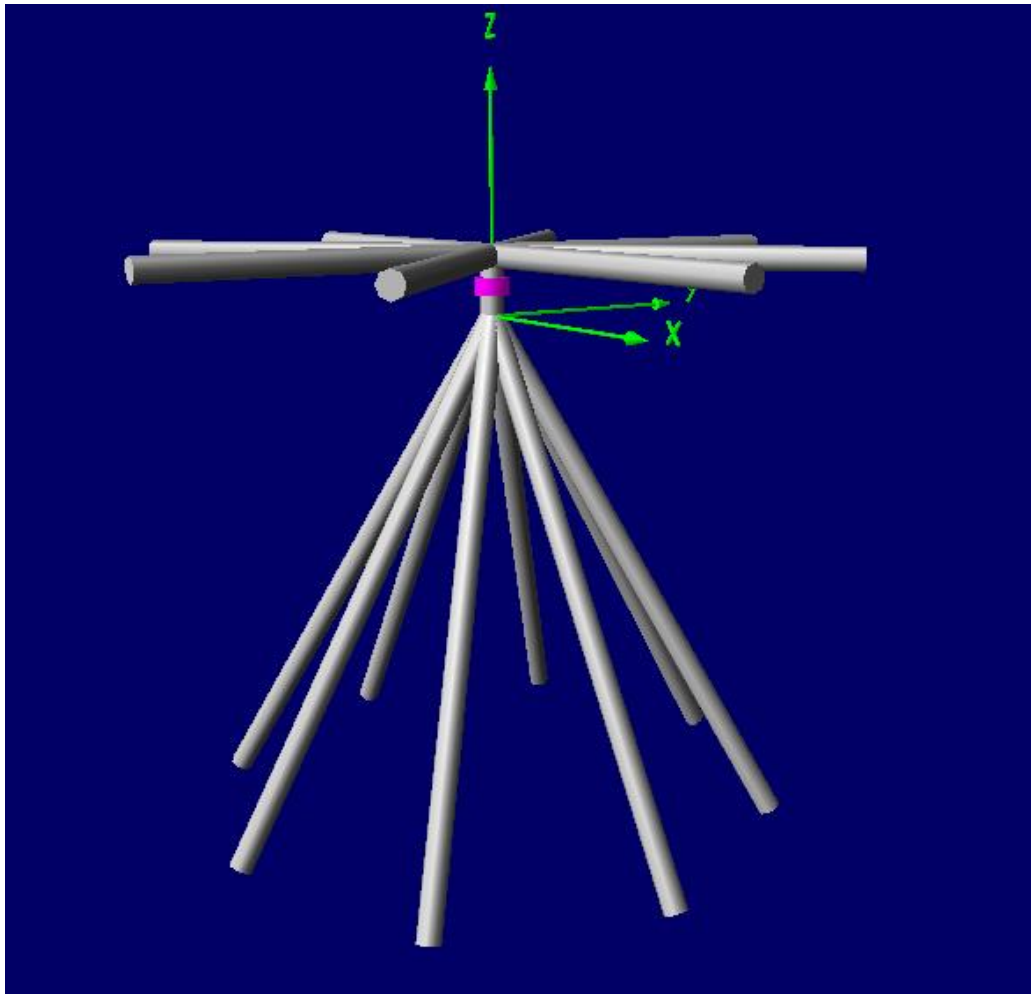


Πρώτη Εργασία στο μάθημα των
Ειδικών Κεραιών-Σύνθεση Κεραιών

Θέμα: Υπολογιστική Ανάλυση Γραμμικών Κεραιών με το NEC



Διδάσκων: Τραϊανός Γιούλτσης

Ονοματεπώνυμο Φοιτητή: Χρυσοβέργης Ηλίας

A.E.M. Φοιτητή: 8009

Email Φοιτητή: iliachry@ece.auth.gr

1. Δισκοκωνική κεραία

Με βάση τον πίνακα της εκφώνησης το μήκος κύματος για το επώνυμο μου είναι $\lambda = 10 \text{ m}$, οπότε η κεντρική συχνότητα της κεραίας θα είναι $f_0 = 30 \text{ MHz}$.

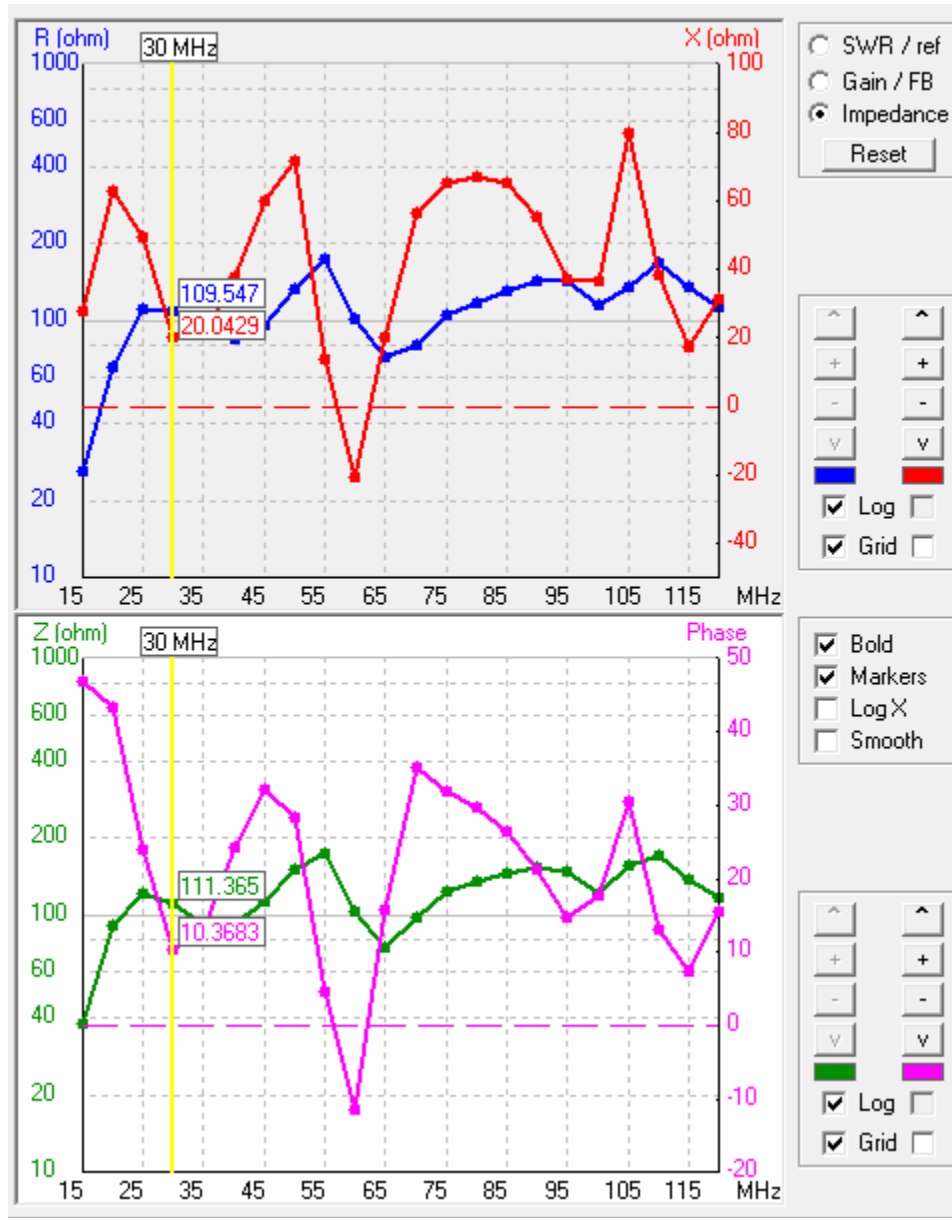
- a. Ο κώδικας στο Matlab που κατασκευάζει την γεωμετρία της συγκεκριμένης κεραίας δίνεται στην συνέχεια:

```
function [ nec_file ] = discone( r,l,theta0,d,wavelength )
    nec_file = fopen('discone_antenna.nec','w');
    phi = 0;
    for i=1:1:8
        theta = pi/2;
        fprintf(nec_file,'GW %.d 13 %.6f %.6f %.6f %.6f %.6f %.6f \n',i,0,0,d,r*sin(theta)*cos(phi),r*sin(theta)*sin(phi),d,wavelength/100);
        phi = phi + pi/4;
    end
    phi = 0;
    for i=9:1:16
        fprintf(nec_file,'GW %.d 21 %.6f %.6f %.6f %.6f %.6f %.6f \n',i,0,0,0,l*sin(theta0)*cos(phi),l*sin(theta0)*sin(phi),-l*cos(theta0),wavelength/100);
        phi = phi + pi/4;
    end
    fprintf(nec_file,'GW 17 1 %.6f %.6f %.6f %.6f %.6f %.6f \n',0,0,0,0,0,d,wavelength/100);
    fprintf(nec_file,'GE -1\n');
    fprintf(nec_file,'GN -1\n');
    fprintf(nec_file,'EK');
    fprintf(nec_file,'EN');
    fclose('all');
end
```

Για την τοποθέτηση της τροφοδοσίας και την αλλαγή της κεντρικής συχνότητας, πηγαίνουμε στην επεξεργασία του αρχείου εισόδου NEC που έχει κατασκευαστεί και κάνουμε τις απαραίτητες αλλαγές.

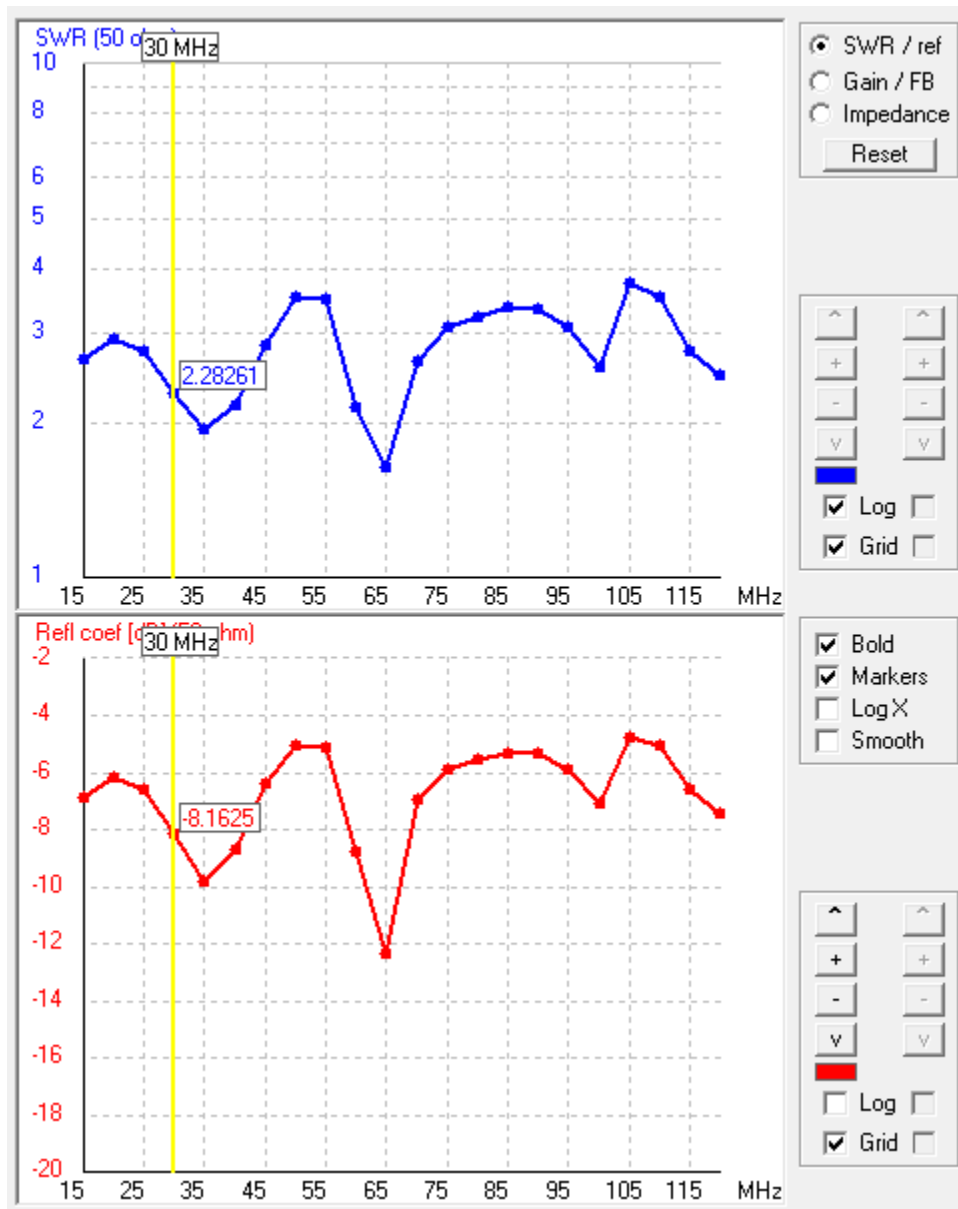
Παρατήρηση: Αξίζει να σημειωθεί ότι ως διάμετρος συρμάτων επιλέχθηκε η τιμή $\lambda/50$ και όχι $\lambda/100$ διότι έδωσε μεγαλύτερη ευρυζωνικότητα στην κεραία.

- b. Η μεταβολή του πραγματικού και του φανταστικού μέρους της Z_{in} της κεραίας για το εύρος συχνοτήτων $0.5 \cdot f_0$ έως $4 \cdot f_0$, και για γραμμή τροφοδοσίας 50Ω δίνεται στην συνέχεια:



Η μεταβολή αυτή για το δεδομένο εύρος συχνοτήτων υπολογίστηκε με frequency sweep με start την $0.5 \cdot f_0$, stop την $4 \cdot f_0$ και step ίσο με 5 MHz.

Ακόμη, μπορούμε να παρατηρήσουμε τον συντελεστή ανάκλασης και το SWR:



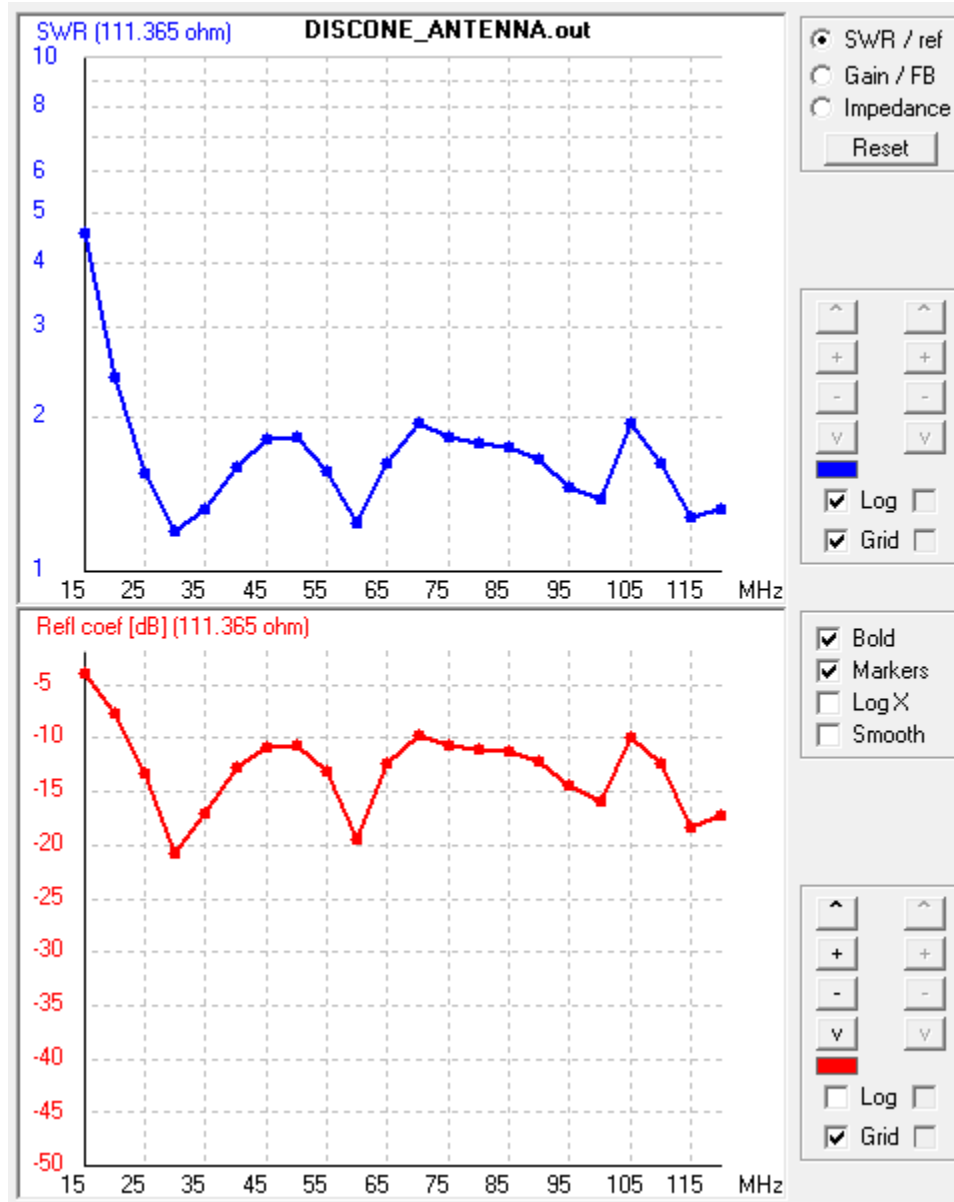
Βλέπουμε ότι δεν επιτυγχάνεται καλή λειτουργία στην παραπάνω ζώνη, και πιο συγκεκριμένα, έχουμε καλή λειτουργία της κεραίας μόνο γύρω από τα 65 MHz. Επειδή γνωρίζουμε ότι η δισκοκωνική κεραία σε καλή λειτουργία είναι αρκετά ευρυζωνική, θα προσπαθήσουμε να μεταβάλλουμε την χαρακτηριστική αντίσταση της γραμμής τροφοδοσίας, κοιτάζοντας το μέτρο της Zin της κεραίας.

Παρατηρούμε ότι το μέτρο αυτό είναι 111.365 Ω.

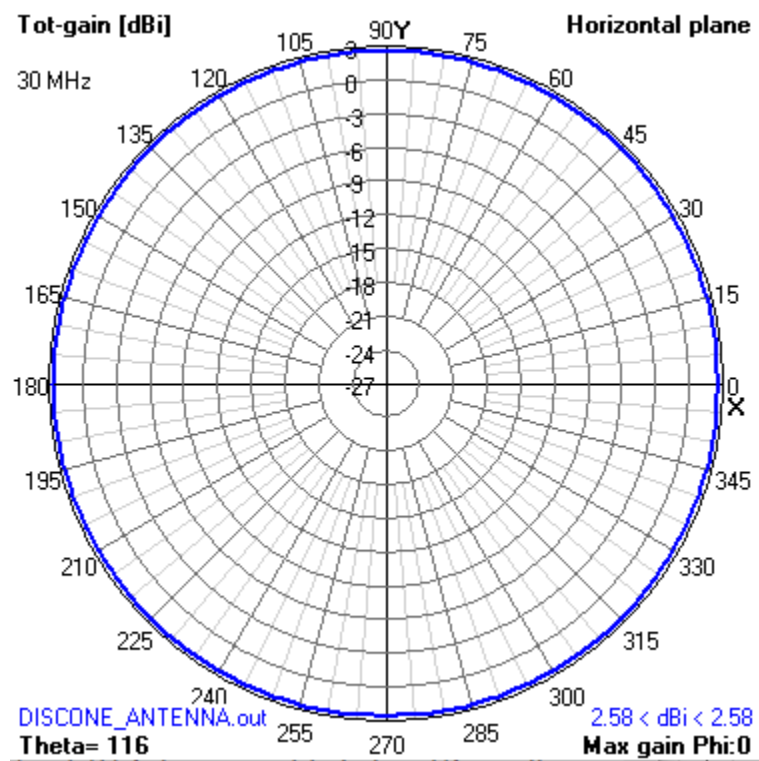
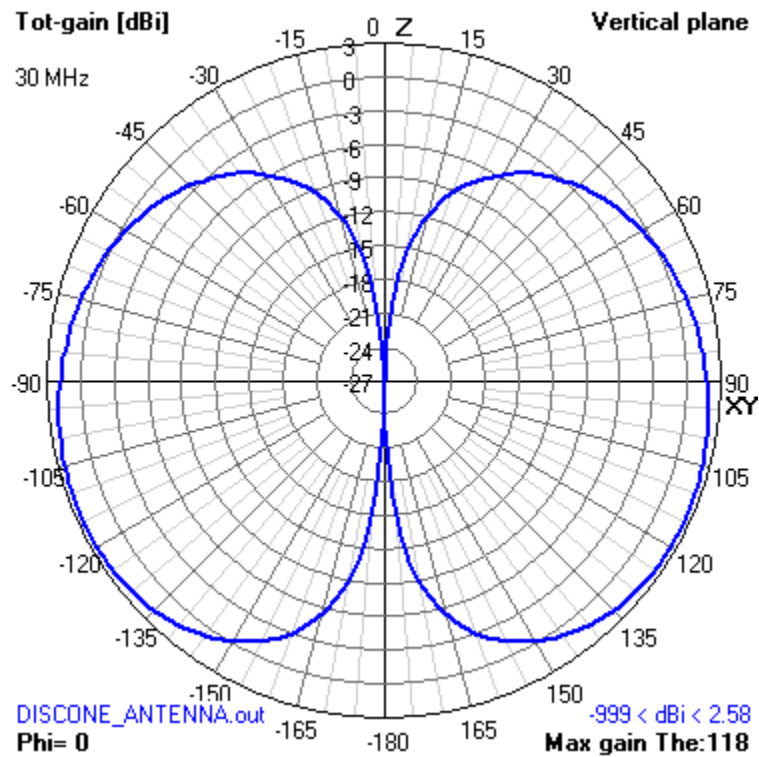
Τώρα θα προσπαθήσουμε να βελτιώσουμε την λειτουργία της κεραίας βάζοντας $Z_0 = 111.365 \Omega$.

Με αυτήν την αλλαγή μπορούμε να δούμε ότι η κεραία γίνεται ευρυζωνική. Έχουμε $\Gamma < -10$ dB για συχνότητες από 20 MHz μέχρι και 120 MHz!!!

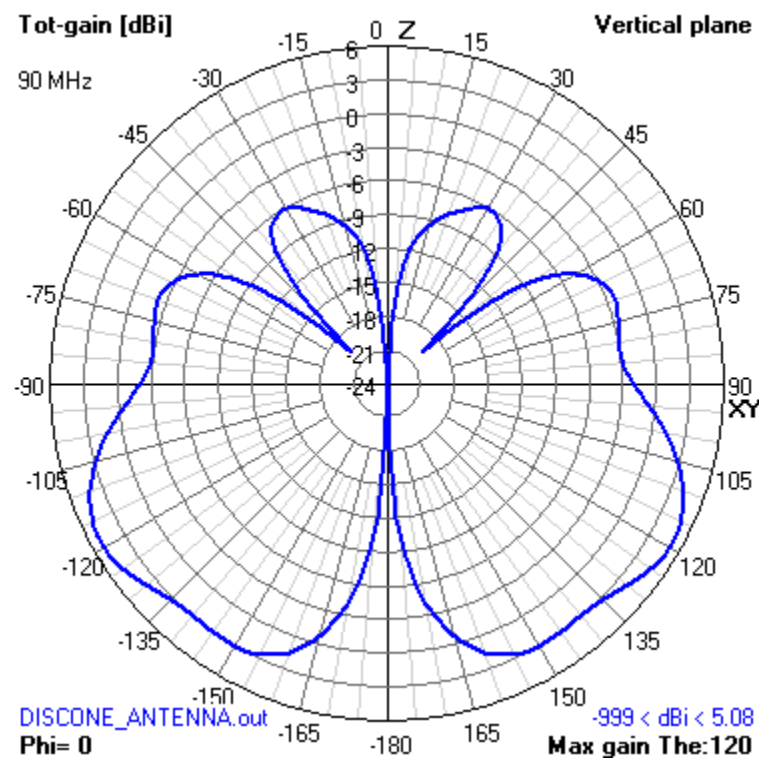
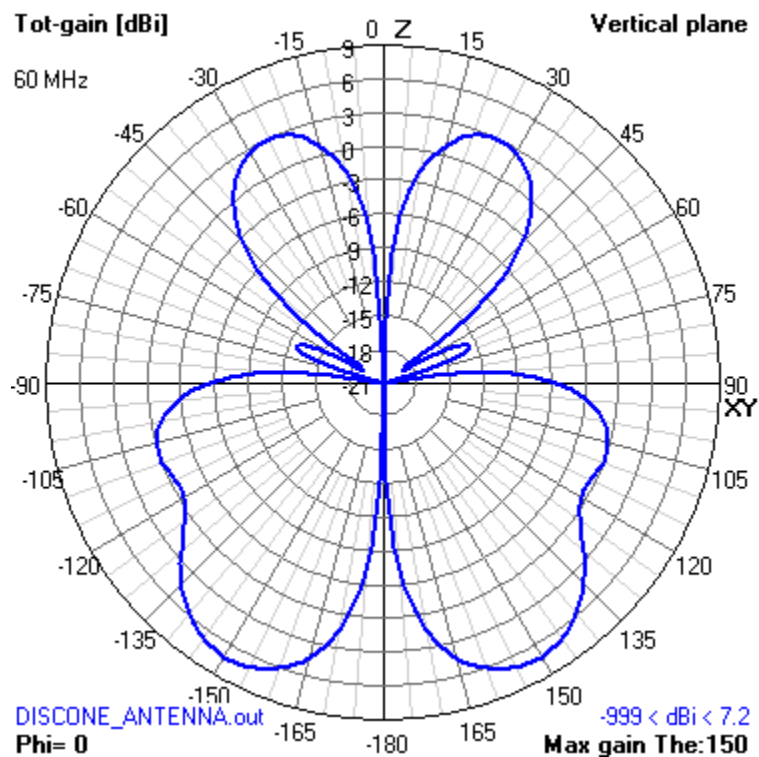
Το SWR και ο συντελεστής ανάκλασης για το συγκεκριμένο εύρος συχνοτήτων δίνεται στην συνέχεια:

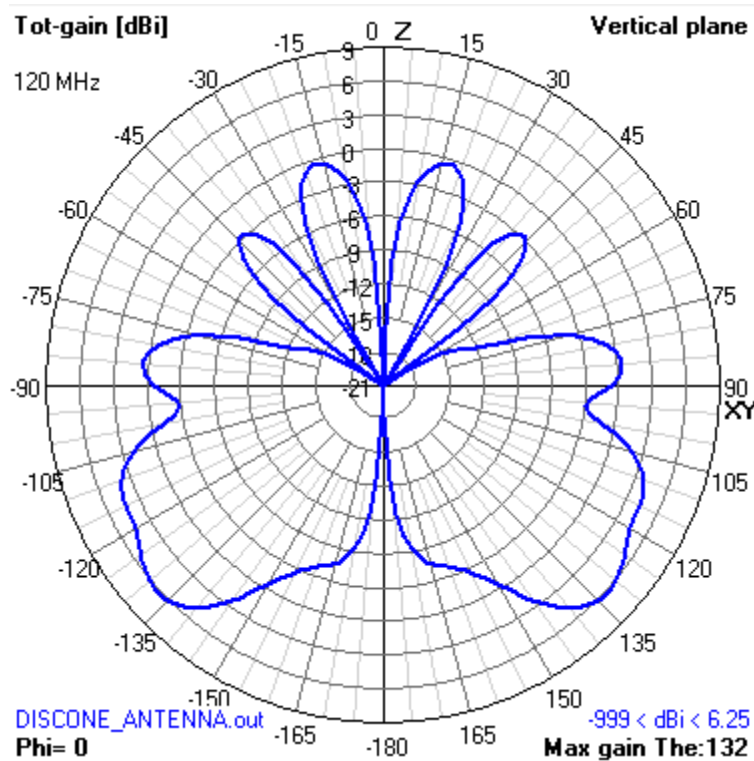


- c. Τα διαγράμματα ακτινοβολίας (οριζόντιο και κατακόρυφο) για την συχνότητα των 30 MHz δίνονται στην συνέχεια:



Στην συνέχεια βλέπουμε το κατακόρυφο διάγραμμα για τις συχνότητες 60,90 και 120 MHz:





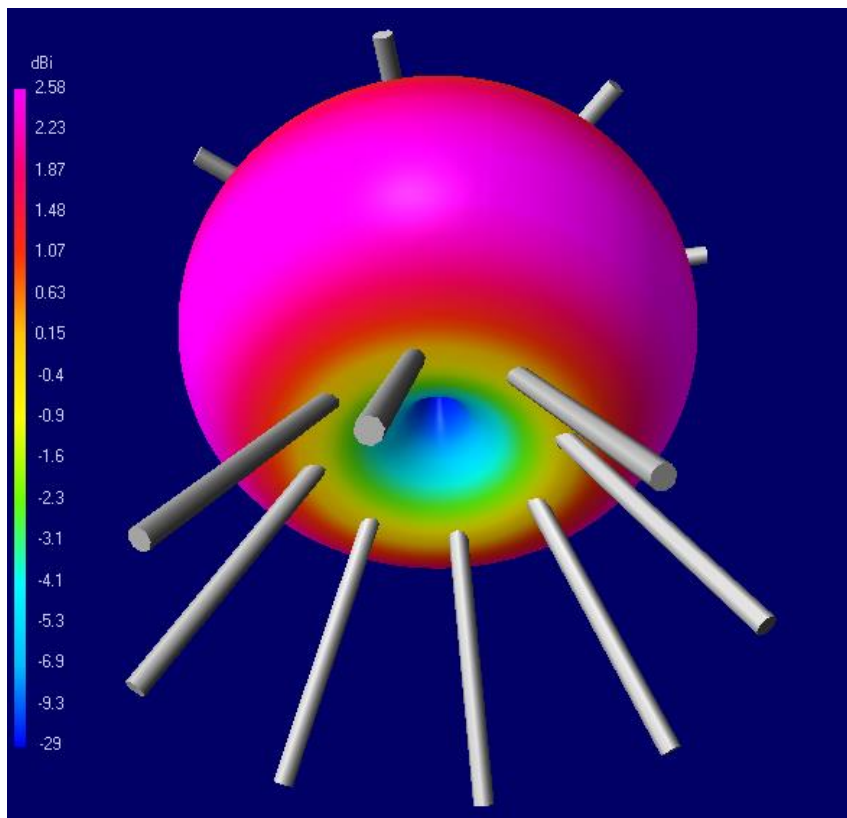
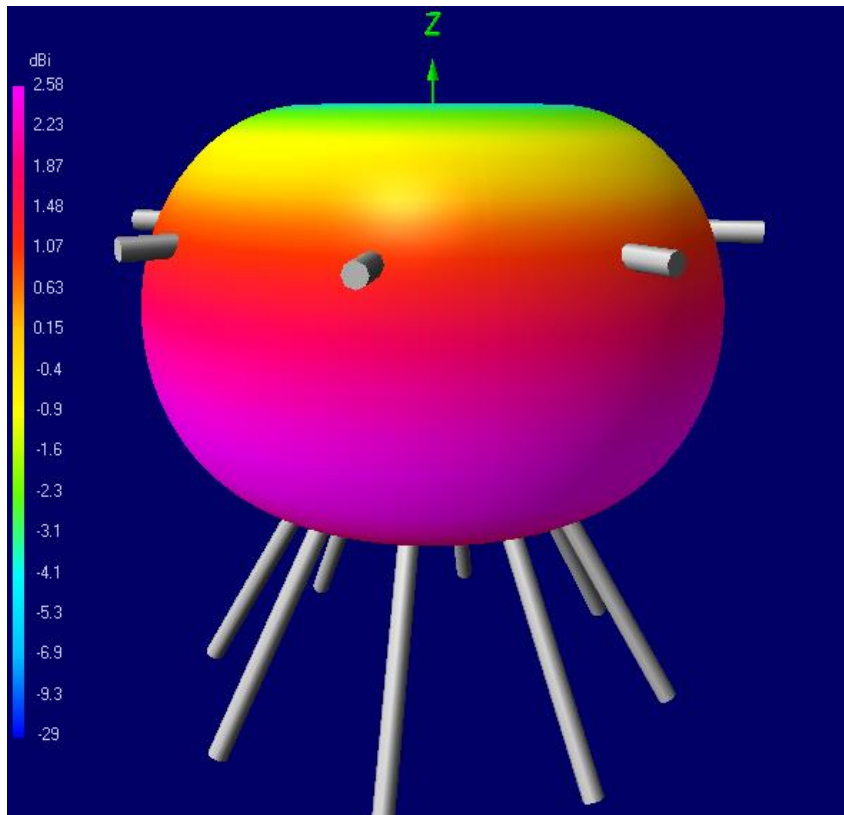
Για τα 30 MHz βλέπουμε ότι στο οριζόντιο επίπεδο η κεραία εκπέμπει ιστροπικά με χαμηλό κέρδος, ενώ στο κάθετο επίπεδο έχουμε έναν λοβό, πάλι με χαμηλό κέρδος. Σε αυτή τη συχνότητα βλέπουμε ότι η κεραία λειτουργεί σαν ένα δίπολο $\lambda/2$ με λίγο καλύτερη κατευθυντικότητα.

Για τα 60, 90 και 120 MHz έχουμε καλύτερη κατευθυντικότητα αλλά βλέπουμε ότι εμφανίζονται ισχυροί πλευρικοί λοβοί.

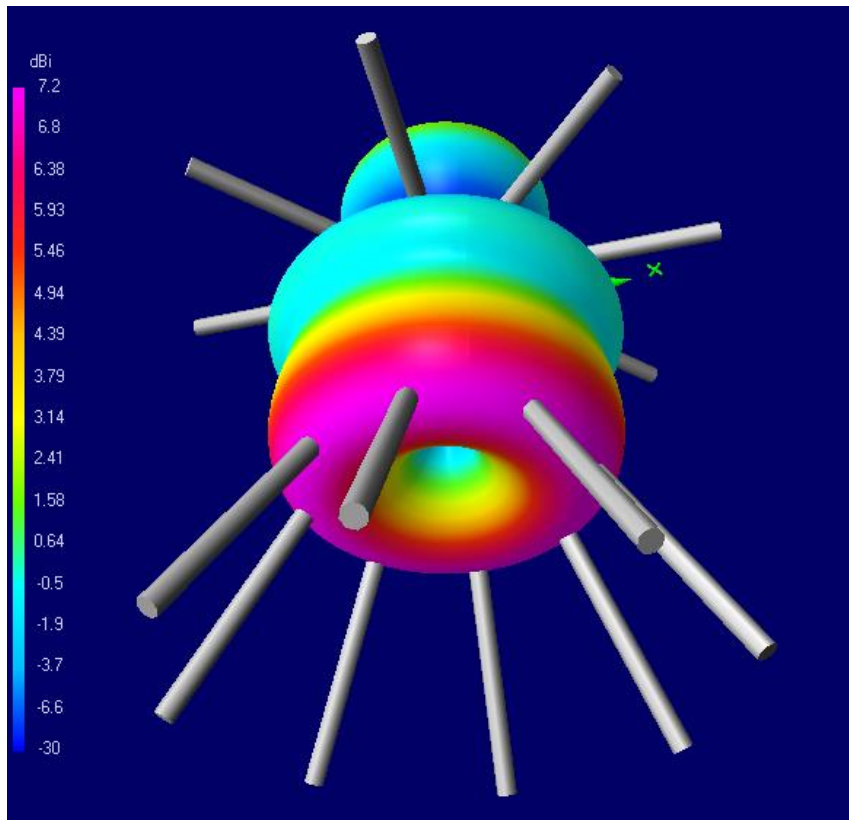
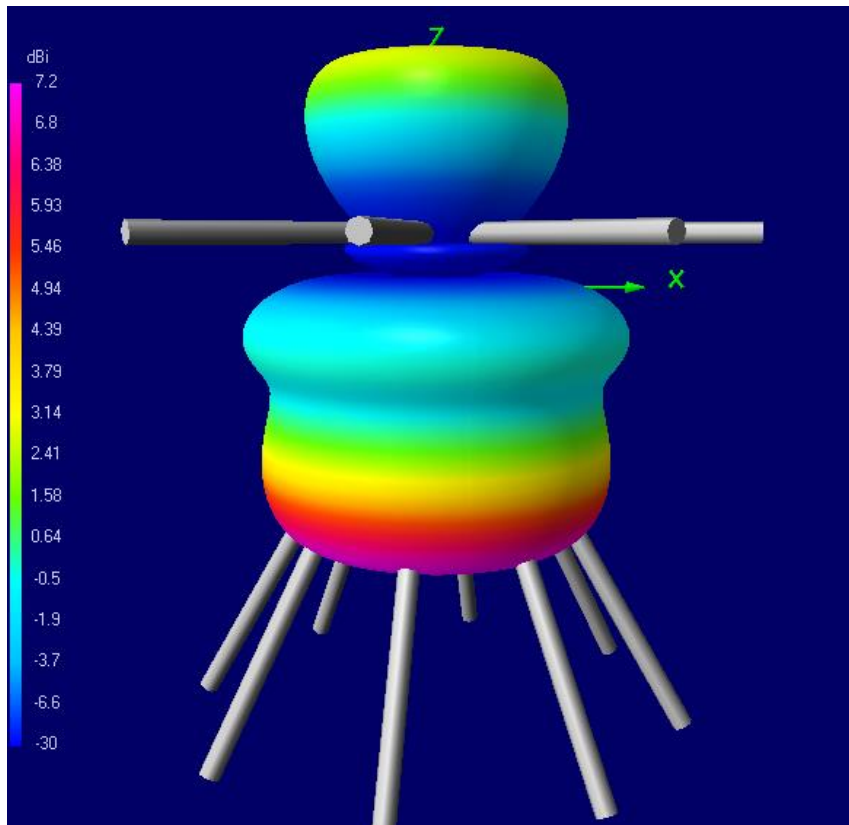
Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα 3D διαγράμματα ακτινοβολίας για τις 4 διαφορετικές συχνότητες.

Βλέπουμε ότι για τα 30 MHz έχουμε μόνο έναν κύριο λοβό και όχι πλευρικούς και για αυτό το λόγο το διάγραμμα ακτινοβολίας είναι ένας τόρος. Έπειτα για τις μεγαλύτερες συχνότητες βλέπουμε ότι λόγω των πλευρικών λοβών έχουμε πιο περίπλοκα διαγράμματα ακτινοβολίας. Αξίζει να παρατηρήσουμε και το ύψος των πλευρικών λοβών που εμφανίζονται.

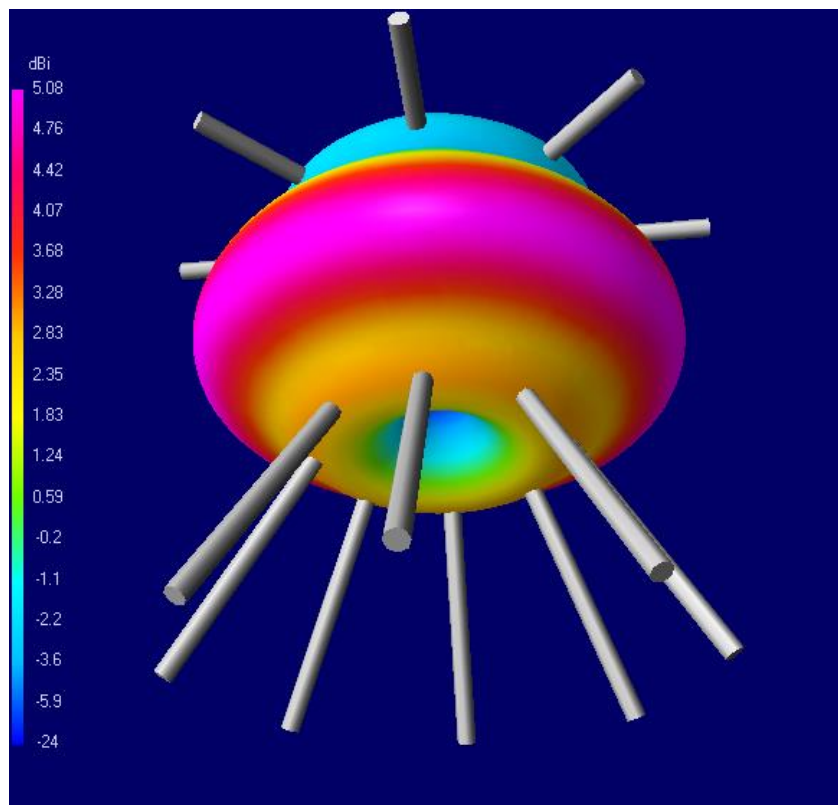
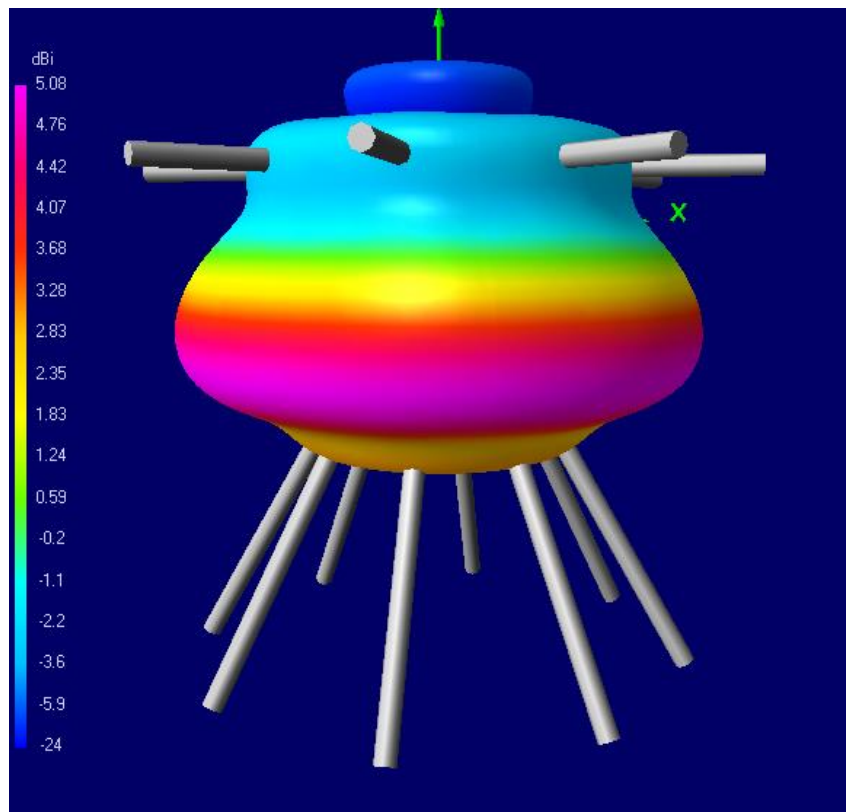
30 MHz:



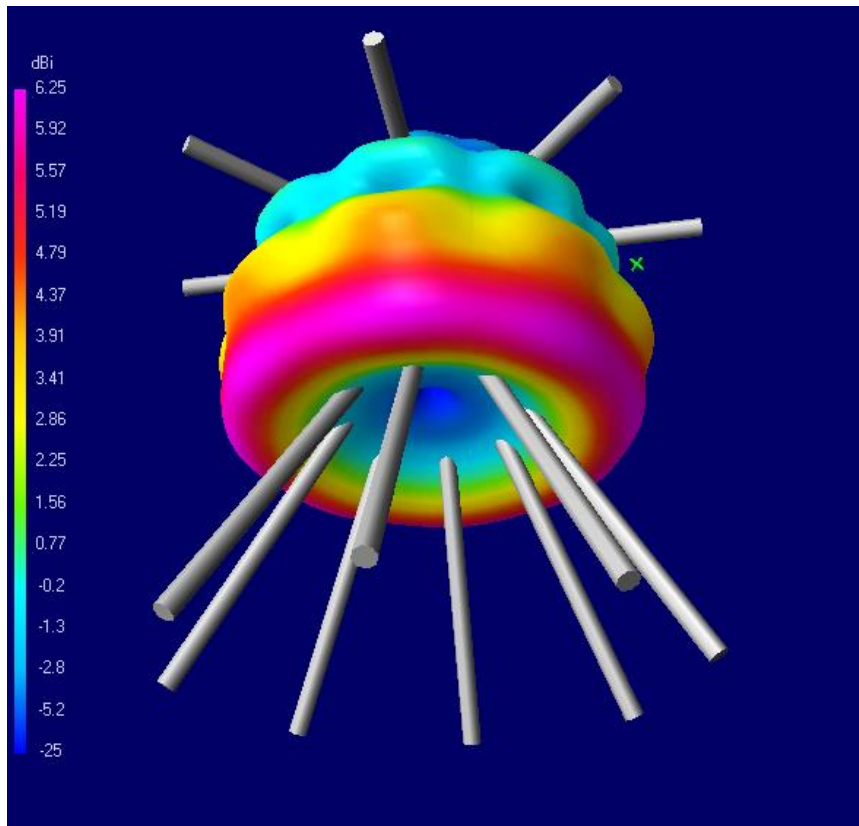
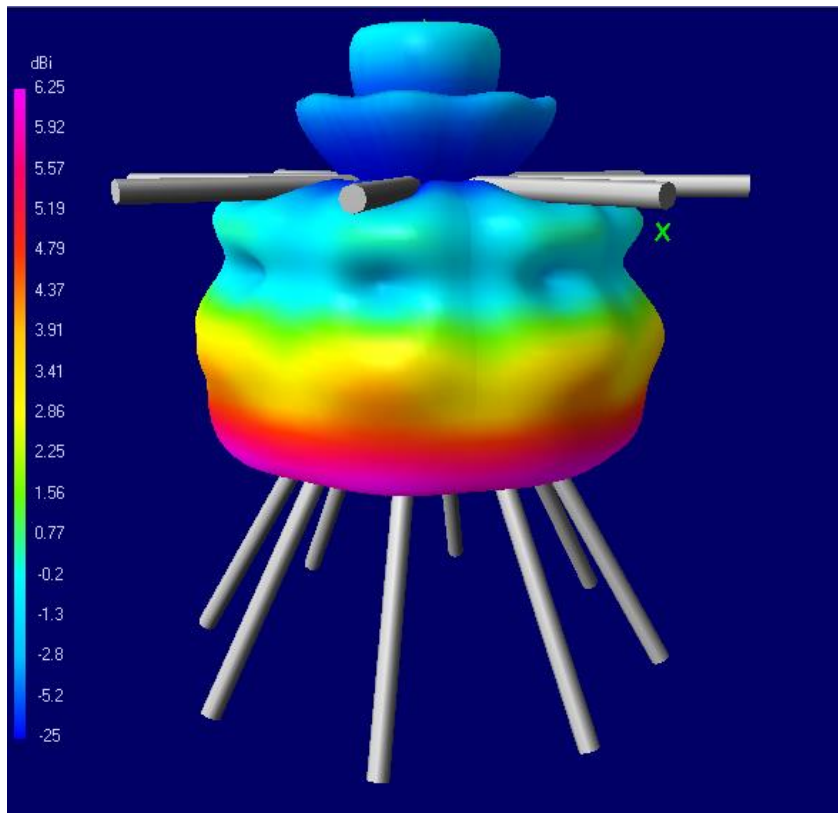
60 MHz:



90 MHz:

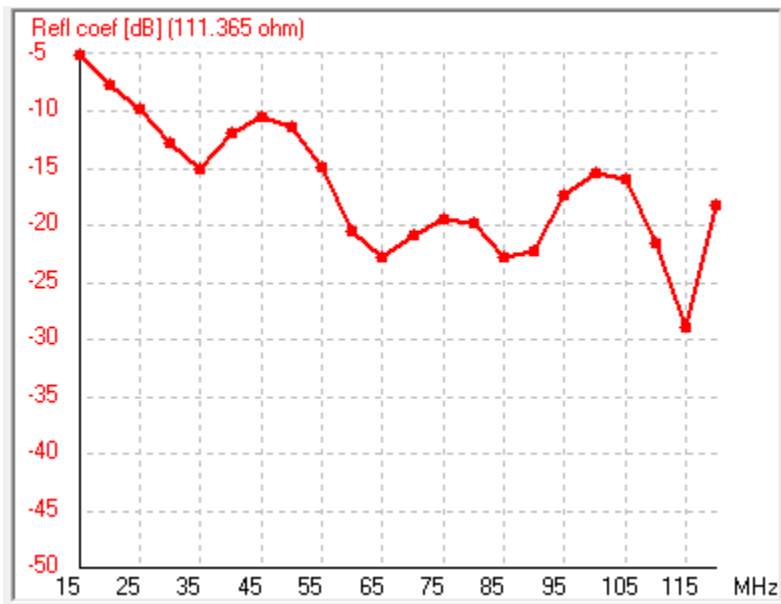


120 MHz:

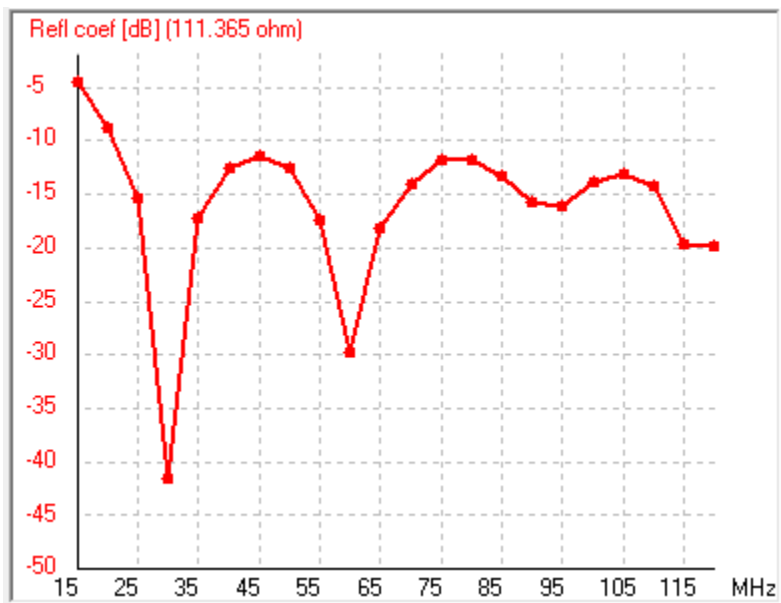


- d. Τα διαγράμματα του συντελεστή ανάκλασης για δισκοκωνικές κεραίες με διαφορετικές γωνίες ανοίγματος του κώνου δίνονται στην συνέχεια:

- $2\theta_0 = 20^\circ$:

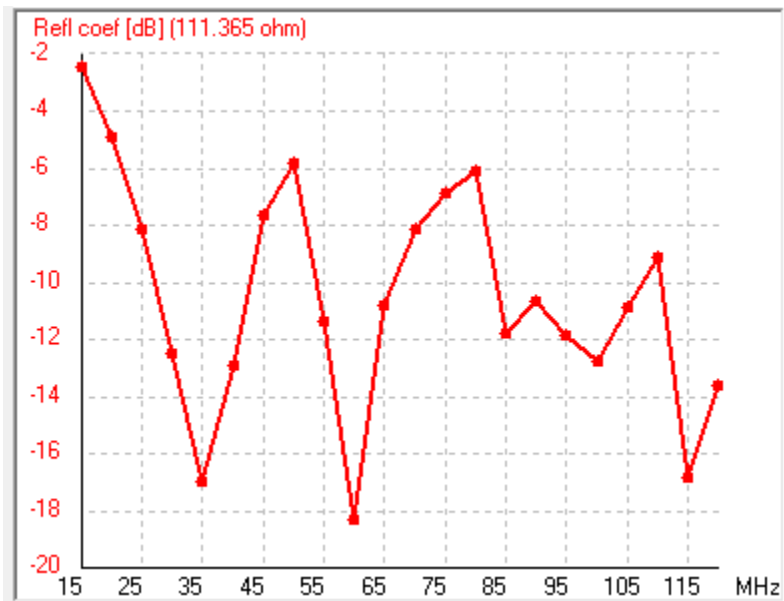


- $2\theta_0 = 45^\circ$:



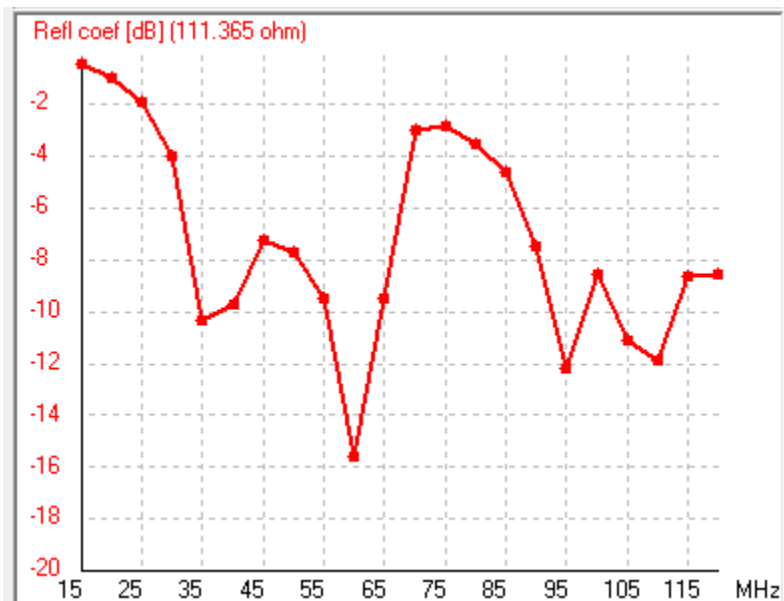
Βλέπουμε ότι για άνοιγμα 20 και 45 μοιρών έχουμε καλή λειτουργία, αντίστοιχη με αυτή που είχαμε στο άνοιγμα των 60 μοιρών. Ωστόσο, το γεγονός ότι σε κάποιες συχνότητες ο συντελεστής ανάκλασης πέφτει πολύ κάτω από τα -10 dB δεν μας προσφέρει κάτι καλύτερο, γιατί και με τα -10 dB έχουμε καλή λειτουργία.

- $2\theta_0 = 90^\circ$:



Για τις 90 μοίρες άνοιγμα βλέπουμε ότι σε αρκετές συχνότητες ο συντελεστής ανάκλασης είναι μεγαλύτερος από το όριο των -10 dB. Έτσι, η κεραία γίνεται πολυζωνική.

- $2\theta_0 = 150^\circ$:



Βλέπουμε ότι για το άνοιγμα των 150 μοιρών έχουμε κακή λειτουργία. Η κεραία λειτουργεί σωστά γύρω από τις συχνότητες των 60, 95 και 110 MHz. Σε αυτή την περίπτωση δεν μπορούμε να χαρακτηρίσουμε την κεραία ευρυζωνική.

2. Ελικοειδής κεραία

Για τον προσδιορισμό των διαστάσεων της έλικας και την κατασκευή του ground έγινε η παρακάτω ανάλυση, η οποία μετά χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή της κεραίας μέσω του Builder του NEC.

Παράμετροι: $N=20$ σπείρες
 $f_0 = 6 \text{ GHz}$, $\lambda = \frac{c}{f_0} = \frac{3 \cdot 10^8}{6 \cdot 10^9} = 0,05 \text{ m}$

όρα $\rightarrow C = \lambda = 0,05 \text{ m}$ και $S = \frac{\lambda}{4} = 0,0125 \text{ m}$

Αξονική μήκος: $L = N \cdot S = 20 \cdot 0,0125 = 0,25 \text{ m}$

Διάμετρος: $d = \frac{C}{\pi} = \frac{0,05}{\pi} = 0,016 \text{ m}$

Αντίνα: $R = \frac{d}{2} = 0,008 \text{ m}$

Segments για κάθε σπείρα: $f_{\max} = 2f_0 \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{\lambda}{2}$

όρα $L_z = \frac{\lambda}{20} = \frac{0,05}{20}$. Έτσι $C = \lambda$ θα έχουμε 20

Segments για κάθε σπείρα.

Διάμετρος σφαιρών: $\frac{\lambda}{100} = \frac{0,05}{100} = 0,0005 \text{ m} = 0,5 \text{ mm}$

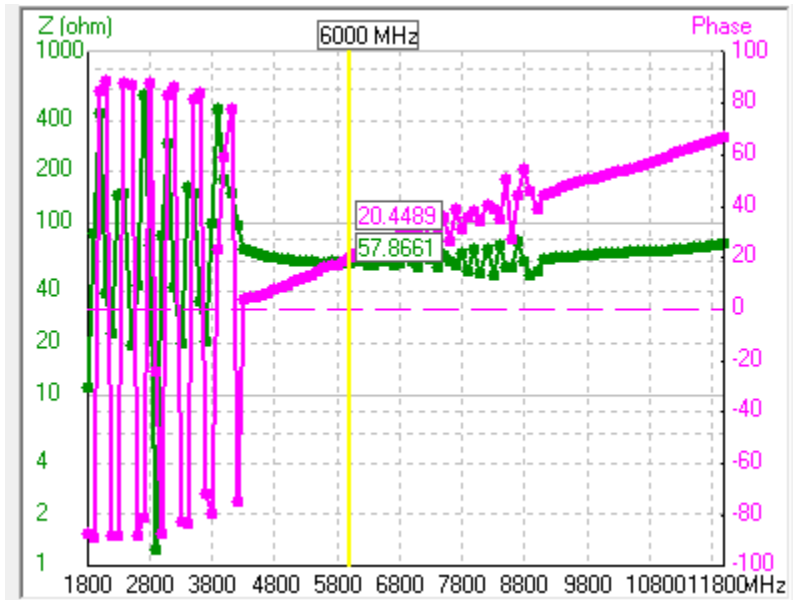
Ground: αντίνα: $\frac{\lambda}{2} = 0,025 \text{ m}$

Start angle = 0 / Stop angle = 360

Circular Sections = 24

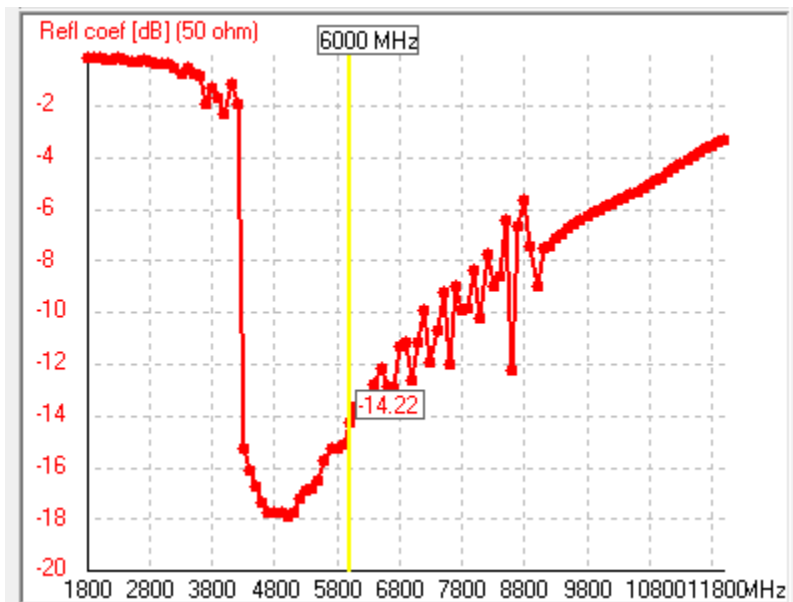
Radial sections = 5

- Ι. Για τον σχεδιασμό της μεταβολής του μέτρου της Z_{in} της κεραίας για το εύρος συχνοτήτων που ζητείται κάνουμε frequency sweep. Το αποτέλεσμα δίνεται στην συνέχεια:

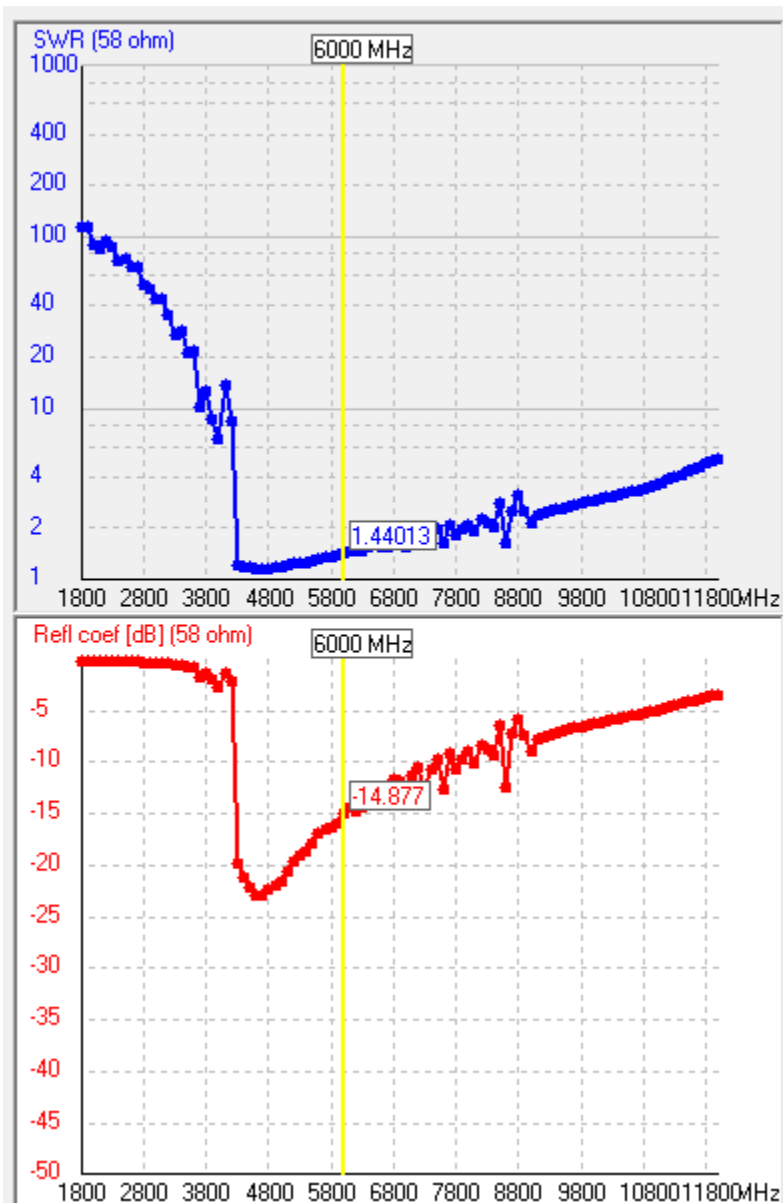


Βλέπουμε ότι η καταλληλότερη χαρακτηριστική αντίσταση της γραμμής τροφοδοσίας είναι η τιμή των 58 Ω , δηλαδή το μέτρο της Z_{in} της κεραίας για την κεντρική συχνότητα που μας αντιστοιχεί .

Ο συντελεστής ανάκλασης για $Z_0 = 50 \Omega$ δίνεται στην συνέχεια:



- II. Το μέτρο του συντελεστή ανάκλασης, για χαρακτηριστική αντίσταση ίση με $58\ \Omega$, στο ίδιο εύρος συχνοτήτων με πριν δίνεται στην συνέχεια:

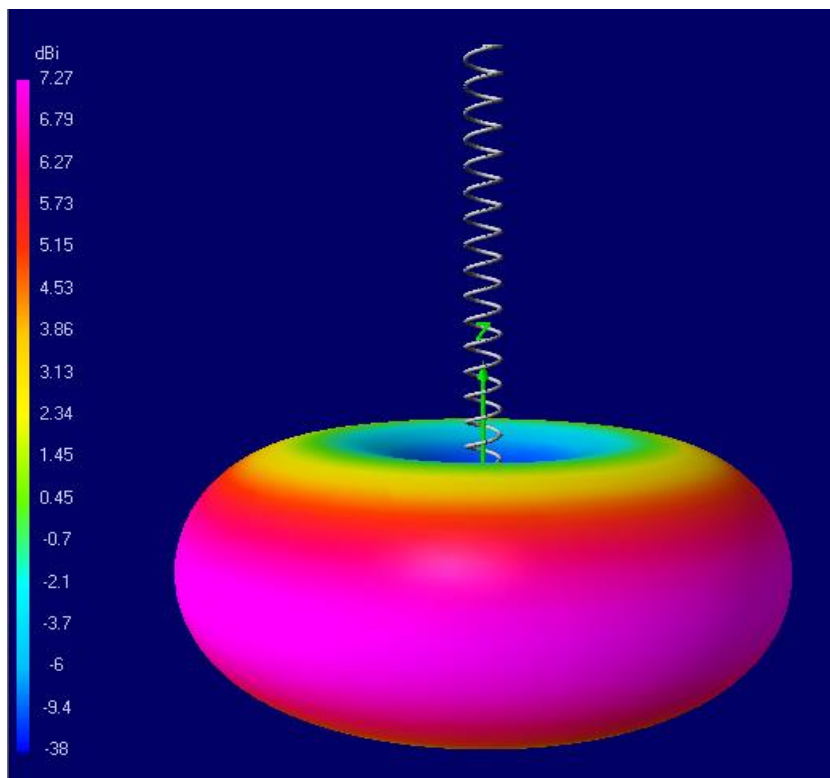
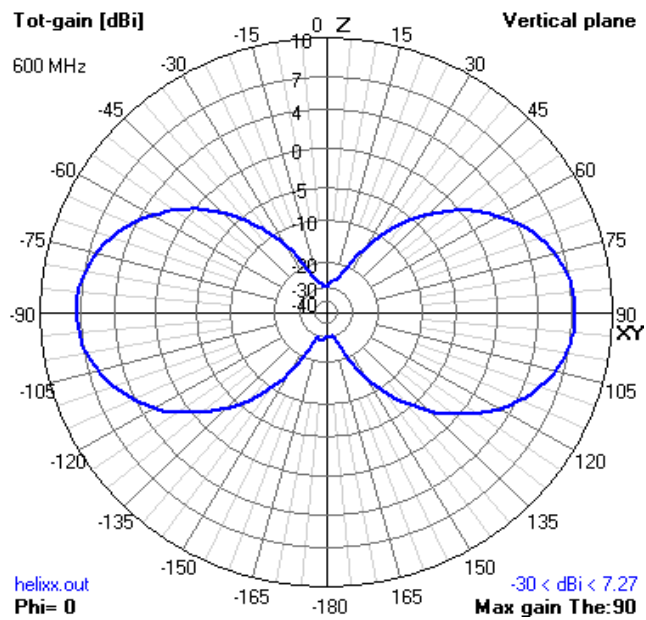


Βλέπουμε ότι η κεραία είναι ευρυζωνική διότι ο συντελεστής ανάκλασης γίνεται μικρότερος των -10 dB γύρω από τις συχνότητες των 4.3 GHz και των 8.1 GHz . Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτές οι συχνότητες είναι πολύ κοντά στα $3\lambda/4$ και $4\lambda/3$ αντίστοιχα.

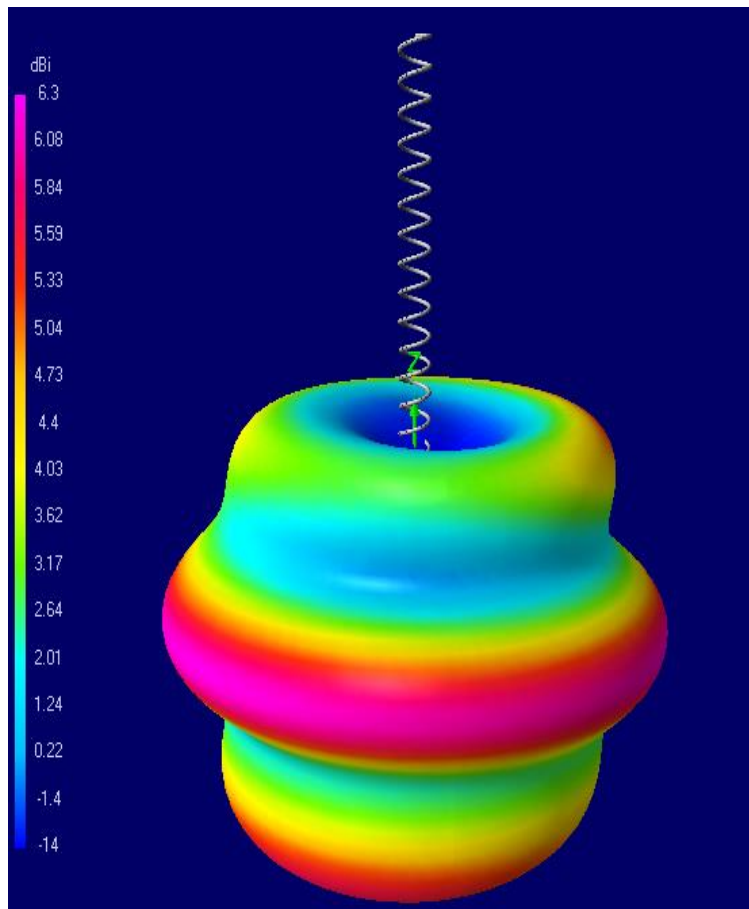
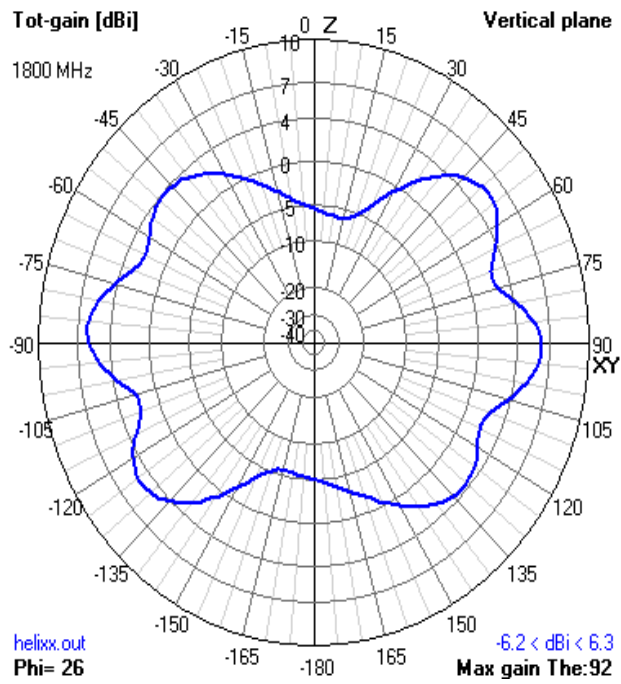
Ακόμη, αξίζει να παρατηρήσουμε ότι ο συντελεστής ανάκλασης για τα $58\ \Omega$ είναι περίπου ο ίδιος με αυτόν που είχαμε στα $50\ \Omega$, κάτι που είναι λογικό γιατί αλλάξαμε κατά μία μικρή σχετικά ποσότητα την χαρακτηριστική αντίσταση.

III. Τα διαγράμματα ακτινοβολίας στο κάθετο επίπεδο όπως και τα 3D διαγράμματα ακτινοβολίας για τις συχνότητες που ζητούνται, δίνονται στην συνέχεια:

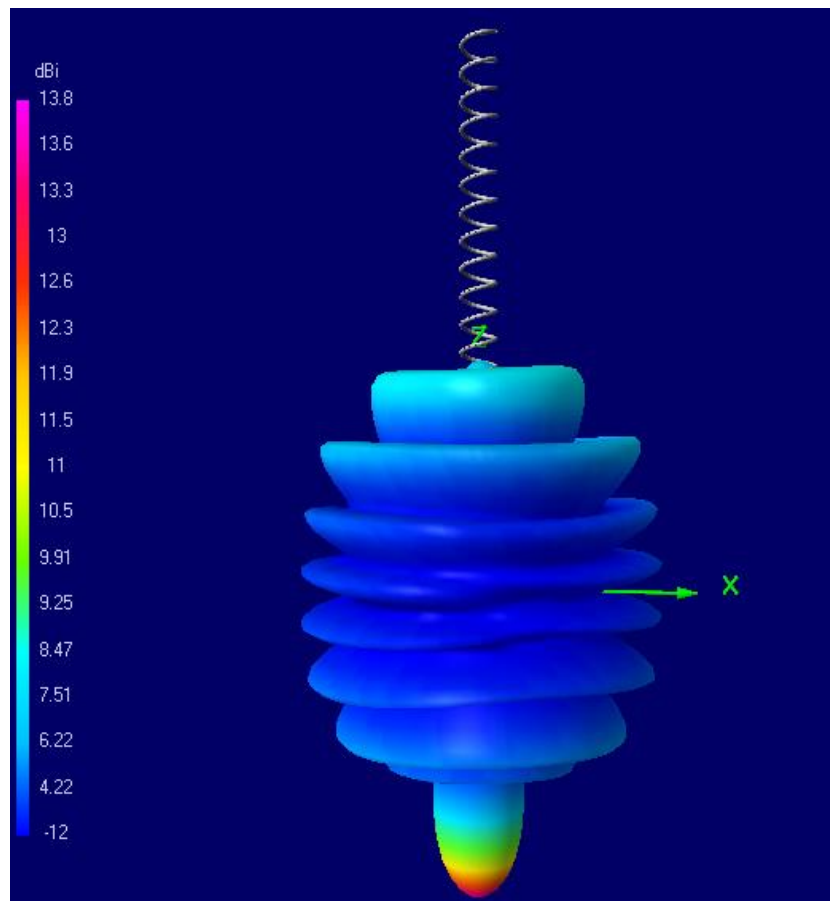
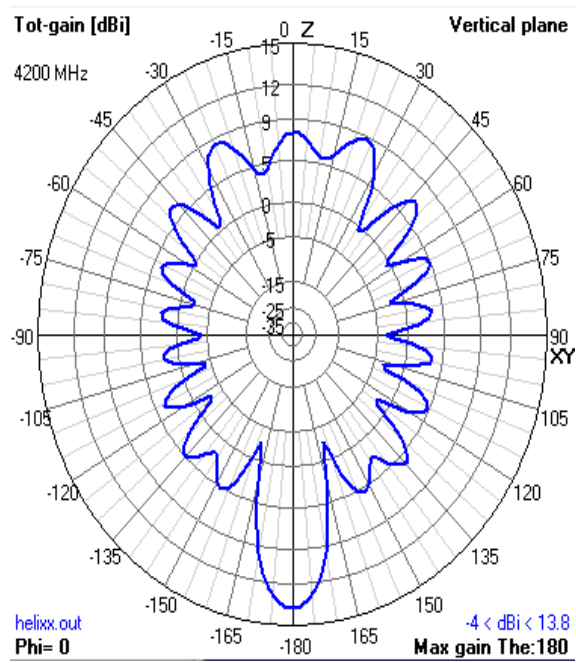
- 600 MHz:



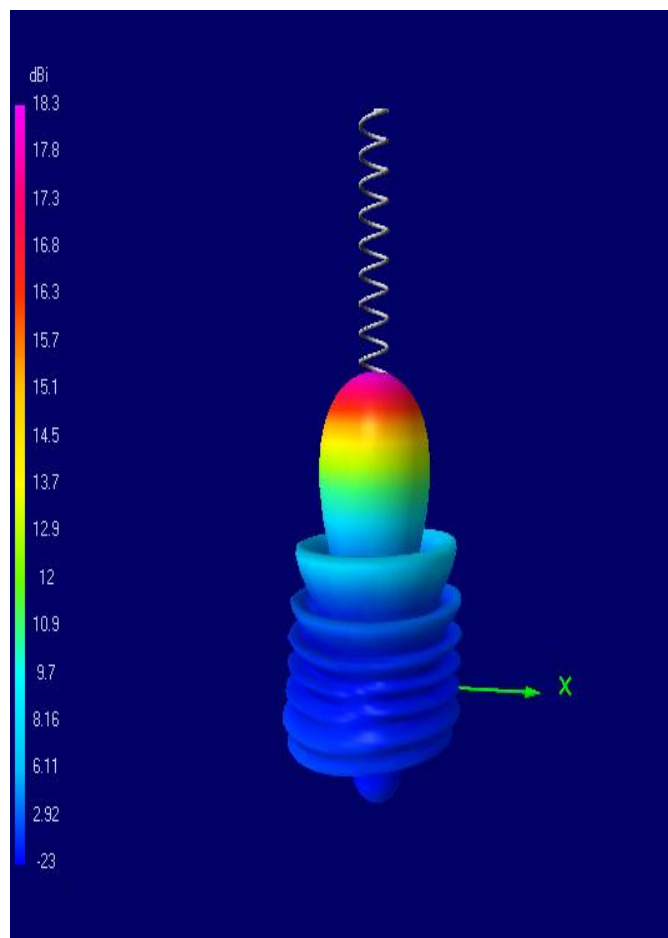
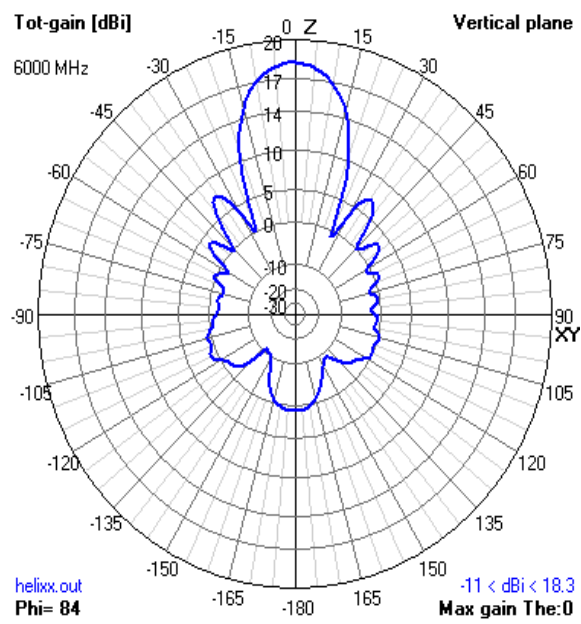
- 1800 MHz:



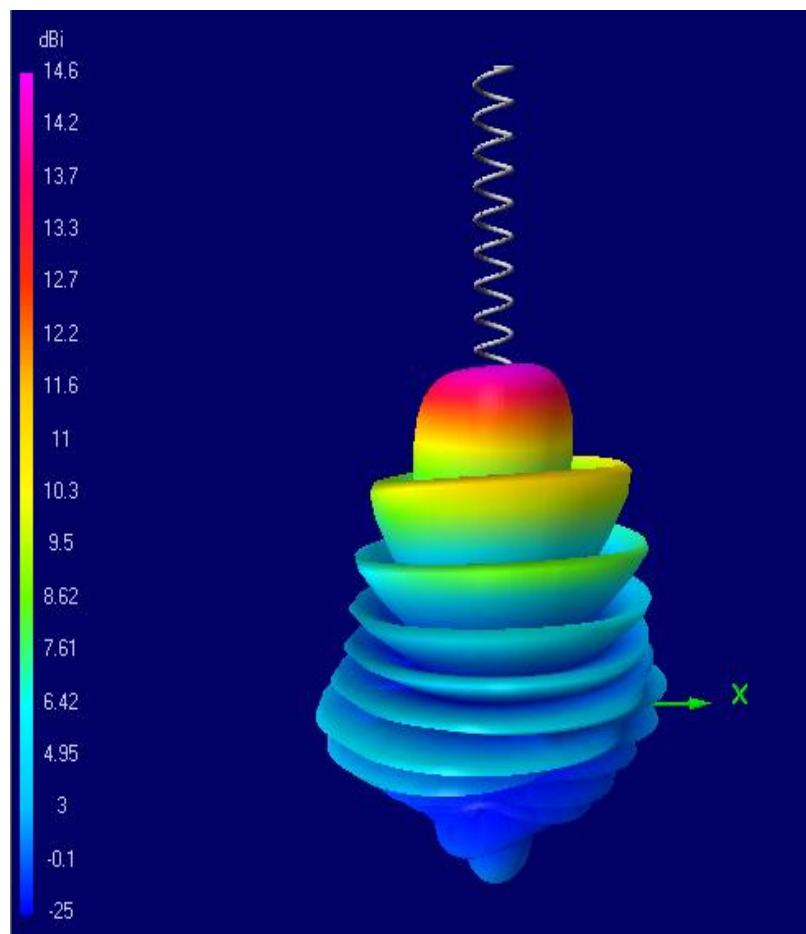
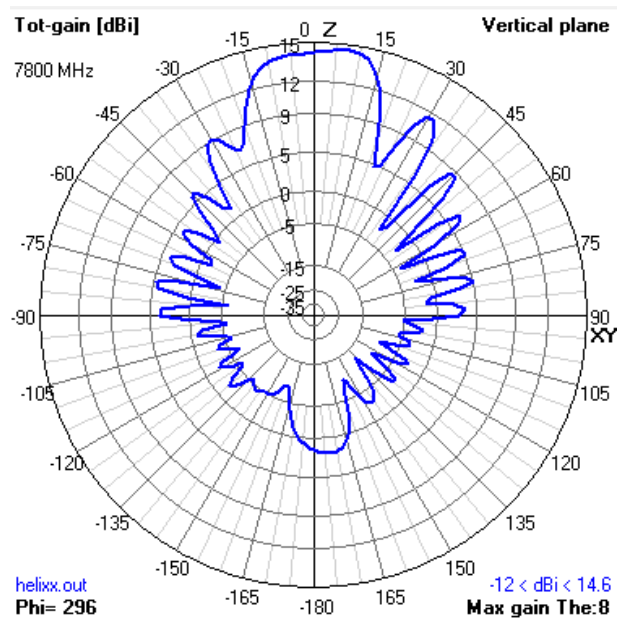
- 4200 MHz:



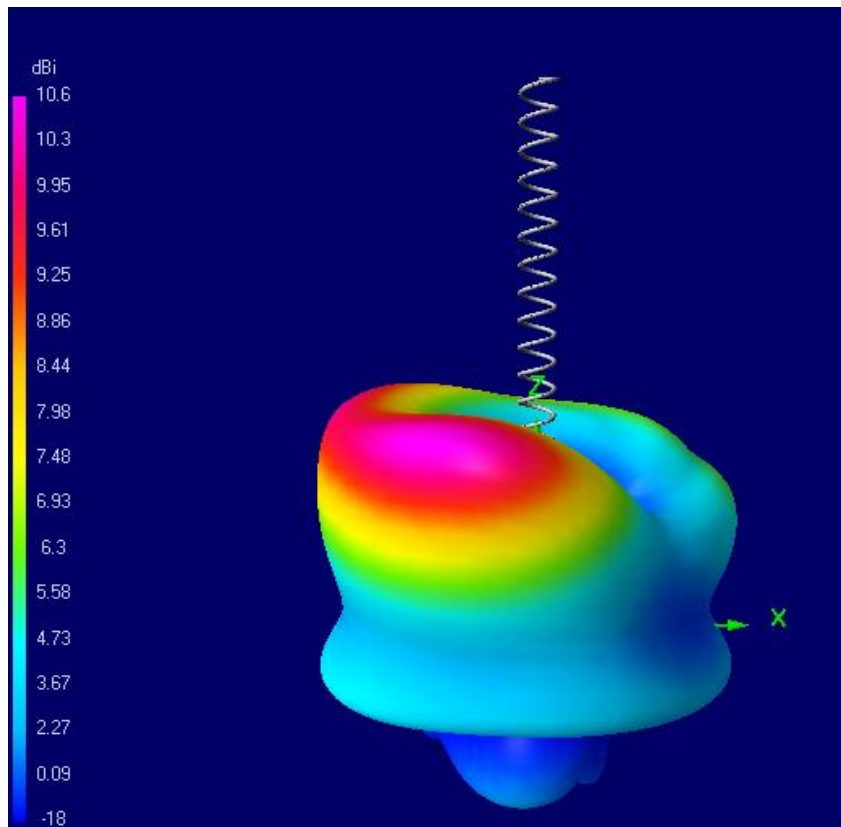
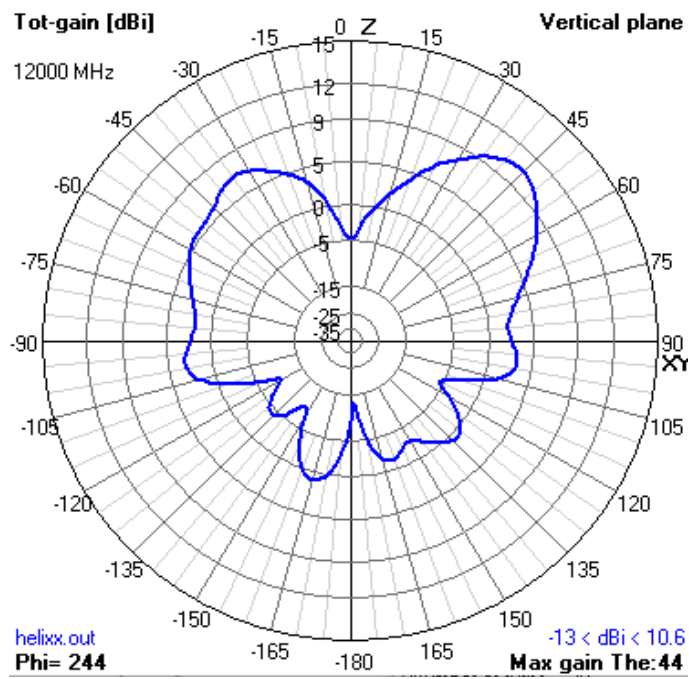
- 6000 MHz:



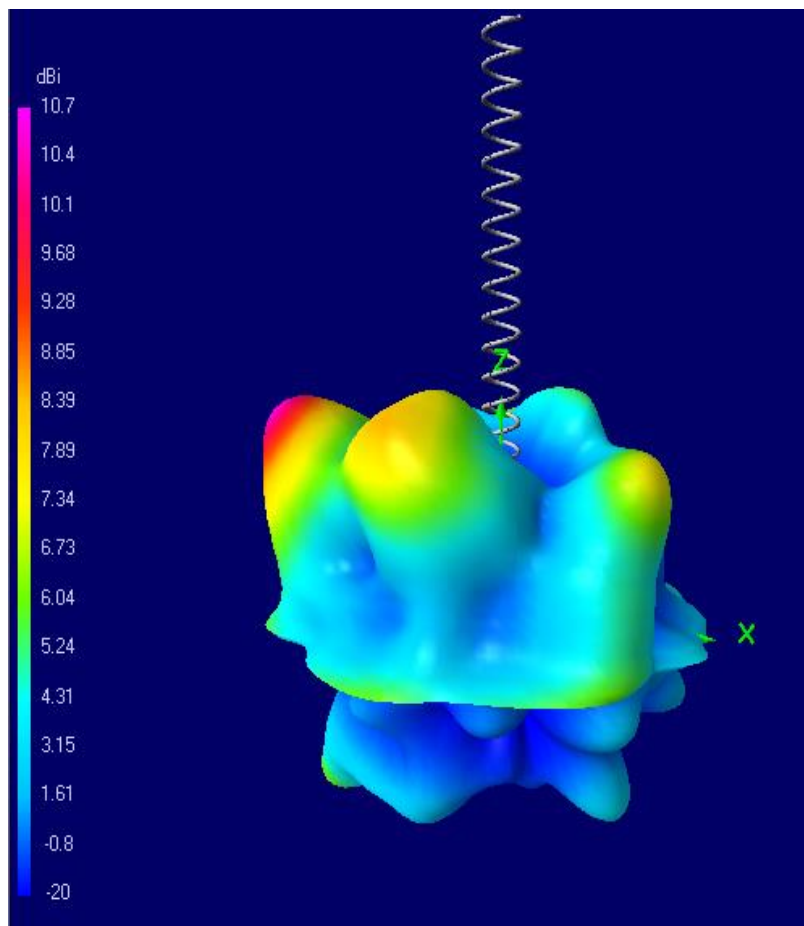
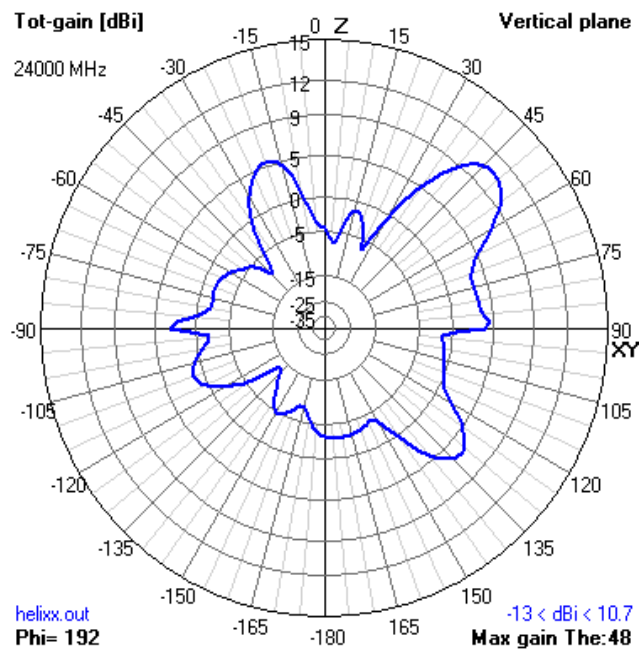
- 7800 MHz:



- 12000 MHz:



- 24000 MHz:



Παρατηρήσεις πάνω στα διαγράμματα ακτινοβολίας:

Για τα $0.1 \cdot f_0$ (600 MHz) το διάγραμμα ακτινοβολίας είναι ένας τόρος με σχετικά αυξημένη κατευθυντικότητα (αν συγκρίνουμε με την κεραία $\lambda/2$).

Για τα $0.3 \cdot f_0$ (1800 MHz) το διάγραμμα ακτινοβολίας ξεκινάει να αλλάζει μορφή, κάτι που μας δίνει μία υπόνοια ότι θα γίνει πιο κατευθυντικό στις επόμενες συχνότητες.

Για τα $0.7 \cdot f_0$ (4200 MHz) η κεραία γίνεται αρκετά κατευθυντική με μέγιστο λοβό στις -180 μοίρες.

Για την κεντρική συχνότητας (6000 MHz) η κεραία γίνεται πολύ κατευθυντική και ταυτόχρονα έχει πολύ χαμηλό ύψος πλευρικών λοβών.

Για τα $1.3 \cdot f_0$ (7800 MHz) η κεραία έχει και πάλι έναν κύριο λοβό με σχετικά υψηλή κατευθυντικότητα αλλά τώρα οι πλευρικοί λοβοί έχουν αυξηθεί κατά πολύ.

Για τα $2 \cdot f_0$ και $4 \cdot f_0$ (12000 MHz και 24000 MHz) βλέπουμε ότι τα διαγράμματα ακτινοβολίας φαίνονται αρκετά παραμορφωμένα. Για να βγάλουμε ασφαλή συμπεράσματα θα έπρεπε να αυξήσουμε το πλήθος των segments, κάτι που δεν θα κάνουμε τώρα, διότι ήδη έχουμε ξεπεράσει το μέγιστο πλήθος των 500 segments που δόθηκε στην εκφώνηση.

3. Υπολογισμός αμοιβαίων αντιστάσεων δίπολων

Για τον υπολογισμό της αμοιβαίας μιγαδικής αντίστασης δύο δίπολων $\lambda/2$, θα ακολουθήσουμε την εξής διαδικασία:

- Δημιουργούμε δύο δίπολα $\lambda/2$ στο αρχείο εισόδου του NEC με μεταβλητή απόσταση μεταξύ τους. Η μεταβλητή απόσταση θα αρχικοποιηθεί στα symbols του αρχείου εισόδου. Η αρχικοποίηση αυτή είναι η ίδια και για τα παράλληλα αλλά και για τα συγγραμικά δίπολα. Το μόνο που αλλάζει είναι η γεωμετρία των 2 διαφορετικών προβλημάτων.
- Εισάγουμε την κεντρική συχνότητα στο αρχείο εισόδου του NEC. (Για το επώνυμο μου αντιστοιχίστηκε η κεντρική συχνότητα των 3 GHz.)
- Ανοίγουμε τον optimizer και κάνουμε sweep με βάση την μεταβλητή που θέλουμε. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα η μόνη ανεξάρτητη μεταβλητή είναι η απόσταση μεταξύ των δίπολων. Επιλέγουμε αρχική, τελική τιμή και βήμα ανάλογα με τα δεδομένα της άσκησης. (Δηλαδή 0.05λ, 3λ και 0.05λ αντίστοιχα).
- Στην συνέχεια τρέχουμε τον optimizer και παίρνουμε το αρχείο εξόδου που προκύπτει.
- Το αρχείο αυτό περιέχει έναν πίνακα με όλες τις παραμέτρους που υπολογίζει το NEC. Εμάς μας ενδιαφέρουν μόνον οι παράμετροι R_{in} και X_{in} . Περνάμε αυτό το txt αρχείο με import data στο matlab και επιλέγουμε μόνο τις στήλες που μας ενδιαφέρουν.
- Γράφουμε ένα σκριπτάκι όπου υπολογίζουμε την αμοιβαία αντίσταση (Z_m) των δίπολων δεδομένου της Z_{in} της κεραίας και της Z_s των δίπολων. Ο τύπος που χρησιμοποιείται προκύπτει, μετά από ανάλυση, ως εξής:

$$Z_m = \pm \sqrt{Z_s^2 - Z_{in} * Z_s}$$

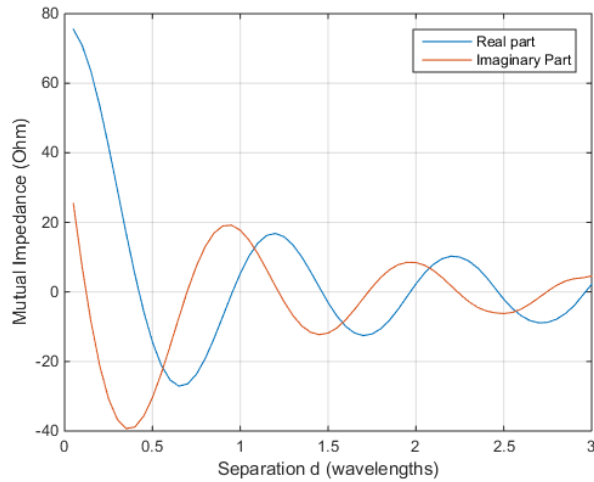
- Λόγω κάποιων ασυνεχειών και κάποιων γονάτων που δημιουργούνται λόγω της αλλαγής προσήμων θα πρέπει να επεμβούμε στο σκριπτάκι ώστε να διορθωθούν.
- Κάνουμε Plot το R_{in} και το X_{in} .

Παρατηρήσεις:

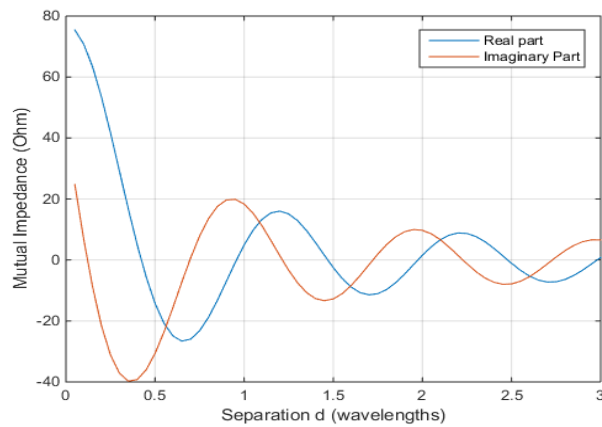
- Για τα συντονισμένα δίπολα βάζουμε ως μήκος το 0.48λ και όχι το 0.5λ στο αρχείο εισόδου του NEC, ενώ στον υπολογισμό στο matlab κρατάμε μόνο το πραγματικό μέρος του Z_s , διότι το φανταστικό είναι 0.

a. Το διάγραμμα της αμοιβαίας αντίστασης 2 παραλλήλων διπόλων $\lambda/2$ συναρτήσει της απόστασης δίνεται στην συνέχεια:

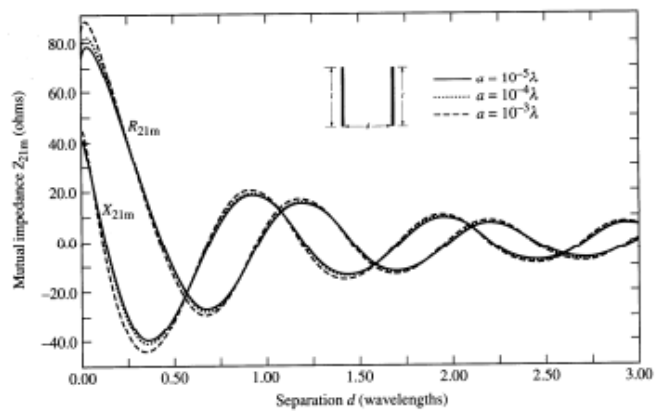
- 10 segments:



- 40 segments:

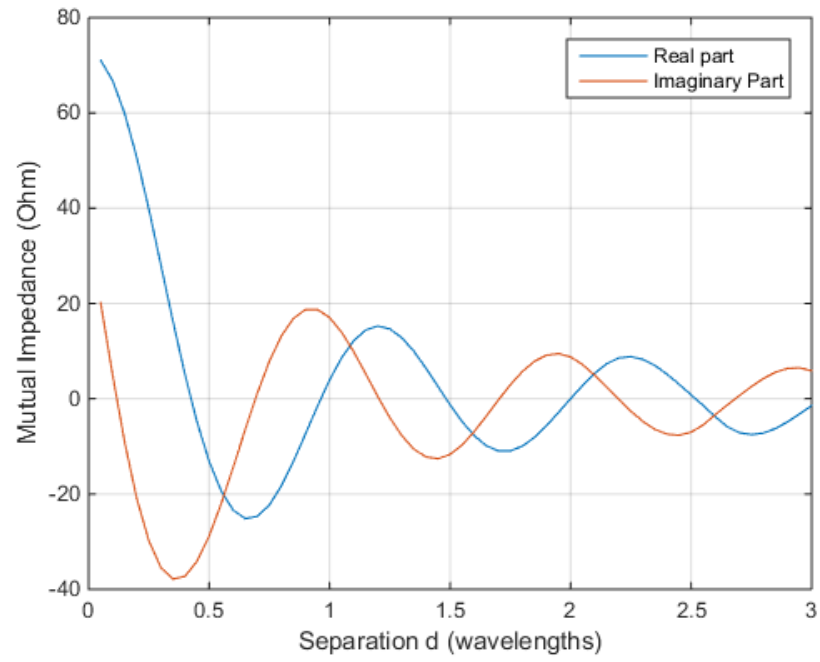


- Θεωρητικό γράφημα:

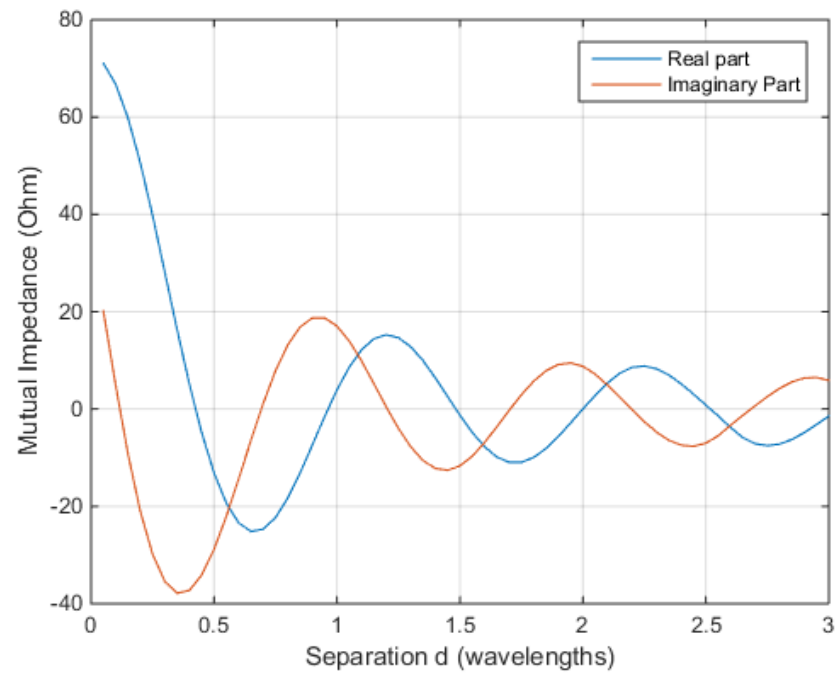


b. Το διάγραμμα της αμοιβαίας αντίστασης 2 παραλλήλων συντονισμένων διπόλων $\lambda/2$ συναρτήσει της απόστασης δίνεται στην συνέχεια:

- 10 segments:

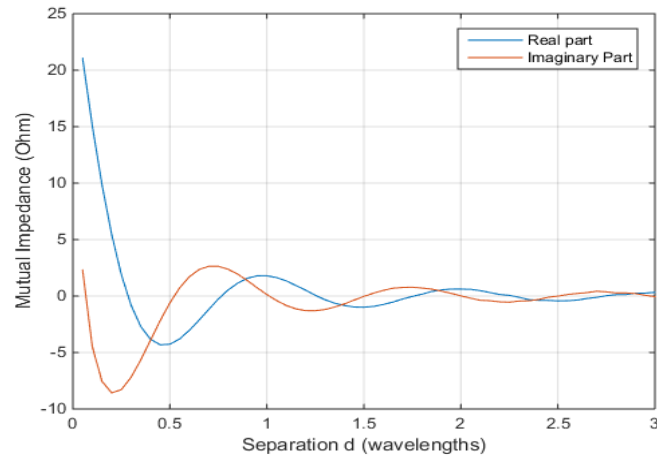


- 40 segments:

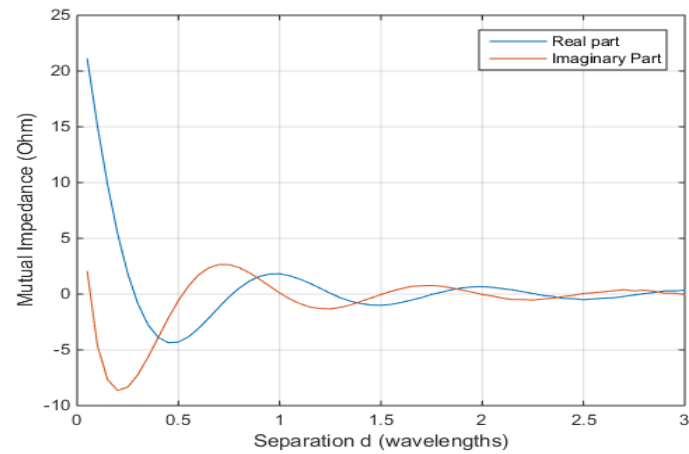


c. Το διάγραμμα της αμοιβαίας αντίστασης 2 συγγραμικών διπόλων $\lambda/2$ συναρτήσει της απόστασης δίνεται στην συνέχεια:

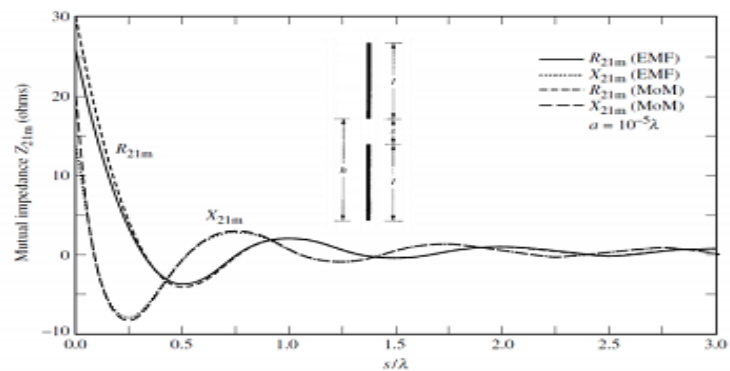
- 10 segments:



- 40 segments:

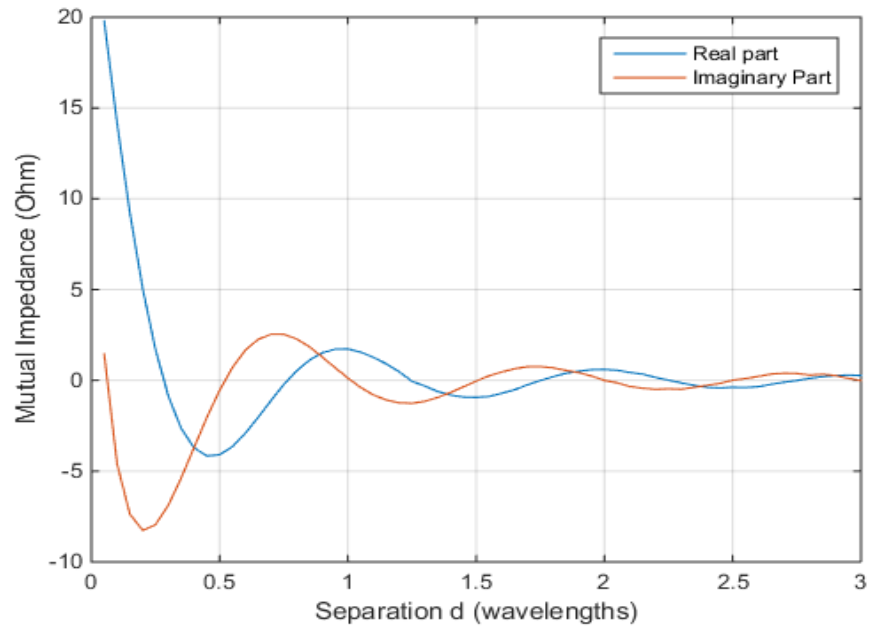


- Θεωρητικό γράφημα:

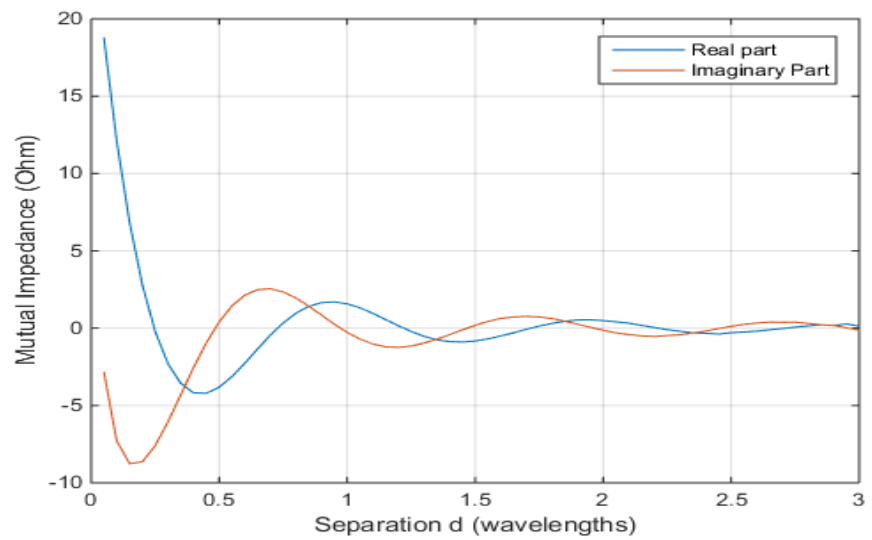


d. Το διάγραμμα της αμοιβαίας αντίστασης 2 συγγραμικών συντονισμένων διπόλων $\lambda/2$ συναρτήσει της απόστασης δίνεται στην συνέχεια:

- 10 segments:



- 40 segments:



Γενικές παρατηρήσεις: Όσο αυξάνουμε τα segments τόσο περισσότερο προσεγγίζει το γράφημα μας το θεωρητικό γράφημα με τις δύο διαφορετικές υπολογιστικές μεθόδους.