

BOGUSŁAW SZUBA, MAREK MADEJ

ELIMINACJA ŹRÓDEŁ EMISJI PROMIENIOWANIA ENERGETYCZNEGO - ORYGINALNE ROZWIĄZANIA WŁASNE

1. Wprowadzenie

Zasadniczym zadaniem wznoszonych obiektów architektonicznych jest zapewnienie człowiekowi optymalnych warunków do jego fizycznego i psychicznego rozwoju w każdym wieku, a także sprzyjających pracy, wypoczynkowi oraz regeneracji sił. Rosnący stopień cywilizacji i uprzemysłowienia społeczeństw spowodował, że większość ludzi spędza przeważającą część życia (do 95%) w zamkniętych pomieszczeniach i sztucznie wytworzonym klimacie [1]. Aglomeracja Śląska stanowi jeden z typowych przykładów wyszczególnionego powyżej zjawiska. Dlatego coraz większą uwagę zwraca się na utrzymanie optymalnych warunków środowiska, zaś wyspecjalizowane placówki badawcze prowadzą badania zmierzające do wyznaczenia parametrów tworzących środowisko.

W związku z szeroko prowadzoną ochroną środowiska, na tle której mikrośrodowisko mieszkania stanowi jedną ze "skór człowieka", podjęta problematyka ma doniosłe znaczenie. Głębsze zwrócenie uwagi w opracowaniu na środowisko mieszkalne powzięto w sposób zamierzony. Aglomeracja Śląska charakteryzuje się specyficznymi, trudnymi uwarunkowaniami zewnętrznymi, często bardzo uciążliwymi dla prawidłowego kształtowania obiektów i zespołów mieszkaniowych.

Obecny stan ochrony środowiska mieszkalnego wymaga podejmowania kompleksowych, wielodyscyplinarnych badań w celu poznania i oceny czynników biologicznych, chemicznych

i fizycznych, i ich wpływu na zdrowie mieszkańców. Niejednokrotnie są to badania trudne, albowiem chodzi o czynniki o niewielkim nasileniu, działające permanentnie przez całe życie, wywołujące trudno uchwytny efekty subkliniczne.

Obszerne ujęcie czynników oraz parametrów wchodzących w skład ochrony środowiska zawiera zamieszczona niżej tabela [2].

W opracowaniu skupiono uwagę na "klimacie elektromagnetycznym" środowiska mieszkalnego. W uprzednio dokonanych opracowaniach autorzy starali się dowieść istotnych współzależności kształtujących się pomiędzy zasadniczymi parametrami architektonicznymi budowli (lokalizacji, materiałem budowlanym, cechami geometrycznymi oraz zastosowanym kolorem) a tłem środowiska elektromagnetycznego (zarówno naturalnego, jak i sztucznie wytworzonego).

Celem podjętego opracowania było poszukiwanie i określenie sposobów eliminacji niekorzystnego oddziaływania wyposażenia, wytwarzającego pola elektromagnetyczne częstotliwości przemysłowych, we współzależności z podstawowymi parametrami architektonicznymi budowli o funkcji mieszkalnej. Opracowanie nie rozstrzyga stopnia szkodliwości poszczególnych czynników fizycznych pochodzących od pracy zastosowanych w mieszkaniu instalacji i urządzeń elektrycznych. Przedmiotowe relacje szeroko publikują podejmowane w kraju i za granicą opracowania naukowe.

Podjęte starania miały na celu stworzenie warunków maksymalnej eliminacji omawianych wpływów oddziaływania elektromagnetycznego zastosowanych w mieszkaniu instalacji oraz urządzeń elektrycznych. Nie chodziło tutaj jedynie o udoskonalanie tychże urządzeń jako takich, lecz rozpatrywanie ich jako części składowej w całości obiektu budowlanego, z pomocą którego kształtujemy między innymi środowisko mieszkalne.

Rozpatrując poszczególne parametry środowiska mieszkalnego należy stwierdzić, że Aglomeracja Śląska jest obszarem wysoce zdegradowanym. Koncentracja niekorzystnych czynników oddziałujących na organizm ludzki jest przyczyną powstawania wielu chorób, złego samopoczucia, niewydolności naszych organizmów w czasie pracy, niewystarczającego, niepełnego wypoczynku.

Wykaz ważniejszych czynników i parametrów środowiska mieszkalnego

RODZAJ CZYNNIKÓW	PARAMETRY ŚRODOWISKA
Przestrzenno-planistyczne	wysokość, szerokość i głębokość pomieszczeń, powierzchnia pomieszczeń, izolacja przestrzenna, powiązania funkcjonalne, łączność wzrokowa z zewnętrznym otoczeniem
Mikroklimat	temperatura powietrza i przegród oraz otaczających przedmiotów, różnice temperatur w płaszczyźnie poziomej i pionowej w powietrzu, przegrody budowlane, intensywność promieniowania cieplnego, wilgotność powietrza, ruch powietrza
Powietrze	skład powietrza, chemiczne zanieczyszczenia, zapylenie, biologiczne zanieczyszczenia, stan zjonizowania, wymiana powietrza
Klimat świetlny	nasłonecznienie, orientacja okien wg stron świata, oświetlenie naturalne, oświetlenie sztuczne
Klimat akustyczny	hałas zewnętrzny, hałas wewnętrzny, wibracja
Klimat elektromagnetyczny	pole geomagnetyczne, elektryczność statyczna, promieniowanie niejonizujące
Radioaktywność	radioizotopy, promieniowanie gamma

Jeśli chodzi o czynniki decydujące o klimacie elektromagnetycznym środowiska, należy podkreślić, że obszar Śląska obfituje w różnego rodzaju źródła negatywnego promieniowania. Wpływa na to obecność wielu zakładów przemysłowych, w których procesy technologiczne sprzyjają powstawaniu silnych pól elektrycznych, magnetycznych czy też elektromagnetycznych. Ponadto w rejonie tym przebiega wiele linii przesyłowych wysokiego napięcia, trakcji kolejowych, tramwajowych oraz trolejbusowych. Znaczące zagęszczenie ludności jest jednym z czynników generujących wzmożony ruch pojazdów samochodowych, których przeważającą większość stanowią samochody o zapłonie iskrowym silnie emitującym pola elektromagnetyczne.

2. Ogólna charakterystyka zagrożeń wynikających z energetycznego flau środowiska mieszkaniowego

Współczesne środowisko mieszkaniowe składa się z bardzo wielu źródeł promieniowania elektromagnetycznego. W procesie projektowania architektonicznego zjawiska związane z emisją promieniowania elektromagnetycznego, jak dotąd, nie są brane pod uwagę w sposób kompleksowy. Niejednokrotnie są one pomijane całkowicie przez architekta. Praktyka wskazuje, że architekt niejednokrotnie jest całkowicie nieświadomy zachodzących w budowlu zjawisk elektromagnetycznych. Nieświadomość ta rozpoczyna się od braku znajomości biocenotycznych uwarunkowań terenu w dziedzinie naturalnego promieniowania (pomijaniu dokonywania odpowiednich ekspertyz), przechodzi poprzez niezajomość oddziaływania źródeł zewnętrznego promieniowania sztucznego (linie przesyłowe, stacje radiowo-telewizyjne, radary, stacje przekaznikowe i inne), kończy natomiast na całkowicie beztroskim sposobie aranżowania projektowanych pomieszczeń względem występujących w nich urządzeń domowego użytku (telewizora, komputera, pralki, lodówki itp.).

Lech J. Radwanowski uważa energię elektromagnetyczną za jeden z podstawowych "stymulatorów życia". Podobnie wypowiada się w swych pracach twórca bioelektroniki Włodzimierz Sedlak [3].

Stymulatorem procesów życia jest w zasadzie energia elektromagnetycznych fal widmo-słonecznych w otoczeniu wodnym z jej właściwością entropii przebiegającej w polu geomagnetycznym. Pole magnetyczne indukuje prąd w poruszającym się płynie ustrojowym, a oddziaływanie powstałych bioprądów z polem magnetycznym składników ferro i paramagnetycznych wpływa na wielkość tego pola, a w konsekwencji na ruch tego płynu. Zasilaczem tego procesu jest fotosynteza i oddychanie umożliwiające proces utleniania i ruch elektronów.

Ciało ludzkie umieszczone w polu elektrycznym może zmienić rozkład tego pola. Jednakże ze względu na wysoką przewodność tkanek biologicznych, pola elektryczne 50 Hz skupiają się tylko na powierzchni ciała i tam tworzą prądy zmienne 50 Hz, które mogą krążyć we wnętrzu ciała. A zatem ciało ludzkie zachowuje się jak przewodnik o potencjale równym potencjalowi podłoża, jeżeli człowiek nie jest odizolowany od Ziemi. Jeżeli ciało ludzkie jest uziemione przepływa przez nie prąd wynoszący około 15 mikroamperów na każdy 1 kV/m składowej elektrycznej pola 50 Hz. Wielkość tego prądu zależy od wielkości i kształtu ciała [4].

Pole magnetyczne, w przeciwieństwie do elektrycznego, nie ulega zaburzeniu przez biomateriały wolne od magnetyków. Pole to wnikając do wnętrza ciała może jednak indukować prądy wirowe [4].

Środowisko mieszkaniowe należy do zaktywizowanych energetycznie. Naturalne stymulatory życia lub po prostu przemiany energetyczne zachodzące w środowisku są wzmocnione bądź wręcz zastąpione przez stymulatory pochodzenia cywilizacyjnego. Obiektem oddziaływania przedstawionych tu w wielkim skrócie zjawisk jest człowiek. Wiadomo już, że jest to działanie destrukcyjne. Ustalono jego przyczynowość jeśli chodzi o choroby nowotworowe, psychiczne oraz degenerację mutacji genetycznych. Człowiek przebywający w cywilizowanym świecie ok. 95% czasu swego życia spędza w ustrojach budowlanych i musi zdawać sobie sprawę z faktu, że przestrzeń zabudowana stanowi sobą olbrzymi generator energii permanentnie oddziałującej na jego organizm [5].

Wzrost natężenia występujących w naszym otoczeniu pól elektrycznych i magnetycznych powoduje zwiększenie ryzyka powstawania zachorowań pewnych odmian raka, a także wiele innych anormalnych stanów fizjologicznych i psychologicznych ludzkiego organizmu. Mimo że nie poznano dotąd w zadowalającym stopniu mechanizmu zachodzących zjawisk i procesów związanych z oddziaływaniem zmiennych pól elektromagnetycznych na żywy ustrój, wiadomo, że zarówno zmienne pole elektryczne, jak i magnetyczne otaczające ciało człowieka wywołuje we wnętrzu tkanek prąd elektryczny. Tak wytworzony prąd elektryczny zakłóca normalny transport jonów zachodzący poprzez błony komórkowe [6].

Prąd zmienny o wartości skutecznej jednej bilionowej ampera przypadającej na centymetr kwadratowy, przepływający przez wnętrze ciała wydaje się wielkością progową dla wywołania efektów biologicznych. Rezultaty wstępnych obserwacji wskazują, że pięciokrotne przekroczenie tego progu wywołuje wzrost produkcji protein w komórkach rakowych. Nie występują tu jednak współzależności liniowe np. 1000-krotne przekroczenie wartości progowej spowoduje 3-krotne zwiększenie produkcji protein. Zaobserwowane zmiany dotyczą zjawisk występujących w obecności prądów o częstotliwości przemysłowej 50-60 Hz [7].

Jeśli teoria zakłócania przepływu jonów przez błony komórkowe w wyniku wytworzonego we wnętrzu ciała prądu jest prawidłowa, to można wykazać, że ciało powinno być sensytywne dla prądów o częstotliwościach do 1000 Hz. Dokładna wielkość górnego progu częstotliwościowego nie jest poznana, jak również technika pomiaru mająca na celu ustalenie tejże wielkości nie została dotąd sprecyzowana. Biorąc powyższe pod uwagę, indywidualna

ekspozycja organizmu ludzkiego nie powinna być wyższa od wartości progowej (jednej bilionowej ampera na centymetr kwadratowy) o częstotliwości 1000 Hz i poniżej [8].

Rezultaty niektórych badań sugerują, że korzystniej jest przebywać w krótkim czasie w środowisku, gdzie znacząco przekroczona jest wartość progowa oddziałującego pola elektrycznego bądź magnetycznego, niż w przeciągu długiego okresu w środowisku o parametrach zaledwie przekraczających wartości progowe.

Dla częstotliwości wyższych od 1000 Hz ciało ludzkie wykazuje również sensytywność, lecz nie jest ona tak znacząca jak odpowiednio występująca dla częstotliwości niższych.

Zewnętrzne pole magnetyczne o wielkości indukcji 3 mG (miligaussów) lub pole elektryczne o wielkości 2,5 kV/m przy częstotliwości 60 Hz wytwarza we wnętrzu ciała prąd o wartości progowej (t.j. zdolnej wytworzyć efekty biologiczne narażonego ekspozycją organizmu ludzkiego). Prąd wytworzony we wnętrzu ciała jest proporcjonalny do wielkości częstotliwości oddziałującego pola. I tak: dla częstotliwości 120 Hz (2×60 Hz) - pole magnetyczne o wielkości 1,5 mG (milgausa) i pole elektryczne o wielkości 1,25 kV/m odpowiednio - są wystarczającymi czynnikami wywołującymi powstanie w ciele prądu o wielkości progowej. Warto tutaj wspomnieć, iż w przyrodzie występują znacząco silniejsze pola magnetyczne (500 mG), a także pola elektryczne (ok. 2 kV/m), lecz są to pola stałe, nie wywołujące przepływu prądu we wnętrzu eksponowanego ciała [4]. Fale radiowe i mikrofałe są szczególnym połączeniem pól elektrycznych i magnetycznych. W zakresie częstotliwości do 100 MHz dominujący wpływ na ciało człowieka pochodzi jedynie od pola magnetycznego, ponieważ pole elektryczne wytwarza słabsze prądy dopóki długość fali jest mniejsza od wymiarów ciała. Pola elektryczne o mniejszych częstotliwościach mogą więc być groźniejsze dopóki są przyczyną znaczących prądów, ale jedynie gdy pochodzą ze źródeł innych niż fale radiowe [9].

W świetle powyższego, wydaje się ze wszech miar celowe, by rozpatrywane w opracowaniu oddziaływanie energii elektromagnetycznej usystematyzować celem zbliżenia tej problematyki do zagadnień związanych z projektowaniem architektonicznym.

Przedstawiona poniżej systematyka została dokonana w zależności od lokalizacji źródła promieniowania w stosunku do obiektu oddziaływania, tj. człowieka przebywającego w rozpatrywanym budynku mieszkaniowym oraz ściśle powiązanych zagadnień projektowych.

Czynniki wpływające na warunki klimatu elektromagnetycznego w obiektach mieszkalnych:

1. Energia elektromagnetyczna przenikająca ze źródeł usytuowanych na zewnątrz obiektu:
 - a) lokalizacja budynku względem rozpatrywanego źródła emisji promieniowania (ulicy, linii przesyłowej, stacji trafo, i innych);
 - b) właściwości ekranowania ścian zewnętrznych i okien względem emitowanej energii elektromagnetycznej;
 - c) wykorzystanie kształtu projektowanej budowli (zespołu obiektów) celem uzyskania zjawiska rozproszenia emitowanej przez źródło energii;
 - d) odpowiedni dobór materiałów budowlanych celem uzyskania możliwie najkorzystniejszych parametrów ochrony obiektu przed niekorzystnym promieniowaniem.
2. Energia elektromagnetyczna przenikająca ze źródeł usytuowanych w sąsiednich pomieszczeniach:
 - a) układ funkcjonalny obiektu, rozmieszczenie pomieszczeń. Sytuowanie pomieszczeń pomocniczych od strony sąsiada wpływa na częściowe wytlumieni niepożądaną energię (łazienki, garderoby, wc, korytarze, komórki gospodarcze itp.);
 - b) właściwości elektryczne przegród i drzwi wejściowych;
 - c) rozprzestrzenianie się energii elektromagnetycznej po konstrukcji budynku.
3. Energia elektromagnetyczna wytworzona wskutek pracy urządzeń i instalacji elektrycznych:
 - a) jakość urządzeń i instalacji elektrycznych, sposób prowadzenia instalacji;
 - b) usytuowanie pomieszczeń technicznych zawierających urządzenia elektryczne względem pomieszczeń chronionych;
 - c) ekranowanie pomieszczeń technicznych.
4. Energia elektromagnetyczna wytworzona wskutek pracy urządzeń elektrycznych domowego użytku:
 - a) jakość pracujących urządzeń;
 - b) usytuowanie urządzenia względem jego użytkownika (aranżacja pomieszczeń);
 - c) kształt pomieszczeń (rozproszenie, bądź skupienie wytworzonej przez urządzenia energii);
 - d) wykończenie sufitów i podłóg.

3. Ważniejsze czynniki warunkujące klimat elektromagnetyczny w obiektach mieszkalnych

Jednym z czynników pogarszających jakość środowiska mieszkalnego jest zespół zjawisk elektrycznych występujących wskutek oddziaływania instalacji i urządzeń elektrycznych. Badania nad wpływem zjawisk elektrycznych na zdrowie ludzi w budynkach mieszkalnych stają się w kraju coraz bardziej skoordynowane (coroczne, naukowo - techniczne konferencje krajowe poświęcone problematyce pól elektromagnetycznych i ich oddziaływaniu na środowisko [10, 11, 12]).

Zjawisko oddziaływania kształtu budowli wobec emitowanej energii elektromagnetycznej występuje wszędzie tam, gdzie mamy do czynienia ze źródłem promieniowania i znajdującym się w jego zasięgu obiektem architektonicznym. Omawiane zjawisko należy rozpatrywać każdorazowo w sposób indywidualny. Wynika to z różnorodności możliwych przypadków, złożoności oddziaływań promieniowania, różnych rodzajów występujących źródeł promieniowania, a ponadto z rodzaju obiektu budowlanego, jego przeznaczenia, materiału, z którego ma być wykonany itp.

3.1. Usytuowanie stacji transformatorowych względem obiektu mieszkaniowego

W praktyce projektowej, jak i niestety realizacyjnej, spotyka się bardzo wiele rozwiązań, w których stacja transformatorowa sytuowana jest w obrysie obiektu mieszkaniowego.

W wielu krajach przepisy zezwalały na instalowanie transformatorów dużej mocy wewnątrz budynków mieszkalnych i biurowych. Jednak od lat praktyka ta spotyka się z protestami użytkowników obiektów mieszkalnych, którzy skarżą się na wiele dolegliwości wynikających z obecnego w sąsiedztwie transformatora. Niejednokrotnie wykonywane pomiary hałasu, wibracji oraz pól magnetycznych i elektrycznych porównywane z wartościami uznanymi za dopuszczalne nie wskazują podstaw do niepokoju. Jednak istniejący kontrast pomiędzy negatywną oceną lokalizacji transformatorów wyrażoną przez mieszkańców i pozytywną oceną ich usytuowania przeprowadzoną zgodnie z istniejącymi kryteriami wskazuje na potrzebę weryfikacji prawidłowości stosowanych unormowań. Przeprowadzone w Polsce badania w tej mierze prowadzą do następujących wniosków [13]:

1. Indukcja pola magnetycznego o częstotliwości 50 Hz i wartość 0,5 μT (mikrotesli), powyżej której występuje drżenie obrazu na ekranie telewizora lub monitora komputerowego, świadczy niezbicie o oddziaływaniu pola wytworzonego przez transformator.
2. Przeprowadzone badania [14] wskazują, że pola o indukcji ok. 0,5 μT , a nawet słabsze, mogą powodować (zwłaszcza przy długotrwałym przebywaniu w domu) zwiększone niebezpieczeństwo zachorowań na nowotwory.

Tabela 2

Pola elektryczne i magnetyczne o częstotliwości 50/60 Hz w środowisku człowieka [4]

	Wielkości maksymalne		
	pola elektryczne	pola magnetyczne	
	E(V/m)	B(Gaussów)	H(A/m)
Pola naturalne stałe	130 - 170	0,3 - 0,7	24 56
zmienne 50 Hz	0,0001	10^{-8}	8×10^{-7}
Rejony zamieszkałe	<1	$<10^{-3}$	0,08
Dom/urządzenia domowe: pokoje mieszkalne	1 - 20	<0,1	8
przew. elektr. 220 V	20 - 50	0,1 - 1	8 - 80
lampa biurkowa	140 - 200	5 - 10	400 - 800
suszarka do włosów	20 - 50		800 - 1600
koc elektryczny	200 - 250	10 - 20	800 - 1600
radio stereo	90	10 - 20	160 - 560
odbiornik tv	30	2 - 7	80 - 400
żelazko	60	1 - 5	800 - 1200
odkurzacz	15	10 - 15 0,1 - 1	8 - 80
Linie przesyłowe: 220 kV 0,5 m nad ziemią	4000 - 6000	0,15 - 0,2	16 - 18
380 kV 0,5 m nad ziemią	5000 - 8000	0,25 - 0,3	16 - 24
1100 kV 1 m nad ziemią	10000	0,35	28
Urządzenia przemysłowe: piece łukowe hutn. 50 Hz zgrzewarki odporowe 50 Hz		4 - 100 2 - 200	320 - 8000 160 - 16000
Dopuszczalne normy PL zawodowe	15000 (2000)	100 - 1000	8000 - 80000
środowiskowe	1000	brak	brak

3.2. Usytuowanie budynku mieszkalnego względem ciągu ulicznego

Stopień zagrożenia napromieniowania obiektu mieszkalnego przez poruszające się po ulicy pojazdy współzależny jest od natężenia ruchu oraz rodzaju poruszających się po jezdni pojazdów. Im ruch jest intensywniejszy, tym większe stwarza zagrożenie względem emitowanej energii elektromagnetycznej.

Prostopadłe usytuowanie obiektu mieszkaniowego w stosunku do ulicy zmniejsza wpływ emitowanej energii na budynek. Wynika to nie tylko z faktu, że działanie to w sposób istotny oddala pomieszczenia mieszkalne od źródła emisji promieniowania, ale także z właściwości i praw zjawiska indukcji. Maksymalne wytworzenie prądu indukcyjnego może nastąpić jedynie przy równoległym usytuowaniu obiektu w stosunku do źródła. Nie zawsze możliwe jest sytuowanie obiektu mieszkaniowego w wyżej opisany sposób. Należy zatem szukać innych rozwiązań.

Wiemy z doświadczenia, że ruchliwa ulica poza omawianym skażeniem promieniowania elektromagnetycznego stwarza wiele innych istotnych zagrożeń. Intensywny ruch uliczny na terenie osiedla mieszkaniowego stanowi niebezpieczeństwo dla poruszających się przechodniów, a w szczególności bawiących się dzieci.

Niezależnie od zastosowanych rozwiązań przestrzennych ograniczających emisję promieniowania elektromagnetycznego pochodzącego z ciągu ulicznego należy dążyć do takich rozwiązań technicznych pojazdów, by omawiane skażenie elektromagnetyczne wytworzone przez nie było minimalne.

Nadmienia się, że omawiana tu emisja promieniowania elektromagnetycznego nie tylko wywiera wpływ na organizmy żywe, ale jest przyczyną powstawania licznych uciążliwych zakłóceń w odbiorze stacji radiowych i telewizyjnych.

3.3. Usytuowanie obiektów mieszkalnych względem linii przesyłowych

Trasy linii napowietrznych 110 kV i wyższych należy dobierać tak, aby natężenie pola elektromagnetycznego nie przekraczało [15, 16]:

- a) 1 kV/m na wysokości 1,8 m od poziomu ziemi na obszarach lokalizacji budynków mieszkalnych oraz innych przeznaczonych na stały pobyt ludzi, w odległości 1 metra od krawędzi balkonu lub tarasu tych budynków, na wysokości 1,8 m od dachów

wykorzystywanych jako tarasy i od innych płaszczyzn poziomych przeznaczonych na pobyt ludzi przez dłużej niż 8 godzin na dobę

- b) 10 kV/m na wysokości 1,8 m od poziomu ziemi i innych płaszczyzn poziomych (w tym również dachów i tarasów budynków), przeznaczonych na pobyt ludzi nie przekraczający 8 godzin. Wymagania te będą spełnione, jeśli w projektach i realizacjach zachowane będą odległości określone w poniższej tabeli 3.

Tabela 3

**Odległości przesyłowych linii elektroenergetycznych od budynków
zapewniające nieprzekraczalne wielkości pola [15]**

Napięcie znam. linii [kV]	Odległości linii od budynków w [m] zapewniające nieprzekroczenie wielkości pola el-magnet.	
	1 kV/m	10 kV/m
110	14,5	4,0
220	26,0	5,5
400	33,0	8,5
750	65,0	15,0

Niektórzy znawcy poruszanej problematyki (Henryk Korniewicz, Centralny Instytut Ochrony Pracy w Warszawie) wyrażają opinię, iż przytoczone powyżej odległości są zbyt małe. Zgodnie z opinią H. Korniewicza, rzut pionowy instalacji linii wysokiego napięcia 110 kV na powierzchnię gruntu powinien być odsunięty od najbliższej krawędzi budynku na odległość przynajmniej równą wysokości zajmowanej przez linię. Odsunięcie to powinno być kilkakrotnie większe od wyszczególnionych powyżej 4.0 m. Jako uzasadnienie powyższego poglądu podaje przykładowo następujące czynniki:

- niebezpieczeństwo utraty zdrowia, a nawet życia na skutek spadnięcia fragmentów instalacji linii na budynek lub bezpośrednie otoczenie. Awary tego typu są prawdopodobne w czasie montażu linii, wobec wadliwie sporządzonego projektu, jak i w trakcie eksploatacji w wyniku złego wykonawstwa lub zaniechania należytej konserwacji. Fragmenty spadającej linii mogą powodować uszkodzenia mechaniczne, poparzenia prądem, pożary itp. Zasięg rażenia jest co najmniej równy wysokości omawianej konstrukcji wsporczej. Faktycznie może dochodzić do odległości równej połowie odległości między słupami przęsła,
- zagrożenie zdrowia na skutek niebezpieczeństwa uderzenia przez sadz spadającą ze słupów i przewodów linii,

- zagrożenie zdrowia przez pole magnetyczne linii i jego łączne oddziaływanie z polem elektrycznym 50 Hz. Szeroko prowadzone badania na świecie donoszą o potencjalnym wpływie pola magnetycznego na powstawanie i rozwój niektórych schorzeń nowotworowych,
- zagrożenie zdrowia przez prąd elektryczny indukowany we wszelkich domowych instalacjach metalowych (instalacja antenowa, instalacje odprowadzające wody deszczowe w postaci rynien okapów i rur spustowych, instalacja odgromowa, metalowe ogrodzenia, pokrycia dachów z blachy, metalowe bramy garażowe itp.),
- zwiększone zagrożenie zdrowia ze strony piorunów "ściągniętych" przez linie, mogących uderzyć w budynek,
- inne dotkliwie odczuwane uciążliwości związane z sąsiedztwem omawianej linii przesyłowej, takie jak hałas wytworzony wskutek pracy linii (przyczyną powstawania drgań akustycznych jest wiatr i pole elektryczne) [17], wytworzenie negatywnych stresów, wyraźnie pogarszających stan zdrowia (deformacja środowiska naturalnego, obniżenie wartości i atrakcyjności terenu, wytworzenie stałego poczucia zagrożenia, zakłócenia w odbiorze telewizyjnym i radiowym, ograniczenie dysponowania przestrzenią nad i obok własnego budynku [18, 19].

Przytoczone powyżej wielkości normatywne określające minimalne odległości od linii przesyłowych dotyczą konstrukcji napowietrznych. Należy podkreślić, że skablowane linie przesyłowe stanowią znacznie niższe zagrożenie dla zdrowia ludzi.

Poza omawianymi powyżej aspektami oddziaływania linii przesyłowych najwyższych napięć, należy zwrócić uwagę na zagrożenie pochodzące od linii napowietrznych trakcji elektrycznej kolejowej (również metro), tramwajowej i trolejbusowej. Trakcje te przebiegają najczęściej w bezpośredniej bliskości zabudowy mieszkalnej, szczególnie tramwajowa i trolejbusowa. W liniach następowych występują napięcia stałe o wartości kilku, kilkunastu kV o znacznych natężeniach prądów ustalonych (tętniących) i impulsowych lub krótkotrwałych, pobieranych przez jednostki napędowe w chwilach rozruchu, przyspieszania i hamowania. Napięcia stałe trakcji są źródłem pól elektrycznych, natomiast prądy stałe (tętniące) źródłem pól magnetycznych o natężeniach odpowiednio mniejszych, proporcjonalnych do przedstawionych w tabeli 2. Wytwarzane pola w stanach nieustalonych trakcji mają szerokie spektrum częstotliwości od zera do kilkuset kHz. Ich oddziaływanie na otoczenie może być tylko pozornie mniejsze niż linii przesyłowych najwyższych napięć ze względu na znacznie mniejsze oddalenie oraz szerokie spektrum częstotliwości emitowanych pól.

3.4. Lokalizacja osiedli i obiektów mieszkalnych względem radiostacji fal radiowych i telewizyjnych oraz innych źródeł promieniowania elektromagnetycznego

Promieniowanie elektromagnetyczne pochodzi nie tylko od sieci i urządzeń elektroenergetycznych różnej mocy. Istotne zagrożenie zdrowotne stwarzają radiostacje fal radiowych i telewizyjnych, radary, telefony komórkowe, różnego rodzaju urządzenia emitujące impulsy elektromagnetyczne wysokich częstotliwości, niejednokrotnie urządzenia i procesy produkcyjne [20, 21, 22].

Pewne uregulowania prawne związane z ochroną środowiska przed emisją promieniowania elektromagnetycznego pochodzącego ze stacji radiowych i telewizyjnych zawarto w Rozporządzeniu Rady Ministrów z 25.05.1972 w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu urządzeń wytwarzających pola elektromagnetyczne w zakresie mikrofalowym (Dz.U. nr 121, poz.153) oraz Rozporządzeniu Ministrów Pracy, Płacy i Spraw Socjalnych oraz Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 14.02.1977 w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu urządzeń wytwarzających pola elektromagnetyczne w zakresie od 0,1MHz do 300MHz (Dz.U. nr 8, poz. 33).

Uwzględnienie tych wymagań prawnych zmusza do dokonania - wyprzedzająco przed projektowaniem budynków oraz opracowaniem planu zagospodarowania - pomiaru terenu lokalizacji inwestycji mieszkaniowej przez Państwową Inspekcję Radiową, celem wykrycia i pomierzenia wartości pól elektromagnetycznych.

Wydaje się, że wpływ radiostacji na budowle architektoniczne, a w szczególności ich użytkowników jest dotąd zagadnieniem bardzo mało poznanym. Jednak istnieją istotne przesłanki zbadania tej problematyki w szerokim zakresie. Jedną z nich jest fakt, iż fale ultrakrótkie należą do fal metrowych, a zatem ich długość odpowiada niejednokrotnie wymiarom sylwetki ludzkiej (w zależności od spolaryzowania sygnału indukcja odbieranej energii może się odbywać w pionie lub w poziomie, odpowiednio w czasie czuwania, w trakcie stania i siedzenia bądź podczas snu w pozycji leżącej). Drugim niezwykle istotnym w omawianym przypadku czynnikiem jest fakt, że podobna indukcja może zachodzić wskutek zgodności długości fali do wymiarów płaszczyzn pomieszczeń, drzwi, okien oraz innych elementów budowli, które gromadząc skupioną energię stają się jej wtórnymi emitorami [22, 23].

Wszelkiego rodzaju elementy metalowe pod wpływem docierającej energii elektromagnetycznej indukują w swym wnętrzu prądy elektryczne, stając się wtórnymi źródłami pól elektromagnetycznych [20, 24]. Aby zneutralizować to zjawisko należałoby

generalnie uziemiać wszystkie z nich za pomocą odpowiednio skonstruowanych przewodów bądź konstrukcji odprowadzających ładunki elektryczne do ziemi. O ile są to elementy np. dachu (pokrycie z blachy) można w tym przypadku posłużyć się instalacją odgromienia. Jeśli jednak mamy do czynienia z elementami, z którymi kontakt człowieka jest teoretycznie możliwy (z punktu widzenia przeznaczenia elementu, pełnionej funkcji konstrukcyjnej, detalu wykańczającego itp.), np. metalowa balustrada, żaluzje okienne, metalowe karnisze itp., wówczas wykorzystanie instalacji odgromienia jest niemożliwe i wręcz niebezpieczne ze względu na możliwość porażenia piorunem w czasie wyładowania atmosferycznego. Należałoby w tym przypadku unikać elementów metalowych lub wprowadzać inne, wykonane z nieprzewodzących materiałów.

3.5. Właściwości elektryczne materiałów budowlanych

Omawiając zagadnienie wpływu promieniowania fal elektromagnetycznych na otoczenie należy zwrócić uwagę na stosowane w budownictwie materiały oraz sposób ich wykorzystania.

W aspekcie przenikalności pola elektromagnetycznego, materiał ściany nie ma większego znaczenia ze względu na pole magnetyczne. Wszystkie spotykane materiały budowlane są paramagnetykami, a więc o przenikalności magnetycznej względnej zbliżonej do powietrza.

Istotnym parametrem materiałów budowlanych (w tym również szkła okiennego) jest ich przenikalność elektryczna względna, która jest kilka, kilkanaście razy większa od przenikalności powietrza [25].

W aspekcie przewodności elektrycznej używane w budownictwie materiały konstrukcyjne ścian to dielektryki. Przenikalność dielektryczna ściany (jej właściwości ekranujące) zależy wprost od materiału. Stwarza to możliwości, poprzez dobór materiału i technologii, ekranowania pomieszczeń poprzez przegrody i okna [26]. Istotna jest przy tym grubość ściany i kształt pomieszczenia oraz jego wymiary.

3.6. Sposób wykonania instalacji elektrycznych w obiektach mieszkalnych (montaż i lokalizacja przewodów)

Instalacja elektryczna w budownictwie mieszkaniowym wykonywana jest przeważnie jako jednofazowa. Dotyczy to szczególnie budynków wielorodzinnych, w których do każdego mieszkania doprowadzona jest instalacja dwuprzewodowa o napięciu znamionowym 220 V

prądu przemiennego. Doprowadzenie energii elektrycznej do budynku i główne piony zasilające poszczególne grupy odbiorców wykonane są jako sieć trójfazowa [13, 27, 28].

Przewody elektryczne sieci jednofazowej w pomieszczeniu mieszkalnym, umieszczone przeważnie w ścianie, można traktować w przekroju jako dwa ładunki elektryczne o przeciwnych znakach, umieszczone w odległości $2a$ przewodów. Ich ładunek jest proporcjonalny do napięcia w przewodach. Wokół ładunków (przewodów) istnieje pole elektryczne, którego potencjał w dowolnym punkcie przestrzeni zależy wprost proporcjonalnie od ładunku (napięcia), odległości pomiędzy ładunkami (przewodami) i jest najmniejszy (zerowy) w osi prostopadłej do przechodzącej przez środek odcinka pomiędzy ładunkami. Zależy on również odwrotnie proporcjonalnie od x (właściwości materiałowe ośrodka) i jak $1/r^2$ od odległości od ładunków (przewodów) [24, 25, 29].

Przewody elektryczne przewodzące prąd są źródłem pola magnetycznego. Analizując zwroty wektorów natężenia pola, pochodzących od przewodów w których płynie prąd w przeciwnych kierunkach, można stwierdzić, że minimalne (zerowe) natężenie pola występuje w osi prostopadłej do przechodzącej przez środek odcinka pomiędzy przewodami. Wartość natężenia pola magnetycznego zależy wprost proporcjonalnie od natężenia prądu i odwrotnie proporcjonalnie od odległości od przewodów. Wartość indukcji elektrycznej zależy wprost proporcjonalnie od m (właściwości ośrodka, które pole przenika) [24].

Podsumowując powyższe spostrzeżenia można stwierdzić że:

- pole elektryczne i magnetyczne jest największe pomiędzy przewodami, natomiast w otaczającej przestrzeni istnieje pole rozproszenia, które jest wielokrotnie mniejsze od pola głównego;
- minimum pola rozproszenia występuje w osi prostopadłej do przechodzącej przez środek odcinka pomiędzy przewodami, stąd przewody powinny być umieszczane w ścianie płasko;
- pole rozproszenia zależy wprost proporcjonalnie od napięcia w przewodach i natężenia prądu natomiast maleje wraz ze wzrostem odległości i przenikalności elektrycznej. Należy dążyć do minimalizacji napięć i prądów w instalacji elektrycznej; co jest warunkiem niemożliwym jednocześnie do spełnienia przy stałej mocy, wobec czego przy istniejącym w naszym kraju standardzie zasilania 220/380 V należy dążyć do minimalizacji prądów (mocy) pobieranej przez odbiorniki (w osi przechodzącej przez przewody natężenie pola magnetycznego maleje jak $1/r^3$);

- ze względu na istotny parametr odległości, stosunkowo łatwy do spełnienia, należy oddalać źródła pola elektromagnetycznego;
- przewody elektryczne należy umieszczać wewnątrz ścian, szczególnie tych o dobrych właściwościach ekranujących (wartość przenikalności elektrycznej kilka, kilkanaście razy większa niż w powietrzu) lub od strony ścian zewnętrznych pomieszczeń i budynku;
- umieszczenie przewodów elektrycznych na zewnątrz ścian zewnętrznych zwiększa do maksimum wykorzystanie ich właściwości ekranujących;
- celowe jest stosowanie ekranów uziemionych.

Jednym z najistotniejszych parametrów, a przy tym najłatwiejszym do spełnienia przy minimalizacji oddziaływania źródła pola na otoczenie, jest odległość. W pomieszczeniach bardzo wysokich najlepsza jest lokalizacja przewodów przy suficie - w rogu ściany, w pomieszczeniach niskich - standardowych - najlepsza jest również lokalizacja przewodów przy suficie (ze względu na dzieci i pozycję spoczynkową w czasie snu). Jednak ze względów technicznych (gniazda zasilające sprzęt domowy i wyłączniki oświetlenia) wydaje się korzystniejsza lokalizacja przewodów, gniazd i wyłączników w rogu ściany przy podłodze lub nieznacznie powyżej. Ze względu na to, że wektor natężenia pola magnetycznego jest prostopadły do osi przewodów i w tej płaszczyźnie indukuje największe prądy, pozostają słuszne powyższe stwierdzenia o lokalizacji przewodów, które należy uzupełnić postulatem, aby odejść od prowadzenia instalacji oświetleniowych w pionach i używania nisko wiszących opraw oświetleniowych na długich przewodach (oddziaływanie na osoby i przedmioty leżące), na rzecz oświetlenia niskiego i bocznego przy udziale lamp stojących i ściennych, jak to jest powszechnie praktykowane np. we Francji.

Wydaje się słuszne prowadzenie głównych instalacji elektrycznych o dużych natężeniach prądów wraz z uziemionymi instalacjami sanitarnymi i wodno-kanalizacyjnymi, wykonanymi z rur stalowych lub tworzywowych, ale zawierających wodę. Pole rozproszenia od przewodów niwelowane jest w znacznej mierze przez uziomy i nie przenika do pomieszczeń chronionych. Również w pomieszczeniach mieszkalnych wyposażonych w instalacje sanitarne (wodne, gazowe) naturalnie uziemione celowe jest umieszczanie przewodów elektrycznych równoległe do nich.

Nowym, coraz szerzej stosowanym w krajach zachodnich rozwiązaniem jest instalowanie w instalacjach domowych i biurowych czujników monitorujących podłączenie do sieci zasilającej obciążenia. W przypadku jego braku (brak przepływu prądu do odbiorników) czujnik wy-

łącza napięcie zasilające w całej instalacji od punktu zabezpieczenia lub licznika, eliminując tym samym pole elektryczne wytwarzane przez będące pod napięciem przewody.

Instalacje z tworzywa, np. wentylacyjne, mogą w warunkach wymuszonego ruchu powietrza ulegać elektryzowaniu się i stanowić źródło znacznych stałych potencjałów odczuwalnych w bezpośrednim dotyku lub powodujących jonizację powietrza. Powinno więc wykonywać się je z materiałów pozbawionych właściwości elektryzowania się, np. o zwiększonej przewodności elektrycznej ułatwiającej odprowadzenie ładunków elektrycznych do ziemi.

Nie jest celowe prowadzenie instalacji elektrycznej na wszystkich ścianach pomieszczenia tak, aby tworzyła ona zamkniętą lub niepełną pętlę. Występuje w tym przypadku efekt zamkniętego zwoju przewodzącego prąd, w którego środku geometrycznym następuje efekt wzmacniania (sumowania) pola. Najgorszy przypadek występuje dla pomieszczenia kołowego i kwadratowego. Korzystniejszy jest kształt prostokątny, szczególnie z instalacją np. tylko na jednej ścianie. Podobny efekt zamkniętego zwoju, jednak o silniejszym oddziaływaniu, występuje w instalacji elektrycznej ogrzewania podłogowego. Oprócz zamkniętej pętli prądowej występuje efekt nieskompensowania pola rozproszenia, gdyż z reguły przewody fazowy i zerowy, umieszczone w podłodze, są od siebie znacznie oddalone. Występujące pomiędzy nimi pole jest znaczne, a zmierzone wartości indukcji rzędu 10-30 μT są szczególnie niebezpieczne dla bawiących się na podłodze dzieci oraz osób leżących w łóżku [13, 30].

3.7. Lokalizacja urządzeń elektrycznych w środowisku mieszkalnym

Oddzielną problematykę stanowią zagadnienia związane z emisją promieniowania elektromagnetycznego niezbędnych instalacji oraz urządzeń domowego użytku. Te ostatnie lokalizowane w przestrzeni gospodarstwa domowego w zależności od upodobań użytkownika, chwilowych potrzeb, oraz niejednokrotnie w zależności od gabarytów pomieszczeń i mebli stanowią również istotne źródła zagrożenia, tym bardziej że ich powszechność występowania, ilość nagromadzenia w każdym z mieszkań wraz z rozwojem gospodarczym stale się powiększa.

Źródłami pól magnetycznych występujących w obrębie środowiska mieszkalnego są: przewody, gniazdka i wyłączniki elektryczne występujące na ścianach, odkurzacze, miksery, wirówki, pralki, suszarki oraz inny sprzęt domowego użytku o napędzie w postaci silnika elektrycznego, ekrany telewizyjne i monitorów, zegary elektryczne, oraz zjawiska występujące na zewnątrz obiektu: uderzenia pioruna, przejeżdżające samochody, tramwaje, trolejbusy,

metro, przelatujące samoloty [5, 30, 19]. Głównymi źródłami pól elektrycznych występujących w środowisku mieszkalnym są: ekrany telewizyjne i monitorów, źle uziemiony sprzęt gospodarstwa domowego wymagający "zerowania", pojedyncze przewody elektryczne, oświetlenie fluorescencyjne, koce i poduszki elektryczne w momencie ich włączania oraz w szczególności wyłączania [19].

Wszystkie urządzenia elektryczne gospodarstwa domowego są źródłem pola elektromagnetycznego o bardzo szerokim spektrum częstotliwościowym. Telewizory i monitory komputerowe generują widmo w zakresie od 50 Hz do kilkuset kHz, szczególnie z lewego boku (moduły wysokiego napięcia), przodu i tyłu [31]. Pralki, odkurzacze, miksery, suszarki do włosów, tostery, grzejniki itp. generują widmo w otoczeniu 50 Hz do kilkuset Hz równomiernie wokół nich - o ile nie są specjalnie ekranowane i uziemione [5, 13, 19]. Przewody, gniazda elektryczne i punkty oświetleniowe są źródłem pól o częstotliwości 50 Hz o charakterystyce kołowej. Radioodbiorniki i sprzęt elektroakustyczny generuje pola w zakresie częstotliwości od pojedynczych kHz do setek kHz bez wyraźnie wyróżnionych kierunków.

Podsumowując właściwości emisyjne przedstawionych powyżej oraz innych urządzeń użytku domowego można stwierdzić, że poza monitorami i telewizorami nie wykazują one wyraźnej kierunkowości promieniowania, stąd przy ich lokalizacji decyduje parametr odległości oraz ekranowanie, np. ścianą. Nie jest celowe umieszczanie ww. urządzeń elektrycznych blisko miejsca stałego, dłuższego przebywania: stół, biurko, łóżko, miejsce zabawy dzieci i odpoczynku - tak w bezpośredniej odległości, jak i w sąsiednim pomieszczeniu bezpośrednio za ścianą. Jeżeli jest to możliwe, powinny znajdować się one (np. telewizor, monitor) przy ścianach zewnętrznych mieszkania lub ścianach do pomieszczeń technicznych, sanitarnych, klatek schodowych itp.

3.8. Kształt i gabaryty pomieszczenia użytkowego

Zjawisko oddziaływania gabarytów i kształtu przegród budowlanych na emitowaną energię elektromagnetyczną występuje wszędzie tam, gdzie mamy do czynienia ze źródłem promieniowania i znajdującą się w jego zasięgu przestrzeń pomieszczenia.

Kształt pomieszczenia oraz jego wymiary mają szczególne znaczenie w aspekcie oddziaływania na nie fal elektromagnetycznych UHF o długości fali rzędu od kilku metrów do dziesiątków centymetrów (do 80 MHz). Fala elektromagnetyczna przenikająca pomieszczenie ulega załamaniu i odbiciu od ścian [20]. W niektórych punktach pomieszczenia - działającego

jako rezonator fali - mogą wystąpić zwiększone natężenia pola [23]. Pomieszczenia o zróżnicowanym kształcie i wymiarach stwarzają mniejsze ryzyko powstania jednego, silnego rezonansu w jednym punkcie na rzecz kilku, rozproszonych w przestrzeni, o mniejszym natężeniu.

Przedmiotowe zjawisko należy rozpatrywać każdorazowo w sposób indywidualny. Wynika to z różnorodności możliwych przypadków, złożoności oddziaływań promieniowania, różnych rodzajów występujących źródeł promieniowania, a ponadto zależy od rodzaju pomieszczenia użytkowego, jego przeznaczenia, materiału przegród, z którego jest wykonane itp.

4. Przegląd metod i przyrządów do pomiaru pól elektromagnetycznych

Pole elektromagnetyczne nie jest mierzalne (w obecnej chwili) w sposób bezpośredni. Jego pomiar sprowadza się do zamiany jego składowych na inną wielkość mierzalną. Praktyczne zastosowanie w pomiarach pola elektrycznego i magnetycznego znalazł pomiar indukowanej np. w przewodzie (pole elektryczne) lub w ramce (pole magnetyczne) siły elektromotorycznej. Ze względu na deformacje pola wprowadzane przez ww. czujniki pomiarowe stosuje się w ograniczonym zakresie również metody oparte na wykorzystaniu czujnika Halla oraz elementów optycznych [29, 32, 33, 34].

Zagadnienia związane z metrologią pól elektromagnetycznych w aspekcie ochrony przed ich oddziaływaniem znalazły odzwierciedlenie w unormowaniach zagranicznych i krajowych m.in. [35, 36, 37, 38, 39, 40].

W ostatnich kilku latach pojawiło się na polskim rynku wiele nowych, krajowych i zagranicznych, mierników do pomiaru natężeń pól elektromagnetycznych.

Do mierników analogowych (wskazówkowych) możemy zaliczyć produkowane od lat osiemdziesiątych przez Politechnikę Wrocławską mierniki serii MEH, MH i IMR, pokrywające cały zakres częstotliwości od 40 Hz do 300 MHz (oraz 2.45 GHz) pomiarów pól elektrycznych i magnetycznych. Mierniki te posiadają sondy jedno lub wielokierunkowe na odpowiednie zakresy pomiarowe częstotliwości i natężenia pola. Ich dokładność wynosi ok. 20-30%. Innym miernikiem analogowym jest DMP1 produkowany przez sp. z o.o. "Eltem" z Zabrza. Jest to miernik pola elektrycznego o zakresie do 100 kV/m i dokładności rzędu 10-20%. W 1995 roku przewiduje się produkcję jego odmiany cyfrowej.

Wśród mierników cyfrowych dostępnych na polskim rynku możemy wymienić:

- mierniki MNP89 i MNP3D do pomiaru pól magnetycznych częstotliwości 50 Hz w zakresie 0.02-20kA/m i dokładności 5% produkcji Spółdzielni TIM we Wrocławiu;
- mierniki TRACER serii MikroELF, TR, MR, EF i EL produkcji amerykańskiej, pokrywające cały zakres pomiarowy pól elektrycznych i magnetycznych o dokładności rzędu 1%. Ich dystrybutorem jest firma TOMPOL w Warszawie[41];
- mierniki serii EMZ, OMP i DMP produkcji Instytutu Energetyki w Warszawie (tel. 022 36-75-51), mierzące pola elektryczne w zakresie 0.01-19.99 (30) kV/m z dokładnością ok. 5% [42].

5. Badania własne

Celem przeprowadzonych przez autorów opracowania badań było dokonanie pomiarów natężenia pola elektrycznego i magnetycznego, emitowanego przez powszechnie występujące w środowisku mieszkalnym źródła tych pól oraz pomiar właściwości ekranujących przegród budowlanych w aspekcie ich wykorzystania do kształtowania przestrzeni elektromagnetycznej w środowisku mieszkalnym.

Pierwsza część badań obejmowała pomiary natężeń pól elektrycznych i magnetycznych w pomieszczeniach mieszkaniowych. Pomiary te zostały przeprowadzone w budynkach mieszkalnych wykonanych zarówno z tzw. "wielkiej płyty", jak i w budynkach wykonanych jedynie z cegły. Pomiary zostały przeprowadzone miernikami: ME2 (pola elektryczne), MEH1a (pola elektryczne i magnetyczne) oraz miernikiem wykonanym przez autorów (miernik modelowy).

Badane obiekty nie sąsiadowały z liniami wysokiego napięcia ani stacjami transformatorowymi. Średnia wartość natężenia pola tła (przy wyłączonej instalacji elektrycznej w mieszkaniu) pochodzącego od sąsiednich pomieszczeń wynosiła w pomieszczeniach badanych poniżej 5 V/m oraz poniżej 1 mG (0.08 A/m). Należy w tym miejscu nadmienić, że zarówno w piśmiennictwie, jak i metrologii pól używa się "starych" i "nowych" jednostek natężenia pola magnetycznego: T (tesla), G (gauss) oraz A/m (amper na metr). Również mierniki różnych producentów wyskalowane są w ww. jednostkach, w związku z czym celowe staje się podanie zależności przeliczeniowych tych jednostek, które prezentuje poniższa tabela 4 [33]:

Tabela 4

**Odpowiedniość jednostek pola magnetycznego
w ośrodkach niemagnetycznych**

A/m	796	80	8	0.8	0.08
Gauss	10	1	0.1	10m	1m
Tesla	1m	0.1m	10m	1m	0.1m

Poniższa tabela prezentuje wyniki pomiarów natężeń pól elektrycznych i magnetycznych, uzyskanych w wyniku własnych pomiarów, pochodzących od domowych urządzeń i instalacji elektrycznych, zmierzonych w paśmie częstotliwości 50 Hz-20 kHz. Uzyskane wyniki świadczą o dużej rozpiętości natężeń pól pochodzących od różnych urządzeń.

Urządzenia domowe zasilane napięciem sieciowym 220 V emitują pola elektryczne do 1 kV/m, natomiast monitory i telewizory, generujące wewnątrz wysokie napięcia, emitują pola powyżej kilku kV/m. Źródłem pól magnetycznych są szczególnie urządzenia grzejne i napędy o dużych mocach, powyżej 1 kW.

Druga część badań obejmowała pomiary właściwości ekranujących powszechnie stosowanych przegród budowlanych, wykonanych z cegły, gipsu i betonu, o różnej grubości i technologii. Poniższa tabela przedstawia uśrednione wyniki pomiarów dla wielu przegród danego typu, dokonanych ww. miernikami w paśmie częstotliwości 50Hz i przy napięciu w "przewodach" źródłowych (fazowy - zerowy) 220(380) V. Współczynnik tłumienia (w dB) wyznaczono z zależności [24, 29]:

$$K_E = 20 \log E_0 / E_T \quad \text{dla pola elektrycznego;}$$

$$K_H = 20 \log H_0 / H_T \quad \text{dla pola magnetycznego.}$$

Tabela 5

Natężenia pól elektrycznych i magnetycznych od domowych urządzeń i instalacji elektrycznych

Źródło pola	Odległość w cm	Miernik modelowy		Inny miernik	
		E (kV/m)	H (mG)	E (V/m)	H (mG)
1	2	3	4	5	6
Urządzenia domowe - średnio	15-30	<1	5-50	20-80	5-100
Monitor mono.	20 poz.	<1	25-30	7-20	1-5
Monitor kolor.	20 poz.	1-5 (10)	10-15	75-100	5-25
Monitor kolor.	40 poz.	0-1	10	20-50	
Monitor mono.	20 pion.	<1	4-7	40-50	4-7
Monitor kolor.	20 pion.	1-10	5-10	60-90	4.5-7

1	2	3	4	5	6
TV mono. 14"	20 poz.	<1		75-400	
TV kolor. 21"	20 poz.	1-5 (15)	15-30	300-500	35-70
TV kolor. 28"	20 poz.	1-10 (15)	20-50	300-500	35-75
Ogrzew. podłog. 1.5-2.5 kW	5 pion.	1-2	>100	3-18	130-250
	150 pion.	<1	2-10	<3	4-20
Ogrzew. listwowe	15 poz.	<1	50-100		70-80
Boiler 2 kW	15	<1	2-7	180	
Toster 200 W	20	1-1.5	1-5	75	4-9
Zestaw audio 75 W	30	<1	50	40-65	20-45
Lodówka (uziem.)	20	<1	<5	10-25	10-45
Lampa stoł. 75 W	20	<1	15-50	2-10	23-210
Suszarka 450 W	20	1-2	10-30	30-35	30-70
Żelazko 750 W	20	<1	6-15	45-65	2-5
Świetlówka 25 W Philips	15	<1		40-150	
Lampa wisząca 100W, 60 cm	20	<1	30-100	130-200	30-350
Przewód wtykn. 220 V, bez obc.	15	<1	50-100	20-90	40-110
Przewód wtykn. 220V, 1 kW	15	<1	>100	30-140	100-900
Odkurzacz 1 kW	20	<1	>100	15-100	100-550

gdzie wielkości oznaczone indeksem "0" dotyczą wartości bez przegrody (ekranu), natomiast z indeksem "T" - z przegrodą (ekranem). W nawiasach podano skrajne wartości uzyskane w niektórych przypadkach przegród i metody pomiaru.

Wyniki świadczą o właściwościach ekranujących stosowanych przegród budowlanych. Podstawowymi parametrami przegrody jako ekranu elektromagnetycznego są jej grubość oraz rodzaj materiału, a następnie technologia. Grubość przegrody lub jej składowych wymiennie wpływa na wzrost współczynnika ekranowania, szczególnie pola elektrycznego. Porównując przegrody o podobnej grubości można stwierdzić, że najlepsze właściwości ekranujące dla pola elektrycznego ma gips i beton, a następnie cegła (i pustaki) i bloczki (żuzłobetonowe itp.). Właściwości ekranujące pola magnetyczne badanych przegród są w przybliżeniu podobne, a uzyskane wyniki mieszczą się w granicach błędu metody i zastosowanych mierników. Jedyny wyjątek tak dla pól elektrycznych jak i magnetycznych stanowi przegroda ze stalowym zbrojeniem wewnątrz (dotyczy stropów i ścian nośnych z tzw. żelbetu), której współczynniki ekranowania są znacznie większe niż w pozostałych przypadkach.

Tabela 6

Właściwości ekranujące typowych przegród budowlanych

Typ przegrody materiał i technologia, grubość	Współczynnik tłumienia pola elektrycznego dB	Współczynnik tłumienia pola magnetycznego dB
1	2	3
Cegła pełna + tynk wap. dwustr. - 9cm	(3.5) 6.3-7.0	<1
Cegła pełna + tynk wap. dwustr. - 12cm	8.6-8.7	<1.5
Cegła pełna + tynk wap. dwustr. - 44cm	(0.5) 2.3-2.6	(1.5) <1
Cegła dziur. + tynk wap. dwustr. - 9cm	(2.9) 4.6-5.9	<1
Płyta gips. 2x1cm stelaż drew. - 5.5cm	(3.1) 2.0-2.6	<1
Płyta gips. 2x1cm stelaż drew. - 8cm	2.6-3.4	<1
Płyta gips. 2x2cm stelaż drew. - 18.5cm	(6.0) 6.6-7.2	<2
Beton - 10cm	10.0-13.5	<2
Beton - 15cm	11.9-15.8	<2 (3)
Żelbet bez tynku 15cm	39.6-45.6	(5.6-12.4) 1.6-6.5
Żelbet bez tynku zewn. - 22cm	>47.0	(4.9-11.9) 1.9-8.1
Błoczek żużlobet. +tynk wap. dw. 33cm	9.4-10.1	<1
Kratówka. + tynk wap. dwustr. - 24cm	(10.9) 7.8-9.0	<1

6. Zalecenia dla projektantów

- W celu uzyskania możliwie minimalnego oddziaływania w przypadku "liniowych" emitatorów energii elektromagnetycznej najkorzystniej jest sytuować budynek dłuższą krawędzią prostopadle do nich.
- Transformator energetyczny jest obiektem technicznym, który bezsprzecznie powinien być lokalizowany poza bryłą budynku mieszkaniowego. Im dalej od budynku mieszkaniowego

jest sytuowany transformator, tym korzystniej dla jego mieszkańców. W pobliżu trafostacji nie powinny być lokalizowane placówki zabaw dla dzieci, miejsca wypoczynku (ławki, siedziska itp.) lub długotrwałego przebywania ludzi;

- Zgodnie z tendencjami światowymi, powinno się odstąpić od lokalizacji transformatorów mocy w budynkach mieszkalnych i biurowych. W czasie konferencji Unii Europejskiej na temat pól elektromagnetycznych (COST 244, Plzen 17-18 kwietnia 1994) przedstawiciel Wielkiej Brytanii stwierdził, że w angielskim budownictwie mieszkaniowym nie istnieje problem zagrożeń pochodzących od transformatorów, gdyż nie są one instalowane w budynkach mieszkalnych. Przedstawiciel Szwajcarii stwierdził natomiast, że podejmowane są energiczne starania o wprowadzenie zakazu instalowania transformatorów w budynkach, w których na stałe przebywają ludzie [13].
- W przypadku konieczności sytuowania trafostacji w obiekcie mieszkaniowym należy dążyć do maksymalnego ekranowania zastosowanych urządzeń. Jako materiału ekranującego używać dobrze uziemionych, gęstych siatek z drutu stalowego lub folii metalowych (np. stal transformatorowa, aluminium, miedź, żelazo) układanych na ścianach i stropach pomieszczenia zawierającego urządzenia trafostacji. Ekranowanie pola elektrycznego jest w tym przypadku stosunkowo proste, niestety, pole magnetyczne przenika przez tego rodzaju ekran bez przeszkód. Ekranowanie pola magnetycznego jest zabiegiem trudnym i kosztownym. Jako materiałów ekranujących magnetycznie można użyć blachy, tkaniny lub taśmy z materiałów ferromagnetycznych (stal, permalloy), amorficznych (Vacoperm, Metglas, Vitrovac) lub szkła metalicznego. Możliwe jest również zastosowanie metody pól odmagnesowujących [26].
- Ze względu na szkodliwą emisję promieniowania elektromagnetycznego należy unikać stosowania trafostacji słupowych na rzecz obiektów naziemnych lub korzystniej - obsypanych ziemią lub wręcz zagłębionych w ziemi;
- Współcześnie obserwuje się trend zabezpieczania ruchu pojazdów przed zwierzyną na drogach szybkiego ruchu, autostradach, w postaci stosowania siatek ochronnych wzdłuż przebiegu trasy, a w miejscach sytuowania obiektów mieszkaniowych dodatkowo ekrany akustyczne. Zdaniem autorów, w uzasadnionych przypadkach, należałoby stosować ekrany akustyczne i elektromagnetyczne jako budowlę wspólną, wykonaną z materiału pozwalającego osiągnąć zadowalający stopień ekranowania energii pól elektromagnetycznych.

- W przypadku gdy ekran akustyczny jest zbędny, a wymagany byłby elektromagnetyczny, można stosować jedynie uziemione siatki wykonane z drutu stalowego.*
- Rzut pionowy instalacji linii wysokiego napięcia 110 kV na powierzchnię gruntu powinien być odsunięty od najbliższej krawędzi budynku na odległość przynajmniej równą wysokości zajmowanej przez linię. Odsunięcie to powinno być kilkakrotnie większe od wyszczególnionych powyżej 4.0 m.
- W miejscach lokalizowania osiedli mieszkaniowych należałoby realizować - w miarę możliwości - skablowane trasy przesyłowe. W przypadku tym wytworzone pole elektromagnetyczne przenika do gruntu, w którym prowadzony jest kabel i jest tym samym ekranowane.
- Pragnąc zapobiec zjawisku wtórnej emisji pola elektromagnetycznego wywołanego wskutek wzbudzenia przepływu prądu elektrycznego, należy dążyć do uziemiania metalowych konstrukcji i elementów obiektu budowlanego. O ile są to elementy dachu (pokrycie z blachy), można w tym przypadku posłużyć się instalacją odgromową.
- Jeśli jednak mamy do czynienia z elementami, z którymi kontakt człowieka jest możliwy (z punktu widzenia przeznaczenia elementu, pełnionej funkcji konstrukcyjnej, detalu wykańczającego itp.), np. metalowa balustrada, żaluzje okienne, metalowe karnisze itp., to wykorzystanie instalacji odgromienia jest niemożliwe i wręcz niebezpieczne ze względu na możliwość porażenia piorunem w czasie wyładowania atmosferycznego. Należy w tym przypadku unikać elementów metalowych lub wprowadzać inne, wykonane z nieprzewodzących materiałów.
- Jedną z praktycznych możliwości uzyskania ekranu elektrycznego jest wykorzystanie instalacji odgromowej. Powinna być wykonana - możliwie gęsto - w postaci pionowych zwo-

*Oddzielnym zagadnieniem jest estetyka proponowanych rozwiązań. Wydaje się jednak, że jest ona współzależna od traktowania omawianego zabezpieczenia jako pełnowartościowego elementu tzw. małej architektury. Można wyobrazić sobie, że omawiane ekrany stanowią określone elementy aranżacji przestrzeni ulicznej, świadomie komponowane plastycznie, z miejscem na wszechobecną współcześnie reklamę, oświetlenie uliczne, wydzielone pasy dla ścieżek rowerowych (tunele z siatki), oparcie dla pnącej się zieleni sadzonej w donicach bądź w kwietnikach.

Można wyobrazić sobie inne sposoby zabezpieczenia ciągu ulicznego przed niepożądaną emisją polegające na umieszczaniu dróg poniżej terenu (na przykład w otwartym w wykopie), w obudowanym tunelu, w skrajnych przypadkach ponad projektowaną zabudowę (na estakadach).

Omawiane tu przypadki należy stosować rozpatrując emisję promieniowania elektromagnetycznego jako zjawisko towarzyszące, trudno wyobrazić sobie, że względy ochrony przeciwpromiennej podyktują np. budowę dróg na estakadach jako powszechnie obowiązujące. Jest to nie uzasadnione ze względów ekonomicznych. Jeśli jednak pewne uwarunkowania wskazują na potrzebę stosowania ww. drogowych rozwiązań przestrzennych, zabezpieczenie przeciwpromienne (wprowadzenie do stosowanych rozwiązań ekranów elektromagnetycznych) stanowi niewielki, ułamkowy dodatek finansowy.

dów, biegnących z dachu do ziemi, rozgałęziających się na ścianach i dachu, lecz nie tworzących zamkniętych pętli.

- Biorąc pod uwagę uzyskane w niniejszej pracy wyniki badań właściwości ekranujących pól elektromagnetycznych typowych przegród budowlanych, zaleca się stosowanie - o ile to możliwe - na materiał przegrody w pierwszej kolejności - gipsu i betonu, a następnie cegły (i jej odmian), a w dalszej kolejności pozostałych materiałów. Zwiększenie grubości przegrody wpływa korzystnie na tłumienie pola, szczególnie elektrycznego.
- Aby zwiększyć efekt ekranowania pola elektrycznego, należy umieszczać w ścianie zbrojenia, siatki, taśmy lub folie metalowe, najlepiej uziemione. W celu zwiększenia efektu ekranowania pola magnetycznego wskazane jest umieszczenie w ścianie zbrojenia, siatek, taśm lub folii z materiałów ferromagnetycznych, np. żelaza, stali transformatorowej, permalloyu szkła metalicznego itp. [26].
- Nowym, coraz szerzej stosowanym w krajach zachodnich rozwiązaniem jest instalowanie w instalacjach domowych i biurowych czujników monitorujących podłączenie do sieci zasilającej obciążenia. W przypadku jego braku (brak przepływu prądu do odbiorników) czujnik wyłącza napięcie zasilające w całej instalacji od punktu zabezpieczenia lub licznika, eliminując tym samym pole elektryczne wytwarzane przez będące pod napięciem przewody.
- Ze względu na możliwość występowania negatywnych zjawisk związanych ze współdziałaniem emitowanej energii elektromagnetycznej z układem urbanistycznym zespołu obiektów mieszkalnych lub też odpowiednio przegród budowlanych występujących w pomieszczeniach omawianych obiektów, zaleca się dokonywania kontroli natężeń tła elektromagnetycznego przestrzeni występującej zarówno między obiektami budowlanymi, jak i w ich wnętrzu. Zaleca się wykorzystanie do ww. pomiarów przyrządu pomiarowego skonstruowanego i opisanego w ramach niniejszej pracy. W przypadku uzyskania negatywnych wyników pomiarów należy dążyć do eliminacji źródła emisji, w dalszej kolejności ograniczenia jego oddziaływania drogą:
 - a) stosowania środków technicznych (ekranowanie, rozpraszanie i pochłaniania energii pola;
 - b) stosowania metod architektonicznych (ukształtowanie przestrzenne zespołu obiektów architektonicznych, strefy użytkowe pomieszczeń, elementy architektoniczne o przeznaczeniu specjalnym - pełniące funkcje użytkowe oraz zadania ekranowania, rozpraszania i pochłaniania energii pola).

7. Wnioski

Biorąc pod uwagę powyższe rozważania, można sformułować szereg zasad prawidłowego kształtowania obiektu architektonicznego pod względem rozpatrywanej emisji energii fal elektromagnetycznych, pól elektrycznych czy też magnetycznych.

W budynkach mieszkalnych można rozróżnić następujące grupy pomieszczeń:

- 1) pomieszczenia chronione przed oddziaływaniem promieniowania elektromagnetycznego w zależności od przeznaczenia;
- 2) pomieszczenia zawierające źródła promieniowania elektromagnetycznego zwane pomieszczeniami technicznymi (wbudowane stacje trafo, hydroforownie, wentyla-tornie, przyłącza elektryczne itd);
- 3) pomieszczenia pomocnicze nie wymagające ścisłej ochrony przed promieniowa-niem elektromagnetycznym (korytarze, strychy, przechowalnie wózków, piwnice itp.

Kształtowanie klimatu elektromagnetycznego pomieszczeń w budynkach mieszkalnych można i należy oprzeć na następujących ogólnych zasadach:

A. Zasada ograniczenia poziomu natężenia promieniowania elektromagnetycznego (spoza budynku) za pomocą rozwiązań budowlanych, urbanistycznych i komunikacyjnych.

Polega ona na prawidłowym, z punktu widzenia ochrony przed promieniowaniem elektromagnetycznym rozmieszczaniu tras komunikacyjnych (poruszające się wzdłuż ulicy pojazdy samochodowe, tramwaje, trolejbusy, a w przypadku komunikacji kolejowej - elektrowozy), zastosowaniu w terenie rozwiązań urbanistycznych pozwalających na uzyskanie niezbędnego oddalenia od źródeł emisji promieniowania elektromagnetycznego (linii przesyłowych, elektrycznych trakcji transportu szynowego, elektrowni, rozdzielni elektroenergetycznych, stacji radiowych, telewizyjnych i przekątnikowych) oraz takiego lokalizowania, ukształtowania brył budynków i rozplanowania pomieszczeń, by w przestrzeni naszych mieszkań negatywne promieniowanie elektromagnetyczne było jak najniższe.

B. Zasada hermetyzacji źródeł promieniowania elektromagnetycznego.

Polega ona na doborze niezbędnych urządzeń elektrycznych i instalacji o parametrach możliwie najkorzystniejszych względem ochrony przeciwpromiennej oraz ograniczaniu przenikania promieniowania elektromagnetycznego z technicznych pomieszczeń obiektu do pomieszczeń chronionych, przez prawidłowe rozmieszczanie pomieszczeń w budynku, stosowanie ekranów ograniczających promieniowanie elektromagnetyczne.

C. Zasada hermetyzacji pomieszczeń chronionych.

Polega na ograniczaniu przenikania promieniowania elektromagnetycznego przez prawidłowe rozmieszczanie pomieszczeń chronionych, ekranowanie pomieszczeń chronionych względem technicznych, zawierających źródła promieniowania elektromagnetycznego, pomieszczeniami pomocniczymi i odpowiednio skonstruowanymi przegrodami.

D. Zasada dodatkowego tłumienia poziomu promieniowania elektromagnetycznego.

Polega ona na wprowadzeniu dodatkowego tłumienia promieniowania elektromagnetycznego na drodze "źródło promieniowania" - "pomieszczenie chronione" we wszystkich tych przypadkach, w których wymienione wyżej trzy zasady nie dadzą wystarczających rezultatów. Wprowadzenie dodatkowego tłumienia poziomu promieniowania można uzyskać drogą zastosowania środków technicznych lub metod architektonicznych.

Reasumując, realizacja ochrony przeciwpromiennej w budynku polega na:

- ograniczaniu przenikania do pomieszczeń chronionych promieniowania elektromagnetycznego, co wiąże się z poprawnym rozwiązaniem urbanistycznym osiedla i bezpośredniego otoczenia budynku. Dotyczy to nie tylko zachowania odpowiednich odległości osiedla względem źródeł promieniowania, ale również świadomego kształtowania form zabudowy (zwarta, rozproszona), ukształtowania terenu (np. świadomego wprowadzania górek, wałów ziemnych itp.). Ograniczenie oddziaływania pola elektrycznego w stosunku do podobnego zamierzenia względem pola magnetycznego jest przedsięwzięciem prostszym. Wynika to z charakteru oddziaływania wymienionych pól jak też ze specyfiki materiałów zdolnych przedmiotowe promieniowanie ograniczać;
- ograniczeniu przenikania promieniowania elektromagnetycznego wytworzonego wskutek pracy urządzeń elektrycznych zawartych w pomieszczeniach technicznych do pomieszczeń chronionych. Wiąże się to z odpowiednią lokalizacją tych pomieszczeń we wnętrzu obiektu oraz zastosowaniem urządzeń o jakości pozwalającej sądzić, że wytworzone promieniowanie będzie jak najniższe;
- wprowadzenie dodatkowych zabezpieczeń przeciwpromiennych w przypadku urządzeń i instalacji wytwarzających nadmierne promieniowanie elektryczne czy magnetyczne. Rozpatrywać należy tu zastosowanie odpowiedniego ekranowania źródeł promieniowania względem pomieszczeń chronionych.

Literatura

1. Szymański T. (Politechnika Gdańska), Parametry komfortu w pomieszczeniach biurowych.. Technika Chłodnicza i Klimatyzacja , 1/1994.
2. Waniewski E., Sadowski J., Maziarka S., Brunalski L., Podsumowanie i synteza wyników badań w zakresie zagrożenia środowiska mieszkalnego przez czynniki biologiczne, chemiczne i fizyczne, prowadzonych w latach 1982-1985. Praca Naukowo - badawcza nr 2601/ND-28/85. Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 1986.
3. Sedlak W., Wprowadzenie w bioelektronikę. Zakład Narodowy im. Ossolińskich. Warszawa 1988.
4. Szmigielski S., Sokalska G., Sobczyński J., Efekty biologiczne i ryzyko zdrowotne pól elektrycznych i magnetycznych 50Hz - metody badania, interpretacja wyników, podstawy opracowania norm narażenia. Konferencja naukowo-techniczna: Pola elektromagnetyczne a energetyka i środowisko. Bielsko-Biała 1992.
5. Piłatowicz A., Szuba M., Oddziaływanie pól elektromagnetycznych 50 Hz na środowisko. II Konferencja naukowo-techniczna: Pola elektromagnetyczne a energetyka i środowisko. Bielsko-Biała 1994.
6. EPA Draft report March 1990. Nature, vol. 345, 6-7-90, pg. 463.
7. Science News, vol. 137, no 15, pg. 229, April 14, 1990.
8. The Lancet, January 29, 1983, pg. 246; New England Journal of Medicine, vol. 307, no. 4, July 22, 1982, pg. 249.
9. Piławski A. (red.): Podstawy biofizyki. PZWL. Warszawa, 1985.
10. Konferencja Naukowo-Techniczna, Pola elektromagnetyczne a energetyka i środowisko. Materiały konferencyjne. Bielsko-Biała 1992.
11. II Konferencja Naukowo-Techniczna, Pola elektromagnetyczne a energetyka i środowisko. Materiały konferencyjne. Bielsko-Biała 1994.
12. XIV Szkoła Jesienna PTBR, Wpływ fal elektromagnetycznych na organizmy żywe. Zakopane 1993.
13. Korniewicz H., Pola elektromagnetyczne w mieszkaniach. II Konferencja naukowo-techniczna: Pola elektromagnetyczne a energetyka i środowisko. Bielsko-Biała 1994.
14. Delpizzo V.: A model to assess personal exposure to ELF magnetic fields from common household sources. Bioelectromagnetics, Vol.11 s. 139-147, 1990.
15. Zarządzenie ministra górnictwa i energetyki z dnia 28 stycznia 1985 r. w sprawie szczegółowych wytycznych projektowania i eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych

w zakresie ochrony ludzi i środowiska przed oddziaływaniem pola elektromagnetycznego (MP nr 3, poz. 149).

16. PN-75/E-05100. Elektroenergetyczne linie napowietrzne. Projektowanie i budowa.
17. Engel Z., Wszolek T., Problematyka uciążliwości akustycznej linii elektroenergetycznej 110-400 kV w ocenach oddziaływania na środowisko. II Konferencja naukowo-techniczna: Pola elektromagnetyczne a energetyka i środowisko. Bielsko-Biała 1994.
18. Handka A., Sieci elektroenergetyczne. Szkodliwe zjawiska towarzyszące przesyłaniu energii elektrycznej. PP, Poznań 1987.
19. Szuba M., Źródła pól elektromagnetycznych o częstotliwości 50Hz w środowisku człowieka. XIV Szkoła Jesienna PTBR: Wpływ fal elektromagnetycznych na organizmy żywe. Zakopane 1993.
20. Kubacki R., Właściwości fizyczne pól elektromagnetycznych 0-300 GHz. XIV Szkoła Jesienna PTBR: Wpływ fal elektromagnetycznych na organizmy żywe. Zakopane 1993.
21. Aniołczyk H., Telefonía komórkowa. Ocena ekspozycji na pola elektromagnetyczne. XIV Szkoła Jesienna PTBR: Wpływ fal elektromagnetycznych na organizmy żywe. Zakopane 1993.
22. Koperski A., Kubacki R., Występowanie radiofal i mikrofal w środowisku. XIV Szkoła Jesienna PTBR: Wpływ fal elektromagnetycznych na organizmy żywe. Zakopane 1993.
23. Korniewicz H., Wtórne zagrożenia elektromagnetyczne. XIV Szkoła Jesienna PTBR: Wpływ fal elektromagnetycznych na organizmy żywe. Zakopane 1993.
24. Krakowski M.: Elektrotechnika teoretyczna, tom 2. Pole elektromagnetyczne. PWN., Warszawa 1983.
25. Kolbiński K., Słowikowski J., Materiałoznawstwo elektrotechniczne. WNT, Warszawa 1988.
26. Kiełtyka L., Teoria i technika ekranowania przed wpływem pól magnetycznych niskiej częstotliwości. Konferencja naukowo-techniczna: Pola elektromagnetyczne a energetyka i środowisko. Bielsko-Biała 1992.
27. Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlano-montażowych, tom 5. Instalacje elektryczne. Arkady, Warszawa 1988.
28. PN-91/E-05009/03. Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ustalenie ogólnych charakterystyk.
29. Purcel E., Elektryczność i magnetyzm. PWN, Warszawa 1983.

30. Wandziel B., Szuba M., Pola magnetyczne generowane przez instalacje niskiego napięcia. II Konferencja naukowo-techniczna: Pola elektromagnetyczne a energetyka i środowisko. Bielsko-Biała 1994.
31. Dudek B.: Monitory ekranowe jako źródła promieniowania elektromagnetycznego. II Konferencja naukowo-techniczna: Pola elektromagnetyczne a energetyka i środowisko. Bielsko-Biała 1994.
32. Trzaska H.: Podstawy metrologii pól elektromagnetycznych. XIV Szkoła Jesienna PTBR: Wpływ fal elektromagnetycznych na organizmy żywe. Zakopane 1993.
33. Trzaska H.: Pomiar pola elektromagnetycznego o częstotliwości przemysłowej. II Konferencja naukowo-techniczna: Pola elektromagnetyczne a energetyka i środowisko. Bielsko-Biała 1994.
34. Pełka R., Promieniowanie elektromagnetyczne i jego pomiary. SAT-Audio-Video nr 1/1992, s. 13.
35. PN-77/T-06581. Przyrządy do pomiaru natężenia pola elektromagnetycznego. Ogólne wymagania i badania.
36. PN-77/T-06582. Metody pomiaru natężenia pola na stanowiskach pracy.
37. PN-89/T-06580/01-03. Ochrona pracy w polach elektromagnetycznych o częstotliwości 1-100kHz. 01 - Terminologia; 02 - Przyrządy; 03 - Metody badania i ocena warunków pracy.
38. PN-72/T-04900. Urządzenia mikrofalowe. Metody pomiaru gęstości strumienia mocy mikrofalowej.
39. PN-90/T-06583. Ochrona pracy w polach magnetostatycznych. Mierniki i metody pomiarowe natężenia pola magnetostatycznego.
40. PN-90/T-06584. Ochrona pracy w polach elektromagnetycznych o częstotliwości 50 Hz.. Mierniki i metody pomiaru natężenia pola magnetycznego o częstotliwości 50 Hz..
41. Dane techniczne mierników TRACER. Opracowanie własne firmy "Tompol". Warszawa, 1992-1994.
42. Komorowska I., Papliński P., Cyfrowe mierniki natężenia pola elektrycznego o częstotliwości przemysłowej 50 Hz. Konferencja naukowo-techniczna: Pola elektromagnetyczne a energetyka i środowisko. Bielsko-Biała 1992.
43. The New Yorker, June 12, 1989, pg. 69; Cencer Reseach, August, 1988, pg. 4222.