

621. 391.812.621: 551.510.52

I N S T Y T U T L ą c z n o ś c i

KOŁO ZAKŁADOWE STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

Na prawach rękopisu

R E F E R A T Y P R O B L E M O W E

Zeszyt 64

Arnold Kawecki

ROZKŁADY PRAWDOPODOBIENSTWA GRADIENTU REFRAKCJI
FAL EL-MG W DOLNEJ WARSTWIE ATMOSFERY
W REJONIE WARSZAWY, POZNANIA, WROCŁAWIA I KOSZALINA

Warszawa 1984

5-2286

BIBLIOTEKA
Instytutu Łączności
Nr: 5-9286

Zespół Redakcyjny:

dr inż. Stanisław Sołta, mgr inż. Andrzej Stagrowski
mgr inż. Krystyna Frączek

Opracował:

doc. dr inż. Arnold Kawecki

Zakład Propagacji Fal Radiowych /Z-11/

Instytut Łączności

04-894 Warszawa, ul. Szachowa 1, tel. 128-362

Praca RB.2.2.09.W.01.01

Opiniował: doc. dr inż. Stanisław Ogulewicz

Maszynopis dostarczono dnia 2.II.1984 r.

W ramach badań radioklimatu Polski określono charakterystyki refrakcji fal elektromagnetycznych w dolnej warstwie atmosfery, wykorzystując wyniki sondowań atmosfery przeprowadzonych przez Służbę Meteorologiczną dla wielkoskalowych prognoz pogody na stacjach w Legionowie, Poznaniu i we Wrocławiu 2 razy na dobę i raz na dobę - w Koszalinie w okresie od 1961 do 1970 roku. W opracowaniu przedstawiono rozkłady gradientu wskaźnika refrakcji w warstwach 0-100 m - - istotnych dla ziemskich linii radiowych i w warstwach 0-500 m oraz 0-1000 m, odnoszące się do kolejnych miesięcy. Podano wartości funkcji rozkładu dla prawdopodobieństw 1%, 10%, 50%, 90% i 99%.

Redaktor: mgr K. Juszkiewicz

Montaż tekstu: E. Czerwińska

Wpłynęło do Działu Wydawniczego Instytutu Łączności
w Warszawie, ul. Szachowa 1 dnia 15.III.1984 r.
Nakład 40 egz.

Arnold Kawecki

ROZKŁADY PRAWDOPODOBIEŃSTWA GRADIENTU REFRAKCJI
FAL EL-MG W DOLNEJ WARSTWIE ATMOŚFERY
W REJONIE WARSZAWY, POZNANIA, WROCŁAWIA I KOSZALINA

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wprowadzenie	1
2. Rozkłady prawdopodobieństwa gradientu N	2
3. Rozkłady prawdopodobieństwa k-współczynnika zastępczego promienia Ziemi	11
4. Wnioski	14
5. Zakończenie	16
Wykaz literatury	16

ROZKŁADY PRAWDOPODOBIEŃSTWA GRADIENTU REFRAKcji
FAL EL-MG W DOLNEJ WARSTWIE ATMOSFERY
W REJONIE WARSZAWY, POZNANIA, WROCLAWIA I KOSZALINA

1. WPROWADZENIE

W technice propagacji fal elektromagnetycznych używa się zazwyczaj pojęcia wskaźnika refrakcji N zamiast niedogodnego pojęcia współczynnika refrakcji n , który ma wartość bardzo nieznacznie różniącą się od jedności. Wskaźnik refrakcji

$$N = n - 1 \cdot 10^6 \quad /1/$$

przy czym przeciętnie jego wartość równa jest około 300 jednostek. Zakrzywienie toru fali w atmosferze zależy od gradientu N /grad N / w warstwie penetrowanej przez falę.

Grad N w warstwie od powierzchni gruntu do wysokości około 50 - 100 m określa zakrzywienie toru fali w liniach ziemskich, podczas gdy dla projektowania linii satelitarnych oraz w zagadnieniach radiolokacji bardziej przydatny jest grad N w warstwie od powierzchni gruntu do wysokości 500 - 1000 m. Grad N ulega zmianom w czasie i przestrzeni, przy czym w warstwie przygruntowej zmienność jego jest największa. Najczęściej mediana grad $N = -40$ N/km. W dokumentach CCIR opublikowano jedynie mapę izolinii średniej wartości grad N w warstwie 0 - 1 km dla wybranych miesięcy w roku odnoszącą się do całego globu ziemskiego [7]. Jednak przy projektowaniu ziemskich linii radiowych o wysokiej niezawodności konieczna jest znajomość zmienności grad N w warstwie przygruntowej, przy czym istotne są mało prawdopodobne wartości grad N znacznie odbiegające od średniej. Pożądana więc jest znajomość rozkładu prawdopodobieństwa grad N w warstwie, np. od 0 do 100 m. CCIR publikuje wprawdzie rozkłady grad N

w tej warstwie, ale tylko dla nielicznych punktów kuli ziemskiej. Nie mogą one być reprezentatywne w rejonach o odmiennym klimacie odległych od nich o setki i więcej km.

Określenie reprezentatywnego rozkładu grad N dla wybranego rejonu jest sprawą kosztowną, wymagającą wieloletnich, co najmniej 10-letnich pomiarów. Rozkłady grad N można w przybliżeniu określić na podstawie danych z wieloletnich balonowych sondowań atmosfery, dokonywanych przez Służbę Meteorologiczną dla prognozowania pogody w wielkiej skali. Wiarygodność tego rozkładu jest ograniczona ze względu na niedostosowanie sondy do uchwycenia zmian parametrów powietrza w małej skali oraz z braku danych sondy od momentu startu do osiągnięcia wysokości ok. 200-400 m. Przeprowadzenie natomiast specjalnych pomiarów odpowiednią do tego celu sondą zawieszoną pod balonem na uwięzi, wiąże się z wysokimi kosztami tak, że liczba tych pomiarów nie może być zadowalająco wysoka. W związku z tym rozkłady grad N uzyskane tą drogą mają również ograniczoną wiarygodność [3].

Przedstawione tu charakterystyki refrakcji opierają się na rutynowych, meteorologicznych sondowaniach atmosfery wykonywanych w latach od 1961 do 1970 r., każdego dnia o godz. 11⁰⁰ i 23⁰⁰ na stacjach Poznań, Wrocław, Legionowo i w Koszalinie tylko o godz. 11⁰⁰.

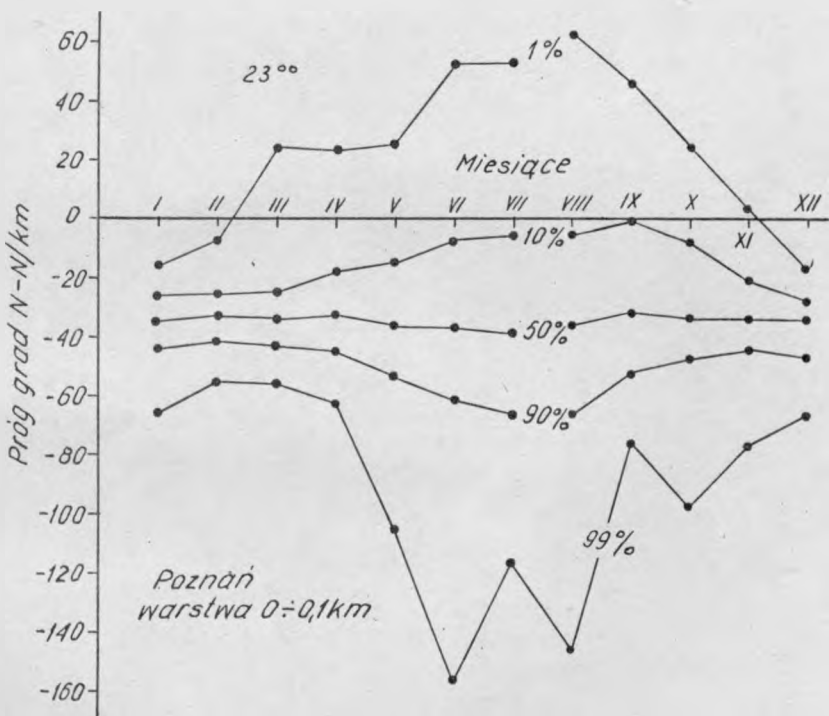
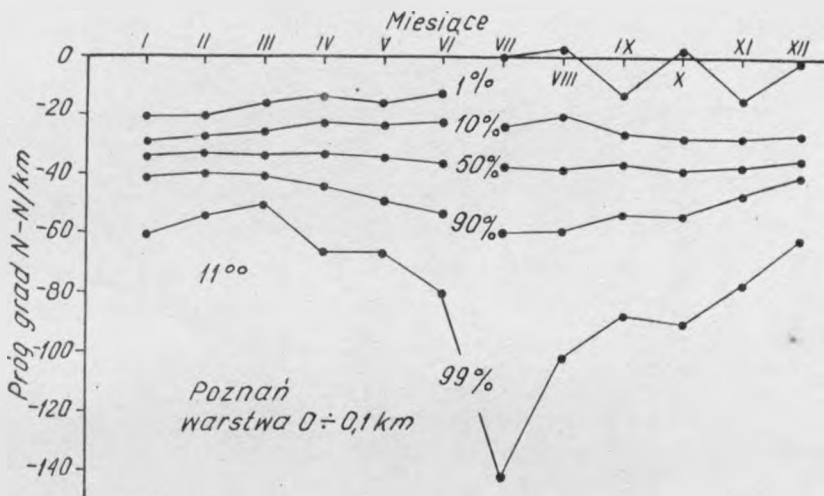
2. ROZKŁADY PRAWDOPODOBIENSTWA GRADIENTU N

Średni gradient N w warstwie o grubości h obliczono ze wzoru:

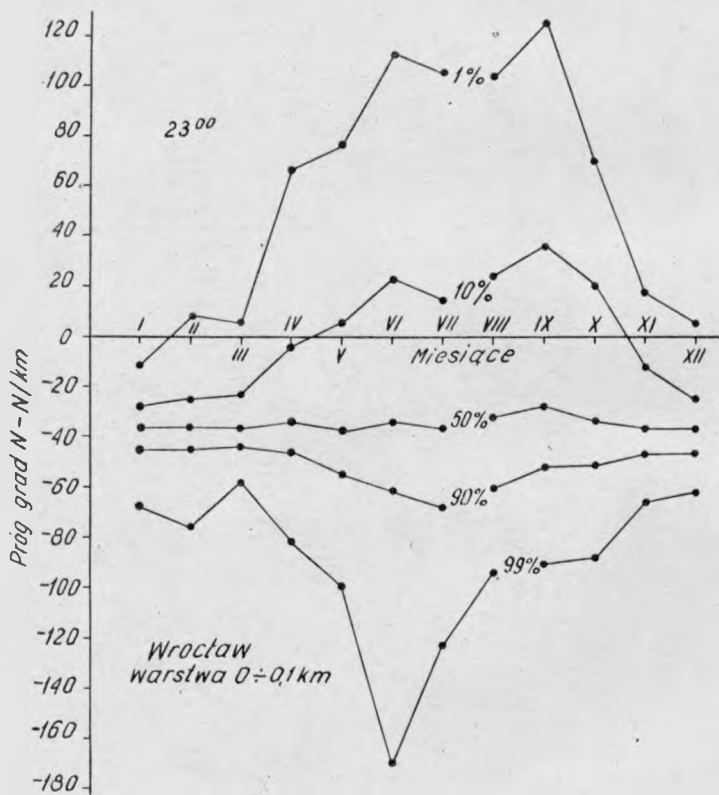
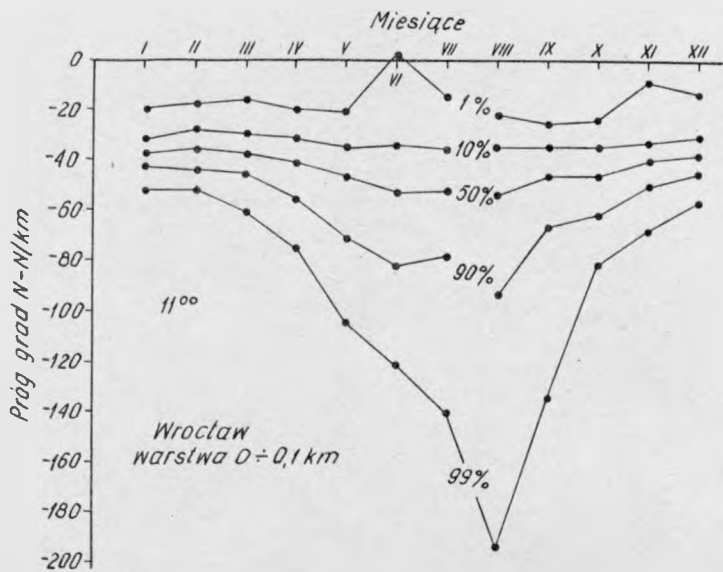
$$\text{grad N} = (N_h - N_s) / h \quad /2/$$

gdzie N_s - wskaźnik refrakcji na poziomie gruntu ($h=0$) zaś N_h - na wysokości h.

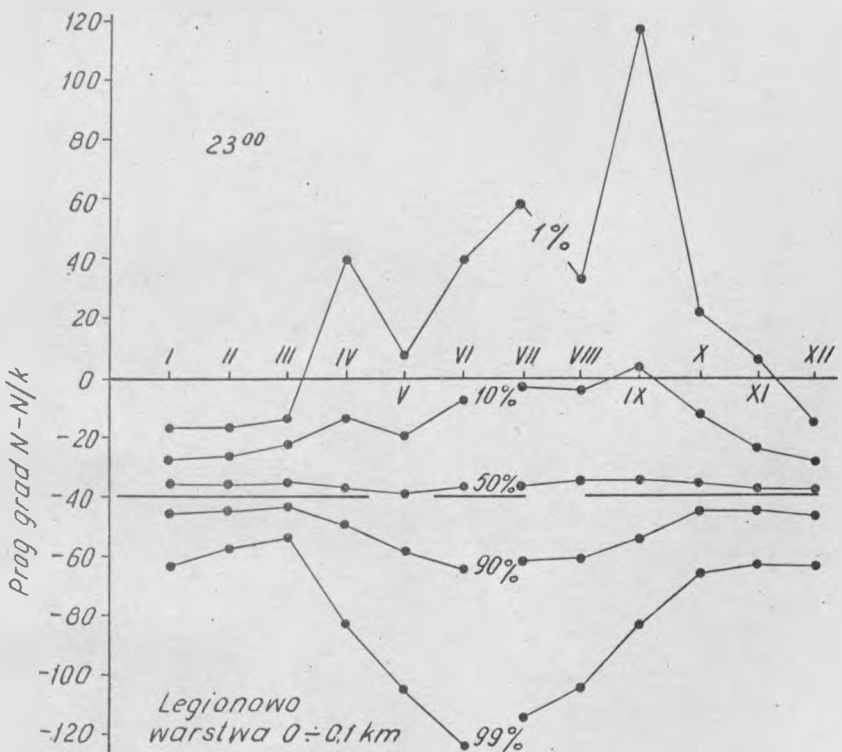
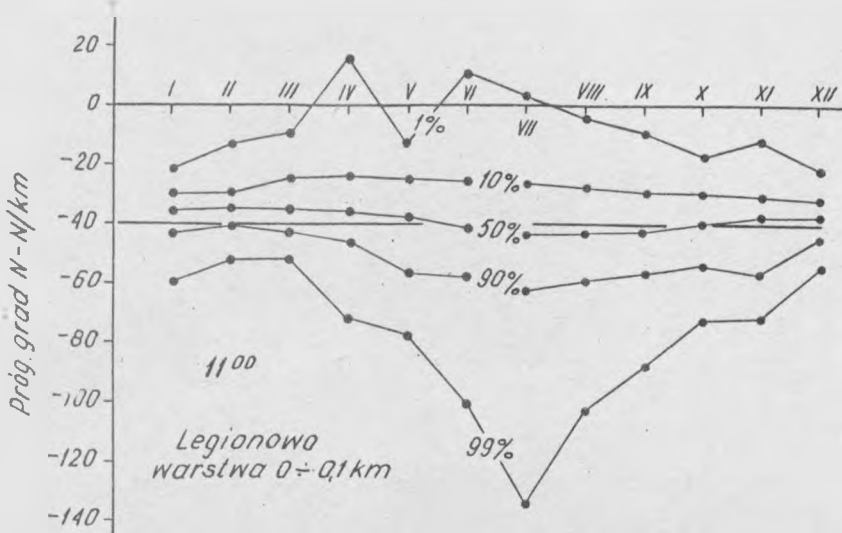
Określono rozkłady P_1 /Grad N > grad N/ dla każdego miesiąca i każdej godziny sondowań oddzielnie, opierając się na zbiorach danych w liczbie ok. 300 dla warstw 0-100 m, 0-500 m



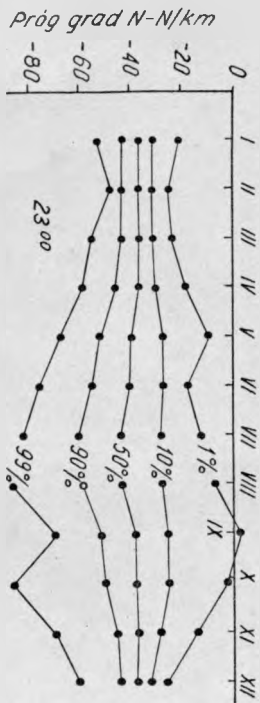
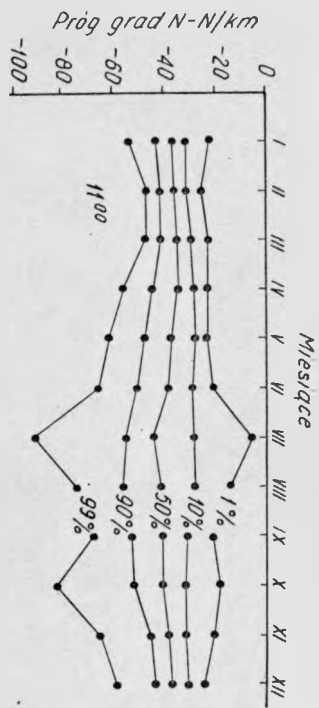
Rys. 1. Roczny przebieg kwantyli miesięcznych rozkładów grad N w warstwie 0-100 m w rejonie Poznania



rys. 2. Roczny przebieg kwantyli miesięcznych rozkładów grad N w warstwie 0-100 m w rejonie Wrocławia



Rys. 3. Roczny przebieg kwantyli miesięcznych rozkładów grad N w warstwie 0-100 m w rejonie Legionowa

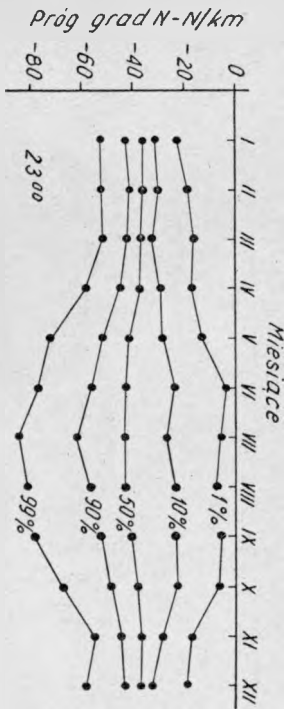
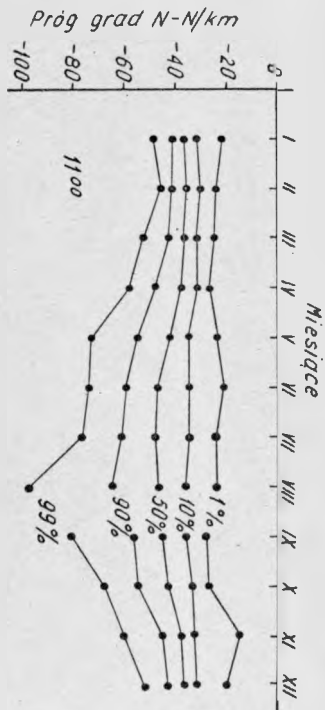


POZNAŃ
WARSZAWA 0-0,5 km

Rys. 4. Nocny przebieg kwantyli miesięcznych

rozładów Grad N w Warszawie 0-500 m

w rejonie Poznania

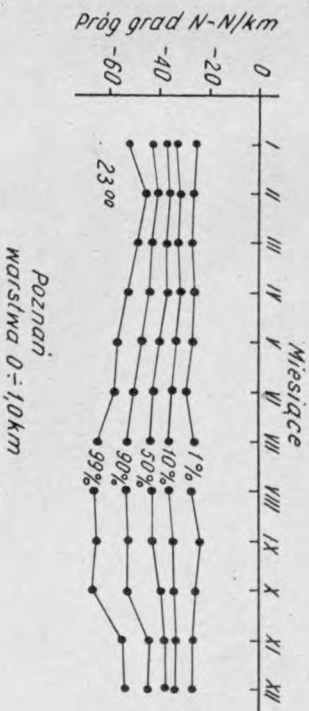
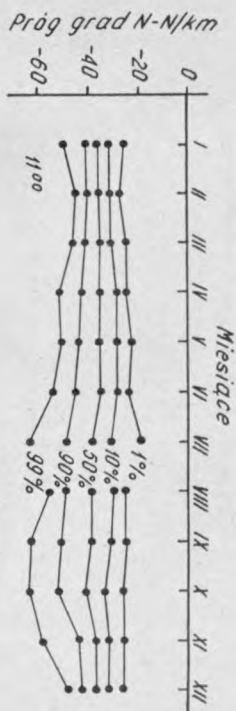
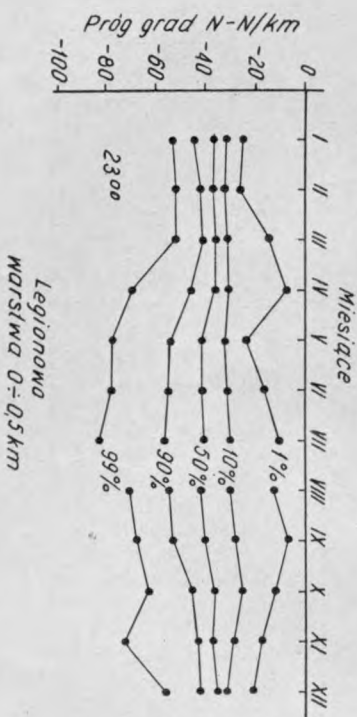
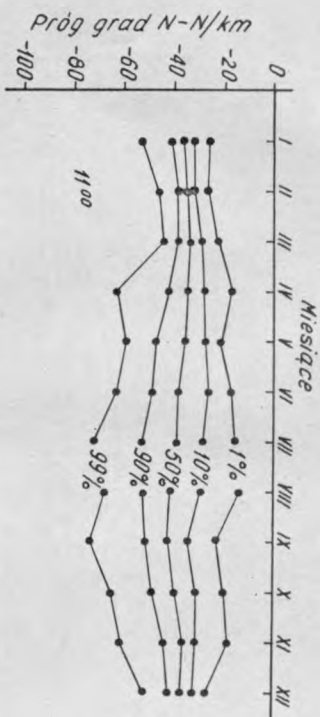


WROCŁAW
WARSZAWA 0-0,5 km

Rys. 5. Nocny przebieg kwantyli miesięcznych

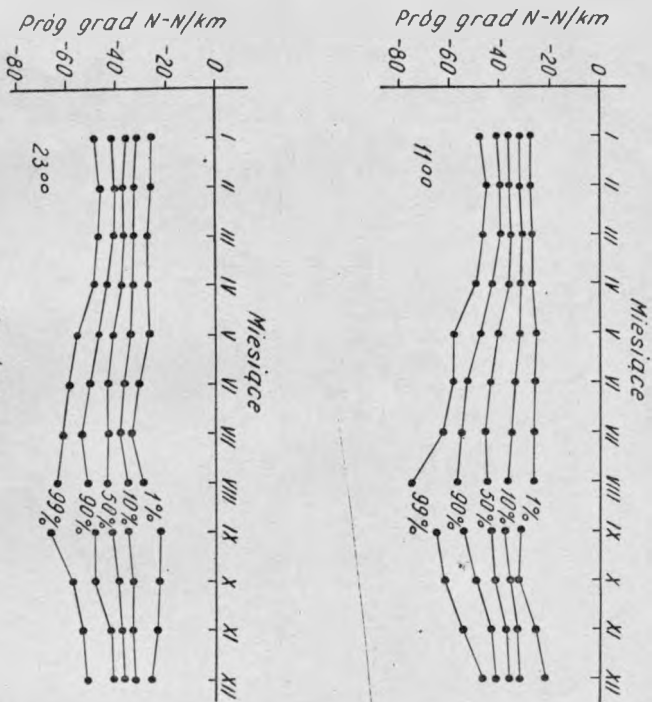
rozładów Grad N w Warszawie 0-500 m

w rejonie Wrocławia

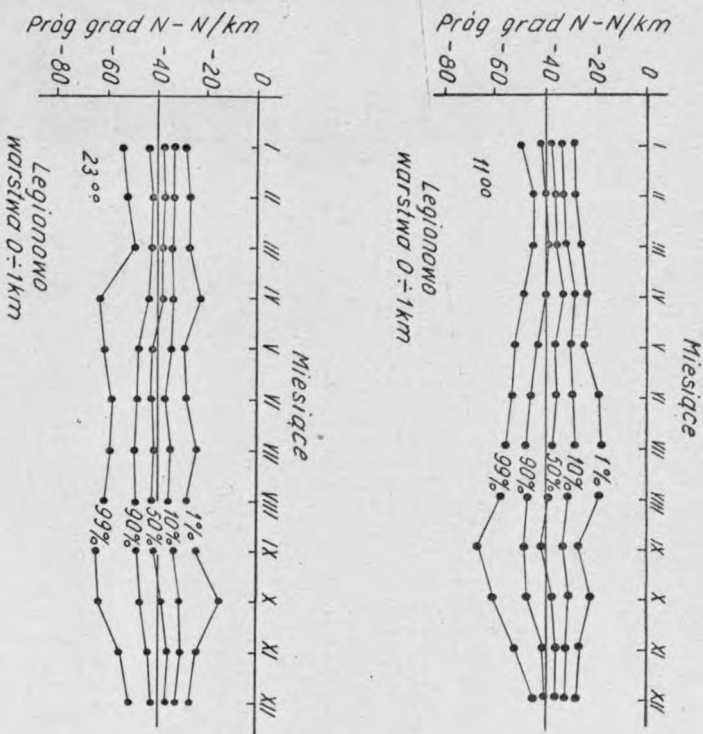


Rys. 6. Roczny przebieg kwantyli miesięcznych rozkładów grad N w warstwie 0-500 m w rejonie Legionowa

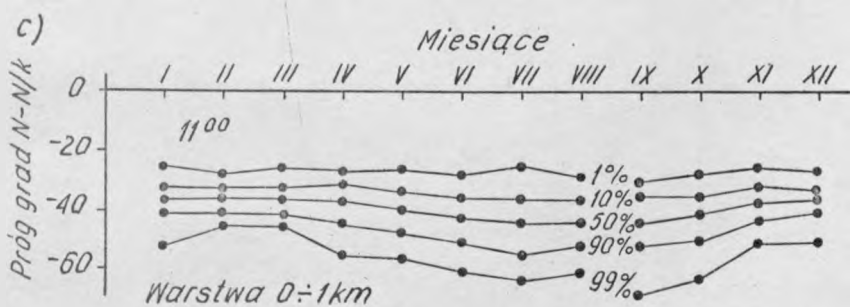
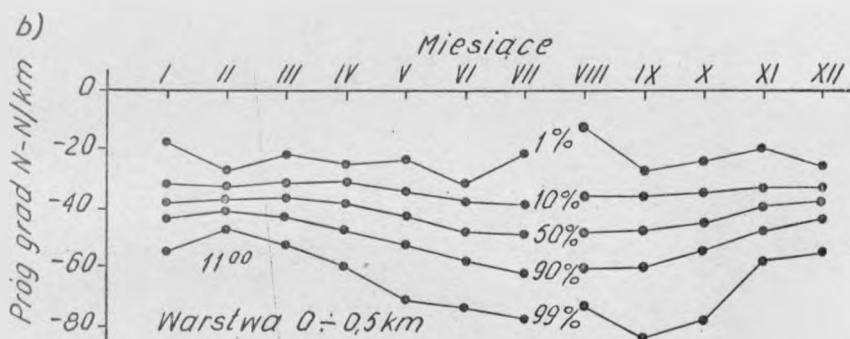
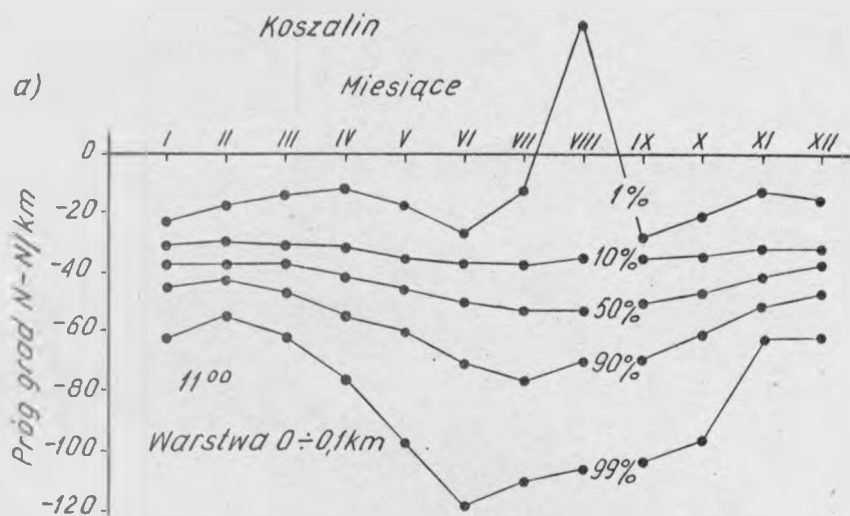
Rys. 7. Roczny przebieg kwantyli miesięcznych rozkładów grad N w warstwie 0-1000 m w rejonie Poznania



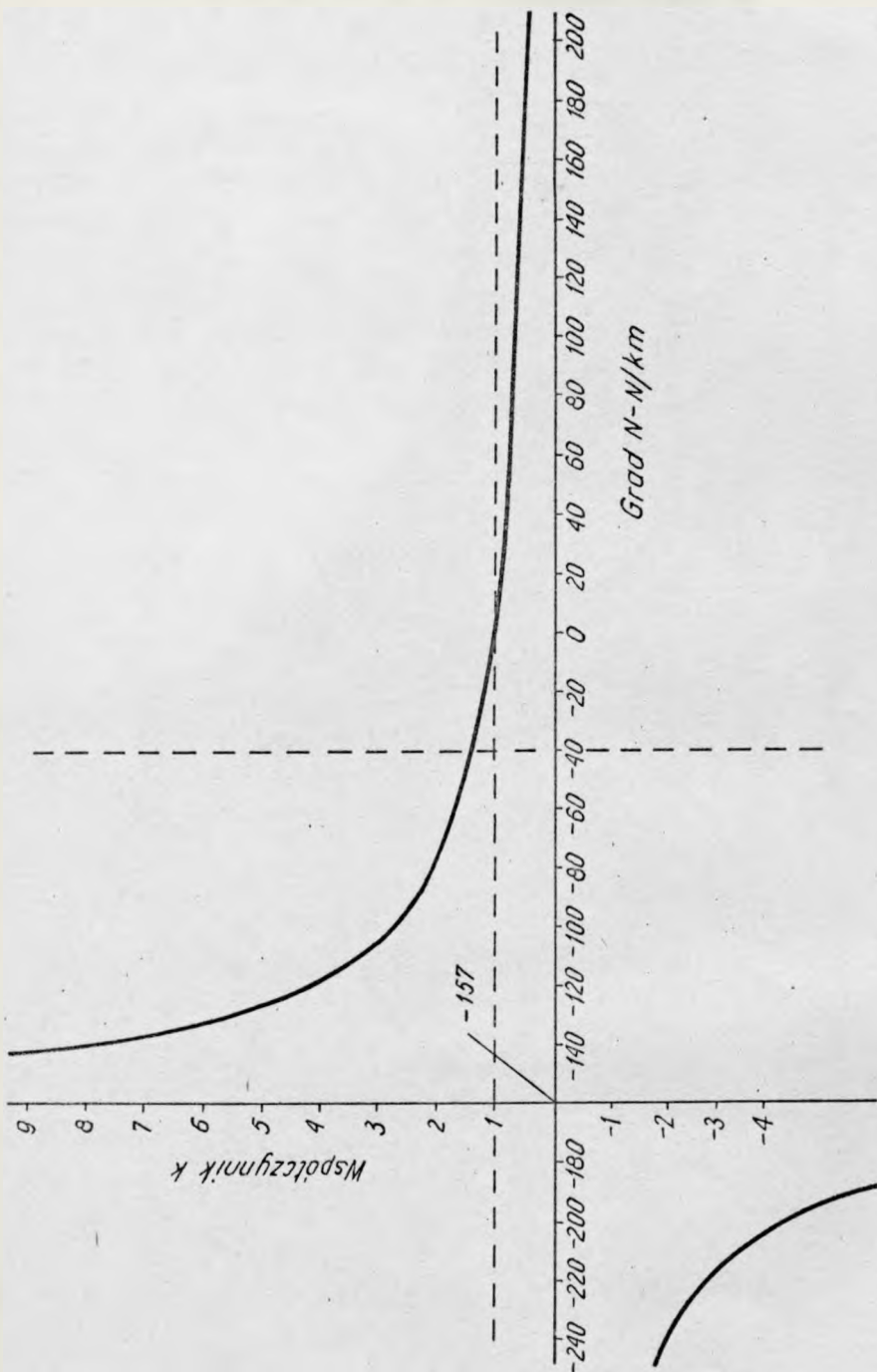
Rys. 8. Roczny przebieg kwantyli miesięcznych rozkładów Grad N w warstwie 0-1000 m w rejonie Wrocławia



Rys. 9. Roczny przebieg kwantyli miesięcznych rozkładów Grad N w warstwie 0-1000 m w rejonie Legionowa



rys. 10. Roczny przebieg kwantyli miesięcznych rozkładów grad N w Koszalinie w warstwach 0-100 m /a/, 0-500 m /b/ i 0-1000 m /c/



Rys. 11. Zależność współczynnika zastępczego promienia Ziemi k od grad N

BIBLIOTEKA
 Instytutu Łączności
 Nr 5-9286

i 0-1000 m. Wartości N_s odnoszą się do parametrów powietrza przy gruncie tuż przed startem. Wartości N_h dla $h=500$ m i $h=1000$ m wynikają z danych nadesłanych przez umieszczoną balonem sondę. Ponieważ pierwsze dane z sondy zbiora się zazwyczaj z poziomu $h=200 \div 400$ m, więc wartości N_h dla $h=100$ m są interpolowane na podstawie znajomości N_s i N_h dla $h=200 \div 400$ m. Rozkłady P_1 /Grad N > grad N/ dla poszczególnych miesięcy są przedstawione na rys. 1 \div 10 za pomocą kwantyli dla $P_1 = 1\%$, 10% , 50% , 90% i 99% , odnoszących się do Poznania, Wrocławia, Legionowa i Koszalina. Wartość dla $P_1 = 1\%$ odpowiada najmniejszej wartości z trzech skrajnych wartości grad N /zbiory danych, jak wspomniano, licząc najczęściej około 300 wartości, co wiąże się z liczbą dni w miesiącu, w którym wykonano sondowanie oraz 10-letnim okresem/.

3. ROZKŁADY PRAWDOPODOBIEŃSTWA K-WSPÓLCZYNNIKA ZASTĘPCZEGO PROMIENIA ZIEMI

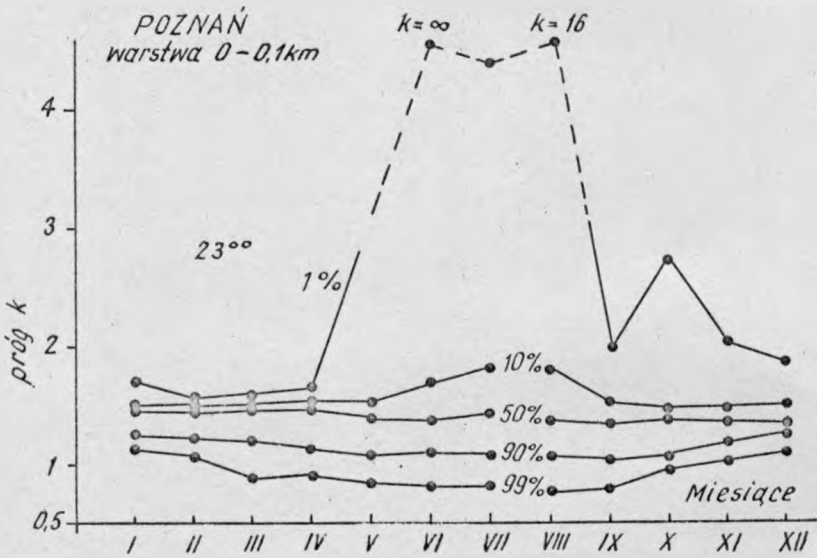
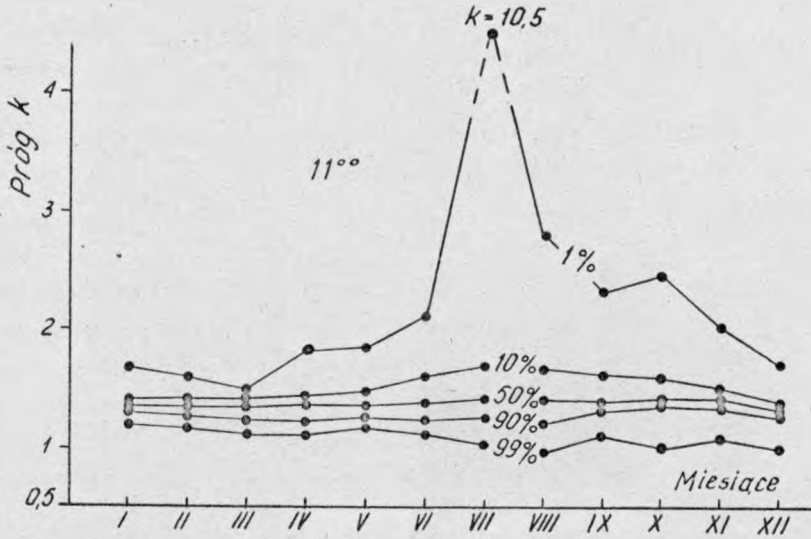
Współczynnik k określono jako iloraz R_{sk}/R , gdzie R_{sk} - promień zastępczy, zaś $R = 6.375$ km - promień rzeczywisty Ziemi.

Związek k i grad N w warstwie jednorodnej przedstawia równanie:

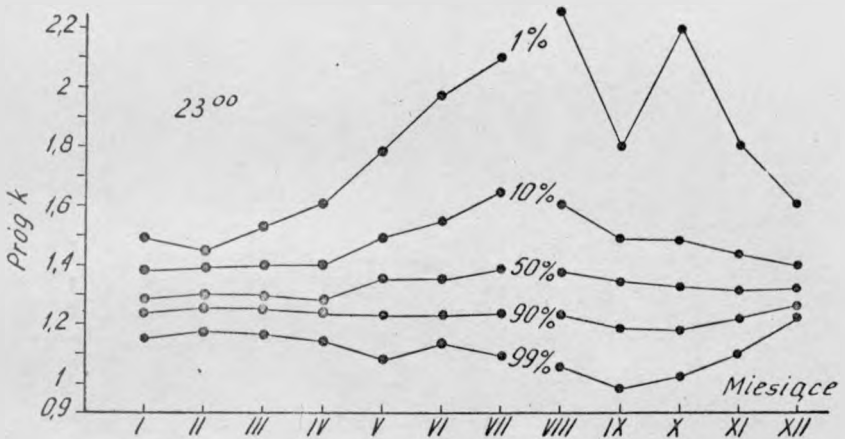
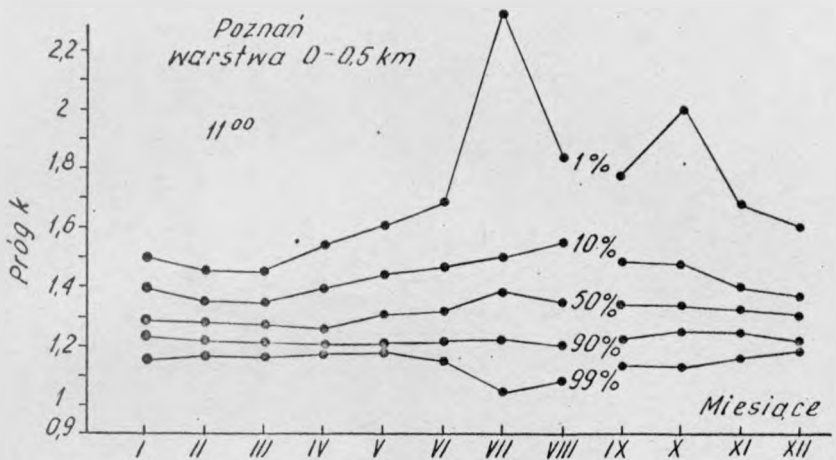
$$k = /1 + 10^{-6} R \text{ grad N}/^{-1} \quad /3/$$

które ilustruje rys. 11. Można stwierdzić, że gdy grad N rośnie, to k maleje; przy czym dla grad N > -157 N/km $k > 0$, zaś dla grad N < -157 N/km $k < 0$.

Rozkłady prawdopodobieństwa P_2 /K > k/ obliczono dla każdego miesiąca, odpowiednich warstw i godzin sondowań jedynie dla stacji Poznań. Przedstawiono je na rys. 12 \div 14, podając przybliżone wartości kwantyli dla $P_2 = 1\%$, 10% , 50% , 90%



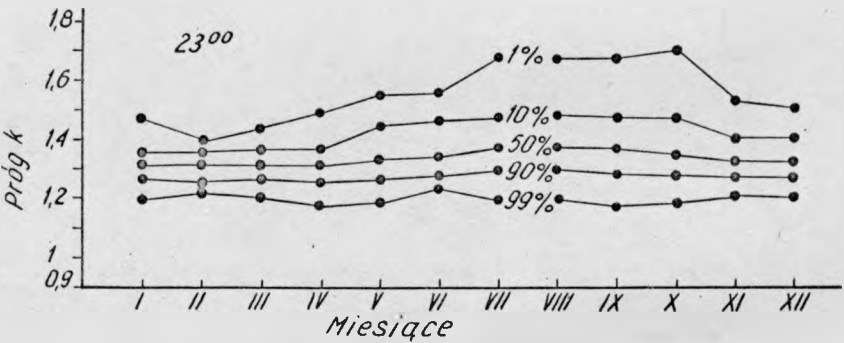
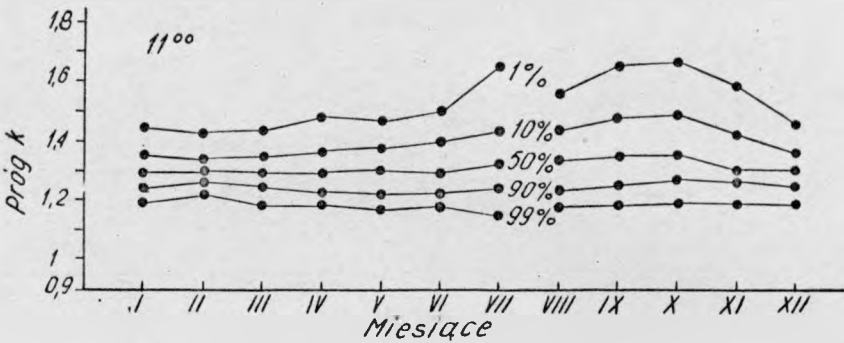
Źys. 12. Roczny przebieg kwantyl miesięcznych rozkładów k w warstwie 0-100 m w rejonie Poznania



Rys. 13. Roczny przebieg kwantyli miesięcznych rozkładów k w warstwie 0-500 m w rejonie Poznania

i 99,5 w kolejnych miesiącach. Podobno charakterystyki dla Legionowa, Wrocławia i Koszalina można otrzymać posługując się zależnością [3] oraz wykresami na rys. 3, 9 i 10, odnoszącymi się do Legionowa, Wrocławia i Koszalina. Rozkłady zbliżono do przedstawionych tutaj, odnoszące się jednak tylko do warstwy 1-kilometrowej, otrzymano w RFN [1], a także w Koszalinie [6].

Poznań
warstwa 0-1 km



Rys. 14. Roczny przebieg kwantyli miesięcznych rozkładów k w warstwie 0-1000 m w rejonie Poznania

4. WNIOSKI

Na podstawie wykresów z rys. 1, 2, 3 i 10a można stwierdzić, że grad N najbardziej odchyła się od mediany w miesiącach ciepłych, przy czym około północy odchylenia te są większe niż około południa. Największe prawdopodobieństwo powstawania duktów /grad N ≤ -157 N/km/ występuje latem, nocą w rejonie Wrocławia, podczas gdy w rejonie Legonowa

jest ono najmniejsze. Z charakterystyk dotyczących godz. 23⁰⁰ uwidacznia się również wysokie prawdopodobieństwo zakrzywienia toru fali w odwrotnym niż przeocłtule kierunku /grad N > 0/ w rejonie Wrocławia. Natomiast bardzo małe prawdopodobieństwo pojawienia się wartości grad N > 0 występuje o godz. 11⁰⁰ we wszystkich punktach pomiarowych.

Z wykresów na rys. 7, 8 i 10c można wnioskować, że uśrednienie refrakcji w warstwie o grubości 1 km znacznie ograniczyło zmienność grad N, przy czym zacióra się różnica między dniem i nocą oraz porami roku. Wiąże się to z tym, że warstwa powietrza na wysokości 1 km jest znacznie mniej uzależniona od zjawisk związanych ze zmianami temperatury i wilgotności przy gruncie. Pozwala to stwierdzić, że w tych sytuacjach, np. w rejonie Poznania, dla procentów 1% i 99% odpowiadają w ciepłej porze roku progi $k \approx 1.7$ i $k \approx 1.2$ /rys. 14/.

Należy zaznaczyć, że rozkłady grad N i k nie charakteryzują refrakcji wzdłuż trasy fali, lecz opisują zjawisko w pobliżu punktu pomiaru refrakcji. Uśrednienie punktowej wartości k na odcinku trasy spowoduje zmniejszenie jej zmienności, w szczególności dla k w warstwie 0-0.1 km [2]. Natomiast w przypadku tras nachylonych pod kątem elewacji powyżej kilku stopni, gdy należy wykorzystywać grad N uśredniony na kierunku pionowym w warstwie 0-0,5 km lub 0-1 km, uśrednienie ze względu na zmiany refrakcji wzdłuż poziomej składowej jest znacznie mniej istotne, gdyż trasa fali oddala się w tym przypadku od najbardziej zmiennej warstwy przyziemnej.

W konkluzji należy stwierdzić, że otrzymane charakterystyki wzbogacają w istotny sposób zasób informacji o zjawisku refrakcji w Polsce. Wyróżnienie regionów, pór roku i dnia, w których zaznacza się silna sub- lub superrefrakcja, a także określenie prawdopodobieństw występowania refrakcji znacznie odbiegającej od standardowej pozwala projektować linie radio-wo o wysokiej niezawodności, biorąc pod uwagę najgorszą porę roku i skrajne wartości grad N w wybranych rejonie.

Ponadto, mając na uwadze te wyniki, można ograniczyć zakres dalszych badań refrakcji do warstwy o grubości kilku-

set metrów i jedynie do siódmiu miesięcy w roku, od kwietnia do października włącznie.

Pełniejszy obraz zmienności refrakcji wymaga jednak dodatkowych pomiarów w innych porach doby, przynajmniej około wschodu /zachodu/ słońca oraz badań refrakcji na obszarze południowo-wschodniej Polski.

5. ZAKOŃCZENIE

Wykorzystanie wyników rutynowych sondowań meteorologicznych atmosfery w okresie od 1961 do 1970 r. na stacjach w Łogionowie /koło Warszawy/, Koszalinie, Wrocławiu i Poznaniu pozwoliło uzyskać tanim kosztem przybliżone statystyczne charakterystyki refrakcji powietrza [4]. Programy obliczeń tych charakterystyk na komputerze RIAD-32 opracowano w IL [5]. W związku z możliwością wykorzystania nowych danych z sondowań w okresie 1971 do 1980 r. przewiduje się obliczenie charakterystyk refrakcji w Polsce, opierając się na 20-letnim okresie pomiarów. Pozwoli to na określenie wartości grad N przokraczanych o godz. 11⁰⁰ lub 23⁰⁰ z prawdopodobieństwem od $P_1 = 0,2\%$ do 99,8%.

BIBLIOTEKA
Instytutu Łączności
Nr 5-9286

WYKAZ LITERATURY

1. Bean B.R., Folhaber L., Grosskopf J.: Die Radiometrologie und ihre Bedeutung für die Ausbreitung der m-, dm- und cm-Wellen auf grosse Entfernungen. NTZ, vol. 1, 1962.
2. Boithias L., Battesti J.: Protection contre les évanouissements sur les faisceaux hertziens en visibilité, Ann. Telecom., vol. 22, No 9-10, 1967.
3. Hall M.P.M., Comer C.M.: Statistics of tropospheric radio-refractive index soundings taken over a 3-year period in the United Kingdom. Proc. IRE, vol. 116, No 5, 1969.

4. Kawecki A.: Statystyki gradientu wskaźnika refrakcji na podstawie obserwacji IMGW z okresu 10-letniego, etap A - Statystyki gradientu wskaźnika refrakcji dla rejonu Legionowa, spr. praca. RB 2.2.09.W.01.01 IL, 1982; etap B - dla Poznania i Koszalina, 1983; etap C - dla Wrocławia, 1984.
5. Lewandowski H.: System REF: Wyznaczenie charakterystyk wskaźnika refrakcji i jego gradientu. Spr. z pracy RB 2.2.09.W.01.01.B. IL, kwiecień 1983.
6. Pawłowski W.: Rozkład współczynnika refrakcji w rejonie południowego Bałtyku w okresie lata 1964 roku z uwzględnieniem wpływu cyrkulacji atmosferycznej i rodzaju masy powietrza, Acta Geoph. Pol., t. 15, z. 4, 1964.
7. Report 563-1 /Mod F/, CCIR XV Plen. Ass., Geneva 1982.

Biblioteka

IL

S-9286