

Łukasz Januszkiewicz

# **Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej: cz.3 przegląd anten -2**

---

Zadanie nr 14 – Studia podyplomowe „Bezprzewodowe systemy nadzoru i monitorowania”



**KAPITAŁ LUDZKI**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna  
współfinansowana przez Unię Europejską  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego  
w projekcie

*„Innowacyjna dydaktyka bez ograniczeń  
– zintegrowany rozwój Politechniki Łódzkiej –  
zarządzanie Uczelnią,  
nowoczesna oferta edukacyjna  
i wzmacniania zdolności do zatrudniania  
osób niepełnosprawnych”*



**Politechnika Łódzka**  
Instytut Elektroniki

90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116,  
tel. 042 631 28 83  
[www.kapitalludzki.p.lodz.pl](http://www.kapitalludzki.p.lodz.pl)



KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Treści

- Anteny szerokopasmowe
  - Dipol szerokopasmowy
  - Antena logarytmiczno – periodyczna
  - Antena dyskowo – stożkowa
  - Antena spiralna
  - Anteny UWB
- Szyki antenowe - wstęp



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1*



## Anteny szerokopasmowe

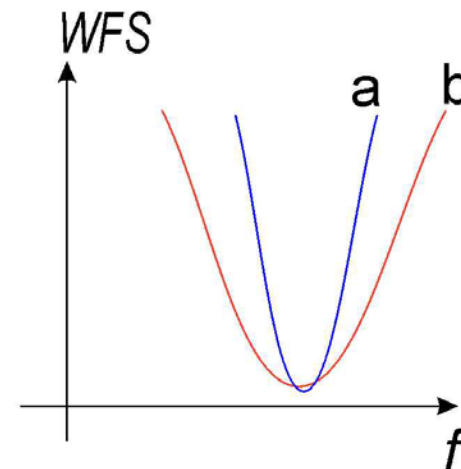
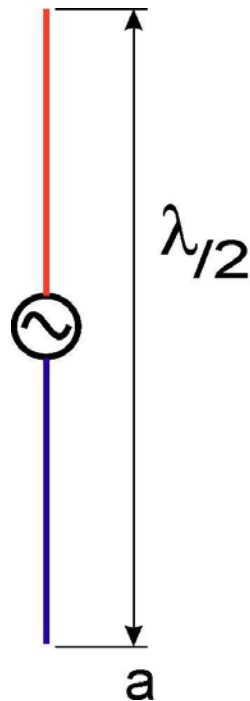
- Anteny szerokopasmowe cechuje niewielka zmienność, w szerokim zakresie częstotliwości parametrów i charakterystyk istotnych dla danego zastosowania (np. impedancji wejściowej, charakterystyki promieniowania oraz zysku energetycznego)
- Anteny uznawane za szerokopasmowe zachowują wartości swoich parametrów eksploatacyjnych w zadanych granicach, co najmniej w oktawie ( $Br=2$ ).
- Stosowane w systemach szerokopasmowych, pomiarowych, EMC





## Anteny szerokopasmowe

- Dipol smukły i cylindryczny

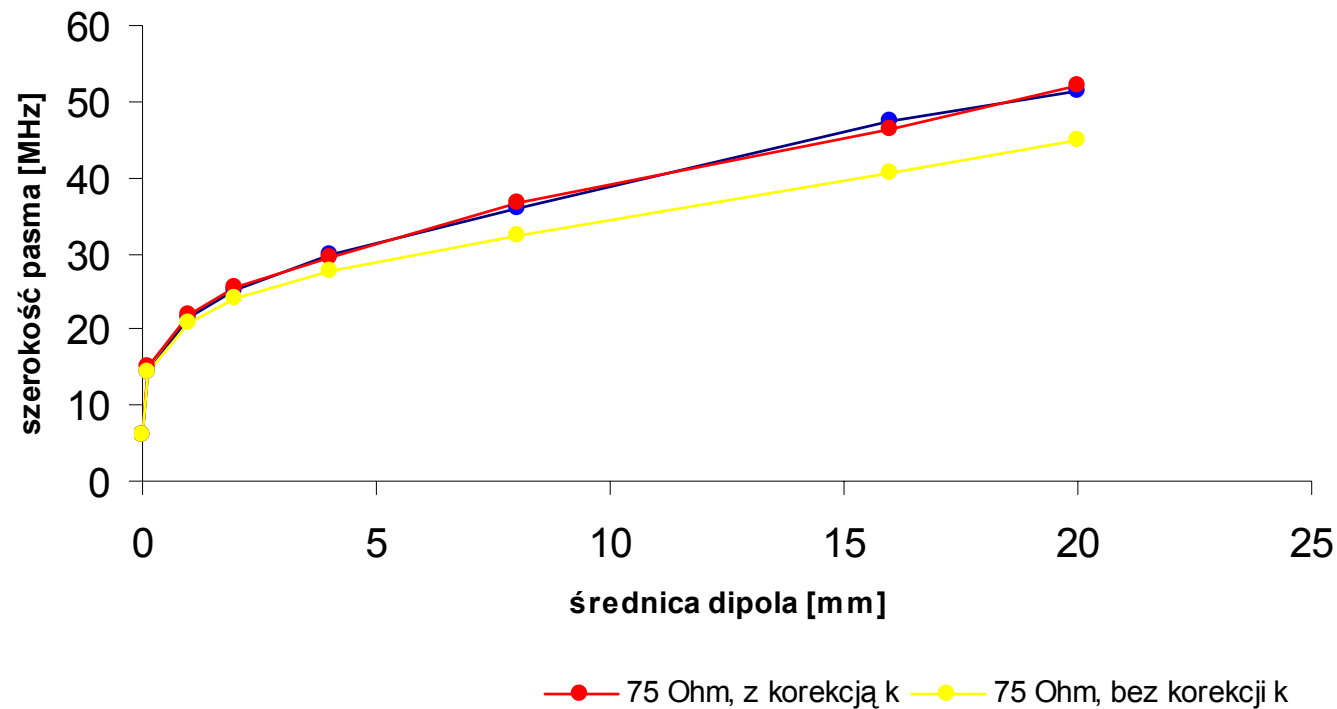




# Anteny szerokopasmowe

- Dipol 434 MHz

Wykres zależności szerokości pasma od średnicy dipola.



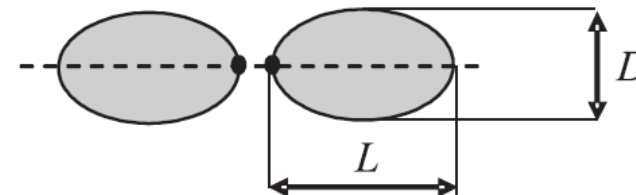
## Anteny szerokopasmowe

- Dipole szerokopasmowe:
  - a) elipsoida 3:1
  - b) elipsoida 2:1;
  - c) kula
  - d) stożek – antena dwustożkowa

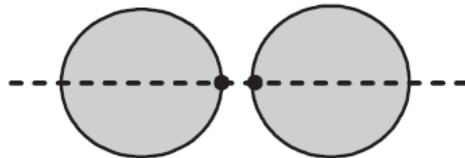
a)



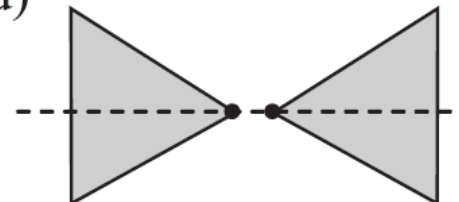
b)



c)

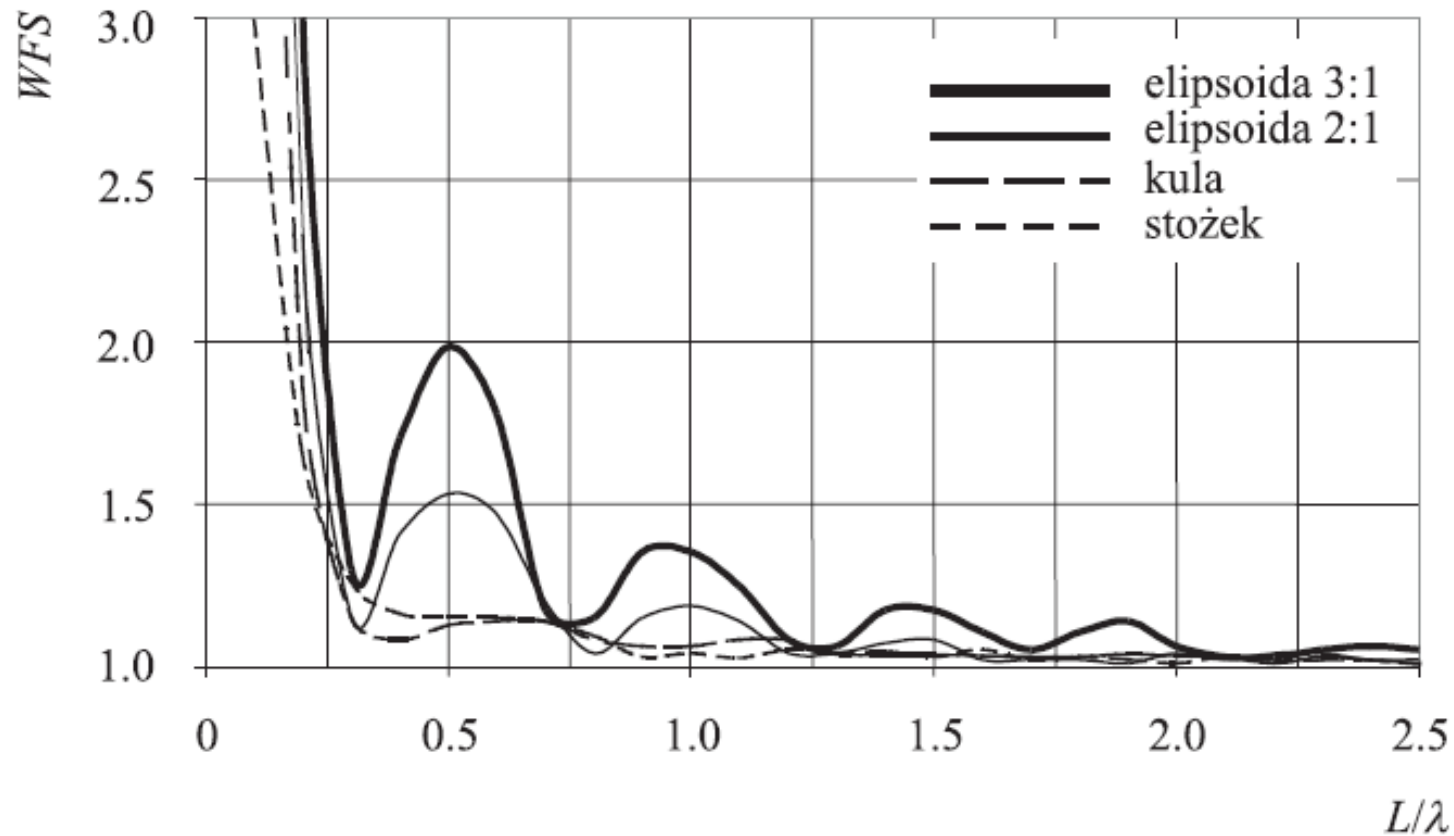


d)



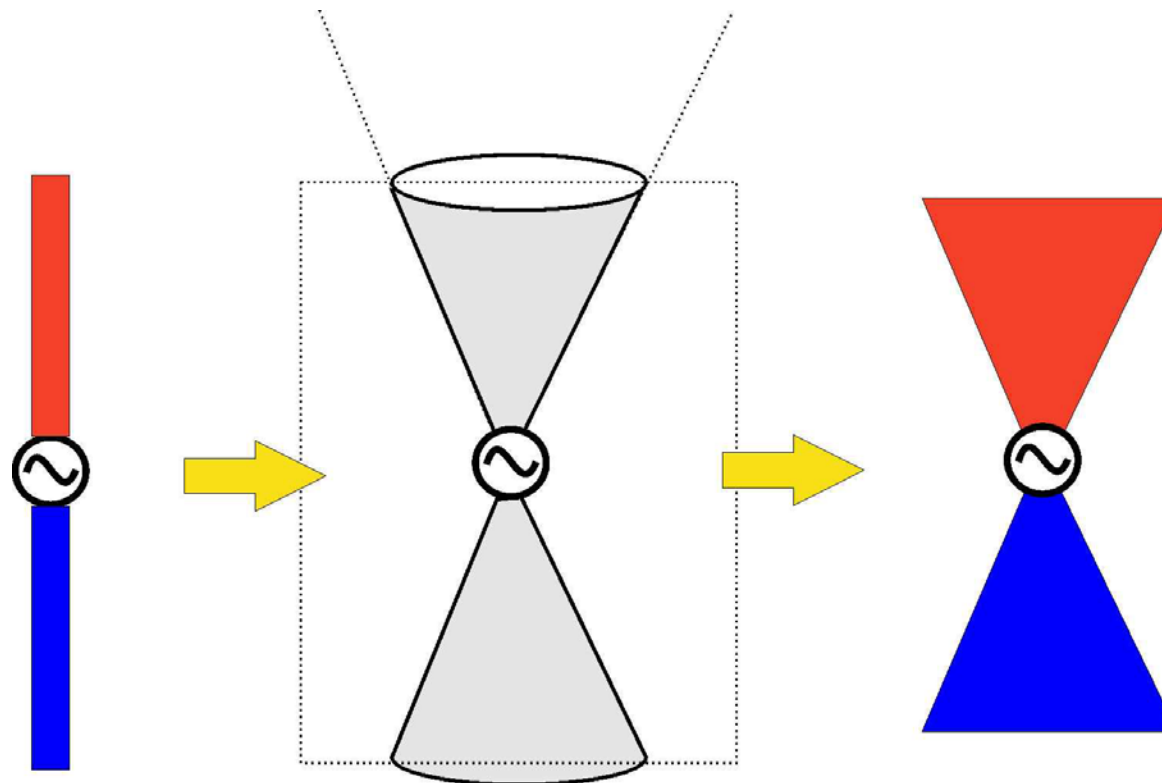


## Anteny szerokopasmowe



## Anteny szerokopasmowe

- Antena dwustożkowa i motylkowa (ang. „bowtie”)







KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

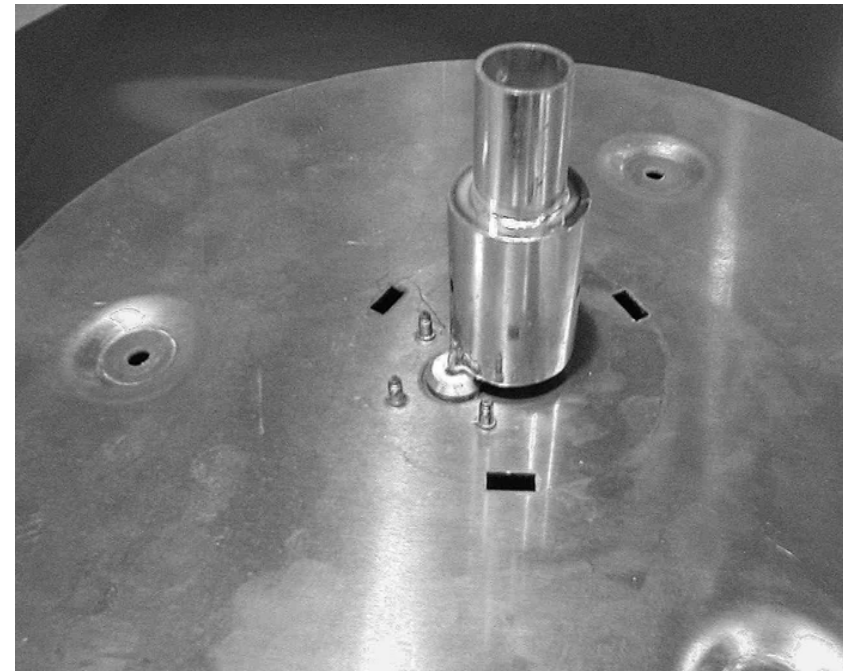
UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Anteny szerokopasmowe

- Dwupasmowa antena na bazie unipola
- 824 – 960 MHz i 1425 – 2170 MHz.

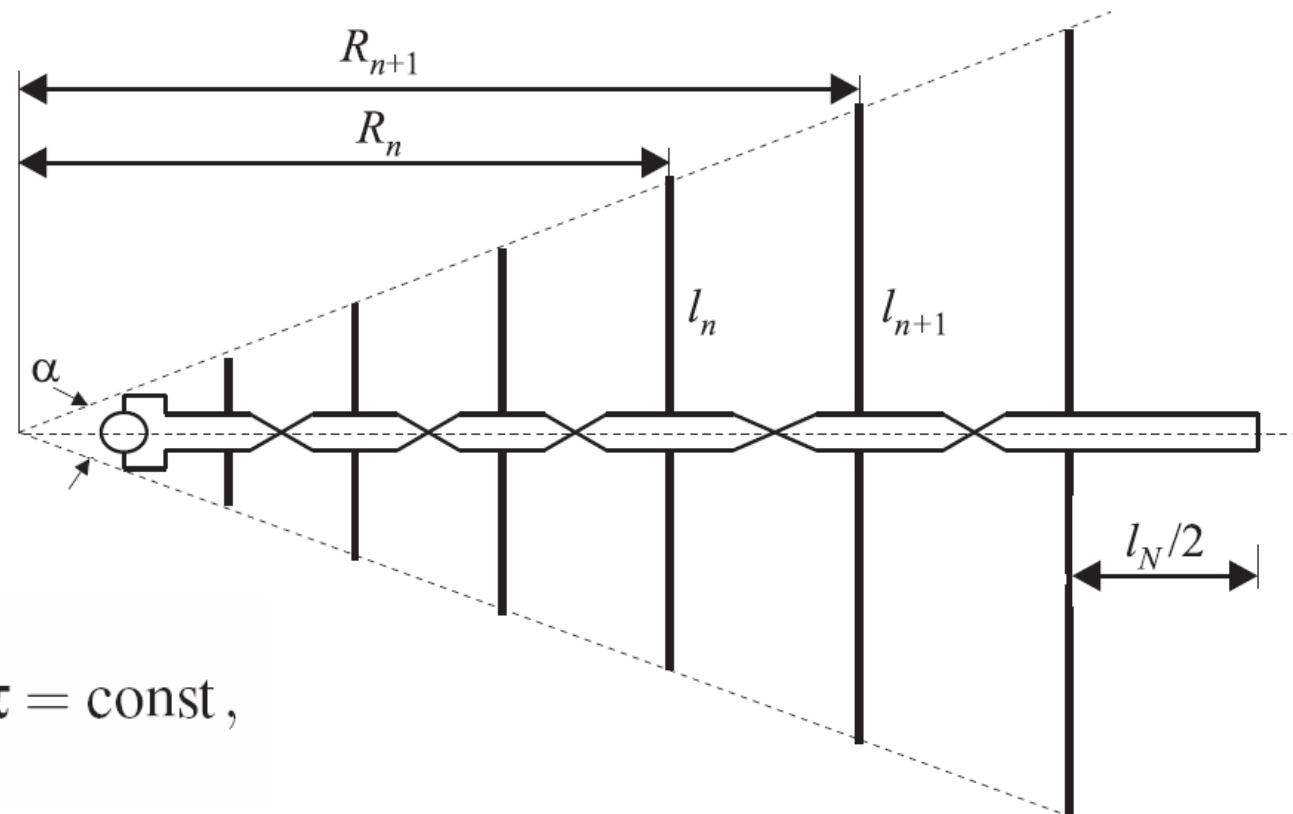


Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1*

## Antena logarytmiczno-periodyczna

- Antena logarytmiczno-periodyczna



$$\frac{l_n}{l_{n+1}} = \frac{R_n}{R_{n+1}} = \tau = \text{const},$$



## Antena logarytmiczno-periodyczna

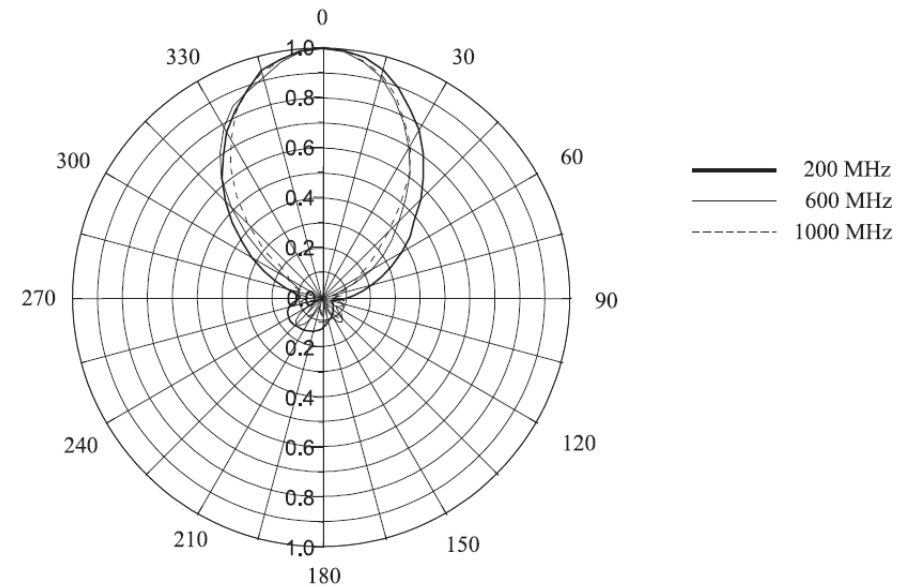
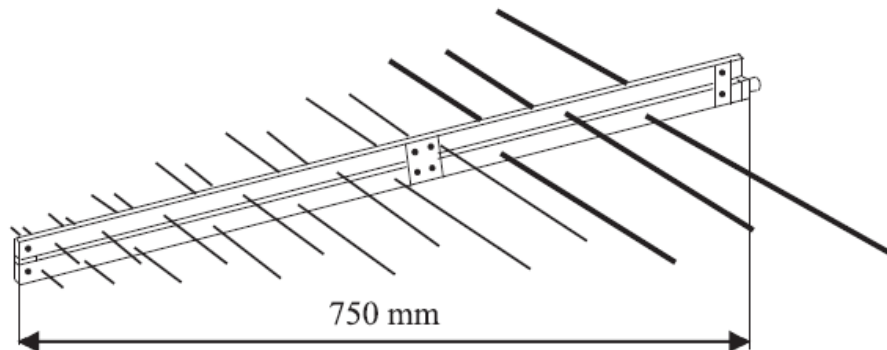
- Długości najkrótszego i najdłuższego dipola zależą od początkowej oraz końcowej częstotliwości zakresu pracy anteny.
- Długość najkrótszego dipola jest zwykle mniejsza od  $\lambda_{\min}/4$ , najdłuższego
- zaś zbliżona do  $\lambda_{\max}/2$ , gdzie  $\lambda_{\min}$  i  $\lambda_{\max}$  są najkrótszą i najdłuższą długością fali, odpowiadającą największej oraz najmniejszej częstotliwości pasma
- Kąt rozwarcia struktury anteny zależy od przyjętego dla anteny zysku
- kierunkowego i od dopuszczalnego WFS
- Większy zysk i lepsze dopasowanie uzyskuje się, gdy kąt rozwarcia jest mniejszy.





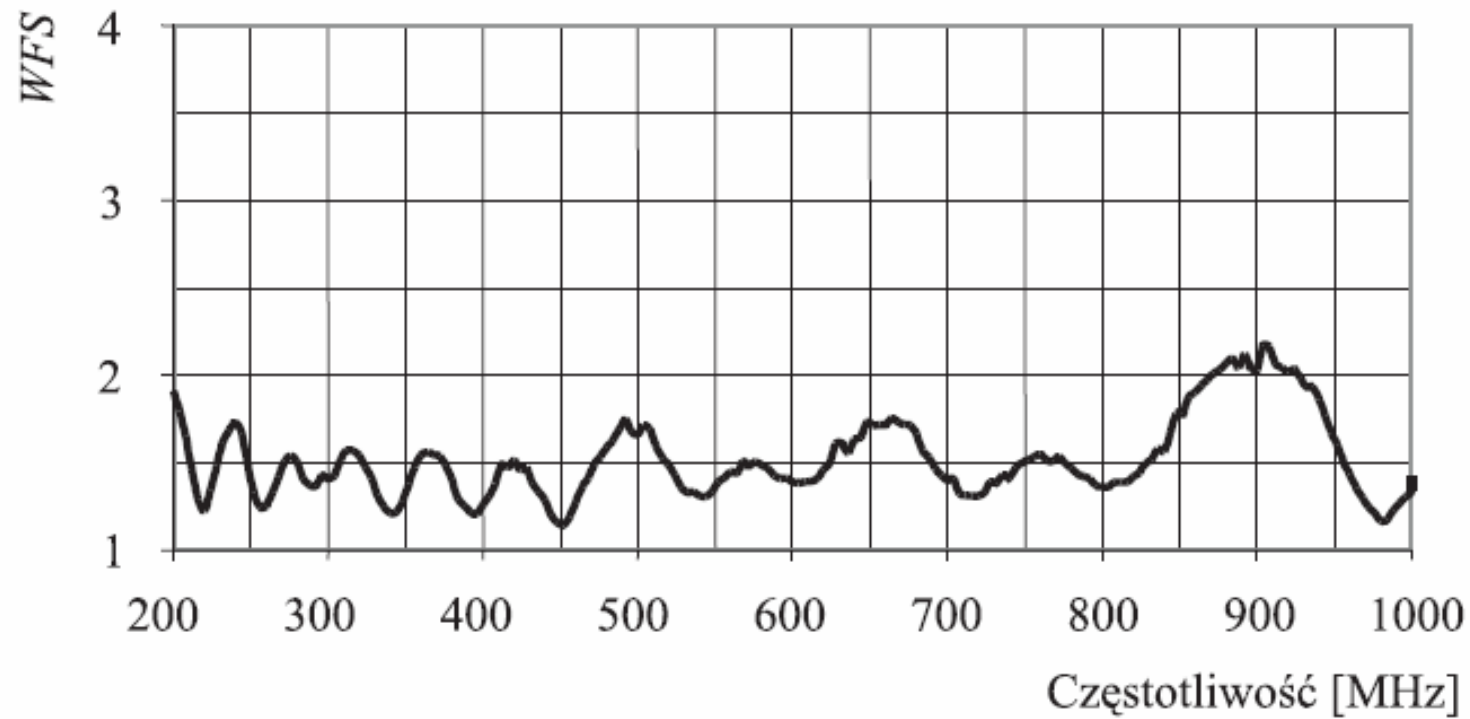
## Antena logarytmiczno-periodyczna

- Antena logarytmiczno-periodyczna na zakres częstotliwości od 200 do 1000 MHz





## Antena logarytmiczno-periodyczna





## Antena spiralna

- Anteny, których budowa umożliwia pracę w bardzo szerokich zakresach częstotliwości określane są jako „częstotliwościowo niezależne”
- Takie anteny posiadają strukturę, która może być w pełni opisana przez odpowiednie kąty w biegunowym układzie współrzędnych
- Antena częstotliwościowo niezależna posiada podobne własności dla fal o różnej długości a krawędzie jej powierzchni są funkcjami kątów azymutu  $\phi$  i elewacji  $\theta$  w biegunowym układzie współrzędnych postaci:

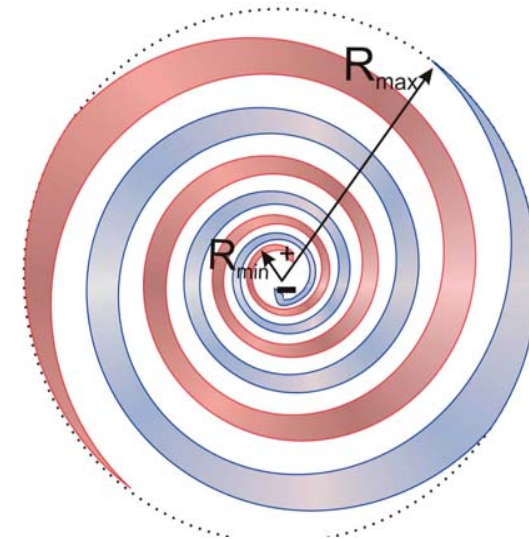
$$r = e^{a\phi} \cdot f(\theta)$$





## Antena spiralna

- **antena spiralna** posiada charakterystykę promieniowania w postaci 2 szerokich listków prostopadłych do płaszczyzny anteny, leżących po obu jej stronach.
- Polaryzacja fali promieniowanej przez antenę jest kołowa, zgodna z kierunkiem skręcenia spirali (prawo lub lewoskrętna).
- Anteny spiralne występują w postaci spirali archimedesesa lub spirali wykładniczej.





## Antena spiralna

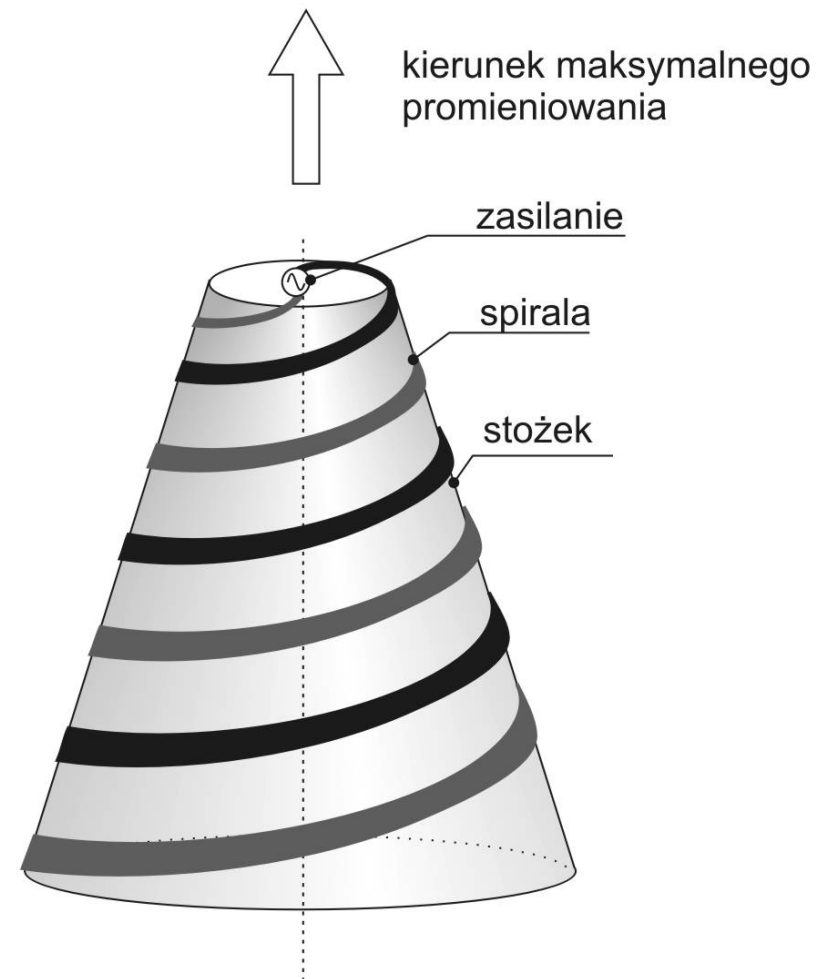
- Anteny spiralne uzyskują szerokie pasmo pracy charakteryzowane współczynnikiem pokrycia o wartości typowo  $Br=10$ .
- Ograniczenie pasma od dołu wynika ze skończonych rozmiarów anteny ( $R_{max}$ ), a ograniczenie od góry z dużej wartości promienia minimalnego ( $R_{min}$ ), wynikającej z technicznych możliwości doprowadzenia linii transmisyjnej do obszaru zasilania.
- Impedancja wejściowa w zakresie  $120 \div 200\Omega$  zależnie od parametrów spirali
- Może mieć postać spiralnej linii transmisyjnej umieszczonej na dielektrycznym podłożu, bądź spiralnej szczeliny utworzonej w materiale przewodzącym.





## Antena spiralna

- Stożkowa antena spiralna
- Szerokopasmowa antena kierunkowa
- Polaryzacja kołowa



*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1*



KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Antena spiralna

- Antena spiralna z wnęką rezonansową (cavity backed spiral)
- Ograniczony listek po stronie wnęki



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1*



KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Antena spiralna

- Aby umożliwić podłączenie niesymetrycznej linii zasilającej konieczne jest zastosowanie szerokopasmowego transformatora, który pogarsza parametry anteny
- Niekiedy konieczne jest stosowanie transformatora impedancji bądź wprowadzania modyfikacji w konstrukcji anteny





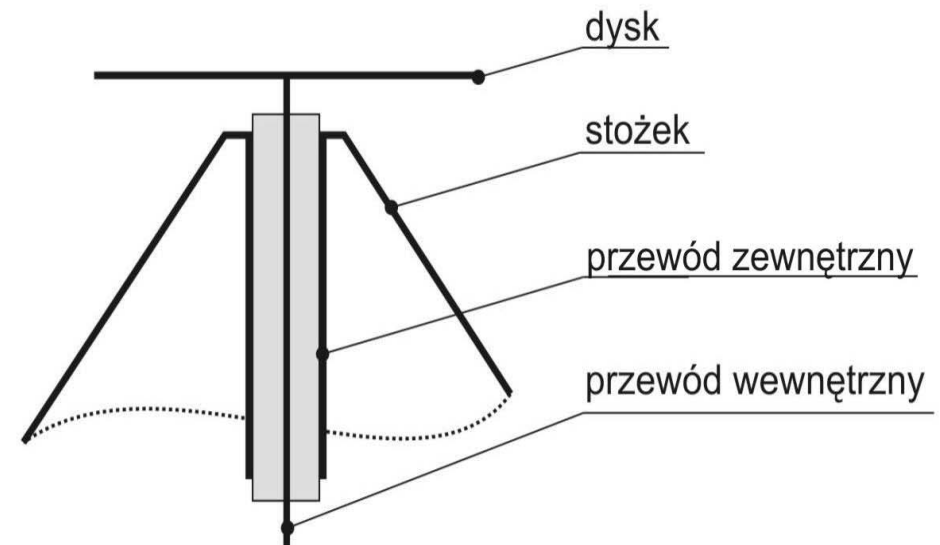
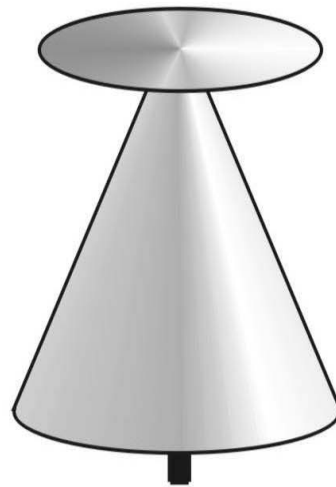
## Antena dyskowo-stożkowa

- Modyfikacja anteny dwustożkowej pozwalająca zastosować zasilanie w postaci linii koncentrycznej
- Antena dyskowo – stożkowa jest szerokopasmową anteną dookólną o polaryzacji liniowej, zgodnej z osią stożka.
- Zasilanie doprowadzone jest linią koncentryczną, której przewód wewnętrzny połączony jest z częścią dyskową natomiast przewód zewnętrzny przechodzi w część stożkową.
- Dobre dopasowanie do  $50 \Omega$  linii zasilającej



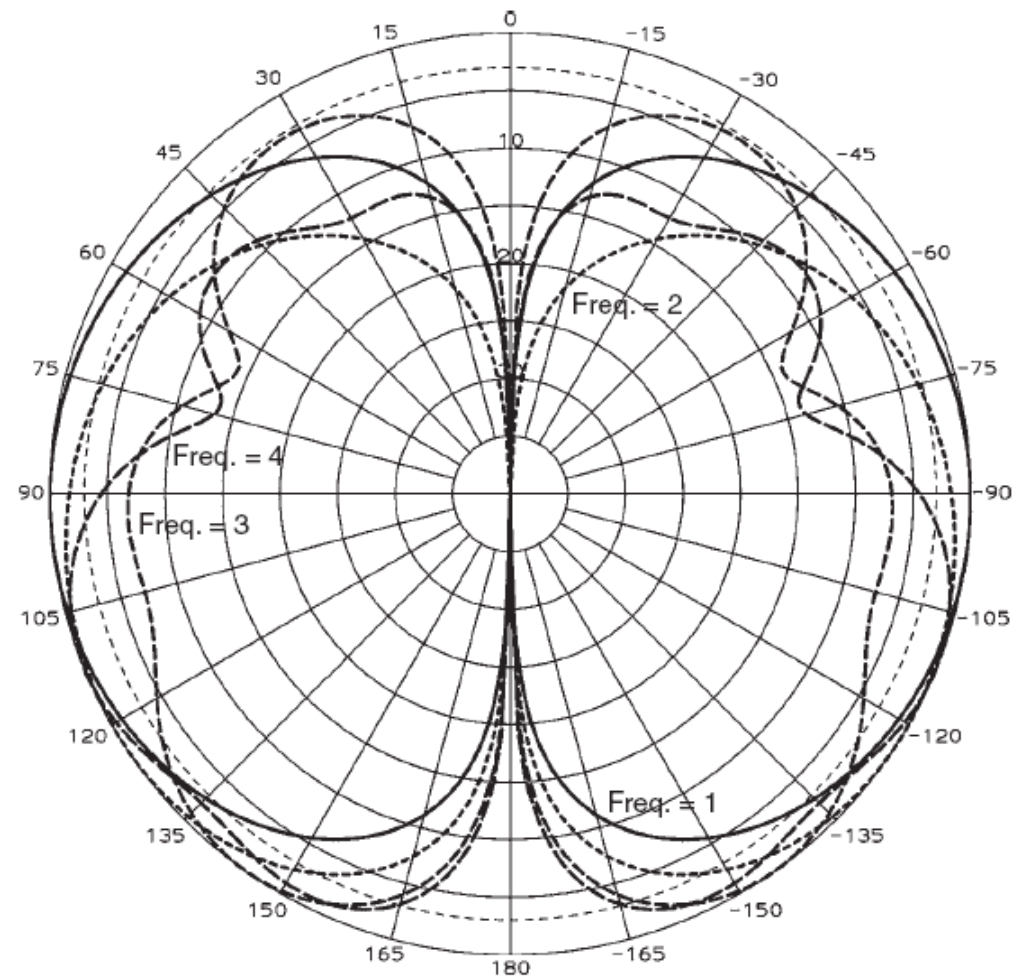


# Antena dyskowo-stożkowa





# Antena dyskowo-stożkowa





## Anteny samopodobne

- Anteny o strukturze samopodobnej są to anteny których części przewodzące są ukształtowane w taki sam sposób jak dopełniająca je przestrzeń (przewodnik magnetyczny).
- Charakterystyczną cechą nieograniczonego układu tego typu jest stała impedancja wejściowa niezależna od częstotliwości oraz kształtu przewodnika

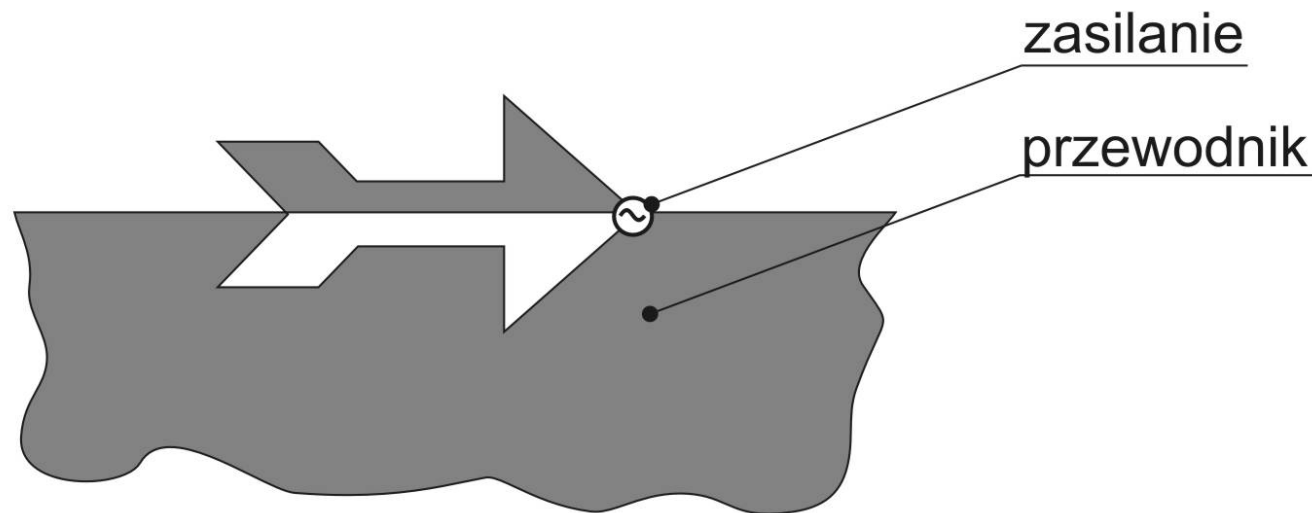
$$Z = 60\pi \cong 188\Omega$$





## Anteny samopodobne

- Cechy geometrii samopodobnej są wykorzystywane do poprawiania własności szerokopasmowych anten

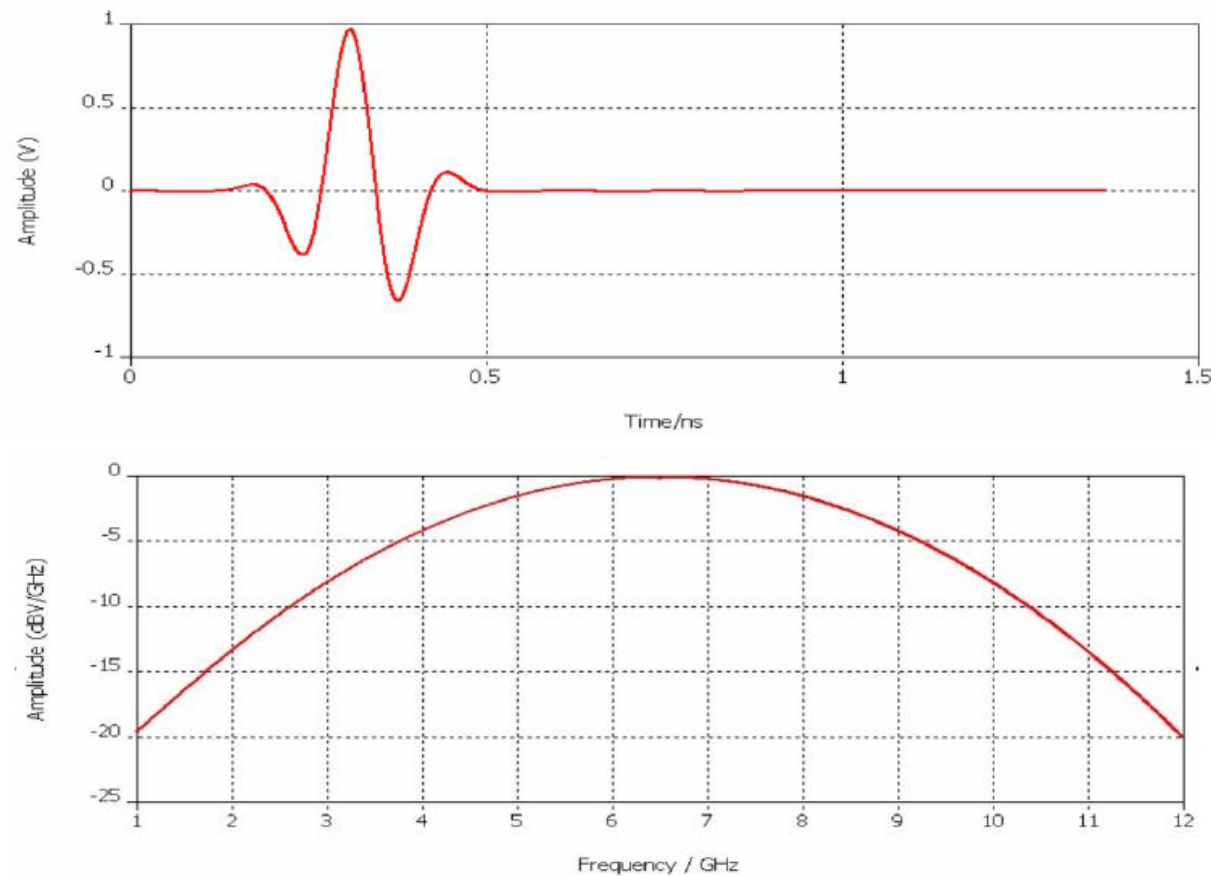






## Anteny systemów ultra-szerokopasmowych

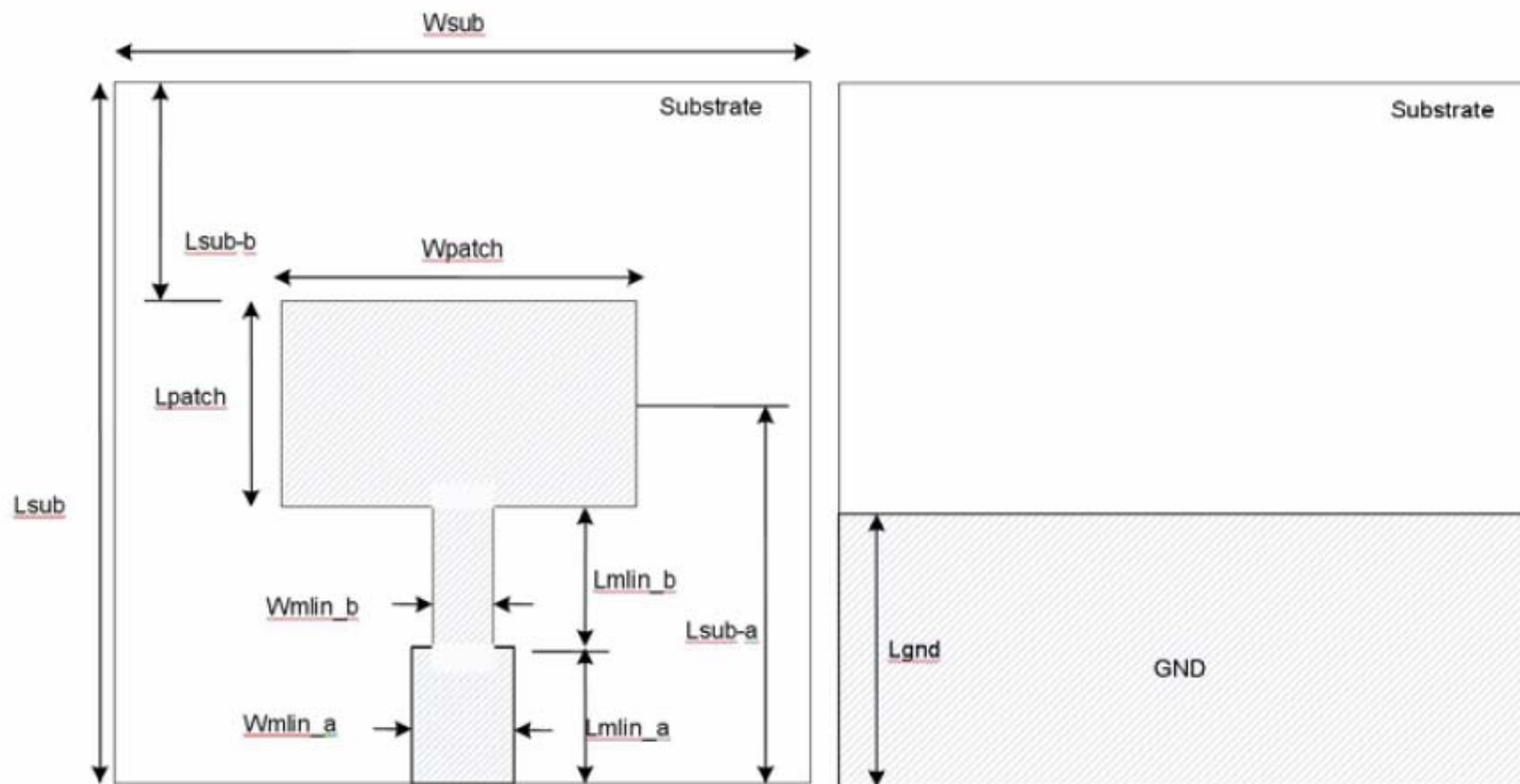
- Systemy UWB – ultraszerokopasmowe:  $3,1 \div 10$  GHz





# Anteny UWB

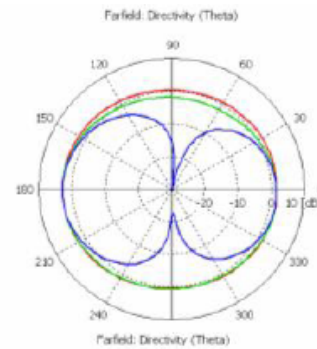
- Unipol ultraszerokopasmowy



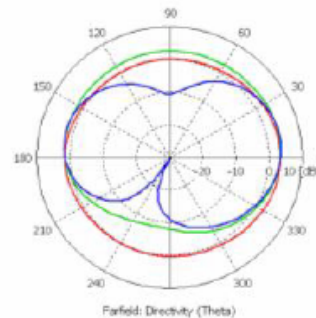


# Anteny UWB

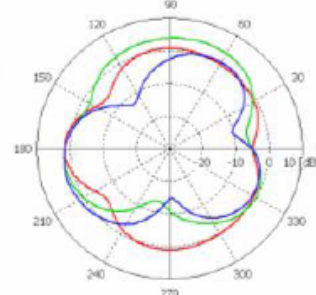
**E-plane**  
**f = 4.6GHz**



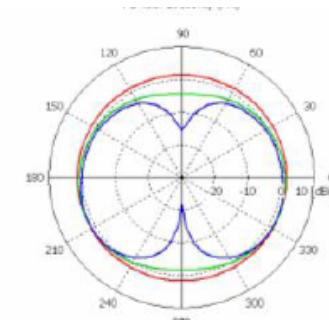
**E-plane**  
**f = 6.85GHz**



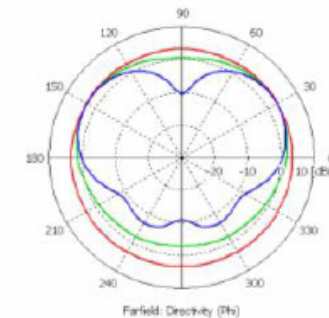
**E-plane**  
**f = 10.4GHz**



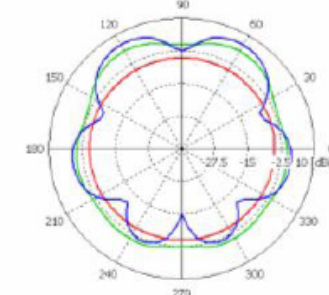
**H-plane**  
**f = 4.6GHz**



**H-plane**  
**f = 6.85GHz**



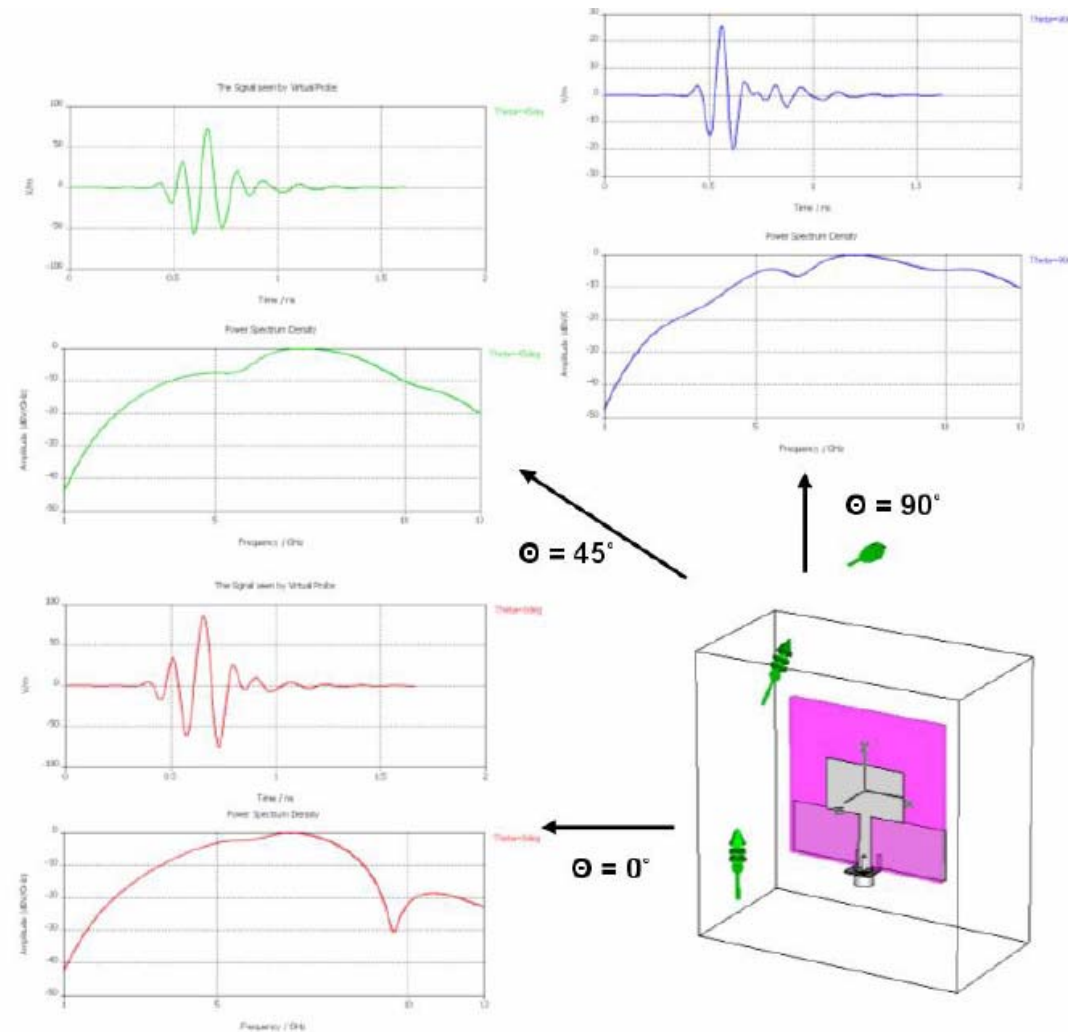
**H-plane**  
**f = 10.4GHz**





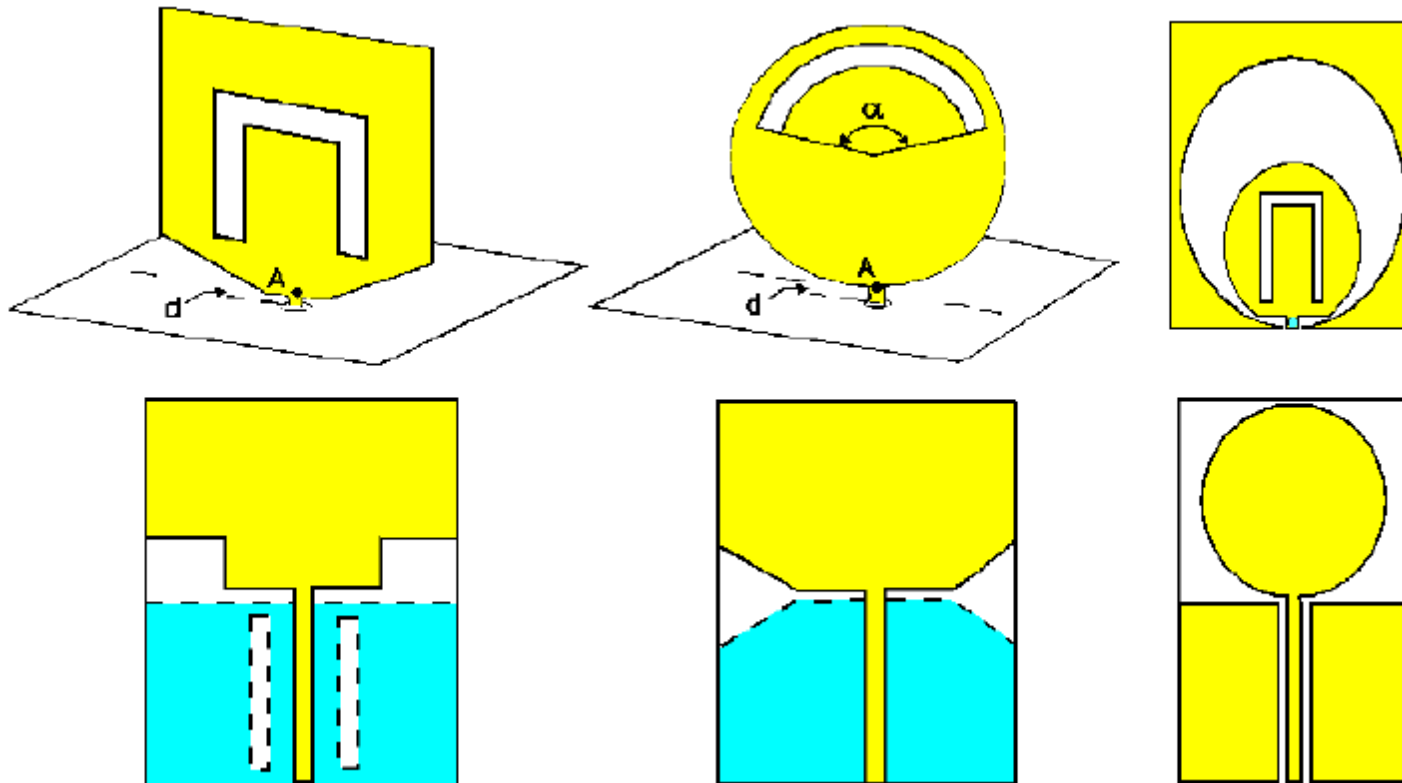
## Anteny UWB

Antena jest analizowana w dziedzinie czasu, dla wybranych kierunków w przestrzeni





# Anteny UWB



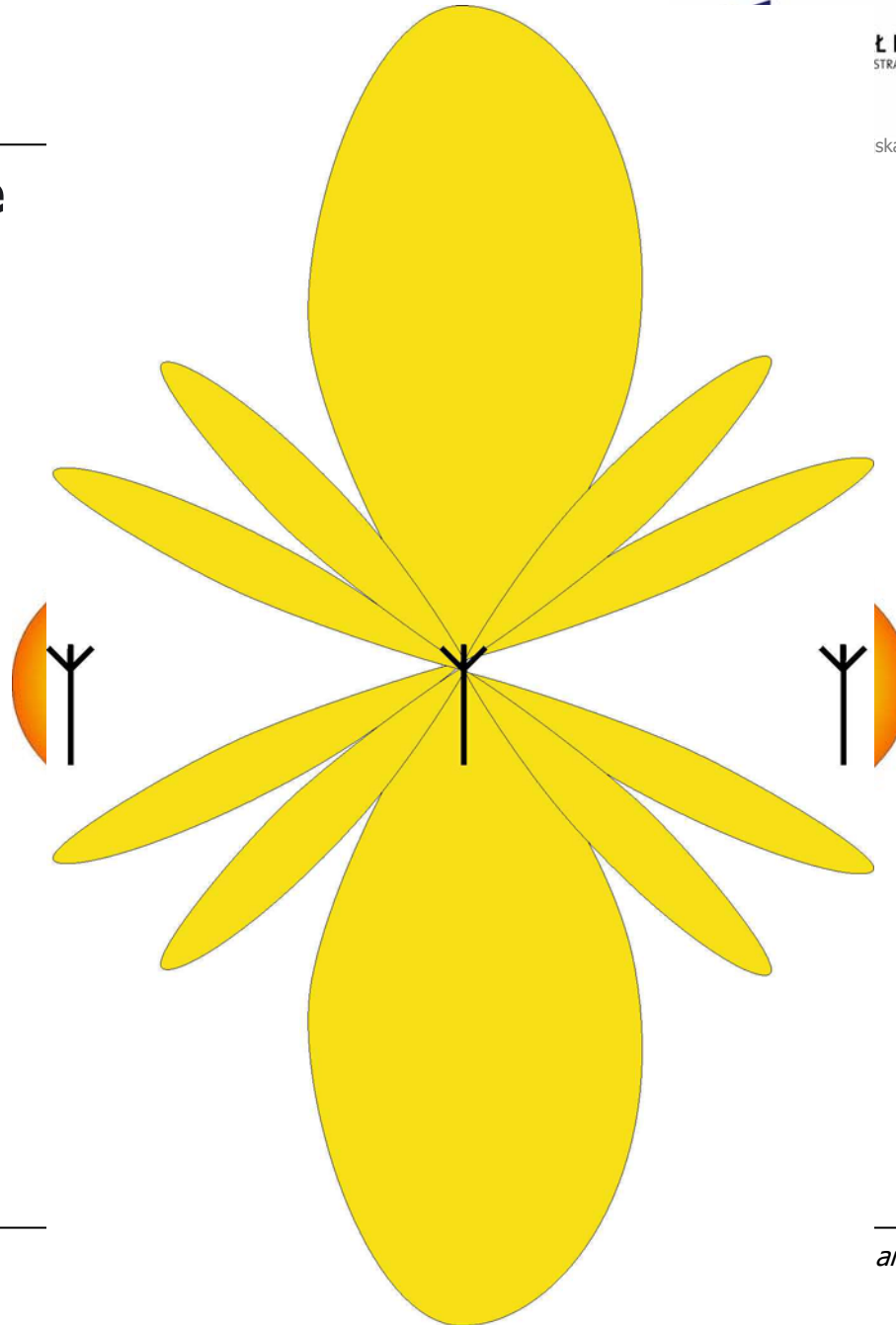


## Szyki antenowe

- Szyk antenowy jest układem wielu pojedynczych anten „układy antenowe”
- Ich ustawienie przestrzeni oraz zasilanie powoduje sumowanie energii wypromieniowanej wybranym kierunkiem odejmowanie w innych kierunkach
- Stosując taki układ uzyskuje się charakterystykę kierunkową, sterowaną



# Szyki antenowe



Ł LUDZKI  
STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



ską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

*antenowej i mikrofalowej - wykład 1*

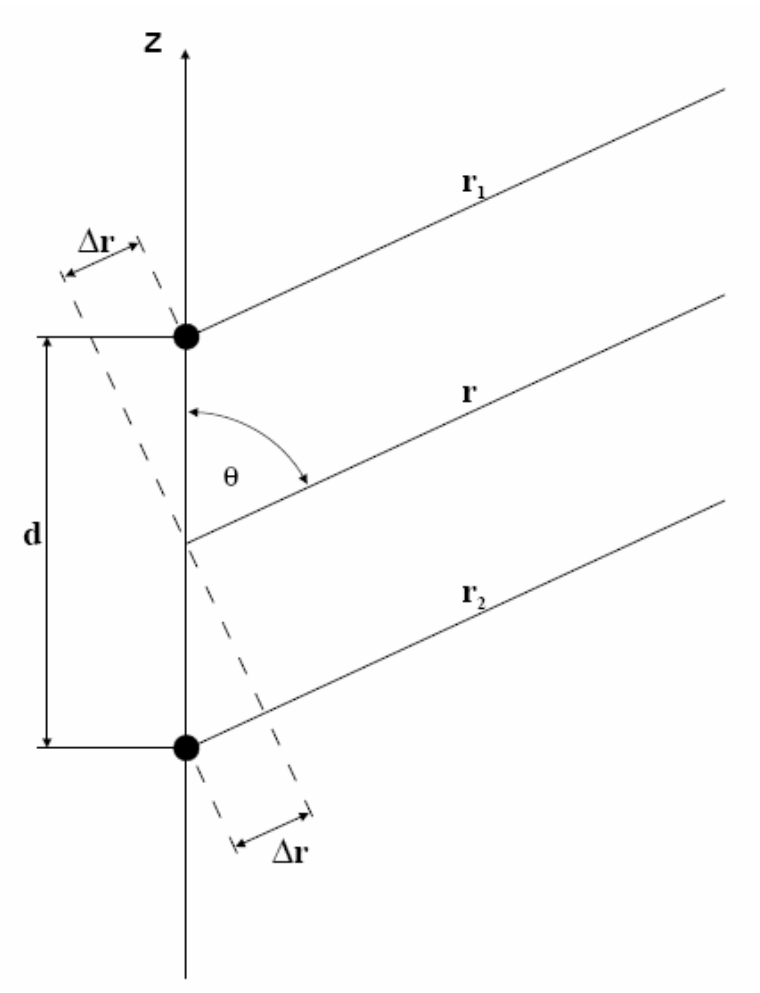
## Szyki antenowe

- Pole elektromagnetyczne wytwarzane przez szyk antenowy jest sumą pól wytwarzanych przez poszczególne elementy szyku
- Pole elektryczne utworzone przez pojedynczą antenę:

$$\mathbf{E} = E_{\theta}(\theta, \phi)\hat{\theta} + E_{\phi}(\theta, \phi)\hat{\phi}$$

- Charakterystyka układu anten:

$$\mathbf{E} = \sum_{i=1}^N [E_{\theta i}(\theta, \phi)\hat{\theta} + E_{\phi i}(\theta, \phi)\hat{\phi}] e^{j\mathbf{k} \cdot \mathbf{r}'_i}$$







## Szyki antenowe

- Charakterystyka układu zależy od:
  - Charakterystyk anten składowych
  - Odległości pomiędzy antenami
  - Fazy sygnałów doprowadzonych do anten
- Szyki synfazowe – maksymalny zysk, sygnały w fazie
- Szyki fazowane - regulowane przesunięcie fazowe, możliwość nakierowywania maksimów i zer





KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

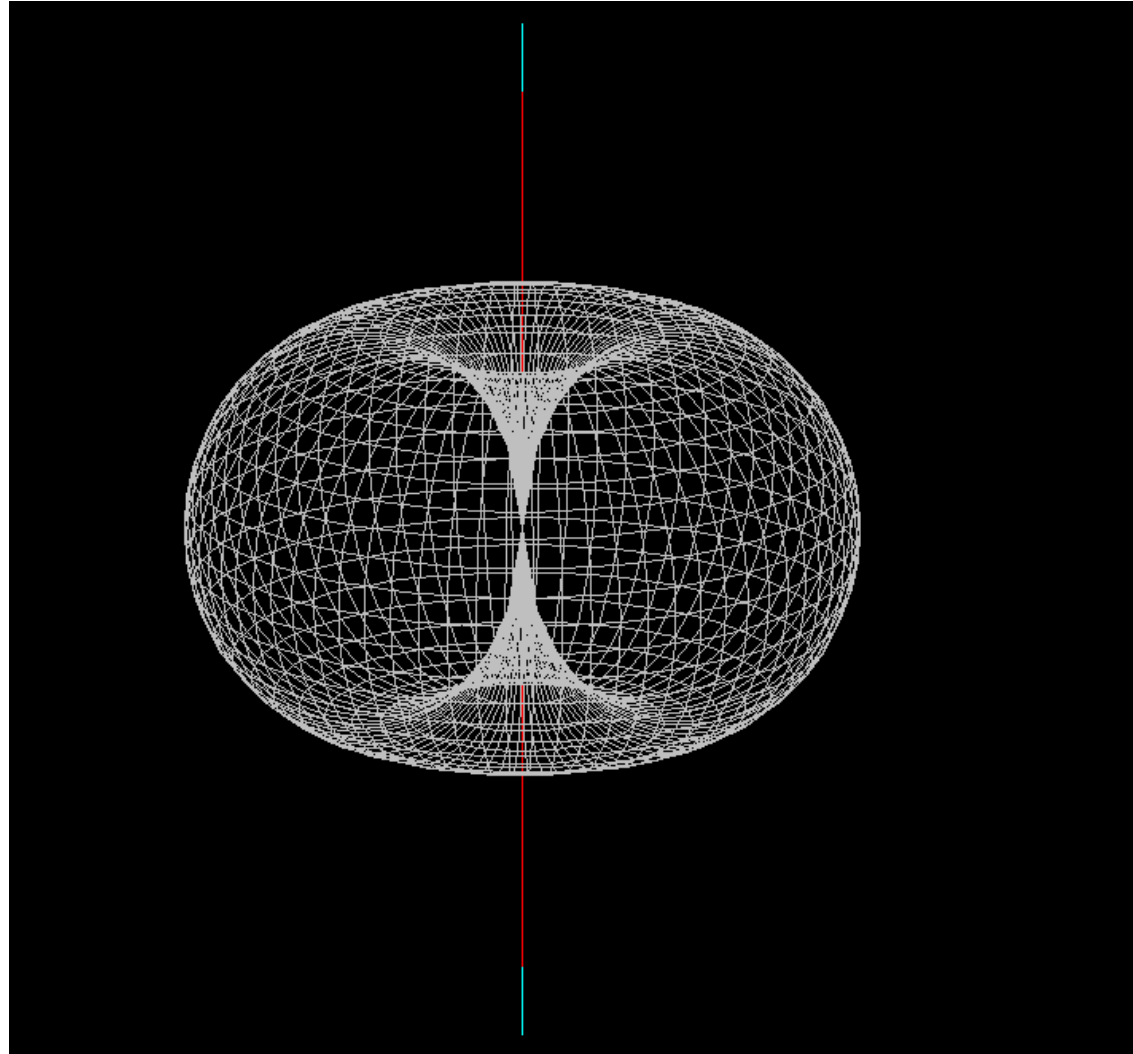
UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Szyki antenowe

- dipol



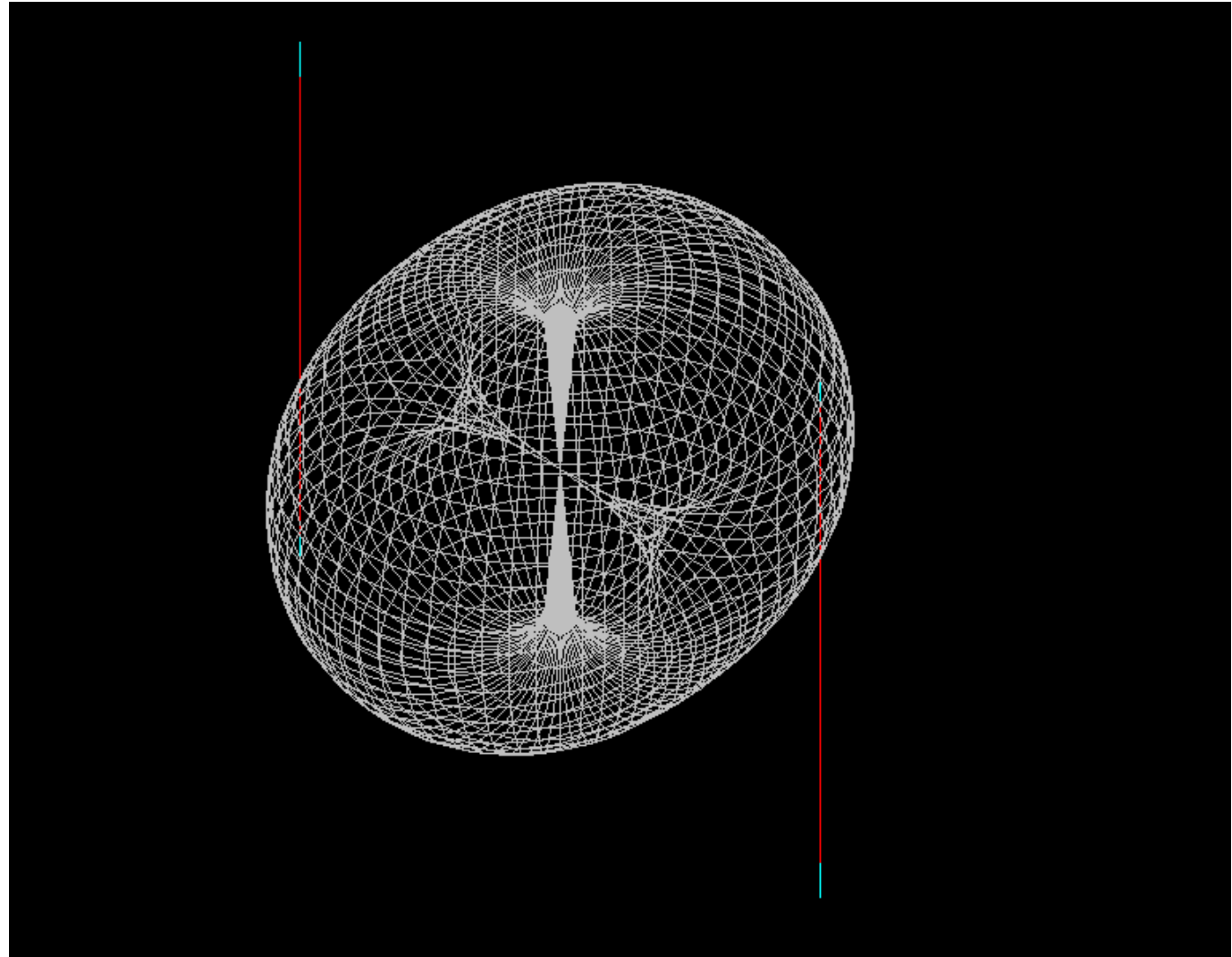
Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1*



## Szyki antenowe

- 2 elementy





KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

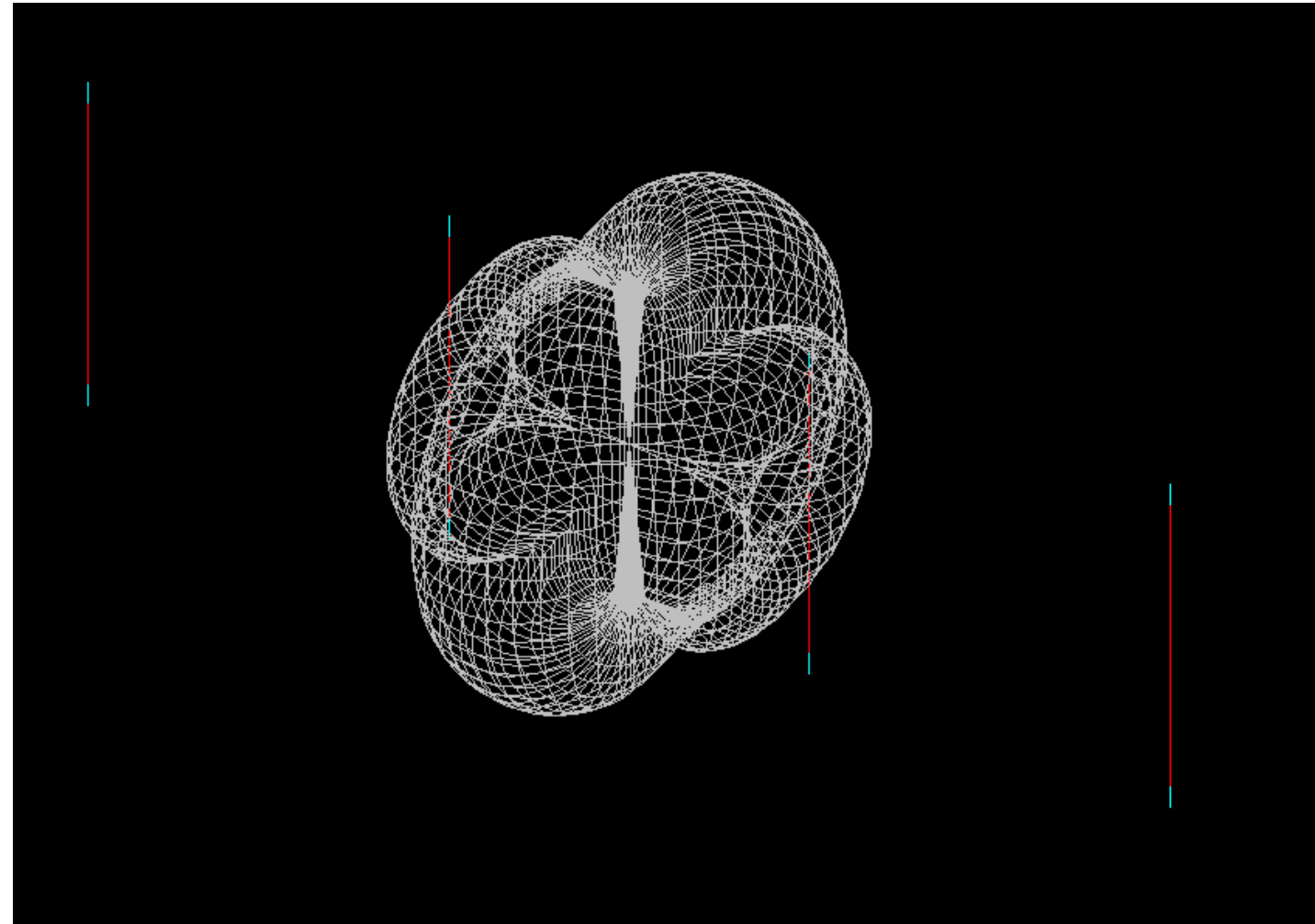
UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

# Szyki antenowe

- 4 elementy



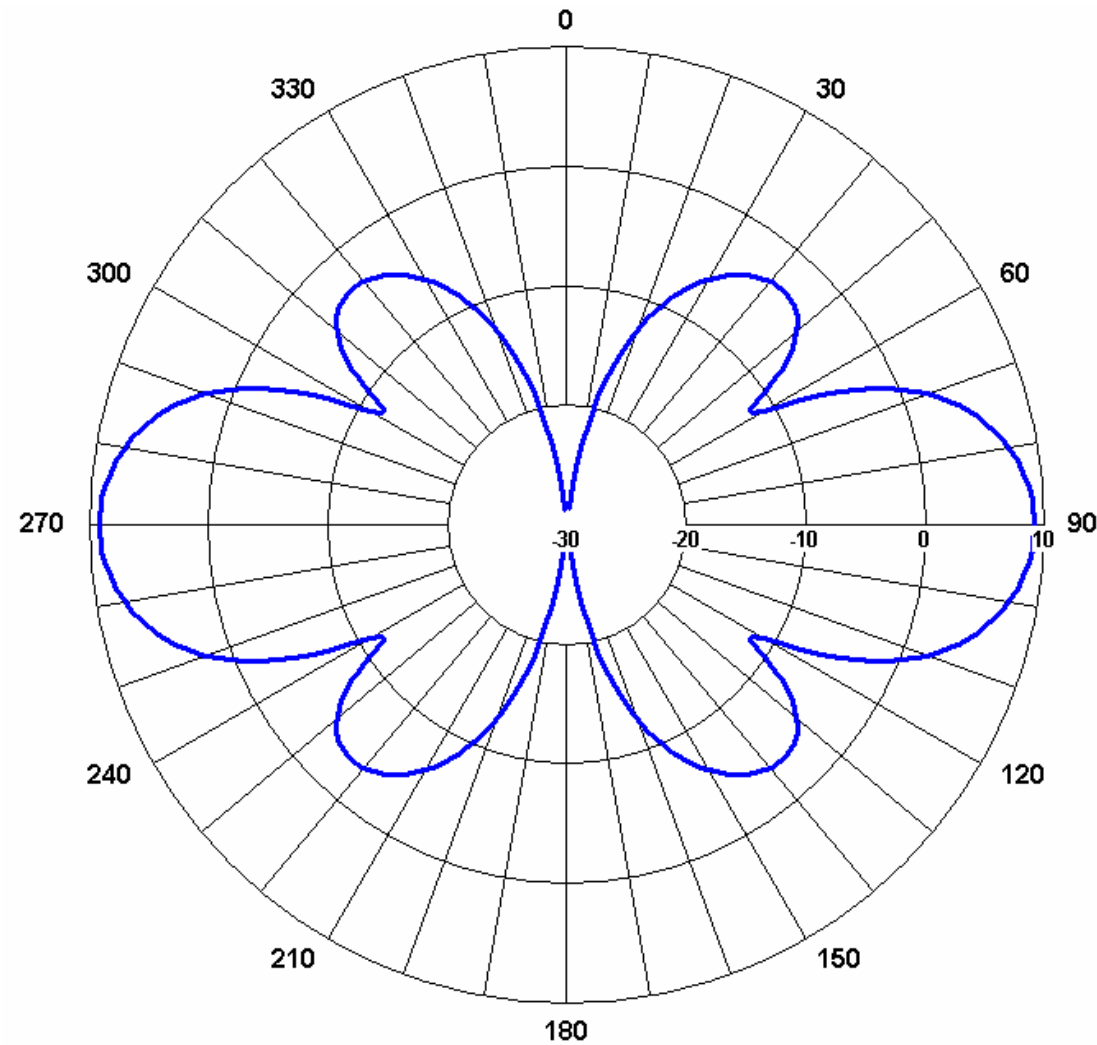
Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1*



## Szyki antenowe

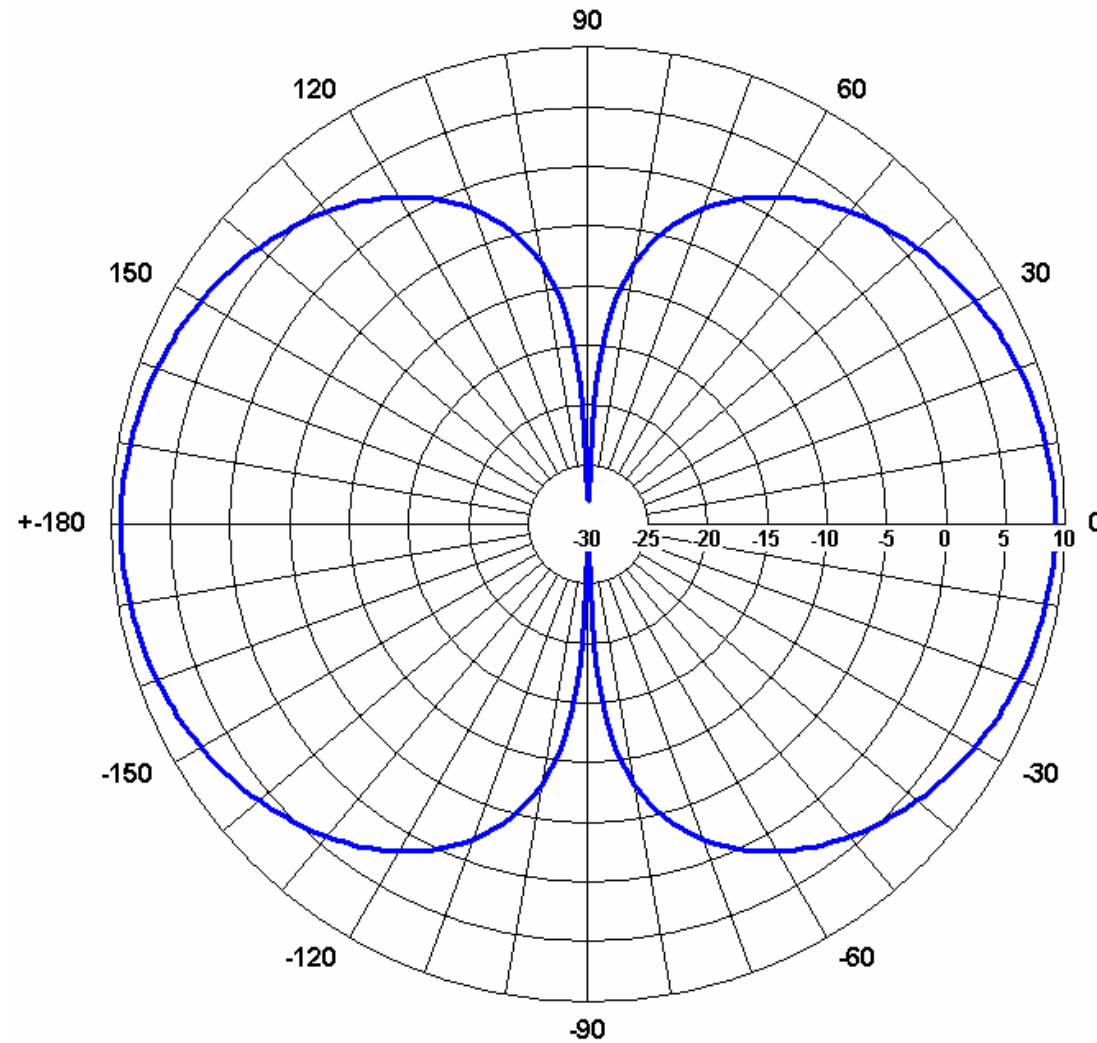
- Charakterystyka pozioma





## Szyki antenowe

- Charakterystyka pionowa





KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

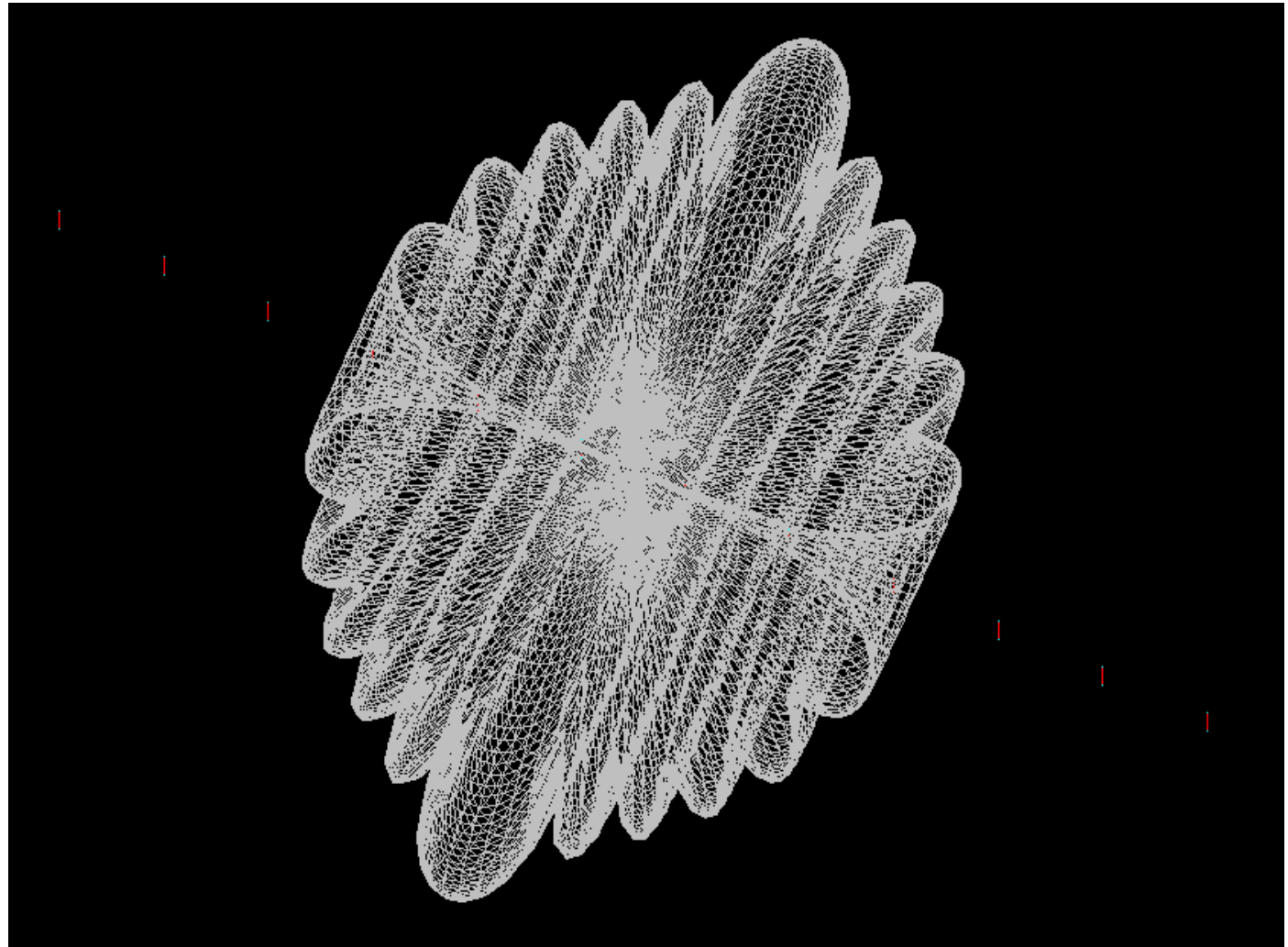
UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Szyki antenowe

- 12 elementów



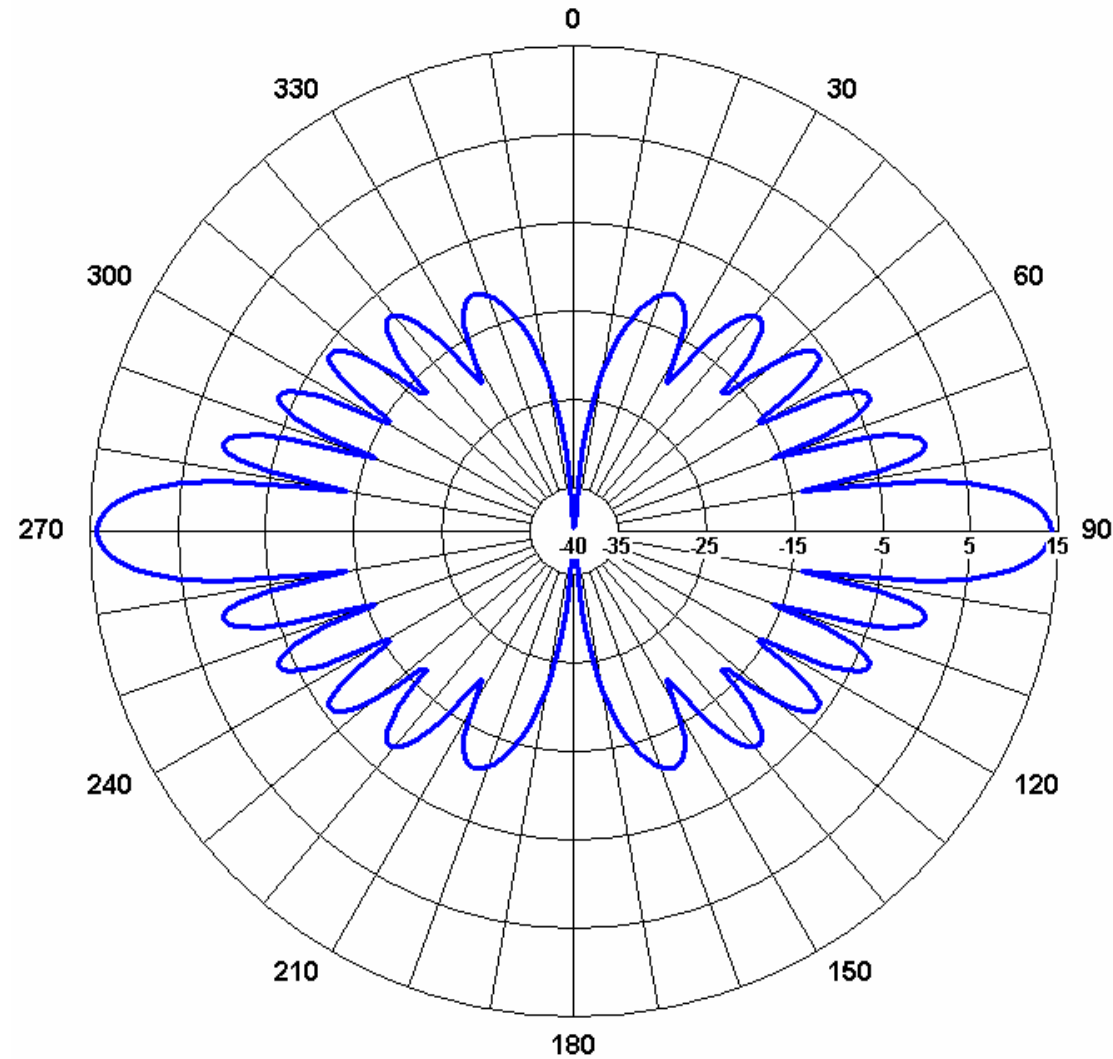
Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1*



## Szyki antenowe

- Charakterystyka pozioma







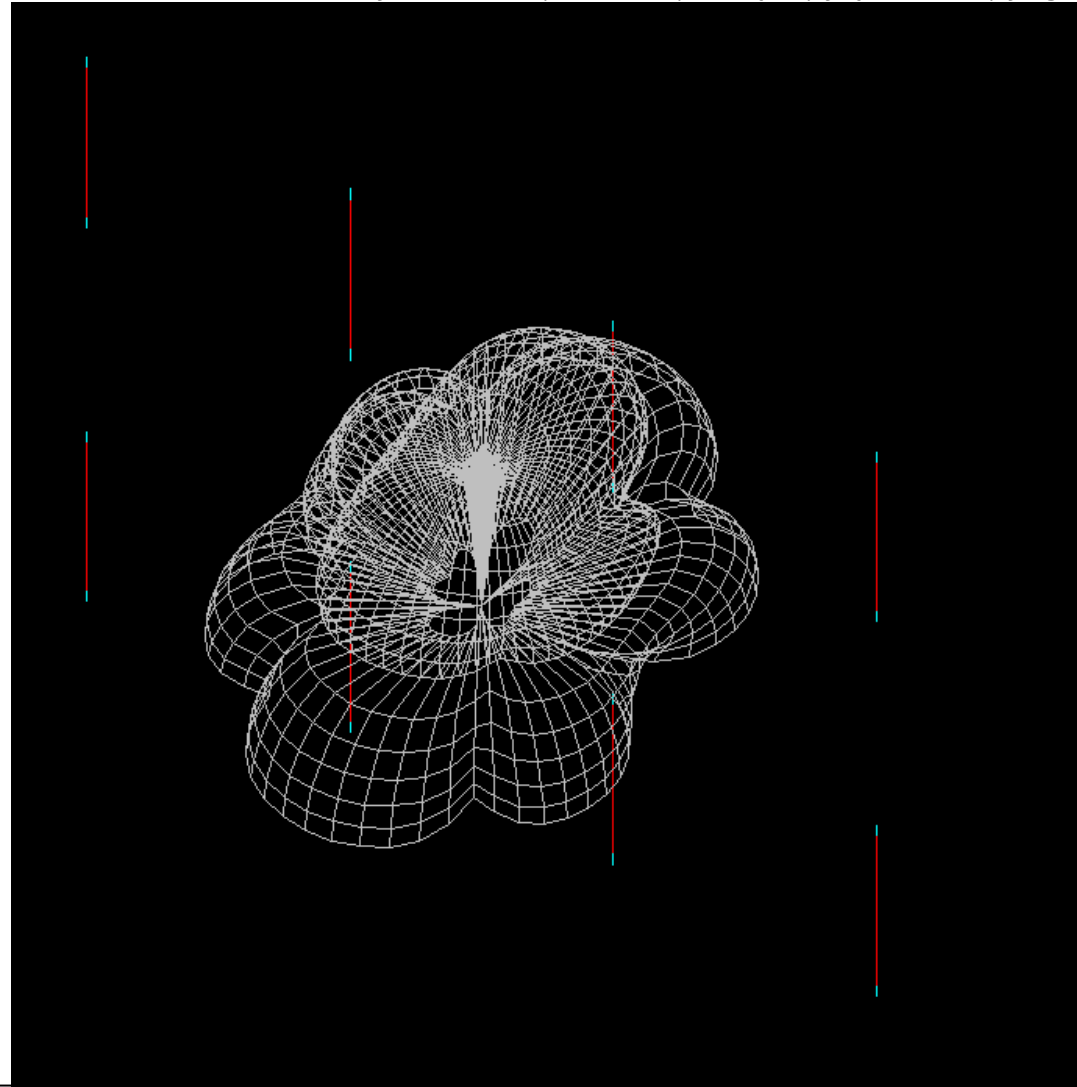
KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

# Szyki antenowe



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1*



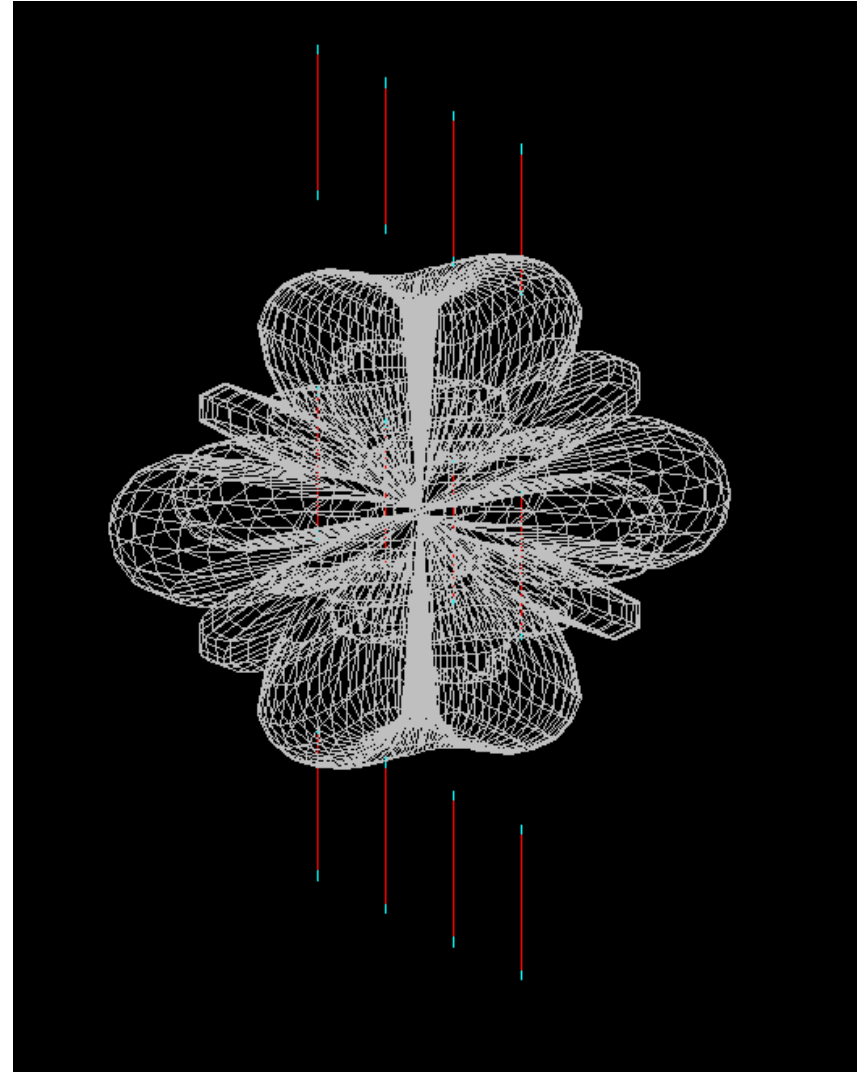
KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

# Szyki antenowe



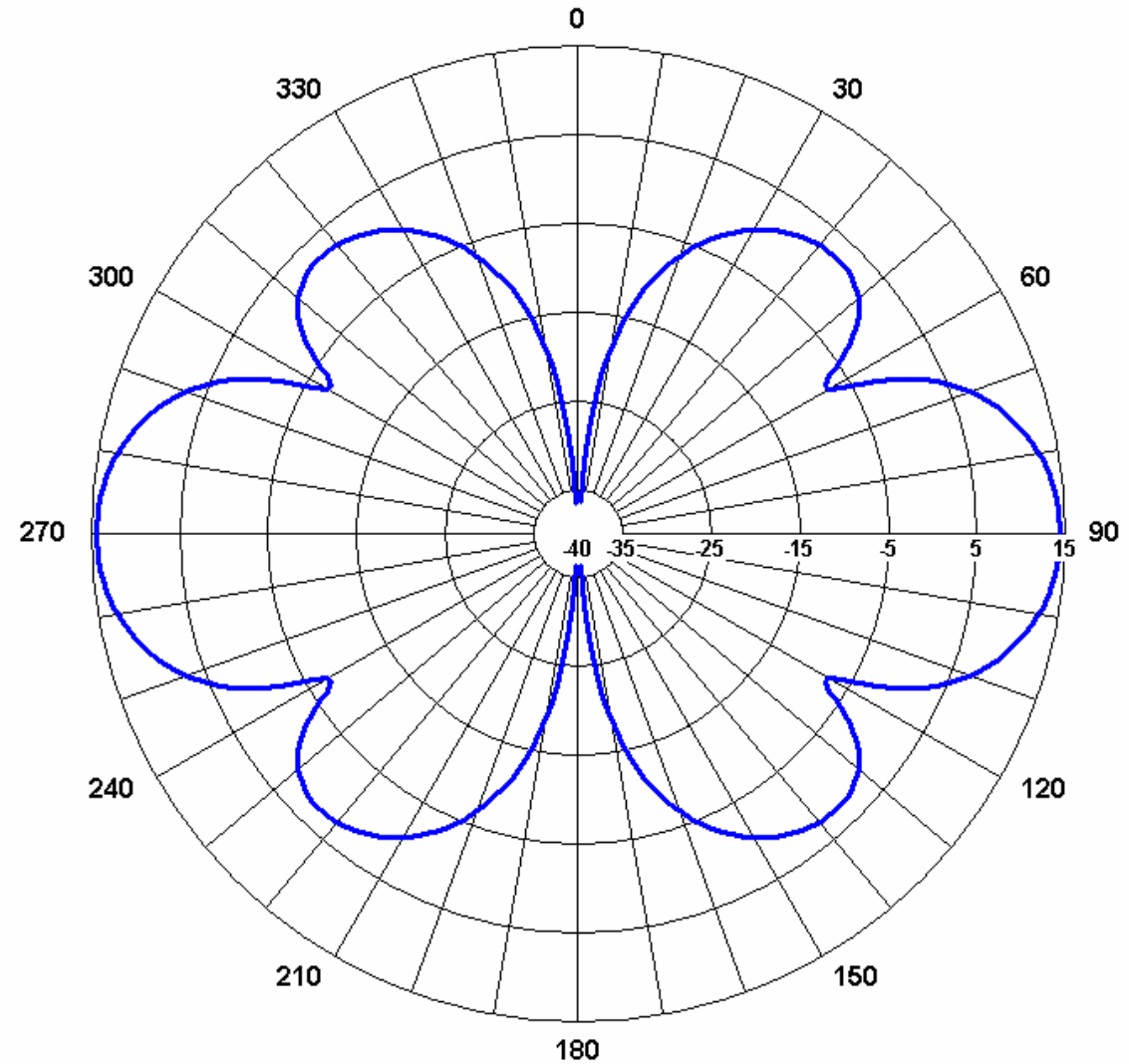
Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1*



## Szyki antenowe

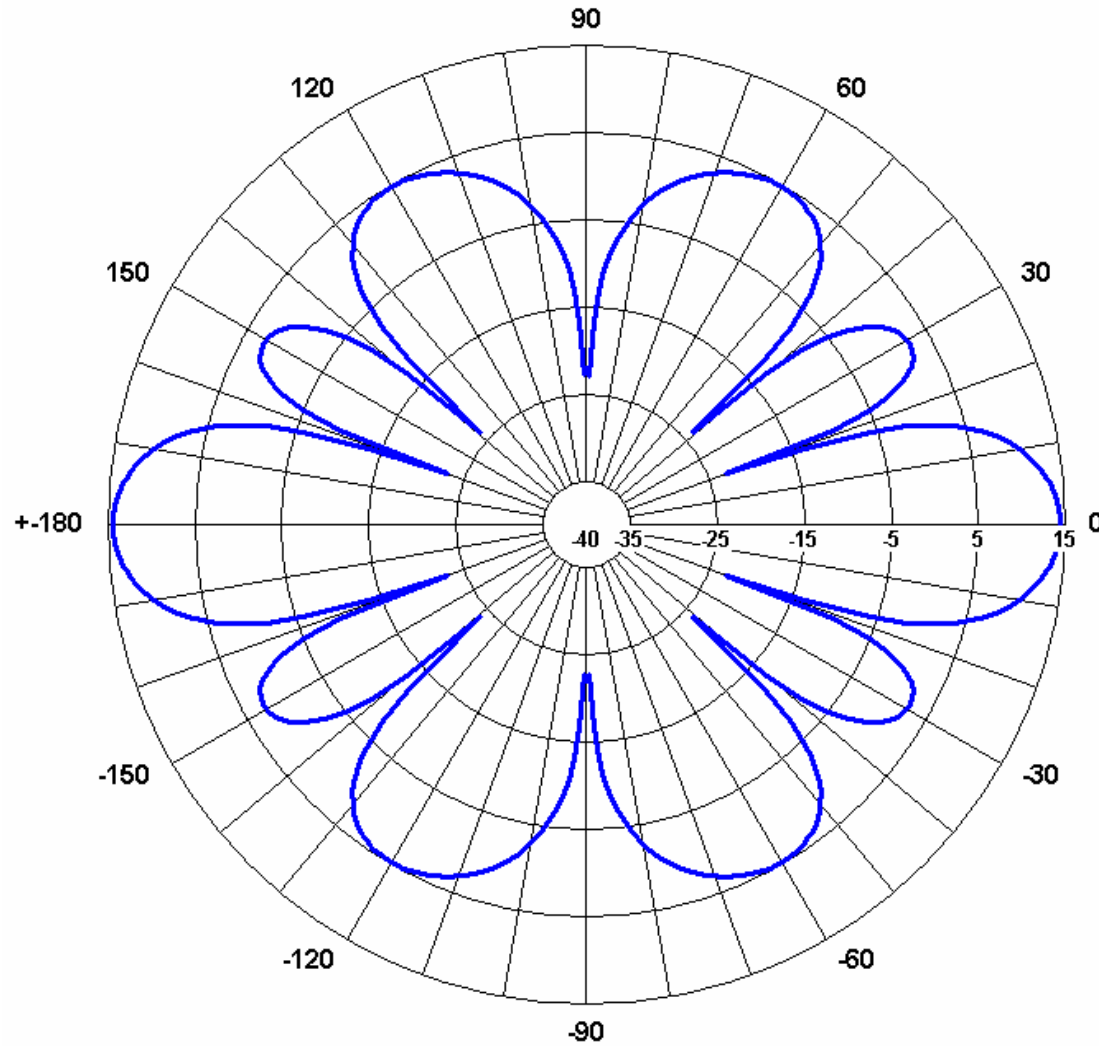
- Charakterystyka pozioma





## Szyki antenowe

- Charakterystyka pionowa



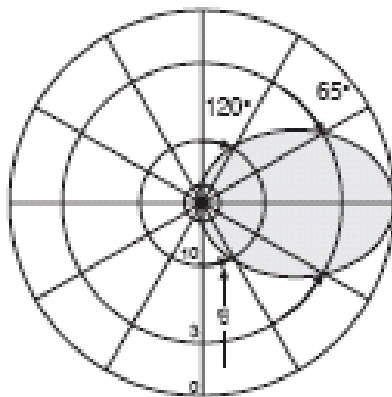
## Szyki antenowe

- Antena stacji bazowej GSM

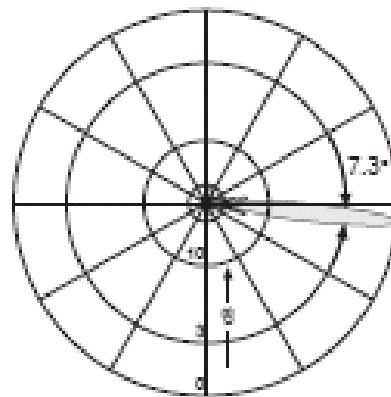


# Szyki antenowe

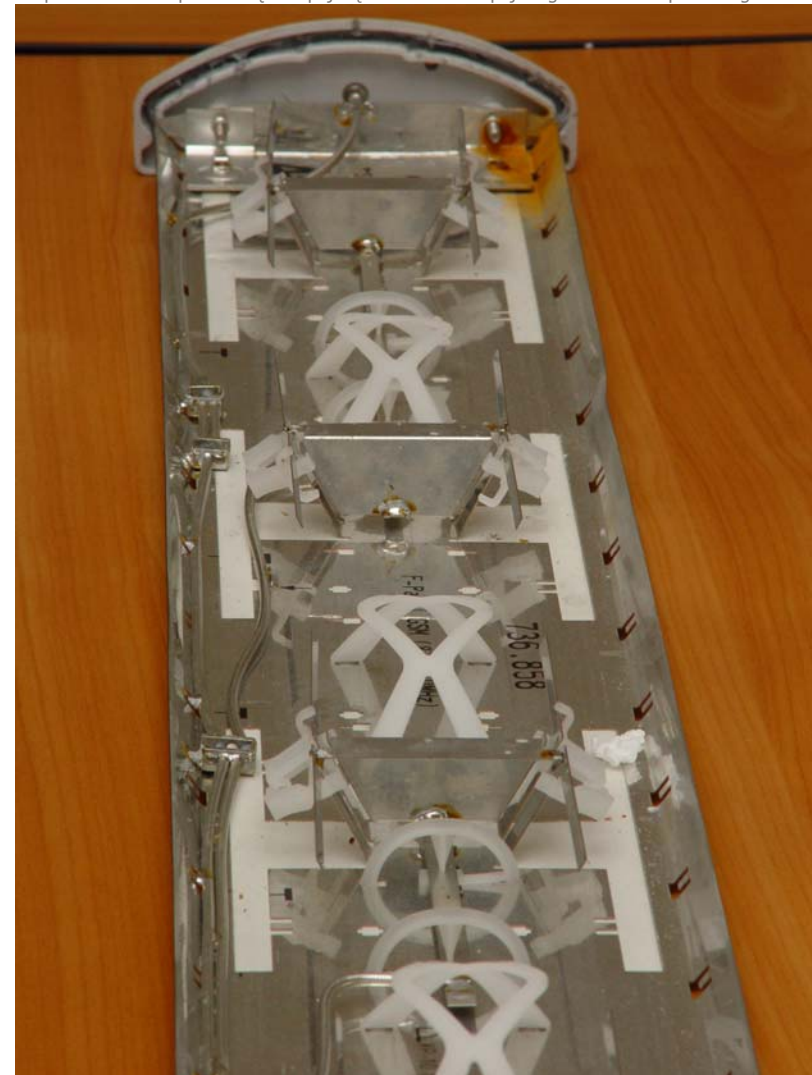
## Charakterystyka promieniowania



pozioma



pionowa







KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

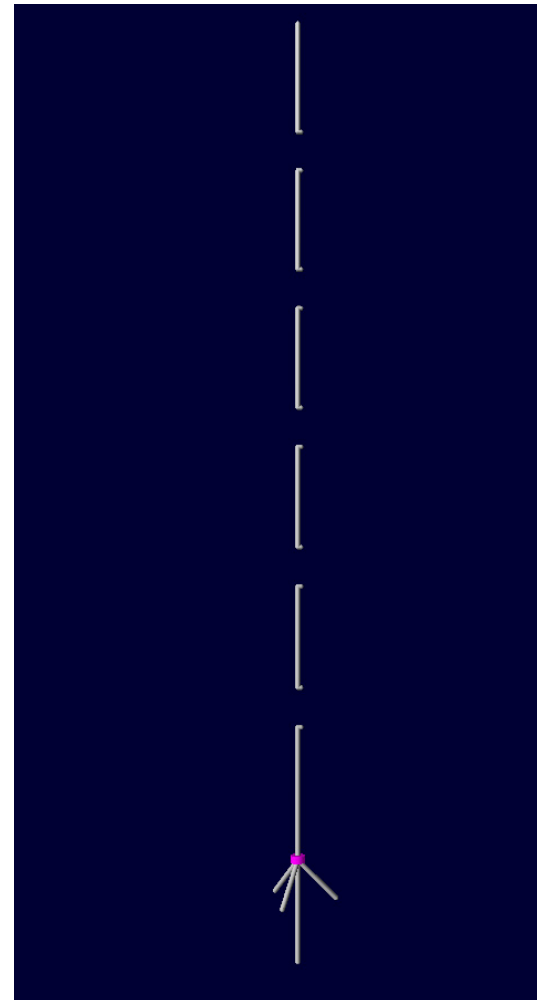
UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Anteny kolinearne

Współosiowy układ promienników  
Antena dookólna, o dużym zysku

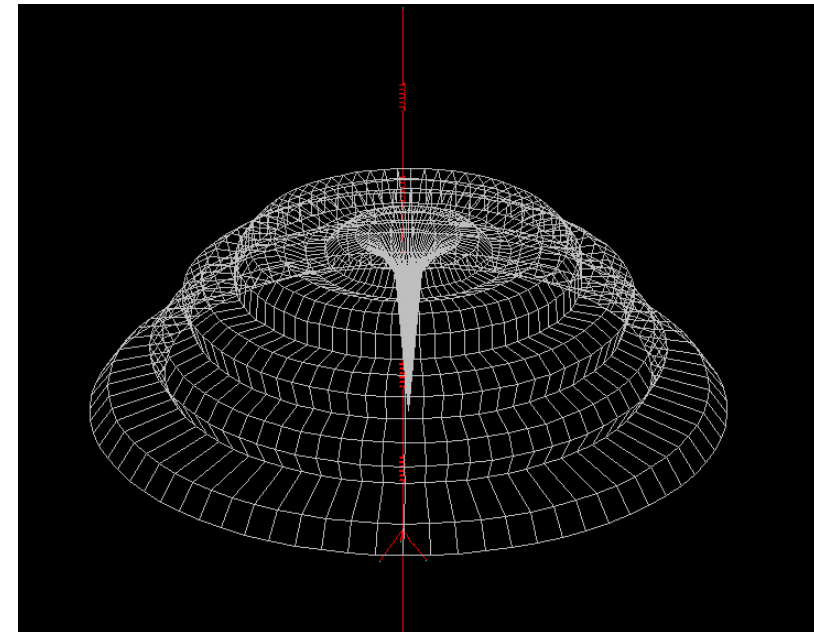
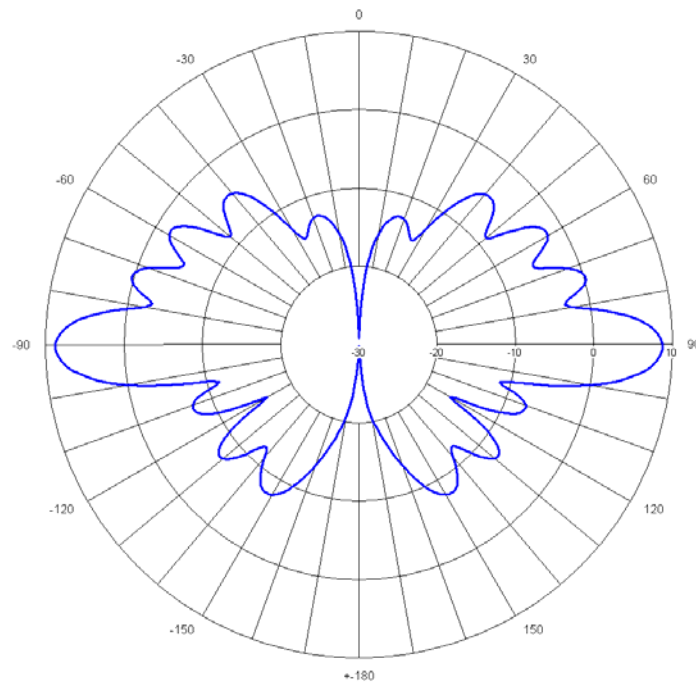


Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1*



# Anteny kolinearne





## Anteny miniaturowe

- Anteny o miniaturowych wymiarach
- Zbudowane z wykorzystaniem materiałów o dużej stałej dielektrycznej (ceramika  $\epsilon \approx 10$ )
- CCA – Ceramic Chip Antenna
- Przykładowe parametry:

*Center frequency: 2.45GHz*

*Peak gain: 0.5dBi*

*VSWR: 2.0 (maximum)*

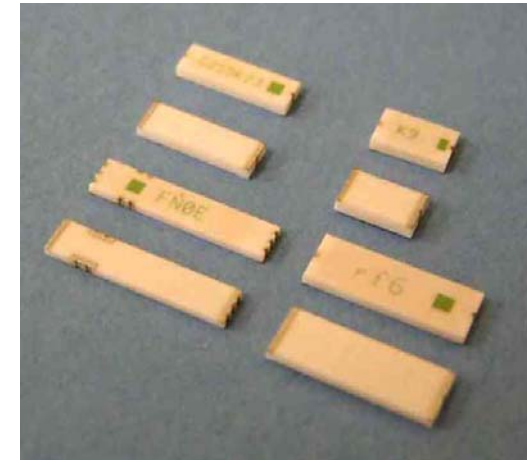
*Input impedance: 50 Ohms*

*Power handling: 3W (maximum)*

*Bandwidth: 110MHz*

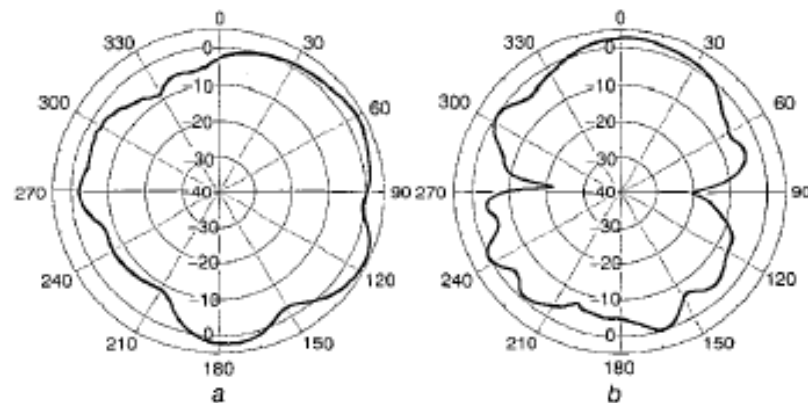
*Azimuth beamwidth: omni-directional*

*Polarization: linear*



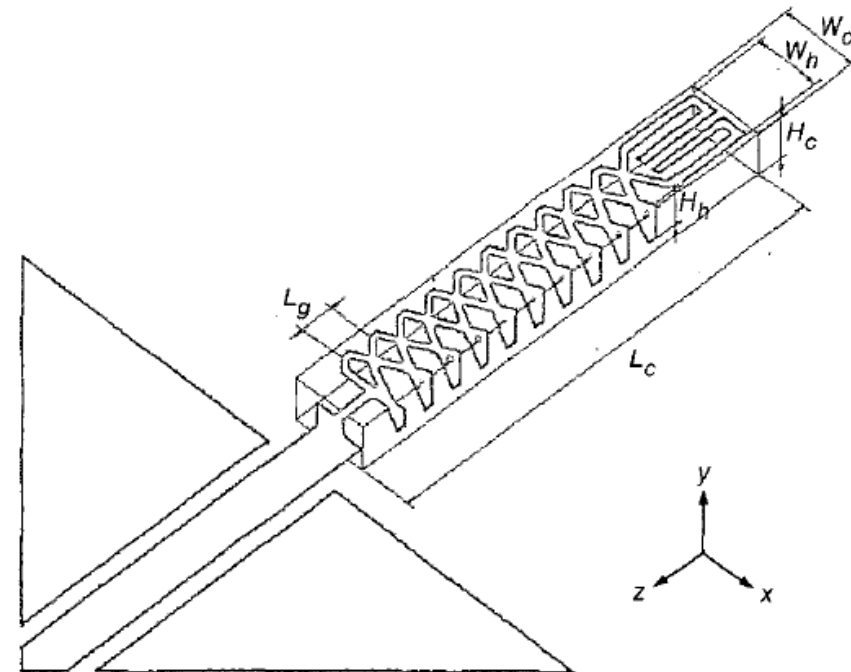
## Anteny miniaturowe

- S.H. Sim, C.Y. Kang, S.J. Yoon, Y.J. Yoon and H.J. Kim, Broadband multilayer ceramic chip antenna for handsets, ELECTRONICS LETTERS 28th February 2002 Vol. 38 No. 5
- Wymiary: 14 x 2,4 x 1 mm, 2.5 GHz,
- Pasmo 33%, zysk 1.2dBi



**Fig. 4** Radiation patterns

*a* x-y plane  
*b* y-z plane





## Anteny tekstylne

- Anteny wykonane z materiałów tekstylnych
- Lekkie i elastyczne
- Przeznaczone do łączenia z odzieżą
- Skonstruowane z materiałów elektroprzewodzących i elektroizolujących

Reverse side of the liner

Antenna patch  
on multilayer aramid fabric  
with ground plane

Combined moisture and thermal barrier

Outer shell fabric



# Anteny tekstylne







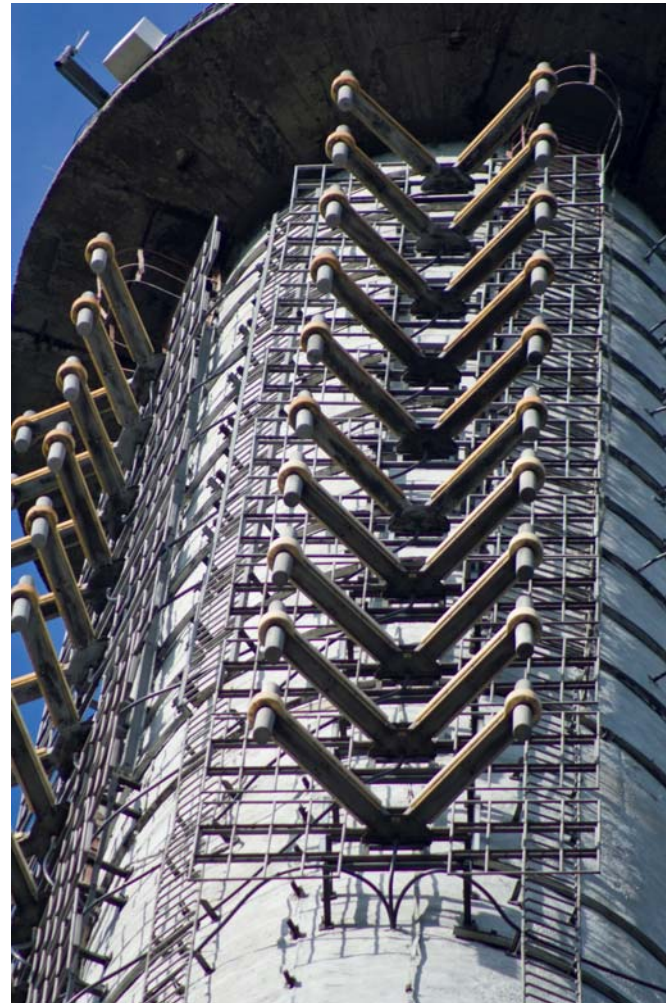
KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Przegląd anten



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1*



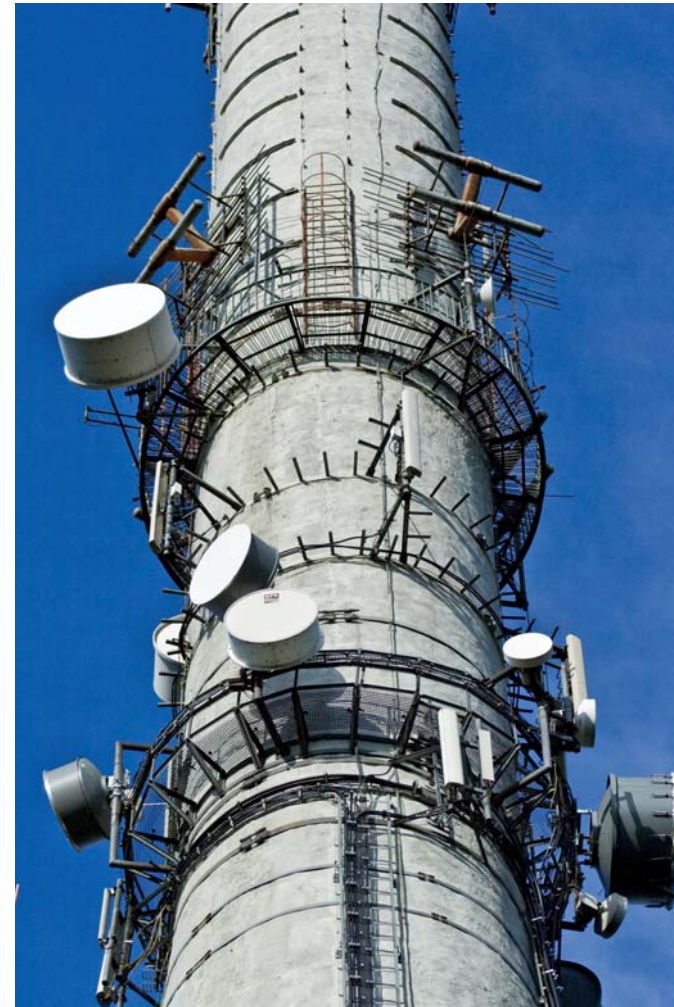
KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Przegląd anten



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1*





KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Przegląd anten



*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1*



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki



KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Przegląd anten



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1*





KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Co należy zapamiętać

- Co to jest antena szerokopasmowa
- Konstrukcje anten szerokopasmowych
- Co to jest szyk antenowy
- Co to jest antena kolinearna
- Jakże materiały wykorzystywane są do konstrukcji anten miniaturowych



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroniki

*Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej - wykład 1*

Łukasz Januszkiewicz

## Wybrane zagadnienia techniki antenowej i mikrofalowej

---

Zadanie nr 14 – Studia podyplomowe „Bezprzewodowe systemy nadzoru i monitorowania”

Dziękuję za uwagę



**KAPITAŁ LUDZKI**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Prezentacja multimedialna  
współfinansowana przez Unię Europejską  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego  
w projekcie

*„Innowacyjna dydaktyka bez ograniczeń  
– zintegrowany rozwój Politechniki Łódzkiej –  
zarządzanie Uczelnią,  
nowoczesna oferta edukacyjna  
i wzmacniania zdolności do zatrudniania  
osób niepełnosprawnych”*



**Politechnika Łódzka**  
Instytut Elektroniki

90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116,  
tel. 042 631 28 83  
[www.kapitalludzki.p.lodz.pl](http://www.kapitalludzki.p.lodz.pl)