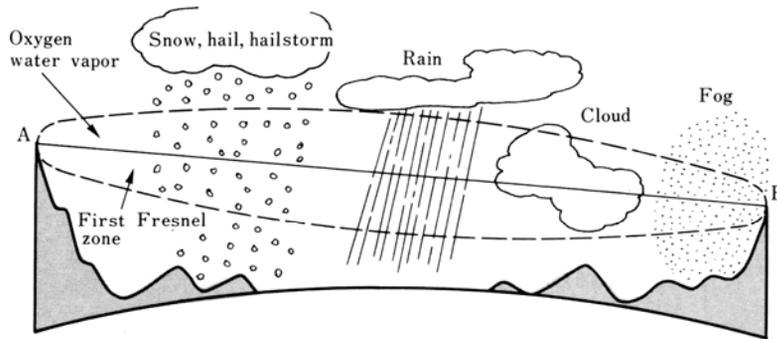


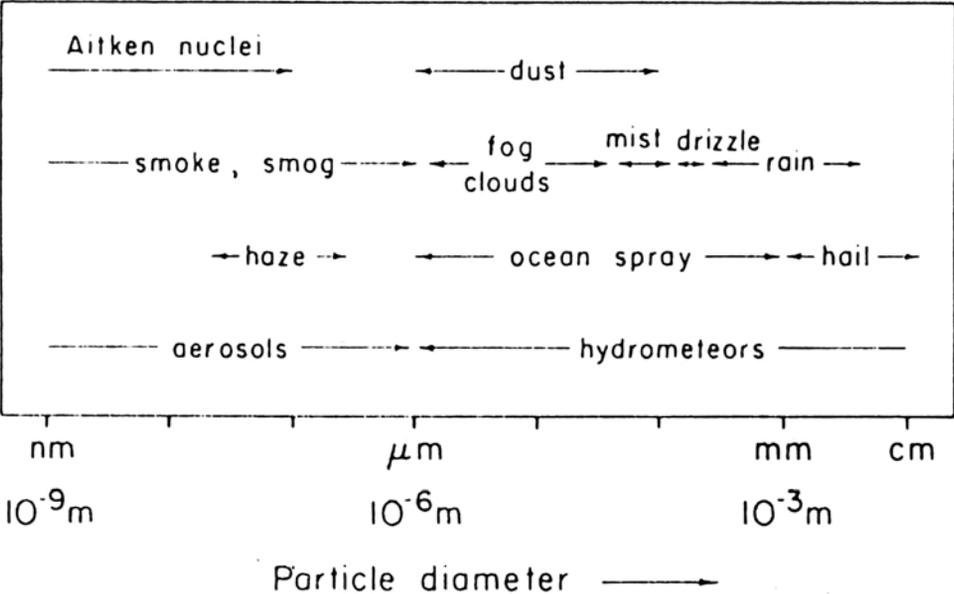
cause di assorbimento e attenuazione nella propagazione terrestre a microonde



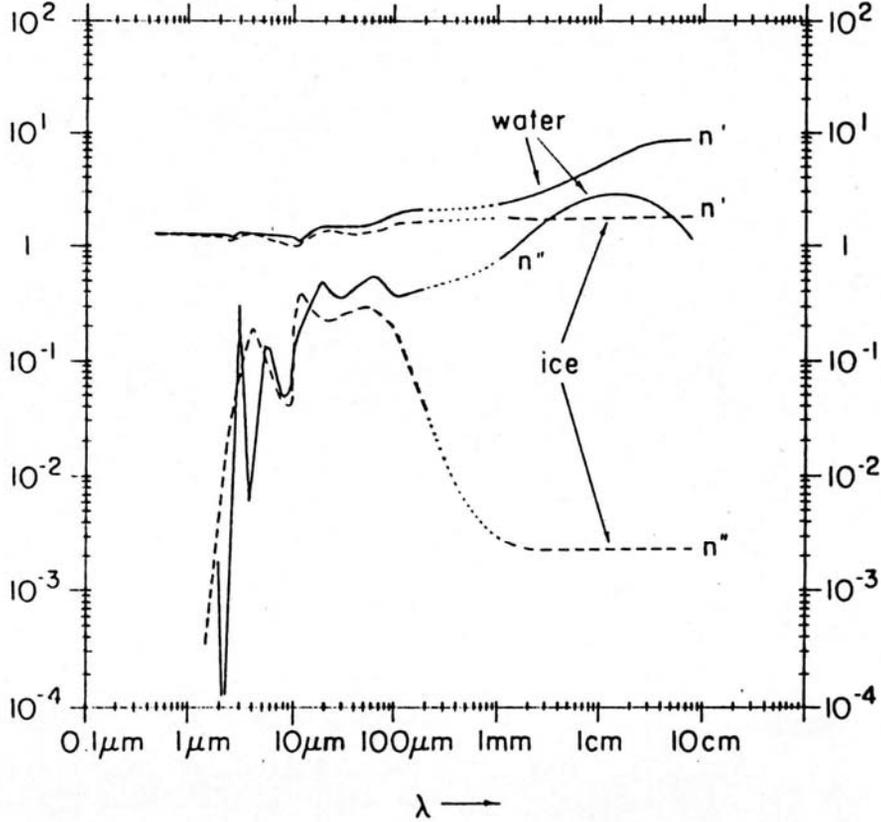
Causes of atmospheric absorption	Gas	Oxygen	Peak attenuation is at 60 GHz. Excluding 60 ± 10 GHz band, the attenuation caused by rainfall is predominant.	Precipitation
		Water vapor	The peak attenuation is at 22 GHz.	
	Liquid	Fog, cloud	Only the secondary effects are observed and the higher the frequency is, the greater the attenuation is.	
		Rain	Attenuation is higher at greater rainfall intensity or at higher frequency.	
	Solid	Snow, freezing rain, hail, hailstorm	Attenuation is so small that the effect is secondary except in the case of moist snow (mixed with rain) even when the precipitation is great.	
		Smoke, sandy dust	Attenuation is negligible because of its small density.	

Composition of dry air	Name of gas	N ₂ Nitrogen	O ₂ Oxygen	Ar Argon	CO ₂ Carbon dioxide	Ne Neon	He Helium	Kr Krypton	Xe Xenon	H ₂ Hydrogen
	Volume %		78.08	20.95	0.93	0.03	0.0018	5 × 10 ⁻⁴	1.1 × 10 ⁻⁴	0.9 × 10 ⁻⁵

particelle solide e liquide sospese nell'atmosfera



Parte reale e immaginaria dell'indice di rifrazione dell'acqua e del ghiaccio



Sezioni di diffusione, assorbimento ed estinzione

Sezione di diffusione (σ_s)

di un corpo è il rapporto tra la potenza totale

diffusa P_s e la densità di potenza incidente W_{inc} :

$$\sigma_s = \frac{P_s}{W_{inc}}$$

Sezione di assorbimento (σ_a)

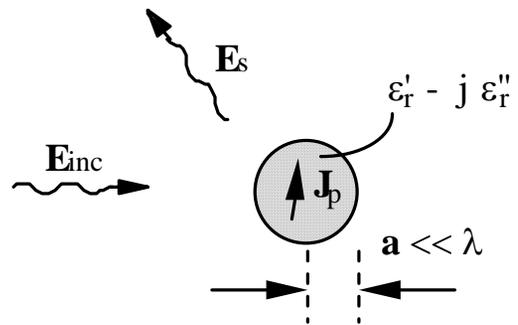
è il rapporto tra la potenza totale dissipata P_a e la densità di potenza incidente

$$\sigma_a = \frac{P_a}{W_{inc}}$$

Sezione di estinzione (σ_e)

è il rapporto tra la potenza totale rimossa dall'onda incidente $P_s + P_a$, a causa della diffusione e dell'assorbimento, e la densità di potenza incidente:

$$\sigma_e = \frac{P_s + P_a}{W_{inc}} = \sigma_s + \sigma_a$$



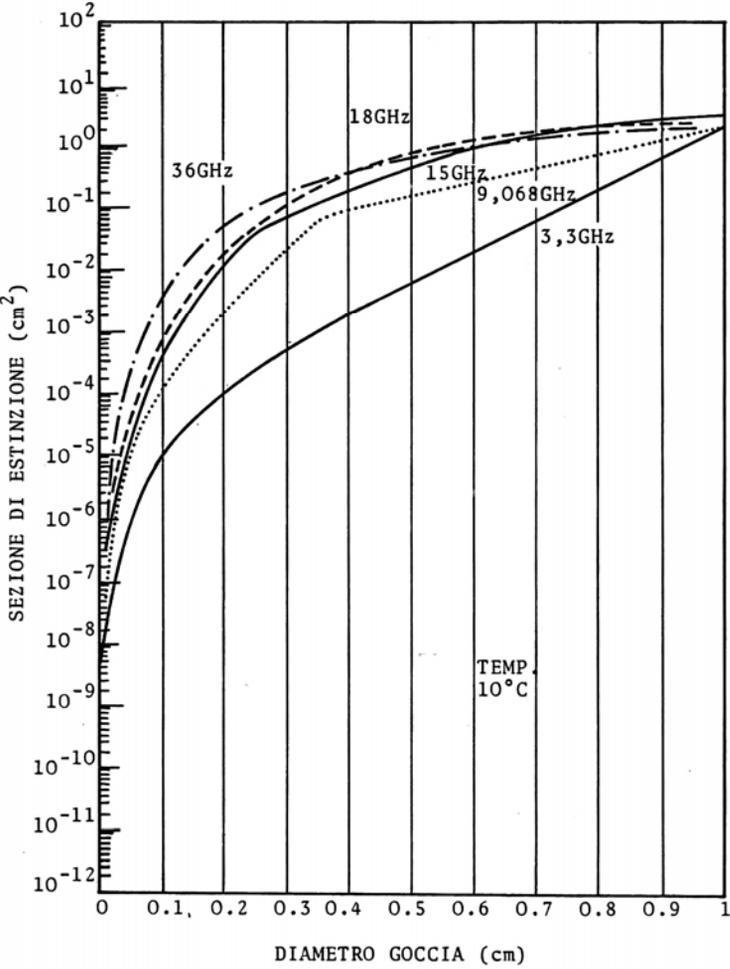
Se la radiazione incidente può essere considerata localmente un'onda piana uniforme e se il corpo di permeabilità dielettrica $\varepsilon'_r - j\varepsilon''_r$ è assimilabile ad una sfera di raggio molto piccolo rispetto alla lunghezza d'onda ($a \ll \lambda$) risulta:

$$\sigma_s = \frac{8}{3} \pi a^2 (ka)^4 \left| \frac{\varepsilon_r - 1}{\varepsilon_r + 2} \right|^2 \quad (\text{formula di Rayleigh})$$

$$\sigma_a = 12 \pi a^2 (ka) \left| \frac{\varepsilon_r - 1}{\varepsilon_r + 2} \right|^2 \frac{\varepsilon''_r}{(\varepsilon'_r - 1)^2 + (\varepsilon''_r)^2}$$

$$\sigma_e = 4 \pi a^2 (ka) \left| \frac{\varepsilon_r - 1}{\varepsilon_r + 2} \right|^2 \left(\frac{2}{3} (ka)^3 + \frac{3\varepsilon''_r}{(\varepsilon'_r - 1)^2 + (\varepsilon''_r)^2} \right)$$

sezione di estinzione delle gocce di pioggia



Indicando con $N(a, z)$ la distribuzione del numero di gocce d'acqua per unità di volume in base al loro raggio a , ed in funzione della posizione z lungo il cammino di propagazione, si ottiene

$$\frac{\partial W(z)}{\partial z} = -W(z) \int_0^{\infty} \sigma_e(a) N(a, z) da = -2\alpha(z)W(z)$$

$$W(z) = W(0) \exp\left(-2 \int_0^z \alpha(\zeta) d\zeta\right)$$

Distribuzione di Marshal e Palmer :
dimensioni delle gocce in funzione
dell'intensità di pioggia

(modello in accordo con le distribuzioni misurate da Laws e Parsons)

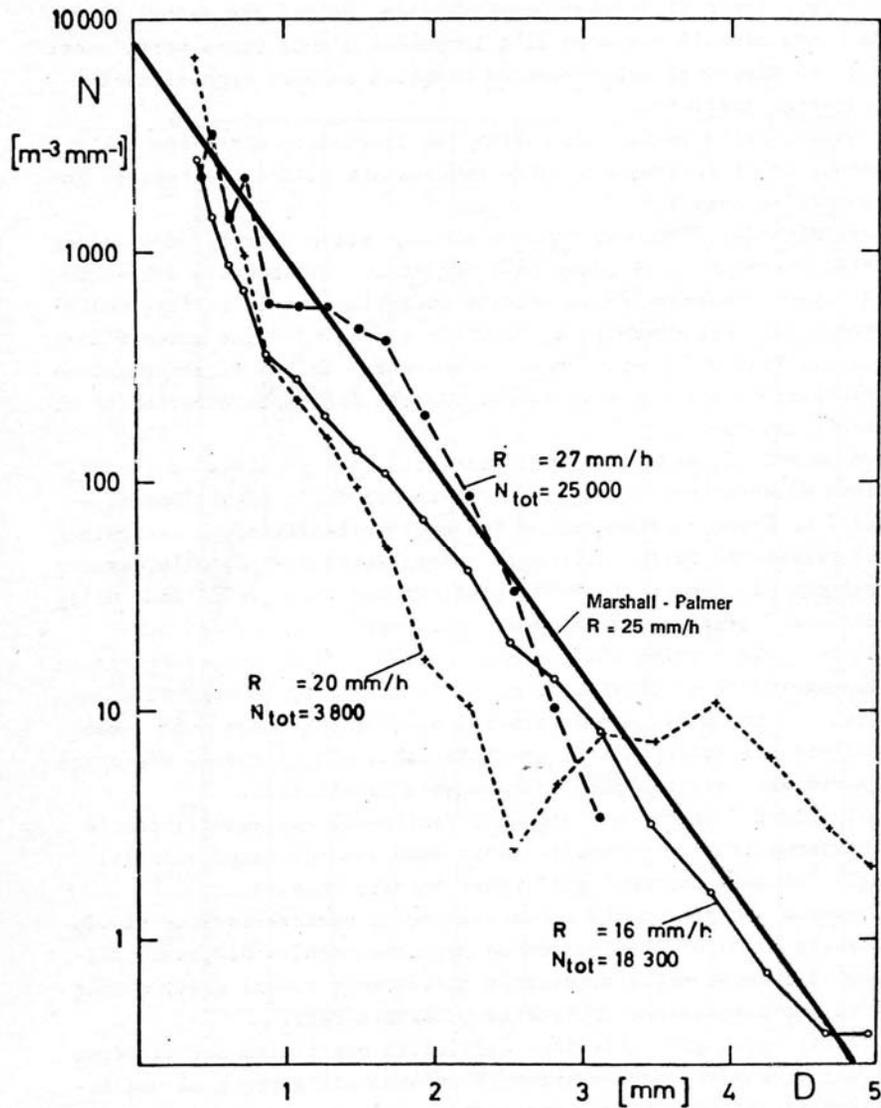
$$N(a) = N_0 e^{-\Lambda a}$$

$$N_0 = 1.6 \cdot 10^{-4} \text{ [mm}^{-1} \text{m}^{-3} \text{]}$$

$$\Lambda = 8.2 R^{-0.21}$$

dove R è l'intensità di pioggia in [mm / h]
ed a è il raggio della goccia di pioggia in [mm]

distribuzione delle gocce di pioggia



numero N di gocce al metro cubo con diametro compreso tra $D - 0.5$ mm e $D + 0.5$ mm per diverse misurazioni

Modello di Olsen, Rodgers e Hodge:
attenuazione specifica in funzione
dell'intensità di pioggia (T=0° C)

$$A = a R^b \quad [\text{dB km}^{-1}]$$

R = intensità di pioggia in [mm / h]

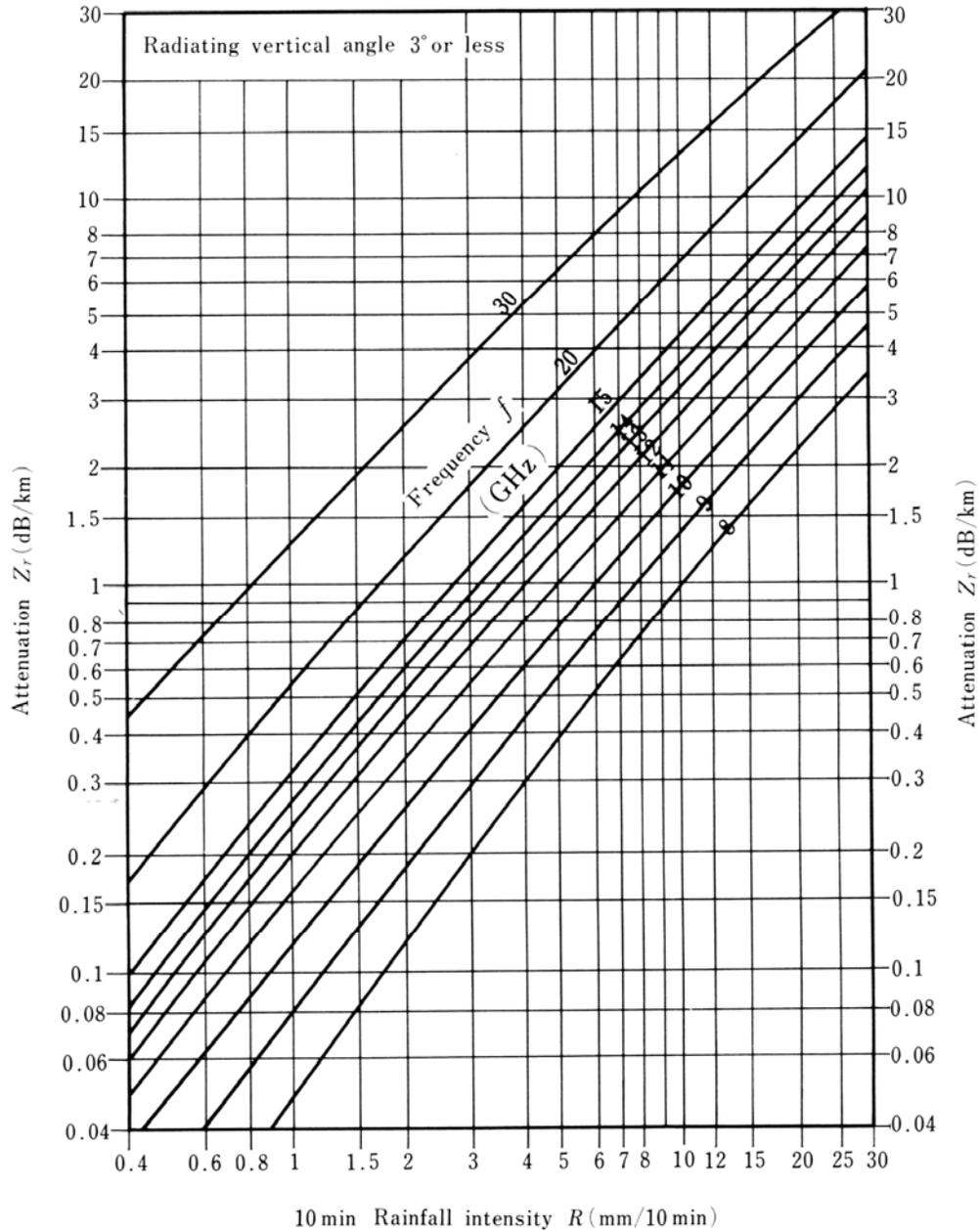
$$a = g_a f_{[\text{GHz}]}^{E_a}$$

g_a	E_a	
$6.39 \cdot 10^{-5}$	2.03	$f_{[\text{GHz}]} < 2.9$
$4.21 \cdot 10^{-5}$	2.42	$2.9 < f_{[\text{GHz}]} < 54$
$4.09 \cdot 10^{-2}$	0.699	$54 < f_{[\text{GHz}]} < 180$
3.38	-0.151	$180 < f_{[\text{GHz}]}$

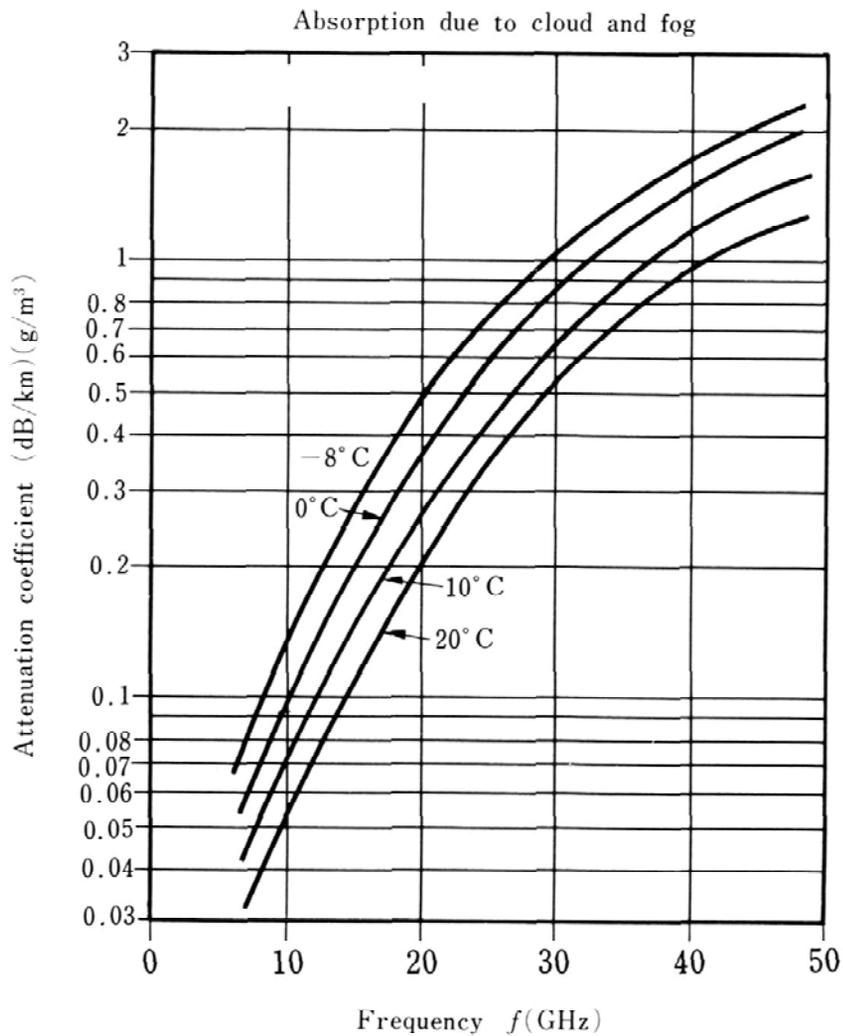
$$b = g_b f_{[\text{GHz}]}^{E_b}$$

g_b	E_b	
0.851	0.158	$f_{[\text{GHz}]} < 8.5$
1.41	-0.0779	$8.5 < f_{[\text{GHz}]} < 25$
2.63	-0.272	$25 < f_{[\text{GHz}]} < 164$
0.616	0.0126	$164 < f_{[\text{GHz}]}$

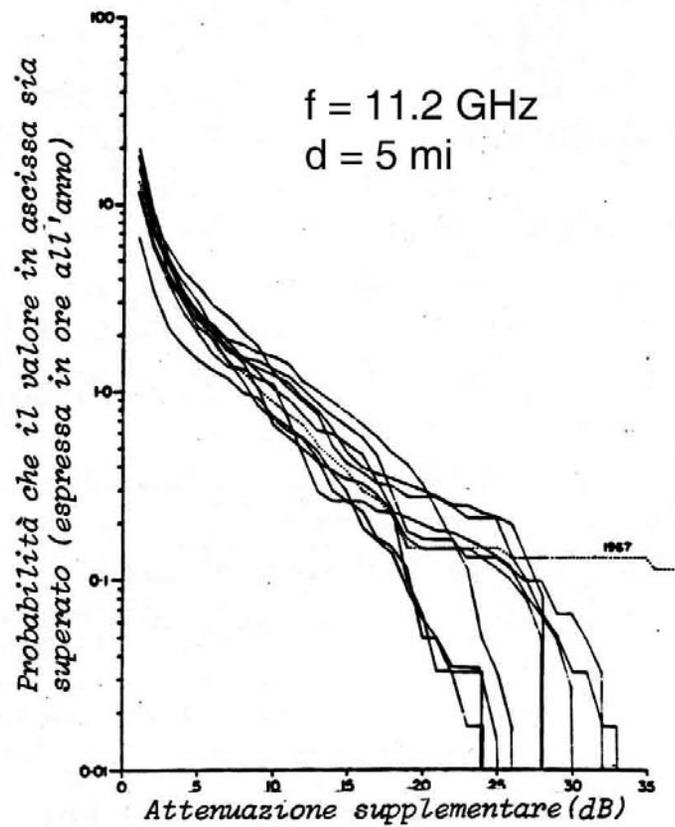
attenuazione da pioggia



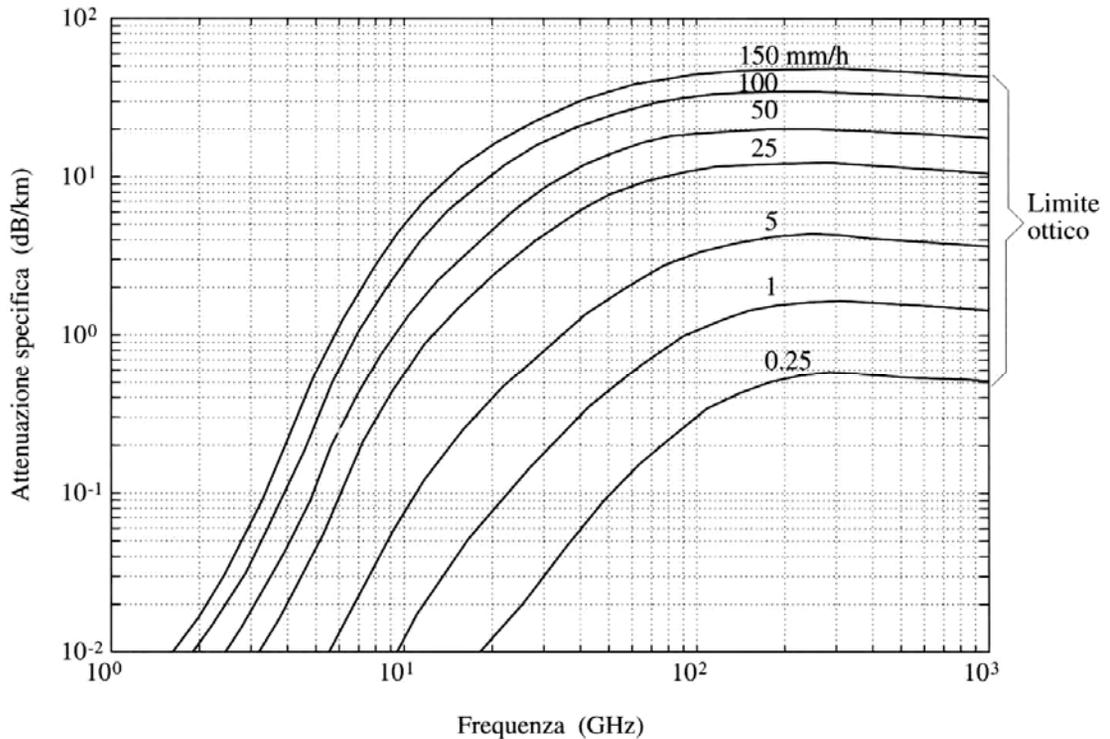
attenuazione dovuta a nuvole e nebbia



probabilità cumulativa di attenuazione da pioggia per 10 annate consecutive

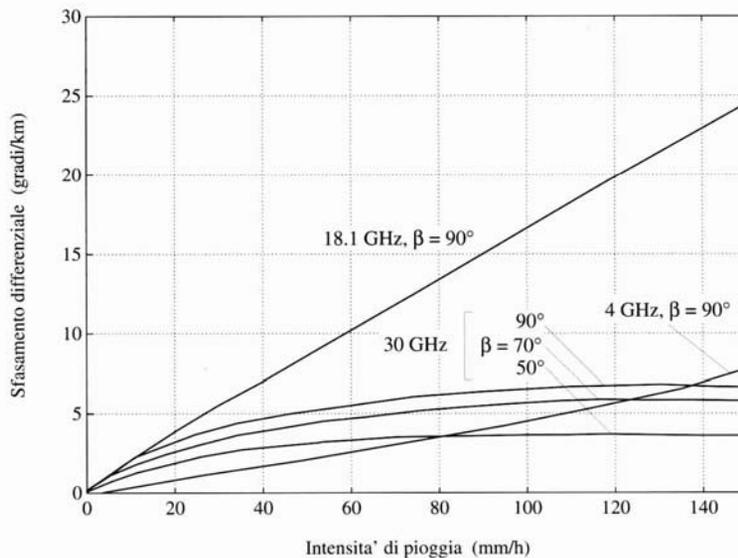
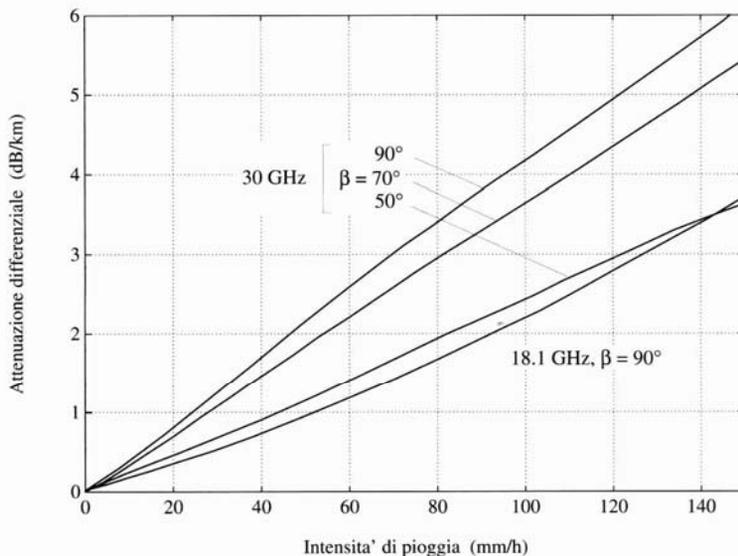


Attenuazione specifica dovuta a pioggia (CCIR)



i valori sono calcolati teoricamente nell'ipotesi che le gocce siano sferiche e la temperatura dell'acqua sia di 20 °C, e assumendo la distribuzione dei diametri di Laws e Parson e la distribuzione delle velocità di caduta di Gunn e Kinzer

attenuazione e sfasamento differenziali



attenuazione differenziale e sfasamento differenziali per precipitazioni di varia intensità, per diversi angoli di incidenza β , alla frequenza di 18 e 30 GHz con angolo di caduta di 25° e temperatura dell'acqua di 20°C .

Isolinee di attenuazione da pioggia (dB)



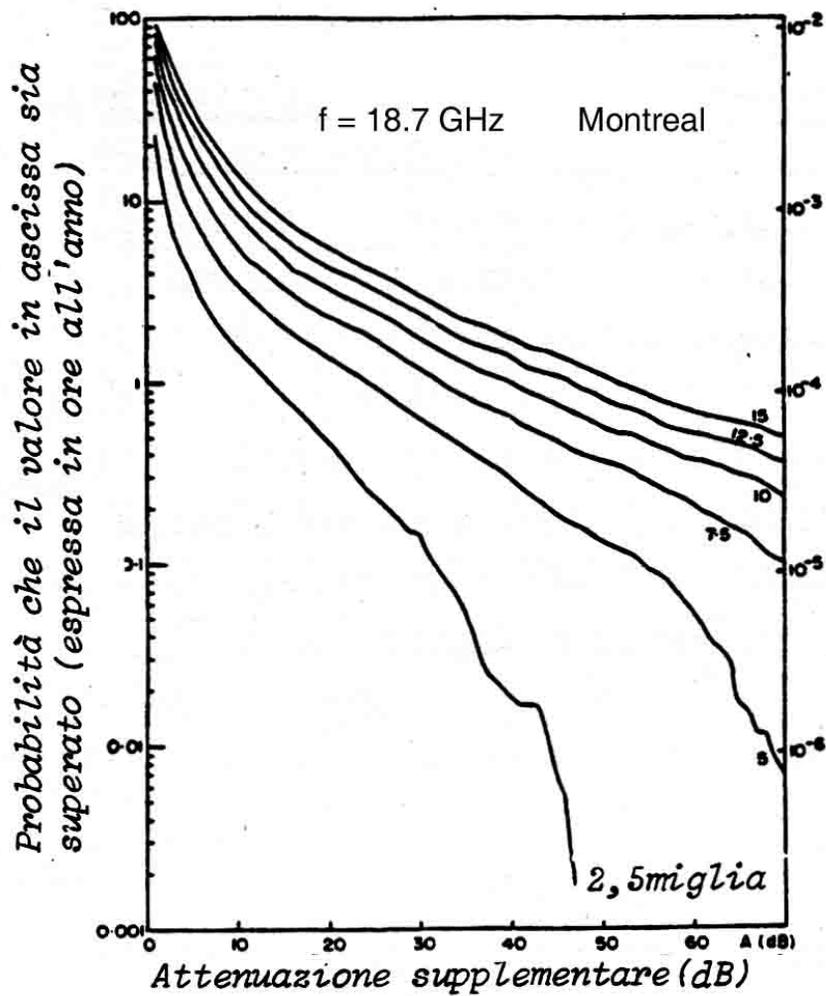
attenuazione superata con probabilità $P = 10^{-4}$
su una lunghezza di 45 km
(frequenza 11 GHz, polarizzazione H)

Isolinee di attenuazione da pioggia (dB)

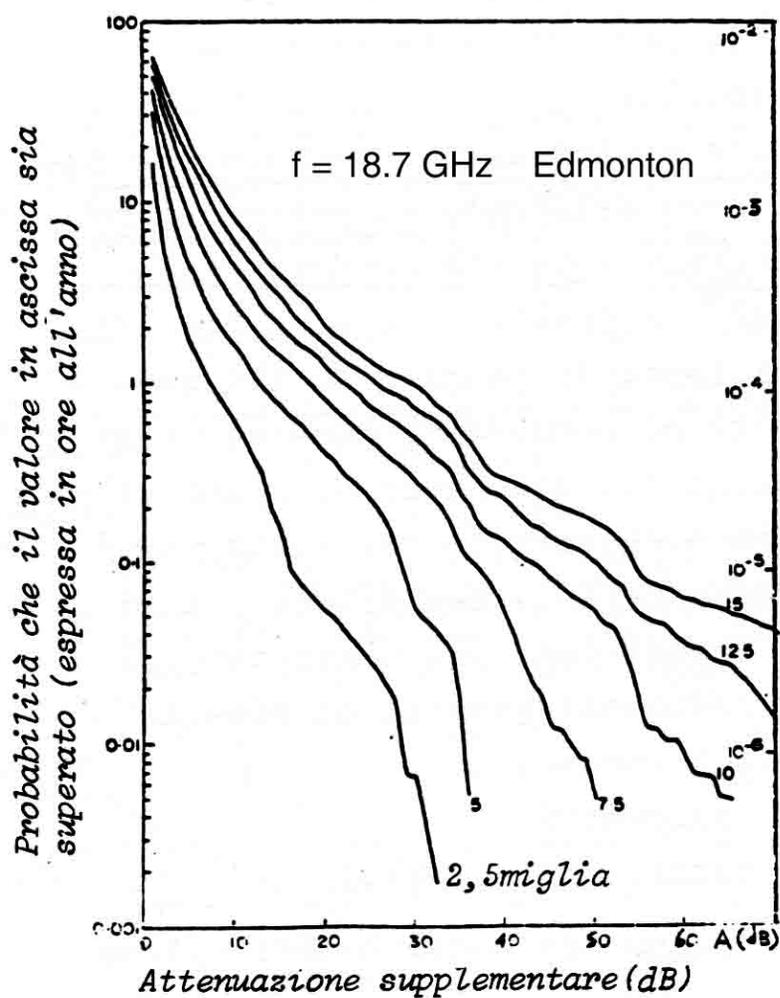


attenuazione superata con probabilità $P = 10^{-4}$
su una lunghezza di 5 km
(frequenza 18 GHz, polarizzazione H)

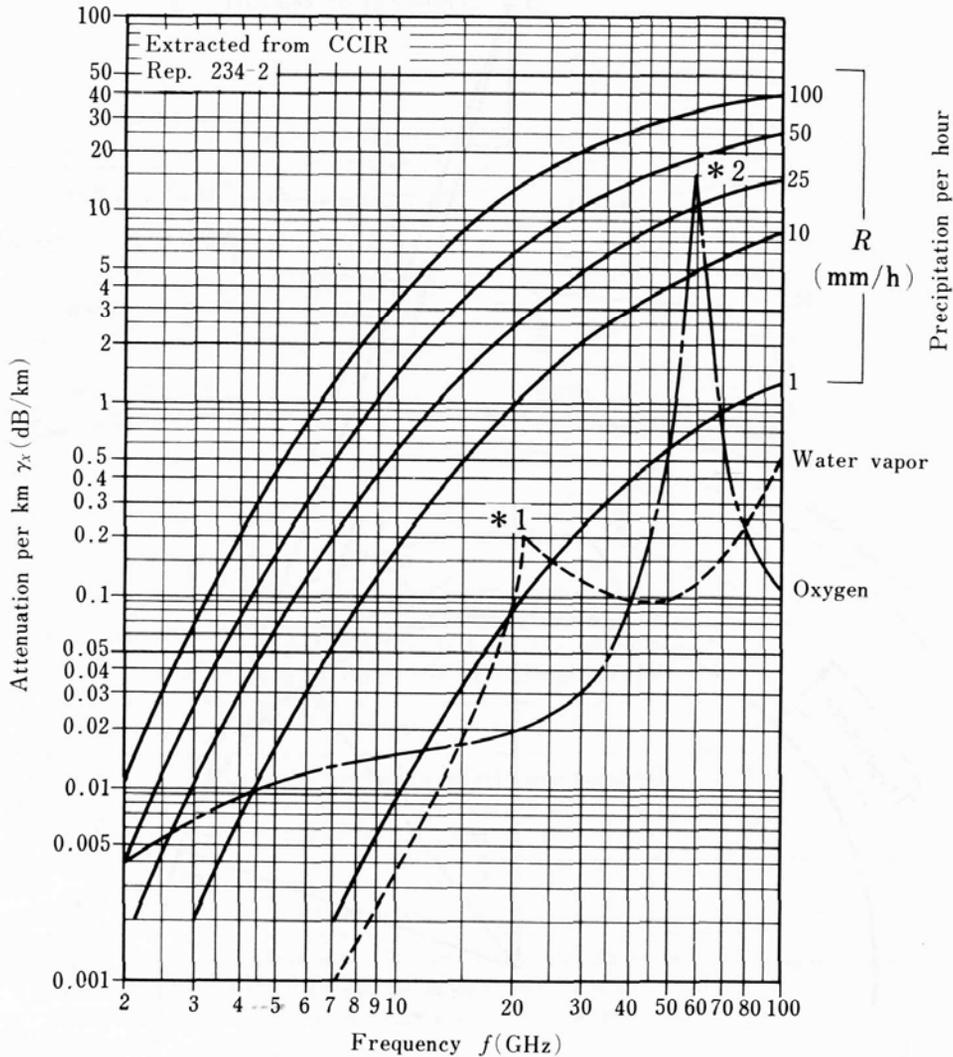
probabilità cumulativa di attenuazione da pioggia per differenti lunghezze di tratta



probabilità cumulativa di attenuazione da pioggia per differenti lunghezze di tratta

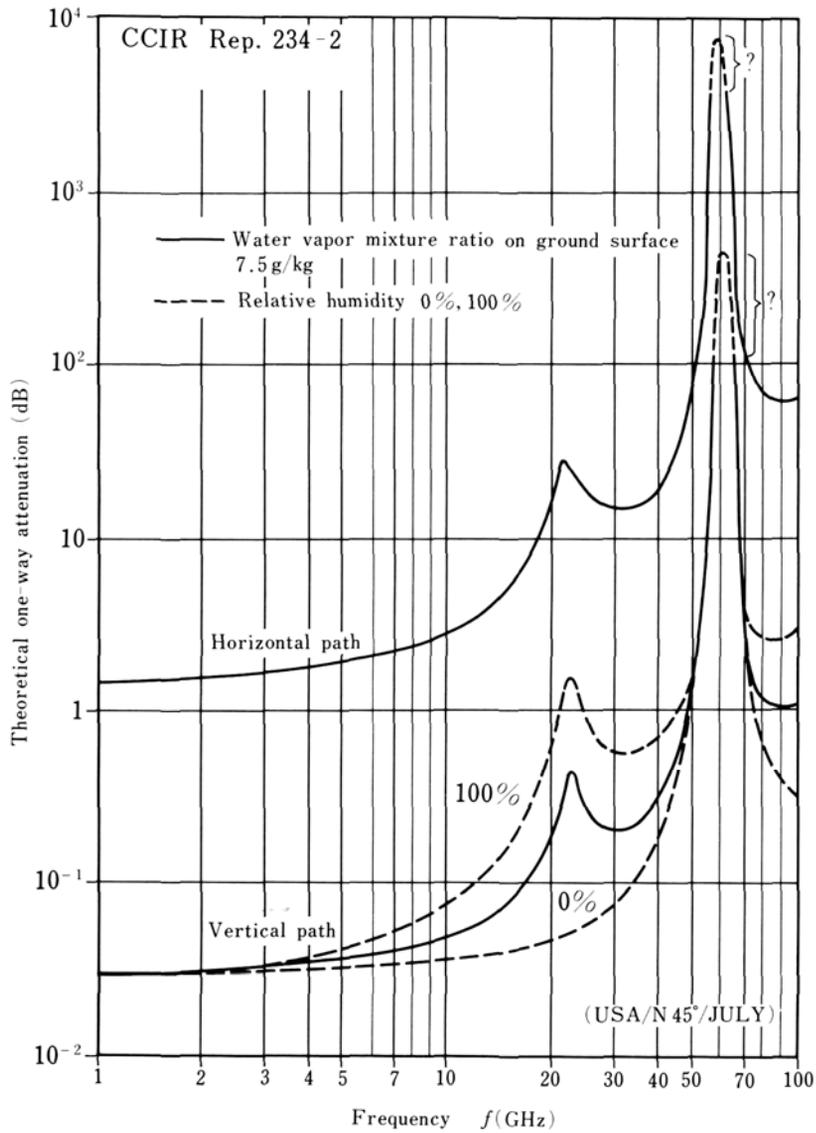


Attenuazioni dovute all'ossigeno, al vapore d'acqua e alla pioggia

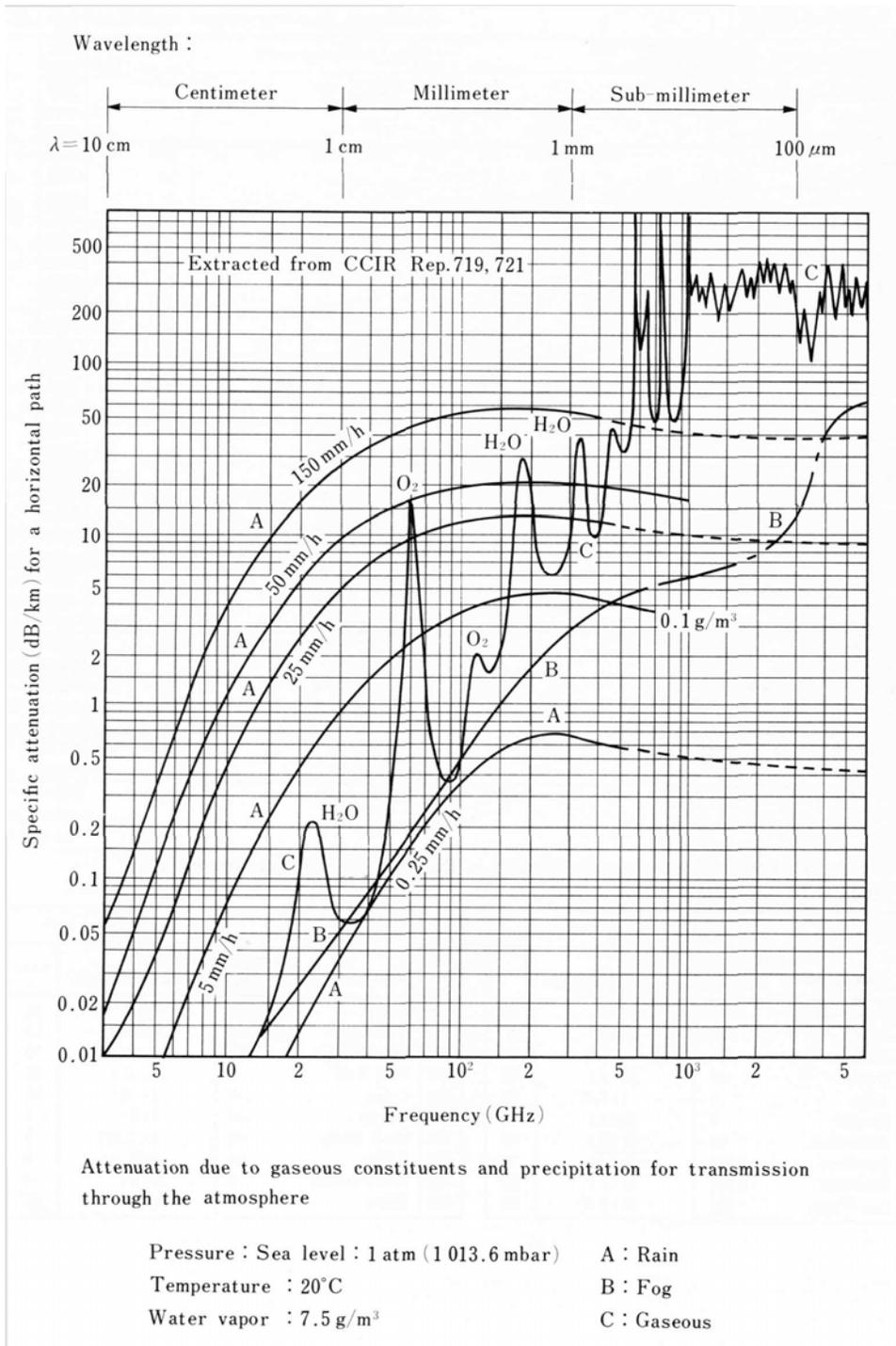


- * 1 22,23 GHz (Water vapor)
 - * 2 60 GHz (Oxygen)
- Attenuation peak
- Rainfall rate/hour at 18°C
- 760 mmHg [- - - - Oxygen
- Temperature 20°C [- - - - Water vapor 10 g/m³ = 7.6 g/kg

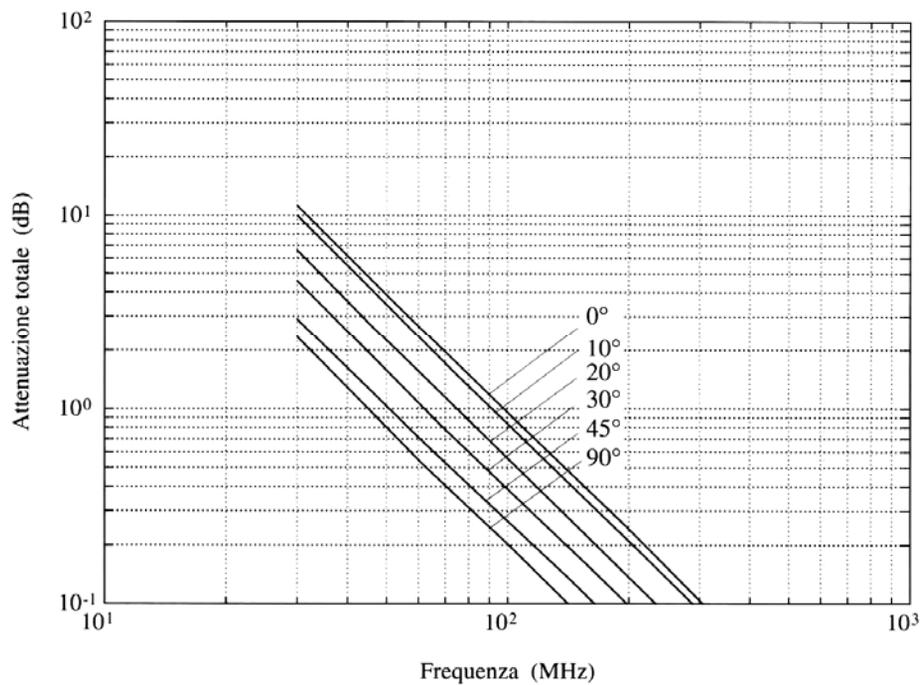
assorbimento atmosferico in telecomunicazioni satellitari



Attenuazioni dovute ad assorbimento nella banda delle onde millimetriche

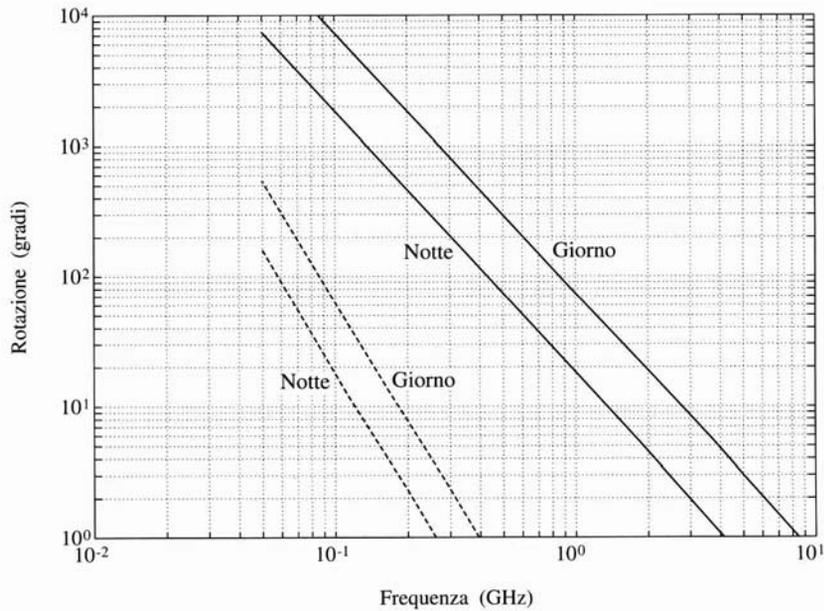


Assorbimento ionosferico (ore diurne)



l'assorbimento dipende dell'angolo di elevazione del collegamento

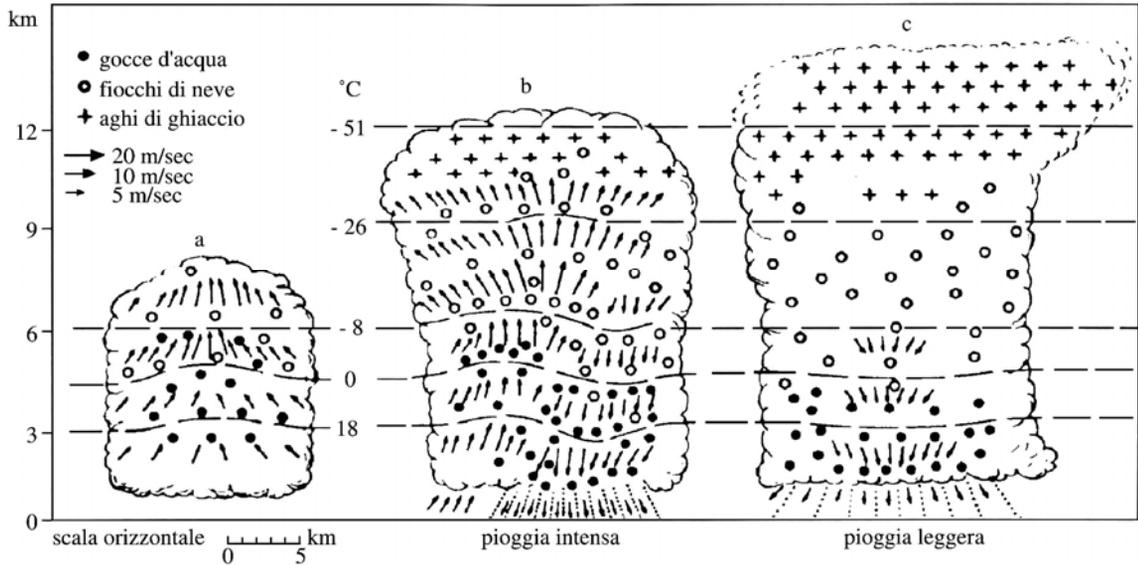
Rotazione di Faraday



Rotazione di Faraday in collegamento quasi orizzontale alle medie latitudini, in funzione della frequenza in diverse ore del giorno:

- propagazione trasversale,
- propagazione longitudinale;

stadi di evoluzione di una precipitazione di tipo convettivo



a): sviluppo, b) maturità, c) dissipazione