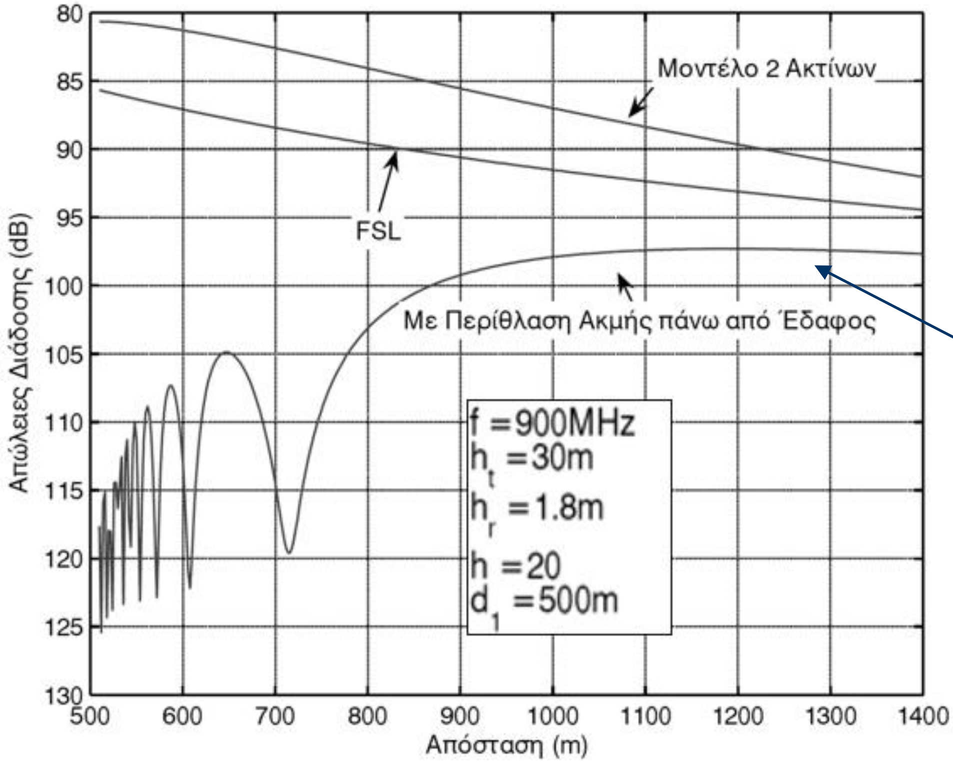
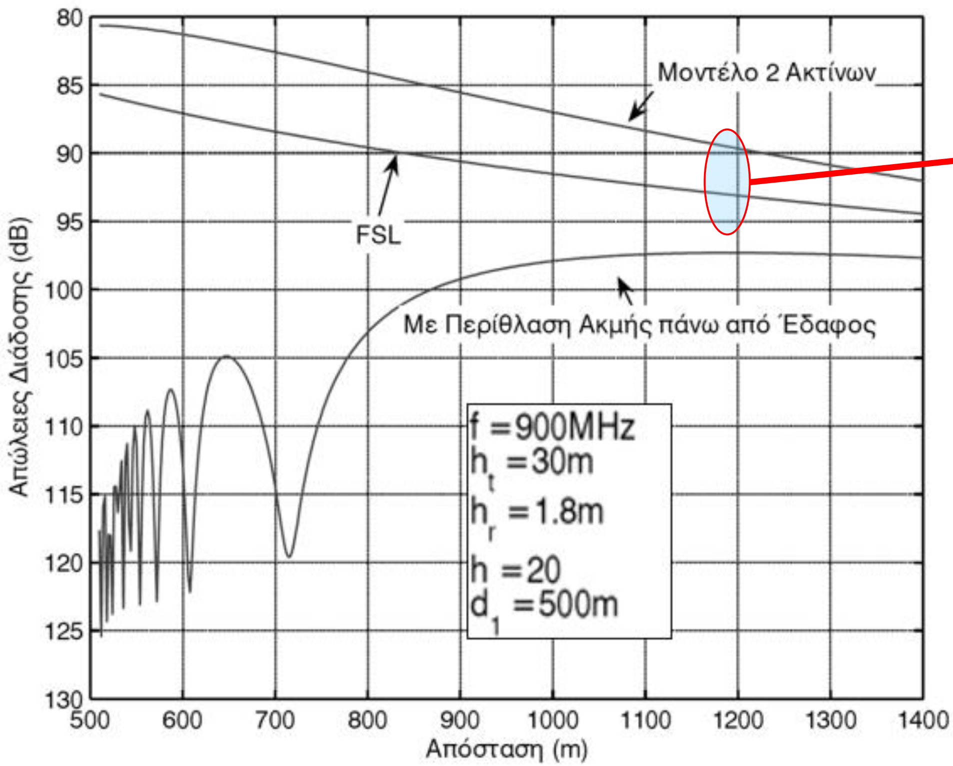
Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης
Επίπεδο έδαφος με εμπόδιο ευθείας ακμής

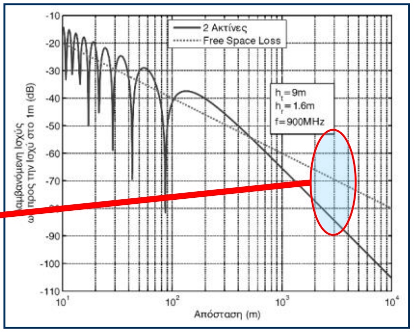


Οι απώλειες περίθλασης μειώνονται με την απόσταση. Παράδοξο;

Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης
Επίπεδο έδαφος με εμπόδιο ευθείας ακμής

Γιατί έχουμε λιγότερες απώλειες όσο απομακρυνόμαστε?



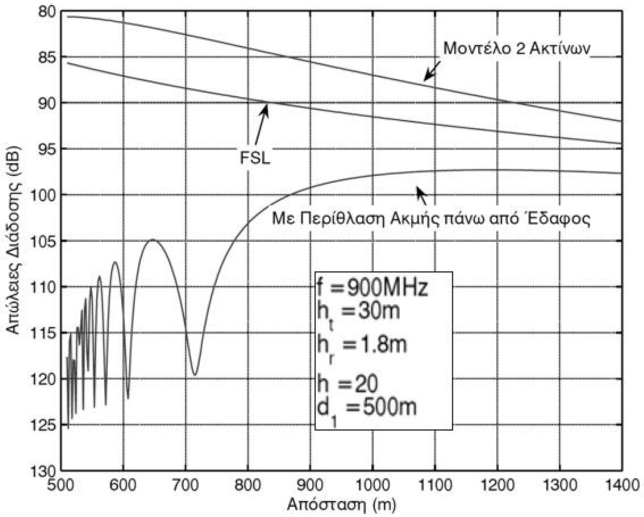


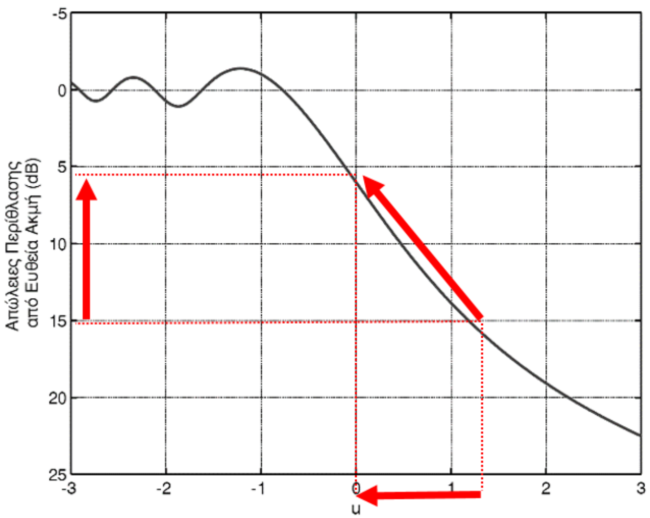
$$v = h\sqrt{\frac{2(d_1 + d_2)}{\lambda d_1 d_2}}$$

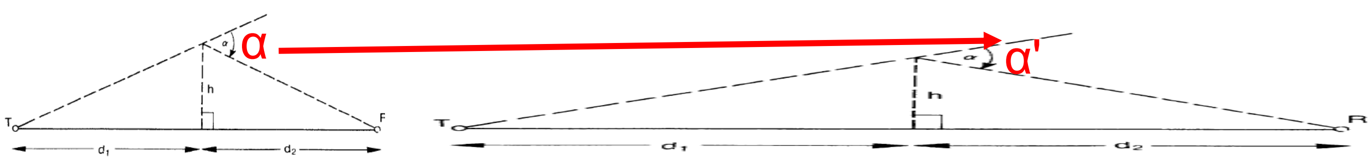
Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης
Επίπεδο έδαφος με εμπόδιο ευθείας ακμής

Γιατί έχουμε λιγότερες απώλειες όσο απομακρυνόμαστε?

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



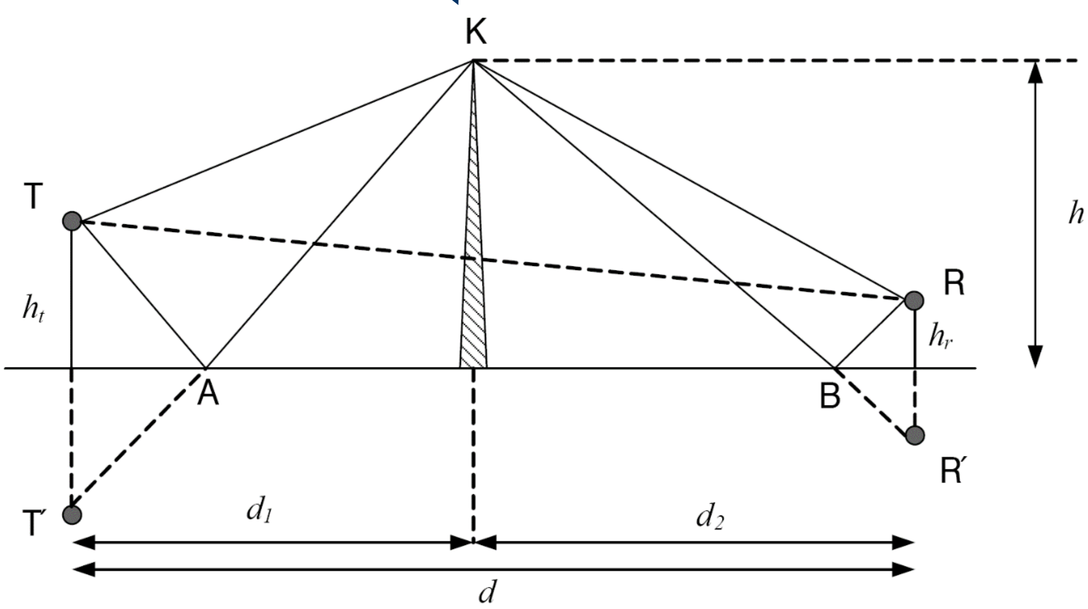




Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης
Επίπεδο έδαφος με εμπόδιο ευθείας ακμής

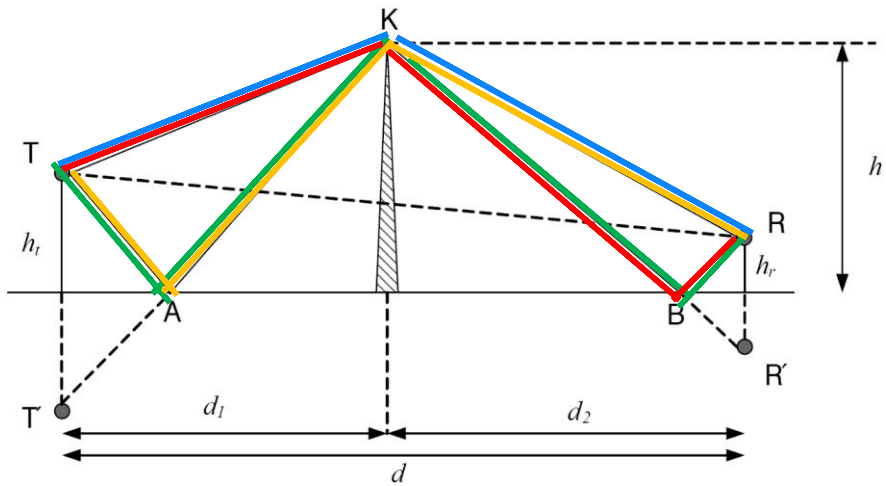
- Πόσες διαδρομές έχουμε για το κύμα μας?
- Είναι το σενάριο αυτό κατάλληλο για την χρήση του μοντέλου ray ground reflection (2 φορές)?

Όχι γιατί δεν είναι πομπός



-

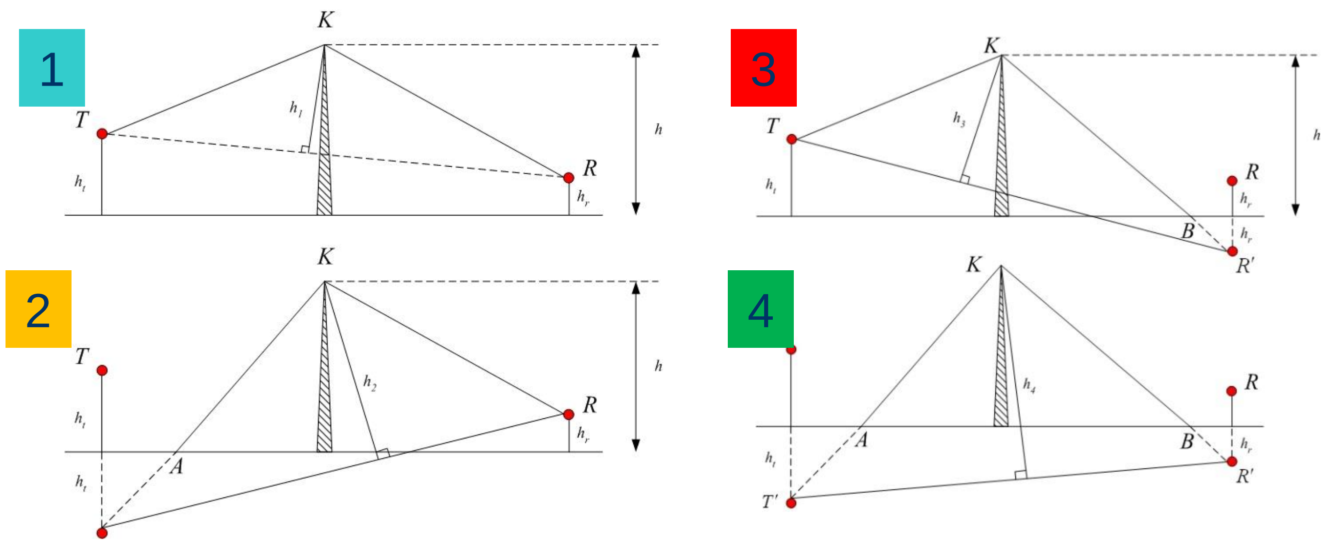
Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης
Επίπεδο έδαφος με εμπόδιο ευθείας ακμής



	Θέση Πομπού	Θέση Δέκτη	Απόσταση Ελεύθερου Χώρου r_n	Ύψος h_n	Συντ/στής Ανάκλασης
1	T	R	$TR=\sqrt{d^2+(h_t-h_r)^2}$	$h_1=h-\frac{h_t d_2+h_r d_1}{d}$	1
2	T'	R	$T'R=\sqrt{d^2+(h_t+h_r)^2}$	$h_2=h+\frac{h_t d_2-h_r d_1}{d}$	Γ_A
3	T	R'	$TR'=T'R$	$h_3=h-\frac{h_t d_2-h_r d_1}{d}$	Γ_B
4	T'	R'	$T'R'=TR$	$h_4=h+\frac{h_t d_2+h_r d_1}{d}$	$\Gamma_A\Gamma_B$

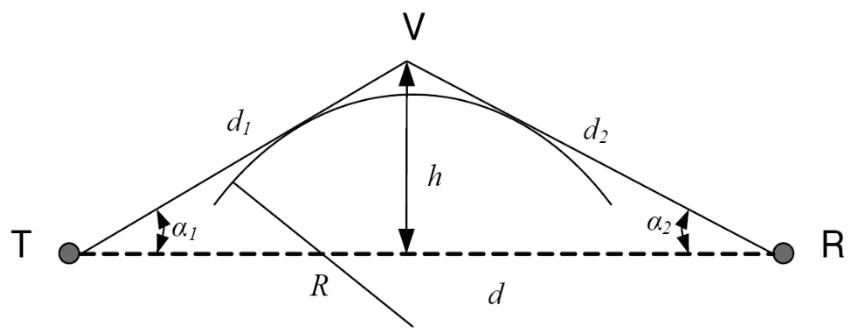
Υπολογισμοί από σχετικά λογισμικά

	Θέση Πομπού	Θέση Δέκτη	Απόσταση Ελεύθερου Χώρου r_n	Ύψος h_n	Συντ/στής Ανάκλασης
1	T	R	$TR=\sqrt{d^2+\left(h_t-h_r\right)^2}$	$h_1=h-\dfrac{h_t d_2+h_r d_1}{d}$	1
2	T'	R	$T'R=\sqrt{d^2+\left(h_t+h_r\right)^2}$	$h_2=h+\dfrac{h_t d_2-h_r d_1}{d}$	Γ_A
3	T	R'	$TR'=T'R$	$h_3=h-\dfrac{h_t d_2-h_r d_1}{d}$	Γ_B
4	T'	R'	$T'R'=TR$	$h_4=h+\dfrac{h_t d_2+h_r d_1}{d}$	$\Gamma_A\Gamma_B$



Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης
Περίθλαση από στρογγυλεμένο εμπόδιο

Απώλειες από στρογγυλεμένο εμπόδιο = Απώλειες από ευθεία ακμή + Παράγων T(m,n)



$$T(m,n) = 7.2m^{1/2} - (2 - 12.5n)m + 3.6m^{3/2} - 0.8m^2 \quad mn \le 4$$

$$T(m,n) = -6 - 20\log(mn) + 7.2m^{1/2} - (2 - 17n)m + 3.6m^{3/2} - 0.8m^2 \quad mn > 4$$

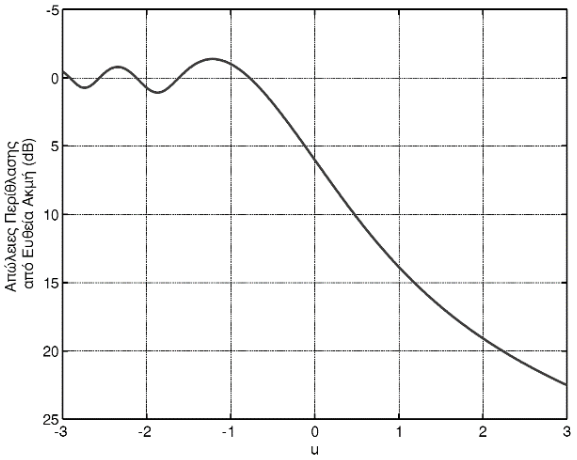
Προστίθεται στις απώλειες ευθείας ακμής

$$m = R\left[\frac{d_1 + d_2}{d_1 d_2}\right] \Big/ \left[\frac{\pi R}{\lambda}\right]^{1/3} \qquad n = h\left[\frac{\pi R}{\lambda}\right]^{2/3} \Big/ R$$

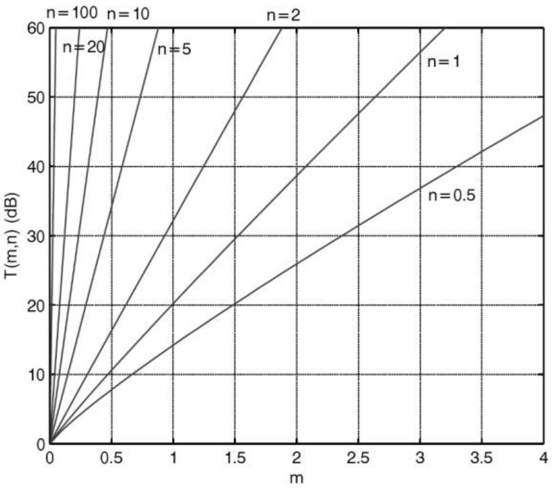
Recommendation ITU-R P.526-11

Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης
Περίθλαση από στρογγυλεμένο εμπόδιο

- Απώλειες από στρογγυλεμένο εμπόδιο = Απώλειες από ευθεία ακμή + Παράγων T(m,n)
-



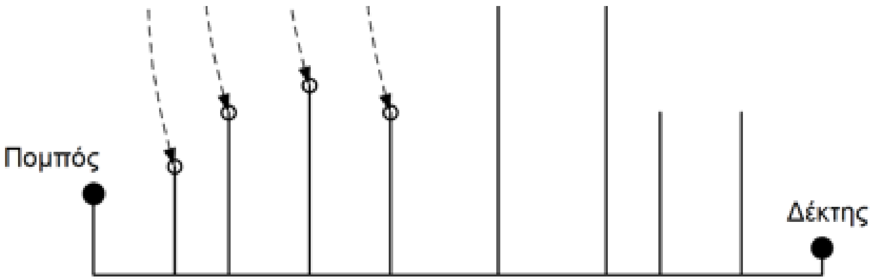
+



$R \to 0 \Rightarrow T(m,n) \to 0$

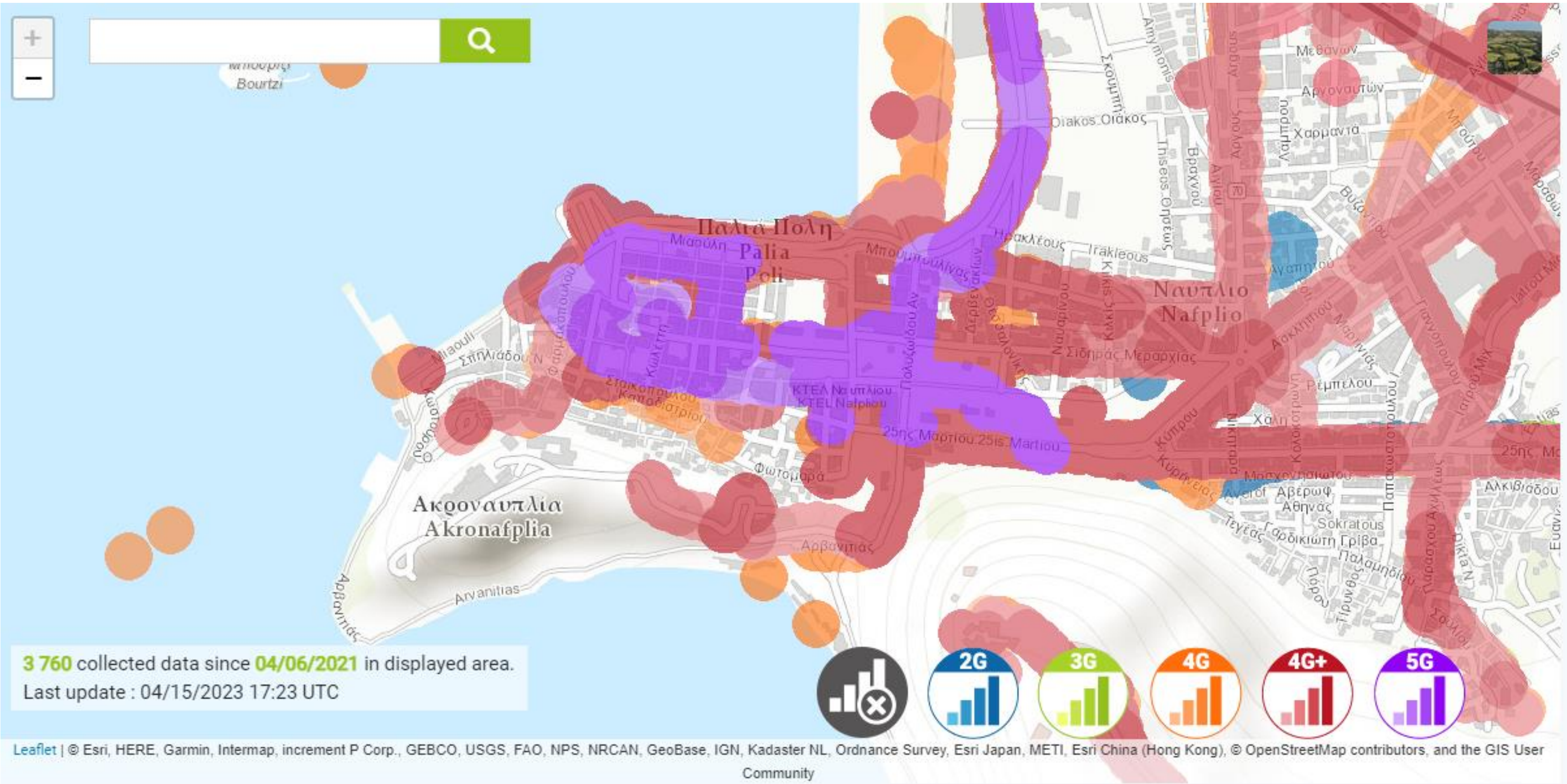
Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης
Περίθλαση από πολλαπλά εμπόδια ευθείας ακμής

εμπόδια ευθείας ακμής



Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης
Περίθλαση από πολλαπλά εμπόδια ευθείας ακμής

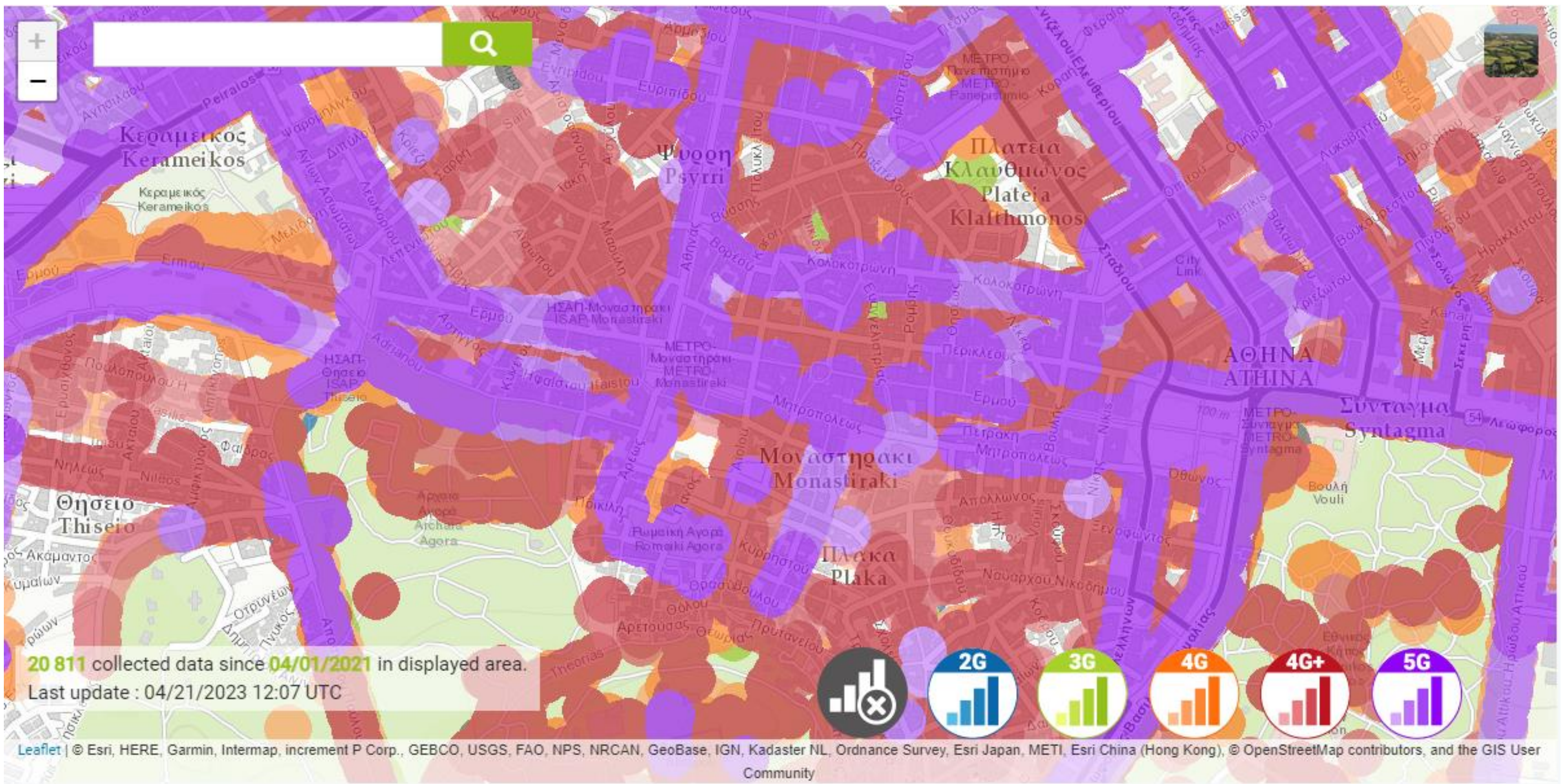
Παλιά πόλη Ναυπλίου



Nperf.com

Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης
Περίθλαση από πολλαπλά εμπόδια ευθείας ακμής

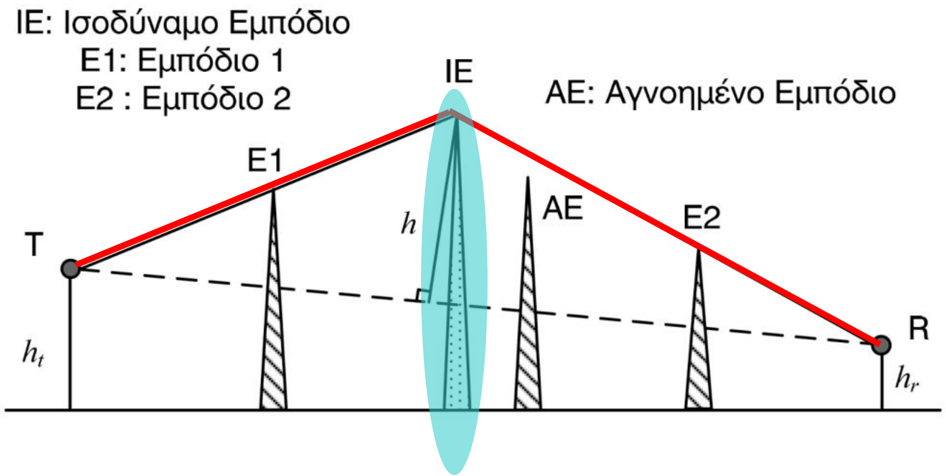
Κέντρο Αθήνας



Nperf.com

Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης
Περίθλαση από πολλαπλά εμπόδια ευθείας ακμής

- Προσέγγιση Bullington
  - Οι απώλειες περίθλασης ισοδυναμούν με τις απώλειες που θα προκαλούνταν από ένα εικονικό εμπόδιο που η κορυφή του προσδιορίζεται από το σημείο τομής των 2 ευθειών που ενώνουν ι) το πρώτο εμπόδιο από το πομπό και ιι) το τελευταίο εμπόδιο με τον δέκτη

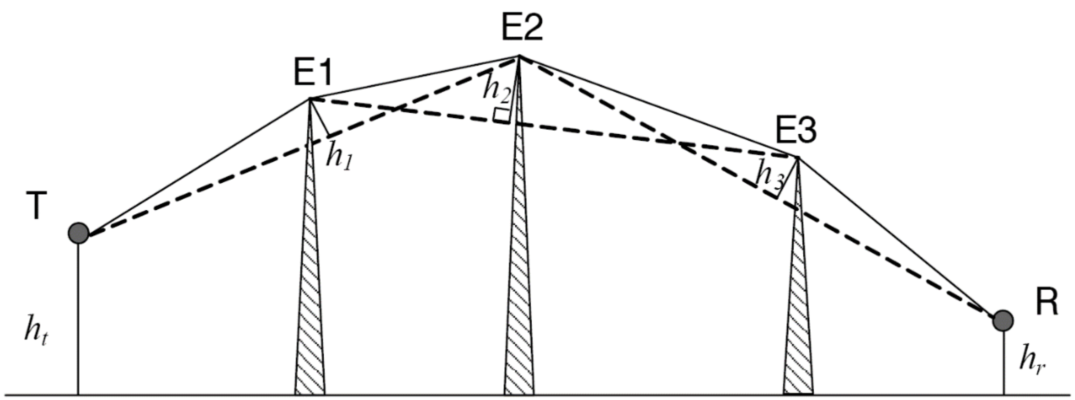


  - Αποτελέσματα πιο αισιόδοξα από την πραγματικότητα

Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης
Περίθλαση από πολλαπλά εμπόδια ευθείας ακμής

- **Προσέγγιση Epstein-Peterson**
  - Η συγκεκριμένη μέθοδος, υπολογίζει την εξασθένιση που προκαλείται από το κάθε εμπόδιο στη σειρά και στη συνέχεια τα αθροίζει, ώστε να βρεθεί η συνολική απώλεια

    Πολλαπλές εφαρμογές του τύπου του Lee

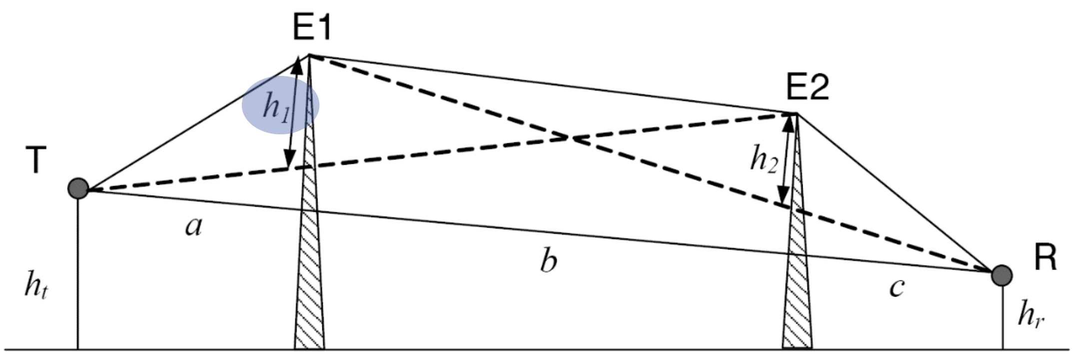


  - Η άθροιση των απωλειών σε λογαριθμική κλίμακα υπονοεί εκθετική αύξηση των απωλειών για γραμμική αύξηση των εμποδίων, κάτι μη ρεαλιστικό
  - Για κοντινή απόσταση 2 εμποδίων τα αποτελέσματα δεν είναι ικανοποιητικά

Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης
Περίθλαση από πολλαπλά εμπόδια ευθείας ακμής

- Προσέγγιση Epstein-Peterson για 2 εμπόδια με διόρθωση Millington
  - Πρόσθεση ενός διορθωτικού παράγοντα που ορίζεται ως εξής:

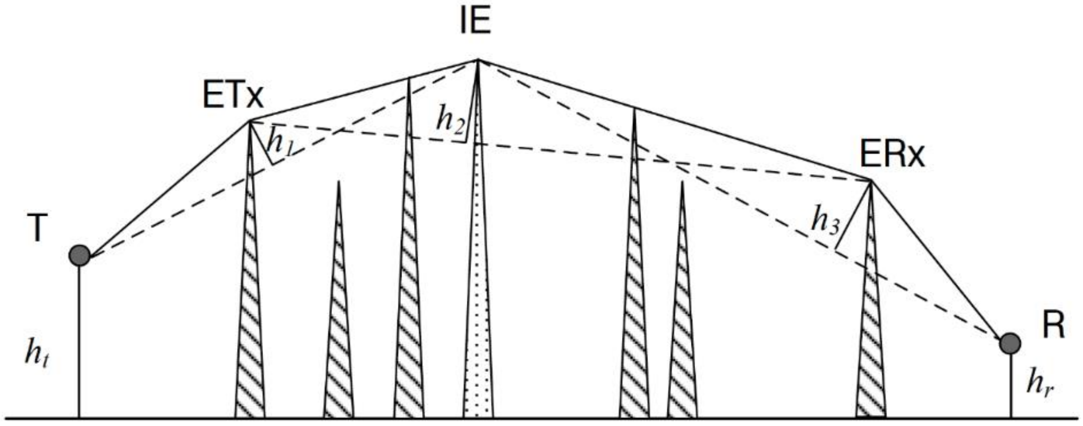
$$L = 10log\left[\frac{(a+b)(b+c)}{b(a+b+c)}\right]$$



  - Ικανοποιητικά αποτελέσματα όταν $L_{\mathrm{E1}}, L_{\mathrm{E2}}$ > 15 dB
  - Καλυτέρα αποτελέσματα όταν $L_{\mathrm{E1}} \approx L_{\mathrm{E2}}$

Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης
Περίθλαση από πολλαπλά εμπόδια ευθείας ακμής

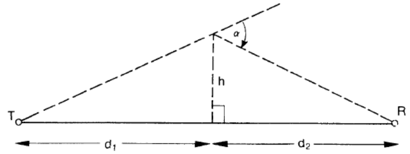
- Προσέγγιση Edwards-Durkin
  - Epstein-Peterson + Bullington
  - Για έως τρία εμπόδια χρήση του Epstein-Peterson
  - Για τέσσερα ή παραπάνω τα δυο εμπόδια δίπλα στις κεραίες υπολογίζονται με την μέθοδο Epstein-Peterson και τα ενδιάμεσα με τη μέθοδο Bullington. Μετά γίνεται άθροιση όπως στη μέθοδο Epstein-Peterson.



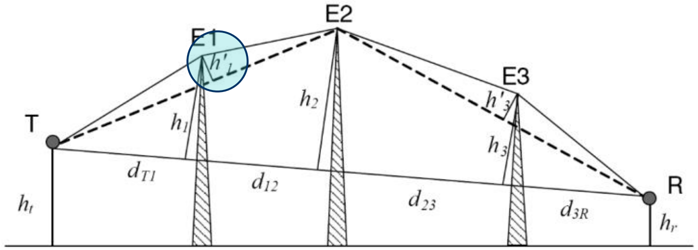
Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης
Περίθλαση από πολλαπλά εμπόδια ευθείας ακμής

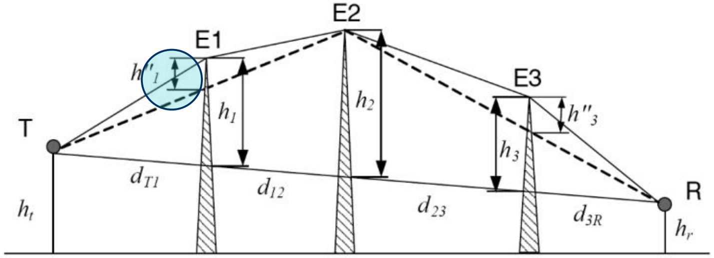
- Προσέγγιση Deygout
- Εύρεση κύριας ακμής (με το μεγαλύτερο v – συντελεστή Fresnel-Kirchoff)

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



- Για τα δύο μέρη της ζεύξης εκατέρωθεν την κύρια ακμής, η ακμή παίζει ρολό πομπού ή δέκτη και υπολογίζουμε για κάθε εμπόδιο ξεχωριστά
- Εναλλακτικός υπολογισμός υψών

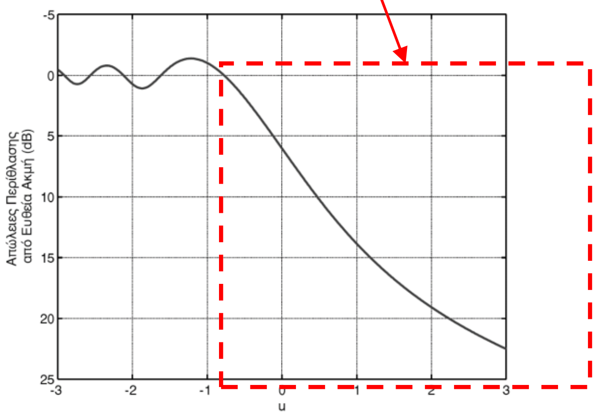


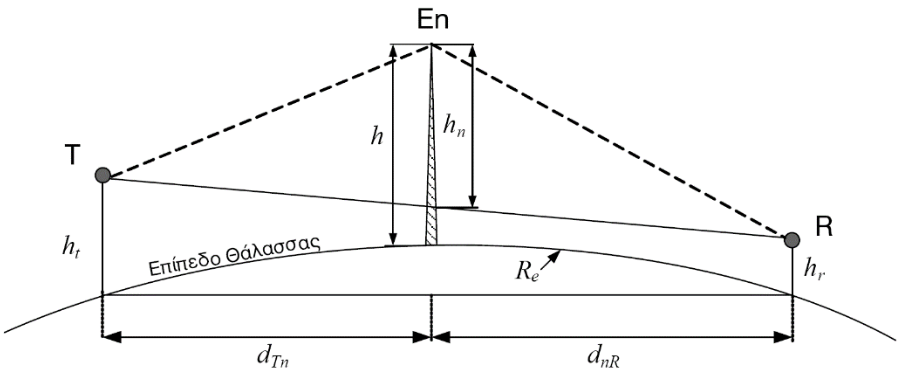


- σε σχέση με τις άλλες μεθόδους δεν υποτιμά το μέγεθος των πραγματικών απωλειών
- υποτιμά τις απώλειες αν τα εμπόδια είναι κοντά

Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης
Περίθλαση από πολλαπλά εμπόδια ευθείας ακμής

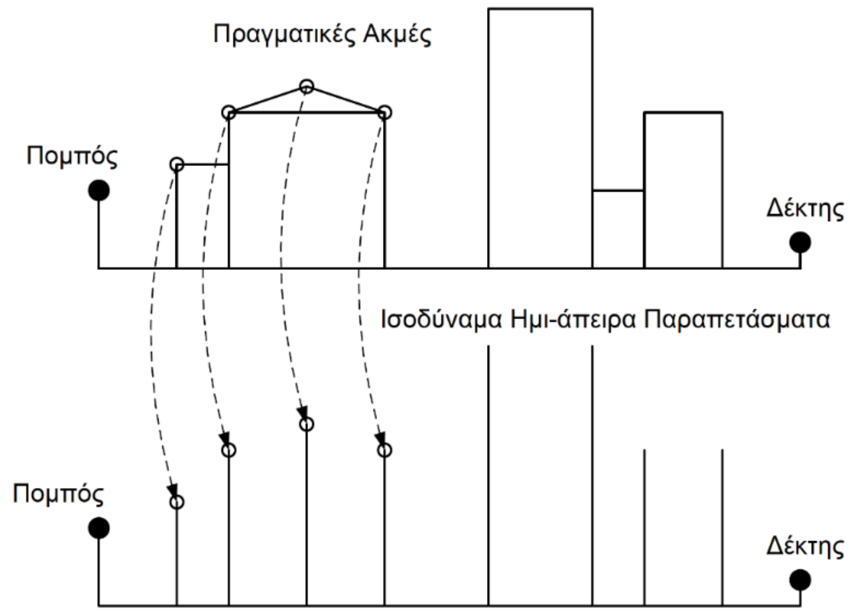
- Υιοθέτηση Προσέγγισης Deygout από ITU-R P.526
  - Βήμα 1: εύρεση κύρια ακμής όπως η προσέγγιση Deygout
  - Βήμα 2: εύρεση δευτερευόντων κύριων ακμών για τις εκατέρωθεν ακμές της κύριας ακμής
  - αν $\nu_{\text{κύρια ακμής}} > -0.78$
    - $L = L_{\kappa\acute{\upsilon}\rho\iota\alpha\varsigma\ \alpha\kappa\mu\eta\varsigma} + T\,(L_{1\eta\varsigma\ \delta\varepsilon\upsilon\tau} + L_{2\eta\varsigma\ \delta\varepsilon\upsilon\tau} + C)$
    - $C = 10 + 0.04d$
    - $T = 1 - e^{(-L_{\kappa\acute{\upsilon}\rho\iota\alpha\varsigma\ \alpha\kappa\mu\eta\varsigma}/6)}$





Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης
Περίθλαση σε αστικό περιβάλλον

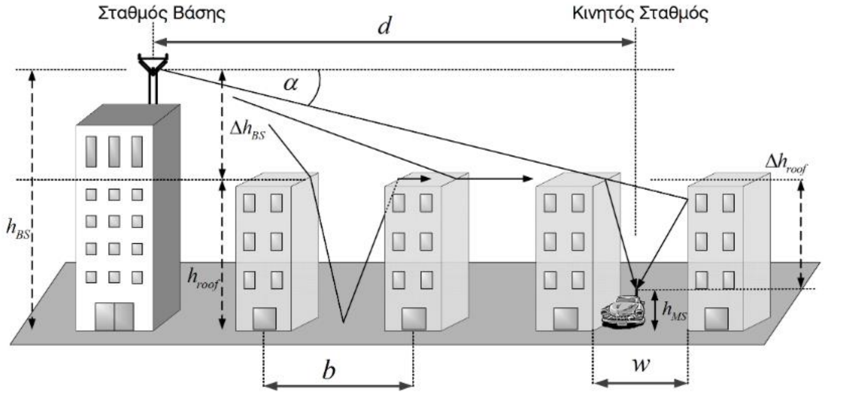
- Μοντέλο Walfisch-Bertoni
  - Τα κτήρια θεωρούνται μια σειρά παραπετασμάτων
  - Ενδιάμεσα κτήρια ιδίου ύψους

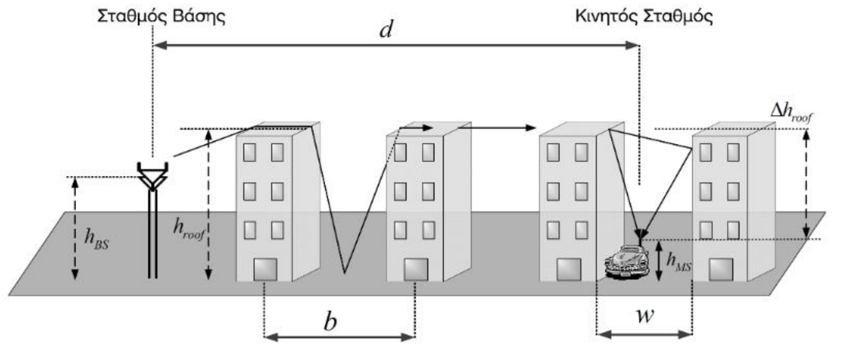


$$\mathrm{L} = \mathrm{L}_{FSL} + \mathrm{L}_{\varepsilon\nu\delta\iota\alpha\mu\varepsilon\sigma\alpha\ \kappa\tau\eta\rho\iota\alpha} + \mathrm{L}_{\tau\varepsilon\lambda\varepsilon\upsilon\tau\alpha\iota\omicron\ \kappa\tau\eta\rho\iota\omicron}$$

Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης
Περίθλαση σε αστικό περιβάλλον

- Μοντέλο Walfisch-Bertoni
  - 2 περιπτώσεις
    - Σταθμός βάσης πάνω από το ύψος των κτηρίων
    - Σταθμός βάσης σε μικρότερο ύψος από αυτό των κτηρίων





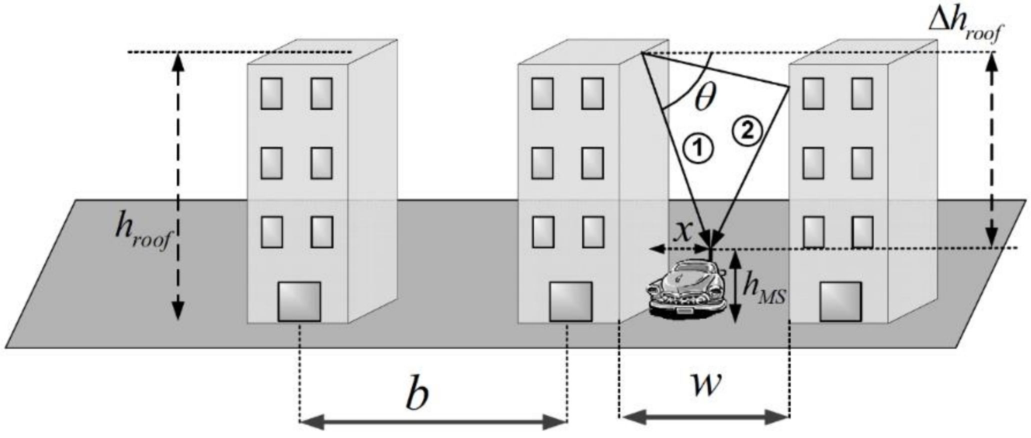
Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης
Περίθλαση σε αστικό περιβάλλον

- Μοντέλο Walfisch-Bertoni
  - 2 περιπτώσεις
    - Σταθμός βάσης πάνω από το ύψος των κτηρίων
    - Σταθμός βάσης σε μικρότερο ύψος από αυτό των κτηρίων

$$\mathrm{L} = \mathrm{L}_{FSL} + \mathrm{L}_{\varepsilon\nu\delta\iota\alpha\mu\varepsilon\sigma\alpha\ \kappa\tau\eta\rho\iota\alpha} + \mathrm{L}_{\tau\varepsilon\lambda\varepsilon\upsilon\tau\alpha\iota o\ \kappa\tau\eta\rho\iota o}$$

$$\downarrow$$

$$\mathrm{L}_{\tau\varepsilon\lambda\varepsilon\upsilon\tau\alpha\iota o\ \kappa\tau\eta\rho\iota o} = \mathrm{f}(\theta, \mathrm{G}_{bs}(\theta), \mathrm{h}_{roof}, \mathrm{h}_{ms}, \lambda)$$

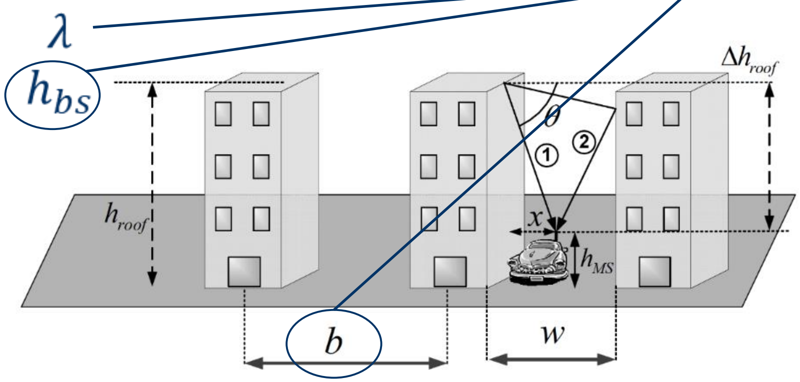


Αναλυτικά μοντέλα – Απώλειες περίθλασης
Περίθλαση σε αστικό περιβάλλον

- Μοντέλο Walfisch-Bertoni
  - 2 περιπτώσεις
    - Σταθμός βάσης πάνω από το ύψος των κτηρίων
    - Σταθμός βάσης σε μικρότερο ύψος από αυτό των κτηρίων

$$\mathrm{L} = \mathrm{L}_{FSL} + \mathrm{L}_{\varepsilon\nu\delta\iota\alpha\mu\varepsilon\sigma\alpha\ \kappa\tau\eta\rho\iota\alpha} + \mathrm{L}_{\tau\varepsilon\lambda\varepsilon\upsilon\tau\alpha\iota\omicron\ \kappa\tau\eta\rho\iota\omicron}$$

$$\mathrm{L}_{\varepsilon\nu\delta\iota\alpha\mu\varepsilon\sigma\alpha\ \kappa\tau\eta\rho\iota\alpha} = -10Log(\mathrm{G}_{bs}Q^2)$$



$$h_{bs} > \sqrt{\lambda b}$$

$$\Downarrow$$

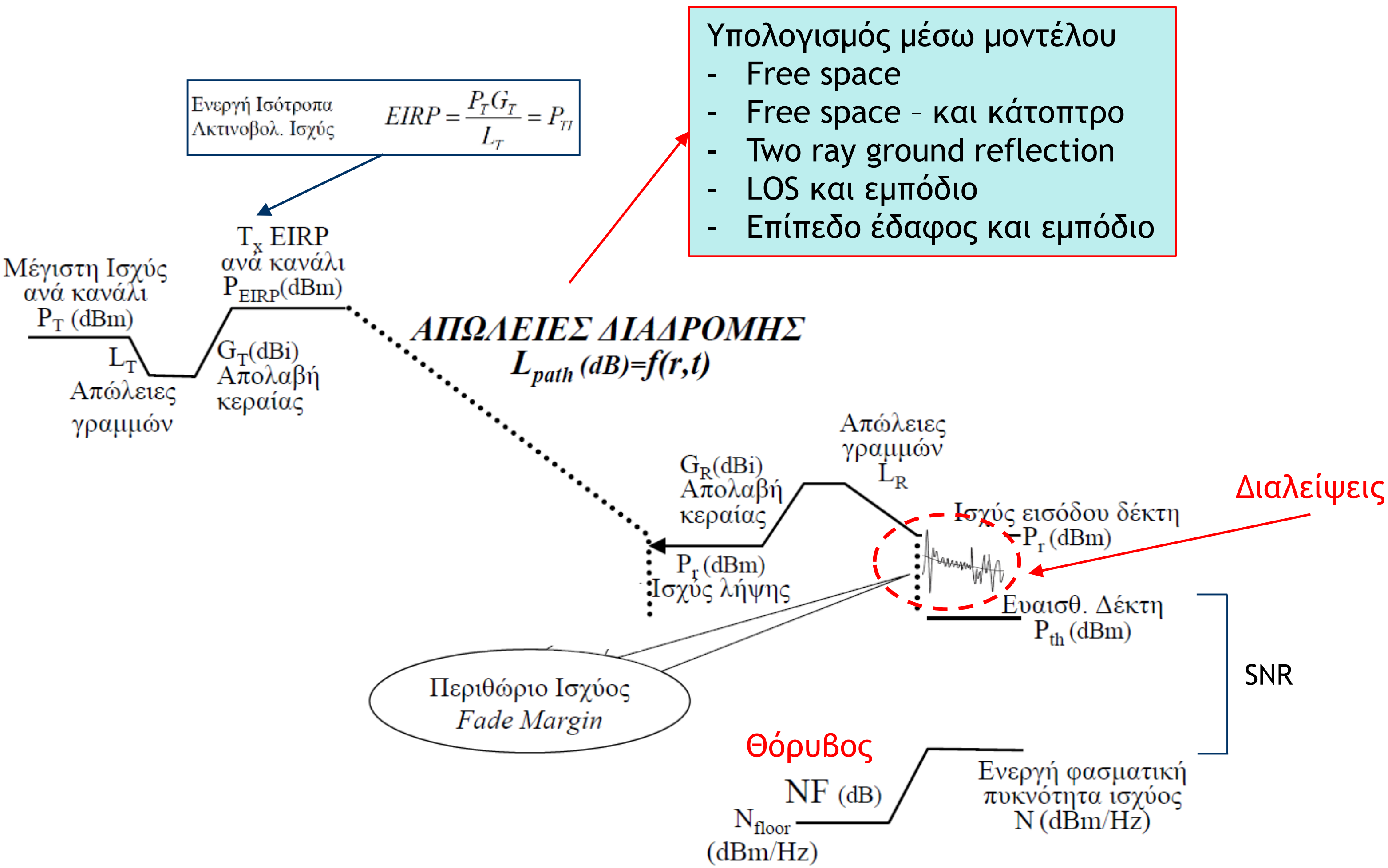
$$Q = Q_E$$

$$h_{bs} < \sqrt{\lambda b}$$

$$\Downarrow$$

$$Q = Q_L$$

Ισοζύγιο Ζεύξης (Link budget)



Θόρυβος δέκτη: Noise floor (αναπόφευκτο) + Noise figure (κατασκευαστικό)