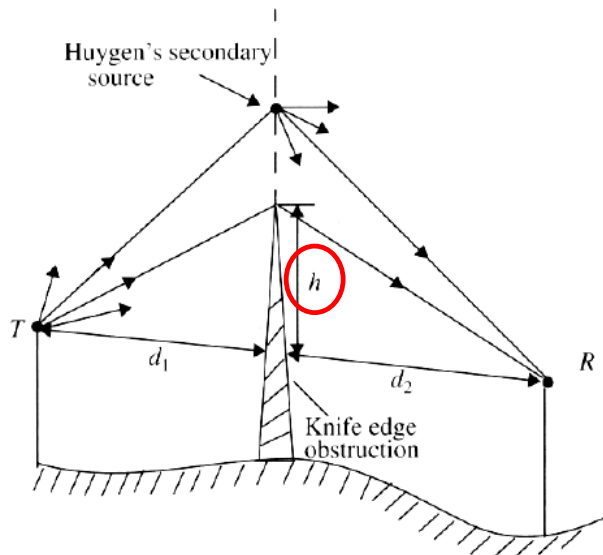


Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης

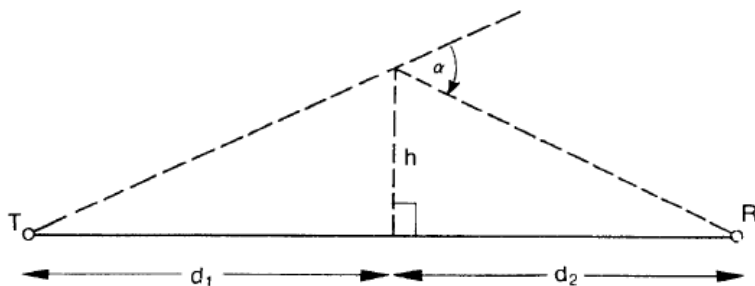


- Κάθε κύμα που μεταδίδεται από τον T στον R διανύει απόσταση μεγαλύτερη από το μήκος της ευθείας TR.
- Αποδεικνύεται ότι η επιπρόσθετη διαδρομή που διανύει το κύμα είναι (για $h \ll d_1, d_2$):

$$\Delta \approx \frac{h^2}{2} \frac{d_1 + d_2}{d_1 d_2}$$

- Το κύμα υπόκειται σε **διαφορά φάσης** η οποία είναι

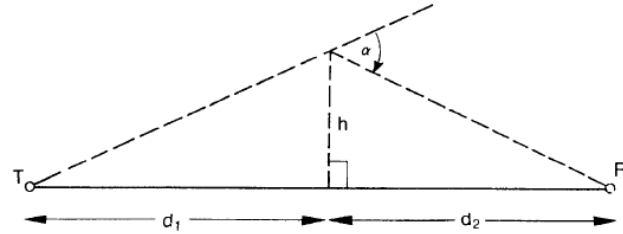
$$\phi = \frac{2\pi\Delta}{\lambda} = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{h^2}{2} \frac{d_1 + d_2}{d_1 d_2}$$



Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης

- Ορίζουμε το **συντελεστή Fresnel-Kirchoff**

$$v = h \sqrt{\frac{2(d_1 + d_2)}{\lambda d_1 d_2}}$$



- Άρα

$$\phi = \frac{\pi}{2} v^2$$

$$\phi = \frac{\pi a^2}{\lambda} \frac{d_1 d_2}{d_1 + d_2}$$

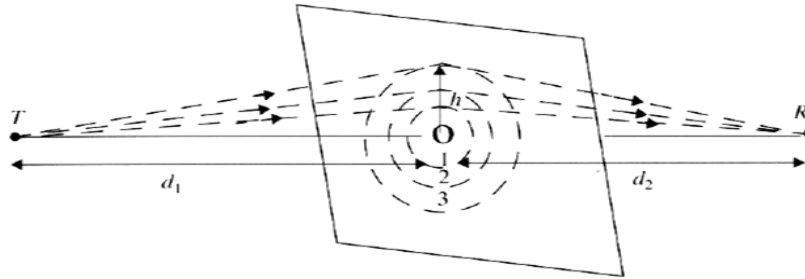
$$v = a \sqrt{\frac{2d_1 d_2}{\lambda(d_1 + d_2)}}$$

- Με βάση τον συντελεστή v παίρνω **πολλαπλάσια του $\pi/2$** άρα ξέρω την αλλαγή φάσης, άρα και τις απώλειες
- **Πλασματικό ύψος εμποδίου** αν πομπός και δέκτης είναι σε κάποιο ύψος από το έδαφος

$$h = h_{obs} - h_t \frac{d_1}{d_1 + d_2} - h_r \frac{d_2}{d_1 + d_2}$$

Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης

- Υπολογισμός απωλειών



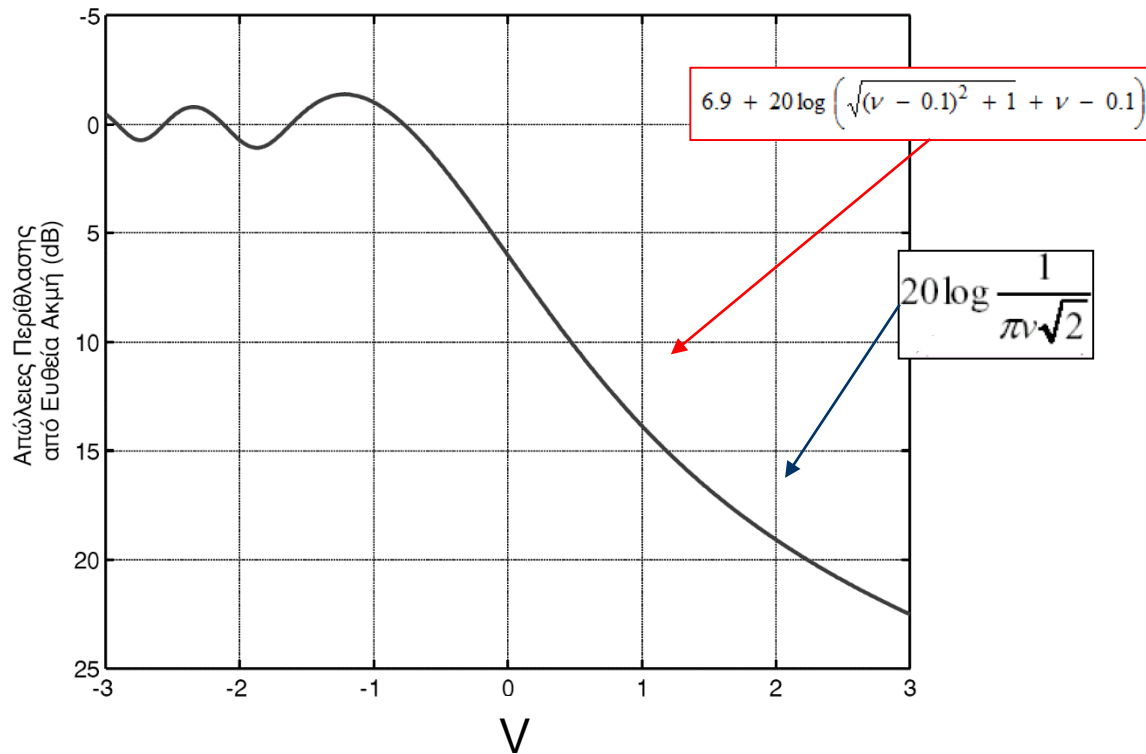
$$v = h \sqrt{\frac{2(d_1 + d_2)}{\lambda d_1 d_2}}$$

Τύπος του Lee

$$G_a(dB) \approx \begin{cases} 0, & v \leq -1 \\ 20 \log(0.5 - 0.62v), & -1 \leq v \leq 0 \\ 20 \log(0.5 \exp(-0.95v)), & 0 \leq v \leq 1 \\ 20 \log\left(0.4 - \sqrt{0.1184 - (0.38 - 0.1v)^2}\right), & 1 \leq v \leq 2.4 \\ 20 \log\left(\frac{0.225}{v}\right), & v > 2.4 \end{cases}$$

Αρνητικές τιμές v
 άρα αρνητικά ύψη h
 (θα το εξηγήσουμε
 αργότερα)

Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης



$$v = h \sqrt{\frac{2(d_1 + d_2)}{\lambda d_1 d_2}}$$

Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης

➤ Παράδειγμα

Έστω $h_t=50$ m, $h_r=25$ m, $d_1=10$ km, $d_2=2$ km, $f=900$ MHz, $h_{obs}=100$ m. Να υπολογιστούν: 1) οι απώλειες λόγω περίθλασης, 2) το ύψος που απαιτείται να έχει ένα εμπόδιο για να προκαλέσει απώλειες λόγω περίθλασης της τάξης των $G_d=6$ dB.

Λύση:

$$a) h = h_{obs} - h_t \frac{d_2}{d_1 + d_2} - h_r \frac{d_2}{d_1 + d_2} = 70.8333 \text{ m}$$

$$v = h \sqrt{\frac{2(d_1 + d_2)}{\lambda d_1 d_2}} = 4.2521 \Rightarrow G_d = 25.5 \text{ dB}$$
 Βρίσκεται και γραφικά από το προηγούμενο σχήμα

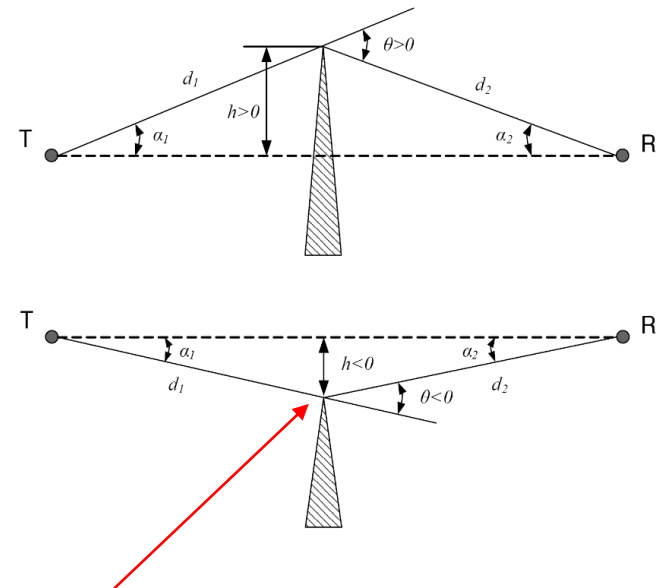
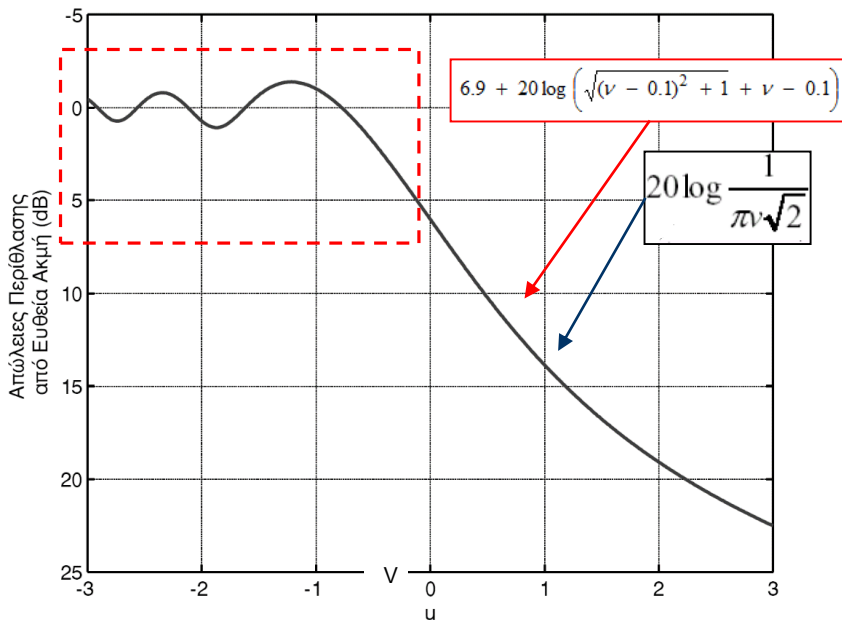
$$b) G_d = 6 \text{ dB} \Rightarrow v = 0 \Rightarrow h_{obs} = h_t \frac{d_2}{d_1 + d_2} + h_r \frac{d_2}{d_1 + d_2} = 29.1667 \text{ m}$$

Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης

1. Γιατί στο συντελεστή δεν έχουμε τα ύψη κεραιών?
2. Πως το v (άρα το h) μπορεί να παίρνει αρνητικές τιμές?

$$v = h \sqrt{\frac{2(d_1 + d_2)}{\lambda d_1 d_2}} \quad \longrightarrow \quad \text{Υπολογισμός Απώλειων}$$

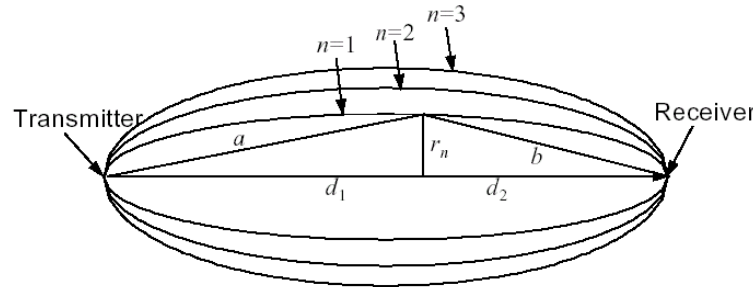
$$h = h_{obs} - h_t \frac{d_1}{d_1 + d_2} - h_r \frac{d_2}{d_1 + d_2}$$



$h < 0$: Απώλειες λόγω του νόμου του Huygen (δευτερογενείς πηγές)

Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης

➤ Ζώνες Fresnel



$$r_n \approx \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \quad \longrightarrow \quad v = h \sqrt{\frac{2(d_1 + d_2)}{\lambda d_1 \cdot d_2}} = h \frac{\sqrt{2}}{r_1}$$

➤ Μέγιστη ακτίνα (στο κέντρο της απόστασης πομπού-δέκτη)

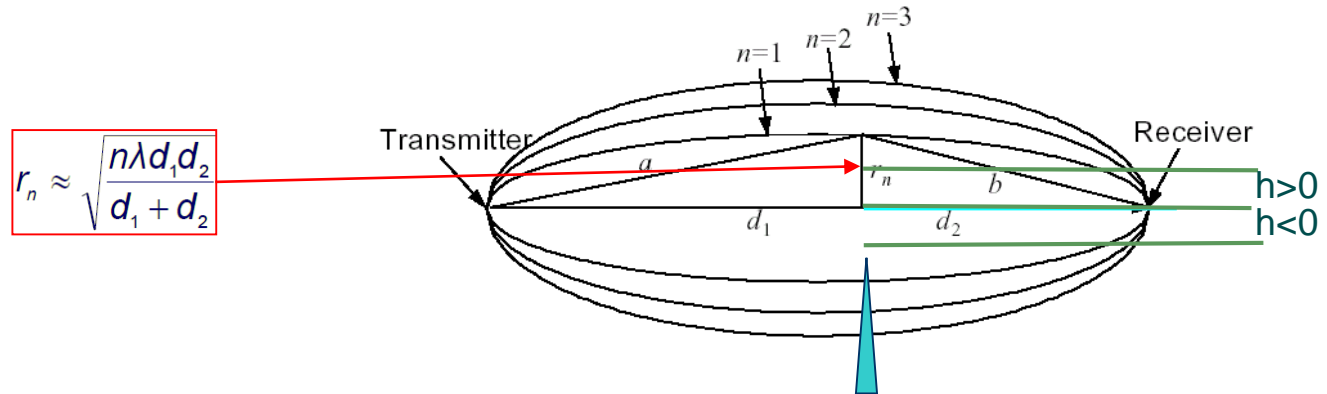
➤ $r_n \cong \sqrt{(n\lambda/2)d_1}$

➤ <http://kioan.users.uth.gr/wireless/fresnelZone.html>

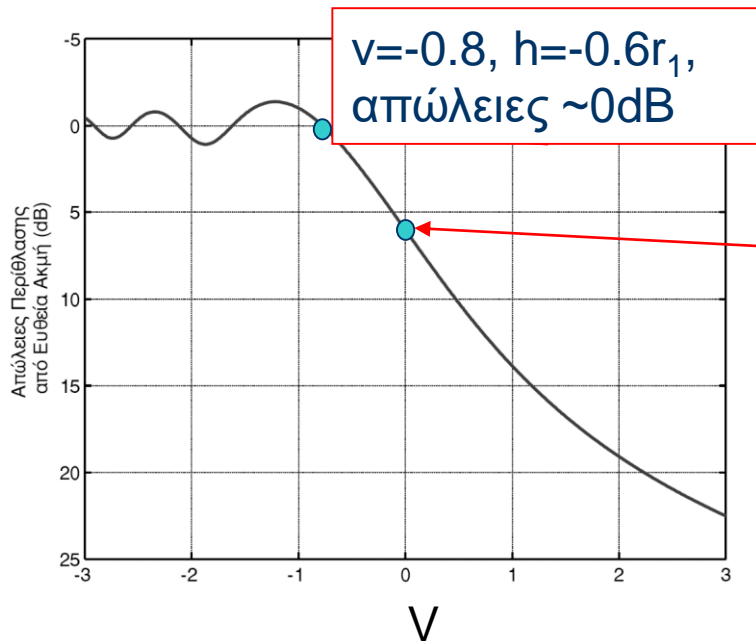
➤ Για αποστάσεις κοντά στον πομπό $r_n \cong \sqrt{n\lambda d_1}$

➤ Η πρώτη ζώνη Fresnel πρέπει να είναι 'καθαρή' από εμπόδια

Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης



$$r_n \approx \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

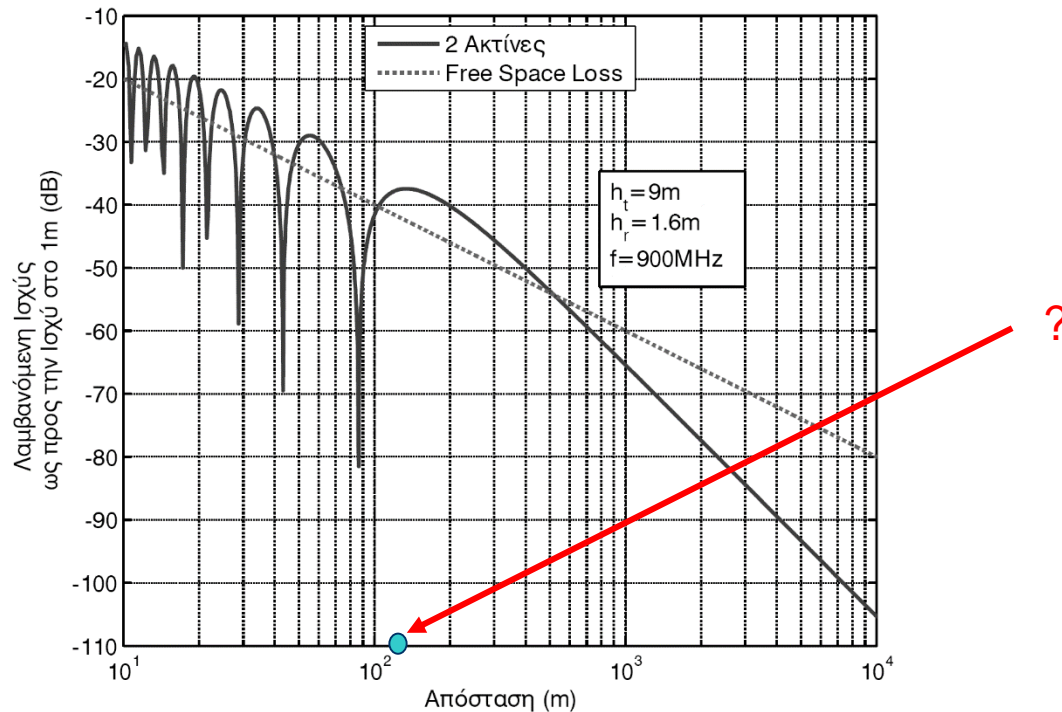


$$v = h \sqrt{\frac{2(d_1 + d_2)}{\lambda d_1 d_2}}$$

Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης

Σχέση με το μοντέλο επίπεδης γης

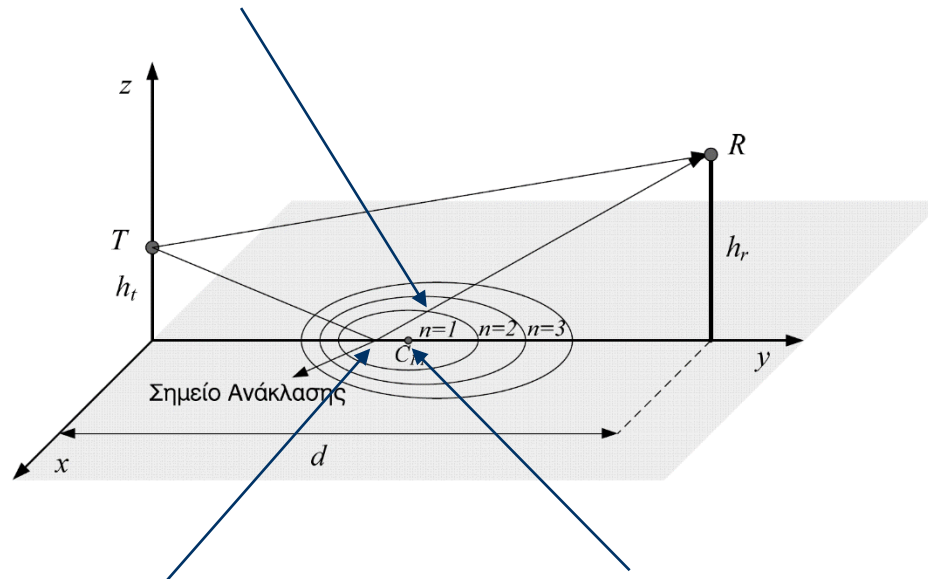
➤ Σημείο αποκοπής - Breakpoint



Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης

Σχέση με το μοντέλο επίπεδης γης

- Τομές ζωνών Fresnel με το επίπεδο της γης xy



- Σημείο ανάκλασης
- κέντρο πρώτης έλλειψης

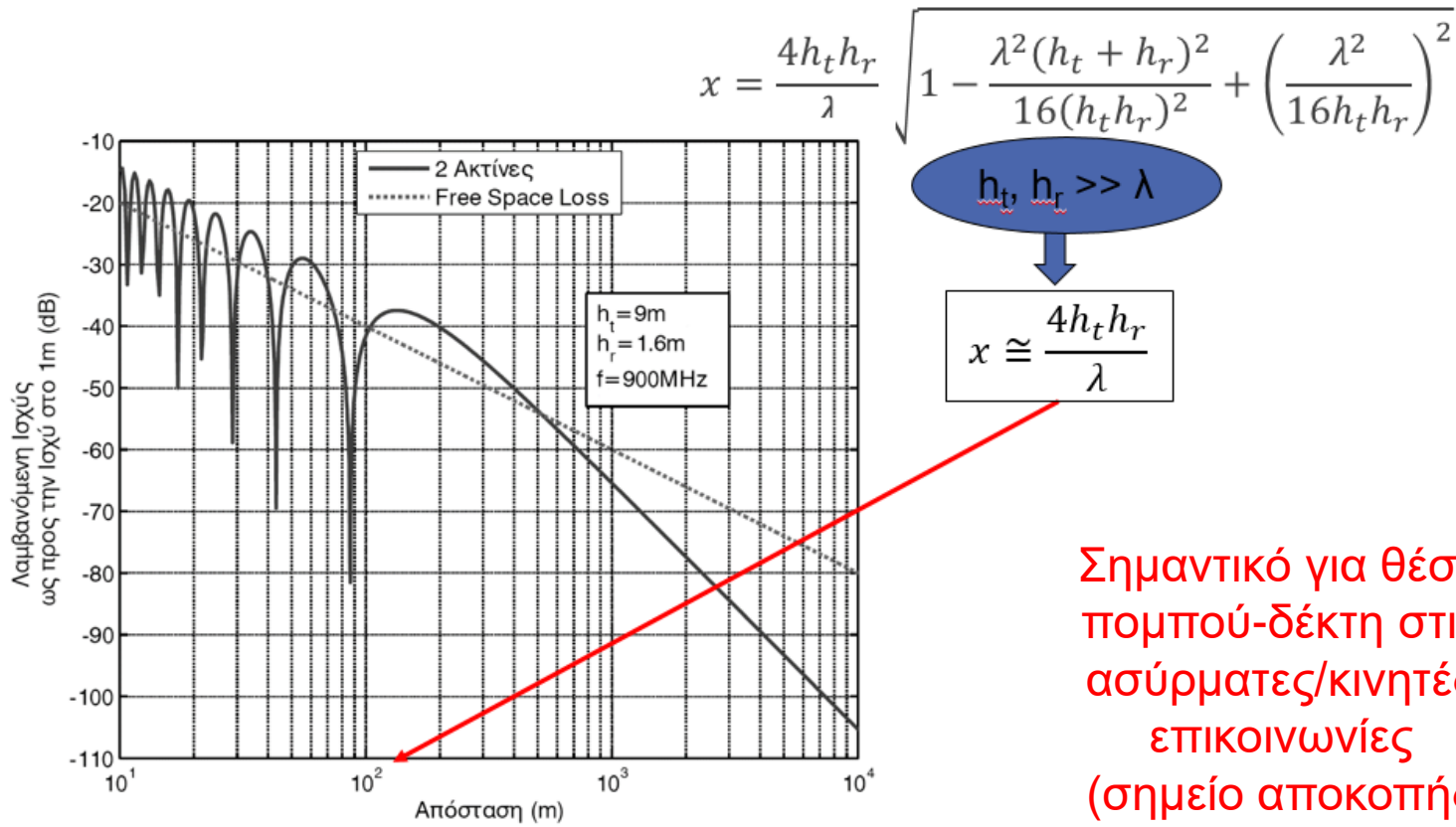
$$d_1 = \frac{d}{1 + \frac{h_t}{h_r}}$$

$$C_{F1} = \frac{d}{2} \sqrt{\frac{1 + \frac{2h_t(h_t + h_r)}{\lambda d}}{1 + \frac{(h_t + h_r)^2}{\lambda d}}}$$

Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης

Σχέση με το μοντέλο επίπεδης γης

- **Σημείο αποκοπής – Breakpoint** Απόσταση για την οποία η πρώτη ζώνη παρεμποδίζεται από το έδαφος (για δεδομένα ύψη κεραιών και συχνότητα)



Σημαντικό για θέση πομπού-δέκτη στις ασύρματες/κινητές επικοινωνίες (σημείο αποκοπής μεγάλο)

Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης

Σχέση με το μοντέλο επίπεδης γης

f (MHz)	100	900	1800	5200
λ (m)	3	0,333	0,167	0,058
h_t (m)	100	30	10	3
h_r (m)	10	1,8	1,8	1,5
d (m)	10^4	10^3	10^3	10
C_{F1} (m)	6175,8	833,5	658,1	6,6



<i>Breakpoint</i> (m)	1333,3	648	432	312
-----------------------	--------	-----	-----	-----