

# Przesłanki podjęcia badań występowania zakłóceń systemu GSM-R w Polsce

Marek SUMIŁA<sup>1</sup>, Andrzej MISZKIEWICZ<sup>2</sup>

## Streszczenie

W artykule przedstawiono istotne przesłanki podjęcia badań w zakresie możliwości zakłócania odbiorników pracujących w sieci GSM-R przez sygnały stacji bazowych operatorów sieci publicznych w Polsce. W poszczególnych rozdziałach opisano skalę zjawiska interferencji na przykładzie doświadczeń innych krajów UE, typy zakłóceń oraz kryteria stanowiące podstawę do identyfikacji miejsc potencjalnych zakłóceń.

Wyszczególniono przypadki sprzyjające powstawaniu określonych rodzajów zakłóceń. W podsumowaniu i wnioskach przedstawiono prewencyjne zalecenia innych krajów w zakresie eliminacji zakłóceń sieci GSM-R oraz działań, które mogą być zastosowane w polskich warunkach.

**Słowa kluczowe:** GSM-R, współlistnienie sieci, interferencje

## 1. Wprowadzenie

System GSM-R bazuje na specyfikacji konwencjonalnej sieci GSM 2,5G (*Global System for Mobile Communications*), jednak w wydzielonym spoza publicznego paśmie częstotliwości i z rozszerzoną funkcjonalnością dostosowaną do specyficznych wymogów łączności kolejowej. Podstawą podjęcia rozważań nad wzajemnym wpływem publicznych sieci komórkowych i sieci GSM-R jest bezpośrednia bliskość (przyleganie) pasm, w których one pracują.

## 2. Analiza problemu

### 2.1. Wytyczne ustawodawcze i normatywne

W Dyrektywie 87/372/EEC [5] Komisja Europejska zdefiniowała pasma częstotliwości dla skoordynowanego wprowadzenia publicznej paneuropejskiej komórkowej cyfrowej naziemnej łączności ruchomej we Wspólnocie, a następnie w Dyrektywie 2009/114/EC [3] dopuściła współlistnienie sieci komórkowych kolejnych generacji w pasmach częstotliwości 880–915 MHz i 925–960 MHz. Dokumentem wykonawczym dyrektywy [3] jest Decyzja Komisji Europejskiej 2009/766/EC [1], której aktualizacja 2011/251/EU [2] objęła również sieci szerokopasmowe UMTS i LTE,

z następującymi wymaganiami:

- separacji nośnych kanałów wynoszącej 5 MHz lub więcej w przypadku dwóch sąsiadujących sieci UMTS,
- separacji nośnych kanałów wynoszącej 2,8 MHz lub więcej w przypadku sąsiadujących sieci UMTS i GSM,
- separacji częstotliwości wynoszącej 200 kHz lub więcej między granicą kanału LTE a granicą kanału GSM w przypadku sąsiadujących sieci LTE i GSM,
- separacji częstotliwości wynoszącej 200 kHz lub więcej między granicą kanału WiMAX a granicą kanału GSM w przypadku sąsiadujących sieci WiMAX i GSM.

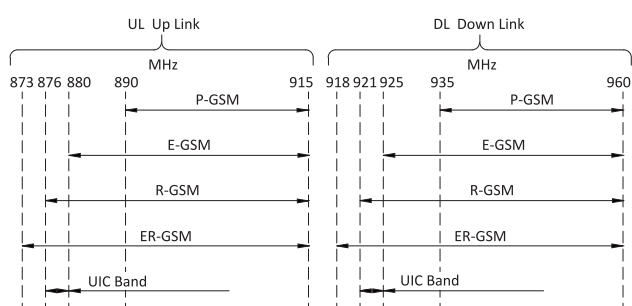
Zgodnie z decyzją ECC/DEC/(02)05 [6] pasmo 876–880 MHz (*uplink*) i 921–925 MHz (*dowlink*) na terenie Unii Europejskiej jest przeznaczone na potrzeby europejskiego systemu cyfrowej łączności kolejowej GSM-R. W Polsce wykorzystanie zakresów częstotliwości 876,1–880,1 MHz i 921,1–925,1 MHz na potrzeby systemu GSM-R reguluje Zarządzenie nr 12 Prezesa Urzędu Komunikacji Elektronicznej z dnia 6 czerwca 2014 r. [26]. System GSM-R w chwili obecnej umożliwia łączność z wykorzystaniem 19 kanałów ARFCN (*Absolute Radio-Frequency Channel Number*) o numerach 955–973 obejmujących łącznie pasmo 4 MHz.

<sup>1</sup> Dr inż.; Instytut Kolejnictwa, Laboratorium Automatyki i Telekomunikacji; e-mail: msumila@ikolej.pl.

<sup>2</sup> Mgr inż.; Instytut Kolejnictwa, Laboratorium Automatyki i Telekomunikacji; e-mail: amiskiewicz@ikolej.pl.

Rozszerzone pasmo ER-GSM na terenie Unii Europejskiej nie jest zharmonizowane i decyzja o jego wykorzystaniu na potrzeby łączności kolejowej leży w gestii każdego z krajów członkowskich [7]. W Polsce nie podjęto do tej pory decyzji o przeznaczeniu zakresów 873-876/918-921 MHz na potrzeby systemu GSM-R (stan na 15.11.2016 r.). Podział pasma 900 MHz w Europie przedstawiono na rysunku 1.

Rys. 1. Przydział częstotliwości w paśmie 900 MHz w Europie [13]



Przedstawiony podział pasma 900 MHz obejmuje:

- P-GSM – podstawowe pasmo publiczne (890-915/935-960),
- E-GSM – rozszerzone pasmo publiczne (880-915/925-960),
- ER-GSM – rozszerzone pasmo systemu GSM-R (873-915/918-960),
- UIC Band – pasmo podstawowe dla systemu GSM-R (876-880/921-925).

Przyjęty podział pasma w zakresie częstotliwości 900 MHz sprawia, że systemy komórkowe operatorów kolejowych i publicznych bezpośrednio ze sobą sąsiadują.

## 2.2. Skala zjawiska występowania interferencji w sieciach GSM-R w Europie

Zagadnieniami związanymi z koegzystencją sieci GSM-R i sieci operatorów publicznych zajmują się m.in.: Międzynarodowy Związek Kolei (UIC), Europejska Agencja Kolejowa (ERA), jak również komitet ECC (*Electronic Communication Committee*) pracujący w ramach CEPT (*European Conference of Postal and Telecommunications Administrations*) oraz zarządcy uruchomionych sieci GSM-R. Wyniki prowadzonych prac w obszarze objętym omawianą tematyką zawarto m.in. w raportach [8-12, 25].

Pomimo jasno przyjętych kryteriów separacji kanałów i pasm transmisyjnych [2] oraz spełnienia przez operatorów sieci publicznych wymagań dotyczących normatywnych tłumienności sygnałów poza pasmem nadawczym dochodzi do zakłóceń sieci GSM-R. Dyrektoriat DG MOVE Komisji Europejskiej (*European Commission, DG Communications Networks Content & Technology*) w dokumencie roboczym [17] przed-

stawił odpowiedzi przedstawicieli państw UE oraz ERA w zakresie odnotowanych przypadków zakłóceń cyfrowej sieci łączności kolejowej. Sumaryczne zestawienie wyników zamieszczono w tablicy 1.

Zestawienie danych zebranych w tablicy dowodzi konieczności prowadzenia badań związanych z problemem zakłóceń urządzeń pracujących w sieci GSM-R przez nadajniki operatorów publicznych. Z danych sumarycznych, udostępnionych w dokumencie UIC O-8736 [25], obejmujących ocenę skali zjawiska do roku 2013, wynika, że odnotowano 660 przypadków negatywnego wpływu nadajników publicznych sieci komórkowych na funkcjonowanie odbiorników systemu GSM-R. Wśród nich przebadano 194 przypadki mające wpływ na bezpieczeństwo procesu transportowego. Należy zwrócić uwagę, że w ciągu ostatnich 4 lat miał miejsce dynamiczny rozwój systemów szerokopasmowych UMTS i LTE, które pracując w paśmie E-GSM wykazują znaczny potencjał zakłócający dla urządzeń systemu GSM-R.

Polska nie ma praktycznych doświadczeń w zakresie oceny wpływu sieci operatorów publicznych pasma 900 MHz na urządzenia systemu GSM-R. Wynika to z faktu, że dotychczas nie rozpoczęto praktycznej eksploatacji wybudowanych odcinków sieci GSM-R, poza niewielką instalacją wykorzystywaną na potrzeby Pomorskiej Kolei Metropolitalnej [19]. Pewne badania w tym zakresie zostały przedstawione w pracach [21-24], jednak dotyczą głównie analizy problemu i oceny potencjalnych zagrożeń.

Autorom artykułu nie są znane działania urzędów publicznych, tj. UKE (Urząd Komunikacji Elektronicznej) i UTK (Urząd Transportu Kolejowego) wprowadzające krajowe wymagania regulujące planowanie i współistnienie sieci operatorów publicznych i sieci GSM-R w sąsiadujących zakresach częstotliwości, i uwzględniające wytyczne europejskie [12, 18].

## 3. Interferencje i ich następstwa

W raportach [11-12] wymienia się dwa negatywne zjawiska wpływające na pracę odbiorników w sieci GSM-R:

- niepożądane emisje z sieci publicznych,
- zbyt silne sygnały szerokopasmowe.

Skutki zaistniałych zjawisk mają bezpośredni wpływ na poprawną pracę części odbiorczych terminali GSM-R, w wyniku czego mogą wystąpić niepożądane zjawiska takie, jak:

- powstawanie produktów intermodulacji w odbiorniku,
- blokowanie odbiornika.

Definicje wymienionych zjawisk można znaleźć między innymi w specyfikacjach technicznych ETSI

Tablica 1

**Sumaryczne zestawienie odnotowanych przypadków zakłóceń pracy radiotelefonów systemu GSM-R przez sygnały pochodzące od innych sieci radiowych w wybranych krajach Europy (dane do roku 2012)**

Państwo	Wielkość infrastruktury [km]	Liczba km z GSM-R [km]	Planowana sieć GSM-R [km]	Liczba zarejestrowanych zakłóceń	Przypadki przeanalizowane przez UIC
Austria	9740	2125	3500	25	0
Belgia	3575	3000	brak danych	43	0
Czechy	9420	1200	2800	brak danych	0
Finlandia	5919	5000	5000	≥9	9
Francja	29213	3500	16000	17	7
Grecja	2554	600	800	brak danych	0
Hiszpania	16026	2000	13000	≥3	3
Holandia	3061	3000	3000	200	23
Niemcy	41315	27597	32500	271	132
Norwegia	4087	3800	brak danych	7	0
Szwajcaria	3652	2050	2500	≥4	4
Szwecja	12821	10000	10300	0	0
Wielka Brytania	15753	6000	15000	≥16	16
Włochy	16723	10950	brak danych	brak danych	0

Opracowano m.in. na podstawie [16-17, 25]

(*European Telecommunications Standards Institute*) oraz raporcie CEPT [12]. Kryteria, którymi należy kierować się podczas identyfikacji obszarów geograficznych, w których odbiorniki systemu GSM-R mogą ulegać zakłóceniu, można podzielić ze względu na:

- jakość zastosowanych nadajników urządzeń radiowych, a w tym:
  - skuteczność filtracji częstotliwości pasożytniczych,
  - moce nadawcze nadajników i charakterystyki anten nadawczych współistniejących sieci,
- położenie geograficzne stacji bazowych sieci operatorów publicznych,
- wielkość separacji między kanałami nadawczymi interferujących sieci,
- poziomy sygnałów interferujących sieci na krańcach komórek (jakość pokrycia radiowego).

#### 4. Zakres prowadzonych badań

Celem prowadzonej analizy była ocena wpływu oddziaływania nadajników publicznych operatorów sieci GSM, UMTS i LTE na poprawną pracę terminali systemu GSM-R. Zakres prowadzonych badań obejmował:

- analizę stanu zagadnienia,

- przegląd aktów prawnych, raportów i specyfikacji technicznych związanych z tematem,
- identyfikację przyczyn powstawania interferencji,
- rozróżnienie interferencji w odbiornikach GSM-R,
- analizę doświadczeń innych krajów oraz metod przeciwdziałania powstawaniu interferencji,
- badania symulacyjne skali oddziaływania wybranych zjawisk zakłócających,
- badania analityczne i symulacyjne wpływu sygnałów pochodzących z nadajników sieci publicznych na obszary kolejowe,
- ocenę stopnia zagrożenia terminali GSM-R,
- wnioski z przeprowadzonych badań.

#### 4.1. Wyniki prowadzonych badań

Badania prowadzone w celu oceny możliwego oddziaływania systemów komórkowych operatorów publicznych na funkcjonowanie terminali systemu GSM-R w zakresie wymienionych zjawisk zakłócających, prowadzą do identyfikacji nadajników sieci operatorów zbliżonych pasmem do sieci GSM-R jako źródła niepożądanych zjawisk powstających w odbiornikach systemu GSM-R (blokowanie, intermodulacje). Stacje bazowe operatorów publicznych, w szczególności pracujące w zakresie

pasma E-GSM oraz początkowych kanałów pasma P-GSM (rys. 1) stanowią źródło sygnałów, które mogą zakłócać pracę odbiorników systemu GSM-R. Prawdopodobieństwo wystąpienia tego typu zakłóceń wzrasta wraz ze wzrostem mocy sygnałów nadajników publicznych względem mocy sygnału użytecznego GSM-R.

Nadajniki operatorów nadających w paśmie E-GSM mogą również stanowić źródło interferencji na skutek emisji poza pasmowych. W pracy [23], na podstawie [12, 25], dowiedziono, że powstawanie tego typu zakłóceń nie jest skutkiem niedoskonałej filtracji sygnałów pozapasmowych systemów publicznych<sup>3</sup>, lecz wynika z bezpośredniego przylegania kanałów operatora publicznego i GSM-R. W tabelicy 2 zamieszczono przydział częstotliwości w Polsce dla operatorów publicznych w paśmie 900 MHz.

Analizę wybranych lokalizacji, dla których planowana jest implementacja sieci GSM-R w Polsce, przedsta-

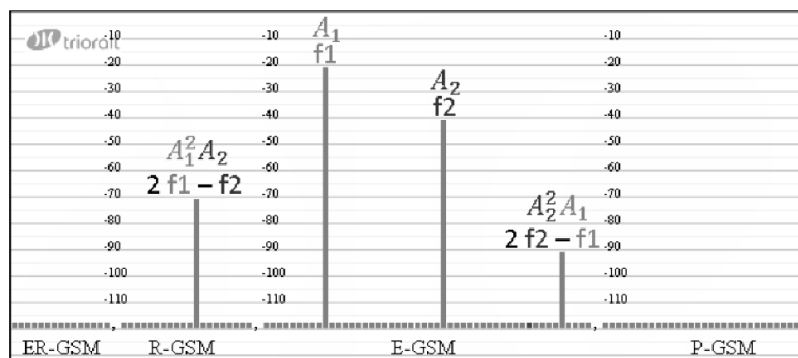
wiono w pracach [22, 24]. O możliwości wystąpienia zjawiska intermodulacji w odbiornikach terminali GSM-R decydują w zasadniczej mierze częstotliwości sygnałów zakłócających i ich moc. W przypadku występowania dwóch sygnałów zakłócających, produkty intermodulacji można wyznaczyć korzystając ze wzorów:

$$\begin{aligned} f_0 &= 2f_1 - f_2 \\ f_0 &= 2f_2 - f_1 \end{aligned} \quad (1)$$

gdzie:

$f_0$  – częstotliwości produktów intermodulacji,  
 $f_1, f_2$  – częstotliwości sygnałów będących źródłem intermodulacji.

Ilustracją przedstawionego zjawiska jest rysunek 2, gdzie na osi odciętych podano zakresy częstotliwości, natomiast na osi rzędnych poziomy mocy w [dBm].



Rys. 2. Wynik symulacji powstawania intermodulacji w odbiorniku radiowym w narzędziu Triorail; źródło: <http://www.triorail.com/trio-im3-sim>

Tablica 2

Zakres przydzielonych pasm częstotliwości dla poszczególnych operatorów w Polsce

Pasma [MHz]	Operator	Sieć	Częstotliwość [MHz]		Częstotliwość [MHz]		Dostępne pasmo (liczba kanałów ARFCN)
			Pasma UL [MHz]		Pasma DL [MHz]		
			od	do	od	do	
880–890 925–935	P4 (Play)	GSM900, UMTS900	880,1	885,1	925,1	930,1	5 MHz (25)
	Aero2	UMTS900	885,1	890,1	930,1	935,1	5 MHz (–)
890–915 935–960	Polkomtel (Plus)	GSM900	890,1	892,9	935,1	937,9	2,8 MHz (14)
	T-Mobile Polska (T-mobile)	GSM900	892,9	897,3	937,9	942,3	4,4 MHz (22)
	Polkomtel (Plus)	GSM900	897,3	903,5	942,3	948,5	6,3 MHz (31)
	T-Mobile Polska (T-mobile)	GSM900, UMTS900	903,5	908,1	948,5	953,1	4,8 MHz (23)
	Orange Polska (Orange)	GSM900, UMTS900	908,1	914,9	953,1	959,9	6,8 MHz (34)

Źródło: UKE ([https://www.uke.gov.pl/files/?id\\_plik=19219](https://www.uke.gov.pl/files/?id_plik=19219)).

<sup>3</sup> [http://www.era.europa.eu/Document-Register/Pages/Presentation-workshop-5.11.2012.aspx2ndInterferencesWorkshop\\_ERA\\_ReportB-NetzAmeasurements\(THasenpusch\).pdf](http://www.era.europa.eu/Document-Register/Pages/Presentation-workshop-5.11.2012.aspx2ndInterferencesWorkshop_ERA_ReportB-NetzAmeasurements(THasenpusch).pdf) [dostęp 20.01.2015].

W przypadku, gdy na analizowanym obszarze występują trzy sygnały zakłócające, liczba produktów intermodulacji zwiększa się, zatem i prawdopodobieństwo wystąpienia interferencji wzrasta. Wyznaczenie częstotliwości zakłócających opisano następującymi wzorami:

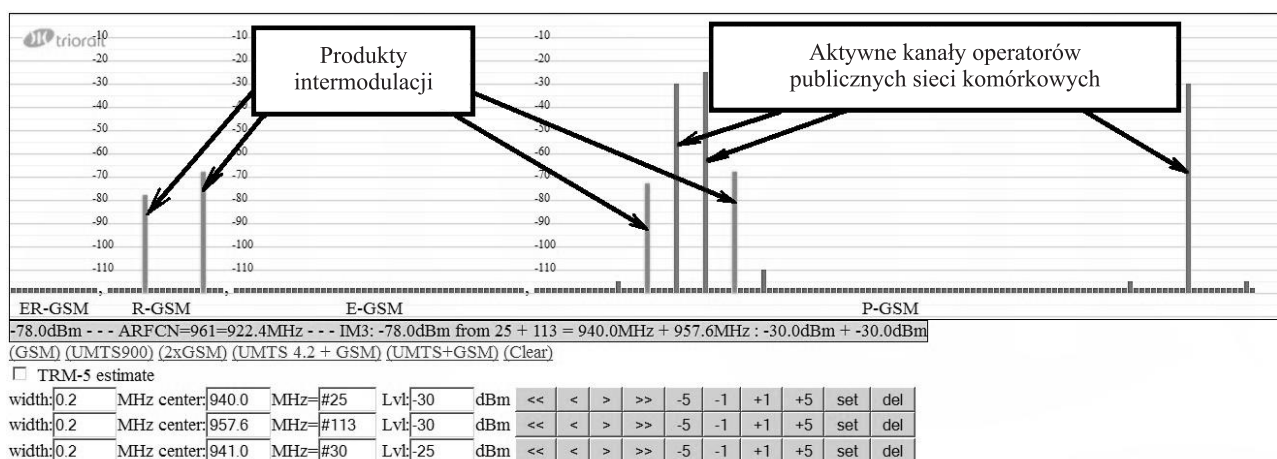
$$\begin{aligned} f_0 &= f_1 + f_2 - f_3 \wedge f_0 = f_1 + f_3 - f_2 \wedge f_0 = f_2 + f_3 - f_1 \wedge f_0 = \\ &= 2f_1 - f_2 \wedge f_0 = 2f_1 - f_3 \wedge f_0 = 2f_2 - f_1 \wedge f_0 = 2f_2 - f_3 \wedge f_0 = \\ &= 2f_3 - f_1 \wedge f_0 = 2f_3 - f_2. \end{aligned} \quad (2)$$

Przedstawione w [23] wyniki badań dowodzą, że powstawanie produktów intermodulacji nie jest ograniczone do sygnałów występujących w paśmie E-GSM. Dla przyjętych wartości z pasma P-GSM  $f_1 = 940$  MHz,  $f_2 = 941$  MHz i  $f_3 = 957,6$  MHz przeprowadzono stosowne obliczenia algebraiczne wskazujące na możliwość wystąpienia dwóch produktów intermodulacji w paśmie podstawowym GSM-R w kanałach o częstotliwościach 922,4 MHz i 924,4 MHz. Na rysunku 3 przedstawiono wyniki symulacji dla przyjętych sygnałów interferujących, jak również zaznaczono aktywne kanały publicznego pasma GSM oraz prążki produktów intermodulacji o mocach większych niż  $-80$  dBm. Dwa z produktów intermodulacji występują powyżej pasma P-GSM na częstotliwościach 974,2 i 975,2 MHz. Wyniki przeprowadzonej symulacji nie obejmują najwyższego z nich.

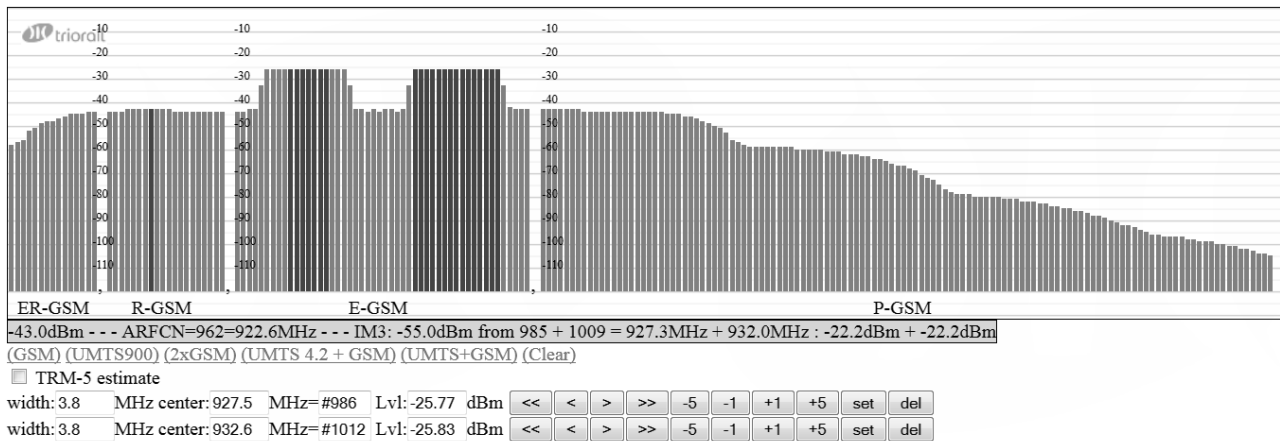
W przypadku systemów szerokopasmowych takich, jak UMTS, LTE, WiMAX, intermodulacje trzeciego rzędu pojawiają się samoistnie z racji sposobu działania tych systemów [12]. Z tego względu, współczesne szerokopasmowe systemy komórkowe, obejmujące całe spektrum częstotliwości mających charakter zakłócający, są większym zagrożeniem dla stabilnej pracy urządzeń odbiorczych GSM-R, gdyż

wpływają na całe pasmo pracy systemu GSM-R, a nie na pojedyncze częstotliwości (kanały ARFCN). Na szczególną uwagę w tym zakresie zasługują operatorzy nadający w pasmach bezpośrednio przylegających do pasma kolejowego GSM-R. Odnosząc się do przydziału pasma w Polsce (tabl. 2), należy wskazać dwóch operatorów, tj. P4 (Play) oraz Aero2, których nadajniki będą wykazywać największy potencjał zakłócający odbiorników GSM-R, tym bardziej, że obydwaj operatorzy preferują technologie szerokopasmowe. Produkty intermodulacji pochodzące od nadajników tych operatorów obejmują pasmo GSM-R i mogą mieć wpływ na poprawną pracę odbiorników GSM-R. Wyniki przeprowadzonych symulacji przedstawiono na rysunkach 4-7.

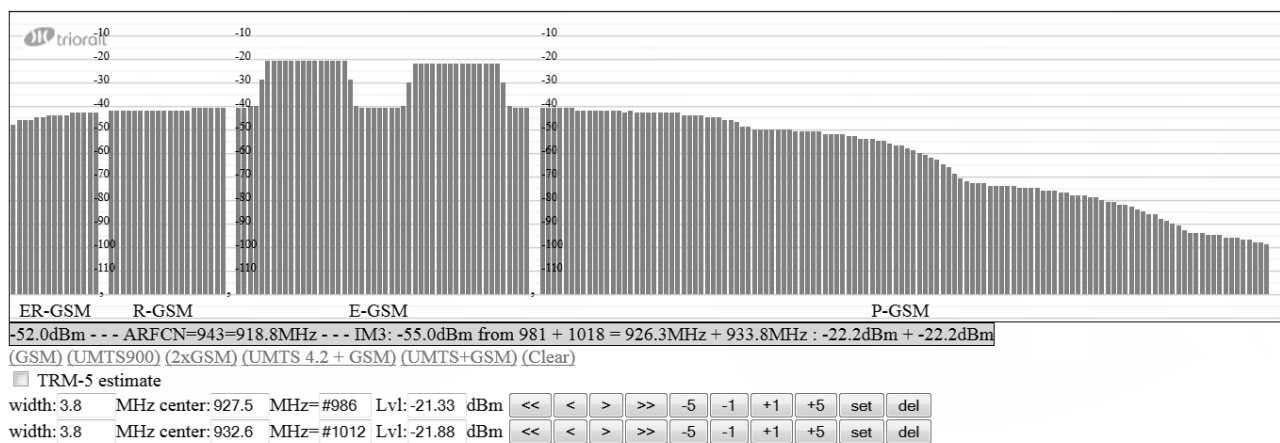
Symulacje przeprowadzono przy założeniu pracy nadajników operatorów publicznych w zakresie pasma 925-935 MHz z taką samą mocą EIRP (*Equivalent Isotropical Radiated Power*) równą 60 dBm i umieszczonych w takich samych odległościach – odpowiednio 500 (rys. 4), 300 (rys. 5), 200 (rys. 6) i 100 (rys. 7) metrów od szlaku kolejowego. Przyjęto także uproszczenie zakładające tłumienie sygnału dla otwartej przestrzeni oraz nie uwzględniające pochylenia i azymutów anten nadawczych. Jak widać, nadajniki pracujące w paśmie E-GSM z założoną mocą ułożone w odległości 500 m od szlaku kolejowego (rys. 4), w odbiornikach systemu GSM-R mogą powodować powstawanie produktów intermodulacji o mocy dochodzącej do około  $-40$  dBm. Z rysunków 5-7 widać natomiast, że wraz ze zmniejszaniem odległości nadajnika do toru kolejowego, wartości mocy sygnałów niepożądanych na wejściu odbiorników GSM-R będą rosły, zatem będzie wzrastać prawdopodobieństwo niepoprawnej pracy tych odbiorników. Wartości produktów intermodulacji rzędu  $-20$  dBm uzyskiwane w przypadku nadajników sieci publicznych oddalo-



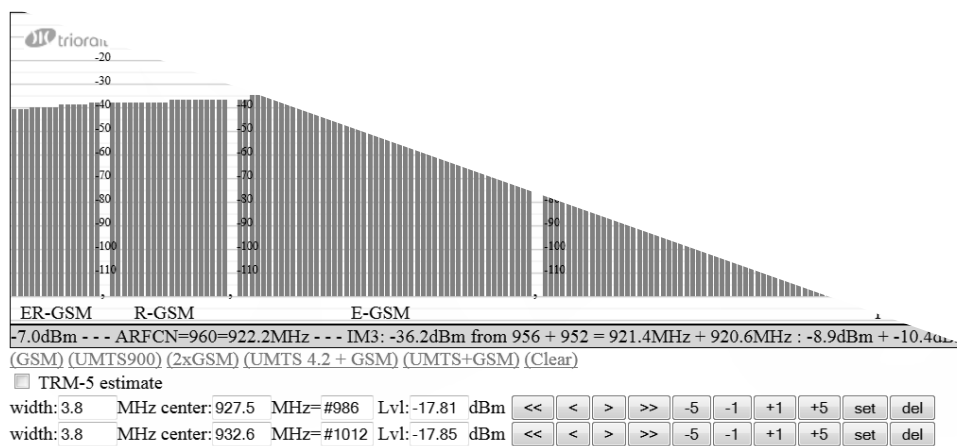
Rys. 3. Efekt intermodulacji na skutek występowania silnych sygnałów w paśmie P-GSM; oś x – kanały radiowe pasma ER-GSM – P-GSM, oś y – moc sygnału na wejściu odbiornika [dBm]; opracowano na podstawie <http://www.triorail.com/trio-im3-sim>



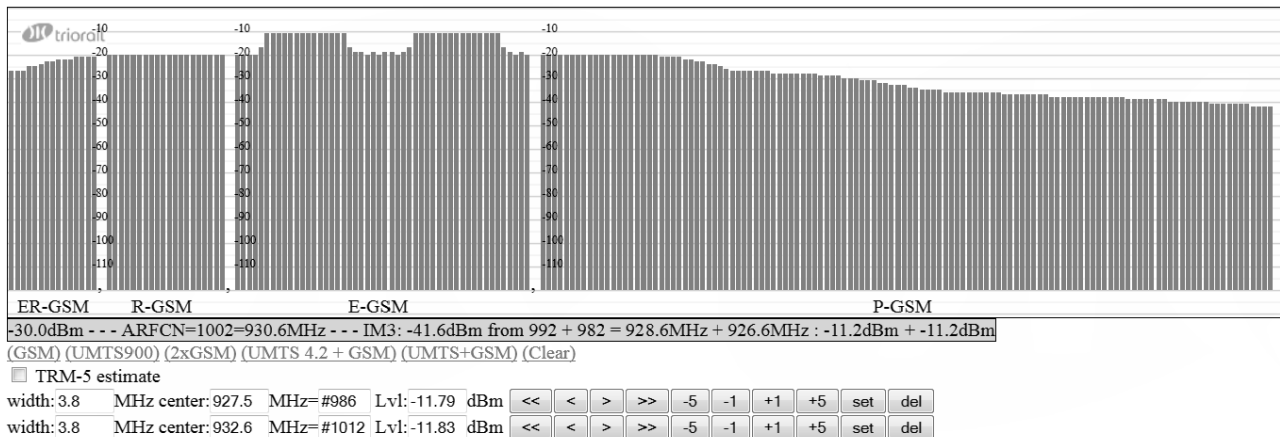
Rys. 4. Wyniki symulacji powstawania produktów intermodulacji pochodzących od dwóch systemów szerokopasmowych nadających w paśmie E-GSM w odległości 500 m od szlaku kolejowego (oś x – kanały radiowe pasma ER-GSM – P-GSM, oś y – moc sygnału na wejściu odbiornika); opracowano przy użyciu <http://www.triorail.com/trio-im3-sim>



Rys. 5. Wyniki symulacji powstawania produktów intermodulacji pochodzących od dwóch systemów szerokopasmowych nadających w paśmie E-GSM w odległości 300 m od szlaku kolejowego (oś x – kanały radiowe pasma ER-GSM – P-GSM, oś y – moc sygnału na wejściu odbiornika); opracowano przy użyciu <http://www.triorail.com/trio-im3-sim>



Rys. 6 Wyniki symulacji powstawania produktów intermodulacji pochodzących od dwóch systemów szerokopasmowych nadających w paśmie E-GSM w odległości 200 m od szlaku kolejowego (oś x – kanały radiowe pasma ER-GSM – P-GSM, oś y – moc sygnału na wejściu odbiornika); opracowano przy użyciu <http://www.triorail.com/trio-im3-sim>



Rys. 7. Wyniki symulacji powstawania produktów intermodulacji pochodzących od dwóch systemów szerokopasmowych nadających w paśmie E-GSM w odległości 100 m od szlaku kolejowego (oś x – kanały radiowe pasma ER-GSM – P-GSM, oś y – moc sygnału na wejściu odbiornika); opracowano przy użyciu <http://www.triorail.com/trio-im3-sim>

nych od szlaków kolejowych o 100 m mogą stanowić zagrożenie nawet dla odbiorników spełniających wymagania dokumentów [14-15].

#### 4.2. Działania prewencyjne innych krajów UE

W krajach z działającą infrastrukturą GSM-R wprowadzono rozwiązania mające zminimalizować ryzyko negatywnego wpływu sieci operatorów publicznych na pracę odbiorników GSM-R. W Norwegii, Szwecji, Szwajcarii [17] przyjęto, że poziom sygnałów pochodzących od publicznych nadajników wąskopasmowych sieci GSM nie może przekroczyć na obszarach kolejowych 107 dBm / 200 kHz [17]. W przypadku sieci szerokopasmowych UMTS oraz LTE przyjęto, że sygnał dla pierwszego przylegającego do pasma GSM-R bloku częstotliwości nie powinien na obszarze kolejowym przekraczać wartości 33 dBm / 5 MHz, a w kolejnych kanałach powinien być ograniczony do poziomu 23 dBm / 5 MHz [17]. Dodatkowo, w niektórych krajach zaleca się [25], aby stacje bazowe publicznych sieci komórkowych były usytuowane w odległości co najmniej 700 m od szlaku kolejowego (Norwegia), co w Polsce jest trudne do spełnienia przy istniejącej infrastrukturze sieci publicznych i „naturalnej” skłonności operatorów do generowania dużego ruchu telekomunikacyjnego w dużych skupiskach ludzkich.

### 5. Podsumowanie i wnioski

Cyfrowy system łączności kolejowej GSM-R należy do ważnych elementów systemu ERTMS, mających wpływ na przebieg i bezpieczeństwo procesu przewozowego. Bezpośrednia koegzystencja radiowa i geograficzna tego systemu z systemami operatorów

publicznych niesie ze sobą ryzyko powstawania interferencji, których skutki mogą mieć wpływ na poprawne działanie odbiorników systemu GSM-R.

Prace prowadzone przy CEPT oraz ETSI zaowocowały stworzeniem wielu wytycznych mających na celu ograniczenie wpływu niekorzystnych zjawisk na odbiorniki systemu GSM-R. Wśród nich wskazuje się na doskonalenie metod filtracji sygnałów na wejściu odbiornika oraz zastosowanie nowszych modemów GSM-R [14-15] umożliwiających lepszą (o około 10 dB) separację sygnałów w stosunku do modemów starszych generacji. Należy zwrócić uwagę, że w najnowszej wersji EIRENE SRS 16.0.0 wprowadzono obligatoryjny wymóg zgodności z dokumentami [14-15] dla radiotelefonów kabinowych i EDOR (*ETCS Only Data Radio*). Pomimo zastosowania tych środków, nie ma gwarancji skutecznej separacji sygnałów zakłócających, gdy ich poziom będzie dużo wyższy w stosunku do sygnału sieci GSM-R w danej lokalizacji. W takich przypadkach proponuje się stworzenie warunków do lepszego pokrycia sygnałem radiowym sieci GSM-R. Osiągnięcie tego celu jest możliwe przez zmniejszenie obszaru wielkości komórek sieci lub przez zwiększenie mocy nadajników sieci kolejowej. W pierwszym przypadku pociągnie to jednak za sobą wzrost kosztów budowy sieci GSM-R, natomiast w drugim przypadku ograniczeniem stają się charakterystyki samego sprzętu (nadajniki, anteny, wymagania normatywne) oraz wymagania prawne związane z ochroną środowiska naturalnego.

Innym możliwym działaniem, mającym na celu zmniejszenie interferencji, może być zobligowanie publicznych operatorów do dodatkowej filtracji sygnałów pozapasmowych i obniżenie mocy tych nadajników, które znajdują się w pobliżu linii kolejowych. Jako ostateczność wskazuje się rekonfigurację sieci publicznych w obszarach bezpośrednio przylegają-

cych do sieci kolejowej w taki sposób, by powstające produkty intermodulacji omijały pasmo sieci GSM-R.

Obecnie w Polsce nie widać działań mających na celu przeciwdziałanie potencjalnym zagrożeniom wynikającym z bezpośredniego przylegania pasm częstotliwości operatorów publicznych i sieci GSM-R. Tym niemniej należy się liczyć z możliwością wystąpienia niepożądanych zakłóceń w chwili, gdy w sieciach kolejowych z wybudowaną infrastrukturą GSM-R rozpocznie się eksploatacja nowego systemu łączności radiowej.

## Literatura

1. Decyzja Komisji z dnia 16 października 2009 r. w sprawie harmonizacji pasm częstotliwości 900 MHz i 1 800 MHz na potrzeby systemów naziemnych umożliwiających dostarczanie paneuropejskich usług łączności elektronicznej we Wspólnocie (notyfikowana jako dokument nr C(2009) 7801 (2009/766/WE)).
2. Decyzja Wykonawcza Komisji z dnia 18 kwietnia 2011 r. zmieniająca decyzję 2009/766/WE w sprawie harmonizacji pasm częstotliwości 900 MHz i 1 800 MHz na potrzeby systemów naziemnych umożliwiających dostarczanie paneuropejskich usług łączności elektronicznej we Wspólnocie (notyfikowana jako dokument nr C(2011) 2633) (2011/251/UE).
3. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/114/WE z dnia 16 września 2009 r. zmieniająca dyrektywę Rady 87/372/EWG w sprawie pasm częstotliwości, które mają zostać zarezerwowane dla skoordynowanego wprowadzenia publicznej paneuropejskiej komórkowej cyfrowej naziemnej łączności ruchomej we Wspólnocie.
4. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady nr 1999/5/WE z dnia 9 marca 1999 r. w sprawie urządzeń radiowych i końcowych urządzeń telekomunikacyjnych oraz wzajemnego uznawania ich zgodności (Dz.Urz. UE L 091 z 7.4.1999).
5. Dyrektywa Rady z dnia 25 czerwca 1987 r. w sprawie pasm częstotliwości, które mają zostać zarezerwowane dla skoordynowanego wprowadzenia publicznej paneuropejskiej komórkowej cyfrowej naziemnej łączności ruchomej we Wspólnocie 87/372/EEC.
6. ECC/DEC/(02)05 of 5 July 2002 on the designation and availability of frequency bands for railway purposes in the 876-880 MHz and 921-925 MHz bands.
7. ECC/DEC/(04)06 on the availability of frequency bands for the introduction of Wide Band Digital Land Mobile PMR/PAMR in the 400 MHz and 800/900 MHz bands.
8. ECC: Report 41, Compatibility between LTE and WiMAX operating within the bands 880-915 MHz / 925-960 MHz and 1710-1785 MHz / 1805-1880 MHz (900/1800 MHz bands) and systems operating in adjacent bands.
9. ECC: Report 096, Compatibility between UMTS 900/1800 and systems operating in adjacent bands. Krakow. March 2007.
10. ECC: Report 146, Compatibility between GSM MCBTS and other services operating in the 900 and 1800 MHz frequency bands. June 2010.
11. ECC: Report 162, Practical mechanism to improve the compatibility between GSM-R and public mobile networks and guidance on practical coordination. May 2011.
12. ECC: Report 229, Guidance for improving coexistence between GSM-R and MFCN in the 900 MHz band. CEPT. May 2015.
13. EIRENE: European Integrated Railway Radio Enhanced Network. System Requirements Specification, Version 16.0.0. GSM-R Operators Group. UIC CODE 951. 18 December 2015.
14. ETSI: TS 102 933-1, Railway Telecommunications. GSM-R improved receiver parameters. Part 1: Requirements for radio reception. V2.1.1 2015.
15. ETSI: TS 102 933-2, Railway Telecommunications (RT). GSM-R improved receiver parameters. Part 2: Radio conformance testing. V2.1.1 2015.
16. <http://www.era.europa.eu/Document-Register/Pages/Presentations-2ndWorkshop-11.11.2013.aspx>. Lille, [dostęp 11.11.2013 r].
17. Radio Spectrum Committee: GSM-R Interferences – Contributions from delegations and ERA on issues. Statistics and best practices as a follow-up to the discussion in RSC#42. Working Document. European Commission. DG Communications Networks Content & Technology. Brussels. 26 February 2013.
18. Radio Spectrum Committee: Updated version of the working document on GSM-R interferences and coexistence with public mobile networks, taking into consideration observations made by RSC delegations, RSCOM15-60 rev3, Brussels, 16 July 2016.
19. PKM: Raport PKM. I-IX 2015. Pomorska Kolej Metropolitalna ([http://www.pkm-sa.pl/glowna/wp-content/uploads/2015/12/Raport-PKM\\_nr-4.pdf](http://www.pkm-sa.pl/glowna/wp-content/uploads/2015/12/Raport-PKM_nr-4.pdf)).
20. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz.U. 2010 nr 213 poz. 1397).
21. Sumiła M., Miskiewicz A.: *Analysis of the problem of interference of the public network operators to GSM-R*, Proceedings 15th International Conference Transport Systems Telematics TST'15, Polish Association of Transport Telematics, Wrocław 15–17 April 2015. ISBN: 978-83-927821-1-7, pp. 76.



22. Sumiła M.: *Ocena stopnia oddziaływania nadajników publicznych operatorów sieci GSM na pracę sieci GSM-R*, Logistyka 4/2015, ISSN 1231-5478, str. 995–1004.
23. Sumiła M.: *Wpływ interferencji pochodzących od publicznych sieci GSM na pracę odbiorników sieci GSM-R*, Logistyka 4/2015, ISSN 1231-5478, str. 1005–1014.
24. Sumiła M., Miszkiewicz A.: *Evaluation of the impact of public networks to GSM-R receivers*, Proceedings of 19th International Scientific Conference, Transport Means 2015. Kaunas University of Technology 22-23 October 2015.
25. UIC: O-8736-2.0, UIC Assessment report on GSM-R current and future radio environment; version of July 2014.
26. UKE: Zarządzenie nr 12 Prezesa Urzędu Komunikacji Elektronicznej z dnia 6 czerwca 2014 r. w sprawie planu zagospodarowania częstotliwości dla zakresów 876,1–880,1 MHz oraz 921,1–925,1 MHz (Dz.Urz. Urzędu Komunikacji Elektronicznej, 2014, poz. 30).

## Reasons for Taking Tests of GSM-R Network Interference in Poland

### Summary

The article presents the essential premises for undertaking research in the evaluation of the possibility of GSM-R receivers interference with the base stations of the public networks' operators in Poland. The following sections deal with the scale of interference problem based on the experiences of other EU countries, types of interference influencing GSM-R receivers and the criteria underlying the identification of potential interference. In the second part of the article cases conducive to the appearance of certain types of interference are specified. In the final part of the article recommended preventive measures used by other countries to eliminate interference of GSM-R network with public networks and the activities that can be used in Polish conditions are presented.

**Keywords:** GSM-R, networks coexistence, interferences

## Предпосылки для проведения исследований возникновения помех системы GSM-R в Польше

### Резюме

В статье представлены значительные предпосылки для проведения исследований в области оценки возможности помех приемников работающих в сети GSM-R из-за сигналов генерированных базовыми станциями операторов сети мобильной связи в Польше. В следующих частях был разработан масштаб явления интерференции на примере опыта других стран ЕС, виды помех и критерии являющиеся основой идентификации мест возможных помех.

Во второй части статьи перечислены случаи способствующие возникновению определенных видов помех. В конечной части статьи представлены профилактические рекомендации других стран в области исключения помех сети GSM-R и действий, которые могут быть использованы в польских условиях.

**Ключевые слова:** GSM-R, сосуществование сетей, интерференции