

MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

**PRACE
INSTYTUTU ŁĄCZNOŚCI**

ROK X

ZESZYT 2(31)

WARSZAWA 1963

WYDAWNICTWA NAUKOWO - TECHNICZNE

SPIS TREŚCI

1. <i>Wiktor Pawłowski</i> — Badanie warunków propagacji fal radiowych na trasie Bornholm—Gdańsk przy częstotliwości 94,5 MHz	3
2. <i>Wiktor Pawłowski</i> — Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na propagację fal metrowych na trasie Bornholm—Gdańsk	27
3. <i>Włodzimierz Juszkiewicz i Wiktor Pawłowski</i> — Metody pomiaru mocy wielkich częstotliwości i analiza ich przydatności do pomiaru mocy promieniowań niepożądanych w warunkach pracy urządzeń radionadawczych	47

СОДЕРЖАНИЕ

1. <i>В. Павловски</i> — Исследование условий распространения радиоволн на трассе Борнгольм—Гданьск при частоте 94,5 мГц	3
2. <i>В. Павловски</i> — Влияние атмосферной циркуляции на распространение метровых волн на трассе Борнгольм—Гданьск	27
3. <i>В. Юшкевич и В. Павловски</i> — Методы измерения мощности высоких частот и анализ их пригодности для измерения мощности паразитных излучений в условиях работы радиопередающих устройств	47

CONTENTS

1. <i>W. Pawłowski</i> — The research of propagation conditions of radiofrequencies in the band of 94,5 MHz along the path Bornholm—Gdańsk	3
2. <i>W. Pawłowski</i> — Influence of atmospheric circulations on the propagation of metric waves between Bornholm and Gdańsk	27
3. <i>W. Juszkiewicz and W. Pawłowski</i> — Methods of H. F. measurement and analysis of their utility to measurement of spurious emissions.	47

SOMMAIRE

1. <i>W. Pawłowski</i> — Les études des conditions de propagation des radiofréquences dans la bande de 94,5 MHz sur le trajet Bornholm—Gdańsk	3
2. <i>W. Pawłowski</i> — L'influence des circulations atmosphériques sur la propagation des ondes métriques sur le trajet Bornholm—Gdańsk	27
3. <i>W. Juszkiewicz et W. Pawłowski</i> — Méthodes de mesure de la puissance de H. F. et l'analyse de leur utilité aux mesures du rayonnement non essentiel des radioémetteurs	47

INHALTSVERZEICHNIS

1. <i>W. Pawłowski</i> — Untersuchung der Ausbreitungsbedingungen von Funkwellen auf der Strecke Bornholm—Gdańsk bei einer Frequenz von 94,5 MHz	3
2. <i>W. Pawłowski</i> — Der Einfluss atmosphärischer Zirkulation auf die Ausbreitung von Meterwellen auf der Strecke Bornholm—Gdańsk	27
3. <i>W. Juszkiewicz und W. Pawłowski</i> — Messverfahren der Hochfrequenz und Analyse der Eignung dieser Verfahren zur Leistungsmessung unerwünschter Strahlungen unter Betriebsbedingungen von Funksendern	47

MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

PRACE
INSTYTUTU ŁĄCZNOŚCI

ROK X

ZESZYT 2 (51)

WARSZAWA 1963

WYDAWNICTWA NAUKOWO - TECHNICZNE

K o m i t e t R e d a k c y j n y

Redaktor naczelny — *prof. mgr inż. Józef Wójcikiewicz*

Redaktorzy działów:

adj. inż. Aleksy Brodowski, doc. mgr inż. Sylwester Jarkowski
doc. mgr inż. Lesław Kędziński

Sekretarz Redakcji — *Edward Tomkiel*

A d r e s R e d a k c j i

Instytut Łączności, Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE

Printed in Poland

Rysunki dostarczył Komitet Redakcyjny

WNT Warszawa 1964. Wydanie I. Nakład 583 egz. Ark. wyd. 6.1. Ark. druk. 6,98/A.
Format B5. Pap. druk. sat. kl. V, 70 g, 70 × 100/16. Maszynopis oddano do skła-
dania 23. 9. 63. Podpisano do druku 7. 2. 1964. Druk ukończono w lutym 1964.
Symbol 80338/INB. Cena zł 23.—

Zakłady Graficzne im. M. Kasprzaka w Poznaniu — 1911/63 — O-8

WIKTOR PAWŁOWSKI

621.391.812:029.62

BADANIE WARUNKÓW PROPAGACJI FAL RADIOWYCH NA TRASIE BORNHOLM—GDAŃSK PRZY CZĘSTOTLIWOŚCI 94,5 MHz

Rękopis dostarczono do Komitetu Redakcyjnego

14. 5. 1962 r. (1 redakcja)

6. 2. 1963 r. (2 redakcja)

W okresie od 1958 do 1960 roku przeprowadzono na trasie Bornholm—Gdańsk pomiary natężenia pola stacji radiofonicznej Bornholm.

Wyniki pomiarów przedstawiono w postaci rocznych statystycznych rozkładów natężenia pola dla określonych pór doby i dla całej doby oraz zestawień wartości natężenia pola przekraczanych w poszczególnych miesiącach w 1, 10 i 50% czasu, a którego pomiary wykonane były od godz. 12 do 12³⁰. Omówiono również charakter zaników oraz ich zmiany w ciągu doby. Wyniki porównano z podobnymi badaniami przeprowadzonymi przez innych autorów. Podano również techniki wykonywania i opracowywania pomiarów.

1. WSTĘP

Począwszy od sierpnia 1958 r. w Gdańsku były prowadzone badania nad pozahoryzontową propagacją troposferyczną fal metrowych w regionie południowego Bałtyku. W tym celu były wykonywane systematyczne pomiary natężenia pola na wybranej trasie pomiarowej, położonej w większej części nad morzem. W punkcie odbiorczym na terenie Gdańska było rejestrowane natężenie pola stacji radiofonicznej Bornholm, pracującej na częstotliwości 94,5 MHz.

Przy analizowaniu wyników pomiarów brano pod uwagę zaistniałe w czasie pomiarów warunki propagacyjne, tzn. porę doby i porę roku oraz aktualną sytuację meteorologiczną. Niniejsze opracowanie, o charakterze sprawozdawczym, dotyczy zależności propagacji od pory doby i rocznego przebiegu natężenia pola sygnału. Omówienie wpływu warun-

ków meteorologicznych znajduje się w artykule zamieszczonym w niniejszym numerze ¹⁾).

W artykule są podane: opis trasy pomiarowej, parametry techniczne stacji nadawczej i punktu odbiorczego oraz organizacja pomiarów i sposób opracowywania pomiarów. Dalej są przedstawione wyniki pomiarów dotyczące zależności propagacji od pory doby i zmian propagacji w ciągu roku oraz jest przeprowadzona analiza porównawcza uzyskanych wyników z dostępnymi w literaturze wynikami innych pomiarów, wykonanych w podobnych warunkach, w zbliżonym regionie geograficznym.

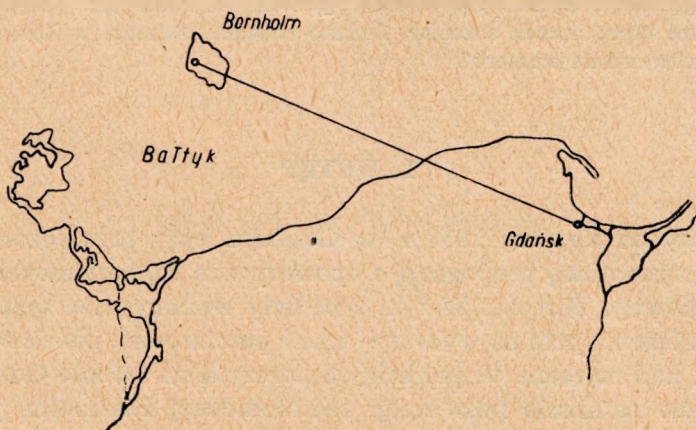
We wnioskach raz jeszcze zebrano najważniejsze wyniki pomiarów i przedstawiono je w zwięzłej formie.

Tematyka pracy jest zgodna z programem studiów CCIR nr 138. Przedstawione w niniejszym opracowaniu wyniki pomiarów, z okresu do sierpnia 1960 r. włącznie, zostały opracowane dla CCIR w formie dokumentu pt.: „Tropospheric wave propagation along the land-sea path Bornholm-Gdańsk”.

2. ORGANIZACJA I TECHNIKA PRZEPROWADZANIA POMIARÓW

2.1. Wybór stacji nadawczej

Ponieważ zainstalowanie własnej doświadczalnej stacji nadawczej nie wchodziło w rachubę przede wszystkim ze względów ekonomicznych,



Rys. 1. Szkic sytuacyjny trasy Bornholm—Gdańsk

postanowiono wykorzystać jedną ze stacji radiofonicznych znajdujących się w regionie Morza Bałtyckiego. Do tych celów wybrano duńską stację

¹⁾ Pawłowski: Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na propagację fal metrowych na trasie Bornholm—Gdańsk.

radiofoniczną o modulacji częstotliwości pracującą na częstotliwości 94,5 MHz, znajdującą się na wyspie Bornholm, w odległości 260 km od Gdańska. Trasa łącząca oba te punkty ma charakter morsko-lądowy, z tym że punkt środkowy trasy mogący mieć zasadniczy wpływ na propagację fal leży nad morzem. Trasa taka jest typowa dla południowego Bałtyku. Na rys. 1 podano szkic sytuacyjny trasy Bornholm—Gdańsk.

Ze statystycznego charakteru pomiarów wynikało, że rejestrację należało prowadzić w ciągu całej doby w przeciągu dłuższego czasu w niezmiennych warunkach pracy. Wybór stacji radiofonicznej do rejestracji pozwolił stosunkowo dobrze spełnić to żądanie, ponieważ czas pracy stacji w ciągu doby jest duży — dla Bornholmu wynosi ok. 17 godz. Parametry techniczne są kontrolowane, a wartości ich zachowywane w ciągu długich okresów czasu na stałym poziomie. Ponadto parametry te lub wprowadzane w nich zmiany są publikowane.

Przerwy w czasie pracy stacji radiofonicznej są na ogół regularne i następują stale w tych samych, z góry wiadomych, porach. Wykluczone jest więc pomylenie przerwy w czasie pracy ze złymi warunkami propagacji itp. Dzięki temu, że stacja pracuje z modulacją częstotliwości, łatwo można uzyskać napięcie sterujące rejestratory, odpowiadające średniej wartości natężenia pola w miejscu odbioru, a niezależne od przesyłanej informacji. Napięciem takim jest w tym przypadku napięcie służące do automatycznej regulacji wzmocnienia.

2.2. Dane charakterystyczne stacji nadawczej i punktu odbiorczego

Stacja nadawcza

Szerokość geograficzna N 55° 09'

Długość geograficzna E 14° 52'

Wysokość anteny n.p.m. 253 m

Wysokość anteny n.p. terenu 134 m

Częstotliwość nadajnika 94,5 MHz

Modulacja częstotliwości

Moc promieniowania 30 kW

Antena o poziomej charakterystyce dookólnej

Polaryzacja pozioma

Punkt odbiorczy

Szerokość geograficzna N 54° 23'

Długość geograficzna E 18° 45'

Wysokość zawieszenia środka elektrycznego anteny odbiorczej n.p.m. 43 m.

Antenę odbiorczą stanowi antenna typu Yagi. Składa się ona z dwu pięter po 5 elementów (reflektor, dipol pętlicowy oraz 3 direktory). Zysk anteny wynosi około 10 dB. Jako odbiornik rejestrujący używany był odpowiednio adaptowany odbiornik radiofoniczny „Beethoven”. Czulość odbiornika wynosiła około 1 μ V. Z układu automatycznej regulacji wzmocnienia było pobierane napięcie sterujące układ rejestrujący. Zapis był dokonywany na dwóch rejestratorach firmy EAW ¹⁾ o różnych prędkościach przesuwu taśmy, odpowiednio adaptowanych. Zasilane one były z odbiornika poprzez specjalną przystawkę prądu stałego, wzmacniającą i dopasowującą. Pory pomiarów były regulowane zegarem elektrycznym. Urządzenie odbiorcze zostało przecechowane za pomocą miernika natężenia pola firmy Rohde i Schwarz, typ HFD BN 1503, o dokładności $\pm 1,5$ dB.

2.3. Opis trasy pomiarowej

Trasa pomiarowa posiadała charakter morsko-ładowy (rys. 1 i 2). Na rys. 2 podano profil trasy pomiarowej wykreślony dla rzeczywistego promienia ziemi i dla atmosfery standardowej. Długość trasy wynosiła 260 km. Z tego odcinek o długości 160 km przebiegał nad morzem, a odcinek 100 km nad lądem. Wyrażając w liczbach względnych: ok. 3/5 trasy przebiegało nad morzem, a 2/5 nad lądem, przy czym środek trasy leżał w części morskiej trasy. Punkt ten ma w zasadzie decydujący wpływ na propagację fal.



Rys. 2. Profil trasy Bornholm—Gdańsk: a) wykreślony dla rzeczywistego promienia ziemi; b) wykreślony dla atmosfery standardowej ($4/3$ promienia), na współrzędnych pionowych — wysokość wzniesienia w m, na współrzędnych poziomych — odległość w km. W powyższym odwzorowaniu trasy linie proste łączące nadajnik z odbiornikiem pozostają nadal liniami prostymi [3].

¹⁾ EAW = Electro Aparate Werke, firma w NRD.

W obrębie horyzontu radiowego stacji nadawczej był położony odcinek trasy o długości ok. 70 km. Fragment lądowy trasy przebiegał w większości nad terenem w zasadzie nizinnym. Najwyższe wzniesienia na trasie, o wysokości przekraczającej niejednokrotnie 200 m n.p.m., były położone na pogórkowatym terenie północnego cypla Pojezierza Kaszubskiego w odległości 25—35 km na zachód (WWN) od punktu odbiorczego umieszczonego w Gdańsku.

2.4. Organizacja pomiarów

Efektywny czas zapisu aparatury odbiorczo-rejestracyjnej był ograniczony tylko czasem pracy stacji Bornholm, tzn. codzienny materiał pomiarowy pochodził z okresu od godz. 5^{h0m} do godz. 22^{h0m} czasu UT. Względy techniczne zmusiły do stosowania dwu samopisów o różnej prędkości zapisu, czyli prędkości przesuwu taśmy. Samopis o prędkości przesuwu taśmy 2 cm/h czynny był całą dobę. Materiał pomiarowy z tego samopisu dawał ogólny obraz zmian natężenia pola w punkcie odbiorczym w czasie pracy stacji nadawczej. Materiał do obliczeń pochodził z samopisu „szybkiego”, o prędkości przesuwu taśmy 1,2 m/h. Zapis na samopisie o przesuwie 1,2 m/h był dokonywany 3 razy w ciągu doby przez okres półgodziny w czasie od 6^{h0m} do 6^{h30m}, 12^{h0m} — 12^{h30m} oraz 18^{h0m} — 18^{h30m} czasu UT.

Wyżej podane pory pomiarów zostały wybrane z dwóch powodów. Po pierwsze chodziło o to, aby pomiary umożliwiły zaobserwowanie zmian propagacji w przekroju dobowym, dlatego pomiary trzeba było wykonywać w różnych porach doby. Po drugie, materiał pomiarowy miał być również klasyfikowany wg warunków meteorologicznych. Pomiary trzeba było więc zaplanować o porach takich samych, jak pory pomiarów służby meteorologicznej, aby możliwe było uzyskanie jak najdokładniejszego obrazu warunków meteorologicznych na trasie.

3. PRZYJĘTY SPOSÓB OPRACOWANIA WYNIKÓW POMIARÓW

3.1. Statystyczne opracowanie wyników pomiarów

Ze względu na trudności znalezienia rozkładu poszczególnych parametrów meteorologicznych w obszarze rozchodzenia się fal wybrano metodę statystyczną oceny natężenia pola w czasie. Wybór tej metody narzucił warunek dostatecznie długiego czasu trwania pomiarów. Uzyskane wyniki pomiarów za okres dwóch lat stanowią bogaty materiał statystyczny, jeśli idzie o zbadanie zależności propagacji od pory doby. Dla

zbadania zależności propagacji od pory roku należałoby prowadzić pomiary przez okres przynajmniej kilku lat.

3.2. Technika opracowania wyników pomiarów

Jak wspomniano w rozdz. 2.4., rachunkowo był analizowany materiał z samopisu o przesuwie taśmy — 1,2 m/h. Brak przyrządów analizujących był powodem ręcznego opracowania materiału pomiarowego. Procedura ręcznego analizowania jest bardzo pracochłonna. Ograniczyło to liczbę wykonywanych rejestracji szybkich do 3 na dobę. Obliczano czasowy rozkład prawdopodobieństwa natężenia pola oraz sporządzano statystykę zaników. Podstawą obliczenia były $1/2$ -godzinne pomiary.

Czasowy rozkład prawdopodobieństwa określano, licząc czas przekroczenia każdego z 10 obranych poziomów testowych natężenia pola. Poziom pierwszy — $1 \mu\text{V/m}$ — leżał na granicy szumów. Dalej skala była logarytmiczna: czwartemu poziomowi odpowiadała wartość natężenia pola $10 \mu\text{V/m}$, siódmemu — $30 \mu\text{V/m}$, a dziesiątemu — $100 \mu\text{V/m}$.

Każdy $1/2$ -godzinny pomiar był klasyfikowany ze względu na występujący typ zaniku. Zaniki mogą być posegregowane w różny sposób w zależności od tego, który z parametrów zaniku został wybrany jako kryterium do klasyfikacji materiału pomiarowego. W grę wchodzi następujące parametry: czas trwania, okres powtarzania oraz głębokość zaników.

Za podstawę klasyfikacji przyjęto okres powtarzania zaniku. Taka klasyfikacja bardziej odzwierciedla charakter zmian wartości natężenia pola aniżeli wg np. czasu trwania lub głębokości zaników. Dotyczy to szczególnie warunków duktowych lub zbliżonych do duktowych, kiedy to w dłuższych okresach czasu obserwowano amplitudę stałą, ew. quasi-stałą. Na takim tle występowały sporadyczne, krótkotrwałe, głębokie zaniki. W przypadku klasyfikowania wg czasu trwania zaniku odcinek taki byłby zakwalifikowany do grupy o przewodze zaników szybkich. Wydaje się, że bardziej właściwe w tym przypadku było scharakteryzowanie zmian natężenia pola wg czasu powtarzania zaniku, tzn. zakwalifikowanie tego odcinka do grupy o długim okresie powtarzania zaniku. Przy klasyfikowaniu rozróżniano następujące typy zaników:

- 1) okres powtarzania dłuższy od 6 min,
- 2) „ „ zawarty w czasie od 2 do 6 min,
- 3) „ „ zawarty w czasie od 30 sek do 2 min,
- 4) „ „ zawarty w czasie od 5 sek do 30 sek,
- 5) „ „ krótszy od 5 sek.

Analizowanie zaników, począwszy dopiero od pięciosekundowego okresu powtarzania (typ 5) wynikało z trudności wyróżnienia krócej trwających

zaników na taśmie. Następna grupa obejmuje zaniki o okresie powtarzania od 5 sek do 30 sek; zaniki o tym czasie powtarzania wyraźnie różnią się w charakterze zapisu od poprzednich; odpowiadające im warunki propagacji są inne, bardziej stabilne. Przyjęty w klasyfikacji maksymalny czas powtarzania zaników — 6 min — został podyktowany możliwym do przyjęcia stosunkiem czasu powtarzania zaniku do jednostkowego półgodzinnego odcinka pomiarowego. Grupie zaników typu 1 odpowiadają m. in. warunki propagacji o charakterze duktowym, w czasie których natężenie pola było quasistałe a zaniki były sporadyczne. Niedokładna znajomość wartości parametrów meteorologicznych w przekroju pionowym nad trasą uniemożliwiła sprawdzenie, czy w danych warunkach występowały rzeczywiście dukty. Tym samym nie można było wyodrębnić takich przypadków w osobną grupę, uwzględnianą w zestawieniu statystycznym.

Materiał pomiarowy był porządkowany według pory pomiaru. Ponadto dla doby były sporządzane zestawienia, w których nie uwzględniano pory pomiaru. W tym przypadku wyniki pomiarów, pochodzące z różnych pór doby, tzn. $6^{\text{h}0^{\text{m}}}$ — $6^{\text{h}30^{\text{m}}}$, $12^{\text{h}0^{\text{m}}}$ — $12^{\text{h}30^{\text{m}}}$ i $18^{\text{h}0^{\text{m}}}$ — $18^{\text{h}30^{\text{m}}}$ UT, były sumowane w jedną całość. Otrzymane w ten sposób dane można uważać za w pewnym stopniu reprezentatywne dla całej doby.

Jednostką podstawową, dla której sporządzano statystyczne zestawienia zbiorcze, był okres jednego miesiąca. Był to okres na tyle długi, że na ogół materiał pomiarowy dla poszczególnych pór doby był dostatecznie obszerny dla sporządzania zestawienia statystycznego. Z drugiej strony okres ten był na tyle krótki, że można było zobrazować, z dostateczną dokładnością dla celów praktycznych, zmiany warunków propagacji w cyklu rocznym. Na podstawie opracowań miesięcznych opracowywano materiał dla okresu rocznego.

Krzywe rozkładu prawdopodobieństwa czasowego natężenia pola przedstawiono na siatce logarytmiczno-normalnej (rozkład prawdopodobieństwa Gaussa), co jest równocześnie zgodne z zaleceniem CCIR nr 311. Wartości natężenia pola są więc naniesione w dB względem wartości odniesienia $1 \mu\text{V/m}$.

Dla opracowania przebiegów rocznych wzięto więc pod uwagę poziomy natężenia pola przekraczane w 50, 10 i 1% czasu. Takie ujęcie zagadnienia pozwala na praktyczne wykorzystanie krzywych dla radiofonii, telewizji i radiokomunikacji, bowiem dla powyższych służb stosowane są krzywe poziomów natężenia pola, przekraczanych w podanych procentach czasu.

Jeżeli chodzi o statystykę zaników, to obliczano procent czasu, w którym przeważał albo tylko występował dany typ zaniku, w odniesieniu do ogólnego czasu obserwacji. Sposób obliczeń był następujący. Określano okres powtarzania zaników dla każdego pomiaru półgodzinnego. Znając liczbę pomiarów półgodzicznych, w których występowały zaniki o tym samym okresie powtarzania, oraz całkowitą liczbę pomiarów półgodzicznych, można wyrazić w postaci procentowej częstość występowania poszczególnych typów zaników w czasie pomiarów.

4. WYNIKI POMIARÓW

Wyniki pomiarów były przedstawione w postaci krzywych czasowego rozkładu prawdopodobieństwa natężenia pola, przebiegów rocznych poziomów natężenia pola przekraczanych w 1, 10 i 50% czasu oraz statystyki zaników. Uwzględniono przy tym wpływ pory doby. Jedynie przebiegi roczne poziomów natężenia pola przekraczanych w 1, 10 i 50% czasu były wykreślane dla jednej wybranej pory doby — godziny $12^{\text{h}}0^{\text{m}}$ — $12^{\text{h}}30^{\text{m}}$ UT.

4.1. Krzywe rozkładu prawdopodobieństwa czasowego natężenia pola

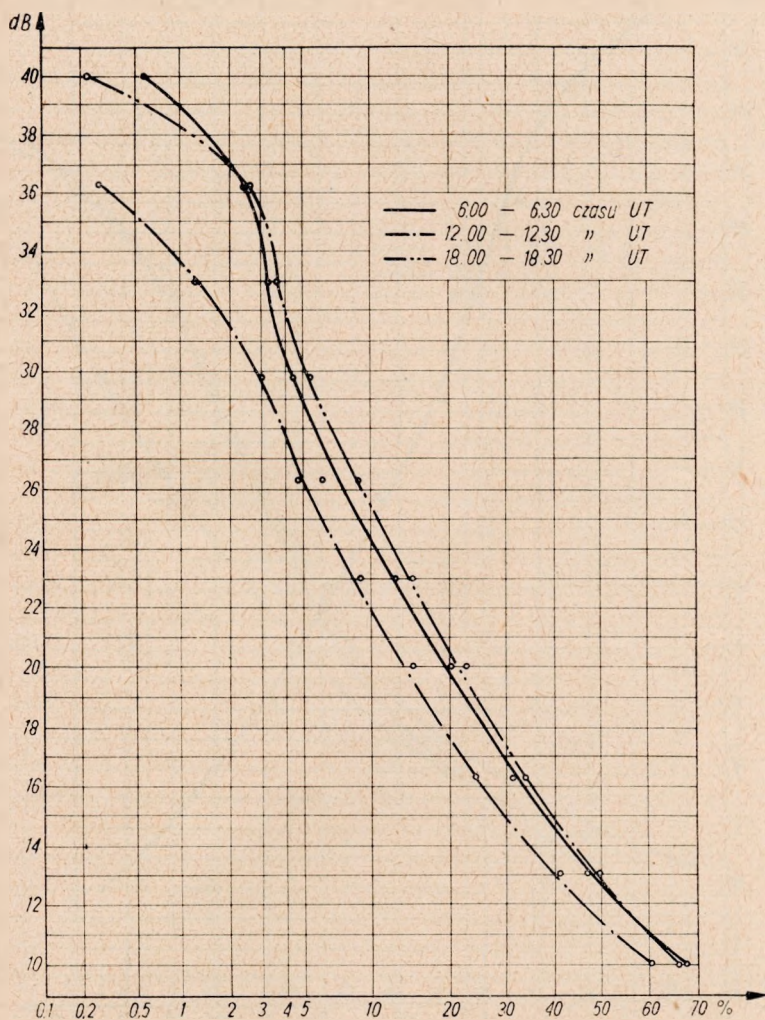
Krzywe rozkładu prawdopodobieństwa czasowego natężenia pola przedstawiono na rys. 3—6. Rys. 3 i rys. 5 obrazują zależność rozkładu natężenia pola od pory doby w roku 1959 i 1960. Na rysunku 4 i 6 pokazano krzywe rozkładu wartości natężenia pola dla roku 1959 i 1960, bez uwzględnienia pory pomiaru.

Analizując przedstawione krzywe, można dojść do następujących wniosków.

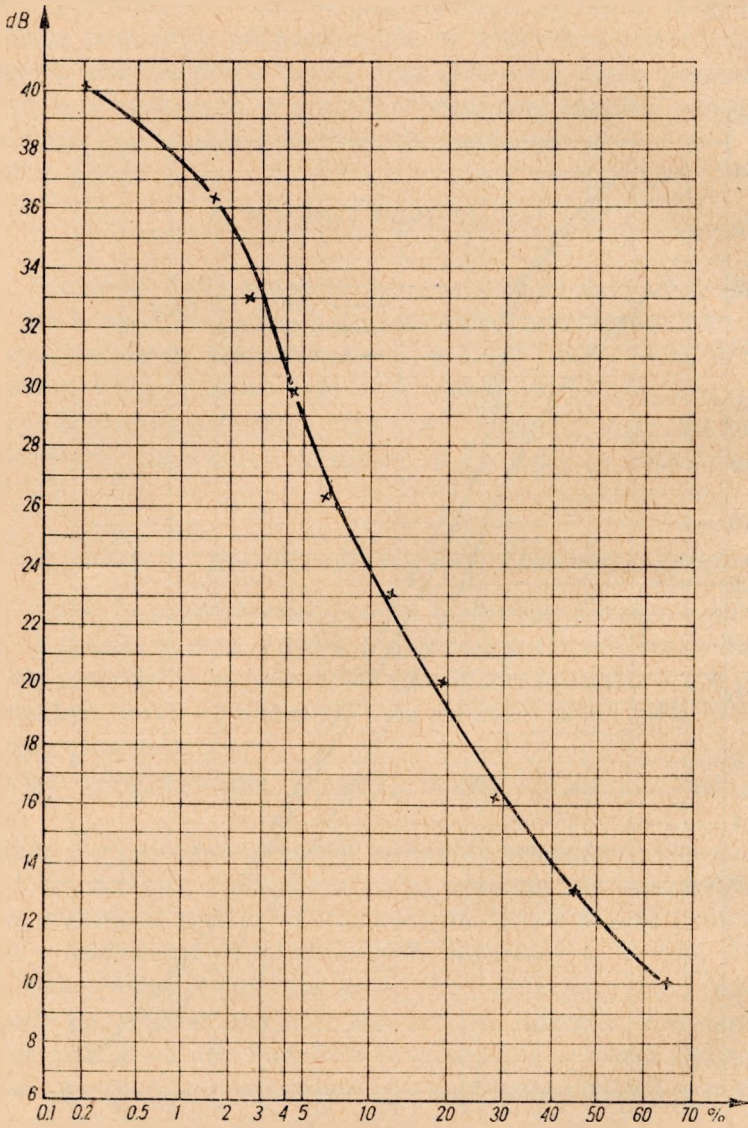
Omawiane badania potwierdziły zależność propagacji fal metrowych od pory doby. Krzywe rozkładu prawdopodobieństwa czasowego dla pomiarów w godzinach rannych i wieczornych leżą z reguły ponad krzywą pomiarów w godzinach popołudniowych. Świadczy to o tym, że średnio wartości maksymalne natężenia pola, obserwowane rano i wieczorem, przekraczały największe wartości południowe. Różnica ta wynosiła średnio dla roku ok. 2—5 dB. Podobnie poszczególne wartości były przekraczane rano i wieczorem w większym procencie czasu aniżeli w południe — średnio w ciągu roku w około 5—10%.

4.2. Roczne przebiegi poziomów natężenia pola przekraczanych w 1, 10 i 50% czasu

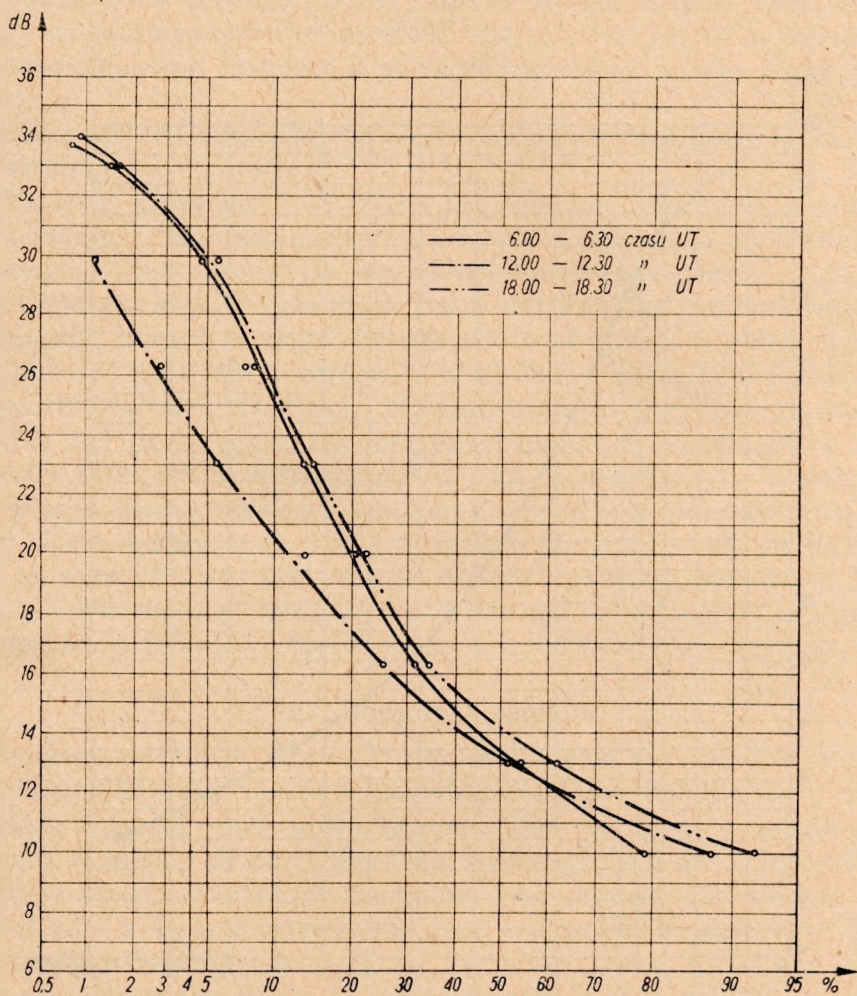
Przebiegi poziomów natężenia pola, przekraczanych w 1, 10 i 50% czasu w funkcji poszczególnych miesięcy, przedstawiono na rys. 7 i 8,



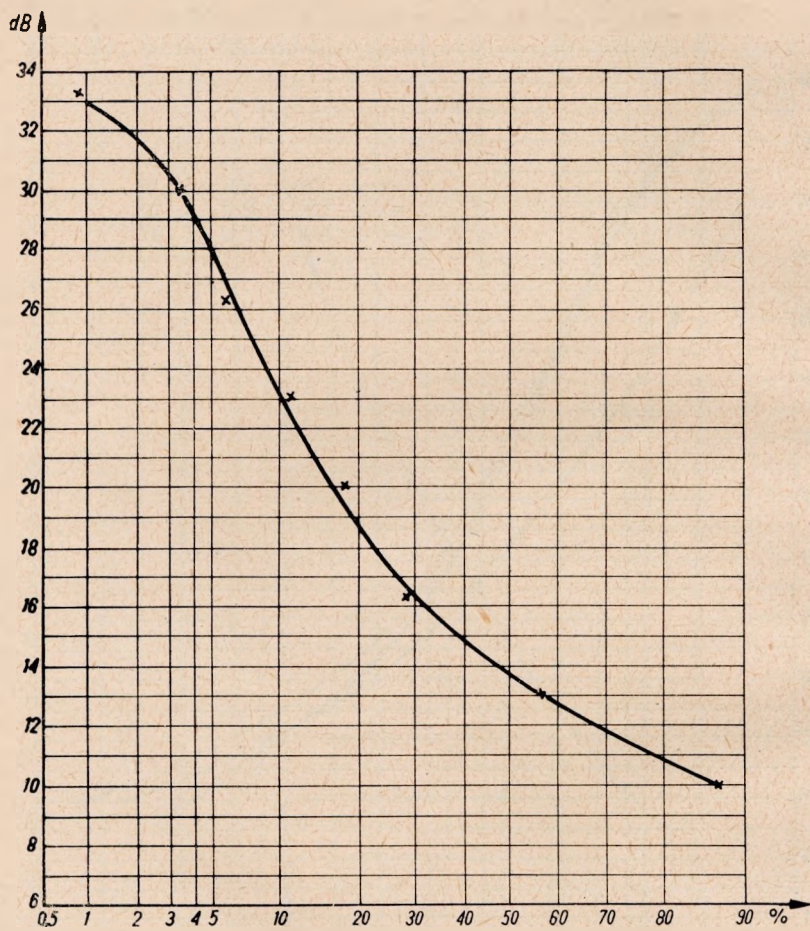
Rys. 3. Krzywe czasowego rozkładu prawdopodobieństwa natężenia pola, rok 1959 — z uwzględnieniem pory pomiaru



Rys. 4. Krzywa czasowego rozkładu prawdopodobieństwa natężenia pola, rok 1959 — bez uwzględnienia pory pomiaru



Rys. 5. Krzywe czasowego rozkładu prawdopodobieństwa natężenia pola, rok 1960 — z uwzględnieniem pory pomiaru



Rys. 6. Krzywa czasowego rozkładu prawdopodobieństwa natężenia pola, rok 1960 — bez uwzględnienia pory pomiaru

odpowiednio dla roku 1959 i pierwszej połowy 1960. Poziomy natężenia pola, przekroczone w wyżej podanych procentach czasu, określono z krzywych rozkładu prawdopodobieństwa czasowego, opracowanych dla poszczególnych miesięcy dla pomiarów wykonywanych od 12^h0^m do 12^h30^m UT. Wybrano tę porę pomiarów ze względu na to, że o tej porze występuje stale dobowe maksimum nasłonecznienia, a przez to zawsze ta sama faza dobowego cyklu propagacji. Dla przeciwstawienia można podać, że pomiary wykonywane od 6^h0^m do 6^h30^m i od 18^h0^m do 18^h30^m w miesiącach jesienno-zimowych przypadają po zachodzie słońca, a więc nie w porze dziennej.

Analizując przedstawione roczne przebiegi natężenia pola, można dojść do następujących wniosków:

Charakter krzywych 1, 10 i 50% jest podobny, krzywe są w zasadzie „współbieżne”, tzn. jednocześnie u wszystkich występuje maksimum lub minimum, ewent. obserwuje się wzrost lub spadek poziomu natężenia pola. Wyraźne maksima dla krzywych 1, 10 i 50%, tzn. najlepsze warunki propagacji, istniały w ciągu późnego lata oraz wczesnej jesieni (rys. 7). Minimum w roku 1959 występowało w styczniu i lutym. Wówczas istniały najgorsze warunki propagacji. W ciągu tych miesięcy poziom szumów (6 dB) był przekraczany w mniejszym procencie czasu aniżeli 50%. W roku 1960 (rys. 8) w miesiącach styczeń — marzec, a także częściowo w kwietniu obserwuje się występowanie małych poziomów natężenia pola, jeśli chodzi o krzywe 10 i 50%. Minimum nie jest jednak tak wyraźne, jak w roku 1959. W tym samym okresie występuje maksimum krzywej — 1% (miesiąc luty). Łagodniejsze niż w roku 1959 maksimum wszystkich przebiegów obserwuje się w miesiącach maj, czerwiec.

4.3. Statystyka zaników

Statystykę zaników natężenia pola za okres od sierpnia 1958 roku do sierpnia 1959 roku obrazuje zamieszczona obok tablica. Jak podano w rozdz. 3, zaniki zostały posegregowane tylko wg okresu ich powtarzania. Podane w tablicy procenty czasu dla poszczególnych pór doby wyrażają procentowy stosunek liczby pomiarów półgodzinnych, w których przeważał albo wyłącznie występował dany typ zaniku do całkowitej liczby pomiarów półgodzinnych.

Analizując tablicę na str. 11 można stwierdzić co następuje:

Najczęściej występowały w podanym wyżej okresie czasu zaniki o okresie powtarzania 5—30 sek, 30 sek — 2 min i 2—6 min. Procentowy udział zaników poszczególnego typu był w przybliżeniu jednakowy i wynosił odpowiednio 26,3—29,8—32,1% czasu. Zaniki o innym okresie powtarzania występowały rzadziej, a mianowicie o okresie powtarzania dłuższym od 6 min w ciągu ok. 16% czasu, krótszym od 5 sek w 5,6 % czasu.

Rozpatrując poszczególne typy zaników w przekroju dobowym można stwierdzić, że zaniki o okresie powtarzania dłuższym od 2 min występowały w większym procencie czasu, częściej rano i wieczorem aniżeli w południe. Zaniki szybkie natomiast, o okresie powtarzania 5—30 sek i krótszym od 5 sek, występowały częściej w południe aniżeli rano i wieczorem. Zanik o okresie powtarzania od 30 sek do 2 min występował mniej więcej równie często w ciągu doby. Potwierdzone więc zostało to, że szybkość zaników wzrasta się w południe.

T a b l i c a

Procent czasu, w którym występowały lub przeważały zaniki o niżej podanych okresach powtarzania, w ciągu okresu pomiarowego od sierpnia 1958 r. do sierpnia 1959 r.

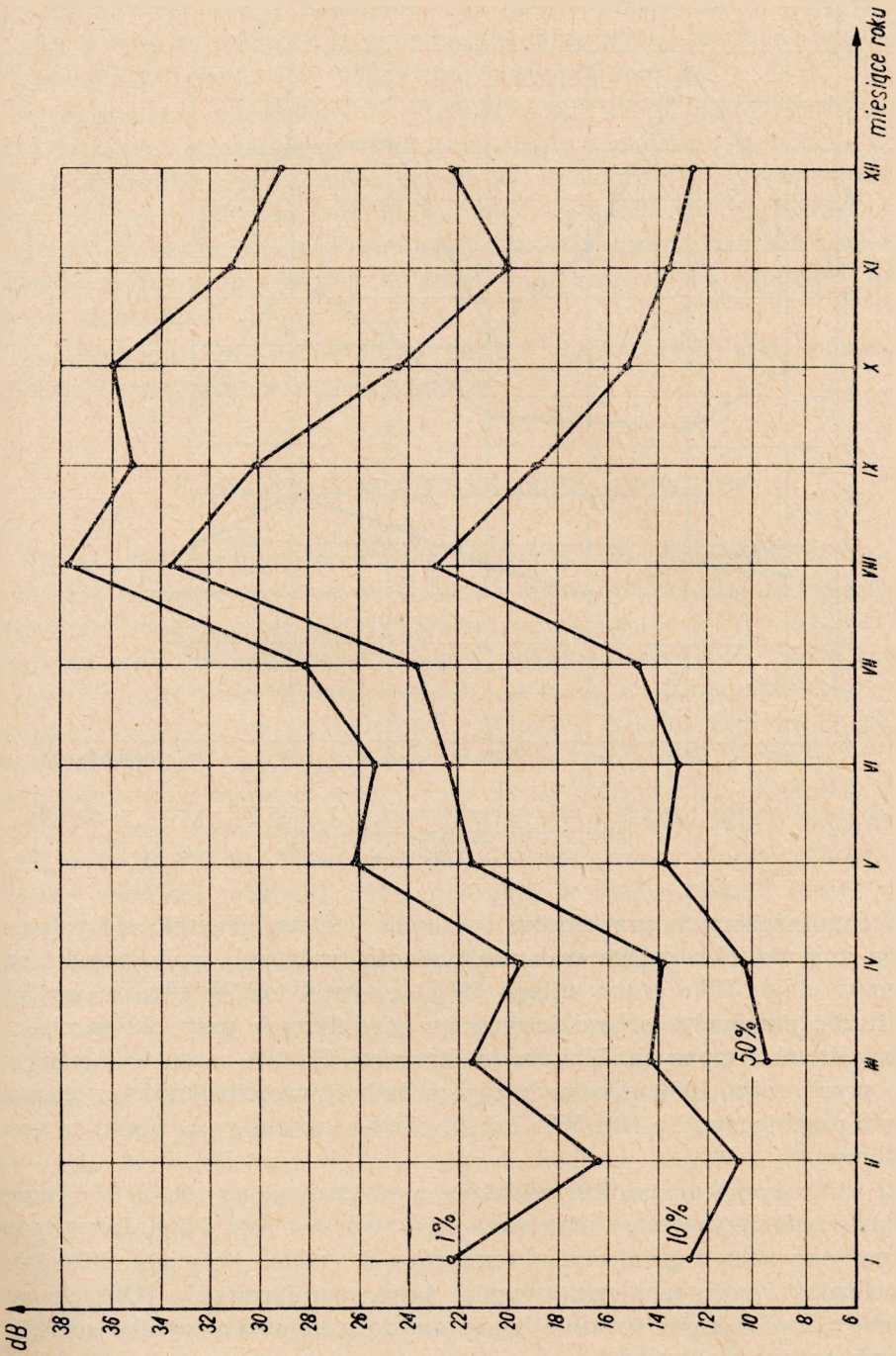
Pora pomiaru czas UT	Okres powtarzania zaników w procentach czasu				
	> 6 min	2—6 min	30 sek — 2 min	5—20 sek	< 5 sek
6h0m — 6h30m	24	27	34	14	1
12h0m — 12h30m	10	23	29	27	11
18h0m — 18h30m	18	30	25	23	4
Bez uwzględnienia pory pomiaru	16	26	30	22	6

Liczby zamieszczone w tabelicy to procent czasu, w którym obserwowano zaniki o podanym okresie powtarzania. Na przykład o godzinie pomiaru 6h0m—6h30m zaniki o okresie powtarzania większym od 6 min występowały w 24% czasu, o okresie powtarzania 2—6 min w 27% czasu itd. Ze względu na to, że podane liczby to procent czasu, a nie liczba przypadków, w których zaobserwowano dany typ zaniku, liczb podanych w kolumnach tabelicy sumować nie wolno.

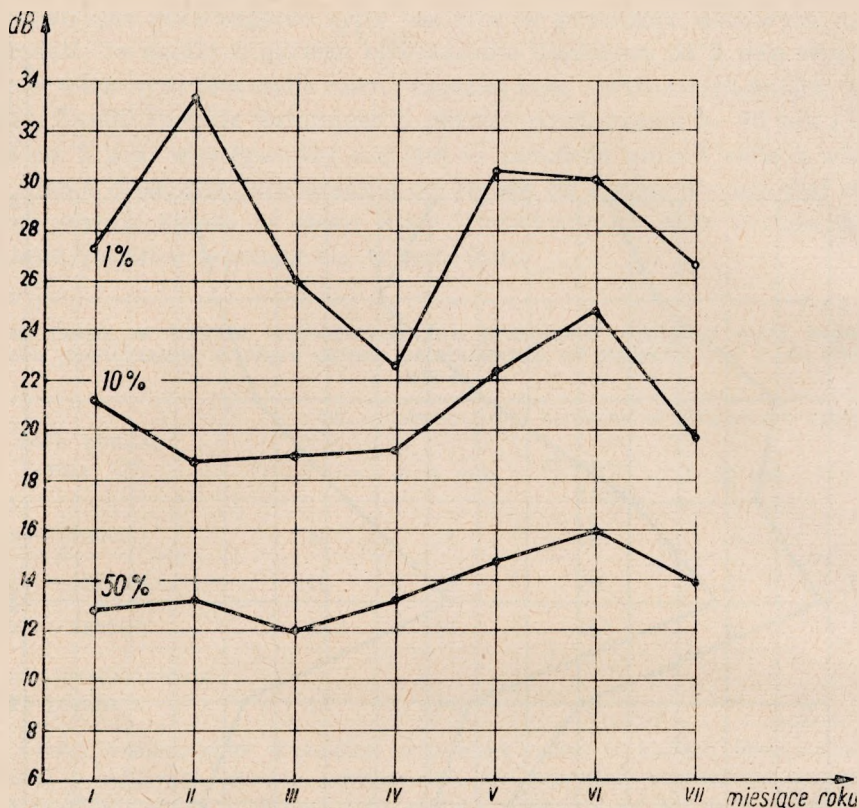
4.4. Ocena przedstawionych wyników

We wspomnianym okresie pomiarowym wykonano około 1500 pomiarów półgodzinnych. Wartość opracowania statystycznego zależy od liczby przypadków uwzględnionych przy jego sporządzaniu. Powinna być ona możliwie duża. Największą wartość statystyczną mają więc rozkłady natężenia pola opracowane dla okresów rocznych i analogiczne dane rozkładu czasu powtarzania zaników.

Obliczony cykl roczny propagacji, tzn. przebieg poziomów natężenia pola, przekraczany średnio w poszczególnych miesiącach w 1, 10 i 50% czasu jest obarczony największymi błędami w sensie statystycznym. Materiał pomiarowy został zebrany w okresie około dwuletnim. Dla właściwego obliczenia średniego cyklu rocznego okres pomiarów powinien uwzględniać co najmniej jeden cykl słoneczny.



Rys. 7. Poziomy natężenia pola przekroczone w 1, 10 i 50% czasu w ciągu roku 1959, godz. 12h00m — 12h30m czasu UT



Rys. 8. Poziomy natężenia pola przekroczone w 1, 10 i 50% czasu w okresie od stycznia do lipca roku 1960, godz. 12^h0^m — 12^h30^m czasu UT

Z zamieszczonych przebiegów rocznych większą wartość statystyczną mają krzywe, obrazujące wahania wartości natężenia pola, przekraczanego w ciągu 50% czasu aniżeli 10%, a tym bardziej 1%, ze względu na liczbę pomiarów półgodzinnych uwzględnionych przy obliczaniu poszczególnych krzywych. Maksimum krzywej dla 1% czasu w miesiącach zimowych roku 1960, nie wykazujące żadnej współbieżności z charakterem przebiegów dla 10 i 50% czasu, można uważać wobec tego za przypadkowe.

Ze statystycznego punktu widzenia, powodem pewnych błędów mogło być również ograniczenie pomiarów do trzech w ciągu doby. Jak wspomniano, powodem ograniczenia pomiarów do trzech w ciągu doby była konieczność ręcznego opracowania taśm pomiarowych. Opracowanie ręczne ponadto kryje w sobie błędy nie do uniknięcia, wynikające z pomyłek osoby analizującej.

Mimo starań, nie udało się uzyskać na bieżąco danych co do mocy promieniowanej stacji Bornholm. W opracowaniach za dłuższe okresy czasu, a więc miesięcznych, tym bardziej rocznych, przypadkowe błędy poszczególnych pomiarów odgrywają mniejszą rolę.

Wykonywane rejestracje obejmowały ostatecznie pomiary natężenia pola (urządzenie rejestrujące było cechowane miernikiem natężenia pola), bez uwzględnienia zmian mocy nadajnika. Przedstawione przebiegi należy więc uważać za bardziej miarodajne pod względem ich charakteru, a nie wartości bezwzględnych. Porównanie danych statystycznych z danymi uzyskiwanymi przez innych autorów daje dość dobrą zgodność (patrz rozdz. następny).

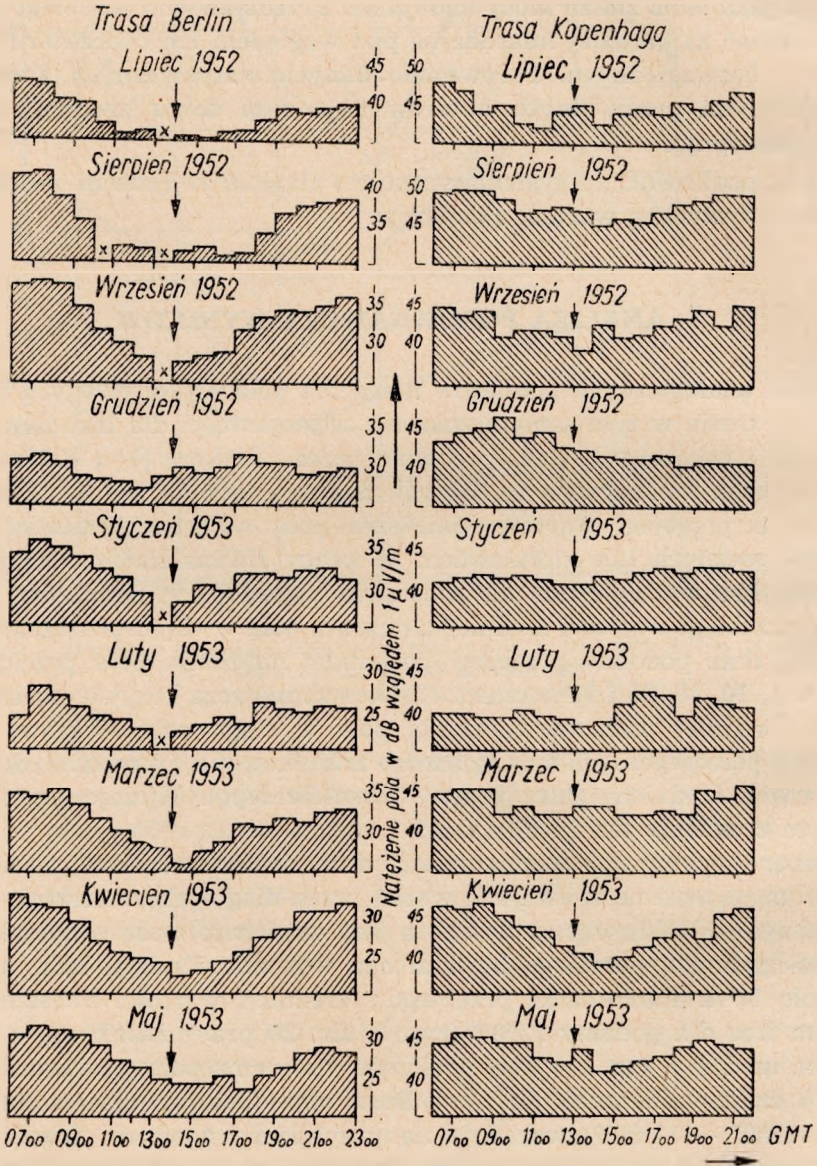
Należy podkreślić, że systematyczność i ciągłość rejestracji zwiększają ogólną statystyczną wartość pomiarów.

5. ANALIZA PORÓWNAWCZA WYNIKÓW

Wyniki analogicznych pomiarów natężenia pola wykonywanych na raz ustalonej trasie w tym samym zakresie częstotliwości dla tras lądowych, morskich i mieszanych zostały podane przez *Klinkera* [1] i *Kühna-Heidego* [2] oraz umieszczone w różnych dokumentach CCIR. Są to przede wszystkim przebiegi wartości natężenia pola w funkcji miesiący dla okresów rocznych lub kilkuletnich. W pracy *Kühna-Heidego* są przedstawione krzywe obliczone na podstawie pięcioletnich pomiarów, obrazujące przebiegi wartości średniej natężenia pola w ciągu poszczególnych miesięcy oraz podobne przebiegi poziomów natężenia pola przekraczanych w 1, 10, 50, 90 i 99% czasu. *Klinker* zamieszcza krzywe, obrazujące zmiany średniej wartości natężenia pola w ciągu roku. Krzywe obliczone dla poszczególnych tras są bardzo zróżnicowane, szczególnie dotyczy to wartości średnich (patrz prace *Kühna-Heidego*). Wydaje się, że zasadnicze znaczenie ma tu charakter trasy.

Klinker wykonywał pomiary na dwu trasach, lądowej Berlin—Kühlungsborn i na zakwalifikowanej przez niego jako morskiej, trasie Kopenhaga—Kühlungsborn. Trasa ta jest właściwie trasą o charakterze morsko-lądowym, przebiega bowiem nad wyspami i udział lądu wynosi aż około 30%. Porównanie przebiegów średnich wartości miesięcznych dla obu tras dla godziny 12^h0^m (rys. 9, str. 28 pracy *Klinkera*), z przebiegiem mediany, tzn. krzywej poziomów natężenia pola, przekroczonego w 50% czasu, obliczonej dla trasy Bornholm—Gdańsk, dla godziny pomiaru 12^h0^m—12^h30^m, wskazuje na przybliżoną zgodność przebiegów. U *Klinkera* wartości wykazują tendencję do bardziej płaskiego przebiegu i to podobnie tak dla trasy morskiej, jak i lądowej. Wartości średnie

wahają się odpowiednio w granicach ok. 5 i 10 dB. Słabo zaznaczone maksimum występuje w miesiącach lipcu i czerwcu, a minimum również niewyraźne w miesiącach zimowo-wiosennych. Niestety nie jest przedstawiony cały przebieg roczny (w zestawieniu brak trzech miesięcy), co ogranicza możliwości porównawcze.

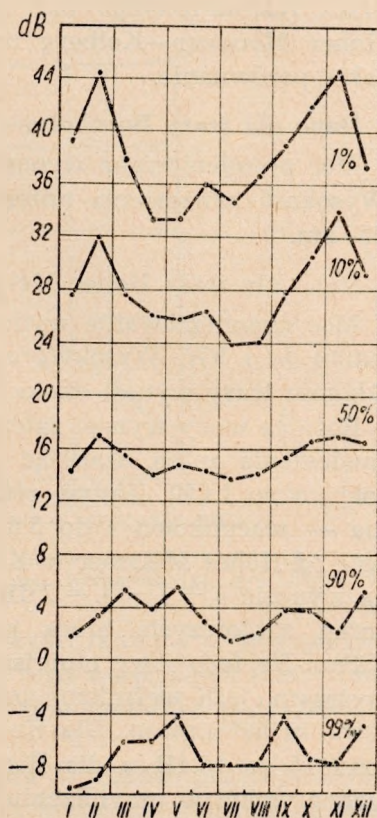


Rys. 9. Zmiany dobowe natężenia pola w ciągu cyklu rocznego na trasach Berlin i Kopenhaga wg Klinkera [1] rys. 12 s. 28

Z krzywych, przedstawionych w pracy *Kühna-Heidego*, porównano wykresy dla trasy Hoher Meissner-Kolberg zbiorcze dla lat 1956—1960, przedstawiające zmianę poziomu natężenia pola, przekroczonego w 1, 10, 50, 90 i 99% czasu w funkcji miesiący (rys. 10). Porównanie przeprowadzono z krzywymi 1, 10 i 50% dla trasy Bornholm—Gdańsk. Wybrano trasę Hoher Meissner—Kolberg ze względu na zbliżoną długość do trasy Bornholm—Gdańsk. Krzywe dla różnych procentów czasu dla tej trasy wykazują duże zróżnicowanie przebiegów, w przeciwieństwie do trasy Bornholm—Gdańsk, gdzie charakter przebiegu jest na ogół zgodny dla krzywych 1, 10 i 50%.

W przypadku trasy Bornholm—Gdańsk obserwuje się jedno wyraźne maksimum w porze letniej (sierpień), natomiast u *Kühna-Heidego* dwa maksima, zimowe (luty) i jesienne (listopad), z tym, że przebieg dla 50% jest raczej płaski, a dla 10% i 1% maksima wyodrębniają się wyraźnie. Powodem różnic może być różny charakter tras pomiarowych. Trasa Bornholm—Gdańsk to trasa mieszana z przewagą morza. Trasa Hoher Meissner—Kolberg jest typową trasą lądową. Warunki meteorologiczne charakteryzujące stan troposfery na obu trasach były prawdopodobnie różne. Jesienią występuje szybsze ochłodzenie lądu aniżeli morza, wiosną morze ogrzewa się wolniej niż ląd. Trasy będą więc wpływały w różny sposób na temperaturę zalegających nad nimi mas powietrza. Podobnie różna jest wilgotność powietrza, która nad trasą morską jest większa.

Krzywe, przedstawione przez *Kühna-Heidego*, zostały opracowane na podstawie wieloletniego materiału, zbieranego w ciągu całej dcbcy (brak informacji co do ciągłości pomiarów w ciągu dcbcy). W przypadku trasy Bornholm—Gdańsk przebiegi dotyczą jednego roku i tylko sytuacji o godzinie 12^h0^m — 12^h30^m. Poza tym wpływ na różnice mogło mieć w pewnym sensie „niezwykłe” lato 1959, które było upalne i kiedy to nad trasą zalegał w ciągu długiego czasu ośrodek o cyrkulacji antycyklonalnej.



Rys. 10. Przebieg roczny poziomów natężenia pola przekroczonego w 1, 10, 50, 90 i 99% czasu na trasie Hoher Meissner — wg *Kühna-Heidego* [1] rys. 2, s. 315

Porównanie przebiegów wg *Kühna-Heidego* dla trasy Hamburg—Kolberg i wg *Klinkera* dla trasy Berlin—Kühlungsborn wykazuje mimo podobieństwa trasy i wspólnego rejonu zasadnicze rozbieżności. Wydaje się, że dopiero dalsze statystyczne badania mogą doprowadzić do ostatecznych wniosków.

Dla otrzymania pełniejszego obrazu porównano uzyskane wartości bezwzględne natężenia pola z wartościami wg materiałów opublikowanych przez *Kühna-Heidego* dla trasy Hoher Meissner—Kolberg. Dla trasy Hoher Meissner—Kolberg znane były parametry stacji umożliwiające takie porównanie.

Dane dla trasy Bornholm—Gdańsk

Moc promieniowana wynosi 30 kW, około 15 dB w stosunku do 1 kW. Wysokość zawieszenia anteny nadawczej n.p.m. 253 m. Długość trasy 260 km.

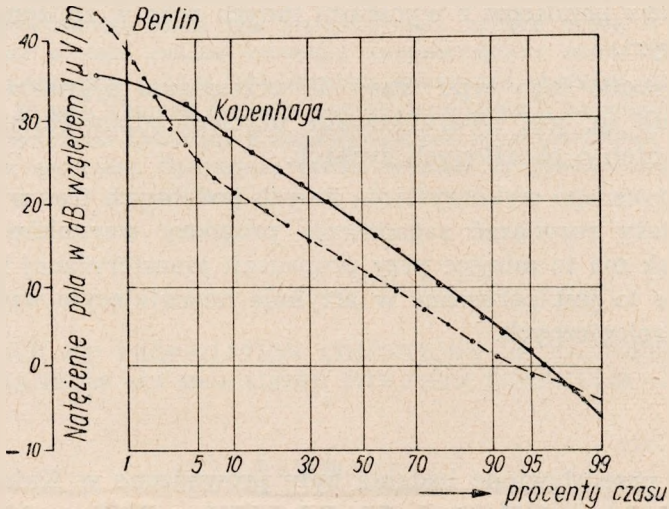
Dane dla trasy Hoher Meissner—Kolberg

Moc promieniowania wynosi 90—100 kW, a więc około 20 dB w stosunku do 1 kW. Wysokość zawieszenia anteny n.p.m. równa się 250 m. Długość trasy wynosi około 295 km.

Różnica mocy wynosi zatem $20 - 15 = 5$ dB. Wpływ różnicy wysokości zawieszenia anten, szacując wg krzywych CCIR, odgrywa bardzo małą rolę (około 1 dB). Wpływ różnicy odległości jest trudny do uwzględnienia — szacunkowo 4 do 5 dB. Sumarycznie różnica wartości natężenia pola od Hoher Meissner w Kolbergu i od Bornholmu w Gdańsku powinna wynosić $5 + 1 - 4 = 2$ dB, bez uwzględnienia ew. różnicy wysokości anten odbiorczych, która jest nie znana. Porównanie krzywych wg *Kühna-Heidego* i wg niniejszej pracy wskazuje na dużą zgodność z powyższym, jeśli weźmiemy pod uwagę wartości natężenia pola, przekraczane w 50% czasu. Dla Hoher Meissner krzywa waha się wokół wartości 15 do 16 dB, a dla Bornholmu przy znacznie większej rozpiętości wahań wokół w przybliżeniu tego samego poziomu natężenia pola. Przy krzywych wartości natężenia pola, przekroczonych w 10 i 1% czasu, powyższe jest mniej więcej spełnione tylko dla maksimum. Wynoszą one odpowiednio dla Hoher Meissner 33 i 44 dB, dla Bornholmu 33 i 38 dB. Nieco mniejsze przekraczane poziomy natężenia pola przebiegów rocznych dla Bornholmu wynikają prawdopodobnie z tego, że krzywe te zostały obliczone dla pory południowej, godziny 12^h0^m — 12^h30^m, a o tej porze wartości natężenia pola są najmniejsze w stosunku do całej doby. Krzywe wg *Kühna-Heidego* zostały opracowane na podstawie pomiarów całodobowych.

Co dotyczy krzywych rozkładu prawdopodobieństwa czasowego, to można porównać krzywe sporządzone bez uwzględnienia pory pomiaru

dla Bornholmu z lat 1959 i 1960 (rys. nr 4 i 6) oraz krzywe podane przez *Klinkera* (rys. 11) dla trasy Berlin—Kühlungsborn i Kopenhaga—Kühlungsborn. Charakter krzywych jest podobny, z tym że u *Klinkera* dłuższy odcinek zbliżony do prostej przebiega w obszarze dużych procentów czasu. W przypadku trasy Bornholm—Gdańsk brak danych dla dużych procentów czasu, ze względu na spadek natężenia pola poniżej przyjętego pierwszego poziomu testowego, podyktowanego poziomem zakłóceń w punkcie odbiorczym.



Rys. 11. Krzywe czasowego rozkładu prawdopodobieństwa natężenia pola dla trasy lądowej — Berlin i morskiej — Kopenhaga — wg *Klinkera* [1], rys. 30, s. 55

Nie przeprowadza się porównania statystyki zaników z dostępnymi w literaturze ze względu na odrębne ujęcie tego zagadnienia (klasyfikowanie wg innych parametrów, np. czasu trwania zaników), podyktowane względami opisanymi w rozdz. 3.2.

Trudności napotymane przy porównywaniu wyników publikowanych przez różnych autorów są duże, przede wszystkim ze względu na niekompletne materiały i różne ujęcia statystyczne (np. u *Klinkera* podano niepełny przebieg roczny i średnie wartości miesięczne bez rozrzutów czasowych). Często brak jest dokładnych informacji o sposobie statystycznego opracowania materiału, sposobie i porze wykonywania pomiaru (np. u *Kühna-Heidego* sposób obliczania wartości średniej dobowej).

6. WNIOSKI

Pomiary potwierdziły znane zależności dotyczące przebiegu natężenia pola sygnału w ciągu doby. Przeciętnie, natężenie pola występujące rano

i wieczorem przekraczało wartości południowe. Okres powtarzania zaniku był większy rano i wieczorem aniżeli w południe.

Jeżeli weźmiemy pod uwagę zmiany natężenia sygnału w ciągu roku, to okres prowadzenia pomiarów był za mały na to, aby uzyskane przebiegi można było uważać za bezbłędne. Opracowane krzywe dla godziny pomiaru 12^h0^m — 12^h30^m wskazują na występowanie maksimum letniego w miesiącu sierpniu.

Przeprowadzona analiza porównawcza w zasadzie wskazuje na zgodność wyników pomiarów z wynikami innych prac w zbliżonym regionie geograficznym.

Wykorzystanie tego typu trasy do przesyłania sygnałów dla celów łączności lub tp. jest uwarunkowane użyciem odpowiedniej mocy nadajnika i anten o określonych zyskach.

Dla praktycznego wykorzystania innych podobnych tras w radiokomunikacji należy rozwiązać zagadnienie prognozy warunków propagacji podobnie jak ma to miejsce przy propagacji jonosferycznej fal krótkich. Zagadnienie to jest poruszone w artykule omawiającym wpływ warunków meteorologicznych.

*

Powyżej przedstawione badania były prowadzone w Katedrze Radiotechniki Nadawczej Politechniki Gdańskiej pod kierunkiem dr inż. L. Knocha, przy współpracy z Instytutem Łączności w osobie doc. mgr inż. S. Jarkowskiego oraz z Centralnym Zarządem Radiostacji i Telewizji w Warszawie w osobie mgr inż. H. Smoleńskiej.

Mgr H. Smoleńska opracowała na podstawie pomiarów krzywe obrazujące zmianę natężenia pola przekraczanego w ciągu poszczególnych miesięcy w czasie od 12^h0^m — 12^h30^m średnio w 50, 10 i 1% czasu oraz brała udział w dyskusjach w trakcie opracowywania artykułu.

WYKAZ LITERATURY

1. Klinker L. UKW-Fernempfangsbeobachtungen. Ihre Bedeutung für Meteorologie und Funktechnik. Abhandlungen des Meteorologischen und Hydrologischen Dienstes der Deutschen Demokratischen Republik. Nr 35 (Band IV).
2. Kühn U. — Heide W.: Der Jahrgang der UKW-Ausbreitung nach fünfjährigen Messungen in Kolberg bei Berlin. Nachrichtentechnik — 1961. Band 11. Nr 7, s. 313—316.
3. Jarkowski S.: Obliczanie linii radiowych. Prace Instytutu Łączności, zeszyt 2—3, 1958, s. 33.

В. Павловски

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН НА ТРАССЕ БОРНГОЛЬМ—ГДАНЬСК ПРИ ЧАСТОТЕ 94,5 МГц

Резюме

В период от 1958 по 1960 года были произведены на трассе Борнгольм—Гданьск измерения напряжённости поля радиовещательной станции Борнгольм.

Результаты измерений представлены в виде годовых статистических распределений напряжённости поля для определённых времён суток и для целых суток, а также в виде сводок значений напряжённости поля, превышенных в отдельных месяцах в 1, 10 и 50% времени, измерения которых производились от 12 по 12 ч. 30 мин. Описан также характер замираний и их изменения в период суток. Результаты сравнены с аналогичными исследованиями произведёнными другими авторами. Приведена также техника производства и обработки измерений.

W. Pawłowski

THE RESEARCH OF PROPAGATION CONDITIONS OF RADIOFREQUENCIES IN THE BAND OF 94.5 Mc/s ALONG THE PATH BORNHOLM—GDAŃSK

Summary

In the period from 1958—1960 the measurements of field-strength of the broadcast station Bornholm on the path Bornholm—Gdańsk have been conducted. The results of measurements have been collected in the form of statistical distribution of the field strength values for certain different points of the day and for all the day as well as the field strength values being exceeded in particular months in 1%, 10% and 50% of the time.

The character of fading has been examined, as well as their changes during the day.

The results of measurements have been compared with those received by some other authors. The technique of measurements and the computation of their results are presented as well.

W. Pawłowski

LES ÉTUDES DES CONDITIONS DE PROPAGATION DES RADIOFRÉQUENCES DANS LA BANDE DE 94.5 MHz SUR LE TRAJET BORNHOLM—GDAŃSK

Resumé

Dans la période entre 1958 et 1960 on a conduit des mesures du champ de la station radiophonique à Bornholm.

Les résultats de ces mesures sont présentés sous la forme des distributions statistiques annuelles des valeurs du champ pour certains moments de la journée et pour la journée entière ainsi que les valeurs du champ dépassées dans les mois particuliers pendant 1^o%, 10^o%, 50^o% du temps.

On examine ensuite le caractère des évanouissements et leurs changements au cours de la journée.

Le résultats des mesures sont comparés aux résultats obtenus par d'autres auteurs.

Enfin, on présente la technique des mesures dans le cas en question ainsi que le mode d'en exploiter les conclusions.

W. Pawłowski

UNTERSUCHUNG DER AUSBREITUNGSBEDINGUNGEN VON FUNKWELLEN
AUF DER STRECKE BORNHOLM—GDAŃSK BEI EINER FREQUENZ
VON 94,5 MHz

Zusammenfassung

In der Zeit von 1958 bis 1960 wurden Messungen der Feldstärke des Rundfunksenders Bornholm auf der Strecke Bornholm—Gdańsk durchgeführt

Die Messergebnisse werden dargestellt in der Form von jährlichen statistischen Feldstärkeverteilungen für bestimmte Tageszeiten und für den ganzen Tag sowie in der Form von Zusammenstellungen von den in den einzelnen Monaten gemessenen Feldstärkewerten, die während 1^o%, 10^o% und 50^o% der Zeit überschritten werden. Es wird auch der Charakter der Schwunde und ihre tageszeitlichen Änderungen besprochen. Die Ergebnisse werden mit ähnlichen Untersuchungen anderer Verfasser verglichen. Es wird auch die Technik der Ausführung und der Bearbeitung der Messungen angegeben.

WPLYW CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ NA PROPAGACJE FAL METROWYCH NA TRASIE BORNHOLM—GDAŃSK

Rękopis dostarczono do Komitetu Redakcyjnego

2. 6. 1962 r. (1 redakcja)

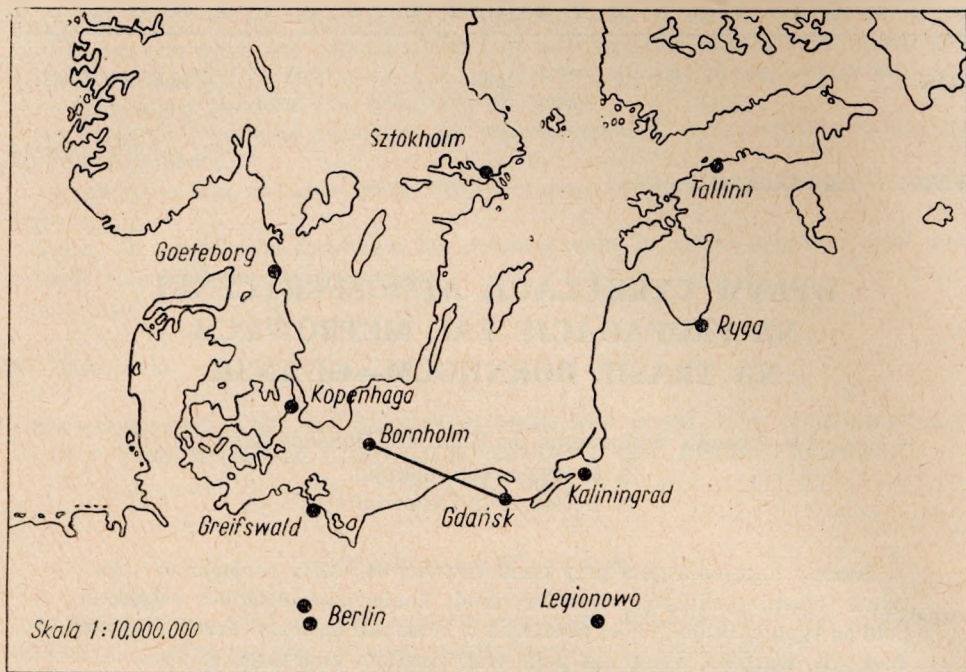
2. 3. 1963 r. (2 redakcja)

Zmiany natężenia pola przy częstotliwości 94,5 MHz porównano z różnymi typami cyrkulacji atmosferycznej. Znalaziono zależność natężenia pola od typu cyrkulacji i jej położenia w stosunku do trasy. Przedstawiono rozkłady wartości natężenia pola oraz zbadano charakter zaników dla różnych typów cyrkulacji atmosferycznej. We wnioskach wskazano na możliwość wyzyskania zależności propagacji od typu cyrkulacji atmosferycznej do przewidywania warunków rozchodzenia się fal.

W Katedrze Radiotechniki Nadawczej Politechniki Gdańskiej w latach 1958/1960 przeprowadzono pomiary natężenia pola przy częstotliwości 94,5 MHz, które następnie przeanalizowano w zestawieniu z danymi meteorologicznymi podawanymi przez mapki synoptyczne. Praca ta stanowi fragment tematu badań propagacji fal metrowych nad morzem opracowywanego przez Katedrę przy współpracy Instytutu Łączności i Zjednoczenia Stacji Radiowych i Telewizyjnych.

Pomiary wykonywano na wybranej trasie pozahoryzontowej Bornholm—Gdańsk (rys. 1), wykorzystując duńską stację nadawczą zainstalowaną na wyspie Bornholm.

Wyniki tych pomiarów, jeśli idzie o zależność propagacji od pory doby i pory roku, jak i sposób opracowania ich, są podane w artykule: „Badania propagacji na trasie Bornholm—Gdańsk przy częstotliwości 94,5 MHz” [4]. W niniejszym opracowaniu omówiono wpływ warunków meteorologicznych, ściślej mówiąc typu cyrkulacji atmosferycznej na propagację.



Rys. 1. Mapa regionu trasy pomiarowej Bornholm—Gdańsk

• — stacje meteorologiczne wykonujące sondowania górnych warstw troposfery

1. WPROWADZENIE [1], [2], [3]

Długość trasy pomiarowej, tzn. odległość między anteną nadawczą stacji Bornholm i anteną punktu odbiorczego umieszczonego w Gdańsku, wynosiła 260 km. Z tego tylko odcinek o długości ok. 70 km był położony w obrębie horyzontu radiowego stacji Bornholm. Trasa była więc typową trasą pozahoryzontową.

Energia fali poruszającej się wzdłuż takiej trasy pochodzi bądź od pola dyfrakcyjnego, bądź jest dostarczana tzw. duktami atmosferycznymi, wreszcie może również pochodzić od energii fali rozproszonej na nieciągłościach znajdujących się dość wysoko nad trasą.

O natężeniu pola decydują przede wszystkim rozkłady współczynnika refrakcji, występujące w poszczególnych obszarach atmosferycznych znajdujących się na trasie.

Przy częstotliwości pomiarowej 94,5 MHz propagacja odbywa się przede wszystkim w troposferze. Wpływ jonosfery można pominąć. Wartość i rozkład w funkcji wysokości współczynnika załamania zależy od czynników natury meteorologicznej. Dlatego istnieje zależność pomiędzy propagacją troposferyczną a parametrami meteorologicznymi troposfery na trasie.

2. CYRKULACJA ATMOSFERYCZNA JAKO KRYTERIUM OCENY WARUNKÓW PROPAGACYJNYCH

Istnieją zasadniczo dwie metody badania propagacji. Jedną z metod jest wiązanie propagacji bezpośrednio ze współczynnikiem załamania. Warunkiem poprawnego wnioskowania i dokładności przy tej metodzie jest dokładna znajomość chwilowych rozkładów współczynnika załamania w całym przekroju trasy. Współczynnik załamania w troposferze jest przede wszystkim funkcją temperatury i wilgotności względnej powietrza. Powinny więc być znane rozkłady pionowe temperatury i wilgotności względnej powietrza wzdłuż całej trasy oraz zmiany tych rozkładów w czasie.

Istnieją duże trudności w uzyskaniu tak precyzyjnych danych. Konieczne są bowiem specjalne, ciągłe pomiary mas powietrza za pomocą przyrządów umieszczonych na samolotach i na stacjach sondujących, rozmieszczonych odpowiednio gęsto wzdłuż trasy pomiarowej. W większości przypadków przeprowadzenie takich pomiarów jest niemożliwe ze względu na koszty i ograniczone możliwości techniczno-organizacyjne. W takich okolicznościach pozostają do dyspozycji tylko dane pochodzące z pomiarów służb meteorologicznych.

Wyniki pomiarów parametrów w przekroju pionowym troposfery, tzw. „dane górne”, są otrzymywane z nielicznych stacji sondujących i to zaledwie 1 raz lub co najwyżej 4 razy w ciągu doby. Na podstawie pomiarów poszczególnych stacji są sporządzane mapy „danych górnych”, a więc są to w rzeczywistości wartości interpolowane. Z punktu badań propagacyjnych dane te są za mało precyzyjne, co jest sprzeczne z podanym wyżej warunkiem poprawności wnioskowania i dokładności tej metody badania propagacji.

Druga metoda ma charakter badania statystycznego i nie wiąże propagacji bezpośrednio z rozkładem współczynnika załamania. Pomiary wykonuje się w ciągu długiego okresu, np. roku, i opracowuje się je statystycznie. W wyniku otrzymuje się czasowy rozkład natężenia pola. Warunkiem właściwego wnioskowania jest wymieniony powyżej długi okres prowadzenia pomiarów.

Na podstawie krzywych otrzymanych z wielu pomiarów można określić prawdopodobieństwo występowania określonego natężenia pola średnio w określonym czasie. Nie można jednak przewidzieć, jakie wartości będą występować w pewnym konkretnym, krótkim okresie czasu. Na to pozwalałaby metoda pierwsza, gdyby dysponowano dostatecznie dokładnymi danymi meteorologicznymi.

Metoda zastosowana w niniejszej pracy leży pośrodku opisanych metod. Pomiary miały charakter statystyczny. Jednocześnie jednak poszcze-

gólne odcinki pomiarowe były wiązane z aktualnie panującymi na trasie warunkami meteorologicznymi. Metoda ta jest ostatnio coraz częściej stosowana.

Za podstawę klasyfikacji warunków meteorologicznych przyjęto typ cyrkulacji atmosferycznej. Do jego dokładnego określenia jest wystarczająca znajomość „danych dolnych” oraz interpolowanych „danych górnych”.

Typ cyrkulacji atmosferycznej jest najbardziej ogólnym, dynamicznym parametrem, obrazującym aktualny stan troposfery. Przy różnych typach cyrkulacji różna jest budowa troposfery, różne są wartości parametrów i przebieg ich zmian, a więc i rozkładu temperatury i wilgotności względnej. Typ cyrkulacji atmosferycznej ma wpływ na stan wymieszania troposfery, od którego z kolei zależą warunki duktowe i rozproszeniowe propagacji fal. Stąd parametr ten w pewien sposób charakteryzuje mikrostrukturę troposfery, ważną z punktu widzenia mechanizmu propagacji fal.

Przy opracowywaniu korelacji między pomiarami radiowymi i meteorologicznymi wykorzystano z „danych dolnych” stacji meteorologicznych gęsto rozsianych w regionie skandynawsko-bałtyckim. Korzystano również z „danych górnych” odniesionych do środka trasy, na podstawie pomiarów wykonanych na stacjach meteorologicznych znajdujących się w Greifswaldzie i Kaliningradzie oraz w Sztokholmie. Stacje w Greifswaldzie i Kaliningradzie znajdują się w odległości około 200 km w bok od trasy. Należy podkreślić, że „dane górne” określone w punktach odległych o 200 km od stacji meteorologicznych są obciążone z natury rzeczy dużym błędem. Jednak w całokształcie oceny warunków meteorologicznych na Bałtyku okazały się bardzo pożyteczne.

Dokładność „danych górnych” zmniejszył fakt, że punkt, dla którego były interpolowane, był położony w pobliżu granicy morza i lądu. Jest to region, w którym stan troposfery zależy bardzo od chwilowych warunków lokalnych.

Przyjęcie jako podstawy klasyfikacji typu cyrkulacji atmosferycznej pozwoliło na przejrzyste statystyczne opracowanie pomiarów. W prosty sposób można było podzielić wszystkie zaistniałe sytuacje meteorologiczne na kilka charakterystycznych typów.

Przyjęto następujące typy:

A — oznacza, że nad trasą lub w bezpośrednim pobliżu trasy znajduje się ośrodek o cyrkulacji antycyklonalnej,

a — trasa znajduje się w zasięgu wpływów układu o cyrkulacji antycyklonalnej,

C — nad trasą lub w bezpośrednim pobliżu trasy znajduje się ośrodek o cyrkulacji cyklonalnej,

c — trasa znajduje się w zasięgu wpływów układu o cyrkulacji cyklonalnej.

Aby dostępne dane meteorologiczne były jak najdokładniejsze, pora pomiarów została zsynchronizowana z przyjętą w Europie porą pomiarów meteorologicznych. Pomiary wykonywano o godzinie $6^{\text{h}0^{\text{m}}}$ — $6^{\text{h}30^{\text{m}}}$, $12^{\text{h}0^{\text{m}}}$ — $12^{\text{h}30^{\text{m}}}$ oraz $18^{\text{h}0^{\text{m}}}$ — $18^{\text{h}30^{\text{m}}}$ czasu UT.

3. WPŁYW CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ NA PROPAGACJĘ

Przeprowadzone pomiary potwierdziły wybitny wpływ typu cyrkulacji atmosferycznej na troposferyczną propagację pozahoryzontową fal metrowych.

W trakcie opracowywania pomiarów obliczany był rozkład prawdopodobieństwa czasowego natężenia pola oraz sporządzana była statystyka zaników. Przyjęty sposób obliczania tych parametrów jest podany w [4]. Pomiary wykazały dużą zależność rozkładu prawdopodobieństwa czasowego natężenia pola oraz okresu powtarzania zaników od typu cyrkulacji układu atmosferycznego dominującego nad trasą.

3.1. Rozkład prawdopodobieństwa czasowego natężenia pola

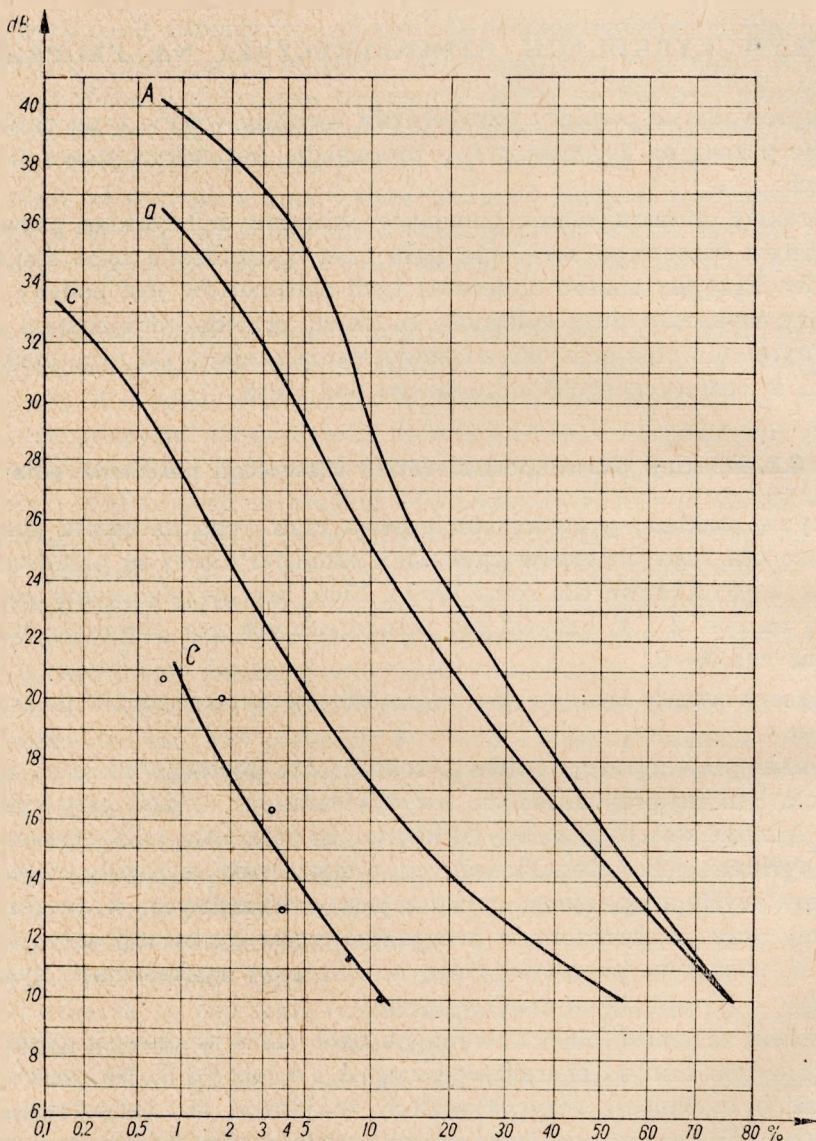
Krzywe rozkładu prawdopodobieństwa czasowego natężenia pola wykreślone dla różnych typów cyrkulacji atmosferycznej są przedstawione na rys. 2—6. Krzywe dla roku 1959 i 1960, bez uwzględnienia pory pomiaru, na rys. 2 i 3; krzywe dla poszczególnych pór pomiaru, dla roku 1959 na rys. 4—6.

Zaobserwowano następującą zależność od typu cyrkulacji atmosferycznej:

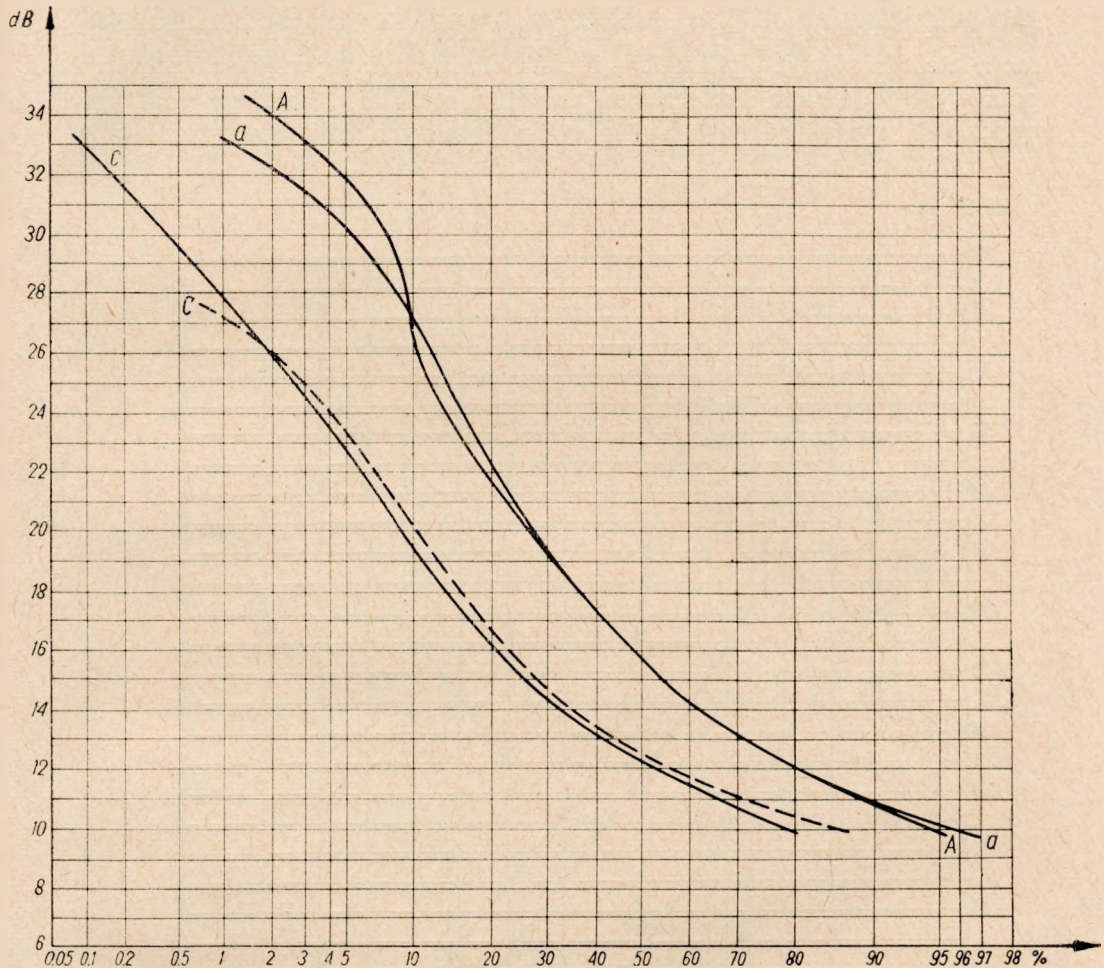
Większe prawdopodobieństwo przekroczenia pewnego poziomu natężenia pola istniało przy układach antycyklonalnych aniżeli przy cyklonalnych. Innymi słowy, poziomy maksymalne natężenia pola obserwowane przy cyrkulacjach antycyklonalnych przekraczały z reguły największe poziomy występujące przy cyrkulacjach cyklonalnych, a poszczególne poziomy były przekroczone w przypadku typów cyrkulacji antycyklonalnych w większym procencie czasu aniżeli przy cyrkulacjach cyklonalnych.

Podobną zależność obserwowano na ogół także w obrębie typów cyrkulacji o tym samym charakterze, tzn. *A* i *a* lub *c* i *C*. Najczęściej, gdy ośrodek o cyrkulacji antycyklonalnej znajdował się bezpośrednio nad trasą (typ *A*), krzywe rozkładu prawdopodobieństwa czasowego natężenia pola przechodzą przez większe poziomy natężenia pola i dochodzą do

większych procentów czasu dla małych poziomów aniżeli wówczas, gdy trasa znajdowała się jedynie w obrębie wpływów takiego ośrodka (typ *a*). Odwrotnie, mniejsze poziomy maksymalne natężenia pola i mniejszy procent czasu, w którym poszczególne poziomy były przekroczone, notowano częściej przy cyrkulacji typu *C*, gdy ośrodek cyklonalny znajdował się nad trasą, aniżeli wtedy, gdy trasę obejmował tylko swym wpływem (typ *c*).



Rys. 2. Krzywe czasowego rozkładu prawdopodobieństwa natężenia pola; rok 1959 — bez rozróżnienia pory pomiaru; parametrem jest typ cyrkulacji atmosferycznej

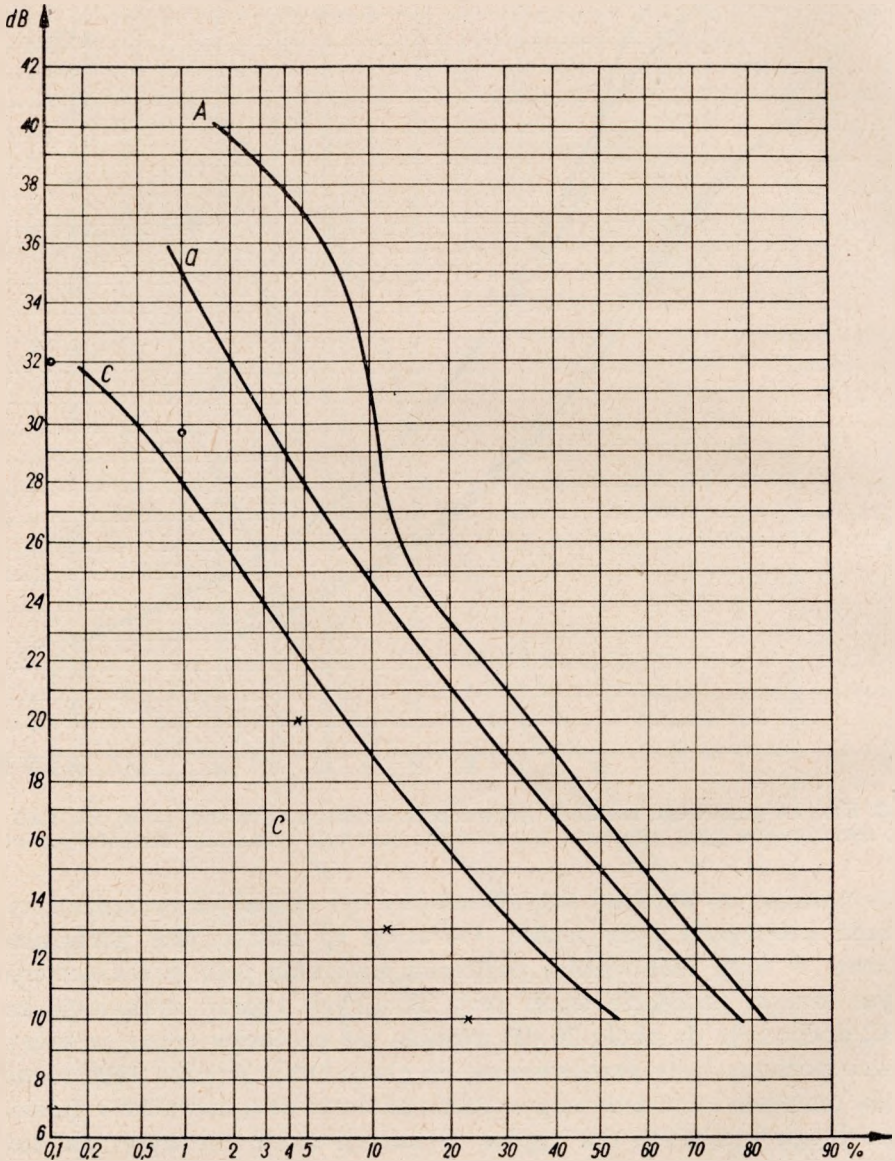


Rys. 3. Krzywe czasowego rozkładu prawdopodobieństwa natężenia pola; rok 1960 — bez rozróżnienia pory pomiaru; parametrem jest typ cyrkulacji atmosferycznej

Reasumując, im bardziej antycyklonalny był charakter cyrkulacji, tym warunki propagacji były lepsze. Obrazuje to następujące porównanie liczbowe. W roku 1959 różnica poziomów natężenia pola, przekroczonych w tym samym procencie czasu przy skrajnych typach cyrkulacji, tzn. A i C, dochodziła do około 20 dB, różnica zaś procesów czasu, w którym te same poziomy były przekroczone, do około 50%. W roku 1960 różnice te były mniejsze i wynosiły odpowiednio około 10 dB i około 20%. Różnice w przebiegu krzywych dla typów cyrkulacji a i c nie były tak duże.

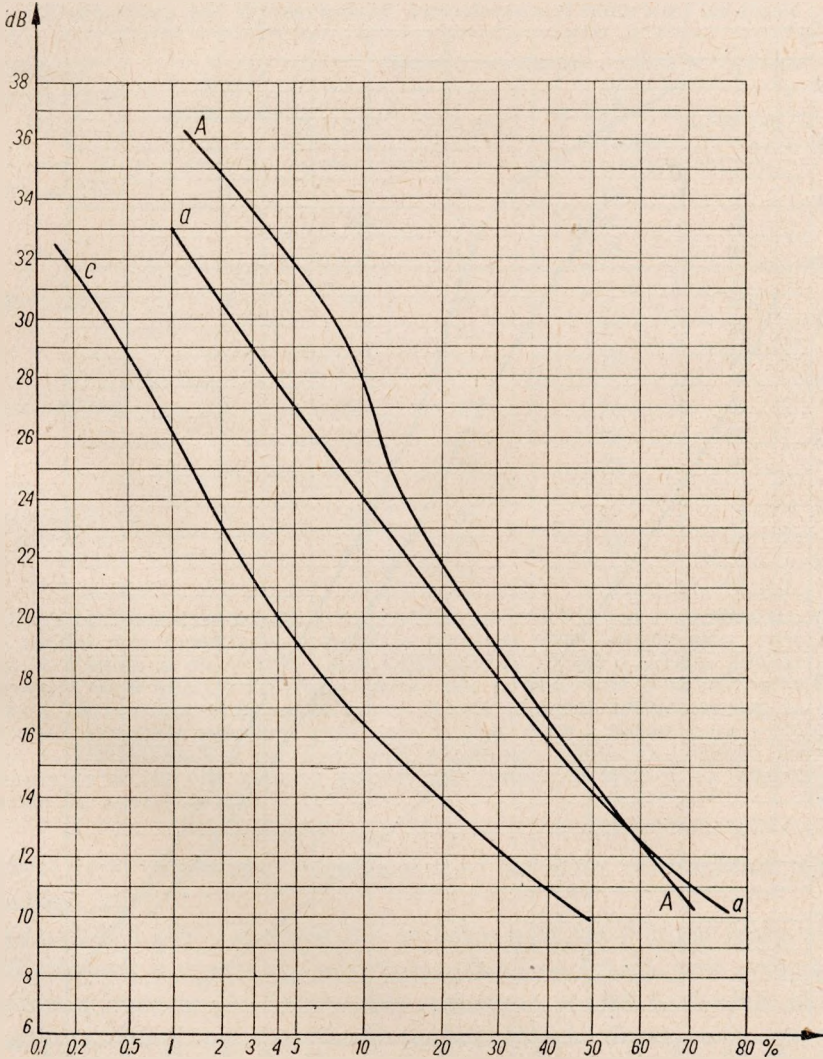
Powyżej opisana zależność propagacji od typu cyrkulacji atmosferycznej uwidoczniła się zarówno w krzywych rocznych reprezentujących

dobę, jak i w krzywych rocznych obliczonych dla poszczególnych pór pomiaru. Porównując krzywe sporządzone dla tych samych typów cyrkulacji, ale dla różnych pór doby, można stwierdzić, że większe natężenie pola występuje rano i wieczorem aniżeli w południe. Zależność od typu cyrkulacji występuje więc na tle cyklu dobowych zmian natężenia pola



Rys. 4. Krzywe czasowego rozkładu prawdopodobieństwa natężenia pola; rok 1959 — godz. 6⁰⁰ UT; parametrem jest typ cyrkulacji atmosferycznej

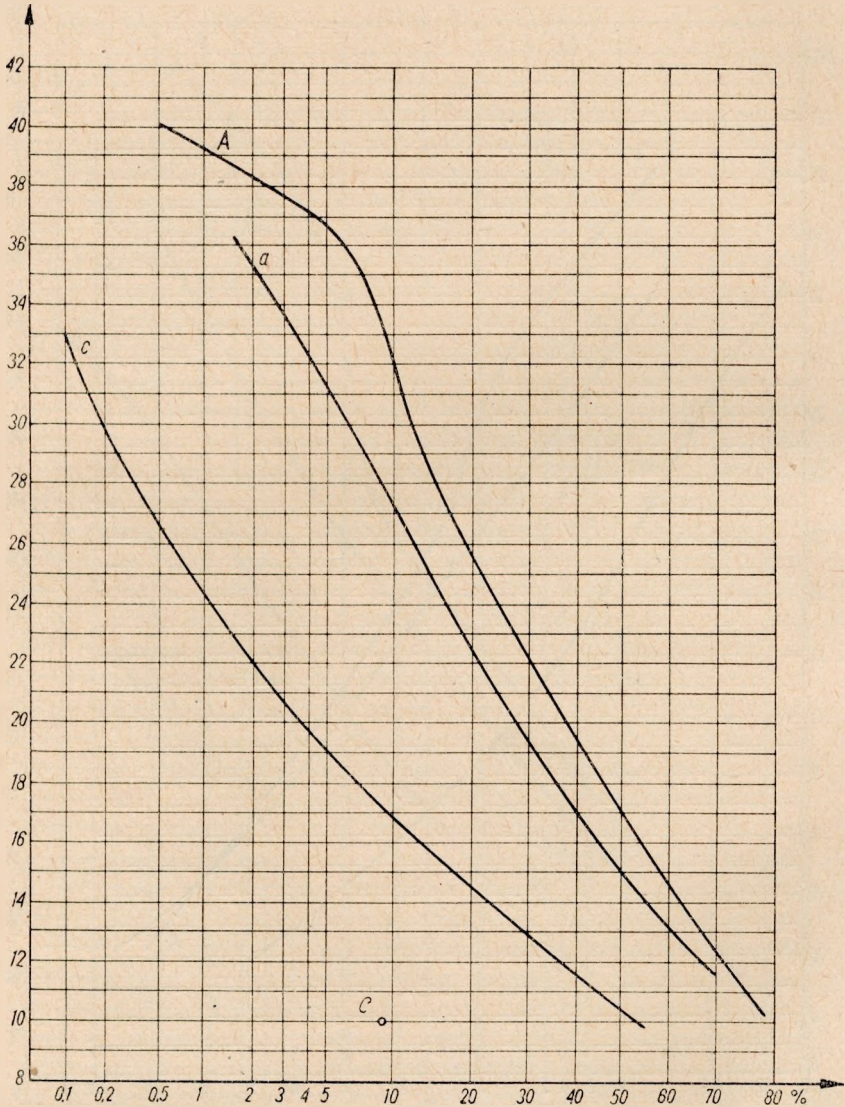
[4]. Zależność powyższa występowała również i dla okresów miesięcznych. Zdarzały się jednak odchylenia polegające na tym, że natężenie pola przy cyrkulacji typu *a* było większe niż przy cyrkulacji typu *A* i przy cyrkulacji typu *c* większe niż przy cyrkulacji typu *a* itp. Odchylenia te w roku 1960 były większe aniżeli w 1959 i uwidoczniły się nawet w krzywych rocznych w postaci zlewania się krzywych dla typów *A* i *a* oraz



Rys. 5. Krzywe czasowego rozkładu prawdopodobieństwa natężenia pola; rok 1959 — godz. 12⁰⁰ UT; parametrem jest typ cyrkulacji atmosferycznej

C i c. Pewną rolę mógł tu odgrywać błąd subiektywny, gdyż w owym roku warunki meteorologiczne były klasyfikowane przez kilka osób.

Największe rozbieżności między wartościami natężenia pola występują najczęściej przy cyrkulacji typu C. Ze względu na rzadkie występowanie cyrkulacji typu C w okresie przeprowadzania badań uzyskane statystyczne wyniki należy uważać za najmniej pewne w stosunku do wyników dla innych typów cyrkulacji.



Rys. 6. Krzywe czasowego rozkładu prawdopodobieństwa natężenia pola; rok 1959 — godz. 18⁰⁰ UT; parametrem jest typ cyrkulacji atmosferycznej

3.2. Okres powtarzania zaników

Wyniki statystycznego opracowania pomiarów (z okresu VIII. 1958 do VIII. 1959) z punktu widzenia okresu powtarzania zaników są podane w tablicy poniżej. Ze względu na małą liczbę przypadków nie zamieszczono danych obliczonych dla cyrkulacji typu C. Sposób sporządzania statystyki jest podany w [4].

Tablica

Procent czasu, w którym na trasie dominowały zaniki, o podanych okresach powtarzania w ciągu okresu pomiarowego od sierpnia 1958 r. do sierpnia 1959 r.

Parametrem jest typ cyrkulacji atmosferycznej panującej na trasie

Godzina pomiaru czas UT	Typ cyrkulacji	Okres powtarzania zaniku w % czasu				
		> 6 min	2—6 min	30 sek — 2 min	5—30 sek	< 5 sek
6h0m—6h30m	A	47	31	22		
	a	20	34	38	6	2
	c	8	12	38	40	2
12h0m—12h30m	A	20	28	31	16	5
	a	7	21	35	25	12
	c	5	22	19	40	14
18h0m—18h30m	A	35	33	24	6	2
	a	17	31	28	20	4
	c	7	29	22	37	5
Bez rozróżnienia pory pomiaru	A	33	31	26	7	3
	e	14	27	35	18	6
	c	7	22	24	39	8

Liczby zamieszczone w tablicy to procent czasu, w którym obserwowano dany typ zaniku. Dla przykładu, o godzinie pomiaru 6h0m—6h30m przy cyrkulacji typu A, średnio w ciągu 47% czasu występowały zaniki o okresie powtarzania większym od 6 min, w 31% czasu o okresie powtarzania 2—6 min, a w 22% czasu o okresie powtarzania 30 sek — 2 min. Łącznie 100% oznacza, że rozpatrzono wszystkie pomiary wykonane między 6h0m i 6h30m przy cyrkulacji typu A. Statystyka bez uwzględnienia parametru meteorologicznego jest zamieszczona w [4]. Nie podano danych dla cyrkulacji typu C ze względu na rzadkie jej występowanie.

Wpływ typu cyrkulacji atmosferycznej na okres powtarzania zaników był następujący:

W przypadku gdy nad trasą lub w bezpośrednim pobliżu trasy znajdował się ośrodek cyrkulacji antycyklonalnej — typ A, pole wykazywało najmniejszą zmienność. Przeważały wówczas zaniki o dużych okresach powtarzania. Jeżeli nie rozróżnić pory pomiaru, okres powtarzania zaników w 33% czasu był dłuższy od 6 minut, w 31% czasu wynosił od 2 do 6 min, a podczas 26% czasu 30 sek do 2 min.

W przypadku gdy trasa pomiarowa znajdowała się w zasięgu wpływów ośrodka o cyrkulacji antycyklonalnej — typ *a*, okres powtarzania zaników był mniejszy aniżeli przy typie *A*. Jeżeli nie uwzględniać pory pomiaru, najczęstszy był okres powtarzania od 30 sek do 2 min, gdyż występował w ciągu 35% czasu. W 40% czasu okres powtarzania był większy od 2 min, ale tylko w około 14% czasu dłuższy od 6 min. W około 23% czasu okres ten był krótszy od 30 sek, z czego tylko 6% czasu był krótszy od 5 sek.

Największą zmienność natężenia pola obserwowano, gdy trasa pomiarowa znajdowała się w zasięgu wpływów ośrodka o cyrkulacji typu *c*. Wówczas dominowały zaniki „szybkie”. Jeżeli nie uwzględniać pory pomiaru, w około 47% czasu okres powtarzania był mniejszy od 30 sek, z czego aż w 39% czasu wynosił od 5 do 30 sek. Zaniki o okresie powtarzania dłuższym od 6 min występowały w 7% czasu, wynoszącym od 2 do 6 min w 22% czasu, zaś od 30 sek do 2 min w 24% czasu.

Analizując powyższe wyniki obserwacji można stwierdzić, że pole jest najbardziej stabilne przy cyrkulacji antycyklonalnej, najmniej przy cyklonalnej. Jako zaniki typowe dla cyrkulacji typu *A* należy uważać zaniki o okresie powtarzania dłuższym od 2 min, dla typu *a* o okresie powtarzania wynoszącym od 30 sek do 2 min, ewentualnie także od 2 do 6 min, zaś dla typu *c* przede wszystkim o okresie powtarzania od 5 do 30 sek. Podobnie, jak w przypadku krzywych rozkładu prawdopodobieństwa czasowego natężenia pola, okres powtarzania zaniku należy rozpatrywać zawsze w powiązaniu z cyklem dobowych zmian propagacji. W południe zmienność pola była większa aniżeli rano i wieczorem. (Patrz dane dla godziny 6^h0^m — 6^h30^m, 12^h0^m — 12^h30^m, 18^h0^m — 18^h30^m UT w tablicy na str. 37 oraz [4]).

Przebieg zaników był najczęściej następujący. Natężenie pola mniej więcej jednostajnie malało, a po osiągnięciu minimum — również jednostajnie wracało do poprzedniej wartości. Proces ten powtarzał się rytmicznie i ciągle.

Obserwowano także inny, charakterystyczny dla duktów, typ zmienności natężenia pola. W ciągu długich okresów czasu, rzędu godziny i kilku godzin, poziom natężenia pola był duży i zmieniał się bardzo nieznacznie, był prawie stały. Na tym tle występowały sporadycznie zaniki krótkotrwałe. Czas ich trwania był rzędu sekund. Były one bardzo głębokie. Spadek i powrót do uprzedniej wartości natężenia pola był bardzo gwałtowny. Różnica poziomów natężenia pola dochodziła niekiedy do 40 dB. Zaniki takie powtarzały się co kilkanaście do kiludziesięciu minut. Ten typ zaniku występował prawie wyłącznie przy cyrkulacji typu *A*.

Przy cyrkulacji typu *A* zaobserwowano przypadki, w których w ciągu długiego, niekiedy nawet kilkugodzinnego okresu czasu natężenia pola zmieniało się tak mało, że można było uważać je za prawie stałe. Zaniki nie występowały w ogóle. Wartość natężenia pola osiągała w tym czasie bardzo duże wartości.

Oba opisane wyżej przypadki pozwalają sądzić na podstawie charakteru zapisu, że na trasie występowały duktowe warunki propagacji. Brak precyzyjnych „danych górnych” uniemożliwił bezpośrednie sprawdzenie występowania duktów. Tym samym niemożliwe było wyodrębnienie tych przypadków w osobną grupę. Zostały one wliczone do zaników o okresie powtarzania dłuższym od 6 min. Warunki takie występowały przede wszystkim latem wieczorem, szczególnie w upalnym roku 1959, kiedy to w ciągu bardzo długiego okresu czasu zalegały nad trasą ośrodki cyrkulacji antycyklonalnej.

4. WNIOSKI

Wyniki pomiarów wskazują na ścisłe powiązanie warunków propagacji z typem cyrkulacji atmosferycznej na trasie pomiarowej. Przebieg natężenia sygnału w punkcie odbiorczym zależał wybitnie od układu cyrkulacji atmosferycznej nad trasą. Gdy cyrkulacja była antycyklonalna, istniało prawdopodobieństwo przekroczenia większych wartości natężenia pola, a zaniki były na ogół powolne. Przy cyrkulacji cyklonalnej wartości natężenia pola były znacznie mniejsze, a zaniki najczęściej szybkie. A więc średnio biorąc, gdy występował ośrodek o cyrkulacji antycyklonalnej, warunki dla propagacji pozahoryzontowej fal metrowych były znacznie korzystniejsze aniżeli przy występowaniu ośrodka o cyrkulacji cyklonalnej.

Jak się wydaje, powyższe było wynikiem tego, że przy poszczególnych typach cyrkulacji na wartość natężenia pola w punkcie końcowym trasy dominujący wpływ miały różne mechanizmy propagacji lub inaczej, że tylko przy pewnych typach cyrkulacji występowały dodatkowo warunki, powodujące wybitne poprawienie propagacji. Przemawia za tym również to, że pewne zjawiska występowały tylko przy określonych typach cyrkulacji. Prawie wyłącznie w przypadku cyrkulacji typu *A* były obserwowane w ciągu długiego okresu czasu w przybliżeniu stałe, duże poziomy natężenia pola. Również prawie wyłącznie przy cyrkulacji typu *A* obserwowano sporadyczny, krótkotrwały, głęboki zanik. Są to cechy charakteryzujące propagację duktową. Odbiciem tego zjawiska jest uskok krzywej rozkładu prawdopodobieństwa dla typu *A* przy dużych poziomach natężenia pola. Powyższe przemawia za tym, że zjawisk o charakterze

duktowym należy się spodziewać przede wszystkim przy cyrkulacji antycyklonalnej.

Zależność propagacji od typu cyrkulacji wskazuje na ściśle powiązanie jej ze stanem wymieszania, stopniem wzburzenia troposfery. Według wiedzy meteorologicznej troposfera jest najbardziej stabilna w układach antycyklonalnych. Jest ona wtedy wyraźnie uwarstwiona. Większe zaburzenia pojawiają się dopiero na krańcach układu. W układach cyklonalnych występuje zwiększona turbulencja; uwarstwienia występują tylko w strefach frontowych. Troposfera jest wtedy wyraźnie wzburzona. Porównując wyniki pomiarów z powyżej przedstawionymi poglądami meteorologicznymi, można powiedzieć, że lepsze warunki dla propagacji istniały wtedy, gdy troposfera była bardziej stabilna i spokojna.

Pomiary wykazały, że różnice propagacji przy różnych typach cyrkulacji atmosferycznej — antycyklonalnym i cyklonalnym — są znacznie większe niż zmiany wynikające z cyklu dobowego. W roku 1959 różnica między poziomami, przekroczonymi w tym samym procencie czasu, przy skrajnych typach cyrkulacji A i C dochodziła do około 20 dB, a różnica czasów przekroczeń tych samych poziomów do około 50%. W tym samym roku różnica między poziomami przekroczonymi w tym samym procencie czasu dla pomiarów wieczornych lub rannych oraz południowych dochodziła jedynie do około 5 dB, a różnica czasów przekroczeń do około 10%. W roku 1960 liczby te wynosiły dla skrajnych typów cyrkulacji odpowiednio około 10 dB i około 20% czasu, a dla pory południowej i wieczornej lub rannej odpowiednio 5 dB i 10%. Wskazuje to na to, że propagacja zależała bardziej od typu cyrkulacji atmosferycznej aniżeli od zmian w rozkładach „danych górnych” (temperatury i wilgotności) wynikających z różnego nasłonecznienia w ciągu doby, które to zmiany powodują cykl dobowy propagacji. Same warunki meteorologiczne mają podobne zależności jak natężenie pola.

Można spodziewać się, że zmiana warunków propagacji zależnych od typu cyrkulacji atmosferycznej są duże w stosunku do ich zmian powodowanych cyklem rocznym nasłonecznienia. Wskazują na to rozbieżności dostępnych w literaturze krzywych obrazujących roczny przebieg propagacji. Krzywe takie są najczęściej opracowywane dla krótkich okresów bez uwzględnienia typu cyrkulacji atmosferycznej. Rozbieżności w przebiegach rocznych dla różnych tras mogą być wynikiem nieregularnego występowania poszczególnych cyrkulacji w ciągu poszczególnych miesięcy roku, które to nieregularności zniekształcają niewątpliwie cykl roczny podyktowany zmianami nasłonecznienia. Właściwy charakter zmian warunków propagacji w ciągu roku powodowany zmianami w nasłonecznieniu można otrzymać sporządzając odpowiednie krzywe przebiegów rocznych dla poszczególnych typów propagacji lub prowadząc

pomiary dostatecznie długo, by wyeliminowały się zmiany wynikające z nieregularności występowania poszczególnych typów cyrkulacji.

Duża zależność propagacji od nieregularnych zmian warunków meteorologicznych powodowanych zmianami cyrkulacji atmosferycznej wskazuje na możliwość wykorzystania tego zjawiska do prognozowania warunków propagacji fal metrowych. Metoda taka byłaby bardzo prosta w stosowaniu. Do oceny warunków propagacji wystarczyłoby prawdopodobnie aktualna mapa synoptyczna.

Jak z przytoczonego powyżej wynika, istnieje duża zależność propagacji fal od warunków meteorologicznych, a szczególnie od typu cyrkulacji atmosferycznej. Niemniej jest szereg zagadnień niezbadanych i wymagających jeszcze wyjaśnienia.

Dalsze prace są w toku.

Jestem zobowiązany Kierownikowi Katedry dr inż. *L. Knochowi* za pierwszą pobudkę do tej pracy i cenne uwagi w toku omawiania tematu oraz doc. *S. Jarkowskiemu* za cenne konsultacje i przedyskutowanie materiału zawartego w niniejszej pracy. Dziękuje także mgr *J. Malickiemu* z Państwowego Instytutu Hydrologiczno-Meteorologicznego w Gdyni za ważne dla tej pracy informacje.

WYKAZ LITERATURY

1. *Bray W. J., Hopkins H. G., Kitchen F. A., Saxton J. A.*: Review of long-distance radio-wave propagation above 30 Mc/s. Proc. of the Inst. of Electr. Eng., part B. vol. 102, nr 1, 1955, s. 87—95.
2. *Bremmer H.*: The troposphere as a medium for the propagation of radio-waves — I, II, Philips Technical Review — vol. 15, nr 5, s. 148—159, nr 6, s. 175—181.
3. *Klinker L.*: UKW-Fernempfangsbeobachtungen. Ihre Bedeutung für Meteorologie und Funktechnik. Abhandlungen des Meteorologischen und Hydrologischen Dienstes der Deutschen Demokratischen Republik, nr 35 (Band IV).
4. *Pawłowski W.*: Badanie warunków propagacji fal radiowych na trasie Bornholm—Gdańsk przy częstotliwości 94,5 MHz. Prace Instytutu Łączności, nr 2, 1963.

TERMINY METEOROLOGICZNE

Typy cyrkulacji atmosferycznej

Istnieją dwa zasadnicze typy cyrkulacji atmosferycznej: cyklon i antycyklon. Są one tworami jakościowo przeciwstawnymi. Charakteryzują się one różnymi pionowymi i poziomymi ruchami mas powietrza i różnymi warunkami pogody.

Cyklon

Terminami równorzędnymi są: układ cyklonalny, układ o cyrkulacji cyklonalnej, niż, układ niżowy. Cyklon stanowi olbrzymich rozmiarów wir atmosferyczny. W centrum układu wartości ciśnienia są najmniejsze, a w kierunku krańców układu ciśnienie stale rośnie. Taki rozkład ciśnienia, działanie siły Coriolisa i siły odśrodkowej powodują, że w cyklonie istnieje zawsze ten sam specyficzny kierunek wiatru. Na półkuli północnej, patrząc spoza ziemi, jest on przeciwny do ruchu wskazówek zegara. Występowanie tarcia między masami powietrza a podłożem powoduje powstanie składowej dośrodkowej. W wyniku tego ruchu masy powietrza spływają gwałtownie po linii spiralnej do środka układu. Powoduje to silne wzburzenie troposfery. W centrum układu mają miejsce intensywne wstępujące ruchy mas powietrza.

Antycyklon

Terminami równorzędnymi są: układ antycyklonalny, układ o cyrkulacji antycyklonalnej, wyż, układ wyżowy. Jest to układ, w którego centrum znajduje się maksimum ciśnienia atmosferycznego, a w kierunku krańców układu ciśnienie stale maleje. W części środkowej antycyklon jest tworem stabilnym, wyraźnie uwarstwionym. Ruch mas powietrza w antycyklonie, na skutek działania sił wymienionych przy omawianiu cyklonu, ma kierunek zgodny z ruchem wskazówek zegara. Tarcie mas

powietrza o podłoże powoduje powstanie tu składowej odśrodkowej. Wskutek tego masy powietrza odpływają po linii spiralnej od centrum układu. Zaburzenia pojawiają się natomiast na peryferiach układu, gdzie prędkość odpływu mas powietrza rośnie.

„Dane dolne”

W meteorologii przyjęto nazywać terminem „dane dolne” dane pomiarowe i obserwacyjne pochodzące z sieci stacji wykonujących tzw. pomiary przyziemne. Przyrządy pomiarowe na stacjach są umieszczone w specjalnych klatkach na wysokości około 170—200 cm nad powierzchnią ziemi. Dokonuje się pomiarów temperatury, ciśnienia i wilgotności powietrza. Na wysokości około 10 m nad ziemią mierzy się kierunek i prędkość wiatru. Ilość opadów mierzy się na wysokości 1 m. Ponadto wykonuje się obserwacje chmur.

Dane te dotyczą warstwy powietrza bezpośrednio przylegającej do powierzchni ziemi, niekiedy nazywanych „warstwami przyziemnymi” lub „warstwami dolnymi”, nie dotyczą zaś niższych warstw troposfery.

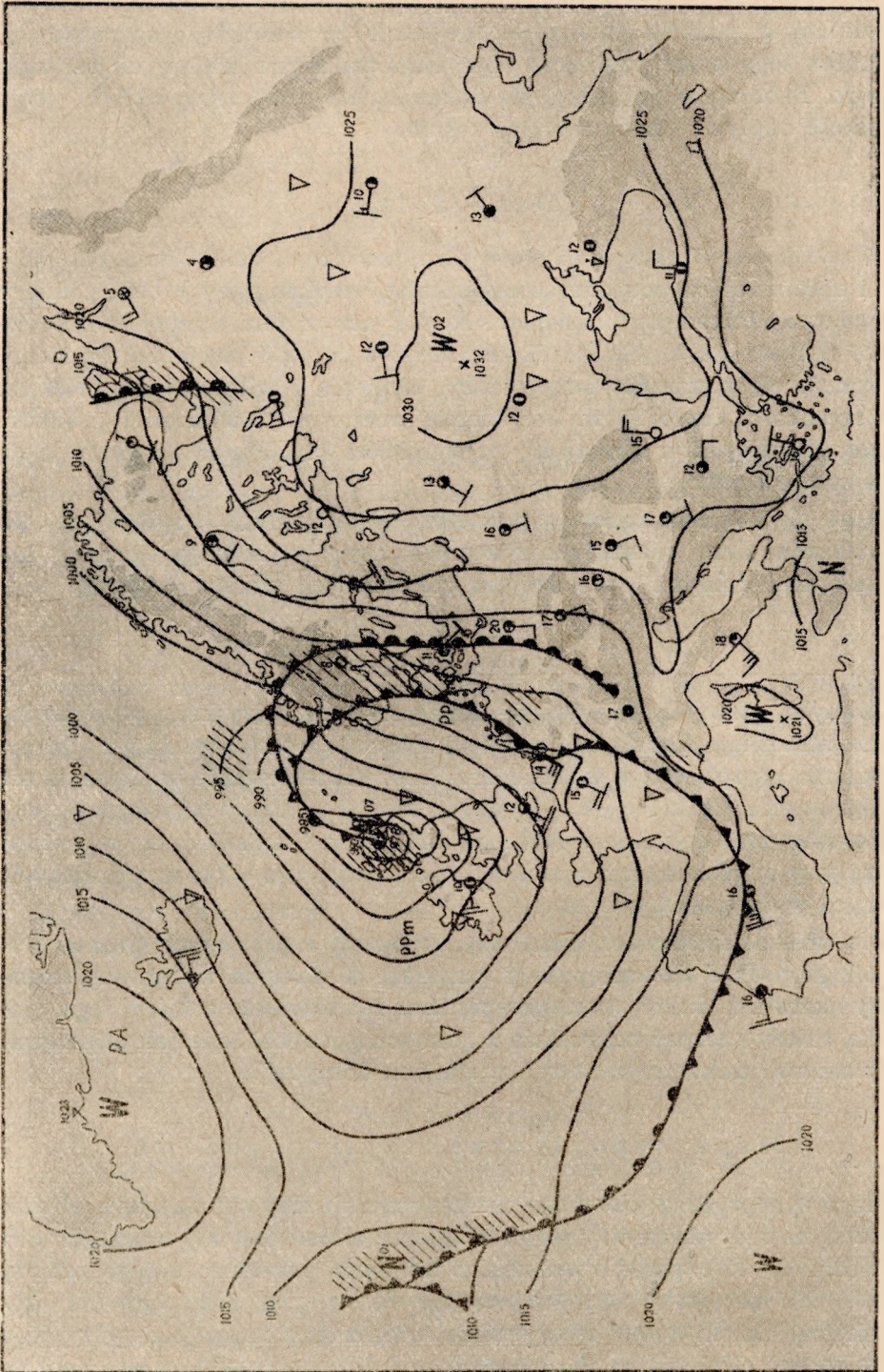
„Dane górne”

„Danymi górnymi” nazywa się dane pomiarowe uzyskane przy sondowaniu atmosfery. Podają one wartości temperatury, ciśnienia i wilgotności powietrza na różnych wysokościach. Przez obserwowanie wznoszenia się sondy określa się kierunek i prędkość wiatru na różnych wysokościach. Są to więc dane dotyczące przekroju atmosfery. Pomiary są wykonywane począwszy od nieznaczącej wysokości nad ziemią, tzn. także w najniższych, dolnych warstwach troposfery.

Dla uniknięcia nieporozumień wynikających z przyjętych ogólnie terminologii podaje się następujący przykład. W dolnych warstwach troposfery powstają dukty, tzw. przyziemne. Materiał do analizy tego zjawiska należy czerpać oczywiście z „danych górnych”, nie jak sugerowałyby nazwa „dukt przyziemny” z „danych dolnych”.

Mapa synoptyczna, czyli pogodowa

Mapa synoptyczna jest mapą obrazującą aktualny stan pogody. Naniezione są na niej parametry meteorologiczne zmierzone na poszczególnych stacjach. A więc przede wszystkim ciśnienie powietrza i jego temperatura. Na podstawie ich wyrysowuje się na mapie izobary i fronty powietrza. Dzięki temu są wyraźnie widoczne obszary podwyższonego i obniżonego ciśnienia, czyli obszary o cyrkulacji antycyklonalnej i cyklo-



Rys. 7. Mapa synoptyczna przegładowa

nalnej. Ponadto na mapie jest zaznaczony kierunek i siła wiatru, stopień i rodzaj zachmurzenia oraz wielkość i rodzaj opadu. Wszystkie dane meteorologiczne umieszczone na mapie są „danymi dolnymi”. Wszystkie te dane pochodzące z licznych stacji europejskich są nanoszone na mapy w odstępach 3-godzinnych. Na mapach małych przeglądowych są podane tylko dane z ważniejszych stacji meteorologicznych. Tytułem przykładu zamieszczono taką mapkę na rys. 7.

В. Павловски

ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ МЕТРОВЫХ ВОЛН НА ТРАССЕ БОРНГОЛЬМ—ГДАЊСК

Резюме

Изменения напряжённости поля при частоте 94,5 мГц сопоставлены с разными типами атмосферной циркуляции. Найдена зависимость напряжённости поля от типа циркуляции и её положения по отношению к трассе. Представлены распределения значений напряжённости поля, а также исследован характер замираний при атмосферных циркуляциях разных типов. В выводах указана возможность использования зависимости распространения от типа атмосферной циркуляции для прогнозов условий распространения волн.

W. Pawłowski

INFLUENCE OF ATMOSPHERIC CIRCULATIONS ON THE PROPAGATION OF METRIC WAVES BETWEEN BORNHOLM AND GDAŃSK

Summary

While studying the field strength changes on the path Bornholm—Gdańsk in the band of 94.5 Mc/s it has been disclosed, that there exists a relation between the measured field-strength values and different types of atmospheric circulations as well as an influence of their position in relation to the path.

The distribution of field strength values have been here presented as well as the character of fading for different types of atmospheric circulations.

In the conclusion the possibility of utilising the relations existing between conditions of propagation and different types of atmospheric circulations has been indicated, in order to forecast the conditions of radiowaves propagation.

W. Pawłowski .

L'INFLUENCE DES CIRCULATIONS ATMOSPHERIQUES SUR LA
PROPAGATION DES ONDES MÉTRIQUES SUR LE TRAJET
BORNHOLM—GDAŃSK

R e s u m é

En étudiant les changements des valeurs du champ sur le trajet Bornholm—Gdańsk dans la bande de 94,5 MHz on a constaté l'existence des relations entre les valeurs mesurées et les différents types des circulations atmosphériques ainsi que de l'influence de leurs positions par rapport au trajet.

L'article présente des valeurs du champ et le caractère des évanouissements pour les divers types des circulations atmosphériques.

L'article indique ensuite la possibilité de mettre à profit des relations existant entre la propagation et les différents types des circulations atmosphériques afin de formuler des prévisions sur les conditions de la propagation des ondes.

W. Pawłowski

DER EINFLUSS ATMOSPHERISCHER ZIRKULATION AUF DIE AUSBREITUNG
VON METERWELLEN AUF DER STRECKE BORNHOLM—GDAŃSK

Z u s a m m e n f a s s u n g

Es wurden Feldstärkeänderungen bei einer Frequenz von 94,5 MHz untersucht und dabei ihre Abhängigkeiten vom Typus der atmosphärischen Zirkulation und von deren Lage gegenüber der Strecke gefunden. Es wurden Verteilungen der Feldstärkewerte dargestellt und der Charakter der Schwunde für verschiedene Typen der atmosphärischen Zirkulation untersucht. In den Schlussfolgerungen wird die Möglichkeit hervorgehoben, die Abhängigkeit der Wellenausbreitung vom Typus der atmosphärischen Zirkulation für Ausbreitungsvorhersagen auszuwerten.