



**KAPITAŁ LUDZKI**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Instrukcja 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”*

Instrukcja jest dystrybuowana bezpłatnie.

## **Instrukcja do laboratorium, część 2**

---

Piotr Korbel

# **Bezprzewodowe sieci telekomunikacyjne**

Obliczanie zasięgów użytkowych i zakłóceń sieci radiowych

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



**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)

# Obliczanie zasięgów użytkowych i zakłóceńowych systemów łączności radiowej

## 1. Wprowadzenie

Celem zajęć laboratoryjnych jest zapoznanie słuchaczy z koncepcją użytkowych i zakłóceńowych zasięgów sieci radiowych oraz metodami ich wyznaczania. W ramach ćwiczeń wykonywanych z wykorzystaniem specjalistycznego oprogramowania komputerowego obliczony zostanie zasięg użytkowy przykładowej sieci oraz zostaną poddane analizie różnice pomiędzy zasięgami użytkowymi a zakłóceńowymi nadajników radiowych.

## 2. Obliczanie zasięgów użytkowych

W celu realizacji ćwiczenia należy uruchomić program RadioMan oraz otworzyć projekt **Zasiegi.rmp** zlokalizowany w folderze **Radioman->Zasiegi**.

Projekt obejmuje zdefiniowany fragment struktury sieci obejmujący 8 satcji bazowych rozmieszczonych na terenie Węgier. Określone zostały parametry przenośnych terminali użytkownika (klasa *Portable*). Model ITU-R P.1546 został zdefiniowany jako domyślny dla obliczeń propagacyjnych.

Założenia dotyczące parametrów stacji bazowych oraz terminali użytkownika przedstawione zostały w Tabeli 1.

*Tabela 1 Założenia dotyczące parametrów stacji bazowych oraz terminali użytkownika*

	Stacja bazowa	Terminal przenośny (klasa <i>Portable</i> )
Wysokość zawieszenia anteny npt.	$\leq 30$ m w terenie otwartym $\leq 60$ m w terenie zabudowanym	1,5 m
Moc nadawania	Dobierany (Dodatek C)	Klasa IV (Dodatek C)
Zysk anten	Dobierany	0 dBi
Tłumienie kabli	Dobierany na podstawie danych katalogowych	—
Wymagany poziom mocy sygnału na wejściu odbiornika	-85 dBm	-85 dBm

W ramach realizacji ćwiczenia należy:

- wykonać obliczenia dla domyślnego modelu propagacyjnego (ITU-R P. 1546)
- wyświetlić mapy zasięgu sieci dla założonego minimalnego wymaganego poziomu mocy odebranej wynoszącego  $-85$  dBm (**View->Coverage map**)
- wyświetlić mapę dominacji (**View->Domination map**)
- zbadać jak zmieni się zasięg działania sieci przy złagodzeniu wymagań dotyczących minimalnego poziomu mocy sygnału odbieranego (przyjąć wartości  $-90$  dBm oraz  $-100$  dBm).

Następnie należy rozszerzyć obszar działania sieci poprzez dodanie kolejnych stacji bazowych. Parametry stacji należy zdefiniować zgodnie z założeniami przedstawionymi w Tabeli 1. Zwrócić uwagę na czynniki wpływające na zasięg użytkowy pojedynczej stacji bazowej (parametry stacji, ukształtowanie i morfologia terenu). Parametry dodawanych stacji należy zoptymalizować pod względem spójności obszarów obsługiwanych przez poszczególne komórki systemu (mapa obszarów dominacji).

### 3. Obliczanie zasięgów zakłóceń

W celu realizacji ćwiczenia należy uruchomić program RadioMan oraz otworzyć projekt **Zaklocenia.rmp** zlokalizowany w folderze **Radioman->Zaklocenia**.

Projekt obejmuje zdefiniowany fragment struktury sieci obejmujący 4 stacje bazowe (oznaczone *Base\_01*, *Base\_02*, *Base\_03*, *Base\_04*) rozmieszczone na terenie otwartym i odznaczające się takimi samymi parametrami (typ anteny, wysokość zawieszenia anteny, moc nadajnika). Określone zostały parametry przenośnych terminali użytkownika (klasy *Portable* oraz *Interference*). Model ITU-R P.1546 został zdefiniowany jako domyślny dla obliczeń propagacyjnych.


Stację bazową *Base\_01* należy potraktować jako stację zakłócaną przez pozostałe stacje (wykorzystujące kanały o tych samych częstotliwościach). Stacje bazowe *Base\_02*, *Base\_03* oraz *Base\_04* rozmieszczone zostały w różnych odległościach od stacji *Base\_01*, przy czym stacja *Base\_02* w najmniejszej odległości, a stacja *Base\_04* w największej.

W ramach realizacji ćwiczenia należy:

- wykonać obliczenia rozkładu medianowego natężenia pola z wykorzystaniem metody ITU-R P.1546 (*Probability 50 %*, terminal *Portable*)
- wykonać obliczenia rozkładu decylogowego natężenia pola z wykorzystaniem metody ITU-R P.1546 (*Probability 10 %*, terminal *Interference*)
- wyświetlić i porównać rozkłady natężenia pola dla terminali typu *Portable* (zasięgi użytkowe, stacja *Base\_01*) oraz *Interference* (zasięgi zakłóceń, stacje *Base\_02*, *Base\_03* oraz *Base\_04*)



- zakładając, że zdefiniowane stacje bazowe wykorzystują kanały o tych samych częstotliwościach zbadać możliwość wystąpienia zakłóceń wspólnokanałowych; założyć minimalny wymagany poziom C/I równy 9 dB (poprzez odpowiednie zdefiniowanie właściwości **Minimum power** dla odbiorników poszczególnych klas), a następnie przeprowadzić analizę dla zastrzonych wymagań dotyczących odstępu sygnału od zakłóceń (dla porównania przyjąć wartości C/I = 12 dB oraz 18 dB).

Do odczytu wartości natężenia pola w wybranym punkcie mapy pomocna może być opcja programu umożliwiająca wyświetlenie rozkładu natężenia pola wzdłuż wskazanego profilu terenu (wskazując jako punkt końcowy profilu miejsce, w którym chcemy odczytać wartość natężenia). W celu wyświetlenia wykresu należy wskazać kursorem stację bazową i po kliknięciu prawym przyciskiem wybrać menu **Terrain profile** a następnie wskazać końcowy punkt profilu (punktem początkowym jest miejsce, w którym zlokalizowana została stacja bazowa). Następnie po naciśnięciu przycisku  na tle profilu terenu wyświetlony zostanie rozkład natężenia pola pochodzącego od wskazanej stacji.



## Literatura

- [1] Wesołowski K., *Systemy radiokomunikacji ruchomej*, WKiŁ, Warszawa, 2003
- [2] ETSI TR 143 030 V8.0.0 (2009-01), Radio network planning aspects (3GPP TR 43.030 version 8.0.0 Release 8)
- [3] ETSI TS 100 910 V8.20.0 (2005-11), Radio Transmission and Reception (3GPP TS 05.05 version 8.20.0 Release 1999)





## Dodatek A

### *Szablon projektu programu Radioman do obliczania zasięgów użytkowych*

Zasiegi.rmp

```
<Project Name="Zasiegi" Map="$ (MAPS)\Hungary\hu.map" F="900.0">
  <FModel Method="ITU-R 1546" Options="0"></FModel>
  <Base Name="Base_01">
    <Location X="019E03.42" Y="47N22.38" E="97.0"></Location>
    <BSPParams H="30.0" A="0.0" P_dB="7.0" L_Tx="3.0" L_Rx="3.0"
TxPol="1"></BSPParams>
    <Antenna Name="OMNI6.ANT" N="1"></Antenna>
    <Field Receiver="Portable" File="037398CE_01_01.rmo"></Field>
  </Base>
  <Base Name="Base_02">
    <Location X="019E07.58" Y="47N23.33" E="103.0"></Location>
    <BSPParams H="30.0" A="0.0" P_dB="7.0" L_Tx="3.0" L_Rx="3.0"
TxPol="1"></BSPParams>
    <Antenna Name="OMNI6.ANT" N="1"></Antenna>
    <Field Receiver="Portable" File="03747BCB_02_01.rmo"></Field>
  </Base>
  <Base Name="Base_03">
    <Location X="019E04.19" Y="47N26.17" E="103.0"></Location>
    <BSPParams H="30.0" A="0.0" P_dB="7.0" L_Tx="3.0" L_Rx="3.0"
TxPol="1"></BSPParams>
    <Antenna Name="OMNI4_5.ANT" N="1"></Antenna>
    <Field Receiver="Portable" File="0375E1C4_03_01.rmo"></Field>
  </Base>
  <Base Name="Base_04">
    <Location X="019E08.58" Y="47N26.49" E="115.0"></Location>
    <BSPParams H="30.0" A="0.0" P_dB="7.0" L_Tx="3.0" L_Rx="3.0"
TxPol="1"></BSPParams>
    <Antenna Name="OMNI6.ANT" N="1"></Antenna>
    <Field Receiver="Portable" File="03780271_04_01.rmo"></Field>
  </Base>
  <Base Name="Base_05">
    <Location X="019E08.01" Y="47N20.28" E="101.0"></Location>
    <BSPParams H="30.0" A="0.0" P_dB="7.0" L_Tx="3.0" L_Rx="3.0"
TxPol="1"></BSPParams>
    <Antenna Name="OMNI6.ANT" N="1"></Antenna>
    <Field Receiver="Portable" File="0379C177_05_01.rmo"></Field>
```



```
</Base>
<Base Name="Base_06">
  <Location X="019E12.47" Y="47N20.05" E="110.0"></Location>
  <BSPParams H="30.0" A="0.0" P_dB="7.0" L_Tx="3.0" L_Rx="3.0"
TxPol="1"></BSPParams>
  <Antenna Name="OMNI6.ANT" N="1"></Antenna>
  <Field Receiver="Portable" File="03867BA5_06_01.rmo"></Field>
</Base>
<Base Name="Base_07">
  <Location X="019E11.37" Y="47N22.52" E="115.0"></Location>
  <BSPParams H="30.0" A="0.0" P_dB="7.0" L_Tx="3.0" L_Rx="3.0"
TxPol="1"></BSPParams>
  <Antenna Name="OMNI4_5.ANT" N="1"></Antenna>
  <Field Receiver="Portable" File="03878489_07_01.rmo"></Field>
</Base>
<Base Name="Base_08">
  <Location X="019E16.03" Y="47N22.40" E="112.0"></Location>
  <BSPParams H="30.0" A="0.0" P_dB="7.0" L_Tx="3.0" L_Rx="3.0"
TxPol="1"></BSPParams>
  <Antenna Name="OMNI6.ANT" N="1"></Antenna>
  <Field Receiver="Portable" File="0388C518_08_01.rmo"></Field>
</Base>
<Receiver Name="Portable">
  <Model Method="ITU-R 1546" Options="0"></Model>
  <RXParams H="1.5" P="3.0" G="0.0" Prob="50.0" P_min="-85.0"
RxPol="1"></RXParams>
</Receiver>
<Visual>
  <AutoLoad>1</AutoLoad>
  <Bases All="1" Color="#0000FF">1</Bases>
  <Grid Spacing="5000">1</Grid>
  <Receiver>0</Receiver>
  <Thr>0,4,8,12</Thr>
  <UserObjects File="Zasiegi.usr" ObjColor="#FF0000">1</UserObjects>
  <Zoom>3</Zoom>
</Visual>
<Print>
  <Area Org="0,0" Size="2574,1796"></Area>
  <Scale>100</Scale>
  <PageFit>1</PageFit>
  <PrintBases>1</PrintBases>
  <PrintUser>1</PrintUser>
  <TitleSize>14</TitleSize>
</Print>
</Project>
```



## Dodatek B

### *Szablon projektu programu Radioman do obliczania zasięgów zakłóceń*

Zaklocenia.rmp

```
<Project Name="Zaklocenia" Map="$ (MAPS)\Hungary\hu.map" F="900.0">
  <FModel Method="ITU-R 1546" Options="0"></FModel>
  <Base Name="Base_01">
    <Location X="020E26.04" Y="46N31.22" E="78.0"></Location>
    <BSPParams H="30.0" A="0.0" P_dB="10.0" L_Tx="3.0" L_Rx="3.0"
TxPol="1"></BSPParams>
    <Antenna Name="OMNI0.ANT" N="1"></Antenna>
    <Field Receiver="Portable" File="03509899_01_01.rmo"></Field>
    <Field Receiver="Interference" File="03509899_01_02.rmo"></Field>
  </Base>
  <Base Name="Base_02">
    <Location X="020E29.53" Y="46N28.25" E="80.0"></Location>
    <BSPParams H="30.0" A="0.0" P_dB="10.0" L_Tx="3.0" L_Rx="3.0"
TxPol="1"></BSPParams>
    <Antenna Name="OMNI0.ANT" N="1"></Antenna>
    <Field Receiver="Portable" File="0354E30C_02_01.rmo"></Field>
    <Field Receiver="Interference" File="0354E30C_02_02.rmo"></Field>
  </Base>
  <Base Name="Base_03">
    <Location X="020E34.06" Y="46N33.58" E="82.0"></Location>
    <BSPParams H="30.0" A="0.0" P_dB="10.0" L_Tx="3.0" L_Rx="3.0"
TxPol="1"></BSPParams>
    <Antenna Name="OMNI0.ANT" N="1"></Antenna>
    <Field Receiver="Portable" File="0354E31C_03_01.rmo"></Field>
    <Field Receiver="Interference" File="0354E31C_03_02.rmo"></Field>
  </Base>
  <Base Name="Base_04">
    <Location X="020E25.57" Y="46N39.34" E="79.0"></Location>
    <BSPParams H="30.0" A="0.0" P_dB="10.0" L_Tx="3.0" L_Rx="3.0"
TxPol="1"></BSPParams>
    <Antenna Name="OMNI0.ANT" N="1"></Antenna>
    <Field Receiver="Portable" File="0354E32C_04_01.rmo"></Field>
    <Field Receiver="Interference" File="0354E33B_04_02.rmo"></Field>
  </Base>
  <Receiver Name="Portable">
    <Model Method="ITU-R 1546" Options="0"></Model>
```







```
<RXParams H="1.5" P="3.0" G="0.0" Prob="50.0" P_min="-85.0"
RxPol="1"></RXParams>
</Receiver>
<Receiver Name="Interference">
  <Model Method="ITU-R 1546" Options="0"></Model>
  <RXParams H="1.5" P="3.0" G="0.0" Prob="10.0" P_min="-96.0"
RxPol="1"></RXParams>
</Receiver>
<Visual>
  <AutoLoad>1</AutoLoad>
  <Bases All="1" Color="#0000FF">1</Bases>
  <Grid Spacing="5000">1</Grid>
  <Receiver>1</Receiver>
  <Thr>0,4,8,12</Thr>
  <UserObjects File="Zaklocenia.usr" ObjColor="#FF0000">1</UserObjects>
  <Zoom>0</Zoom>
</Visual>
<Print>
  <Area Org="0,0" Size="2574,1796"></Area>
  <Scale>100</Scale>
  <PageFit>1</PageFit>
  <PrintBases>1</PrintBases>
  <PrintUser>1</PrintUser>
  <TitleSize>14</TitleSize>
</Print>
</Project>
```



## Dodatek C

### *Klasy stacji bazowych oraz terminali ruchomych systemu GSM900*

Klasy terminali ruchomych systemu GSM 900 [3]

	Moc nadajnika [W]
I	—
II	8
III	5
IV	2
V	0.8

Klasy stacji bazowych systemu GSM 900 [3]

	Moc nadajnika [W]
I	320
II	160
III	80
IV	40
V	20
VI	10
VII	5
VIII	2.5

Zasady przeliczeń wartości mocy z miary liniowej na logarytmiczną podane zostały w części pierwszej instrukcji do laboratorium pt. „Modelowanie propagacji w obszarach otwartych i zurbanizowanych”.