

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
1402

**«Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και σύγχρονη
καθημερινότητα - Πειραματισμός και μετρήσεις με
το όργανο HIOKI Magnetic Field HiTester»**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΚΑΤΣΟΥΛΙΕΡΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ
ΠΑΤΣΟΥΡΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΠΙΣΔΟΥΝΗΣ ΛΑΜΠΡΟΣ

ΠΑΤΡΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2014

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Πρόλογος	1
1.2 Η αναγκαιότητα θεωρητικής και πειραματικής προσέγγισης του φαινομένου της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας	2
1.2.1 Είδη και Πηγές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην καθημερινότητα.....	2
1.2.2 Μηχανισμός δράσης του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου στον άνθρωπο	4
1.2.3 Ιστορική αναδρομή των ερευνών σχετικά με την επίδραση του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου στον άνθρωπο	6
1.2.4 Αποτελέσματα της έκθεσης στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία για την ανθρώπινη υγεία.....	8
1.2.4.1 Παρατηρήσεις από την επισκόπηση των προαναφερόμενων μελετών και ερευνών.....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ.....	14
2.1 Ορισμός του φαινομένου.....	14
2.1.1 Ηλεκτρομαγνητικά πεδία.....	14
2.1.1.1 Ηλεκτρικό Πεδίο	14
2.1.1.2 Μαγνητικό Πεδίο.....	15
2.1.1.3 Βασικά μεγέθη μέτρησης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας	16
2.2 Ποιότητα των μετρήσεων	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	18
3.1 Οδηγίες σε κοινοτικό και εγχώριο επίπεδο	18
3.2 Όρια επικινδυνότητας.....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	24
4.1 Ανίχνευση - Μέτρηση Μαγνητικού Πεδίου.....	24
4.1.1 Αισθητήρας Hall.....	24
4.1.2 Μαγνητόμετρο	25
4.1.3 Διαθέσιμες Τεχνολογίες	25
4.1.4 Παραδείγματα διαθέσιμων μετρητών ηλεκτρομαγνητικού πεδίου.....	27
4.2 Ηλεκτρομαγνητική Θωράκιση	30
4.3 Ηλεκτρομαγνητική Συμβατότητα.....	33

4.4 Παραδείγματα μετρήσεων	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΟΡΓΑΝΟΥ ΜΕΤΡΗΣΗΣ.....	40
5.1 Περιγραφή χρησιμοποιούμενου οργάνου.....	40
5.1.1 Παράδειγμα μέτρησης	40
5.1.2 Κουμπιά Λειτουργιών	42
5.1.3 Οθόνη του οργάνου	43
5.1.4 Χρησιμοποιούμενοι αισθητήρες του οργάνου	44
5.1.5 Μετρούμενες μεταβλητές	45
5.1.6 Οθόνες ελέγχου κατά την προετοιμασία του οργάνου	46
5.2 Διαδικασία Μέτρησης	48
5.2.1 Μέτρηση πυκνότητας μαγνητική ροής.....	48
5.2.2 Μέτρηση επιπέδου έκθεσης (μετρήσεις για το κοινό)	49
5.2.3 Μέτρηση επιπέδου έκθεσης (μετρήσεις για επαγγελματίες).....	51
5.3 Άλλες λειτουργίες.....	52
5.3.1 Έλεγχος και διαγραφή αποθηκευμένων δεδομένων.....	52
5.3.2 Επαναφορά στις εργοστασιακές ρυθμίσεις	53
5.4 Μετρήσεις με τη χρήση PC	54
5.4.1 Γραφική αναπαράσταση των μετρούμενων τιμών	54
5.4.2 Μεταφορά αποθηκευμένων δεδομένων	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.....	57
6.1 Η εξέλιξη προς τη σύγχρονη μορφή του συστήματος.....	57
6.2 Στατιστικά στοιχεία	58
6.3 Διάρθρωση του συστήματος.....	59
6.3.1 Τα βασικά στοιχεία του συστήματος.....	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	71
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	79
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	80

Λίστα Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Πεδιακές εντάσεις διαφόρων πηγών ως συνάρτηση της απόστασης x από τον άξονα των πηγών (για εναέριες γραμμές και σιδηροδρόμους τα πεδία αναφέρονται σε ύψος 1 από το έδαφος και σε απόσταση x από τον άξονα της εναέριας γραμμής) [72]	5
Διάγραμμα 2: Θραύσεις αλυσίδων DNA κάτω από την επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας [5]	9
Διάγραμμα 3: Αριθμός καταχωρημένων δημοσιεύσεων σε επιστημονικά περιοδικά που αφορούν τις επιδράσεις των ηλεκτρικών, μαγνητικών και ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην υγεία ανά έτος [72]	12
Διάγραμμα 4: Βασική οριακή τιμή για την πυκνότητα ρεύματος στο ανθρώπινο σώμα έως 10 MHz σύμφωνα με τη σύσταση του Συμβουλίου της Ε.Ε. 1999/519/EK [19].....	22
Διάγραμμα 5: Οριακή τιμή αναφοράς για την πυκνότητα ισχύος ακτινοβολίας έως 300 GHz που ισχύουν για το "ευρύ κοινό" σύμφωνα με τη σύσταση του Συμβουλίου της Ε.Ε. 1999/519/EK [19].....	23
Διάγραμμα 6: Διάγραμμα θωράκισης με τη χρήση υφάσματος μαγνητικής θωράκισης τύπου Naturell [18]	31
Διάγραμμα 7: Διάγραμμα θωράκισης με τη χρήση μπογιάς τύπου HSF55 της εταιρείας Yshield [18]	32
Διάγραμμα 8: Διάγραμμα θωράκισης με τη χρήση πλέγματος από ανοξείδωτο ατσάλι τύπου HEG10 [18]	33
Διάγραμμα 9: Διαδικασία Μέτρησης	48
Διάγραμμα 10: Παράδειγμα γραφικής αναπαράστασης μέτρησης πυκνότητας μαγνητικής ροής	55
Διάγραμμα 11: Παράδειγμα γραφικής αναπαράστασης μέτρησης επιπέδου έκθεσης (για κοινό και επαγγελματίες).....	56
Διάγραμμα 12: Χρονική εξέλιξη της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας και καταμερισμός καυσίμων για την παραγωγή αυτής στην Ελλάδα [64]	58
Διάγραμμα 13: Διαμοιρασμός ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές στην Ελλάδα [64].....	59
Διάγραμμα 14: Μονογραμμικό διάγραμμα υποσταθμού μέσης τάσης (καταναλωτή) [71].....	69

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1: Αντιστοιχία μεταξύ ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου [9].....	16
Πίνακας 2: Βασικοί περιορισμοί για ηλεκτρικά, μαγνητικά & ηλεκτρομαγνητικά πεδία (0 Hz – 300GHz) για τον γενικό πληθυσμό [21,23].....	19
Πίνακας 3: Επίπεδα αναφοράς για ηλεκτρικά, μαγνητικά & ηλεκτρομαγνητικά πεδία (0 Hz – 300 GHz) για το γενικό πληθυσμό [21.23]	20
Πίνακας 4: Όρια ασφαλούς έκθεσης του γενικού πληθυσμού και των εργαζομένων στη συχνότητα 50Hz του δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας σε εγχώριο επίπεδο [21]	20
Πίνακας 5: Επισκόπηση ορίων ασφαλείας πυκνότητας ισχύος (S) ηλεκτρομαγνητικών πεδίων υψηλών συχνοτήτων σύμφωνα με μελέτες διάφορων οργανισμών [18, 28-30]	20
Πίνακας 6: Επισκόπηση ορίων ασφαλείας πυκνότητας ροής μαγνητικού πεδίου (B) εναλλασσόμενου ρεύματος (50Hz) σύμφωνα με μελέτες διάφορων οργανισμών (χαμηλές συχνότητες) [18, 28-31].....	21
Πίνακας 7: Επισκόπηση ορίων ασφαλείας πυκνότητας ροής μαγνητικού πεδίου (B) εναλλασσόμενου ρεύματος (50Hz) σύμφωνα με μελέτες διάφορων οργανισμών (χαμηλές συχνότητες) [18, 28-31].....	21
Πίνακας 8: Διαθέσιμες τεχνολογίες μαγνητικών αισθητήρων [14-17].....	26
Πίνακας 9: Παραδείγματα διαθέσιμων μετρητών Η/Μ πεδίου [18,26]	29
Πίνακας 10: Μετρήσεις της Διεύθυνσης Μελετών Κατασκευών Λειτουργίας Εγκαταστάσεων Διανομής της ΔΕΗ στο δίκτυο της στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας [7]	35
Πίνακας 11: Μετρήσεις της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας στο δίκτυο της ΔΕΗ στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας [24].....	35
Πίνακας 12: Μετρήσεις της Διεύθυνσης Μελετών Κατασκευών Λειτουργίας Εγκαταστάσεων Διανομής της ΔΕΗ σε κοινόχρηστους χώρους [7]	36
Πίνακας 13: Προκαλούμενα μαγνητικά πεδία από συνήθεις οικιακές συσκευές σύμφωνα με μετρήσεις της Διεύθυνσης Μελετών Κατασκευών Λειτουργίας Εγκαταστάσεων Διανομής της ΔΕΗ [7].....	38
Πίνακας 14: Προκαλούμενα μαγνητικά πεδία από συνήθεις οικιακές συσκευές σύμφωνα με μετρήσεις της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας [24].....	39
Πίνακας 15: Περιγραφή κουμπιών λειτουργιών του οργάνου	42
Πίνακας 16: Περιγραφή των διαφόρων ενδείξεων του οργάνου	44

Πίνακας 17: Οθόνες ελέγχου για την προετοιμασία του οργάνου	47
Πίνακας 18: Εργοστασιακές ρυθμίσεις του οργάνου	53
Πίνακας 19: Ατμοηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής Ελλάδας [62].....	62
Πίνακας 20: Αυτόνομοι σταθμοί παραγωγής Ελλάδας [62]	63
Πίνακας 21: Υδροηλεκτρικοί σταθμοί Ελλάδας [62].....	64

Λίστα Εικόνων

Εικόνα 1: Είδη και πηγές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας [1, τροποποιημένο].....	3
Εικόνα 2: Παρουσία ανθρώπου σε ομογενές ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο [33].....	6
Εικόνα 3: Διαφορά απορρόφησης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από εγκέφαλο παιδιού σε σχέση με ενήλικα [3]	9
Εικόνα 4: Κατάρρευση του προστατευτικού φραγμού αίματος – εγκεφάλου ποντικών από ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία [6].....	10
Εικόνα 5: Ηλεκτρομαγνητικό Κύμα [8]	15
Εικόνα 6: Το φαινόμενο Hall [12].....	24
Εικόνα 7: Εμπορική μορφή ενός αισθητήρα Hall [11].....	25
Εικόνα 8: Αρχή λειτουργίας του μαγνητομέτρου [14].....	25
Εικόνα 9: Πλέγμα ηλεκτρομαγνητικής θωράκισης από ανοξείδωτο ατσάλι διαφορετικής πλέξης [18]	32
Εικόνα 10: Μετρήσεις μαγνητικών πεδίων σε οικία τριών Υ/Δ από την Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας [24]	37
Εικόνα 11: Πραγματοποίηση δοκιμαστικής μέτρησης	40
Εικόνα 12: Εμπρόσθια όψη	41
Εικόνα 13: Οπίσθια όψη.....	41
Εικόνα 14: Περιοχή κουμπιών λειτουργιών του οργάνου.....	43
Εικόνα 15: Η οθόνη του οργάνου.....	43
Εικόνα 16: Αισθητήρας 3471 και οι άξονες μέτρησής του	45
Εικόνα 17: Αισθητήρας 3472 και οι άξονες μέτρησής του	45
Εικόνα 18: Οθόνη μέτρησης της πυκνότητας μαγνητικής ροής	49
Εικόνα 19: Οθόνη μέτρησης Επιπέδου Έκθεσης (για το κοινό)	50
Εικόνα 20: Τοποθέτηση αισθητήρα για μέτρηση Επιπέδου Έκθεσης (για το κοινό)	50

Εικόνα 21: Οθόνη επιλογής Slow Function	51
Εικόνα 22: Οθόνη μέτρησης Επιπέδου Έκθεσης (για επαγγελματίες).....	51
Εικόνα 23: Μετακίνηση στα αποθηκευμένα δεδομένα.....	52
Εικόνα 24: Διαγραφή της τιμής που βρίσκεται ψηλότερα στη λίστα αποθήκευσης.....	52
Εικόνα 25: Γραφική αναπαράσταση μετρήσεων.....	54
Εικόνα 26: Χάρτης σταθμών παραγωγής [62]	60
Εικόνα 27: Χάρτης ηλεκτρικού δικτύου [62].....	61
Εικόνα 28: Διαδικασία διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας από τον τόπο παραγωγής στην κατανάλωσή της	65
Εικόνα 29: Γραμμές μεταφοράς χαμηλής τάσης [70]	66
Εικόνα 30: Υποσταθμός ένωσης δικτύου υψηλής και χαμηλής τάσης [70]	67
Εικόνα 31: Γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης [70].....	67
Εικόνα 32: Υποσταθμός Μέσης Τάσης: (1) Πίνακας Μέσης Τάσης (2) Μετασχηματιστής Μέσης Τάσης (3) Πίνακας Χαμηλής Τάσης [71].....	68

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Πρόλογος

Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας που είναι η μέτρηση φαινομένων ύπαρξης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και έκθεσης σε αυτήν μέσα από πειράματα που θα πραγματοποιηθούν με το αντίστοιχο όργανο Magnetic Field HiTester (μοντέλο 3470 της εταιρίας ΗΙΟΚΙ), είναι τόσο σημαντικό όσο και πολυσύνθετο. Η σημασία του έγκειται στην άμεση σχέση του με την ανθρώπινη δραστηριότητα και κατ' επέκταση με την ανθρώπινη ζωή, αφού απώτερος στόχος των πειραμάτων είναι να προσδιορισθούν επικίνδυνες πηγές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που έχουν άμεση σχέση με την ανθρώπινη υγεία, ενώ η πολυπλοκότητά του αφορά στο ότι αποτελεί τη συνισταμένη πολλών και διαφορετικών συνιστωσών, όπως η θεωρητική προσέγγιση του φαινομένου, οι πειραματικές δοκιμές και το πώς αυτά αλληλοεπιβεβαιώνονται.

Η μελέτη άλλωστε του φυσικού φαινομένου της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και η ταχεία επισκόπηση των πηγών της σε καθημερινές δραστηριότητες οδηγεί εύκολα στη διαπίστωση πως πρόκειται για ζήτημα το οποίο δεν «κινείται στη σφαίρα του φανταστικού» αλλά άπτεται της καθημερινότητας. Η προστασία του ύψιστου αγαθού της ανθρώπινης υγείας επιβάλλει την ενασχόληση με το συγκεκριμένο ζήτημα, την κατανόησή του και την αναγνώριση της χρησιμότητας αυτού του είδους των μετρήσεων.

Η διάρθρωση της παρούσας εργασίας συνοψίζεται στις εξής ενότητες: Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή σχετικά με το σκοπό, το αντικείμενο και τη δομή της. Ταυτόχρονα, επισημαίνεται η αναγκαιότητα θεωρητικής αλλά και πειραματικής προσέγγισης του φαινομένου της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με την επισκόπηση των εν δυνάμει πηγών της αλλά και των, έτσι ειδών στα οποία κατηγοριοποιείται όπως αυτές μπορούν να εντοπιστούν σε απλές καθημερινές δραστηριότητες. Ταυτόχρονα επισημαίνονται οι επιδράσεις που μπορεί να έχει στην ανθρώπινη υγεία η ανεξέλεγκτη έκθεση σε αυτή.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναλύεται θεωρητικά το σύνολο του φαινομένου της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, δίνοντας τον ορισμό του και εξηγώντας βασικές παραμέτρους που το εκφράζουν, όπως η ένταση του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου. Επίσης, καταγράφεται το θεωρητικό πλαίσιο ποιότητας κάθε διαδικασίας μετρήσεων αυτού του είδους και επομένως αυτών που θα πραγματοποιηθούν με το αντίστοιχο όργανο στην παρούσα εργασία.

Στο τρίτο κεφάλαιο καταγράφεται το νομικό πλαίσιο που σχετίζεται με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έτσι όπως έχει δομηθεί σύμφωνα με τις εκδοθείσες οδηγίες σε ευρωπαϊκό, κοινοτικό και εγχώριο επίπεδο, επισημαίνοντας τα επικίνδυνα κατά περίπτωση όρια.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η διαδικασία προστασίας έναντι της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (υπάρχουσες οδηγίες ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας και υφιστάμενες τεχνικές θωράκισης).

Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφεται διεξοδικά το χρησιμοποιούμενο όργανο μετρήσεων, ενώ στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία του ελληνικού συστήματος ηλεκτροπαραγωγής και του δικτύου μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας, έτσι ώστε να γίνει ευκολότερα αντιληπτός ο προς μέτρηση τομέας κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας. Στο έβδομο κεφάλαιο αναλύεται τόσο την πειραματική διαδικασία όσο και τα αποτελέσματά της.

Στο όγδοο κεφάλαιο αναγνωρίζονται οι προβληματισμοί σχετικά με το συγκεκριμένο ζήτημα και ταυτόχρονα καταγράφονται συγκεκριμένα συμπεράσματα και προτάσεις με βάση όλα όσα έχουν παρατεθεί στις προηγούμενες ενότητες της εργασίας, ανιχνεύοντας τις προοπτικές μελλοντικής ανάπτυξης, αλλά και συγκρίνοντας θεωρητικά μεγέθη και πειραματικά αποτελέσματα.

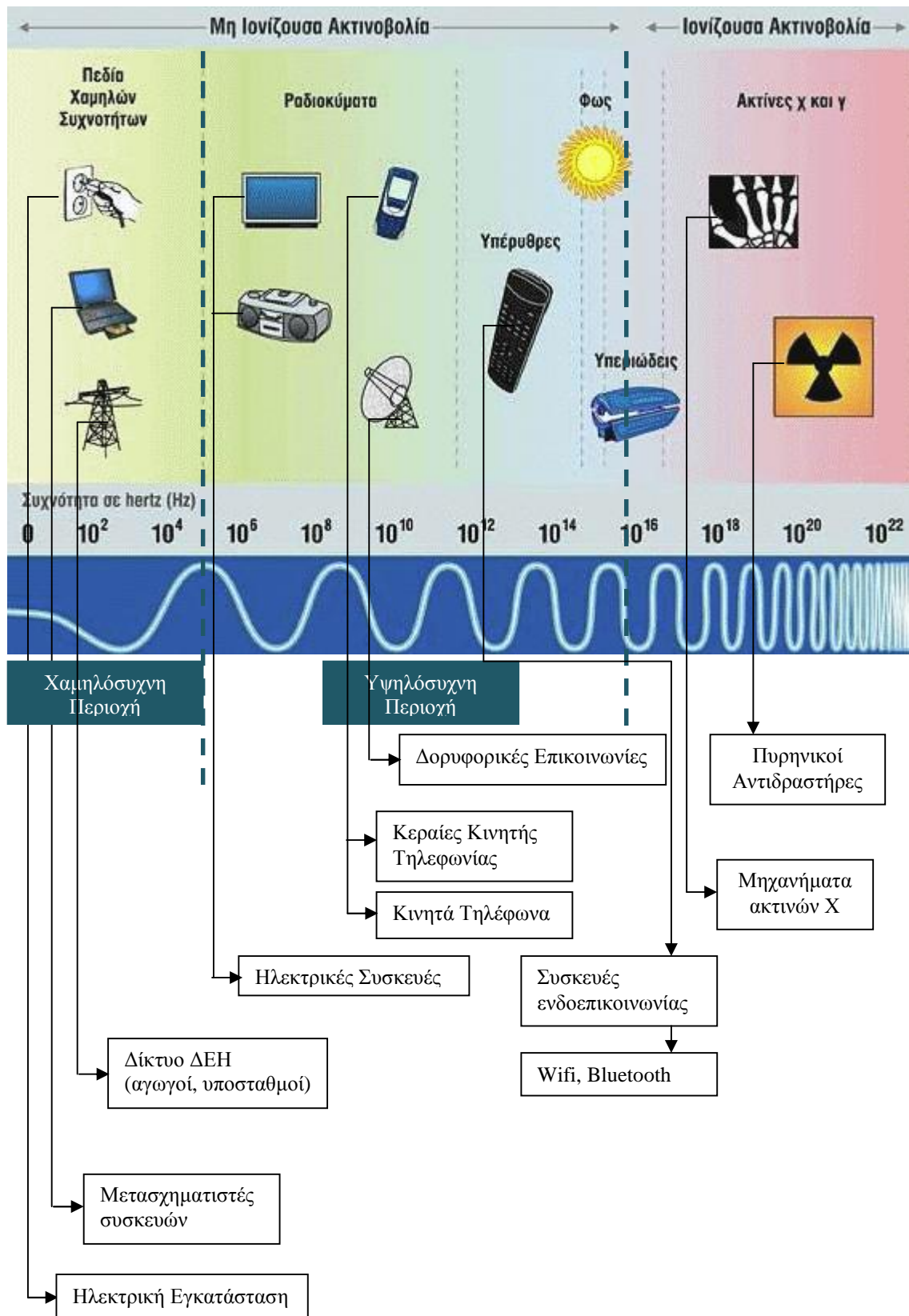
Τέλος, στο παράρτημα αναφέρονται όλες εκείνες οι τεχνικές λεπτομέρειες και προδιαγραφές που αφορούν στα προαναφερόμενα και ειδικότερα στο χρησιμοποιούμενο όργανο μέτρησης. Η εργασία ολοκληρώνεται με την καταγραφή όλων εκείνων των βιβλίων – άρθρων που χρησιμοποιήθηκαν και αποτέλεσαν τη βάση για την εκπόνηση της παρούσας μελέτης.

1.2 Η αναγκαιότητα θεωρητικής και πειραματικής προσέγγισης του φαινομένου της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

1.2.1 Είδη και Πηγές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην καθημερινότητα

Βασικό μέγεθος διάκρισης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας αποτελεί η συχνότητά της (η οποία μετράται σε Hz (δηλαδή ταλαντώσεις ή κύκλους ανά δευτερόλεπτο). Η χρήση του μήκους κύματος αποτελεί ουσιαστικά το ίδιο μέτρο κατηγοριοποίησης αφού μήκος κύματος και συχνότητα είναι μεγέθη αντιστρόφως ανάλογα. Το επίπεδο της συχνότητας της εκάστοτε ακτινοβολίας είναι εκείνο που καθορίζει αν η ακτινοβολία «κουβαλά» μεγάλα ποσά ενέργειας και μπορεί να προκαλέσει ιονισμό των μορίων (διάσπαση χημικών δεσμών). Με βάση λοιπόν το συγκεκριμένο κριτήριο, η ακτινοβολία μπορεί να κατηγοριοποιηθεί όπως απεικονίζεται στην ακόλουθη εικόνα, στην οποία αναγράφονται και οι σχετικές με την κάθε κατηγορία πηγές ακτινοβολίας. Οι δύο κύριες κατηγορίες είναι αυτές της ιονίζουσας και μη ακτινοβολίας, με τη δεύτερη να διακρίνεται περαιτέρω σε αυτές της χαμηλόσυχνης και της υψηλόσυχνης περιοχής. Στην ακόλουθη εικόνα (<http://aktinovolgia.net>) και σε κάθε περιοχή συχνοτήτων καταγράφονται οι αντίστοιχες κυριότερες πηγές ακτινοβολίας.

Με μια απλή επισκόπηση της ακόλουθης εικόνας, εύκολα προκύπτει το συμπέρασμα πως η ηλεκτρονική ακτινοβολία είναι παρούσα σε κάθε πτυχή της καθημερινότητας, αφού ένα σύνολο φυσικών και τεχνητών πηγών περιβάλλουν συνεχώς τον άνθρωπο. Η ενημέρωση λοιπόν σε ζητήματα που άπτονται της σωστής της χρήσης και της προστασίας από αυτή, αποτελεί επιτακτική ανάγκη.



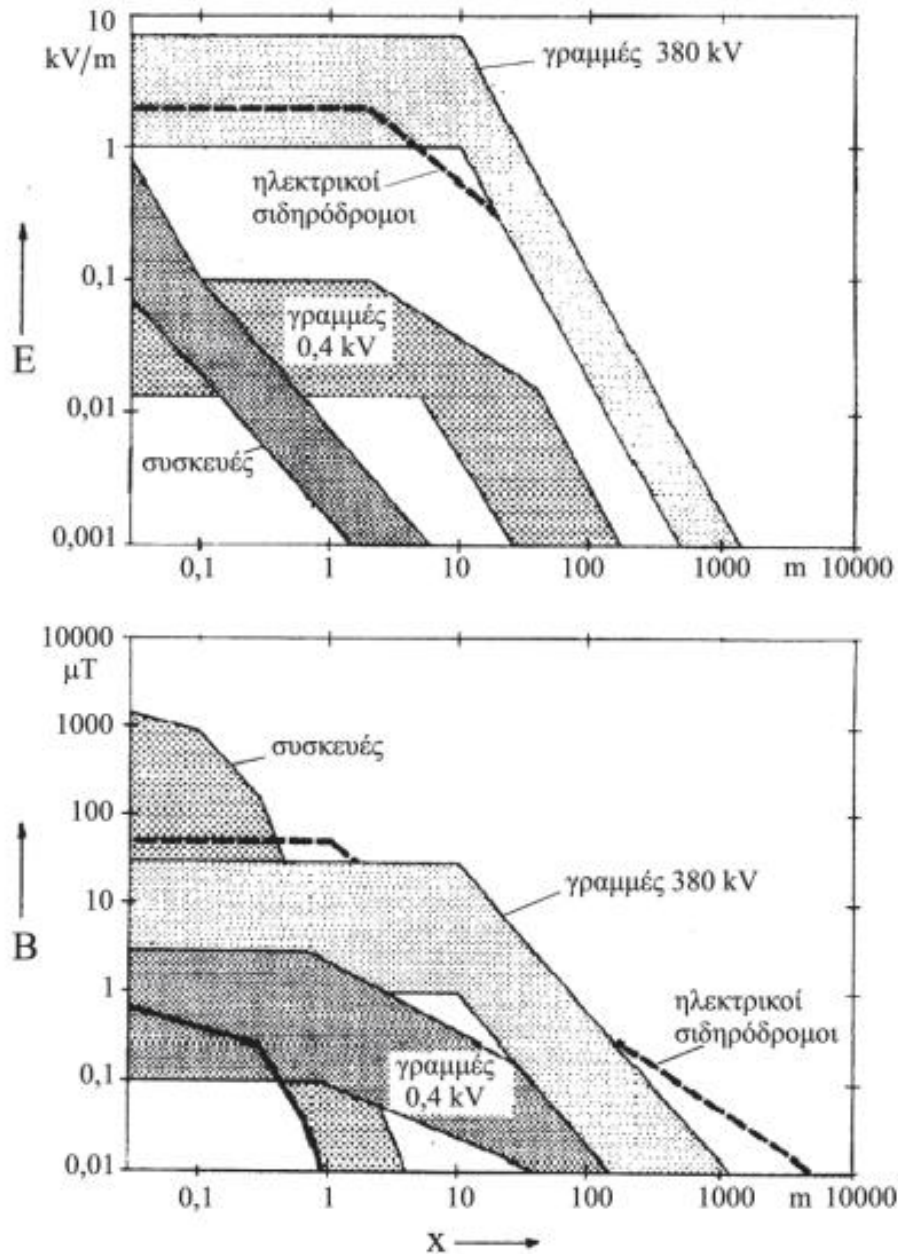
Εικόνα 1: Είδη και πηγές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας [1, τροποποιημένο]

1.2.2 Μηχανισμός δράσης του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου στον άνθρωπο

Ένα βασικό σημείο που χρήζει περαιτέρω διευκρίνισης είναι ότι υψηλή τάση δε συνεπάγεται απαραίτητα και υψηλό δείκτη έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, αφού μόνο η μία συνιστώσα του πεδίου (ηλεκτρικό) εξαρτάται άμεσα από το μέγεθος της τάσης. Αντίθετα, το μαγνητικό πεδίο εξαρτάται μόνο από το μέγεθος της έντασης του ρεύματος που διαρρέει τους αγωγούς.

Ακόμα θα πρέπει να σημειωθεί ότι το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο μειώνεται όσον αφορά στην έντασή του όσο ο «προσβαλλόμενος» απομακρύνεται από την πηγή, με εκθετικό μάλιστα ρυθμό μεταβολής.

Γίνεται επομένως αντιληπτό πως το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και το πώς αυτό δημιουργείται και αντίστοιχα επηρεάζει το άτομο που εκτίθεται σε αυτό είναι συνάρτηση πολλών παραμέτρων, με χαρακτηριστικό το συνδυασμό έντασης και απόστασης (για παράδειγμα το πεδίο που δημιουργεί μια ηλεκτρική συσκευή μπορεί να είναι κατά συνθήκη μεγαλύτερο από εκείνο που οφείλεται σε μια εναέρια γραμμή. Αυτή η συνάρτηση έντασης και απόστασης παρουσιάζεται χαρακτηριστικά στα ακόλουθα διαγράμματα, τόσο για το ηλεκτρικό όσο και για το μαγνητικό πεδίο.

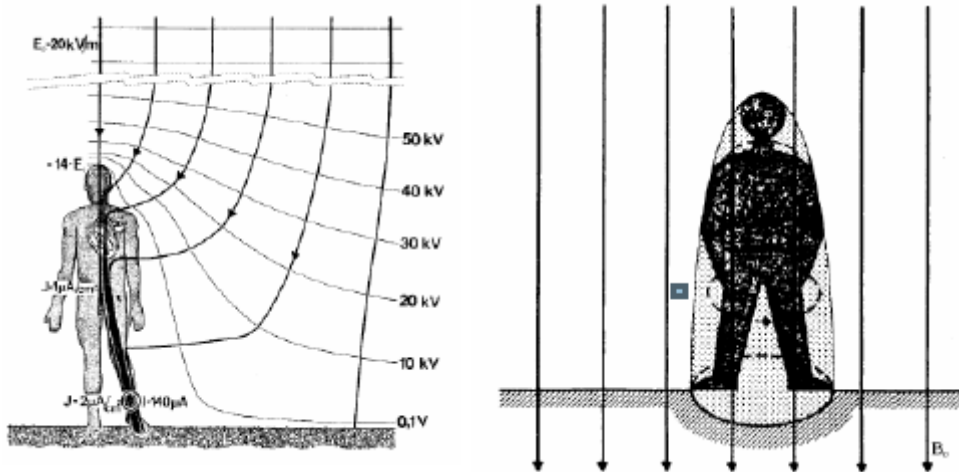


Διάγραμμα 1: Πεδιακές εντάσεις διαφόρων πηγών ως συνάρτηση της απόστασης x από τον άξονα των πηγών (για εναέριες γραμμές και σιδηροδρόμους τα πεδία αναφέρονται σε ύψος l από το έδαφος και σε απόσταση x από τον άξονα της εναέριας γραμμής) [72]

Προκειμένου να διερευνηθεί ο μηχανισμός επιρροής του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, χαρακτηριστική είναι η εικόνα που ακολουθεί και η οποία εμφανίζει την παραμόρφωση ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου εντάσεως 20 kV/m λόγω της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του ανθρώπινου σώματος. Στην κεφαλή του ανθρώπου εμφανίζεται η μέγιστη ένταση ηλεκτρικού πεδίου $E_{0,\text{max}} \approx 14E_0$, όπου E_0 η ένταση του ομογενούς πεδίου. Μπορεί επίσης να παρατηρηθεί διαφορά δυναμικού μεταξύ κεφαλιού και ποδιών της τάξης των $0,1V$ και η οποία εκφράζεται μέσω της αντίστοιχης παραμόρφωσης των ισοδυναμικών γραμμών (με το ανθρώπινο σώμα να δημιουργεί μια νέα ισοδυναμική επιφάνεια, με την παρουσία επιφανειακών ηλεκτρικών φορτίων που αντισταθμίζουν το ηλεκτρικό πεδίο στο εσωτερικό

του σώματος). Έτσι, καθώς το πεδίο μεταβάλλεται αλλάζει η κατανομή των επιφανειακών φορτίων δημιουργώντας ρεύματα στο εσωτερικό του σώματος.

Στην αντίστοιχη εικόνα του μαγνητικού πεδίου μπορεί να παρατηρηθεί πως δεν υφίσταται παραμόρφωση των δυναμικών γραμμών (απουσία μαγνητικού υλικού στον ανθρώπινο οργανισμό). Η επιρροή του μαγνητικού πεδίου οφείλεται στο φαινόμενο της επαγωγής, αφού κάθε εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο που εφαρμόζεται σε ένα αγώγιμο μέσο επάγει ηλεκτρικά πεδία που με την σειρά τους παράγουν ηλεκτρικά ρεύματα εντός του μέσου [26,33].



Εικόνα 2: Παρουσία ανθρώπου σε ομογενές ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο [33]

1.2.3 Ιστορική αναδρομή των ερευνών σχετικά με την επίδραση του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου στον άνθρωπο

Στη συνέχεια θα αναφερθούν ενδεικτικά χρονικά σημεία σταθμοί όσον αφορά στις έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί για την επίδραση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στον άνθρωπο, με ζητούμενο κυρίως τη χρονική διερεύνηση της συνειδητοποίησης σχετικά με τον υφιστάμενο κίνδυνο και τη διαχείρισή του.

- 1879: Πρώτη ευρεία χρήση του ηλεκτρικού ρεύματος από τον Έντισον και ξεκινά η «κοινή» πορεία ανθρώπου και ηλεκτρικού ρεύματος, με τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία να εισάγονται στην καθημερινή ζωή.
- 1960: Αναφέρεται μια σειρά από ποικίλα προβλήματα υγείας (όπως πονοκέφαλοι, ναυτίες και γενικά εξασθένηση του οργανισμού) σε Ρώσους εργαζόμενους με αντικείμενο εργασίας σχετικό με την ηλεκτρική ενέργεια. 1960: Ο Becker, διευθυντής της ορθοπεδικής κλινικής στο Νοσοκομείο Διοίκησης των Παλαιμάχων, στην πόλη Σίρακιουζ της πολιτείας της Νέας Υόρκης, διερευνώντας το ρόλο του ηλεκτρικού ρεύματος στην επούλωση τραυμάτων και στη συγκόλληση των οστών έπειτα από κάταγμα, καταλήγει στο συμπέρασμα πως η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία προκαλεί στρες στον άνθρωπο, γεγονός που έχει αρνητικές συνέπειες στο ανοσοποιητικό του σύστημα. Σε συνεργασία μάλιστα με το Βρετανό ερευνητή Perry, την ίδια περίοδο δημοσιεύει έκθεση για τη σχέση ανάμεσα στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και τον αριθμό των αυτοκτονιών, ατόμων που ζουν κοντά σε τέτοια ακτινοβολία.

- 1980: Μια σειρά επιδημιολογικών ερευνών με επικεφαλής τη Wertheimer και με τη συνδρομή του φυσικού Leaper στον τομέα των μετρήσεων συνδέει τον αυξημένο κίνδυνο καρκίνου με την ύπαρξη ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, με τις έρευνες να αφορούν παιδιά που ζούσαν κοντά σε ηλεκτρικά καλώδια και άνδρες των οποίων τα επαγγέλματα απαιτούσαν έκθεση σε ασυνήθιστα αυξημένα επίπεδα ΗΜΠ. Το σημαντικό στοιχείο όσον αφορά τη συγκεκριμένη σειρά ερευνών είναι ότι τα «ένοχα» μαγνητικά πεδία είχαν ένταση μόνο 2 - 4 mG.
- 1983: Στα ίδια πλαίσια και μάλιστα με αρχικό σκοπό να διαψεύσει την προαναφερόμενη μελέτη της Wertheimer, ο Savitz εξέτασε τις περιπτώσεις 365 παιδικών καρκίνων στο Denver (Colorado) και υπολόγισε το σχετικό κίνδυνο με βάση την επίδραση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, καταλήγοντας να επιβεβαιώσει τα πρότερα συμπεράσματα.
- 1985: Έρευνα του Miham στην πολιτεία Maryland των ΗΠΑ, κατέδειξε σχετική αύξηση των θανάτων από καρκίνο στον εγκέφαλο μεταξύ των Εργαζομένων σε ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις για την περίοδο 1969 – 1982.
- 1989: Έρευνα της Matanoski που αφορούσε 50.582 άρρενες υπαλλήλους της τηλεφωνικής εταιρίας της Νέας Υόρκης, μέτρησε τη μέση έκθεση στα μαγνητικά πεδία στις διάφορες ειδικότητες των υπαλλήλων και τους κατέταξε με βάση αυτή με πρώτους τους συγκολλητές καλωδίων (cable splicers), καταλήγοντας στο συμπέρασμα πως οι τελευταίοι είχαν δύο φορές μεγαλύτερο κίνδυνο να αντιμετωπίσουν οποιαδήποτε μορφή καρκίνου σε σύγκριση με τους υπαλλήλους που δεν εργάζονταν στις τηλεφωνικές γραμμές,
- 1990: Σε άρθρο του Πολ Μπροντέρ στο New Yorker, αναφέρεται μια περίπτωση ομαδικών καρκίνων στην οδό Μέντουου στην πόλη Γκίλφορντ στο Κονέκτικατ της Αμερικής που οφείλονταν σε υποσταθμούς που δημιουργούσαν έντονα ηλεκτρομαγνητικά πεδία (σχετικές μετρήσεις στο φράκτη του χώρου του υποσταθμού, έδειξαν ένταση του μαγνητικού πεδίου από 20 mG - πολλές εκατοντάδες mG).
- 1991: Επιδημιολογική έρευνα του J. Peters συσχέτισε αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης της λευχαιμίας και του τύπου της καλωδίωσης, μετά από τη μελέτη 232 περιπτώσεων παιδικής λευχαιμίας (σε παιδιά έως 10 ετών) στην περιοχή του Los Angeles την χρονική περίοδο 1980 – 87, σε σχέση με αντίστοιχο πληθυσμό αναφοράς. Οι μετρήσεις περιελάμβαναν μετρήσεις των ΗΜΠ για 24 - 72 ώρες στο υπνοδωμάτιο του παιδιού, στιγμιαίες επιτόπιες μετρήσεις μέσα κι έξω από το σπίτι και υπολογισμό της έκθεσης με βάση τον τύπο των καλωδιώσεων. Σημαντικό επίσης στοιχείο ήταν ότι η συγκεκριμένη μελέτη τόνισε και το ρόλο των οικιακών συσκευών στη συνολική διαδικασία με αξιοσημείωτα αποτελέσματα να προκύπτουν για την ασπρόμαυρη TV και τους στεγνωτήρες μαλλιών.
- 1993: Σχετική επιδημιολογική έρευνα από τον Feychting του Ινστιτούτου της Καρολίνσκα (Σουηδία) σε 400.000 ανθρώπους που έζησαν επί ένα χρόνο τουλάχιστον από το 1960 μέχρι το 1985 δίπλα από γραμμές υψηλής τάσης, έδειξε μια σχετική αύξηση των περιπτώσεων λευχαιμίας σε μαγνητικά πεδία 0.2 μT και πάνω.
- 1996: Το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των ΗΠΑ δημοσίευσε τα συμπεράσματά του σχετικά με την επισκόπηση 500 περίπου αντίστοιχων μελετών για μια περίοδο 17 ετών όσον αφορά στην ενδεχόμενη επίδραση των πεδίων στην υγεία, καταλήγοντας στο συμπέρασμα για έλλειψη πειστικών στοιχείων σύνδεσης ηλεκτρομαγνητικών πεδίων και αύξησης της πιθανότητας για ανάπτυξη καρκίνου ή δημιουργία προβλημάτων αναπαραγωγής, ανάπτυξης, μάθησης και συμπεριφοράς.
- 1997: Ο Linet για λογαριασμό του Εθνικού Καρκινολογικού Ινστιτούτου των ΗΠΑ, δημοσιεύει έρευνα σχετικά με τη σύνδεση χρόνιας έκθεσης (ενδεικτικός χρόνος 8 ώρες ημερησίως) σε ΗΜΠ έντασης άνω των 0,3 μT και νευρικής κατάθλιψης, λόγω

διαταραχής των ιόντων ασβεστίου εντός των νευρικών κυττάρων. Σημαντικό στοιχείο όσον αφορά στη συγκεκριμένη μελέτη είναι και η σχέση μεταξύ έντασης μαγνητικού πεδίου και αύξηση πιθανότητας εκδήλωσης παιδικής λευχαιμίας (συγκεκριμένα βρέθηκε ότι στα 0,2 μT υπάρχει αύξηση της τάξης του 52%, στα 0,3 μT αύξηση της τάξης του 72% και για ένταση μεταξύ 0,4 και 0,5 μT αύξηση της τάξης του 600% [26].

1.2.4 Αποτελέσματα της έκθεσης στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία για την ανθρώπινη υγεία

Όπως διαπιστώθηκε από την προηγούμενη ενότητα, ο άνθρωπος περιβάλλεται από ένα σύνολο πηγών ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Το γεγονός όμως αυτό δεν είναι άμοιρο συνεπειών για την υγεία του, συμπέρασμα στο οποίο έχει καταλήξει πλήθος ερευνών και μελετών, με ορισμένα στοιχεία από αυτές να παρατίθενται στη συνέχεια. Σκοπός της παρούσας ενότητας είναι λοιπόν να επισημανθεί το πρόβλημα, το οποίο ασφαλώς μεγιστοποιείται σε ενδεχόμενο απουσίας των κατάλληλων μετρήσεων και επομένως λήψης μέτρων προστασίας.

Οι συνέπειες για την ανθρώπινη υγεία σχετίζονται άμεσα με το είδος της ακτινοβολίας, το οποίο καθορίζει και το μηχανισμό επιβλαβούς δράσης. Έτσι, στην περίπτωση της ιονίζουσας ακτινοβολίας έχει άμεση σχέση με το φαινόμενο του ιονισμού, τη βίαιη δηλαδή διάσπαση των χημικών δεσμών, με την απομάκρυνση του ηλεκτρονίου (αρνητικού φορτίου) από το εκάστοτε μόριο και τη δημιουργία πλεονάζοντος θετικού φορτίου κατά το στάδιο διέγερσης και την εκπομπή φωτονίου κατά την επάνοδο του ηλεκτρονίου (ακτινοβολία) κατά το στάδιο αποδιέγερσης. Η συγκεκριμένη διαδικασία συνεπάγεται την εκδήλωση βιολογικών βλαβών στον οργανισμό που εμπεριέχει τα συγκεκριμένα μόρια, με τη βλάβη να ποικίλει ανάλογα με την ποσότητα και το είδος της ακτινοβολίας αλλά και το είδος του προσβαλλόμενου ιστού [1,2].

Στην περίπτωση της μη ιονίζουσας ακτινοβολίας, παρόλο που τα μεταφερόμενα ποσά ενέργειας είναι μικρά, η βλαπτική επίδραση παραμένει, εξαιτίας των επαγόμενων ηλεκτρικών, θερμικών και χημικών αντιδράσεων οι οποίες λαμβάνουν χώρα πέρα από συγκεκριμένα κάθε φορά όρια. Ενδεικτικά μπορούν να αναφερθούν τα αποτελέσματα συγκεκριμένων μελετών όπως:

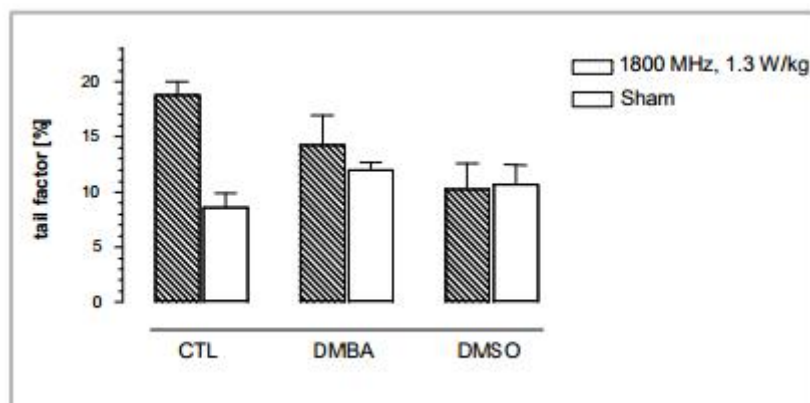
- Η απορρόφηση της εκπεμπόμενης από κινητό τηλέφωνο ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι κατά πολύ μεγαλύτερη στην περίπτωση ενός παιδιού (αντιστρόφως ανάλογα μάλιστα σε σχέση με την ηλικία του) από ότι σε έναν ενήλικα (Rees and Havas, 2009) Το γεγονός αυτό συσχετίστηκε με αύξηση κινδύνου εμφάνισης καρκίνου του εγκεφάλου κατά 4 έως 5 φορές συγκριτικά με έναν ενήλικα που χρησιμοποιεί κινητό τηλέφωνο για τις ίδιες ώρες.

Cell Phone Radiation Penetrating Skull



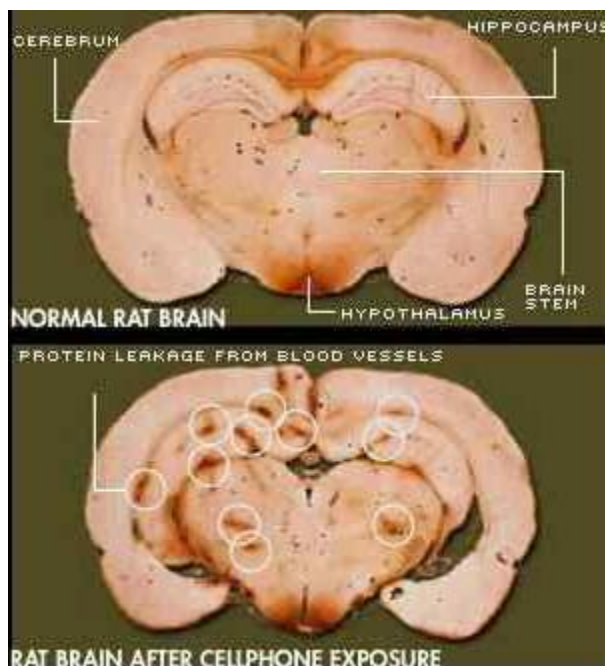
Εικόνα 3: Διαφορά απορρόφησης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από εγκέφαλο παιδιού σε σχέση με ενήλικα [3]

- Σε σχετική έρευνα (Divan et al, 2009) που πραγματοποιήθηκε σε δείγμα 13,159 γυναικών οι οποίες εγκυμονούσαν την περίοδο 1998-99 και απάντησαν σε ερωτηματολόγιο για τη χρήση κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης τους κατά την περίοδο 2005-06, προέκυψαν αναφορές διαταραχών συμπεριφοράς των παιδιών (ηλικίας 7 ετών) [4].
- Σε ανάλογη ευρείας έκτασης έρευνα (Adlkofer, 2001) στην οποία συμμετείχαν 2 μεγάλα ερευνητικά κέντρα από 7 ευρωπαϊκές χώρες (πρόγραμμα Reflex), καταδείχθηκαν μαζικές θραύσεις αλυσίδων DNA κάτω από την επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί, για έκθεση σε ακτινοβολία συχνότητας 1800 MHz και ποσότητα 1,3 W/kg για 24 h (όπου CTL, DMBA και DMSO γενετικές ακολουθίες σε σύγκριση με εικονικό δείγμα (sham)) [5].



Διάγραμμα 2: Θραύσεις αλυσίδων DNA κάτω από την επίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας [5]

- Σε μελέτη για την κατάρρευση του προστατευτικού φραγμού αίματος - εγκεφάλου από ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (Salford, 1988) (του φραγμού που εμποδίζει την είσοδο ανεπιθύμητων ουσιών στον εγκέφαλο) σε πληθυσμό ποντικών, διαπιστώθηκε διαρροή πρωτεϊνών όπως φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα [6].



Εικόνα 4: Κατάρρευση του προστατευτικού φραγμού αίματος – εγκεφάλου ποντικών από ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία [6]

Στη συνέχεια γίνεται αναφορά σε πραγματοποιηθείσες μελέτες που έχουν ομαδοποιηθεί ανάλογα με το αντικείμενό τους.

Μελέτες επαγγελματικής έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία χαμηλής συχνότητας

- Τρεις έρευνες λευχαιμίας, παρουσίασαν στοιχεία για μια στατιστικά σημαντική αύξηση, τουλάχιστον σε μια ομάδα, που "εκτέθηκε σε μαγνητικά πεδία βιομηχανικής συχνότητας" [34-36].
- Σύμφωνα με δύο άλλες έρευνες λεμφώματος [37,38], η έκθεση σε ηλεκτρικά πεδία συνοδεύεται με αυξημένο ρυθμό ανάπτυξης λευχαιμίας χωρίς το συμπέρασμα να επεκτείνεται και στην περίπτωση των μαγνητικών πεδίων.
- Τέσσερις έρευνες καρκίνου εγκεφάλου [35, 36, 39, 40] παρουσίασαν στοιχεία για μια στατιστικά σημαντική αύξηση, τουλάχιστον σε μια ομάδα, που εκτέθηκε σε μαγνητικά πεδία. Μία πέμπτη [41] συσχέτισε το συγκεκριμένο κίνδυνο με έκθεση σε μόλυβδο, διαλύτες ή φυτοφάρμακα/ζιζανιοκτόνα.
- Σε αναφορά του 2003, η έκθεση σε μαγνητικά πεδία εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας συνδέθηκε με καρκίνο προστάτη [42].
- Μία έρευνα καθολικού καρκίνου [36], παρουσίασε κάποια στοιχεία για αύξηση στον καθολικό καρκίνο, τουλάχιστον σε μια "εκτεθειμένη" ομάδα.

Μελέτες σχετικά με την αύξηση των φυσιολογικών κυττάρων ή των κυττάρων όγκων

- 2001: Οι Heredia-Rojias [43] ανέφεραν ότι η αύξηση των ανθρώπινων λεμφοκυττάρων ενισχύθηκε ελαφρώς από 72ώρη έκθεση σε πεδία 60 Hz, 1.000 - 2.000 μT .
- 2001: Ο Zeni [44] ανέφερε ότι η αύξηση των ανθρώπινων λευκοκυττάρων ενισχύθηκε ελαφρώς από 72ώρη έκθεση σε πεδία 50 Hz, 1.000 μT .
- 2003: Ο Pirozzoli [45] εξέθεσε ότι πολυήμερη έκθεση γραμμής κυττάρων ανθρώπινων όγκων σε πεδίο 1000 μT , 50 Hz, αύξησε ελαφρώς την ανάπτυξη κυττάρων.
- 2004: Ο Grassi [46] ανέφερε ότι έκθεση κυττάρων μαστοφόρων σε ένα πεδίο 500 - 1000 μT , 50 Hz, επί 24 - 72 ώρες, αύξησε την ανάπτυξη κυττάρων, αλλά χαμηλότερες εντάσεις δεν είχαν καμία επίδραση.
- 2004: Ο Stronati [47] ανέφερε ότι έκθεση ανθρώπινων κυττάρων αίματος επί 2 ώρες σε ένα πεδίο 1000 μT , 50 Hz, προκάλεσε μια "μικρή, αλλά σημαντική, μείωση πολλαπλασιασμού κυττάρων".

Μελέτες σχετικά με τον καρκίνο του μαστού

- 1997, 1998: Οι Li [48] και Feychting [49, 50] οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα περί μη υπερβολικού καρκίνου μαστού γυναικών, σε ενήλικες, που κατοικούν πλησίον γραμμών ή υποσταθμών μεταφοράς.
- 1998: Οι Johansen [54] (στην Δανία), Coogan [51] (στις ΗΠΑ) και Petralia [55] (στην Κίνα) ανέφεραν ότι η επαγγελματική έκθεση σε πεδία βιομηχανικής συχνότητας δεν συνδέθηκε με υπερβολικό καρκίνο μαστού γυναικών.
- 1998, 2000: Οι Cogan [51] και Forssin και [50] κατάληξαν σε παρόμοια συμπεράσματα σχετικά με επαγγελματική και οικιστική έκθεση σε πεδία βιομηχανικής συχνότητας.

Στον αντίποδα άλλες έρευνες εντόπισαν ένα βαθμό συσχέτισης μεταξύ καρκίνου του μαστού γυναικών και επαγγελματικής έκθεσης σε πεδία βιομηχανικής συχνότητας. Συγκεκριμένα:

- 1996: Ο Fear [53] ανέφερε ότι γυναίκες σε "ηλεκτρικά" επαγγέλματα στην Βρετανία, είχαν μια ελαφρώς χαμηλότερη εμφάνιση του καρκίνου του μαστού από το αναμενόμενο.
- 2004: Σύμφωνα με μελέτη της Kliukiene [52], αυξημένος κίνδυνος καρκίνου μαστού παρατηρήθηκε σε Νορβηγές μόνο στην περίπτωση οικιστικής έκθεσης σε μαγνητικά πεδία βιομηχανικής συχνότητας χωρίς να ισχύει το ίδιο στην περίπτωση της επαγγελματικής έκθεσης.

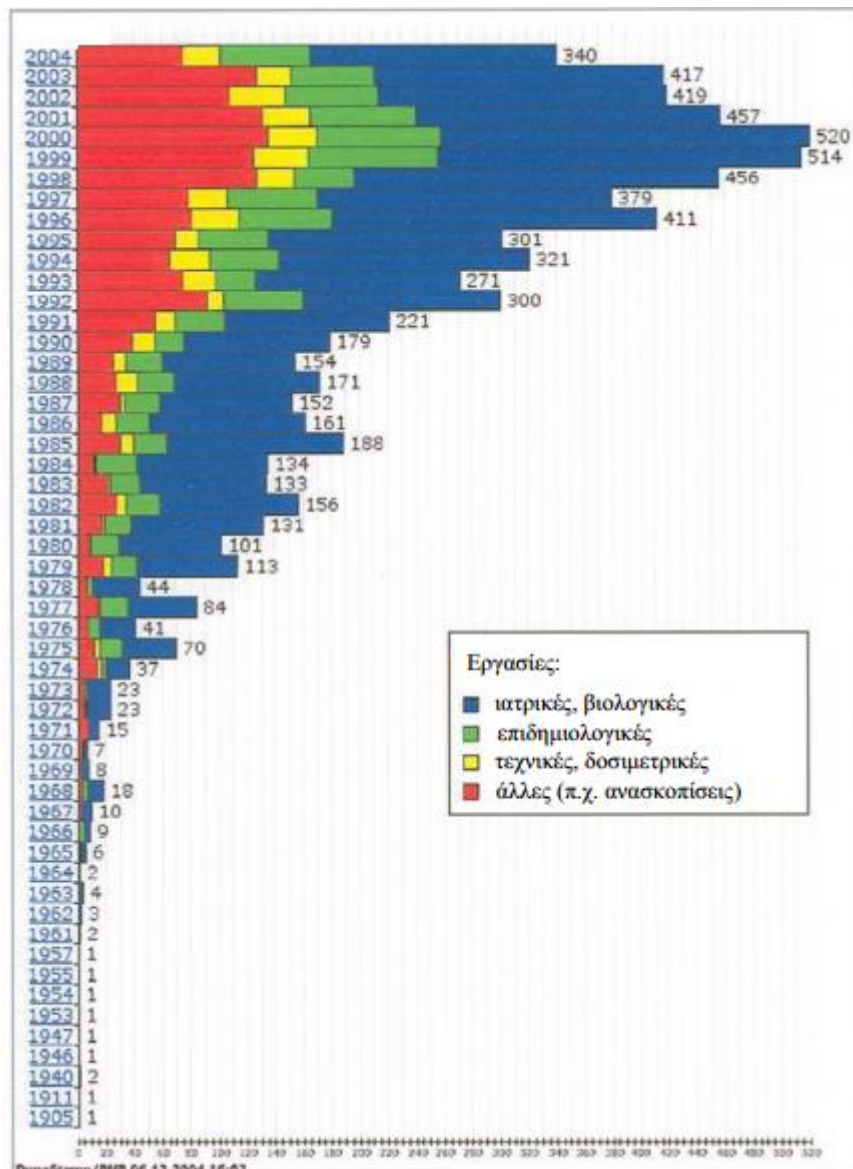
Μελέτες σχετικά με την πρόκληση ψυχοσωματικών διαταραχών

- 1999: Οι Graham και Cook [56] ανέφεραν ότι έκθεση ανθρώπων-εθελοντών σε πεδίο 28 μT , 60 Hz, προκάλεσε διαταραχές ύπνου. 2000: Ο van Wijngaarden [57] ανέφερε μια συσχέτιση μεταξύ απόπειρας αυτοκτονίας και έκθεσης σε πεδία βιομηχανικής συχνότητας, σε άρρενες εργαζομένους σε ηλεκτρικές εταιρείες.
- 2003: Τρεις αναφορές [58-60] συνέδεσαν την ασθένεια Alzheimer με έκθεση σε πεδία ELF.
- 2003: ο Håkansson [59] ανέφερε ότι αυξημένος ρυθμός ανάπτυξης της αμυοτροφικής πλευρικής σκλήρυνσης (ALS) συνδέθηκε με την εκτιμώμενη επαγγελματική έκθεση

σε μαγνητικά πεδία ELF, με αντίστοιχη μελέτη από το Feychting [60], να μη συνηγορεί υπέρ αυτών των αποτελεσμάτων.

- 2003: ο Håkansson [61] ανέφερε ότι η επαγγελματική έκθεση σε μαγνητικά πεδία 50 Hz συνδέθηκε με μικρή αύξηση του κινδύνου θανάτου από οξύ έμφραγμα του μυοκαρδίου, αλλά όχι με θάνατο από άλλους τύπους καρδιακών ασθενειών.

Για να γίνει αντιληπτό το μέγεθος του αριθμού αυτών των μελετών κατά τη διάρκεια του χρόνου αρκεί να θεωρηθεί το ακόλουθο διάγραμμα, στο οποίο καταγράφεται ο αριθμός καταχωρημένων δημοσιεύσεων σε επιστημονικά περιοδικά που αφορούν τις επιδράσεις των ηλεκτρικών, μαγνητικών και ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην υγεία ανά έτος έως 06/12/2004, με το βασικό συμπέρασμα να αφορά στην αύξηση αυτού του αριθμού, δείγμα της επικρατούσας ανησυχίας και ενδιαφέροντος για το συγκεκριμένο ζήτημα.



Διάγραμμα 3: Αριθμός καταχωρημένων δημοσιεύσεων σε επιστημονικά περιοδικά που αφορούν τις επιδράσεις των ηλεκτρικών, μαγνητικών και ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην υγεία ανά έτος [72]

1.2.4.1 Παρατηρήσεις από την επισκόπηση των προαναφερόμενων μελετών και ερευνών

Στο συγκεκριμένο σημείο θα πρέπει να αναφερθεί πως ο χαρακτήρας των μελετών και των ερευνών αυτού του είδους είναι επιδημιολογικός, πρέπει επομένως να διέπεται από την πληρότητα μιας σειράς κριτηρίων όπως:

- Κατάδειξη ένωσης μεταξύ της έκθεσης και μιας συγκεκριμένης ασθένειας (με τον όρο συγκεκριμένη γίνεται αναφορά για παράδειγμα όχι στον καρκίνο γενικά αλλά σε μια συγκεκριμένη μορφή καρκίνου).
- Πρέπει να υφίσταται αναλογική μεταβολή, δηλαδή με την αύξηση της έκθεσης να υφίσταται και αύξηση της προκληθείσας συνέπειας.
- Πρέπει να υπάρχει σύγκλιση μεγάλου αριθμού μελετών.

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω κριτήρια, οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα δεν μπορεί να θεωρηθεί πως έχουν πληρότητα αυτού του επιδημιολογικού χαρακτήρα. Εντούτοις ακόμα και η αποκάλυψη ενός ενδεχόμενου κινδύνου μπορεί να δικαιολογήσει την επιφύλαξη όσον αφορά στη διαχείριση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων και των σχετικών διαδικασιών.

Σε αυτό θα πρέπει να συνυπολογιστεί το γεγονός πως η εκδήλωση ασθενειών ή διαταραχών αποτελεί συνισταμένη μιας σειράς παραγόντων. Για παράδειγμα στην περίπτωση της διερεύνησης σύνδεσης μαγνητικών πεδίων και καρκινικών όγκων θα πρέπει να ληφθεί υπόψη πως πολλοί ουσιαστικά αβλαβείς παράγοντες (π.χ. θερμοκρασία, pH, θρεπτικές ουσίες) έχουν επιπτώσεις στον ρυθμό αύξησης των κυττάρων και των όγκων.

Σε μια συνολική λοιπόν θεώρηση, οι επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην ανθρώπινη υγεία είναι αναγκαίο να διερευνηθούν περαιτέρω και κατά περίπτωση, χωρίς αυτό να σημαίνει πως τα συγκεκριμένα αποτελέσματα θα πρέπει να δράσουν ως αφορμή για την αποκήρυξη της έλευσης των νέων τεχνολογιών. Αντίθετα, θα πρέπει να αποτελέσουν έναυσμα για την προσεκτική εξέταση τήρησης των προδιαγραφόμενων ορίων, έτσι όπως αυτά τίθενται από τους αρμόδιους φορείς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

2.1 Ορισμός του φαινομένου

2.1.1 Ηλεκτρομαγνητικά πεδία

2.1.1.1 Ηλεκτρικό Πεδίο

Το ηλεκτρικό πεδίο οφείλει την παρουσία του στην ύπαρξη φορτίου (έστω Q , θετικού ή αρνητικού) και συνεπάγεται την άσκηση δυνάμεων σε οποιοδήποτε φορτίο βρίσκεται εντός των ορίων του. Έτσι στην περίπτωση της δύναμης που ασκείται σε ένα φορτίο q που βρίσκεται σε απόσταση r από τη σημειακή πηγή, η ασκούμενη δύναμη F έχει διεύθυνση πάνω στην ευθεία που συνδέει τα δύο φορτία και δίνεται από τη σχέση

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{r^2} \hat{r}$$

όπου r η απόσταση των δύο φορτίων και \hat{r} το μοναδιαίο διάνυσμα στην ευθεία που συνδέει τα δύο φορτία με φορά από το φορτίο Q στο φορτίο q . Δημιουργία βέβαια του πεδίου υφίσταται και στην περίπτωση που αυτό κινείται ή ακολουθεί μια συγκεκριμένη κατανομή.

Η έντασή του μετράται σε Volt ανά μέτρο (V/m) και στην περίπτωση του σημειακού φορτίου δίνεται από τη σχέση

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Αντικαθιστώντας την προηγούμενη σχέση προκύπτει ότι η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με το τετράγωνο της απόστασης από την πηγή, ενώ όσο υψηλότερη είναι η διαφορά δυναμικού (τάση), τόσο ισχυρότερο είναι το πεδίο.

Σημαντικό μέγεθος αποτελεί επίσης η ροή του ηλεκτρικού πεδίου ή αλλιώς ηλεκτρική ροή, η οποία για μια επιφάνεια S δίνεται από την σχέση :

$$\Phi = \int_S \vec{E} \cdot \vec{ds}$$

2.1.1.2 Μαγνητικό Πεδίο

Ενώ το ηλεκτρικό πεδίο σχετίζεται με την παρουσία στατικού φορτίου, το μαγνητικό πεδίο προκαλείται από κινούμενο φορτίο και η δημιουργία του συνεπάγεται την άσκηση δυνάμεων σε άλλα κινούμενα φορτία (ή αγωγούς που διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα).

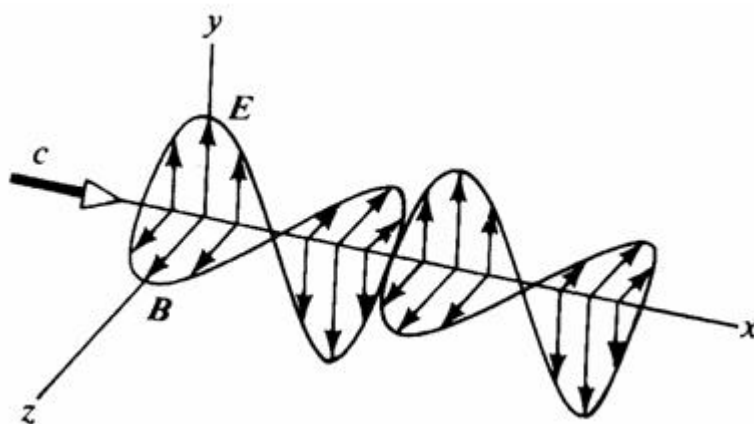
Έστω λοιπόν ένα φορτίο q που κινείται στον χώρο του μαγνητικού πεδίου έντασης B με ταχύτητα v (με την ένταση του μαγνητικού πεδίου, ή αλλιώς μαγνητική επαγωγή να μετράται σε A/m, ενώ συνηθίζεται οι μετρήσεις να λαμβάνονται σε Tesla και μάλιστα σε μT ($\times 10^{-6}$) και το μετρούμενο μέγεθος να αποτελεί την πυκνότητα ροής του μαγνητικού πεδίου [7]). Η δύναμη που δέχεται από το πεδίο δίνεται από τη σχέση

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$$

Αντίστοιχα με την ηλεκτρική ροή ορίζεται και η μαγνητική ροή που διαρρέει μία επιφάνεια S και δίνεται από τη σχέση

$$\Phi_m = \int_S \vec{B} \cdot \vec{ds}$$

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, ένα κινούμενο και μάλιστα μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό φορτίο θα δημιουργήσει ηλεκτρομαγνητικό κύμα της ακόλουθης μορφής, με το διάνυσμα της έντασης E του ηλεκτρικού πεδίου να ταλαντώνεται κατά μήκος της διεύθυνσης y και το διάνυσμα της μαγνητικής επαγωγής B να ταλαντώνεται κατά την διεύθυνση του άξονα z (γραμμικώς πολωμένο κύμα).



Εικόνα 5: Ηλεκτρομαγνητικό Κύμα [8]

Η αντιστοιχία των δύο προαναφερόμενων πεδίων που συνυπάρχουν στην περίπτωση του ηλεκτρομαγνητικού κύματος παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα.

Μεταβλητή	Ηλεκτρικό Πεδίο	Μαγνητικό Πεδίο
Αιτία	Τάση	Ροή
Μέτρηση έντασης	Volt/m	Ampere/m
		μT/m (πυκνότητα μαγνητικής ροής)
Παρουσία	Ακόμα και με τη συσκευή μη ενεργή	Με την ενεργοποίηση της συσκευής
Σχέση με την απόσταση	Εξασθενεί με την απομάκρυνση από την πηγή	Εξασθενεί με την απομάκρυνση από την πηγή
Θωράκιση	Συμβατική	Ειδική

Πίνακας 1: Αντιστοιχία μεταξύ ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου [9]

2.1.1.3 Βασικά μεγέθη μέτρησης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

Πυκνότητα ισχύος

Πυκνότητα ροής της ισχύος (power flux density) ή πυκνότητα ισχύος (power density) ονομάζεται ο λόγος της ισχύος της ακτινοβολίας που διαδίδεται κάθετα μέσα από μια μοναδιαία επιφάνεια. Εκφράζεται συνήθως σε W/m^2 αλλά συχνά και σε mW/m^2 , mW/cm^2 ή $\mu W/m^2$.

Πυκνότητα ενέργειας

Η πυκνότητα ενέργειας σχετίζεται με τον όγκο (J/m^3), ενώ στους κανονισμούς προστασίας από μη-ιονίζουσα ακτινοβολία χρησιμοποιείται το γινόμενο της πυκνότητας ισχύος επί το χρόνο (J/m^2).

Ειδική απορρόφηση

Η ειδική απορρόφηση (specific absorption) ορίζεται ως η ποσότητα της ενέργειας της ακτινοβολίας που απορροφάται σε μοναδιαία μάζα και εκφράζεται σε J/kg .

Ρυθμός ειδικής απορρόφησης

Ο Ρυθμός ειδικής απορρόφησης (specific absorption rate) ή SAR εκφράζει το ρυθμό με τον οποίο η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια απορροφάται σε στοιχειώδη μάζα. Αν η μάζα δεν είναι ανθρώπινος ιστός, τότε αυτό πρέπει να δηλώνεται, όταν αναφέρεται η αντίστοιχη τιμή του SAR. Η τιμή του SAR δίνεται σε W/kg . Ιδιαίτερα στους κανονισμούς προστασίας, αναφέρεται πάντα και η μάζα, για την οποία υπολογίζεται ο SAR. Αν αναφέρεται, για παράδειγμα, $10W/kg$ ($10g$), αυτό σημαίνει τιμή SAR των $10W/kg$ για κάθε $10g$ ιστού [10].

Αναλυτικότερα, η σχέση υπολογισμού του SAR είναι:

$$SAR = \frac{\sigma}{\rho} E^2$$

όπου:

σ : η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα του βιολογικού ιστού (S/m) σε συγκεκριμένη συχνότητα,

ρ : η πυκνότητα του βιολογικού ιστού (Kg/m^3) και

E: είναι η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου μέσα στον ιστό (V/m).

Η τιμή του επομένως εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της ακτινοβολίας και του βιολογικού ιστού, την απόσταση από την πηγή αλλά και το περιβάλλον (παρουσία ανακλαστικών επιφανειών και αγωγίμων υλικών) [21].

2.2 Ποιότητα των μετρήσεων

Βασικό ζητούμενο σε κάθε μέτρηση αποτελεί η κατά το δυνατό εξασφάλιση της ποιότητάς της, της ελαχιστοποίησης δηλαδή του σφάλματος και της αβεβαιότητάς της. Συχνά οι δύο αυτές έννοιες συγχέονται. Ειδικότερα, με τον όρο αβεβαιότητα προσδιορίζεται το εύρος τιμών εκατέρωθεν της μετρούμενης τιμής από το όργανο (\pm) μέσα στο οποίο βρίσκεται η «πραγματική» τιμή του μετρούμενου μεγέθους (και η οποία προσεγγίζεται στατιστικά), ενώ το σφάλμα αποτελεί τη διαφορά της πραγματικής από τη μετρούμενη τιμή. Το σφάλμα διακρίνεται σε συστηματικό και τυχαίο, με τα τυχαία σφάλματα να σχετίζονται με άγνωστα και απρόβλεπτα αίτια, και τα συστηματικά να έχουν να κάνουν με κακή βαθμονόμηση ή χρήση του οργάνου καθώς και με λάθη του παρατηρητή.

Ειδικότερα στην περίπτωση των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας και σχετίζονται με την πυκνότητα μαγνητικής ροής και την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου, πηγές αβεβαιότητας μπορούν να εντοπιστούν

- στη λανθασμένη βαθμονόμηση του οργάνου,
- στη λανθασμένη τοποθέτηση του αισθητήρα όσον αφορά σε ανομοιογενή πεδία,
- στην ύπαρξη ακατάλληλης θωράκισης και σε ανεπιθύμητες παρεμβολές (ακατάλληλη ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα),
- σε ακατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας [26].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

3.1 Οδηγίες σε κοινοτικό και εγχώριο επίπεδο

Καθοριστική για τη θέσπιση του συγκεκριμένου πλαισίου οδηγιών είναι η Διεθνής Επιτροπή Προστασίας από τη Μη-Ιονίζουσα Ακτινοβολία (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) ICNIRP [20]. Πρόκειται για μη κυβερνητικό επιστημονικό οργανισμός επίσημα αναγνωρισμένο από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ). Τα όρια που έχει θέσει έχουν υιοθετηθεί όχι μόνο από τον ΠΟΥ, αλλά και από την Ευρωπαϊκή Ένωση καθώς και τον Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων της Αμερικής (US Food and Drug Administration-FDA).

Ωστόσο κάθε χώρα, θέτει τα δικά της εθνικά πρότυπα και όρια για την έκθεση στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία, με βάση όμως αυτά που έχουν θεσπιστεί από την ICNIRP και τα οποία τίθενται ασφαλώς υπό διαρκή αναθεώρηση, εφόσον προκύψει τέτοια ανάγκη από τα ευρήματα της παγκόσμιας σχετικής έρευνας.

Αναλυτικότερα οι οδηγίες που έχουν μέχρι τώρα θεσπιστεί σε ευρωπαϊκό επίπεδο είναι:

- ο η Σύσταση του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου (1999/5/9/EC) «σχετικά με τον περιορισμό της έκθεσης του κοινού σε Η-Μ πεδία 0Hz – 300GHz
- ο η οδηγία Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου (οδηγία 2004/40/EC), στην οποία ορίζονται τα επιτρεπόμενα όρια έκθεσης των επαγγελματικά εκτιθέμενων σε Η-Μ πεδία [22]
- ο το Ψήφισμα του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου της 2ας Απριλίου 2009 σχετικά με τα προβλήματα υγείας που σχετίζονται με τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία (2008/2211(INI)) και το οποίο ζητά να ληφθούν ιδιαίτερα υπόψη οι βιολογικές επιπτώσεις κατά την αξιολόγηση του ενδεχόμενου αντίκτυπου της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην υγεία, ειδικότερα καθώς ορισμένες μελέτες έχουν εντοπίσει τις πιο επιβλαβείς επιπτώσεις στα χαμηλότερα επίπεδα [32].

και σε εγχώριο επίπεδο είναι:

- ο η Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ), «Μέτρα προφύλαξης του κοινού από τη λειτουργία κεραιών εγκατεστημένων στην ξηρά» (Αρ. 53571/3839, ΦΕΚ 1105/Β/6-9-2000), με την οποία μάλιστα τα εγχώρια όρια μειώθηκαν κατά 20% σε σχέση με τη Σύσταση της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- ο Η Κοινή Υπουργική Απόφαση με αριθμό 3060 (ΦΟΡ) 238 (ΦΕΚ Αρ. 512/Β'/25.5.2002) των Υπουργείων Ανάπτυξης, ΠΕΧΩΔΕ και Υγείας & Πρόνοιας με θέμα: «τα μέτρα προφύλαξης του κοινού από τη λειτουργία διατάξεων εκπομπής ηλεκτρομαγνητικών πεδίων χαμηλών συχνοτήτων.
- ο ο Νόμος 3431/06 «Περί ηλεκτρονικών επικοινωνιών και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 13/Α/3-2-2006), μέσω του οποίου θεσμοθετήθηκαν ακόμη αυστηρότερα όρια ασφαλούς έκθεσης του κοινού (στο 70% των ορίων της Ε.Ε. για τους σταθμούς

κεραιών που βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη των 300 μέτρων από την περίμετρο των κτηριακών εγκαταστάσεων σχολείων, βρεφονηπιακών σταθμών, νοσοκομείων και γηροκομείων και στο 60% των ορίων της Ε.Ε. για τους σταθμούς κεραιών που βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη των 300 μέτρων από τις εγκαταστάσεις αυτές) [21].

Υπεύθυνος φορέας για τις σχετικές μετρήσεις στη χώρα αποτελεί η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ) (με την κάθε εταιρεία κινητής τηλεφωνίας για παράδειγμα να υποβάλει σχετική έκθεση για κάθε νέα κεραία που προτίθεται να τοποθετήσει). Παράλληλα, προγράμματα μετρήσεων διεξάγονται κατά καιρούς από διάφορα Πανεπιστημιακά Ιδρύματα, όπως το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης και το Πανεπιστήμιο Αιγαίου (π.χ. τα προγράμματα ΕΡΜΗΣ, Pedion24, ΦΑΣΜΑ κτλ.) Ιδιαίτερα σημαντικό είναι επίσης και το γεγονός της θέσπισης του Εθνικού Παρατηρητηρίου Ηλεκτρομαγνητικών Πεδίων (Ν.4053) για τη διεξαγωγή συνεχών και αυτεπάγγελτων μετρήσεων [22].

3.2 Όρια επικινδυνότητας

Στην παρούσα ενότητα παρατίθενται πίνακες και διαγράμματα στα οποία καταγράφονται αναλυτικότερα τα ισχύοντα ανά οδηγία όρια. Βέβαια θα πρέπει να αναφερθεί το γεγονός πως οι τιμές έχουν υπολογιστεί με βάση τη συμπεριφορά ανθρώπινων ομοιωμάτων (οριακές τιμές αναφοράς), με τις κατά περίπτωση τιμές να διαφέρουν ανάλογα με τις ιδιότητες του σώματος και τις ιδιομορφίες του πεδίου.

Περιοχή συχνοτήτων	Μαγνητική επαγωγή (mT)	Πυκνότητα ρεύματος (mA/m ²) (rms)	Ολόσωμο SAR (W/kg)	Τοπικό SAR (κεφάλι και κορμός) (W/kg)	Τοπικό SAR (άκρα) (W/kg)	Πυκνότητα ισχύος, S (W/m ²)
0 Hz	40	--	--	--	--	--
> 0-1 Hz	--	8	--	--	--	--
1-4 Hz	--	8/f	--	--	--	--
4-1000 Hz	--	2	--	--	--	--
1000 Hz–100 kHz	--	f/500	--	--	--	--
100 kHz–10 MHz	--	f/500	0,08	2	4	--
10 MHz–10 GHz	--	--	0,08	2	4	--
10–300 GHz	--	--	--	--	--	10

Πίνακας 2: Βασικοί περιορισμοί για ηλεκτρικά, μαγνητικά & ηλεκτρομαγνητικά πεδία (0 Hz – 300GHz) για τον γενικό πληθυσμό [21,23]

Περιοχή συχνοτήτων	Ένταση ηλεκτρικού πεδίου (V/m)	Ένταση μαγνητικού πεδίου ((A/m)	Μαγνητική επαγωγή (μΤ)	Ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος επιπέδου κύματος Seq (W/m ²)
0 Hz	--	3,2x10 ⁴	4x10 ⁴	--
1-8 Hz	10000	3,2x10 ⁴ /f ²	4x10 ⁴ /f ²	--
8-25 Hz	10000	4000/f	5000/f	--
0.025–0.8 kHz	250/f	4/f	5.f	--
0.8-3 kHz	250/f	5	6.25	--
3-150 kHz	87	5	6.25	--
0,15-1 MHz	87	0,73/f	0,92/f	--
1-10 MHz	87/f ^{1/2}	0,73/f	0,92/f	--
10-400 MHz	28	0,073	0,092	--
400-2000 MHz	1,375 f ^{1/2}	0,0037 f ^{1/2}	0,0046 f ^{1/2}	f/200
2–300 GHz	61	0,16	0,20	10

Πίνακας 3: Επίπεδα αναφοράς για ηλεκτρικά, μαγνητικά & ηλεκτρομαγνητικά πεδία (0 Hz – 300 GHz) για το γενικό πληθυσμό [21.23]

Γενικός πληθυσμός	
Ένταση ηλεκτρικού πεδίου (E)	5 κV/m
Μαγνητική επαγωγή (B)	100 μΤ
Εργαζόμενοι	
Ένταση ηλεκτρικού πεδίου (E)	10 κV/m
Μαγνητική επαγωγή (B)	500 μΤ

Πίνακας 4: Όρια ασφαλούς έκθεσης του γενικού πληθυσμού και των εργαζομένων στη συχνότητα 50Hz του δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας σε εγχώριο επίπεδο [21]

Seletun Scientific Panel				170 μW/m ²
European Parliament - Science and Technology Options Assessment				100 μW/m ²
BioInitiative Working Group 2012				3-6 μW/m ²
Salzburg Public Health Department				1 μW/m ²
IBN	Ιδανικά	Ασθενή	Ισχυρά	Ακραία
	<0,1μW/ m ²	0,1-10μW/ m ²	10-1000μW/ m ²	>1000 μW/m ²
Επίπεδα στη φύση				<0,000001 μW/m ²
<i>Institut für Baubiologie + Ökologie Neubeuern – Γερμανικό Ινστιτούτο Βιολογίας Κτιρίων</i>				

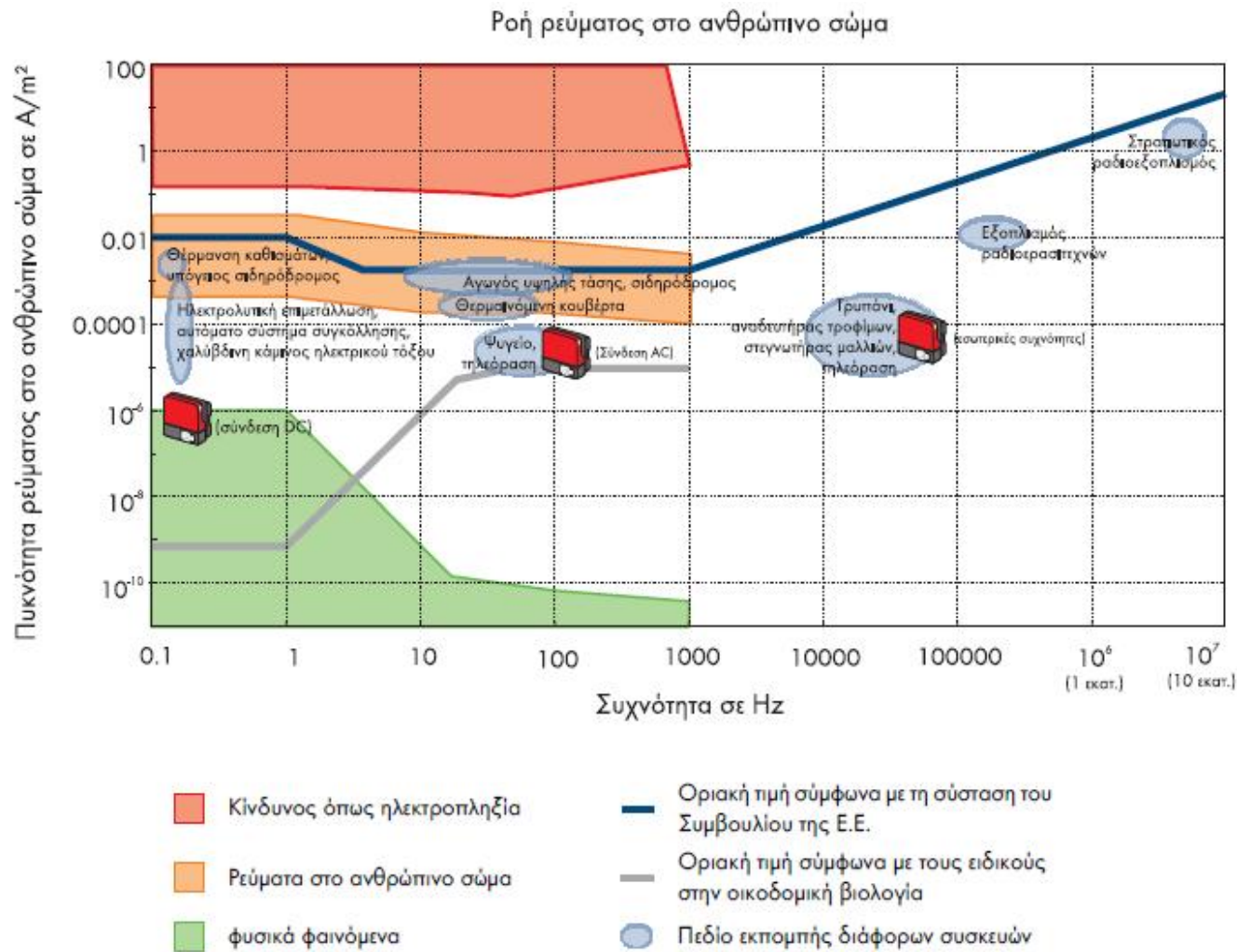
Πίνακας 5: Επισκόπηση ορίων ασφαλείας πυκνότητας ισχύος (S) ηλεκτρομαγνητικών πεδίων υψηλών συχνοτήτων σύμφωνα με μελέτες διάφορων οργανισμών [18, 28-30]

NCRP (National Council Of Radiation Protection and Measurement = Εθνικό Συμβούλιο για την Προστασία από τις Ακτινοβολίες των Η.Π.Α.)				200 nT
WHO (World Health Organization = Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας)				300-400 nT
TCO (Οικολογικό Πρότυπο για τις ηλεκτρονικές συσκευές (απόσταση 30 cm)				200 nT
argeTQ (Πράσινο αυστριακό πιστοποιητικό κατοικιών)				<200 nT
ÖKOPASS (Πιστοποίηση κατοικιών, αυστριακού Ινστιτούτου Βιολογίας Κτιρίων - IBO)				<100 nT
BioInitiative Working Group				100 nT
IBN	Ιδανικά	Ασθενή	Ισχυρά	Πολύ ισχυρά
	<20 nT	20-100 nT	100-500 nT	> 500 nT
Επίπεδα στη φύση				<0,0002 nT

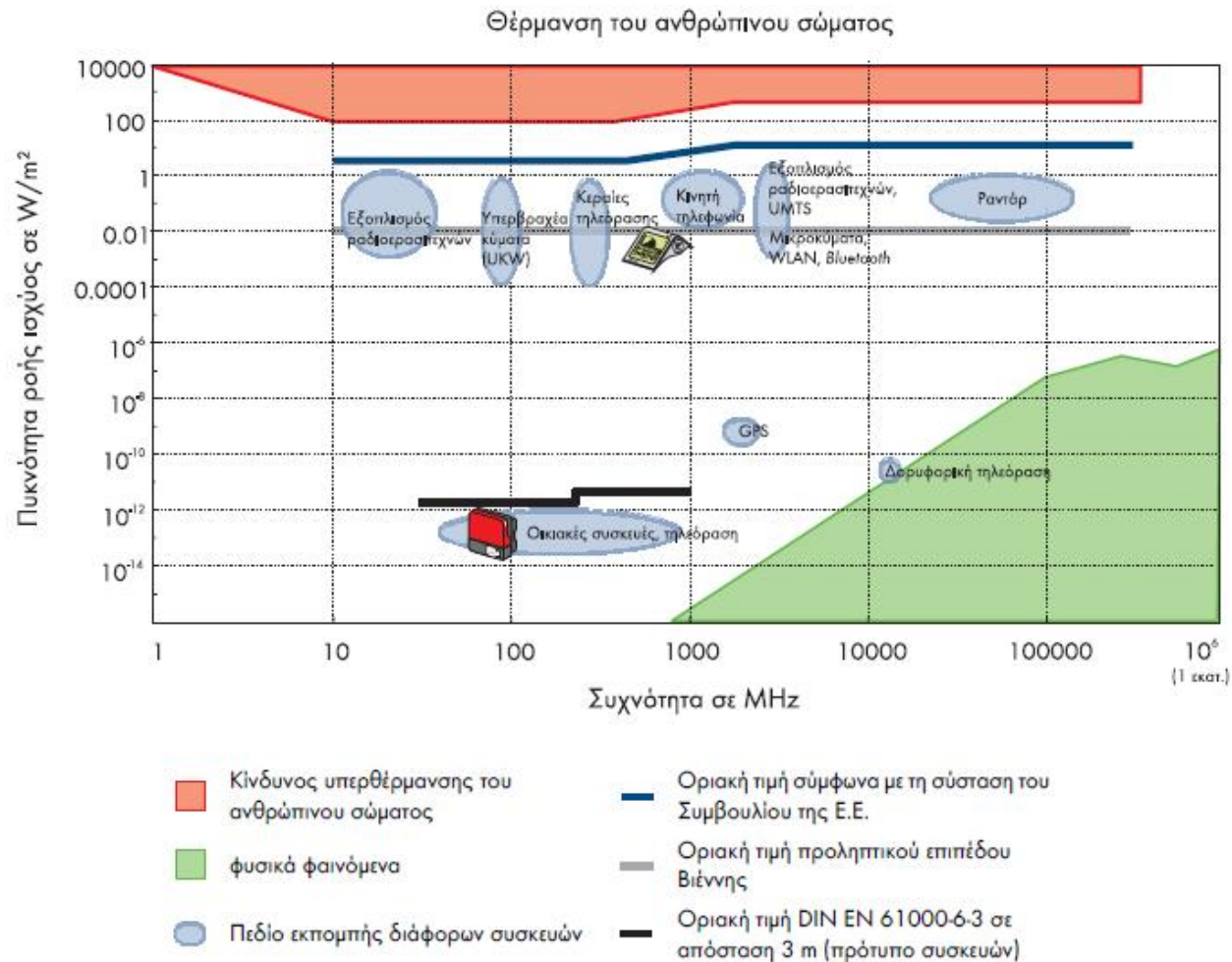
Πίνακας 6: Επισκόπηση ορίων ασφαλείας πυκνότητας ροής μαγνητικού πεδίου (B) εναλλασσόμενου ρεύματος (50Hz) σύμφωνα με μελέτες διάφορων οργανισμών (χαμηλές συχνότητες) [18, 28-31]

NCRP				10 V/m
TCO				10 V/m
argeTQ				<10 V/m
ÖKOPASS				<10 V/m
IBN	Ιδανικά	Ασθενή	Ισχυρά	Πολύ ισχυρά
	<0,3 V/m	0,3-1,5 V/m	1,5-10 V/m	>10 V/m
Επίπεδα στη φύση				<0,0001 V/m

Πίνακας 7: Επισκόπηση ορίων ασφαλείας πυκνότητας ροής μαγνητικού πεδίου (B) εναλλασσόμενου ρεύματος (50Hz) σύμφωνα με μελέτες διάφορων οργανισμών (χαμηλές συχνότητες) [18, 28-31]



Διάγραμμα 4: Βασική οριακή τιμή για την πυκνότητα ρεύματος στο ανθρώπινο σώμα έως 10 MHz σύμφωνα με τη σύσταση του Συμβουλίου της Ε.Ε. 1999/519/EK [19]



Διάγραμμα 5: Οριακή τιμή αναφοράς για την πυκνότητα ισχύος ακτινοβολίας έως 300 GHz που ισχύουν για το "ευρύ κοινό" σύμφωνα με τη σύσταση του Συμβουλίου της Ε.Ε. 1999/519/EK [19]

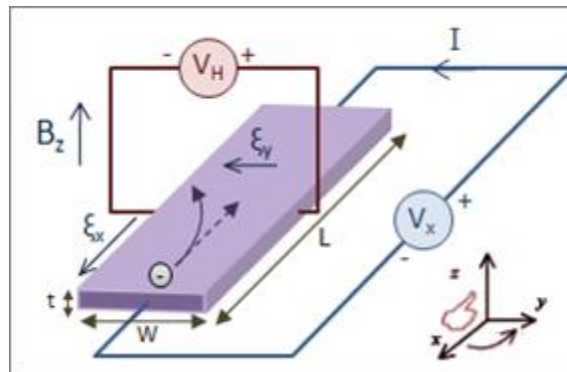
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

4.1 Ανίχνευση - Μέτρηση Μαγνητικού Πεδίου

Η προστασία έναντι του εκάστοτε ηλεκτρομαγνητικού πεδίου προϋποθέτει την ανίχνευση και τη μετέπειτα μέτρησή του. Η ανίχνευση του μαγνητικού πεδίου (η παρουσία του φορτίου συνεπάγεται την ύπαρξη ηλεκτρικού πεδίου) μπορεί να επιτευχθεί μέσω των ακόλουθων τεχνικών.

4.1.1 Αισθητήρας Hall

Ο συγκεκριμένος αισθητήρας βασίζεται στο ομώνυμο φαινόμενο, σύμφωνα με το οποίο όταν ένα λεπτό ορθογώνιο πλαίσιο που διαρρέεται από ρεύμα βρεθεί εντός ενός ισχυρού μαγνητικού πεδίου κάθετου προς το επίπεδό του, τότε στο ορθογώνιο εμφανίζεται μια διαφορά δυναμικού όπως φαίνεται στο ακόλουθο διάγραμμα, έτσι ώστε το δημιουργούμενο ηλεκτροστατικό πεδίο να εξισορροπήσει την ασκούμενη μαγνητική δύναμη [11].



Εικόνα 6: Το φαινόμενο Hall [12]

Η τάση Hall δίνεται από τη σχέση [12]

$$V_H = -\frac{IB}{nte}$$

όπου t είναι το πάχος του πλαισίου, n είναι η πυκνότητα φορτίου και e είναι το στοιχειώδες φορτίο που μετακινείται στο πλαίσιο. Μετρώντας έτσι την τάση Hall με το πολύμετρο και γνωρίζοντας τα υπόλοιπα στοιχεία μπορεί να προσδιοριστεί η ένταση του μαγνητικού πεδίου.

Η εμπορική μορφή ενός αισθητήρα Hall παρουσιάζεται στην ακόλουθη εικόνα, με τους τρεις ακροδέκτες του να αφορούν στην τάση τροφοδοσίας (η οποία αποτελεί και τη διέγερση για τη δημιουργία της τάσης Hall, με την απαιτούμενη ισχύ να είναι μεταξύ 0.1 και 0.2W), στη

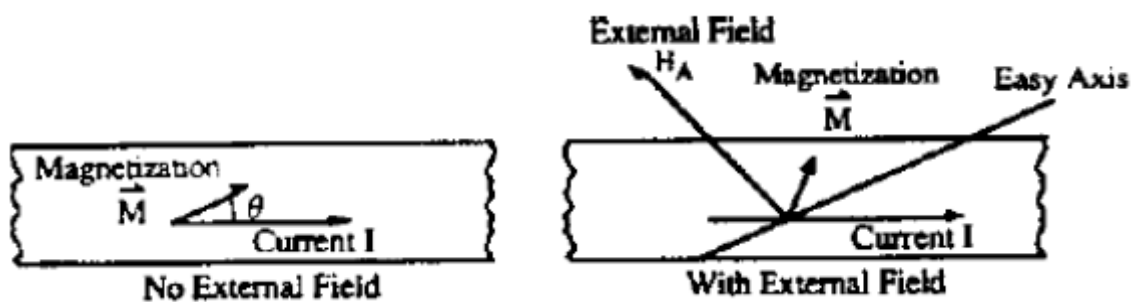
γείωση και στην τάση εξόδου. Είναι συνήθως κατασκευασμένοι από ημιαγωγούς ινδίου αντιμονίου και έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να λειτουργούν σε εξαιρετικά ευρεία κλίμακα θερμοκρασίας, από 200°C έως περίπου στο απόλυτο μηδέν (-273°C) [13].



Εικόνα 7: Εμπορική μορφή ενός αισθητήρα Hall [11]

4.1.2 Μαγνητόμετρο

Η βασική «ιδέα» λειτουργίας του μαγνητομέτρου σχετίζεται με το φαινόμενο της μαγνητοαντίστασης δηλαδή μιας αντίστασης που μεταβάλλεται εξαιτίας ενός μαγνητικού πεδίου. Μια τέτοια μεταβολή οδηγεί στην ανίχνευση του πεδίου ενώ η μέτρησή του πραγματοποιείται μέσω αντίστοιχης μέτρησης της γωνίας εκτροπής - περιστροφής της διεύθυνσης μαγνήτισης του υλικού που έχει τοποθετηθεί παράλληλα με τη διεύθυνση του ρεύματος (με το μαγνητικό πεδίο να είναι κάθετο στο συγκεκριμένο επίπεδο). Ως υλικό χρησιμοποιείται συνήθως ένα κράμα νικελίου και σιδήρου), ενώ ο αισθητήρας απαιτεί τάση τροφοδοσίας 0.1-0.5mV με το εύρος θερμοκρασιακής λειτουργίας να είναι από -55°C έως 200°C [13].



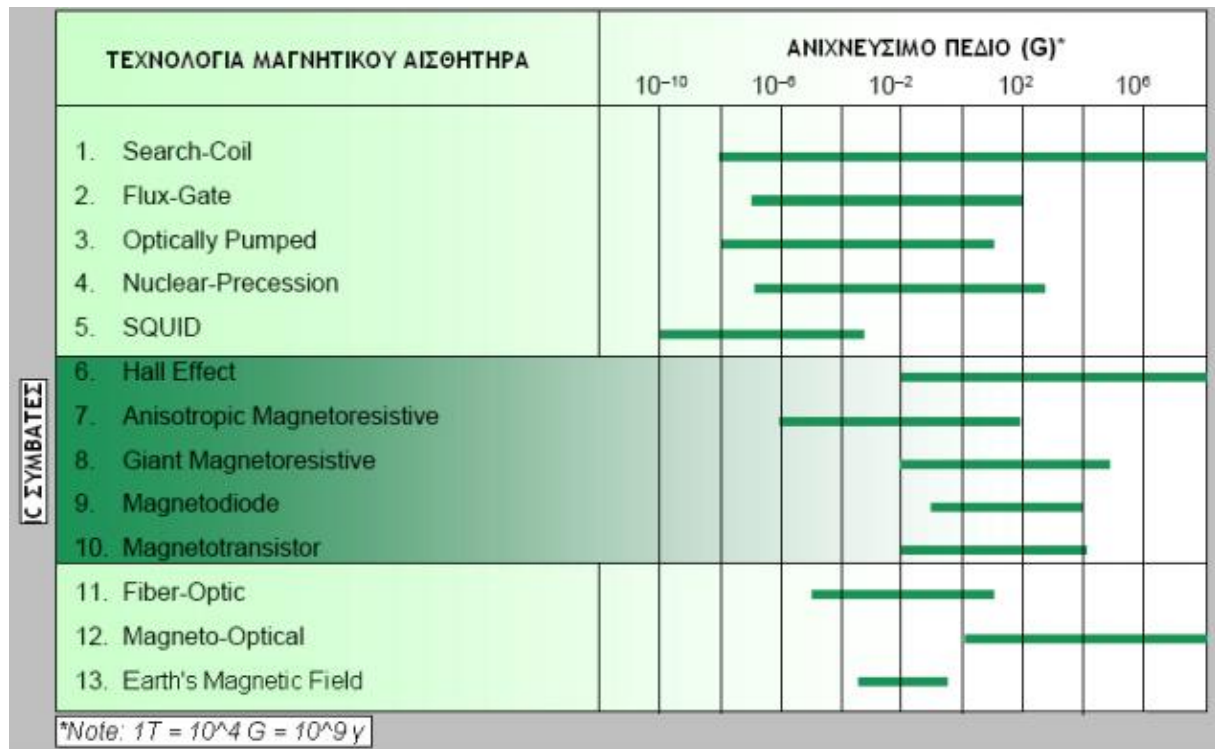
Εικόνα 8: Αρχή λειτουργίας του μαγνητομέτρου [14]

4.1.3 Διαθέσιμες Τεχνολογίες

Σήμερα υφίστανται διάφορες τεχνολογίες ανίχνευσης - μέτρησης του μαγνητικού πεδίου, οι οποίες βασίζονται στην αρχή του μαγνητομέτρου, δηλαδή στον έμμεσο προσδιορισμό της ύπαρξης μαγνητικού πεδίου μέσω μεταβολής ενός άλλου φυσικού μεγέθους και μέτρησή του με τη βοήθεια του εύρους μεταβολής του συγκεκριμένου



μεγέθους. Η κατηγοριοποίηση των συγκεκριμένων τεχνολογιών γίνεται με βάση τη διακριτική τους ικανότητα, την ένταση δηλαδή του μαγνητικού πεδίου που μπορούν να «αντιληφθούν» και να μετρήσουν. Αναλυτικότερα, οι κατηγορίες αναφέρονται σε:

- αισθητήρες που ανιχνεύουν πεδία μικρότερα του ενός 1 μGauss (αισθητήρες ασθενούς μαγνητικού πεδίου – που αναφέρονται συχνά και ως μαγνητόμετρα),
- αισθητήρες με διακριτική ικανότητα μεταξύ 1 μGauss και 10 Gauss (αισθητήρες γήινου μαγνητικού πεδίου) και
- αισθητήρες για εφαρμογές πεδίων μεγαλύτερων των 10 Gauss (αισθητήρες ισχυρού μαγνητικού πεδίου).



Πίνακας 8: Διαθέσιμες τεχνολογίες μαγνητικών αισθητήρων [14-17]

4.1.4 Παραδείγματα διαθέσιμων μετρητών ηλεκτρομαγνητικού πεδίου

	<p>Digital AC Electric Field Meter της εταιρείας AlphaLab</p> <p>Φάσμα συχνότητας: 40 Hz - 50 KHz Περιοχή έντασης ηλεκτρικού πεδίου: 0 - 19.999 V/m</p>
	<p>AC Electric Field Meter της AlphaLab</p> <p>Φάσμα συχνότητας: 5 Hz έως 2 kHz 20 V/m ακρίβεια από 20 έως 300 V/m και 0.1 kV/m ακρίβεια από 0 έως 10 kV/m.</p>
	<p>FIELD ANALYZER Ηλεκτρικό πεδίο Φάσμα συχνότητας: 15-300 Hz Εύρος μετρήσεων: 0.1-99 V/m Μαγνητικό πεδίο Φάσμα συχνότητας: 40-7000 Hz Εύρος μετρήσεων: 0.01 μT έως 3.99 μT</p>



HI-3604 ELF Survey της ETS-LINDGREN

Φάσμα συχνότητας: 30 - 2000 Hertz
 Ευαισθησία (για ηλεκτρικά πεδία): 1 V/m - 200 kV/m
 Ευαισθησία (για μαγνητικά πεδία): 0.2 mG - 20 G





ME 3030B της GIGAHERTZ SOLUTIONS

Φάσμα συχνότητας: 16-2000Hz
 Εύρος μαγνητικού πεδίου: 2000 nT – Ανάλυση 1nT
 Εύρος ηλεκτρικού πεδίου: 2000 V/m
 Ανάλυση 1V/m



Πεδιόμετρο ME 3851A της GIGAHERTZ SOLUTIONS

Φάσμα συχνότητας: 5Hz-100KHz
 Εύρος μαγνητικού πεδίου:
 1-200 nT - Ανάλυση 0.1nT
 2-2000 nT – Ανάλυση 1nT
 Εύρος ηλεκτρικού πεδίου:
 1-200 V/m - Ανάλυση 0.1V/m
 2-2000 V/m - Ανάλυση 1V/m

 <p>The image shows a TriField Meter, a handheld device with a large analog scale at the top and a control dial at the bottom. The scale has three curved red lines representing magnetic field components. The control dial has positions for 'MAGNETIC', 'ELECTRIC', and 'RADIO FREQUENCY', along with an 'OFF' position and a 'Battery Test' indicator.</p>	<p>TriField της AlphaLab, Inc</p> <p>Εύρος μετρήσεων: 0.5 -100 mG στα 60 Hz</p>
 <p>The image shows the EFA-300, a portable electromagnetic field analyzer. It consists of a black carrying case, a yellow balloon antenna, and a handheld control unit with a small screen and buttons. A tripod-mounted probe is also visible.</p>	<p>EFA-300</p> <p>Φάσμα συχνότητας: 5 - 32 kHz</p> <p>Εύρος ηλεκτρικού πεδίου: 0.5V/m έως 100kV/m,</p>
 <p>The image shows the Gigahertz HF32D, a handheld digital meter with a green ladder-shaped antenna. The device has a large digital display showing '1289' and various control buttons and indicators.</p>	<p>Gigahertz HF32D</p> <p>Φάσμα συχνότητας: 800 MHz - 2.5 GHz</p> <p>Εύρος μετρήσεων: 1-1999μW/m²</p>

Πίνακας 9: Παραδείγματα διαθέσιμων μετρητών Η/Μ πεδίου [18,26]

4.2 Ηλεκτρομαγνητική Θωράκιση

Η διαδικασία της ηλεκτρομαγνητικής θωράκισης είναι απαραίτητη προκειμένου να εξασφαλιστεί η κατά το δυνατό προστασία από τα διάφορα είδη ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Επιβάλλεται λοιπόν η υιοθέτηση εφαρμογών της (των κατάλληλων κάθε φορά ανάλογα με την περίπτωση και τις απαιτήσεις προστασίας) σε κατοικίες που βρίσκονται κοντά σε κεραιές κινητής τηλεφωνίας, σε διαμερίσματα πολυκατοικιών εξαιτίας του μεγάλου αριθμού ασύρματων τηλεφώνων και δικτύων ασύρματου internet και ειδικότερα στους ψηλότερους ορόφους των κτιρίων που λόγω θέσης είναι συνήθως περισσότερο εκτεθειμένοι στις ασύρματες ακτινοβολίες από ότι οι ισόγειοι ή υπόγειοι χώροι, σε χώρους συνάθροισης κοινού, ειδικά αν πρόκειται για σχολεία, παιδικούς σταθμούς, μαιευτήρια, νοσοκομεία, γηροκομεία, των οποίων ο πληθυσμός παρουσιάζει αυξημένη ευαισθησία. Στην παρούσα ενότητα θα αναφερθούν τρόποι ηλεκτρομαγνητικής θωράκισης, των οποίων ασφαλώς η αποτελεσματικότητα εξαρτάται κάθε φορά από τις ιδιαιτερότητες της εφαρμογής τους.

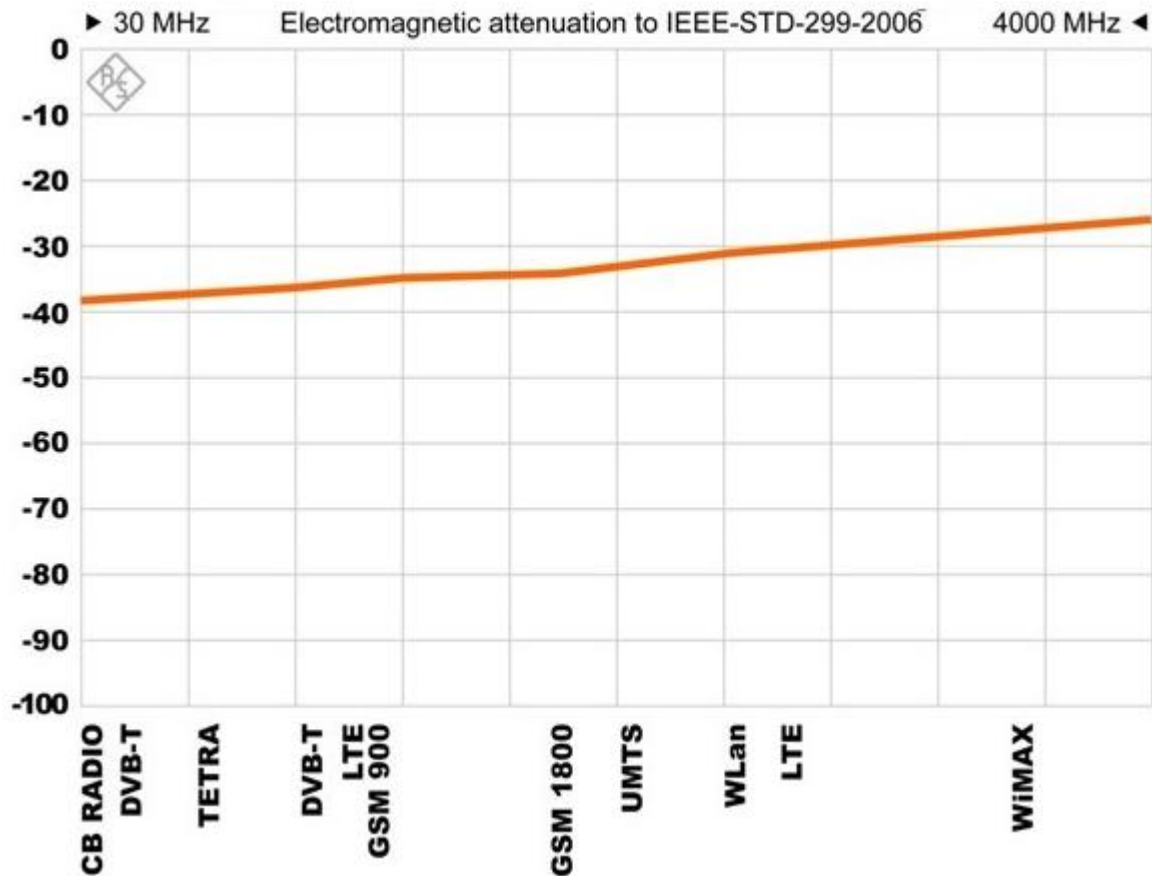
Αυτοκόλλητες μεμβράνες

Οι μεμβράνες αυτού του τύπου επικολλούνται στο εσωτερικών των τζαμιών, έχουν πάχος μερικών δεκάτων του χιλιοστού και μέσω της επίστρωσής τους με οξειδίο μετάλλου έχουν την ιδιότητα να αντανακλούν τις ασύρματες ακτινοβολίες, επιτυγχάνοντας έτσι ποσοστό απόρριψής τους >99%. Ταυτόχρονα, έχουν πολύ καλή διαπερατότητα φωτός (60%) και υψηλά ποσοστά απόρριψης της ηλιακής ενέργειας, συμβάλλοντας έτσι και στον κλιματισμό του χώρου.

Κουρτίνες από κατάλληλο ύφασμα

Το ύφασμα που χρησιμοποιείται για το σκοπό αυτό περιέχει πατενταρισμένη πλέξη νημάτων από βαμβάκι με χαλκό και ασήμι, επιτυγχάνοντας έτσι την ανάκλαση των ασύρματη ακτινοβολιών (σε ποσοστό >99%), ενώ η καθημερινή του χρήση δε διαφέρει από ένα κοινό ύφασμα (πλύσιμο, σιδέρωμα, κόψιμο και ράψιμο). Το βαμβάκι εξασφαλίζει την απουσία στατικού ηλεκτρισμού

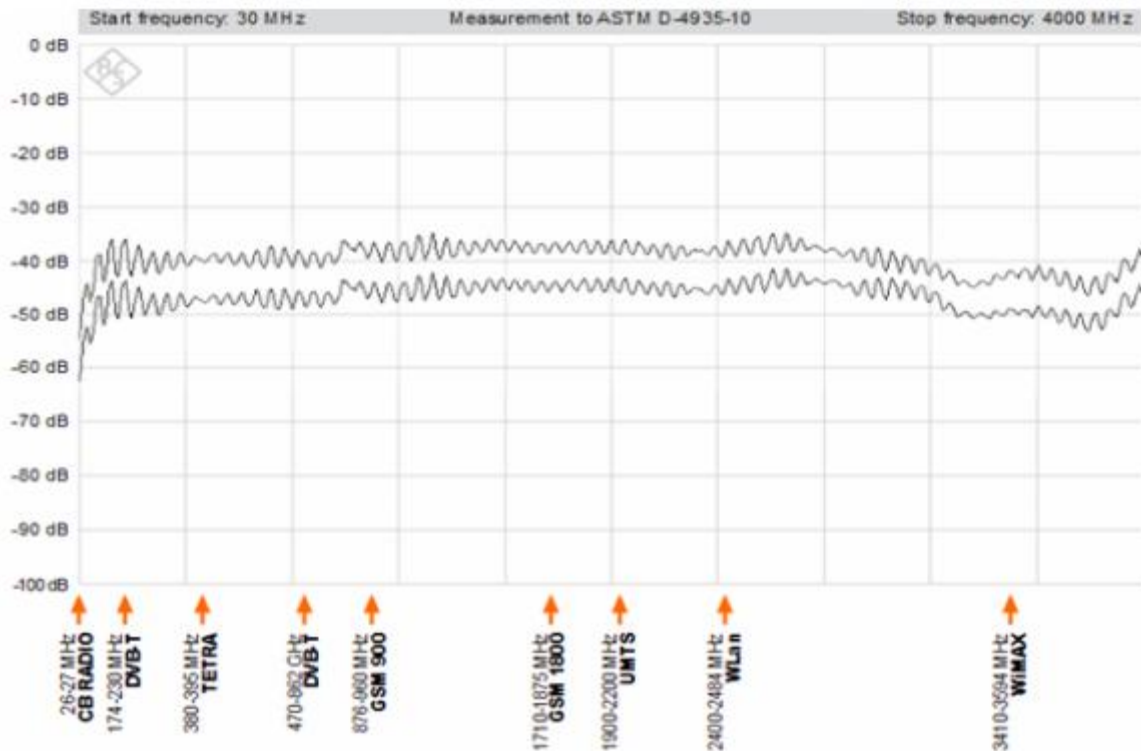
Ενδεικτικό της θωράκισης που επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός τέτοιου υφάσματος – καλύμματος είναι το ακόλουθο διάγραμμα ανά συχνότητα (30 MHz - 4GHz), όπως καταγράφηκε στα εργαστήρια της Yshield σύμφωνα με το πρότυπο IEEE-STD-299-2006 (με 30dB να «μεταφράζεται» σε 99,9% μείωση και 40dB να «μεταφράζεται αντίστοιχα» σε 99,99% μείωση):



Διάγραμμα 6: Διάγραμμα θωράκισης με τη χρήση υφάσματος μαγνητικής θωράκισης τύπου Naturell [18]

Μπογιά

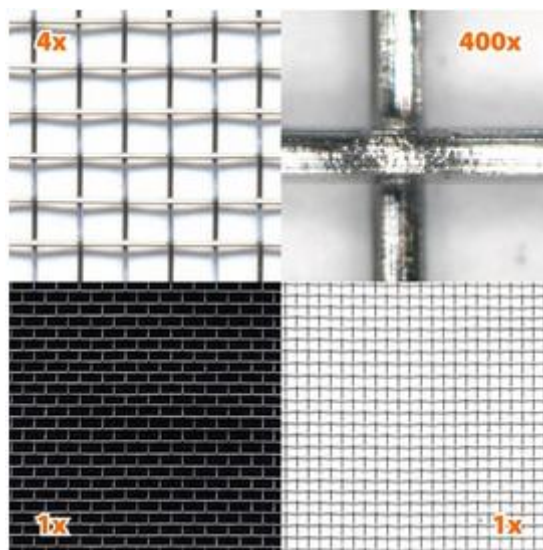
Η μπογιά αυτού του τύπου εξασφαλίζει και τα μεγαλύτερα ποσοστά θωράκισης (ειδικά αν πραγματοποιηθούν δύο στρώσεις εφαρμογής). Επειδή έχει μαύρο χρώμα δεν είναι κατάλληλη για τελική βαφή, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με μια συμβατική μπογιά του εμπορίου (εκτός από μπογιές με μεταλλικό συνδετικό υλικό). Μπορεί να εφαρμοστεί ακόμα και για τη θωράκιση πατωμάτων ενώ μειονέκτημά της αποτελεί το υψηλό κόστος, το οποίο όμως αντισταθμίζεται επαρκώς από την υψηλή αποτελεσματικότητά της. Ενδεικτικό της θωράκισης που επιτυγχάνεται με τη χρήση μπογιάς αυτού του είδους είναι το ακόλουθο διάγραμμα ανά συχνότητα (30 MHz - 18GHz) για βαφή με ένα ή δύο χέρια μπογιάς, που μετρήθηκε σύμφωνα με το πρότυπο ASTM-D4935-10 (30dB=99,9% μείωση, 40dB=99,99% μείωση, 50dB=99,999% μείωση).



Διάγραμμα 7: Διάγραμμα θωράκισης με τη χρήση μπογιάς τύπου HSF55 της εταιρείας Yshield [18]

Πλέγμα από ανοξείδωτο ασάλι

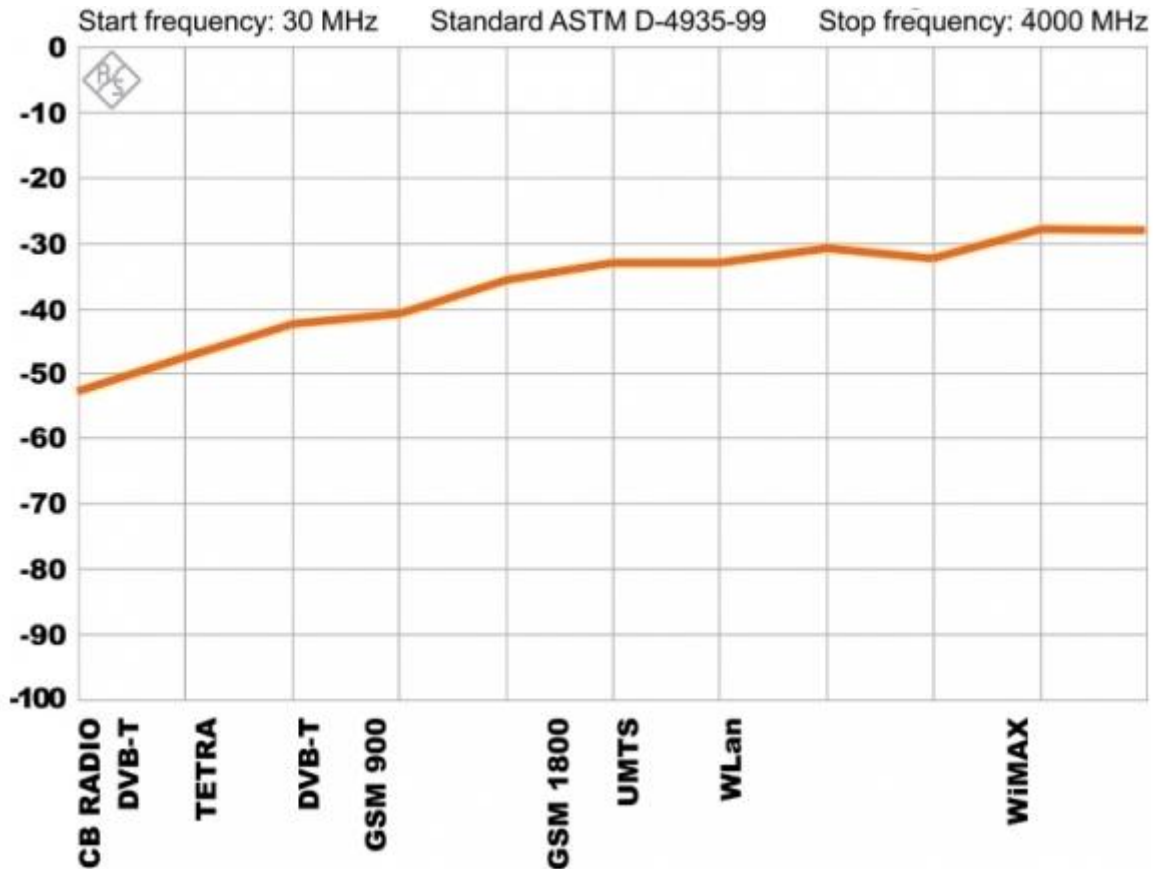
Το συγκεκριμένο πλέγμα επιτυγχάνει ιδιαίτερα υψηλό ποσοστό θωράκισης (>99,99%) εξαιτίας της λεπτής του πλέξης, έχει πάχος 0,32 mm, ενώ παρουσιάζει ιδιαίτερη ανοχή στη σκουριά με ταυτόχρονη υψηλή πυρασφάλεια. Συνήθως χρησιμοποιείται σε δάπεδα ενώ η γείωσή του χωρίς να είναι απαραίτητη εξασφαλίζει μόνωση και προστασία από τα ηλεκτρικά πεδία και εγκαταστάσεις αντίστοιχα [18].



Εικόνα 9: Πλέγμα ηλεκτρομαγνητικής θωράκισης από ανοξείδωτο ασάλι διαφορετικής πλέξης

[18]

Χαρακτηριστικό είναι το ακόλουθο διάγραμμα θωράκισης ανά συχνότητα (30 MHz - 4GHz) που μετρήθηκε σύμφωνα με το πρότυπο ASTM-4935 -10 και στο οποίο καταδεικνύονται τα υψηλά ποσοστά θωράκισης που επιτυγχάνονται (30dB=99,9% μείωση, 40dB=99,99% μείωση, 50dB=99,999% μείωση).



Διάγραμμα 8: Διάγραμμα θωράκισης με τη χρήση πλέγματος από ανοξείδωτο ατσάλι τύπου HEG10 [18]

4.3 Ηλεκτρομαγνητική Συμβατότητα

Με τον όρο ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα (ΗΜΣ) περιγράφεται η διττή ικανότητα μιας ηλεκτρικής συσκευής όσον αφορά στο να μην προκαλεί παρεμβολές στις υπόλοιπες συσκευές με τις οποίες βρίσκεται στον ίδιο χώρο (είτε μέσω ακτινοβολίας, είτε αγωγή, δηλαδή μέσω του ηλεκτρικού δικτύου) και στο να παρουσιάζεται ανθεκτική στις όποιες παρεμβολές προέρχονται από τις άλλες συσκευές (αντίσταση σε παρεμβολές). Οι σχετικές προβλεπόμενες, υποχρεωτικές απαιτήσεις για τις συσκευές παρατίθενται στην οδηγία περί ΗΜΣ (2004/108/EK & Νόμος περί ΗΜΣ) [19].

Με την δημοσίευση της ΚΥΑ 50268/5137/07 (Β' 1853/13-09-2007), η Ελληνική Νομοθεσία προσαρμόστηκε στην οδηγία 2004/108/ΕΚ για την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα. Ζητούμενο λοιπόν σε κάθε περίπτωση αποτελεί η απουσία οποιαδήποτε μορφής ηλεκτρομαγνητικής διαταραχής. Με το συγκεκριμένο όρο περιγράφεται «κάθε ηλεκτρομαγνητικό φαινόμενο που ενδέχεται να υποβαθμίσει τις επιδόσεις μιας διάταξης, μιας συσκευής ή να επιδράσει δυσμενώς σε ζώσα ή αδρανή ύλη. (Μια ηλεκτρομαγνητική διαταραχή μπορεί να είναι ένας ηλεκτρομαγνητικός θόρυβος, ένα ανεπιθύμητο σήμα ή μια μεταβολή στο ίδιο μέσο διάδοσης)» [25].

4.4 Παραδείγματα μετρήσεων

Στην παρούσα ενότητα θα καταγραφούν μετρήσεις μαγνητικών πεδίων που έχουν λάβει χώρα κατά καιρούς, σε διαφορετικά μέρη και με διαφορετικά είδη πηγών, έτσι ώστε να δημιουργηθεί μια βάση αναφοράς σχετικά με το τι αναμένεται να μετρηθεί κατά περίπτωση, ή σε ποιες περιπτώσεις χρήζει να εφαρμοστεί η διαδικασία μέτρησης.

Έτσι, σύμφωνα με μετρήσεις της Διεύθυνσης Μελετών Κατασκευών Λειτουργίας Εγκαταστάσεων Διανομής της ΔΕΗ στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας, προέκυψε σχετικά με τις γραμμές των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων η καταγραφή του ακόλουθου πίνακα.

A/A	Τύπος Εγκατάστασης	Μαγνητικό Πεδίο (μΤ)
1.	Εναέριες γραμμές ΜΤ (κάτω από τις γραμμές)	0,20 - 1,10
2.	Εναέριες γραμμές ΜΤ (στα 3m από τον άξονα των γραμμών)	0,10 - 0,85
3.	Εναέριες γραμμές ΧΤ με γυμνούς αγωγούς (κάτω από τις γραμμές)	0,20 - 2,15
4.	Εναέριες γραμμές ΧΤ με γυμνούς αγωγούς (στα 3m από τον άξονα των γραμμών)	0,10 - 1,10
5.	Εναέριες γραμμές ΧΤ με συνεστραμμένα καλώδια (κάτω από τις γραμμές)	0,08 - 0,15
6.	Εναέριες γραμμές ΧΤ με συνεστραμμένα καλώδια (στα 3m από τον άξονα των γραμμών)	0,03 - 0,10
7.	Υπόγειες γραμμές ΜΤ & ΧΤ (στο 1 m από την επιφάνεια του εδάφους)	0,15 - 1,70
8.	Εναέριοι υποσταθμοί ΜΤ/ΧΤ (κάτω από τον υποσταθμό, σε απόσταση 1 m)	0,30 - 2,00
9.	Υποσταθμοί εσωτερικού χώρου (γενική στάθμη εντός του χώρου του υποσταθμού)	2,00 - 5,00
10.	Υποσταθμοί εσωτερικού χώρου (σε απόσταση 1 m γύρω από τον υποσταθμό)	0,50 - 2,00
11.	Στην πόρτα περιμετρικής περίφραξης Κέντρου Διανομής με Υποσταθμό 150/20 kV (Μετασχηματιστής εντός οικίσκου)	0,21
12.	Μέσα στο προαύλιο σχολικού συγκροτήματος σε απόσταση 100 m από Κέντρο Διανομής	0,1 - 0,17
13.	Στις αίθουσες διδασκαλίας και τους χώρους γραφείων σχολικού συγκροτήματος σε απόσταση 100 m από το Κέντρο Διανομής	0,07

Πίνακας 10: Μετρήσεις της Διεύθυνσης Μελετών Κατασκευών Λειτουργίας Εγκαταστάσεων Διανομής της ΔΕΗ στο δίκτυο της στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας [7]

Αντίστοιχες μετρήσεις έλαβαν χώρα και από την Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας, όπως καταγράφηκαν στον ακόλουθο πίνακα.

		<i>Μαγνητικό Πεδίο (μT)</i>	<i>Ηλεκτρικό Πεδίο (V/m)</i>
Γραμμές 400 kV (μεταλλικοί πυλώνες)	Μέγιστη τιμή (κάτω από αγωγούς)	25	5000
	Τυπική τιμή (κάτω από αγωγούς)	1-4	2000-4000
	Τυπική τιμή (25cm παραπλεύρως)	0.5-2	200 - 500
Γραμμές 150 kV (μεταλλικοί πυλώνες)	Μέγιστη τιμή (κάτω από αγωγούς)	15	2000
	Τυπική τιμή (κάτω από αγωγούς)	0.5-2	1000-2000
	Τυπική τιμή (25cm παραπλεύρως)	0.1-02	100 - 300
Γραμμές 150 kV (μεταλλικοί ιστοί)	Μέγιστη τιμή (κάτω από αγωγούς)	10	1200
	Τυπική τιμή (κάτω από αγωγούς)	0.3-1.5	500- 1000
	Τυπική τιμή (25cm παραπλεύρως)	0.05-0.2	50-100
Γραμμές 20 kV (ξύλινες κολώνες)	Μέγιστη τιμή (κάτω από αγωγούς)	5	700
	Τυπική τιμή (κάτω από αγωγούς)	0.2-0.5	200
	Τυπική τιμή (25cm παραπλεύρως)	0.01 - 0.05	10-20

Πίνακας 11: Μετρήσεις της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας στο δίκτυο της ΔΕΗ στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας [24]

Η επανάληψη της αντίστοιχης διαδικασίας για την περίπτωση κοινόχρηστων χώρων οδήγησε στον ακόλουθο πίνακα.

A/A	Τύπος Εγκατάστασης	Μαγνητικό Πεδίο (μT)
1.	Σε γνωστές υπεραγορές τροφίμων	0,07 - 0,4
2.	Σε κεντρικό κατάστημα τράπεζας	0,06 - 0,4
3.	Στις θέσεις εστίασης ταχυφαγείων γνωστής αλυσίδας	0,14 - 0,8
4.	Σε κατάστημα πώλησης πρόχειρου φαγητού "στο χέρι"	0,5 - 1,6
5.	Στο χώρο των ταμείων Πρακτορείου της ΔΕΗ	0,2 - 0,33
6.	Σε χώρους γραφείων, ανάλογα με το μέγεθος και τον εξοπλισμό	0,05 - 0,6

Πίνακας 12: Μετρήσεις της Διεύθυνσης Μελετών Κατασκευών Λειτουργίας Εγκαταστάσεων Διανομής της ΔΕΗ σε κοινόχρηστους χώρους [7]

Όσον αφορά στις μετρήσεις εντός μιας οικίας, ενδιαφέρον παρουσιάζει η χωροθέτηση των μαγνητικών πεδίων αλλά και η ένταση των μαγνητικών πεδίων που δημιουργούνται από τις διάφορες συνήθεις οικιακές ηλεκτρικές συσκευές



Εικόνα 10: Μετρήσεις μαγνητικών πεδίων σε οικία τριών Υ/Δ από την Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας [24]

Οικιακή Συσκευή	Ένταση μαγνητικού πεδίου (μT)		
	3 cm	30 cm	1 m
Ανοιχτήρι κονσέρβας	2000	30	1
Στεγνωτήρας μαλλιών	2000	7	0,3
Ηλεκτρική ξυριστική μηχανή	1500	9	0,3
Ηλεκτρικό πριόνι	1000	25	1
Δράπανα	800	3,5	0,2
Ηλεκτρικές σκούπες	800	20	2
Λάμπες φθορίου γραφείου	400	2	0,25
Σκουπιδοφάγος	250	2	0,1
Φούρνος μικροκυμάτων	200	8	0,6
Λάμπες φθορίου οροφής	200	4	0,3
Ηλεκτρικό "μάτι" κουζίνας	200	4	0,1
Φορητές θερμάστρες	180	5	0,25
Μίξερ κουζίνας	130	2	0,12
Τηλεοράσεις	50	2	0,15
Ηλεκτρικός φούρνος	50	0,5	0
Πλυντήριο ρούχων	50	3	0,15
Ηλεκτρικό σίδερο	30	0,3	0,02
Ανεμιστήρες	30	4	0,35
Καφετιέρες	25	0,15	0,01
Πλυντήριο πιάτων	20	3	0,03
Τοστιέρες	18	0,7	0,01
Ψυγεία	1,7	0,25	0,01

Πίνακας 13: Προκαλούμενα μαγνητικά πεδία από συνήθεις οικιακές συσκευές σύμφωνα με μετρήσεις της Διεύθυνσης Μελετών Κατασκευών Λειτουργίας Εγκαταστάσεων Διανομής της ΔΕΗ [7]

Οικιακή Συσκευή	Ένταση μαγνητικού πεδίου (μT)		
	3 cm	30 cm	1 m
Έυριστική μηχανή	10-900	0.05-9	0.01-0.2
Σεσουάρ Μαλλιών	8-800	0.01 - 7	0.01 - 0.03
Λαμπτήρας φθορισμού	40-400	0.5-2	0.02 - 0.25
Ηλεκτρική κουζίνα	1-50	0.15-0.5	0.01 - 0.04
Φούρνος μικροκυμάτων	5-100	0.4-8	0.15-0.5
Ψυγείο	0.5-1.7	0.01 -0.3	0.01 - 0.05
Πλυντήριο ρούχων	0.8-40	0.15-3	0.01 - 0.15
Πλυντήριο πιάτων	1-15	0.2-2	0.07-0.3
Ηλεκτρικό σίδερο	3-30	0.14-0.3	0.01 - 0.03
Ηλεκτρική σκούπα	60 - 500	0.8-12	0.08-0.8
Φορητό ραδιόφωνο	1-15	0.4-1.5	0.01-0.1
Τηλεόραση	2-80	0.04-8	0.01 - 0.9
Βιντεοκάμερα	0.6 - 20	0.7 -2.5	0.01 - 0.03
Φωτοτυπικό	0.6-40	0.1 - 2.7	0.01-0.3
Συσκευή FAX	0.4-1.5	0.01 -0.2	0.01 - 0.02
Οθόνη Υπολογιστή	1 -60	0.02-5	0.01-0.6
Ηλεκτρικό τρυπάνι	4-200	0.2-3.3	0.01-0.8

Πίνακας 14: Προκαλούμενα μαγνητικά πεδία από συνήθεις οικιακές συσκευές σύμφωνα με μετρήσεις της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας [24]

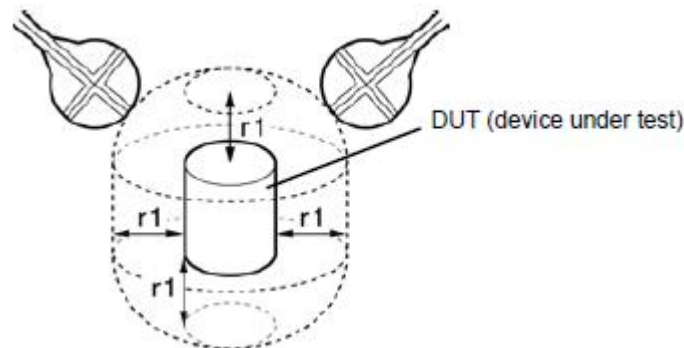
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΟΡΓΑΝΟΥ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

5.1 Περιγραφή χρησιμοποιούμενου οργάνου

Στην παρούσα ενότητα θα περιγραφεί το όργανο που χρησιμοποιήθηκε για τη διενέργεια των πειραματικών μετρήσεων. Πρόκειται για το Magnetic Field HiTester (μοντέλο 3470) της εταιρίας HIOKI, το οποίο έχει σχεδιαστεί για τη μέτρηση της πυκνότητας της μαγνητικής ροής και τα επίπεδα έκθεσης σε μαγνητικό πεδίο σύμφωνα με τα πρότυπα ICNIRP 1998 (Οδηγίες για τον περιορισμό της έκθεσης σε χρονομεταβλητά ηλεκτρικά, μαγνητικά και ηλεκτρομαγνητικά πεδία) και EN50366 (IEC62233) (Μετρήσεις μαγνητικών πεδίων των οικιακών ηλεκτρικών συσκευών).

5.1.1 Παράδειγμα μέτρησης

Ας υποθεθεί ότι για την πραγματοποίηση της μέτρησης χρησιμοποιείται μια συσκευή ηλεκτρικού μαγειρείου (DUT – Device Under Test), με τη μισή χωρητικότητά της να περιέχει νερό και τη ρύθμιση της θερμοκρασίας να είναι η μέγιστη. Ο χρόνος της μέτρησης είναι μερικά δευτερόλεπτα για κάθε σημείο, με την απόσταση του αισθητήρα από το σημείο μέτρησης να είναι $r1=30$ cm, όπως φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα.

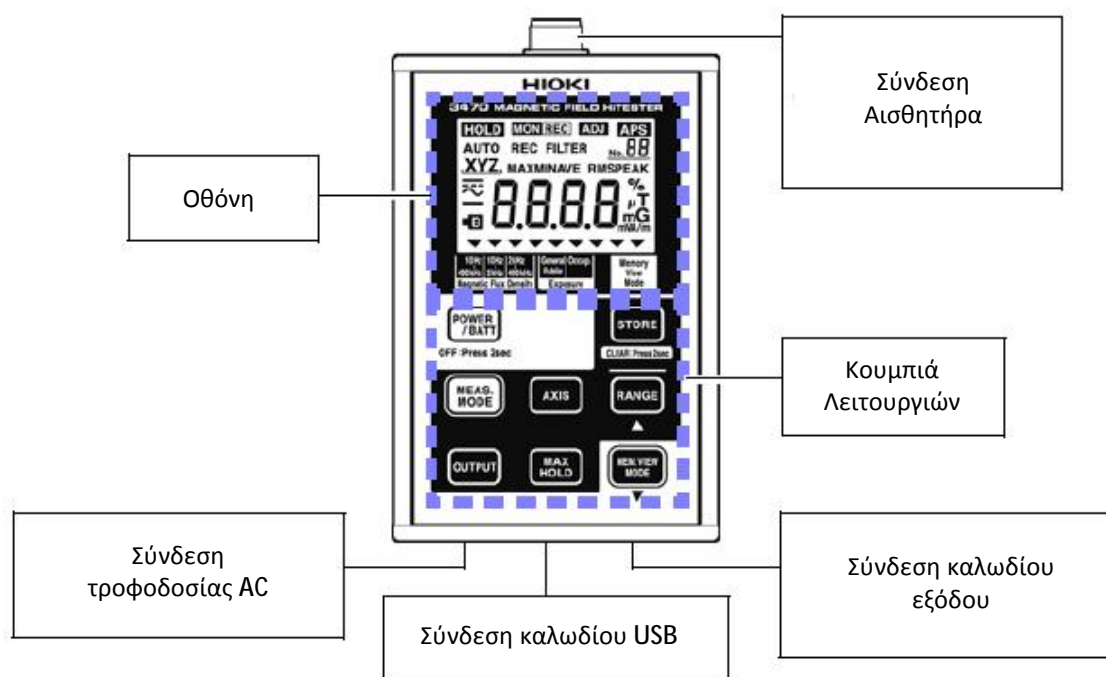


Εικόνα 11: Πραγματοποίηση δοκιμαστικής μέτρησης

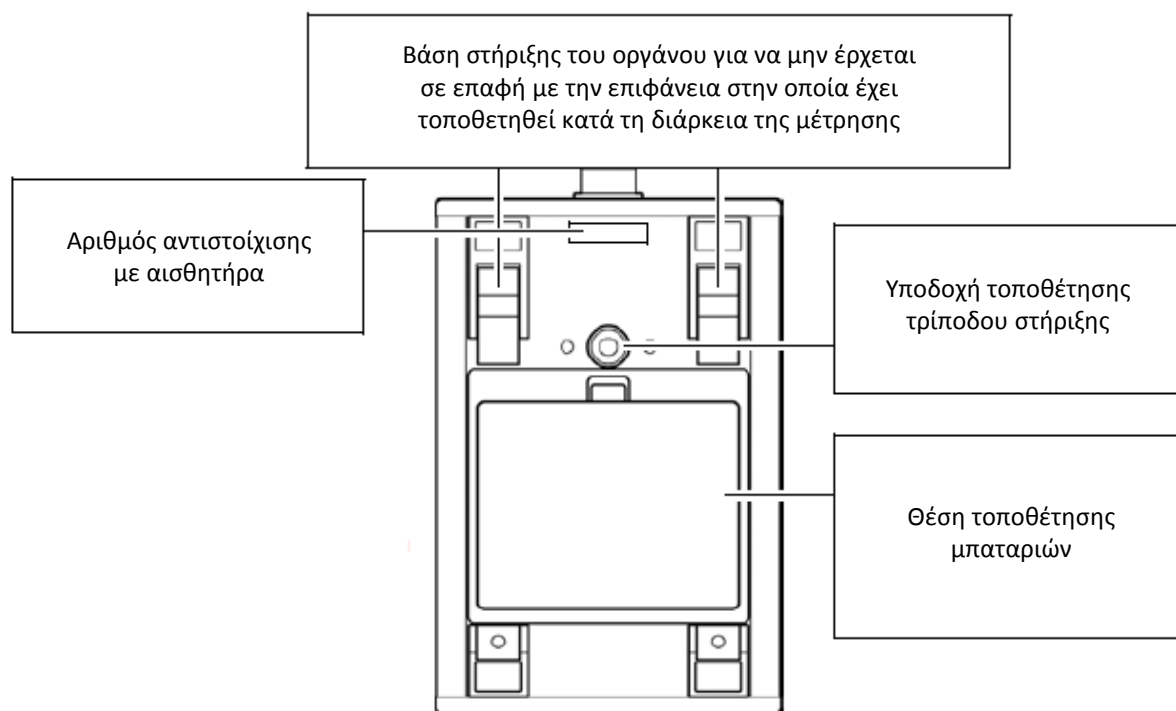
Η διαδικασία για την πραγματοποίηση της μέτρησης περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

1. Συνδέουμε το όργανο με εξωτερική τροφοδοσία (AC) ή τοποθετούμε μπαταρίες στην αντίστοιχη υποδοχή.
2. Συνδέουμε τον αισθητήρα.
3. Συνδέουμε το όργανο με ένα PC μέσω ενός καλωδίου USB.
4. Εγκαθιστούμε το αντίστοιχο λογισμικό στο PC.
5. Επιλέγουμε mode Exposure General Public και κλίμακα AUTO.
6. Τοποθετούμε τον αισθητήρα στην κατάλληλη απόσταση από τη συσκευή μέτρησης.
7. Διαβάζουμε και αποθηκεύουμε την αναγραφόμενη τιμή μέτρησης.
8. Επεξεργαζόμαστε τις μετρήσεις μέσω του αντίστοιχου λογισμικού στο PC.

Τα βασικά μέρη του οργάνου παρουσιάζονται στις ακόλουθες εικόνες.



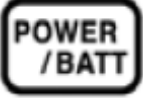






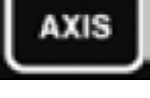
Εικόνα 12: Εμπρόσθια όψη



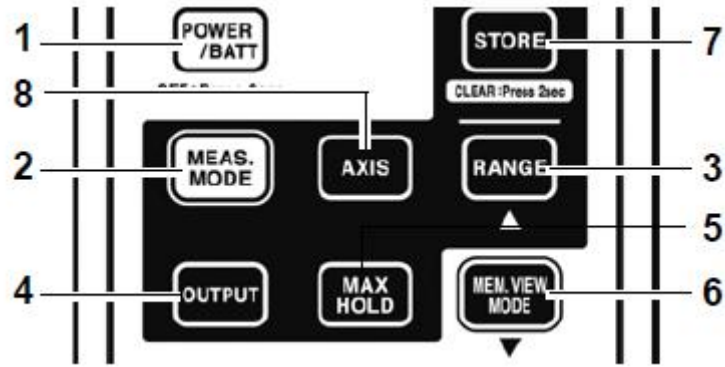
Εικόνα 13: Οπίσθια όψη

5.1.2 Κουμπιά Λειτουργιών

Τα κουμπιά λειτουργιών εντοπίζονται στην περιοχή του οργάνου που απεικονίζεται ακολούθως. Αναλυτικά, η λειτουργία του κάθε κουμπιού περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα

1		Πρόκειται για την τροφοδοσία του οργάνου και πιέζοντάς το ανοίγουμε και κλείνουμε το όργανο. Αν ανοίγοντας το όργανο πιεστεί ταυτόχρονα το κουμπί 7, τότε αρχικοποιείται η μνήμη του οργάνου και επαναφέρονται οι εργοστασιακές του ρυθμίσεις.
2		Εναλλάσσει το μοντέλο μέτρησης του μαγνητικού πεδίου. Οι διαθέσιμες επιλογές είναι: Πυκνότητα μαγνητικής ροής (10Hz to 400kHz) Πυκνότητα μαγνητικής ροής (10Hz to 2kHz) Πυκνότητα μαγνητικής ροής (2kHz to 400kHz) Επίπεδο έκθεσης (General Public) Επίπεδο έκθεσης (Occupational) Πυκνότητα μαγνητικού πεδίου (10Hz to 400kHz)...
3		Επιλογή αυτόματης ή χειροκίνητης επιλογής κλίμακας τιμών για την εκάστοτε μέτρηση
4		Καθορίζει τη μορφή της συνάρτησης εξόδου (κυματομορφή ή ενεργός τιμή)
5		Κρατά στη μνήμη του οργάνου τη μέγιστη μετρούμενη τιμή.
6		Δείχνει τα δεδομένα που έχουν ήδη αποθηκευθεί.
7		Αποθηκεύει τα δεδομένα των μετρήσεων στη μνήμη του οργάνου.
8		Εναλλάσσει τον άξονα ως προς τον οποίο πραγματοποιείται η μέτρηση.

Πίνακας 15: Περιγραφή κουμπιών λειτουργιών του οργάνου



Εικόνα 14: Περιοχή κουμπιών λειτουργιών του οργάνου

5.1.3 Οθόνη του οργάνου

Στην εικόνα και στον πίνακα που ακολουθούν απεικονίζεται η οθόνη του οργάνου και περιγράφονται οι διάφορες ενδείξεις του.

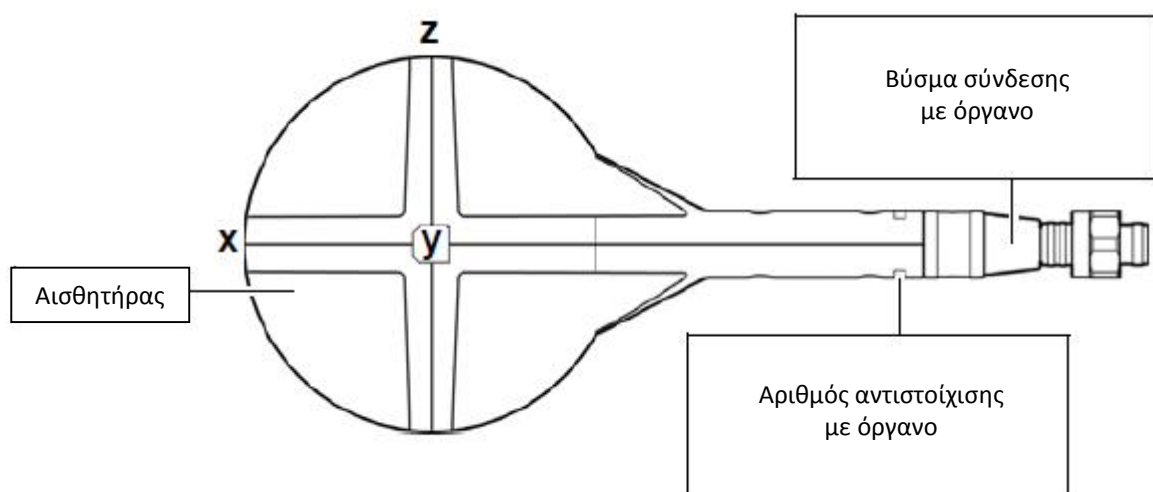


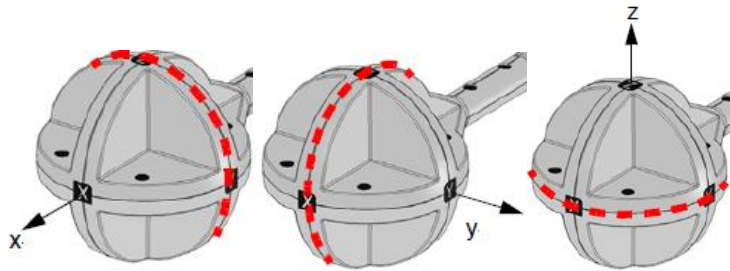
Εικόνα 15: Η οθόνη του οργάνου

1	AUTO	Η συγκεκριμένη ένδειξη είναι φωτεινή όταν η αυτόματη επιλογή κλίμακας είναι ενεργοποιημένη.
2	REC	Η συγκεκριμένη ένδειξη είναι φωτεινή κατά την αποθήκευση των δεδομένων μέτρησης.
3	XYZ	Η συγκεκριμένη ένδειξη είναι φωτεινή όταν η μέτρηση πραγματοποιείται και ως προς τους τρεις άξονες.
4	MAX	Η συγκεκριμένη ένδειξη είναι φωτεινή εφόσον έχει αποθηκευτεί η μέγιστη μετρούμενη τιμή.
5	B	Η συγκεκριμένη ένδειξη είναι φωτεινή όταν η μπαταρία του οργάνου χρειάζεται φόρτιση.
6	MON	Η συγκεκριμένη ένδειξη είναι φωτεινή όταν η έξοδος του οργάνου είναι κυματομορφή.
7	REC	Η συγκεκριμένη ένδειξη είναι φωτεινή όταν η έξοδος του οργάνου είναι ενεργός τιμή.
8	APS	Η συγκεκριμένη ένδειξη είναι φωτεινή όταν είναι ενεργοποιημένη η επιλογή αυτόματης απενεργοποίησης του οργάνου.
9	No. 88	Ο αριθμός των δεδομένων που έχουν αποθηκευτεί στη μνήμη του οργάνου.
10	RMS	Η συγκεκριμένη ένδειξη είναι φωτεινή όταν η μετρούμενη τιμή είναι η ενεργός.
11	%	Απεικονίζει τη μονάδα μέτρησης του επιπέδου έκθεσης.
12	μT mG mVA/m	Απεικονίζει τη μονάδα μέτρησης της πυκνότητας της μαγνητικής ροής.

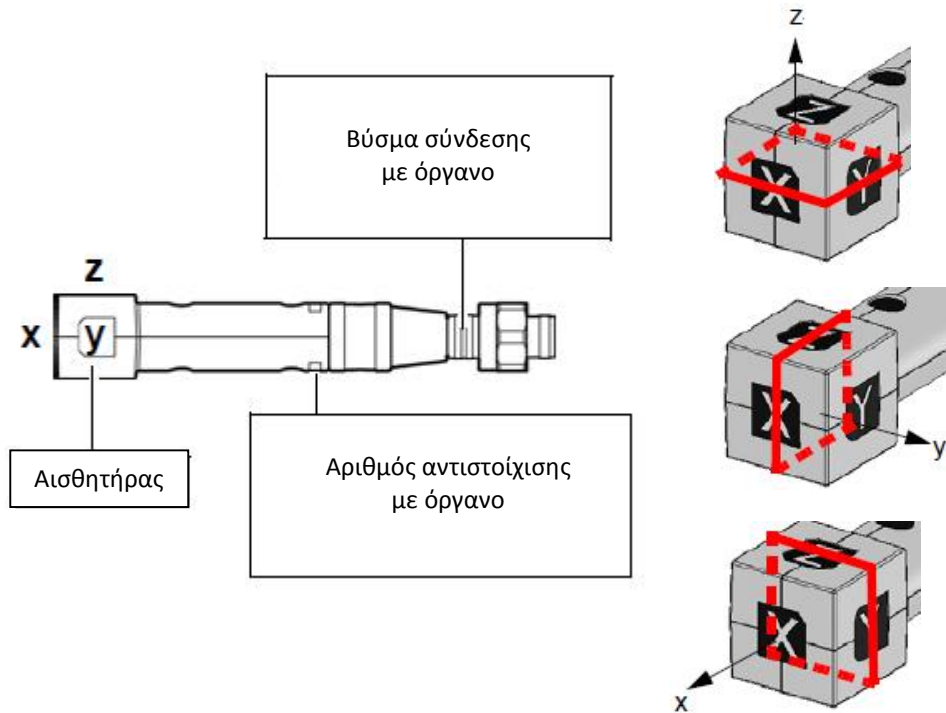
Πίνακας 16: Περιγραφή των διαφόρων ενδείξεων του οργάνου

5.1.4 Χρησιμοποιούμενοι αισθητήρες του οργάνου





Εικόνα 16: Αισθητήρας 3471 και οι άξονες μέτρησής του



Εικόνα 17: Αισθητήρας 3472 και οι άξονες μέτρησής του

5.1.5 Μετρούμενες μεταβλητές

Οι μεταβλητές $x(t)$, $y(t)$ και $z(t)$ απεικονίζουν τις στιγμιαίες τιμές των μετρούμενων μεγεθών ανά άξονα, ενώ οι αντίστοιχες ενεργές τιμές δίνονται από τις σχέσεις:

$$\hat{x}(t) = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t-T}^t \{x(t)\}^2 dt}$$

$$\hat{y}(t) = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t-T}^t \{y(t)\}^2 dt}$$


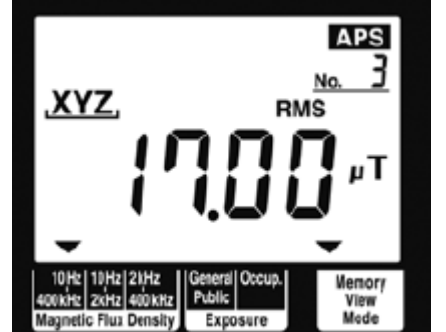
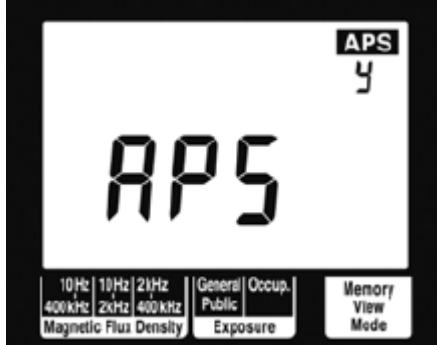
$$\hat{z}(t) = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t-T}^t \{z(t)\}^2 dt}$$



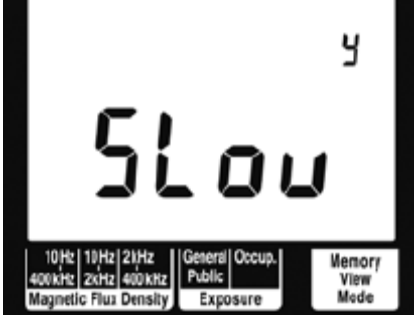

ενώ η τελική ενεργός τιμή προκύπτει από το άθροισμα

$$\hat{R}(t) = \sqrt{\{x(t)\}^2 + \{y(t)\}^2 + \{z(t)\}^2}$$

5.1.6 Οθόνες ελέγχου κατά την προετοιμασία του οργάνου

Στον πίνακα που ακολουθεί περιγράφονται οι διάφορες ελέγχου του οργάνου προκειμένου αυτό να είναι έτοιμο για την πραγματοποίηση μιας αξιόπιστης μέτρησης.

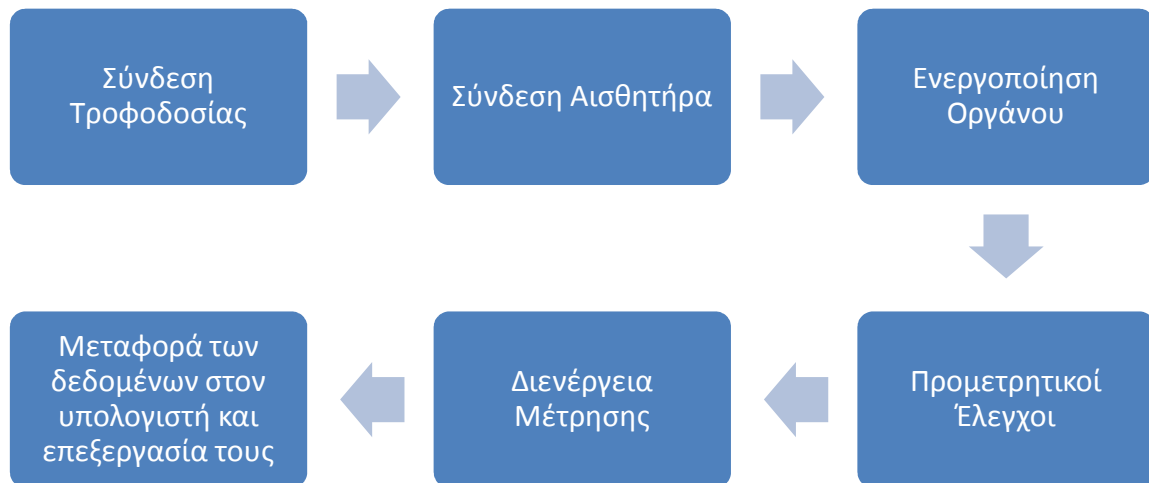
Έλεγχος	Πρόσβαση της συγκεκριμένης οθόνης (σύμφωνα με τον Πίνακα 1)	Απεικονιζόμενη Οθόνη
Κατάσταση Μπαταρίας	Κουμπί [1]	
Υπαρξη Αποθηκευμένων Δεδομένων	Κουμπί [2]	
Αυτόματη Απενεργοποίηση	Χωρίς τροφοδοσία, με πατημένα τα κουμπιά [1] και [2], πατάμε το κουμπί [3]	

<p>Ηχητική Ένδειξη</p>	<p>Χωρίς τροφοδοσία, με πατημένα τα κουμπιά [1] και [2], πατάμε το κουμπί [3]</p>	
<p>Μονάδα Μέτρησης</p>	<p>Χωρίς τροφοδοσία, με πατημένα τα κουμπιά [1] και [2], πατάμε το κουμπί [3]</p>	
<p>Ενεργοποίηση της λειτουργίας Slow</p>	<p>Χωρίς τροφοδοσία, με πατημένα τα κουμπιά [1] και [2], πατάμε το κουμπί [3]</p>	
<p>Ενεργοποίηση της Αποθήκευσης Δεδομένων</p>	<p>Χωρίς τροφοδοσία, με πατημένα τα κουμπιά [1] και [2], πατάμε το κουμπί [3]</p>	

Πίνακας 17: Οθόνες ελέγχου για την προετοιμασία του οργάνου

5.2 Διαδικασία Μέτρησης

Στο διάγραμμα που ακολουθεί περιγράφονται με τη σειρά τα στάδια που πρέπει να ακολουθηθούν προκειμένου να πραγματοποιηθεί μια μέτρηση.



Διάγραμμα 9: Διαδικασία Μέτρησης

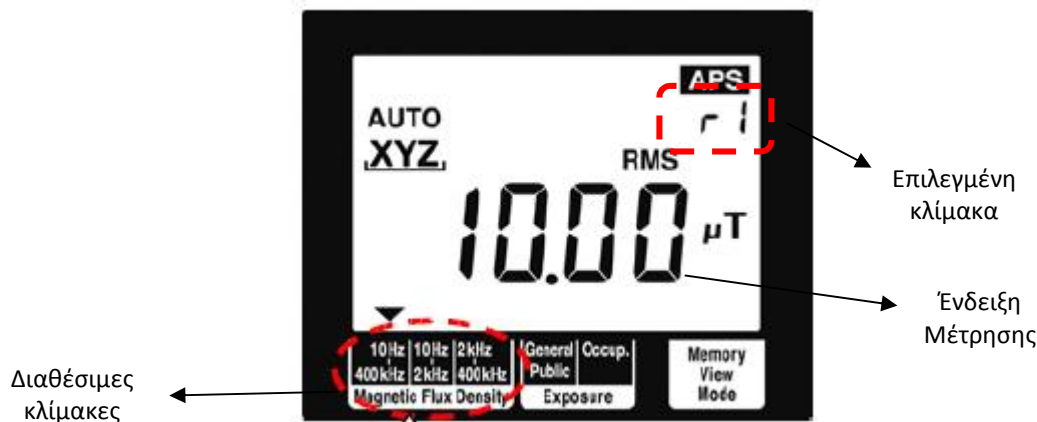
Λεπτομέρειες Διαδικασίας

- Ο αισθητήρας 3471 αφορά σε μια περιοχή μέτρησης της τάξης των 100 cm^2 και χρησιμοποιείται σε συνήθεις εφαρμογές, ενώ ο αισθητήρας 3472 αφορά σε μια περιοχή μέτρησης της τάξης των 3 cm^2 και προτιμάται όταν υφίσταται η ανάγκη λεπτομερούς μέτρησης.
- Κατά την ενεργοποίηση του οργάνου θα πρέπει προς στιγμή να εμφανίζονται όλες οι ενδείξεις του οργάνου, στη συνέχεια να εμφανίζεται το μοντέλο του αισθητήρα και τέλος η κατάσταση της μπαταρίας.
- Οι προμετρητικοί έλεγχοι αφορούν στη μόνωση των καλωδίων για τυχόν περιοχές που έχουν φθαρεί ή καταστραφεί και στην ανταπόκριση της μπαταρίας όταν αυτή φορτίζεται.

5.2.1 Μέτρηση πυκνότητας μαγνητική ροής

1. Πιέζουμε το κουμπί MEAS.MODE για να ανοίξει η οθόνη μέτρησης της πυκνότητας μαγνητικής ροής όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.
2. Πιέζουμε το κουμπί RANGE για να επιλέξουμε την επιθυμητή κλίμακα. Η διαδοχή των επιλογών είναι AUTO, r0, r1, r2, r3 όπου τα αντίστοιχα εύρη τιμών είναι για την r0 ($2\mu\text{T}/20 \text{ mG}/1.6 \text{ A/m}$), την r1 ($20\mu\text{T}/200 \text{ mG}/16 \text{ A/m}$), την r2 ($200\mu\text{T}/2 \text{ G}/160 \text{ A/m}$) και για την r3 ($2\text{mT}/20 \text{ G}/1600 \text{ A/m}$).

3. Τοποθετούμε το όργανο με τον αισθητήρα σε κοντινή απόσταση από τη συσκευή και διαβάζουμε την αναγραφόμενη τιμή.
4. Πατώντας το κουμπί STORE, μπορούμε να αποθηκεύσουμε τη μετρούμενη τιμή.



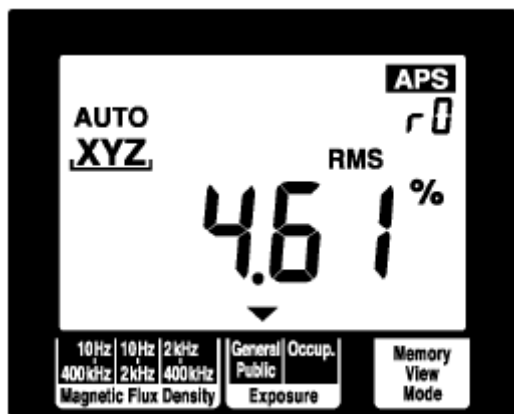
Εικόνα 18: Οθόνη μέτρησης της πυκνότητας μαγνητικής ροής

5.2.2 Μέτρηση επιπέδου έκθεσης (μετρήσεις για το κοινό)

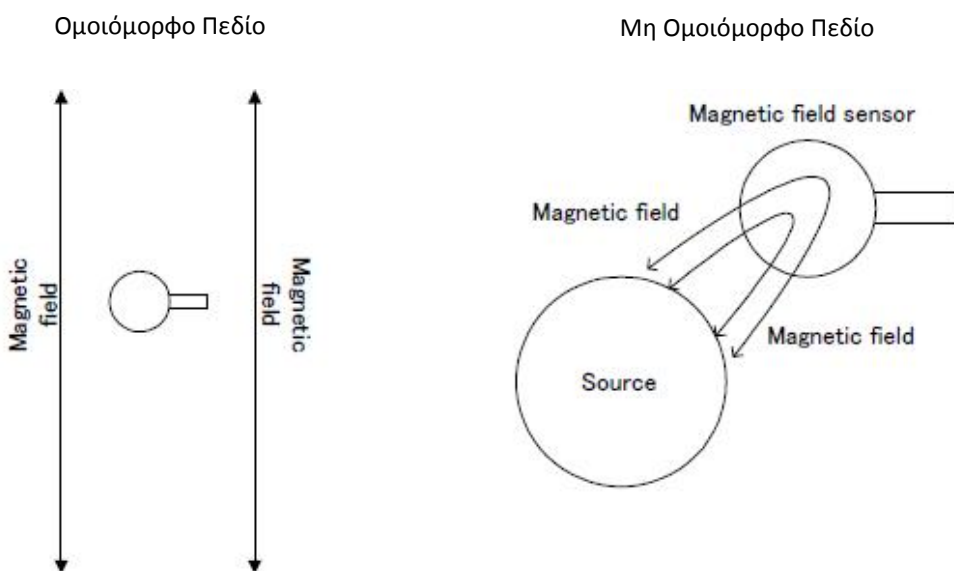
Ανάλογα με το είδος της μέτρησης υπάρχει η πιθανότητα να πρέπει να ενεργοποιηθεί ή απενεργοποιηθεί η επιλογή Slow Function, η οποία σχετίζεται με την ταχύτητα διενέργειας των μετρήσεων (εισαγωγή χρονικής καθυστέρησης 1 sec ανά μέτρηση, με την ίδια τη μέτρηση να διαρκεί επίσης 1 sec, διαφορετικά τα χρονικά διαστήματα μέτρησης και καθυστέρησης είναι 0.12 και 0.13 sec αντίστοιχα). Η συγκεκριμένη επιλογή θα πρέπει να υφίσταται εφόσον δεν πρόκειται για ηλεκτρομαγνητικό πεδίο γνωστής κυματομορφής ή όταν η ένταση του πεδίου δεν παρουσιάζει περιοδικές μεταβολές της τάξης των 10 Hz ή παραπάνω).

Ενεργή επιλογή Slow Function

1. Με απενεργοποιημένο το όργανο, κρατώντας πατημένο το κουμπί MEAS.MODE, πιέζουμε το POWER/BATT για να ενεργοποιήσουμε την επιλογή.
2. Πιέζουμε το κουμπί MEAS.MODE για την εμφάνιση της οθόνης μέτρησης του Επιπέδου Έκθεσης (Exposure Level – General Public).
3. Μέσω του RANGE επιλέγουμε την κατάλληλη κλίμακα. Οι διαθέσιμες επιλογές είναι με τη σειρά AUTO, r0, r1, r2 με τα εύρη τιμών των χειροκίνητων επιλογών να κυμαίνονται ανάμεσα σε 20, 200 και 2000% αντίστοιχα.
4. Τοποθετούμε το όργανο με τον αισθητήρα σε κοντινή απόσταση από τη συσκευή και διαβάζουμε την αναγραφόμενη τιμή. Η τοποθέτηση του αισθητήρα για ομοιόμορφο και μη μαγνητικό πεδίο παρουσιάζεται στην παρακάτω σχετική εικόνα (με τα πρότυπα να μην αναφέρουν σχετικά με μια συγκεκριμένη γωνία προσέγγισης αλλά να είναι σημαντική η διατήρηση της ευθείας).
5. Πατώντας το κουμπί STORE, μπορούμε να αποθηκεύσουμε τη μετρούμενη τιμή.



Εικόνα 19: Οθόνη μέτρησης Επιπέδου Έκθεσης (για το κοινό)

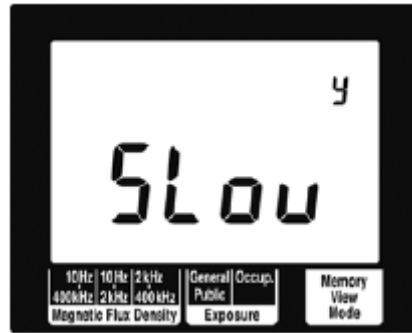


Εικόνα 20: Τοποθέτηση αισθητήρα για μέτρηση Επιπέδου Έκθεσης (για το κοινό)

Ανενεργή επιλογή Slow Function

Οι αρχικές ρυθμίσεις του οργάνου έχουν ανενεργή τη συγκεκριμένη επιλογή. Αν έχει ενεργοποιηθεί για μια μέτρηση και απαιτείται η επαναφορά στις αρχικές ρυθμίσεις για μία άλλη τότε κάνουμε τα εξής:

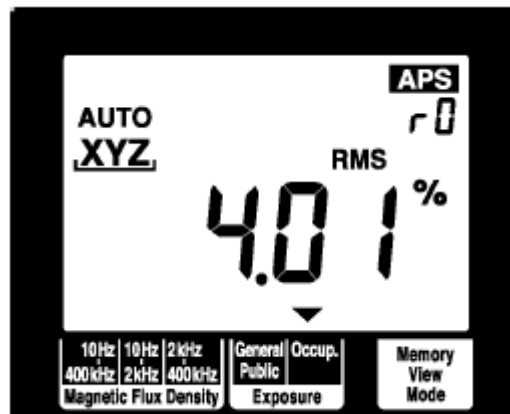
1. Με απενεργοποιημένο το όργανο, κρατάμε πατημένο το MEAS.MEM MODE και ταυτόχρονα πατάμε το POWER/BAT.
2. Στη συνέχεια πατάμε RANGE και με το βέλος επιλογής εμφανίζουμε την επιλογή [SLou], όπως φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα, με το y την ενεργοποιεί και με το n να την απενεργοποιεί.
3. Πατώντας POWER/BAT η ρύθμιση αποθηκεύεται και εμφανίζονται στην οθόνη οι ενδείξεις SAVE και END.



Εικόνα 21: Οθόνη επιλογής Slow Function

5.2.3 Μέτρηση επιπέδου έκθεσης (μετρήσεις για επαγγελματίες)

1. Πιέζουμε το κουμπί MEAS.MEM MODE για την εμφάνιση της οθόνης μέτρησης του Επιπέδου Έκθεσης (Exposure Level – Occupational).
2. Μέσω του RANGE επιλέγουμε την κατάλληλη κλίμακα. Οι διαθέσιμες επιλογές είναι με τη σειρά AUTO, r0, r1, r2 με τα εύρη τιμών των χειροκίνητων επιλογών να κυμαίνονται ανάμεσα σε 20, 200 και 2000% αντίστοιχα.
3. Τοποθετούμε το όργανο με τον αισθητήρα σε κοντινή απόσταση από τη συσκευή και διαβάζουμε την αναγραφόμενη τιμή. Η τοποθέτηση του αισθητήρα γίνεται με τον προαναφερόμενο τρόπο για ομοιόμορφο και μη μαγνητικό πεδίο.
4. Πατώντας το κουμπί STORE, μπορούμε να αποθηκεύσουμε τη μετρούμενη τιμή.



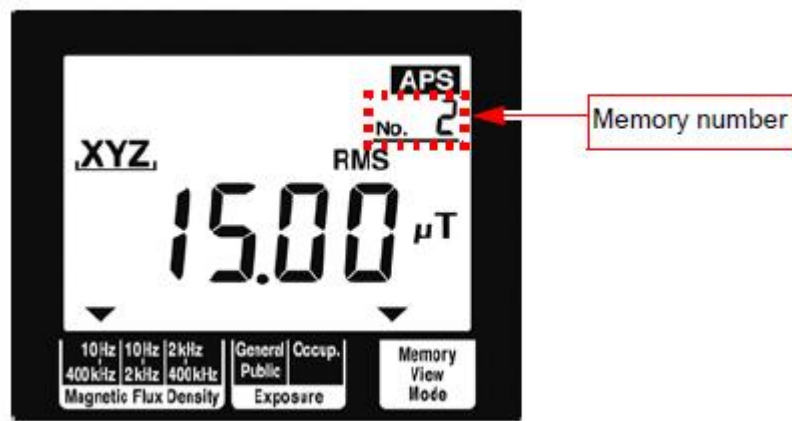
Εικόνα 22: Οθόνη μέτρησης Επιπέδου Έκθεσης (για επαγγελματίες)

5.3 Άλλες λειτουργίες

5.3.1 Έλεγχος και διαγραφή αποθηκευμένων δεδομένων

Για τον έλεγχο των αποθηκευμένων δεδομένων (μπορούν να αποθηκευθούν μέχρι και 99 μετρήσεις):

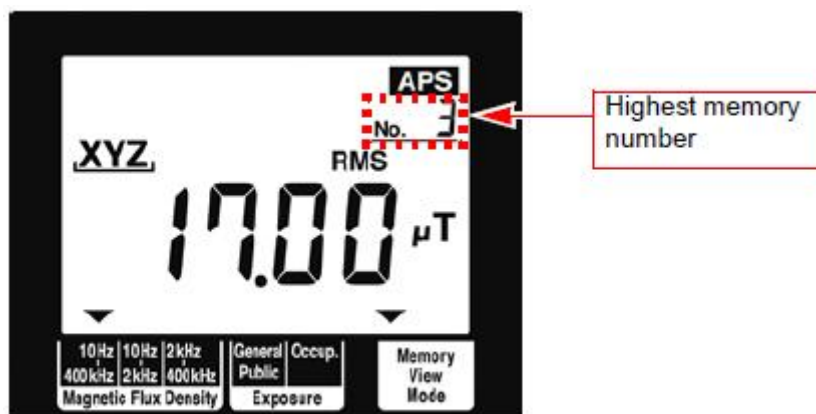
1. Πιέζουμε το κουμπί MEAS.MEM MODE
2. Μέσω του κουμπιού RANGE και του βέλους επιλογής μετακινούμαστε στο δεδομένο που θέλουμε να ελέγξουμε, όπως φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα
3. Για την επιστροφή στην προηγούμενη οθόνη πατάμε πάλι το κουμπί MEAS.MEM MODE, με την επεξεργασία να έχει ολοκληρωθεί.



Εικόνα 23: Μετακίνηση στα αποθηκευμένα δεδομένα

Για τη διαγραφή ενός δεδομένου που έχει αποθηκευτεί ακολουθούμε την εξής διαδικασία:

1. Πιέζουμε το κουμπί MEAS.MEM MODE
2. Κρατάμε πατημένο το κουμπί STORE για πάνω από 2 secs. Με αυτόν τον τρόπο διαγράφεται η αποθηκευμένη τιμή που βρίσκεται στην υψηλότερη θέση της λίστας αποθήκευσης, όπως φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα.



Εικόνα 24: Διαγραφή της τιμής που βρίσκεται ψηλότερα στη λίστα αποθήκευσης

3. Εφόσον πραγματοποιηθεί η διαγραφή εμφανίζονται κατά σειρά στην οθόνη οι ενδείξεις [dAtA], [cLr] και η αμέσως επόμενη αποθηκευμένη τιμή (No 2 στην απεικονιζόμενη περίπτωση).
4. Για την επιστροφή στην προηγούμενη οθόνη πατάμε πάλι το κουμπί MEAS.MEM MODE, με την επεξεργασία να έχει ολοκληρωθεί.

Για τη διαγραφή όλων των δεδομένων, με απενεργοποιημένο το όργανο, κρατάμε πατημένο το κουμπί RANGE και ταυτόχρονα πιέζουμε το POWER/BATT. Εφόσον πραγματοποιηθεί η διαγραφή εμφανίζονται κατά σειρά στην οθόνη οι ενδείξεις [dAtA], [cLr], το μοντέλο του οργάνου και η κατάσταση της μπαταρίας του.

5.3.2 Επαναφορά στις εργοστασιακές ρυθμίσεις

Με απενεργοποιημένο το όργανο, κρατάμε πατημένο το κουμπί RANGE και ταυτόχρονα πιέζουμε το POWER/BATT. Οι εργοστασιακές ρυθμίσεις του οργάνου καταγράφονται στον ακόλουθο πίνακα

Mode	Μέτρηση Πυκνότητας Μαγνητικής Ροής (10Hz-400kHz)
Κλίμακα	AUTO
Έξοδος	Καμία
Αυτόματη απενεργοποίηση	Ενεργή
Ηχητική Ένδειξη	Ενεργή
Άξονες Μέτρησης	XYZ
Μονάδα Μέτρησης	Tesla (T)
Slow Function	Ανενεργή

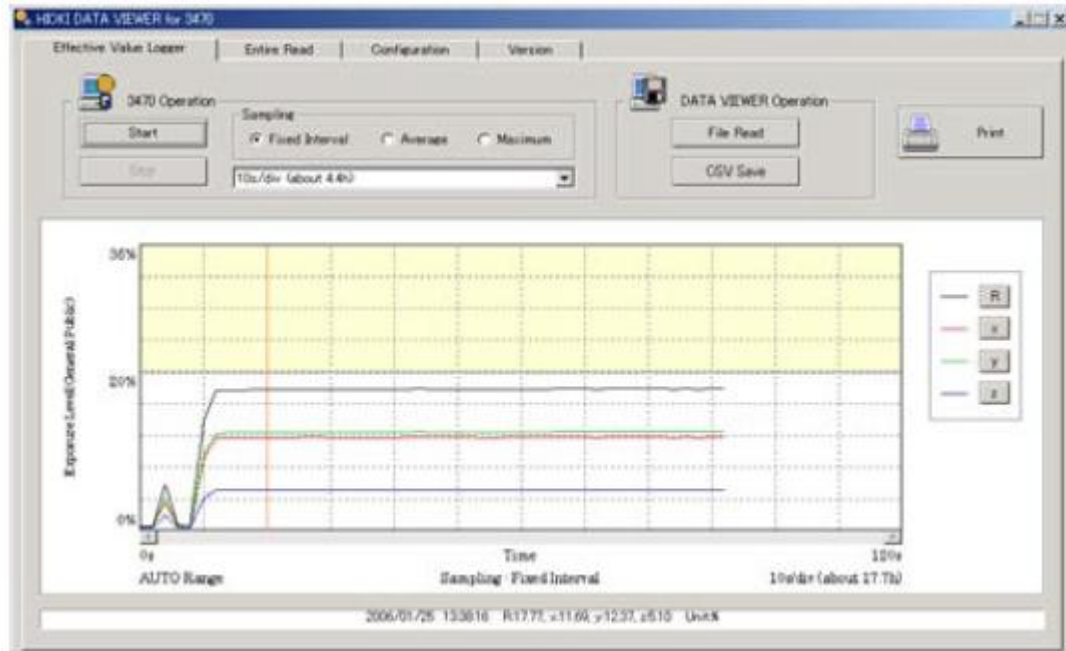
Πίνακας 18: Εργοστασιακές ρυθμίσεις του οργάνου

5.4 Μετρήσεις με τη χρήση PC

5.4.1 Γραφική αναπαράσταση των μετρούμενων τιμών

Οι τιμές που μετρώνται από το όργανο μπορούν να αναπαρασταθούν γραφικά σε έναν προσωπικό υπολογιστή με της εξής διαδικασία:

1. Ενεργοποιούμε το όργανο .
2. Στον υπολογιστή που έχουμε εγκαταστήσει το πρόγραμμα, επιλέγουμε κατά σειρά [HIOKI], [DATA VIEWER for 3470], [DATA VIEWER for 3470 (En)].
3. Συνδέουμε το όργανο σε μια θύρα USB του υπολογιστή με το κατάλληλο καλώδιο. Η σύνδεση είναι επιτυχής όταν η ένδειξη HOLD του οργάνου είναι ενεργή, με όλες τις άλλες ενδείξεις απενεργοποιημένες (εκτός από το κουμπί POWER/BATT)
4. Από το πρόγραμμα επιλέγουμε την κάρτα “Effective Value Logger”
5. Επιλέγουμε μέθοδο και περίοδο δειγματοληψίας και πατάμε Start για την έναρξη της μέτρησης. Η γραφική αναπαράσταση των μετρήσεων έχει τη μορφή της εικόνας που ακολουθεί.
6. Πατώντας Stop, σταματάμε τη μέτρηση, ενώ πατώντας [CSV Save] μπορούμε να αποθηκεύσουμε την τρέχουσα γραφική παράσταση. Για να την ξαναδούμε επιλέγουμε [File Read] και για να την εκτυπώσουμε επιλέγουμε [Print].
7. Όταν ολοκληρωθεί η μέτρηση, αποσυνδέουμε το καλώδιο και απενεργοποιούμε το όργανο.



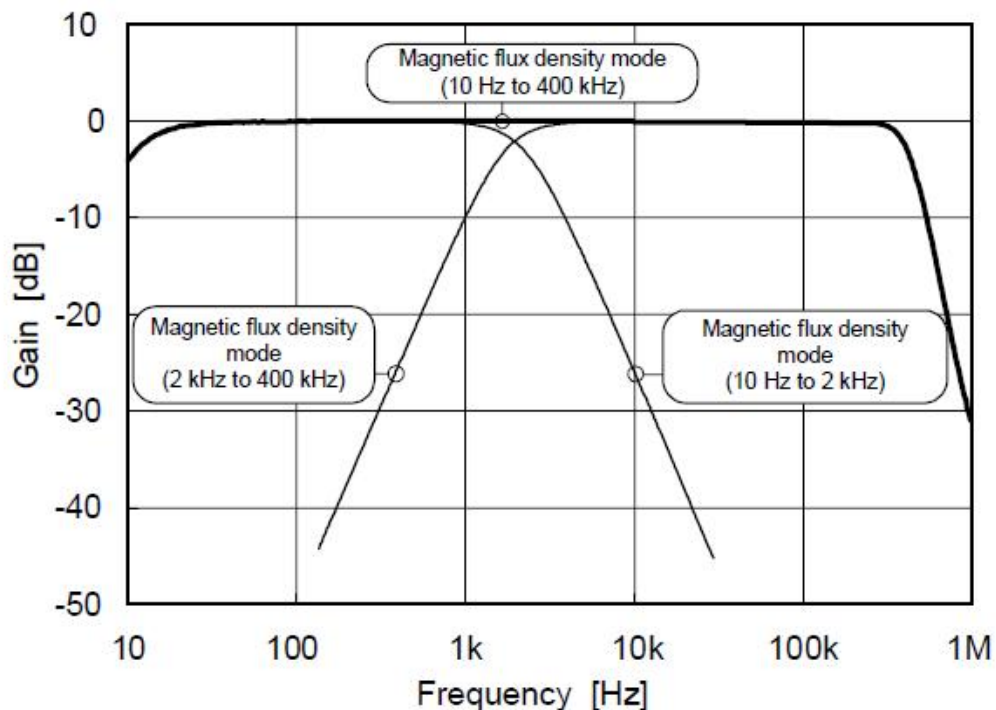
Εικόνα 25: Γραφική αναπαράσταση μετρήσεων

5.4.2 Μεταφορά αποθηκευμένων δεδομένων

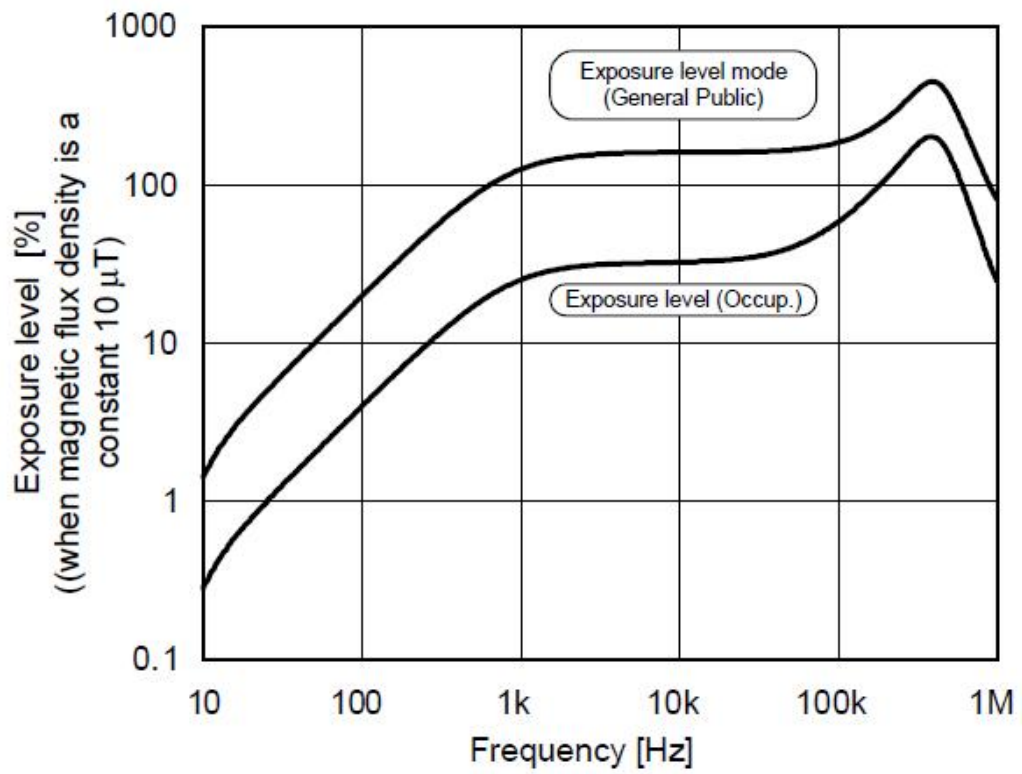
Μπορούμε να μεταφέρουμε δεδομένα που έχουν ήδη αποθηκευθεί στο όργανο προς περαιτέρω επεξεργασία στον υπολογιστή, με την εξής διαδικασία:

1. Ενεργοποιούμε το όργανο
2. Στον υπολογιστή που έχουμε εγκαταστήσει το πρόγραμμα, επιλέγουμε κατά σειρά [HIOKI], [DATA VIEWER for 3470], [DATA VIEWER for 3470 (En)].
3. Συνδέουμε το όργανο σε μια θύρα USB του υπολογιστή με το κατάλληλο καλώδιο. Η σύνδεση είναι επιτυχής όταν η ένδειξη HOLD του οργάνου είναι ενεργή, με όλες τις άλλες ενδείξεις απενεργοποιημένες (εκτός από το κουμπί POWER/BATT)
4. Από το πρόγραμμα επιλέγουμε την κάρτα “Entire Read”.
5. Πατώντας το κουμπί [Read] στο εμφανιζόμενο παράθυρο πραγματοποιείται η μεταφορά των δεδομένων.
6. Με την επιλογή [CSV Save] αποθηκεύονται τα μεταφερόμενα δεδομένα, ενώ με τις εντολές [File Read] και [Print] μπορούν αντίστοιχα να αναγνωσθούν και να εκτυπωθούν. Μέσω της επιλογής [Memory Clear] μπορούν να διαγραφούν όλα τα δεδομένα που έχουν αποθηκευθεί στο όργανο.

Παραδείγματα των μετρούμενων γραφικών παρουσιάζονται στα διαγράμματα που ακολουθούν, δίνοντας μια σαφή εικόνα για τη μορφή που θα πρέπει να έχουν οι γραφικές αναπαραστάσεις των εκάστοτε μετρήσεων.



Διάγραμμα 10: Παράδειγμα γραφικής αναπαράστασης μέτρησης πυκνότητας μαγνητικής ροής



Διάγραμμα 11: Παράδειγμα γραφικής αναπαράστασης μέτρησης επιπέδου έκθεσης (για κοινό και επαγγελματίες)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Εφόσον το πειραματικό μέρος της παρούσας εργασίας θα διεξαχθεί σε υποσταθμούς και πλησίον γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος του δικτύου διανομής του εγχώριου συστήματος ηλεκτροπαραγωγής, θα ήταν δόκιμο να παρατεθούν στοιχεία σχετικά με το συγκεκριμένο σύστημα ώστε να γίνει αντιληπτό το εύρος του συστήματος και επομένως η αναγκαιότητα διεξαγωγής μετρήσεων αυτού του είδους.

6.1 Η εξέλιξη προς τη σύγχρονη μορφή του συστήματος

Το 1889 φτάνει το «ηλεκτρικό» στην Ελλάδα. Η Γενική Εταιρεία Εργοληψιών, κατασκευάζει στην Αθήνα, στην οδό Αριστείδου, την πρώτη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Το πρώτο κτίριο που φωτίζεται είναι τα Ανάκτορα και πολύ σύντομα ο ηλεκτροφωτισμός επεκτείνεται στο ιστορικό κέντρο της Πρωτεύουσας. Τον ίδιο χρόνο η τουρκοκρατούμενη Θεσσαλονίκη θα δει κι αυτή το ηλεκτρικό φως καθώς Βελγική Εταιρεία αναλαμβάνει απ' τις Τουρκικές αρχές το φωτισμό και την τροchioδρόμηση της Πόλης με την κατασκευή εργοστασίου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Δέκα χρόνια αργότερα οι πολυεθνικές εταιρίες ηλεκτρισμού κάνουν την εμφάνισή τους στην Ελλάδα. Η αμερικανική εταιρία Thomson - Houston με τη συμμετοχή της Εθνικής Τράπεζας θα ιδρύσει την Ελληνική Ηλεκτρική Εταιρία που θα αναλάβει την ηλεκτροδότηση κι άλλων μεγάλων Ελληνικών πόλεων. Μέχρι το 1929 θα ηλεκτροδοτηθούν 250 πόλεις με πληθυσμό πάνω από 5.000 κατοίκους. Στις πιο απόμακρες περιοχές, που ήταν ασύμφορο για τις μεγάλες εταιρίες να κατασκευάσουν μονάδες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, την ηλεκτροδότηση αναλαμβάνουν ιδιώτες ή δημοτικές και κοινοτικές αρχές κατασκευάζοντας μικρά εργοστάσια.

Το 1950 υπήρχαν στη Ελλάδα 400 περίπου εταιρίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιούσαν ήταν το πετρέλαιο και ο γαιάνθρακας που φυσικά εισάγονταν από το εξωτερικό. Η κατάτμηση αυτή της παραγωγής, σε συνδυασμό με τα εισαγόμενα καύσιμα, εξωθούσε την τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος στα ύψη (τριπλάσιες ή και πενταπλάσιες τιμές απ' αυτές που ίσχυαν στις Ευρωπαϊκές χώρες). Το ηλεκτρικό λοιπόν ήταν ένα αγαθό πολυτελείας, αν και τις περισσότερες φορές παρεχόταν με ωράριο και οι ξαφνικές διακοπές ήταν σύνηθες φαινόμενο.

Τον Αύγουστο του 1950 ιδρύεται η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.), για να λειτουργήσει "χάριν του δημοσίου συμφέροντος" με σκοπό τη χάραξη και εφαρμογή μιας εθνικής ενεργειακής πολιτικής, η οποία μέσα από την εντατική εκμετάλλευση των εγχώριων πόρων, να κάνει το ηλεκτρικό ρεύμα κτήμα και δικαίωμα του κάθε Έλληνα πολίτη, στη φθηνότερη δυνατή τιμή. Αμέσως μετά την ίδρυση της, η ΔΕΗ στρέφεται προς την αξιοποίηση των εγχώριων πηγών ενέργειας ενώ ξεκινά και η ενοποίηση των δικτύων σε ένα εθνικό διασυνδεδεμένο σύστημα. Τα πλούσια λιγνιτικά κοιτάσματα του ελληνικού υπεδάφους που είχαν νωρίτερα εντοπισθεί, άρχισαν να εξορύσσονται και να χρησιμοποιούνται ως καύσιμη ύλη στις λιγνιτικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής που κατασκευάζονταν.

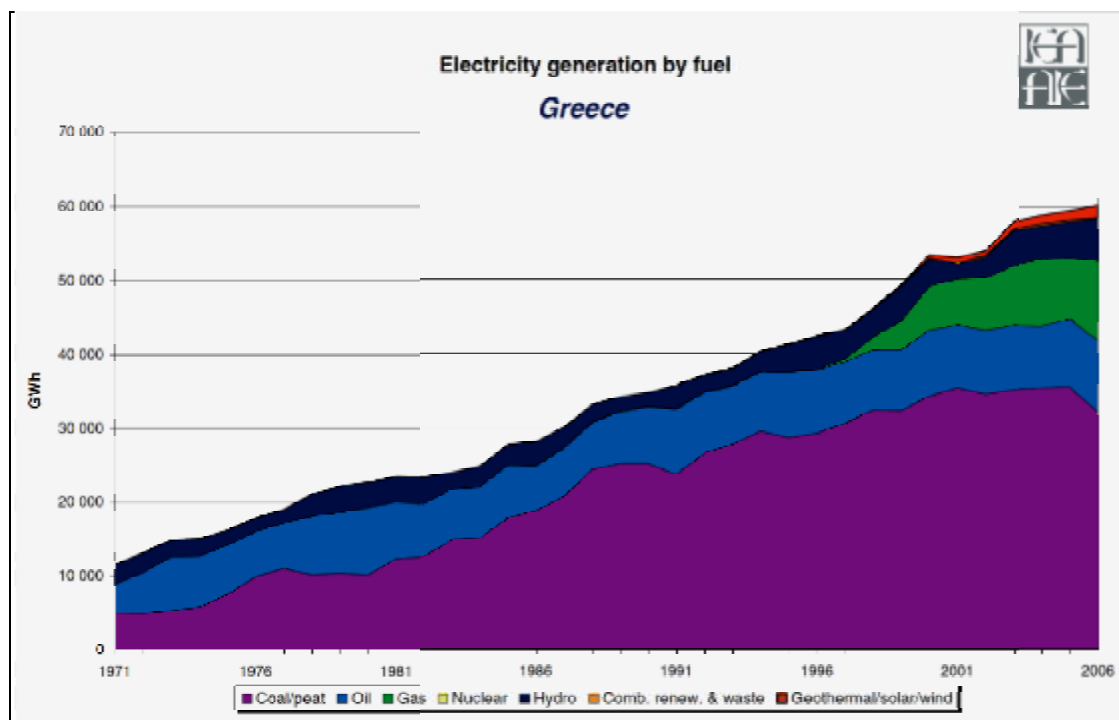
Αρκετά νωρίς, το 1956, αποφασίστηκε η εξαγορά όλων των ιδιωτικών και δημοτικών επιχειρήσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ώστε να υπάρχει ένας ενιαίος φορέας διαχείρισης. Σταδιακά η Δ.Ε.Η. εξαγόρασε όλες αυτές τις επιχειρήσεις και ενέταξε το

προσωπικό τους στις τάξεις της. Σ' όλα αυτά τα χρόνια της παρουσίας της, αγωνίστηκε και πέτυχε την ενεργειακή αυτονομία της χώρας και έφερε σε πέρας το σπουδαίο έργο του εξηλεκτισμού της δημιουργώντας ταυτόχρονα το μεγαλύτερο μέρος της βαριάς ελληνικής βιομηχανίας.

Το Σεπτέμβριο του 1956, η εταιρεία ΛΙ.ΠΤΟΛ. Α.Ε. (Λιγνιτωρυχεία Πτολεμαΐδας) με πρόεδρο τον κ. Μποδοσάκη, υπέγραψε σύμβαση με τη Γερμανική εταιρεία KHD για την κατασκευή του πρώτου σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύσιμο λιγνίτη, ισχύος 10 MW. Έκτοτε, οι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί πολλαπλασιάζονται ενώ νέα ορυχεία ανοίγονται συνεχώς στον άξονα Αμυνταίου – Πτολεμαΐδας - Κοζάνης. Ο λιγνίτης έχει αναλάβει πλέον κυρίαρχη θέση στο ενεργειακό σύστημα. Παράλληλα, η Δ.Ε.Η. ξεκίνησε την αξιοποίηση της δύναμης των υδάτων με την κατασκευή υδροηλεκτρικών σταθμών στα μεγάλα ποτάμια της χώρας [62,63].

6.2 Στατιστικά στοιχεία

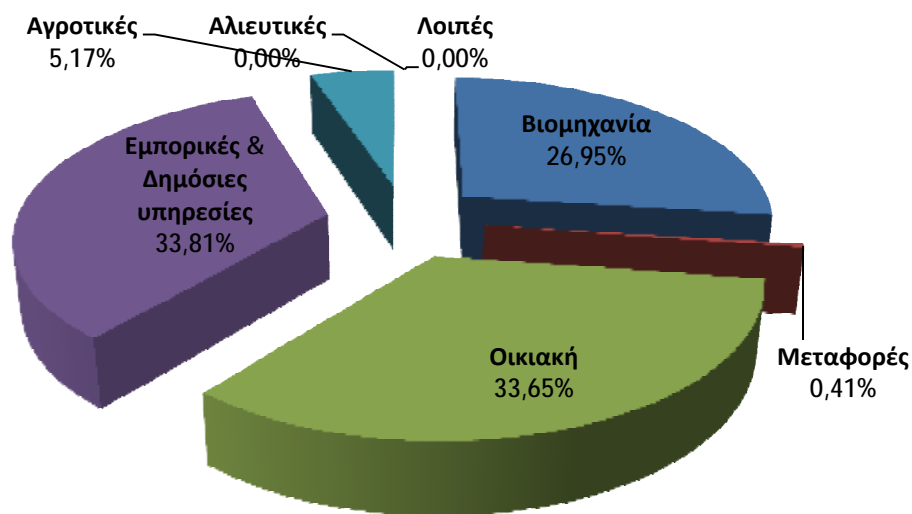
Με την εξέλιξη της επιστήμης και της τεχνολογίας, οι μέθοδοι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, και τα καύσιμα τα οποία χρησιμοποιούνται για αυτό το σκοπό, μεταβάλλονται διαχρονικά. Παράλληλα, η αύξηση του πληθυσμού, αλλά και η αλλαγή του τρόπου ζωής έχουν επιβάλλει μια συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας, όπως περιγράφεται παραστατικά στο ακόλουθο διάγραμμα.



Διάγραμμα 12: Χρονική εξέλιξη της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας και καταμερισμός καυσίμων για την παραγωγή αυτής στην Ελλάδα [64]

Όσον αφορά τις μεθόδους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, παρατηρείται πως η υδροηλεκτρική και η πυρηνική ενέργεια, παρουσιάζουν σταθερότητα μετά το 1990. Η χρήση του πετρελαίου μειώνεται παγκοσμίως, σε αντίθεση με την Ελλάδα που μένει σταθερή (γεγονός λογικό, καθώς δεν σταμάτησε να λειτουργεί κανένας από τους υφιστάμενους σταθμούς με καύσιμο το πετρέλαιο). Το φυσικό αέριο εμφανίζει συνεχώς αυξητική τάση σε όλα τα διαγράμματα, ενώ αξίζει εδώ να παρατηρηθεί η αργοπορία της χρήσης φυσικού αερίου στην παραγωγή ηλεκτρισμού της Ελλάδας (1997). Ο άνθρακας στην Ε.Ε. δείχνει να έχει μία ελαφρά πτωτική τάση, σε αντίθεση με την Ελλάδα και τον κόσμο, όπου η αύξηση της χρήσης του για παραγωγή ηλεκτρισμού είναι μεγάλη. Τέλος, άξια σχολιασμού είναι η αυξανόμενη τάση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, η οποία ειδικά μετά το 2000 έχει διπλασιάσει σχεδόν τη δυναμικότητα της.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εκμετάλλευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και πως αυτή διαμοιράζεται στους καταναλωτές.



Διάγραμμα 13: Διαμοιρασμός ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές στην Ελλάδα [64]

6.3 Διάρθρωση του συστήματος

Το ελληνικό ηλεκτρικό σύστημα χαρακτηρίζεται από τη σχετική απομόνωση της θέσης του από τα άλλα ευρωπαϊκά συστήματα, την οξεία αύξηση της κατανάλωσης την τελευταία δεκαετία, την ύπαρξη μεγάλου αριθμού μικρών καταναλωτών στα νησιά και την καθοριστική εξάρτησή του από το λιγνίτη [65]. Το ηλεκτρικό σύστημα της Ελλάδας διακρίνεται στο Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα (Ε.Δ.Σ.) και στο Νησιωτικό Σύστημα [66]. Οι κύριοι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα φαίνονται στην ακόλουθη εικόνα.

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΤΑΘΜΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

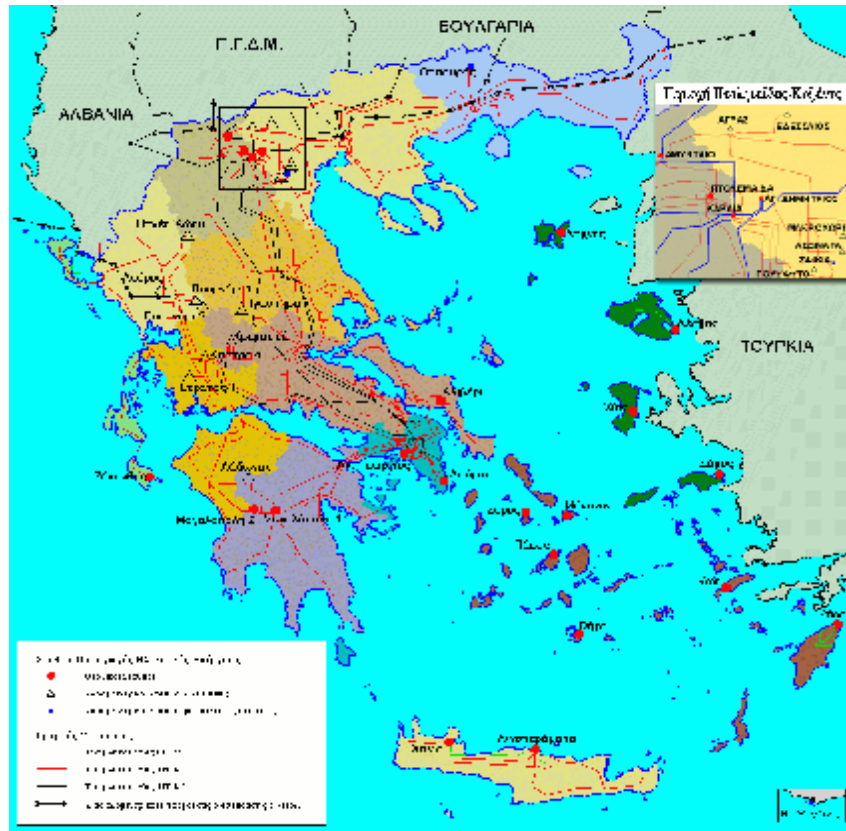


Εικόνα 26: Χάρτης σταθμών παραγωγής [62]

Το Ελληνικό ενεργειακό σύστημα βρίσκεται την τελευταία δεκαετία σε φάση σημαντικών αλλαγών. Η διείσδυση του φυσικού αερίου, η κατασκευή των διευρωπαϊκών δικτύων, η προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της εξοικονόμησης ενέργειας και τέλος η απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούν τα νέα δεδομένα του. Σημαντικές είναι οι επιπτώσεις των νέων αυτών δεδομένων στην ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού της χώρας, στη μείωση της εξάρτησής της από το εισαγόμενο πετρέλαιο, με όλα τα συνεπαγόμενα οφέλη στην εθνική οικονομία, στην εξοικονόμηση μη ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων, στην αύξηση της αποδοτικότητας των διαδικασιών παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας, στην προστασία του περιβάλλοντος και τέλος στην βελτίωση των παρεχόμενων υπηρεσιών στους καταναλωτές [66].

Το σύστημα μεταφοράς του Εθνικού Διασυνδεδεμένου Συστήματος απαρτίζεται από γραμμές μεταφοράς υψηλής (150kV) και υπερυψηλής (400 kV) τάσης [66]. Το συνολικό μήκος γραμμών μεταφοράς υψηλής τάσης είναι 12.000 χλμ., ενώ το συνολικό μήκος γραμμών διανομής μέσης & χαμηλής τάσης είναι 209.700 χλμ [68]. Το Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς είναι συνδεδεμένο με τα συστήματα Μεταφοράς της Αλβανίας, της

Βουλγαρίας, της Π.Γ.Δ.Μ. της Ιταλίας και της Τουρκίας [62]. Το σύστημα μεταφοράς φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 27: Χάρτης ηλεκτρικού δικτύου [62]

Η Ελλάδα είναι μέλος της UCTE (Union for Coordination of Transmission of Electricity), και το διασυνδεδεμένο σύστημα λειτουργεί σύγχρονα και παράλληλα με το υπόλοιπο διευρωπαϊκό σύστημα μεταφοράς [62].

Οι 34 μεγάλοι θερμικοί και υδροηλεκτρικοί σταθμοί και τα 3 αιολικά πάρκα του διασυνδεδεμένου συστήματος της ηπειρωτικής χώρας καθώς και οι 61 αυτόνομοι σταθμοί Κρήτης, Ρόδου και λοιπών νησιών (39 θερμικοί, 2 υδροηλεκτρικοί, 15 αιολικά πάρκα και 5 φωτοβολταϊκοί σταθμοί) συνιστούν το σύστημα της Δ.Ε.Η. που αποτελεί την ενεργειακή βάση κάθε οικονομικής δραστηριότητας. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των 98 συνολικά σταθμών της Δ.Ε.Η. ανέρχεται σήμερα στα 12.760 MW. Η καθαρή παραγωγή το 2007 έφτασε τις 53,09 TWh [62]. Στους ακόλουθους πίνακες φαίνεται η ενεργειακή παραγωγή από ατμοηλεκτρικούς σταθμούς, αυτόνομους σταθμούς και υδροηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αντίστοιχα.

Όνομα	Αριθμός Μονάδων	Καύσιμο	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)	Τοποθεσία
Αγ. Δημήτριος	5	Λιγνίτης	1.595	Κοζάνη
Αγ. Γεώργιος	2	Φυσικό αέριο	360	Κερατσίνι
Αθρινόλακκος	4	Diesel	195,20	Λασιίθι Κρήτης
Αλιβέρι	4	Μαζούτ	380	Εύβοια
Αμύνταιο	2	Λιγνίτης	600	Δυτ. Μακεδονία
Καρδιά	4	Λιγνίτης	1.250	Κοζάνη
Κομοτηνή	1	Φυσικό αέριο	485	Κομοτηνή
Λαύριο	5	Μαζούτ, Φυσικό αέριο	1.572	Λαύριο
ΛΙΠΤΟΛ.	2	Λιγνίτης	43	Πτολεμαΐδα
Λινοπεράματα	12	Μαζούτ, Diesel	192,87	Ηράκλειο Κρήτης
Μεγαλόπολη	4	Λιγνίτης	850	Μεγαλόπολη
Πτολεμαΐδα	4	Λιγνίτης	620	Πτολεμαΐδα
Ρόδου	10	Μαζούτ, Diesel	234	Σορωνή
Φλώρινα	1	Λιγνίτης	330	Μελίτη, Αχλάδα
Χανιά	6	Diesel	321,22	Χανιά
		Σύνολο:	9.028,3	

Πίνακας 19: Ατμοηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής Ελλάδας [62]

Όνομα	Εγκατεστημένη Ισχύς (kW)	Μέγιστη Ζήτηση (kW)	Τροφοδοτούμενα νησιά
Αγαθονήσι	240	95	Αγαθονήσι
Αγ. Ευστράτιος	360	220	Αγ. Ευστράτιος
Αμοργός	2.650	2.190	Αμοργός
Ανάφη	355	340	Ανάφη
Αντικύθηρα	140	38	Αντικύθηρα
Αστυπάλαια	1.600	1.350	Αστυπάλαια
Δονούσα	210	150	Δονούσα
Ερεικούσα	270	195	Ερεικούσα
Ικαρία	6.900	5.400	Ικαρία
Κύθνος	2.300	1.960	Κύθνος
Λέσβος	49.500	45.700	Λέσβος
Λήμνος	8.900	11.700	Λήμνος
Μεγίστη	390	320	Μεγίστη
Μύκονος	21.200	17.500	Μύκονος
Οθωνοί	270	240	Οθωνοί

Πάτμος	4.380	3.580	Πάτμος
Σαμοθράκη	2.200	2.400	Σαμοθράκη
Σέριφος	2.000	1.900	Σέριφος
Σίφνος	4.300	3.360	Σίφνος
Σκύρος	4.500	3.750	Σκύρος
Σύμη	4.350	1.950	Σύμη
Σάμος	46.080	24.400	Σάμος - Φούρνοι
Χίος	38.780	29.800	Χίος - Ψαρά
Ψαρά*	345	-	
Άνδρος	9.400	9.300	Άνδρος - Τήνος
Θήρα	22.200	22.700	Θήρα - Θηρασιά
Ίος - Σίκινος- Φολέγανδρος	3.740	4.380	Ίος - Σίκινος- Φολέγανδρος
Κάλυμνος - Κως	69.600	57.300	Κάλυμνος - Λέρος - Λειψοί - Τέλενδος - Ψέριμος - Κως - Νίσυρος - Τήλος - Γυαλί
Κως**	60.500	-	
Νίσυρος*		-	
Κάρπαθος - Κάσος	9.000	6.500	Κάρπαθος - Κάσος
Μήλος	7.600	5.970	Μήλος - Κίμωλος
Πάρος	43.250	36.000	Πάρος - Νάξος - Αντίπαρος - Ηρακλειά - Σχοινούσα - Κουφονήσια
<u>Σύνολο:</u>	<u>427,5 MW</u>		
*Ο σταθμός έπανεσε τη λειτουργία του και παραμένει σε εφεδρεία **Ο σταθμός λειτουργεί παράλληλα με τον ΑΣΠ Καλύμνου			

Πίνακας 20: Αυτόνομοι σταθμοί παραγωγής Ελλάδας [62]

Όνομα	Αριθμός Μονάδων	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)	Τοποθεσία
Άγρα	3	50	Έδεσσα
Ασώματα	2	108	Βέροια
Γκιώνα	1	8,5	Άμφισσα
Γλαύκος	2	3,7	Πάτρα
Έδεσσαίος	1	19	Έδεσσα
Θησαυρός	3	384	Δράμα
Καστράκι	4	320	Αγρίνιο
Κρεμαστά	4	437,2	Αγρίνιο
Λάδωνας	2	70	Τρόπαια
Λούρος	3	10,3	Φιλιπιάδα
Μακροχώρι	3	10,8	Βέροια

Πηγές Αωού	2	210	Μέτσοβο
Πλαστήρας	3	129,9	Καρδίτσα
Πλατανόβρυση	2	116	Δράμα
Πολύφυτο	3	375	Κοζάνη
Πουρνάρι	6	333,6	Άρτα
Στράτος	4	156,2	Αγρίνιο
Σφηκιά	3	315	Βέροια
	<u>Σύνολο:</u>	<u>3057,2</u>	

Πίνακας 21: Υδροηλεκτρικοί σταθμοί Ελλάδας [62]

Από το Φεβρουάριο του 2001 ξεκίνησε η απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα (νόμος 2773/1999), στα πλαίσια της ολοκλήρωσης της εσωτερικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Ο νόμος 2773/1999 ευθυγράμμισε την ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 96/92 της Ευρωπαϊκής Ένωσης και προβλέπει τα εξής:

- ο Είσοδο στην αγορά ανεξάρτητων παραγωγών ηλεκτρικής ενέργειας, ανταγωνιστών της Δ.Ε.Η.
- ο Δυνατότητα πρόσβασης από τρίτους στα δίκτυα μεταφοράς και διανομής
- ο Δυνατότητα των πελατών υψηλής και μέσης τάσης (σε πρώτη φάση άνω του 30% του συνόλου των πελατών) να επιλέγουν τον προμηθευτή τους
- ο Λογιστικό διαχωρισμό δραστηριοτήτων Παραγωγή – Μεταφορά – Διανομή – Ορυχεία
- ο Εφαρμογή τιμολογιακής πολιτικής που απαγορεύει σταυροειδείς επιδοτήσεις
- ο Προτεραιότητα πρόσβασης Α.Π.Ε. στο δίκτυο [67]

Ο νόμος 2773/1999 που παρέχει το πλαίσιο της νέας αγοράς και ρυθμίζει τα θέματα ενεργειακής πολιτικής, προέβλεψε τη δημιουργία μιας ανεξάρτητης διοικητικής αρχής, που θα έχει τη γενική εποπτεία του ελληνικού ηλεκτρικού συστήματος, τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.). Η Ρ.Α.Ε. φροντίζει, εισηγείται και προωθεί τον υγιή ανταγωνισμό και γνωμοδοτεί για τη χορήγηση των αδειών παραγωγής και προμήθειας σε φορείς της αγοράς. [67].

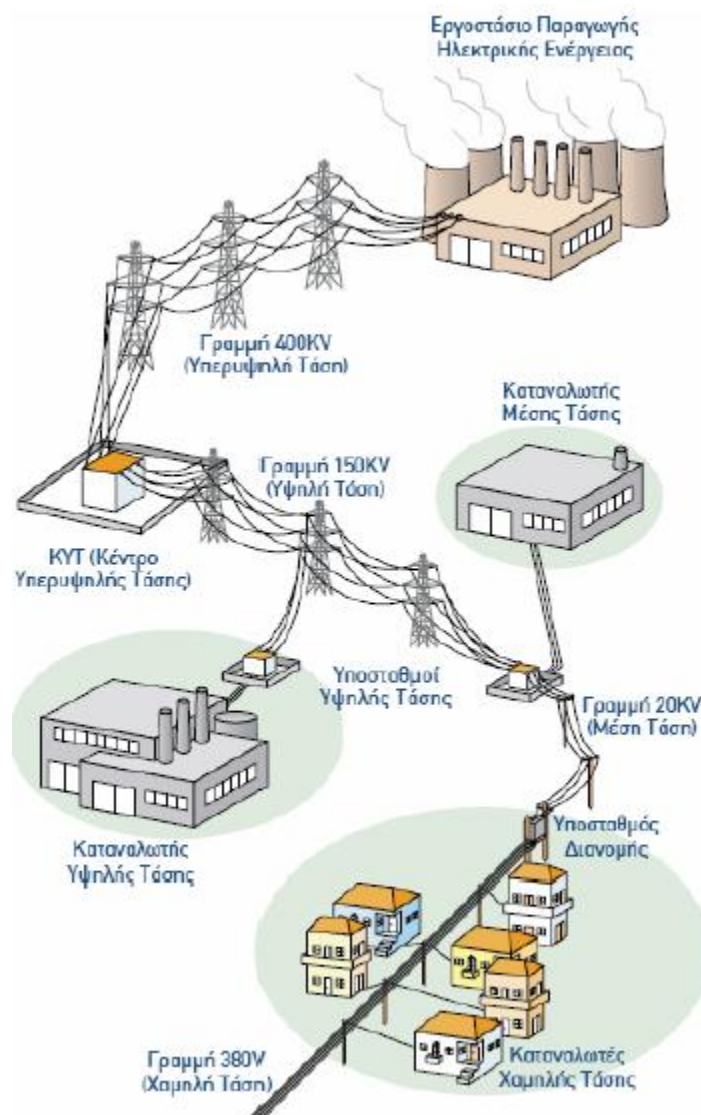
Επίσης ιδρύθηκε ο Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. Α.Ε. (Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας), ο οποίος ανέλαβε την ευθύνη της λειτουργίας του συστήματος μεταφοράς του ηλεκτρικού ρεύματος απ' τους παραγωγούς στο δίκτυο. Ο Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. μεριμνά ώστε η ηλεκτρική ενέργεια να παρέχεται με ασφάλεια και ποιότητα, εντάσσοντας στο σύστημα τις μονάδες παραγωγής της Δ.Ε.Η. και των ανεξάρτητων παραγωγών με τον πλέον συμφέρον οικονομικά τρόπο. Καθήκον του ακόμη είναι να τακτοποιεί λογιστικά την αγορά, να υπολογίζει δηλαδή με διαφάνεια και πιστότητα τις οφειλές της κάθε εταιρίας [67]

Το 2008 ξεκίνησε η συνεργασία της Δ.Ε.Η. με την «Χαλβουργική» για την κατασκευή 2 μονάδων συνδυασμένου κύκλου, με καύσιμο φυσικό αέριο, συνολικής ισχύος 880 MW [62].

6.3.1 Τα βασικά στοιχεία του συστήματος

Οι γραμμές μεταφοράς υψηλής (150kV) και υπερυψηλής (400 kV) τάσης είναι «υπεύθυνες» για τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας από τον τόπο παραγωγής της στους κατά τόπους καταναλωτές. Η διαδικασία διανομής περιγράφεται στην ακόλουθη εικόνα. Οι περισσότεροι καταναλωτές τροφοδοτούνται με μονοφασικές παροχές χαμηλής τάσης (230V), ενώ σε περίπτωση ύπαρξης ανάγκης να εξυπηρετηθούν μεγαλύτερα φορτία χρησιμοποιούνται τριφασικές παροχές (400V). Όταν οι ανάγκες δεν αναφέρονται σε οικιακή κλίμακα αλλά σε επίπεδο βιοτεχνίας ή ξενοδοχειακών μονάδων τότε η τροφοδότηση γίνεται με μέση τάση (20kV), ενώ σε περιπτώσεις εξυπηρέτησης εργοστασιακών αναγκών χρησιμοποιείται υψηλή τάση (150kV).

Η μετάπτωση από το ένα επίπεδο τάσης σε ένα άλλο γίνεται με τη χρήση μετασχηματιστών (Μ/Τ), οι οποίοι αποτελούν και το βασικό τμήμα ενός υποσταθμού (σημείο αλλαγής επιπέδου τάσης), με το σύνολό του να συμπληρώνουν διακόπτες, στοιχεία προστασίας και οι μεταξύ τους συνδέσεις.



Εικόνα 28: Διαδικασία διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας από τον τόπο παραγωγής στην κατανάλωσή της

Οι δομικές μονάδες του συστήματος έχουν ως εξής:

Δίκτυο διανομής χαμηλής τάσης

Περιλαμβάνει τις γραμμές χαμηλής τάσης (230V/400V), με τις οποίες τροφοδοτούνται οι οικίες. Οι γραμμές αυτές μπορεί να είναι εναέριες, να έχουν τη μορφή εναέριων συνεστραμμένων καλωδίων, υπογείων και επιτοίχιων καλωδίων. Εξαιτίας της χαμηλής τάσης δημιουργούν μικρής έντασης ηλεκτρικά πεδία, ενώ τα δημιουργούμενα μαγνητικά πεδία έχουν ένταση λίγων μT κοντά στους αγωγούς και εξασθενούν σε αμελητέα επίπεδα σε απόσταση λίγων μέτρων από τη γραμμή, μια εξασθένηση όμως που δεν υφίσταται σε περιπτώσεις ασυμμετρίας στα ρεύματα των αγωγών, ύπαρξης ρευμάτων επιστροφής (μεταλλικοί σωλήνες και φράχτες, σιδηροδρομικές ράγες που διαρρέονται από ρεύμα κ.λ.π.).



Εικόνα 29: Γραμμές μεταφοράς χαμηλής τάσης [70]

Δίκτυο διανομής μέσης τάσης

Περιλαμβάνει τις γραμμές μέσης τάσης (20 kV), οι οποίες είναι υπεύθυνες για την τροφοδότηση των υποσταθμών που οδηγούν στο δίκτυο χαμηλής τάσης και μπορεί να είναι εναέρια ή υπόγεια καλώδια με τη δεύτερη περίπτωση να αποτελεί την αιτία δημιουργίας μόνο μαγνητικών πεδίων. Εντούτοις, εξαιτίας της ηλεκτρικής συνδεσμολογίας τους, οι γραμμές αυτές δεν εμφανίζουν ασυμμετρίες, με αποτέλεσμα να μην υφίσταται διαταραχές στη διαδικασία εξασθένησης του δημιουργούμενου πεδίου κατά την απομάκρυνση από την πηγή – γραμμή.

Υποσταθμοί διανομής

Αποτελούν μια συνήθη δομική μονάδα του δικτύου μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας και απαντώνται είτε εναέρια σε κατάλληλες κατασκευές είτε σε εσωτερικούς χώρους στα υπόγεια μεγάλων κτιρίων. Το υφιστάμενο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο οφείλεται κυρίως στις γραμμές μεταφοράς που συνδέονται στον υποσταθμό και λιγότερο στο M/T [24].



Εικόνα 30: Υποσταθμός ένωσης δικτύου υψηλής και χαμηλής τάσης [70]

Υποσταθμοί υψηλής τάσης

Πρόκειται για μια ιδιαίτερη περίπτωση υποσταθμών (ΚΥΤ - Κέντρα Υπερυψηλής Τάσης) οι οποίοι συνδέουν γραμμές υπερυψηλής και υψηλής τάσης καθώς και μόνο υψηλής τάσης, στους οποίους συνδέονται μόνο γραμμές υψηλής τάσης.



Εικόνα 31: Γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης [70]

Ένα σημαντικό στοιχείο που θα πρέπει να σημειωθεί στο συγκεκριμένο σημείο και έχει άμεση σχέση με τις μετρήσεις που πραγματοποιούνται για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας είναι ότι σύμφωνα με μετρήσεις που έχει διεξάγει το Γραφείο Μη Ιονίζουσων Ακτινοβολιών της ΕΕΑΕ προέκυψε ότι «στις πλευρές των υποσταθμών που δεν διέρχονται γραμμές, τα επίπεδα των ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων είναι πρακτικά τα ίδια με αυτά που θα υπήρχαν και χωρίς την παρουσία του υποσταθμού (ακόμα και πολύ κοντά στην περιφέρεια του), ενώ στις άλλες πλευρές των υποσταθμών που διέρχονται γραμμές, υπάρχουν οι τυπικές τιμές των ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων στο περιβάλλον των γραμμών αυτών» [24,69].

Υποσταθμός Μέσης Τάσης (ή υποσταθμός καταναλωτή)

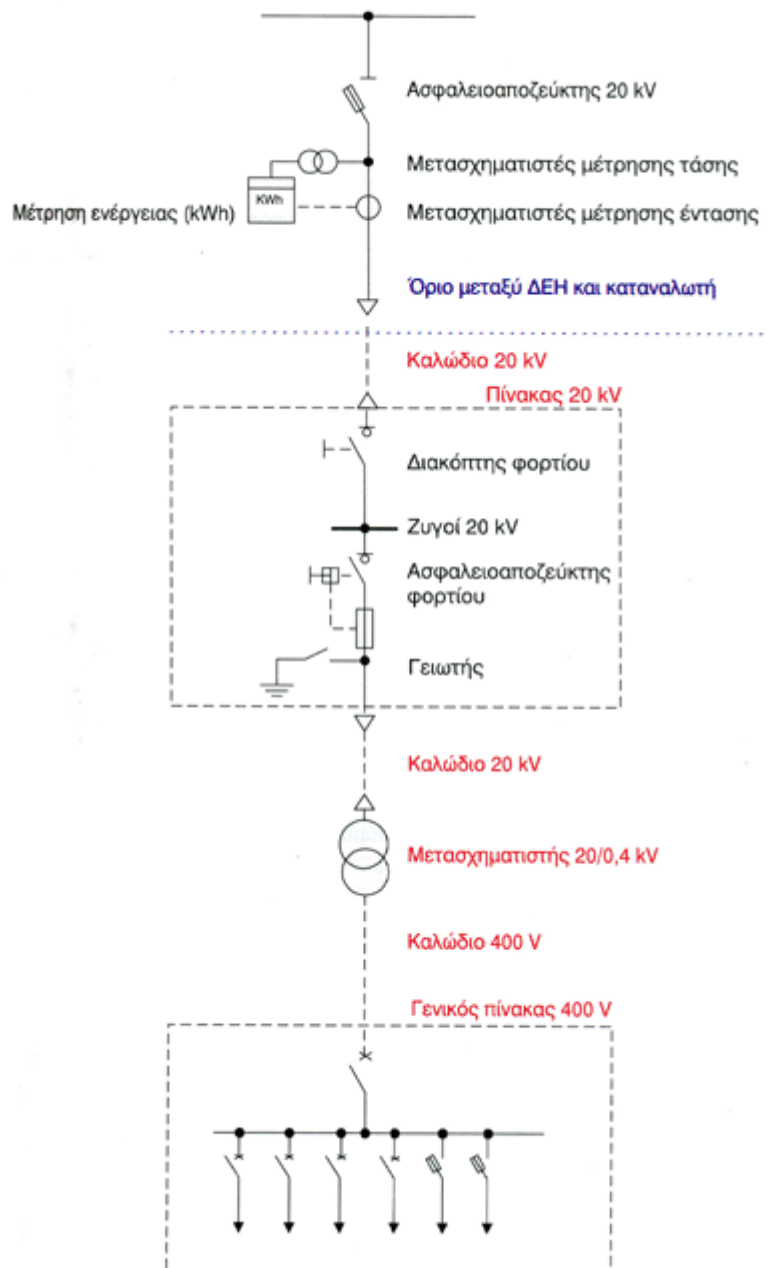
Πρόκειται για εκείνο το σύνολο του εξοπλισμού που έχει ως στόχο τον ασφαλή υποβιβασμό της Μέσης Τάσης (20 kV) σε Χαμηλή Τάση (400 V). Τα βασικά του μέρη είναι:

- Ο πίνακας 20 kV στον οποίο έρχεται το καλώδιο από το δίκτυο της ΔΕΗ και αναχωρεί το καλώδιο προς το μετασχηματιστή (Μ/Σ).
- Ο μετασχηματιστής 20/0,4 kV, ο οποίος είναι υπεύθυνος για τον υποβιβασμό της τάσης από 20 kV σε τάση 400 V, καθιστώντας την έτσι κατάλληλη για την τροφοδότηση των φορτίων του καταναλωτή. Το πρωτεύον τύλιγμά του είναι σε τρίγωνο (Δ) και το δευτερεύον τύλιγμά του σε αστέρα (Y) με γειωμένο τον ουδέτερο κόμβο.
- Ο γενικός πίνακας 400 V, στον οποίο φτάνει το ρεύμα χαμηλής τάσης μέσω ενός διακόπτη ισχύος με θερμική και μαγνητική προστασία. Στη συνέχεια αγωγοί αναχωρούν προς τους πίνακες διανομής 400/230 V του καταναλωτή με την προστασία τους να γίνεται μέσω διακοπών ισχύος και ασφαλειών.

Τα μέρη αυτά απεικονίζονται παραστατικά στο μονογραμμικό διάγραμμα και στην εικόνα που ακολουθούν:



Εικόνα 32: Υποσταθμός Μέσης Τάσης: (1) Πίνακας Μέσης Τάσης (2) Μετασχηματιστής Μέσης Τάσης (3) Πίνακας Χαμηλής Τάσης [71]



Διάγραμμα 14: Μονογραμμικό διάγραμμα υποσταθμού μέσης τάσης (καταναλωτή) [71]

Παράγοντες εξάρτησης του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου σε σχέση με τις γραμμές μεταφοράς




Εξαιτίας λοιπόν της δομής των γραμμών μεταφοράς, η μέγιστη τιμή του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου υφίσταται στο χώρο κάτω από τη γραμμή (εφόσον πρόκειται για εναέρια), με την ένταση του πεδίου να εξαρτάται από την ένταση του ρεύματος στη γραμμή, μια τιμή όμως που δεν είναι σταθερή αφού εξαρτάται από τις εκάστοτε καταναλώσεις, εμφανίζοντας ημερήσιους, εβδομαδιαίους, και ετήσιους κύκλους, ανάλογα με το είδος της κατανάλωσης (κατοικίες εμπορικά καταστήματα, βιοτεχνίες, εργοστάσια, αγροτικές αρδεύσεις κλπ.). Αυτές οι διακυμάνσεις δε μπορούν παρά να επηρεάσουν και την ένταση του





δημιουργούμενου ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου. Επίσης, εκτός από τις καταναλώσεις, σημαντικά για την ένταση του πεδίου είναι και ορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά όπως:

- η διάταξη των φάσεων στις γραμμές διπλού κυκλώματος,
- η απόσταση των αγωγών από την γη (ειδικότερα στα μέσα της διαδρομής όπου παρατηρούνται καμπυλότητες εξαιτίας του βάρους και της απουσίας στήριξης), με το ζητούμενο αυτής της απόστασης να είναι η μεγαλύτερη δυνατή,
- η απόσταση από οροφές κτιρίων (η ελάχιστη τηρούμενη απόσταση των αγωγών από οροφές κτιρίων θα πρέπει να είναι 7m για τις γραμμές 400kV και 5m για τις γραμμές 150kV) και
- η απόσταση μεταξύ των ίδιων των αγωγών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ





Στους πίνακες που ακολουθούν καταγράφονται οι μετρήσεις που έγιναν με το Magnetic Field HiTester σε επίπεδο ηλεκτρικού δικτύου, οικίας και συγκεκριμένου επαγγελματικού χώρου (οδοντιατρείο). Παρατίθεται η φωτογραφία κάθε μέτρησης, η ένδειξη του οργάνου και η αντίστοιχη τιμή του θεωρητικού πλαισίου σύμφωνα με μετρήσεις της Διεύθυνσης Μελετών Κατασκευών Λειτουργίας Εγκαταστάσεων Διανομής της ΔΕΗ και της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας, έτσι ώστε να μπορεί να γίνει η αντίστοιχη σύγκριση.






Σημείο Μέτρησης	Εικόνα Μέτρησης	Μετρούμενη Ένδειξη	Αντίστοιχη θεωρητική ένδειξη [7,24]	Απόκλιση
Γραμμές 150 kV (μεταλλικοί ιστοί)		0,452 μ T	0.3-1.5	Εντός του θεωρητικού πλαισίου
Εναέριες γραμμές ΜΤ (κάτω από τις γραμμές)		0,687 μ T	0,2-1,10 μ T	Εντός του θεωρητικού πλαισίου
Γραμμές 20 kV και Μ/Σ υποβιβασμού τάσης (ξύλινες κολώνες)		23,65 μ T	10 μ T	Εκτός του θεωρητικού πλαισίου (μεγαλύτερη τιμή)





Γραμμές 20 kV και Μ/Σ υποβιβασμού τάσης (ξύλινες κολώνες)		1,614 μT	0.3-1.5 μT	Εκτός του θεωρητικού πλαisiού (μεγαλύτερη τιμή)
Υποσταθμός		3,34 μT	-	-
Κολώνα δικτύου		1,208 μT	-	-
Υποσταθμός ΧΤ (απόσταση 1μ)		0.394 μT	0.5-2.00 μT	Εκτός του θεωρητικού πλαisiού (μικρότερη τιμή)

Υποσταθμός ΧΤ		0,177 μT	0,50 - 2,00 (σε απόσταση 1μ από τον υποσταθμό)	Εκτός του θεωρητικού πλαισίου (μικρότερη τιμή)
Περιμετρική περίφραξη Κέντρου Διανομής με Υποσταθμό 150kW (Λεχαινά)		0,427 μT	0,21 μT	Εκτός του θεωρητικού πλαισίου (μεγαλύτερη τιμή)
Περιμετρική περίφραξη Κέντρου Διανομής με Υποσταθμό 150kW (Λεχαινά)		0,676 μT	0,21 μT	Εκτός του θεωρητικού πλαισίου (μεγαλύτερη τιμή)
Υποβρύχια διασύνδεση Ζακύνθου Κυλλήνης σταθμός 150 kV/AC		3,51 μT	-	-





Πίνακας 22: Μετρήσεις επί ηλεκτρικού δικτύου


<i>Σημείο Μέτρησης</i>	<i>Εικόνα Μέτρησης</i>	<i>Μετρούμενη Ένδειξη</i>	<i>Αντίστοιχη θεωρητική ένδειξη [7,24]</i>	<i>Απόκλιση</i>
Μίξερ		4,34 μT	2 μT (30cm)	Λίγο μεγαλύτερη τιμή
Φωτιστικό		3,39 μT	2 μT (30cm)	Λίγο μεγαλύτερη τιμή
Βραστήρας		1,618 μT	-	-
Ραδιόφωνο		3,29 μT	1-15 μT (3cm)	Εντός του θεωρητικού πλαισίου

<p>Ηλεκτρικό σίδηρο (3cm)</p>		<p>11,23 μT</p>	<p>3-30 μT (3cm)</p>	<p>Εντός του θεωρητικού πλαισίου</p>
<p>Ηλεκτρικό σίδηρο (30 cm)</p>		<p>0.60 μT</p>	<p>0.14-0.3 μT (30 cm)</p>	<p>Εντός του θεωρητικού πλαισίου</p>
<p>Ηλεκτρική σκούπα (3cm)</p>		<p>49,0 μT</p>	<p>30 – 500 μT (3cm)</p>	<p>Εντός του θεωρητικού πλαισίου</p>
<p>Ηλεκτρική σκούπα (30 cm)</p>		<p>3.3 μT</p>	<p>0.8 -12 μT (30 cm)</p>	<p>Εντός του θεωρητικού πλαισίου</p>
<p>Ηλεκτρικό τρυπάνι (3cm)</p>		<p>38,3 μT</p>	<p>4 – 200 μT (3cm)</p>	<p>Εντός του θεωρητικού πλαισίου</p>

<p>Ηλεκτρικό τρυπάνι (30cm)</p>		<p>1,430 μT</p>	<p>0.2 – 3.33 μT (30cm)</p>	<p>Εντός του θεωρητικού πλαisiού</p>
<p>Οθόνη υπολογιστή (30cm)</p>		<p>0,091 μT</p>	<p>0.02-5 (30cm)</p>	<p>Εντός του θεωρητικού πλαisiού</p>
<p>Πολυμηχάνη μα (κλειστό)</p>		<p>0,172 μT</p>	<p>-</p>	<p>-</p>
<p>Πολυμηχάνη μα (σε λειτουργία)</p>		<p>11,53 μT</p>	<p>0.6-40 (3cm)</p>	<p>Εντός του θεωρητικού πλαisiού</p>

Πίνακας 23: Μετρήσεις εντός οικίας

<i>Σημείο Μέτρησης</i>	<i>Εικόνα Μέτρησης</i>	<i>Μετρούμενη Ένδειξη</i>	<i>Αντίστοιχη θεωρητική ένδειξη</i>	<i>Απόκλιση</i>
Ψηφιακό Ακτινογραφικό Μηχάνημα σε Λειτουργία		58,5 RMS	-	-
Λυχνία φωτοπολυμερισμού οδοντιατρείου σε λειτουργία		0,13 RMS	-	-
Ηλεκτρολογικός Πίνακας μιας σειράς		1,70 RMS	-	-
Επίπεδη Οθόνη TFT (κλειστή)		0,35 RMS	-	-

<p>Επίπεδη Οθόνη TFT (σε λειτουργία)</p>		<p>0,85 RMS</p>	<p>-</p>	<p>-</p>
--	---	-----------------	----------	----------

Πίνακας 24: Μετρήσεις σε επαγγελματικό χώρο (οδοντιατρείο)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παρουσία Η/Μ μαγνητικών πεδίων στην καθημερινότητα

Η παρουσία Η/Μ πεδίων στην καθημερινότητα αποτελεί μια εκ των ουκ άνευ πραγματικότητα που είναι συνυφασμένη με την καθημερινή χρήση της τεχνολογίας. Εντούτοις, η συμμόρφωση με τα πρότυπα και η εναρμόνιση με τις οδηγίες μπορεί να εξασφαλίσει την αρμονική τους ένταξη στις καθημερινές δράσεις.

Ανάγκη συνεχούς ελέγχου των ορίων

Σύμφωνα με την ανάλυση που έχει προηγηθεί, μπορεί κανείς να παρατηρήσει πως το τεχνολογικό υπόβαθρο σχετικά με τον έλεγχο των τιμών των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων έχει προχωρήσει αρκετά (επιτροπές και οργανισμοί ελέγχου, όργανα και μέτρα προστασίας). Επειδή όμως η τεχνολογία προχωρά και εξελίσσεται συνεχώς, με αποτέλεσμα να μεταβάλλονται δυναμικά οι πηγές της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και επομένως τα χαρακτηριστικά της, είναι απαραίτητο η διαδικασία ελέγχου των ορίων να ακολουθεί αυτές τις εξελίξεις προκειμένου κάθε τεχνολογική εξέλιξη να είναι ταυτόχρονα και ασφαλή από πλευράς ηλεκτρομαγνητικής εκπομπής.

Σύγκριση πειραματικών μετρήσεων με αντίστοιχα θεωρητικά πλαίσια

Από τους πίνακες που παρατίθενται στο προηγούμενο κεφάλαιο διαπιστώθηκε πως το σύνολο των μετρήσεων στην κατηγορία την εντός της οικίας μετρήσεων βρίσκεται εντός του θεωρητικού πλαισίου (με δύο μόνο να αποκλίνουν ελαφρώς, προφανώς εξαιτίας μεταβολής της απόστασης μέτρησης σε σχέση με το την απόσταση των οδηγιών, για παράδειγμα η μέτρηση δεν έγινε ακριβώς στα 30 cm αλλά σε λίγο μεγαλύτερη απόσταση, με αποτέλεσμα η μετρούμενη ένταση του μαγνητικού πεδίου να είναι λίγο μικρότερη). Αντίστοιχα, οι αποκλίσεις στην περίπτωση των μετρήσεων ηλεκτρικού πεδίου από τα θεωρητικά πλαίσια μπορούν να αποδοθούν στη διαφορά της απόστασης πραγματικής μέτρησης σε σχέση με την απόσταση που έγινε η μέτρηση που περιλαμβάνεται στην εκάστοτε οδηγία.

Για λόγους πληρότητας της εργασίας, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε συγκεκριμένο επαγγελματικό χώρο (οδοντιατρείο) όπως καταγράφονται στον αντίστοιχο παραπάνω πίνακα. Θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμο να γίνουν εκτενείς μετρήσεις ανά κατηγορία επαγγελματικών χώρων από τους αρμόδιους φορείς προκειμένου να επιτευχθεί η εδραίωση ορίων ασφαλείας ανά επάγγελμα και αντίστοιχο χώρο, μια διαδικασία βέβαια ιδιαίτερα επίπονη και χρονοβόρα εξαιτίας της απουσίας τυποποίησης του εξοπλισμού αλλά και διαφορετικότητας των χώρων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Aktinovolia.Net, Άρθρο με τίτλο «Είδη και πηγές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας» <http://aktinovolia.net/aktinovolia1.html> (Ανάκτηση την 10/01/14)
- [2] Άρθρο «Περί ακτινοβολιών», <http://users.sch.gr/xtsamis/OkosmosMas/Aktinovolies/Aktinovolies.htm> (Ανάκτηση την 11/01/14)
- [3] C. Rees, M. Havas, Public Health SOS: The Shadow Side Of The Wireless Revolution April 26, 2009
- [4] H.A.Divan, L. Kheifets, C. Obel, J. Olsen, Prenatal and postnatal exposure to cell phone use and behavioral problems in children. *Epidemiology*, Jul;19(4):523-9, 2008
- [5] F. Adlkofer, R E F L E X: Risk Evaluation of Potential Environmental Hazards From Low Energy Electromagnetic Field Exposure Using Sensitive in vitro Methods, Lecture on the occasion of the COST 281 Meeting in Brussels on October 29 and 30, 2001
- [6] Άρθρο με τίτλο Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία και Υγεία, http://www.aktinovolies.gr/index_files/Page689.htm, (Ανάκτηση την 11/01/14)
- [7] Δ. Σταυρόπουλος, Ν. Δράκος, Άρθρο με τίτλο Ηλεκτρικά και Μαγνητικά πεδία των εγκαταστάσεων & δικτύων διανομής ρεύματος: Μύθοι και πραγματικότητα, ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΩΝ ΑΠΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, <http://www.hellasres.gr/Greek/THEMATATA/ARTHRA/stavropoulos.htm>, (Ανάκτηση την 12/01/14)
- [8] Χ. Λ. Βοζίκης Σημειώσεις Φυσική ΙΙ, ΑΤΕΙ Σερρών, Τομέας Τηλεπικοινωνιών και Δικτύων, Σέρρες 2008
- [9] World Health Organization, What_are_electromagnetic_fields <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/en/> (Retrieved on 12/01/14)
- [10] Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης ΑΠΘ, Τμήμα Φυσικής, Τομέας Εφαρμογών Φυσικής και Φυσικής Περιβάλλοντος, Διδακτικές Σημειώσεις για το μάθημα Βιοϊατρική Τεχνολογία, Θεσσαλονίκη, 2011
- [11] Ι. Καζάκης, Εργασία με τίτλο Τεχνολογικά χαρακτηριστικά που έχουν μαγνητική προέλευση, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης ΑΠΘ, Τμήμα Φυσικής, Θεσσαλονίκη, Ιανουάριος 2010

- [12] Hall effect http://en.wikipedia.org/wiki/Hall_effect (Retrieved on 14/01/14)
- [13] Ε.Α Σκαρβελάς, Εργασία με τίτλο Τεχνικές μέτρησης μαγνητικών πεδίων, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης ΑΠΘ, Τμήμα Φυσικής, Θεσσαλονίκη, Φεβρουάριος 2009
- [14] J.E. Lenz, “A Review of Magnetic Sensors”, Proceedings of the IEEE, vol. 78, no.6, 973-989, June 1990
- [15] M.J. Caruso , L.S. Withanawasam, ‘Vehicle Detection and Compass Applications using AMR Magnetic Sensors’, Honeywell, SSEC, 2002
- [16] M.J. Caruso, T. Bratland, C.H. Smith, R. Schneider, ‘A New Perspective on Magnetic Field Sensing’, 1999
- [17] Κ. Κνιθάκης, Διπλωματική εργασία με τίτλο Ασύρματη Συσκευή Ανίχνευσης Σταθμευμένων Οχημάτων, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Μάιος 2007
- [18] Home Biology, Οδηγός θωράκισης από ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες με ανακλαστικές μεμβράνες, μπογιές, πλέγματα κ.α.
<http://www.home-biology.gr/index.php/electromagnetic-protection-products/ylika-prostasias-thorakisis-aktinovolias>
(Ανάκτηση την 14/01/14)
- [19] SMA Δελτίο Τεχνικής Πληροφορίας Ηλεκτρομαγνητική (περιβαλλοντική) συμβατότητα, Έκδοση 1.0, 2009
- [20] ICNIRP Guidelines, International Committee for Non-Ionizing Radiation Protection: Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 6Hz). Health Physics, 74(4): 494-522, April 1998;
- [21] Α. Λουίζη, Μη Ιονίζουσα Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία (ΗΜΓ), Φυσικές Αρχές - Βιολογικές επιδράσεις - Κανονισμοί και Όρια Προστασίας, Εργαστήριο Φυσικής, Ιατρική Σχολή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα Οκτώβριος 2007
- [22] Ένωση Εταιρειών Κινητής Τηλεφωνίας, Άρθρο με τίτλο Επιστημονικοί Οργανισμοί – Όρια και Μετρήσεις,
<http://www.eekt.gr/TechnologyofMobileTelephonyHuman/ScientificOrganizationLimitsMeasurements/tabid/104/language/el-GR/default.aspx> (Ανάκτηση την 14/01/14)
- [23] Ε. Καραμπέτσος. Ηλεκτρομαγνητικά πεδία: Νομοθετικό πλαίσιο. Όρια ασφαλούς έκθεσης του κοινού. Αποτελέσματα ελέγχων. Πρακτικά Ημερίδας: Επιδράσεις της Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας στην Υγεία: Μύθοι και Πραγματικότητα. Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών, σελ. 57-70, 2005
- [24] Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας, «Χαμηλόσυχνα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία», Υπουργείο Ανάπτυξης, Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας, Αθήνα 2005
- [25] Υπουργείο Υποδομών Μεταφορών και Δικτύων <http://www.yme.gr/index.php?tid=299>, (Ανάκτηση την 18/01/14)

- [26] Ι. Ζτούπης, Διπλωματική εργασία με τίτλο Μέτρηση ηλεκτρομαγνητικού πεδίου χαμηλής συχνότητας, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ιούλιος 2009
- [27] Instruction manual Magnetic Field HiTester HIOKI E.E Corporation, Revised Edition 4. December 2008
- [28] A. Fragopoulou, Y. Grigoriev, O. Johansson, L.H. Margaritis, L. Morgan, E. Richter, C. Sage, Scientific panel on electromagnetic field health risks: consensus points, recommendations, and rationales, Rev Environ Health Oct-Dec; 25(4):307-17, 2010
- [29] G. Hyland, The Physiological and Environmental Effects of Non-Ionising Electromagnetic Radiation, European Parliament STOA = Science and Technology Options Assessment, DG-4-JOIN 297574, March 2001
- [30] BioInitiative Working Group, A Rationale for Biologically-based Exposure Standards for Low-Intensity Electromagnetic Radiation, BioInitiative 2012
- [31] National Council Of Radiation Protection and Measurement (NCRP), Εθνικό Συμβούλιο για την Προστασία από τις Ακτινοβολίες των Η.Π.Α., Scientific Committee 89-3 Report on Extremely Low Frequency Electric and Magnetic Fields <http://www.electric-fields.bris.ac.uk/NCRP1995Draftproposals.htm>, (Retrieved on 10/04/14)
- [32] Ψήφισμα του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου της 2ας Απριλίου 2009 σχετικά με τα προβλήματα υγείας που σχετίζονται με τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία (2008/2211(INI))
- [33] Δ. Τσανάκας, Ε. Μίμος, Π. Ζαχαροπούλου, Κ. Καραμανής, Το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο των Υ/Σ 150kV εξωτερικού χώρου ως περιβαλλοντικοί παράγοντες, ΕΕ CIGRE, Σύνοδος Αθήνα 2003
- [34] M. Feychting et al: Occupational and residential magnetic field exposure and leukemia and central nervous system tumors. Epidemiology 8:384-389, 1997
- [35] C.E. Minder and D.H. Pfluger: Leukemia, brain tumors, and exposure to extremely low frequency electromagnetic fields in Swiss railway employees. Am J Epidem 153:825-835, 2001
- [36] B. Floderus, C. Stenlund et al: Occupational magnetic field exposure and sitespecific cancer incidence: a Swedish cohort study. Cancer Causes Control 10:323-332, 1999
- [37] P.J. Villeneuve, D. Agnew et al: Leukemia in electric utility workers: The evaluation of alternative indices of exposure to 60 Hz electric and magnetic fields, Amer J Indust Med 37:607-617, 2000
- [38] P.J. Villeneuve, D.A. Agnew et al: Non-Hodgkin's lymphoma among electric utility workers in Ontario: the evaluation of alternate indices of exposure to 60 Hz electric and magnetic fields, Occup Environ Med 57:249-257, 2000

- [39] P.J. Villeneuve, D.A. Agnew et al: Brain cancer and occupational exposure to magnetic fields among men: Results from a Canadian population-based casecontrol study. *Int J Epidemiol* 31:210-217, 2002
- [40] N. Håkansson, B. Floderus et al: Cancer incidence and magnetic field exposure in industries using resistance welding in Sweden. *Occup Environ Med* 59:481-486, 2002.
- [41] A Navas-Acién, M Pollán et al: Interactive effect of chemical substances and occupational electromagnetic field exposure on the risk of gliomas and meningiomas in Swedish men. *Cancer Epidemiol Biomark Prev* 11:1678-1683, 2002.
- [42] L.E. Charles, D. Loomis et al: Electromagnetic fields, polychlorinated biphenyls, and prostate cancer mortality in electric utility workers. *Amer J Epidemiol* 157:683-691, 2003
- [43] A.J. Heredia-Rojas, A.O. Rodríguez-De la Fuente et al: Cytological effects of 60 Hz magnetic fields on human lymphocytes in vitro: sister-chromatid exchanges, cell kinetics and mitotic rate. *Bioelectromag* 22:145-149, 2001
- [44] O. Zeni, M.B. Lioi et al: Combined exposure to extremely low frequency (ELF) magnetic fields and chemical mutagens: Lack of genotoxic effects in human lymphocytes. *Electro Magnetobio* 23:331-341, 2001
- [45] M.C. Pirozzoli, C. Marino et al: Effects of 50 Hz electromagnetic field exposure on apoptosis and differentiation in a neuroblastoma cell line. *Bioelectromag* 24:510-516, 2003
- [46] C. Grassi, M. D'Ascenzo et al: Effects of 50 Hz electromagnetic fields on voltage-gated Ca²⁺ channels and their role in modulation of neuroendocrine cell proliferation and death. *Cell Calcium* 35:307-315, 2004
- [47] L. Stronati, A. Testa et al: Absence of genotoxicity in human blood cells exposed to 50 Hz magnetic fields as assessed by comet assay, chromosome aberration, micronucleus, and sister chromatid exchange analyses. *Bioelectromag* 25:41-48, 2004
- [48] C.Y. Li et al: Residential exposure to 60-Hertz magnetic fields and adult cancers in Taiwan. *Epidemiology* 8:25-30, 1997
- [49] M. Feychting et al: Magnetic fields and breast cancer in Swedish adults residing near highvoltage power lines. *Epidemiology* 9:392-397, 1998
- [50] U.M. Forssén, M. Feychting et al: Occupational and residential magnetic field exposure and breast cancer in females. *Epidem* 11:24-29, 2000
- [51] P.F. Coogan et al: Exposure to power-frequency magnetic fields and risk of breast cancer in the Upper Cape Cod cancer incidence study. *Arch Environ Health* 53:359-367, 1998
- [52] J. Kliukiene, T. Tynes et al: Residential and occupational exposures to 50-Hz magnetic fields and breast cancer in women: A population-based study. *American Journal of Epidemiology* 159:852-861, 2004

- [53] N.T. Fear, E. Roman et al: Cancer in electrical workers: an analysis of cancer registrations in England, 1981-87. *Brit J Cancer* 73:935-939, 1996
- [54] C. Johansen et al: Risk of cancer among Danish utility workers - A nationwide cohort study. *Amer J Epidem* 147:548-555, 1998
- [55] S.A. Petralia et al: Occupational risk factors for breast cancer among women in Shanghai. *Amer J Indust Med* 34:477-483, 1998
- [56] C. Graham and MR Cook: Human sleep in 60 Hz magnetic fields, *Bioelectromag* 0:277-283, 1999
- [57] E. van Wijngaarden, DA Savitz et al: Exposure to electromagnetic fields and suicide among electric utility workers: a nested case-control study, *Occup Environ Med* 57:258-263, 2000
- [58] M. Feychting, F. Jonsson et al: Occupational magnetic field exposure and neurodegenerative disease. *Epidem* 14:413-419, 2003
- [59] N. Håkansson, P. Gustavsson et al: Neurodegenerative diseases in welders and other workers exposed to high levels of magnetic fields. *Epidem* 14:420-426, 2003
- [60] H. Harmanci, M. Emre et al: Risk factors for Alzheimer disease: a populationbased casecontrol study in Istanbul, Turkey. *Alzheimer Dis Assoc Disord* 17:139-145, 2003.
- [61] N. Håkansson, P. Gustavsson et al: Occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields and mortality from cardiovascular disease. *Am J Epidem* 158:534-542, 2003.
- [62] Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού www.dei.gr (Ανάκτηση την 05/04/13)
- [63] Περιβάλλον και Διαχείριση Ενέργειας
<http://www.allaboutenergy.gr/LigniteMakedonia.html> (Ανάκτηση την 05/04/13)
- [64] International Energy Agency www.iea.org (Retrieved on 05/04/13)
- [65] Α. Μ. Παπαδόπουλος, «Οικονομική ανάλυση ενεργειακών συστημάτων», Θεσσαλονίκη 2002 (<http://aix.meng.auth.gr/lhtee/education/EAoES.pdf>) (Ανάκτηση την 05/04/13)
- [66] Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας www.rae.gr (Ανάκτηση την 05/04/13)
- [67] Σ. Δημητριάδου, Εργασία με τίτλο «Ανάλυση της πιο σημαντικής εμπορικής, οικονομικής και εξαγωγικής δραστηριότητας του νομού Κοζάνης και οι κοινωνικό-οικονομικές επιδράσεις», Καστοριά, Απρίλιος 2005
- [68] Α.Μιζάν, Γενικός Διευθυντής Δ.Ε.Η, Παρουσίαση με τίτλο «Επενδύσεις εκσυγχρονισμού και επέκτασης του παραγωγικού δυναμικού της ΔΕΗ», Αθήνα, 18 Απριλίου 2007
- [69] Ε. Καραμπέτσος, Ηλεκτρομαγνητικά πεδία: Νομοθετικό πλαίσιο, Όρια ασφαλούς έκθεσης του κοινού, Αποτελέσματα ελέγχων. Ημερίδα Εθνικού Ιδρύματος ερευνών 2005.

[70] Π. Κεμίδης, Δ. Μπαργιώτας, Σανδαλίδης Χ., Βιομηχανικές Εγκαταστάσεις – Αυτοματισμοί, Αθήνα 2001

[71] Εταιρεία Τεχνικού Λογισμικού Tisoft, Υποσταθμός καταναλωτή μέσης τάσης, http://www.tisoft.com/el/support/help/panelcad/knowledgebase/panelcad_mesh_tash/panelcad_diktua_mes_hs_tashs/panelcad_upostatthmos_katanalwth_meshs_tashs (Ανάκτηση την 07/04/14)

[72] Δ. Τσανάκας, Πρακτικά Ημερίδας: Επιδράσεις της Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας στην Υγεία: Μύθοι και Πραγματικότητα, Τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία γραμμών, υποσταθμών και συσκευών ηλεκτρικής ενεργείας ως περιβαλλοντικοί παράγοντες, Αμφιθέατρο Εθνικού Ιδρύματος Ερευνών, 1^η Ιουνίου 2005