



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ  
ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ**

# **ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΣΕ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΜΑΝΟΥΣΟΣ**

**Επιβλέπων : Π.Δ. ΜΠΟΥΡΚΑΣ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.**

**Αθήνα, Οκτώβριος 2009**



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ  
ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ**

## **ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΣΕ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΣΠΥΡΙΔΩΝ Γ. ΜΑΝΟΥΣΟΣ**

**Επιβλέπων : Π.Δ. ΜΠΟΥΡΚΑΣ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.**

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή :

.....

**Π.Δ. ΜΠΟΥΡΚΑΣ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.**

.....

**Ν. ΘΕΟΔΩΡΟΥ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.**

.....

**Κ. ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.**

**Αθήνα, Οκτώβριος 2009**

---

.....

**ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΜΑΝΟΥΣΟΣ**

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΜΑΝΟΥΣΟΣ, 2009.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

---

## **Περίληψη**

Ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η μέτρηση των Ηλεκτρικών και των Μαγνητικών Πεδίων Υποσταθμών σε Δημόσιους χώρους, εντός του λεκανοπεδίου Αττικής. Οι μετρήσεις έγιναν σε Υποσταθμούς τύπου διστήλου που βρίσκονται πλησίον του δρόμου σε τρεις διαφορετικές περιοχές. Οι μετρούμενες τιμές συγκρίθηκαν με τις κατευθυντήριες οδηγίες για την ασφαλή δημόσια και επαγγελματική έκθεση σε ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία.

## **Λέξεις κλειδιά**

Υποσταθμοί, μετρήσεις, ηλεκτρικά, μαγνητικά, πεδία, τύπου διστήλου, οδηγίες, επαγγελματική έκθεση, υψηλή τάση, χαμηλή τάση.

---

## **Abstract**

The aim of this thesis is the measurement of electric and magnetic fields in electric power substations at public places, in the Attica basin. The measurements were made at two column type substations which are close to the road at three different areas. The measurements were compared with the safety guidelines for the general public and their occupational exposure to electric and magnetic fields.

## **Key words**

Substations, measurement, electric, magnetic, fields, two column type, guidelines, occupational exposure, high voltage, low voltage.

---

## Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που συνέβαλλαν και βοήθησαν στην πραγματοποίηση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή κ. Περικλή Μπούρκα για την πολύτιμη βοήθειά του.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον Λέκτορα κ. Παναγιώτη Τσαραμπάρη για τη συνεχή και αποτελεσματική βοήθειά του, καθώς και για την αμέριστη συμπαράστασή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος αισθάνομαι για άλλη μια φορά την ανάγκη να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου Χρύσα και Κώστα για την υποστήριξη και την υπομονή τους.

Σπυρίδων Μανούσος

---

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

<b>1. Εισαγωγή</b>	
1.1. Ο ηλεκτρισμός στην υπηρεσία του ανθρώπου.....	9
<b>2. Γενικά το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο</b>	
2.1. Τα ηλεκτρικά πεδία .....	9
2.2. Τα μαγνητικά πεδία .....	10
2.3. Όρια έκθεσης ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίο .....	10
<b>3. Θεωρητικός υπολογισμός ηλεκτρικού πεδίου για ένα αγωγό .....</b>	<b>11</b>
<b>4. Θεωρητικός υπολογισμός μαγνητικού πεδίου για ένα αγωγό .....</b>	<b>14</b>
<b>5. Σύστημα Μεταφοράς και Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας .....</b>	<b>16</b>
<b>6. Υποσταθμοί</b>	
6.1. Είδη υποσταθμών.....	19
6.2. Εξοπλισμός υποσταθμού .....	21
<b>7. Μετρήσεις που έγιναν στο παρελθόν</b>	
7.1. Στην Ελλάδα .....	26
7.2. Στην Ταϊβάν .....	26
7.3. Στην Μαλαισία .....	27

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

<b>1. Διάταξη μέτρησης .....</b>	<b>28</b>
<b>2. Διαδικασία και τρόπος μέτρησης.....</b>	<b>29</b>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

<b>1. Μετρήσεις μαγνητικού και ηλεκτρικού πεδίου</b>	
1.1. Μετρήσεις στην Περιοχή 1 .....	33
1.2. Μετρήσεις στην Περιοχή 2 .....	47
1.3. Μετρήσεις στην Περιοχή 3 .....	71
<b>2. Επεξεργασία και συμπεράσματα επί των μετρήσεων .....</b>	<b>91</b>

---

## **Παράρτημα Α: Το όργανο μέτρησης EMDEX II**

<b>A1.</b>	Μετρητής μαγνητικού πεδίου .....	92
<b>A2.</b>	Μετρητής ηλεκτρικού πεδίου .....	93
<b>A3.</b>	Σύντομη περιγραφή της λειτουργίας και του χειρισμού του οργάνου. ....	94
<b><u>Βιβλιογραφία</u></b>	.....	97

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### Ηλεκτρικό και Μαγνητικό πεδίο

#### 1. Εισαγωγή

##### 1.1. *Ο ηλεκτρισμός στην υπηρεσία του ανθρώπου.*

Η ιστορία της ανθρωπότητας είναι ταυτόσημη με την προσπάθεια ελέγχου και αξιοποίησης των διαφόρων μορφών ενέργειας, όπως διδάσκει και ο μύθος του Προμηθέα. Η χρήση του ηλεκτρισμού απετέλεσε κορυφαία στιγμή αυτής της προσπάθειας. Οι πολλαπλές εφαρμογές του ηλεκτρισμού συνέβαλαν όχι μόνο στην καθοριστική βελτίωση του επιπέδου της καθημερινής ζωής των ανθρώπων, αλλά και στην ραγδαία πρόοδο και την αύξηση της αποδοτικότητας της βιομηχανικής παραγωγής, των επικοινωνιών, των μεταφορών, της ιατρικής τεχνολογίας, κ.λπ.

Η μοναδικότητα της ηλεκτρικής ενέργειας συνίσταται στο γεγονός ότι μπορεί να παράγεται σε μεγάλες ποσότητες σε συγκεκριμένες θέσεις (των σταθμών παραγωγής) και να χρησιμοποιείται στη συνέχεια σε αποστάσεις πολλών χιλιομέτρων από τα σημεία παραγωγής. Αυτό επιτυγχάνεται με την ύπαρξη των δικτύων μεταφοράς (υψηλής τάσης) και διανομής (μέσης και χαμηλής τάσης), καθώς και των υποσταθμών που τα συνδέουν.

Η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας γνωρίζει σταθερή αύξηση, ιδιαίτερα στον αναπτυσσόμενο κόσμο, στη διάρκεια των τελευταίων πενήντα ετών, αύξηση που έχει ως φυσική συνέπεια την εξάπλωση των δικτύων μεταφοράς και διανομής που καλύπτουν ολοένα και ευρύτερες εκτάσεις σε όλο τον πλανήτη. Παράλληλα, διευρύνεται και η χρήση του πάσης φύσεως ηλεκτρικού εξοπλισμού και συσκευών στην καθημερινή ζωή: οικιακές συσκευές διαφόρων ειδών, προσωπικοί υπολογιστές, κλιματιστικά μηχανήματα, κ.λπ.

#### 2. Ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο

##### 2.1. *Τα ηλεκτρικά πεδία*

Τα ηλεκτρικά πεδία που δημιουργούνται από τις διατάξεις ηλεκτρικής ενέργειας σχετίζονται με το μέγεθος της τάσης των ηλεκτροφόρων αγωγών, καθώς και την γεωμετρία της διάταξης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

---

Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου μετράται σε Volt ανά μέτρο (V/m). Συχνά χρησιμοποιείται και το πολλαπλάσιο kV/m.

Τα ηλεκτρικά πεδία που εμφανίζονται στην φύση οφείλονται στα ηλεκτρικά φορτία που βρίσκονται συγκεντρωμένα στην ατμόσφαιρα της γης και δημιουργούν κοντά στην επιφάνεια της ηλεκτρικά πεδία της τάξης των 100 V/m, σε συνθήκες καλού καιρού. Τα πεδία αυτά ανέρχονται σε μερικά kV/m κατά την διάρκεια των καταιγίδων.

### **2.2. Τα μαγνητικά πεδία**

Τα μαγνητικά πεδία που δημιουργούνται από τις διατάξεις ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτώνται από το μέγεθος της μεταφερόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (ηλεκτρικό ρεύμα) στους αγωγούς, καθώς και την γεωμετρία της διάταξης. Για δεδομένη τάση, το μέγεθος του ρεύματος στους αγωγούς καθορίζει την ποσότητα της ενέργειας που μεταφέρει η διάταξη. Τα μαγνητικά πεδία μετρούνται συνήθως σε μικροτέσλα ( $\mu\text{T}$ ). Επίσης χρησιμοποιείται και η μονάδα μέτρησης मिलिकάους (mG) ( $10 \text{ mG} = 1\mu\text{T}$ ). Το φυσικό μαγνητικό πεδίο της γης στην Ελλάδα είναι περίπου 45  $\mu\text{T}$ .

### **2.3. Όρια έκθεσης ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου**

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα όρια έκθεσης για ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία που έχουν υιοθετηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση και έχουν σταλεί στα κράτη μέλη της το 1999. Η χώρα μας τα έχει υιοθετήσει και τα έχει εντάξει στο εσωτερικό δίκαιο από το 2002 με την μορφή κοινής Υπουργικής Απόφασης.

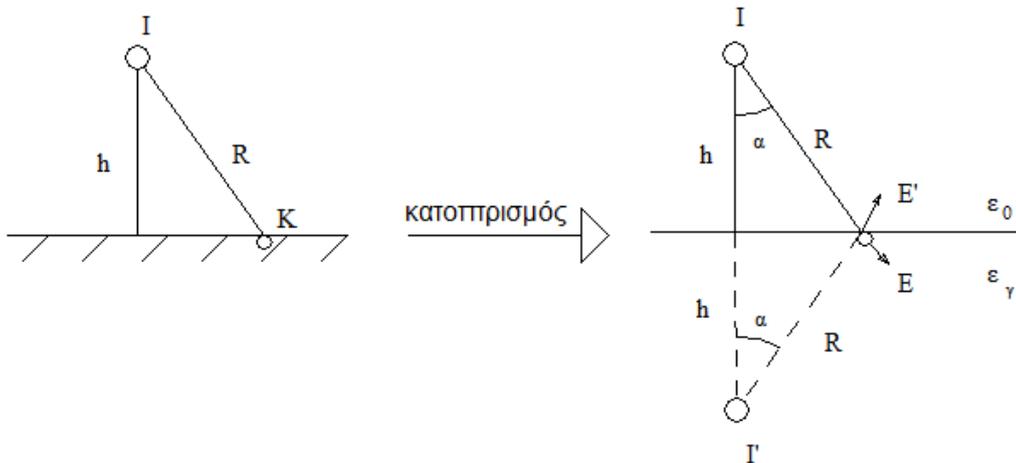
	<b>Ένταση Ηλεκτρικού Πεδίου (V/m)</b>	<b>Μαγνητική Επαγωγή (<math>\mu\text{T}</math>)</b>
Έκθεση για το κοινό	5000	100
Επαγγελματική έκθεση	10000	500

**Πίνακας 1.2.3-1:** Όρια έκθεσης πεδίων

**3. Θεωρητικός υπολογισμός ηλεκτρικού πεδίου για ένα αγωγό**

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία [2] ένας τρόπος υπολογισμού του ηλεκτρικού πεδίου για ένα αγωγό είναι ο ακόλουθος.

Θεωρούμε αγωγό γραμμικής πυκνότητας  $\lambda$  ο οποίος διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $I$  σε ύψος  $h$  πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Έστω σημείο  $K$  στην επιφάνεια το οποίο απέχει απόσταση  $R$  από τον αγωγό. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του κατοπτρισμού θα υπολογίσουμε το μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί ο αγωγός.



**Σχήμα 3-1:** Μέθοδος κατοπτρισμού για τον υπολογισμό ηλεκτρικού πεδίου

Από την επίδραση του αγωγού 1 πυκνότητας  $\lambda$ , προκύπτει η ένταση ηλεκτρικού πεδίου είναι:

$$\vec{E}_1 = \lambda / (2\pi\epsilon_0 R) \tag{3-1}$$

Ομοίως από τον αγωγό 2 προκύπτει:

$$\vec{E}_2 = \lambda' / (2\pi\epsilon_0 R) \tag{3-2}$$

όπου  $\lambda' = (\epsilon_0 - \epsilon_\gamma) \lambda / (\epsilon_0 + \epsilon_\gamma)$

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

---

Σύμφωνα με την επαλληλία η ένταση ηλεκτρικού πεδίου θα ισούται με

$$\vec{E}_{ολ} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \quad (3-3)$$

Αναλύοντας τα  $\vec{E}_1$  και  $\vec{E}_2$  στους άξονες x και y προκύπτει:

### Άξονας x

$$\vec{E}_{ολx} = \vec{E}_{1x} + \vec{E}_{2x} = [\lambda\eta\mu\alpha / (2\pi\epsilon_0 R)]\vec{x} + [\lambda'\eta\mu\alpha / (2\pi\epsilon_0 R)]\vec{x} = \{\eta\mu\alpha[\lambda + \lambda(\epsilon_0 - \epsilon_\gamma)] / 2\pi\epsilon_0 R\}\vec{x}$$

$$\Rightarrow \vec{E}_{ολx} = [\lambda\eta\mu\alpha / \pi R(\epsilon_0 + \epsilon_\gamma)]\vec{x} \quad (3-4)$$

όμως  $R = h / \sigma\nu\alpha$  οπότε:

$$\vec{E}_{ολx} = [\lambda\eta\mu\alpha\sigma\nu\alpha / \pi h(\epsilon_0 + \epsilon_\gamma)]\vec{x} \quad (3-5)$$

### Άξονας y

$$\vec{E}_{ολy} = \vec{E}_{1y} + \vec{E}_{2y} = [\lambda\sigma\nu\alpha / (2\pi\epsilon_0 R)]\vec{y} + [\lambda'\sigma\nu\alpha / (2\pi\epsilon_0 R)]\vec{y} =$$

$$\{\sigma\nu\alpha[\lambda + \lambda(\epsilon_0 - \epsilon_\gamma) / (\epsilon_0 + \epsilon_\gamma)] / 2\pi\epsilon_0 R\}\vec{y}$$

$$\Rightarrow \vec{E}_{ολy} = [\lambda\sigma\nu\alpha\epsilon_\gamma / \pi R(\epsilon_0 + \epsilon_\gamma)\epsilon_0]\vec{y} \quad (3-6)$$

όμως  $R = h / \sigma\nu\alpha$  οπότε:

$$\vec{E}_{ολy} = [\lambda\sigma\nu\alpha^2\epsilon_\gamma / \pi h(\epsilon_0 + \epsilon_\gamma)\epsilon_0]\vec{y} \quad (3-7)$$

Άρα το ηλεκτρικού πεδίου του αγωγού θα είναι:

$$\vec{E}_{ολ} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = [\lambda\eta\mu\alpha / \pi R(\epsilon_0 + \epsilon_\gamma)]\vec{x} + [\lambda\sigma\nu\alpha^2\epsilon_\gamma / \pi h(\epsilon_0 + \epsilon_\gamma)\epsilon_0]\vec{y} \quad (3-8)$$

Όμως  $\lambda = I/c$  όπου c η ταχύτητα του φωτός οπότε:

$$\vec{E}_{ολ} = [I\eta\mu\alpha\sigma\nu\alpha / c\pi h(\epsilon_0 + \epsilon_\gamma)]\vec{x} + [I\sigma\nu\alpha^2\epsilon_\gamma / c\pi h(\epsilon_0 + \epsilon_\gamma)\epsilon_0]\vec{y} \quad (3-9)$$

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

---

## Σημείωση

### Απόδειξη της σχέσης $\lambda = l/c$

Θεωρούμε στοιχειώδες τμήμα  $dl$  της γραμμής μεταφοράς το οποίο έχει φορτίο  $\lambda dz$ . Έστω  $I(z)$  το ρεύμα στην είσοδο του τμήματος και  $I(z+dz)$  το ρεύμα στην έξοδο του.

Βάση του νόμου της διατήρησης του φορτίου θα έχουμε:

$$I(z+dz) - I(z) = -(d\lambda/dt)dz \Rightarrow$$

$$dI/dz = -d\lambda/dt$$

Όμως  $d/dz = j\beta$  και  $d/dt = j\omega$  οπότε προκύπτει ότι

$$j\beta I = j\omega \lambda \Rightarrow |I| = (\omega/\beta) |\lambda|$$

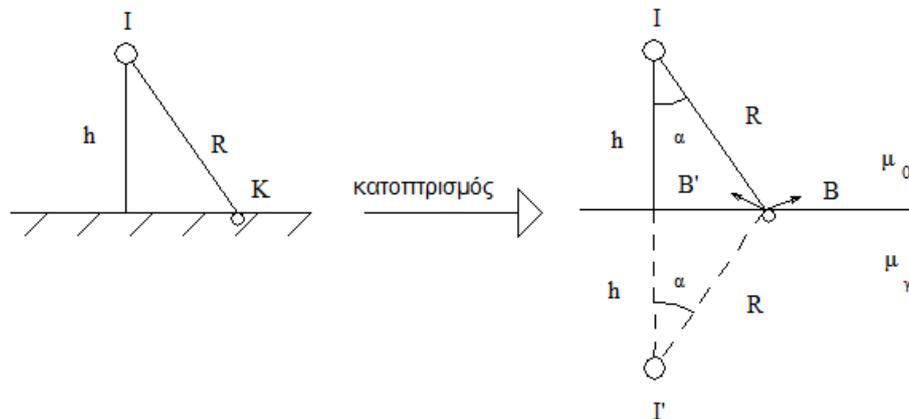
Το  $\omega/\beta = c$  λόγω του ότι μελετάμε γραμμή μεταφοράς στην οποία τα  $E_z, B_z = 0$ . Οπότε τελικά προκύπτει ότι:

$$|I| = c |\lambda| \Rightarrow |\lambda| = |I|/c$$

## 4. Θεωρητικός υπολογισμός μαγνητικού πεδίου για ένα αγωγό

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία [2] ένας τρόπος υπολογισμού του μαγνητικού πεδίου για ένα αγωγό είναι ο ακόλουθος.

Θεωρούμε αγωγό γραμμικής πυκνότητας  $\lambda$  ο οποίος διαρρέεται από ρεύμα εντάσεως  $I$  σε ύψος  $h$  πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Έστω σημείο  $K$  στην επιφάνεια το οποίο απέχει απόσταση  $R$  από τον αγωγό. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του κατοπτρισμού θα υπολογίσουμε το μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί ο αγωγός.



**Σχήμα 4-1:** Μέθοδος κατοπτρισμού για τον υπολογισμό μαγνητικού πεδίου

Από την επίδραση του αγωγού 1 ρεύματος  $I$ , προκύπτει η μαγνητική επαγωγή

$$\vec{B}_1 = \mu_0 I / (2\pi R) \quad (4-1)$$

Ομοίως από τον αγωγό 2 προκύπτει

$$\vec{B}_2 = \mu_0 I' / (2\pi R) \quad (4-2)$$

Όπου  $I' = I(\mu_\gamma - \mu_0) / (\mu_\gamma + \mu_0)$

Σύμφωνα με την επαλληλία η ολική μαγνητική επαγωγή θα ισούται με

$$\vec{B}_{ολ} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 \quad (4-3)$$

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Αναλύοντας τα  $\vec{B}_1$  και  $\vec{B}_2$  στους άξονες  $x$  και  $y$  προκύπτει:

### Άξονας $x$

$$\begin{aligned}\vec{B}_{o\lambda x} &= \vec{B}_{1x} - \vec{B}_{2x} = [\mu_0 I \sigma \nu \alpha / (2\pi R)] \vec{\lambda} - [\mu_0 I' \sigma \nu \alpha / (2\pi R)] \vec{\lambda} = [\mu_0 \sigma \nu \alpha (I - I') / (2\pi R)] \vec{\lambda} = \\ & \{ \mu_0 \sigma \nu \alpha [I - I' (\mu_\gamma - \mu_0) / (\mu_\gamma + \mu_0)] / 2\pi R \} \vec{\lambda} = \\ \Rightarrow \vec{B}_{o\lambda x} &= [I \mu_0^2 \sigma \nu \alpha / \pi R (\mu_\gamma + \mu_0)] \vec{\lambda} \quad (4-4)\end{aligned}$$

όμως  $R = h / \sigma \nu \alpha$  οπότε:

$$\vec{B}_{o\lambda x} = [I \mu_0^2 \sigma \nu^2 \alpha / \pi h (\mu_\gamma + \mu_0)] \vec{\lambda} \quad (4-5)$$

### Άξονας $y$

$$\begin{aligned}\vec{B}_{o\lambda y} &= \vec{B}_{1y} - \vec{B}_{2y} = [\mu_0 I \eta \mu \alpha / (2\pi R)] \vec{y} - [\mu_0 I' \eta \mu \alpha / (2\pi R)] \vec{y} = [\mu_0 \eta \mu \alpha (I - I') / (2\pi R)] \vec{y} = \\ & \{ \mu_0 \eta \mu \alpha [I - I' (\mu_\gamma - \mu_0) / (\mu_\gamma + \mu_0)] / 2\pi R \} \vec{y} = \\ \Rightarrow \vec{B}_{o\lambda y} &= [I \mu_0 \mu_\gamma \eta \mu \alpha / \pi R (\mu_\gamma + \mu_0)] \vec{y} \quad (4-6)\end{aligned}$$

όμως  $R = h / \sigma \nu \alpha$  οπότε:

$$\vec{B}_{o\lambda y} = [I \mu_0 \mu_\gamma \eta \mu \alpha \sigma \nu \alpha / \pi h (\mu_\gamma + \mu_0)] \vec{y} \quad (4-7)$$

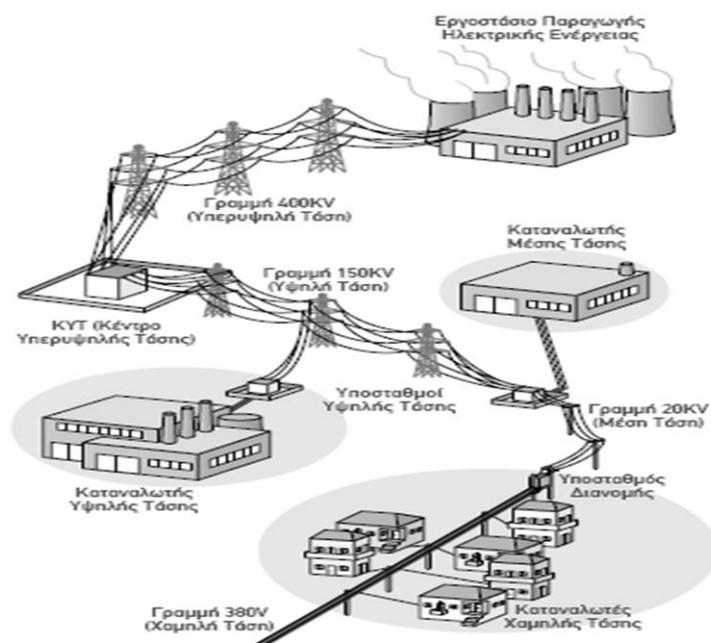
Άρα η ολική μαγνητική επαγωγή του αγωγού θα είναι:

$$\vec{B}_{o\lambda} = \vec{B}_{o\lambda x} + \vec{B}_{o\lambda y} = [I \mu_0^2 \sigma \nu^2 \alpha / \pi h (\mu_\gamma + \mu_0)] \vec{\lambda} + [I \mu_0 \mu_\gamma \eta \mu \alpha \sigma \nu \alpha / \pi h (\mu_\gamma + \mu_0)] \vec{y} \quad (4-8)$$

## 5. Σύστημα Μεταφοράς και Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας

Ονομάζεται το σύστημα των αγωγών, με τους οποίους η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται από ένα σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή υποσταθμό στους καταναλωτές και διαιρείται, βασικά σε δύο μέρη: στις γραμμές μεταφοράς και στις γραμμές διανομής.

Οι γραμμές μεταφοράς διακρίνονται από τις γραμμές διανομής, γιατί οι πρώτες έχουν σαν σκοπό τη μεταφορά, με υψηλή τάση της ηλεκτρικής ενέργειας από τον σταθμό ή υποσταθμό σε κάποιον άλλο υποσταθμό, ενώ οι δεύτερες τη διανομή της ενέργειας αυτής στους διάφορους καταναλωτές, είτε απευθείας, είτε μέσω υποσταθμού.



Σχήμα 1.5-1: Σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας

Έτσι το δίκτυο μεταφοράς περιλαμβάνει:

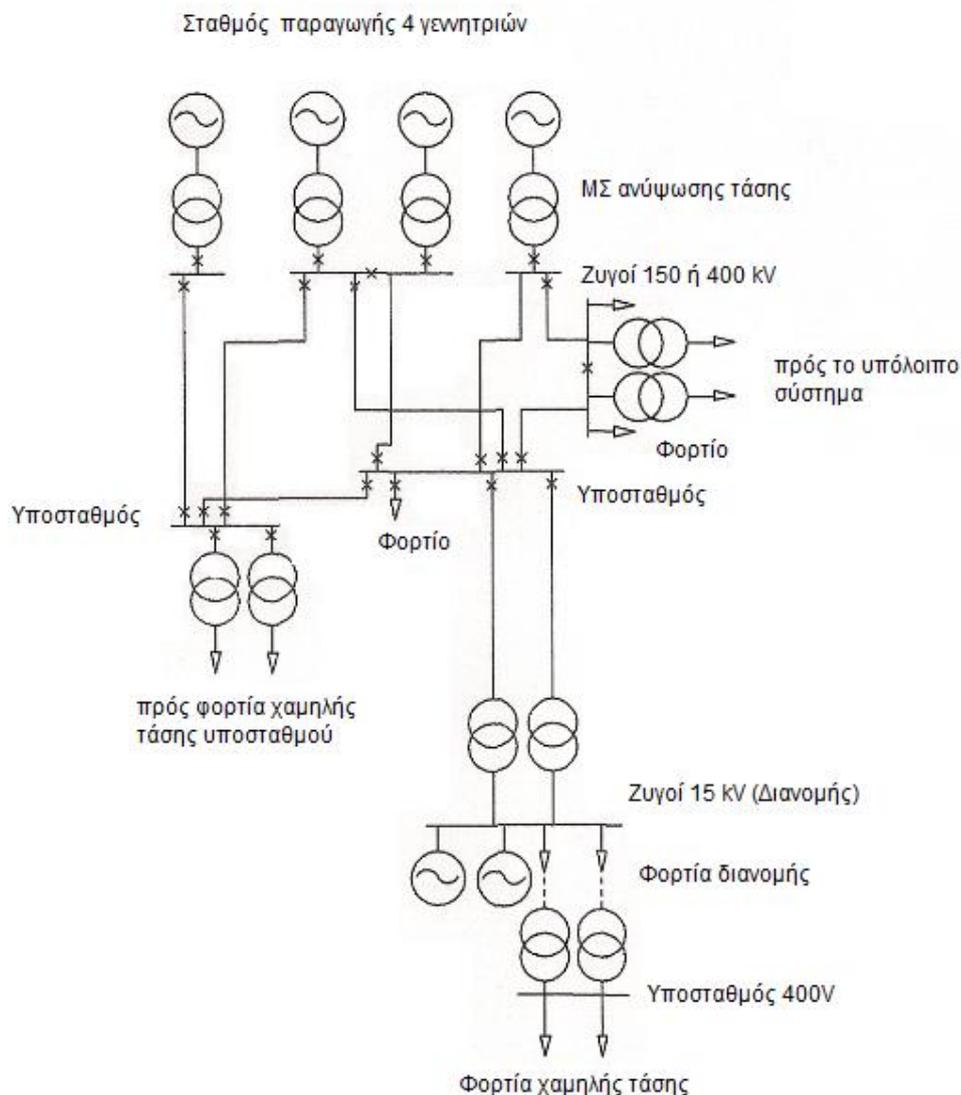
- α) Το δίκτυο υψηλής τάσης, το οποίο αποτελείται από τις γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης και τους υποσταθμούς μεταφοράς υψηλής τάσης.
- β) Το δίκτυο μέσης τάσης, το οποίο αποτελείται από τις γραμμές μεταφοράς μέσης τάσης και τους υποσταθμούς μεταφοράς μέσης τάσης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Το δίκτυο διανομής περιλαμβάνει:

- α) Τους υποσταθμούς μέσης τάσης (πρωτεύουσα διανομή) και τις γραμμές διανομής μέσης τάσης.
- β) Τους υποσταθμούς διανομής χαμηλής τάσης (δευτερεύουσα διανομή) και τις γραμμές διανομής χαμηλής τάσης.

Στο σχήμα 1.5-2 παρουσιάζεται ένα τυπικό μονογραμμικό διάγραμμα συστήματος παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας εναλλασσομένου ρεύματος.



**Σχήμα 1.5-2:** Μονογραμμικό διάγραμμα συστήματος παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα χρησιμοποιούμενα, σήμερα, συστήματα μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας διακρίνονται στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- α) Ως προς την μεταφερόμενη ένταση σε συστήματα συνεχούς ρεύματος, ή συστήματα εναλλασσομένου ρεύματος.
- β) Ως προς την τάση λειτουργίας σε συστήματα υπέρ υψηλής τάσης, υψηλής τάσης, μέσης τάσης και χαμηλής τάσης.
- γ) Ως προς τον τρόπο τροφοδότησης και διάταξης δηλαδή σε ανοικτού τύπου (ακτινωτά) και κλειστού τύπου (βροχοειδή).

## 6. Υποσταθμοί

### 6.1. Είδη υποσταθμών

- Εναέριοι υποσταθμοί

Αυτού του είδους οι υποσταθμοί χαρακτηρίζονται από το μικρό κόστος κατασκευής τους. Χρησιμοποιούνται συνήθως εκεί που οι γραμμές μεταφοράς είναι εναέριες. Για ισχύ έως 50 KVA ο μετασχηματιστής στερεώνεται πάνω σε στύλο. Για ισχύ από 75 έως 400 KVA ο μετασχηματιστής στερεώνεται σε εξέδρα μεταξύ δύο στύλων. Εξοπλίζονται με τριπολικούς διακόπτες ισχύος και ασφάλειες, στην πλευρά της Μέσης Τάσης. Στην πλευρά της Χαμηλής Τάσης χρησιμοποιούνται τρεις μονοπολικοί μαχαιρωτοί διακόπτες με τηκτικές ασφάλειες, επίσης είναι εφοδιασμένοι με αλεξικέραυνο.



**Εικόνα 1.6.1-1:** Εναέριος Υποσταθμός σε δίστηλο.

- Επίγειοι υποσταθμοί εσωτερικού χώρου

Εγκαθίστανται μέσα σε κλειστούς χώρους με ειδικές προβλέψεις. Γίνεται ειδική διαμόρφωση του χώρου για την εγκατάσταση των μετασχηματιστών με καλό αερισμό και υποδοχές για την αλλαγή των ελαίων των μετασχηματιστών σε περίπτωση βλάβης. Επίσης για την προστασία του εξοπλισμού χρησιμοποιούνται κατασκευές τύπου κυψέλης. Έτσι όλα τα όργανα ζεύξης και μέτρησης καθώς και

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

---

μετασχηματιστές έντασης βρίσκονται μέσα σε κυψέλες ειδικά επιλεγμένες ανάλογα με την ισχύ του υποσταθμού.

- Υπαίθριοι Υποσταθμοί

Η ισχύς τέτοιων υποσταθμών είναι άνω των 500KVA. Ο εξοπλισμός τους είναι ίδιος με αυτών των υποσταθμών εσωτερικού χώρου. Οι κυψέλες περικλείονται από μεταλλικό περίβλημα ενώ ο μετασχηματιστής βρίσκεται στο ύπαιθρο. Πλεονέκτημα για αυτού του είδους τους υποσταθμούς είναι ότι δεν επιβαρύνουν με την δαπάνη κατασκευής κτιρίου στέγασης τους.



**Εικόνα 1.6.1-2:** Υπαίθριος Υποσταθμός.

- Υπόγειοι υποσταθμοί

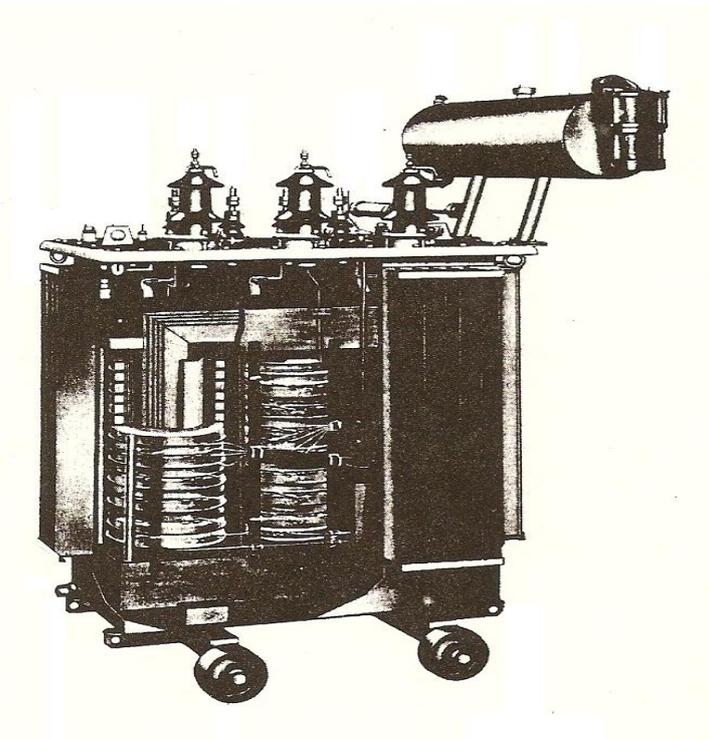
Η εγκατάσταση τους γίνεται σε υπόγειους χώρους σε κεντρικά σημεία πόλεων όπου δεν είναι εύκολη η κατασκευή επίγειων υποσταθμών.

### 6.2. Εξοπλισμός υποσταθμού

Ο υποσταθμός αποτελείται από τα εξής βασικά μέρη:

- Μετασχηματιστές ισχύος

Οι μετασχηματιστές ισχύος διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: στους αερόψυκτους και τους ελαιόψυκτους. Αν η ισχύς των μετασχηματιστών είναι μικρότερη των 15 KVA τότε μπορεί να είναι αερόψυκτοι, αν η ισχύς είναι μεγαλύτερη των 15 KVA τότε είναι ελαιόψυκτοι. Οι ελαιόψυκτοι μετασχηματιστές πρέπει να είναι εφοδιασμένοι με ηλεκτρονόμο – BUCHHOLZ- και σειρήνα για λόγους ασφάλειας όταν έχουμε πτώση της τάσης του λαδιού ή αύξηση της θερμοκρασίας.



Σχήμα 1.6.2-1: Τριφασικός Μετασχηματιστής λαδιού.

- Μετασχηματιστές εντάσεως

Χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία των αμπερομέτρων

- Μετασχηματιστές τάσεως

Χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία των βολτομέτρων

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

---

### ▪ Κυψέλες Μέσης και Χαμηλής Τάσης:

Οι κυψέλες οι αλλιώς πεδία είναι χώροι κλειστοί κατασκευασμένοι από μεταλλικό πλαίσιο και επενδεδυμένοι από λαμαρίνα πάχους τουλάχιστον 1,5 mm, τοποθετημένοι στο δάπεδο, και διακρίνονται ηλεκτρολογικά σε δύο περιοχές: α) την περιοχή όπου τοποθετούνται οι ροηφόροι ράβδοι (ζυγοί), οι οποίες στηρίζονται στην κυψέλη με μονωτήρες διέλευσης που είναι τοποθετημένοι στην οροφή της πιο κάτω περιοχής, β) την κάτω περιοχή όπου είναι τα στοιχεία αναχώρησης όπως καλώδια ασφάλειες, αποζεύκτες γειωτές.

Ο λόγος που επιβάλλει όχι μειωμένο πάχος λαμαρίνας του τοιχώματος της κυψέλης είναι η αντοχή του στην εμφάνιση ηλεκτρικού τόξου. Οι κυψέλες διατίθενται ή κατασκευάζονται συνήθως στις πιο κάτω διαστάσεις:

πλάτος : 0,70 – 1,20 m, βάθος: 1,00 – 1,20 m, ύψος: 2,00 – 2,50 m

### ▪ Μονωτήρες διελεύσεως ζυγών

Οι μονωτήρες των ζυγών των κυψελών Υψηλής Τάσης πρέπει να είναι κατάλληλοι για την τάση λειτουργίας 24 kV ή 15 kV ή 10 kV ανάλογα με την περίπτωση.

Οι μονωτήρες των πεδίων Χαμηλής Τάσης πρέπει να είναι κατάλληλοι τουλάχιστον για τάση 1 kV. Η βάση των μονωτήρων είναι ελλειψοειδούς μορφής και η στήριξη τους γίνεται με την χρήση κατάλληλων κοχλιών.

### ▪ Μπάρες ζυγών

Οι ζυγοί τόσο της Υψηλής Τάσης όσο και της Χαμηλής Τάσης είναι κατασκευασμένοι από ηλεκτρολυτικό χαλκό. Οι ζυγοί των πεδίων Υ.Τ. είναι κυκλικής ή ορθογώνιας διατομής. Η ελάχιστη επιτρεπόμενη διάμετρος της κυκλικής διατομής είναι 8mm και της ορθογωνικής είναι 5x45 mm. Οι συνδέσεις των ζυγών γίνονται με χρήση ορειχάλκινων κοχλιών αφού προηγουμένως προηγηθεί γαλβάνισμα των προς επαφή τμημάτων.

### ▪ Αυτόματοι διακόπτες Χαμηλής Τάσης

Οι αυτόματοι διακόπτες Χ.Τ. είναι τάσεως λειτουργίας 500V κατάλληλοι για τοποθέτηση στο πίσω μέρος του πίνακα με μοχλό χειρισμού στην μπροστινή όψη, μέσα σε χυτοσίδηρα κουτιά. Οι διακόπτες αυτοί έχουν τρία ηλεκτρομαγνητικά πηνία και δύο βοηθητικές επαφές.

- Ασφάλειες Υψηλής και Χαμηλής Τάσης

Οι ασφάλειες Υ.Τ. αποτελούνται από τα εξής βασικά μέρη:

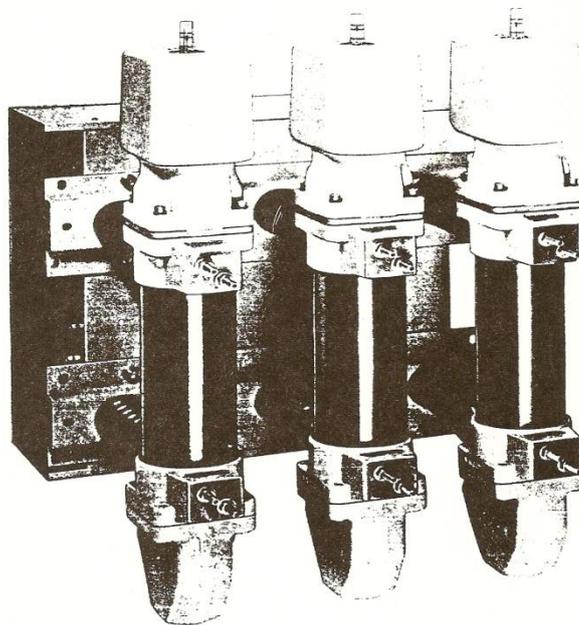
α) μεμονωμένη μεταλλική βάση με κατάλληλο μονωτήρα, β) φυσίγγιο πορσελάνης πολύ καλής κατασκευής η οποία έχει σύρμα κατάλληλο για την ονομαστική ένταση της ασφάλειας.

Οι ασφάλειες Χ.Τ. λειτουργίας 500V αποτελούνται από τα εξής βασικά μέρη: α) μεμονωμένη βάση, β) από φυσίγγιο, το οποίο φέρει σύρμα και χειρολαβή από πορσελάνη.

- Διακόπτες Μέσης Τάσης:

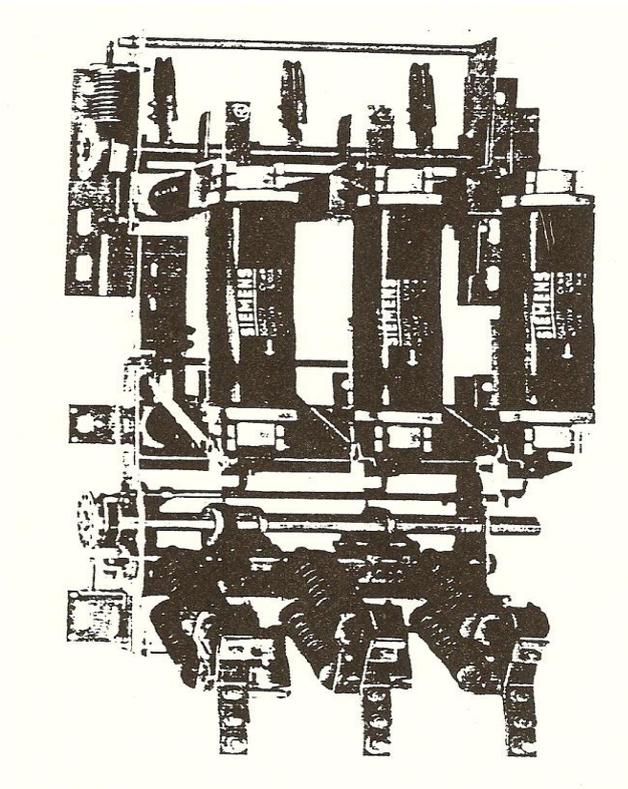
Υπάρχουν οι εξής κατηγορίες διακοπών Μ.Τ.:

α) Διακόπτες ισχύος: λειτουργούν σε κανονικές συνθήκες και σε συνθήκες βραχυκυκλώματος. Τα χαρακτηριστικά τους μεγέθη είναι: η ονομαστική τάση, η ονομαστική ένταση, το μέγιστο ρεύμα ζεύξης, το μέγιστο ρεύμα απόζευξης, το μέγιστο βραχυρόνιο ρεύμα και η ισχύς απόζευξης.



**Σχήμα 1.6.2-2:** Διακόπτης ισχύος.

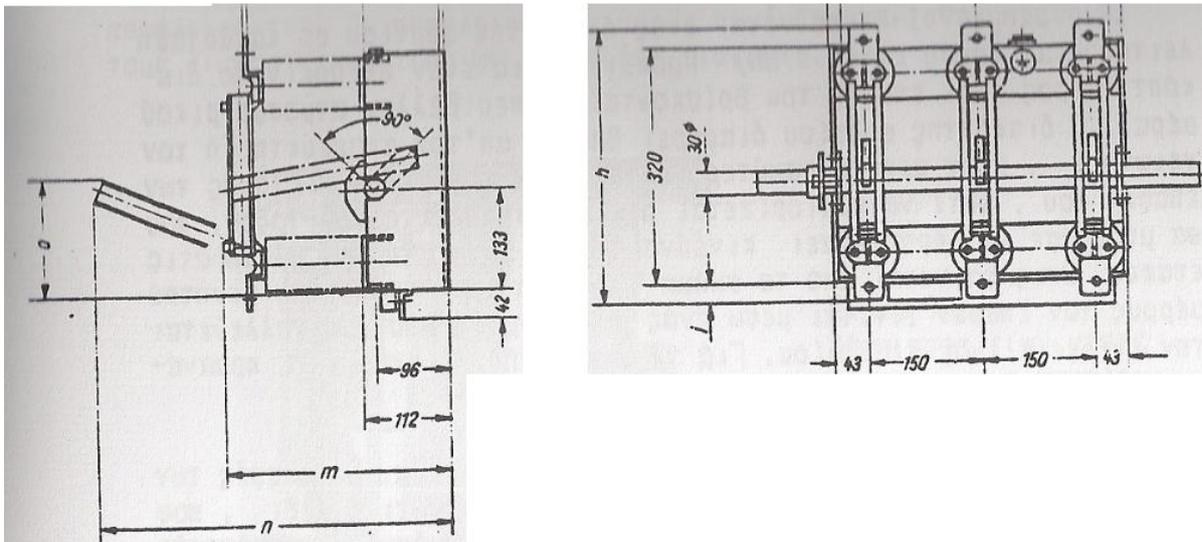
β) Διακόπτες φορτίου: διακόπτουν ή αποκαθιστούν κυκλώματα υπό κενό φορτίο. Όταν οι διακόπτες φορτίου δεν έχουν ορατές επαφές, πρέπει να συνδέονται με αποζεύκτες προς την πλευρά του δικτύου, με τους οποίους πρέπει να είναι αλληλομανδλωμένοι. Τα χαρακτηριστικά μεγέθη τους είναι: η ονομαστική τάση, η ονομαστική ένταση, η ένταση διακοπής για ορισμένο συνφ, η ένταση διακοπής ρευμάτων μαγνήτισης μετασχηματιστή, η ένταση ζεύξης, η ένταση διακοπής χωρητικού φορτίου, το μέγιστο βραχυχρόνιο θερμικό ρεύμα και η ηλεκτροδυναμική αντοχή.



**Σχήμα 1.6.2-3:** Διακόπτης φορτίων με βάση ασφαλειών.

γ) Αποζεύκτες μέσης τάσης:

Στο Σχήμα 1.6.2-4 δίνεται το σχέδιο ενός αποζεύκτη μέσης τάσης. Οι διαστάσεις, που δίνονται με γράμματα καθορίζονται από τα ονομαστικά στοιχεία του διακόπτη. Οι αποστάσεις των ρευματοφόρων μερών από το γειωμένο μεταλλικό περίβλημα και εκείνες μεταξύ ρευματοφόρων μερών ονομάζονται αποστάσεις μόνωσης. Οι αποζεύκτες είναι χειροκίνητοι διακόπτες. Ο χειρισμός γίνεται από ένα χειριστήριο, που παρέχει στον χειριστή την απαιτούμενη απόσταση προστασίας από τα υπό τάση μέρη. Το χειριστήριο αυτό θα πρέπει επίσης να εξασφαλίζει την συγκράτηση του διακόπτη στην λειτουργική θέση, που τον οδήγησε ο χειρηστής.



Σχήμα 1.6.2-4: Τριπολικός αποζεύκτης μέσης τάσης.

- Όργανα μετρήσεων

Αμπερόμετρα, βολτόμετρα, συχνόμετρα και μετρητές συντελεστού ισχύος.

- Συστήματα γειώσεων υποσταθμών:

Στην Ελλάδα εφαρμόζονται δύο συστήματα στην γείωση των υποσταθμών:

α) Το σύστημα γείωσης λειτουργίας: στην περίπτωση αυτή γειώνουμε τον ουδέτερο κόμβο του μετασχηματιστή του υποσταθμού. Η γείωση αυτή αποτελείται από καλώδιο μονοπολικής διατομής. Το καλώδιο αυτό αρχίζει από τον ουδέτερο κόμβο του μετασχηματιστή και καταλήγει στο ηλεκτρόδιο γείωσης, το οποίο είναι ένα τρίγωνο γείωσης που βρίσκεται έξω από τον υποσταθμό. Συνήθως το καλώδιο είναι τύπου ΝΥΥ3Χ16+10 το ελάχιστο.

β) Σύστημα γείωσης προστασίας: όταν λέμε γείωση προστασίας, εννοούμε τη γείωση όλων των μεταλλικών μερών της Υ.Τ. και της Μ.Τ. του υποσταθμού. Ακόμη πρέπει αν είναι γειωμένα τα μεταλλικά μέρη των μετασχηματιστών, οι ουδέτεροι κόμβοι των μετασχηματιστών Χ.Τ. και οι ουδέτεροι κόμβοι των γεννητριών οι οποίοι βρίσκονται σε όλο το συγκρότημα του υποσταθμού.

## **7. Μετρήσεις που έγιναν στο παρελθόν**

### **7.1. Στην Ελλάδα**

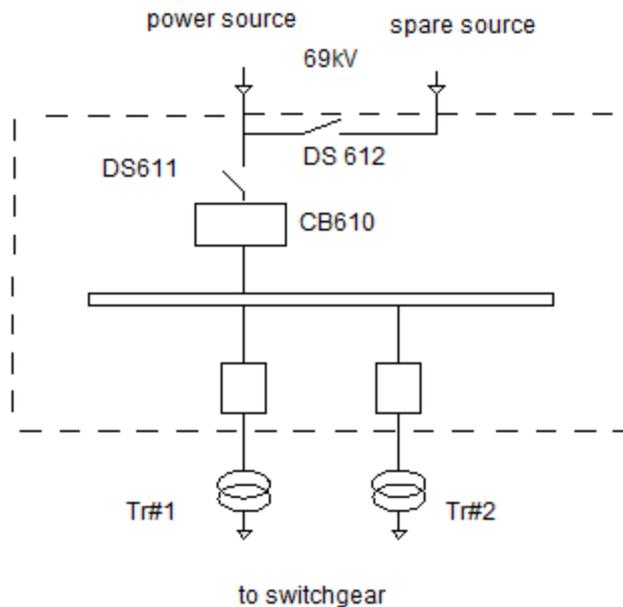
Στην περιοχή της Ξάνθης μετρήθηκε το ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο, ενός υποσταθμού διανομής εσωτερικού χώρου 2 x 630 kVA. Ο επιλεγμένος υποσταθμός έχει εγκατασταθεί στο υπόγειο ενός πολυώροφου κτιρίου στο κέντρο της πόλης και τροφοδοτεί περίπου 1500 από τους 31800 καταναλωτές της. Έγιναν τρεις μετρήσεις, η πρώτη αναφέρεται σε ύψος κεφαλής (1,80 m), η δεύτερη σε ύψος μέσης (1 m) και η τρίτη στην επιφάνεια του δαπέδου (30 cm).

Στο χώρο των μετασχηματιστών, το όριο ασφαλείας για την έκθεση του κοινού σε μαγνητικό πεδίο ξεπεράστηκε σε τέσσερις θέσεις και τρεις φορές στον χώρο των πινάκων διανομής - ασφαλειοκιβωτίων. Επίσης μετρήθηκε η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου μέσα στον χώρο του υποσταθμού, με τις πόρτες των ασφαλειοκιβωτίων ανοικτές. Στον χώρο του μετασχηματιστή η μετρούμενη ένταση ηλεκτρικού πεδίου στη συχνότητα των 50 Hz δεν υπερέβη τα επίπεδα αναφοράς, το ίδιο συνέβη και στον χώρο των πινάκων διανομής και των ασφαλειοκιβωτίων.

### **7.2. Στην Ταϊβάν**

Στο Πανεπιστήμιο Cheng Kung (NCKU) της Ταϊβάν μετρήθηκαν τα μαγνητικά πεδία υποσταθμού διανομής 69kV SF6 (GIS) κοντά σε αστική περιοχή. Στο Σχήμα 1.7.2-1, που ακολουθεί, δίδεται η διάταξη του υποσταθμού.

Οι μετρήσεις έγιναν με τη χρήση της τεχνικής της ψηφιακής επεξεργασίας σήματος (DSP technique), η συγκεκριμένη τεχνική κάνει χρήση του αλγόριθμου μετασχηματισμού Fourier (FFT), οποίος είναι συνήθης στην ανάλυση συστημάτων ισχύος, όπου και εύκολα αποκαθιστά τυχόν λάθη.



**Σχήμα 1.7.2-1:** Σχέδιο Υποσταθμού

Η μέγιστη τιμή της έντασης του μαγνητικού πεδίου καταγράφηκε στην πλευρά του μετασχηματιστή ισχύος «Tr # 2» η οποία ήταν χαμηλότερη από το όριο ασφαλείας για έκθεση κοινού άρα και για έκθεση προσωπικού (όλες οι μετρήσεις διεξήχθησαν σε ύψος 1m).

### **7.3. Στη Μαλαισία**

Διεξήχθησαν μετρήσεις σε υποσταθμό διανομής 132/11kV εξωτερικού χώρου. Οι μετρήσεις του μαγνητικού πεδίου πραγματοποιήθηκαν στον υποσταθμό έγιναν με τη χρήση μετρητή πεδίου τριών αξόνων. Ο μετρητής ήταν τοποθετημένος σε έναν προσαρμοσμένο τροχό μέτρησης, ο οποίος επέτρεπε τη μέτρηση του μαγνητικού πεδίου σε σχέση με την απόσταση κατά μήκος μιας διαδρομής.

Η μέγιστη τιμή της έντασης του μαγνητικού πεδίου που καταγράφηκε ήταν μικρότερη από τα όρια ασφαλείας για την έκθεση του κοινού και για έκθεση προσωπικού.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Διάταξη μέτρησης, διαδικασία και τρόπος μέτρησης

#### 1. Διάταξη μέτρησης

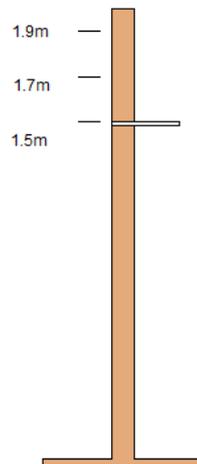
Η διάταξη μέτρησης που χρησιμοποιήσαμε για την μέτρηση του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου αποτελείται από το όργανο μέτρησης EMDEX II, το Probe Ηλεκτρικού Πεδίου ή e-Probe και το ξύλινο βάθρο στήριξης.



(α)



(β)



(γ)

**Σχήμα 2.1-1** (α): Όργανο EMDEX II

(β): e-Probe

(γ): Ξύλινο βάθρο στήριξης

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

---

Το EMDEX II είναι ένα ισχυρό σύστημα μέτρησης μαγνητικού πεδίου το οποίο αποτελείται από ένα μικροϋπολογιστή 8-bit με 512kb RAM. Η μέτρηση του ηλεκτρικού πεδίου γίνεται με την χρήση του EMDEX II σε συνδυασμό με το Probe Ηλεκτρικού Πεδίου, όπου το όργανο μέτρησης τοποθετείται σε ειδική θέση εσωτερικά του επιπέδου των πλακών στο άκρο του e-Probe. Και στις δύο περιπτώσεις μέτρησης τόσο ο μετρητής πεδίου όσο και το e-Probe τοποθετούνται στις κατάλληλα διαμορφωμένες θέσεις του ξύλινου βάθρου στήριξης. Η σταθερότητα του ύψους μέτρησης επιτεύχθηκε χρησιμοποιώντας το ειδικό ξύλινο βάθρο στήριξης, που μπορεί να τοποθετηθεί το όργανο μέτρησης σε διαδοχικές θέσεις 1.5m, 1.7m και 1.9m από την επιφάνεια του εδάφους.

### **2. Διαδικασία και τρόπος μέτρησης**

Οι μετρήσεις ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου έγιναν σε υποσταθμούς τύπου διστήλου Σχήμα 2.2-1 σε τρεις περιοχές.

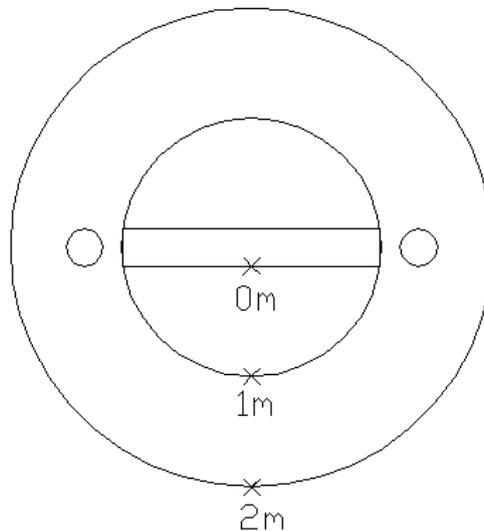


**Σχήμα 2.2-1:** Τυπικός υποσταθμός τύπου Διστήλου

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

---

Σε κάθε ένα από τους υποσταθμούς εφαρμόσαμε την παρακάτω διαδικασία για την μέτρηση των πεδίων.



**Σχήμα 2.2-2:** Κάτοψη χώρου μετρήσεων

Για την μέτρηση του μαγνητικού πεδίου χρησιμοποιούμε το όργανο μέτρησης EMDEX II και το ξύλινο βάθρο στήριξης. Τοποθετούμε το EMDEX II σε ύψος 1.5m πάνω στο ξύλινο βάθρο και σε μηδενική απόσταση από τον υποσταθμό, αφού πρώτα ρυθμίσουμε τις κατάλληλες παραμέτρους του οργάνου όπως περιγράφονται στο παράρτημα Α. Παρατηρούμε ότι σε απόσταση 0m από τον υποσταθμό η μέγιστη τιμή του μαγνητικού πεδίου εντοπίζεται ακριβώς μπροστά ή πίσω από τον πίνακα διανομής όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.2-1. Το όργανο καταγράφει ανά 1.5sec την τιμή του πεδίου για το συγκεκριμένο ύψος (1.5m) και στην συγκεκριμένη οριζόντια απόσταση από την βάση του υποσταθμού (0m). Κατά την διάρκεια των μετρήσεων (1min) η τιμή του μαγνητικού πεδίου παραμένει ουσιαστικά σταθερή και την καταγράφουμε στην μνήμη του οργάνου. Στη συνέχεια επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία για ύψη 1.7m και 1.9m. Τελειώνοντας όλες τις μετρήσεις για την οριζόντια απόσταση 0m, επαναλαμβάνουμε ακριβώς τα ίδια βήματα εργασίας για οριζόντιες αποστάσεις 1m και 2m μπροστά από τον πίνακα διανομής και στα ίδια ύψη.

Στην μέτρηση του ηλεκτρικού πεδίου χρησιμοποιούμε τον συνδυασμό του οργάνου μέτρησης EMDEX II, του e-Probe και του ξύλινου βάθρου στήριξης. Τοποθετούμε το όργανο μέτρησης εντός των πλακών στο άκρο του e-Probe και

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

---

συνδέουμε το βύσμα «ΑΥΧ» πλευρικά του οργάνου, έτσι ώστε η διάταξη συνολικά να μετρά και να απεικονίζει την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου. Ρυθμίζουμε τις κατάλληλες παραμέτρους του οργάνου που περιγράφονται στο παράρτημα Α. Στην συνέχεια επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία όπως και για την μέτρηση του μαγνητικού πεδίου και παρατηρούμε ότι σε όλες τις οριζόντιες αποστάσεις και σε όλα τα ύψη η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου ισούται με μηδέν.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### Μετρήσεις και Συμπεράσματα

Στην συνέχεια για κάθε υποσταθμό ακολουθούν τα αποτελέσματα των μετρήσεων του μαγνητικού και του ηλεκτρικού πεδίου μαζί με τις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις.

### 1. Μετρήσεις μαγνητικού και ηλεκτρικού πεδίου

#### 1.1. Μετρήσεις στην Περιοχή 1

##### ➤ Υποσταθμός No.1.



**Εικόνα 3.1.1- 1:** Υποσταθμός No.1.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό No.1. πραγματοποιήθηκαν στις 20-02-09 και ώρα 17:00 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 9° C

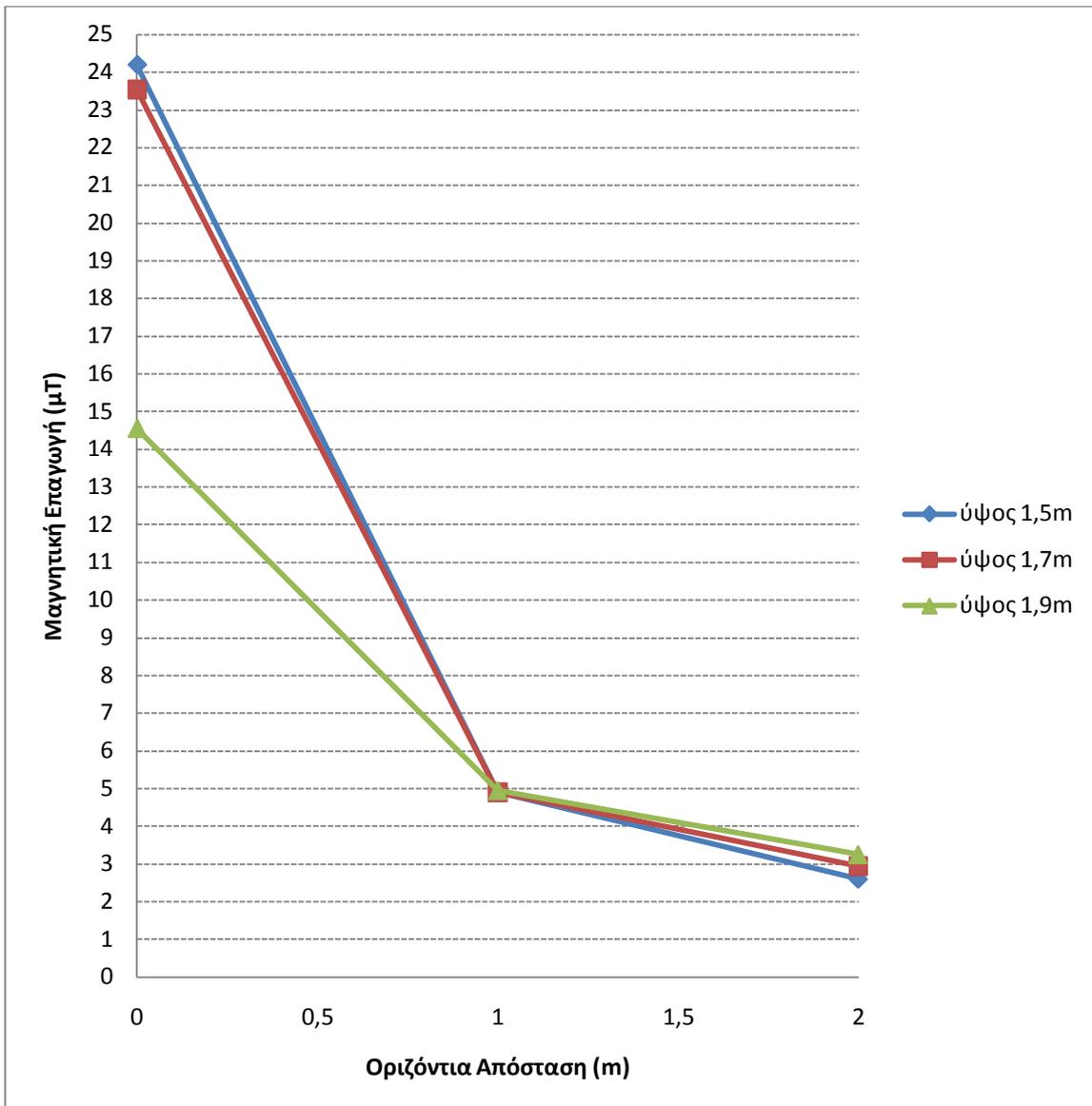
Υγρασία: 39,7%

Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

- Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.
- Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	24,20	23,55	14,55
απόσταση 1m	4,90	4,9	4,95
απόσταση 2m	2,60	2,90	3,25

**Πίνακας 3.1.1- 1:** Μαγνητική επαγωγή σε  $\mu\text{T}$



Σχήμα 3.1.1- 1: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού Νο.1.

### ➤ Υποσταθμός No.2.



**Εικόνα 3.1.1- 2:** Υποσταθμός No.2.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό No.2. πραγματοποιήθηκαν στις 20-02-09 και ώρα 17:10 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 8,4° C

Υγρασία: 38,9%

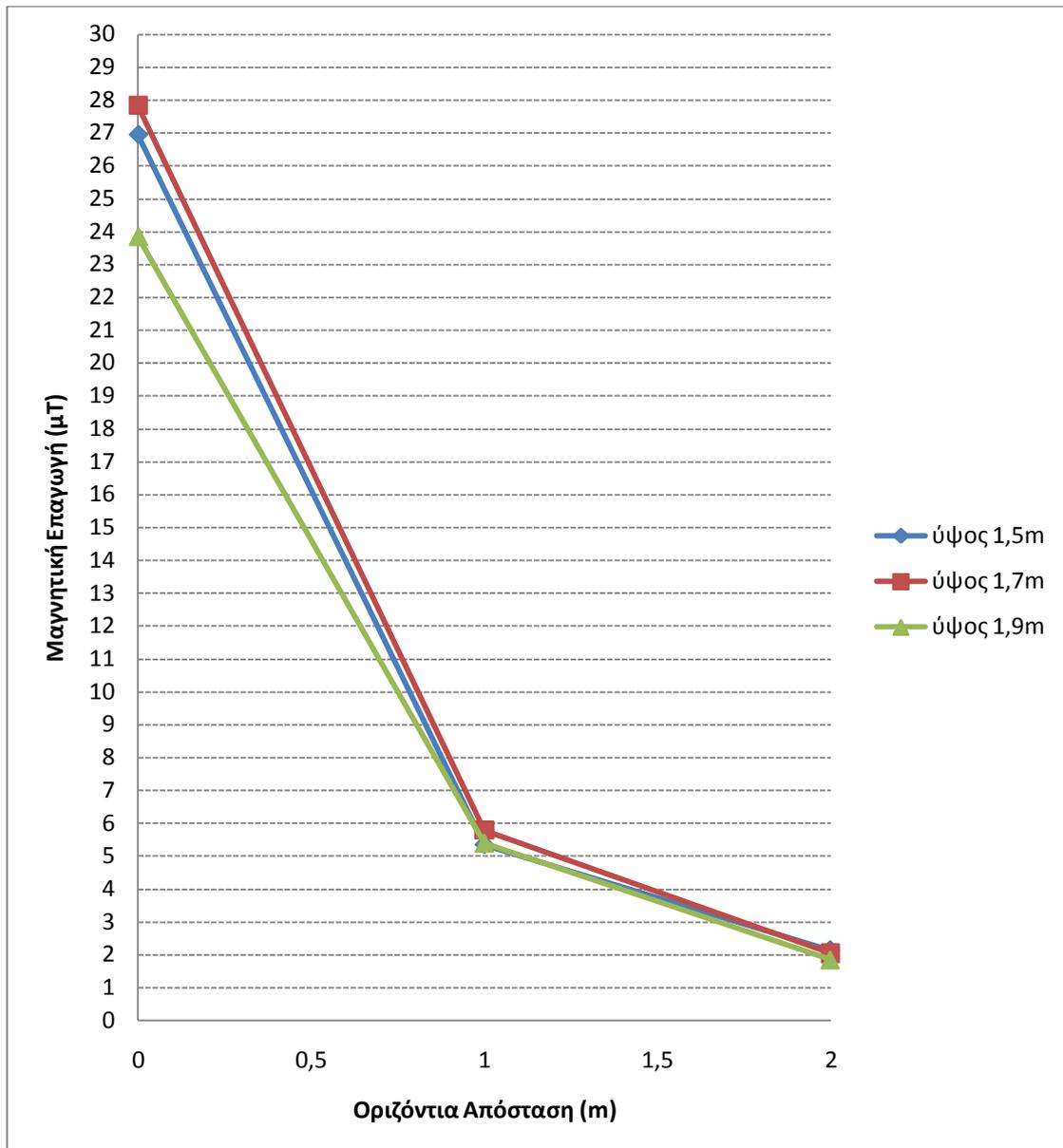
Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

➤ Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.

➤ Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	26,95	27,85	23,85
απόσταση 1m	5,35	5,80	5,40
απόσταση 2m	2,15	2,05	1,85

**Πίνακας 3.1.1- 2:** Μαγνητική επαγωγή σε  $\mu\text{T}$



Σχήμα 3.1.1 - 2: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού Νο.2.

### ➤ Υποσταθμός Νο.3.



**Εικόνα 3.1.1- 3:** Υποσταθμός Νο.3.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό Νο.3. πραγματοποιήθηκαν στις 20-02-09 και ώρα 17:20 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 8,9° C

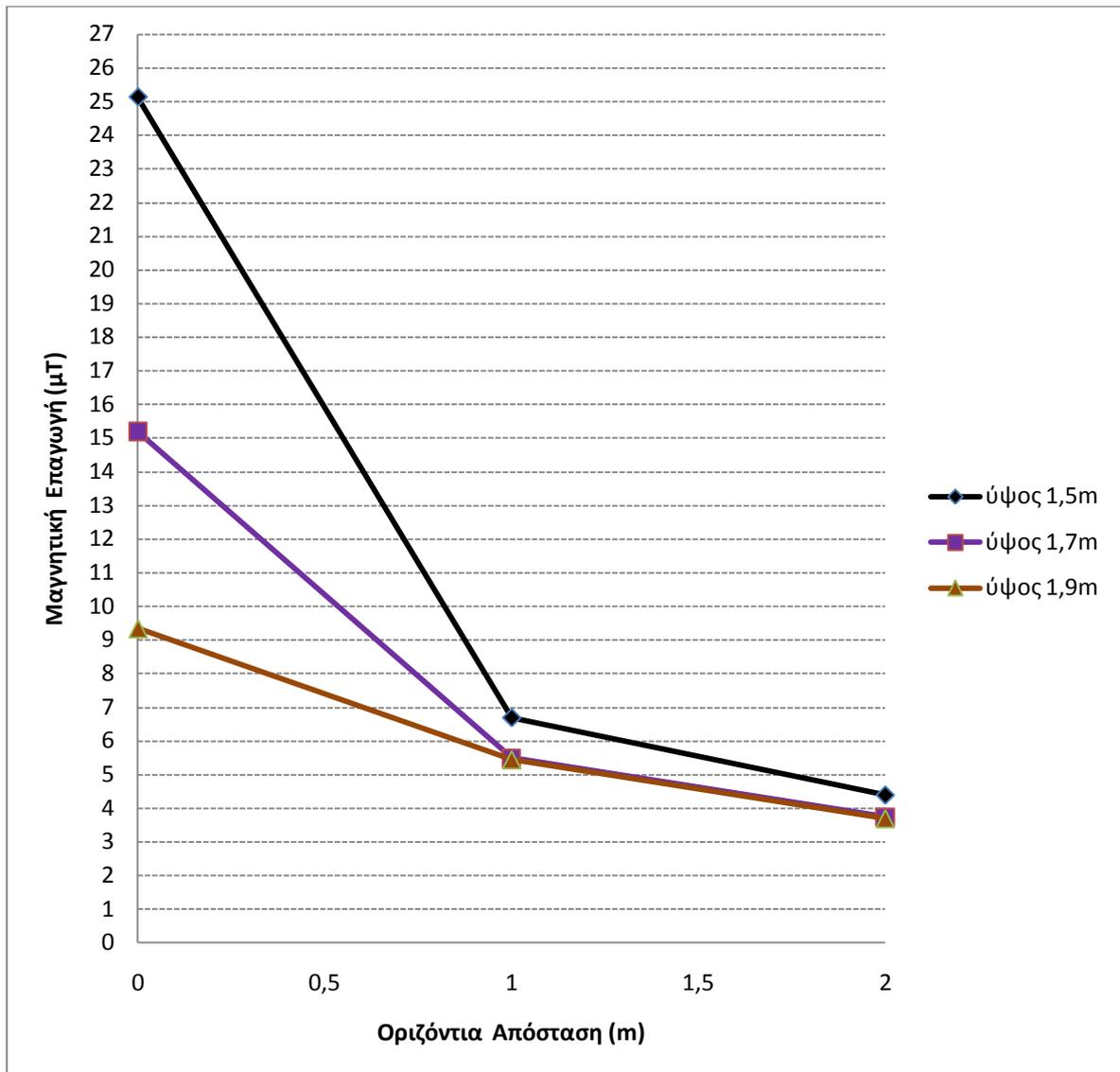
Υγρασία: 39,1%

Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

- Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.
- Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	25,15	15,20	9,35
απόσταση 1m	6,70	5,50	5,45
απόσταση 2m	4,40	3,75	3,70

**Πίνακας 3.1.1- 3:** Μαγνητική επαγωγή σε  $\mu\text{T}$



Σχήμα 3.1.1 - 3: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού Νο.3.

### ➤ Υποσταθμός Νο.4.



**Εικόνα 3.1.1- 4:** Υποσταθμός Νο.4.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό Νο.4. πραγματοποιήθηκαν στις 20-02-09 και ώρα 17:30 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 8,8° C

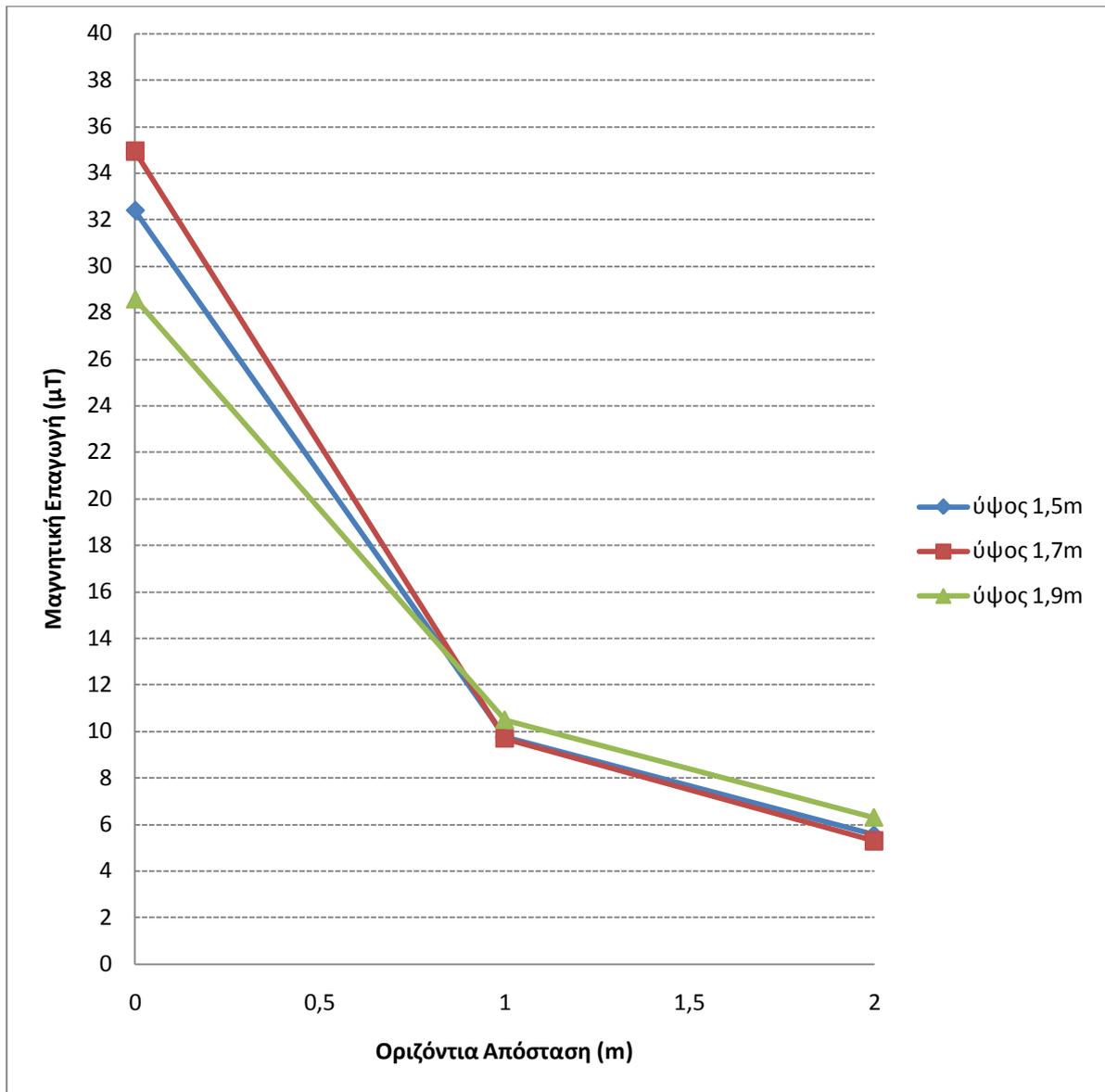
Υγρασία: 39,5%

Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

- Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.
- Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	32,4	34,95	28,60
απόσταση 1m	9,75	9,70	10,50
απόσταση 2m	5,55	5,30	6,30

**Πίνακας 3.1.1- 4:** Μαγνητική επαγωγή σε  $\mu\text{T}$



Σχήμα 3.1.1 - 4: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού Νο.4.

### ➤ Υποσταθμός No.5.



**Εικόνα 3.1.1- 5:** Υποσταθμός No.5.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό No.5. πραγματοποιήθηκαν στις 20-02-09 και ώρα 17:40 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 9° C

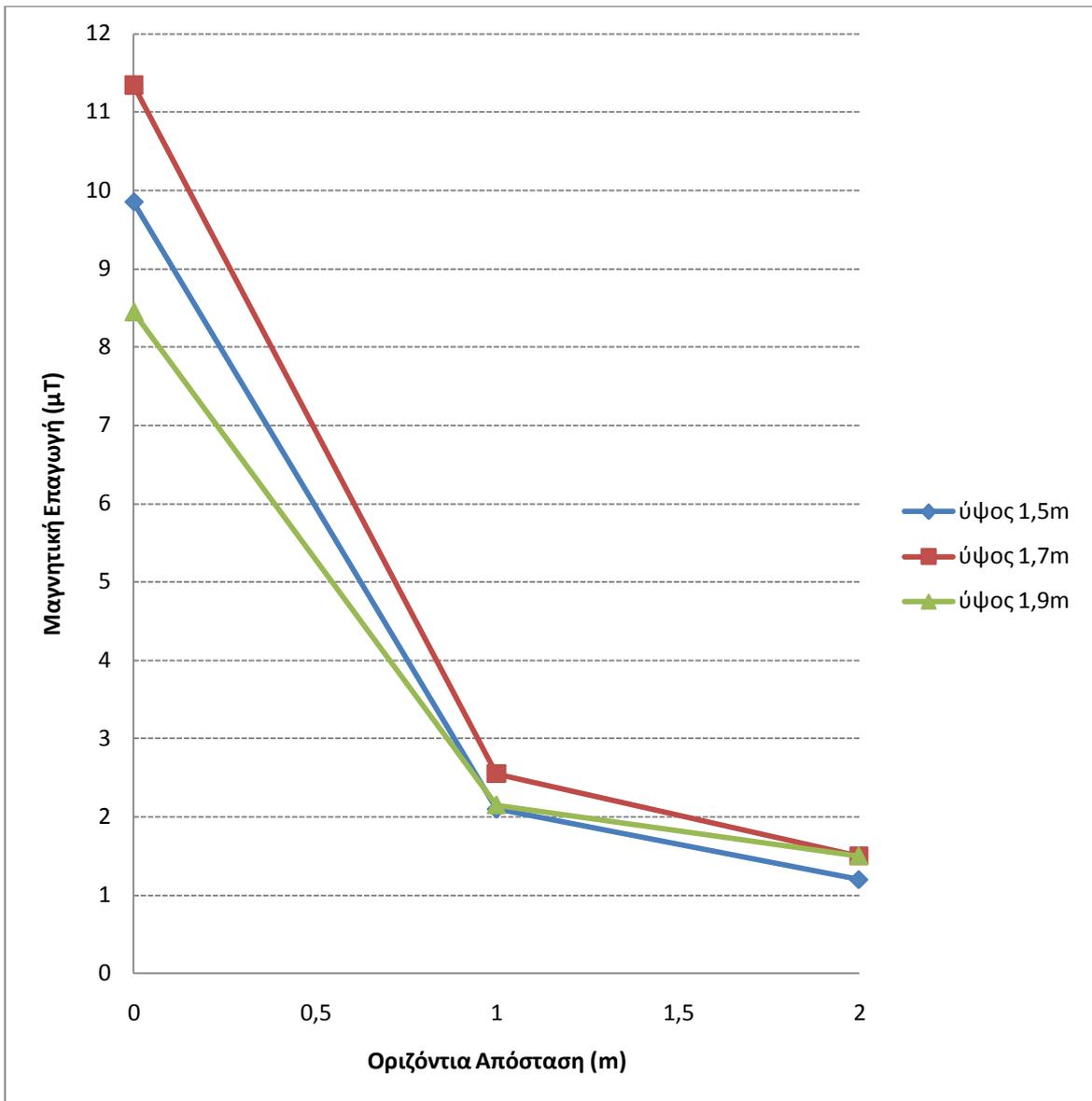
Υγρασία: 39%

Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

- Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.
- Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	9,85	11,35	8,45
απόσταση 1m	2,10	2,55	2,15
απόσταση 2m	1,20	1,50	1,50

**Πίνακας 3.1.1- 5:** Μαγνητική επαγωγή σε  $\mu\text{T}$



Σχήμα 3.1.1- 5: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού Νο.5.

### ➤ Υποσταθμός No.6.



**Εικόνα 3.1.1- 6:** Υποσταθμός No.6.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό No.6. πραγματοποιήθηκαν στις 20-02-09 και ώρα 17:50 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 9° C

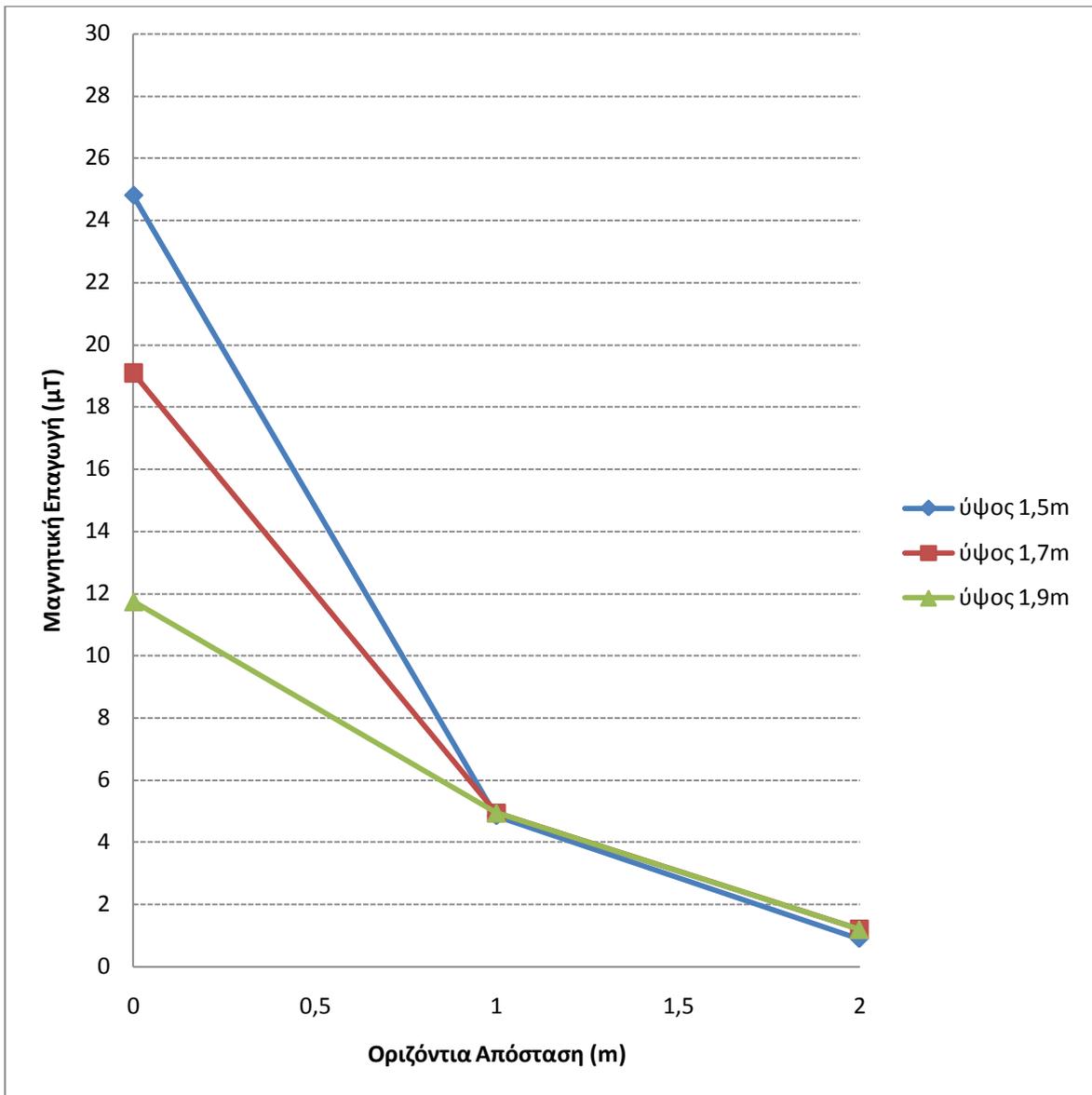
Υγρασία: 41,9%

Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

- Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.
- Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	24,8	19,10	11,75
απόσταση 1m	4,85	4,95	4,95
απόσταση 2m	0,90	1,20	1,20

**Πίνακας 3.1.1- 6:** Μαγνητική επαγωγή σε  $\mu\text{T}$



Σχήμα 3.1.1- 6: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού Νο.6.

### ➤ Υποσταθμός Νο.7.



**Εικόνα 3.1.1- 7:** Υποσταθμός Νο.7.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό Νο.7. πραγματοποιήθηκαν στις 20-02-09 και ώρα 18:00 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 8,5° C

Υγρασία: 40 %

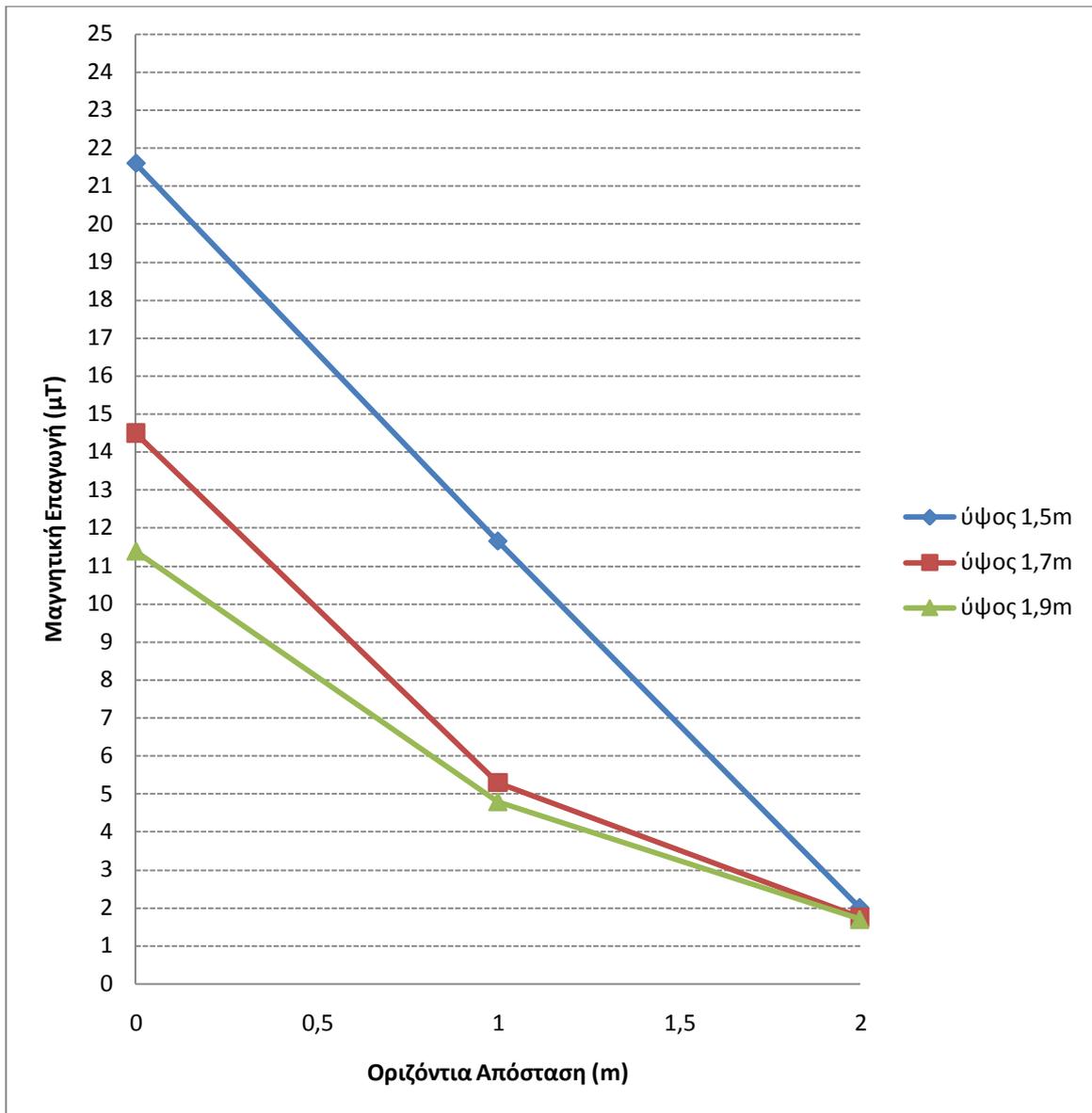
Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

➤ Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.

➤ Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	21,60	14,50	11,40
απόσταση 1m	11,65	5,30	4,80
απόσταση 2m	2,00	1,75	1,70

**Πίνακας 3.1.1- 7:** Μαγνητική επαγωγή σε  $\mu\text{T}$



Σχήμα 3.1.1- 7: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού Νο.7.

### 1.2. Μετρήσεις στην Περιοχή 2

#### ➤ Υποσταθμός Νο.8.



**Εικόνα 3.1.2- 1:** Υποσταθμός Νο.8.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό Νο.8. πραγματοποιήθηκαν στις 22-02-09 και ώρα 11:58 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 5° C

Υγρασία: 50%

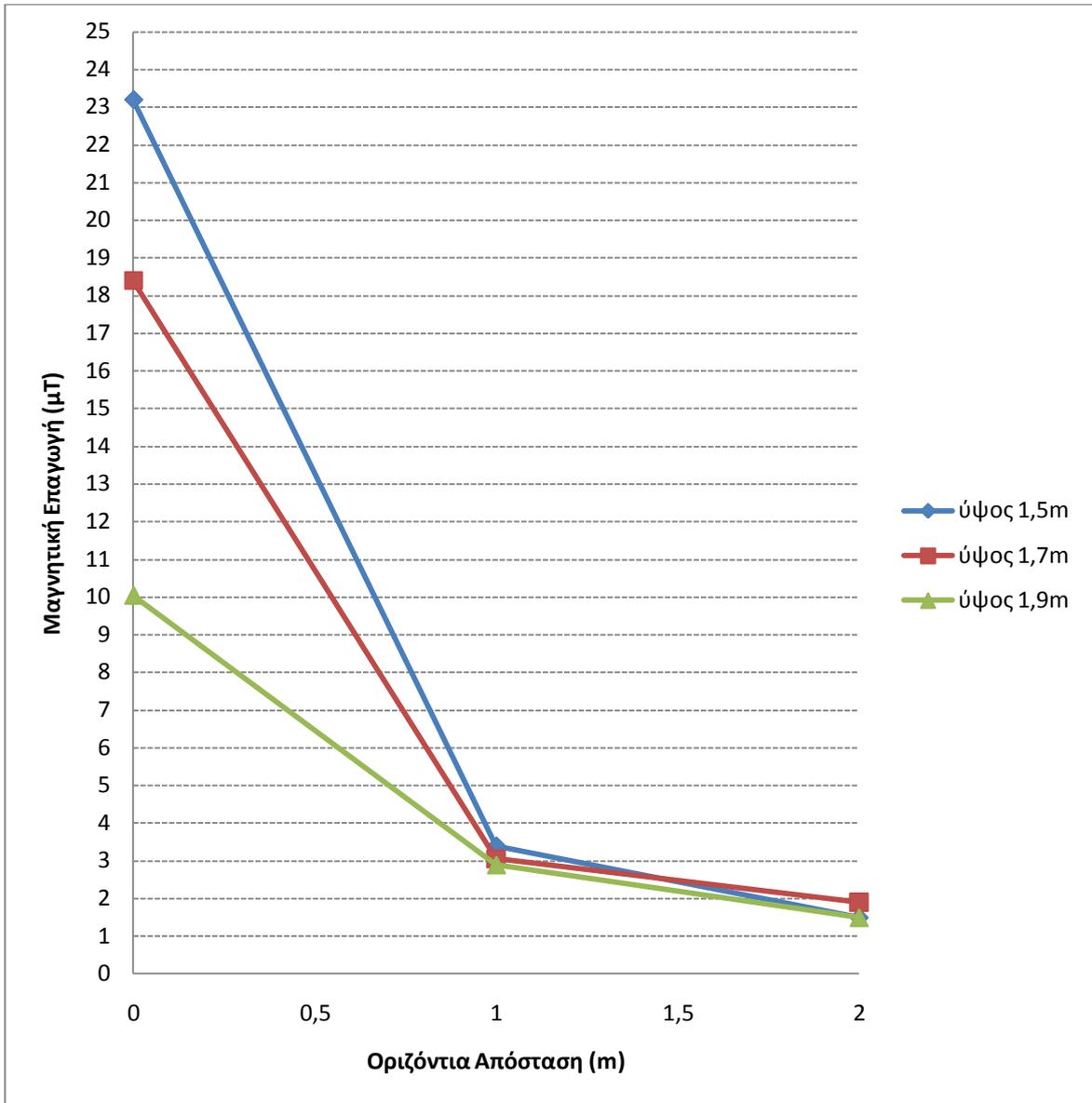
Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

➤ Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.

➤ Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	23,20	18,40	10,05
απόσταση 1m	3,40	3,05	2,90
απόσταση 2m	1,50	1,90	1,50

**Πίνακας 3.1.2- 1:** Μαγνητική επαγωγή σε  $\mu\text{T}$



Σχήμα 3.1.2- 1: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού Νο.8.

### ➤ Υποσταθμός Νο.9.



**Εικόνα 3.1.2- 2:** Υποσταθμός Νο.9.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό Νο.9. πραγματοποιήθηκαν στις 22-02-09 και ώρα 12:23 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 5° C

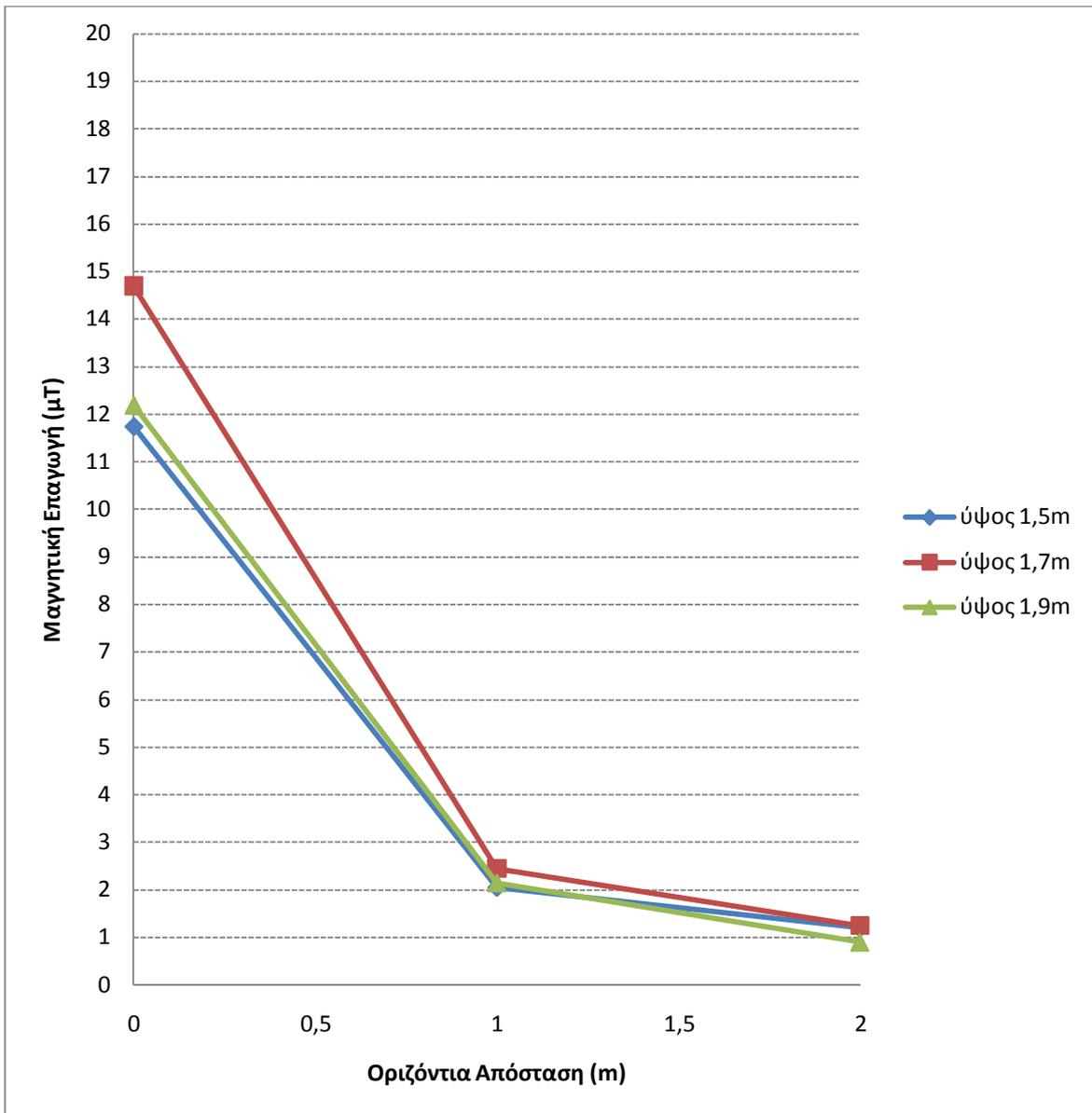
Υγρασία:50 %

Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

- Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.
- Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	11,75	14,70	12,20
απόσταση 1m	2,05	2,45	2,15
απόσταση 2m	1,20	1,25	0,90

**Πίνακας 3.1.2- 2:** Μαγνητική επαγωγή σε  $\mu\text{T}$



Σχήμα 3.1.2 - 2: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού Νο.9.

### ➤ Υποσταθμός Νο.10.



**Εικόνα 3.1.2- 3:** Υποσταθμός Νο.10.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό Νο.10. πραγματοποιήθηκαν στις 22-02-09 και ώρα 12:43 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 5,3° C

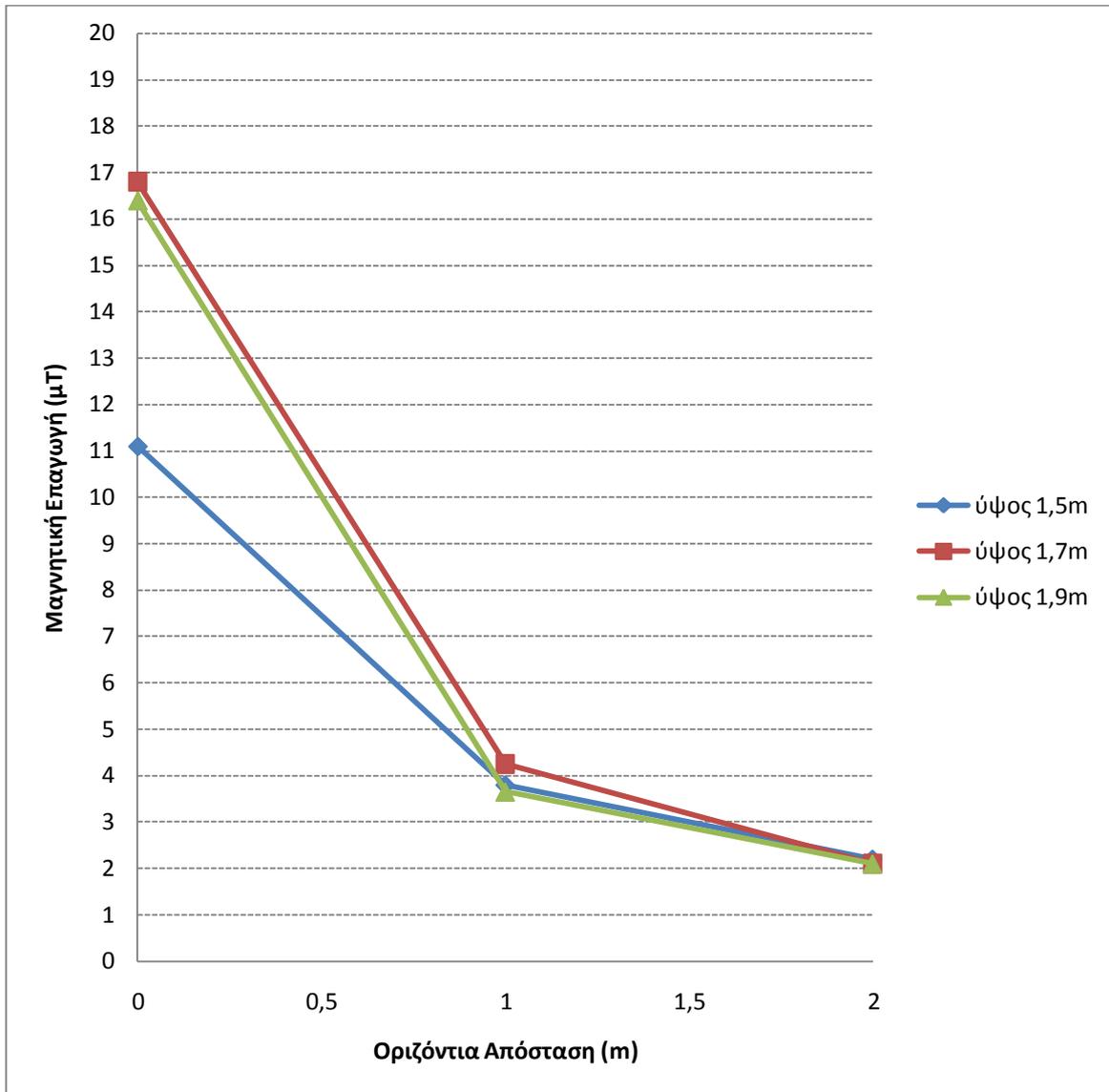
Υγρασία: 49%

Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

- Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.
- Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	11,10	16,80	16,40
απόσταση 1m	3,80	4,25	3,65
απόσταση 2m	2,20	2,10	2,10

**Πίνακας 3.1.2- 3:** Μαγνητική επαγωγή σε  $\mu T$



Σχήμα 3.1.2 - 3: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού Νο.10.

### ➤ Υποσταθμός Νο.11.



**Εικόνα 3.1.2- 4:** Υποσταθμός Νο.11.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό Νο.11. πραγματοποιήθηκαν στις 22-02-09 και ώρα 13:12 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 5,5° C

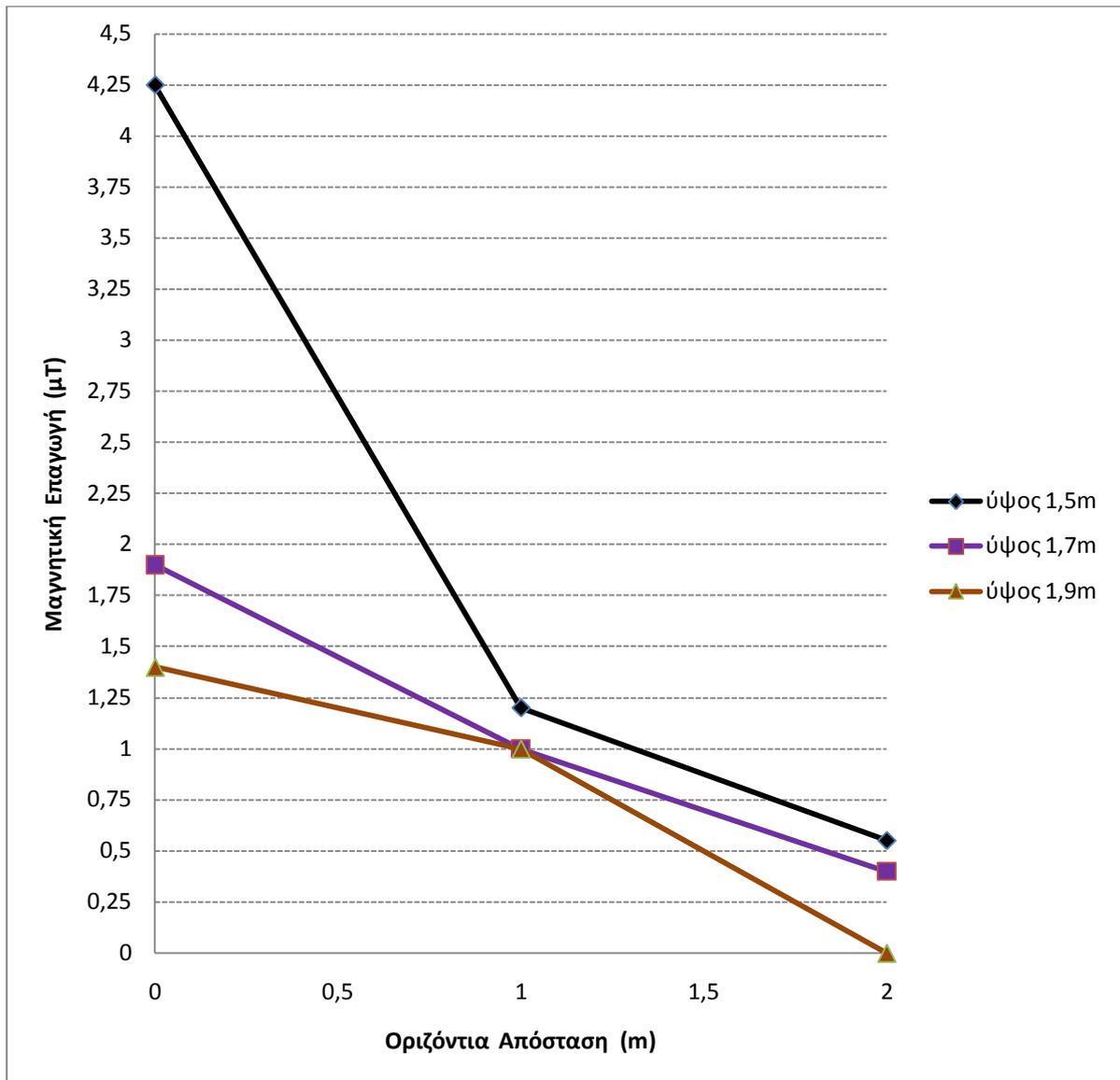
Υγρασία: 48,9%

Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

- Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.
- Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

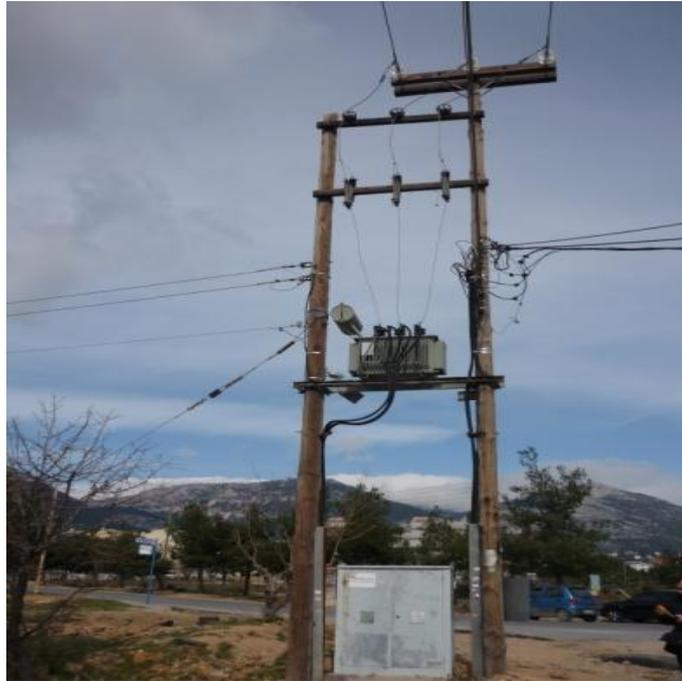
	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	4,25	1,90	1,40
απόσταση 1m	1,20	1,00	1,00
απόσταση 2m	0,55	0,40	0,00

**Πίνακας 3.1.2- 4:** Μαγνητική επαγωγή σε  $\mu T$



Σχήμα 3.1.2 - 4: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού Νο.11.

### ➤ Υποσταθμός Νο.12.



**Εικόνα 3.1.2- 5:** Υποσταθμός Νο.12.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό Νο.12. πραγματοποιήθηκαν στις 22-02-09 και ώρα 13:32 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 5,6° C

Υγρασία: 49%

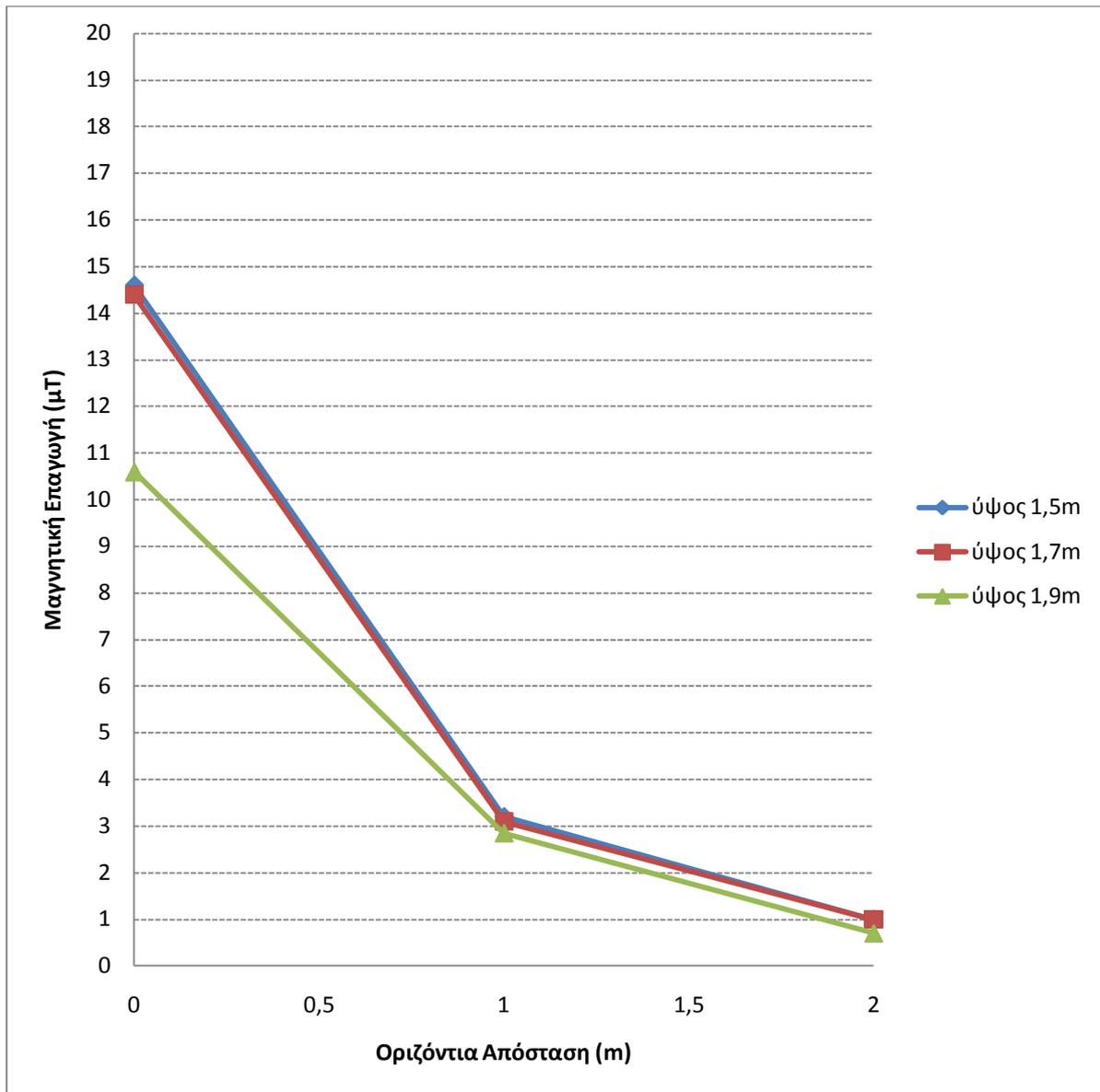
Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

➤ Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.

➤ Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	14,60	14,40	10,60
απόσταση 1m	3,20	3,10	2,85
απόσταση 2m	1,00	1,00	0,70

**Πίνακας 3.1.2- 5:** Μαγνητική επαγωγή σε  $\mu\text{T}$



Σχήμα 3.1.2 - 5: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού Νο.12.

### ➤ Υποσταθμός Νο.13.



**Εικόνα 3.1.2- 6:** Υποσταθμός Νο.13.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό Νο.13. πραγματοποιήθηκαν στις 22-02-09 και ώρα 13:55 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 5,8° C

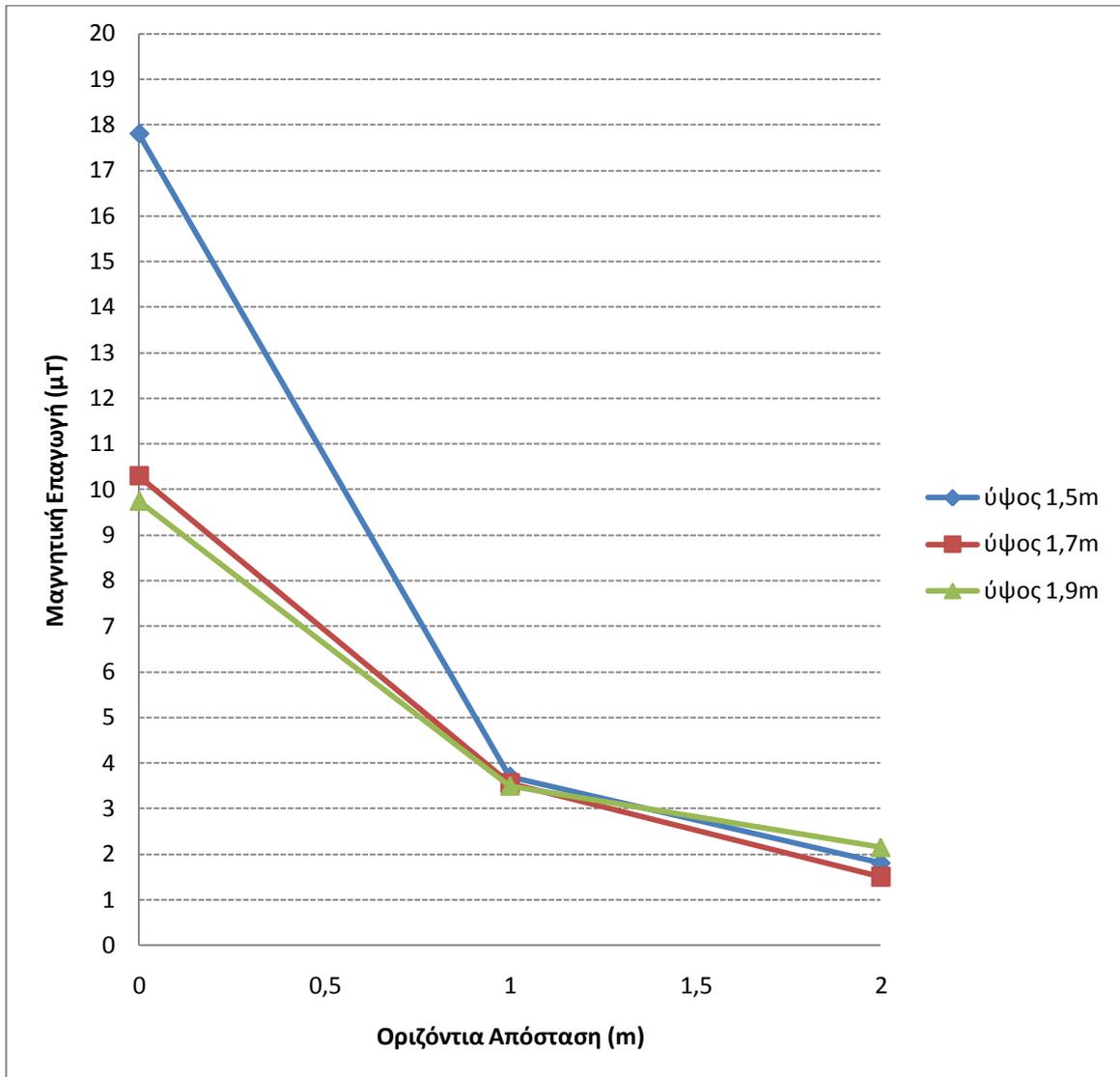
Υγρασία: 48,7%

Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

- Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.
- Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	17,80	10,30	9,75
απόσταση 1m	3,70	3,55	3,50
απόσταση 2m	1,80	1,50	2,15

**Πίνακας 3.1.2- 6:** Μαγνητική επαγωγή σε  $\mu T$



Σχήμα 3.1.2 - 6: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού Νο.13.

### ➤ Υποσταθμός Νο.14.



**Εικόνα 3.1.2- 7:** Υποσταθμός Νο.14.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό Νο.14. πραγματοποιήθηκαν στις 22-02-09 και ώρα 14:18 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 6° C

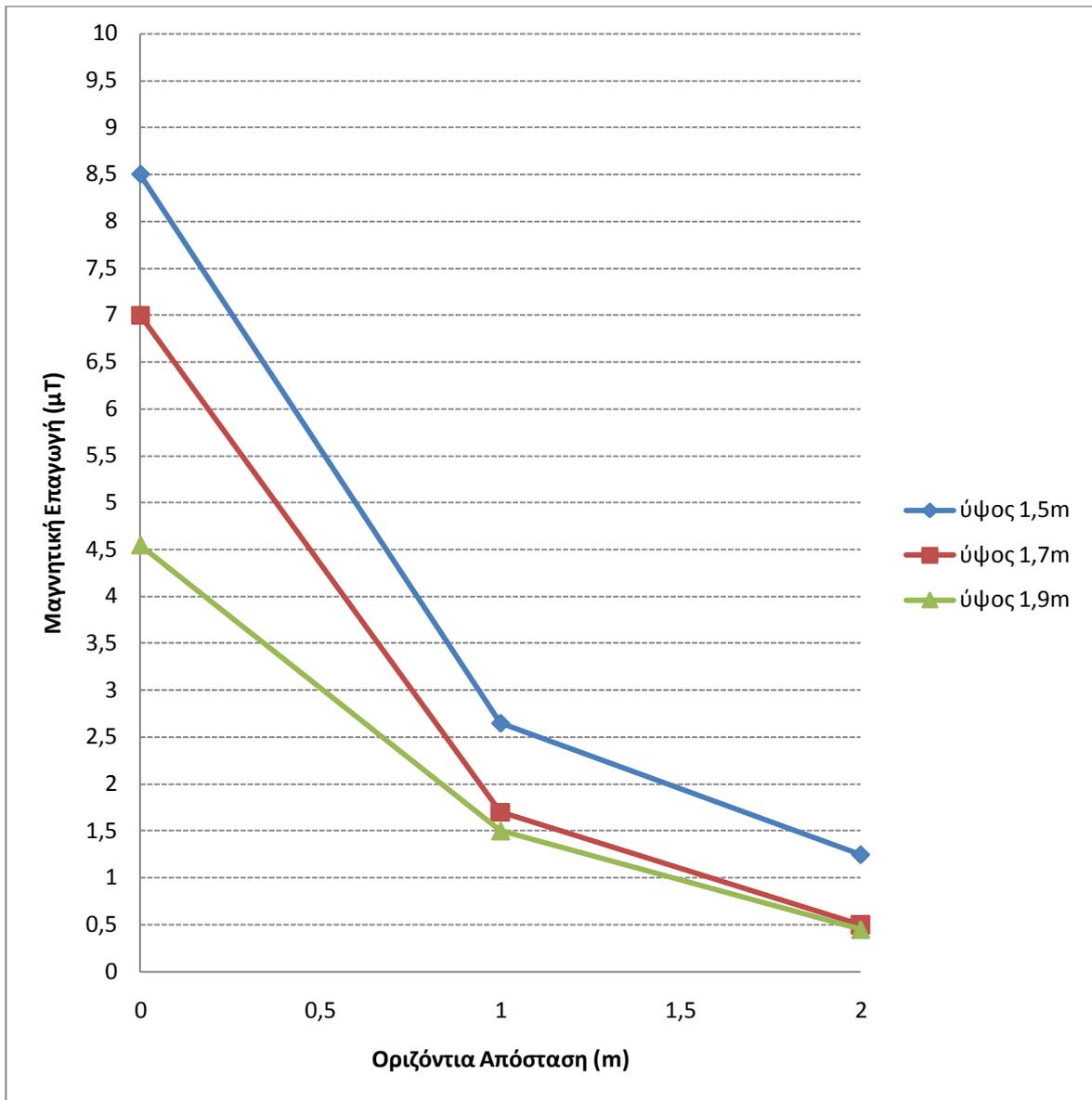
Υγρασία: 48,5%

Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

- Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.
- Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	8,50	7,00	4,55
απόσταση 1m	2,65	1,70	1,50
απόσταση 2m	1,25	0,50	0,45

**Πίνακας 3.1.2- 7:** Μαγνητική επαγωγή σε  $\mu\text{T}$



Σχήμα 3.1.2 - 7: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού Νο.14.

### ➤ Υποσταθμός Νο.15.



**Εικόνα 3.1.2- 8:** Υποσταθμός Νο.15.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό Νο.15. πραγματοποιήθηκαν στις 22-02-09 και ώρα 14:34 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 6,1° C

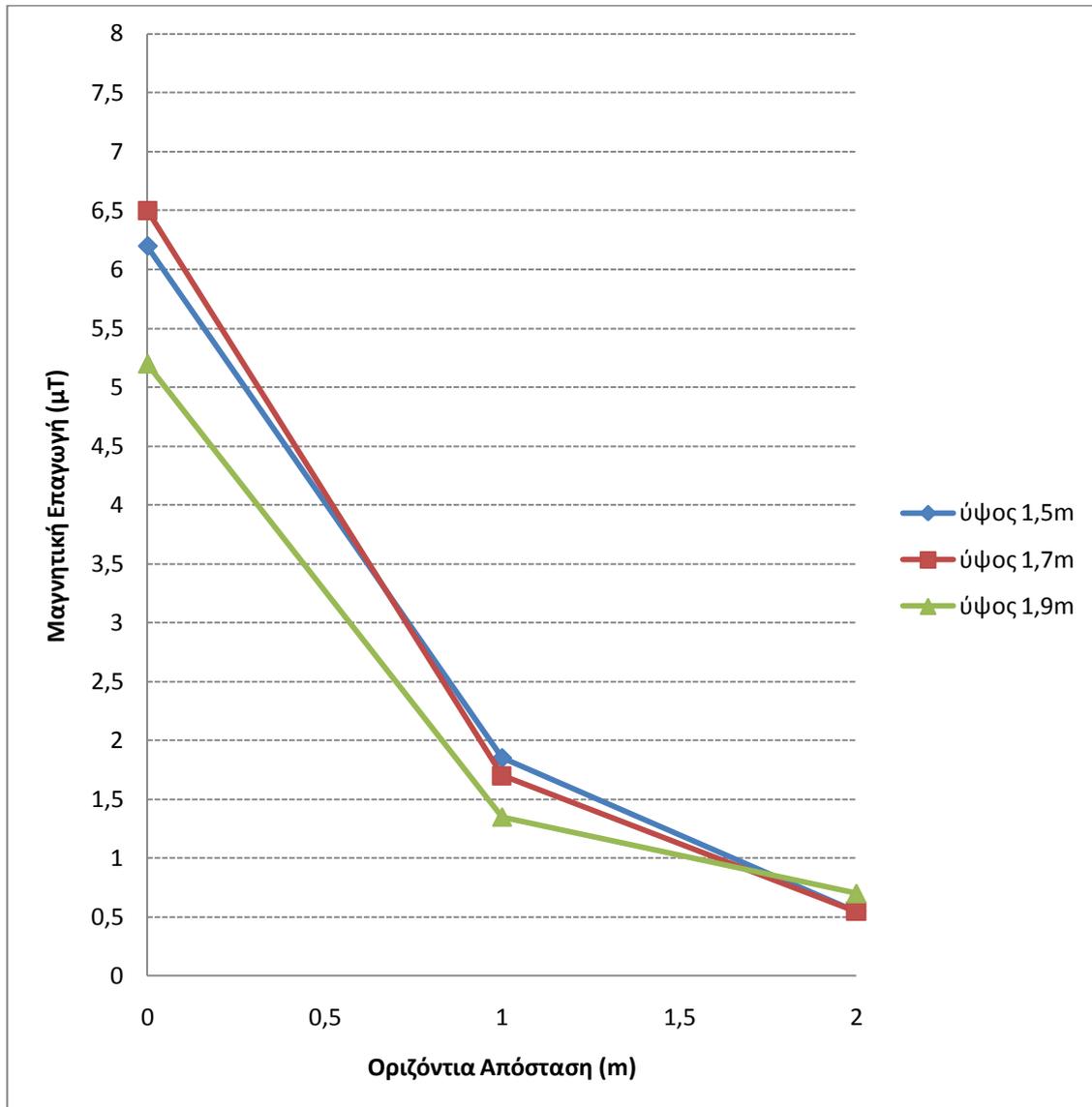
Υγρασία: 48,4%

Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

- Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.
- Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	6,20	6,50	5,20
απόσταση 1m	1,85	1,70	1,35
απόσταση 2m	0,55	0,55	0,70

**Πίνακας 3.1.2- 8:** Μαγνητική επαγωγή σε μT



Σχήμα 3.1.2 - 8: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού Νο.15.

### ➤ Υποσταθμός Νο.16.



**Εικόνα 3.1.2- 9:** Υποσταθμός Νο.16.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό Νο.16. πραγματοποιήθηκαν στις 22-02-09 και ώρα 14:56 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 6,3° C

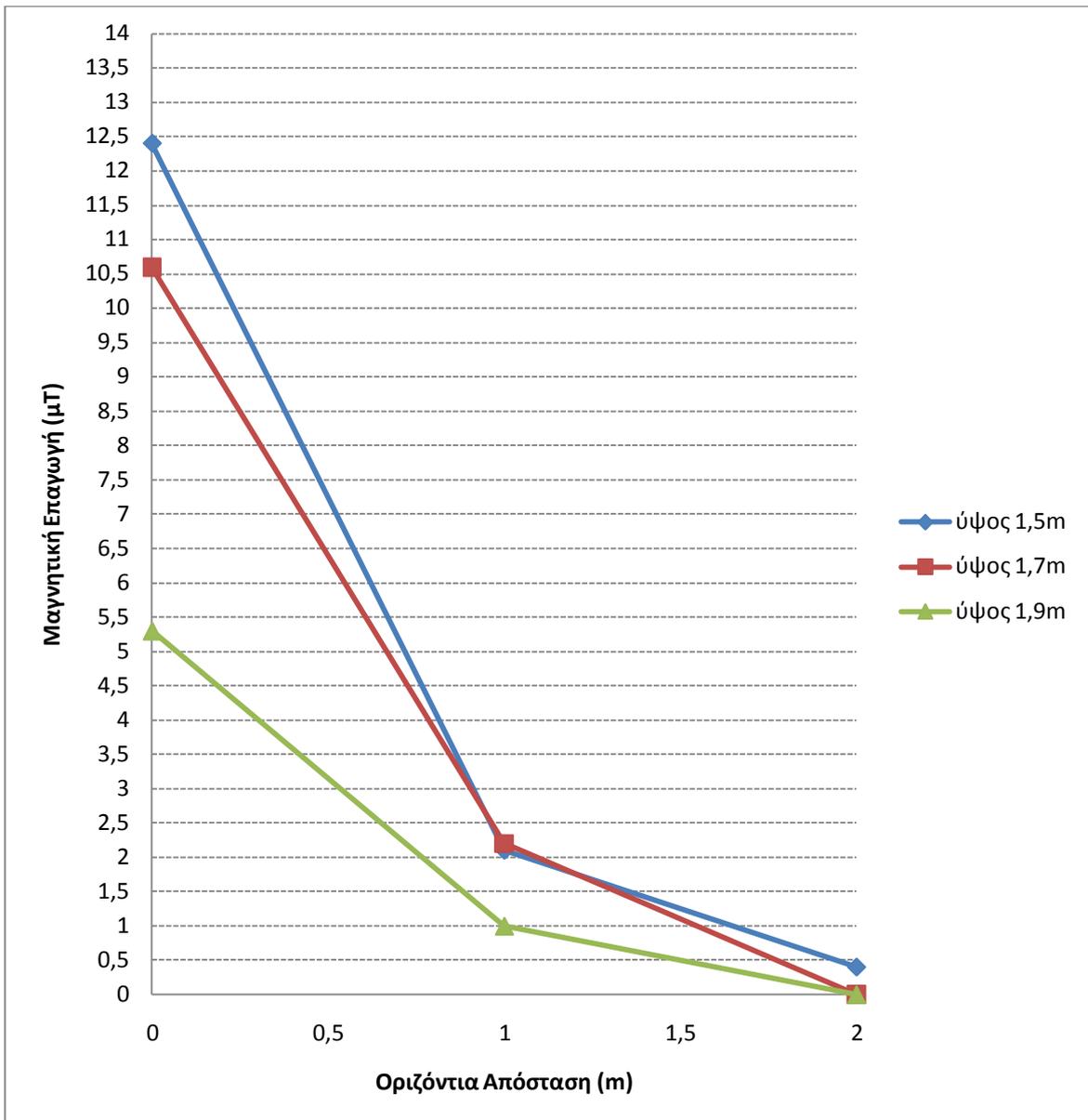
Υγρασία: 48,3%

Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

- Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.
- Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	12,40	10,60	5,30
απόσταση 1m	2,10	2,20	1,00
απόσταση 2m	0,40	0,00	0,00

**Πίνακας 3.1.2- 9:** Μαγνητική επαγωγή σε  $\mu\text{T}$



Σχήμα 3.1.2 - 9: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού Νο.16.

### ➤ Υποσταθμός No.17.



**Εικόνα 3.1.2- 10:** Υποσταθμός No.17.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό No.17. πραγματοποιήθηκαν στις 22-02-09 και ώρα 15:13 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 6,4° C

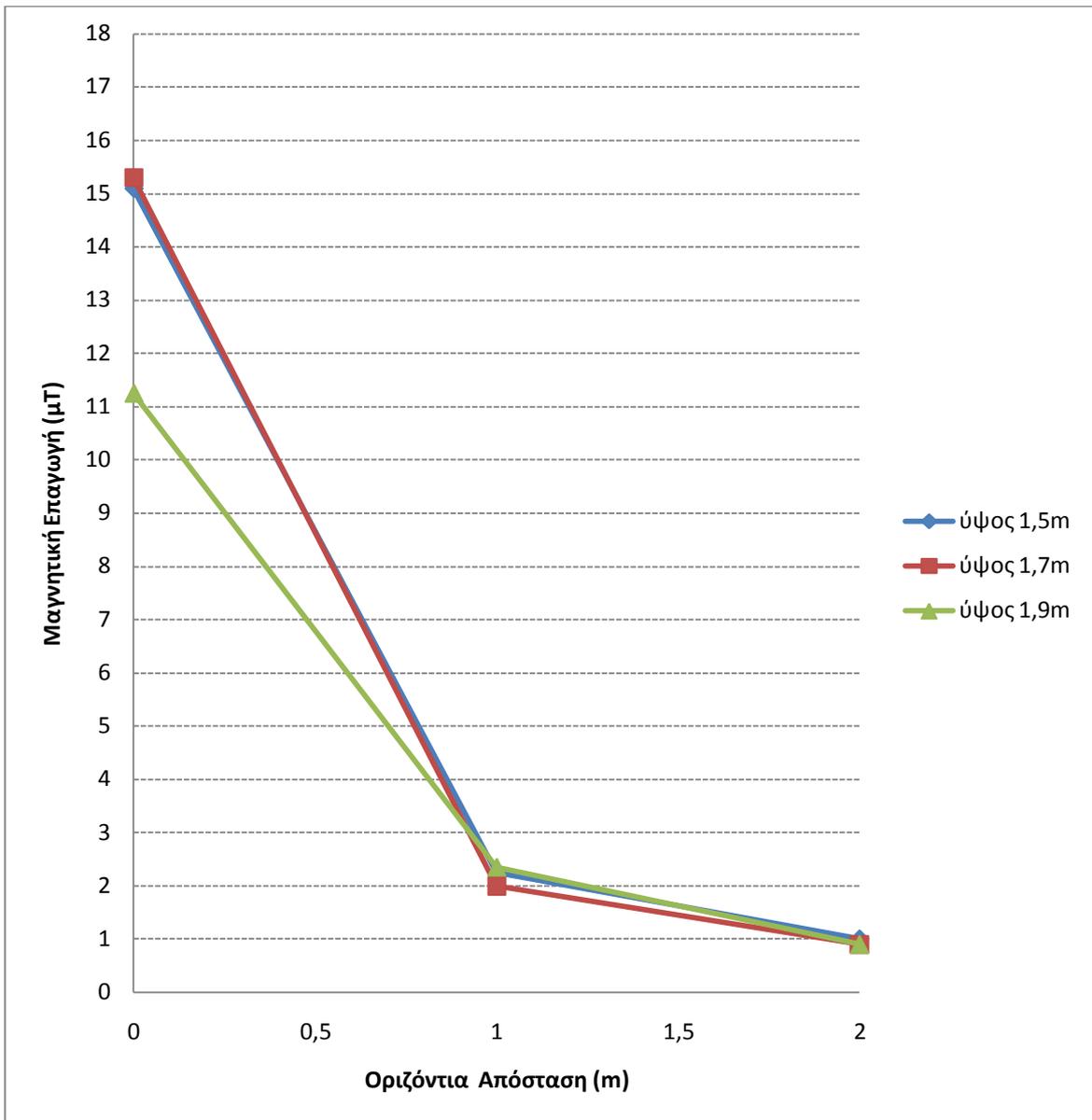
Υγρασία: 48,2%

Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

- Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.
- Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	15,10	15,30	11,25
απόσταση 1m	2,25	2,00	2,35
απόσταση 2m	1,00	0,90	0,90

**Πίνακας 3.1.2- 10:** Μαγνητική επαγωγή σε μT



Σχήμα 3.1.2 - 10: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού Νο.17.

### ➤ Υποσταθμός No.18.



**Εικόνα 3.1.2- 11:** Υποσταθμός No.18.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό No.18. πραγματοποιήθηκαν στις 22-02-09 και ώρα 15:34 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 6,5° C

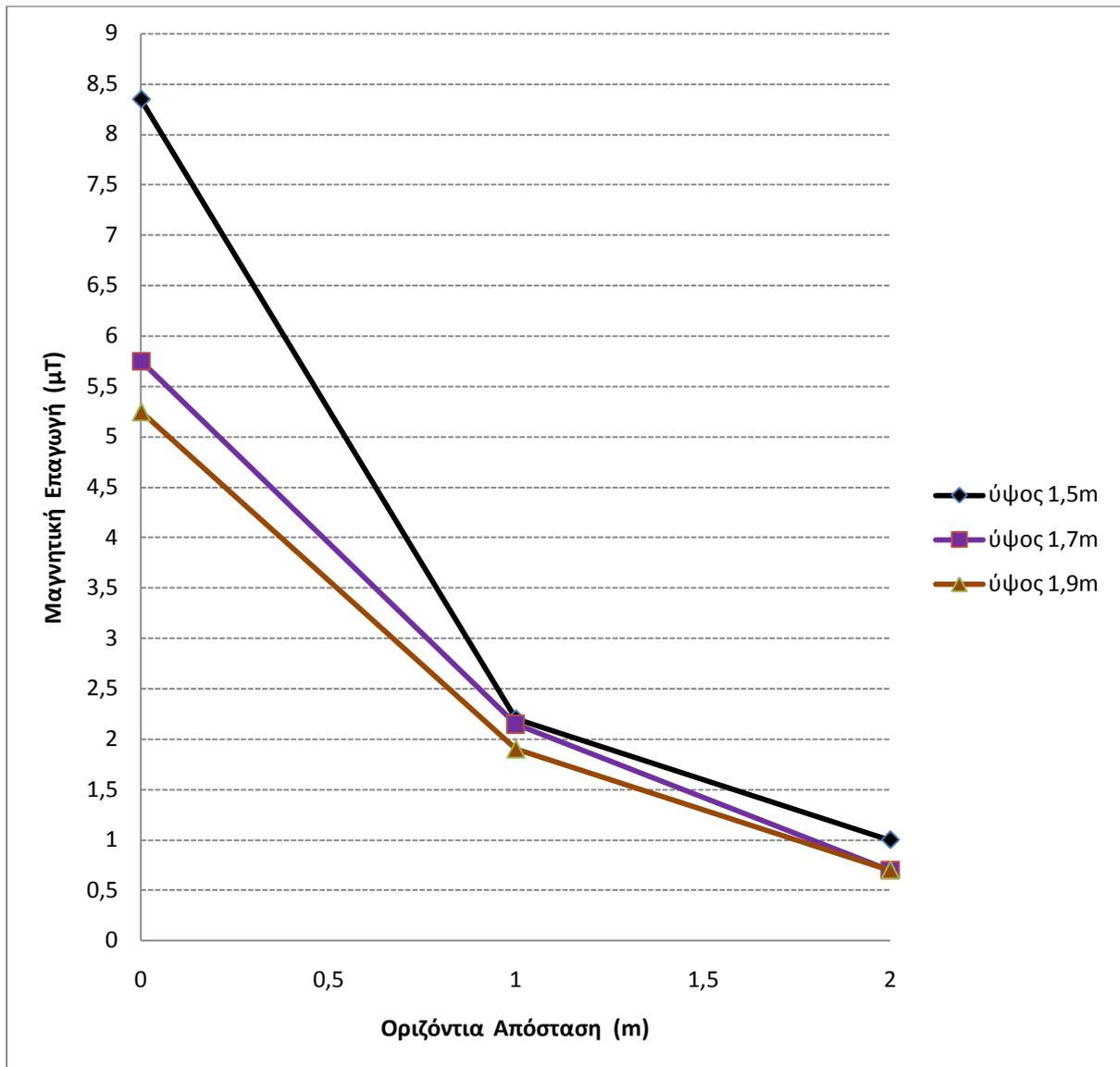
Υγρασία: 47,8%

Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

- Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.
- Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	8,35	5,75	5,25
απόσταση 1m	2,20	2,15	1,90
απόσταση 2m	1,00	0,70	0,70

**Πίνακας 3.1.2- 11:** Μαγνητική επαγωγή σε μΤ



Σχήμα 3.1.2 - 11: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού Νο.18.

### ➤ Υποσταθμός Νο.19.



**Εικόνα 3.1.2- 12:** Υποσταθμός Νο.19.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό Νο.19. πραγματοποιήθηκαν στις 22-02-09 και ώρα 15:56 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 6,7° C

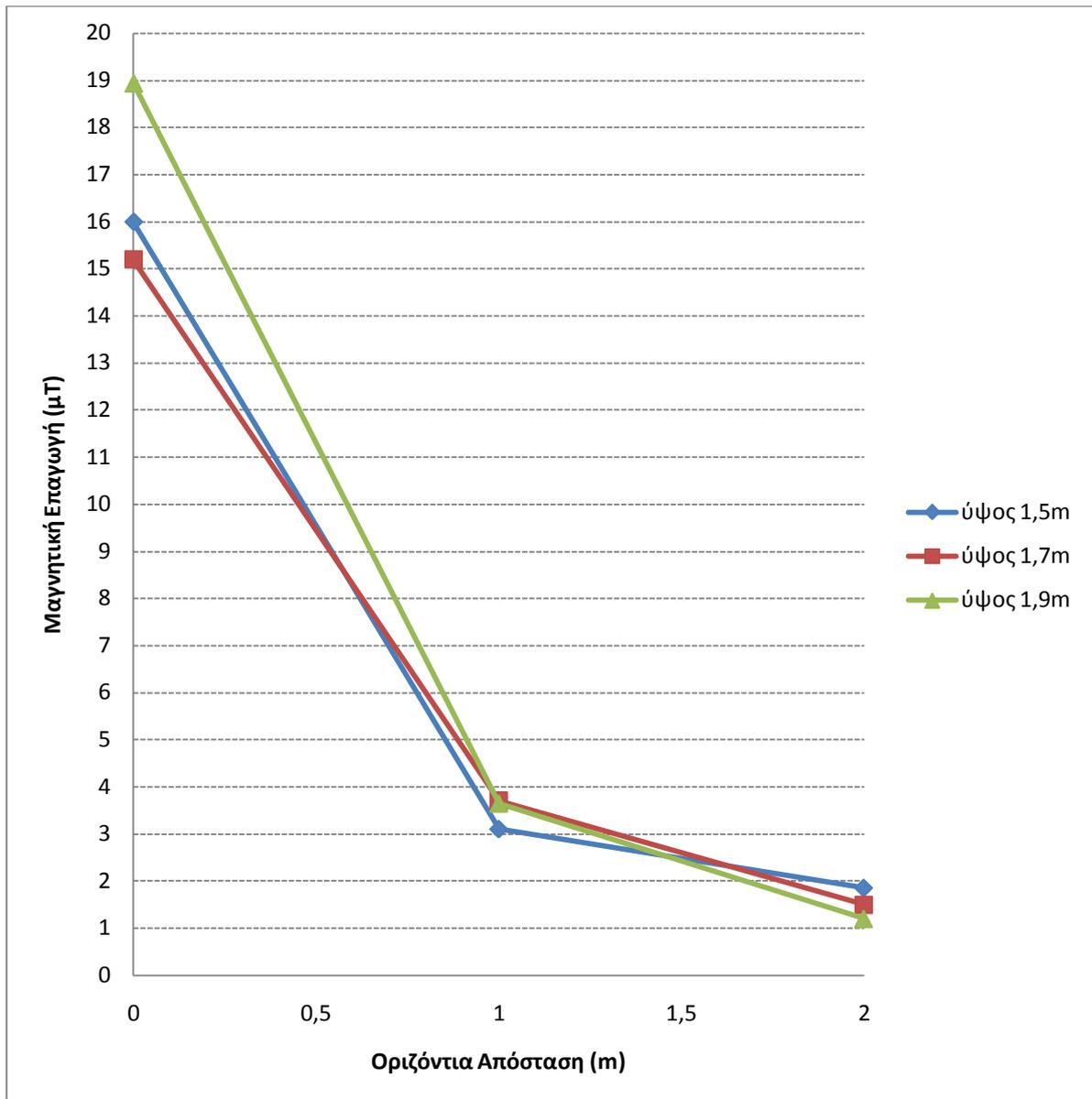
Υγρασία: 47,8%

Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

- Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.
- Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	16,00	15,20	18,95
απόσταση 1m	3,10	3,70	3,65
απόσταση 2m	1,85	1,50	1,20

**Πίνακας 3.1.2- 12:** Μαγνητική επαγωγή σε  $\mu\text{T}$



Σχήμα 3.1.2 - 12: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού Νο.19.

### 1.3. Μετρήσεις στην Περιοχή 3

#### ➤ Υποσταθμός Νο.20.



**Εικόνα 3.1.3- 1:** Υποσταθμός Νο.20.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό Νο.20. πραγματοποιήθηκαν στις 22-03-09 και ώρα 12:05 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 8,1° C

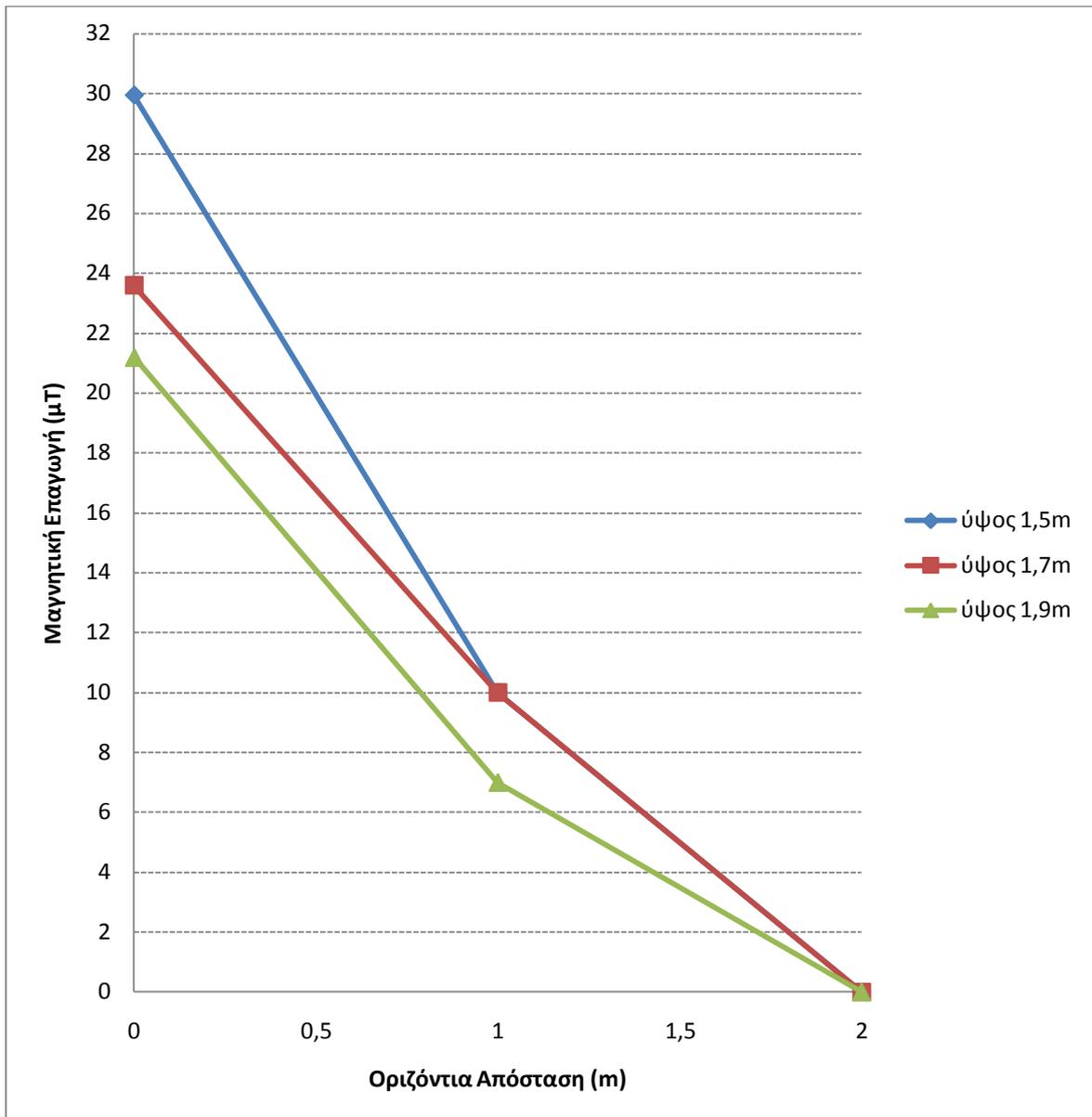
Υγρασία: 47,3%

Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

- Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.
- Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	29,95	23,60	21,20
απόσταση 1m	10,00	10,00	7,00
απόσταση 2m	0,00	0,00	0,00

**Πίνακας 3.1.3- 1:** Μαγνητική επαγωγή σε  $\mu\text{T}$



Σχήμα 3.1.3 - 1: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού Νο.20.

### ➤ Υποσταθμός Νο.21.



**Εικόνα 3.1.3- 2:** Υποσταθμός Νο.21.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό Νο.21. πραγματοποιήθηκαν στις 22-03-09 και ώρα 12:25 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 8,2° C

Υγρασία: 47,3%

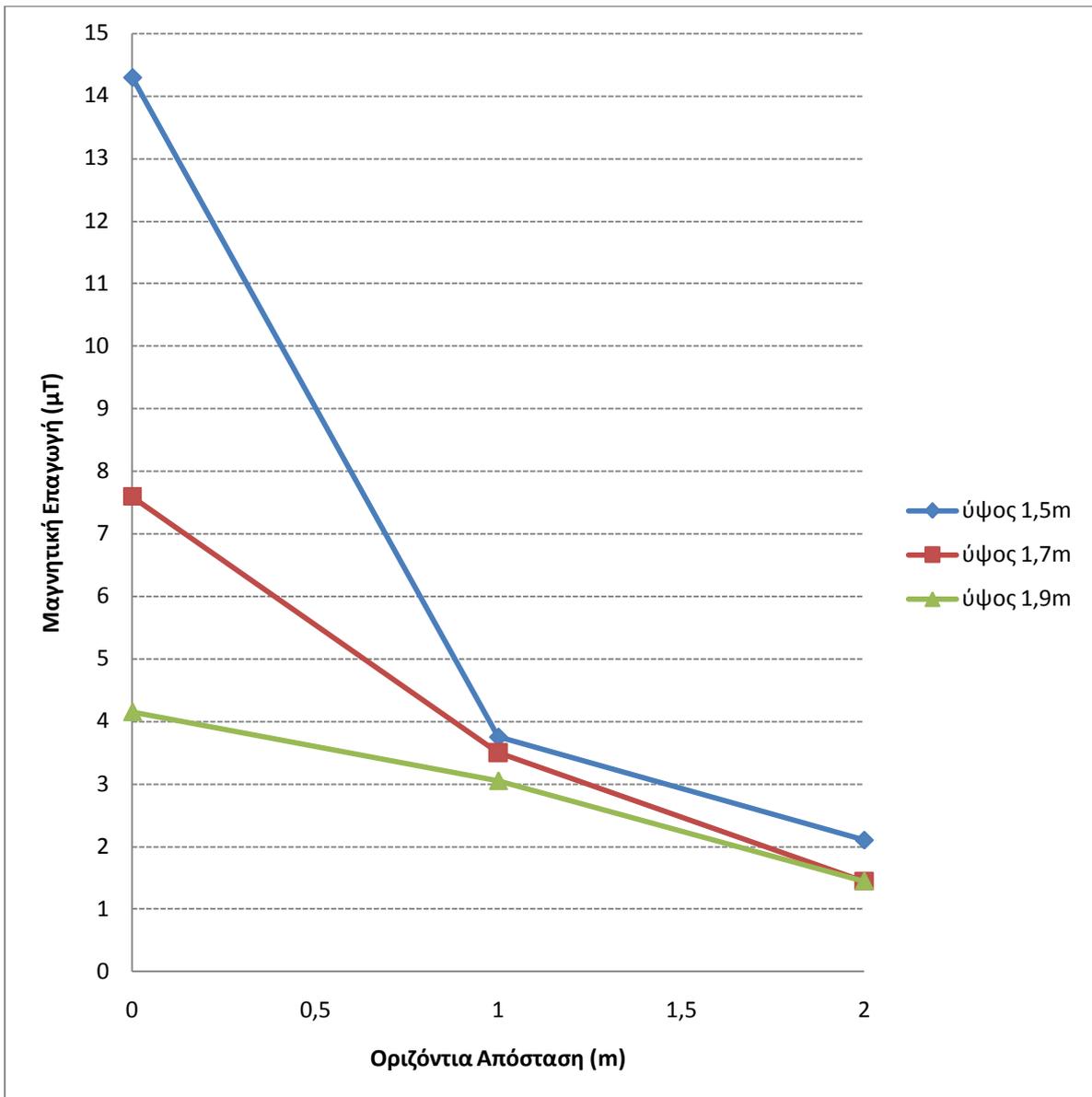
Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

➤ Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.

➤ Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	14,30	7,60	4,15
απόσταση 1m	3,75	3,50	3,05
απόσταση 2m	2,10	1,45	1,45

**Πίνακας 3.1.3- 2:** Μαγνητική επαγωγή σε  $\mu\text{T}$



Σχήμα 3.1.3 - 2: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού Νο.21.

### ➤ Υποσταθμός No.22.



**Εικόνα 3.1.3- 3:** Υποσταθμός No.22.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό No.22. πραγματοποιήθηκαν στις 22-03-09 και ώρα 12:46 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 8,3° C

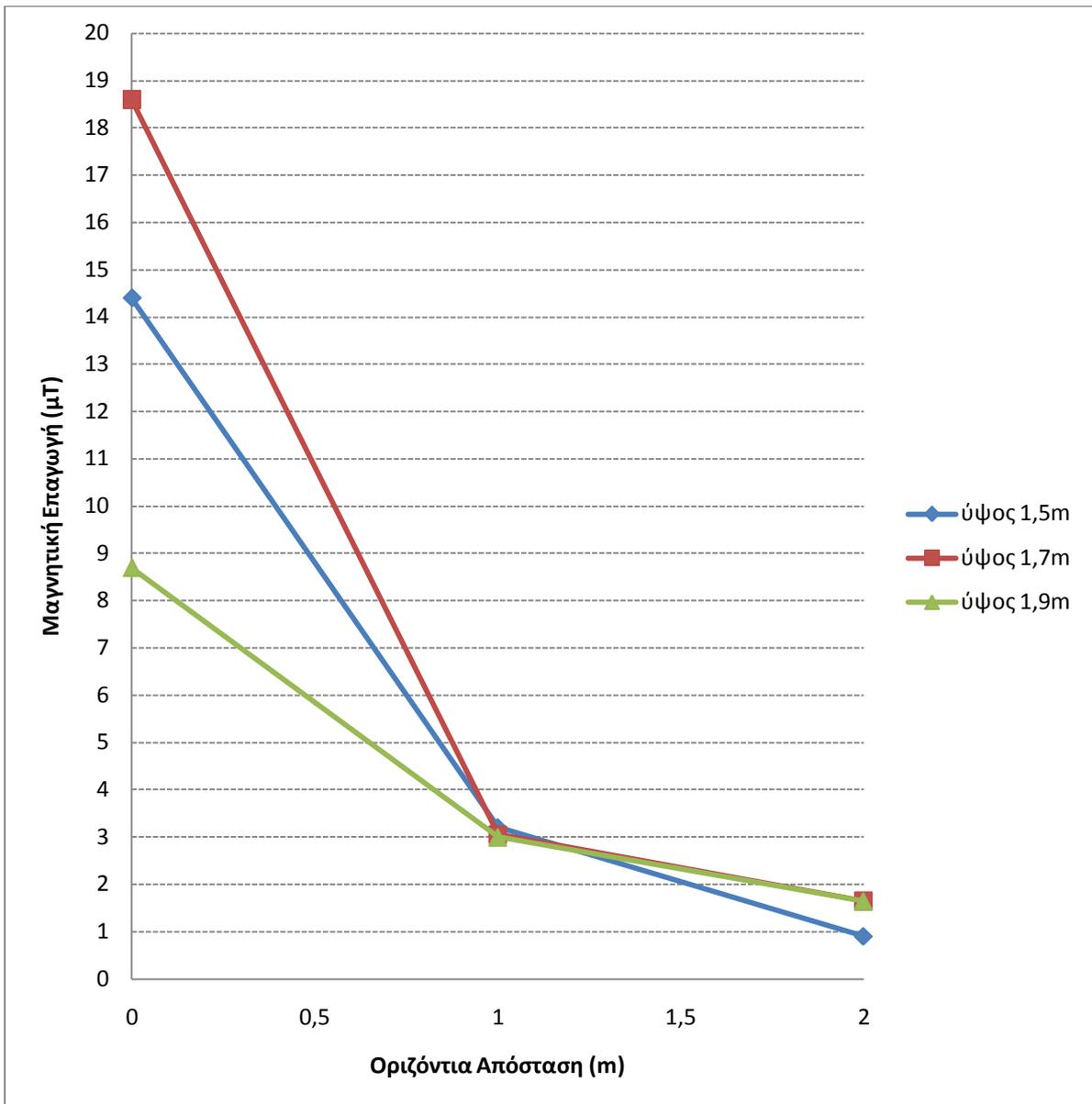
Υγρασία: 47,1%

Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

- Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.
- Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	14,40	18,60	8,70
απόσταση 1m	3,20	3,05	3,00
απόσταση 2m	0,90	1,65	1,65

**Πίνακας 3.1.3- 3:** Μαγνητική επαγωγή σε  $\mu\text{T}$



Σχήμα 3.1.3 - 3: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού Νο.22.

### ➤ Υποσταθμός Νο.23.



**Εικόνα 3.1.3- 4:** Υποσταθμός Νο.23.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό Νο.23. πραγματοποιήθηκαν στις 22-03-09 και ώρα 13:07 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 8,5° C

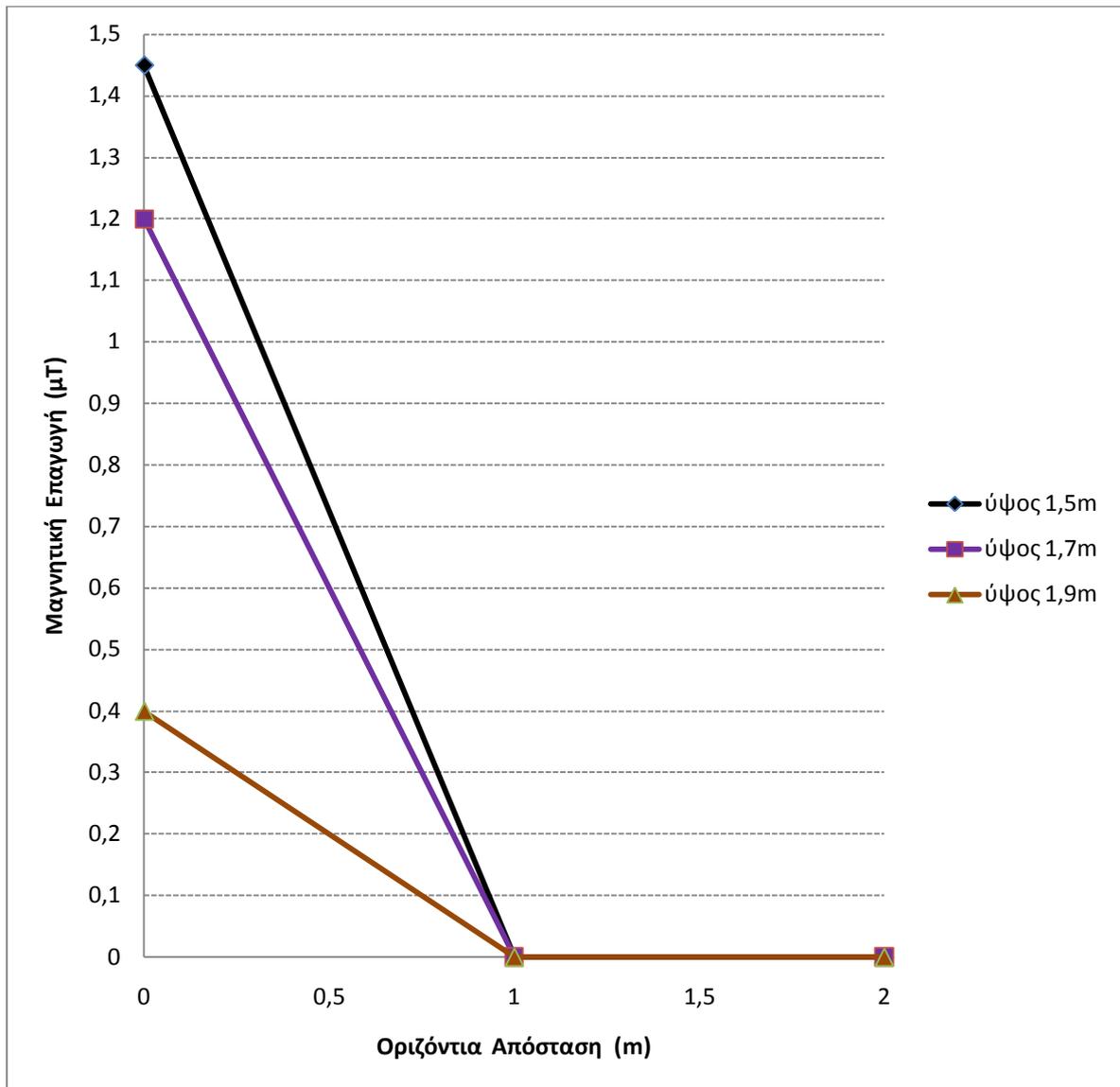
Υγρασία: 47%

Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

- Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.
- Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

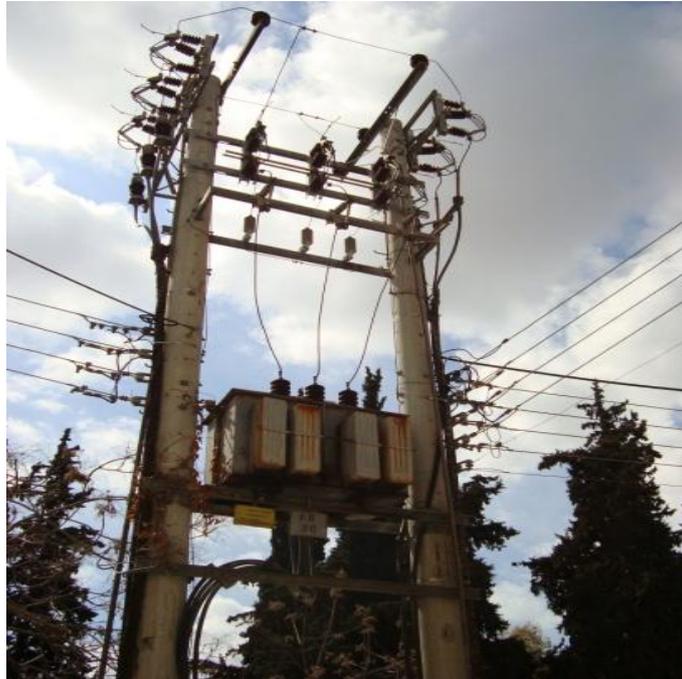
	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	1,45	1,20	0,40
απόσταση 1m	0,00	0,00	0,00
απόσταση 2m	0,00	0,00	0,00

**Πίνακας 3.1.3- 4:** Μαγνητική επαγωγή σε  $\mu T$



Σχήμα 3.1.3- 4: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού Νο.23.

### ➤ Υποσταθμός Νο.24.



**Εικόνα 3.1.3- 5:** Υποσταθμός Νο.24.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό Νο.24. πραγματοποιήθηκαν στις 22-03-09 και ώρα 13:31 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 8,6° C

Υγρασία: 46,9%

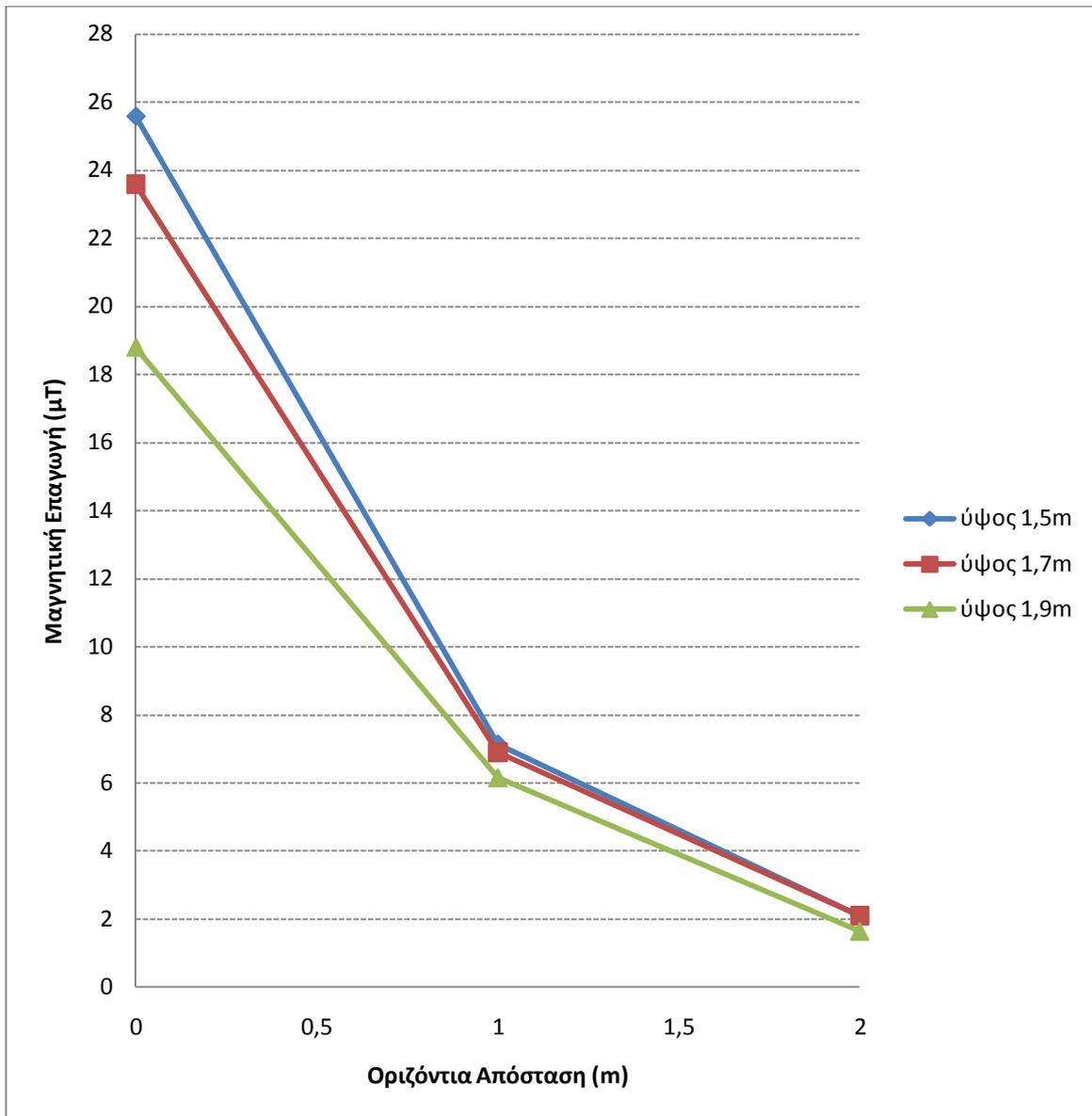
Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

➤ Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.

➤ Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	25,60	23,60	18,80
απόσταση 1m	7,15	6,90	6,16
απόσταση 2m	2,10	2,10	1,65

**Πίνακας 3.1.3- 5:** Μαγνητική επαγωγή σε  $\mu\text{T}$



Σχήμα 3.1.3- 5: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού No.24.

### ➤ Υποσταθμός Νο.25.



**Εικόνα 3.1.3- 6:** Υποσταθμός Νο.25.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό Νο.25. πραγματοποιήθηκαν στις 22-03-09 και ώρα 13:56 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 8,8° C

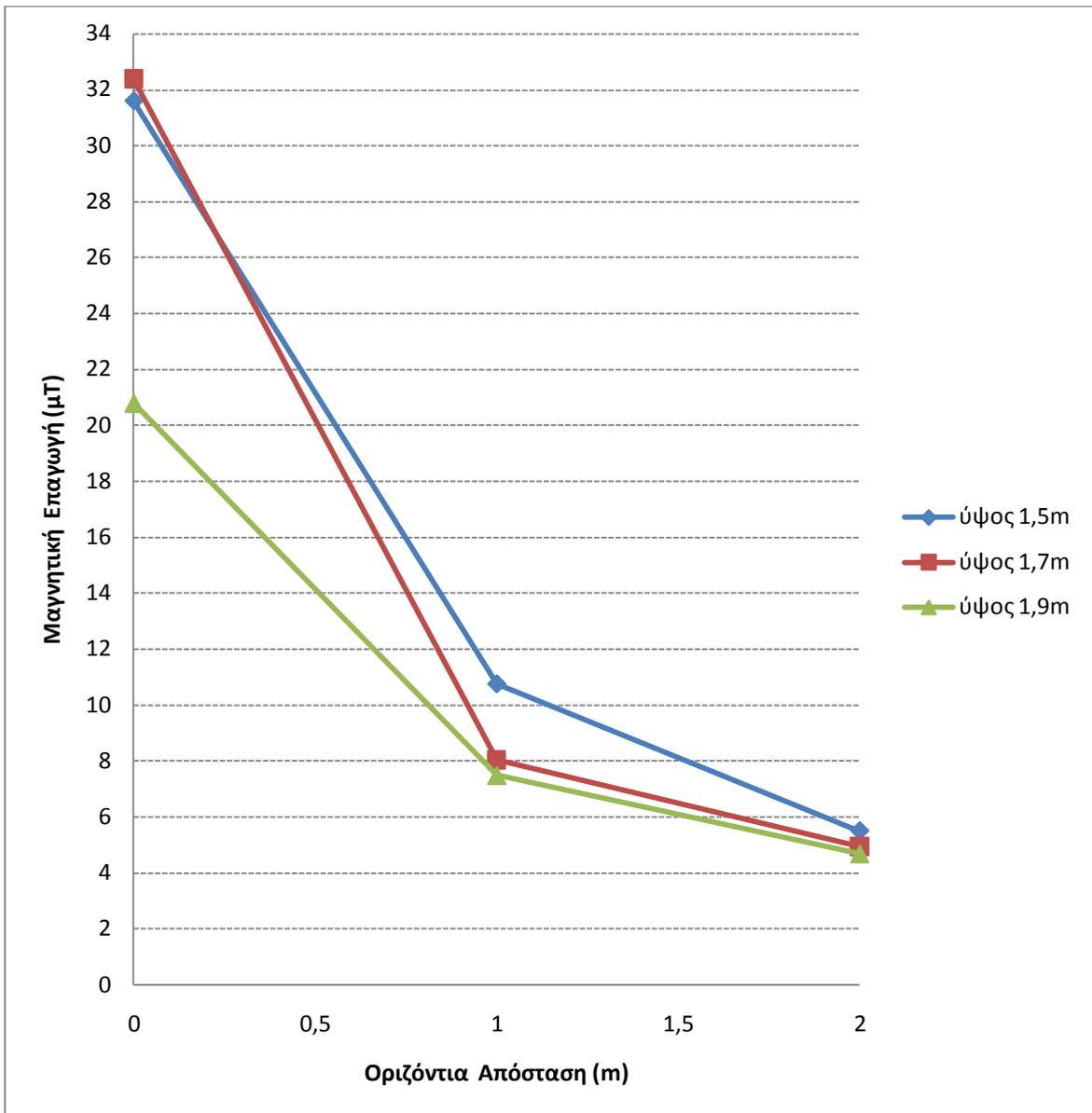
Υγρασία: 46,7%

Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

- Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.
- Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	31,60	32,40	20,80
απόσταση 1m	10,75	8,05	7,50
απόσταση 2m	5,50	4,95	4,70

**Πίνακας 3.1.3- 6:** Μαγνητική επαγωγή σε  $\mu\text{T}$



Σχήμα 3.1.3 - 6: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού Νο.25.

### ➤ Υποσταθμός No.26.



**Εικόνα 3.1.3- 7:** Υποσταθμός No.26.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό No.26. πραγματοποιήθηκαν στις 22-03-09 και ώρα 14:17 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 8,9° C

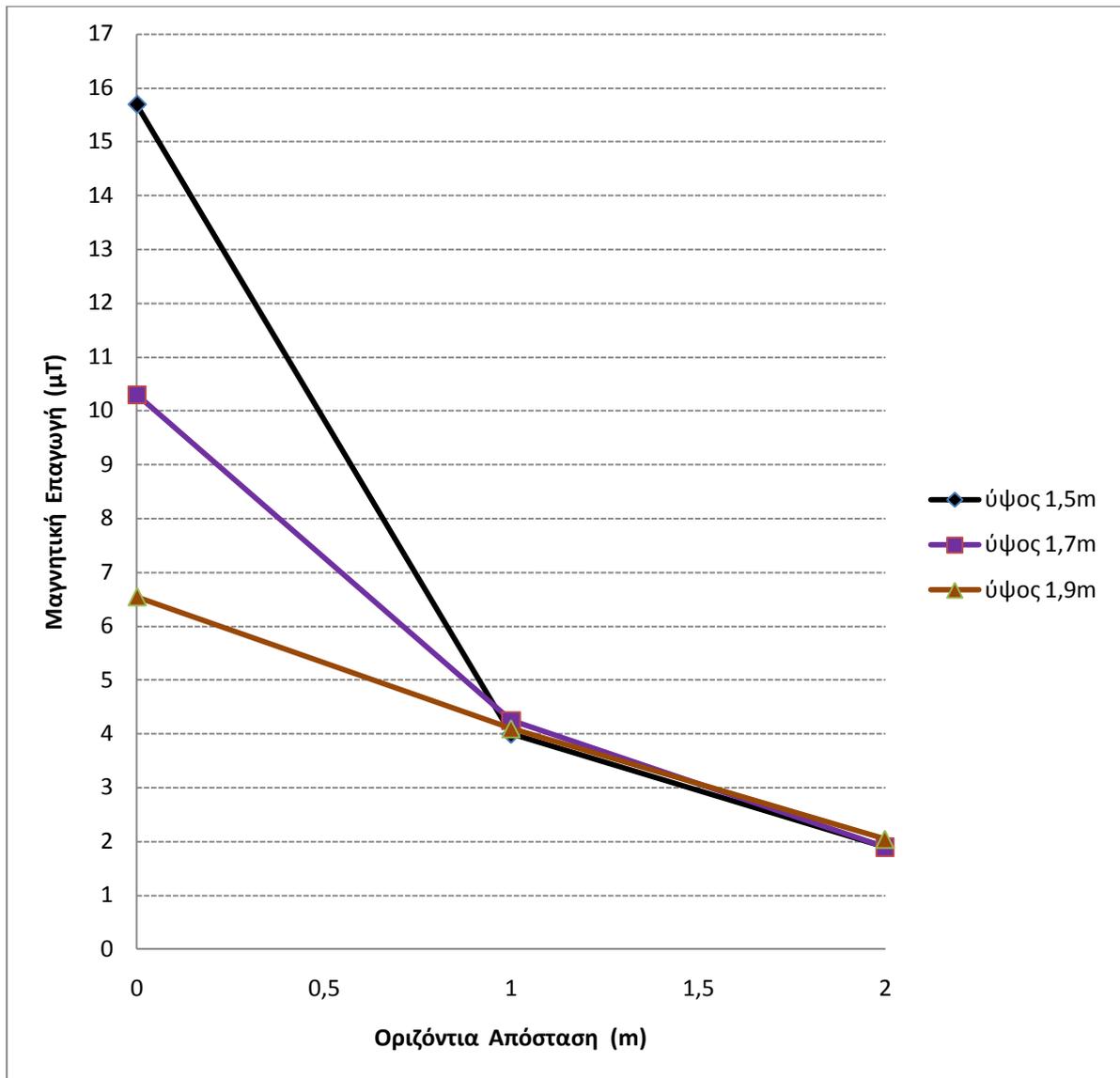
Υγρασία: 46,8%

Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

- Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.
- Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	15,70	10,30	6,55
απόσταση 1m	4,00	4,25	4,10
απόσταση 2m	1,90	1,90	2,05

**Πίνακας 3.1.3- 7:** Μαγνητική επαγωγή σε  $\mu T$



Σχήμα 3.1.3 - 7: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού Νο.26.

### ➤ Υποσταθμός Νο.27.



**Εικόνα 3.1.3- 8:** Υποσταθμός Νο.27.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό Νο.27. πραγματοποιήθηκαν στις 22-03-09 και ώρα 14:42 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 9° C

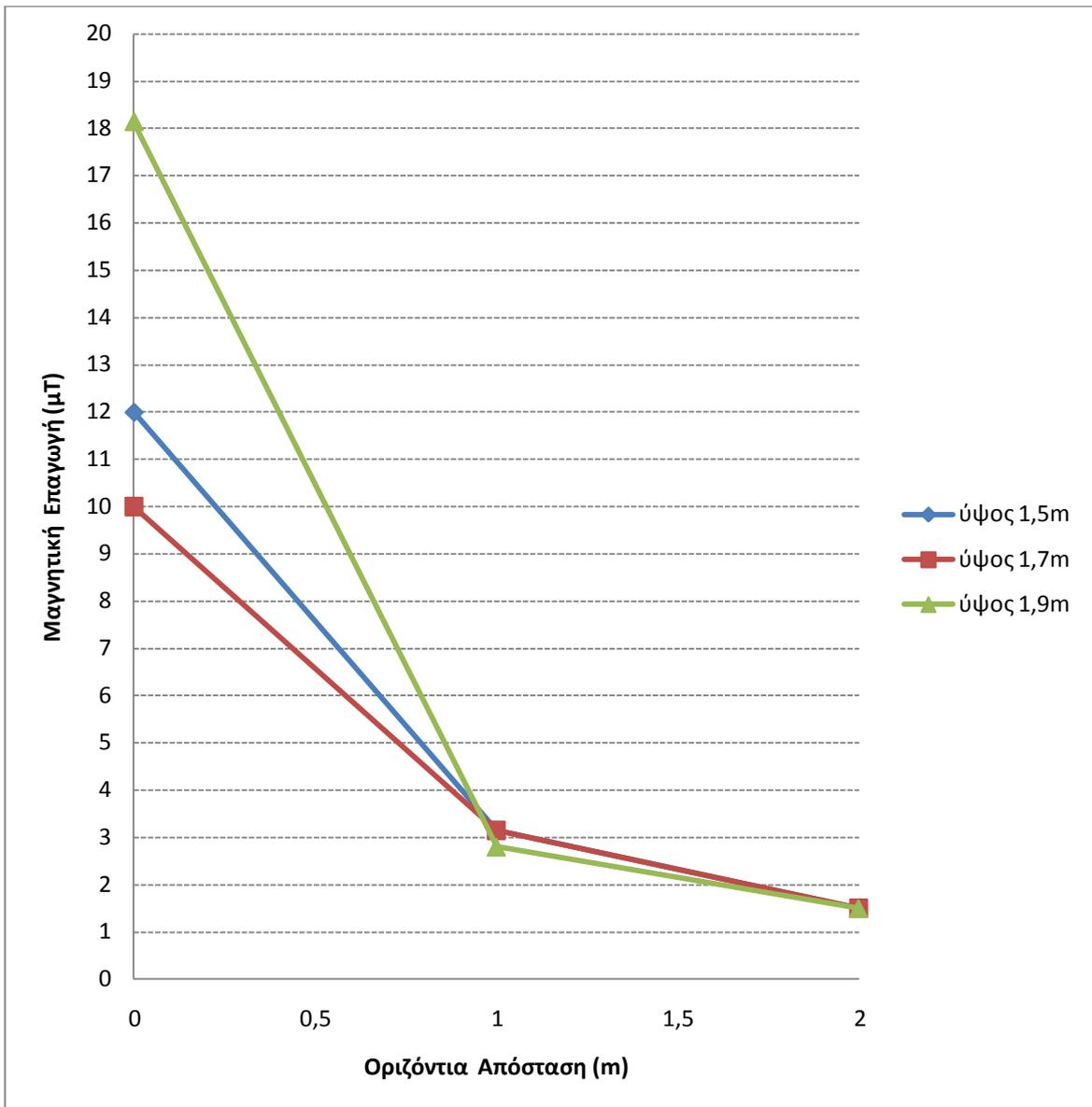
Υγρασία: 46,7 %

Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

- Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.
- Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	12,00	10,00	18,15
απόσταση 1m	3,15	3,15	2,80
απόσταση 2m	1,50	1,50	1,50

**Πίνακας 3.1.3- 8:** Μαγνητική επαγωγή σε  $\mu\text{T}$



Σχήμα 3.1.3 - 8: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού Νο.27.

### ➤ Υποσταθμός Νο.28.



**Εικόνα 3.1.3- 9:** Υποσταθμός Νο.28.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό Νο.28. πραγματοποιήθηκαν στις 22-03-09 και ώρα 15:04 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 9,2° C

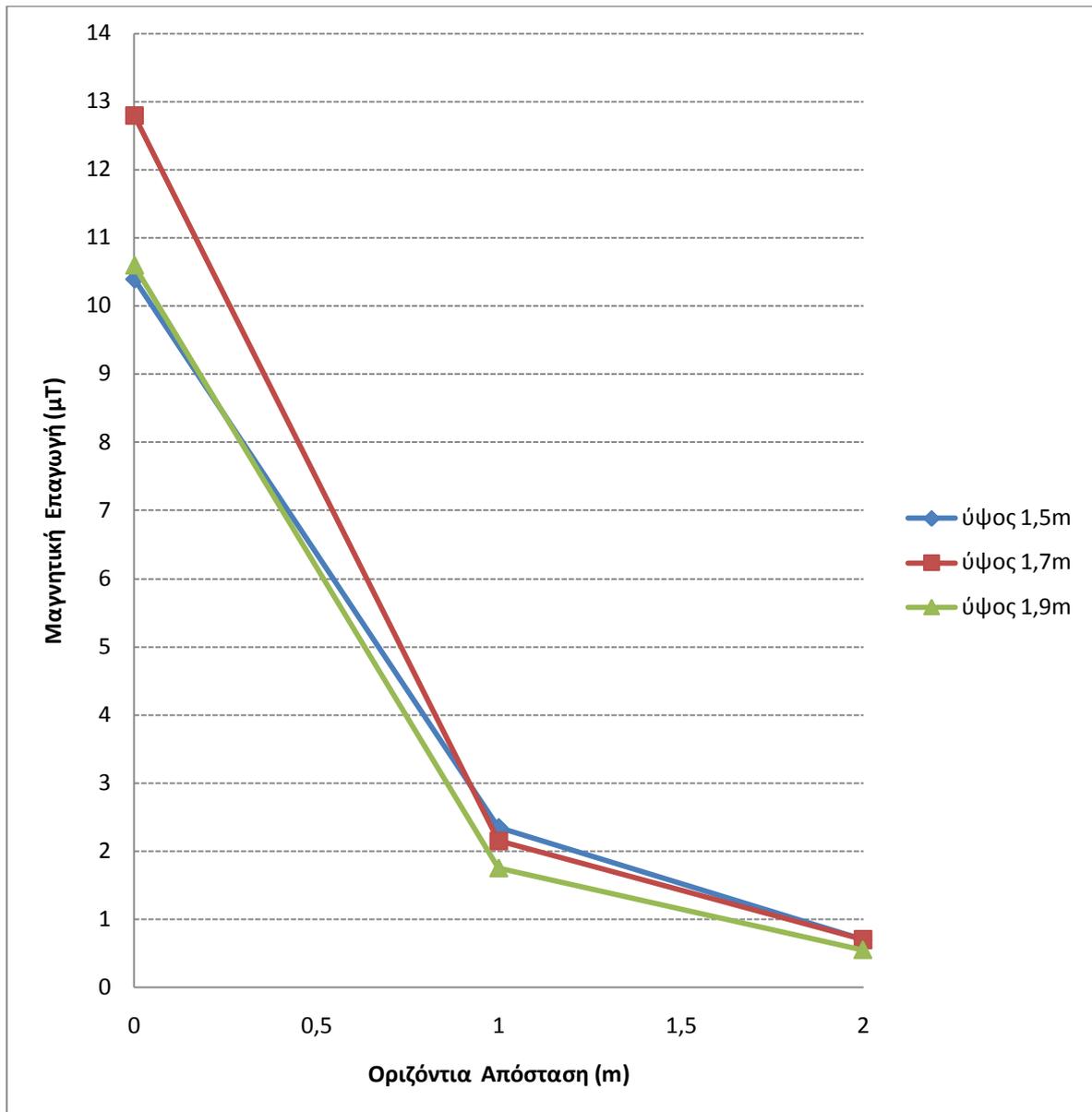
Υγρασία: 46,5 %

Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

- Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.
- Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	10,40	12,80	10,60
απόσταση 1m	2,35	2,15	1,75
απόσταση 2m	0,70	0,70	0,55

**Πίνακας 3.1.3- 9:** Μαγνητική επαγωγή σε  $\mu\text{T}$



Σχήμα 3.1.3 - 9: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού Νο.28.

### ➤ Υποσταθμός No.29.



**Εικόνα 3.1.3- 10:** Υποσταθμός No.29.

Οι μετρήσεις των πεδίων για τον υποσταθμό No.29. πραγματοποιήθηκαν στις 22-03-09 και ώρα 15:37 υπό τις παρακάτω συνθήκες:

Θερμοκρασία: 9,4° C

Υγρασία: 46,6%

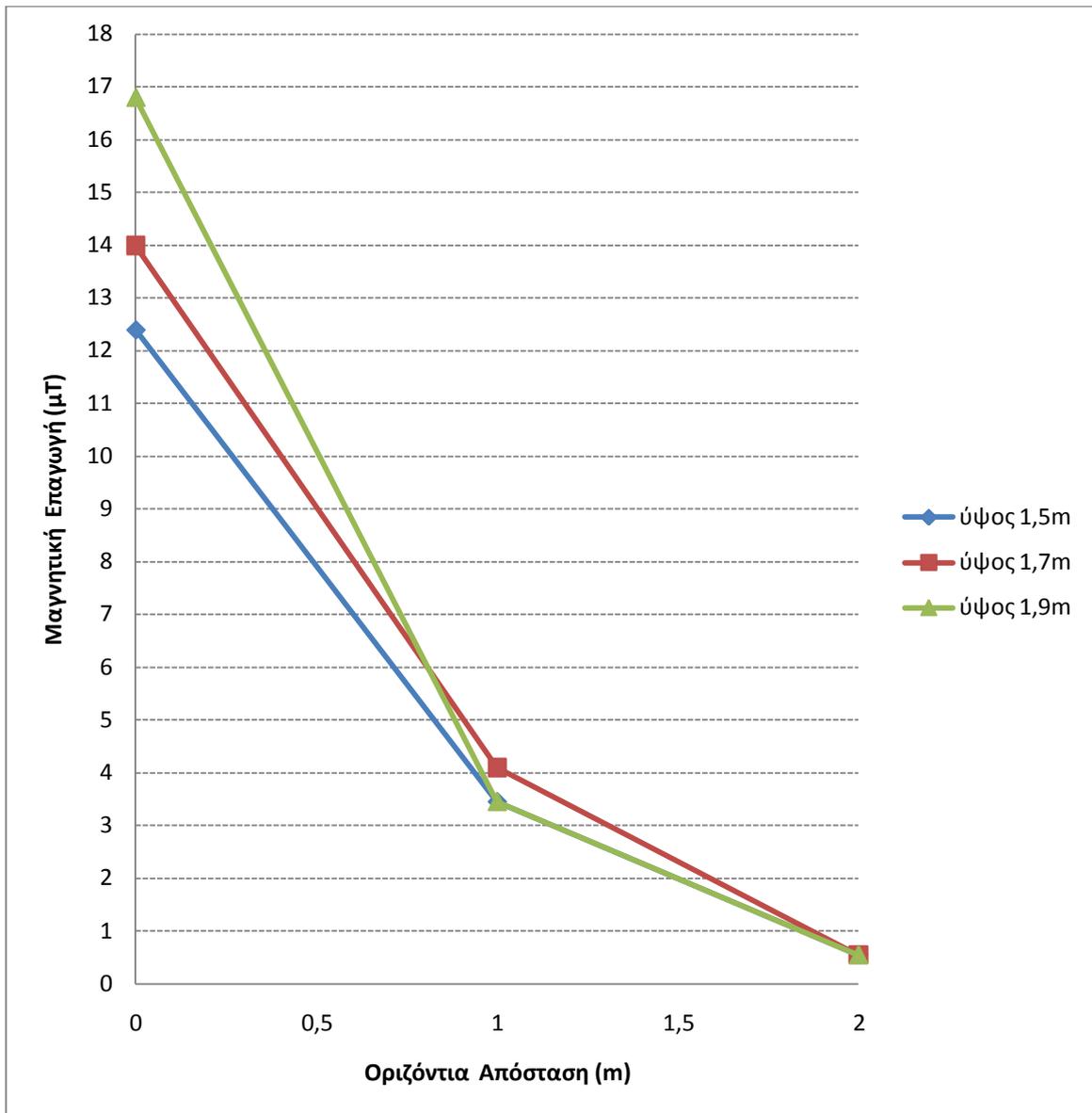
Ακολουθούν οι μετρούμενες τιμές των πεδίων:

➤ Ένταση ηλεκτρικού πεδίου: 0 V/m για οριζόντιες αποστάσεις (0,1,2)m και ύψη (1.5,1.7,1.9)m.

➤ Μετρήσεις μαγνητικού πεδίου:

	ύψος 1.5μ	ύψος 1.7m	ύψος 1.9m
απόσταση 0m	12,40	14,00	16,80
απόσταση 1m	3,45	4,10	3,45
απόσταση 2m	0,55	0,55	0,55

**Πίνακας 3.1.3- 10:** Μαγνητική επαγωγή σε  $\mu\text{T}$



Σχήμα 3.1.3 - 10: Γραφική παράσταση μαγνητικού πεδίου υποσταθμού Νο.29.

### **2. Επεξεργασία και συμπεράσματα επί των μετρήσεων**

**Για το Ηλεκτρικό πεδίο:** Σε όλους τους υποσταθμούς μετρήσαμε μηδενική τιμή για την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου. Αυτή η τιμή ήταν αναμενόμενη διότι το ηλεκτρικό πεδίο εξαρτάται από την απόσταση από την πηγή, όπου και στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι περίπου 5m πάνω από την ανώτατη θέση των μετρήσεων (1.9m από το έδαφος).

**Για το μαγνητικό πεδίο:** Οι μέγιστες τιμές της μαγνητικής επαγωγής μετρήθηκαν στους περισσότερους υποσταθμούς ακριβώς μπροστά από τον πίνακα διανομής. Επειδή οι υποσταθμοί βρίσκονται σε δημόσιους χώρους άρα το όριο έκθεσης σε αυτή την περίπτωση καθορίζεται στα 100μΤ.

Στην Περιοχή 1, δεν ξεπεράστηκε η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής για δημόσια έκθεση. Στον υποσταθμό Νο.4. μετρήθηκε η μέγιστη τιμή μαγνητικής επαγωγής στα 34,95 μΤ μπροστά ακριβώς στον πίνακα διανομής και για ύψος 1.7m. Επίσης είναι εντυπωσιακή η μείωση του πεδίου για τις υπόλοιπες μετρήσεις του ίδιου υποσταθμού.

Στην Περιοχή 2 σε κανένα υποσταθμό δεν ξεπεράστηκε το επιτρεπτό όριο μέτρησης. Η μέγιστη τιμή μαγνητικής επαγωγής εμφανίστηκε στον υποσταθμό Νο.8. στα 23,20 μΤ για ύψος 1,5m και απόσταση 0m.

Τέλος και στην Περιοχή 3 όλες οι μετρήσεις ήταν εντός του ορίου έκθεσης και η μέγιστη τιμή εμφανίστηκε στον υποσταθμό Νο.25. στα 32,4 μΤ σε ύψος 1,7m και απόσταση 0m.

Επομένως μετά από μετρήσεις σε 29 υποσταθμούς τύπου διστήλου συμπεραίνουμε ότι δεν παρουσιάζονται τιμές μαγνητικής επαγωγής μεγαλύτερες από τα όρια δημόσιας έκθεσης.

## Παράρτημα Α

### Το όργανο μέτρησης EMDEX II :

#### **A1. Μετρητής μαγνητικού πεδίου**



Το EMDEX II είναι ένα ισχυρό σύστημα μέτρησης μαγνητικού πεδίου το οποίο αποτελείται από ένα μικροϋπολογιστή 8-bit 512kb RAM βασισμένο στην πρότυπη EPRI συχνότητα ισχύος για την καταγραφή εκτιθέμενων μαγνητικών πεδίων. Το συγκεκριμένο μοντέλο έχει τη δυνατότητα μέτρησης πεδίων από 4mG έως 120G. Επίσης το συγκεκριμένο όργανο είναι σχεδιασμένο να μετρά μαγνητικά πεδία εναλλασσόμενου ρεύματος, συχνοτήτων 40 έως 800 Hz και μπορεί αυτόματα να απορρίπτει το μαγνητικό πεδίο της γης.

Το EMDEX II και το λογισμικό πακέτο EMCALC μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ερευνητικά προγράμματα, καθώς και γενικά σε μετρήσεις της συχνότητα ισχύος μαγνητικών πεδίων. Τα καταγεγραμμένα επίπεδα πεδίων του EMDEX II βασίζονται στις παραμέτρους οι οποίες καθορίζονται από το χρήστη και τα αποτελέσματα μπορούν να αποθηκευτούν σε έναν προσωπικό υπολογιστή και να αναλυθούν με ευκολία. Το συγκεκριμένο όργανο μέτρησης έχει τη δυνατότητα να αποθηκεύσει στη μνήμη του μέχρι και είκοσι ξεχωριστά sets μετρήσεων για αρκετές ημέρες λόγω αυτονομίας από την μπαταρία των 9V. Το σύστημα περιλαμβάνει ένα καλώδιο

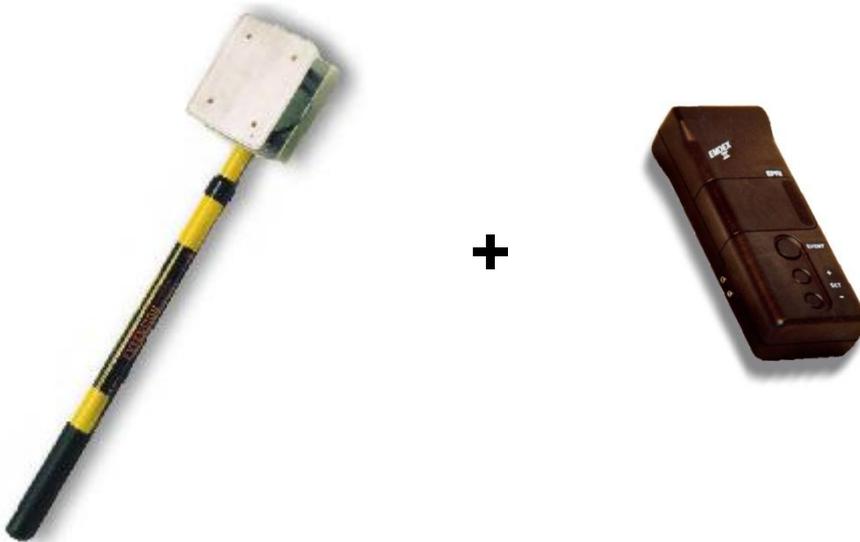
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

---

μεταφοράς δεδομένων και το λογισμικό EMCALC για τη μεταφορά, την αποθήκευση και την ανάλυση των μετρήσεων σε προσωπικό υπολογιστή.

Βασική προϋπόθεση για την ομαλή λειτουργία του οργάνου είναι να γίνεται αλλαγή μπαταρίας όταν η φόρτιση της (υπάρχει ένδειξη φόρτισης σε % στο display) γίνει χαμηλότερη του 40%.

### **A2. Μετρητής ηλεκτρικού πεδίου**



Για την μέτρηση του ηλεκτρικού πεδίου χρησιμοποιείται το EMDEX II Probe Ηλεκτρικού Πεδίου ή e-Probe εν συντομία, το οποίο σε συνδυασμό με τον μετρητή EMDEX II (ο οποίος τοποθετείται σε ειδική θέση εσωτερικά του επιπέδου των πλακών στο άκρο του e-Probe) και το βύσμα «AUX» πλευρικά του οργάνου, έτσι ώστε η διάταξη συνολικά να μετρά και να απεικονίζει σε συχνότητα ισχύος (50 και 60Hz) την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου.

Η μέτρηση της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου είναι διαφορετική από τη μέτρηση του μαγνητικού πεδίου. Σε μια περιοχή μέτρησης τα περισσότερα αντικείμενα, όπως υλικά και ζώντα αντικείμενα, παραποιούν τις τιμές του ηλεκτρικού πεδίου. Έτσι, το E-Probe δεν πρέπει να έρχεται σε επαφή με οποιοδήποτε αντικείμενο και κυρίως με το ανθρώπινο σώμα αλλιώς αλλοιώνονται οι μετρήσεις του ηλεκτρικού πεδίου. Για το λόγο αυτό, το E-Probe αποτελείται από μια κατασκευή

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

---

με φαϊμπεργκλας έτσι ώστε να απομονώνεται ο χρήστης από τον αισθητήρα μέτρησης της διάταξης. Γενικά, για την ομαλή λειτουργία της διάταξης μέτρησης θα πρέπει να διασφαλίζεται μια απόσταση ασφαλείας έτσι ώστε να μην προκληθεί φθορά στο όργανο και κατ' επέκταση στον χρήστη. Το E-Probe είναι συνδεδεμένο με ένα κοντάρι κατασκευασμένο από φαϊμπεργκλας με λαβή στην άλλη άκρη. Το EMDEX II τοποθετείται μεταξύ των δύο πλακών του αισθητήρα του E-Probe και συνδέεται με αυτές μέσω εξωτερικού καλωδίου.

### **A3. Σύντομη περιγραφή της λειτουργίας και του χειρισμού του οργάνου.**

Ο χειρισμός του οργάνου είναι πολύ απλός και με το πάτημα τριών μόνο πλήκτρων των: + , - και EVENT μπορούμε εύκολα να επιλέξουμε τρόπο μέτρησης, μαρκάρισμα συγκεκριμένων μετρήσεων, και μεταφορά των μετρήσεων στον προσωπικό μας υπολογιστή για απεικόνιση , αποθήκευση και ανάλυση.

Οι παράμετροι οι οποίοι χρήζουν ρυθμίσεις είναι οι παρακάτω (με το πάτημα των τριών πλήκτρων + , - και EVENT γίνονται οι ρυθμίσεις):

Αρχικά τοποθετούμε το διακόπτη στην θέση ON όπου το όργανο αυτομάτως ελέγχει τα κυκλώματα του κάνοντας ένα εσωτερικό διαγνωστικό test και εφόσον δεν υπάρχουν λάθη εμφανίζεται η ένδειξη STANDBY όπου το όργανο περιμένει οδηγίες λειτουργίας ή δεδομένα από υπολογιστή. Σε αντίθετη περίπτωση όπου υπάρξουν λάθη εμφανίζονται στην οθόνη του οργάνου τα αντίστοιχα μηνύματα για τις απαιτούμενες διορθώσεις και εύκολα με την χρήση των τριών πλήκτρων τα επιλύουμε.

Με το πάτημα του κουμπιού EVENT γίνεται αυτόματα η είσοδος στο μενού του οργάνου όπου πατώντας + ή - εμφανίζονται οι παράμετροι οι οποίες θέλουμε να ρυθμίσουμε και πατάμε EVENT για την είσοδο σε κάθε μία από αυτές όπου και κάνουμε τις απαραίτητες επιλογές των χαρακτηριστικών της παραμέτρου.

Ελέγχουμε το status της μπαταρίας. Ρυθμίζουμε το ρυθμό μέτρησης ή ρυθμό της δειγματοληψίας από 1.5 έως 300 sec, στην συγκεκριμένη περίπτωση επιλέγουμε για την μέτρηση του μαγνητικού πεδίου 1.5sec διότι μετράμε για κάθε απόσταση από τον υποσταθμό σε τρία συγκεκριμένα ύψη όπου οι τιμές των πεδίων

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

---

παραμένουν σε κάθε περίπτωση σχετικά αμετάβλητες για οποιαδήποτε τιμή ρυθμού επιλέξουμε.

Στην συνέχεια ρυθμίζουμε το μετρούμενο εύρος συχνότητας. Ο συγκεκριμένος τύπος οργάνου έχει δύο επιλογές ως προς το εύρος συχνοτήτων δηλαδή: για απόκριση ευρείας ζώνης broadband από 40 – 800 Hz και για απόκριση αρμονικών harmonic σημάτων από 100-800 Hz. Η επιλογή μεταξύ των δύο συχνοτήτων γίνεται με την είσοδο από το μενού από στο BANDWIDTH όπου το όργανο δείχνει την τρέχουσα επιλογή: broadband ή bb & har. Αν η επιλογή η οποία απεικονίζεται είναι η επιθυμητή, τότε πατώντας EVENT τελειώνει η ρύθμιση μας. Στην περίπτωση μας όμως και για τις δύο επιλογές παρατηρήσαμε την μέτρηση ίδιων τιμών πεδίου.

Στη συνέχεια από το μενού επιλέγουμε με την επιλογή OP MODE, με την οποία καθορίζουμε αν οι μετρήσεις αποθηκεύονται (normal) ή απλά απεικονίζονται (survey) στην οθόνη.

Επίσης, με την επιλογή STORAGE του μενού καθορίζουμε το είδος των δεδομένων που αποθηκεύονται στο όργανο. Οι πιθανές επιλογές είναι: resultant: μετρά την συνισταμένη της έντασης του μαγνητικού πεδίου, rslt&E: μετρά την συνισταμένη της έντασης του μαγνητικού και του ηλεκτρικού πεδίου, rslt,xyz: μετρά την συνισταμένη της έντασης του μαγνητικού πεδίου και τις x,y,z συνιστώσες.

Με την είσοδο μας στην επιλογή STATUS μπορούμε να δούμε γενικά σταθερά στοιχεία για το όργανο όπως: bat<% την υπολειπόμενη φόρτιση μπαταρίας, type<7>: ο τύπος του οργάνου, mem<% την υπολειπόμενη μνήμη, ver την έκδοση του προγράμματος και <n>KRAM την συνολική μνήμη του οργάνου σε Kbytes (512) μονάδες = mG, G,μT,mT.

Τέλος με το πάτημα του πλήκτρου RUN αρχίζει η διαδικασία των μετρήσεων του πεδίου.

Οι συλλογή των δεδομένων μπορεί να αρχίσει και να τελειώσει μέχρι και είκοσι φορές πριν χρειαστεί μεταφορά δεδομένων στον προσωπικό υπολογιστή. Μετά το τέλος κάθε set μετρήσεων το όργανο επιστρέφει στην κατάσταση STANDBY που και μένει σε αναμονή για τρία λεπτά πριν σβήσει τελείως.

Στην μέτρηση του ηλεκτρικού πεδίου, κάνουμε χρήση όπως ήδη έχουμε αναφέρει του συνδυασμού του οργάνου μέτρησης και του αισθητήρα μέτρησης του ηλεκτρικού πεδίου. Επιλέγουμε στο μενού STORAGE και επιλέγουμε rslt&E, στη συνέχεια επιλέγουμε όποια από τα μεγέθη έχουν σχέση με την μέτρηση και τις ποσότητες τις οποίες θέλουμε να εμφανίζονται στην οθόνη (κάνουμε ακριβώς τα ίδια

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

---

βήματα που περιγράψαμε προηγουμένως). Τοποθετούμε το βύσμα της διάταξης μέτρησης στο όργανο και με την επιλογή RUN αρχίζει η μέτρηση της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Π. Δ. Μπούρκας. Εφαρμογές κτιριακών και βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Εκδόσεις Ε.Μ.Π.
- [2] Ι. Λ. Βομβορίδης. Σημειώσεις Ηλεκτρομαγνητικών Πεδίων Ι. Εκδόσεις Ε.Μ.Π.
- [3] Δ.Ν. Διαμαντόπουλος. Μεταφορά και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας. Εκδόσεις ΟΕΔΒ
- [4] Π.Γ.Μιχάλης. Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Εκδόσεις ΙΩΝ
- [5] ICNIRP GUIDELINES: Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300GHz)
- [6] I. Said. University Tenaga National. Measurement of magnetic field from distribution substation in Malaysia. Website.
- [7] A.S.Safigianni. IEEE. Transaction on Power Delivery, vol.20, No.3 July 2005
- [8] Shun-Li Lu. IEEE. Transaction on Power Delivery, vol.14, No.4 October 1999
- [9] Eric Chihming Tsai.Cheng Kung University.Μέτρηση μαγνητικού πεδίου σε υποσταθμό 69kV. Website