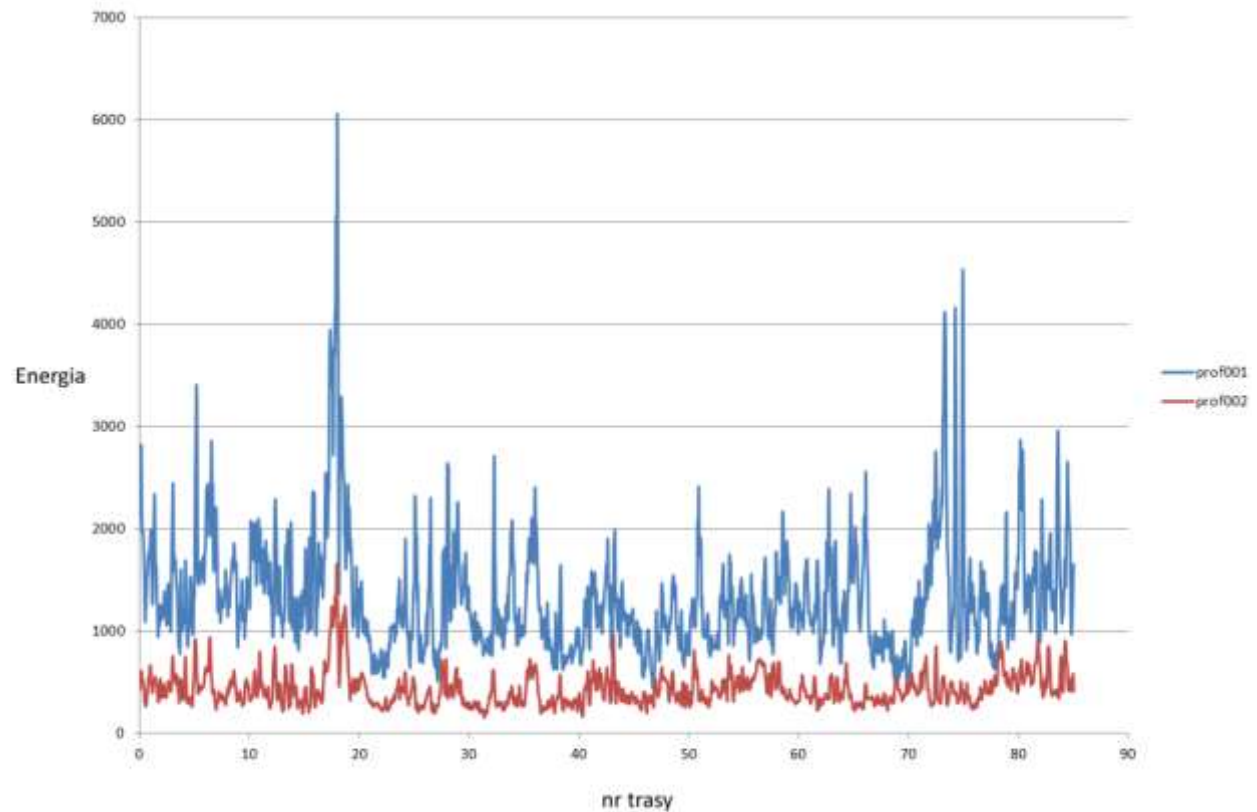
$$E_j = \sqrt{\sum_{n_1}^{n_2} x_i^2}$$

gdzie:

E_j – miara energii j-tej trasy

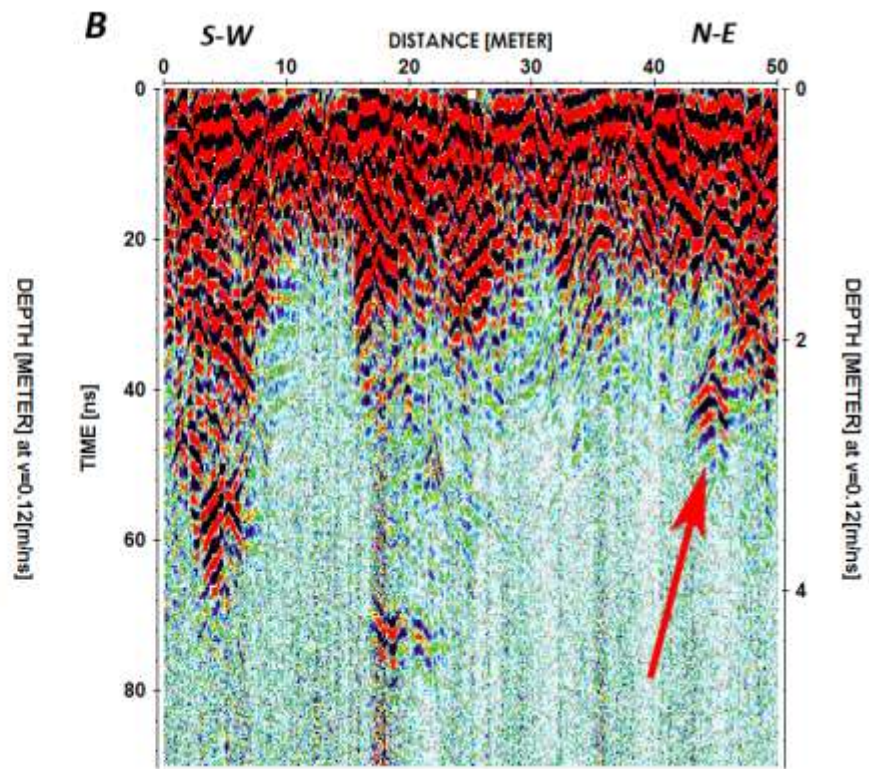
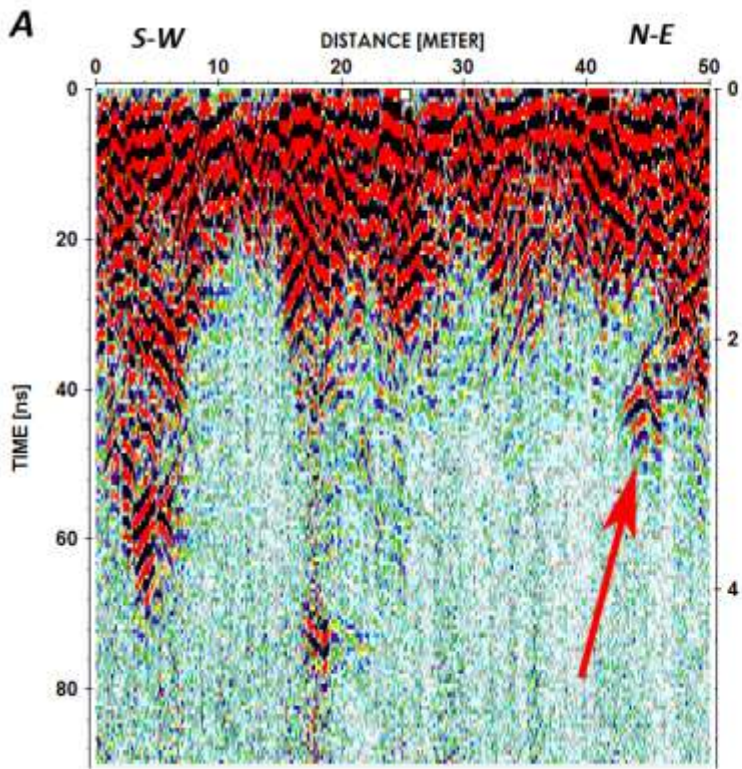
x_i – amplituda i-tej próbki

n_1, n_2 – wartości graniczne okna,
w którym liczone energie.



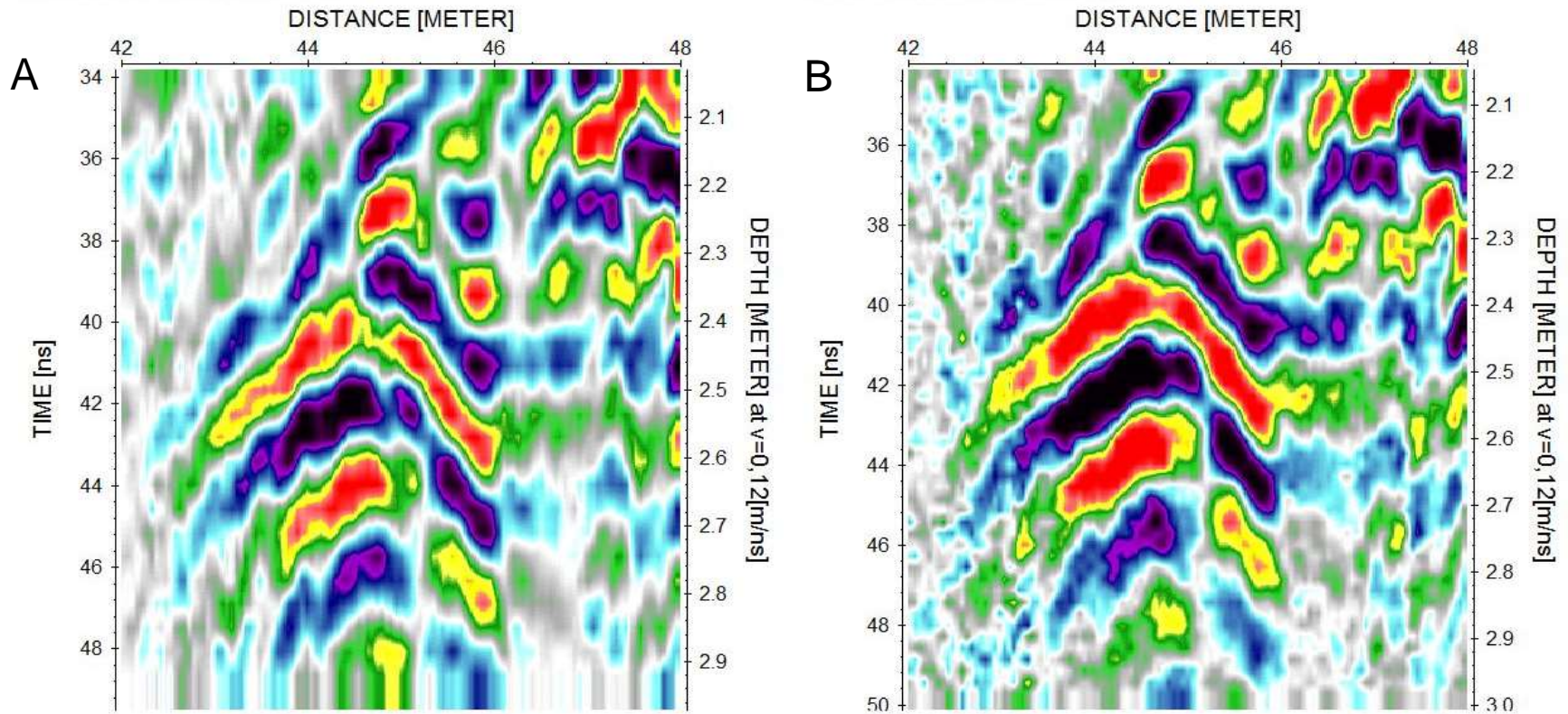
Wyniki profilowań

Porównanie dwóch rejestracji, na których zastosowano różne częstotliwości próbkowania sygnału. A) $f = 1655\text{MHz}$, B) $f = 3428\text{MHz}$. Strzałką zaznaczono analizowaną anomalię na obu echogramach.



Wyniki profilowań

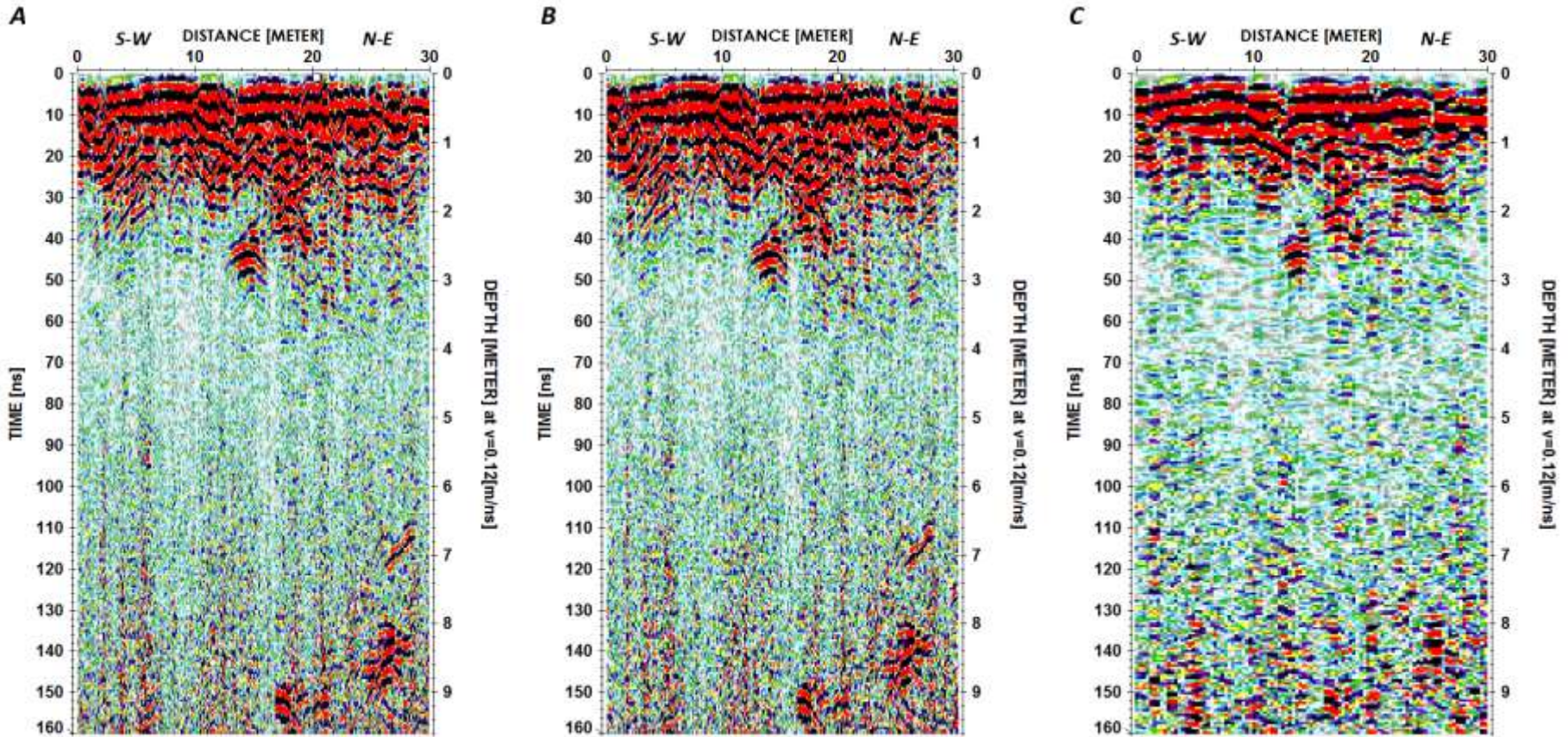
Analizowana anomalia - porównanie dwóch fragmentów rejestracji, na których zastosowano różne częstotliwości próbkowania sygnału. A) $f = 1655\text{MHz}$, B) $f = 3428\text{MHz}$.



Wyniki profilowań

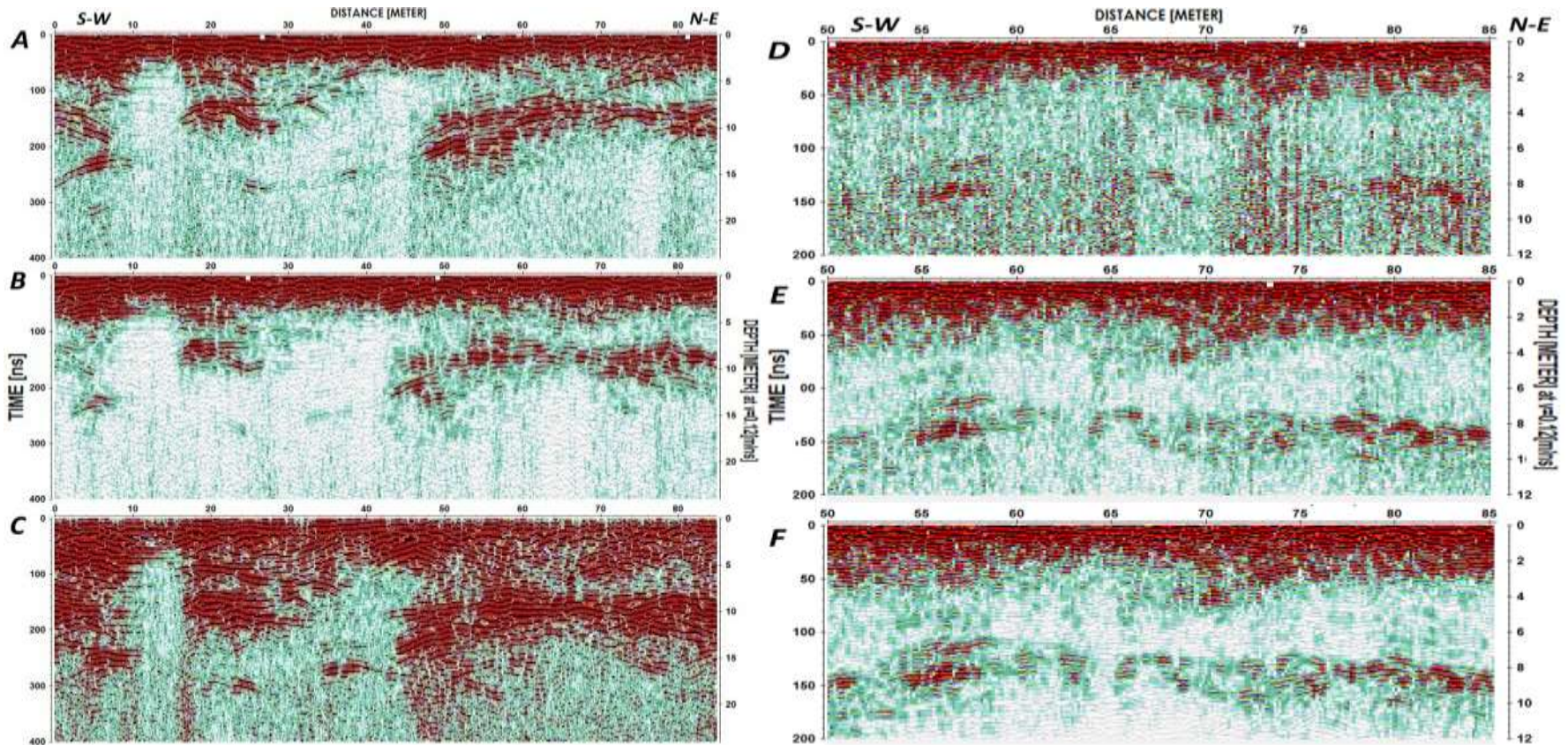
Fragmenty echogramów zarejestrowane z różnym krokiem pomiarowym.

A) 0,025m, B) 0,05m, C) 0,3m.



Wyniki profilowań

Echogramy zarejestrowane przez różne anteny i z różną ilością złożań A) 100MHz nieekranowana, B) 100MHz ekranowana, C) 100MHz RTA, D) 250MHz nieekranowana, 4-krotne składanie, E) 250MHz ekranowana, 64-krotne składanie, F) 250MHz starsza ekranowana, 512-krotne składanie.

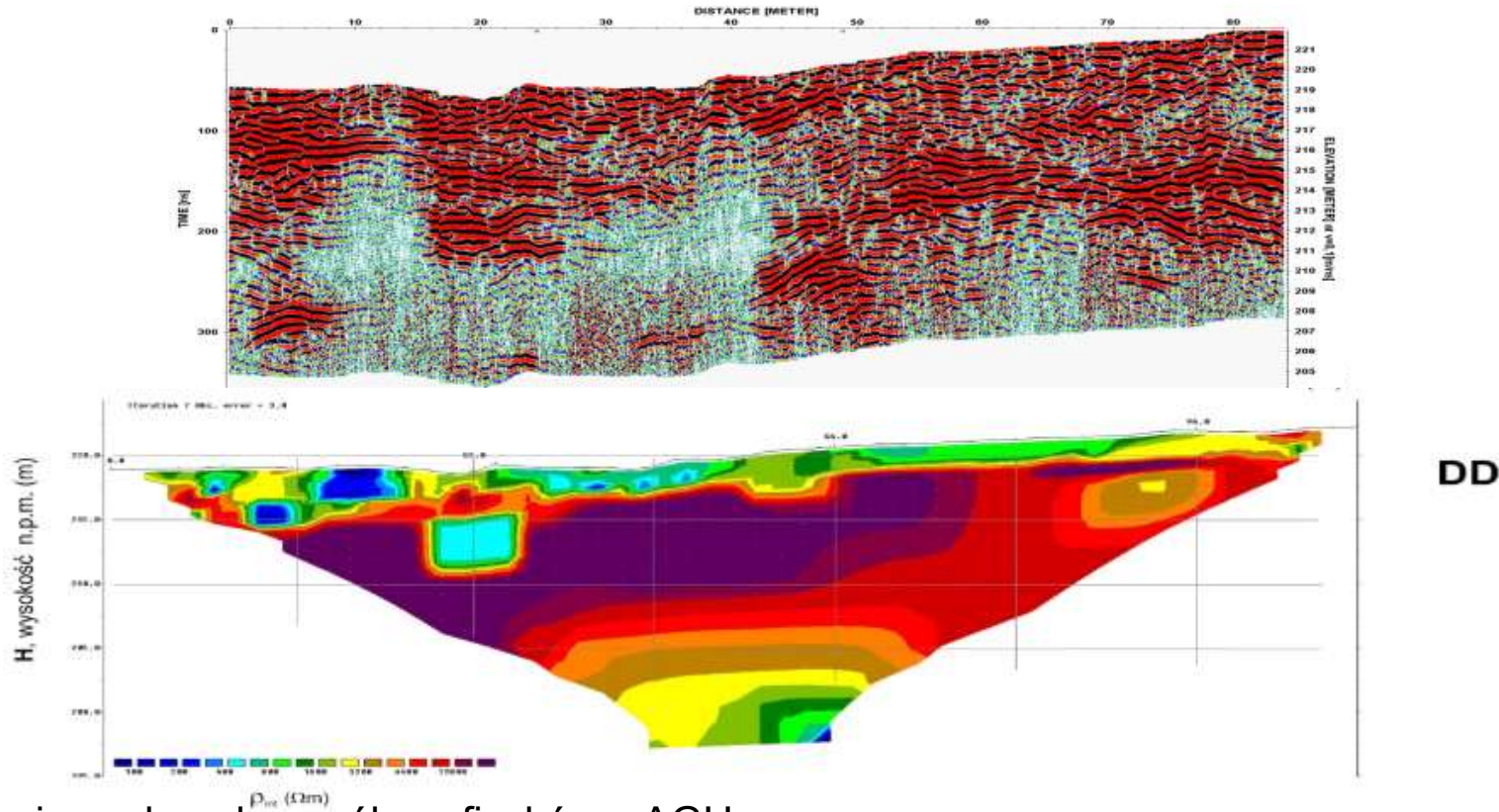


Wyniki profilowań

Wynik badań metodą Tomografii Elektrooporowej (ETR)
Przekrój oporności wyinterpretowanej. Układ Dipole-Dipole (dipolowy osiowy).

W

E



Pomiar wykonał zespół geofizyków z AGH.

- Najbardziej istotnym parametrem pomiarowym mającym wpływ na jakość zarejestrowanego obrazu georadarowego jest składanie sygnału. Należy dążyć do tego, aby było jak największe, przy zachowaniu optymalnej prędkości profilowania. Zwiększenie liczby złożów poprawia stosunek S/N i może poprawić korelację refleksów użytecznych na większych głębokościach.
- Wzrost częstotliwości próbkowania sygnału skutkuje zmniejszeniem długości czasu rejestracji przy zachowaniu stałej liczby próbek. Przy wyższej częstotliwości próbkowania można zaobserwować nieznaczłą poprawę jakości zarejestrowanego obrazu. Zwiększanie częstotliwości próbkowania i ilości próbek celem utrzymania takiej samej potencjalnej głębokości penetracji wydaje się jednak mało zasadne w relacji: czas pomiaru – jakość rejestrowanego materiału.
- Spośród rejestracji wykonanych antenami o częstotliwości 100MHz najlepsze wyniki uzyskano przy użyciu anteny RTA. W tych warunkach charakteryzuje się ona najwyższą amplitudą sygnału rejestrowanego. Należy dodać, że antena o takiej budowie jest konstrukcją nietypową, produkowana przez nieliczne firmy. Obraz zarejestrowany anteną ekranowaną 100MHz charakteryzuje się najniższą amplitudą.
- Bardzo istotnym czynnikiem, mającym wpływ na zasięg i rozdzielczość metody georadarowej, jest oczywiście częstotliwość stosowanych anten. Porównując ze sobą echogramy zarejestrowane antenami ekranowanymi 100MHz (liczba złożów 32) i 250MHz (liczba złożów 64), korelacja refleksów użytecznych odwzorowujących jaskinię jest dużo wyższa na echogramie zarejestrowanym anteną 100MHz. Natomiast ze względu na wyższą rozdzielczość, antena 250MHz pozwala lepiej ocenić zmienność w warstwach przypowierzchniowych.



Dziękuję za uwagę