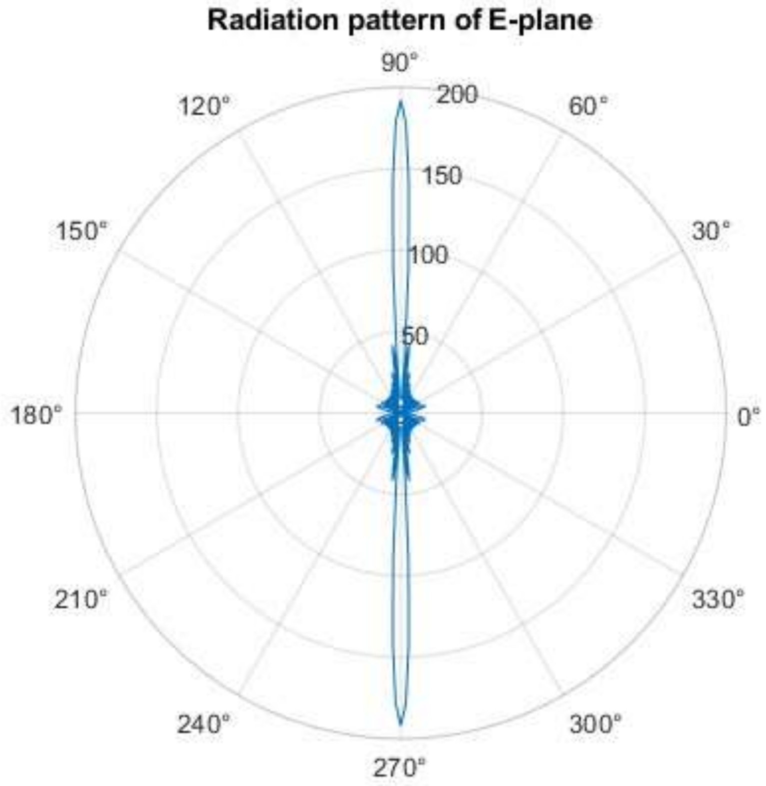
<u>Σειρά 1 Προαιρετικών Εργασιών</u>

Κουτσουμπίδης Αθανάσιος
ΑΕΜ: 10419
athanasnk@ece.auth.gr

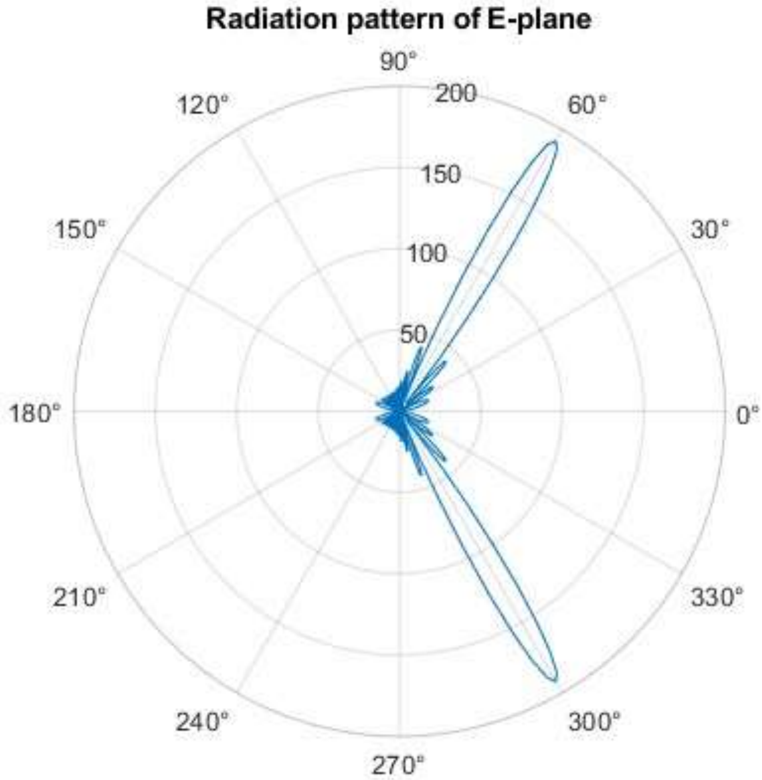
1.1 Δισδιάστατες Στοιχειοκεραίες

α) Οριζόντια διαγράμματα ακτινοβολίας

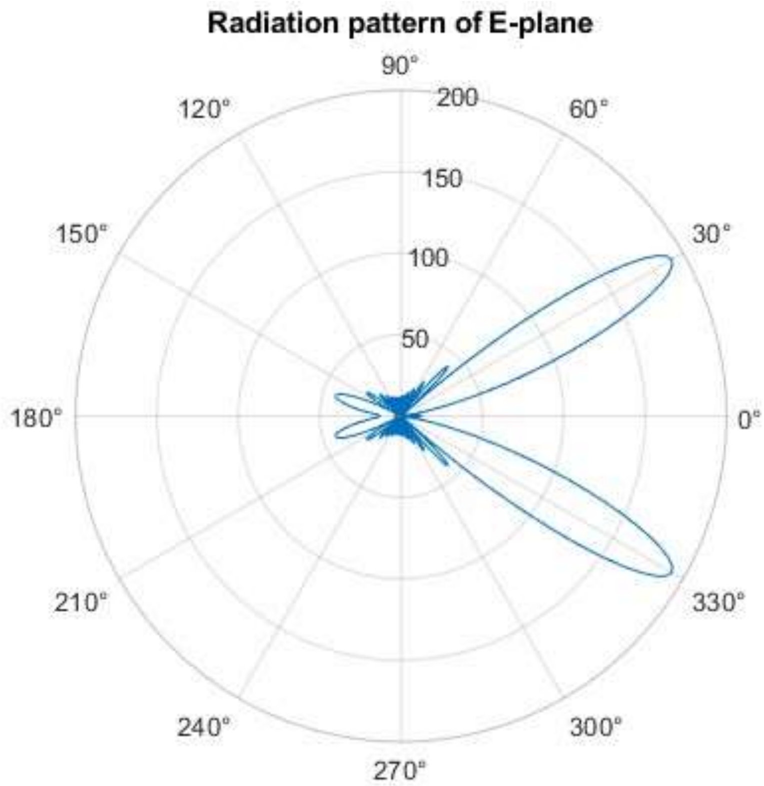


Απόσταση λ/2 και θ=0°

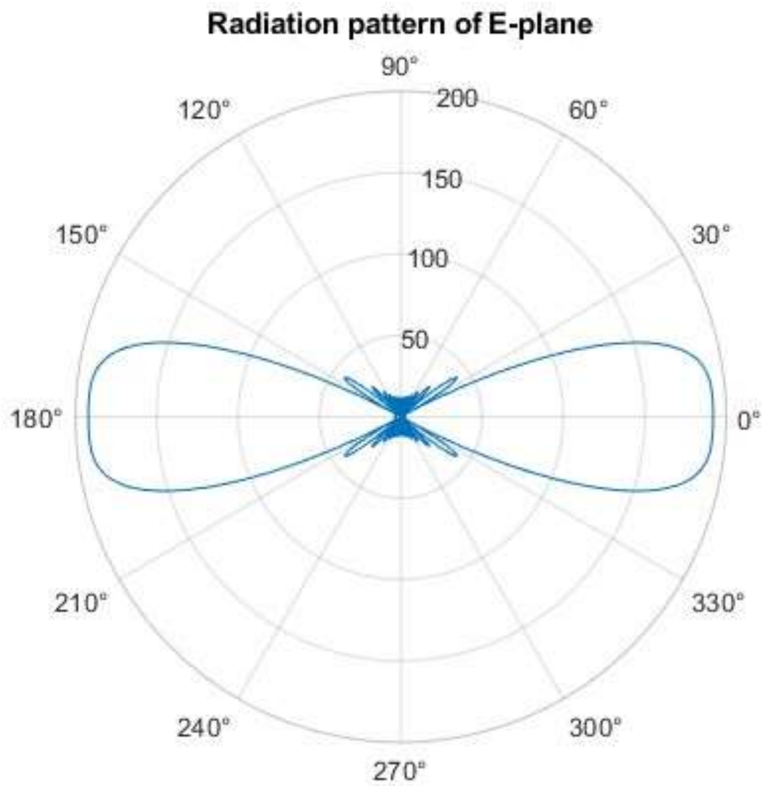
Όπου θ, η γωνία ως προς τον άξονα τον κάθετο στο επίπεδο της στοιχειοκεραίας



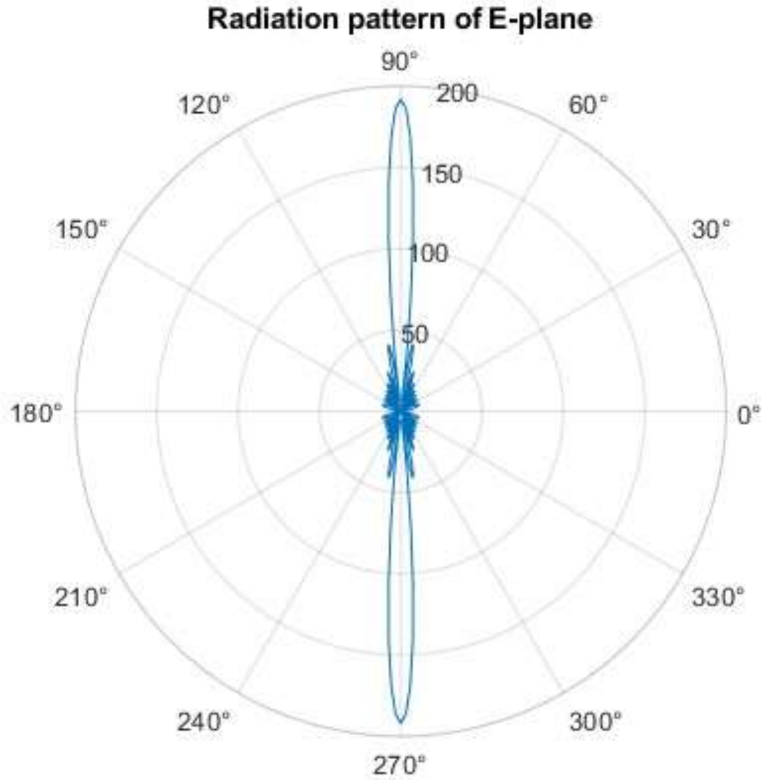
Απόσταση λ/2 και θ=30°



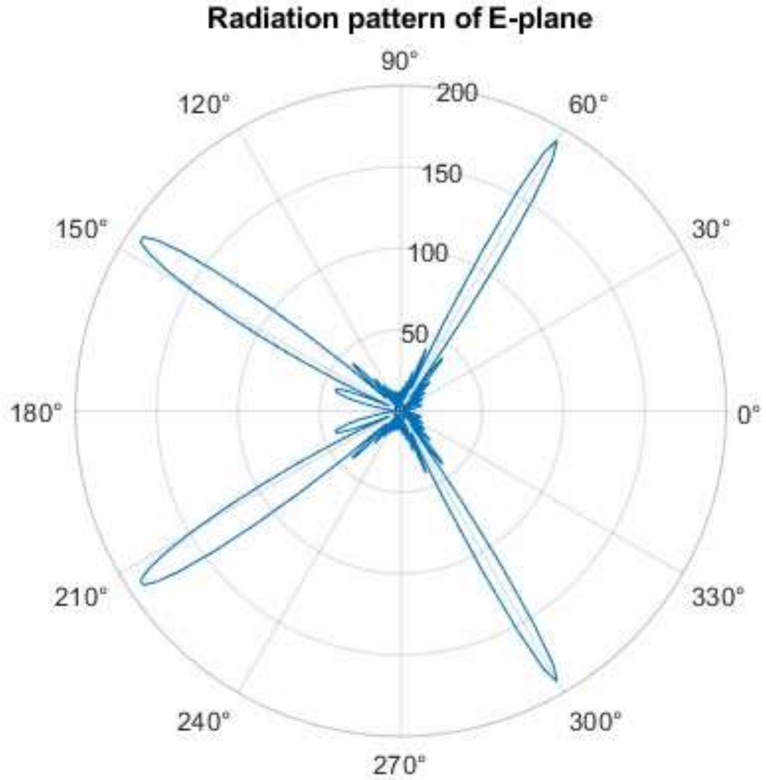
Απόσταση λ/2 και θ=60°



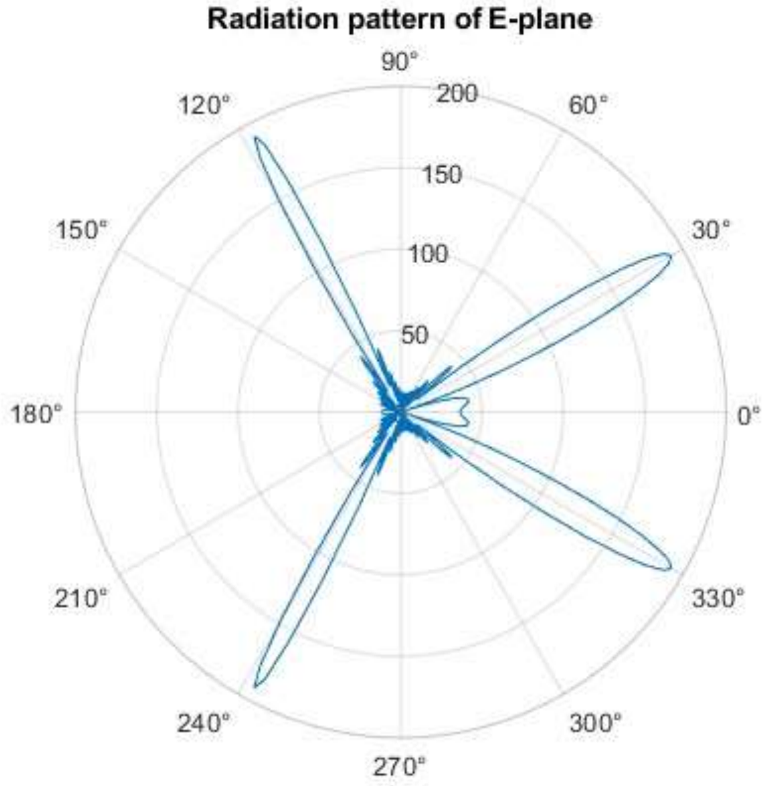
Απόσταση $\lambda/2$ και θ=90°



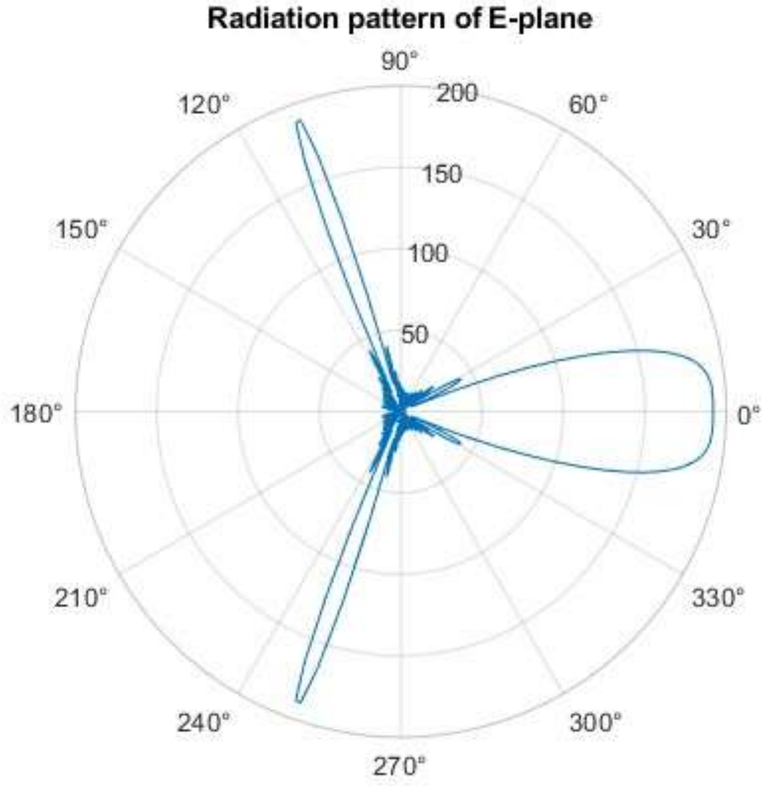
Απόσταση 3λ/4 και θ=0°



Απόσταση 3λ/4 και θ=30°

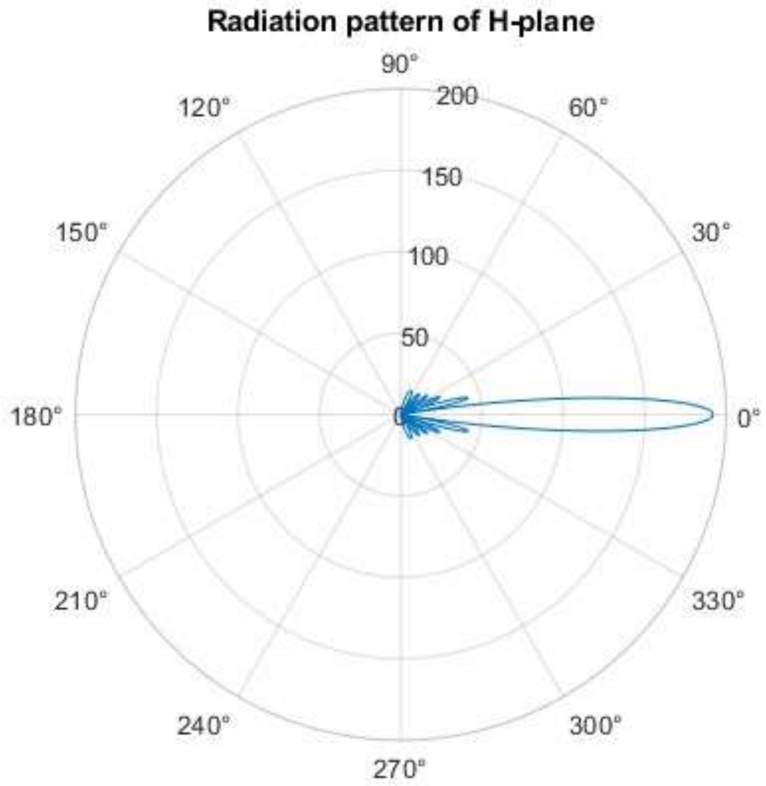


Απόσταση 3λ/4 και θ=60°

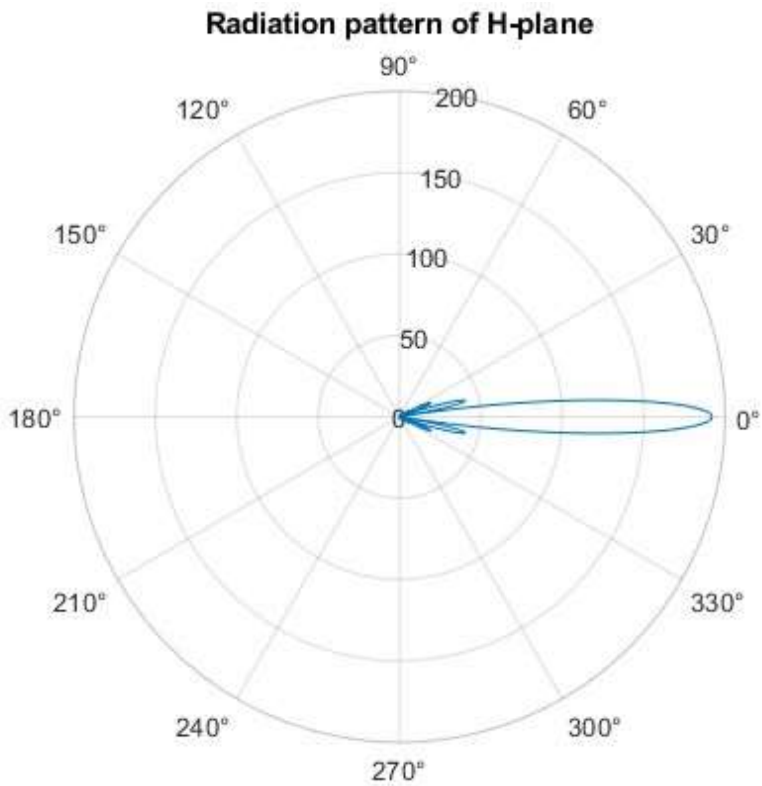


Απόσταση 3λ/4 και θ=90°

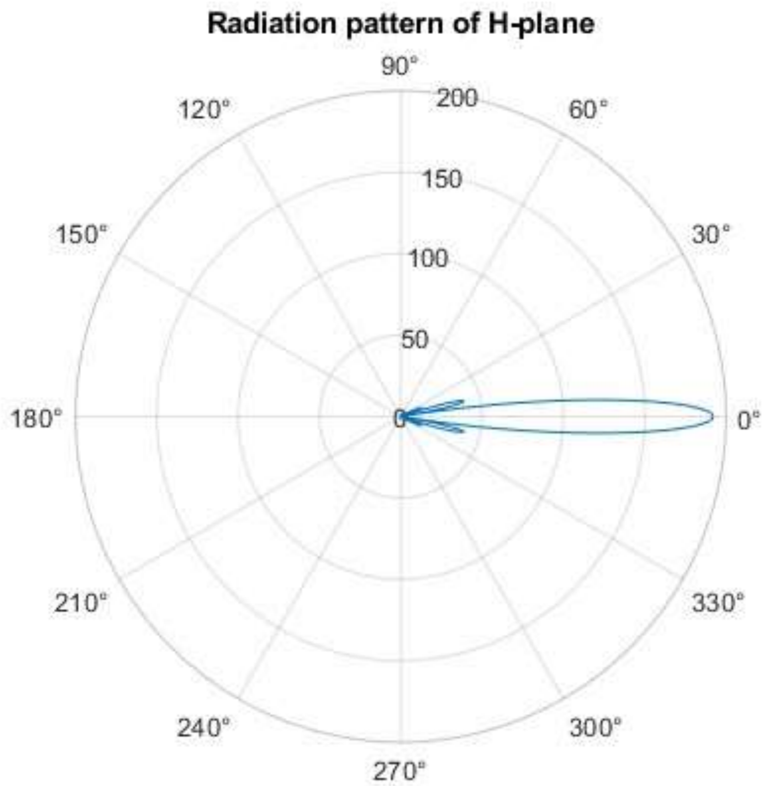
<u>Κατακόρυφα διαγράμματα ακτινοβολίας</u>



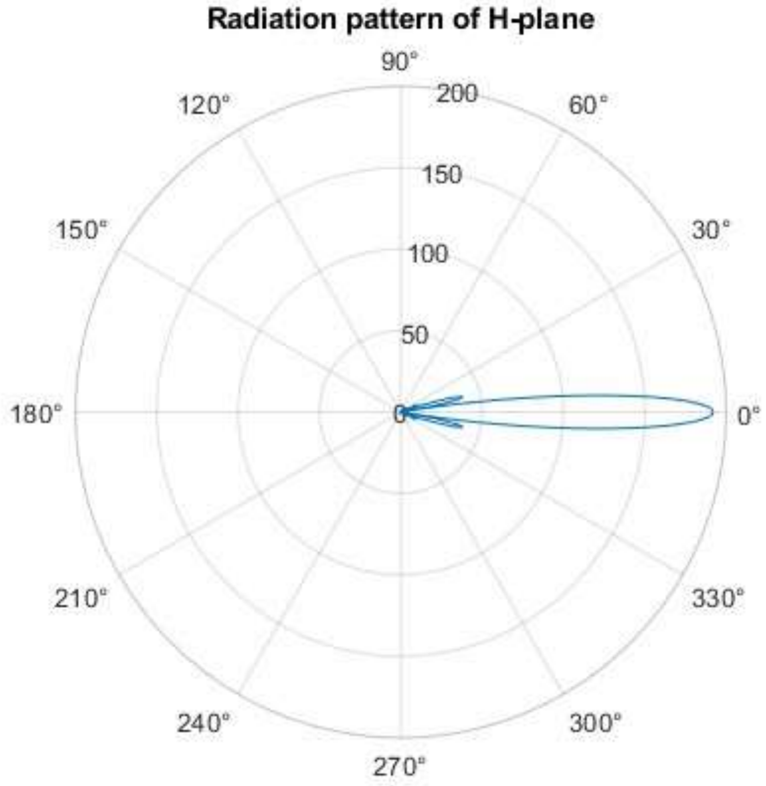
Απόσταση $\lambda/2$ και $\theta=90°$



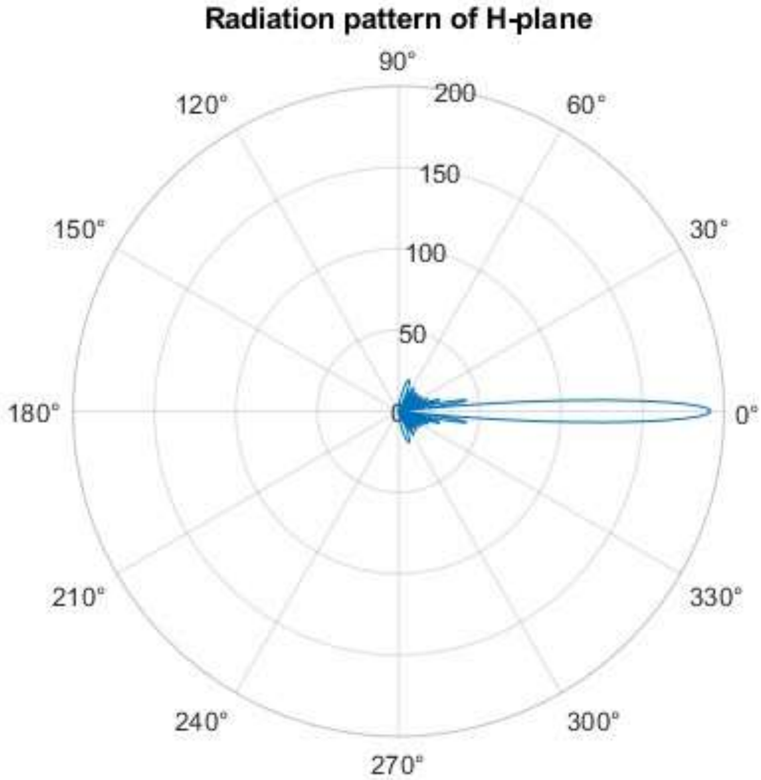
Απόσταση λ/2 και θ=30°



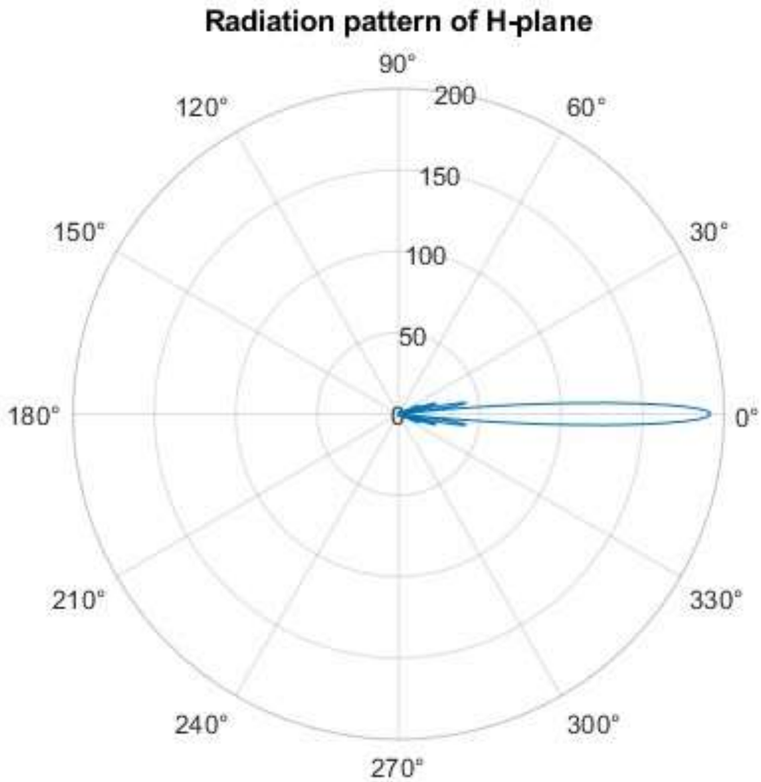
Απόσταση λ/2 και θ=60°



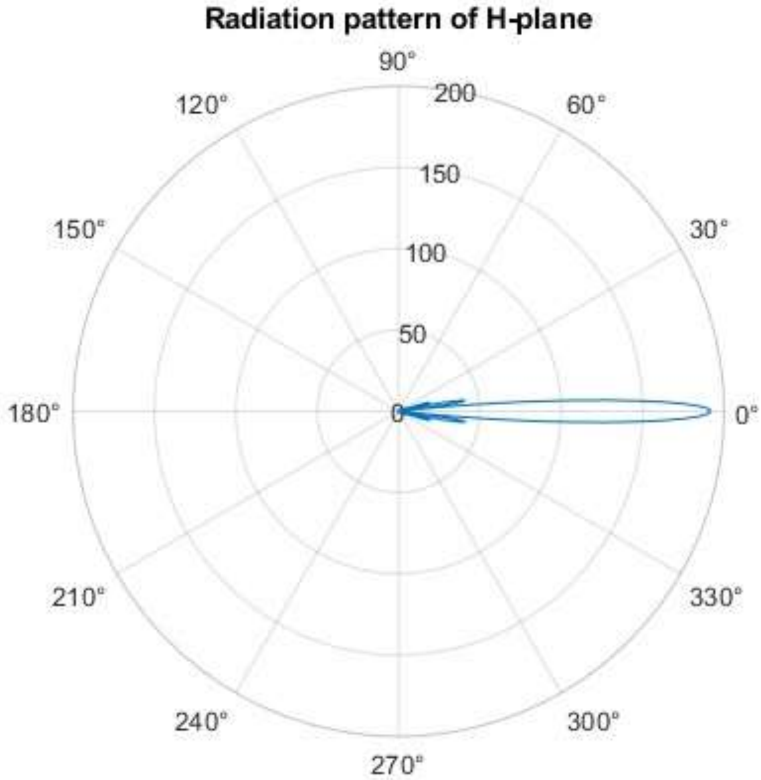
Απόσταση $\lambda/2$ *και* $\theta=90°$



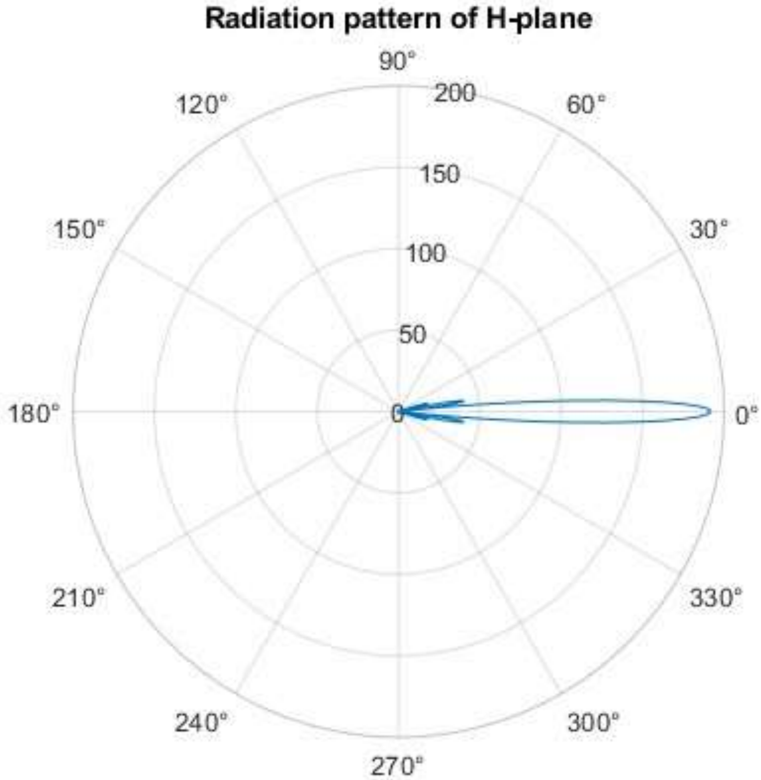
Απόσταση 3λ/4 και θ=0°



Απόσταση 3λ/4 και θ=30°

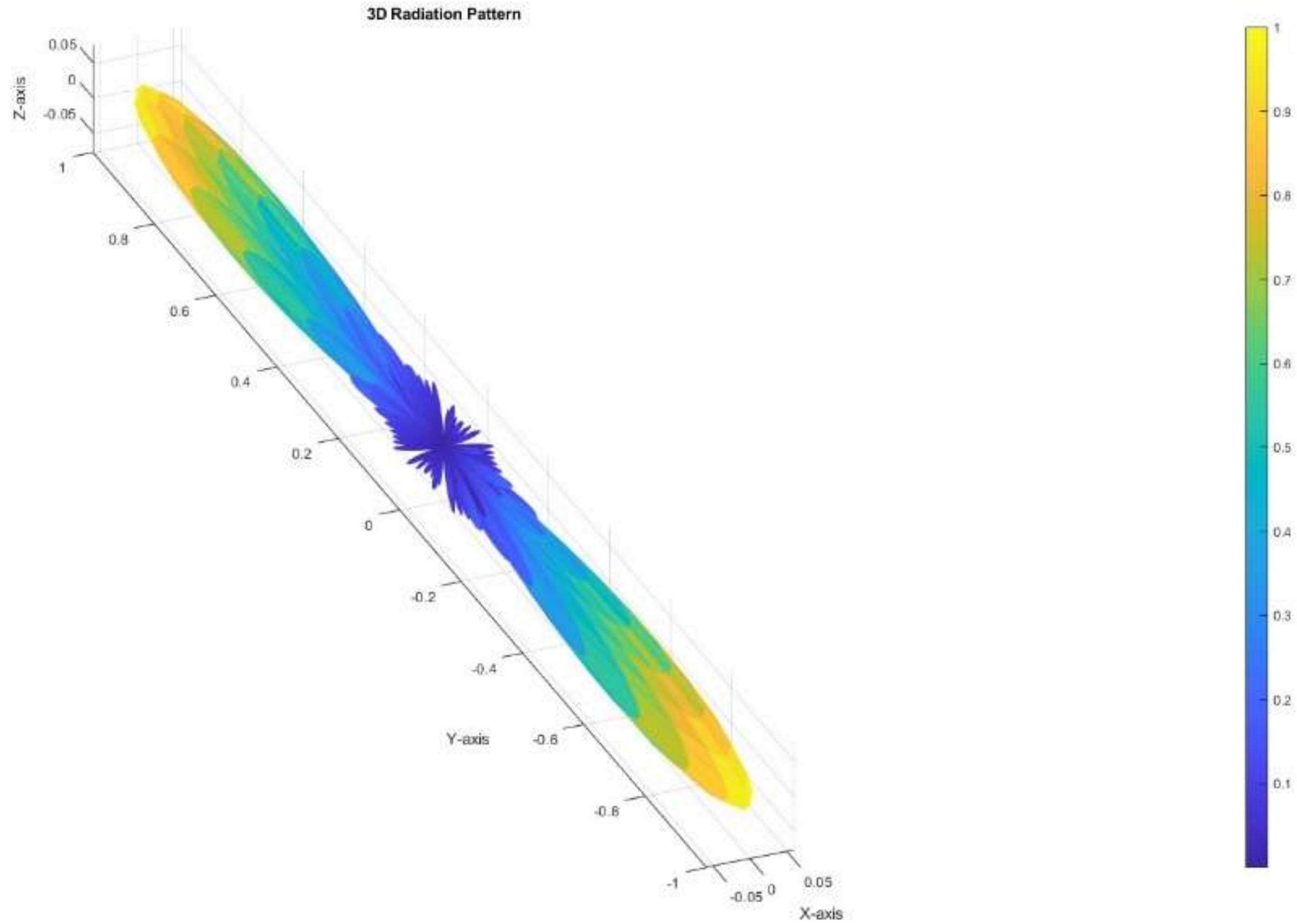


Απόσταση 3λ/4 και θ=60°

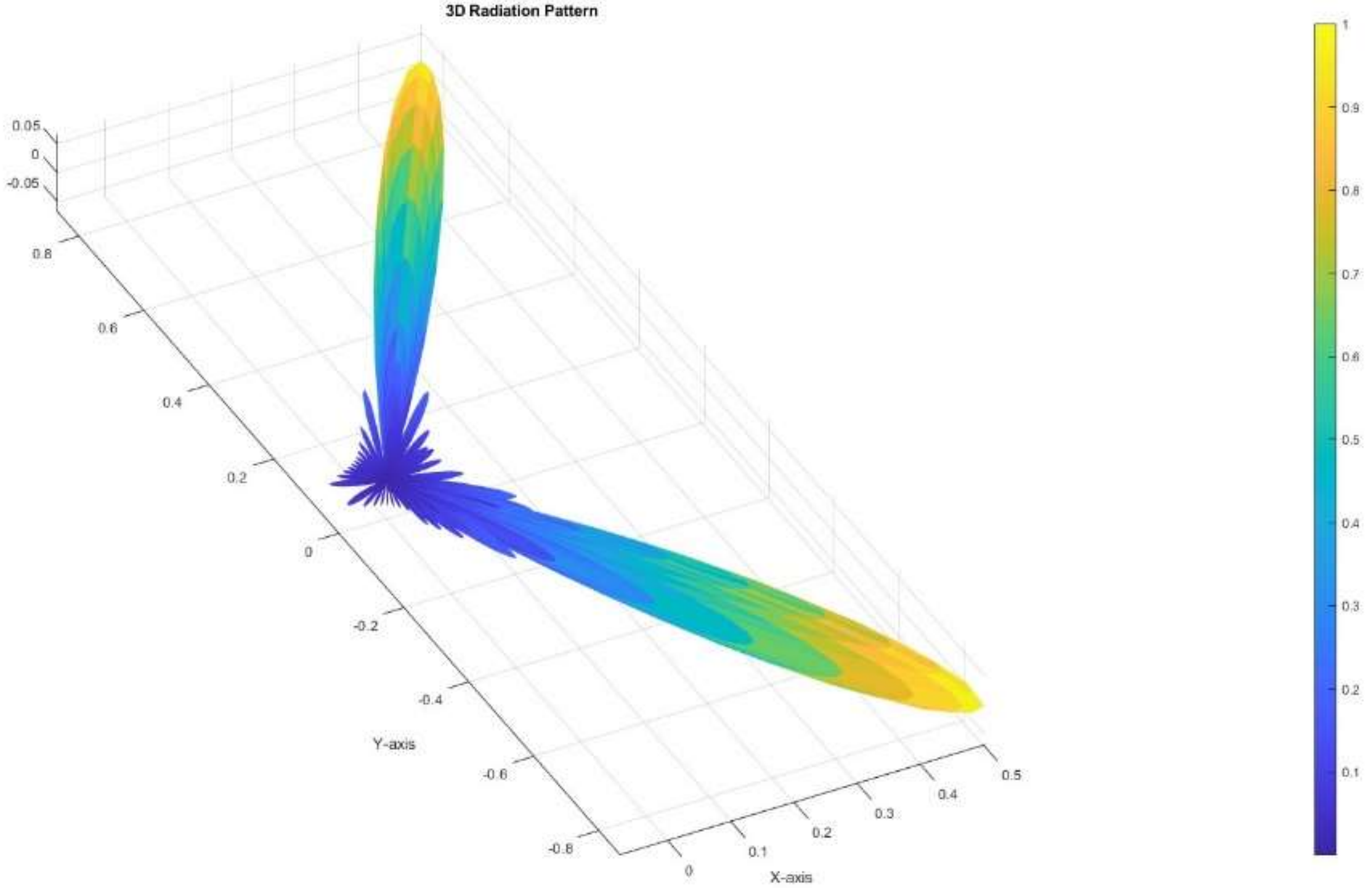


Απόσταση 3λ/4 και θ=90°

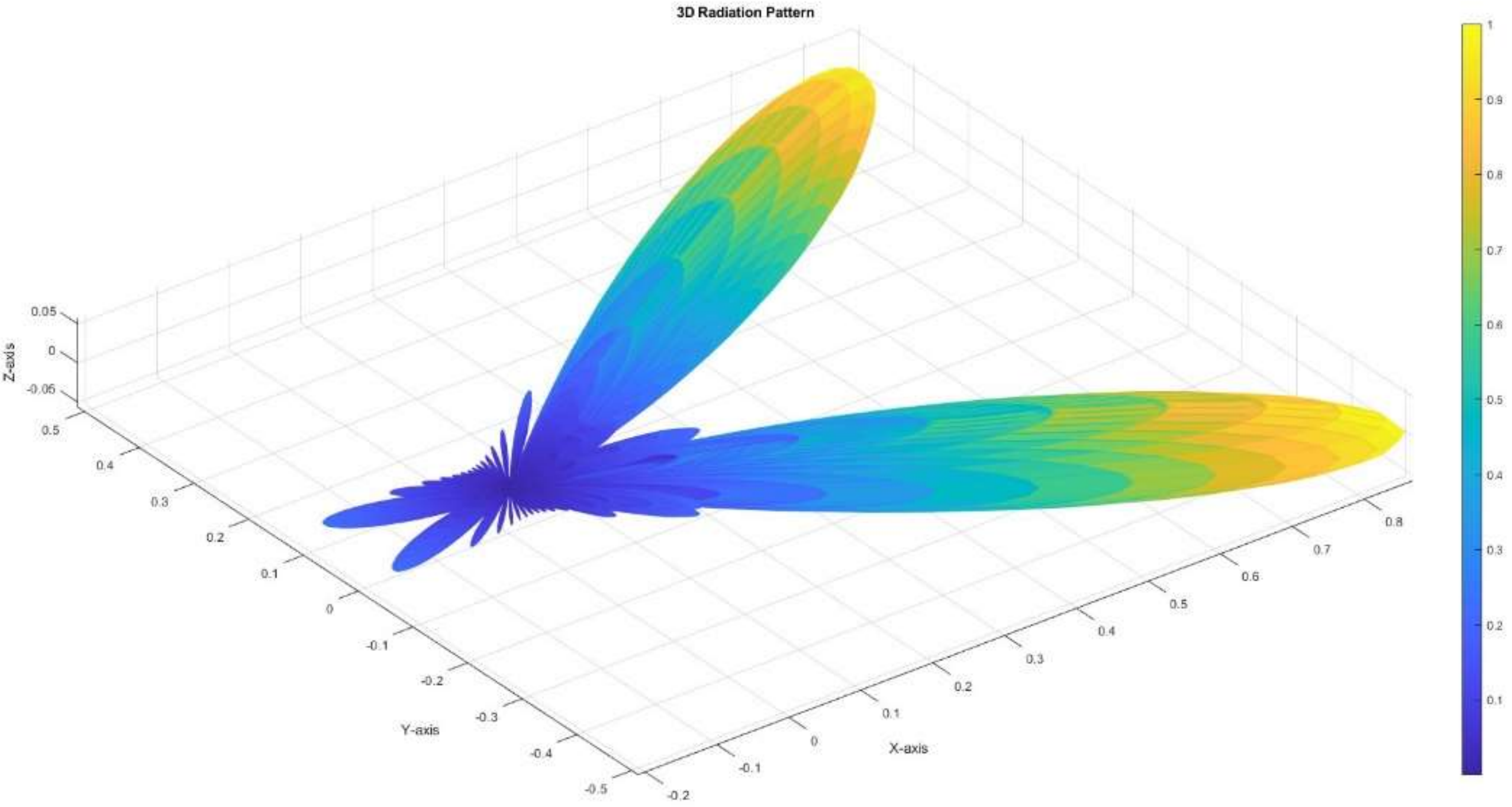
β) 3D διαγράμματα ακτινοβολίας



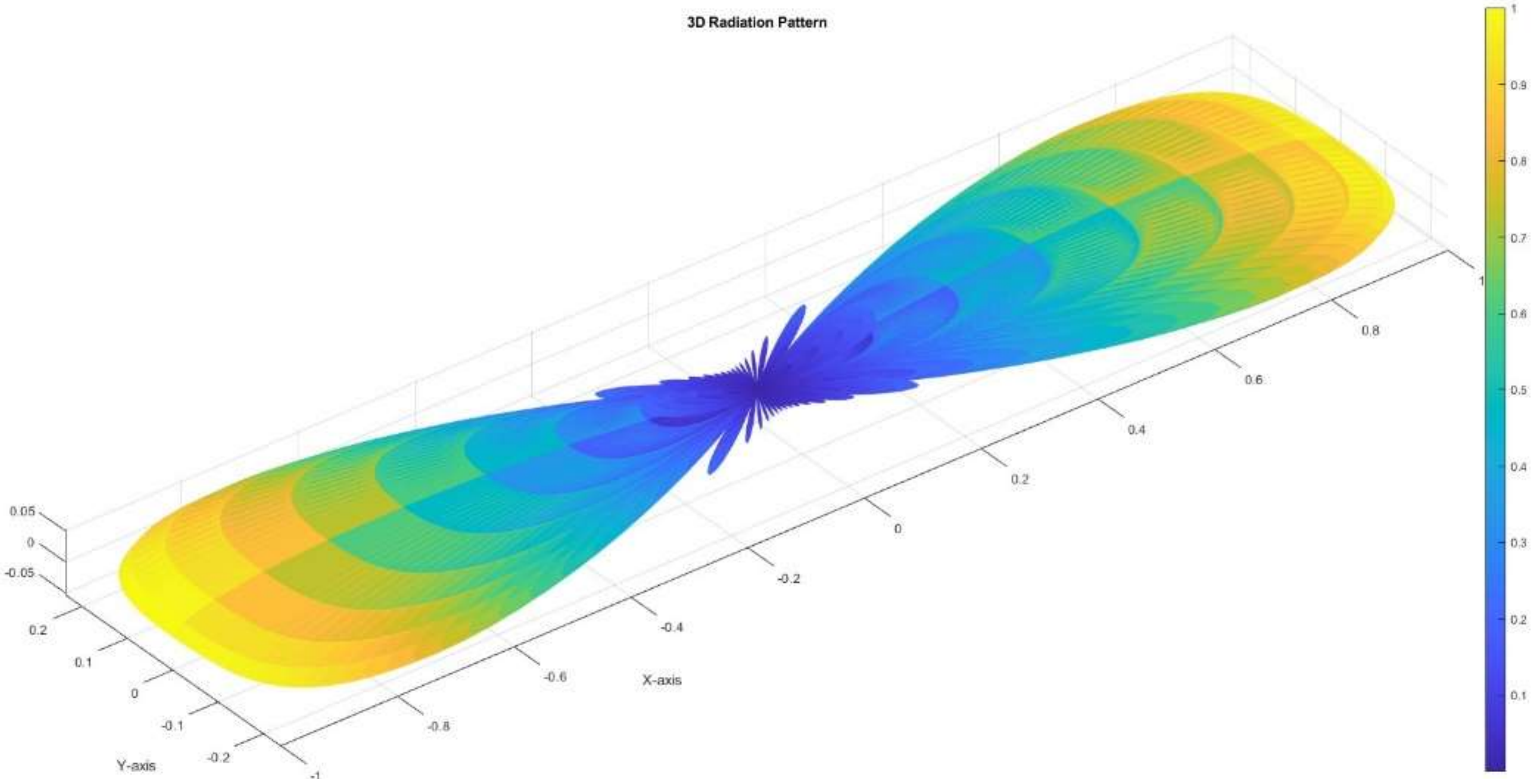
Απόσταση λ/2 και ϑ=0°



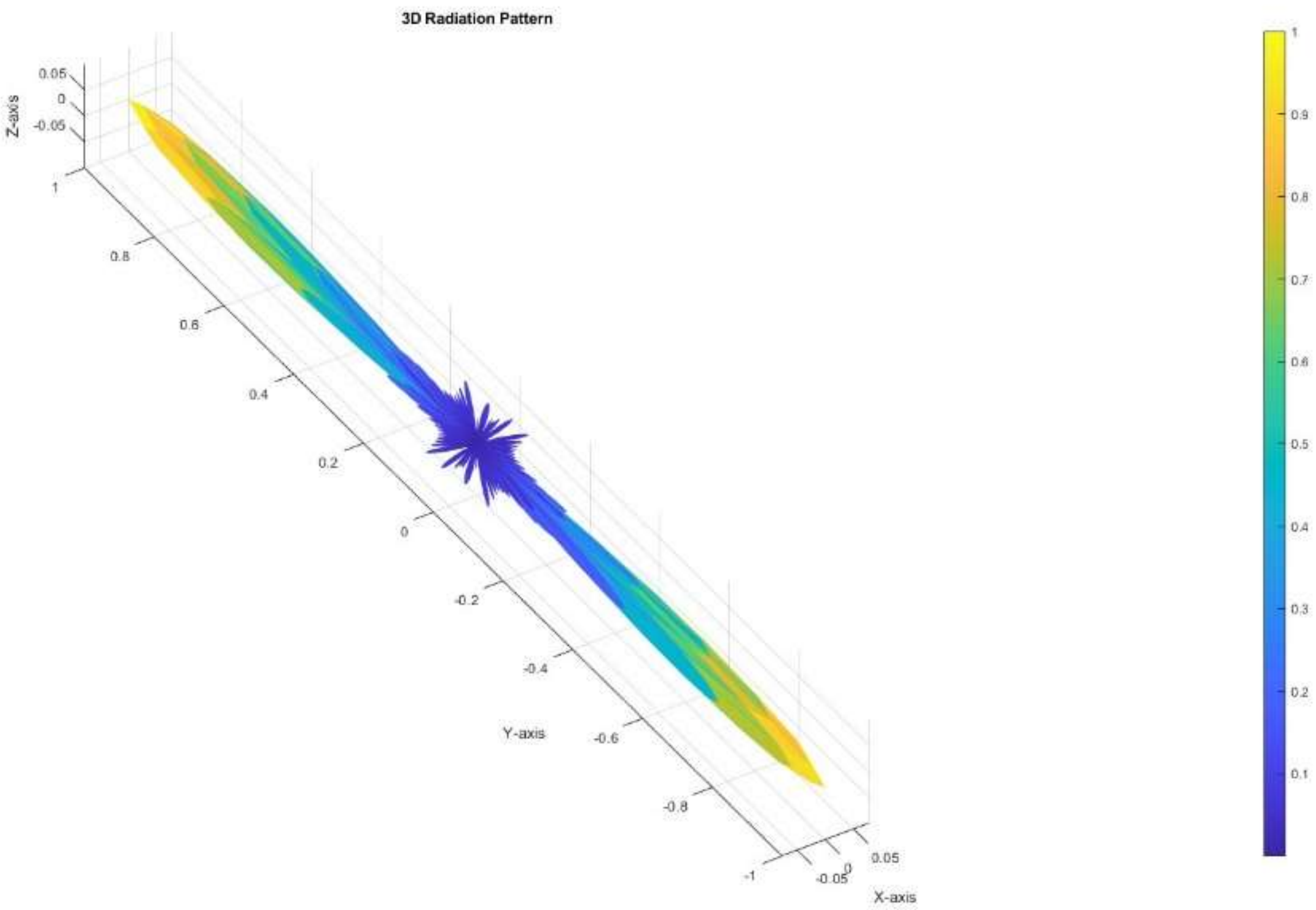
Απόσταση λ/2 και ϑ=30°



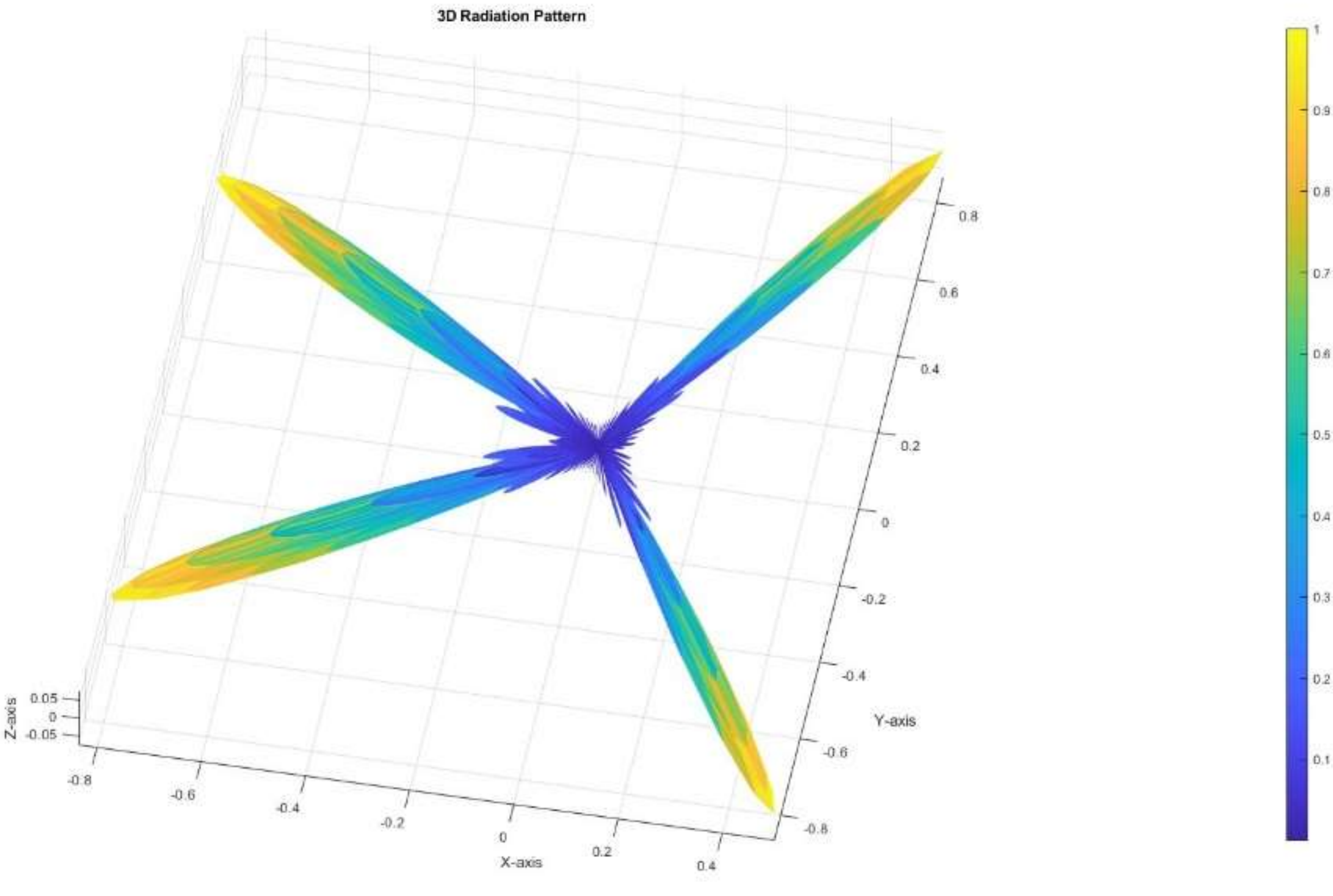
Απόσταση λ/2 και ϑ=60°



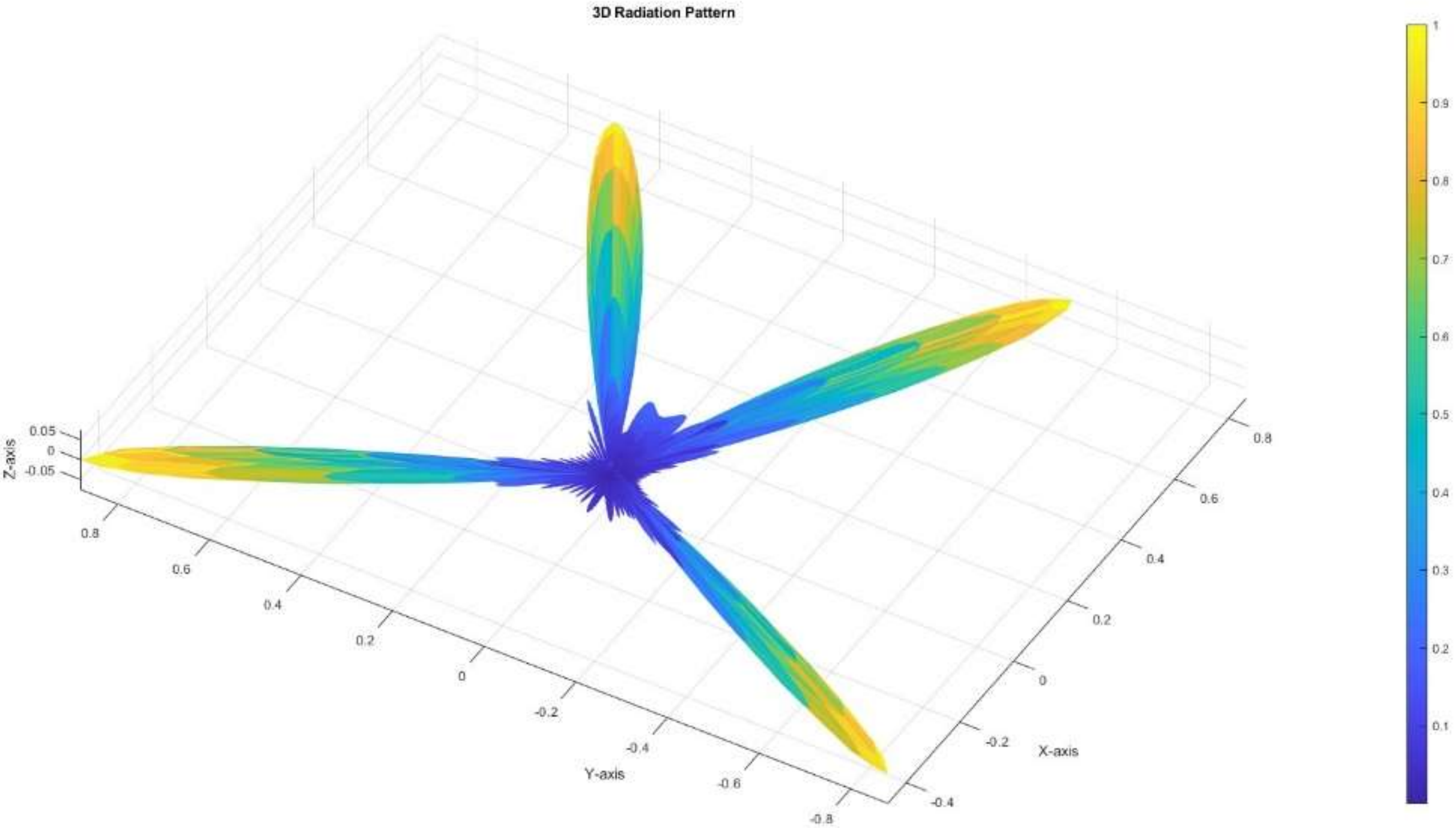
Απόσταση λ/2 και ϑ=90°



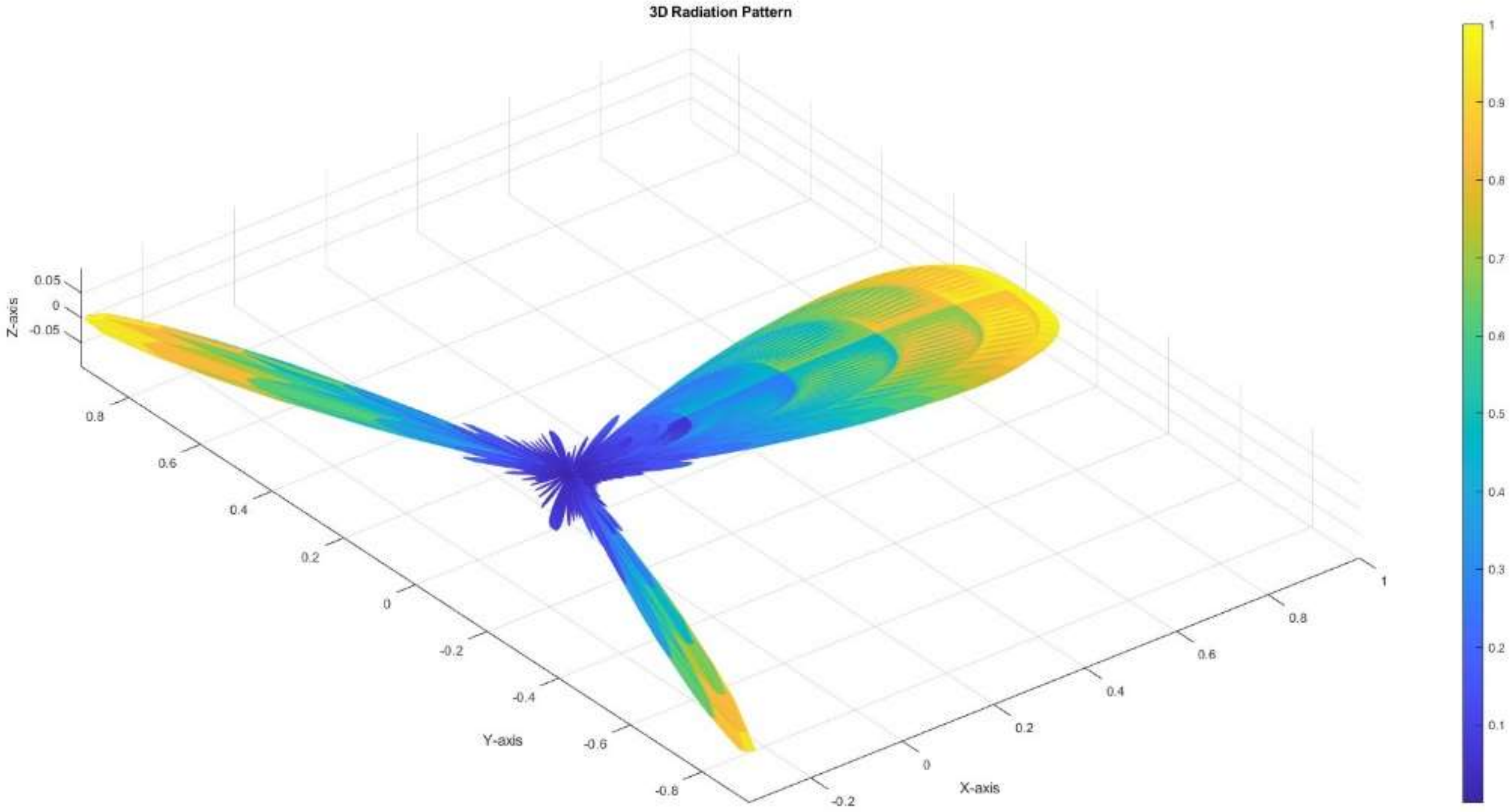
Απόσταση 3λ/4 και ϑ=0°



Απόσταση 3λ/4 και ϑ=30°



Απόσταση 3λ/4 και ϑ=60°



Απόσταση 3λ/4 και ϑ=90°

γ) Υπολογισμός κατευθυντικότητας της κεραίας

$\boxed{\theta_0 = 0^\circ}$

1ος τρόπος $D = \pi \cdot \cos\theta_0^\circ D_x' D_y'$ ($\theta_0 = 0^\circ$ δεν αποκλίνει από την ευρύπλευρη)

Η γραμμική x'-στοιχειοκεραία (δηλ η z-στοιχειοκεραία) λειτουργεί ως ευρύπλευρη

$D_x' = D_z = 2 N_z \frac{d_z}{\lambda} = 2 \cdot 12 \cdot \frac{\lambda/2}{\lambda} = 12$ $\boxed{D_x' = 12}$

Η γραμμική y' στοιχειοκεραία (δηλαδή η x) είναι σαν ευρύπλευρη

$D_y' = D_x = D_{ευρ} \cdot \frac{HPBW_{ευρ}}{HPBW_{60^\circ}} = 2 N_x \frac{d_x}{\lambda} \cdot \frac{7^\circ}{7^\circ} = 2 \cdot 8 = 16$ $\boxed{D_y' = 16}$

(Array length: $N_x \frac{d_x}{\lambda} = 16 \cdot \frac{\lambda/2}{\lambda} = 8$)

$D = \pi \cos 0^\circ D_x' D_y' = \pi \cdot 12 \cdot 16 = 603{,}18$ ή $27{,}8\,dBi$

$\boxed{\theta_0 = 30^\circ}$

Αντίστοιχα: $\boxed{D_x' = 12}$

$D_y' = D_{ευρ} \cdot \frac{HPBW_{ευρ}}{HPBW_{60^\circ}} = 2 N_x \frac{d_x}{\lambda} \cdot \frac{7^\circ}{8^\circ} = 2 \cdot 8 \cdot \frac{7^\circ}{8^\circ} = 14$ $\boxed{D_y' = 14}$

$D = \pi \cdot \cos 30^\circ D_x' D_y' = \pi \cos 30^\circ \cdot 12 \cdot 14 = 457{,}07$ ή $26{,}59\,dBi$

Οι κατευθυντικότητες των υπόλοιπων περιπτώσεων, δεν μπορούν να υπολογιστούν με αυτόν τον τρόπο, καθώς έχουν απόκλιση από την ευρύπλευρη στοιχειοκεραία μεγαλύτερη των 30

$\boxed{2\text{ος τρόπος}}$

$\theta_0 = 0^\circ$
HPBW

$D \simeq \dfrac{32400}{\Theta_h' \Psi_h'}$

• $\Theta_h' = \dfrac{1}{\cos\theta_0' \sqrt{\dfrac{\cos^2\varphi_0'}{\Theta_x'^2} + \dfrac{\sin^2\varphi_0'}{\Theta_y'^2}}} = \dfrac{\Theta_y'}{\cos\theta_0'} = \dfrac{\Theta_x}{\cos\theta_0'}$

$(\varphi_0' = 90^\circ)$

• $\Psi_h' = \dfrac{1}{\sqrt{\dfrac{\sin^2\varphi_0'}{\Theta_x'^2} + \dfrac{\cos^2\varphi_0'}{\Theta_y'^2}}} = \Theta_x' = \Theta_z$

Η x' (η z) στοιχειοσειρά είναι ευρύπλευρη: $\Theta_z = 48{,}4^\circ \dfrac{\lambda}{N_z d_z}$

$\Theta_z = 48{,}4 \cdot \dfrac{\lambda}{12 \cdot \frac{\lambda}{2}} \Rightarrow \boxed{\Theta_z = 8{,}06^\circ}$

Η y' (η x) στοιχειοσειρά έχει 0° απόκλιση από την ευρύπλευρη

Από διάγραμμα: $\boxed{\Theta_x = 7^\circ}$
(Array length=8)

$\Theta_h' = \dfrac{\Theta_x}{\cos\theta_0'} = \dfrac{7}{1} \Rightarrow \boxed{\Theta_h' = 7^\circ}$

$D \simeq \dfrac{32400}{7 \cdot 8{,}06} = 574{,}26$ ή $27{,}59\,dBi$ (1 dBi διαφορά)

$\theta_0 = 30^\circ$ Αντίστοιχα: $\boxed{\Theta_z = 8{,}06^\circ}$ $\boxed{\Theta_x = 8^\circ}$ $\boxed{\Theta_h' = \dfrac{\Theta_x}{\cos 30^\circ} = 9{,}23^\circ}$

$D \sim \dfrac{32400}{9{,}23 \cdot 8{,}06} = 435{,}52$ ή $26{,}39\,dBi$ (0,2 dBi διαφορά)

$\underline{\theta_0=60^\circ}$ $\boxed{\Theta_z = 8{,}06^\circ}$

Διάγραμμα : $\boxed{\Theta_x = 16^\circ}$ $\Theta_h' = \frac{\Theta_x}{\cos 60^\circ} \Rightarrow \boxed{\Theta_h' = 32^\circ}$

8,30°

$$D \simeq \frac{32\,400}{\Theta_h' \cdot \Phi_h'} = \underline{125{,}62 \text{ ή } 20{,}9\,dBi}$$

$\underline{\theta_0=90^\circ}$ $\boxed{\Theta_z = 8{,}06^\circ}$

Η στοιχειοσειρά λειτουργεί ακροπυροδοτικά άρα

$$\Theta_h = 2\cos^{-1}\left(1 - 0{,}1398\frac{\lambda}{N_x \cdot \lambda/2}\right) = 0{,}3744$$

$$D = \frac{32\,400}{0{,}374 \cdot 8{,}06} = 10748{,}2 \text{ ή } 40{,}31\,dBi\ !$$

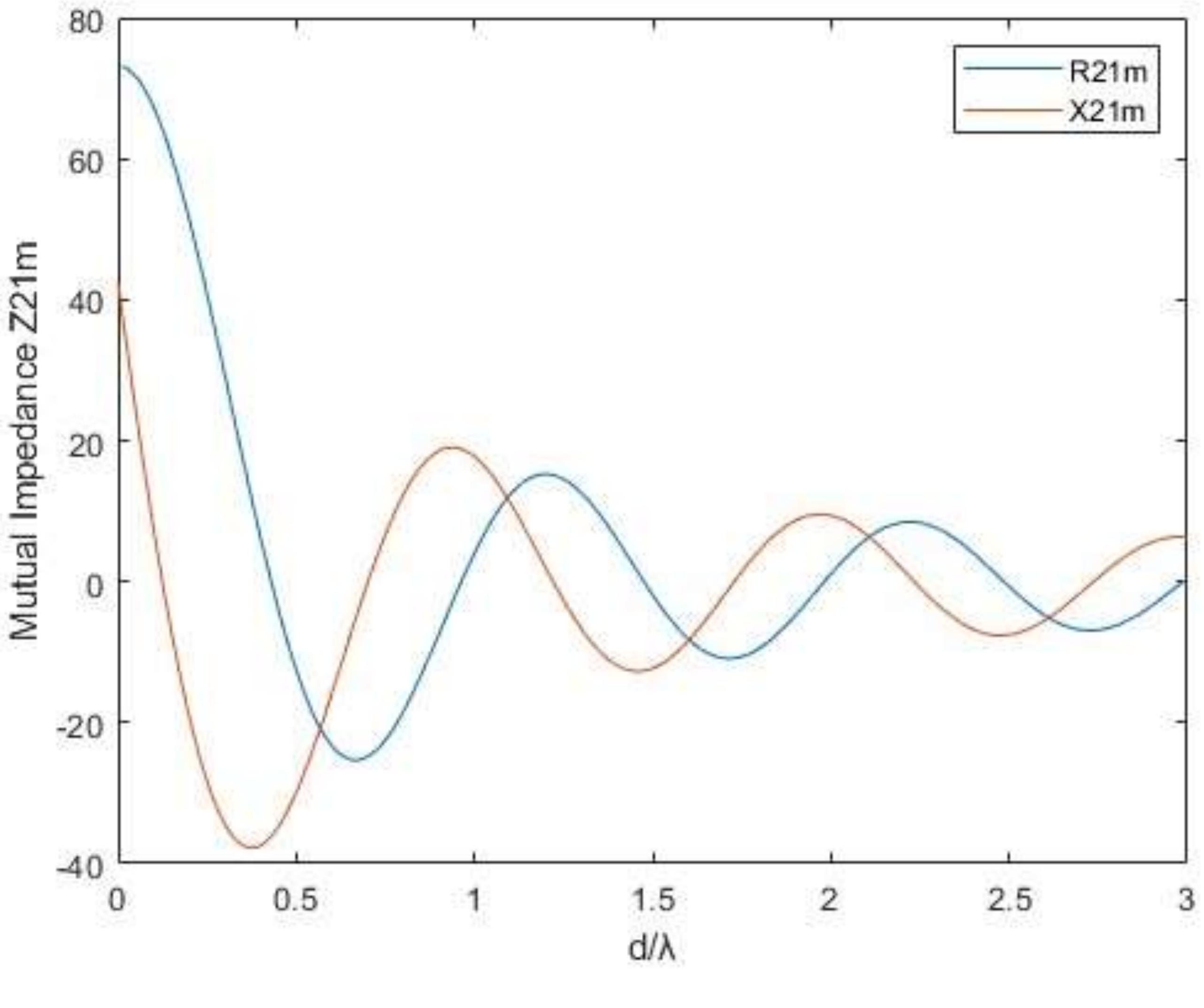
δ) Υπολογισμός κατευθυντικότητας της κεραίας με βάση τον ορισμό

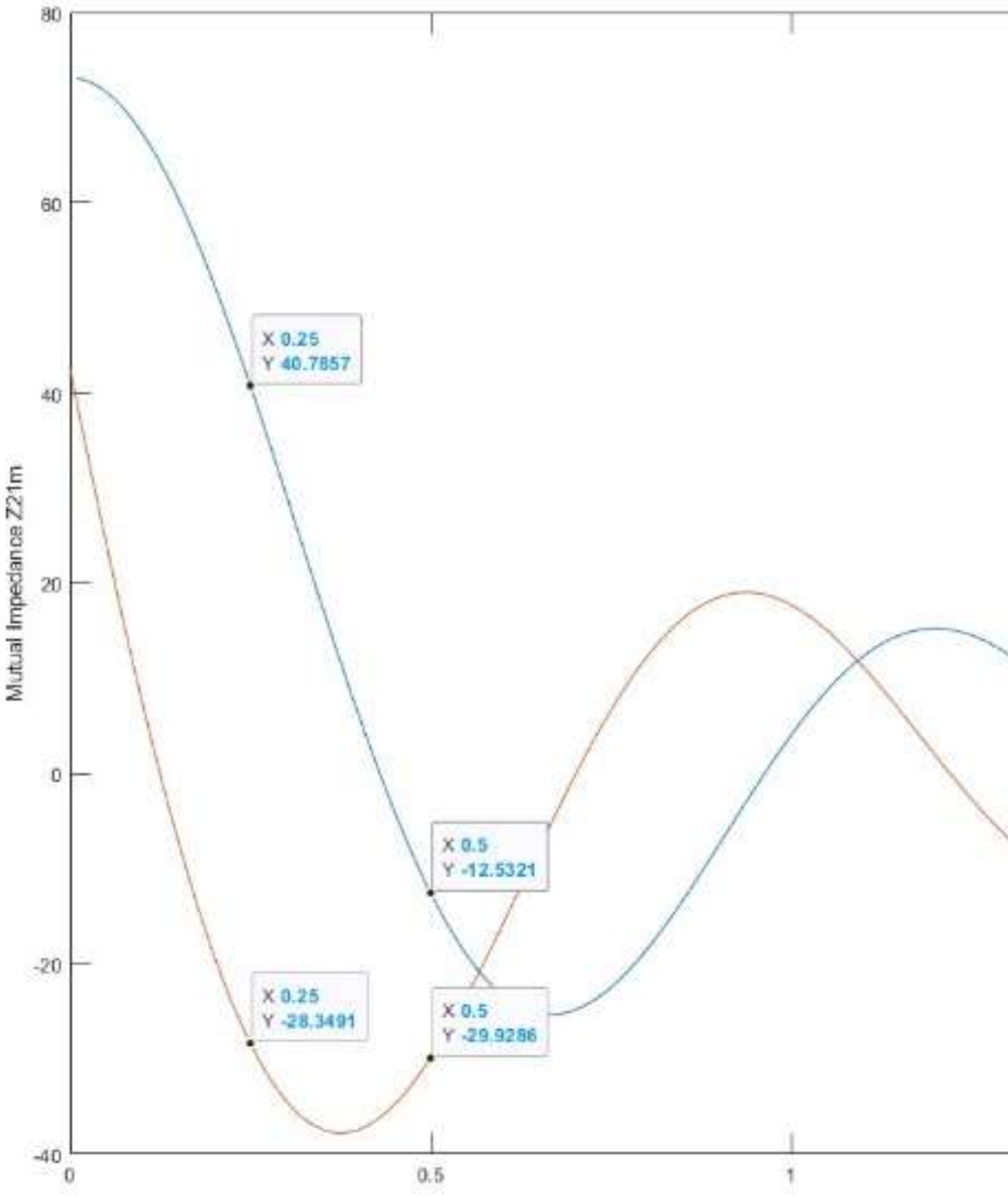
- $\theta_0 = 0°$ D = 167.9398 dBi
- $\theta_0 = 30°$ D = 54.3333 dBi
- $\theta_0 = 60°$ D = 46.2816 dBi
- $\theta_0 = 90°$ D = 161.0991 dBi

Λογικά υπάρχει κάποιο σφάλμα στον κώδικα, καθώς η απόκλιση από τους θεωρητικούς υπολογισμούς είναι πολύ μεγάλη.

1.3 Σχεδίαση στοιχειοκεραίας με υπολογισμό της αντίστασης εισόδου

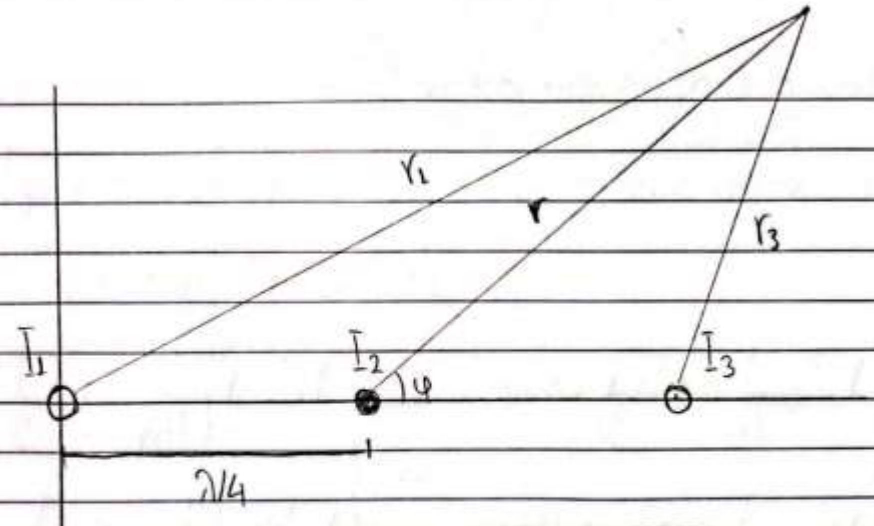
α) Γράφημα αμοιβαίας σύνθετης αντίστασης δύο παράλληλων διπόλων λ/2 σε απόσταση d, συναρτήσει της απόστασης (για αποστάσεις από 0 έως 3λ)





80
60
40
20
0
-20
-40
Mutual Impedance Z21m
0
0.5
1
X 0.25
Y 40.7857
X 0.5
Y -12.5321
X 0.25
Y -28.3491
X 0.5
Y -29.9286

β) Υπολογισμός αμοιβαίων σύνθετων αντιστάσεων με τη βοήθεια του γραφήματος



Εχουμε: • $Z_{11} = Z_{22} = Z_{33} = \boxed{Z_s = 73{,}1 + j42{,}5\Omega}$ (αυτοαντίσταση κεραίας λ/2)

Εστω $Z_s = a$

• $Z_{12} = Z_{21} = Z_{23} = Z_{32} = b$ $(d = \lambda/4)$ • Επίσης $I_1 = I_3$

• $Z_{13} = Z_{31} = c$ $(d = \lambda/2)$ • $V_1 = V_3 = 0$

$V_1 = Z_{11} I_1 + Z_{12} I_2 + Z_{13} I_3$

$V_2 = Z_{21} I_1 + Z_{22} I_2 + Z_{23} I_3 \Rightarrow V_2 = bI_1 + aI_2 + bI_1$ ②

$V_3 = Z_{31} I_1 + Z_{32} I_2 + Z_{33} I_3 \Rightarrow 0 = cI_1 + bI_2 + aI_1$ ①

① $(a+c) I_1 = -bI_2 \Rightarrow \boxed{I_1 = \frac{-bI_2}{a+c}}$

$Z_{in} = \frac{V_2}{I_2} \overset{②}{\Rightarrow} Z_{in} = \frac{bI_1 + aI_2 + bI_1}{I_2} = a + \frac{2bI_1}{I_2} \Rightarrow$

$\boxed{Z_{in} = a - \frac{2b^2}{a+c}}$ Από το α) • $b = 40{,}7857 - j28{,}3491\,\Omega$

• $c = -12{,}5321 - j29{,}9286\,\Omega$

$\boxed{Z_{in} = 61{,}0758 + j121{,}3555}$

Για το διάγραμμα ακτινοβολίας

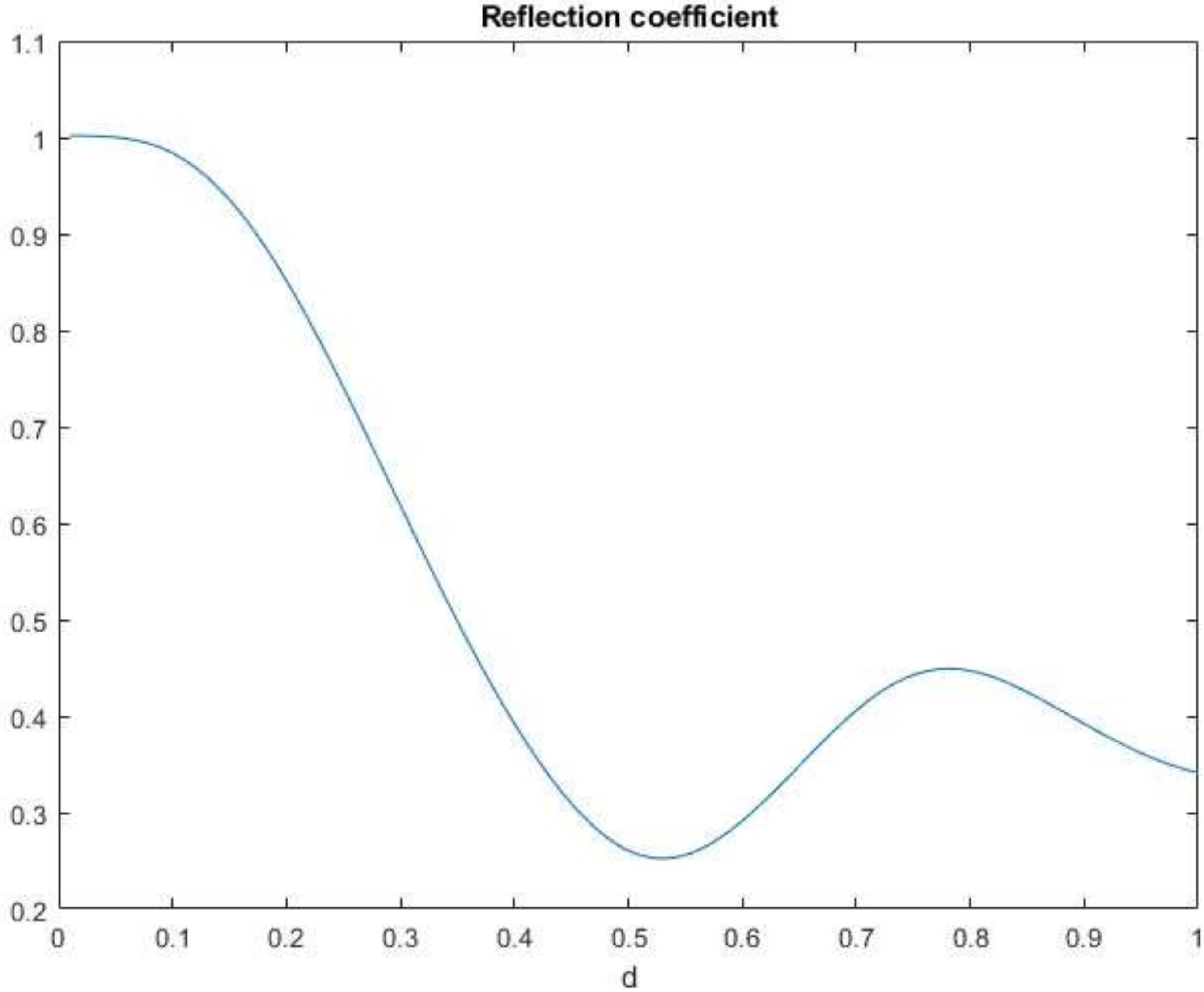
Από νόμο συνημιτόνων: $\begin{cases} r_1^2 = d^2 + r^2 - 2rd\cos(\pi - \varphi) \\ r_3^2 = d^2 + r^2 - 2rd\cos\varphi \end{cases}$

$$\begin{cases} r_1^2 = \frac{1}{16} + r^2 + \frac{r}{2}\cos\varphi \\ r_2^2 = \frac{1}{16} + r^2 - \frac{r}{2}\cos\varphi \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} r_1^2 = r\left(\frac{1}{16r} + r + \frac{1}{2}\cos\varphi\right) \\ r_2^2 = r\left(\frac{1}{16r} + r - \frac{1}{2}\cos\varphi\right) \end{cases}$$

$$\bar{E} = \bar{E}_1 + \bar{E}_2 + \bar{E}_3 = \hat{\theta}\frac{I_1}{I_2}E_0 e^{-j\kappa r_1} + \hat{\theta}E_0 e^{-j\kappa r} + \hat{\theta}\frac{I_3}{I_2}E_0 e^{-j\kappa r_3}$$

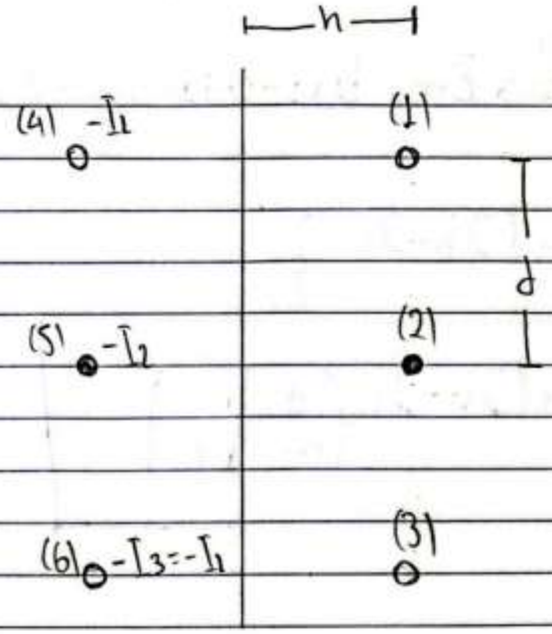
(Dead end!)

γ) Γράφημα του μέτρου του συντελεστή ανάκλασης στην είσοδο της κεραίας



Από το γράφημα παρατηρούμε ότι $S11 < 0.3$ για $0.46\lambda < d < 0.6\lambda$

δ) Υπολογισμός αντίστασης εισόδου



Έστω Z_{m3} η αμ αντίσταση για απόσταση $\sqrt{(2h)^2+d^2}$

$Z_{m3}=t$

Έστω Z_{m4} η -//- -//- $2h$

$Z_{m4}=e$

Έστω Z_{m5} η -//- -//- $\sqrt{(2h)^2+(2d)^2}$

$Z_{m5}=f$

$V_2 = Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2 + Z_{23}I_3 + Z_{24}I_4 + Z_{25}I_5 + Z_{26}I_6$ (1)

$V_3 = Z_{31}I_1 + Z_{32}I_2 + Z_{33}I_3 + Z_{34}I_4 + Z_{35}I_5 + Z_{36}I_6$ (2)

(1) $V_2 = bI_1 + aI_2 + bI_1 - tI_1 - eI_2 - dI_1$

(2) $0 = cI_1 + bI_2 + aI_1 - fI_1 - tI_2 - eI_1$

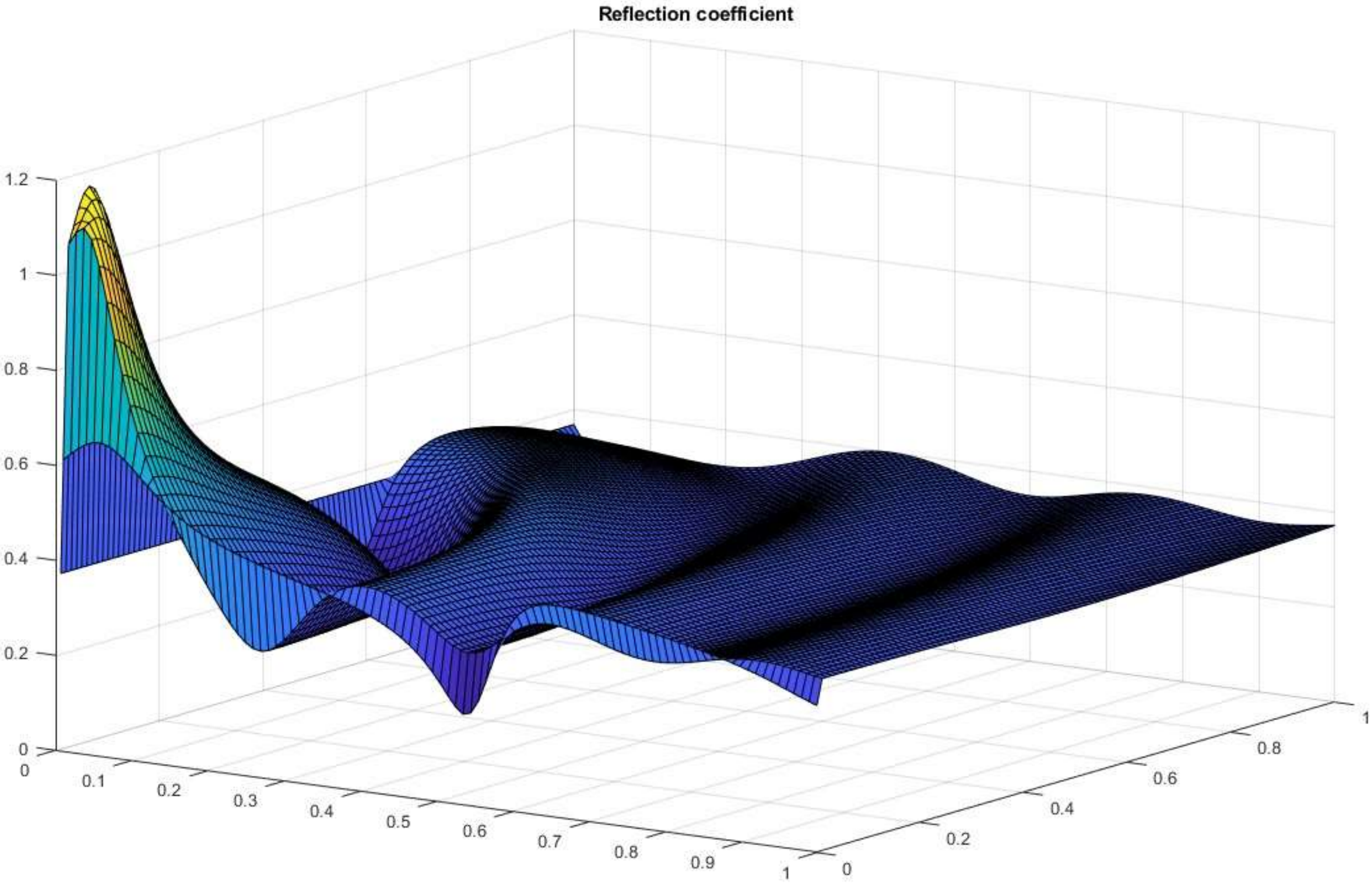
(2) $0 = (a+c-f-e)I_1 + (b-t)I_2 \Rightarrow \boxed{\dfrac{I_1}{I_2} = \dfrac{t-b}{a+c-f-e}}$

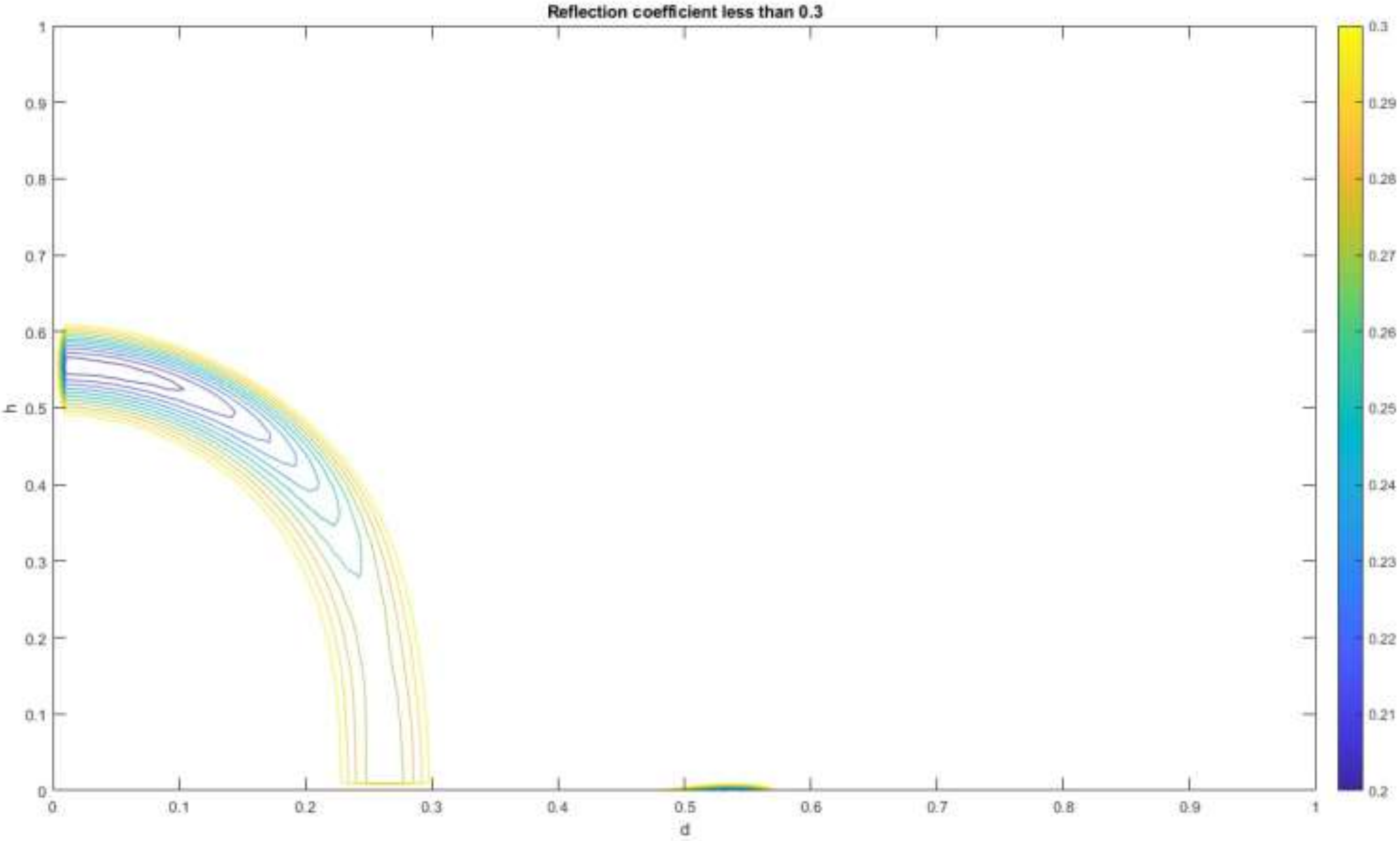
$$Z_{in} = \frac{V_2}{I_2} \overset{①}{\Longrightarrow} Z_{in} = \frac{bI_1 + aI_2 + bI_1 - tI_1 - eI_2 - tI_1}{I_2}$$

$$Z_{in} = (a-e) + (2b-2t)\frac{I_1}{I_2}$$

$$\boxed{Z_{in} = (a-e) + (2b-2t)\left(\frac{t-b}{a+c-f-e}\right)}$$

Γραφήματα surf & contour για τον υπολογισμό του συντελεστή ανάκλασης S11





Για αυτές τις τιμές του d και του h, ο S11 είναι μικρότερος του 0.3