

## Ocena poziomu pola elektromagnetycznego w pobliżu szlaku kolejowego

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono ocenę środowiska elektromagnetycznego na przykładzie nowo powstających obiektów mieszkalnych lub biurowych sąsiadujących wzdłuż szlaku kolejowego. Omówiono główne źródła zaburzeń radioelektrycznych oraz opisano metodykę pomiarów na przykładzie aktualnie obowiązujących norm, które mają pośredni wpływ na potencjalne urządzenia elektryczne i elektroniczne znajdujące się w przyszłych obiektach tego typu.

**Abstract.** The article describes the evaluation of the electromagnetic environment on example of newly built estates and buildings situated along the railway route. The main sources of radio disturbance are discussed and measurement methodology is described on the base of mandatory standards which have influence on the potential electric and electronic devices installed in estates and buildings in the future (*Evaluate the level of electromagnetic fields in the vicinity of the railway route*)

**Słowa Kluczowe:** Kompatybilność elektromagnetyczna, szlak kolejowy, odbiornik pomiarowy, tabor kolejowy.

**Keywords:** Electromagnetic compatibility, railway route, measuring device, railway rolling stock.

doi:10.12915/pe.2014.07.34

### Wstęp

Zaburzenia radioelektryczne występujące w pobliżu szlaku kolejowego powstają jako niepożądany rezultat uboczny pracy zainstalowanych tam urządzeń elektrycznych i elektronicznych oraz przejeżdżających lokomotyw w składzie pociągu, elektrycznych zespołów trakcyjnych lub ciężkich pociągów towarowych ciągniętych przez lokomotywy pracujące w systemie trakcji ukrotnionej. Aktualnie obowiązujące normy, które określają dopuszczalne poziomy emitowanych zaburzeń radioelektrycznych mają na celu przede wszystkim ochronę urządzeń radiowych i telewizyjnych.

W wyniku przeprowadzonych prac badawczych w Instytucie Kolejnictwa stwierdzono, że spośród wszystkich urządzeń znajdujących się na szlaku kolejowym lub w jego pobliżu najwyższe poziomy zaburzeń radioelektrycznych wytwarzają pojazdy trakcyjne.

Problem ten jest istotny, ponieważ budynki mieszkalne, nowo powstałe biurowce czy centra handlowe umiejscawiane są coraz częściej bardzo blisko zelektryfikowanych szlaków kolejowych. Na szlakach kolejowych eksploatowane są obecnie pojazdy trakcyjne starszego typu, które tylko w niewielkim stopniu zostały zmodernizowane.

Ponadto źródłem zaburzeń radioelektrycznych są urządzenia, w których podczas pracy występują nagłe i krótkotrwałe zmiany wartości prądu, przerwy i włączenia pobudzające pasożytnicze elementy LC w odwodzie do drgań elektrycznych. Przebiegi elektryczne generowane w czasie pracy urządzeń rozprzestrzeniają się po przewodach sieci zasilającej i są emitowane w przestrzeń za pośrednictwem pola elektromagnetycznego.

Celem artykułu jest ocena środowiska elektromagnetycznego na terenie nowego budynku biurowego na terenie Warszawy, który z założenia będzie znajdował się blisko sąsiadującego szlaku kolejowego.

### Stacjonarne źródła zaburzeń radioelektrycznych

Do głównych źródeł zaburzeń radioelektrycznych można zaliczyć obiekty stacjonarne umieszczone na szlaku kolejowym lub w jego pobliżu oraz elektryczne i spalinowo-elektryczne pojazdy (zespoły) trakcyjne EZT. Do najważniejszych obiektów stacjonarnych zatem należą:

- sieć trakcyjna 3kV DC,
- podstacje trakcyjne,
- urządzenia sterowania ruchem kolejowym (srk).

Zawieszane nad ziemią przewody sieci trakcyjnej same w sobie nie są źródłem zaburzeń radioelektrycznych lecz zachowują się jak niesymetryczna linia transmisyjna przenosząca zaburzenia wytwarzane przez podstacje trakcyjne i przejeżdżające elektryczne pojazdy trakcyjne. Sieć trakcyjna w tej sytuacji stanowi również antenę promieniującą zaburzenia do środowiska. Parametry transmisyjne sieci zależą od takich czynników jak:

- właściwości elektryczne ziemi,
- rozwiązania konstrukcyjne,
- warunki atmosferyczne.

Zaburzenia radioelektryczne wytwarzane w zespołach prostownikowych podczas zmiany warunków zasilania mogą przedostawać się poprzez sieć trakcyjną na szlak kolejowy. Składowa niesymetryczna napięcia zaburzeń powstająca w podstacjach zasilających rozprzestrzenia się wzdłuż przewodów sieci trakcyjnej i ziemi, a jej pętla może mieć znaczne rozmiary i dobre właściwości promieniowania. Generowane w tym przypadku zaburzenia mają widmo sięgające do niezbyt wysokich częstotliwości.

### Charakterystyka badanego obiektu budowlanego

Przedmiotem badań była ocena stanu środowiska elektromagnetycznego na działce budowlanej planowanego budynku biurowca w Warszawie przy ulicy Aleje Jerozolimskie 98. Przeprowadzone badania na zlecenie inwestora miały na celu ocenę potencjalnego oddziaływania systemu kolejowego w zakresie emisji zaburzeń promieniowanych na urządzenia i systemy mające znajdować się w planowanym budynku.

Działka budowlana zlokalizowana była w sąsiedztwie linii dalekobieżnej kolejowej nr 1 oraz linii kolejowej podmiejskiej 448 pomiędzy stacją Warszawa Ochota i Warszawa Zachodnia, po której poruszały się pojazdy trakcyjne ruchu podmiejskiego dalekobieżnego i Warszawskiej Kolei Dojazdowej WKD [1]. W trakcie przeprowadzania badań po wymienionej linii kolejowej poruszały się następujące pojazdy trakcyjne:

- EZT – EN-94 (typ 101Na),
- EZT – typu EN57, 14WE, 19WE, 22WE, 27WE,
- Lokomotywa elektryczna typu EP07/EU07/EP09,
- Lokomotywa elektryczna typu ES64U4,
- Zestaw Push-Pull (lokomotywa elektryczna TRAXX P160 DC + wagon sterujący + wagony piętrowe).

W trakcie przeprowadzanych badań lokomotywy elektryczne wraz ze składem wagonów pasażerskich poruszały się obciążone wagonami w liczbie od 4 do 10.

W przypadku elektrycznych zespołów trakcyjnych występowały najczęściej dwa człony.

### Metodyka pomiarów

Ocenę oddziaływania systemu kolejowego w miejscu planowanego budynku biurowca przeprowadzono zgodnie z wymaganiami zawartymi w normie [2], w trybie wykonywanych pomiarów podanych w tabeli 1 i 2, w różnych odległościach od osi pierwszego toru, które zostały wybrane na podstawie obrysów kształtu przyszłego obiektu przedstawionego przez inwestora (punkty pomiarowe P1, P2, P3, P4).

Obowiązująca norma [2] nie uwzględnia wszystkich przypadków, jakie mogą występować podczas oceny stanu środowiska elektromagnetycznego, dlatego dodatkowo przeprowadzono badania uzupełniające, które polegały na zmianie polaryzacji anteny z pionowej na poziomą i wykonanie pomiarów emisji zaburzeń promieniowanych. W tych badaniach uwzględniono, które inne postronne źródła zaburzeń mogłyby stanowić zagrożenie dla potencjalnych urządzeń elektrycznych i elektronicznych planowanych do zainstalowania w tym obiekcie budowlanym.

Badania dodatkowe w paśmie częstotliwości 9 kHz – 30 MHz przeprowadzono dla przypadku prostopadłego usytuowania płaszczyzny anteny w kierunku prostopadłym do osi torów. Natomiast w paśmie częstotliwości 30 MHz – 1 GHz badania wykonano dla polaryzacji poziomej anten pomiarowych. Anteny zostały ustawione odmiennie niż zaleca norma, co powoduje, że zwiększa się zakres selektywnych informacji na temat poruszających się po tym torze zaburzeń.

Cechą charakterystyczną badanego środowiska jest występowanie ruchomych źródeł emisji zaburzeń promieniowanych oddziaływujących w sposób nie jednorodny, ponieważ pojazdy trakcyjne znajdowały się w różnych trybach pracy (rozruch, hamowanie, postój, jazda ze stałą prędkością). Celem przeprowadzenia dodatkowych badań było zidentyfikowanie źródeł emisji zaburzeń promieniowanych, które mogą znajdować się na terenie kolejowym lub poza nim.

Pomiary przeprowadzono dla oceny środowiska elektromagnetycznego polegającej na pomiarze emisji zaburzeń postronnych (TŁO) i promieniowanych pochodzących od przejeżdżających pojazdów trakcyjnych zwanych obciążeniem (OBC) – pomiar odpowiednio natężenia pola magnetycznego i elektrycznego w funkcji częstotliwości przy użyciu anten pomiarowych oraz odbiornika pomiarowego EMI. Aparatura pomiarowa spełniała wszystkie wymogi i zalecenia dotyczące wyposażenia pomiarowego zgodnie z normą [3], [4] oraz literaturą [5].

Tabela 1. Podstawowe parametry pomiarów

Zakres częstotliwości	Szerokość pasma	Tryb wykonywanych pomiarów	
9 kHz – 150 kHz	200 Hz	TŁO	OBC
150 kHz – 30 MHz	9 kHz	TŁO	OBC
30 MHz – 300 MHz	120 kHz	TŁO	OBC
300 MHz – 1 GHz	120 kHz	TŁO	OBC

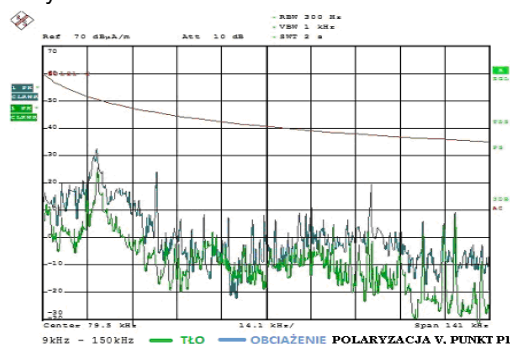
Tabela 2. Ustawienia anten pomiarowych

Typ anteny	Pasma częstotliwości	Wysokość zawieszenia anteny	Polaryzacja i kierunek ustawienia anteny
HLA 6120	9kHz – 30MHz	1,5 m	równoległy i prostopadły
VBA 6106A	30MHz – 300MHz	3 m	pionowa / pozioma

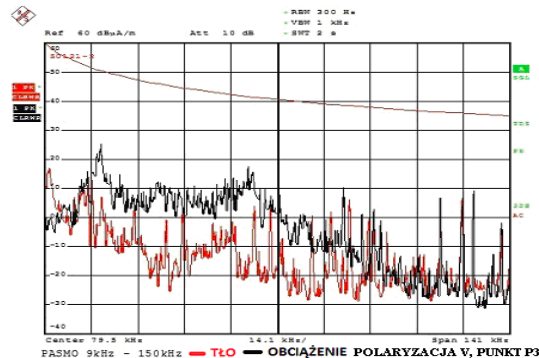
UPA 6108	300MHz – 1GHz	3 m	pionowa / pozioma
----------	---------------	-----	-------------------

### Wyniki przeprowadzonych pomiarów

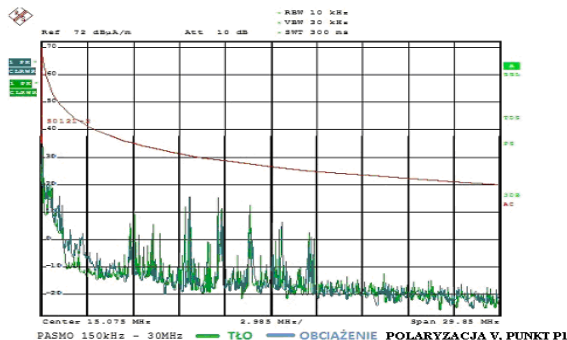
Na rysunkach 1-8 przedstawiono wyniki pomiarów dla normatywnych ustawień i zapisów normy [2], natomiast na rysunkach 9-16 przedstawiono wyniki dodatkowych badań uzupełniających w celu rozszerzenia charakterystyki środowiska zarejestrowanych w dwóch punktach pomiarowych P1 i P3.



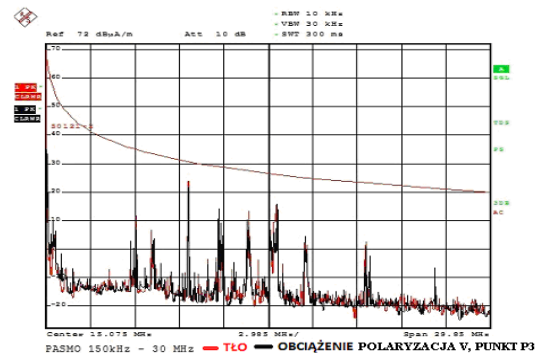
Rys. 1. Wyniki pomiaru emisji zaburzeń promieniowanych dla pasma 9kHz – 150kHz



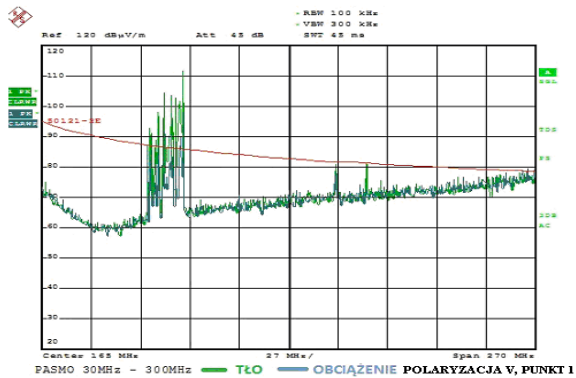
Rys. 2. Wyniki pomiaru emisji zaburzeń promieniowanych dla pasma 9kHz – 150kHz



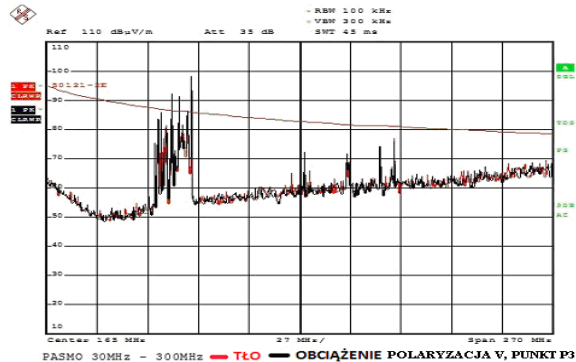
Rys. 3. Wyniki pomiaru emisji zaburzeń promieniowanych dla pasma 150kHz – 30MHz



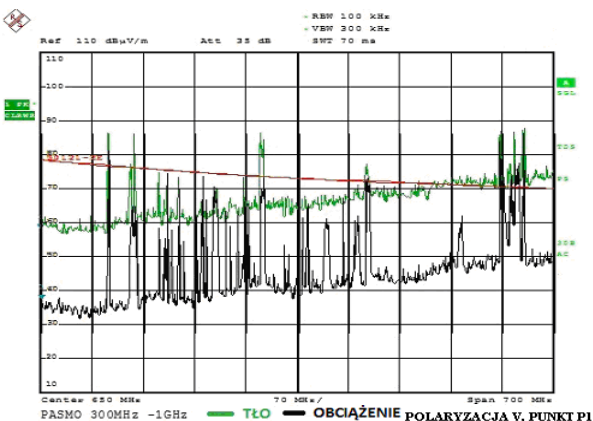
Rys. 4. Wyniki pomiaru emisji zaburzeń promieniowanych dla pasma 150kHz – 30MHz



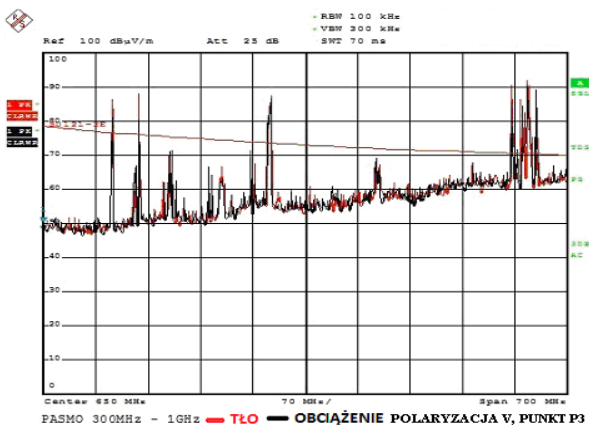
Rys. 5. Wyniki pomiaru emisji zaburzeń promieniowanych dla pasma 30MHz – 300MHz



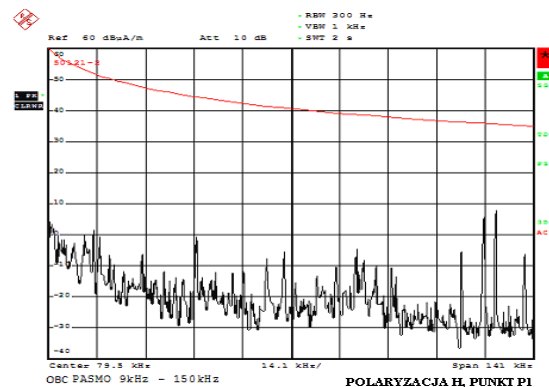
Rys. 6. Wyniki pomiaru emisji zaburzeń promieniowanych dla pasma 30MHz – 300MHz



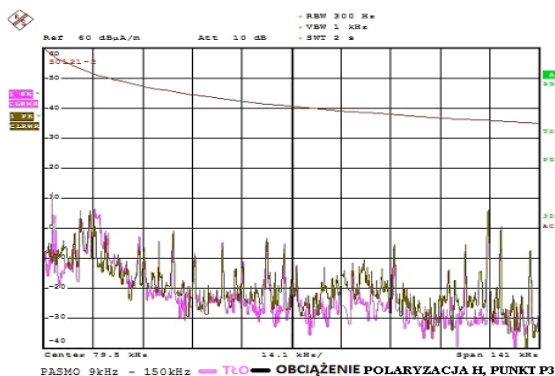
Rys. 7. Wyniki pomiaru emisji zaburzeń promieniowanych dla pasma 300MHz – 1GHz



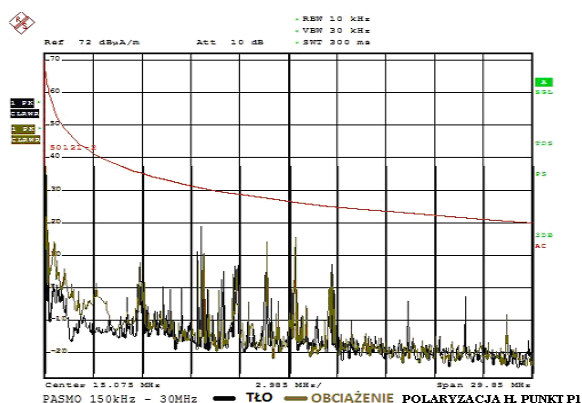
Rys. 8. Wyniki pomiaru emisji zaburzeń promieniowanych dla pasma 300MHz – 1GHz



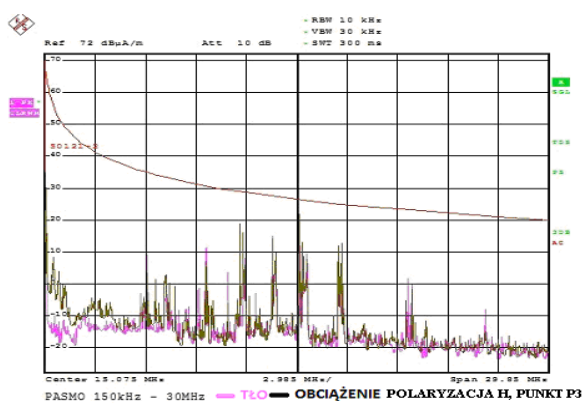
Rys. 9. Wyniki pomiaru emisji zaburzeń promieniowanych dla pasma 9kHz – 150kHz



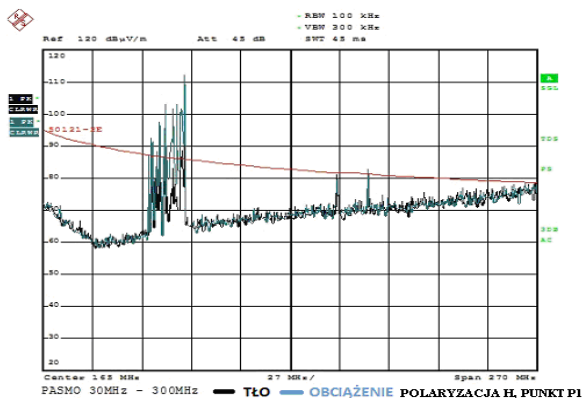
Rys. 10. Wyniki pomiaru emisji zaburzeń promieniowanych dla pasma 9kHz – 150kHz



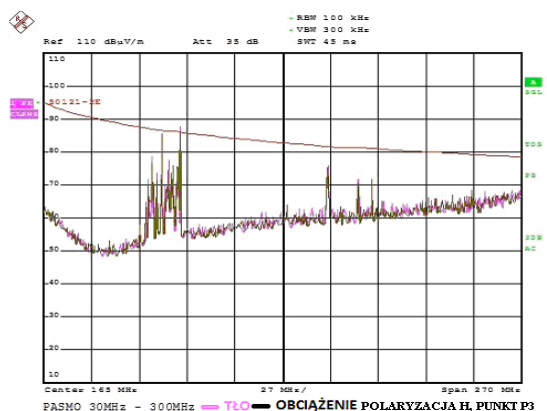
Rys. 11. Wyniki pomiaru emisji zaburzeń promieniowanych dla pasma 150kHz – 30MHz



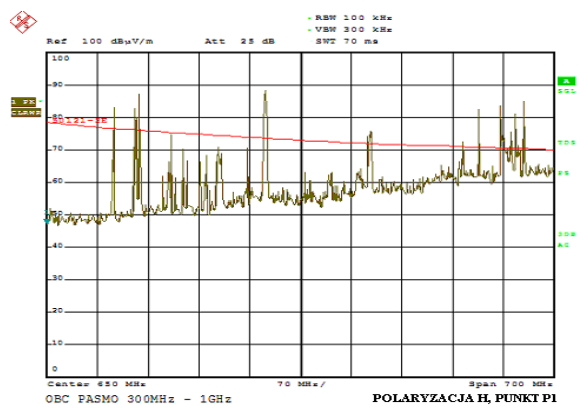
Rys. 12. Wyniki pomiaru emisji zaburzeń promieniowanych dla pasma 150kHz – 30MHz



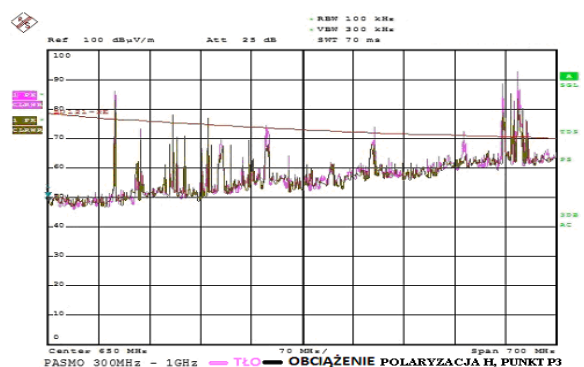
Rys. 13. Wyniki pomiaru emisji zaburzeń promieniowanych dla pasma 30MHz – 300MHz



Rys. 14. Wyniki pomiaru emisji zaburzeń promieniowanych dla pasma 30MHz – 300MHz



Rys. 15. Wyniki pomiaru emisji zaburzeń promieniowanych dla pasma 300MHz – 1GHz



Rys. 16. Wyniki pomiaru emisji zaburzeń promieniowanych dla pasma 300MHz – 1GHz

Badania podstawowe przeprowadzone zgodnie z normą [2] oraz badania uzupełniające nie wykazały zagrożenia, ze strony ruchomych obiektów kolejowych w zakresie emisji zaburzeń promieniowanych, na potencjalne urządzenia elektryczne i elektroniczne, które będą w przyszłości zainstalowane w planowanym budynku. Zarejestrowane w żadnym zakresie częstotliwości, nie przekraczają poziomów dopuszczalnych. Naturalne środowisko elektromagnetyczne (pochodzenia miejskiego), w tym przypadku, stanowi w większym stopniu zagrożenia niż obiekty kolejowe. Ocena faktycznego zagrożenia przez naturalne środowisko elektromagnetyczne wymagałaby przeprowadzenia długoterminowych badań o charakterze monitorowania dla różnych pór dnia i roku.

## Podsumowanie

Zarejestrowane w trakcie badań przekroczenia poziomu dopuszczalnego natężenia pola magnetycznego i elektrycznego są spowodowane obecnością pól elektromagnetycznych pochodzących od radiofonii w zakresie UKF oraz od analogowej i cyfrowej telefonii komórkowej. Powszechnie wiadomo, że tego typu emisje nie powinny wpływać na pracę np. elektronicznych urządzeń przetwarzania danych, ponieważ źródła tych emisji są oddalone od przyszłego obiektu.

Ze schematu przyszłego budynku przedstawionego przez inwestora, określającego jego położenie względem torów kolejowych wynika, że przyszły obiekt budowlany będzie znajdował się poza strefą oddziaływania trakcji elektrycznej.

Szlak kolejowy, przy którym planowany jest biurowiec ma charakter prostoliniowy, między dworcami kolejowymi (Zachodni - Ochota), należy zatem przypuszczać, że wpływ prądów błądzących na zainstalowane kable i przynależne danemu obiektowi instalacje elektryczne, które zostaną umieszczone w glebie, będzie pomijalny.

## LITERATURA

- [1] John Ł., Dłużniewski A., Laskowski M., Sprawozdanie nr LA/25/11 z oceny środowiska elektromagnetycznego na terenie planowanego budynku NIMBUS, Instytut Kolejnictwa, Laboratorium Automatyki i Telekomunikacji, październik 2011 r.
- [2] PN-EN 50121-2, Zastosowania kolejowe – Kompatybilność elektromagnetyczna Część 2: Oddziaływanie systemu kolejowego na otoczenie, PKN, Warszawa 2010 r.
- [3] PN-EN 55016-1-1, Wymagania dotyczące aparatury pomiarowej i metod pomiaru zaburzeń radioelektrycznych oraz odporności na zaburzenia – Część 1-1: Aparatura do pomiaru zaburzeń radioelektrycznych i do badań odporności – Aparatura pomiarowa (CISPR 16-1-1), PKN, Warszawa 2010 r.
- [4] PN-EN 55016-4-2, Wymagania dotyczące aparatury pomiarowej i metod pomiaru zaburzeń radioelektrycznych oraz odporności na zaburzenia – Część 4-2: Niepewność, statystyka i modelowanie poziomów dopuszczalnych – Niepewność przyrządów pomiarowych, PKN, Warszawa 2011 r.
- [5] Piotrowski J., Kostyrow K., Wzorcowanie aparatury pomiarowej, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2012 r.,

**Autorzy:** mgr inż. Artur Dłużniewski, Instytut Kolejnictwa, Laboratorium Automatyki i Telekomunikacji, ul. Chłopickiego 50, 04-275 Warszawa, E-mail: [adluzniewski@ikolej.pl](mailto:adluzniewski@ikolej.pl); mgr inż. Łukasz John, Instytut Kolejnictwa, Laboratorium Automatyki i Telekomunikacji, ul. Chłopickiego 50, 04-275 Warszawa, E-mail: [ljohn@ikolej.pl](mailto:ljohn@ikolej.pl); dr inż. Mieczysław Laskowski, Instytut Kolejnictwa, Zakład Sterowania Ruchem i Teleinformatyki, ul. Chłopickiego 50, 04-275 Warszawa, E-mail: [mjlaskowski@wp.pl](mailto:mjlaskowski@wp.pl).