

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA-MIEDZESZYN

BIULETYN

INFORMACYJNY

3-4 (244-245)

1987

MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

BIULETYN INFORMACYJNY

ROK 27

WARSZAWA 1987

NR 3-4/244-245/

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja Biuletynu Informacyjnego

Redaktor Naczelny - dr inż. Krystyn Plewko
Z-ca Redaktora Naczelnego - dr inż. Stanisław Sońta

Redaktorzy działów:
dr inż. Alina Karwowska-Lamparska,
mgr inż. Mirosław Żurawski

Adres Redakcji:
Instytut Łączności
Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej
Warszawa - Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

ISSN 0209-1046

Redaktor: mgr Krystyna Juszkiewicz

Montaż tekstu: Barbara Skwara

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 625. Wpłynęło do
Działu Wydawniczego 1985.12.13.
Druk ukończono w czerwcu 1987 r.

Jacek Kowalski

OCHRONA PRZED PROMIENIOWANIEM NIEJONIZUJACYM
SZKODLIWYM DLA LUDZI I ŚRODOWISKA

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wprowadzenie	1
2. Kryteria określania najwyższych dopuszczalnych wartości pól elektromagnetycznych	3
2.1. Kryterium energetyczne	4
2.2. Kryterium biologiczne	10
3. Normy dopuszczalnych wartości pól elektromagnetycznych	12
3.1. Standard ANSI C95.1-1982	12
3.2. Standard Stanu Massachusetts	14
3.3. Standard ACGIH	15
3.4. Standard szwedzki	15
3.5. Standard kanadyjski	15
3.6. Standard GOST 12.1.006-84	16
3.7. Standard TGL 37816 - 1982	18
3.8. Standard CSR cj. HE-344.5.3.70	19
3.9. Standard BDS 14526 - 78	20
3.10. Polskie akty prawne	21
4. Wnioski	24
wykaz literatury	28

Stanisław Ogulewicz

OBECNY STAN I PERSPEKTYWY DALSZEGO ROZWOJU BADAŃ
PROPAGACJI FAL POWYŻEJ 10 GHz W POLSCE NA TLE
AKTUALNEGO STANU ŚWIATOWEGO

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wprowadzenie	31
2. Podsumowanie zadań wykonanych w kraju w roku 1985	33
3. Działalność w ramach współpracy międzynaro- dowej	39
4. Zamierzenia dalszego rozwoju badań przewidywane planem na lata 1986-1990	41
5. Stan zaawansowania na tle postępu światowego	44
6. Podsumowanie	49

OCHRONA PRZED PROMIENIOWANIEM NIEJONIZUJĄCYM
SZKODLIWYM DLA LUDZI I ŚRODOWISKA

1. WPROWADZENIE

Widmo promieniowania elektromagnetycznego można podzielić na dwa zasadnicze rodzaje:

- 1/ promieniowanie jonizujące,
- 2/ promieniowanie niejonizujące.

Podział ten uwzględnia sposób pierwotnego oddziaływania na materię żywą - tkanki i komórki ustroju biologicznego. Energia jonizacji podstawowych składników materii żywej - tlenu, azotu, węgla, wodoru wynosi kilkanaście elektronowoltów /eV/. Przyjęto, że niejonizującym jest takie promieniowanie, którego energia jest niższa niż 10 eV i które, w temperaturze normalnej nie może wywoływać jonizacji w substancjach organicznych.

Oddziaływanie pól elektromagnetycznych niejonizujących, które stanowią przedmiot niniejszego opracowania, obejmują następujące zakresy częstotliwości:

- 1/ bliski ultrafiolet,
- 2/ światło widzialne,
- 3/ podczerwień,
- 4/ mikrofałe /zakres częstotliwości 300 MHz - 300 GHz/,
- 5/ fale radiowe /zakres częstotliwości 30 MHz - 300 MHz/,
- 6/ częstotliwości radiowe i przemysłowe /100 kHz - 30 MHz/,
- 7/ małe częstotliwości /10 kHz - 100 kHz/,
- 8/ częstotliwości elektroenergetyczne 50 Hz/60 Hz.

Z uwagi na zakres częstotliwości wykorzystywanych przez urządzenia elektroniczne, elektryczne i elektroenergetyczne obszar zainteresowań dotyczy częstotliwości 50 Hz, 60 Hz i 100 kHz - 300 GHz.

Postęp techniczny, przede wszystkim w dziedzinie elektroniki, powoduje, że liczba źródeł promieniowania niejonizującego ciągle wzrasta. W naturalnym środowisku występują bardzo niskie poziomy natężenia promieniowania niejonizującego w szerokim zakresie częstotliwości - począwszy od mikrofal w kierunku częstotliwości mniejszych. Praktycznie całość promieniowania niejonizującego pasm mikrofalowych, radiowych i przemysłowych pochodzi ze źródeł sztucznych. Obecnie promieniowanie to jest najpowszechniejszym sztucznym "zanieczyszczeniem" środowiska elektromagnetycznego, rejestrowanym niemal w każdym punkcie globu. Co więcej, poziom tego promieniowania stale rośnie wraz z rozwojem sieci telekomunikacyjnych, radiostacji i stacji telewizyjnych, a także ze wzrostem liczby urządzeń elektrycznych i elektronicznych, stosowanych w zakładach pracy oraz w gospodarstwach domowych. W rezultacie środowisko elektromagnetyczne Ziemi należy do czynników ekologicznych, które w ostatnich dziesięcioleciach uległy wyraźnym, niekorzystnym zmianom. Potrzeba kontroli stanu tego środowiska i ochrony widma elektromagnetycznego - traktowanego jako ośrodek niezbędny do poprawnego funkcjonowania wzrastającej liczby systemów telekomunikacyjnych i informatycznych - została dostrzeżona już przed około 50 laty, ale wpływ niejonizującego promieniowania elektromagnetycznego na żywą przyrodę stanowił wówczas margines zainteresowań specjalistów. Zainteresowanie tym tematem wzrosło, gdy uświadomiono sobie wpływ promieniowania niejonizującego na życie na Ziemi. Coraz więcej środowisk fachowych - technicznych, medycznych i biologicznych - zadaje sobie pytanie, czy i przy jakich wartościach występuje granica dopuszczalnego zanieczyszczenia środowiska naturalnego promieniowaniem niejonizującym. Wiąże się to z zagadnieniem ochrony zdrowia ludności i problematyką ochrony środowiska pracy.

Niniejsze opracowanie stanowi przegląd obowiązujących w niektórych krajach przepisów i norm dotyczących dopuszczalnych poziomów promieniowania niejonizującego szkodliwego dla ludności i środowiska.

2. KRYTERIA OKREŚLANIA NAJWYŻSZYCH DOPUSZCZALNYCH WARTOŚCI PÓL ELEKTROMAGNETYCZNYCH

W Związku Radzieckim za podstawę określenia maksymalnych wartości pól elektromagnetycznych przyjęto te wartości, przy których wykrywalne stają się czynnościowe zmiany biologiczne w badaniach doświadczalnych oraz sanitarno-epidemiologicznych.

W Stanach Zjednoczonych podstawą było określenie takich wielkości pola elektromagnetycznego, przy których następuje makroskopowy efekt termiczny.

Normy obowiązujące w innych krajach przyjmują za podstawę wielkości określone w standardach ANSI /USA/ oraz GOST /ZSRR/ i zazwyczaj mają kompromisowy charakter. Nadal są prowadzone badania biologiczno-epidemiologiczne, mające na celu określenie racjonalnych podstaw do ustalania bezpiecznych poziomów pól elektromagnetycznych.

Od wielu lat prowadzi się prace teoretyczne i badania doświadczalne, mające na celu określenie częstotliwości rezonansowych obiektów biologicznych, ze szczególnym uwzględnieniem człowieka i poszczególnych części jego ciała.

Wyniki tych badań wskazują, że maksymalne pochłanianie energii elektromagnetycznej następuje wtedy, gdy wektor pola elektrycznego jest równoległy do długiej osi ciała człowieka, a długość tej osi wynosi około 0,4 długości fali padającej. Uwzględniając granice zmian wzrostu człowieka oraz jego masy zakres częstotliwości, przy których zachodzi rezonansowe pochłanianie energii elektromagnetycznej /co jest równoważne wzrostowi swobodnego współczynnika absorpcji - SAR/ przez organizm ludzki, obejmuje częstotliwości od kilkudziesięciu do ok. 300 MHz /np. człowiek o standardowych wymiarach: 175 cm wzrostu, 70 kg masy ciała pochłania 7-krotnie więcej

energii pola o częstotliwości 70 MHz niż pola o częstotliwości 2,45 MHz, co wynika stąd, że dla takiego osobnika częstotliwość rezonansowa wynosi ok. 70 MHz/ [1,2,3]. Dla potrzeb normalizacji przyjęto, że zakres rezonansowej absorpcji energii obejmuje częstotliwości od 30 do 300 MHz [13]. Wyniki badań efektu absorpcji energii przedstawia rys. 1 /według [13]/.

Trudności techniczno-metodyczne badań na człowieku częściowo eliminuje zastosowanie modeli zmniejszonych w odpowiedniej skali. Okazuje się, że pochłanianie energii elektromagnetycznej praktycznie nie zmienia się, gdy częstotliwość działającego pola elektromagnetycznego zwiększy się w tym samym stosunku, co zmniejszenie modelu do obiektu naturalnego [4]. W badaniach biologicznych mierzone są - dla zakresu częstotliwości poniżej 300 MHz - składowe elektryczna i magnetyczna pola elektromagnetycznego, a dla pola o częstotliwości większej od 300 MHz - gęstość strumienia mocy. Wielkości te nie pozwalają na jednoczesne określenie ilości energii pochłanianej przez objekty biologiczne, a także nie rozwiązują problemu pomiaru pól elektromagnetycznych w strefie bliskiej.

Przy wyznaczaniu dopuszczalnych poziomów gęstości mocy pola elektromagnetycznego korzysta się z dwóch kryteriów - różnych w sposobie oddziaływania pola na objekty żywe: kryterium energetycznego i kryterium biologicznego.

2.1. Kryterium energetyczne

Od początku badań oddziaływania pól niejonizujących na organizmy żywe poszukiwano odpowiedniej wielkości, która odzwierciedlałaby w wiarygodny sposób ilość energii absorbowanej przez organizm lub poszczególne jego części. W 1975 r. C.C. Johnson [5] zaproponował ocenę energii pochłoniętej w jednostkach mocy na kilogram masy [W/kg]. Wielkość tę nazwano "swoistym współczynnikiem absorpcji", ozna-

czanym w skrócie SAR /specific absorption rate/. Moc pochłanianą można określić z dużą dokładnością wg wzoru [5]:

$$P = \left(\frac{\sigma}{2\rho} \right) |E|^2 \quad (1)$$

gdzie: P - moc pochłonięta [W/kg],

σ - przewodność właściwa tkanki dla danej częstotliwości [S/m],

ρ - gęstość tkanki [kg/m^3],

E - natężenie pola elektrycznego w tkance [V/m].

Wielkość pochłoniętej mocy można również wyznaczyć przez pomiar przyrostu temperatury w tkance wg wzoru [5]:

$$P = 4186 \cdot c \cdot (\Delta T / \Delta t) \quad (2)$$

gdzie: c - ciepło właściwe tkanki [$\text{cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$],

ΔT - przyrost temperatury [$^\circ\text{C}$],

Δt - czas ekspozycji [s].

Zależność określająca przyrost temperatury w tkance ma postać [8]:

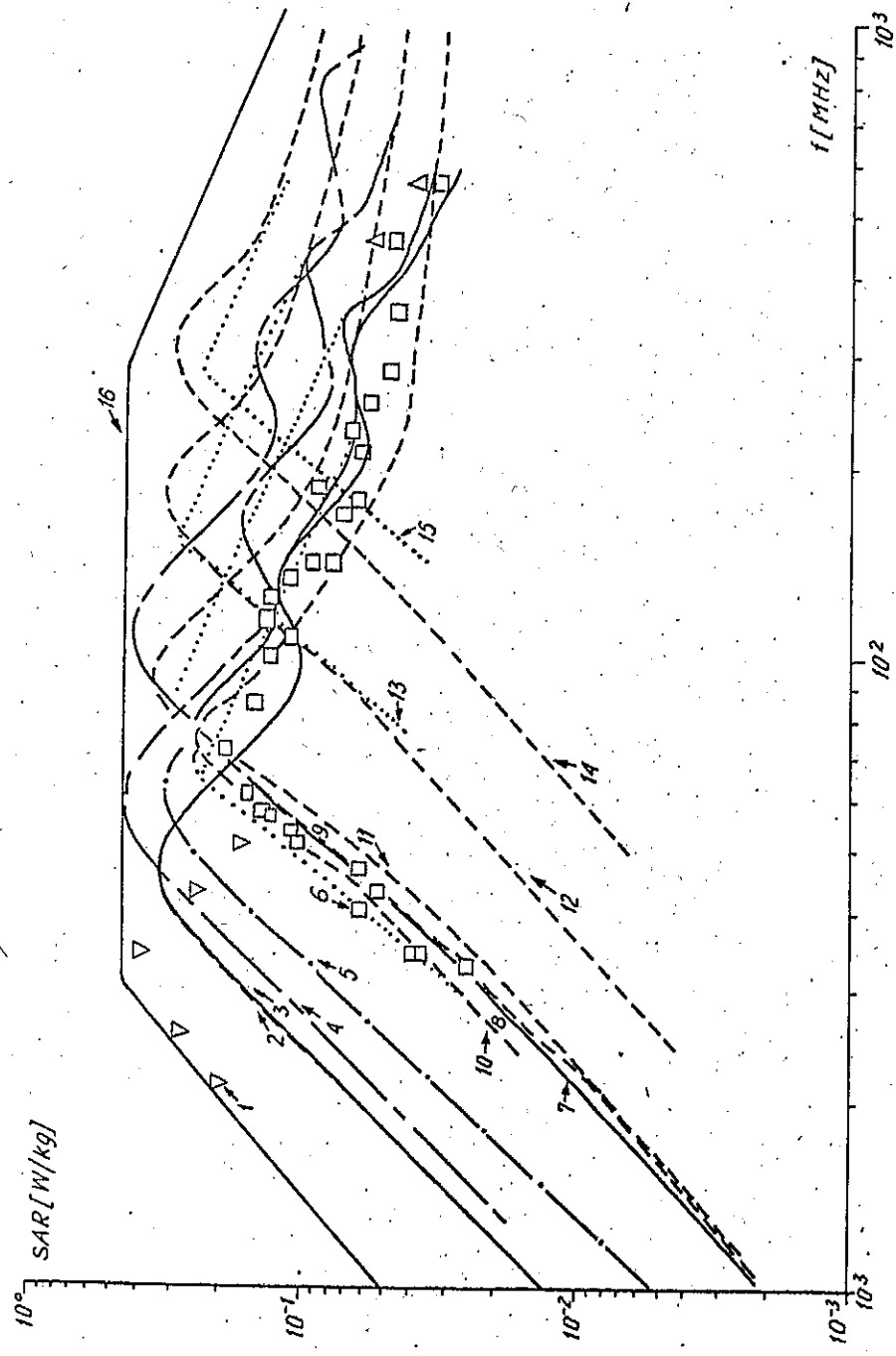
$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{b}{c} [W_a + W_m - W_c - W_b] \quad (3)$$

gdzie: b - wielkość stała, charakterystyczna dla danej tkanki,

c - ciepło właściwe tkanki,

W_a - moc absorbowana,

W_m - współczynnik termiczny metabolizmu MHR /metabolic heating rate/,



Rys. 1. Średnia wartość SAR dla całego ciała dla ludzi dorosłych, dzieci i noworodków [12]

Opis krzywych do rys. 1.

1. Wyniki obliczeń eksperymentalnych przeprowadzonych na modelu pełnowymiarowym człowieka wypełnionym roztworem fizjologicznym. Model człowieka dorosłego znajdującego się na uziemionej płaszczyźnie na ziemi. (∇)
2. Obliczenia numeryczne dla blokowego modelu człowieka. Model znajduje się w przewodzącym kontakcie z ziemią.
3. Wyniki obliczeń eksperymentalnych oparte na pełnowymiarowym modelu człowieka dorosłego znajdującym się w przewodzącym kontakcie z ziemią.
4. Krzywa 2 dla 10-letniego dziecka.
5. Wyniki obliczeń eksperymentalnych oparte na pełnowymiarowym modelu człowieka w odległości 3 cm od ziemi.
6. Empiryczne obliczenia dla człowieka dorosłego w wolnej przestrzeni. (□)
7. Obliczenia numeryczne dla blokowego modelu człowieka w wolnej przestrzeni.
8. Obliczenia dla modelu sferoidalnego człowieka w wolnej przestrzeni.
9. Empiryczne obliczenia dla 10-letniego dziecka.
10. Krzywa 2 dla 1-rocznego dziecka.
11. Empiryczne obliczenia dla modelu sferoidalnego dla 10-letniego dziecka.
12. Obliczenia dla modelu sferoidalnego dla 1-rocznego dziecka.
13. Empiryczne obliczenia dla 1-rocznego dziecka.
14. Obliczenia dla modelu sferoidalnego dla noworodka.
15. Empiryczne obliczenia dla noworodka.
16. Górna granica SAR dla statystycznego człowieka, z uwzględnieniem ekstremalnych przypadków.

W_c - moc pochłonięta na skutek istnienia przewodności cieplnej tkanki,

W_b - moc pochłonięta przez przepływającą tkankę krew.

Z równania (3) wynika, że dla dwóch tkanek o różnych wartościach MHR i o różnych prędkościach przepływu krwi, zmiany temperatury pod wpływem tej samej ilości mocy zaabsorbowanej przez tkanki mogą dać ten sam efekt termiczny.

Z zależności (1) wynika, że wartość mocy absorbowanej przez tkankę zależy od jej gęstości, przewodności oraz kwadratu natężenia pola elektrycznego w tkance. Oznaczając przez E_0 natężenie pola elektrycznego na powierzchni tkanki, wartość natężenia pola elektrycznego wewnątrz tkanki wyraża się wzorem [8]:

$$E = E_0 \exp(-\alpha z) \quad (4)$$

gdzie: α - współczynnik tłumienia pola elektrycznego w tkance,

z - głębokość warstwy tkanki.

Z (1) i (4) otrzymujemy zatem:

$$P = \frac{\sigma}{2\epsilon} E_0^2 \exp(-2\alpha z) \quad (5)$$

Zakładając, że tkanka jest ośrodkiem jednorodnym, o stałym tłumieniu, przewodności i gęstości moc pochłoniętą otrzymujemy jako:

$$P_L = \int_0^d P(z) dz = \frac{\sigma}{2\epsilon} E_0^2 \int_0^d \exp(-2\alpha z) dz \quad (6)$$

czyli

$$P_L = \frac{G}{2\epsilon} E_0^2 (1 - e^{-2\alpha d}) \quad (7)$$

W ogólnym przypadku tkanka jest ośrodkiem niejednorodnym; W związku z tym całkowita moc pochłonięta wyraża się zależnością:

$$P_L = \frac{1}{2} E_0^2 \int_0^x \int_0^y \int_0^z \frac{G(p,q,r,f)}{\rho(p,q,r)} e^{-\alpha(p,q,r,f) \sqrt{p^2+q^2+r^2}} dpdqdr \quad (8)$$

gdzie: p, q, r - współrzędne przestrzenne w układzie prostokątnym,

f - częstotliwość.

Zależność (8) nie uwzględnia zmiennej niezależnej, jaką jest dodatkowo dla obiektów biologicznych czas; w organizmach żywych wszystkie zmiany gęstości, przewodności i tłumienności są również funkcją czasu, co wynika ze zmienności w czasie funkcji życiowych i ich aktywności. Widać stąd, że problem absorpcji energii przez ciało ludzkie lub poszczególne jego części jest problemem bardzo złożonym i dla całkowitego jego rozwiązania należałoby w sposób zadowalający poznać procesy zachodzące w tkankach i komórkach organizmu, a następnie utworzyć ich model matematyczny dla potrzeb obliczeniowych. Wprowadzając szereg uproszczeń, w przeważającej części badań biologicznych uzyskiwano mierzalne efekty termiczne pod wpływem średniej gęstości mocy padającej powyżej 2 mW/cm^2 . Ustalono, że progowa wielkość mocy pochłoniętej, potrzebna do wywołania mierzalnego efektu termicznego, wynosi 4 W/kg /efekt mierzalny to wzrost temperatury ciała o $0,01^\circ\text{C}$ / [1,2,3,4,8]. Ustalono także, że pochłanianie energii elektromagnetycznej w układach biologicznych zależy również od częstotliwości [2,4]. Z powodów, o których była mowa wyżej, najniższe do-

puszczalne wartości pól elektromagnetycznych przyjęto dla zakresu częstotliwości od 30 MHz do 300 MHz. Dla częstotliwości spoza tego zakresu dopuszczalne poziomy pól są bardziej liberalne. Średnią moc pochłoniętą przez człowieka ograniczono /przyjmując współczynnik bezpieczeństwa równy 10/ do 0,4 W/kg /lub mniej/ w każdym dowolnym okresie 6 minut, co odpowiada pochłanianiu około 144 J/kg /6 minut [13]. Normy ustalono dla pól prostych. W przypadku złożonych lub szerokopasmowych pól elektromagnetycznych zawierających składowe o różnych częstotliwościach, mieszczących się w różnych przedziałach normowanych częstotliwości, należy określić stosunek wielkości zmierzonej E_i do wielkości dopuszczalnej E_{id} dla każdego zakresu, a suma algebraiczna stosunków tych wielkości nie powinna przekraczać jedności [13,20,21], tzn.

$$\sum_i (E_i/E_{id}) \leq 1 \quad (9)$$

Dla pól mikrofalowych, zakłada się, że pomiar jest dokonywany w strefie dalekiej i związek pomiędzy wektorami E i H jest określony jednoznacznie [13,14,15]. Pomiar pól o częstotliwościach mniejszych od 300 MHz dokonuje się w strefie bliskiej; stąd wynika konieczność pomiaru natężenia pola elektrycznego E , magnetycznego H oraz gęstości mocy. Mierzyć należy moc pochłanianą i moc wejściową jako wartości średnie w dowolnym czasie 6 minut, a wartości te nie powinny przekraczać wielkości określonej normą. Zalecenia powyższe dotyczą pól ciągłych oraz pól impulsowych.

W dalszej części artykułu, przy omawianiu norm dla dopuszczalnych wartości pól, przedstawiono metody pomiaru i oceny zagrożeń w przypadku pól złożonych [13,14,15].

2.2. Kryterium biologiczne

W celu określenia maksymalnego dopuszczalnego poziomu pól elektromagnetycznych, przy którym są wykrywalne czynnościowe

zmiany biologiczne, należy oprzeć się na wynikach doświadczeń i badań biologiczno-epidemiologicznych. Przeprowadzone badania mają na celu określenie dopuszczalnych norm dla pól z uwzględnieniem zależności pomiędzy gęstością mocy pola i czasem ekspozycji. Badania obejmują zmiany w następujących układach i funkcjach organizmu [7]:

- 1/ ośrodkowy układ nerwowy,
- 2/ układ neurohormonalny,
- 3/ swoisty i nieswoisty układ odporności immunologicznej,
- 4/ funkcje generatywne,

z zastosowaniem metody fizjologicznej, elektrofizjologicznej, immunologicznej, biochemicznej i morfologicznej. Wzajemne porównanie badanych parametrów, tzn. gęstości mocy pola i czasu ekspozycji ocenia się przez porównanie biologicznych efektów oddziaływania pól elektromagnetycznych, przy utrzymaniu równości sumarycznej energii padającej na ekspozycyjny obiekt w czasie.

Porównanie efektów oddziaływania różnych wielkości energetycznych wykazało nieliniową zależność pomiędzy efektem biologicznym a gęstością mocy dla dużych wartości tej ostatniej /powyżej $4-10 \text{ mW/cm}^2$ / oraz zależność liniową dla gęstości mocy mniejszych od 4 mW/cm^2 .

Wyniki badań [7] pozwoliły wnioskować, że w przypadku małych gęstości mocy miarą napromieniowania może być wielkość obciążenia energetycznego W dla organizmu, wyrażona jako iloczyn gęstości mocy p i czasu t działania w strefie promieniowania, tzn.

$$W = p \cdot t \quad (10)$$

Ustalono, że maksymalna dopuszczalna gęstość mocy nie może przekraczać 1 mW/cm^2 . Dopuszczalną gęstość mocy określa się wg zależności [7,9]:

$$p = W/t \quad (11)$$

gdzie: t - czas ekspozycji w godzinach,
 W - dopuszczalna wielkość obciążenia energetycznego organizmu,
 $W = 2 \text{ W}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ dla wszystkich sytuacji napromieniowania oprócz anten obrotowych i skanujących,
 $W = 20 \text{ W}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ dla anten obrotowych i skanujących.

Zależność [11] należy stosować dla wyznaczenia dopuszczalnego czasu przebywania w strefie napromieniowania, gdy jest znana gęstość strumienia mocy padającego pola elektromagnetycznego.

Omówione kryteria stanowią podstawę do określenia norm dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w USA /kryterium energetyczne/ oraz ZSRR /kryterium biologiczne/. Normy innych krajów oparte są na standardach ANSI /USA/ oraz GOST /ZSRR/.

3. NORMY DOPUSZCZALNYCH WARTOŚCI PÓL ELEKTROMAGNETYCZNYCH

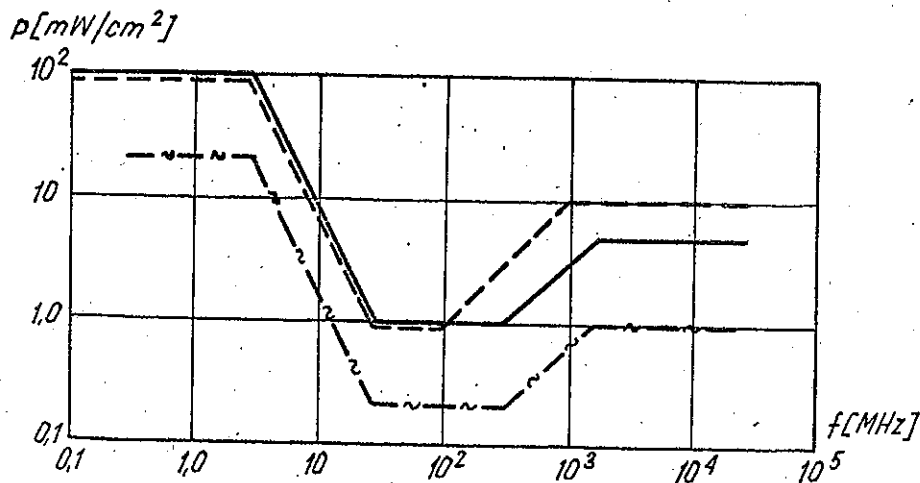
3.1. Standard ANSI C95.1-1982 [13]

Norma określa dopuszczalne poziomy napromieniowania dla pracowników zatrudnionych przy obsłudze i konserwacji źródeł pola elektromagnetycznego o częstotliwościach radiowych od 300 kHz do 100 GHz /rys. 2 i tabl. 1/.

Dane w tabelicy 1 są wartościami średnimi zmierzonymi w dowolnym okresie 6 minut.

W przypadku złożonych pól elektromagnetycznych należy zmierzyć wartość pola należącego do danego zakresu częstotliwości, a następnie wyznaczyć wartość bezwzględną jako iloraz wartości zmierzonej E_i w danym zakresie częstotliwości do wartości dopuszczalnej E_{id} w tym zakresie. Algebraiczna suma wszystkich składowych pola nie może być większa od jedności, tzn.

$$\sum_i (E_i/E_{id}) \leq 1$$



Rys. 2. Graficzne przedstawienie norm dopuszczalnych wartości pól elektromagnetycznych

— ANSI C.95.1 - 1982, - - - ACGIH,
 - · - Massachusetts

Tablica 1

Zakres częstotliwości [MHz]	Dopuszczalna wartość gęstości mocy		
	[$\text{mW} \cdot \text{cm}^{-2}$]	[$\text{V}^2 \cdot \text{m}^{-2}$]	[$\text{A}^2 \cdot \text{m}^{-2}$]
0,3 - 3	100	400 000	2,5
3 - 30	$900/f^{2x/}$	$4000 \cdot 900/f^{2x/}$	$0,025 \cdot 900/f^{2x/}$
30 - 300	1,0	4000	0,025
300 - 1500	$f/300^{x/}$	$4000 \cdot f/300^{x/}$	$0,025 \cdot f/300^{x/}$
1500 - 100.000	5,0	20.000	0,125

x/ Wartość f w [MHz]

Przykład obliczania stopnia szkodliwości pola złożonego:
 Stwierdzono, że pole złożone składa się z pól prostych o

częstotliwościach: $f_1 = 28 \text{ MHz}$, $f_2 = 450 \text{ MHz}$, $f_3 = 2880 \text{ MHz}$.
 Zmierzone wartości natężenia pola elektrycznego wynoszą odpowiednio: $E_1 = 20 \text{ V/m}$, $E_2 = 40 \text{ V/m}$, $E_3 = 60 \text{ V/m}$.

Należy zbadać stopień szkodliwości pola. Wg ANSI C95.1-1982 wyznaczamy wartości dopuszczalne dla danych częstotliwości:

$$\begin{array}{lll} f_1 = 28 \text{ MHz} & E_{d1} = 67,76 \text{ V/m} & E_1/E_{d1} = 0,295 \\ f_2 = 450 \text{ MHz} & E_{d2} = 77,46 \text{ V/m} & E_2/E_{d2} = 0,516 \\ f_3 = 2880 \text{ MHz} & E_{d3} = 141,42 \text{ V/m} & E_3/E_{d3} = 0,424 \end{array}$$

$$\Sigma = 1,235$$

Wynika stąd, że badane pole jest polem szkodliwym, a największy w tym udział mają składowe 450 MHz i 2880 MHz.

3.2. Standard Stanu Massachusetts [8]

Norma dotyczy ekspozycji ludności "cywilnej" /niezwiązanej zawodowo z obsługą i konserwacją źródeł pola/ w polu o częstotliwościach radiowych od 300 kHz do 100 GHz /rys. 2 i tabl. 2/.

Tablica 2

Zakres częstotliwości [MHz]	Dopuszczalna wartość gęstości mocy [mW cm^{-2}]
0,3 - 3	20
3 - 30	$180/f^2$ x/
30 - 300	0,2
300 - 1500	$f/1500$ x/
1500 - 100 000	1,0

x/ Wartość f w [MHz]

3.3. Standard ACGIH [8]

Norma dotyczy pracowników obsługujących źródła pola stosowane w służbie zdrowia, pracujące w zakresie od 100 kHz do 300 GHz /rys. 2 i tabl. 3/.

Tablica 3

Zakres częstotliwości [MHz]	Dopuszczalna wartość gęstości mocy [mW·cm ⁻²]
0,01 - 3	100
3 - 30	900/f ² [MHz]
30 - 100	1,0
100 - 1000	f [MHz]/100
1000 - 300 000	10

3.4. Standard szwedzki [9]

Norma dotyczy pracowników obsługujących źródła pola, w czasie ośmiodzinnego dnia pracy, pracujące w zakresie częstotliwości od 10 MHz do 300 GHz /tabl. 4/.

Tablica 4

Zakres częstotliwości [MHz]	Dopuszczalna wartość gęstości mocy [mW·cm ⁻²]
10 - 300	5
300 - 300 000	1

3.5. Standard kanadyjski [9]

Norma dotyczy pracowników obsługujących źródła pola oraz ludności "cywilnej" i obejmuje pola z zakresu 10 MHz - 300 GHz /tabl. 5/.

Tablica 5

Zakres częstotliwości [MHz]	Wartości dopuszczalne			
	[mW·cm ⁻²]	[V/m]	[A/m]	
Pracownicy obsługujący źródła pola 10 - 1000	1	60	0,16 x/	
	25	300	0,8 xx/	
	1000 - 300 000	5	140	0,36 x/
		25	300	0,8 xx/
Ludność „cywilna” 10 - 300 000	1	60	0,16 x/	
x/ Czas ekspozycji: 1 godzina. xx/ Czas ekspozycji: 1 minuta.				

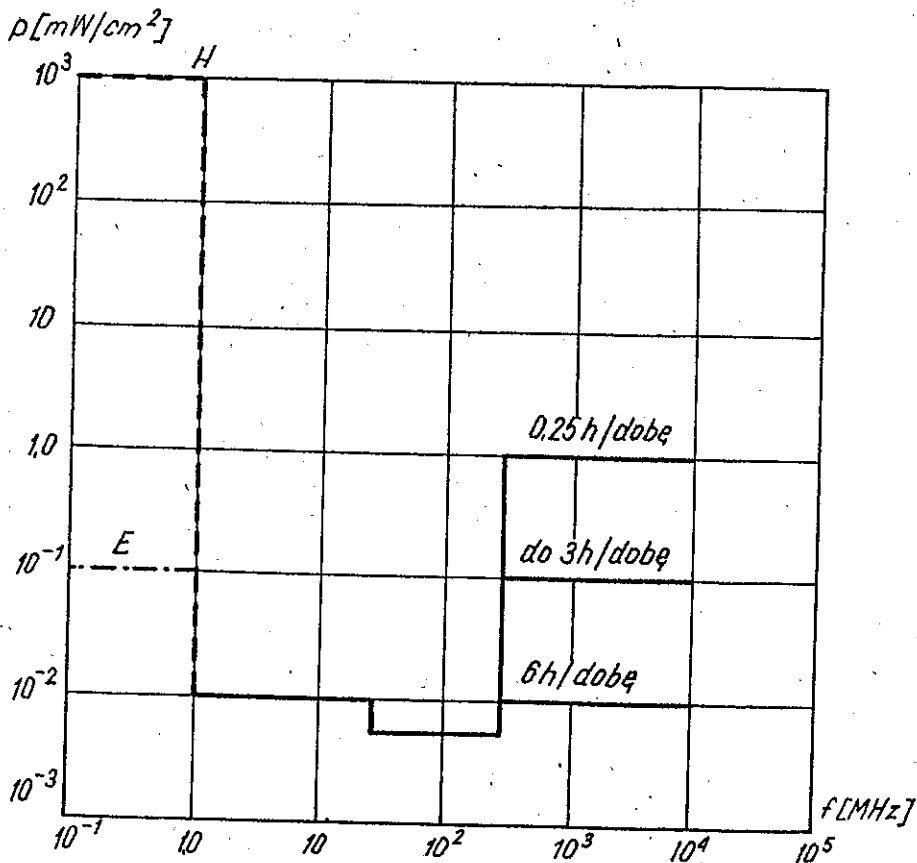
3.6. Standard GOST 12.1.006-84 [18]

Norma określa dopuszczalne wartości poziomów pól elektromagnetycznych dla zakresu częstotliwości od 60 kHz do 300 GHz. Obejmuje ona ekspozycję pracowników zatrudnionych przy obsłudze źródeł pola oraz ludność „cywilną” /rys. 3 i tabl. 6/.

Tablica 6

Zakres częstotliwości [MHz]	Dopuszczalna wartość pola
1. Pracownicy zatrudnieni przy obsłudze źródeł pola	
0,06 - 3	50 V/m
3 - 30	20 V/m
30 - 50	10 V/m
50 - 300	5 V/m
0,06 - 1,5	5 A/m
30 - 50	0,3 A/m
300 - 300 000	200/T $\mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$ x/
	2000/T $\mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$ xx/

Zakres częstotliwości MHz	Dopuszczalna wartość pola
2. Ludność "cywilna"	
0,03 - 0,3	20 V/m lub $110 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$
0,3 - 3	10 V/m lub $27 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$
3 - 30	4 V/m lub $4,2 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$
30 - 300	2 V/m lub $1,1 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$
300 - 300 000	$5,0 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$
x/ Dla wszystkich rodzajów źródeł pola oprócz anten obrotowych i skanujących.	
xx/ Dla anten obrotowych i skanujących.	
T - czas ekspozycji w godzinach.	



Rys. 3. Graficzne przedstawienie normy GOST 12.1.006 - 84

Dopuszczalną gęstość strumienia mocy dla pól z zakresu 300 MHz - 300 GHz określa się przyjmując za podstawę czas T przebywania w zasięgu pola. Np. dla $T = 8$ h mamy, odpowiednio, $25 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$ dla wszystkich źródeł pola, oprócz anten obrotowych i skanujących oraz $250 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$ dla anten obrotowych i skanujących.

3.7. Standard TGL 37816 - 1982 [19]

Norma ta określa dopuszczalne wartości poziomów pól dla zakresu częstotliwości od 60 kHz do 300 GHz, przy ekspozycji pracowników obsługujących źródła pola oraz ludności "cywilnej" /tabl. 7/.

Tablica 7

Zakres częstotliwości [MHz]	Dopuszczalne poziomy pól
1. Pracownicy obsługujący źródła pola	
0,06 - 3	$10 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$
3 - 30	$4 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$
30 - 300	$2 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$
300 - 300 000	$1 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$
2. Ludność "cywilna"	
0,06 - 3	$20 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$
3 - 30	$8 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$
30 - 300	$4 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$
300 - 300 000	$2 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$

Przy jednoczesnym działaniu wielu pól o tej samej lub odmiennej częstotliwości norma określa wytyczne dla oceny stopnia ich szkodliwości:

- 1/ jednoczesne działanie wielu pól o tej samej częstotliwości; rzeczywiste natężenie pól wyznacza się wg zasady superpozycji na podstawie zależności:

$$\left(\sum E_i \right)^{1/2} = E$$

2/ jednoczesne występowanie wielu pól o różnych częstotliwościach wymaga określenia stopnia szkodliwości wg zależności:

$$\left[\sum (E_i / E_{id})^2 \right]^{1/2} \leq 1$$

gdzie: E_i - natężenie/poziom i-tej składowej pola,

E_{id} - dopuszczalne natężenie/poziom i-tej składowej pola.

Analizując przykład podany w 3.1. otrzymujemy, wg normy TGL:

$$f_1 = 28 \text{ MHz} \quad E_1 = 20 \text{ V/m} \quad E_{d1} = 4 \text{ V/m} \quad (E_1/E_{d1})^2 = 25$$

$$f_2 = 45 \text{ MHz} \quad E_2 = 40 \text{ V/m} \quad E_{d2} = 2 \text{ V/m} \quad (E_2/E_{d2})^2 = 400$$

$$f_3 = 2880 \text{ MHz} \quad E_3 = 60 \text{ V/m} \quad E_{d3} = 2 \text{ V/m} \quad (E_3/E_{d3})^2 = 900$$

$$\sum \approx 37$$

Widać stąd, że wartość współczynnika $\left[\sum (E_i/E_{id})^2 \right]^{1/2}$ szkodliwości /zagrożenia/ pola przekracza wartość dopuszczalną /współczynnik szkodliwości określony w 3.1 był o rząd niżej/.

3.8. Standard ČSR cj.HE-344.5.3.70 [6,17]

Norma dotyczy pracowników obsługujących źródła pola oraz ludności "cywilnej" przy ekspozycji w polu z zakresu od 30 kHz do 300 GHz /tabl. 8/.

Tablica 8

Zakres częstotliwości [MHz]	Dopuszczalna wartość poziomu pola w ciągu 1 godziny
1. Pracownicy obsługujący źródła pola	
0,03 - 30	400 V · m ⁻¹ · h
30 - 300	80 V · m ⁻¹ · h
300 - 300 000	200 μW · cm ⁻² · h x/ 80 μW · cm ⁻² · h xx/
2. Ludność "cywilna"	
0,03 - 30	120 V · m ⁻¹ · h
30 - 300	24 V · m ⁻¹ · h
300 - 300 000	60 μW · cm ⁻² · h x/ 24 μW · cm ⁻² · h xx/
x/ Pole stacjonarne. xx/ Pole impulsowe.	

Przy jednoczesnym działaniu pola fal radiowych oraz pola mikrofalowego, należy przeliczyć wynik pomiaru średniej gęstości mocy mikrofalowej na równoważną wielkość natężenia pola elektrycznego E wg wzoru:

$$E [V/m] = \sqrt{3.77 P [\mu W \text{ cm}^{-2}]}$$

Do oceny wpływu zagrożenia bierze się większą z wartości natężenia pola elektrycznego radio - lub mikrofal.

3.9. Standard BDS 14526 - 78 [16]

Norma określa dopuszczalne wartości poziomu pól z zakresu 60 kHz - 300 GHz przy ekspozycji pracowników obsługujących źródła pola /tabl. 9/.

Tablica 9

Zakres częstotliwości [MHz]	Wartość dopuszczalna
0,06 - 3	50 V · m ⁻¹
3 - 30	20 V · m ⁻¹
30 - 50	10 V · m ⁻¹
50 - 300	5 V · m ⁻¹
0,06 - 1,5	5 A · m ⁻¹
30 - 50	0,3 A · m ⁻¹
300 - 300 000	<10 μW · cm ⁻² T=8h x/
	10-100 μW · cm ⁻² T=2h x/
	100-1000 μW · cm ⁻² T=1/3h x/
	100 μW · cm ⁻² T=8h xx/
	100-1000 μW · cm ⁻² T=2h xx/

x/ Dla wszystkich źródeł pola oprócz anten obrotowych i skaningujących.

xx/ Dla anten obrotowych i skaningujących.

T - czas ekspozycji.

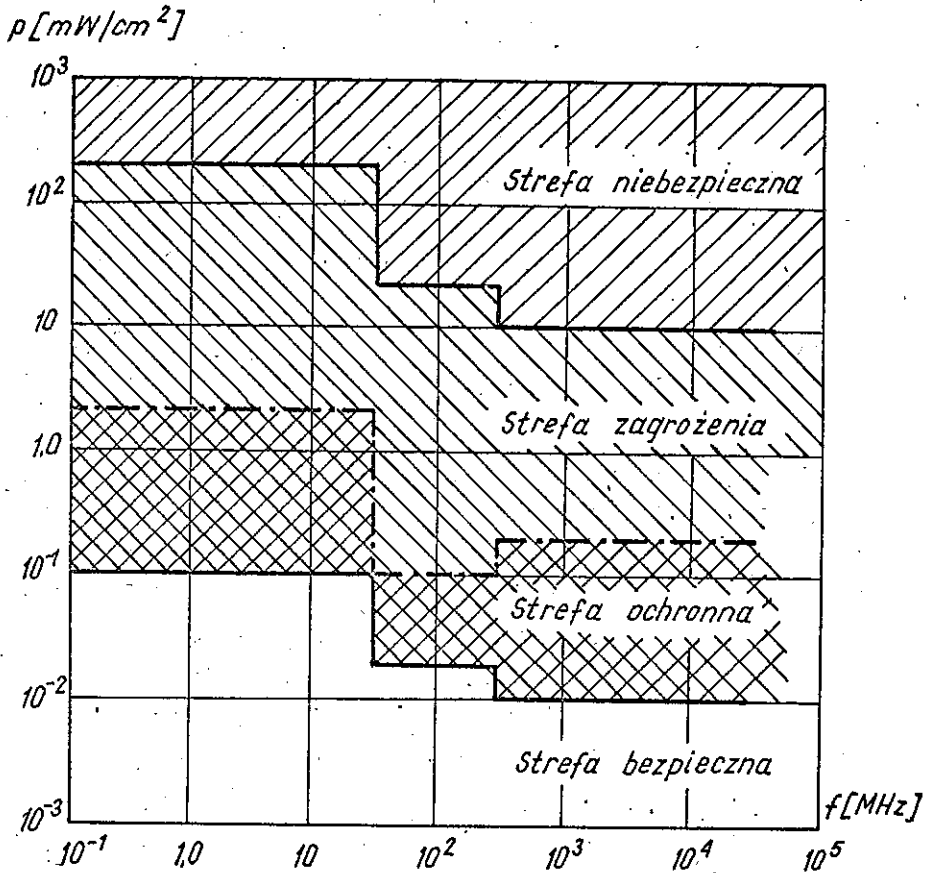
3.10. Polskie akty prawne [10,11,12]

Rozporządzenie Ministra Pracy, Płac i Spraw Socjalnych z dnia 19 lutego 1977 /Dziennik Ustaw, nr 8, poz. 33/ oraz Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 listopada 1980 /Dziennik Ustaw, nr 25, poz. 101/ określają dopuszczalne poziomy pól elektromagnetycznych zakresu częstotliwości od 100 kHz do 300 MHz przy ekspozycji w tym polu pracowników obsługujących źródła pola oraz dopuszczalne poziomy promieniowania przy ekspozycji ludności i środowiska naturalnego, z podziałem na strefy. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 25 maja 1972 roku /Dziennik Ustaw, nr 21, poz. 153/ określa dopuszczalne poziomy mikrofal /rys. 4 i tabl. 10/.

Zakres częstotliwości [MHz]	Rodzaj pola		Uwagi
	impulsowe	ciągłe	
1. Pracownicy obsługujący źródła pola 0,1 - 10	20 V · m ⁻¹		B
	20 - 70 V · m ⁻¹		P
	70 - 1000 V · m ⁻¹		Z
	ponad 1000 V · m ⁻¹		N
10 - 300	do 7 V · m ⁻¹		B
	7 - 20 V · m ⁻¹		P
	20 - 300 V · m ⁻¹		Z
	ponad 300 V · m ⁻¹		N
300 - 300 000	1 W · m ⁻²	0,1 W · m ⁻²	B
	1-10 W · m ⁻²	0,1-2 W · m ⁻²	P
	10-100 W · m ⁻²	2-100 W · m ⁻²	Z
	1000 W · m ⁻²	100 W · m ⁻²	N
2. Ludność i środowisko naturalne			
50 Hz	10 kV · m ⁻¹		SI
	1-10 kV · m ⁻¹		SII
0,1 - 10 MHz	20 V · m ⁻¹		SI
	5-20 V · m ⁻¹		SII
10 - 300 MHz	7 V · m ⁻¹		SI
	2-7 V · m ⁻¹		SII
300 - 300 000 MHz	1 W · m ⁻²	0,1 W · m ⁻²	SI
	0,25-1 W · m ⁻²	0,025-0,1 W · m ⁻²	SII

Oznaczenia:

B - strefa bezpieczna, P - strefa pośrednia, Z - strefa zagrożenia, N - strefa niebezpieczna, SI - strefa ochronna pierwszego stopnia, SII - strefa ochronna drugiego stopnia.



Rys. 4. Graficzne przedstawienie norm obowiązujących w Polsce

W strefie ochronnej pierwszego stopnia jest dopuszczalne przebywanie osób zatrudnionych przy eksploatacji źródeł pola. W obszarze strefy drugiego stopnia dopuszcza się okresowe przebywanie ludności. Zabroniona jest natomiast lokalizacja budynków mieszkalnych oraz użyteczności publicznej, w których przebywanie ludności jest ciągłe /żłobki, przedszkola, szpitale, internaty itp./.

W obszarze stref ochronnych mogą przebywać wyłącznie pracownicy, u których w wyniku przeprowadzonych badań lekarskich stwierdzono brak przeciwwskazań zdrowotnych.

W obszarze stref pośrednich mogą przebywać pracownicy zatrudnieni przy obsłudze, naprawach, przeglądach, w czasie jednej zmiany roboczej.

W obszarze stref zagrożenia przebywanie pracowników możliwe jest przez czas ograniczony. Czas ten oblicza się z zależności:

$$T_d = 80 \cdot H^{-1} \quad \text{dla pola magnetycznego o częstotliwości od 0,1 MHz do 10 MHz,}$$

$$T_d = 560 \cdot E^{-1} \quad \text{dla pola elektrycznego o częstotliwości od 0,1 MHz do 10 MHz,}$$

$$T_d = 3200 \cdot E^{-2} \quad \text{dla pola elektrycznego o częstotliwości od 10 MHz do 300 MHz.}$$

W obszarze stref niebezpiecznych przebywanie pracowników jest zabronione.

4. WNIOSKI

Bezpośrednie porównanie największych dopuszczalnych natężeń określonych przepisami obowiązującymi w różnych krajach jest mocno utrudnione. Wynika to stąd, że przepisy te posługują się różnymi wielkościami jako miarami stopnia zagrożenia /natężenie pola magnetycznego, natężenie pola elektrycznego, gęstość strumienia mocy/. W związku z tym proponuje się, by do celów analizy porównawczej przyjąć - jako wielkość wspólną dla wszystkich przepisów - gęstość strumienia mocy [13,14,15]. Zakłada się przy tym, że [13,14,15]:

- Dla częstotliwości powyżej 300 MHz pomiar jest dokonywany w strefie dalekiej. Mierzona jest jedna ze składowych pola elektromagnetycznego składowa elektryczna lub/i magnetyczna. Wielkość gęstości mocy określa się wg zależności obowiązujących dla strefy dalekiej pola fali TEM rozchodzącej się w wolnej przestrzeni:

$$P = E \cdot H$$

(12)

oraz

$$E/H = 120 \pi \approx 400 \quad (13)$$

stąd

$$P = E^2/120 \pi \approx E^2/400 \quad (14)$$

lub

$$P = 120 \pi \cdot H^2 \approx 400 \cdot H^2 \quad (15)$$

- Dla częstotliwości mniejszych od 300 MHz jest mierzona wartość jednej ze składowych pola elektromagnetycznego. Wielkość zmierzona jest przeliczona na równoważną wielkość odpowiadającą fali TEM. Przeliczona wartość wielkości zmierzonej służy do wyznaczania gęstości mocy pola wg zależności /12, ..., 15/. Przeliczenie to można wykonać za pomocą nomogramów i prostych wzorów [14, 15] lub stosując przyrządy pomiarowe skalowane w wielkościach równoważnych fali TEM.

Przeliczone w ten sposób największe dopuszczalne natężenia, określone normami ANSI i GOST oraz odpowiednimi polskimi przepisami, zestawiono w tablicy 11.

Dopuszczalne poziomy wg normy ANSI /USA/ są średnio o 20-30 dB wyższe niż odpowiednie poziomy wg normy GOST /ZSRR/. W obu normach dopuszczalny poziom maleje w zakresie częstotliwości 30-300 MHz /jak już wspomniano, w zakresie tym występuje efekt rezonansowej absorpcji energii przez ciało człowieka, jako obiektu przewodzącego prąd elektryczny/. Przyjmując, że w polskich przepisach prawnych strefą odpowiadającą normom ANSI i GOST jest strefa pośrednia, z porównania wynika, że wartości określone polskimi przepisami są wyższe o około 10 dB od wartości normy GOST, niższe zaś o około 20 dB w porównaniu z wartościami normy ANSI dla częstotliwości do 30 MHz i około 10 dB dla zakresu powyżej 30 MHz. W części dotyczącej ochrony zdrowia ludności i śro-

Tablica 11

Zakres częstotliwości [MHz]	Poziom dopuszczalny [W · m ⁻²]																																														
	USA	ZSRR	POLSKA																																												
Pracownicy obsługujący źródła pola																																															
			Strefa																																												
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Bezpieczna</th> <th>Pośrednia</th> <th>Zagrożenia</th> <th>Niebezpieczna</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1-12,25</td> <td>12,25-2500</td> <td>2500</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1-12,25</td> <td>12,25-2500</td> <td>2500</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1-12,25</td> <td>12,25-2500</td> <td>2500</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1-12,25</td> <td>12,25-2500</td> <td>2500</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1-12,25</td> <td>12,25-2500</td> <td>2500</td> </tr> <tr> <td>0,12</td> <td>0,12-1</td> <td>1-245</td> <td>245</td> </tr> <tr> <td>0,12</td> <td>0,12-1</td> <td>1-245</td> <td>245</td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	Bezpieczna	Pośrednia	Zagrożenia	Niebezpieczna	-	-	-	-	1	1-12,25	12,25-2500	2500	1	1-12,25	12,25-2500	2500	1	1-12,25	12,25-2500	2500	1	1-12,25	12,25-2500	2500	1	1-12,25	12,25-2500	2500	0,12	0,12-1	1-245	245	0,12	0,12-1	1-245	245	-	-	-	-	-	-	-	-
Bezpieczna	Pośrednia	Zagrożenia	Niebezpieczna																																												
-	-	-	-																																												
1	1-12,25	12,25-2500	2500																																												
1	1-12,25	12,25-2500	2500																																												
1	1-12,25	12,25-2500	2500																																												
1	1-12,25	12,25-2500	2500																																												
1	1-12,25	12,25-2500	2500																																												
0,12	0,12-1	1-245	245																																												
0,12	0,12-1	1-245	245																																												
-	-	-	-																																												
-	-	-	-																																												
0,06 - 0,1	6,2																																														
0,1 - 0,3	6,2																																														
0,3 - 1,5	6,2																																														
1,5 - 3,0	6,2																																														
3,0 - 10	1,0																																														
10 - 30	1,0																																														
30 - 50	0,25																																														
50 - 300	0,06																																														
300 - 1500	2√ ^{xx} / lub 20√ ^{xx} /																																														
1500 - 100000	2√ ^{xx} / lub 20√ ^{xx} /																																														
100000 - 300000	2√ ^{xx} / lub 20√ ^{xx} /																																														
			Strefa																																												
Ludność "cywilna"																																															
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pierwszego stopnia</th> <th>Drugiego stopnia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10 kv · m⁻¹</td> <td>1-10 kv · m⁻¹</td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>0,06-1</td> </tr> <tr> <td>1,1</td> <td>0,06-1</td> </tr> <tr> <td>1,1</td> <td>0,06-1</td> </tr> <tr> <td>0,27</td> <td>0,06-1</td> </tr> <tr> <td>0,04</td> <td>0,01-0,12</td> </tr> <tr> <td>0,04</td> <td>0,01-0,12</td> </tr> <tr> <td>0,01</td> <td>0,025-0,1 (CW)</td> </tr> <tr> <td>0,05</td> <td>0,25-1 (PW)</td> </tr> </tbody> </table>	Pierwszego stopnia	Drugiego stopnia	10 kv · m ⁻¹	1-10 kv · m ⁻¹	-	0,06-1	1,1	0,06-1	1,1	0,06-1	0,27	0,06-1	0,04	0,01-0,12	0,04	0,01-0,12	0,01	0,025-0,1 (CW)	0,05	0,25-1 (PW)																								
Pierwszego stopnia	Drugiego stopnia																																														
10 kv · m ⁻¹	1-10 kv · m ⁻¹																																														
-	0,06-1																																														
1,1	0,06-1																																														
1,1	0,06-1																																														
0,27	0,06-1																																														
0,04	0,01-0,12																																														
0,04	0,01-0,12																																														
0,01	0,025-0,1 (CW)																																														
0,05	0,25-1 (PW)																																														
50 Hz																																															
0,03 - 0,1																																															
0,1 - 0,3																																															
0,3 - 3																																															
3 - 10																																															
10 - 30																																															
30 - 300																																															
300 - 300000																																															

x/ Dla wszystkich źródeł pola, oprócz anten obrotowych i skanujących.

xx/ Dla anten obrotowych i skanujących

CW - pola stacjonarne ciągłe.

PW - pola impulsowe.

dowiska ustalenia polskich aktów prawnych są zbliżone do ustaleń normy radzieckiej.

W odniesieniu do przepisów krajowych, dotyczących zarówno bezpieczeństwa i higieny pracy, jak i ochrony środowiska oraz zdrowia ludności, dyskusyjną sprawą wydaje się wprowadzenie wielu stref ochronnych. Jakkolwiek zamysł ustawodawczy jest tutaj przejrzysty i logicznie uzasadniony, to jednak nie zmienia to faktu, że przyjęcie wielu stref ochronnych może być przyczyną niekiedy niepotrzebnych sporów interpretacyjnych, np. między pracownikami a dyrekcjami przedsiębiorstw, między organami administracji państwowej, itp. Pod tym względem formuła normy ANSI wydaje się o wiele korzystniejsza.

Normy krajów zachodnich opierają się na kryterium energetycznym. Kryterium to bierze pod uwagę zasadę równowagi energetycznej organizmu traktowanego jako ciało doskonale czarne, ciepłokrwiście. Z prawa Stefana-Boltzmana wynika, że całkowita gęstość mocy emitowanej do otoczenia przez organizm w całym widmie elektromagnetycznym wynosi ok. $10 \text{ mW} \cdot \text{cm}^{-2}$. Do zachowania równowagi energetycznej organizm może przyjąć taką ilość energii, jaką wypromieniuje; wartości zbliżone do $10 \text{ mW} \cdot \text{cm}^{-2}$ otrzymuje się przy równoważeniu przyrostu temperatury tkanek równego $0,01^\circ\text{C}$.

Uwzględnienie tylko kryterium energetycznego budzi wątpliwości. Kryterium to bierze bowiem pod uwagę wyłącznie natychmiastowy efekt promieniowania, a pomija efekty opóźnione czy genetyczne. Nie jest ponadto jasne, jaki przyrost temperatury w żywym organizmie należy uznać za dopuszczalny, czy w organizmie nie następują efekty kumulacji poszczególnych dawek promieniowania, czy promieniowanie o dużej gęstości mocy i małej częstotliwości, nie wywołujące efektu termicznego /zakres poniżej 100 kHz/ - jest obojętne dla organizmu.

Stosowanie kryterium biologicznego do oceny stopnia szkodliwości pól elektromagnetycznych również stwarza problemy. Brak jest przede wszystkim jednoznacznego określenia, jakie zmiany są szkodliwe. Często bada się i mierzy

nie to, co stanowi właściwą przyczynę wystąpienia danego efektu. Organizm ludzki ma bowiem strukturę hierarchiczną - oddziaływanie kwantów promieniowania odbywa się na poziomie atomów i struktur molekularnych, natomiast rejestracja efektów promieniowania na poziomie systemów i całego organizmu. Dzięki układom sprzężeń i autoregulacji organizmu efekty obserwowalne na poziomie komórkowym nie odzwierciedlają się jednoznacznie na poziomie całego organizmu. Są to zagadnienia bardzo trudne, wymagające dalszych, zaawansowanych badań. Konsekwencją takiego stanu rzeczy jest to, że przepisy ochronne - chociaż opracowywane przez grupy kompetentnych specjalistów i okresowo aktualizowane - są w dużej mierze wykładnikiem ciągle niepełnej znajomości przedmiotu.

Tendencją rozwoju systemów telekomunikacyjnych, wynikającą ze wzrostu liczby przesyłanych informacji, było powstanie systemów cyfrowych, pracujących w zakresie fal centymetrowych /systemy satelitarne/ i optycznych /systemy światłowodowe/. Systemy te charakteryzują się małymi poziomami mocy emitowanej, a moc rozproszona jest bardzo mała /przykładowo gęstość mocy docierająca ze stacji satelitarnej na powierzchnię Ziemi jest rzędu $\mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$ /, a w przypadku systemów światłowodowych praktycznie nie operuje się pojęciem mocy rozproszonej. Tak więc z punktu widzenia oddziaływania na człowieka i środowisko biologiczne - w świetle aktualnych badań - nowe systemy telekomunikacyjne nie są systemami zagrożającymi zdrowiu człowieka i zakłócającymi naturalne środowisko elektromagnetyczne.

Niewykluczone, że te właśnie systemy, przy dalszym rozwoju badań oddziaływania pól elektromagnetycznych niejonizujących na organizmy żywe, okażą się systemami optymalnymi.

WYKAZ LITERATURY

1. Barber P.W.: Electromagnetic power absorption in prolate spheroidal models of man and animals. IEE Trans. Biomed. Eng, vol. BE - 24, 1977, pp. 513 - 531.

2. D'Andrea J.A., Gandhi O.P., Lord J.L.: Behavioral and thermal effects of microwave radiation at resonant and nonresonant wavelengths. *Radio-Science* 12, 1977, pp. 251-256.
3. Durney C.H., Iskander M.F., Maseoudi H., Johnson C.C.: An empirical formula for broad-band SAR calculations of prolate spheroidal models of humans and animals. *IEEE Trans. Microwave Theory and Technology*, vol. MTT-27, 1979, pp. 758-763.
4. Guy A.W., Webb M.D., Sorensen C.C.: Determination of power absorption in man exposed to high frequency electromagnetic field by thermographic measurement on scale models. *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. BE-23, 1976, pp. 361-371.
5. Johnson C.C.: Recommendations for specifying electromagnetic wave irradiation conditions in bioeffects research. *J. Microwave Power*, vol. 10, 1975, pp. 249-250.
6. Koperski A., Śmiałkowski T.: Ochrona przed silnymi polami elektromagnetycznymi w CSRS. *Bezpieczeństwo pracy*, 1979, nr 3, s. 3 ÷ 5.
7. Mikołajczyk H.: Postępy badawcze i normalizacyjne w odniesieniu do pól elektromagnetycznych. IMP Łódź, *Studia i materiały monograficzne*, nr 3 /16/, 1983, s. 11 ÷ 28.
8. Mitchel J.C.: New Guidelines for Radiofrequency Radiation Safety. *Proc. of EMC Symposium, Zurich 1983*, pp. 97 - 102.
9. Romero-Sierra C.: Bioeffects of electromagnetic Waves. *Review of Radio-Science*, 1978 ÷ 1980.
10. Rozporządzenie MPPiSS oraz MZiOS z dnia 19 lutego 1977 roku w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu urządzeń wytwarzających pola elektromagnetycznego w zakresie od 0,1 MHz do 300 MHz. *Dziennik Ustaw*, nr 8, poz. 33.

11. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 lutego 1980 roku w sprawie szczegółowych zasad ochrony przed elektromagnetycznym promieniowaniem niejonizującym szkodliwym dla ludzi i środowiska. Dziennik Ustaw, nr 25, poz. 101.
12. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 25 maja 1972 roku, w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu urządzeń wytwarzających pola elektromagnetyczne w zakresie mikrofalowym. Dziennik Ustaw, nr 21, poz.153.
13. Standard ANSI C.95.1-1982: American National Standard Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields 300 kHz to 100 GHz. American National Standards Institute, July 30, 1982.
14. Standard ANSI C95.3-1973: Techniques and instrumentation for the measurement of potentially hazardous electromagnetic radiation at microwave frequencies. American National Standards Institute, Sept. 1, 1972.
15. Standard ANSI C95.5-1981: American National Standard Recommended Practice for the Measurement of Hazardous Electromagnetic Fields - RF and Microwave. American National Standards Institute, March 16, 1981.
16. Standard BDS 14525-78, Sofia 1978.
17. Standard CSR cj. HE-344.5-3.2.70, Praga 1970.
18. Standard GOST 12.1.006-84: Gosudarstvennyj Komitet SSSR po Standartam, Moskwa 1984.
19. Standard TGL 37816-1982: Schutz vor Elektromagnetischen Feldern von 60 kHz bis 300 GHz Begriffe. DDR - Standard, 1982.
20. Weiss M.M.: The rationale for Radiofrequency Electromagnetic Exposure Standards. Proc. of EMC Symposium, Zurich 1983, pp. 93 - 96.
21. Weil C.M.: Advances in experimental exposure methods and dosimetric techniques used in Radiofrequency Bioeffects. Studies.Proc.of EMC Symposium, Zurich 1983, pp. 103-108.

OBECNY STAN I PERSPEKTYWY DALSZEGO ROZWOJU BADAŃ
PROPAGACJI FAL POWYŻEJ 10 GHz W POLSCE NA TLE
AKTUALNEGO STANU ŚWIATOWEGO^{x/}

1. WPROWADZENIE

Tendencja wykorzystywania coraz wyższych zakresów widma częstotliwości radiowych wynika z narastających potrzeb rozwoju służb telekomunikacyjnych, w szczególności służb satelitarnych, których niższe, dotychczas eksploataowane, zakresy częstotliwości nie są już w stanie pomieścić. W kraju zainteresowanie zakresami powyżej 10 GHz ujawnił resort łączności w początkach lat siedemdziesiątych. Znalazło ono odbicie w planach prac naukowo-badawczych, które objęły wówczas przede wszystkim rozeznanie sytuacji światowej, a następnie miały na celu sformułowanie własnych potrzeb i możliwości.

W 1974 r. Instytut łączności nawiązał bezpośrednią współpracę z Wyższym Instytutem Poczty i Telekomunikacji /ISPT/ w Rzymie zgłaszając m.in. zapotrzebowanie na uzyskanie konsultacji, dotyczącej problematyki propagacyjnej w tych zakresach. Włochy należące do krajów zaawansowanych przygotowywały w owym czasie zakrojony na szeroką skalę program badań propagacyjnych w zakresach częstotliwości powyżej 10 GHz na trasach Ziemia-satelita-Ziemia. Zaproszenie do wzięcia udziału w tym programie, nazwanym SIRIO, przywiózł odwiedzający Instytut łączności jeden z głównych inicjatorów programu profesor Carassa z Politechniki w Mediolanie.

W tym samym czasie doszło do skutku wzajemne porozumienie pomiędzy Akademiami Nauk krajów socjalistycznych, w tym Polski, mające na celu zorganizowanie wspólnych badań tej pro-

^{x/} Referat przedstawiony na Naradzie Sekcji łączności Kosmicznej Komitetu Badań Kosmicznych /listopad 1985/, zaktualizowany w kwietniu 1986.

blematyki. Powstało wiele Stałych Grup Roboczych do wykorzystania przestrzeni kosmicznej, których program badawczy, pod nazwą Interkosmos, objął kilka dziedzin, a wśród nich jako podprogram znalazła się łączność kosmiczna. Temat nr 1 tego podprogramu stanowią badania nad podstawami, w pierwszym rzędzie propagacyjnymi, zagospodarowania zakresów częstotliwości 10 do 30 GHz dla systemów łączności satelitarnej, ale nie wyłączając też systemów ziemskich. Koordynatorem tematu została Niemiecka Republika Demokratyczna, a uczestniczy w nim ponadto: ZSRR, CSRS, WRL, BRL i Polska. Realizacja tego tematu, podobnie jak w innych przedsięwzięciach tego rodzaju, zakładała utworzenie eksperymentalnego systemu obejmującego naziemne stacje nadawcze i odbiorcze do emisji oraz odbioru sygnałów pomiarowych nadawanych do i z satelity, aparaturę umożliwiającą badanie towarzyszących propagacji zjawisk meteorologicznych i kompleksu kosmicznego, umieszczonego na orbicie geostacjonarnej.

Organizacja ośrodka, skąd sygnały pomiarowe przewidziane do retransmisji są nadawane w kierunku satelity, została powierzona administracji ZSRR, która zlokalizowała go w miejscowości Dubna /ok. 120 km od Moskwy/. Wyposażenie tego ośrodka, jak też kompleksu kosmicznego i współpracujących ośrodków rozlokowanych w krajach uczestniczących, zostało rozdzielone pomiędzy administracje tych krajów, a w tym Polskę. Tak więc przystąpienie do programu Interkosmos dało silny impuls do podjęcia prac organizacyjnych, technicznych i badawczych w kraju i jednocześnie zobowiązało do czynnego uczestnictwa w pracach zespołów międzynarodowych w zamian za uzyskanie pełnego dostępu do wyników osiągniętych na bieżąco przez te zespoły.

Sponsorem zasadniczych prac prowadzonych przez stronę polską w kraju czy na terenie międzynarodowym zostało Centrum Badań Kosmicznych PAN, będące koordynatorem problemu węzłowego 06.7. "Rozwój i wykorzystanie badań kosmicznych"^{x/}.

^{x/} Obecnie: Centralny Program Badawczo-Poznawczy 01-20 o nazwie jak poprzednio.

Jednak podproblem łączność kosmiczna /06.7-5/ z racji zainteresowań resortu łączności został poddany koordynacji Instytutu łączności. Na Instytucie też zaciążył główny wysiłek prowadzenia przypadających na Polskę zadań tematu nr 1 w Programie. Współpraca jednostek pozaresortowych w ubiegłym dziesięcioleciu, jakkolwiek niezbędna do wykonania niektórych zadań, miała wymiarowo charakter raczej drugorzędny /IMGW, IPE-PW/. Pomimo czynionych starań nie udało się skłonić do współpracy instytutu PIT - MPM, co ze względu na brak w resorcie zaplecza mikrofalowego zaważyło na charakterze uczestnictwa Polski w Programie. Dodać należy, że zainteresowanie resortu łączności problematyką prac Programu, również dla systemów ziemskich, wyraziło się też częściowym finansowaniem przez ten resort kosztów prowadzonych prac.

2. PODSUMOWANIE ZADAŃ WYKONANYCH W KRAJU DO ROKU 1985

Zgodnie z pierwotnymi założeniami prace podjęte w kraju w połowie lat siedemdziesiątych miały na celu stworzenie warunków do kompleksowych badań obejmujących dwa kierunki:

- 1/ bliższe rozpoznanie zjawisk propagacyjnych w zakresach powyżej 10 GHz i ich związków ze zjawiskami meteorologicznymi, tak aby znajomość ta w określonych warunkach meteorologicznych wystarczała do prognozowania zachowania się łączy radiowych tych zakresów w systemach zarówno ziemskich, jak satelitarnych;
- 2/ poznanie charakterystyk zjawisk meteorologicznych i ich regionalnych różnicowań w obrębie całego kraju, tak aby można było planować systemy o dużej niezawodności w sposób ekonomiczny, dostosowany do lokalnych warunków.

W pierwszym przypadku należało zorganizować poligon doświadczalny na wzór ośrodka Dubna, wyposażony w linie modelowe, stanowisko odbiorcze-satelitarne i pomiarowe urządze-

nia radiometeorologiczne, w drugim - rozmieścić na terenie kraju, w różnych strefach klimatycznych odpowiednie stacje pomiarowe, które pozwoliłyby precyzyjnie definiować warunki meteorologiczne. Prace poprowadzono w obu kierunkach.

Doświadczenia własne i dane zawarte w dokumentach CCIR /m.in. w Sprawozdaniu 721/ wskazywały, że pierwszym czynnikiem istotnie decydującym o propagacji fal powyżej 10 GHz, ich tłumieniu, rozproszeniu i depolaryzacji, jest intensywność opadu deszczu. Wpływom tym należało więc poświęcić specjalną uwagę, tym bardziej, że dotychczas parametr ten mało interesował meteorologów z IMGW, którzy koncentrowali się głównie na badaniach wysokości opadów, to jest całki intensywności i to w dłuższych przedziałach czasu: miesięcznych czy sezonowych, w najlepszym przypadku dobowych. W celu zgrubnej orientacji dotyczącej rejonów zróżnicowanych przez ten wskaźnik, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej na zlecenie Instytutu łączności podjął pracę przeliczenia posiadanych danych o wysokościach opadów na ich intensywność. Podstawę przeliczeń stanowiły zapisy pluwiografów Hellmann'a, z których została sporządzona szacunkowa mapa stref o określonym prawdopodobieństwie przekroczeń pewnych założonych wartości intensywności. Informacja ta stanowiła pierwszą wskazówkę, gdzie przede wszystkim należy rozmieścić stanowiska, aby prowadzić bardziej precyzyjne i wielosezonowe badania wielkości wymaganych przy obliczeniach propagacyjnych.

Zasadniczą wadą przyrządu Hellmann'a jako narzędzia do oceny intensywności jest duże zagęszczenie zapisu na osi czasu, co prowadzi do poważnych błędów przy próbach odczytu intensywności uśrednionych w krótkich przedziałach czasu, rzędu pojedynczych minut. Błędy te są szczególnie znaczące przy intensywnościach przekraczających $30 \div 50$ mm/h, co ostatecznie zdyskwalifikowało ten typ miernika. Podjęto więc w Instytucie prace nad innymi typami deszczomierzy opartymi na czujnikach: pojemnościowym i przechyłowym. O wyborze deszczomierza przechyłowego zdecydowała ostatecznie duża stabilność jego wskazań, wynikająca z zasady działania i po-

twierdzona doświadczeniem. Obok wyboru właściwego czujnika w koncepcji deszczomierza należało przewidzieć możliwość jego pracy bez dozoru w dłuższym okresie, rzędu przynajmniej dwóch tygodni, z zachowaniem dużej dokładności przy oznaczaniu czasu zapisywanych przebiegów. Warunek ten był konieczny ze względu na potrzebę synchronicznych obserwacji zjawisk zachodzących we wzajemnie oddalonych, autonomicznych punktach pomiaru. Dodatkowy wymóg stanowiła możliwość względnie łatwego wprowadzania danych do maszyny cyfrowej w celu dalszego ich przetwarzania.

Zgodnie z powyższymi założeniami opracowano rejestrator magnetyczny z wykorzystaniem kasetowego magnetofonu stereofonicznego, który po odpowiednich adaptacjach pozwala rejestrować na jednej kasecie zjawiska występujące w czasie 4 do 6 tygodni. Zestaw deszczomierza obejmuje przechyłowy czujnik z głowicą optoelektroniczną, kasetowy rejestrator magnetyczny z kwarcowym zegarem znaczników czasu i pisak analogowy, rejestrujący dla podglądu na papierowej taśmie średnie minutowe wartości intensywności opadu z szybkością posuwu 60 mm/h podczas deszczu i ok. 1 mm/h. skokowo przy braku opadu. Zestaw jest wyposażony w zasilacz sieciowy oraz rezerwowy zasilacz akumulatorowy, włączający się automatycznie przy zanikach zasilania sieciowego. Odczyt zarejestrowanych wartości odbywa się z normalną szybkością posuwu taśmy magnetycznej za pomocą specjalnego analizatora, współpracującego z perforatorem taśmki papierowej. Statystyczna obróbka zarejestrowanych przebiegów dokonuje się na maszynie R 32, wg opracowanego do tego celu programu ASTAT.

Tak zrealizowany system pomiarów i rejestracji jest wykorzystywany obecnie w kraju do wyznaczania rozkładów intensywności opadów na czterech stanowiskach doświadczalnej trasy Iwiczna-Miedzeszyn oraz w regionalnym punkcie oznaczonym kryptonimem "Zamość" /na obezarach bogatych w opady/. W najbliższym czasie liczba stanowisk na trasie podsatelitarnej zostanie zwiększona, a także wytypowane zostaną 2 ÷ 3 dalsze punkty regionalne.

Przepisywanie danych z kasety na taśmię perforowaną przed wprowadzeniem ich do komputera znacznie przedłuża proces obróbki statystycznej, a poza tym jest dodatkowym źródłem błędów i przekłamań. Przystąpiono więc do opracowania systemu, który umożliwi bezpośrednio wprowadzenie danych z kasety magnetofonowej do bazy danych w pamięci komputera MERA 400, gdzie są rejestrowane również wyniki pomiarów prowadzonych w czasie rzeczywistym z deszczomierza bezpośrednio połączonego z komputerem.

Innym parametrem radioklimatu, ważnym ze względu na zachowanie się radiolinii ziemskich i satelitarnych, jest wskaźnik refrakcji troposferycznej i jego gradient w kierunku pionowym. Parametr ten może być określony na podstawie wyników swobodnych sondowań wykonywanych rutynowo przez IMGW dla kilku punktów na terenie kraju. Stosowana metoda pomiaru, za pomocą swobodnej sondy balonowej, pozwala jednak określać wartość wskaźnika dopiero na większych wysokościach poczynając od 400 - 500 m wzwyż, podczas gdy dla szacowania warunków pracy ziemskich linii radiowych ważny jest gradient wskaźnika refrakcji w najniższych położonych, przygruntowych warstwach atmosfery. Należało więc zastosować inną metodę pomiaru z wykorzystaniem balonu na uwięzi. Sondowania takie na zlecenie Instytutu łączności przeprowadził IMGW w rejonie Płocka. Dane z sondowań zgromadzone w ciągu kilku sezonów pozwoliły po raz pierwszy określić punktową statystykę gradientu wskaźnika refrakcji dla różnych pór doby w warstwach atmosfery 0-10; 0-25; 0-50 i 0-100 m nad powierzchnią terenu.

Wspomniany poprzednio, brak w Instytucie zaplecza mikrofalowego uniemożliwił zbudowanie doświadczalnych linii radiowych we własnym zakresie. Opracowania takich urządzeń podjął się w ramach kooperacji Instytut Podstaw Elektroniki PW. W pierwszej kolejności został zbudowany wąskopasmowy nadajnik i odbiornik sygnału 18 GHz, przeznaczony do utworzenia modelu ziemskiej linii radiowej tego zakresu, oraz konwerter sygnału z 11,45 GHz na 70 MHz do odbioru sygnałów przez

doświadczalnego satelitę Programu Interkosmos. Opracowany wcześniej, z zastosowaniem urządzenia "Korab 5", zespół nadajnika i odbiornika zakresu 11 GHz nie nadawał się do badań w trybie ciągłym ze względu na enegochłonność /technika klustronowa/ i trudności realizacji zasilania awaryjnego przy zanikach sieci energetycznej.

Urządzenia linii 18 GHz zostały zainstalowane początkowo na trasie o długości 4,5 km pomiędzy CZD^{x/} w Międzyzlesiu i Ił w Miedzeszynie, gdzie pracowały ponad 1 rok. Obecnie linia 18 GHz została zreorientowana na kierunek podsatelitarny /azymut z Miedzeszyna ok. 220°/ i pracuje na trasie ok. 15 km. Nadajnik jest umieszczony na dachu budynku zakładów "Lamina" w Iwicznej pod Piasecznem. System antenowy użyty po stronie nadawczej stanowi tuba piramidalna o zysku około 20 dB, po stronie odbiorczej - paraboloid o średnicy \varnothing 1,5 m wyprodukowany przez PIT-Gdańsk. Układ oświetlający i trakt falowodowy zostały wykonane w Ił. Zysk anteny odbiorczej wynosi około 40 dB. Aby uniknąć tłumienia dyfrakcji od przesłony, jaką na profilu trasy stanowi zalesiona skarpa wiślana w okolicach Powsina-Kabat, po stronie odbiorczej zastosowano układ anteny peryskopowej z lustrem płaskim na wysokości ok. 30 m nad terenem. Lustro paraboliczne z układem oświetlającym i odbiornik związany z nim krótkim odcinkiem sztywnego falowodu umieszczono na budynku Instytutu ok. 13 m nad terenem.

Zapas mierzalnej dynamiki łącza wynosi obecnie około 20 dB, co pozwala rejestrować tłumienie dodatkowe powodowane przez opady ciągłe, rozłożone na całej trasie do 15 mm/h i wywołane opadami ulewnymi o średnicy rdzenia kolumny nie większej od 4 km, do 50 mm/h. Aby móc rejestrować tłumienia wywołane opadami o większych intensywnościach, np. 150 mm/h przy tej samej średnicy kolumny, należy powiększyć zysk anteny nadawczej o dalsze 20 dB.

Trasa linii 18 GHz jest aktualnie wyposażona w 4 stanowiska do pomiaru intensywności opadów: Miedzeszyn, Julianów,

x/ Centrum Zdrowia Dziecka.

Powsin i Iwiczna. W pierwszym przybliżeniu pozwala to szacować związki pomiędzy średnimi intensywnościami trasowymi i punktowymi dla różnych długości trasy. Jednak aby stworzyć warunki do określenia statystyki tych zależności, należy liczbę stanowisk pomiarowych na trasie zwiększyć przynajmniej o dalsze 1 lub 2, tj. łącznie do pięciu-sześciu.

Konwerter częstotliwości 11 GHz/70 MHz współpracuje z wąskopasmowym odbiornikiem pomiarowym SLE przeznaczonym do badań propagacji, opracowany w ramach prac Interkosmos przez Laboratorium RFZ /NRD/. Odbiornik ten został przekazany Instytutowi w drodze wymiany za system do pomiarów intensywności opadów, dostarczony na narodowy poligon NRD w Neu-GoIm. Kompletne stanowisko odbiorcze obejmuje: antenę o średnicy parabolicznego lustra \varnothing 3 m, zamontowany przy samej antenie konwerter 11 GHz /70 MHz, odbiornik wąskopasmowy SLE i aparat samopiszący. Antena została naprowadzona na kierunek przychodzenia sygnału jednorazowo ręcznie i położenie jej nie jest korygowane. Prowadzi to do wahań poziomu odbieranego sygnału wywoływanych precesyjnym ruchem satelity. Wahania te wynoszą około 14 dB i o tyle jest zredukowany obecnie mierzalny zakres tłumień troposferycznych, jeśli zdarzają się one w okresie minimum sygnału odbieranego.

Do sterowania procesem pomiaru wszystkich interesujących wielkości radiometeorologicznych wykorzystano komputerowy system gromadzenia i przetwarzania danych. System jest oparty na minikomputerze MERA 400 i współpracującym z nim urządzeniu "Inteldigit PI", które stanowi zespół sprzęgający wejścia i wyjścia komputera ze wszystkimi przetwornikami i czujnikami układu pomiarowego. Zadaniem systemu jest próbkowanie mierzonych przebiegów w rytmie indywidualnie przystosowanym do poszczególnych zjawisk /np. intensywność opadu jest mierzona co 1 minutę, poziom sygnałów odbieranych z linii radiowych co 1 sekundę, temperatura, wiatr co 1 godzinę/ i po wstępnym przetworzeniu wprowadzanie wyniku pomiaru do bazy danych. W skład systemu wchodzi: "jednostka centralna ze wspomnianym urządzeniem Inteldigit" dwie sta-

cje pamięci dyskowej, pamięć taśmowa, drukarka wierszowa KSR, monitor ekranowy z klawiaturą do komunikowania się operatora z systemem, czytniki i perforatory taśmki papierowej. W ostatnim czasie pamięć operacyjna komputera została rozszerzona do 96 K bajtów, a jego wyposażenie softwerowe wzbogacone o dwuzadaniowy system operacyjny /SOM 3/. Umożliwia to obecnie dokonywanie operacji dalszego przetwarzania danych /np. tworzenie dobowych, sezonowych czy miesięcznych rozkładów zarejestrowanych wartości, poszukiwanie ich statystycznych zależności korelacji, regresji i in./ bez zakłócenia podstawowego procesu wykonywania pomiarów i gromadzenia wyników pomiarowych. System wyposażono w zasilanie rezerwowe, które uniezależnia jego pracę od stanu energetycznej sieci zasilającej.

3. DZIAŁALNOŚĆ W RAMACH WSPÓŁPRACY MIĘDZYNARODOWEJ

Wspomniany udział Polski w realizacji Programu Interkosmos objął dostarczenie systemu pomiarów intensywności opadów deszczu i prace związane z jego funkcjonowaniem w ramach tematu nr 1 na poligonie Dubna. System ten, dostosowany do współpracy z urządzeniami rejestrującymi dostarczony mi przez NRD, obejmuje przechyłowe czujniki-przetworniki umieszczone obecnie na następujących stanowiskach pomiarowych:

- w punkcie centralnym, w pobliżu naziemnej stacji doświadczalnego łącza satelitarnego z satelitą "Łucz 1" i jednocześnie stacji odbiorczej doświadczalnych linii horyzontowych;
- w punkcie odległym o 3 km od stanowiska centralnego na trasie horyzontowej linii radiowej skierowanej na azy-mut satelity "Łucz 1";
- w punkcie nadawczym linii horyzontowych odległym o 12 km od stanowiska centralnego;

- w punkcie regionalnym w strefie intensywnych opadów na południu ZSRR w okolicach Soczi.

Dane opadowe, zbierane na wymienionych stanowiskach, są wprowadzane do pamięci komputera ROBOTRON KRS 4201 /NRD/ przez 6-kanałowy zespół konwertera impulsowo-analogowego stanowiący integralną część układu deszczomierzy. Doprowadzenie sygnałów do konwertera odbywa się różnymi sposobami w zależności od długości linii przesyłowej. Przetwornik ze stanowiska centralnego połączono przewodowo konwencjonalną linią telefoniczną, natomiast sygnał z przetwornika odległego o 12 km doprowadzono za pośrednictwem linii radiowej /zakresu 20 MHz/, dostarczonej przez ZSRR. Wreszcie sygnał ze stanowiska regionalnego dociera przez radiową linię satelitarną, wyposażoną w naziemną stację pochodzenia CSRS. Czujnik zainstalowany na stanowisku odległym o 3 km współpracuje z autonomicznym rejestratorem magnetycznym wyposażonym w pisak analogowy. Obecnie służy on do weryfikacji zjawisk rejestrowanych na horyzontowej linii 12 km. W tym samym celu jest wykorzystywany drugi rejestrator magnetyczny z pisakiem analogowym, zainstalowany na stanowisku centralnym równoległe do czujnika połączony z komputerem. Dodatkową korzyścią tej rejestracji jest magazynowanie oryginalnych zapisów mierzonych zjawisk, które w komputerze "ROBOTRON" po utworzeniu okresowych rozkładów są wyciągane z pamięci ze względu na zbyt małą jej pojemność.

Zgodnie z regulaminową zasadą organizacji na poligonie działań obejmujących różne systemy doświadczalne, naukowe kierownictwo prac bazujących na urządzeniach polskiego pochodzenia zostało powierzone przedstawicielowi Polski. Obowiązki kierownika tych prac, oznaczonych jako eksperyment nr 3, dotyczyły opracowania metodyki prowadzenia badań, weryfikacji i interpretacji wyników pomiarowych oraz koordynacji z innymi eksperymentami prowadzonymi w ramach tematu, w tym z eksperymentem nr 1 - badanie tłumień sygnałów na trasie satelitarnej /NRD/ i eksperymentem nr 2 - badanie tłumień na trasach horyzontowych /BRL/. Dodać trzeba, że

eksperyment nr 3 objął także porównawcze pomiary charakterystyk chwilowych intensywności opadów, wykonywane za pomocą deszczomierza pojemnościowego dostarczonego przez WRL. Również zgodnie z regulaminem Programu Interkosmos przedstawiciele strony polskiej wykonują okresowe zadania związane z cechowaniem i konserwacją aparatury oraz adaptacją systemu do dalszych prac wynikających z rozwoju tematu.

Omówiony system pracuje od roku 1984 w trybie ciągłym 24 godzin na dobę przez ciepłe sezony roku, dostarczając danych opadowych wykorzystywanych do statystycznej oceny ich wpływu na zachowanie się doświadczalnych łącz satelitarnych i horyzontowych w zakresach 11,20 i 30 GHz.

Wzajemne konsultacje i sprawozdania z działalności stron uczestniczących, w tym Polski, odbywają się, poza spotkaniami roboczymi, na naradach koordynacyjnych, sympozjach i dorocznych konferencjach poświęconych wymianie informacji oraz ocenie realizacji tematu. Na sympozjum w 1985 roku w Dreźnie autorzy polscy przedstawili trzy referaty, które weszły do trwałej dokumentacji Programu.

4. ZAMIERZENIA DALSZEGO ROZWOJU BADAŃ PRZEWIDYWANE PLANEM NA LATA 1986-1990

Jak poprzednio wspomniano, dalszy rozwój badań prowadzonych w kraju jest w znacznym stopniu uzależniony od prac prowadzonych w ramach Programu Interkosmos na poligonie w Dubnie i uzgodnień zapadających na naradach koordynacyjnych tematu nr 1 tego Programu. Z racji kierownictwa naukowego eksperymentu nr 3 Polska jest zobligowana przede wszystkim do gromadzenia i przetwarzania danych o opadach, w celu opracowania charakterystyk tego parametru dla międzynarodowego ośrodka i ich związków z parametrami propagacyjnymi mierzonymi w ośrodku.

W związku z tym, że transmisja danych opadowych przez linię radiową o długości 12 km jest niekiedy zakłócona przez przypadkowe emisje spoza ośrodka, co stwarza trudności przy

tworzeniu rozkładów wielkości mierzonej, zachodzi potrzeba dodatkowej kontroli mierzonych zjawisk opadowych i ich bezpośredniego podglądu oraz rejestracji w miejscu pomiarów. W tym celu dodatkowo w punkcie odległym o 12 km od stanowiska centralnego planowane jest zainstalowanie autonomicznego miernika wyposażonego w rejestrator, którego zapis mógłby być użyty do weryfikacji przebiegów przesyłanych do komputera przez linię radiową.

Komputer KRS, stanowiący aktualne wyposażenie ośrodka, nie dysponuje dodatkowymi wejściami, do których można by doprowadzić dalsze sygnały pomiarowe. Również wyposażenie punktów pośrednich trasy 12 km /np. w odległości 6 km od stanowiska centralnego/ musi być zrealizowane za pomocą autonomicznych rejestratorów kasetowych. Przewidywana łączna liczba stanowisk pomiarowych z autonomicznymi rejestratorami-obejmująca ośrodek Dubna, krajową linię podsatelitarną i wytypowane punkty regionalne w kraju - powinna wzrosnąć w bieżącym roku do 9 - 10. Obsługa takiej liczby stanowisk w ciągu 5 lub 6 miesięcy w roku oznaczałaby b.poważne obciążenie personelu wykonawczego. Stanowi to więc silny bodziec do przyspieszenia wspomnianych już prac nad bezpośrednim wprowadzeniem zapisów z kaset do pamięci komputera, gdzie mógłby być poddane dalszej obróbce w sposób automatyczny.

Inna trudność, związana ze wspomnianym ograniczeniem pojemności pamięci komputera KRS, zmusza do okresowego anulowania oryginalnych zapisów wartości mierzonych po obliczeniu kilkudniowych statystyk tych wielkości. W celu przechowywania danych pierwotnych planowane jest przesyłanie ich do komputera MERA 400 w Miedzeszynie. Wiąże się z tym realizacja linii Dubna-Miedzeszyn poprzez satelitę organizacji "Interputnik" /Stacjonar 4/ do naziemnej stacji w Psarach, a dalej przez linię telefoniczną i GUTM do Instytutu. Omówione łącze zostało przygotowane do próbnej eksploatacji i ma być wdrożone na czas prowadzenia eksperymentu po zainstalowaniu urządzeń wydzielających poszczególne sygnały telemetryczne w przyznanym kanale telefonicznym. Wynikłe w

ostatnim czasie opóźnienie realizacji tego zadania jest spowodowane zmianą systemu modulacji wprowadzoną przez "Intersputnik", o czym PRL nie została powiadomiona.

Zadania przewidywane na rok bieżący obejmują, poza wyznaczeniem statystyk opadów w ośrodku międzynarodowym i w kraju, wiele dalszych prac pomiarowych lub przygotowawczych do badań propagacyjnych. W chwili obecnej są zaawansowane prace nad automatyzacją śledzenia satelity "Łucz 1" przez antenę odbiorczą - uruchomienie zautomatyzowanego stanowiska powinno nastąpić w drugiej połowie roku. Pozwoli to wykorzystać pełny zakres dynamiki systemu do badań wpływów troposferycznych na zachowanie się trasy nachylonej w zakresie 11 GHz.

Również w bieżącym roku zaplanowane jest uruchomienie radiolinii 11 GHz na trasie Iwiczna-Miedzeszyn, co pozwoli rozpocząć porównawcze badania tłumienia trasy nachylonej i biegnącej pod nią trasy horyzontowej w tym zakresie częstotliwości, a także badania nad częstotliwościowymi uwarunkowaniami efektów troposferycznych na trasie horyzontowej 11/18 GHz.

Wreszcie w bieżącym roku są planowane prace przygotowawcze do badań przestrzennych rozkładów wskaźnika refrakcji w przygruntowych warstwach atmosfery. Badania te w następnych latach powinny dać szersze spojrzenie na uzyskane dotychczas rozkłady punktowe tego parametru i dostarczyć materiałów eksperymentalnych do statystycznego wnioskowania o mechanizmach propagacji wielodrogowej.

Dalsze lata okresu 1986-1990, poza kontynuacją zadań już omówionych i rozszerzeniem ich obejmującym pasmo 30 GHz, mają zapoczątkować badania wpływów troposfery na depolaryzację sygnałów nadawanych przy polaryzacji linearnej i kołowej. Badania powinny być prowadzone na trasach horyzontowych i nachylonych, przy czym drugie z wymienionych będą zależały od stanu zaawansowania prac na terenie międzynarodowym. Od stanu prac tematu nr 1 będzie też zależał termin uruchomie-

nie pomiarów tłumienia troposferycznego w zakresach 20 i 30 GHz na trasie nachylonej.

Innym ważnym tematem wymagającym rozbudowy systemów doświadczalnych jest badanie wpływów propagacyjnych w zakresach powyżej 10 GHz na pracę systemów z modulacją kodowo-impulsową. Do roku 1990 planowane jest przeprowadzenie odpowiedniej adaptacji radiolinii doświadczalnych i wyposażenie ich w modemy umożliwiające podjęcie takich badań. Trzeba stwierdzić, że wymienione prace będą wymagały nie tylko rozbudowy bazy materialnej opartej na aparaturze importowanej w części z drugiego obszaru płatniczego, ale również zwiększenia liczebności kwalifikowanego personelu, przy czym ten drugi warunek nie wydaje się łatwiejszy do spełnienia.

W sprawie wyposażenia aparaturowego przeprowadzono w ostatnim czasie sondażowe rozmowy z przedstawicielami innych krajów uczestniczących w Programie. Rozmowy te wskazują na możliwość uzyskania aparatury 20 i 30 GHz za dewizy z pierwszego obszaru płatniczego, przy czym wzmiankowane koszty byłyby nawet niższe od kosztów wyprodukowania jej w kraju. Jest natomiast sprawą wymagającą głębszego rozeznania, czy parametry zamówionej aparatury spełniałyby wymagania stawiane urządzeniom przeznaczonym dla systemów PCM. Sprawa ta powinna być wyjaśniona przed podjęciem decyzji o kierunku zamówienia jeszcze w bieżącym roku, jeśli budowa odpowiedniej radiolinii modelowej miałaby umożliwić rozpoczęcie badań w bieżącej pięcioletce.

5. STAN ZAAWANSOWANIA NA TLE POSTĘPU ŚWIATOWEGO

Ocenę stanu zaawansowania prac prowadzonych w kraju na tle sytuacji światowej wygodnie jest przeprowadzić dwustopniowo: w stosunku do postępu prac prowadzonych w ramach programu Interkosmos, gdzie Polska jest krajem uczestniczącym, a następnie przez porównanie stopnia zaawansowania i osiągnięć tego programu z wynikami krajów przodujących, któ-

re można wymienić w kolejności następującej: USA, Japonia, Kanada, Włochy, RFN i Francja.

Formalnie PRL uczestniczy w realizacji tematu I Programu na równi z innymi krajami członkowskimi, przy czym kieruje eksperymentem nr 3 atwarzającym odniesienie dla pozostałych eksperymentów propagacyjnych, a więc spełnia funkcję bardzo istotną. Polska nie bierze jednak udziału w wyposażeniu kompleksów mikrofalowych, nie ma więc bezpośredniego udziału w pomiarach tłumienia, depolaryzacji i innych efektów propagacyjnych - to jest w pracach prowadzonych przez kraje, które dostarczyły odpowiednią aparaturę - jakkolwiek ma nieskrępowany dostęp do obserwacji i wyników tych pomiarów.

Należy stwierdzić, że w miarę rozwoju tematu i rozbudowy systemów pomiarowych stosownie do wymagań nowych eksperymentów wzrastało zaangażowanie krajów uczestniczących. Niezależnie od partnerskiej wymiany doświadczeń naukowych, technologicznych, konstrukcyjnych, układowych i in. symulatorem tego zaangażowania były i są niewątpliwie rachuby na korzyści ekonomiczne, jakie wynikną z wcześniejszego opanowania nowej techniki, zanim wejdzie ona do produkcji na szerszą skalę. W pierwszych latach realizacji Programu opracowanie większości zespołów kompleksu kosmicznego czy stacji naziemnych I klasy leżało prawie wyłącznie w kompetencji ZSRR, tylko częściowo wspomaganą przez NRD i CSRS. Obecnie w wyposażeniu radiolatarni satelitarnej zakresów 11,20 i 30 GHz, która ma być umieszczona na orbicie w roku 1987, uczestniczą już wszystkie kraje członkowskie, z wyjątkiem tylko Polski. Można się więc obawiać, że wzrasta nasz dystans względem innych krajów, nawet tych które dotychczas nie zajmowały miejsc eksponowanych /BRL czy WRL/.

W 1973 r. na 1 naradzie koordynacyjnej tematu dokonywano podziału zadań dotyczących opracowania projektów, przewidywano wówczas, że prace eksperymentalne rozpoczną się w roku 1978 i będą trwały do 1980. Ale już w 1975 r. było oczywiste, że horyzont ten będzie ulegał opóźnieniom.

W 1976 r. termin badań został prolongowany do roku 1982. W tym samym czasie delegacja polska zgłosiła swój udział w temacie, zobowiązując się dostarczyć system pomiaru opadów. Trzeba wyjaśnić, że brak zainteresowania tematem nr 1 ze strony innych partnerów w kraju spowodował, że była to jedyna możliwość aktywnego włączenia się do prac na terenie międzynarodowym. Opracowanie urządzeń wchodzących w skład zaproponowanego systemu mieściło się w możliwościach wykonawczych Instytutu łączności, który mógł wziąć na siebie odpowiedzialność za ich realizację. Równoległe ze zgłoszeniem PRL również strona węgierska zaoferowała opracowanie urządzeń do badania intensywności opadów, jednak na podstawie późniejszych doświadczeń eksploatacyjnych system opracowany w Polsce został przez koordynatora tematu zakwalifikowany jako bardziej stabilny i niezawodny, wobec czego wszedł jako podstawowy do wyposażenia poligonu. Elementy tego systemu dostarczono w latach 1980-82 i wdrożono go do pracy w 1984 r.

Na wspomnianej naradzie w roku 1976 do liczby krajów uczestniczących w wyposażeniu kompleksów mikrofalowych dołączyła Bułgaria, zgłaszając opracowanie i dostawę nadawczych urządzeń dla eksperymentalnych linii ziemskich zakresów 20 i 30 GHz. Bułgaria objęła kierownictwo naukowe eksperymentu nr 2, zajmującego się badaniami statystyki tłumień na radioliniach tego rodzaju. W trakcie dalszych narad harmonogram ulegał kolejnym przesunięciom i ostatnia 10 narada koordynacyjna przewiduje, że prace potrwać do roku 1992, jeśli nie dłużej.

Porównując stan w omawianej dziedzinie z krajami zachodnimi i przyjmując jako odniesienie Włochy, które można uważać za reprezentanta o przeciętnym zaawansowaniu w tej grupie państw, trzeba stwierdzić, że idea zorganizowania kompleksowych badań w tym zakresie na terenie Włoch wyprzedziła kraje RWPG o 4 - 5 lat. W roku 1974 Włochy miały już kompletnie wyposażony poligon doświadczalny w Fucino, a także na ukończeniu budowę stacji naziemnej nadawczo-odbior-

czej w Lario i odbiorczej w Spino d'Adda. Umieszczenie satelity SIRIO na orbicie zaplanowane początkowo na rok 1972 nastąpiło z pięcioletnim opóźnieniem, tj. w roku 1977, ale pomiary i eksperymenty planowane z jego udziałem na dwa lata przeciągnęły się przez okres ponad 5 lat, po czym satelita zaczął dryfować wychodząc poza zasięg stacji naziemnych. Należy podkreślić, że realizacja programu SIRIO na taką skalę i w takim czasie była możliwa dzięki współpracy 12 agencji i towarzystw oraz instytutów naukowych na terenie Włoch, w tym: Politechniki w Mediolanie, Uniwersytetu w Rzymie, Wyższego Instytutu Poczty i Telekomunikacji, Państwowej Agencji Służby Telefonicznej, Towarzystwa Telespazio i in., a także szeregu zaproszonych ośrodków badawczych i instytutów zagranicznych. Z zaproszenia do udziału w programie skorzystały administracje krajów europejskich: Belgia, Dania, Finlandia, Francja, Niemcy, Holandia, Anglia oraz spoza Europy - Kanada i USA.

O ogromie zgromadzonego materiału doświadczalnego, używanego dla propagacji w rytmie 10 pomiarów na sekundę, świadczy fakt, że na stacjach Fucino i Lario zapisywano po 2 pełne kasety taśmy magnetycznej w ciągu doby i łącznie ze Spino d'Adda zebrano dane na ponad 3,5 tysiącach kaset. Zdaniem naukowców z Politechniki w Mediolanie przetworzenie, analiza i interpretacja zgromadzonego materiału potrwa jeszcze przez wiele dalszych lat po zamknięciu kampanii pomiarowej.

Równolegle z programem SIRIO na terenie krajów zachodnio-europejskich prowadzono badania z eksperymentalnym satelitą telekomunikacyjnym OTS. Satelita ten w odróżnieniu od SIRIO wykorzystywał zakresy 14 i 11 GHz odpowiednio na trasie Ziemia-Satelita i Satelita-Ziemia /SIRIO odbierał sygnały z Ziemi w pasmie 12 GHz i nadawał w pasmie 17,5 GHz/, satelita OTS ponadto pozwolił przeprowadzić w pełnym zakresie badania efektów depolaryzacyjnych, gdy SIRIO napotykał w tym pewne ograniczenia. Warto dodać, że badania depolaryzacji sygnałów na trasach ziemskich i satelitarnych planowa-

ne w programie Interkosmos na lata 1984-87 nie rozpoczęły się jednak do chwili obecnej.

W okresie przygotowań programów z satelitami SIRIO i OTS na orbicie znajdowały się już amerykańskie satelity ATS, a przygotowane były kolejne ich wersje ATS-F i ATS-G przewidziane do badań propagacji w zakresach 20 i 30 GHz.

Gruntowne badania nad charakterystykami i strukturą opadów podjęto w RFN /Instytut FTZ^{x/} przy końcu lat sześćdziesiątych. Badania te wykraczały poza przedmiotowy zakres zainteresowań służb meteorologicznych i odróżniały szczególnie ważne dla oceny warunków propagacji fal $\lambda > 10$ GHz zjawiska małoskalowe i krótkookresowe od zjawisk wielkoskalowych oraz długookresowych. Opracowania objęły zarówno samą aparaturę pomiarową, jak i organizację sieci do badań struktury przestrzenno-czasowej zjawisk opadowych. Zaplanowano wówczas, a następnie zorganizowano większą liczbę sieci pomiarowych do zgromadzenia długookresowych regionalnych danych o strukturze opadów na terenie RFN. Na poligonie Leecheim w pobliżu Darmstadt'u, wykorzystując emisję satelity OTS, przeprowadzono w okresie od 01.01.79 do 31.12.81. pełną trzyletnią kampanię pomiarową, obejmującą pomiary tłumienia dodatkowego i dyskryminacji ortogonalnej testowanych co 1 sekundę oraz intensywności opadu z czasem intergracji 60 sekund. Pomiary prowadzono w ciągu ponad 25000 godzin dla obu typów polaryzacji: linearnej H i kołowej. Pozwoliły one wyznaczyć rozkłady mierzonych wielkości w przedziale prawdopodobieństwa a posteriori do 0,001% czasu. Warto dodać, że sieć deszczomierzy /typu przechyłowego dla większych intensywności i opartych na pomiarze liczby kropli dla intensywności mniejszych/ była rozciągnięta na powierzchni około 200 km² i obejmowała do 100 mierników intensywności opadów usytuowanych w sposób umożliwiający pomiary na trasach podsatelitarnych również satelitów SIRIO i ATS-F.

^{x/} Naukowo-Badawczy Instytut Centralnego Urzędu Telekomunikacji.

6. PODSUMOWANIE

Porównanie osiągnięć krajów zachodnio-europejskich, nie mówiąc o takich potentatach jak USA, Kanada czy Japonia z zaawansowaniem badań w ramach Programu Interkosmos nie wypada korzystnie dla tego ostatniego. Wniosek taki potwierdza lektura roboczych dokumentów CCIR, stanowiących odbicie prac badawczych prowadzonych przez poszczególne kraje członkowskie UIT. Opóźnienie w stosunku do krajów takich jak Włochy czy RFN można szacować na jakieś 15 czy 20 lat. Polska oczywiście na ten stan rzeczy nie miała i nie ma wpływu, a jeśli jakkolwiek to znikomy. System pomiarów intensywności opadów dostarczony na poligon doświadczalny w Dubnej działa nie gorzej od innych zespołów kompleksu pomiarowego, natomiast pożądana jego rozbudowa napotka na trudności związane z ograniczoną mocą przerobową zespołów realizujących tę tematykę w kraju. Dostawa dalszych mierników do Dubnej musiałaby się odbyć kosztem wyposażenia stanowisk sieci krajowej, które jest bardzo skąpe i niewystarczające do oceny regionalnych różnicowań klimatycznych. Sieć ta wymaga wyposażenia jeszcze co najmniej w 5 ÷ 6 stanowisk pomiarowych. Jednak zakres planowanych prac badawczych nie powinien ograniczać się jedynie do określenia przestrzenno-czasowych charakterystyk opadów. Prace te muszą obejmować badania wpływu parametrów meteorologicznych na wskaźniki systemów przewidzianych do zagospodarowania nowych zakresów. Pomiarów parametrów propagacyjnych, takich jak: tłumienie absolutne na trasach horyzontowych i nachylonych, tłumienie i faza różnicowa, dyskryminacja i izolacja polaryzacyjna, zarówno dla polaryzacji linearnych jak kołowych, oraz oddziaływanie /ogólnie mówiąc/ na zachowanie się systemów PCM są niezbędne do poznania i opanowania specyfiki tych zakresów oraz możliwości optymalnego wykorzystania ich dla systemów, które będą wchodziły do eksploatacji w nadchodzących latach.

Prace planowane czy przewidywane na lata 1986-1990 obejmują w zasadzie najważniejsze z wyliczonych tematów, ale plany te oczekują jeszcze formalnego zatwierdzenia. Realizacja ich jednak będzie zależała od utrzymania stanu kadrowego, a w niektórych tematach od jego powiększenia, co staje się czynnikiem najbardziej krytycznym. Tymczasem historia ostatnich lat wskazuje na szybki naturalny ubytek personelu wykwalifikowanego i brak dopływu ludzi młodych, którzy zastąpiliby odchodzących. Okres krytyczny przypada właśnie na bieżącą pięciolatkę i odwrócenie tego trendu staje się sprawą podstawową dla przyszłości rozwoju tej dziedziny.

Czynnikiem istotnym są również dewizy, w szczególności z drugiego obszaru płatniczego. Bez pewnego wkładu nie da się podjąć niektórych prac badawczych, np. w zakresie systemów PCM. Poza niezbędnymi zakupami unikalnej aparatury pomiarowej konieczny jest udział w konferencjach międzynarodowych i naukowych sympozjach, a przynajmniej w zebraniach czwartej oraz piątej komisji CCIR, będących niewyczerpanym źródłem informacji o światowym stanie wiedzy i postępie w rozważanej dziedzinie. Niestety delegaci PRL nie brali udziału w zebraniach 5 komisji CCIR już od wielu lat, a dokumenty robocze - składane przez poszczególne administracje i organizacje naukowe, emitowane w czasie zebrań - zostały bezpowrotnie utracone.

Współpraca międzynarodowa z partnerami Programu Interkosmos również wymaga pewnych, nieznaczących zresztą środków, tym razem rublowych, a brak ich utrudnia planowane kontakty dwu- i wielostronne. Trzeba pamiętać, że przecież kontakty te stanowią minimum dopływu informacji z zewnątrz, bez których racjonalne wykorzystanie naszego udziału we współpracy staje się iluzoryczne. Kontakty te są również niezbędnym warunkiem, aby Polska była interesującym partnerem dla pozostałych uczestników Programu.

ISSN 0209-1046

