

Transmisja bezprzewodowa i anteny

Laboratorium 2. Charakterystyki kierunkowe anten

Data wykonania: 25.03.2025

Łukasz Kazulo

Łukasz Panasiuk

Jakub Prusiński

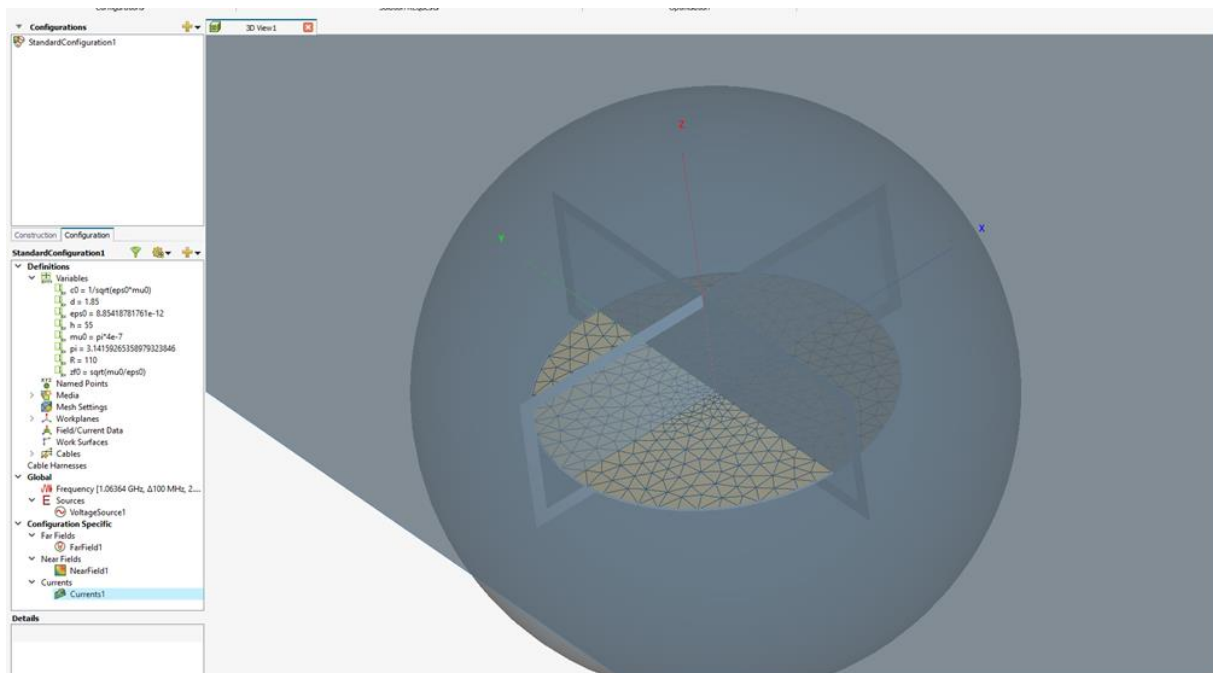
Część 1. Symulacja charakterystyki kierunkowej anteny pionowej z ekranem

Cel: Zadanie polegało na zbudowaniu modelu i obliczeniu charakterystyki kierunkowej anteny pionowej z ekranem.

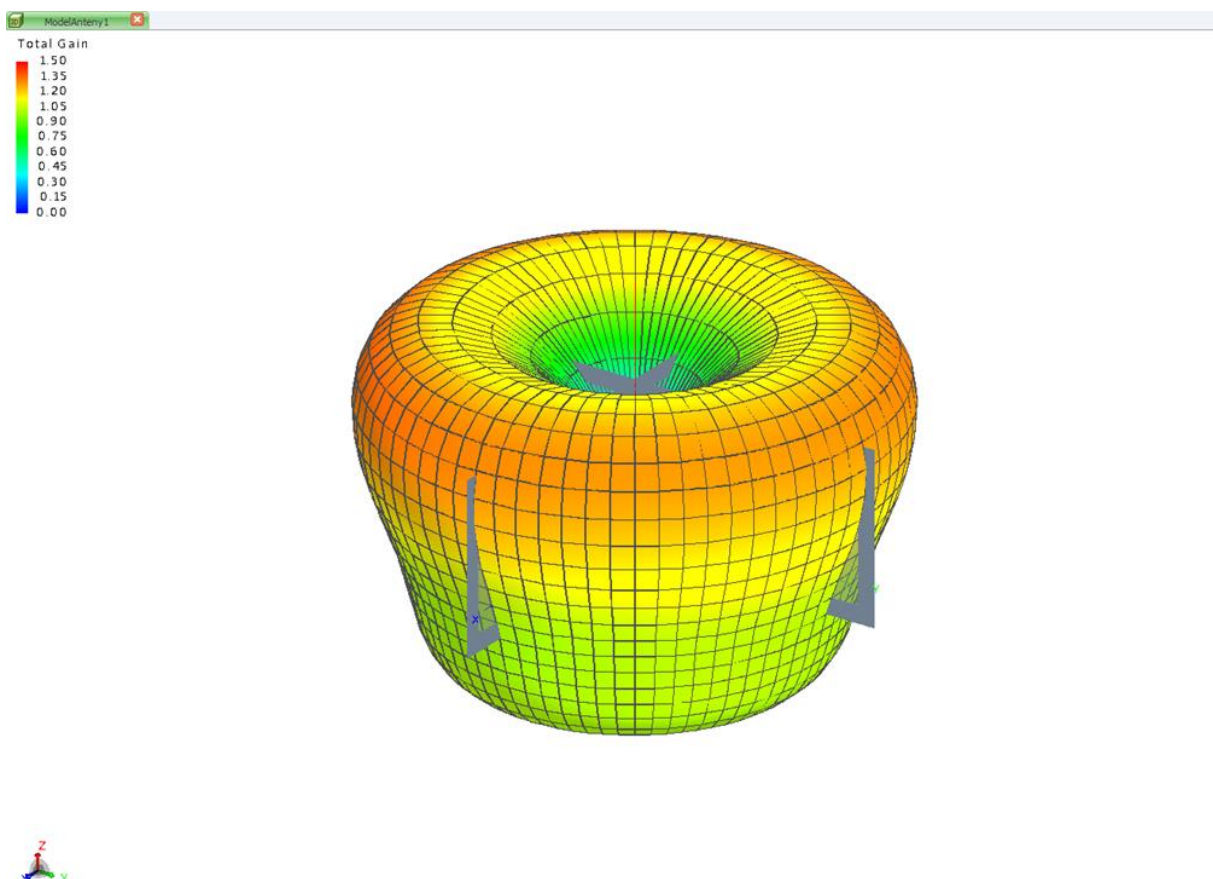
Parametry anteny:

- Długość pręta anteny: $h = 55 \text{ mm}$
- Obliczona częstotliwość rezonansowa: $f = c / \lambda = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} / 220 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 1,36364 \text{ GHz}$

Widok okna modelu (CADFEKO) z widocznymi „Variables” i „Requests”:



Charakterystyka kierunkowa w widoku 3D na częstotliwości rezonansowej:



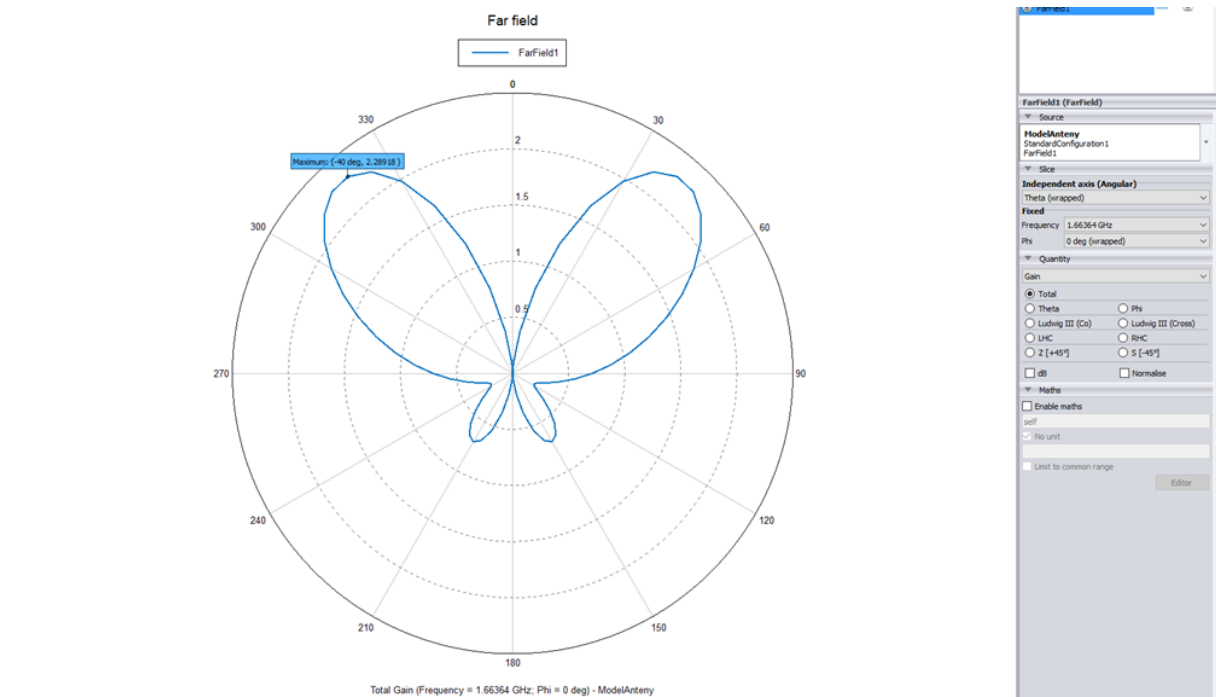
Komentarz:

- Wartości zysku mieszczą się w zakresie od 0,6 do około 1,35 dB
- Charakterystyka ma kształt zbliżony do torusa
- Największe wartości zysku są w górnej części

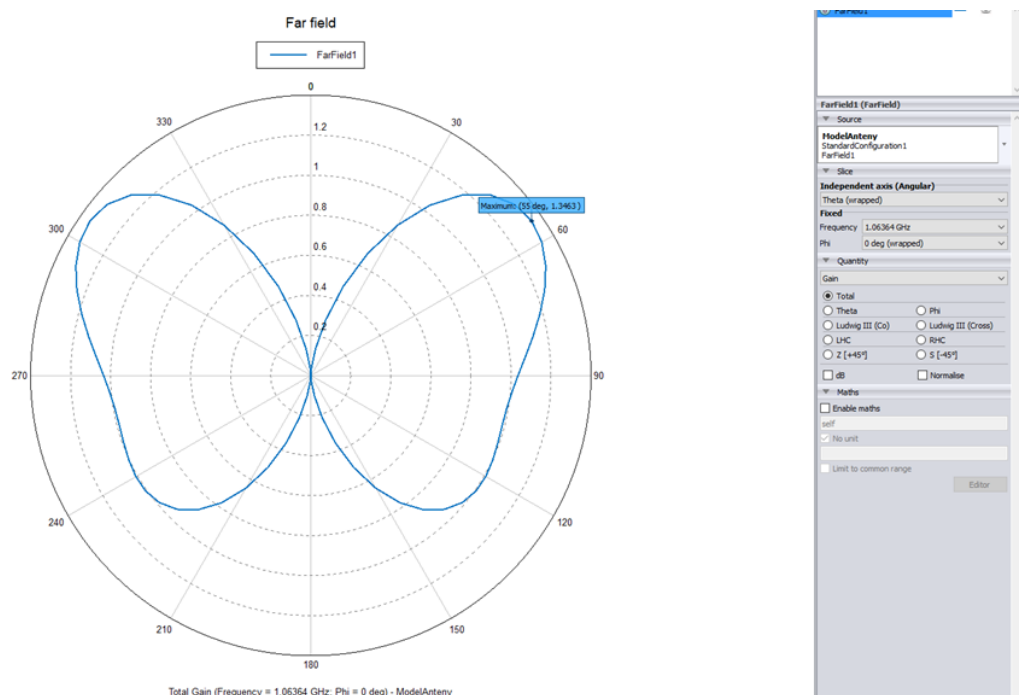
→ Minimalne wartości zysku są widoczne w centralnej części

Charakterystyka kierunkowa w przekrojach E i H na trzech częstotliwościach- najmniejszej, rezonansowej i wybranej powyżej rezonansu:

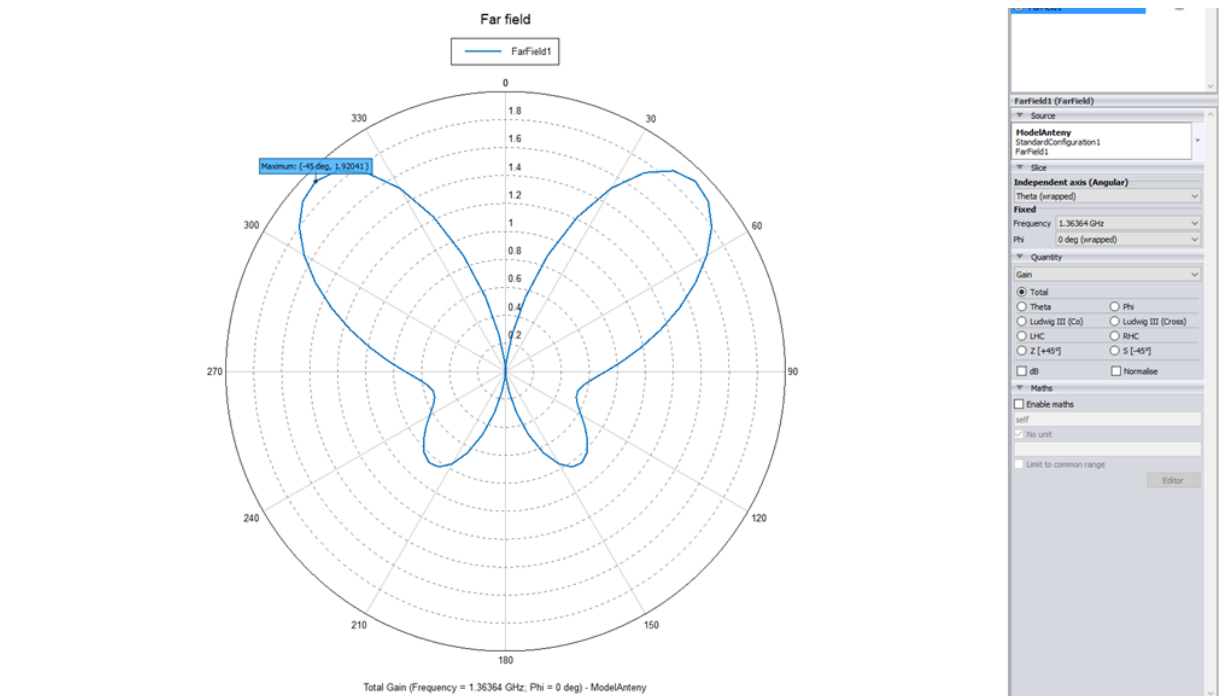
- Charakterystyka kierunkowa w przekroju E na $f=1,66364$ GHz w skali liniowej:



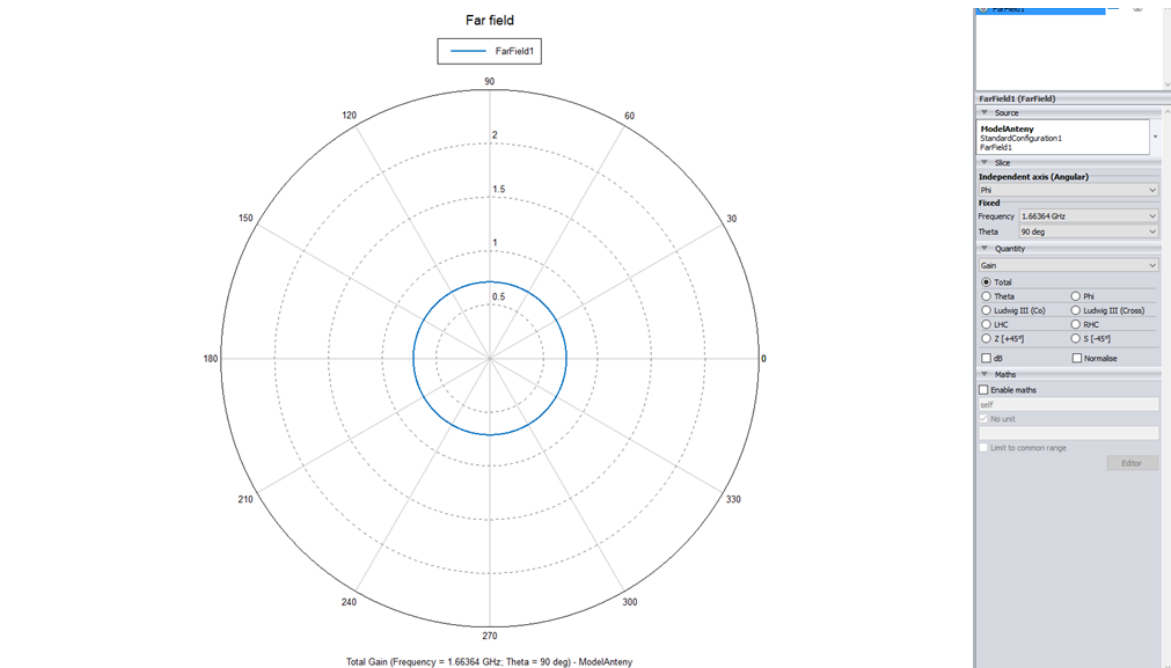
- Charakterystyka kierunkowa w przekroju E na $f=1,06364$ GHz:



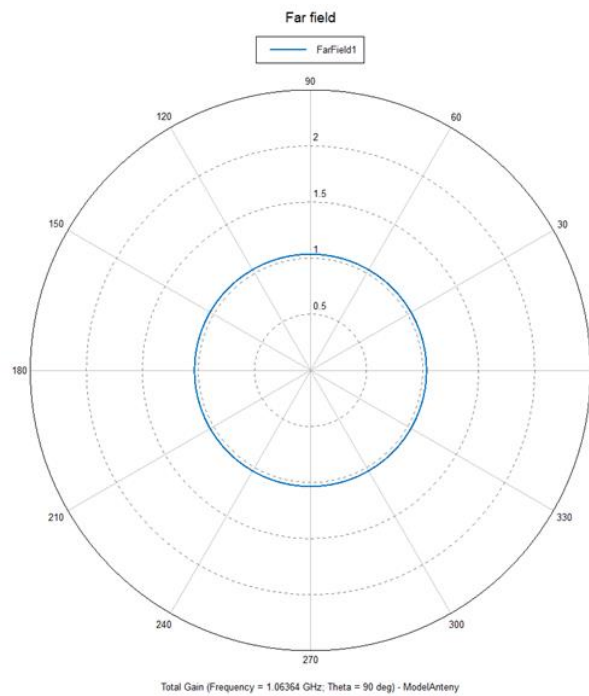
- Charakterystyka kierunkowa w przekroju E na $f=1,36364$ GHz (częstotliwość rezonansowa):



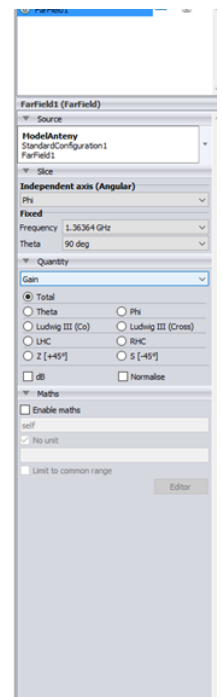
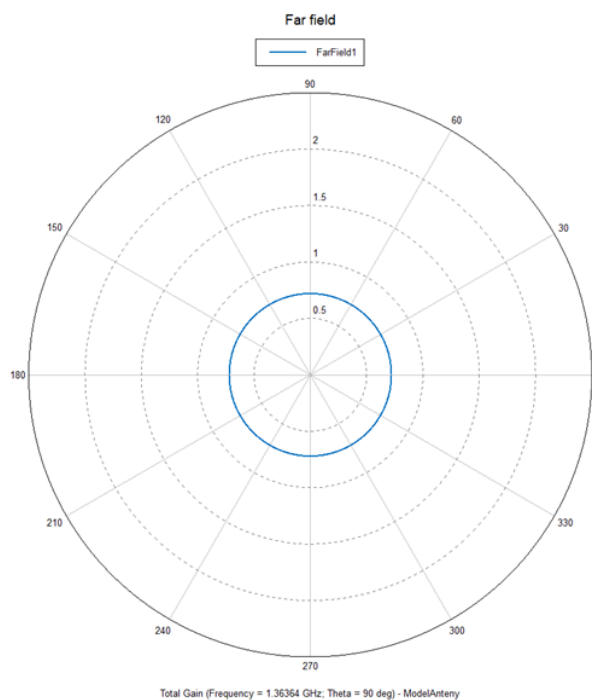
- Charakterystyka kierunkowa w przekroju H na $f=1,66364$ GHz:



- Charakterystyka kierunkowa w przekroju H na $f=1,06364$ GHz :



- Charakterystyka kierunkowa w przekroju H na $f=1,36364$ GHz (częstotliwość rezonansowa):



Komentarz:

- Dla przekroju E charakterystyka kierunkowa ma kształt “ósemki” natomiast dla przekroju H jest ona okręgiem.
- Na wykresach widać, że dla wyższej częstotliwości ($1,66364$ GHz) charakterystyka kierunkowa jest bardziej skupiona, a dla niższej częstotliwości ($1,06364$ GHz) promieniowanie jest bardziej rozproszone

(okrąg jest większy). To oznacza, że wraz ze spadkiem częstotliwości antena promieniuje bardziej dookólnie, a dla wyższych częstotliwości zyskuje bardziej kierunkowy charakter.

Wartość zysku anteny na trzech ww. częstotliwościach w skali liniowej i w decybelach:

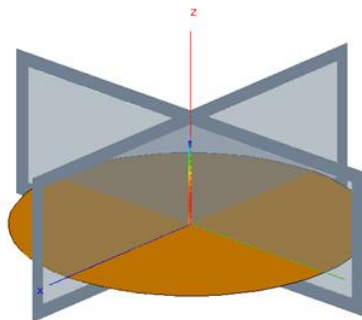
- $f=1,66364$ GHz
 $G=2,28918=3,5968$ dB
- $f=1,06364$ GHz
 $G=1,3463=1,29141$ dB
- $f=1,36364$ GHz (rezonansowa)
 $G=1,92041=2,83395$ dB

Komentarz:

→ zysk anteny maleje wraz ze zmniejszaniem się częstotliwości, co wskazuje na lepszą efektywność anteny w wyższych zakresach częstotliwości

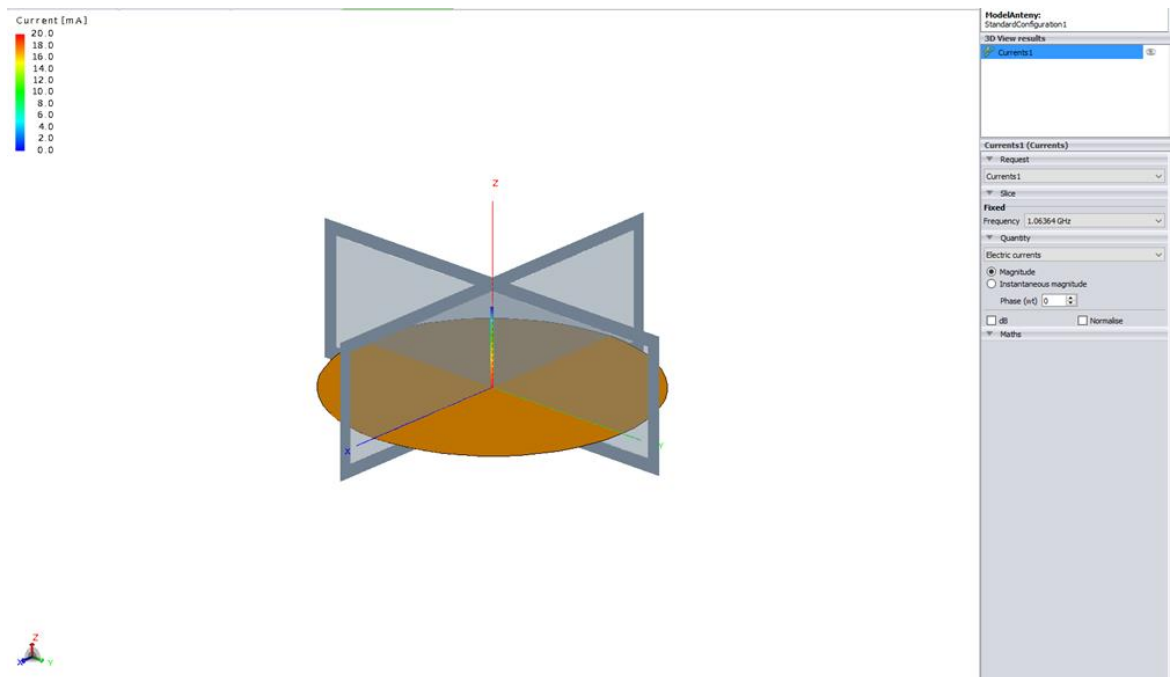
Rozkład prądu na przecie anteny na trzech ww. Częstotliwościach:

- $f=1,66364$ GHz

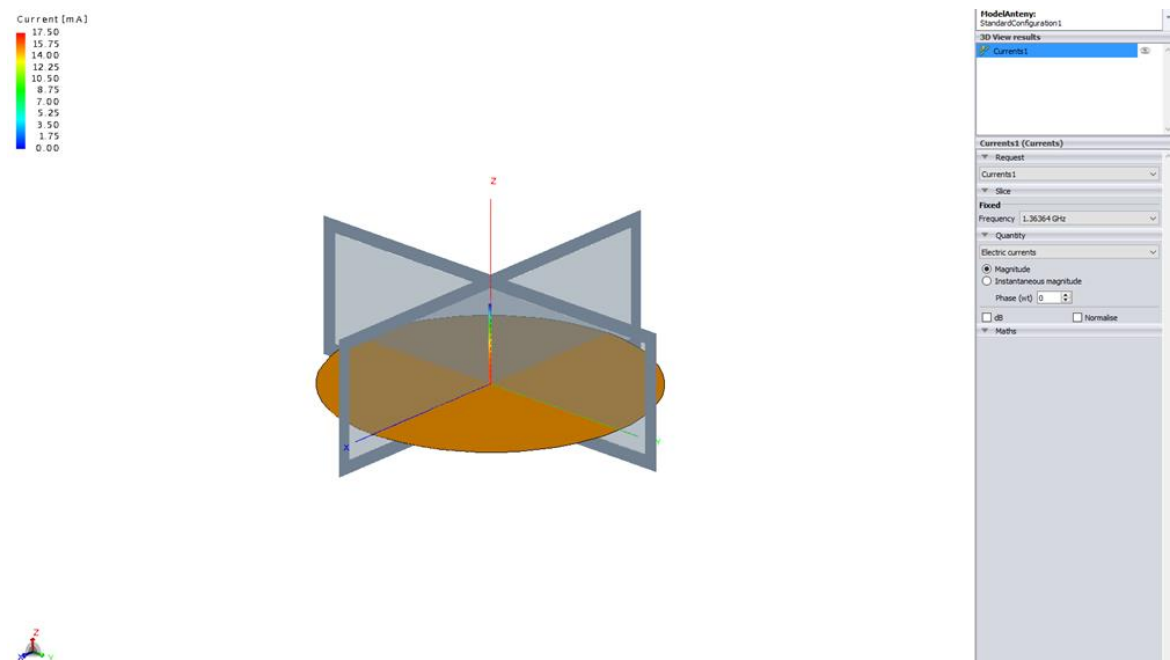


- $f=1,06364$ GHz





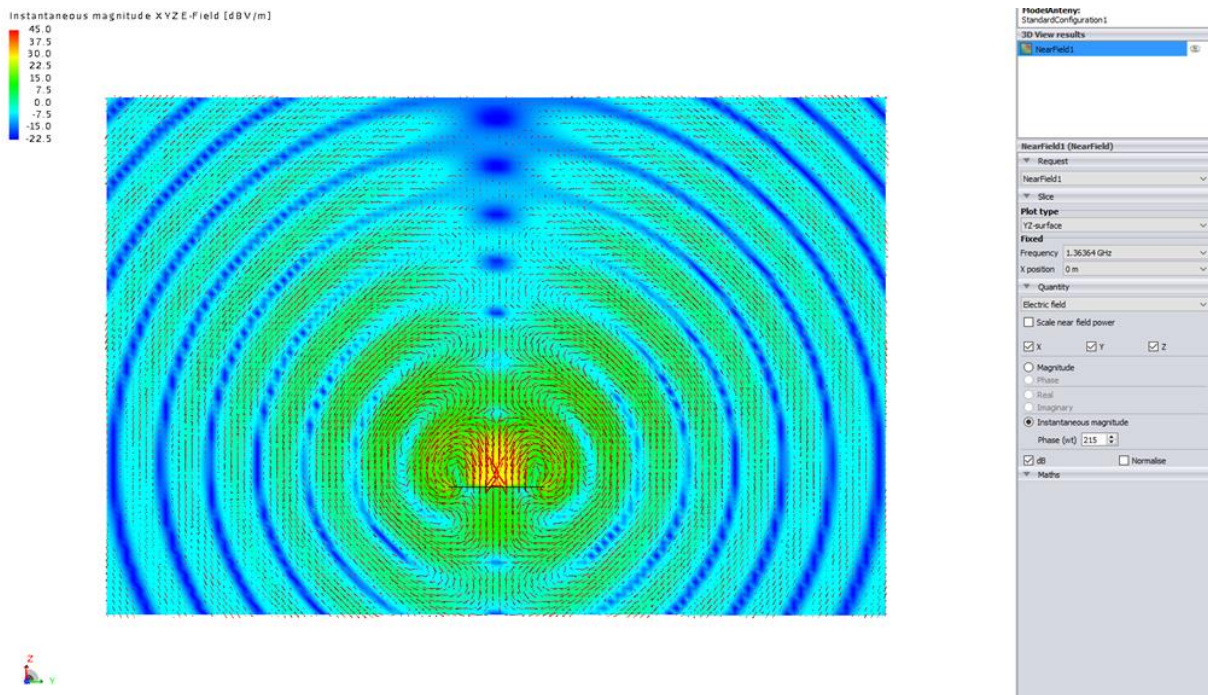
- $f=1,66364$ GHz (rezonansowa):



Komentarz:

- Im mniejsza częstotliwość tym większa wartość maksymalna prądu. Np. dla $f=1,66364$ GHz skala ograniczona jest do 9 mA natomiast dla $f=1,06364$ GHz do 20mA.

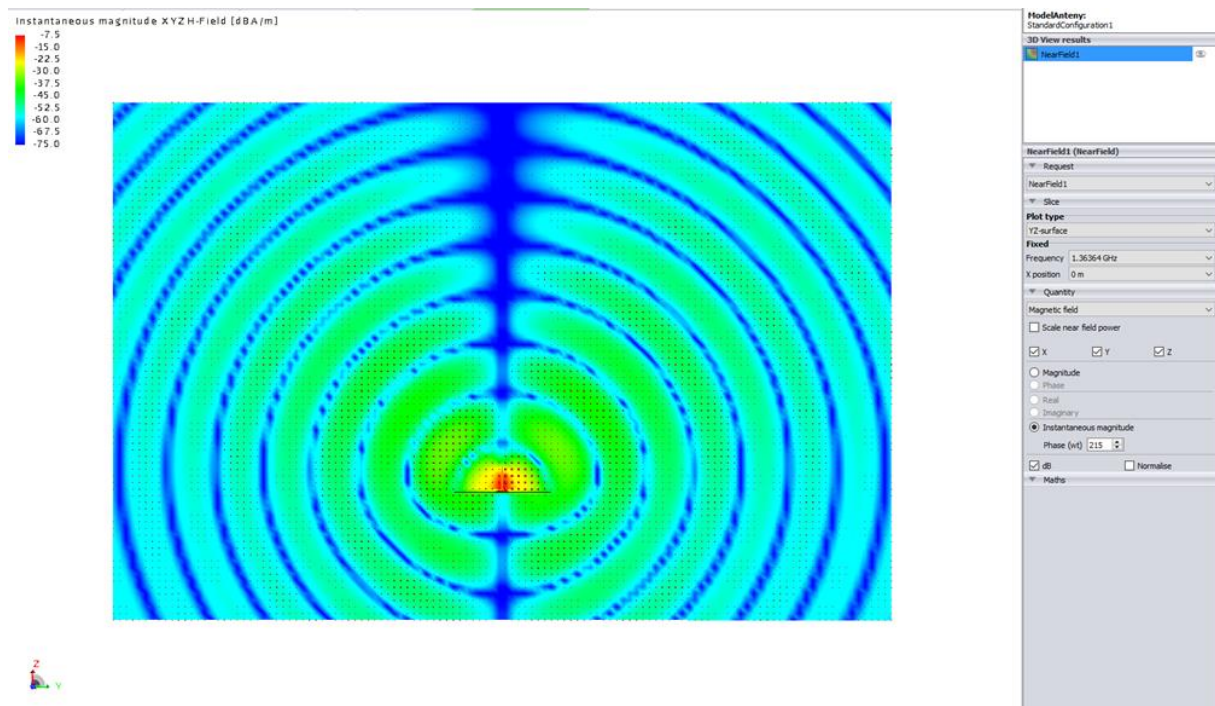
Rozkład chwilowy pola elektrycznego w otoczeniu anteny na częstotliwości rezonansowej:



Komentarz:

- Najsilniejsze wartości pola (czerwony obszar) występują w pobliżu anteny, co jest charakterystyczne dla strefy bliskiej. W miarę oddalania się od źródła, amplituda pola zmniejsza się.
- Interferencje i maksima pola – Widoczne są obszary wzmacniania i osłabiania pola, co sugeruje interferencję fal i możliwe wielodrogowe odbicia lub fale stojące w pobliżu anteny.

Rozkład chwilowy pola magnetycznego w otoczeniu anteny na częstotliwości rezonansowej:



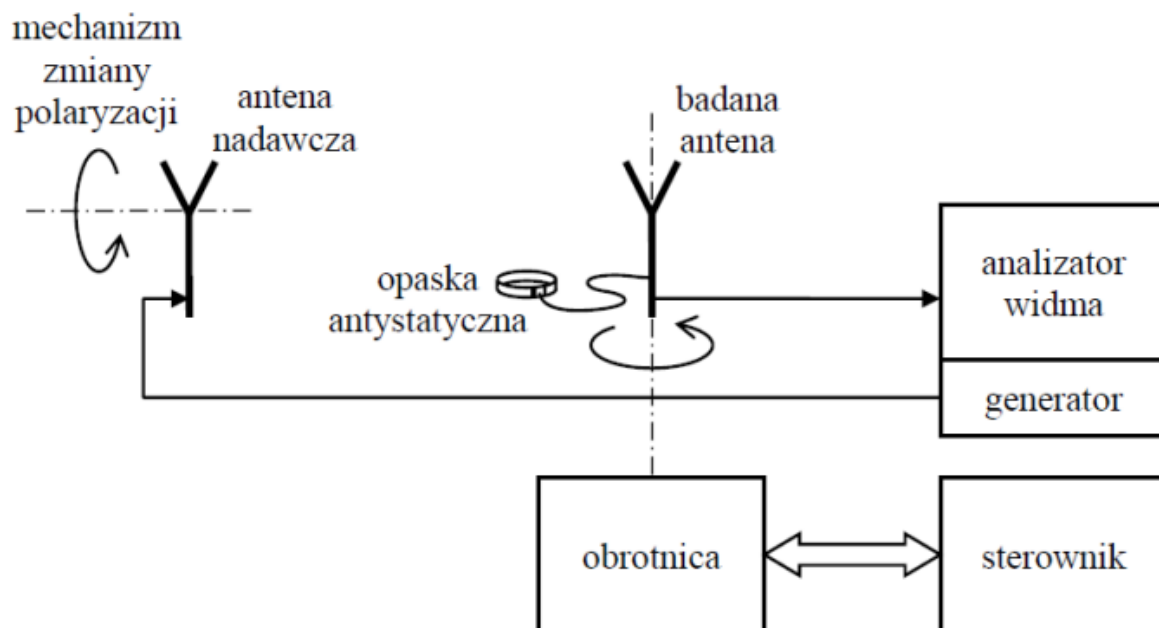
Komentarz:

→ W porównaniu do wcześniejszej wizualizacji pola elektrycznego, tutaj mamy do czynienia z polem magnetycznym, które jest prostopadłe do wektora pola elektrycznego

Część 2. Pomiar charakterystyki kierunkowej promieniowania anteny pionowej z ekranem

Cel pomiaru: określenie charakterystyki kierunkowej promieniowania anteny pionowej z ekranem

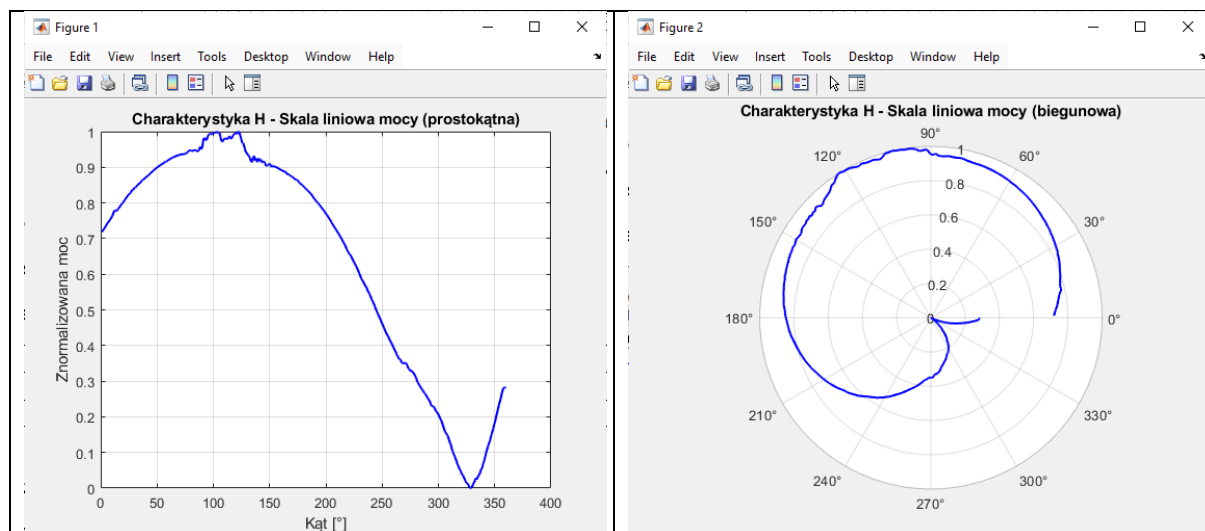
Schemat stanowiska pomiarowego:

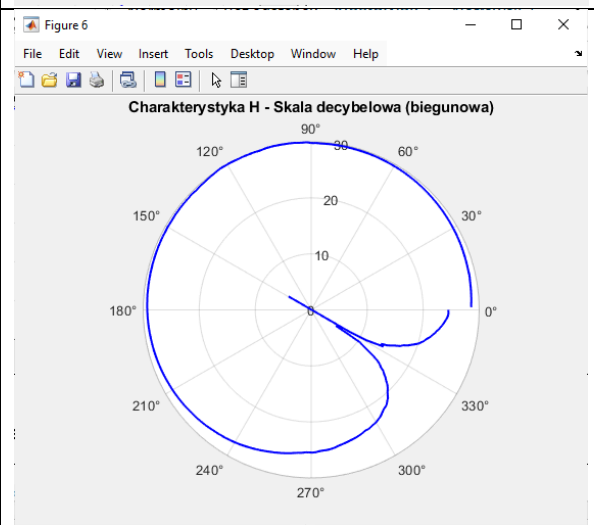
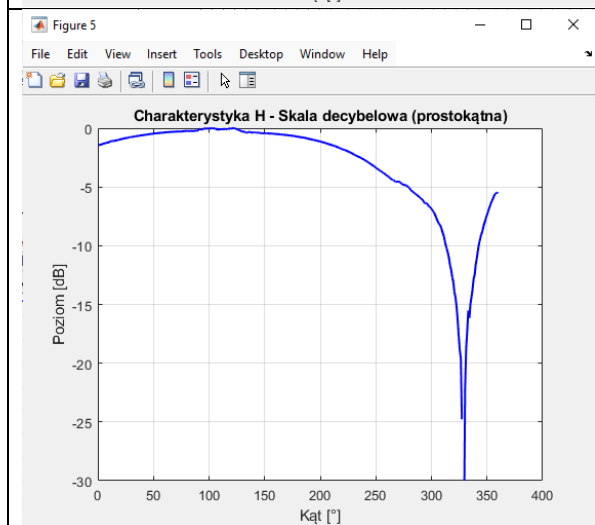
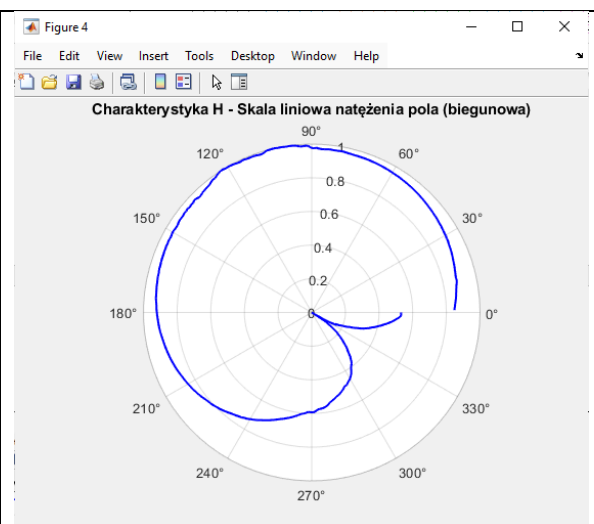
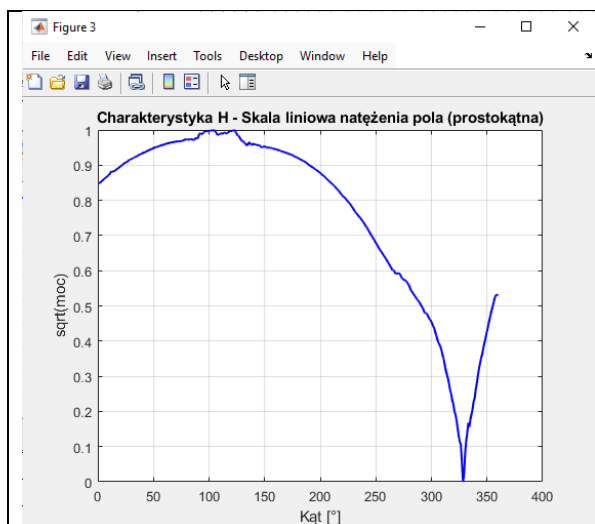


Długość anteny - 55mm

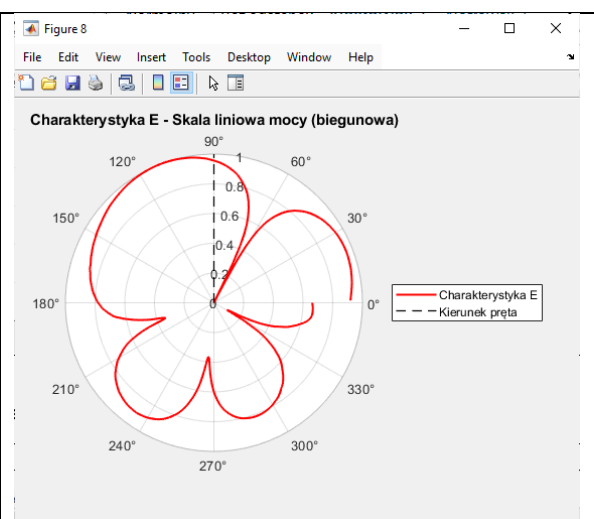
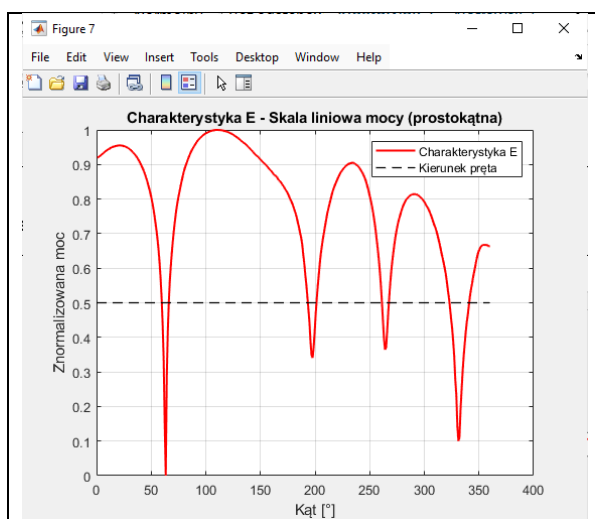
Częstotliwość pomiarowa - 1,06364 GHz

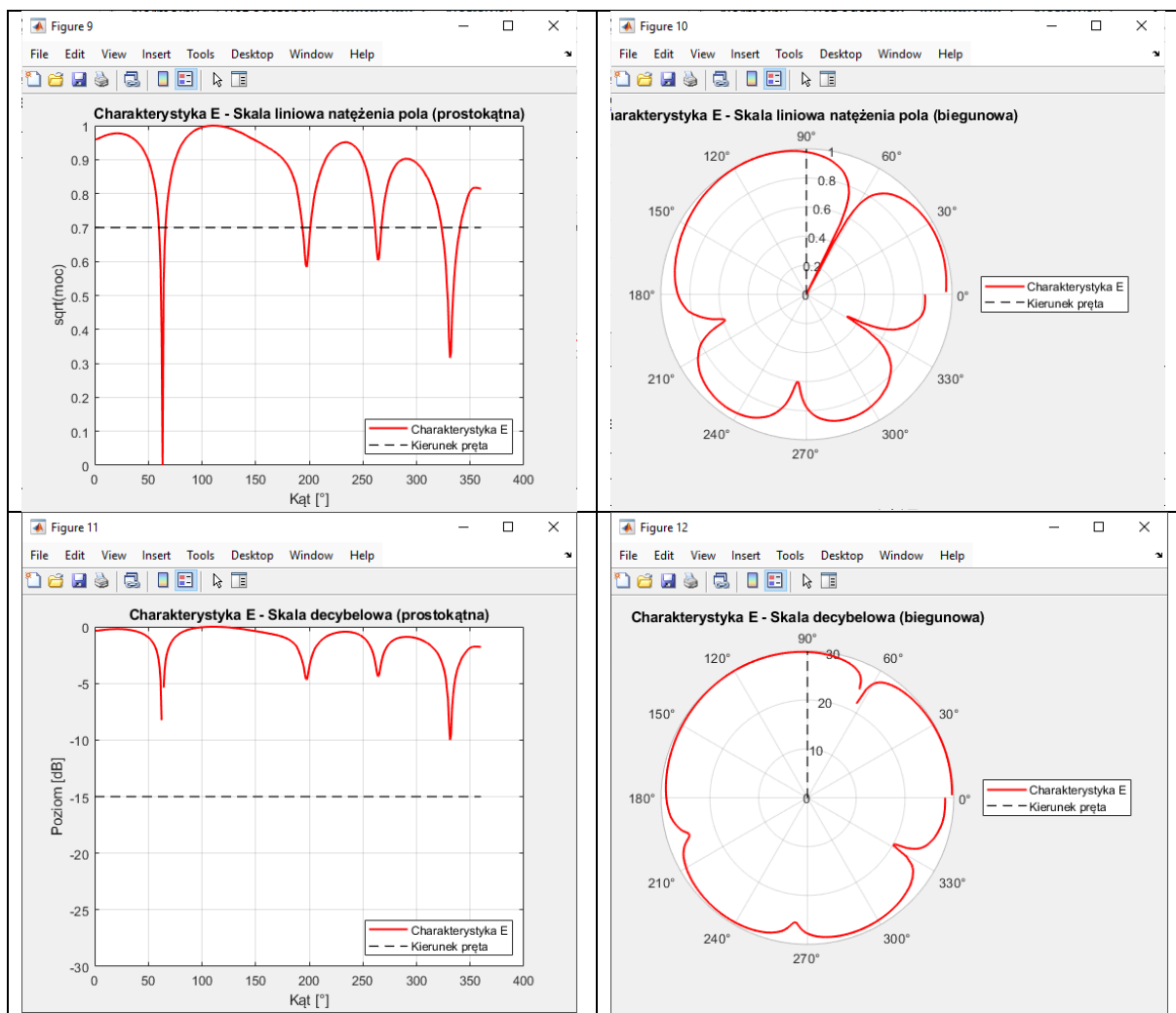
Wykresy dla przekroju charakterystyki H:



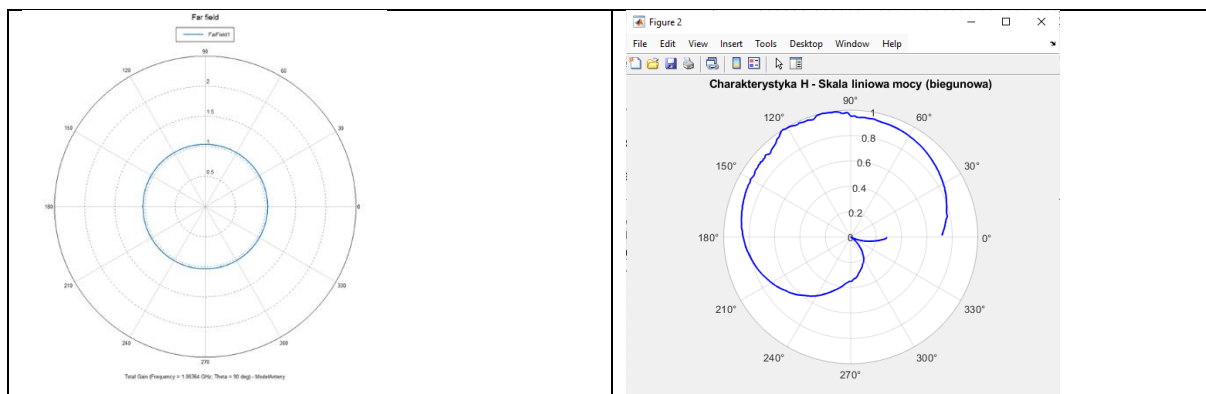


Wykresy dla przekroju charakterystyki E:

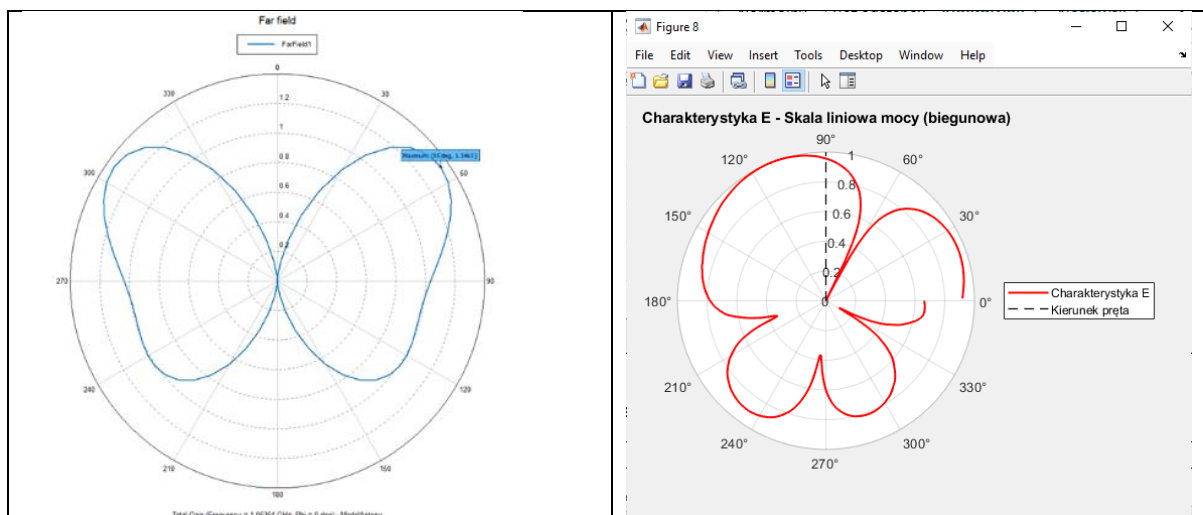




Charakterystyka H w skali liniowej mocy – porównanie z symulacją:



Charakterystyka E w skali liniowej mocy – porównanie z symulacją:



Wnioski i komentarze:

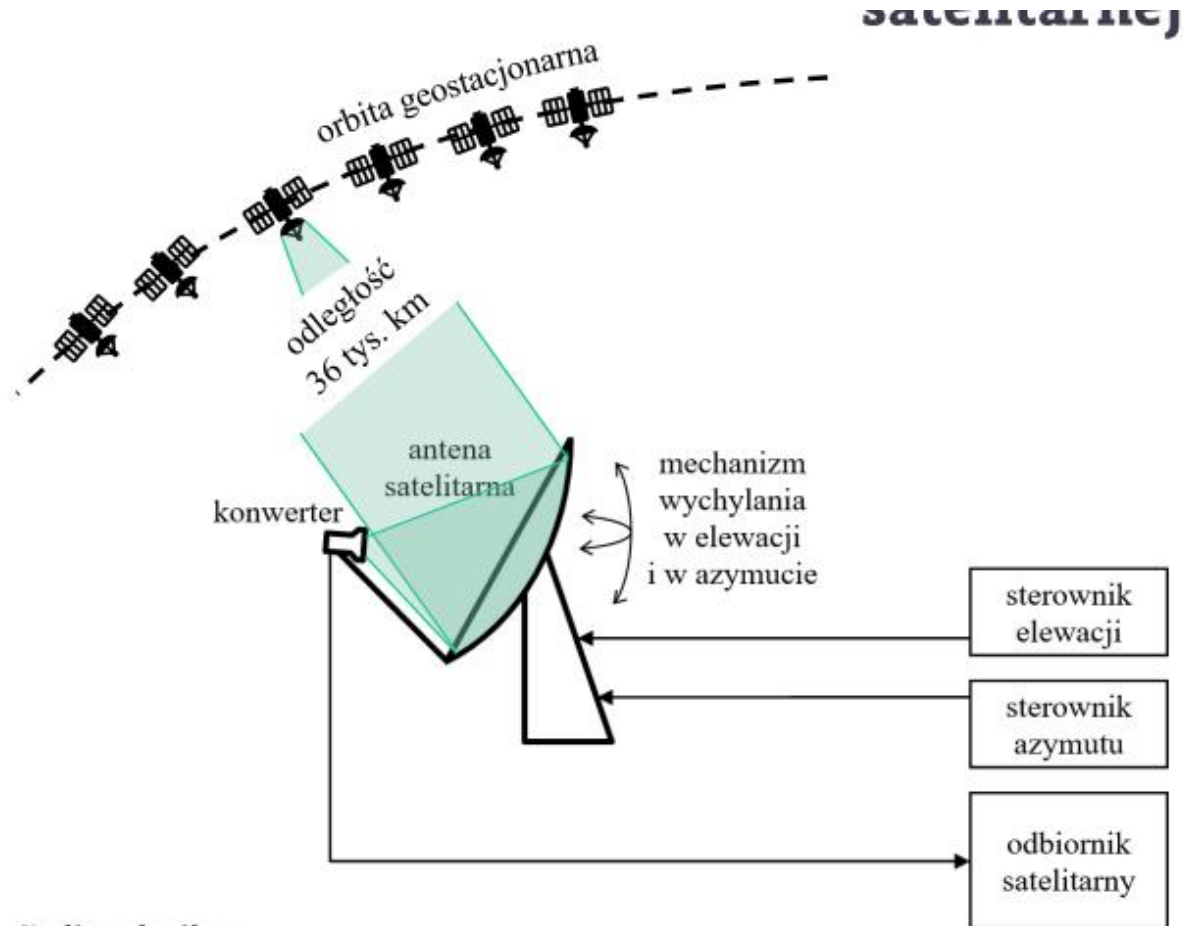
Na obu wykresach można zauważyć podobny kształt charakterystyki promieniowania. Zarówno wyniki symulacji, jak i wykonane na podstawie pomiarów wykresy przedstawiają charakterystykę w formie dwóch listków, co jest typowe dla pionowej anteny prętowej. W obu przypadkach główne płaty promieniowania są skierowane poziomo – w kierunkach 0° i 180° .

Mimo ogólnej zgodności, występują pewne różnice. Charakterystyka uzyskana w symulacji (POSTFEKO) jest idealnie symetryczna, co wynika z idealności ośrodka. Z kolei wykres z MATLAB-a, bazujący na rzeczywistych pomiarach, wykazuje pewne odchylenia od symetrii, co jest naturalnym efektem czynników pomiarowych, związanych z odbiciem fal np. od ścian pomieszczenia, czy od osób przebywających w pomieszczeniu u trakcie trwania pomiaru. Dodatkowo, wykres symulacyjny jest gładki i regularny, podczas gdy dane pomiarowe zawierają niewielkie zakłócenia i nieregularności, wynikające z obecności szumów oraz ograniczeń sprzętowych.

Część 3. Badanie anteny kierunkowej

Cel pomiaru: Wyznaczenie szerokości wiązki anteny satelitarnej w dwóch płaszczyznach i oszacowanie jej kierunkowości

Schemat stanowiska:



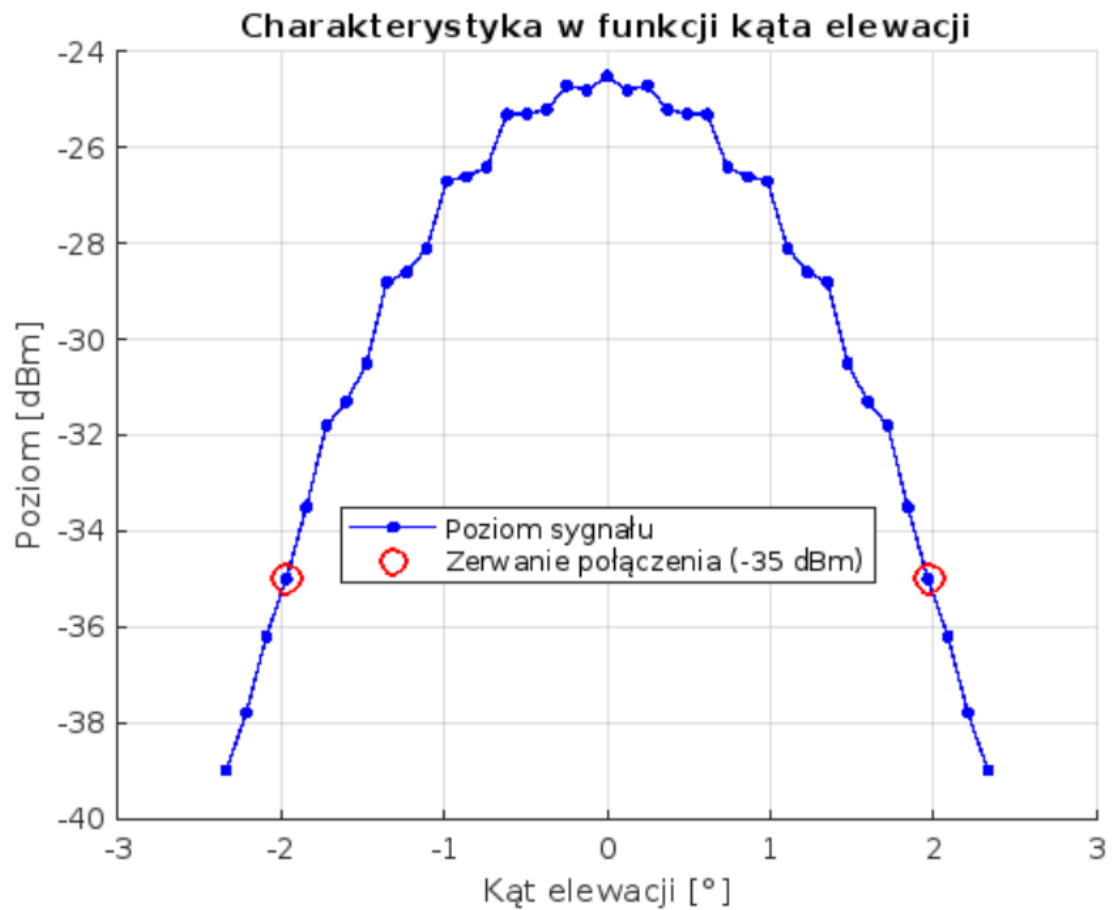
**Politechnika
Warszawska**

Numer przydzielonego kanału oraz parametry odbioru:

Numer kanału: 110, Nazwa odbieranego kanału: TVP INFO HD, Parametry odbioru: $f_{\text{kanału}} = 969.00 \text{ MHz}$, $f_{\text{pośrednia}} = 10719.00 \text{ MHz}$, Polaryzacja: pionowa 13V, Pozycja satelity na orbicie geostacjonarnej: 13E

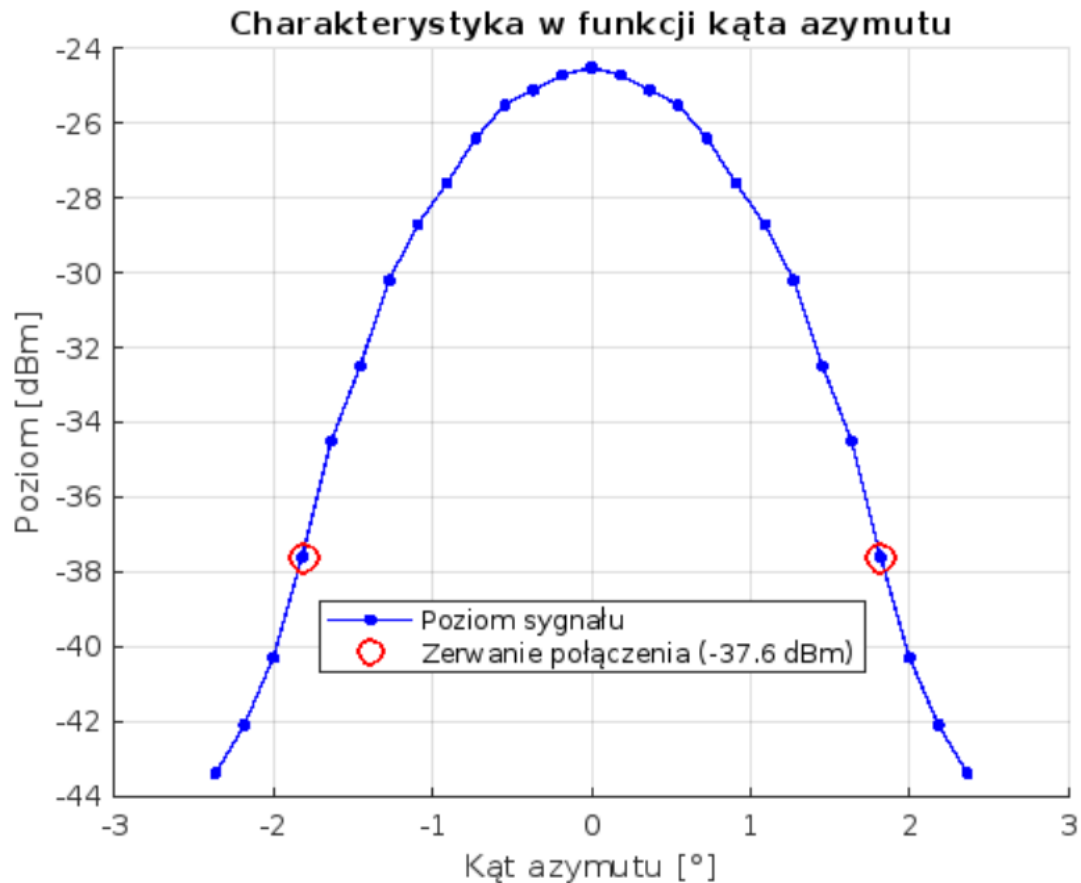
Najlepsza moc była dla elewacji 187 i dla azymutu 577

Wykres mocy odbieranej w zależności od kąta elewacji:



Utrata sygnału nastąpiła dla mocy = -35dBm i było to w okolicy około 2 stopni od kąta elewacji z największą mocą.

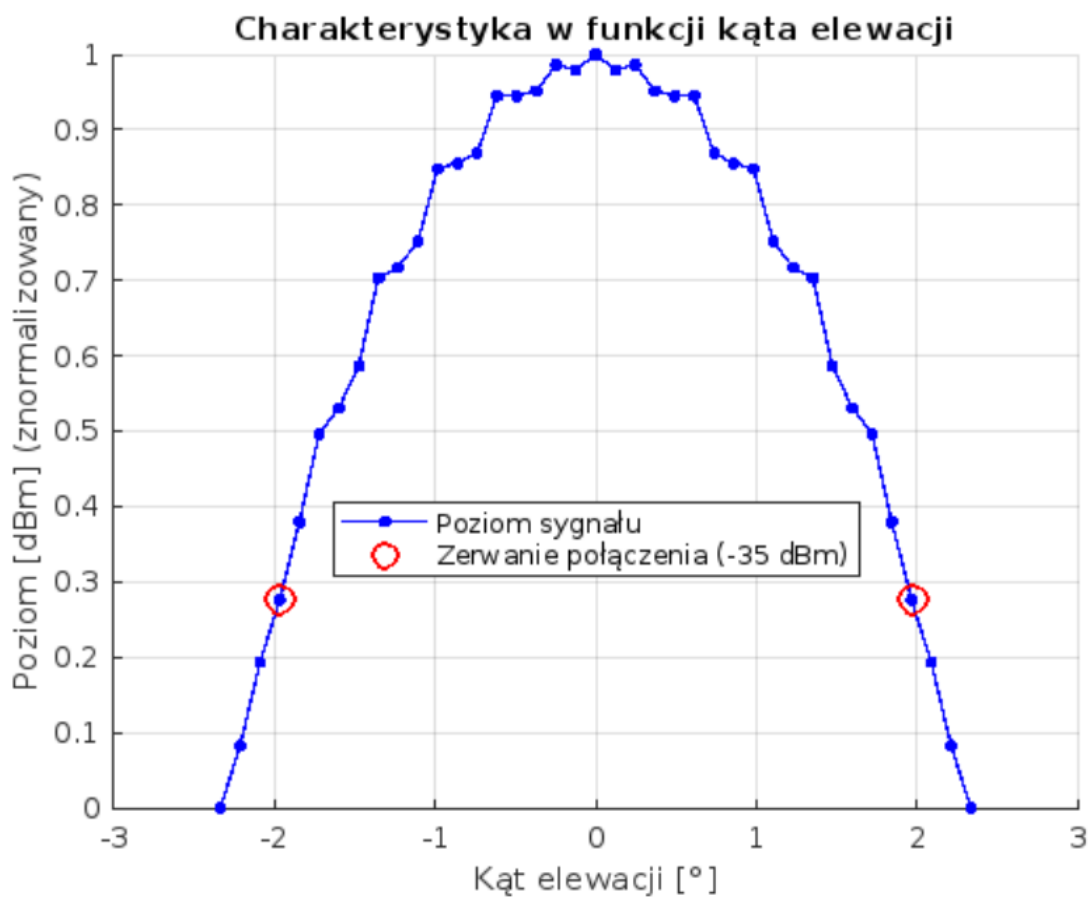
Wykres mocy obieranej w zależności od kąta azymutu:



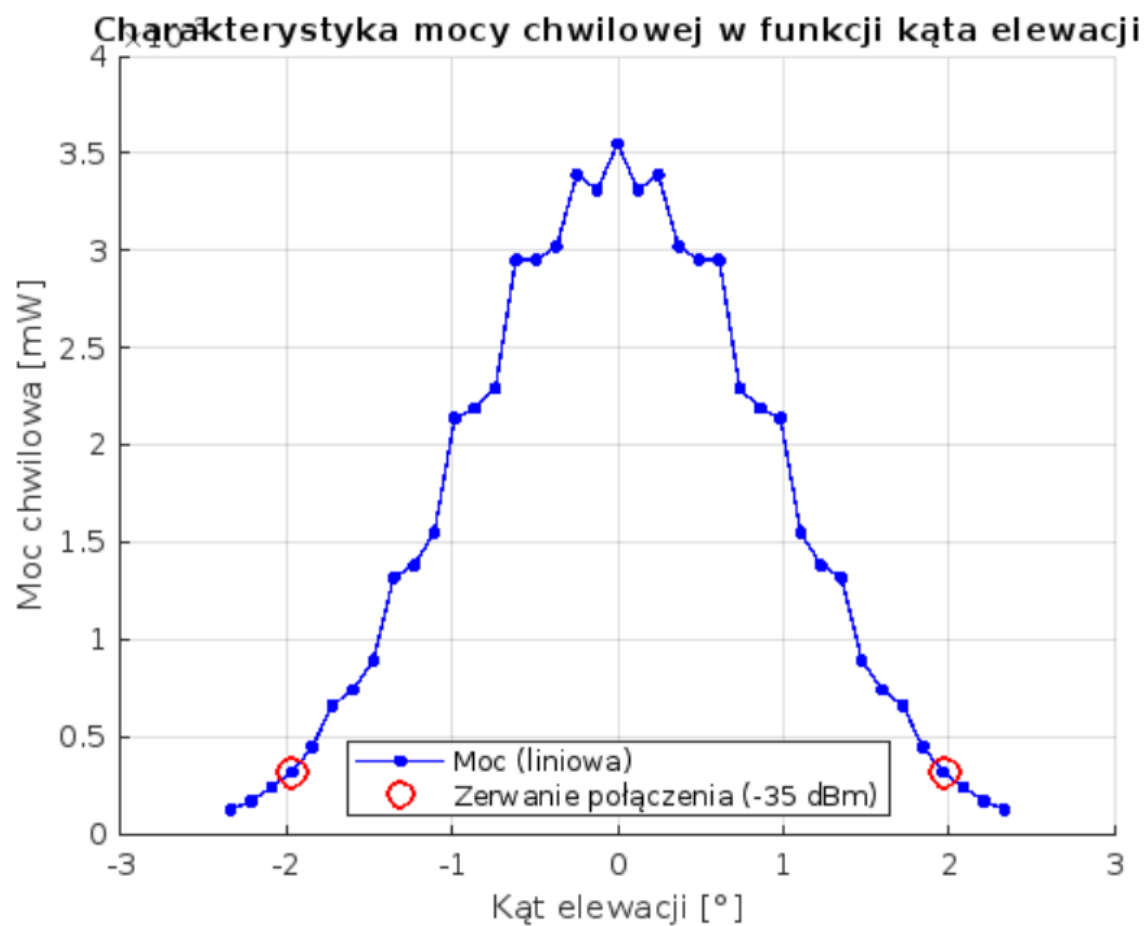
Utrata sygnału nastąpiła dla mocy = -37.6dBm i było to w okolicy około 1.8 stopnia od kąta azymutu z największą mocą.

Pierwszy wykres (w funkcji kąta elewacji) przedstawia przekrój charakterystyki kierunkowej w płaszczyźnie wektora E, ponieważ oś x oznacza kąt elewacji, natomiast drugi (w funkcji kąta azymutu) przedstawia przekrój charakterystyki kierunkowej w płaszczyźnie wektora H, ponieważ oś x oznacza kąt azymutu.

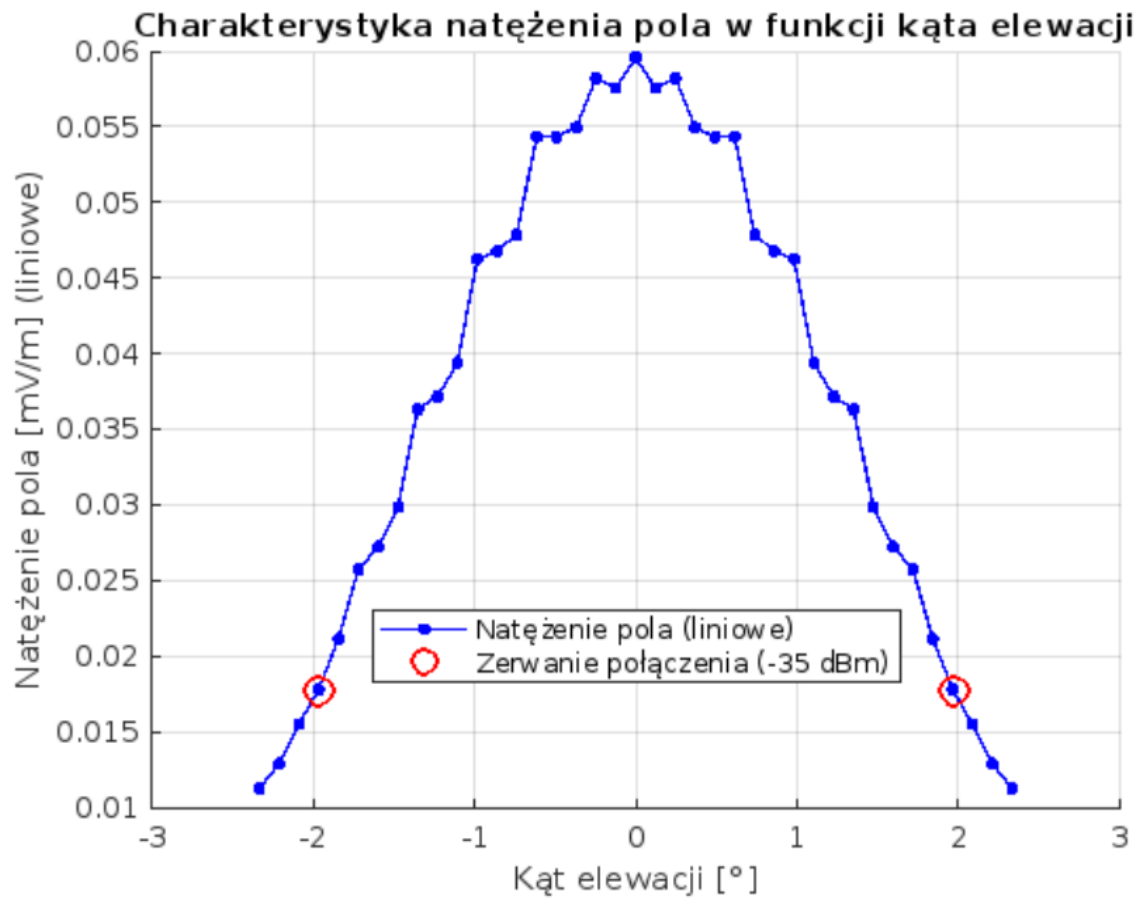
Wykres mocy obieranej w zależności od kąta elewacji unormowany do maksimum:



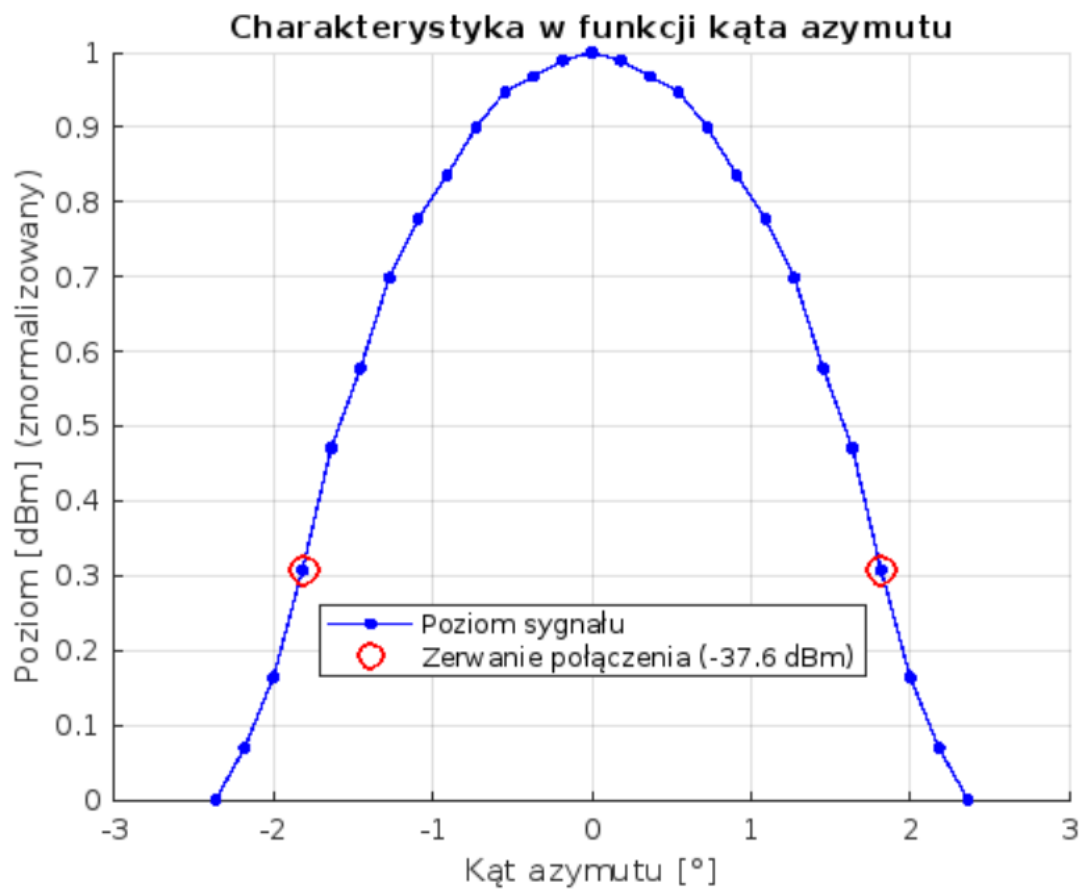
Wykres mocy obieranej w zależności od kąta elewacji unormowany do maksimum, przeliczony na skalę liniową mocy:



Wykres mocy obieranej w zależności od kąta elewacji unormowany do maksimum, przeliczony na skalę liniową natężenia pola:



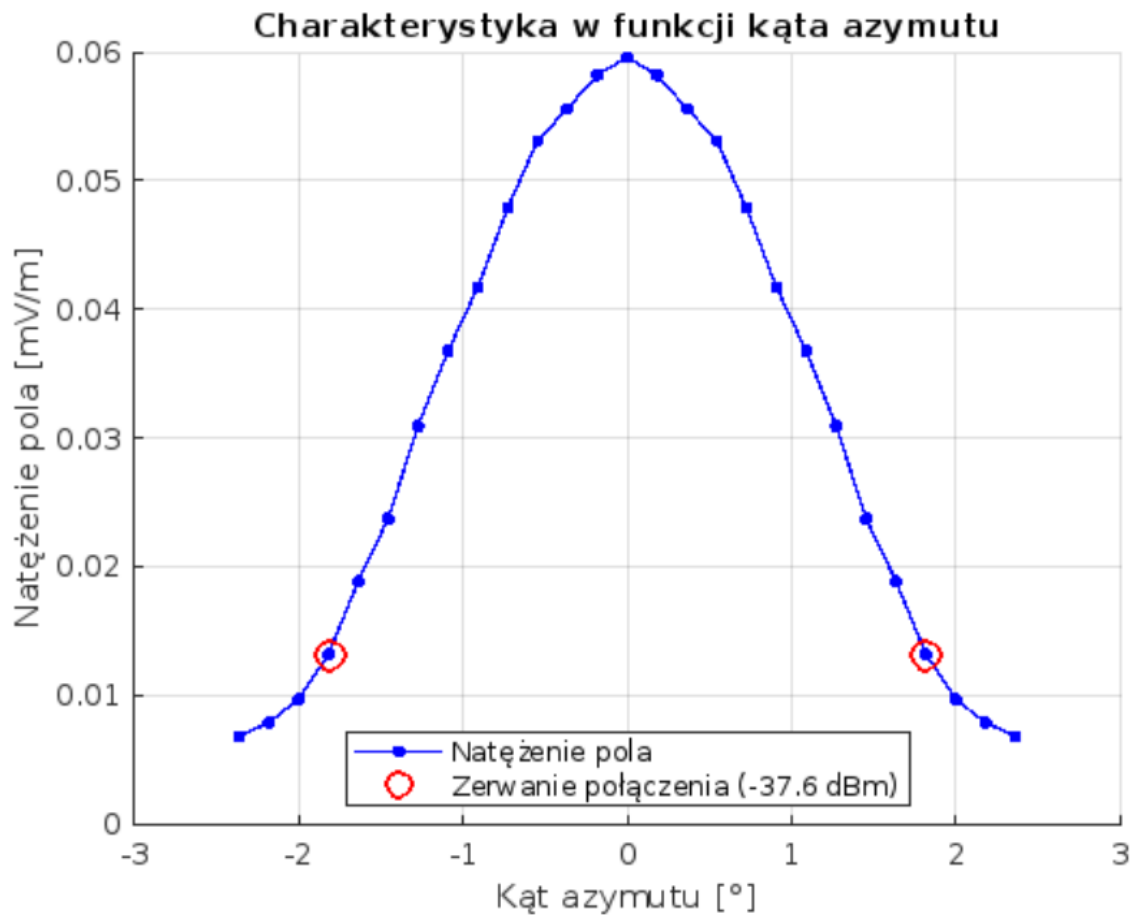
Wykres mocy obieranej w zależności od kąta azymutu unormowany do maksimum:



Wykres mocy obieranej w zależności od kąta azymutu unormowany do maksimum, przeliczony na skalę liniową mocy:



Wykres mocy obieranej w zależności od kąta azymutu unormowany do maksimum, przeliczony na skalę liniową natężenia pola:



Szerokość wiązki głównej (obliczamy szerokość, w której moc od maksimum spada o 3dBm). W naszym przypadku szerokość wiązki głównej w płaszczyźnie elewacji wynosi około 2.2 stopnia, a w płaszczyźnie elewacji około 1.8 stopnia dla azymutu.

Kierunkowość anteny:

$$D \approx \frac{41253}{\Theta_1 \Theta_2}, \quad (12)$$

gdzie Θ_1 i Θ_2 są szerokościami wiązki w dwóch ortogonalnych przekrojach wyrażonymi w stopniach.

$$D = 41253 / (2.2 * 1.8) = 10417.42$$

$$D = 10 \log_{10} 10417.42 = 40.18$$

Komentarze i wnioski do części 3:

1. Pomiar szerokości wiązki

- a. Wyniki pokazują, że szerokość wiązki głównej w płaszczyźnie elewacji wynosi około 2,2 stopnia, a w płaszczyźnie azymutu około 1,8 stopnia.

- b. Oznacza to, że antena ma bardzo wąską wiązkę, co wskazuje na jej wysoką kierunkowość.

2. Charakterystyka kierunkowa anteny

- a. Wykresy mocy odbieranej w funkcji kąta elewacji i azymutu odzwierciedlają silnie kierunkowy charakter anteny.
- b. Następuje zerwanie sygnału po przekroczeniu kąta o około 2 stopnie od wartości maksymalnej, co potwierdza dużą selektywność odbioru.

3. Obliczenie kierunkowości anteny

- a. Wartość kierunkowości $D=40,18$ dB sugeruje, że antena skupia moc w bardzo wąskim zakresie kątowym, co jest typowe dla anten satelitarnych.
- b. Taki wysoki poziom kierunkowości pozwala na efektywną transmisję i odbiór sygnału na dalekie odległości.