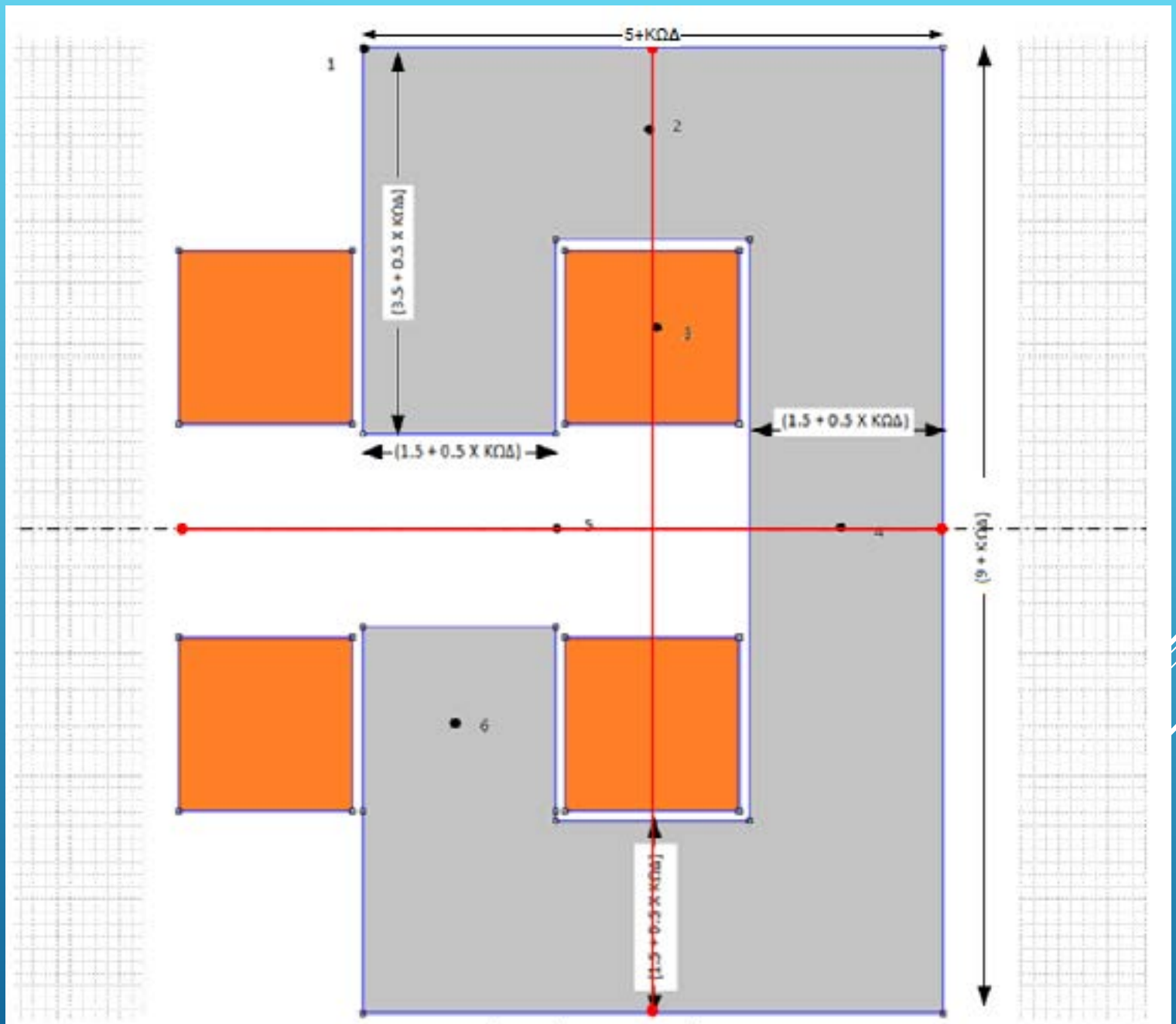


Electrical Machines Design for Transportation Electrification

Ακαδ. Έτος 2024-2025

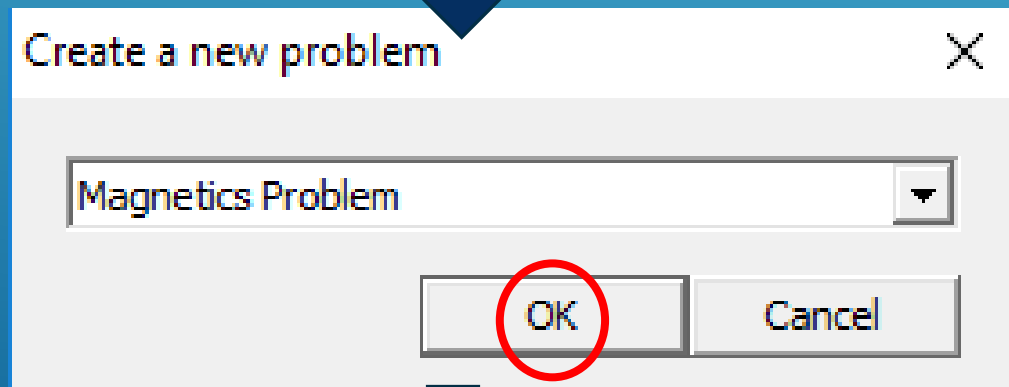
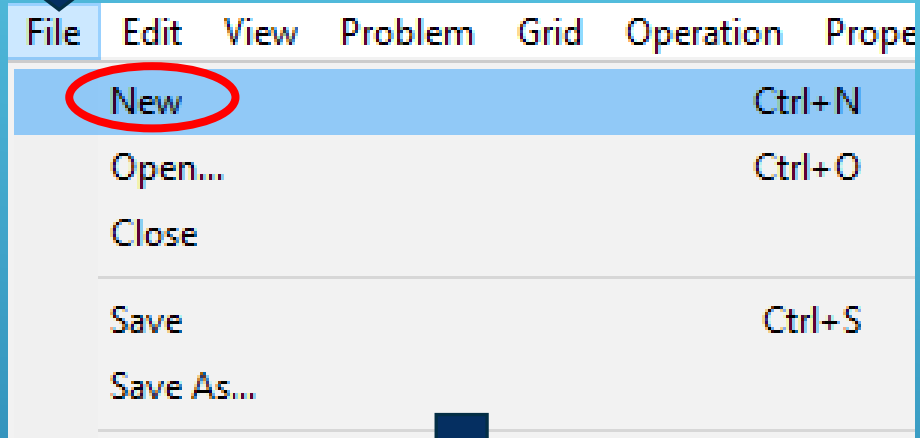
**Λύση Ενδεικτικού Project
(για $K\Omega\Delta=4$)**

ΑΣΚΗΣΗ 1

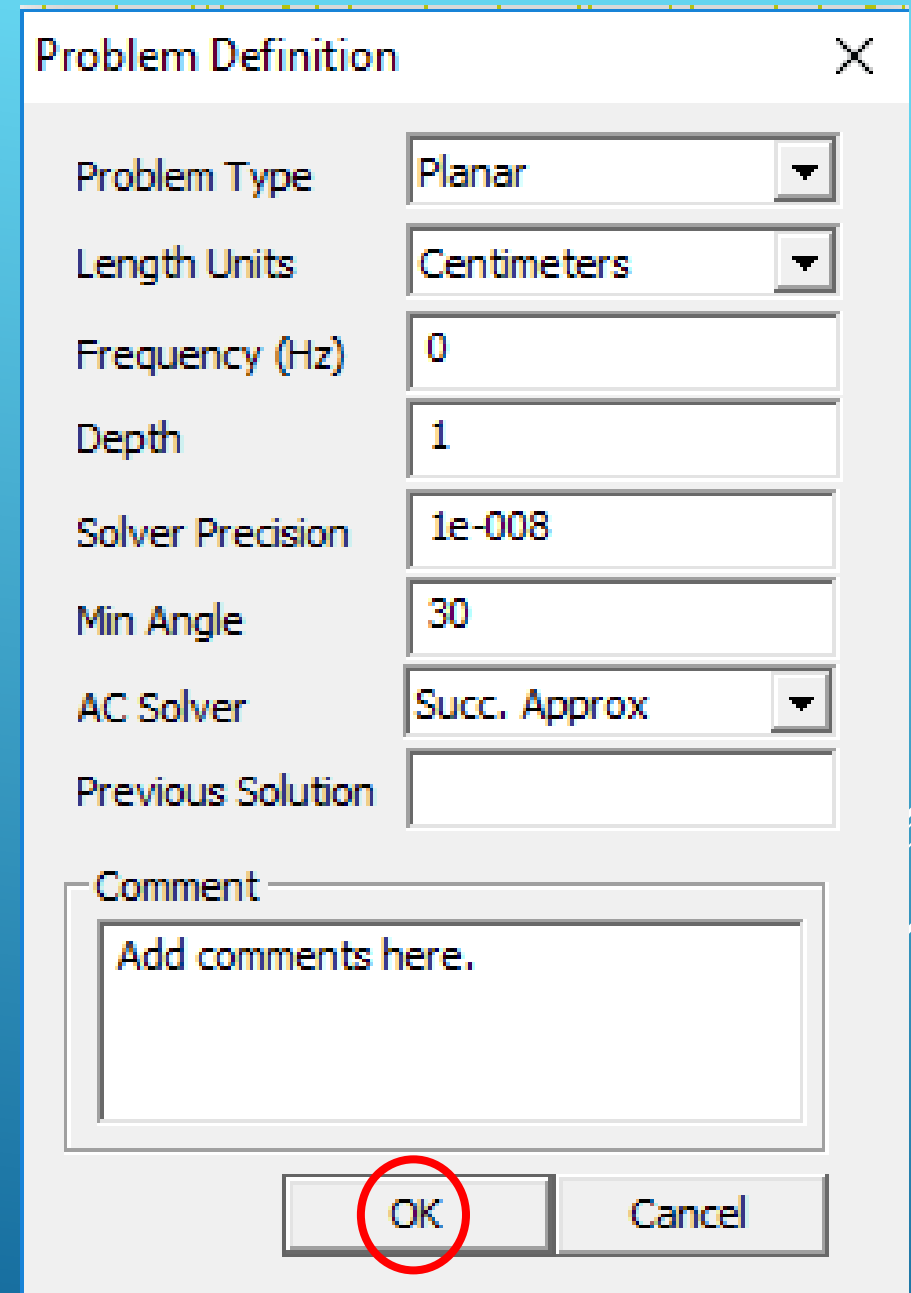


Σχ. 1. Όψη της υπό μελέτης γεωμετρίας (ΑΣΚΗΣΗ 1).

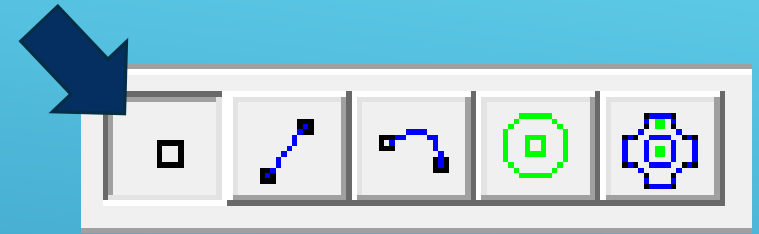
ΝΕΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΣΤΟ FEMM



Problem



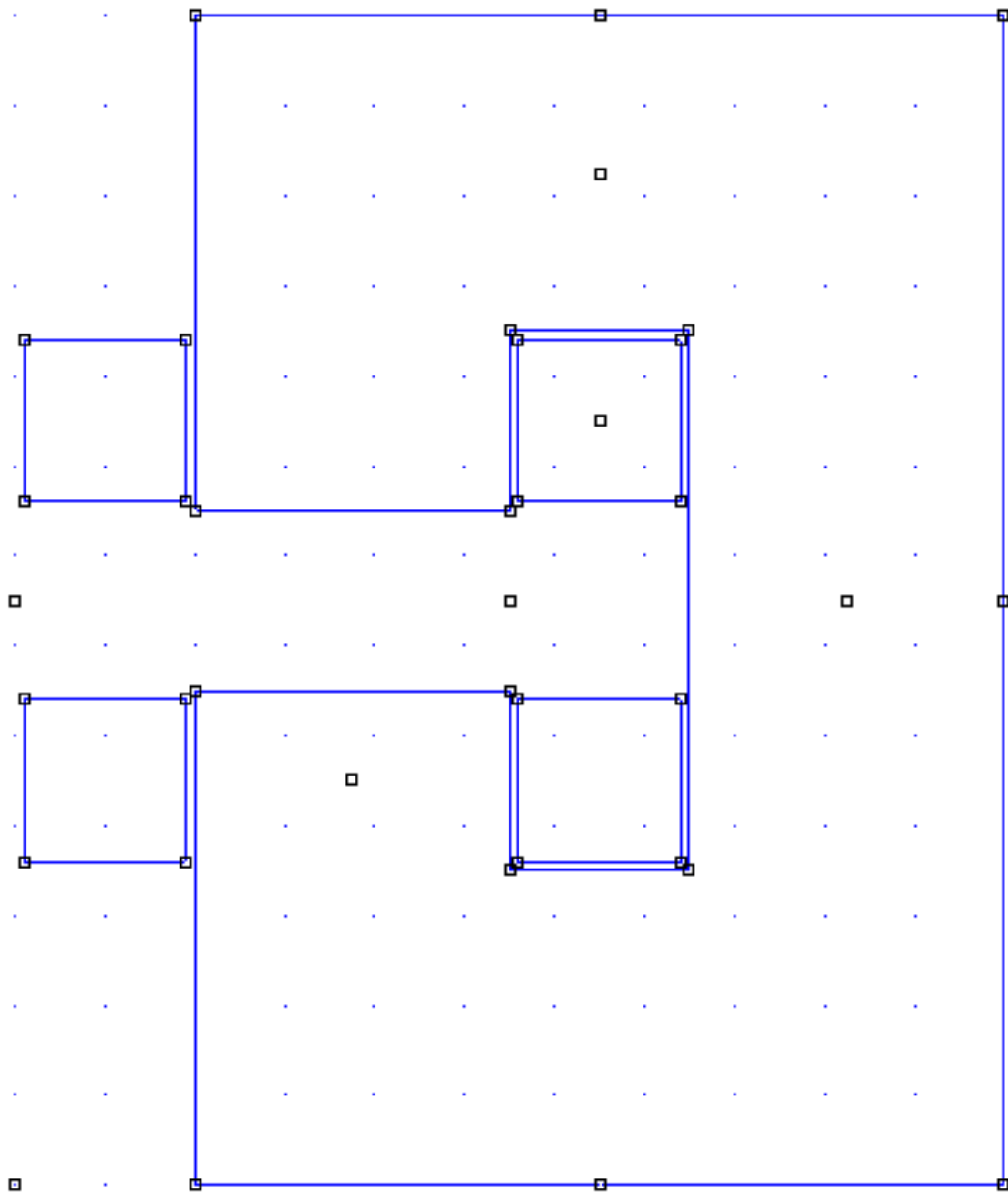
ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΤΩΝ ΚΟΜΒΩΝ



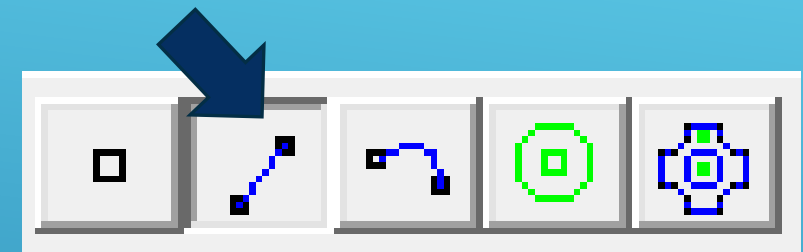
Χρησιμοποιούμε το TAB
για άμεση εισαγωγή
συντεταγμένων:

Enter Point ✕

x-coord	-8.16
y-coord	10.39



ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΚΜΩΝ



Αριστερό κλικ στον
πρώτο κόμβο ->
γίνεται κόκκινος ->
αριστερό κλικ στον
δεύτερο κόμβο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΟΡΙΑΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ ΔΙΑΤΑΞΗΣ (1)

Enter Point

x-coord 33

y-coord 6.5

OK Cancel

Enter Point

x-coord -33

y-coord 6.5

OK Cancel

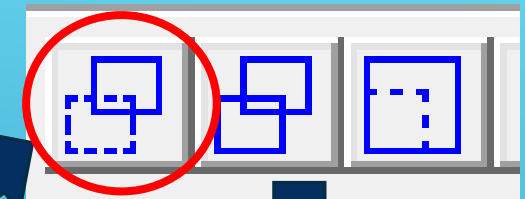
Arc segment properties

Arc Angle 180

Max. segment, Degrees 1

Boundary cond. <None>

OK Cancel



(Επιλέγουμε την διάταξη χωρίς το όριο)

Move

☐ Rotation

Angular shift, degrees 0

About point 0 0

☒ Translation

Horizontal shift -6.5

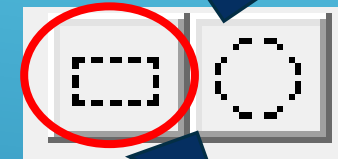
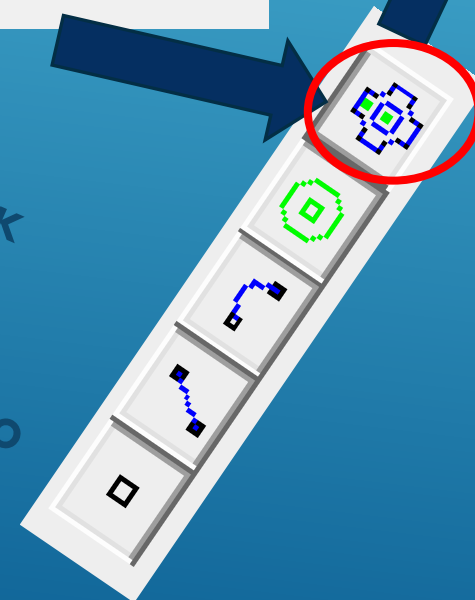
Vertical shift 0

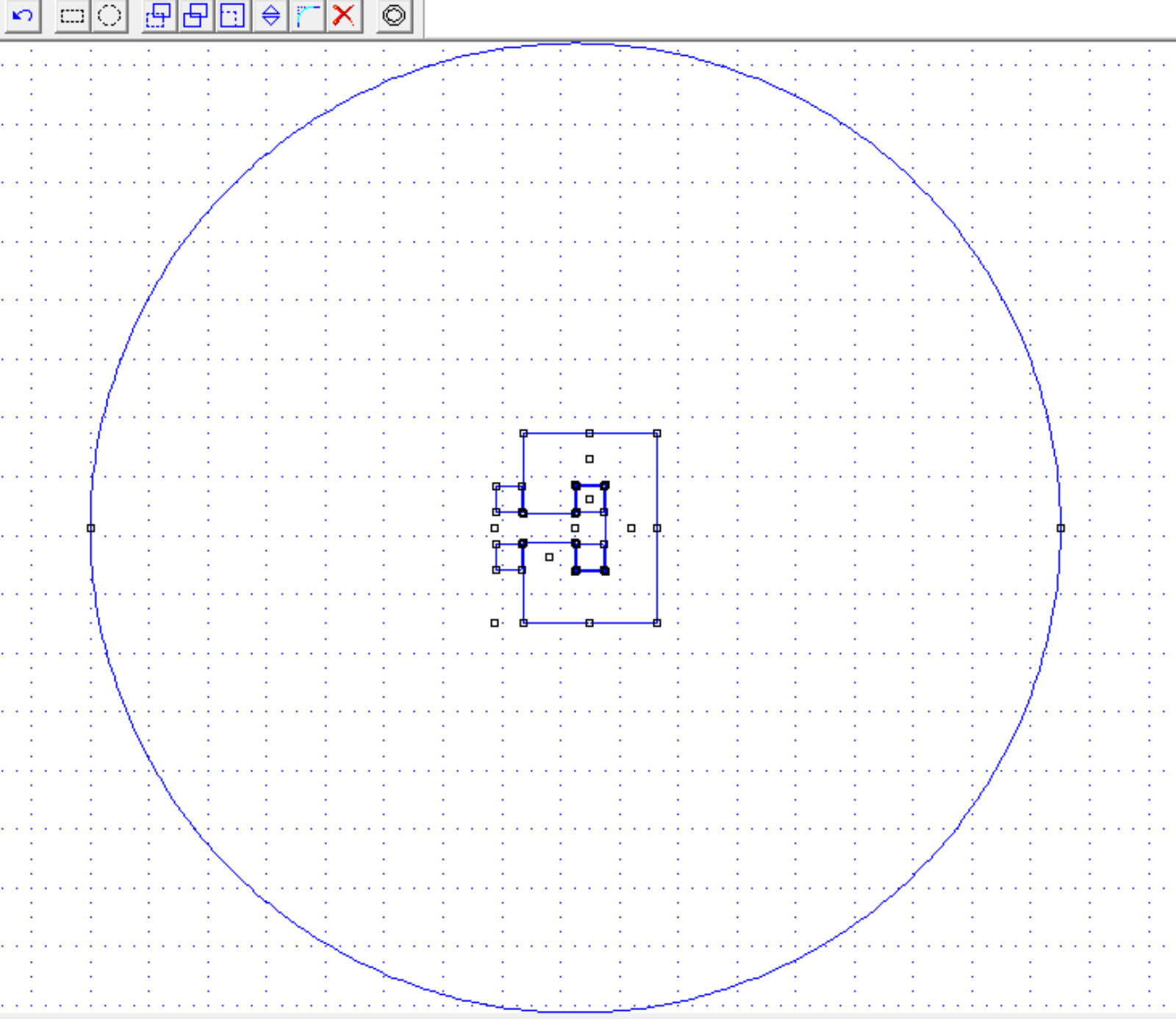
Number of copies: 0

OK Cancel



(Αριστερό κλικ στο ένα σημείο του ορίου -> αριστερό κλικ στο άλλο σημείο του ορίου)

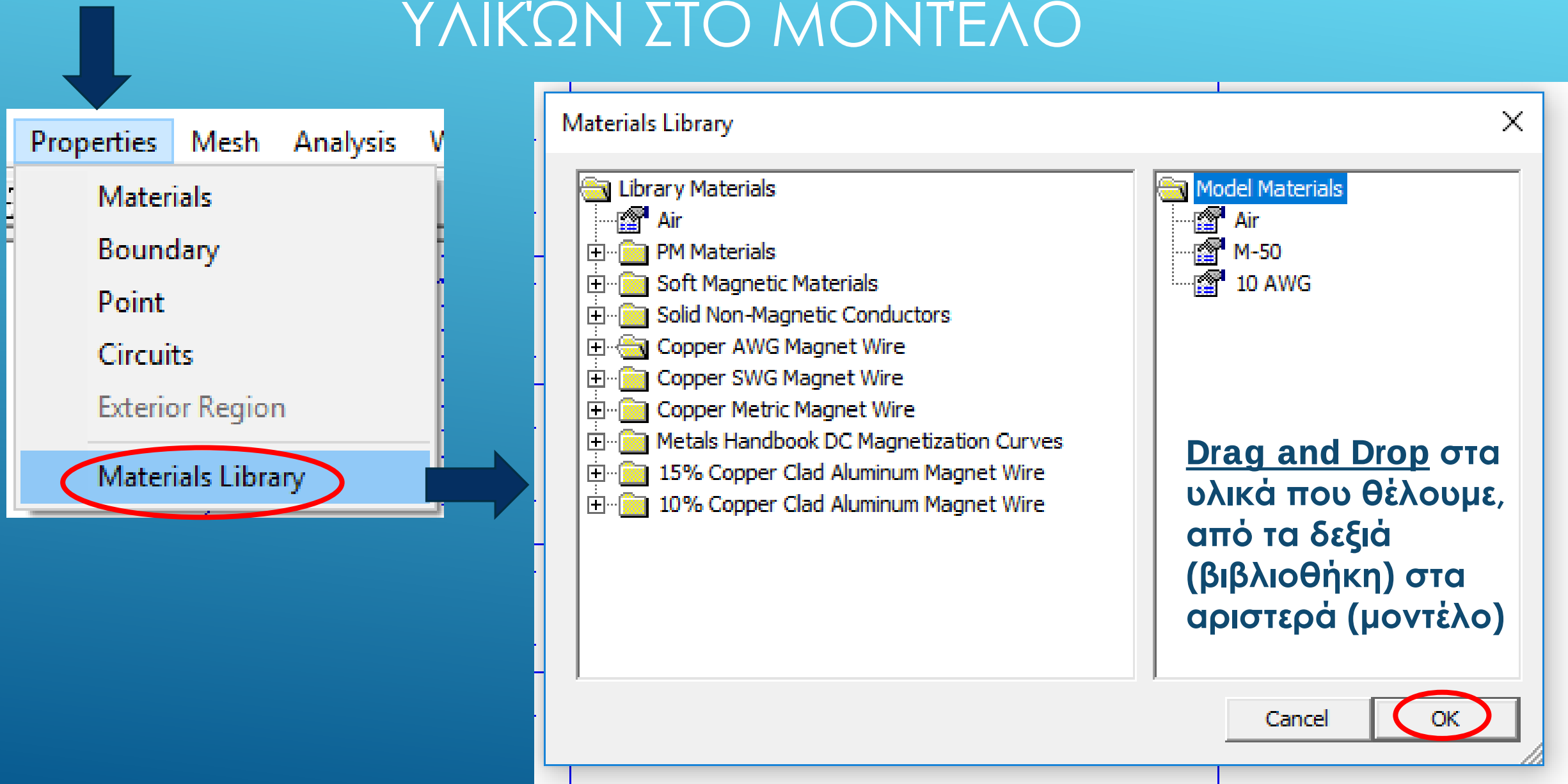




ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΟΡΙΑΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ ΔΙΑΤΑΞΗΣ (2)

Αποτέλεσμα

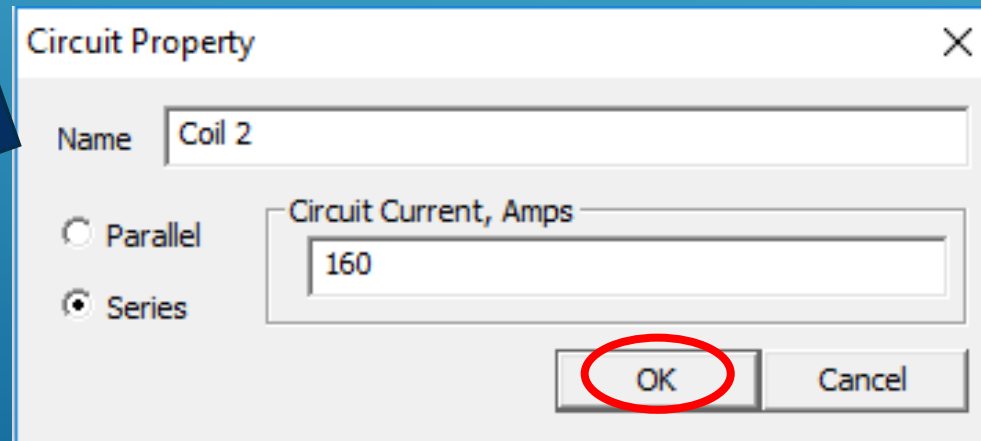
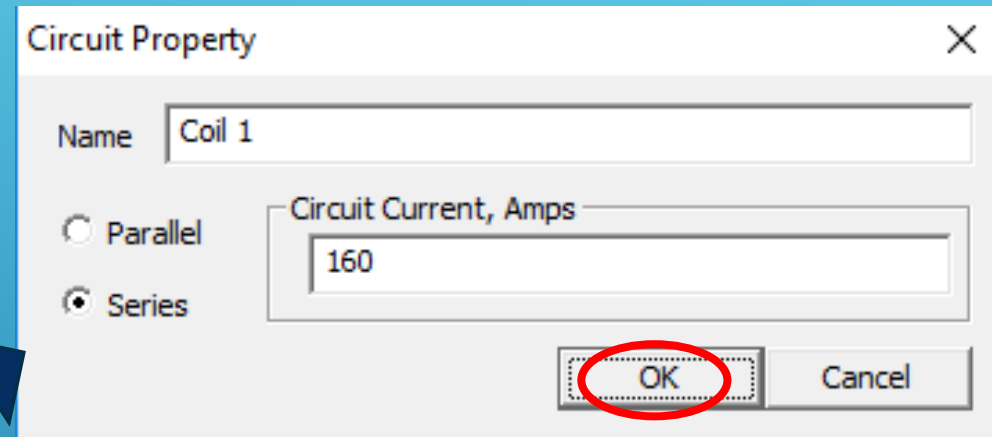
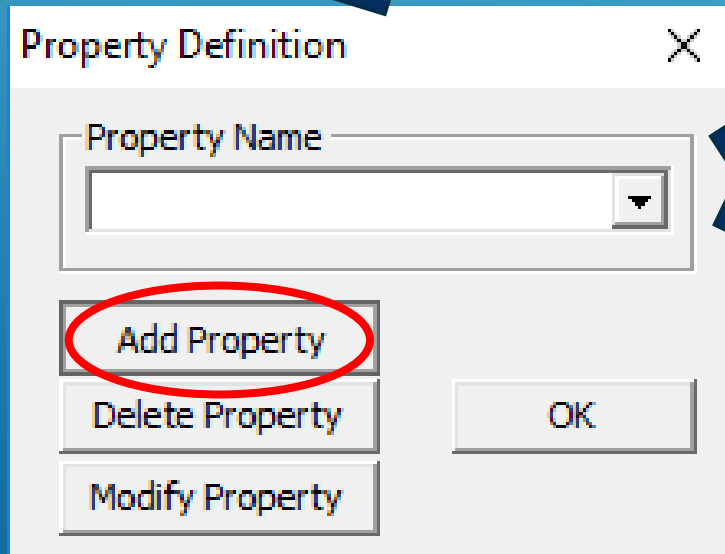
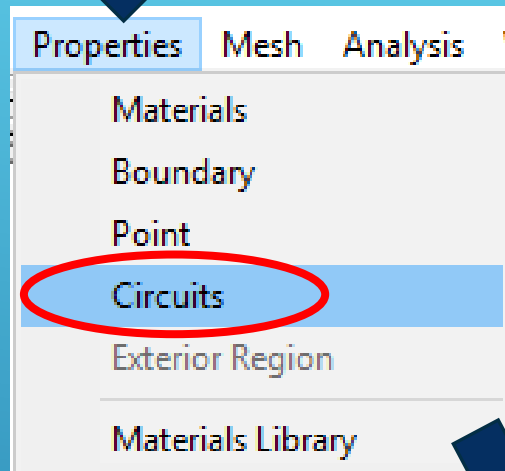
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΥΛΙΚΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ



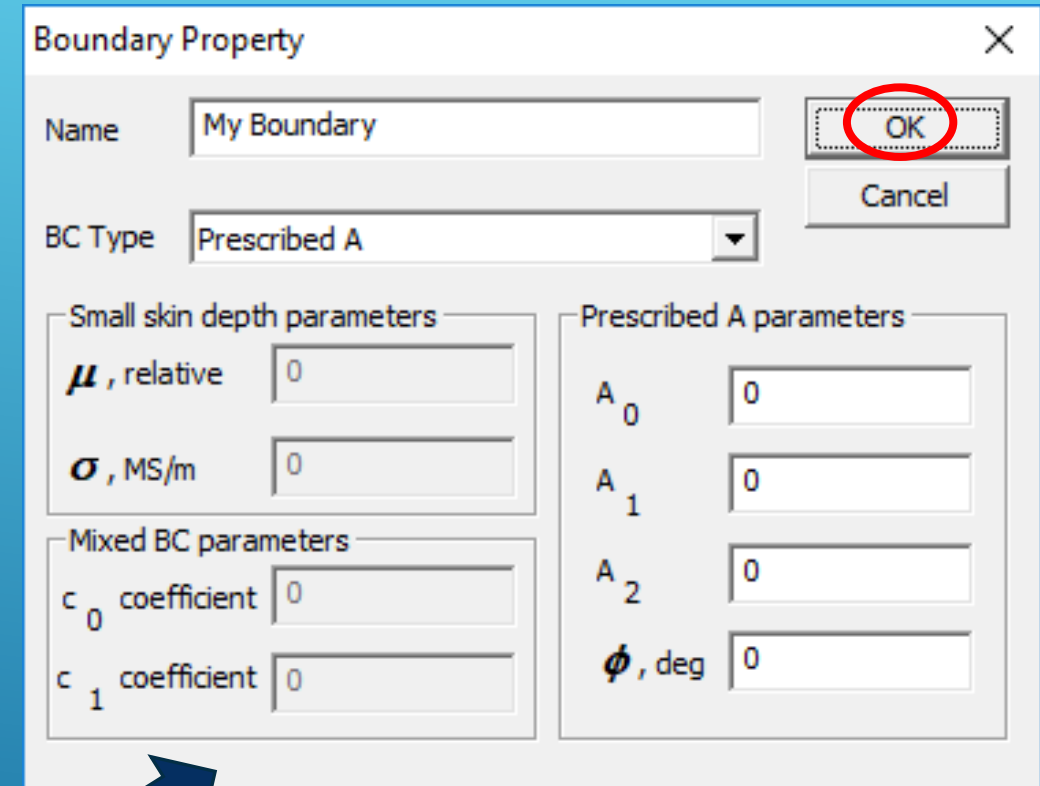
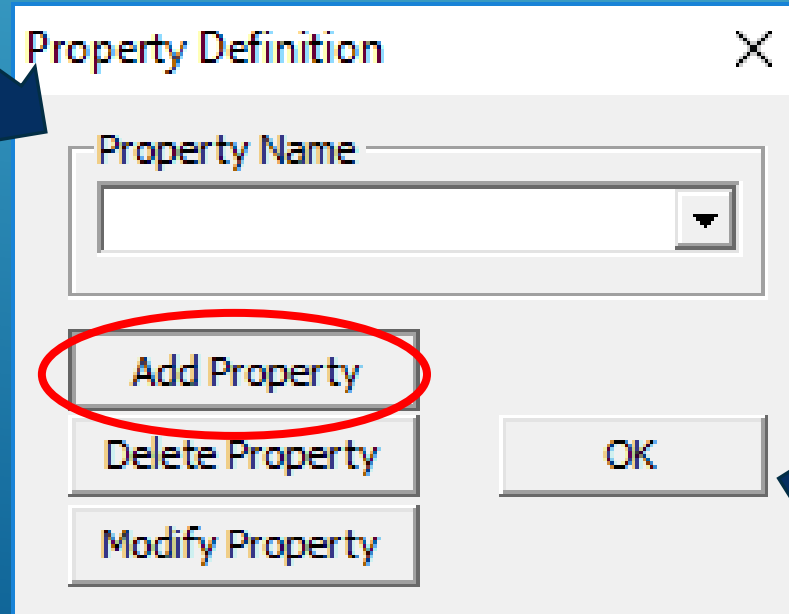
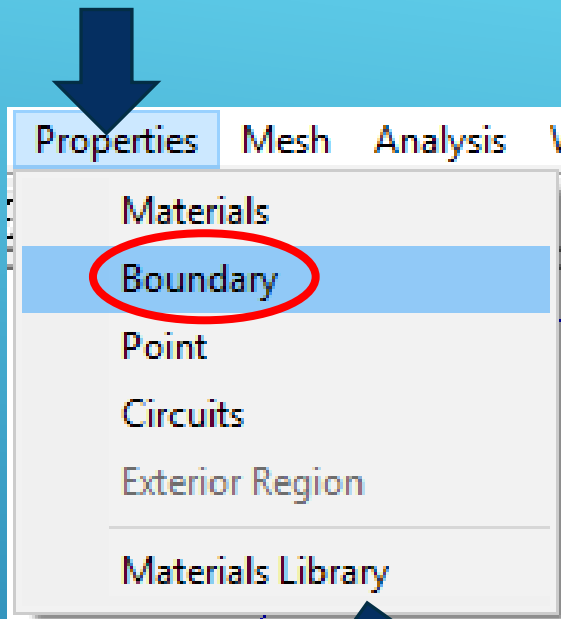
The screenshot shows the 'Materials Library' dialog box. The left sidebar has tabs for 'Properties', 'Mesh', 'Analysis', and 'V'. The 'Materials Library' tab is selected and circled in red. A blue arrow points from this tab to the main dialog box. The main dialog box has a title bar 'Materials Library' and a close button 'X'. It contains two panes: 'Library Materials' on the left and 'Model Materials' on the right. The 'Library Materials' pane lists various material categories with expandable icons. The 'Model Materials' pane shows a list of selected materials: 'Air', 'M-50', and '10 AWG'. Below this list, there is a text instruction: 'Drag and Drop στα υλικά που θέλουμε, από τα δεξιά (βιβλιοθήκη) στα αριστερά (μοντέλο)'. At the bottom right, there are 'Cancel' and 'OK' buttons, with the 'OK' button circled in red.

Drag and Drop στα υλικά που θέλουμε, από τα δεξιά (βιβλιοθήκη) στα αριστερά (μοντέλο)

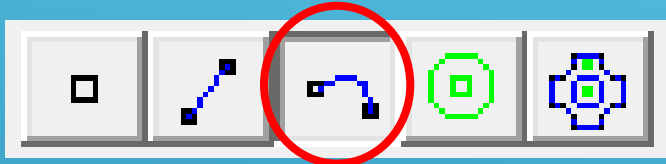
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ



ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ



ΟΡΙΟΘΈΤΗΣΗ (ΣΥΝΔΕΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΜΕ ΟΡΙΟ)



Επιλέγουμε και τα δύο
εξωτερικά ημικύκλια
με δεξί κλικ -> γίνονται
κόκκινα -> SPACE BAR



Arc segment properties

Max. segment, Degrees: 1

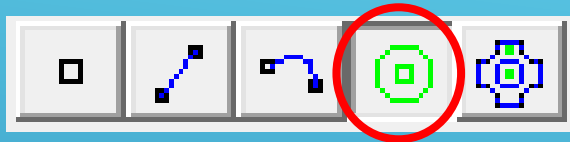
Boundary cond.: My Boundary

Hide arc in postprocessor: ☐

In Group: 0

OK Cancel

ΑΠΟΔΟΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΔΙΑΤΑΞΗ (1)



Επιλέγουμε κάθε περιοχή με διαφορετικές ιδιότητες με αριστερό κλικ -> πατάμε στο ίδιο σημείο δεξί κλικ -> γίνεται κόκκινο το σημείο -> SPACE BAR



Properties for selected block

Block type Air

Mesh size 0

☒ Let Triangle choose Mesh Size

In Circuit <None>

Number of Turns 1

Magnetization Direction 0

In Group 0

☐ Block label located in an external region

☐ Set as default block label

OK Cancel

Ή

Properties for selected block

Block type 10 AWG

Mesh size 0

☒ Let Triangle choose Mesh Size

In Circuit Coil 1

Number of Turns -80

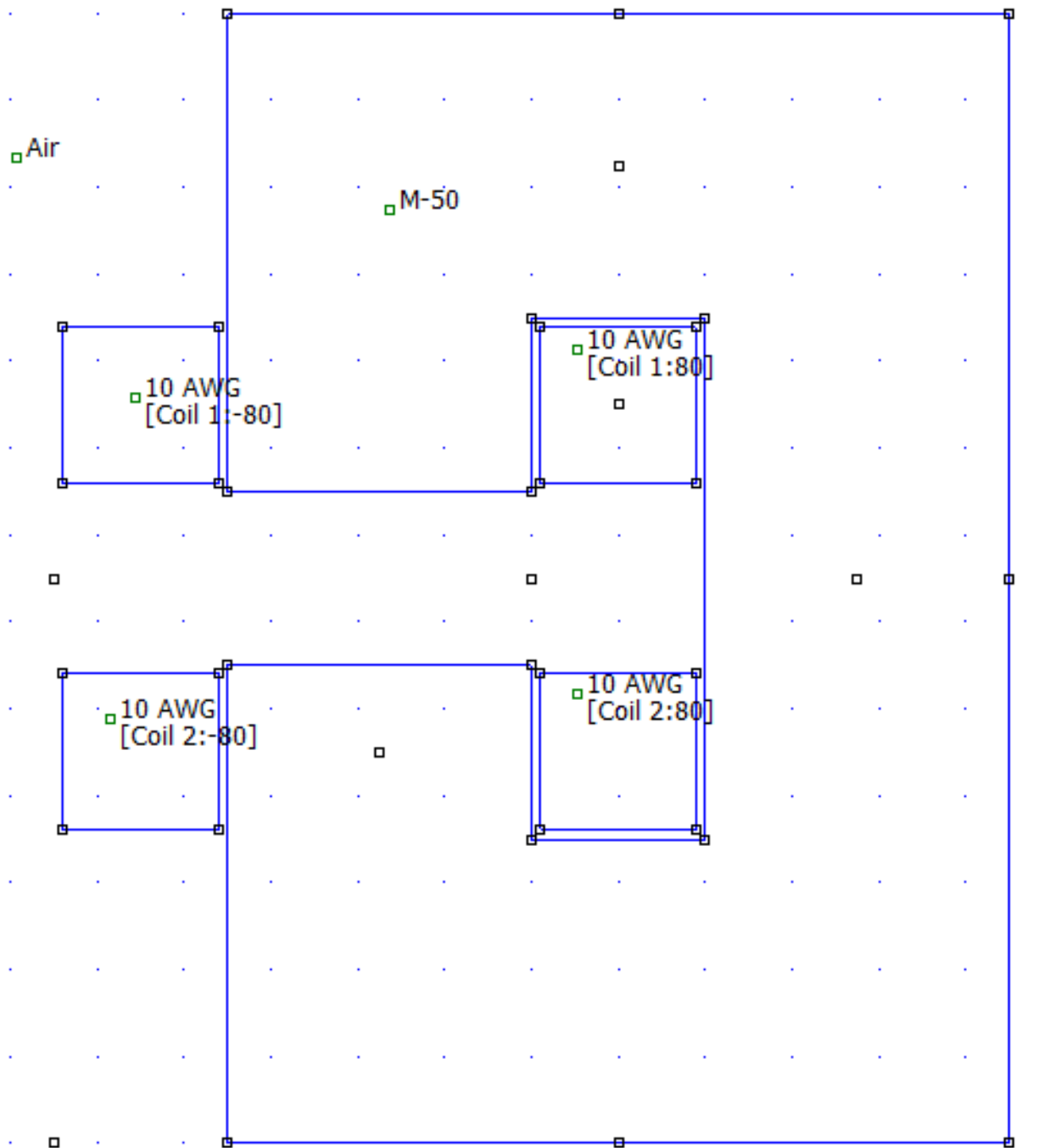
Magnetization Direction 0

In Group 0

☐ Block label located in an external region

☐ Set as default block label

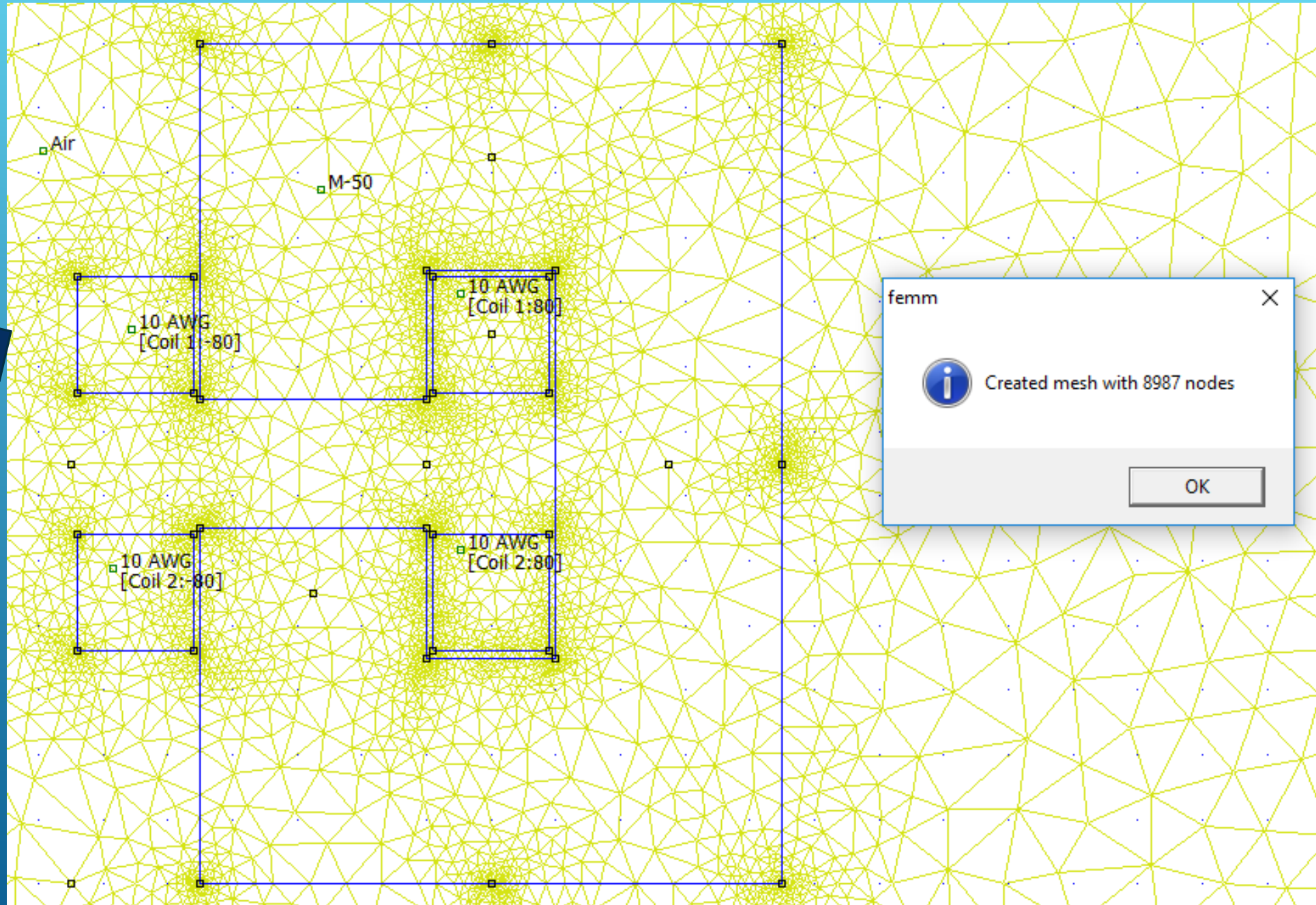
OK Cancel



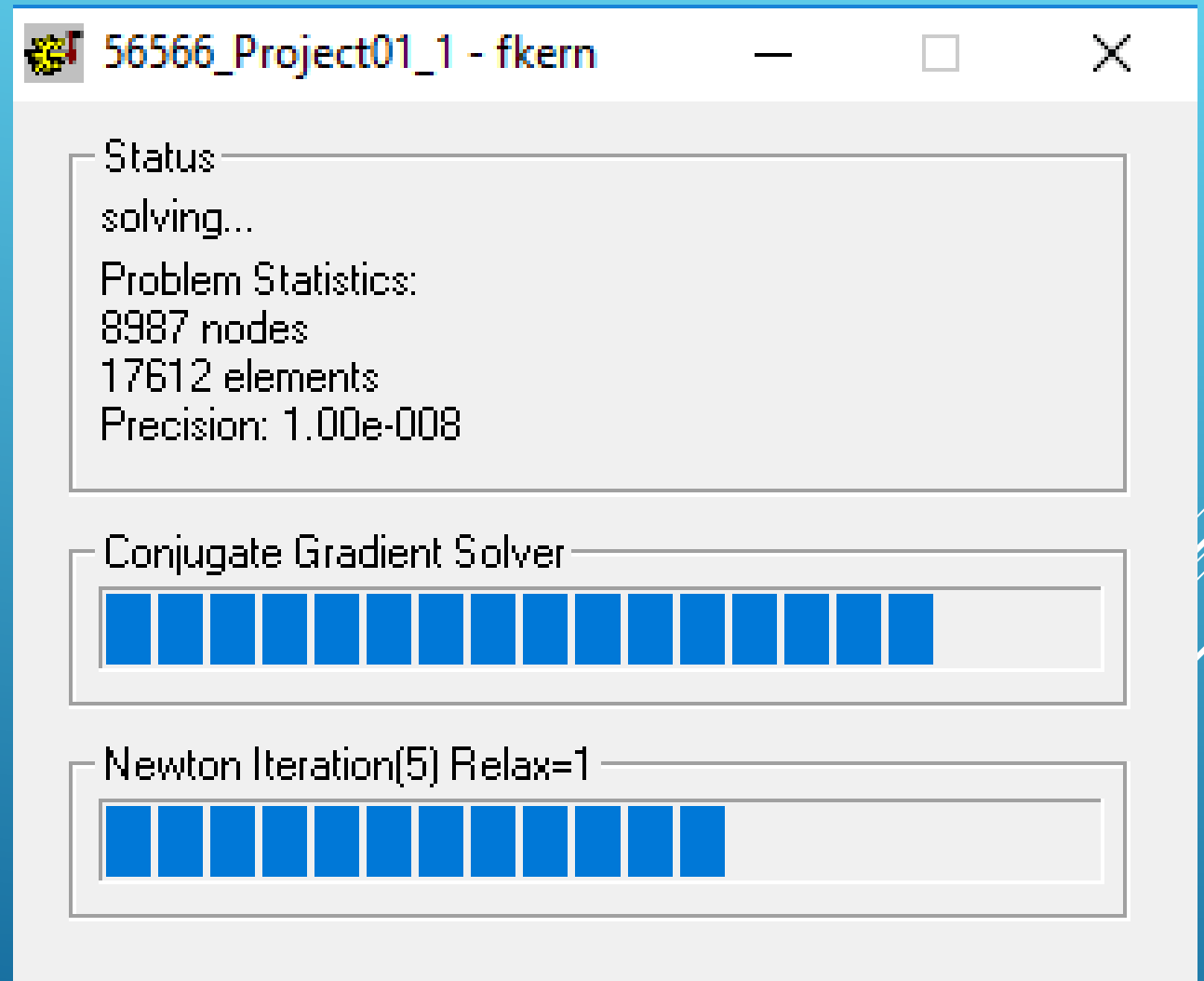
ΑΠΟΔΟΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΔΙΑΤΑΞΗ (2)

Αποτέλεσμα

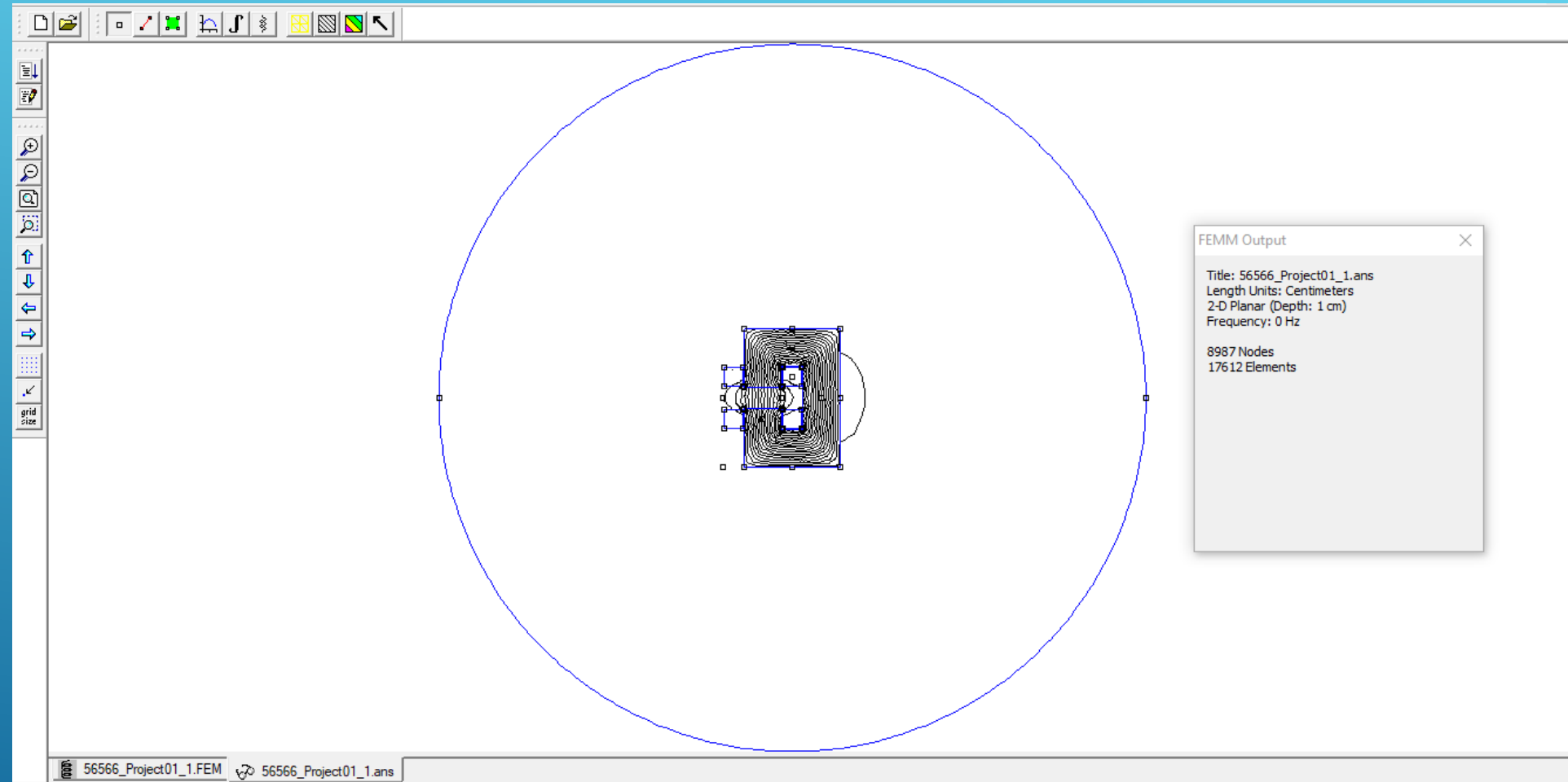
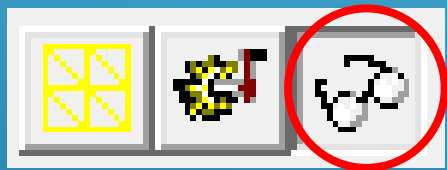
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ



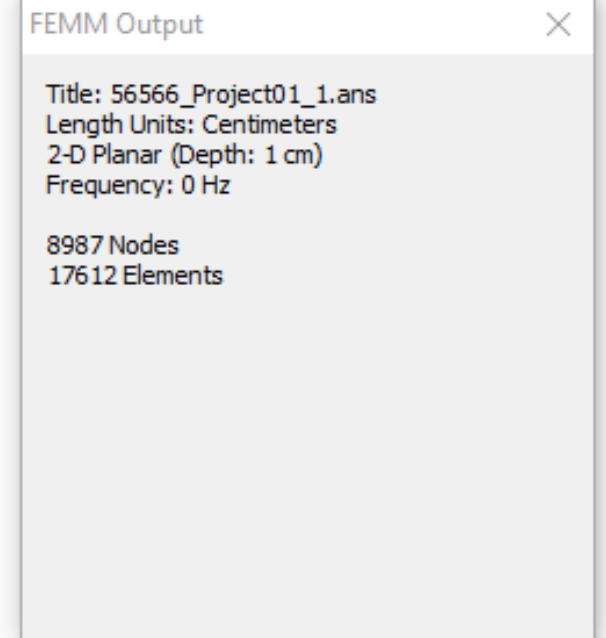
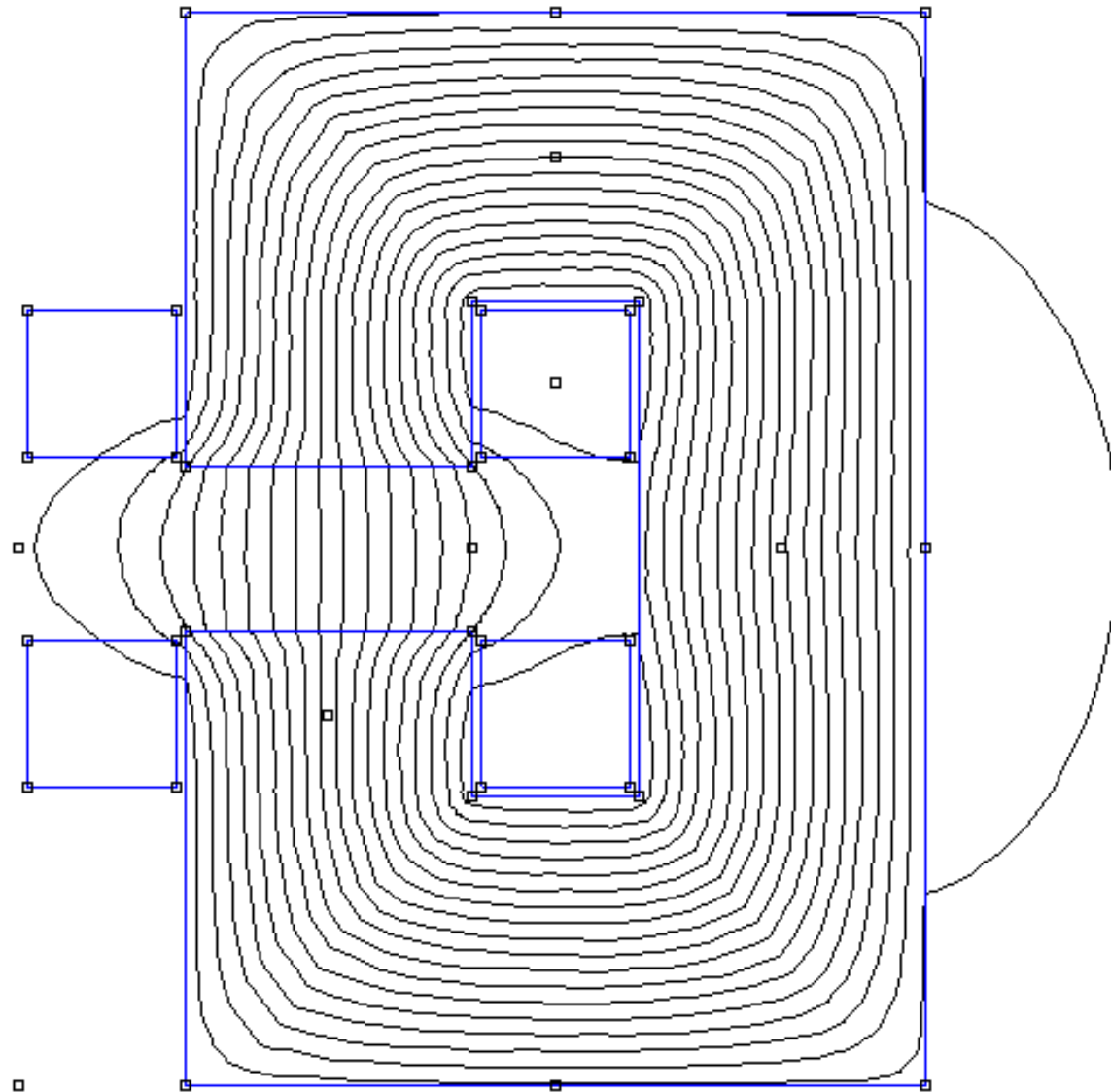
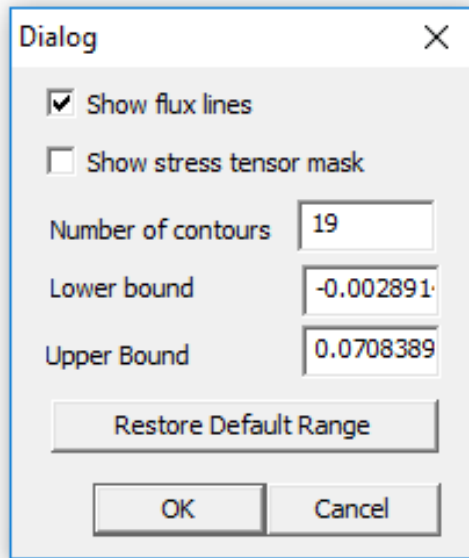
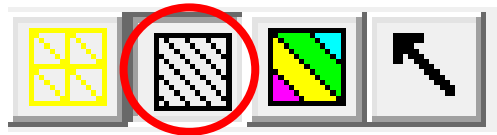
ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΑΝΑΛΥΣΗΣ



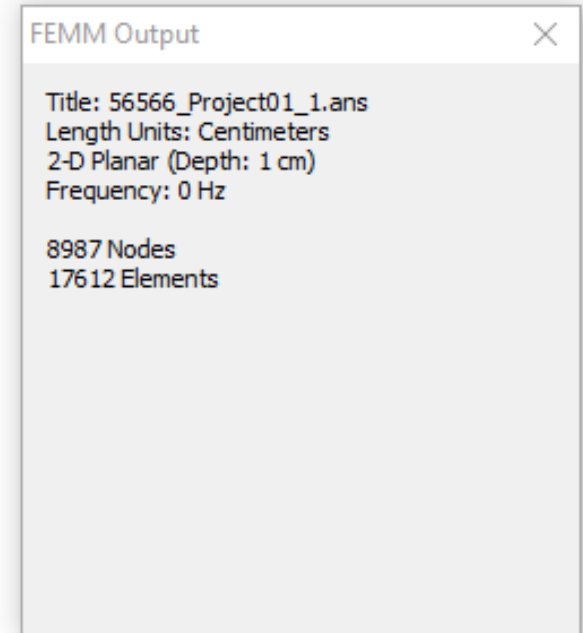
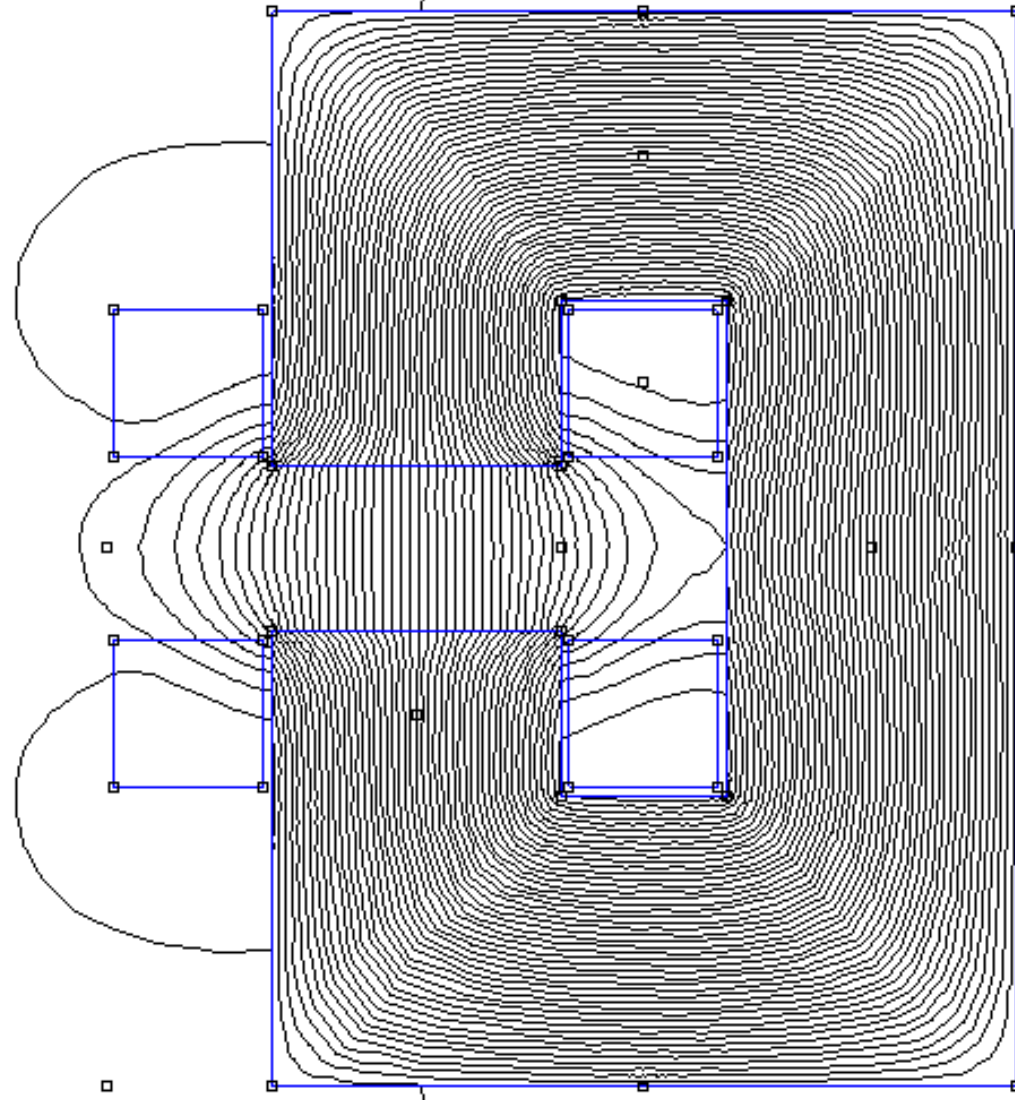
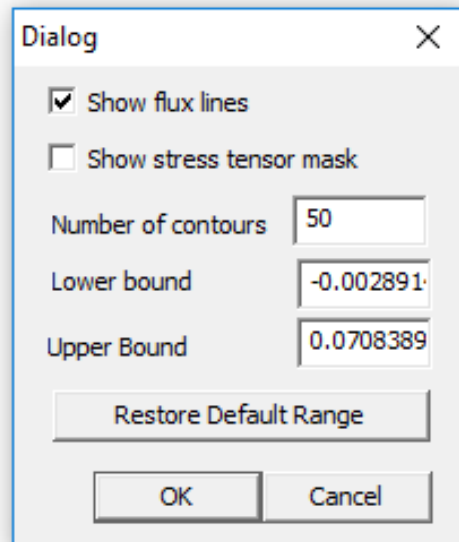
ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ



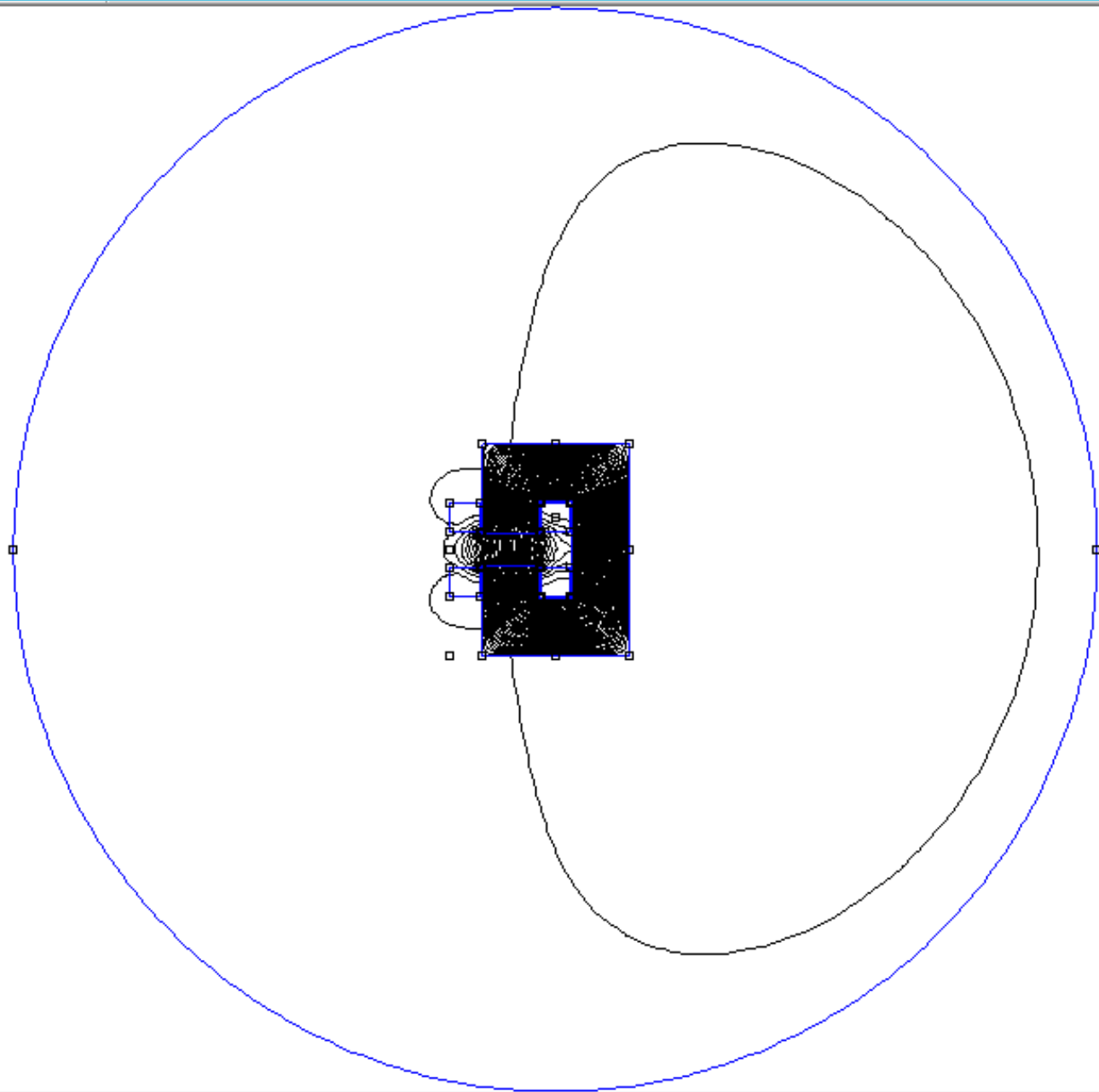
ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ 1 (ΓΙΑ 19 ΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ)



ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ 1 (ΓΙΑ 50 ΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ)



ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ 1 (ΓΙΑ 50 ΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ)



Dialog

☒ Show flux lines
☐ Show stress tensor mask

Number of contours

Lower bound

Upper Bound

FEMM Output

Title: 56566_Project01_1.ans
Length Units: Centimeters
2-D Planar (Depth: 1 cm)
Frequency: 0 Hz

8987 Nodes
17612 Elements

ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ 1- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Όπως θα περιμέναμε, οι δυναμικές γραμμές συγκεντρώνονται μέσα από τον μεταλλικό πυρήνα M-50, ο οποίος έχει πολύ καλύτερες μαγνητικές ιδιότητες από τον αέρα (μικρότερη μαγνητική αντίσταση). Φυσικά, στα σημεία που οι γραμμές συναντάνε τον αέρα απλώνονται (σκεδάζονται), πράγμα που σημαίνει ότι μειώνεται η πυκνότητα της μαγνητικής ροής B .

ZHTOYMENO 2



Dialog

Plotted Value Flux Density (T)

☒ Show Density Plot

☒ Show Legend

☐ Greyscale

Reset Bounds

Lower Bound 1.07477015833432e-005

Upper Bound 1.96042981358267

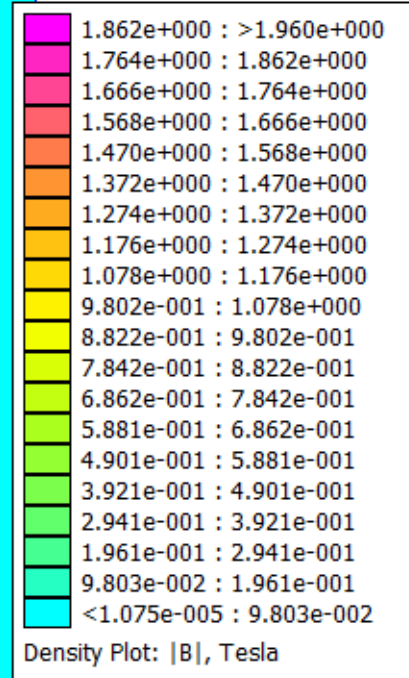
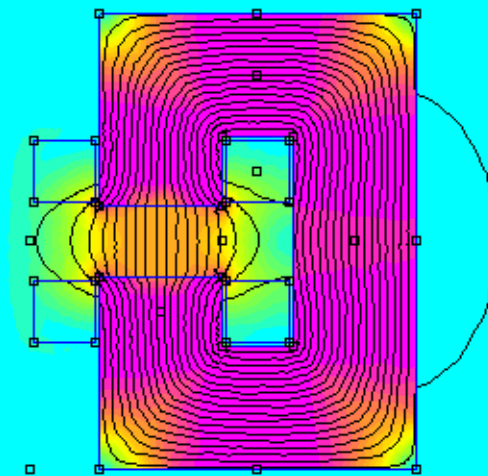
OK Cancel

Οι τιμές που δίνονται για όρια προσδιορίζουν πολύ καλά την ελάχιστη και μέγιστη τιμή του B, αλλά δεν είναι ακριβώς ίδιες με αυτές. (Βλ. παρακάτω)

ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΤΟΥ B

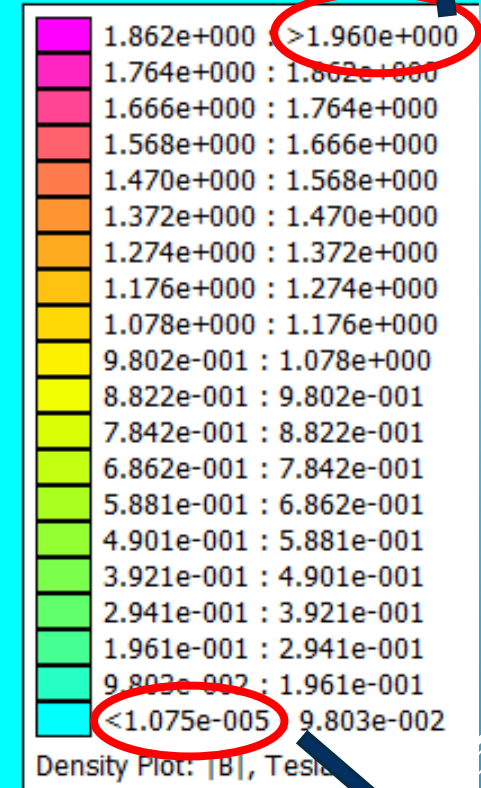
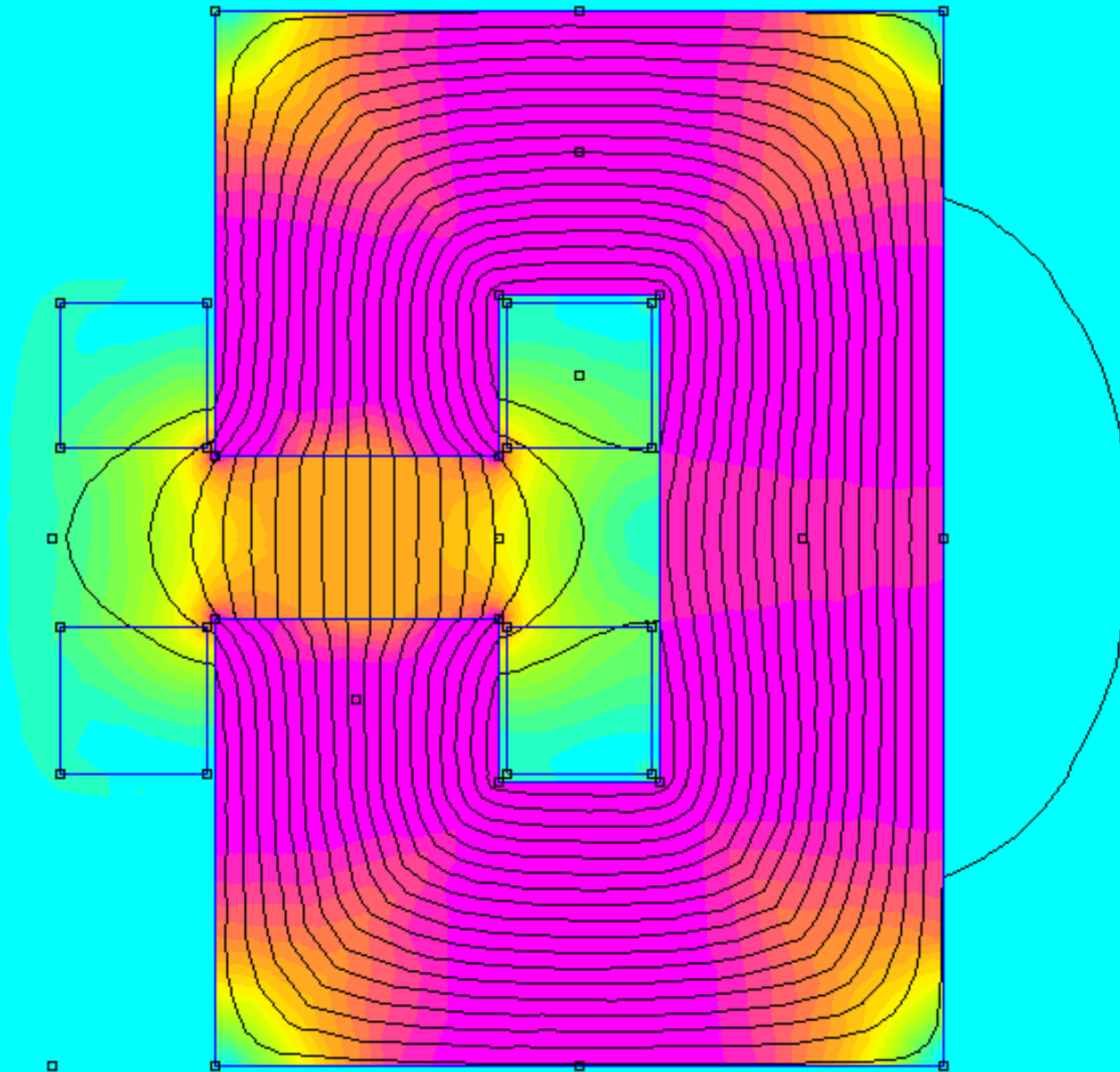
ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΤΟΥ B

ZHTOYMENO 2



ZHTOYMENO 2

ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΤΟΥ B



ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΤΟΥ B

ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ 2

Οι τιμές που δίνονται για όρια προσδιορίζουν πολύ καλά την ελάχιστη και μέγιστη τιμή του B , αλλά δεν είναι ακριβώς ίδιες με αυτές. Αυτό συμβαίνει γιατί ουσιαστικά γίνεται κατηγοριοποίηση των «πακέτων» των τιμών των B και ταξινόμηση αυτών σε συγκεκριμένο χρώμα. Αν δεν γινόταν αυτό, θα έπρεπε κάθε διακριτή τιμή να παρίσταται από διαφορετικό χρώμα, πράγμα αδύνατο. Άρα, όπως θα δούμε και στην επόμενη διαφάνεια, μπορούν να βρεθούν σημεία με τιμές μεγαλύτερες από αυτό που θέσαμε ως πάνω όριο (1.96 T), καθώς και σημεία με τιμές μικρότερες από αυτό που θέσαμε ως κάτω όριο ($1.075 \times 10^{-5} \text{ T}$) (Δεν δίνεται οπτικό υλικό για αυτήν την περίπτωση). Αυτά όμως τα σημεία θα είναι πολύ λίγα σε πλήθος, για να τηρείται σωστά η κατηγοριοποίηση που αναλύεται παραπάνω.

FEMM Output

Point: $x=-1.006$, $y=5.496$

$A = 0.0591191 \text{ Wb/m}$

$|B| = 3.47823 \text{ T}$

$B_x = -2.38984 \text{ T}$

$B_y = -2.5272 \text{ T}$

$|H| = 1.10294\text{e}+006 \text{ A/m}$

$H_x = -757812 \text{ A/m}$

$H_y = -801368 \text{ A/m}$

$\mu_x = 2.50956 \text{ (rel)}$

$\mu_y = 2.50956 \text{ (rel)}$

$E = 780133 \text{ J/m}^3$

$J = 0 \text{ MA/m}^2$

ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ 2- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Το έγχρωμο γράφημα, μας έδωσε το ίδιο συμπέρασμα με τις δυναμικές γραμμές, όσον αφορά την πυκνότητα της μαγνητικής ροής.



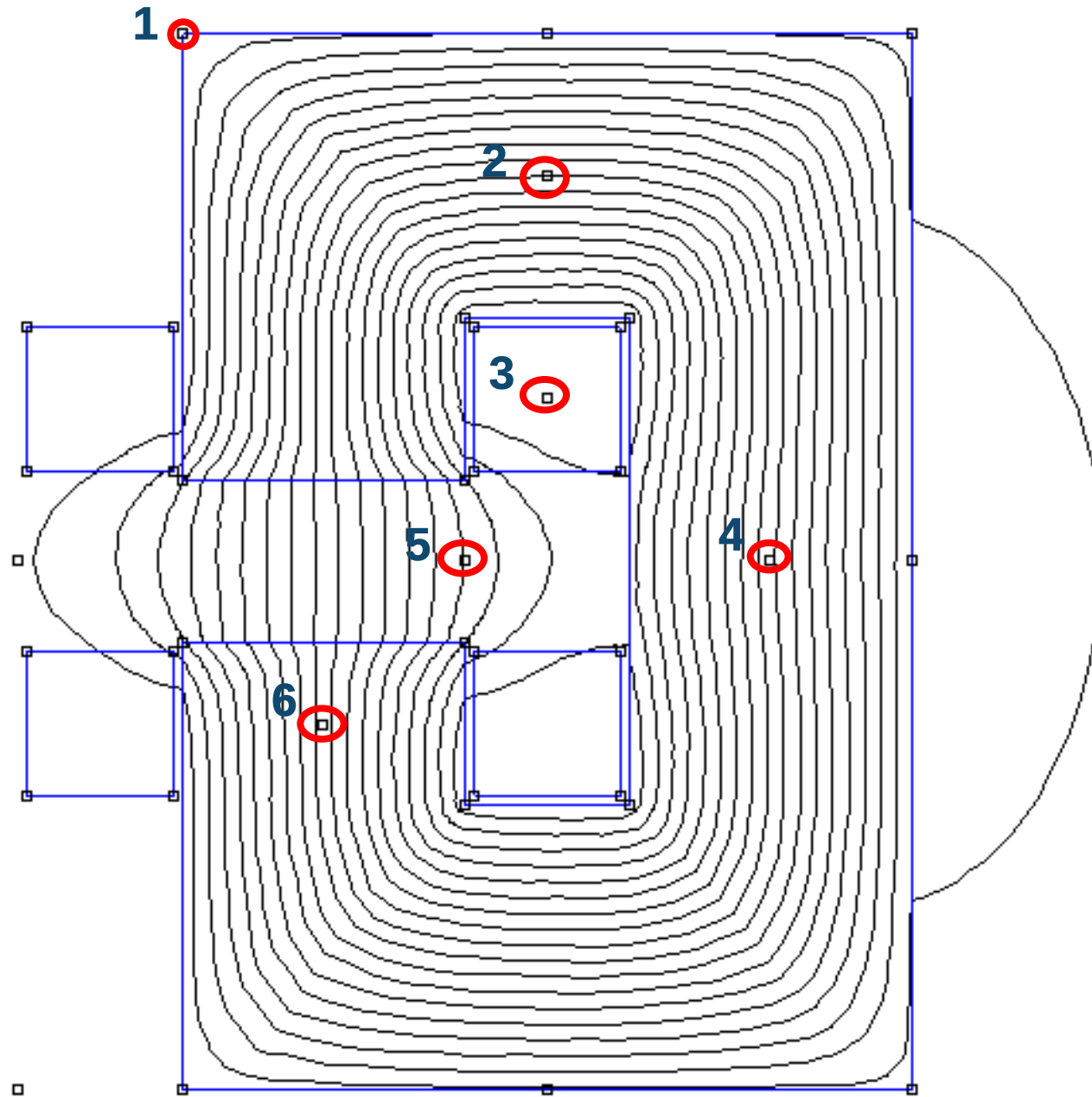
ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ 3

Τα σημεία στα οποία ζητείται το B και το H σημειώνονται δίπλα και στην επόμενη διαφάνεια δίνονται οι ζητούμενες τιμές. Για να βρεθεί το ακριβές σημείο πατάμε



στο αρχείο των αποτελεσμάτων και μετά πατώντας TAB εισάγουμε τις συντεταγμένες τους. Πρέπει να προσέξουμε να υπολογίσουμε σε αυτές και την μετατόπιση που έχουμε κάνει! Συγκεκριμένα:

$$x'=x-6.5 \text{ \& } y'=y$$



ZHTOYMENO 3

1

Point: $x=-4.5$, $y=13$
 $A = -0.000632026 \text{ Wb/m}$
 $|B| = 0.250591 \text{ T}$ ←
 $B_x = 0.177204 \text{ T}$
 $B_y = -0.177185 \text{ T}$
 $|H| = 199414 \text{ A/m}$ ←
 $H_x = 141014 \text{ A/m}$
 $H_y = -140999 \text{ A/m}$
 $\mu_x = 1 \text{ (rel)}$
 $\mu_y = 1 \text{ (rel)}$
 $E = 24985.6 \text{ J/m}^3$
 $J = 0 \text{ MA/m}^2$

2

Point: $x=0$, $y=11.25$
 $A = 0.0356563 \text{ Wb/m}$
 $|B| = 1.99567 \text{ T}$ ←
 $B_x = -1.99556 \text{ T}$
 $B_y = -0.0202581 \text{ T}$
 $|H| = 25737.5 \text{ A/m}$ ←
 $H_x = -25736.2 \text{ A/m}$
 $H_y = -261.262 \text{ A/m}$
 $\mu_x = 61.7038 \text{ (rel)}$
 $\mu_y = 61.7038 \text{ (rel)}$
 $E = 4228.43 \text{ J/m}^3$
 $J = 0 \text{ MA/m}^2$

3

Point: $x=0$, $y=8.5$
 $A = 0.0696925 \text{ Wb/m}$
 $|B| = 0.312517 \text{ T}$ ←
 $B_x = 0.292294 \text{ T}$
 $B_y = -0.110594 \text{ T}$
 $|H| = 248693 \text{ A/m}$ ←
 $H_x = 232600 \text{ A/m}$
 $H_y = -88007.8 \text{ A/m}$
 $\mu_x = 1 \text{ (rel)}$
 $\mu_y = 1 \text{ (rel)}$
 $E = 38860.4 \text{ J/m}^3$
 $J = 39.5062 \text{ MA/m}^2$
Winding Fill = 129.96%

ZHTOYMENO 3

4

Point: $x=2.75$, $y=6.5$
 $A = 0.0333814 \text{ Wb/m}$
 $|B| = 1.83262 \text{ T}$ ←
 $B_x = -0.013931 \text{ T}$
 $B_y = 1.83257 \text{ T}$
 $|H| = 8706.57 \text{ A/m}$ ←
 $H_x = -66.1845 \text{ A/m}$
 $H_y = 8706.32 \text{ A/m}$
 $\mu_x = 167.501 \text{ (rel)}$
 $\mu_y = 167.501 \text{ (rel)}$
 $E = 1668.49 \text{ J/m}^3$
 $J = 0 \text{ MA/m}^2$

5

Point: $x=-1$, $y=6.5$
 $A = 0.0555805 \text{ Wb/m}$
 $|B| = 1.03255 \text{ T}$ ←
 $B_x = -0.00305918 \text{ T}$
 $B_y = -1.03254 \text{ T}$
 $|H| = 821676 \text{ A/m}$ ←
 $H_x = -2434.42 \text{ A/m}$
 $H_y = -821672 \text{ A/m}$
 $\mu_x = 1 \text{ (rel)}$
 $\mu_y = 1 \text{ (rel)}$
 $E = 424210 \text{ J/m}^3$
 $J = 0 \text{ MA/m}^2$

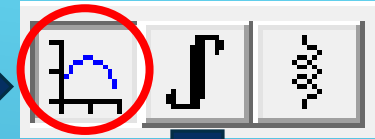
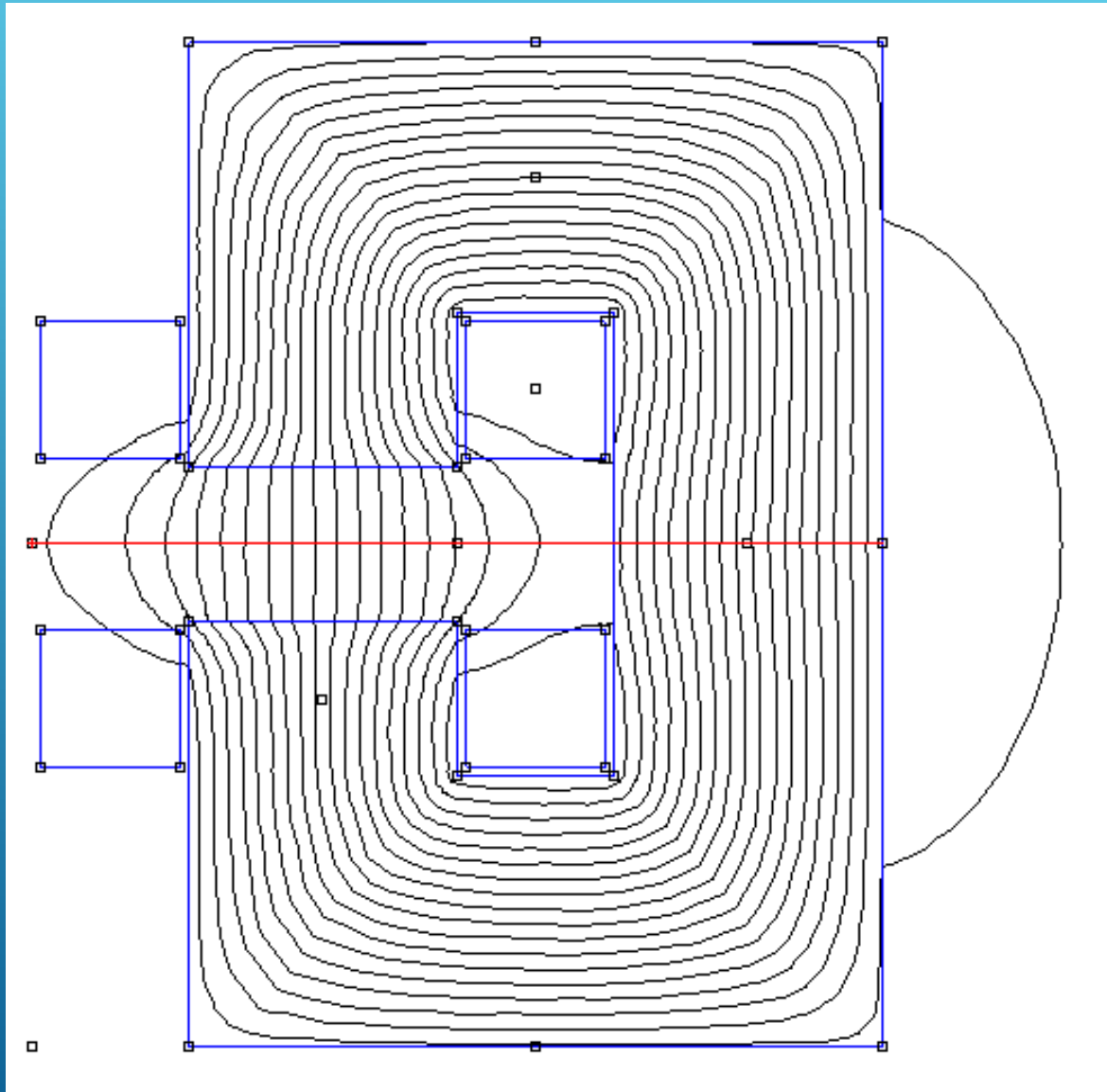
6

Point: $x=-2.75$, $y=4.5$
 $A = 0.0337095 \text{ Wb/m}$
 $|B| = 1.98668 \text{ T}$ ←
 $B_x = 0.00377387 \text{ T}$
 $B_y = -1.98667 \text{ T}$
 $|H| = 24126.2 \text{ A/m}$ ←
 $H_x = 45.8298 \text{ A/m}$
 $H_y = -24126.1 \text{ A/m}$
 $\mu_x = 65.5283 \text{ (rel)}$
 $\mu_y = 65.5283 \text{ (rel)}$
 $E = 4004.39 \text{ J/m}^3$
 $J = 0 \text{ MA/m}^2$

ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ 3- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Βλέπουμε πως στα σημεία που βρίσκονται μέσα στον μεταλλικό πυρήνα, και μάλιστα όσο πιο κεντρικά μέσα σε αυτόν, η πυκνότητα της μαγνητικής ροής B είναι μεγαλύτερη. Από την άλλη, παρατηρούμε ότι η ένταση του μαγνητικού πεδίου γίνεται πολύ μεγαλύτερη σε σημεία εκτός του πυρήνα, όπως το 3 αλλά κυρίως το 5. Αυτό συμβαίνει γιατί εκεί το πεδίο αντιμετωπίζει την μεγαλύτερη αντίσταση, και άρα το ρεύμα «προσπαθεί περισσότερο» για να προκαλέσει παρόμοια μαγνητική ροή με αυτήν στο εσωτερικό του πυρήνα. Φυσικά, θα είναι εν τέλει μικρότερη η πυκνότητα, λόγω κορεσμού και του ίδιου του αέρα, αλλά και λόγω περιορισμού του ρεύματος.

ZHTOYMENO 4 – OPIZONTIA GRAMM'H



X-Y Plot of Field Values

Plot Type
 $|B|$ (Magnitude of flux density)

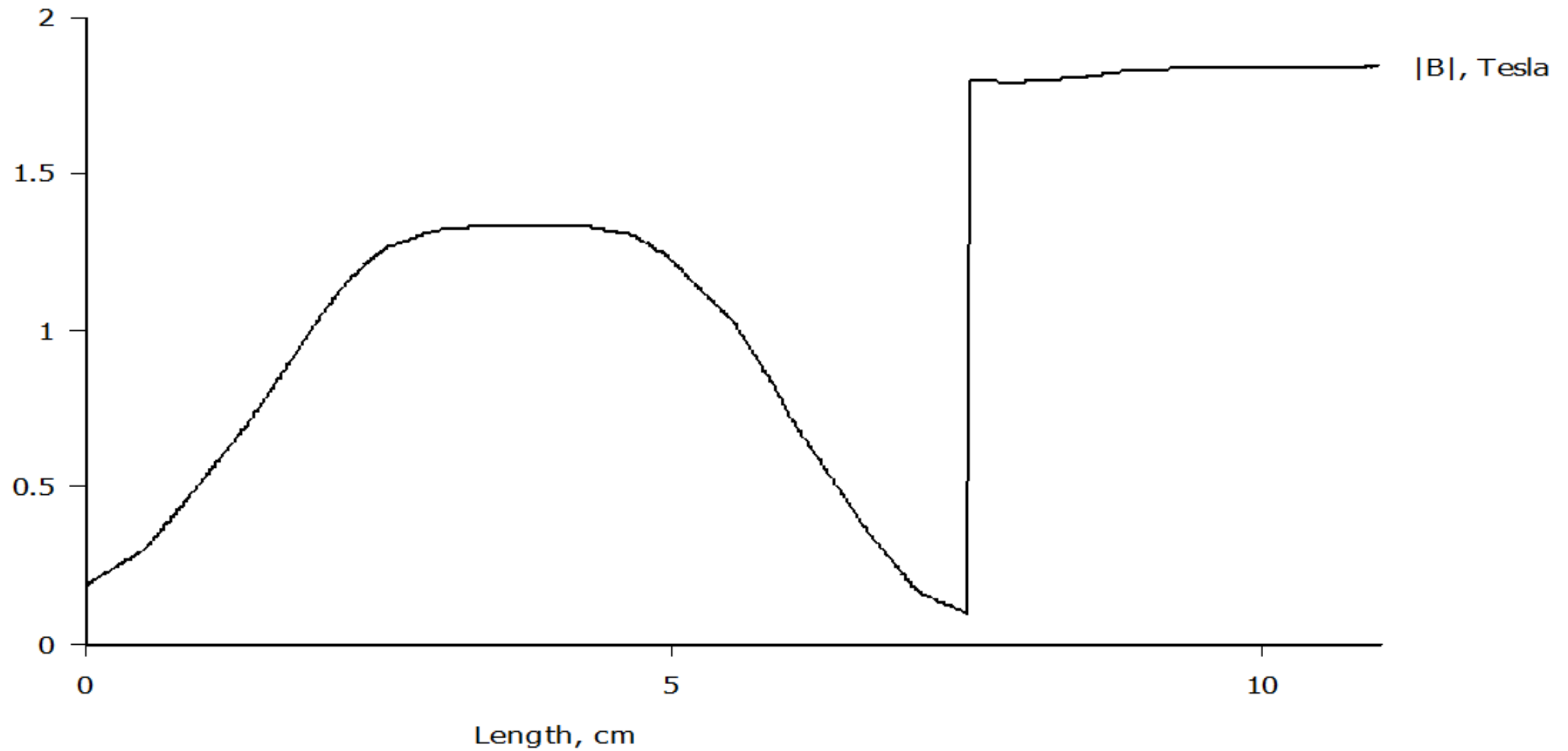
Number of points in plot
1000

☒ Write data to text file

File Formatting
Multicolumn text w/ legend

OK Cancel

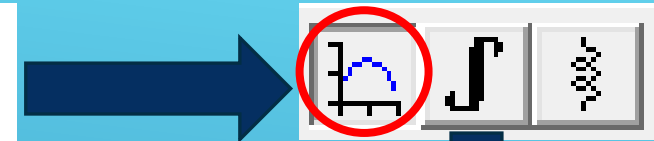
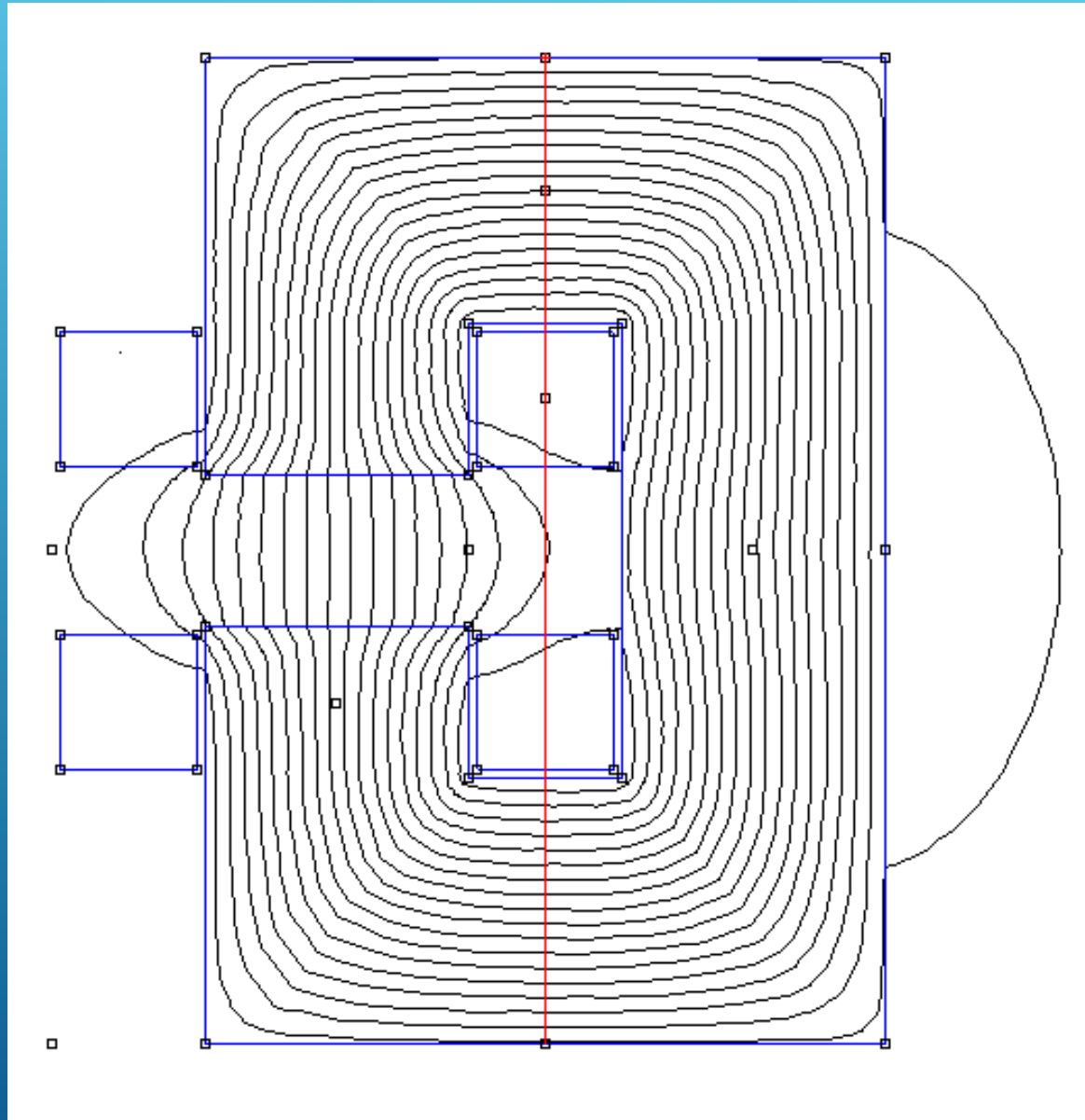
ZHTOYMENO 4



ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ 4 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Βλέπουμε πως στα σημεία που βρίσκονται μέσα στον σιδηροπυρήνα, η πυκνότητα της μαγνητικής ροής B είναι μεγαλύτερη. Επίσης, η πυκνότητα δημιουργεί ένα τοπικό μέγιστο στο κέντρο του διακένου, γιατί εκεί οι γραμμές του μαγνητικού πεδίου είναι πιο δύσκολο να σκεδαστούν, οπότε επιλέγουν την ευθεία οδό του αέρα (αν και έχει αυξημένη μαγνητική αντίσταση).

ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ 4 – ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΓΡΑΜΜΗ



X-Y Plot of Field Values

Plot Type
 $|B|$ (Magnitude of flux density)

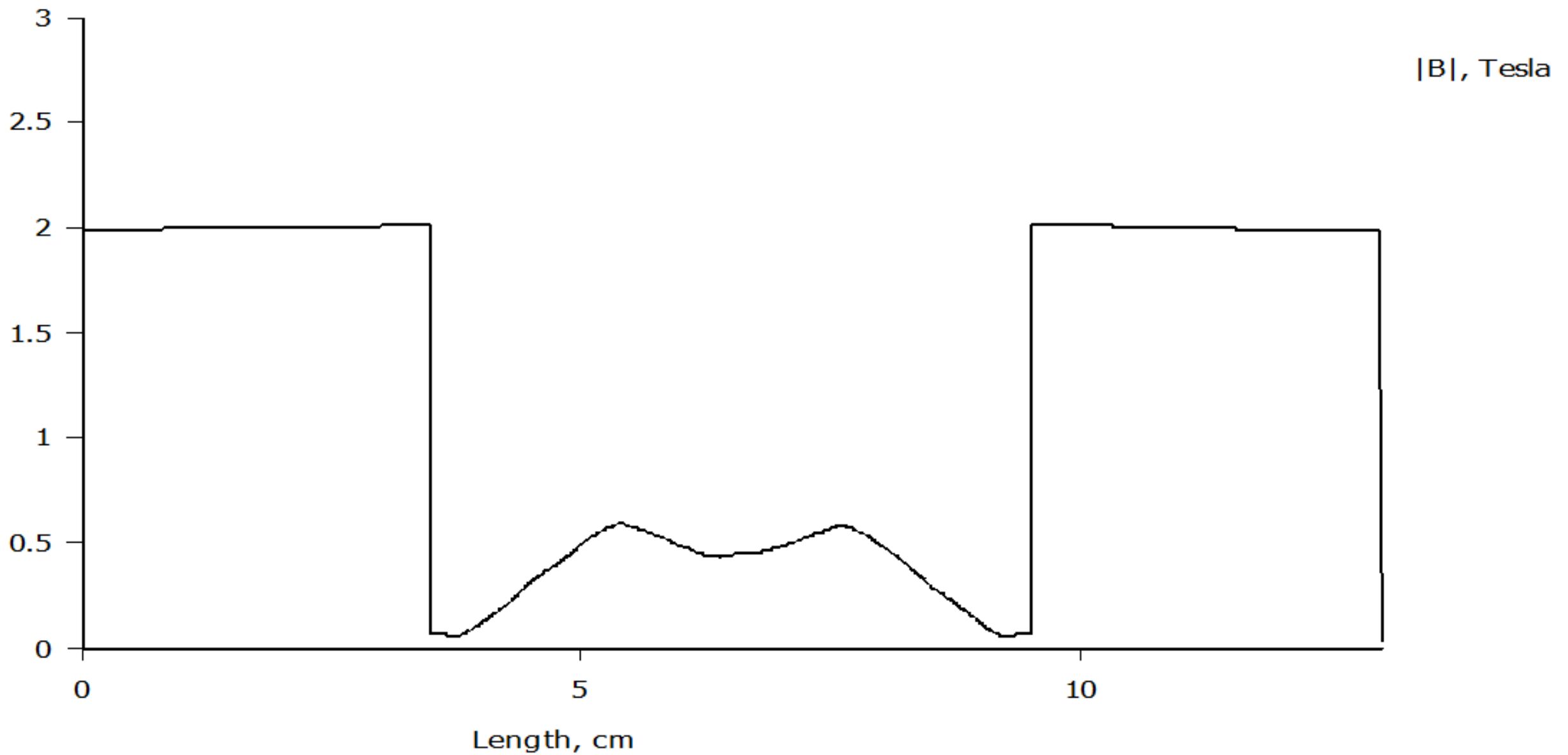
Number of points in plot
1000

☒ Write data to text file

File Formatting
Multicolumn text w/ legend

OK Cancel

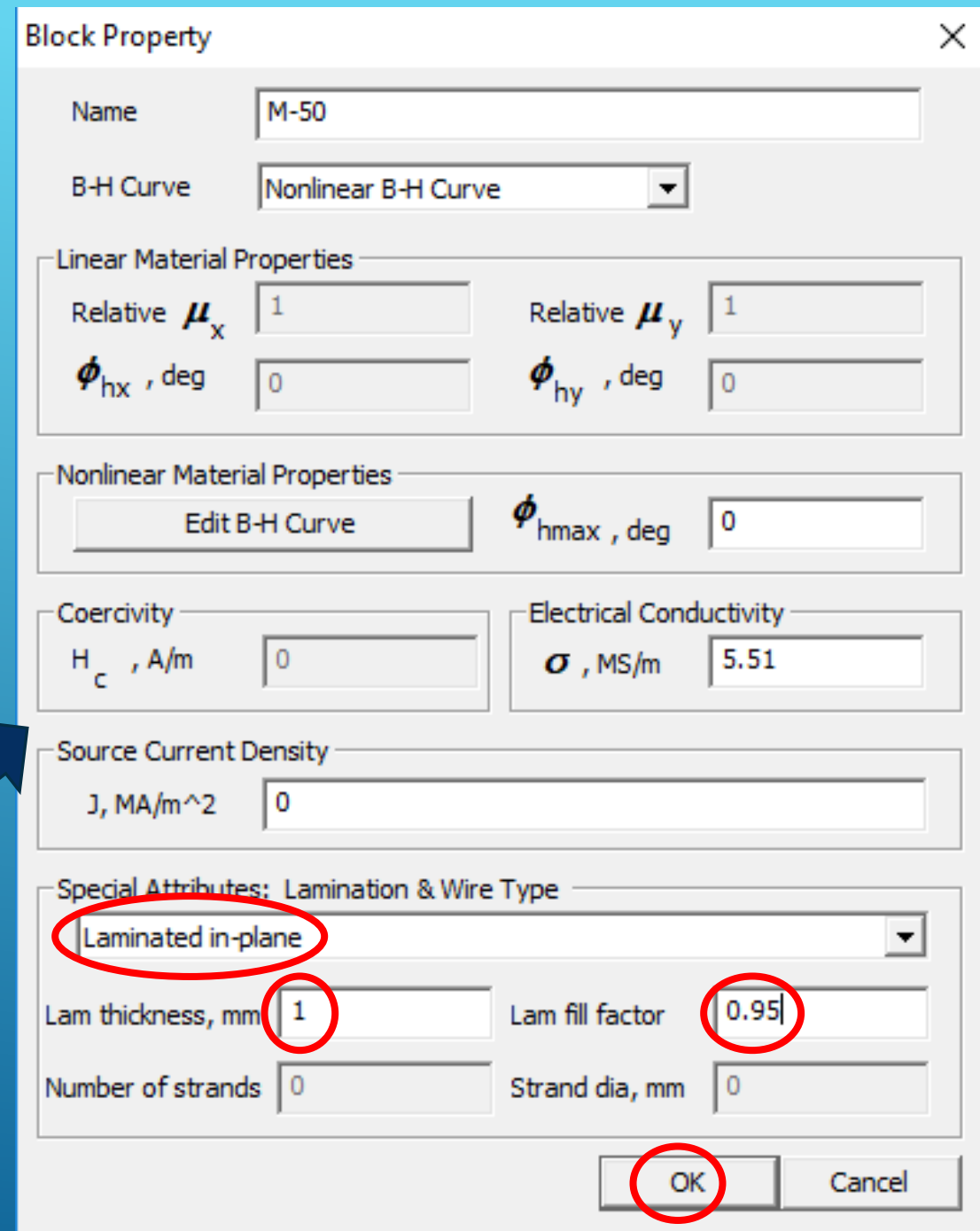
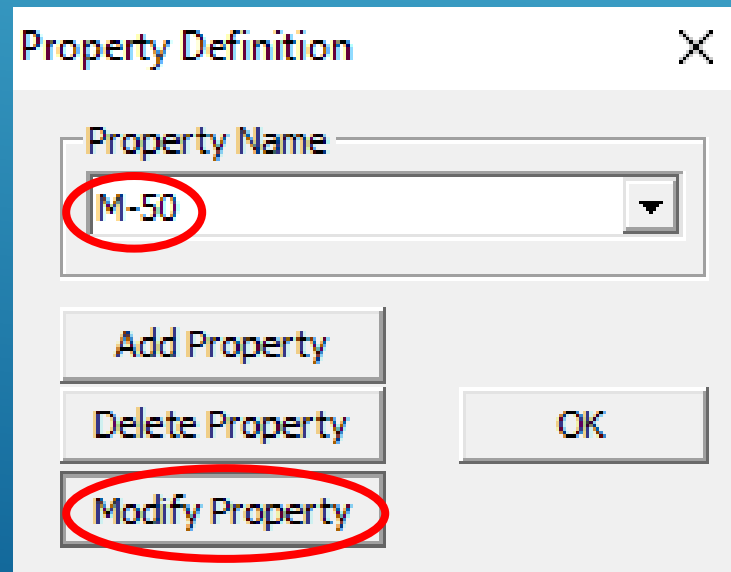
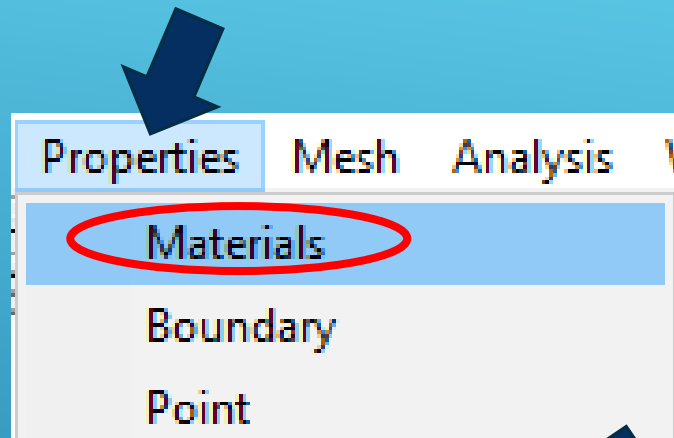
ZHTOYMENO 4



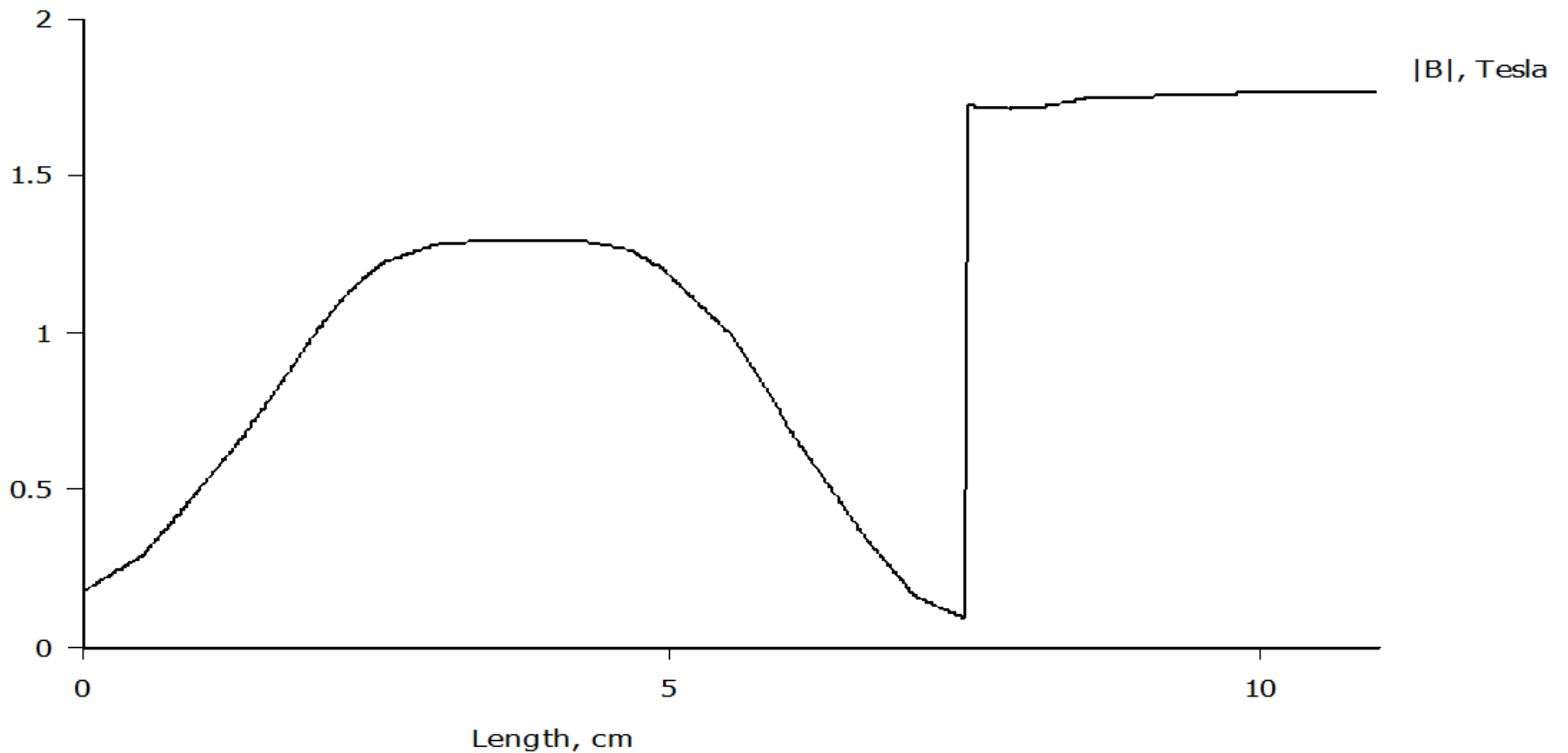
ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ 4 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Βλέπουμε πως στα σημεία που βρίσκονται μέσα στον σιδηροπυρήνα, η πυκνότητα της μαγνητικής ροής B είναι μεγαλύτερη. Επίσης, δημιουργούνται δύο τοπικά μέγιστα στα όρια των δύο πηνίων, και ανάμεσα σε αυτά υπάρχει πάλι πτώση του B .

ZHTOYMENO 5



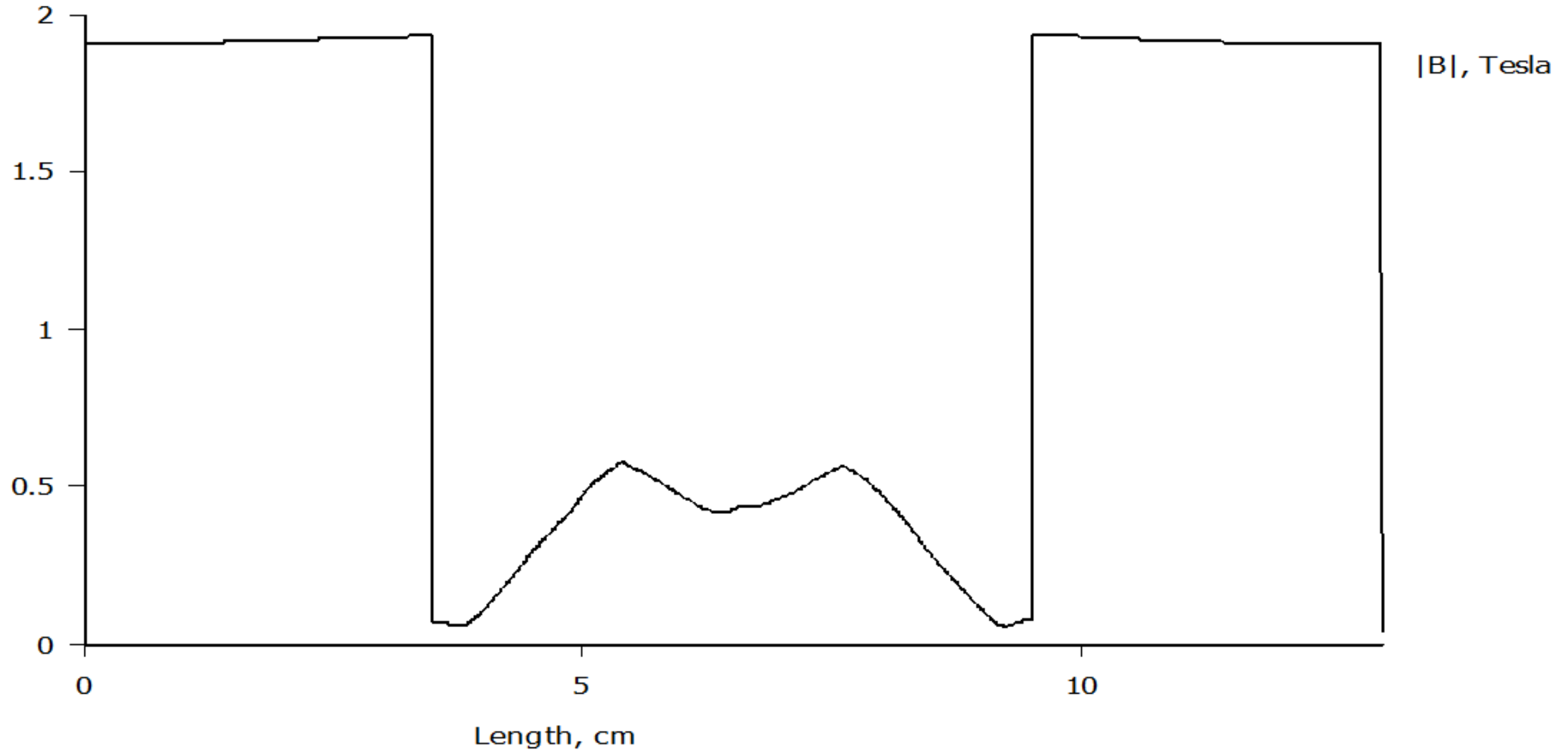
ZHTOYMENO 5 – OPIZONTIA GRAMM'H



ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ 5 – ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΓΡΑΜΜΗ

Βλέπουμε ότι υπάρχει μια πτώση στο B στο εσωτερικό του πυρήνα, κάτι που φαίνεται καλύτερα και από το txt αρχείο. Κατά τα άλλα βλέπουμε παρόμοια κατανομή.

ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ 5 – ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΓΡΑΜΜΗ

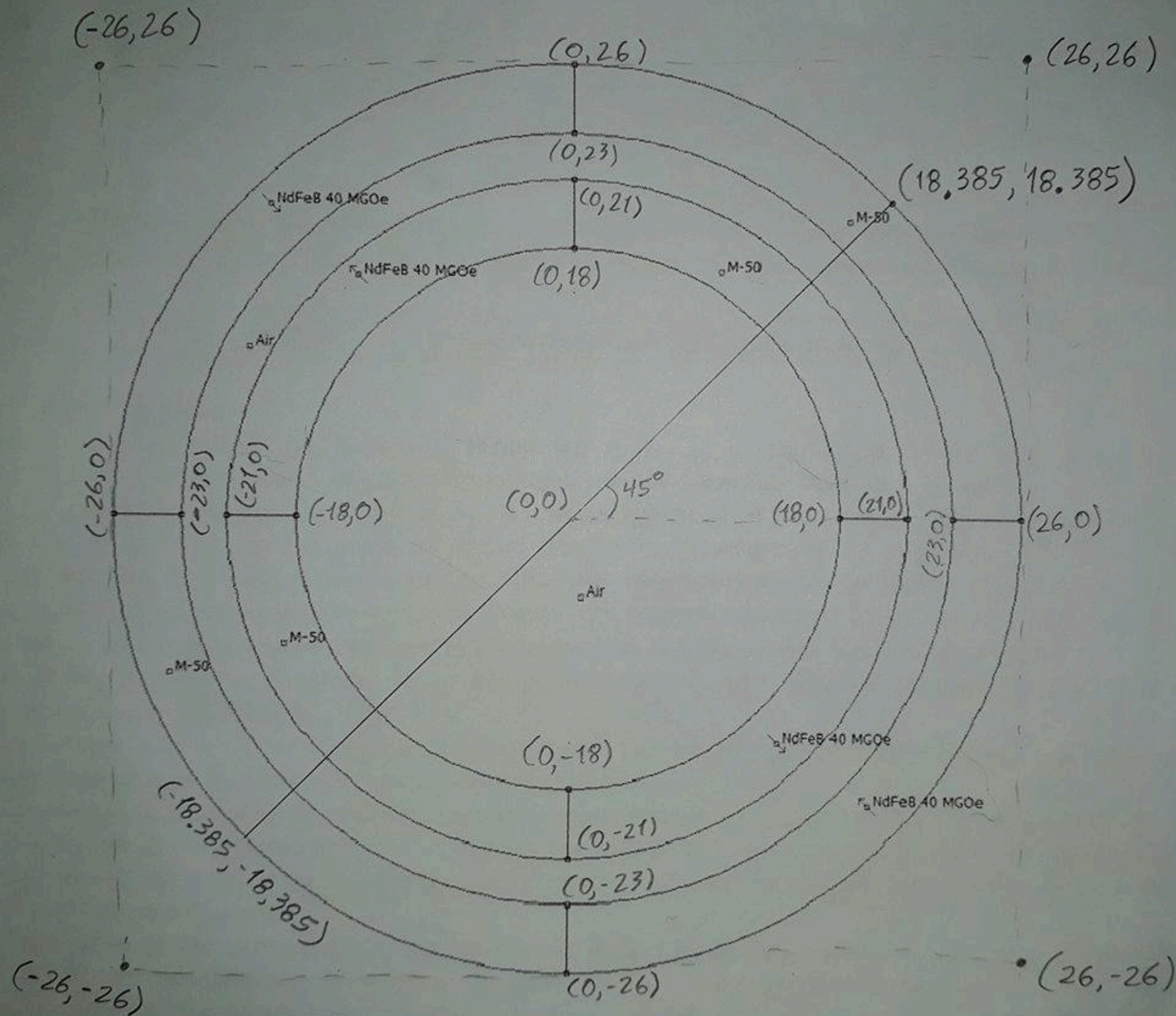


ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ 5 – ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΓΡΑΜΜΉ

Βλέπουμε και εδώ ότι υπάρχει μια πτώση στο B στο εσωτερικό του πυρήνα, κάτι που φαίνεται καλύτερα και από το txt αρχείο. Εδώ μάλιστα η πτώση είναι λίγο μεγαλύτερη (0.07 T περίπου στα τοιχώματα του πυρήνα) . Κατά τα άλλα βλέπουμε παρόμοια κατανομή.

ΑΣΚΗΣΗ 2

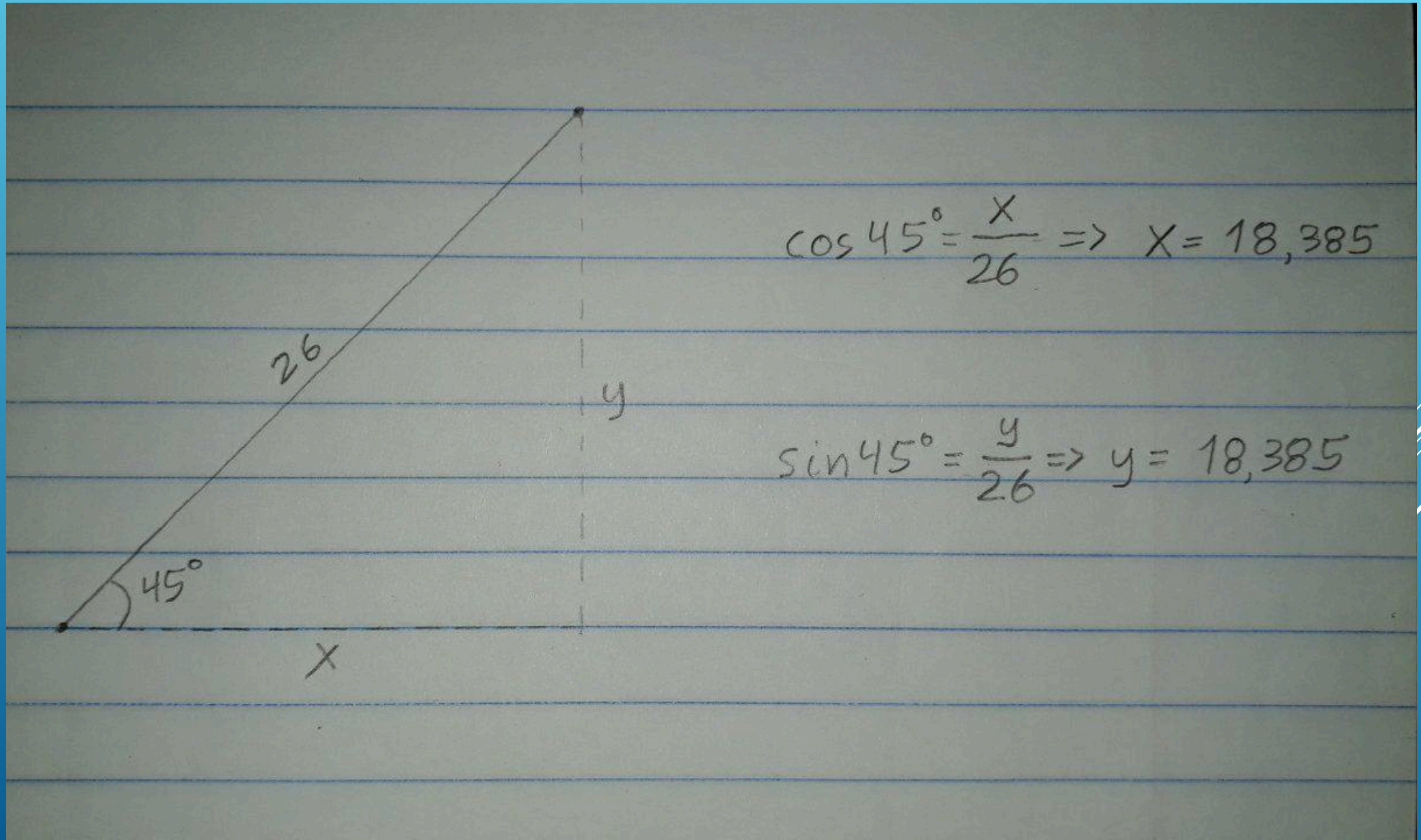


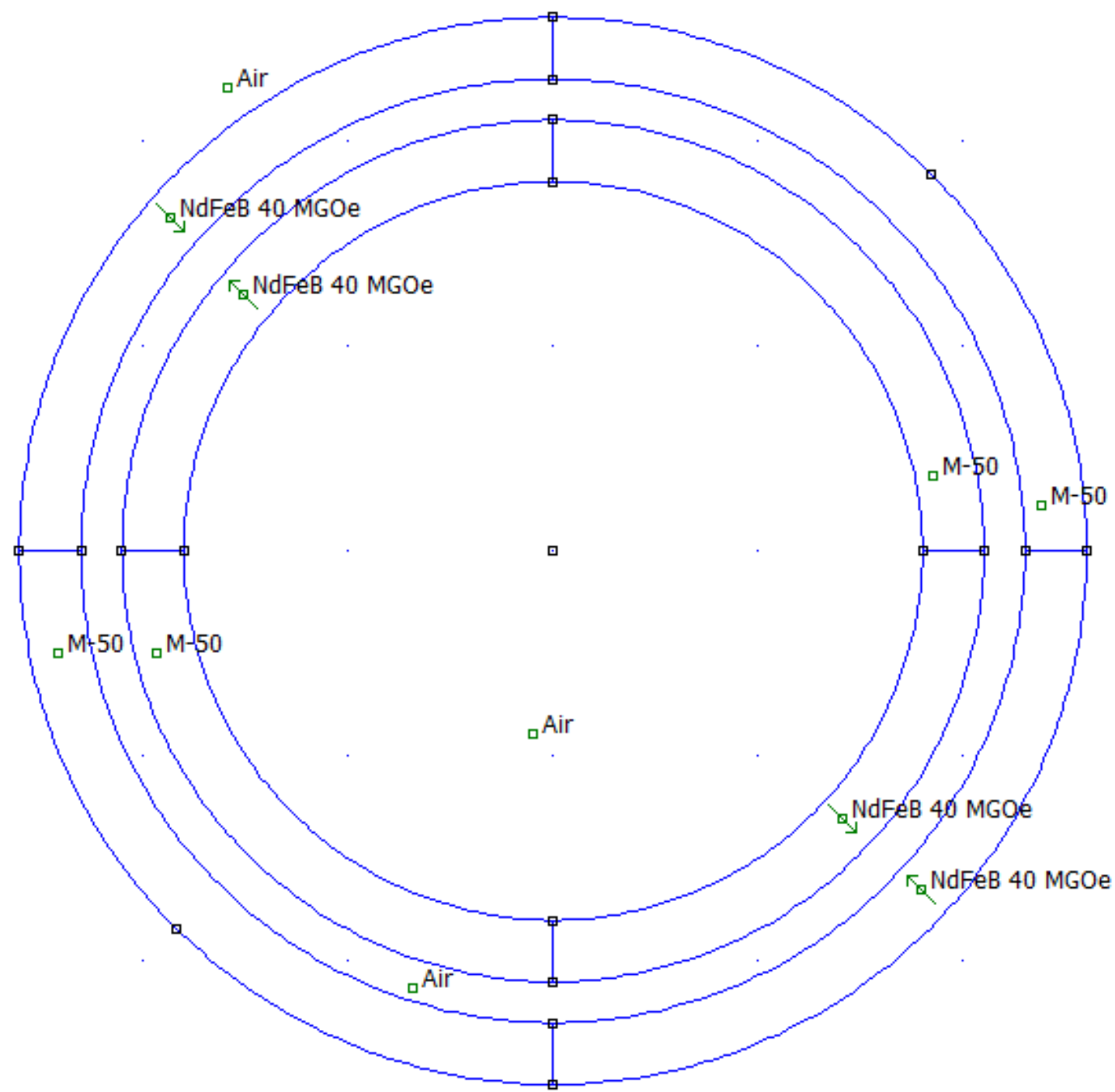


Σχ. 2. Όψη της εξεταζόμενης τοπολογίας (ΑΣΚΗΣΗ 2).

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ
ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ
ΣΧΕΔΙΟΥ ΓΙΑ
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ
ΤΩΝ
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ
ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ

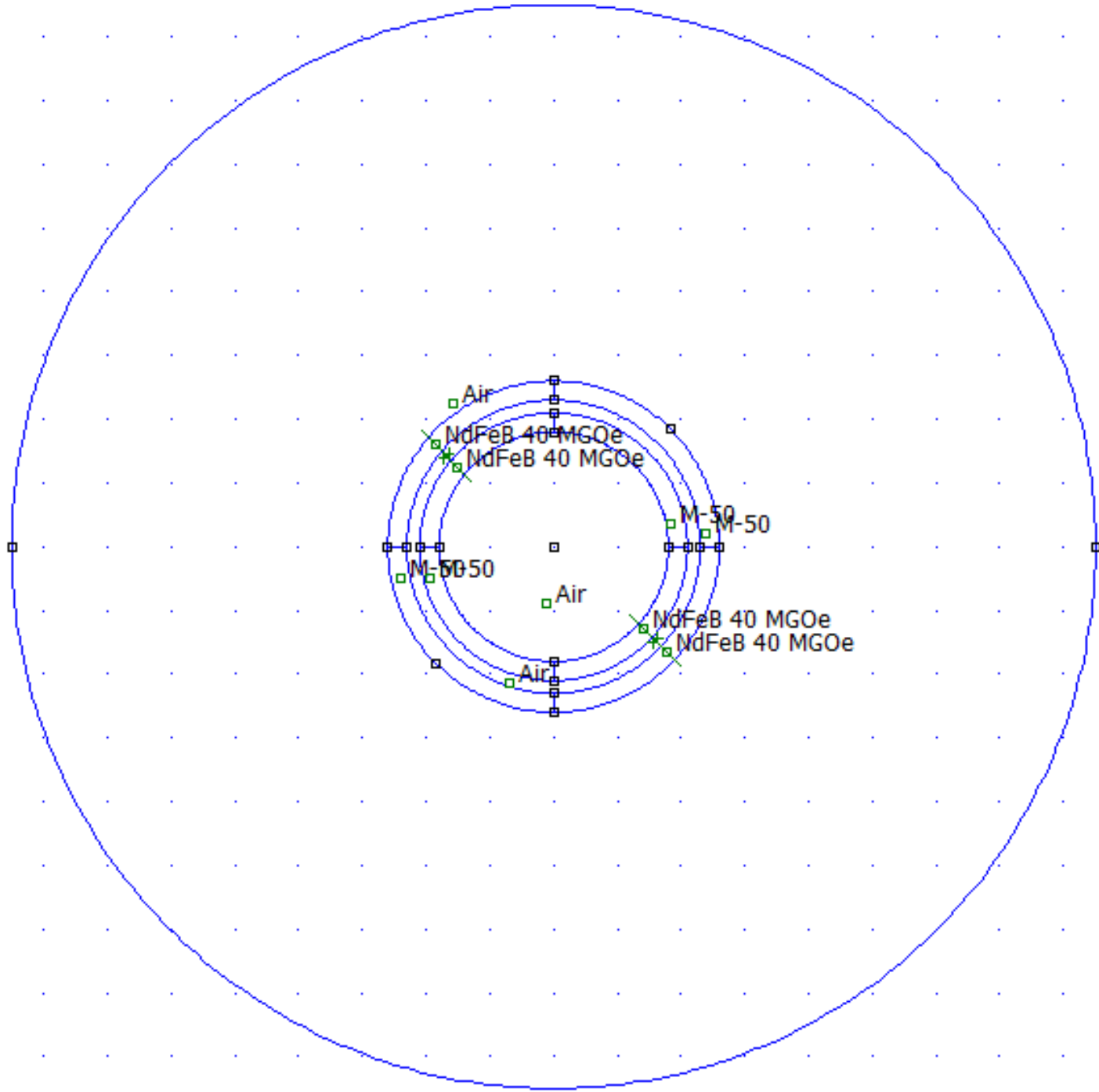
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΌΣ ΣΗΜΕΙΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΦΈΡΕΙΑ ΚΎΚΛΟΥ



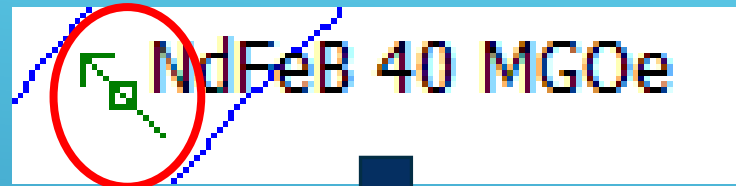


ΤΕΛΙΚΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΣΤΟ FEMM

ΤΕΛΙΚΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΣΤΟ FEMM (ΜΕ ΌΡΙΑ)



ΔΙΕΥΚΡΙΝΙΣΗ ΓΙΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΜΑΓΝΗΤΩΝ



Properties for selected block

Block type: **NdFeB 40 MGOe**

Mesh size: 0

☒ Let Triangle choose Mesh Size

In Circuit: <None>

Number of Turns: 1

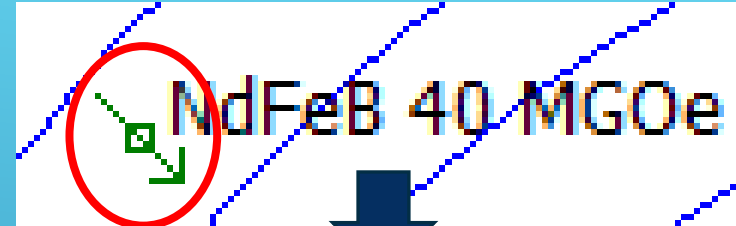
Magnetization Direction: **-45**

In Group: 0

☐ Block label located in an external region

☐ Set as default block label

OK Cancel



Properties for selected block

Block type: **NdFeB 40 MGOe**

Mesh size: 0

☒ Let Triangle choose Mesh Size

In Circuit: <None>

Number of Turns: 1

Magnetization Direction: **135**

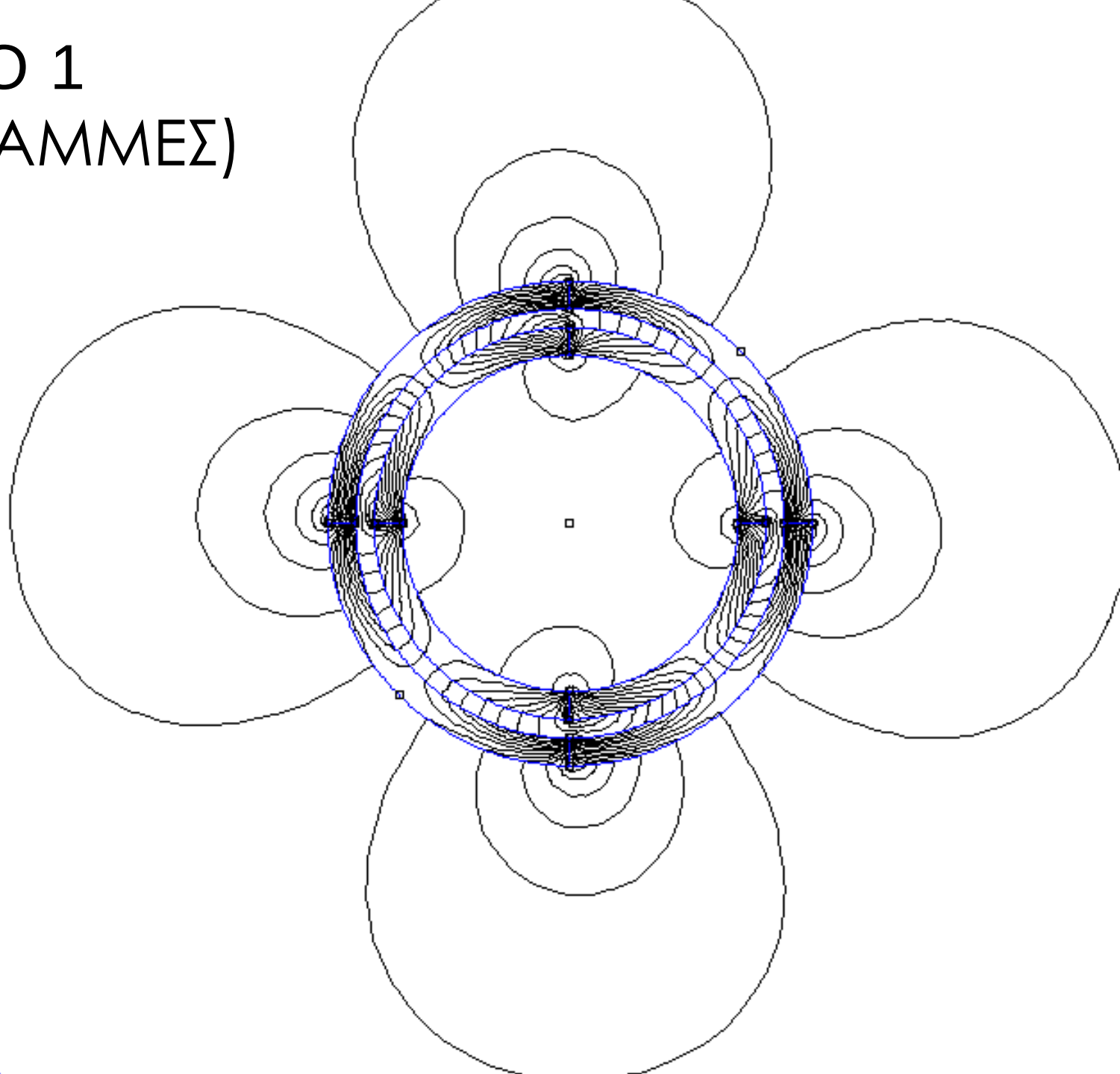
In Group: 0

☐ Block label located in an external region

☐ Set as default block label

OK Cancel

ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ 1 (25 ΔΥΝ. ΓΡΑΜΜΕΣ)



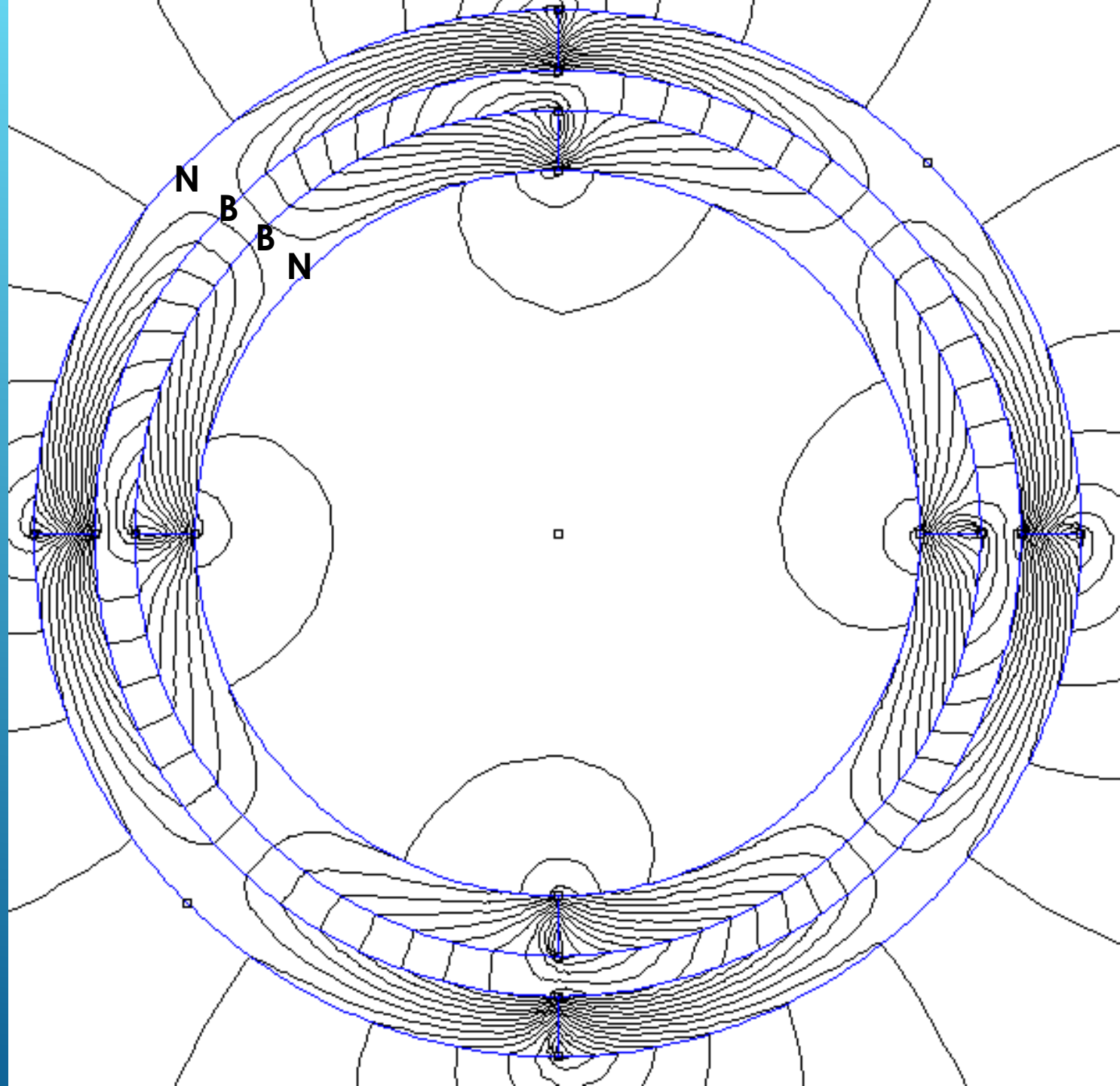
FEMM Output

Title: 56566_Project01_2.ans
Length Units: Centimeters
2-D Planar (Depth: 1 cm)
Frequency: 0 Hz

13780 Nodes
27198 Elements

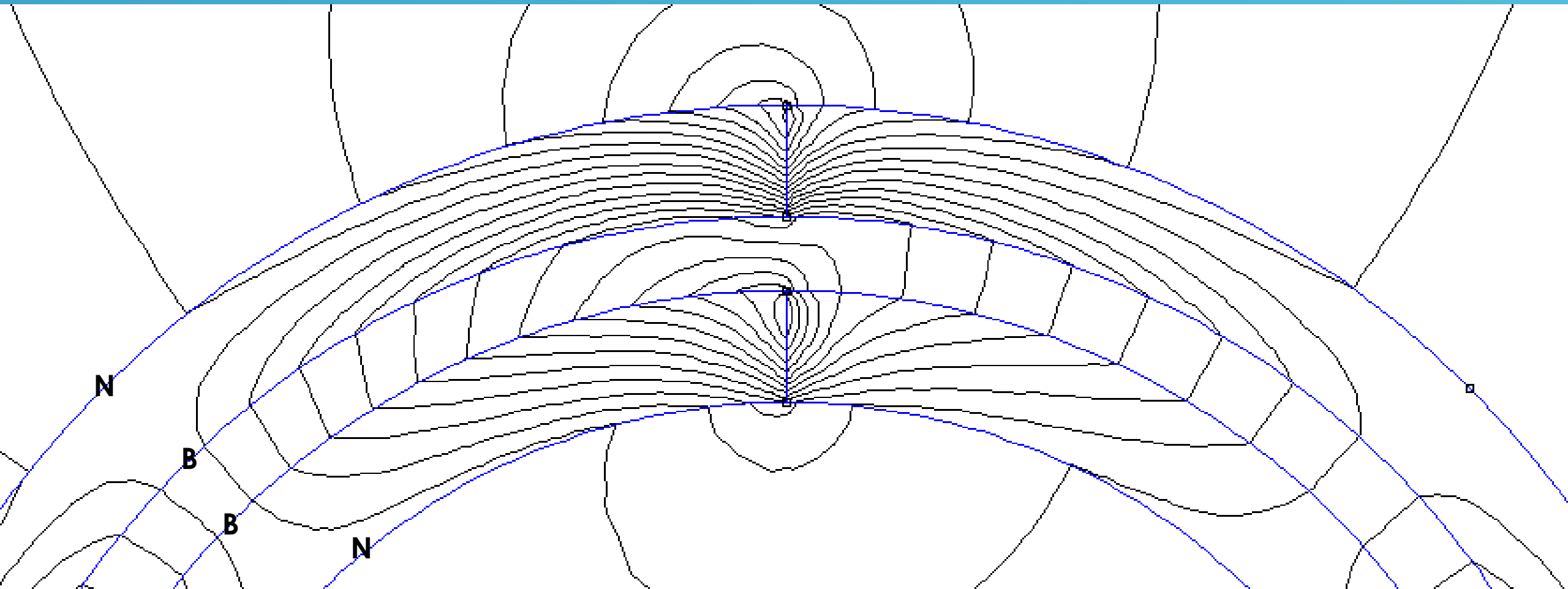
ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ 1 (25 ΔΥΝ. ΓΡΑΜΜΕΣ)

Βλέπουμε ότι οι δυναμικές γραμμές που βγαίνουν από τον Βόρειο πόλο των μαγνητών θέλουν να «φτάσουν» στον Νότιο πόλο, και για να το κάνουν αυτό βρίσκουν την πιο εύκολη διαδρομή, η οποία είναι μέσα από το υλικό M-50.



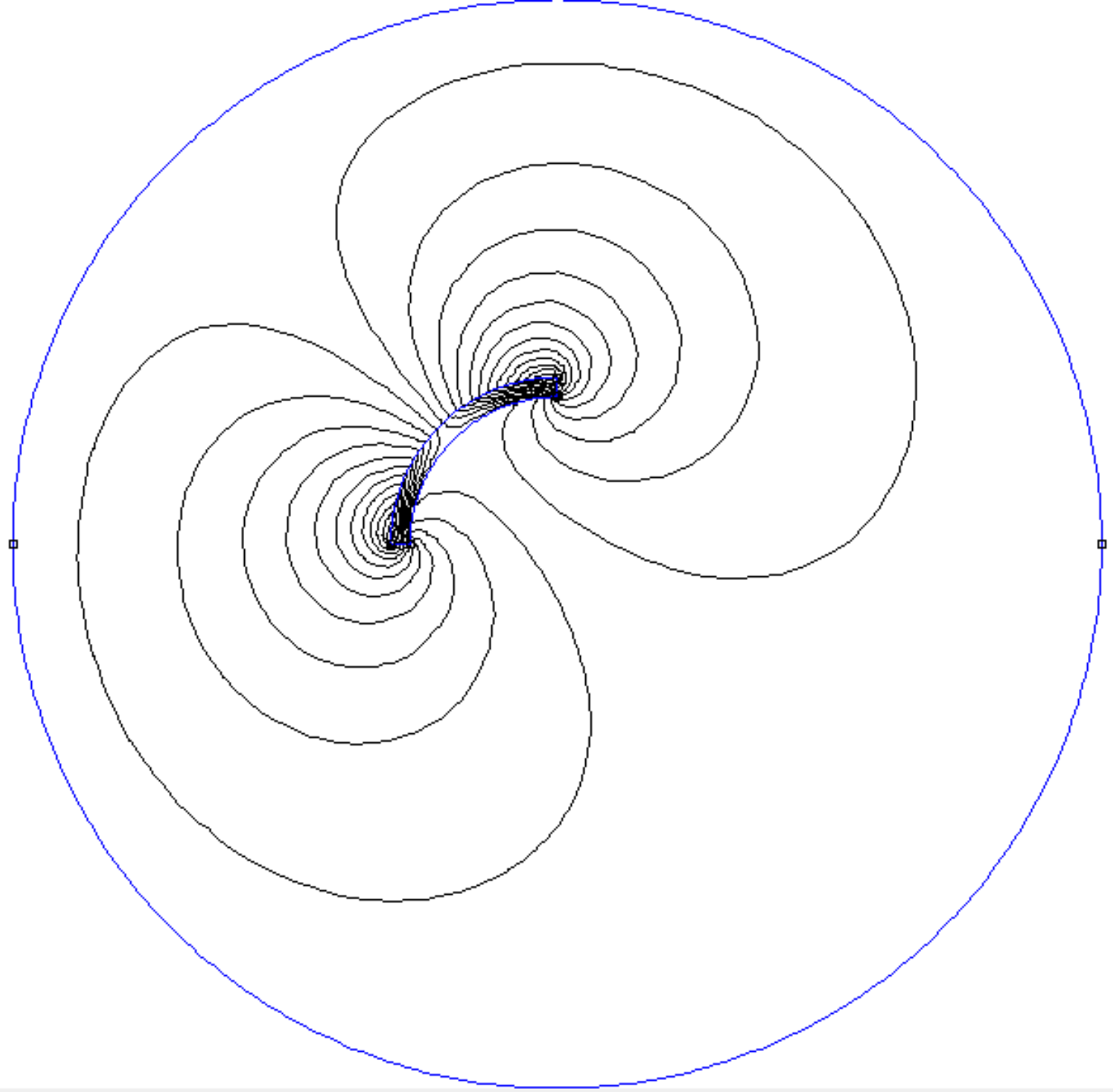
ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ 1 (25 ΔΥΝ. ΓΡΑΜΜΕΣ)

Οι μαγνητικές γραμμές είναι πιο έντονες
στις άκρες των μαγνητών λόγω
γεωμετρίας.

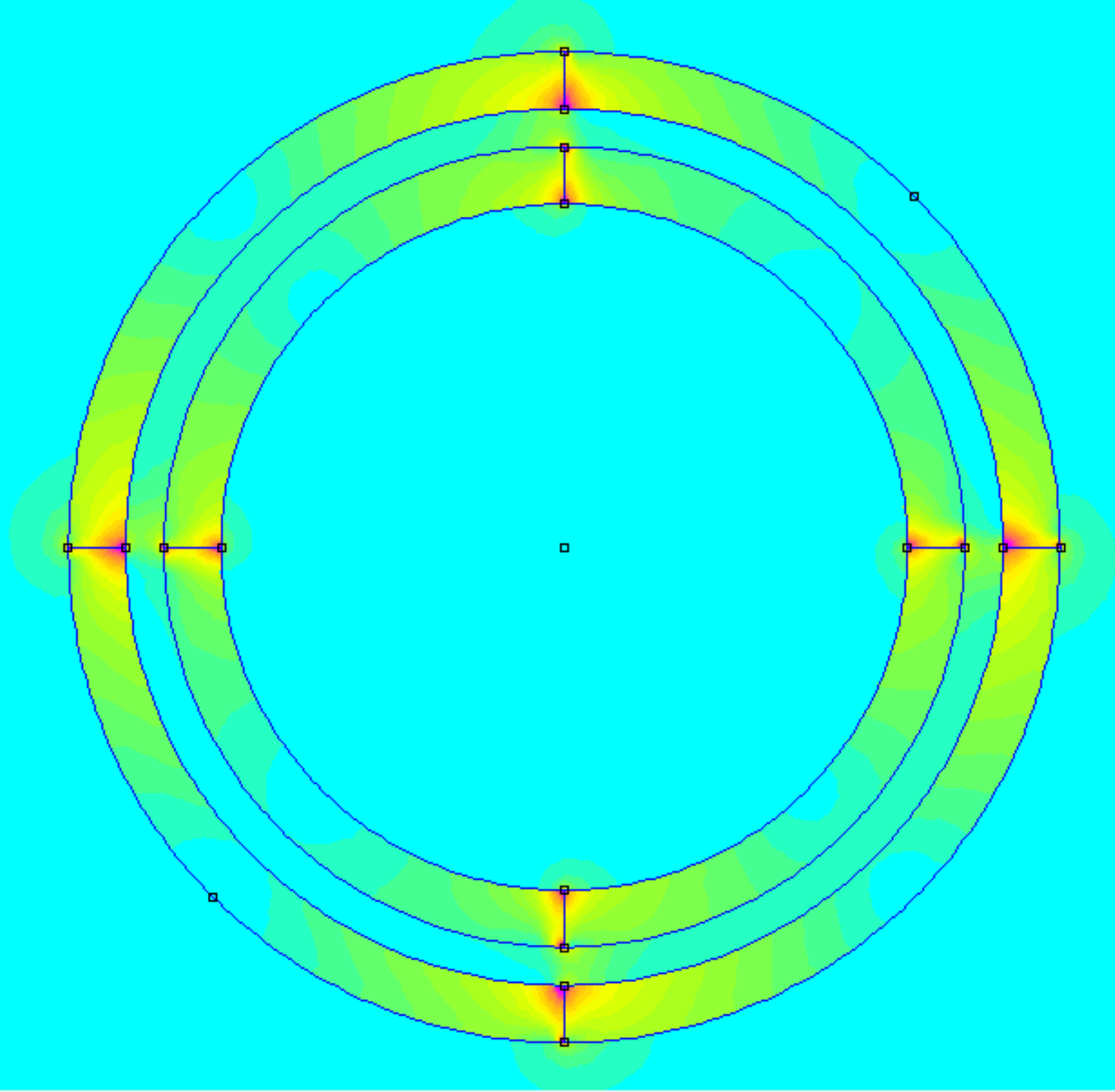


ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΓΙΑ ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ 1

Αυτό θα ήταν το πεδίο αν αφήναμε μόνο τον έναν μαγνήτη στην διάταξη. Οι δυναμικές γραμμές που εδώ είναι απλωμένες, μαζεύονται γύρω από το M-50 όταν το προσθέτουμε.

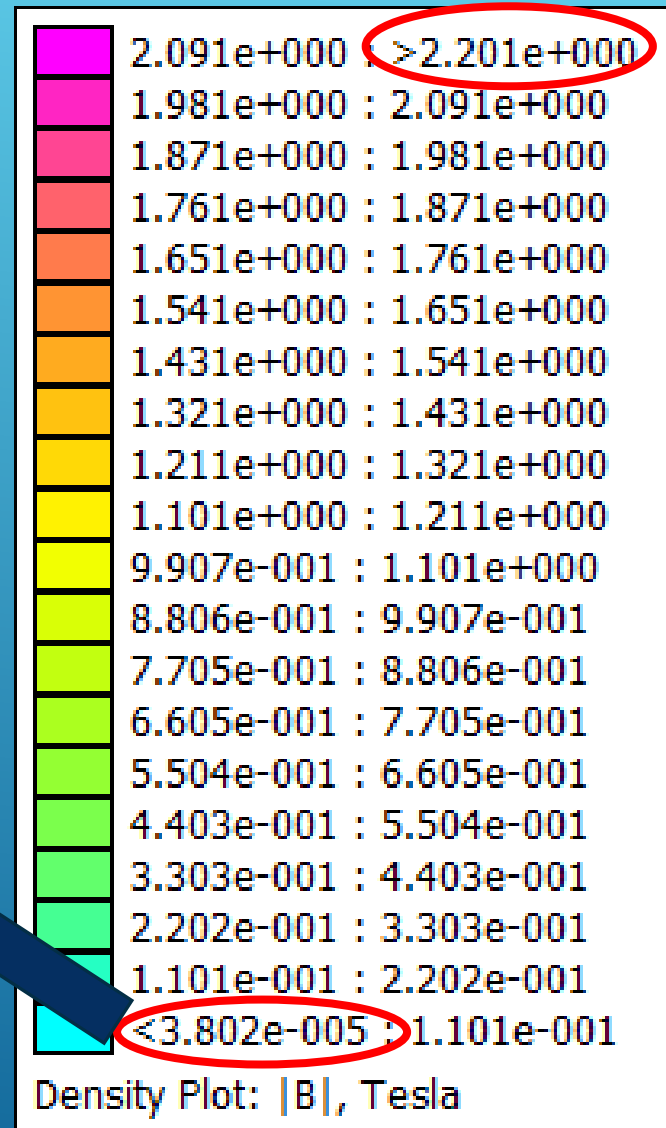


ZHTOYMENO 2



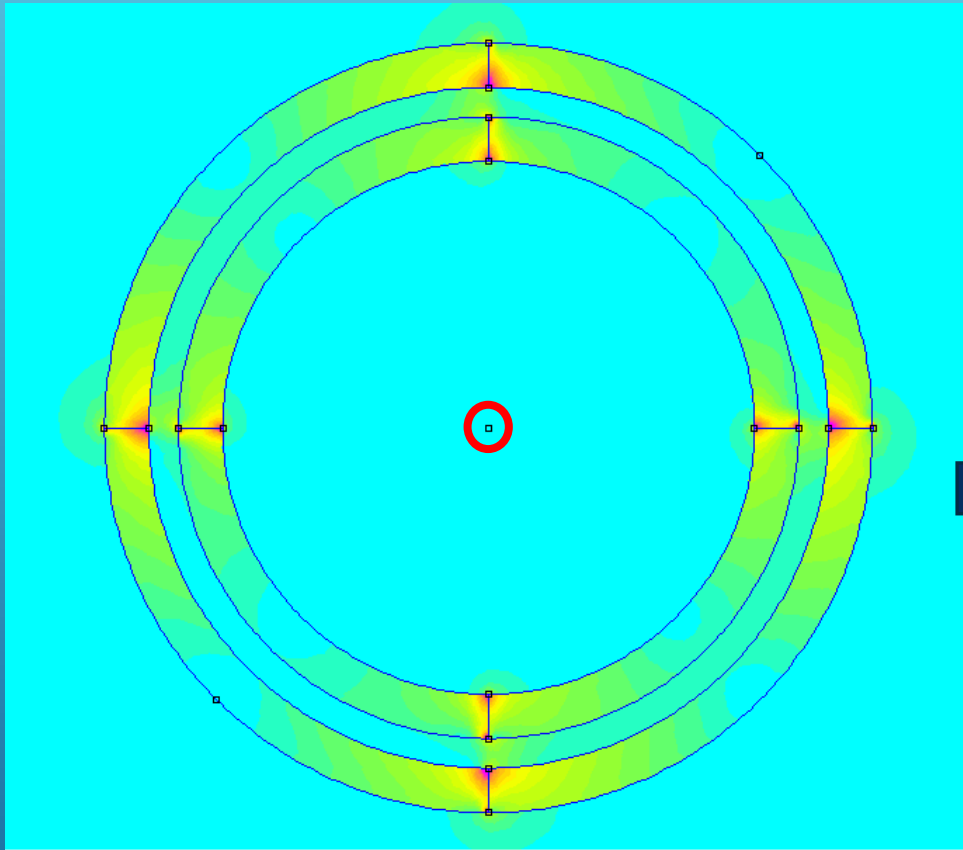
ZHTOYMEN0 2

ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΤΟΥ Β



ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΤΟΥ Β

ZHTOYMENΟ 3



ΕΧΕΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΙ ΧΩΡΊΣ ΝΑ ΥΠΑΡΧΕΙ
ΚΟΜΒΟΣ ΣΤΟ (0,0). ΑΝ ΒΆΛΟΥΜΕ
ΚΟΜΒΟ ΒΓΑΊΝΕΙ $|B| = 0.000451036 \text{ T}$

FEMM Output

Point: $x=0, y=0$

$A = -1.91453e-007 \text{ Wb/m}$

$|B| = 0.000282152 \text{ T}$

$B_x = 0.000244093 \text{ T}$

$B_y = 0.000141522 \text{ T}$

$|H| = 224.53 \text{ A/m}$

$H_x = 194.243 \text{ A/m}$

$H_y = 112.619 \text{ A/m}$

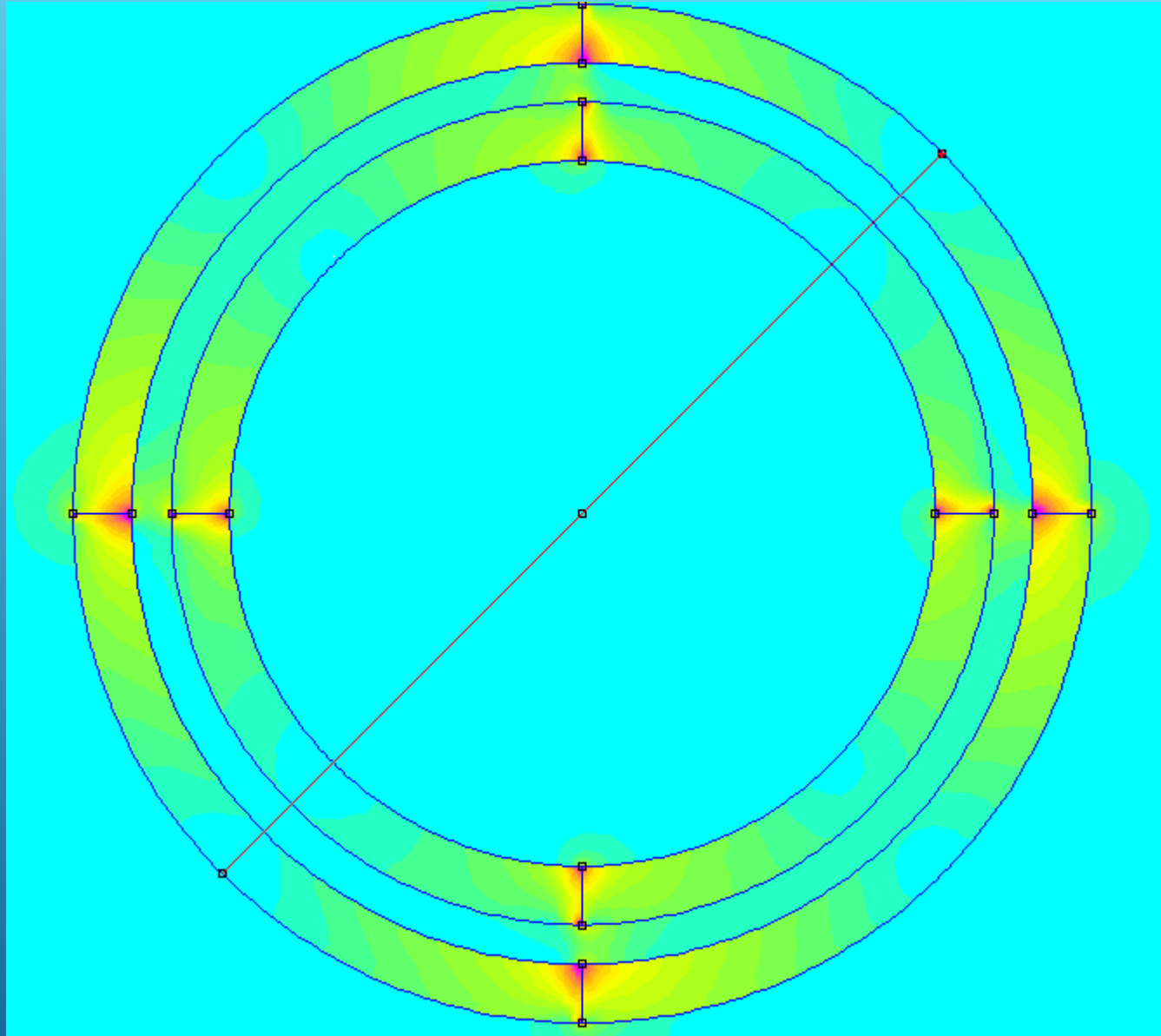
$\mu_x = 1 \text{ (rel)}$

$\mu_y = 1 \text{ (rel)}$

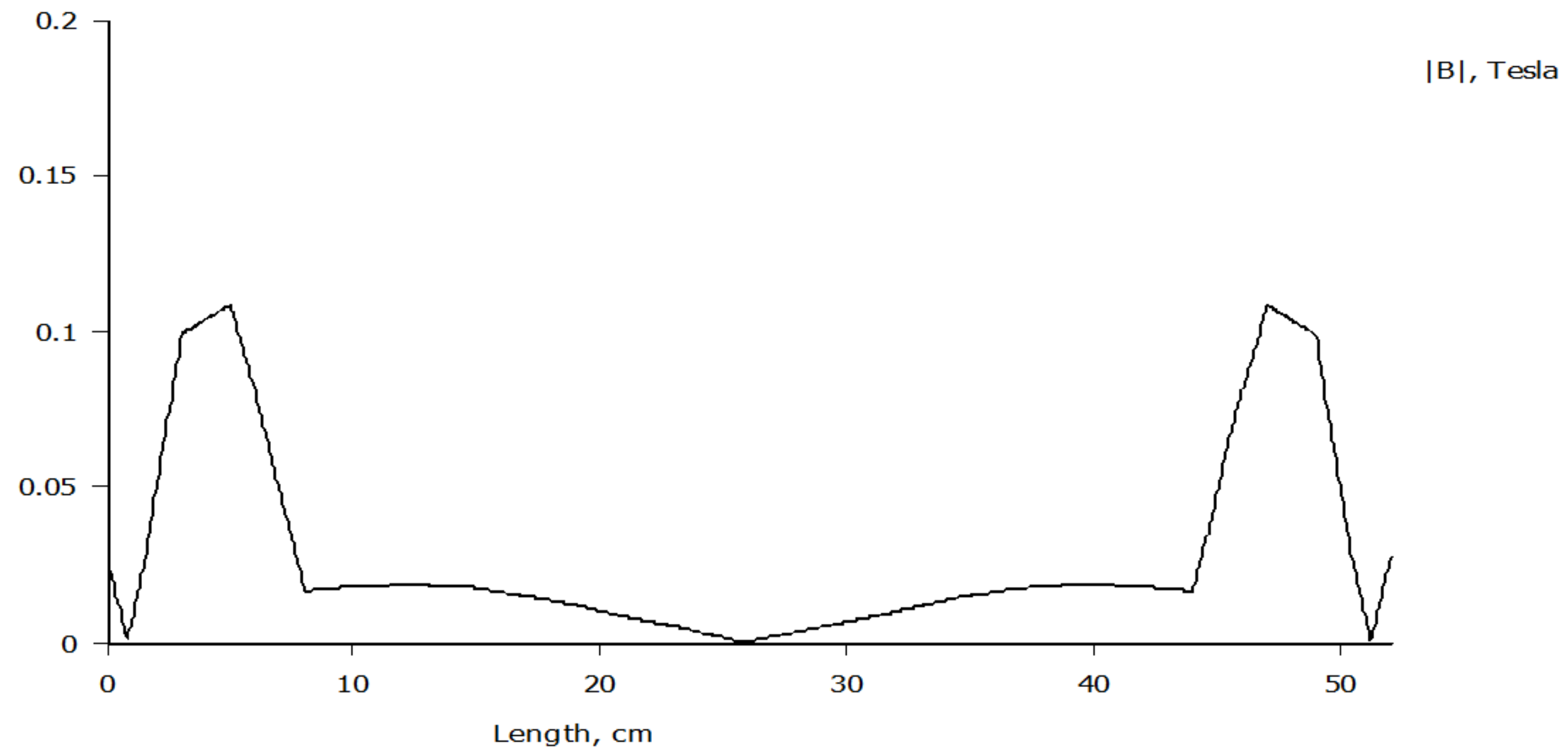
$E = 0.0316758 \text{ J/m}^3$

$J = 0 \text{ MA/m}^2$

ZHTOYMENO 4



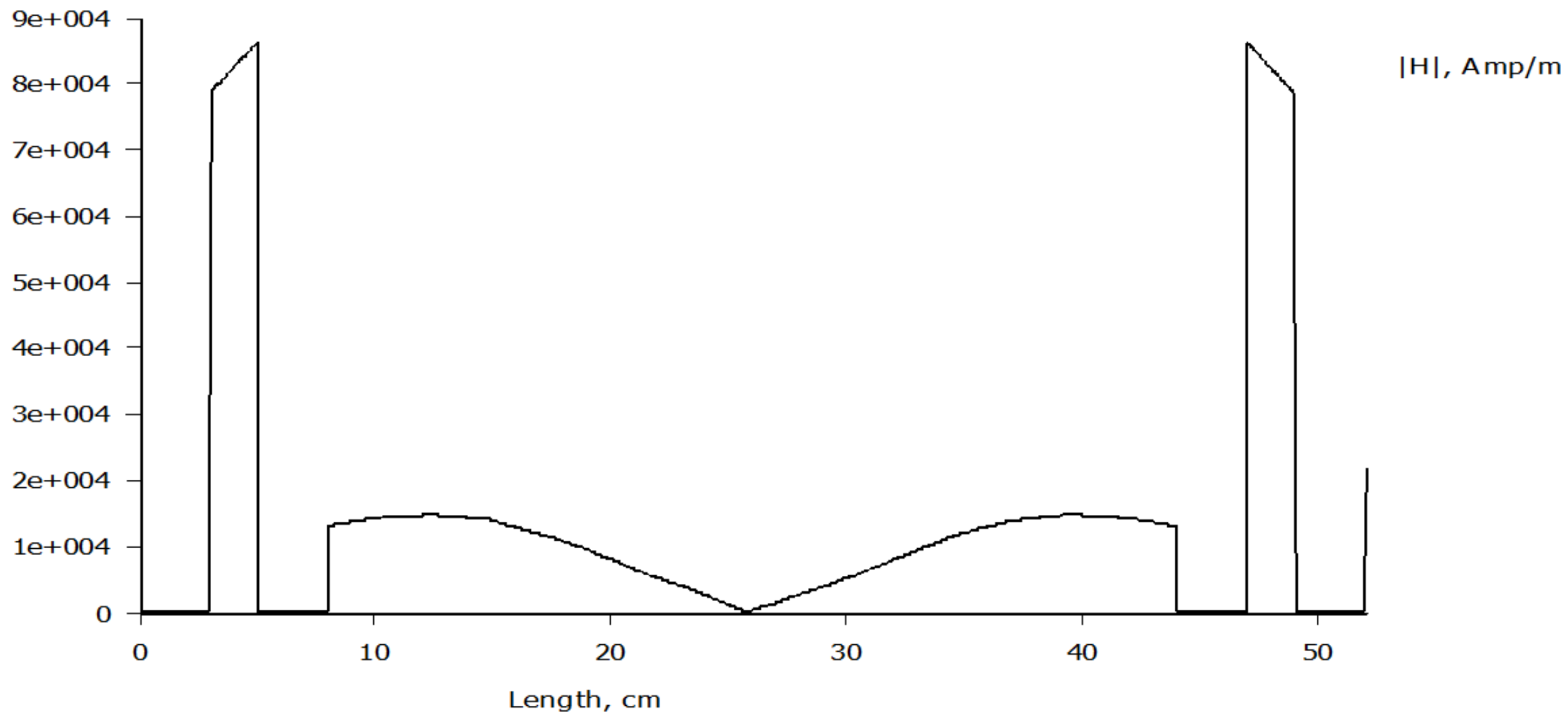
ZHTOYMENO 4



ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ 4 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

ΒΛΕΠΟΥΜΕ ΌΤΙ Η ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΊΝΑΙ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΣΤΟ ΔΙΑΚΕΝΟ ΑΕΡΑ, ΚΑΤΙ ΠΟΥ ΦΑΊΝΕΤΑΙ ΑΡΚΕΤΑ ΠΕΡΙΕΡΓΟ, ΑΦΟΥ Ο ΑΕΡΑΣ ΕΧΕΙ ΠΟΛΎ ΧΕΙΡΟΤΕΡΕΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΠΌ ΤΟΝ ΠΥΡΗΝΑ Μ-50. ΑΥΤΟ ΌΜΩΣ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΕΞΗΓΗΘΕΙ ΑΠΌ ΤΟ ΓΕΓΟΝΟΣ ΌΤΙ ΛΟΓΩ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ, ΓΙΑΤΙ ΟΛΕΣ ΟΙ ΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ ΠΕΡΝΑΝΕ ΑΠΌ ΤΙΣ ΑΚΡΕΣ ΤΟΥ ΠΥΡΗΝΑ, ΚΑΤΙ ΠΟΥ ΟΔΗΓΕΙ ΣΕ ΜΕΓΑΛΕΣ ΤΙΜΕΣ B ΕΚΕΙ ΚΑΙ ΠΟΛΎ ΧΑΜΗΛΕΣ ΤΙΜΕΣ B ΣΕ ΌΛΑ ΤΑ ΆΛΛΑ ΣΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΟΥ. ΑΝΤΙΘΕΤΑ, ΟΙ ΛΙΓΕΣ ΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ ΠΟΥ ΜΕΝΟΥΝ ΝΑ ΠΕΡΑΣΟΥΝ ΑΠΌ ΤΟΝ ΑΕΡΑ, ΤΑΞΙΔΕΥΟΥΝ ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΔΙΑΚΕΝΟΥ, ΑΥΞΑΝΟΝΤΑΣ ΕΤΣΙ ΤΟ B ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΑΠΌ ΤΗΝ ΤΙΜΗ ΣΤΟ ΜΕΣΟ ΤΟΥ Μ-50.

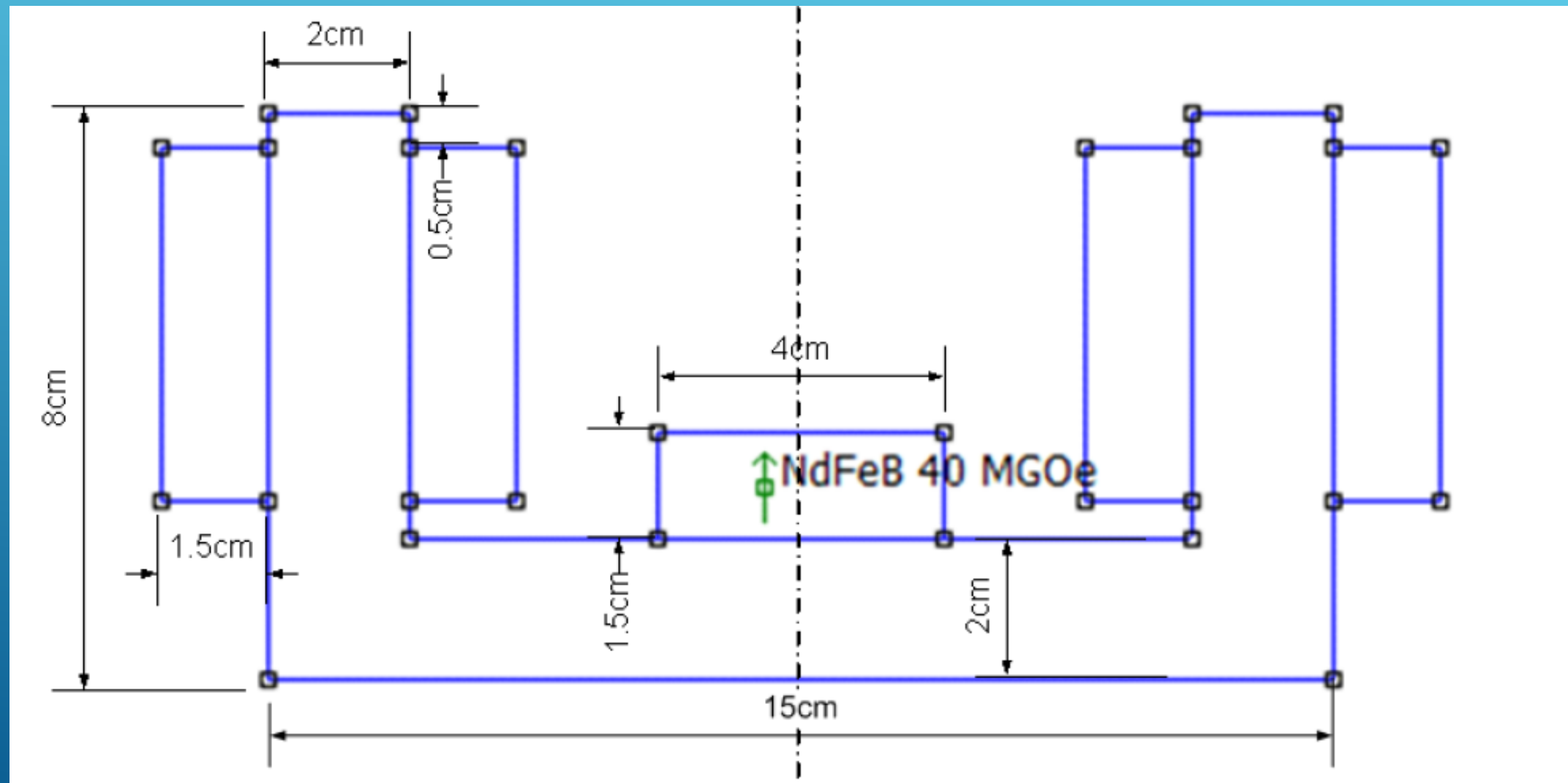
ZHTOYMENO 5



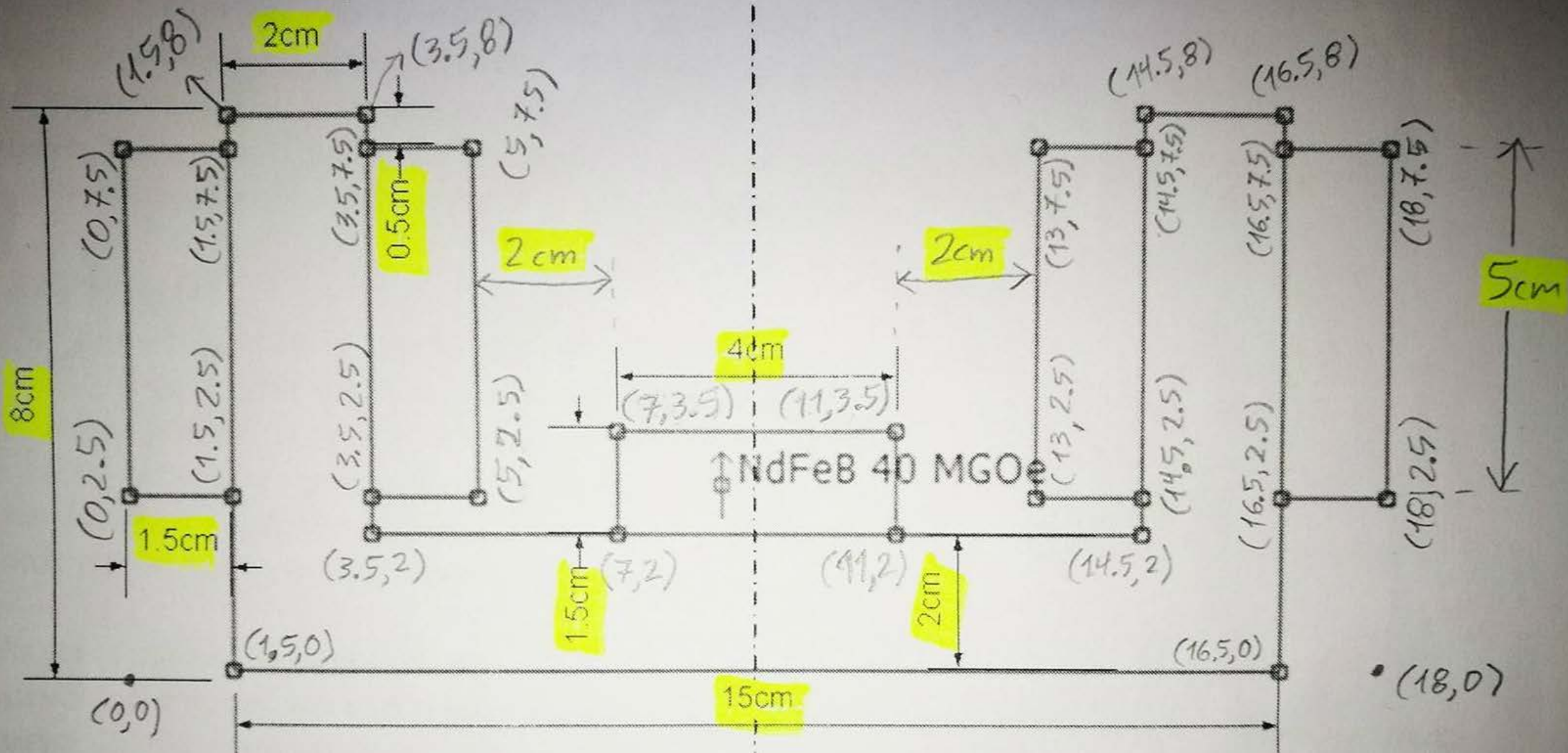
ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ 5 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Βλέπουμε ότι μέσα στο μαγνητικό μέταλλο, το μέτρο του H έχει σχεδόν μηδενικές τιμές ενώ στα σημεία με αέρα ανεβαίνει πολύ η τιμή του, όπως και θα θέλαμε. Επίσης, στο διάκενο ανάμεσα στα 2 μέταλλα η τιμή του H εκτοξεύεται. Αυτό συμβαίνει γιατί αυτός ο δρόμος μαγνητικών γραμμών είναι «υποχρεωτικός» για να περάσουν αυτές, ενώ στο κέντρο οι δυναμικές γραμμές και να μπούνε δεν έχουν κάπου να πάνε. Με άλλα λόγια, το διάκενο βρίσκεται πιο κοντά στους μαγνήτες και άρα σε υψηλές τιμές του μέτρου του B , οπότε ο αέρας εκεί καλείται να σχηματίσει μεγαλύτερο H ώστε να προσπαθήσει να φέρει παρόμοιες τιμές B .

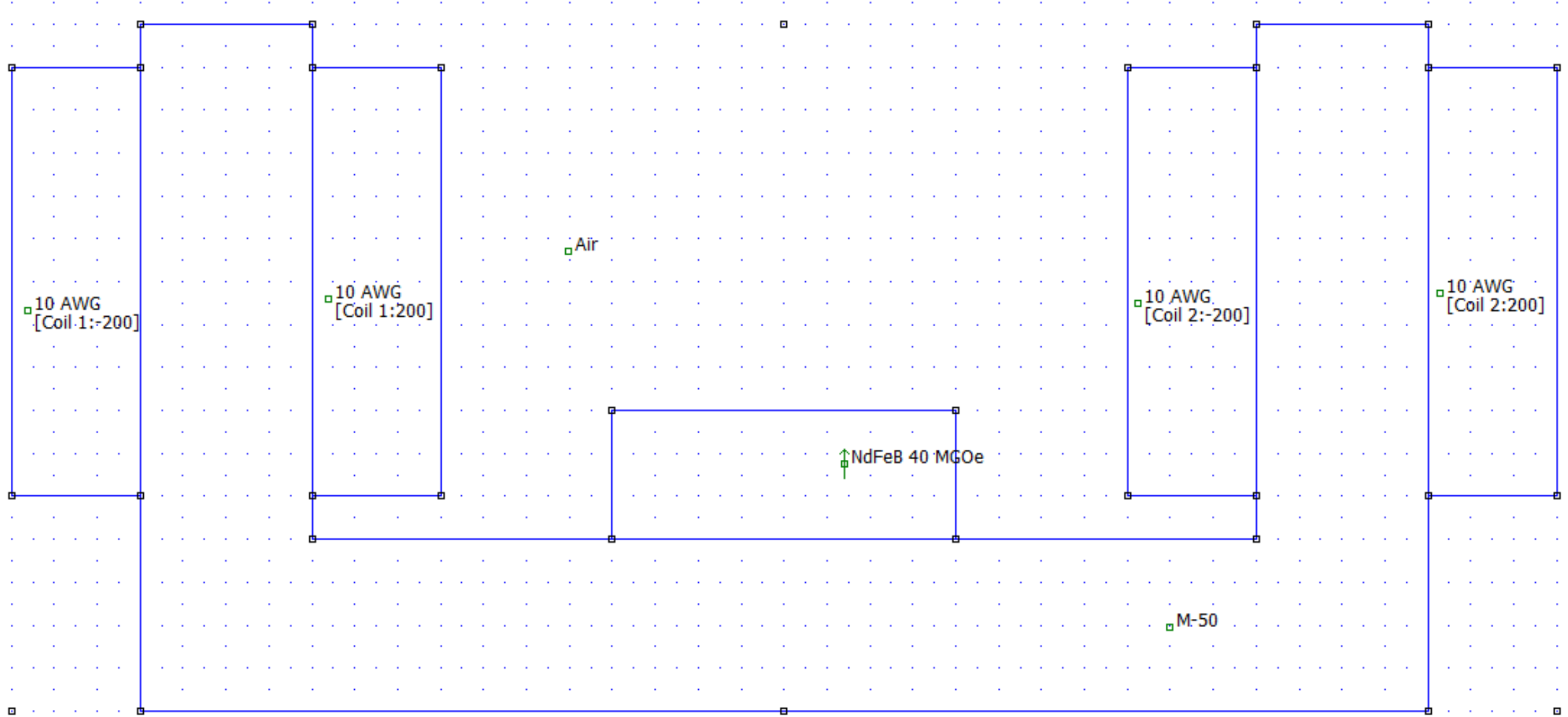
ΑΣΚΗΣΗ 3



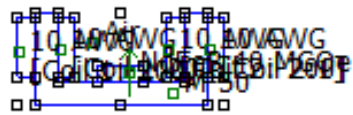
ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΓΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΤΩΝ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ



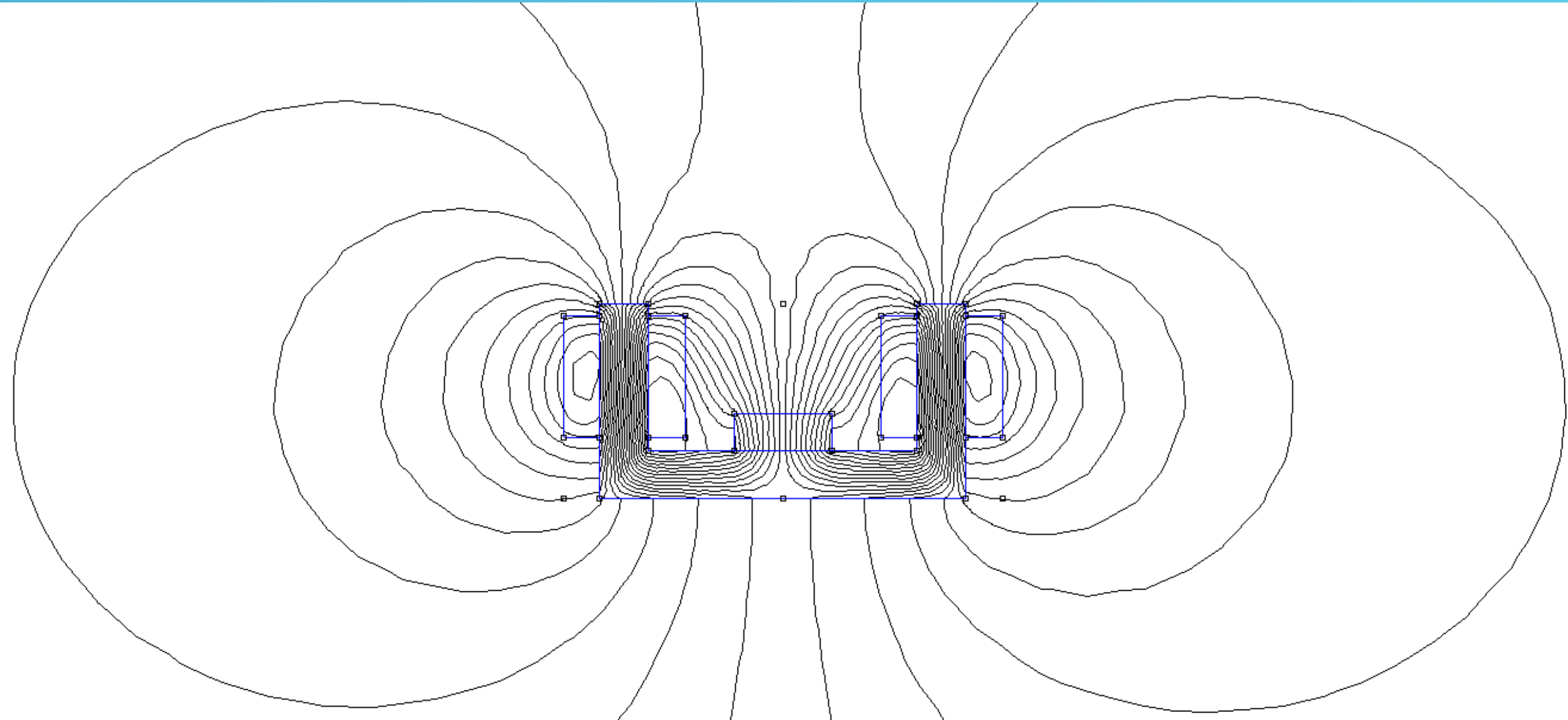
ΤΕΛΙΚΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΣΤΟ FEMM



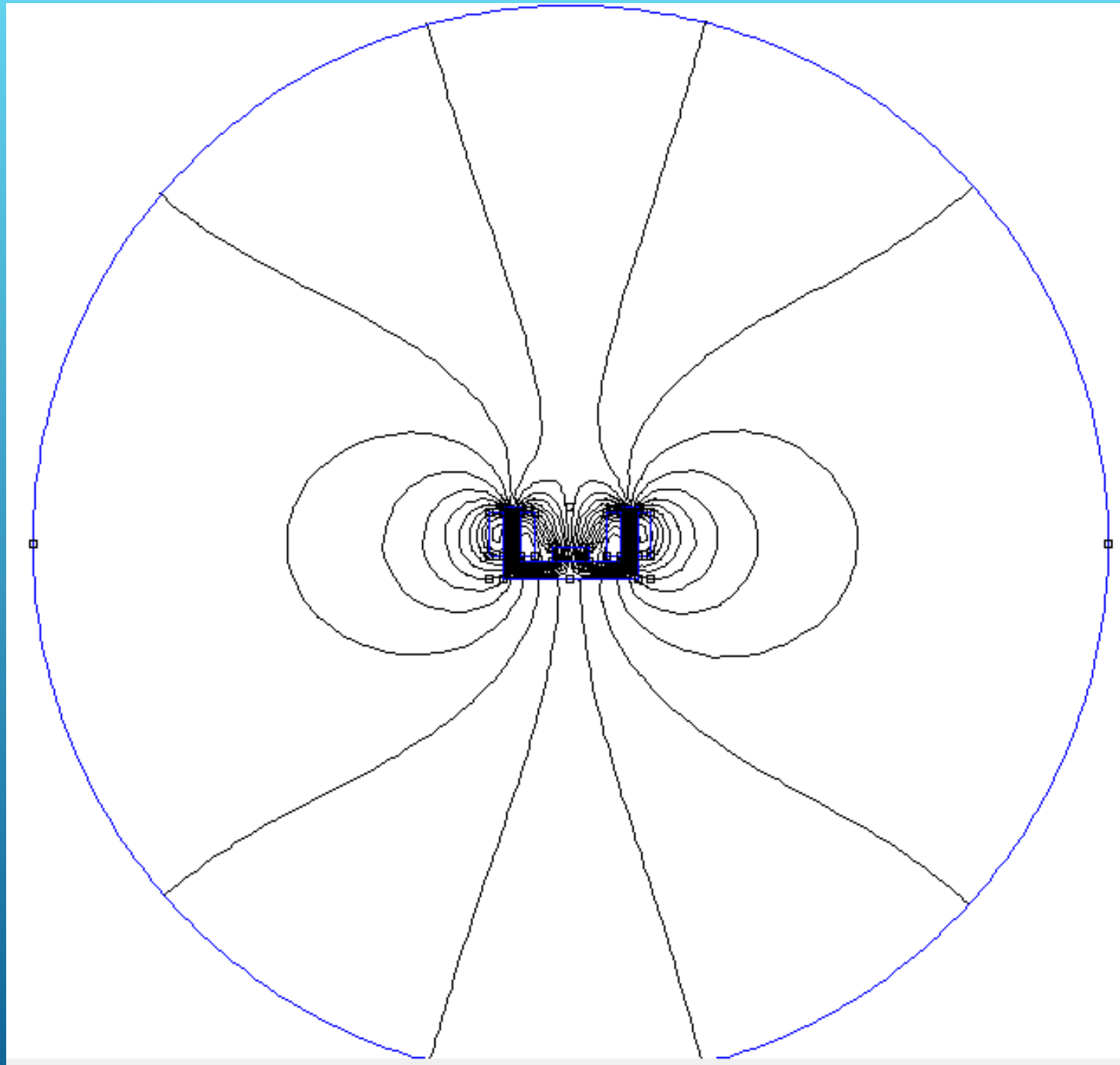
ΤΕΛΙΚΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΣΤΟ FEMM (ΜΕ 'ΟΡΙΑ)



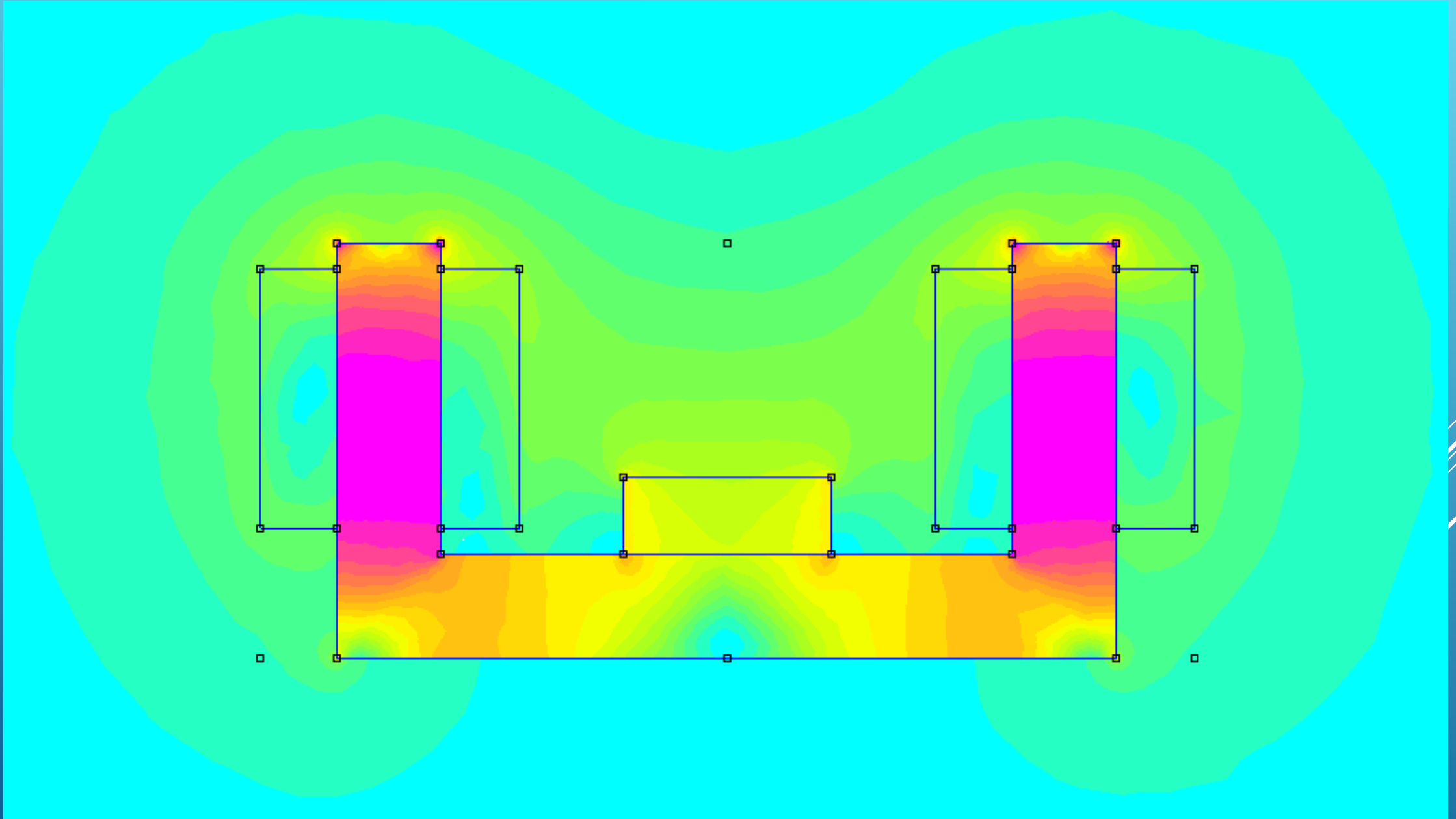
ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ 1 (25 ΔΥΝ. ΓΡΑΜΜΕΣ)



ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ 1 (25
ΔΥΝ. ΓΡΑΜΜΕΣ)



ZHTOYMENO 1



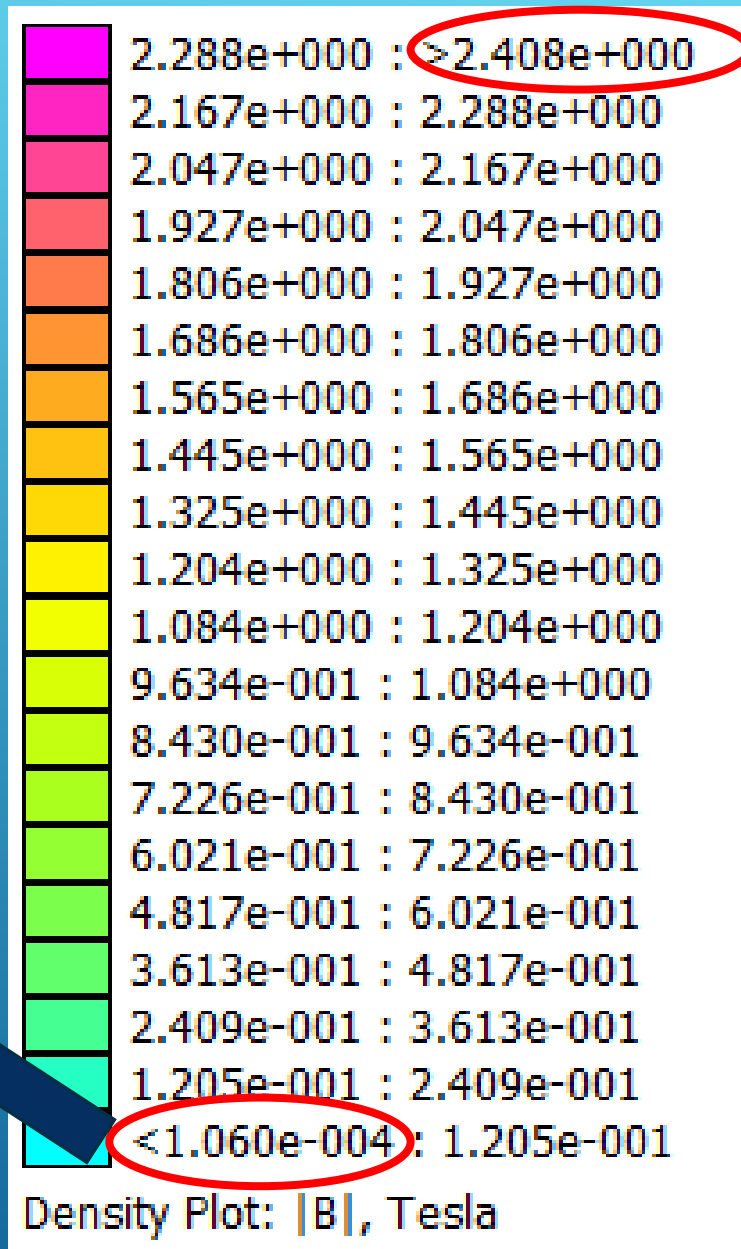
ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ 1 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Βλέπουμε ότι οι δυναμικές γραμμές του πεδίου που προκαλείται από τα πηνία και από τον μαγνήτη ταξιδεύουν μέσα από τον πυρήνα και διαμέσου του μαγνήτη. Για αυτό το πεδίο είναι πολύ πιο έντονο στα σημεία του πυρήνα τα οποία περικλείονται από τα πηνία.



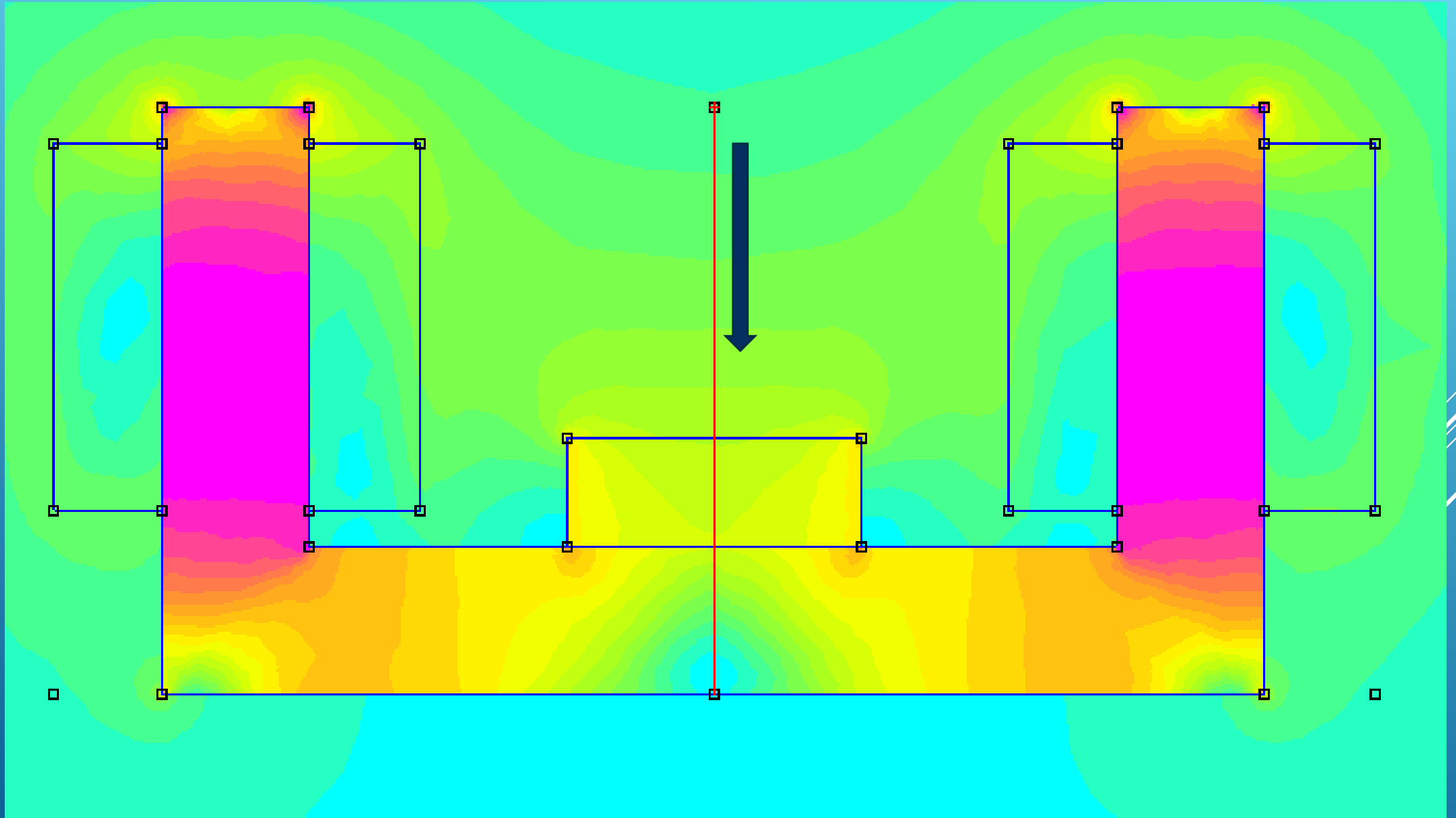
ZHTOYMENO 2

ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΤΟΥ Β

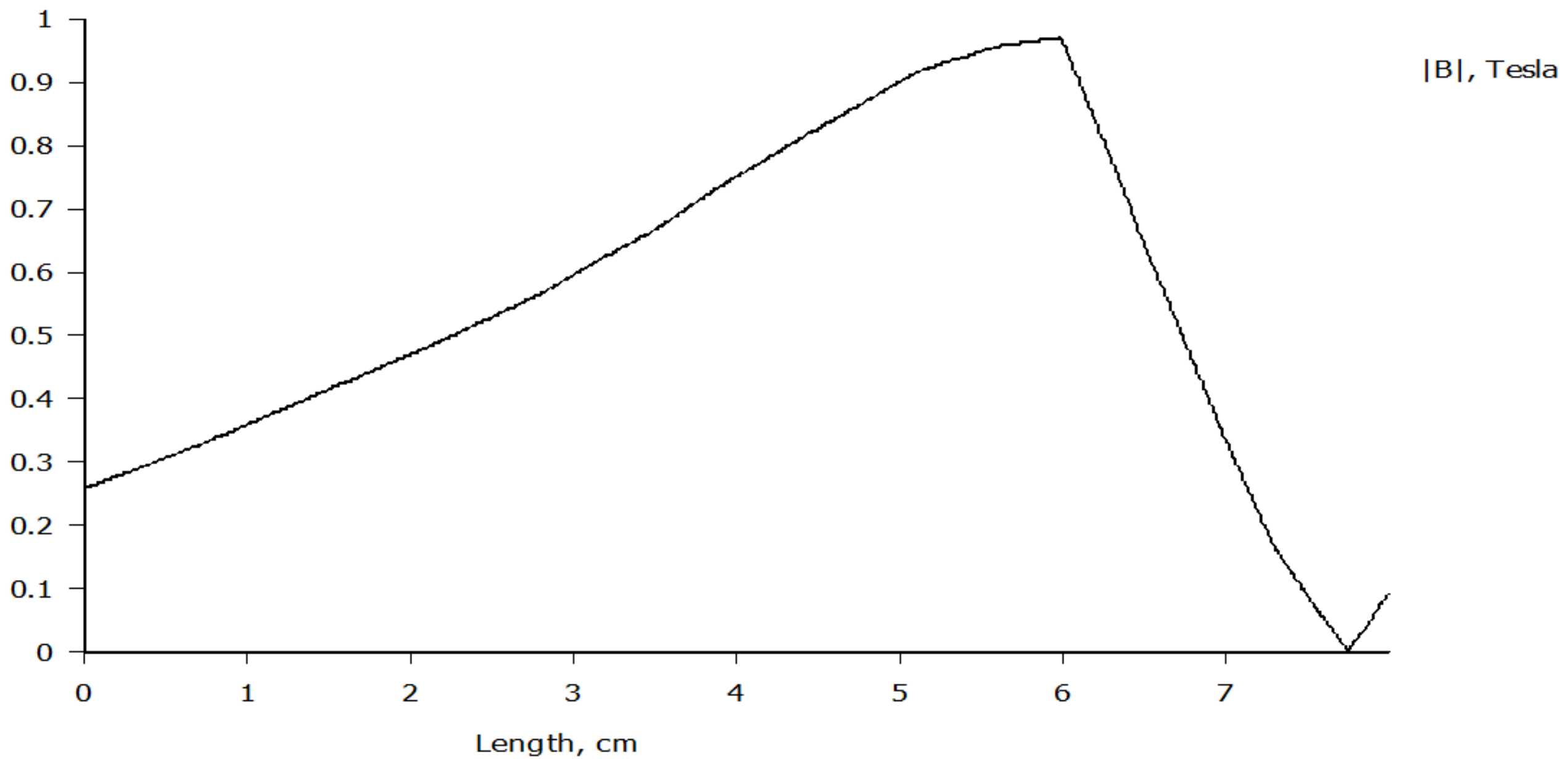


ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΤΟΥ Β

ZHTOYMENO 3



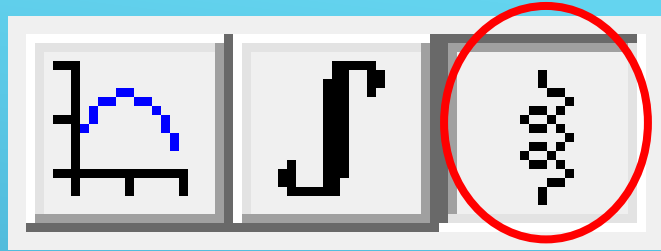
ZHTOYMENO 3



ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ 3 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Βλέπουμε ότι η πυκνότητα αρχίζει από πολύ χαμηλές τιμές στην κορυφή της διάταξης και αυξάνεται συνεχώς, μέχρι την κάτω πλευρά του μαγνήτη. Από εκεί, η πυκνότητα εισέρχεται στον πυρήνα και αρχίζει να μειώνεται, γιατί πλέον δεν βρίσκεται στην βέλτιστη διαδρομή των δυναμικών γραμμών. (Αυτό φαίνεται καλύτερα και από την καταγραφή της πυκνότητας της μαγνητικής ροής B στο σύνολο της γεωμετρίας.

ΖΗΤΟΥΜΕΝΟ 4



Circuit Properties

Circuit Name
Coil 1

Results

Total current = 200 Amps
Voltage Drop = 2.62049 Volts **Πτώση τάσης στο πηνίο**
Flux Linkage = 0.0898099 Webers
Flux/Current = 0.000449049 Henries
Voltage/Current = 0.0131024 Ohms
Power = 524.097 Watts **Συνολικές ωμικές απώλειες**

OK

Circuit Properties

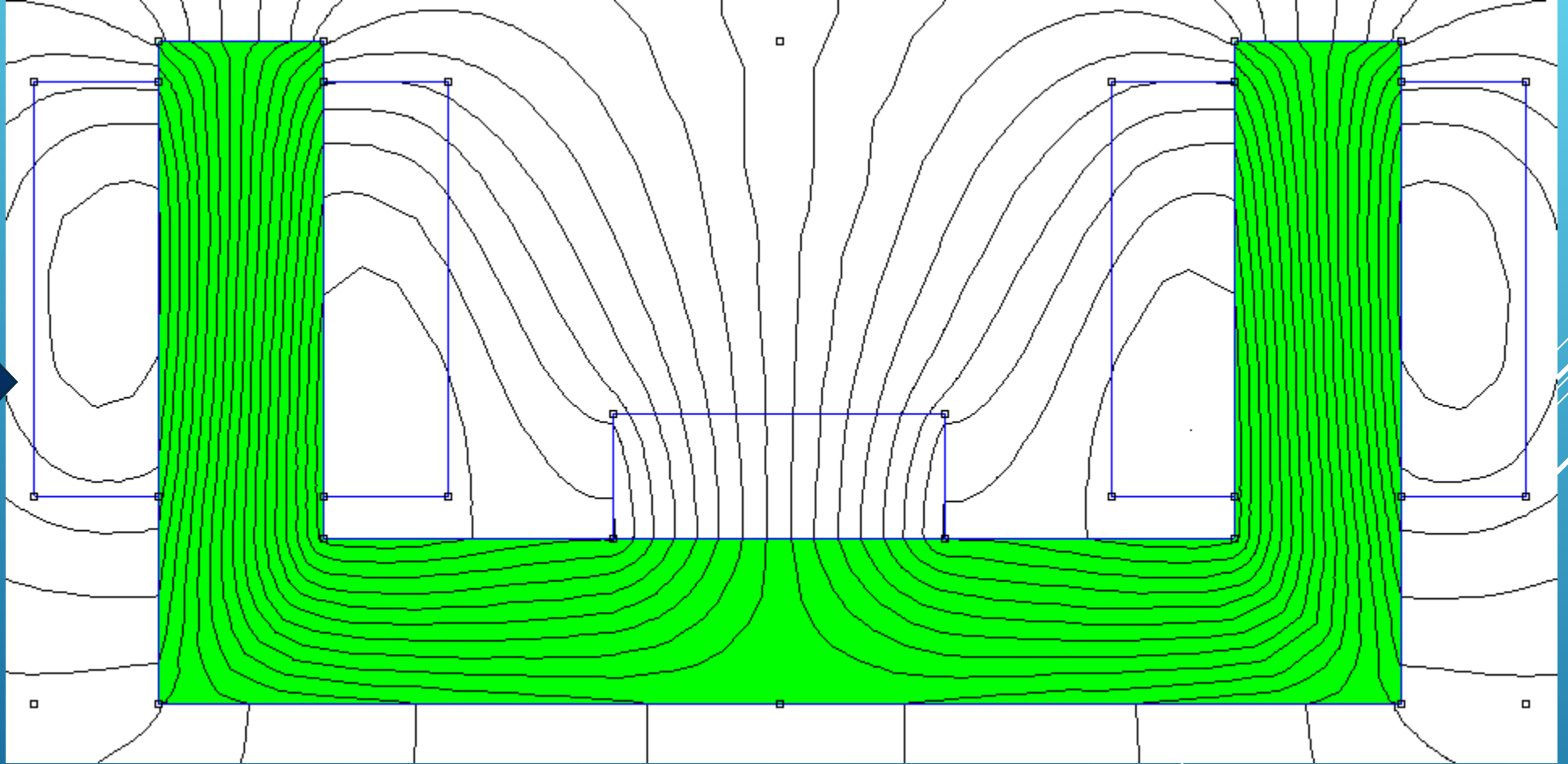
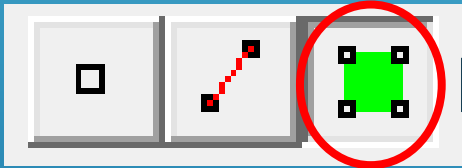
Circuit Name
Coil 2

Results

Total current = 200 Amps
Voltage Drop = 2.62049 Volts **Πτώση τάσης στο πηνίο**
Flux Linkage = 0.0897612 Webers
Flux/Current = 0.000448806 Henries
Voltage/Current = 0.0131024 Ohms
Power = 524.097 Watts **Συνολικές ωμικές απώλειες**

OK

ZHTOYMENO 5



ZHTOYMENO 5

