

## SPRAWOZDANIE

Ćw. nr: 1      Temat: Propagacja fal radiowych

Nazwisko i imię studenta:  
Andrzej Jur

Wydział, kierunek:  
WI, Informatyka

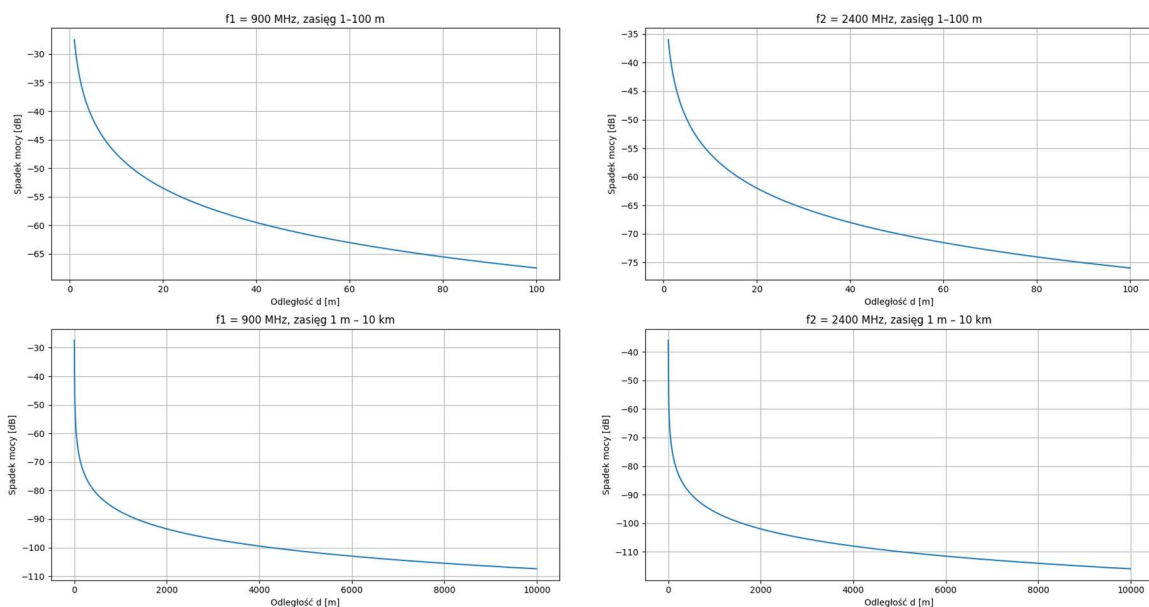
Rok akad:  
2025/2026

Semestr:  
7

### Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zbadanie wpływu odległości i częstotliwości na poziom mocy sygnału odbieranego w wolnej przestrzeni oraz analiza zjawisk propagacyjnych występujących podczas transmisji fal radiowych.

#### 1. Wyznaczenie i porównanie spadku mocy sygnału w funkcji odległości dla dwóch częstotliwości pracy (900 MHz i 2400 MHz) zgodnie z równaniem Friisa.



Na rysunku przedstawiono cztery wykresy spadku mocy sygnału odbieranego (w dB) w funkcji odległości dla dwóch częstotliwości:

$f_1 = 900 \text{ MHz}$  – lewa kolumna (górny i dolny wykres),

$f_2 = 2400 \text{ MHz}$  – prawa kolumna,

oraz dwóch zakresów odległości:

1–100 m – górne wykresy (zasięg krótki),

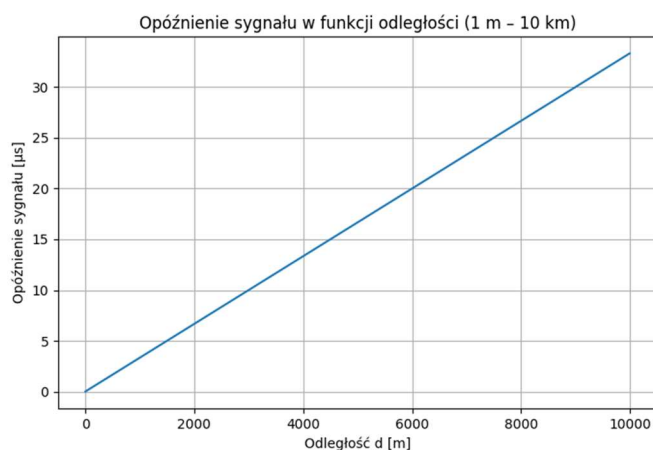
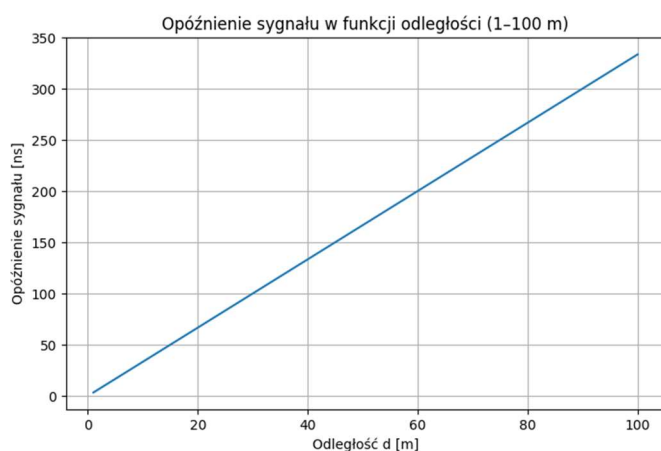
1 m – 10 km – dolne wykresy (zasięg długi).

Na wszystkich wykresach zależność ma postać malejącą, co oznacza, że wraz ze wzrostem odległości maleje moc odbieranego sygnału.

**Wnioski:**

- Spadek mocy odbieranego sygnału rośnie wraz z odległością i jest zgodny z modelem  $1/d^2$  – w skali dB zmiana jest logarytmiczna.
- Wyższa częstotliwość (2400 MHz) powoduje większe tłumienie w przestrzeni niż niższa (900 MHz).
- Różnica strat między 900 MHz a 2400 MHz jest stała i wynosi ok. 8,5 dB, niezależnie od odległości.
- W zakresie 1–100 m straty wynoszą od ok. –30 dB do –70 dB (dla 900 MHz) i do –78 dB (dla 2400 MHz).
- W zakresie 1–10 km spadek osiąga wartości powyżej –100 dB, co potwierdza, że fale radiowe na dużych dystansach ulegają znacznemu tłumieniu.
- Wszystkie wykresy potwierdzają teoretyczne przewidywania równania Friisa dla propagacji w wolnej przestrzeni.

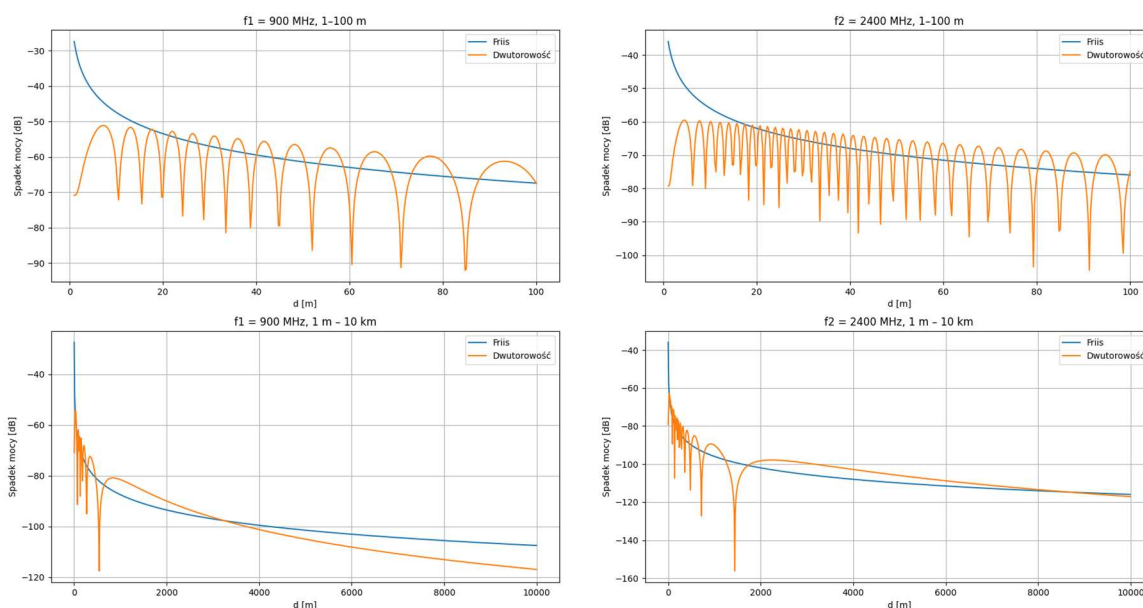
**2. Analiza zależności opóźnienia sygnału od odległości pomiędzy nadajnikiem i odbiornikiem oraz określenie jego wartości w różnych zakresach zasięgu.**



**Wnioski**

- Opóźnienie sygnału rośnie liniowo z odległością – jest bezpośrednio proporcjonalne do długości toru propagacyjnego.
- Dla zakresu 1–100 m opóźnienie osiąga wartości rzędu setek nanosekund, natomiast dla 10 km — dziesiątek mikrosekund.
- Zależność ta wynika z stałej prędkości rozchodzenia się fal elektromagnetycznych w powietrzu.
- W praktyce takie opóźnienia mogą mieć znaczenie przy transmisjach o dużych odległościach lub w systemach wymagających bardzo precyzyjnej synchronizacji (np. radar, 5G, GPS).

### 3. Zbadanie wpływu odbić (dwutorowości) na moc sygnału odbieranego, identyfikacja zjawisk interferencyjnych oraz obliczenie różnicy opóźnień między sygnałem bezpośrednim a odbitym.



#### Wnioski

- Model dwutorowy (z odbiciem) lepiej opisuje rzeczywistą propagację fal radiowych przy obecności powierzchni odbijającej, np. gruntu.
- Obecność drugiej ścieżki prowadzi do interferencji między sygnałami, czego efektem są okresowe zaniki i wzmacnienia mocy odbieranej.
- Częstotliwość sygnału wpływa na częstotliwość przestrzenną zaników – im wyższa częstotliwość, tym więcej oscylacji w jednostce odległości.
- Dla dużych odległości wpływ odbicia maleje i krzywa dwutorowa asymptotycznie zbliża się do modelu Friisa.
- Zjawisko to ma duże znaczenie w praktyce – powoduje fluktuacje sygnału w systemach bezprzewodowych (tzw. fading), które należy kompensować (np. przez dywersyfikację, modulacje odporniejsze na zaniki, adaptacyjne sterowanie mocą).

## Podsumowanie

Podczas laboratorium przeanalizowano podstawowe zjawiska związane z propagacją fal radiowych w wolnej przestrzeni oraz w obecności odbić od powierzchni ziemi. Wykonane obliczenia i wykresy potwierdziły teoretyczne zależności między odległością, częstotliwością, opóźnieniem i mocą odbieranego sygnału.

- W pierwszej części wykazano, że spadek mocy sygnału rośnie wraz z odległością zgodnie z prawem odwrotności kwadratu, a wyższe częstotliwości ulegają większemu tłumieniu.
- W drugiej części potwierdzono liniową zależność opóźnienia od odległości oraz określono jego wartości w skali nanosekund i mikrosekund.
- W trzeciej części zbadano wpływ odbicia od powierzchni ziemi – na wykresach pojawiły się charakterystyczne wzmocnienia i zaniki wynikające z interferencji fali bezpośredniej i odbitej. Zjawisko to jest zgodne z modelem dwutorowym i dobrze opisuje rzeczywiste warunki propagacji.