

Παίταρίδης Γεώργιος Πτυχιακή Εργασία

ΤΕΙ Σερρών
Τμήμα Πληροφορικής Και Επικοινωνιών
Τομέας Τηλεπικοινωνιών και Δικτύων

Πτυχιακή Εργασία

**“Μετρήσεις Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας,
Με κατανεμημένους Αισθητήρες”**

Επιβλέπων Καθηγητής : Αναστάσιος Παπατσώρης

Ιανουάριος 2013

1	Εισαγωγή	6
2	Γενικά για την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία	7
2.1	Χαρακτηριστικά ΗΜΠ και Μονάδες Μέτρησης	9
2.2	Πηγές ΗΜΠ :	11
2.3	Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα	11
2.3.1	Γενική Κατηγοριοποίηση Ηλεκτρομαγνητικού Φάσματος, Συνοπτική περιγραφή.	13
2.3.2	Τι είναι η ενέργεια ραδιοσυχνότητας;.....	16
2.3.3	Πεδία ραδιοσυχνότητας	17
3	Δίκτυα Μέτρησης Ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολία	18
3.1	Εισαγωγή, Περιγραφή απαιτήσεων Δικτύων μετρήσεων	18
3.2	Συστήματα/δίκτυα μετρήσεων Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας, Συνοπτική περιγραφή.....	19
3.3	Πρόγραμμα "ΕΡΜΗΣ"	26
3.4	Τεχνική Περιγραφή	26
	4 Αισθητήρες Μέτρησης Ηλεκτρομαγνητικής	
	Ακτινοβολίας	31
4.1.1	Βασικά χαρακτηριστικά αισθητήρα/σταθμού μέτρησης Ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.....	31
	5 Όρια ασφαλούς έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητική	
	ακτινοβολία	35
5.1	ICNIRP Guidelines	35
5.1.1	Οδηγίες περιορισμού έκθεσης σε ΗΜΠ για το ευρύ κοινό και επαγγελματικά ασχολούμενους σε περιβάλλον έκθεσης.....	36
5.1.2	Ρεύμα επαφής και ρεύμα άκρων	46
5.1.3	Έκθεση σε πηγές με πολλαπλές συχνότητες.....	47
5.2	ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ – ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ	51
	6 Οδηγίες μέτρησης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας	
	9kHz-300GHz	57
6.1	ΣΚΟΠΟΣ.....	58
6.2	ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	59
6.3	ΟΡΟΙ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ.....	59
6.3.1	Ένταση ηλεκτρικών πεδίων	59
6.3.2	Ένταση μαγνητικών πεδίων.....	59
6.3.3	Πυκνότητα ισχύος (S) ή ηλεκτρομαγνητική πυκνότητα ροής ισχύος ...	60
6.3.4	Πυκνότητα μαγνητικής ροής (B)	60
6.3.5	Περιοχή Μακρινού Πεδίου	61
6.3.6	Περιοχή Κοντινού Πεδίου	61
6.4	Παραδείγματα εκπομπών στην ζώνη συχνοτήτων 9kHz - 300GHz	62
6.5	Γενικές πληροφορίες για την διαδικασία μετρήσεων	63
6.5.1	Ηλεκτρικά και Μαγνητικά Πεδία:	63
6.5.2	Επιλογή σημείου μέτρησης.....	64
6.6	ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ	65
6.6.1	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	65
6.7	ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ.....	67

6.8	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ.....	67
6.8.1	Σημείο Μέτρηση.....	67
6.8.2	Μπάντα Συχνότητων.....	67
6.8.3	Ρυθμίσεις του δέκτη / φασματικού αναλυτή.....	68
6.9	ΜΕΤΑ-ΕΡΓΑΣΙΑ.....	69
6.10	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ.....	70
6.11	Αναφορά.....	72
6.11.1	Στόχοι και Περιορισμοί.....	72
6.11.2	Περιγραφή της τοποθεσίας μέτρησης.....	72
6.11.3	Περιγραφή Εξοπλισμού.....	73
6.11.4	Αβεβαιότητα.....	73
6.11.5	Αναφορά μέτρησης.....	74
7	Περιγραφή εξοπλισμού, Μεθοδολογία και Αποτελέσματα	
	Μετρήσεων.....	76
7.1	Αναλυτής Χειρός Φάσματος RF σειρά SPECTRAN® 40xx.....	76
7.2	Μεθοδολογία Μετρήσεων.....	85
8	Ενδεικτικά Αποτελέσματα Μετρήσεων :	87
9	Βιβλιογραφία.....	97
9.1	Κεφάλαιο 2.....	97
9.2	Κεφάλαιο 3.....	97
9.3	Κεφάλαιο 4.....	98
9.4	Κεφάλαιο 5,6.....	100

Πίνακας Εικόνων

ΕΙΚΟΝΑ 2.1-1 (ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΚΥΜΑ).....	8
ΕΙΚΟΝΑ 2.1-2 (ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΚΥΜΑ).....	9
ΕΙΚΟΝΑ 2.3-1 ΓΕΝΙΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΦΑΣΜΑΤΟΣ.....	12
ΕΙΚΟΝΑ 2.3-2 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ ΓΕΝΙΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....	13
ΕΙΚΟΝΑ 3.2-2 NARDA AMS 2600.....	1
3.2-3 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ PEDION24 NARDA EMB-8057.....	1
3.2-4 ΑΡΧΗΤΕΚΤΟΝΙΚΗ PEDION 24.....	1
ΕΙΚΟΝΑ 3.2-5 ΣΤΑΘΜΟΣ ΒΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ.....	1
ΕΙΚΟΝΑ 3.2-6 ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΗΜΑ, ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ MONIT (ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ).....	1
ΕΙΚΟΝΑ 3.2-7 VODAFON MAST IN NAILSWORTH.....	1
ΕΙΚΟΝΑ 3.2-8 NARDA SENSOR.....	1
3.4-2 ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΡΜΗΣ.....	1
ΕΙΚΟΝΑ 5.1-1 ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ (ΣΥΓΚΡΙΣΗ OCCUPATIONAL & GENERAL PUBLIC ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1.1-3 ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1.1-4).....	45
ΕΙΚΟΝΑ 5.1-2 ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ (ΣΥΓΚΡΙΣΗ OCCUPATIONAL & GENERAL PUBLIC ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1.1-3 ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1.1-4).....	45

Πίνακας Τιμών

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3.1-1 (ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΗΜ ΦΑΣΜΑΤΟΣ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ/ΜΗΚΗ ΚΥΜΑΤΟΣ).....	14
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1.1-1ΒΑΣΙΚΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΧΡΟΝΙΚΑ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ, ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ ΓΙΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΕΩΣ 10 GHz, ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ ΑΣΧΟΛΟΥΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΕΥΡΥ ΚΟΙΝΟΥ.	38
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1.1-2 ΒΑΣΙΚΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΙΣΧΥΟΣ ΓΙΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΞΥ 10 ΚΑΙ 300 GHz.	40
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1.1-3 ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ OCCUPATIONAL EXPOSURE ΣΕ ΧΡΟΝΙΚΑ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ. (RMS).	41
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1.1-4 ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΧΡΟΝΙΚΑ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ. (RMS) GENERAL PUBLIC.	42
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1.2-1 ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΡΕΥΜΑ ΕΠΑΦΗΣ ΑΠΟ ΑΓΩΓΙΜΑ ΣΩΜΑΤΑ, ΕΥΡΥ ΚΟΙΝΟ.	46
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1.2-2 ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΡΕΥΜΑ ΕΠΑΦΗΣ ΑΠΟ ΑΓΩΓΙΜΑ ΣΩΜΑΤΑ, ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ ΑΣΧΟΛΟΥΜΕΝΟΥΣ.	46
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1.2-3 ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΡΕΥΜΑΤΑ ΕΠΑΦΗΣ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΟΠΟΙΟΥΔΗΠΟΤΕ ΜΕΛΟΥΣ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ, ΓΙΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ 10-110MHz.	47
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1.3-1 ΒΑΣΙΚΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ 1kHz-300GHz, ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ 70%, (ΠΑΡΑΓΡΑΦΟΣ 9 ΑΡΘΡΟ 31 N3431)	51
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1.3-2 ΒΑΣΙΚΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ 1kHz-300GHz, ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ 60% (ΠΑΡΑΓΡΑΦΟΣ 10 ΑΡΘΡΟ 31 N3431)	52
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1.3-3 ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ 1kHz-300GHz, ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ 70% (ΠΑΡΑΓΡΑΦΟΣ 9 ΑΡΘΡΟ 31 N3431)	53
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1.3-4 ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ 1kHz-300GHz, ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ 60% (ΠΑΡΑΓΡΑΦΟΣ 10 ΑΡΘΡΟ 31 N3431)	54
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1.3-5 ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΡΕΥΜΑΤΑ ΕΠΑΦΗΣ ΑΠΟ ΑΓΩΓΙΜΑ ΣΩΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ 1kHz-110kHz, ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ 70% (ΠΑΡΑΓΡΑΦΟΣ 9 ΑΡΘΡΟ 31 N3431)	54
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1.3-6 ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΡΕΥΜΑΤΑ ΕΠΑΦΗΣ ΑΠΟ ΑΓΩΓΙΜΑ ΣΩΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ 1kHz-110kHz, ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ 60% (ΠΑΡΑΓΡΑΦΟΣ 10 ΑΡΘΡΟ 31 N3431)	55
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1.3-7 ΤΙΜΕΣ ΤΩΝ ΕΙΣΩΣΕΩΝ 3-7, ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ 70% (ΠΑΡΑΓΡΑΦΟΣ 9 ΑΡΘΡΟ 31 N3431)	55
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1.3-8 ΤΙΜΕΣ ΤΩΝ ΕΙΣΩΣΕΩΝ 3-7, ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ 60% (ΠΑΡΑΓΡΑΦΟΣ 10 ΑΡΘΡΟ 31 N3431)	55

Πίνακας Σχημάτων

ΣΧΗΜΑ 3.1 ΓΡΑΦΗΜΑ ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΤΙΜΗΣ ΤΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΡΟΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ	28
ΣΧΗΜΑ 3.2 ΓΡΑΦΗΜΑ ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΤΙΜΗΣ ΤΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΡΟΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ GSM-1800 & UMTS	29

Πίνακας Εξισώσεων

ΕΞΙΣΩΣΗ 1	47
ΕΞΙΣΩΣΗ 2	48
ΕΞΙΣΩΣΗ 3	48
ΕΞΙΣΩΣΗ 4	48
ΕΞΙΣΩΣΗ 5	49
ΕΞΙΣΩΣΗ 6	49
ΕΞΙΣΩΣΗ 7	50

1 Εισαγωγή

Καθημερινά άθελα μας γινόμαστε δέκτες μίας σωρείας ηλεκτρομαγνητικών πεδίων φυσικής προέλευσης, εξωτερικά πεδία όπως το μαγνητικό πεδίο της γης που κάνει το δέκτη της πυξίδας να κατευθύνεται στον βορρά. Οι κεραυνοί δημιουργούν ηλεκτρικές εκκενώσεις και κατά προέκταση ΗΜΠ. Στο ανθρώπινο σώμα υπάρχουν ενδογενώς, φυσικά ΗΜΠ τα οποία μεταφέρουν μηνύματα στο νευρικό σύστημα. Ακόμα η λειτουργία της καρδιάς στηρίζεται στην μεταφορά ηλεκτρικών μηνυμάτων και κάθε φορά που υπάρχει μεταφορά ηλεκτρικού φορτίου συνεπάγεται δημιουργία ΗΜΠ.

Το ίδιο το περιβάλλον έχει αφομοιώσει την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σαν την κύρια πηγή ζωής του από της απαρχές του. Είναι γνωστό ότι ο ήλιος είναι πηγή ζωής, αλλά από του προήλθε αυτή η διατύπωση ; Η ίδια η ύπαρξη μας οφείλετε στην παραγωγή οξυγόνου, που δημιουργείτε από φωτοσυνθετικούς οργανισμούς μέσω αυτής της διαδικασίας αξιοποιείται ένα μέρος της ακτινοβολίας του ήλιου (ηλεκτρομαγνητική) για την μετατροπή του σε χημική ενέργεια και την ολοκλήρωση της φωτοσύνθεσης.

Ζούμε σε ένα περιβάλλον ήδη βεβαρημένο με τα φυσικά ΗΜΠ το οποίο επιβαρύνουμε με ΗΜΠ προερχόμενα από την δραστηριότητα του ανθρώπου.

Οι εφαρμογές των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων βρίσκονται για παραπάνω από 100 χρόνια στην υπηρεσία του ανθρώπου, στην καθημερινότητα εντοπίζονται σε οικιακές συσκευές (φούρνοι μικροκυμάτων), ιατρικά μηχανήματα (ακτινογραφίες) καθώς και σε ένα από τα βασικότερα μέσα ενημέρωσης και ψυχαγωγίας την τηλεόραση και το ραδιόφωνο. Ακόμα εφαρμογές σε συστήματα τηλεπικοινωνιών της πυροσβεστική, αστυνομίας και των ραντάρ.

Στα τέλη του 20^{ου} αιώνα η αξιοποίηση των εφαρμογών των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων ήρθαν να καλύψουν την ραγδαία ανάπτυξη των ασύρματων , δορυφορικών

και κινητών τηλεπικοινωνιών. Η χρήση κινητών τηλεφώνων, ασύρματων δικτύων, δορυφορικών επικοινωνιών καθώς και τηλεοπτικών μεταδόσεων αποτελούν λόγω τις ραγδαίας ανάπτυξης τους ένα κερδοφόρο τομέα επιχειρηματικότητας και χρήζουν άμεσης προσοχής ως προς την αναγκαιότητα (αλόγιστη χρήση) και των επιπτώσεων που προκαλούν.

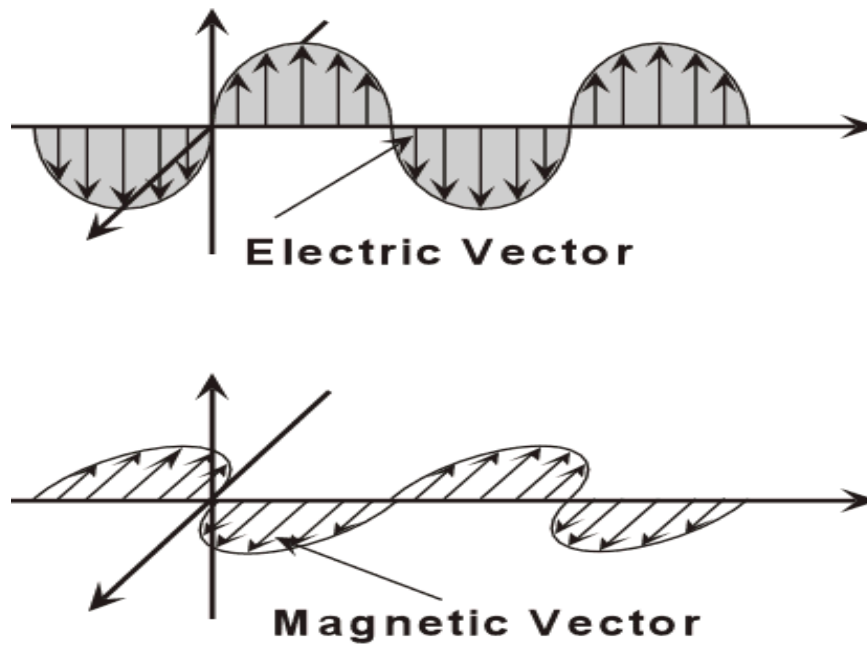
Ένας επιβλαβής παράγοντας ηλεκτρομαγνητικής μόλυνσης που συχνά παραλείπεται (σκοπίμος) είναι η αναγκαιότητα ηλεκτροδότησης (πυλώνες και γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης της ΔΕΗ) λόγω της αυξανόμενης χρήσης κατανάλωσης, ορισμένες φορές αλόγιστα. αλλά ποιος θα μπορούσε χωρίς ρεύμα?

2 Γενικά για την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Με τον όρο **ακτινοβολία** αναφερόμαστε στην μετάδοση ενέργειας στον χώρο είτε με την μορφή κυμάτων, είτε με την μορφή σωματιδίων (π.χ. ηλεκτρόνια, πρωτόνια, νετρόνια).

Με τον όρο **ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία** αναφερόμαστε στο είδος εκείνο της ενέργειας που μεταδίδεται με την μορφή **κυμάτων**, δηλαδή τοπικών και χρονικών μεταβολών του ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου. Τα κύματα αυτά ονομάζονται **ηλεκτρομαγνητικά κύματα**.

Όλα τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα επομένως αποτελούνται από ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία που διαδίδονται μαζί στον χώρο με την ίδια ταχύτητα, την ταχύτητα του φωτός 300.000 km/s ($3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$). Η συχνότητα του ηλεκτρομαγνητικού κύματος με την οποία πάλλετε μέσα στον χώρο, είναι η ίδια με την συχνότητα του παλλόμενου **ηλεκτρικού φορτίου που το δημιούργησε** (εικόνα **Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.**).



Εικόνα 2.1-1 (Ηλεκτρικό και μαγνητικό κύμα)

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα παράγονται από τα ταλαντούμενα ηλεκτρικά φορτία (παλλόμενα) με μία ορισμένη συχνότητα.

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι αρμονικά δηλαδή οι εντάσεις τους E και B (ηλεκτρικού και μαγνητικού αντίστοιχα) μεταβάλλονται τοπικά και χρονικά ακολουθώντας το νόμο του ημιτόνου. Σε απομακρυσμένα από την πηγή σημεία τα πεδία είναι κάθετα μεταξύ τους και κάθετα στην κατεύθυνση διάδοσης του κύματος. Διαδίδονται στο χώρο κατά επίπεδα μέτωπα για αυτό και λέγονται επίπεδα κύματα. Επιπλέον είναι και συμφασικά, παίρνουν δηλαδή συγχρόνως τη μέγιστη ή ελάχιστη τιμή τους. (Εικόνα 2.1-2).

Σε αντιδιαστολή με τα ηλεκτρικά πεδία , τα μαγνητικά πεδία διαπερνούν τα περισσότερα φυσικά εμπόδια καθώς και τοίχους. Ακόμα τα μαγνητικά πεδία μειώνονται σημαντικά όταν αυξάνεται η απόσταση από την πηγή εκπομπής τους. Σε βιολογικό επίπεδο τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία προκαλούν ιονισμό και αύξηση της θερμότητας.

Τα χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι : Η απόσταση που καλύπτεται από έναν κύκλο του κύματος, που αποτελεί το **μήκος κύματος** (λ) , και ο αριθμός που διέρχονται από ένα συγκεκριμένο σημείο ανά δευτερόλεπτο, που ορίζει την **συχνότητα του κύματος** (f). Για οποιοδήποτε ηλεκτρομαγνητικό κύμα το γινόμενο του μήκους κύματος και της συχνότητας ισούται με την ταχύτητα του φωτός

$$C = \lambda / f \quad C = 3 \times 10^8 \text{ [m/sec] , } \lambda \text{ [m] , } f \text{ [Hz]}$$

Ένα ακόμα χαρακτηριστικό των ΗΜΠ είναι η **ενέργεια** που μεταφέρουν. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα μεταφέρονται από τα σωματίδια που ονομάζονται κβάντα. Στην υψηλή συχνότητα (και άρα στα μικρά μήκη κύματος) η κβαντική ενέργεια είναι πολύ μεγάλη και αποτελεί μεταλλαξογόνο παράγοντα. Όταν η μεταφερόμενη ενέργεια είναι μεγάλη τότε σπάζουν οι δεσμοί μεταξύ των μορίων, προκαλώντας αλλοιώσεις στον γενετικό κώδικα του DNA. Ευτυχώς δεν είναι όλα τα είδη ΗΜΠ που μπορούν να προκαλέσουν αλλοιώσεις, μόνον αυτά που χαρακτηρίζονται από υψηλή συχνότητα, μικρό μήκος κύματος και υψηλή ενέργεια. Η ακτινοβολία που έχει αυτήν την δυνατότητα ονομάζεται ιονίζουσα ακτινοβολία. Η ακτινοβολία που δεχόμαστε στην καθημερινότητα μας είναι μη-ιονίζουσα και δεν έχει τέτοια δυνατότητα και κινδύνους. Υπάρχει όμως και μια εξαίρεση στην καθημερινή μας έκθεση σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που χρήζει προσοχής μιας και υπάγεται στην ιονίζουσα ακτινοβολία και είναι η υπεριώδεις ακτινοβολία του ηλίου.

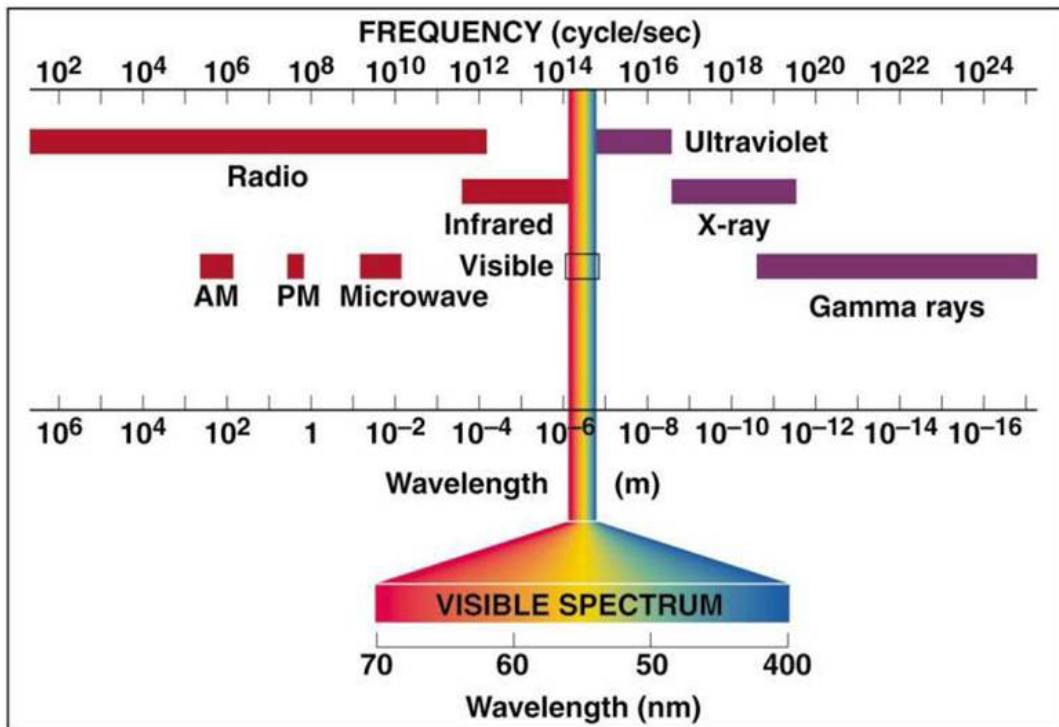
2.2 Πηγές ΗΜΠ :

- Ηλεκτροφόρα καλώδια υψηλής τάσης
- Ηλεκτροφόρα καλώδια στις γειτονίες,
- Συστήματα γείωσης που προστατεύουν από κεραυνούς ή από ελαττωματικές οικιακές συσκευές,
- Οικιακές συσκευές όπως φούρνοι μικροκυμάτων, στεγνωτήρες μαλλιών, ηλεκτρικοί φούρνοι, ηλεκτρική θέρμανση,
- Οθόνες ηλεκτρονικών υπολογιστών , ηλεκτρικά ρολόγια , ηλεκτρικές κουβέρτες,
- Κινητά τηλέφωνα, κεραίες σταθμών βάσης, ραντάρ, ραδιοφωνικοί και τηλεοπτικοί σταθμοί,
- Φυσικές πηγές ,
- Ακτίνες X,
- Φως του ηλίου,
- Ακτίνες γάμα,
- Ραδιενέργεια.

2.3 Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα αποτελείται στην πλειονότητα του από αόρατα κύματα, εκτός από ένα μικρό μέρος της ακτινοβολίας αυτής που μπορεί να εντοπισθεί από το ανθρώπινο μάτι και περιλαμβάνει το ορατό φως που παράγει τα διάφορα χρώματα του ουράνιου τόξου.

Οι ηλεκτρομαγνητικές πηγές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σύμφωνα με την συχνότητα εκπομπής τους. Όπως φαίνεται στο Εικόνα 2.3-1 . Ο βασικός διαχωρισμός του φάσματος περιλαμβάνει δύο μεγάλες κατηγορίες την μη-ιονίζουσα ($0\sim 10^{15}\text{Hz}$ 1PHz) και την ιονίζουσα ακτινοβολία ($>10^{15}\text{Hz}$).



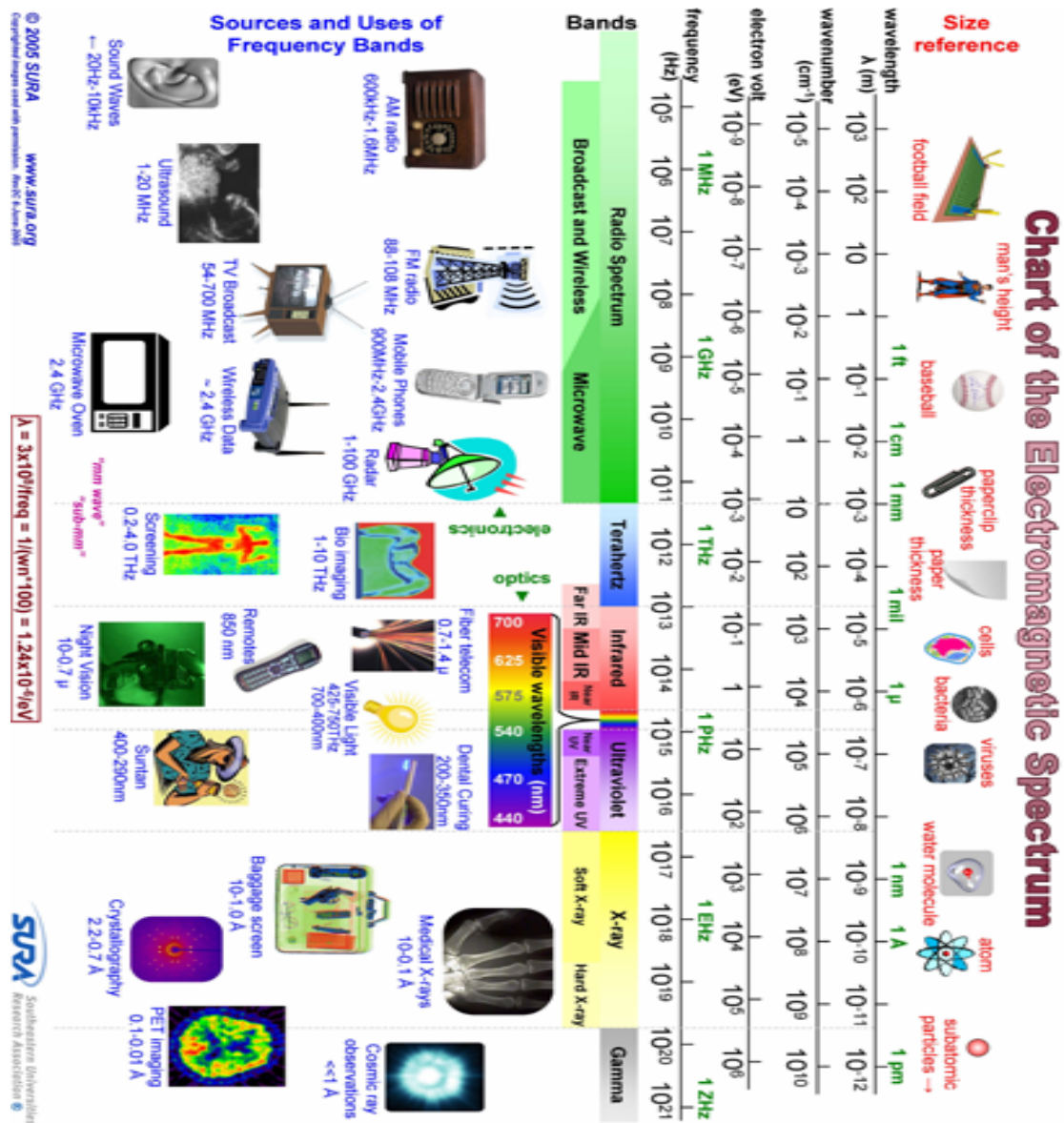
Εικόνα 2.3-1 Γενική κατηγοριοποίηση Ηλεκτρομαγνητικού Φάσματος

Σε αντίθεση με την ionίζουσα ακτινοβολία (όπως οι ακτίνες γάμα που εκπέμπονται από ραδιενεργά υλικά, η κοσμική ακτινοβολία και οι ακτίνες X), η οποία εντοπίζεται στο υψηλότερο τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, στην περιοχή των ραδιοσυχνοτήτων η κβαντική ενέργεια δεν είναι αρκετά ισχυρή ώστε να διασπάσει του δεσμούς που συγκρατούν μεταξύ τους τα μόρια μέσα στα κύτταρα και, συνεπώς δεν μπορεί να προκαλέσει ionτισμό. Για το λόγω αυτό, η χαμηλότερη περιοχή του φάσματος χαρακτηρίζεται ως μη-ionτιζουσα περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.

Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα που αποτελεί την μη-ionίζουσα ακτινοβολία μπορεί να διαιρεθεί στα στατικά και χαμηλής συχνότητας ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία ELF ($\leq 300\text{Hz}$) π.χ. γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (50Hz) από το δίκτυο της ΔΕΗ (με την οποία λειτουργούν όλες οι ηλεκτρικές συσκευές οικιακής χρήσης και ηλεκτρονικοί υπολογιστές) και στα υψηλής συχνότητας πεδία ή πεδία ραδιοσυχνότητας RF (100kHz- 300GHz) (οθόνες υπολογιστών, εγκαταστάσεις ραδιοφωνικής και τηλεοπτικής μετάδοσης, κινητά τηλέφωνα, σταθμοί βάσης κινητών επικοινωνιών, ραντάρ, συστήματα επαγωγικής θέρμανσης, αντικλεπτικά

συστήματα), καθώς και τα πεδία μικροκυμάτων (οικιακές συσκευές φούρνοι). Ακόμα άνω των 300GHz τοποθετούνται πεδία υπερύθρων ακτινοβολιών (ασύρματες επικοινωνίες μικρής εμβέλειας, τηλεκοντρόλ, εφαρμογές σε κινητά τηλέφωνα, νυχτερινή όραση και οπτικές επικοινωνίες) καθώς και το ορατό φως.

2.3.1 Γενική Κατηγοριοποίηση Ηλεκτρομαγνητικού Φάσματος, Συνοπτική περιγραφή.



ΕΙΚΟΝΑ 2.3-2 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ ΓΕΝΙΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Συχνότητα f (Hz)		Μήκος κύματος λ (m)		Ακτινοβολία
3E+20	3E+19	1E-12	1E-11	Ακτίνες γ
3E+19	3E+16	1E-11	0,00000001	Ακτίνες X
3E+16	3E+14	0,00000001	0,000001	Υπεριώδης
4E+14	7,5E+14	0,0000007	0,0000004	Ορατή
3E+14	3E+13	0,000001	0,00001	Υπέρυθρη
3E+11	3000000000	0,001	0,1	Μικροκύματα
3E+09	300000	0,1	1000	Ραδιοκύματα

Πίνακας 2.3.1-1 (Περιοχές ΗΜ φάσματος Ενδεικτικές Συχνότητες/Μήκη Κύματος)

Ακτίνες γ: Έχουν τη μεγαλύτερη συχνότητα και τα μικρότερα μήκη κύματος εκπέμπονται από ραδιενεργά υλικά και βρίσκονται και στο διάστημα. Οι ακτίνες αυτές έχουν μια εκπληκτική διατρητική ικανότητα. Μπορούν να διατρήσουν μια επιφάνεια τσιμέντου με πάχος 3 μέτρα! Τα μήκη κύματος αυτής της ακτινοβολίας εκτείνονται από 0.1 έως 0.000001 νανόμετρα.

Ακτίνες X: Η συχνότητά τους βρίσκεται σε τιμές μεταξύ των ακτίνων γ και των υπεριωδών ακτίνων. Έχουν τέτοια διατρητική ικανότητα ώστε να διαπερνούν εύκολα αρκετά υλικά και να καταστρέφουν ιστούς δέρματος πολλών ζώων. Αυτό έχει οδηγήσει τους επιστήμονες στο να χρησιμοποιούν τις ακτίνες X (με αρκετή φειδώ όμως) ώστε να παρατηρούν το ανθρώπινο σώμα (ακτινογραφίες). Τα μήκη κύματος των ακτίνων X έχουν μεγάλη έκταση. Εκτείνονται από ένα μέχρι 0.00001 νανόμετρα.

Υπεριώδης ακτινοβολία: Έχουν συχνότητες λίγο παραπάνω από αυτές του ορατού φωτός. Ωστόσο η έντασή τους είναι τέτοια που μπορεί να καταστρέψει ιστούς και κύτταρα. Ο ήλιος είναι μια πηγή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και μικρές δόσεις αυτής της ακτινοβολίας βοηθούν στην παραγωγή της βιταμίνης D και προκαλούν το μαύρισμα του ανθρώπινου δέρματος. Φυσικά, μεγαλύτερες δόσεις προκαλούν σοβαρά εγκαύματα. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία χρησιμοποιείται ευρέως στον επιστημονικό χώρο σε διάφορα πειράματα, καθώς και από τους αστρονόμους για την παρατήρηση του ηλιακού συστήματος, του γαλαξία μας και άλλων περιοχών του σύμπαντος. Το μήκος κύματος της υπεριώδους ακτινοβολίας εκτείνεται από 50 μέχρι 350 και 400 νανόμετρα.

Ορατό φως: Τα χρώματα ενός ουράνιου τόξου, δηλαδή η ακτινοβολία που μπορεί να εντοπιστεί από το ανθρώπινο μάτι (από 400 έως 700 νανόμετρα) δεν είναι παρά ένα πολύ μικρό μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Εμείς, αν και δεν το αντιλαμβανόμαστε, βρισκόμαστε υπό το συνεχή βομβαρδισμό ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, η οποία εκτείνεται σε πολύ διαφορετικά μήκη κύματος.

Υπέρυθρη ακτινοβολία: Εκτείνεται από εκεί που σταματάει η ορατή ακτινοβολία, δηλαδή περίπου τα 700 νανόμετρα μέχρι περίπου το ένα χιλιοστό. Αυτού του τύπου η ακτινοβολία έχει να κάνει με θερμότητα. Για παράδειγμα, το ανθρώπινο σώμα εκπέμπει θερμότητα όχι στο ορατό φως, αλλά σε περιοχές της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Όλα τα σώματα λίγο έως πολύ εκπέμπουν θερμότητα σε αυτά τα μήκη κύματος ανάλογα με τη θερμοκρασία τους. Οι πιο κοινές χρήσεις της υπέρυθρης ακτινοβολίας έχουν να κάνουν με τη νυχτερινή όραση, ανιχνευτές σε δορυφόρους και αεροπλάνα, καθώς και την αστρονομία.

Μικροκύματα: Έχουν ένα μήκος κύματος που εκτείνεται από ένα χιλιοστό μέχρι 30 εκατοστά. Ο άνθρωπος εκμεταλλεύτηκε αυτήν την ακτινοβολία στην κατασκευή φούρνων μικροκυμάτων, οι οποίοι μπορούν να θερμάνουν φαγητά, καθώς η ακτινοβολία αυτή απορροφάται από τις τροφές και τις θερμαίνει. Τα μικροκύματα είναι ένα μέρος μιας μεγαλύτερης κατηγορίας ακτινοβολίας, τα ραδιοκύματα (radiowaves).

Ραδιοκύματα : Εκπέμπονται από τη Γη, τα κτήρια, τα αυτοκίνητα κι άλλα μεγάλα σε μέγεθος αντικείμενα. Πάνω στα ραδιοκύματα έχει βασιστεί η λειτουργία των ραντάρ τα οποία ανιχνεύουν την παρουσία και την κίνηση σωμάτων που εκπέμπουν αυτού του τύπου την ακτινοβολία. Τα ραδιοκύματα επίσης είναι ευρέως γνωστά για την ικανότητά τους να μεταφέρουν ραδιοφωνικά σήματα και σήματα τηλεόρασης. Τα ραδιοκύματα έχουν μήκος κύματος, που εκτείνεται σε μια αρκετά μεγάλη περιοχή, από ένα εκατοστό έως δεκάδες και εκατοντάδες μέτρα.

2.3.2 Τι είναι η ενέργεια ραδιοσυχνοτήτων;

Η ενέργεια ραδιοσυχνοτήτων (ΡΣ) είναι μια εναλλακτική ονομασία για τα ραδιοκύματα. Αποτελεί μια μορφή ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας που περιλαμβάνει κύματα με συχνότητα από περίπου 3000 κύματα ανά δευτερόλεπτο (3 kHz) μέχρι 300 δισεκατομμύρια κύματα ανά δευτερόλεπτο (300 GHz). Τα μικροκύματα αποτελούν ένα υποσύνολο των ραδιοκυμάτων με συχνότητες που κυμαίνονται περίπου μεταξύ των 300 εκατομμυρίων κυμάτων ανά δευτερόλεπτο (300 MHz) και των τριών δισεκατομμυρίων κυμάτων ανά δευτερόλεπτο (3 GHz). Το μήκος κύματος των ραδιοκυμάτων ποικίλει μεταξύ των τιμών 1mm και 10km.

Τα ραδιοκύματα δημιουργούνται από την κίνηση ηλεκτρικών φορτίων στις κεραίες και αναφέρονται και ως ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ΡΣ, γιατί «ακτινοβολούνται» ταξιδεύοντας στο χώρο απομακρυνόμενα από την πηγή τους (κεραία).

Τα ραδιοκύματα ανήκουν στην κατηγορία των μη ιοντιζουσών ακτινοβολιών, λόγω της αδυναμίας τους να διασπάσουν χημικούς δεσμούς ή να αποσπάσουν ηλεκτρόνια από άτομα, προκαλώντας ιοντισμό της ύλης, όπως η ραδιενέργεια (ακτίνες X, ακτίνες γ). Ο ιοντισμός είναι επικίνδυνος γιατί μπορεί να οδηγήσει σε αλλοιώσεις του γενετικού υλικού και αποτελεί αιτία καρκίνου.

Η κυριότερη βιολογική επίδραση των ραδιοκυμάτων είναι η αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών που εκτίθενται σε αυτά υπό ορισμένες συνθήκες. Οι μέχρι σήμερα έρευνες δεν έχουν τεκμηριώσει σχέση αιτίου – αιτιατού μεταξύ αυτού του τύπου της ακτινοβολίας και του καρκίνου.

Είναι σημαντικός ο διαχωρισμός μεταξύ ιοντίζουσας και μη ιοντίζουσας ακτινοβολίας, γιατί επιτρέπει την καλύτερη αντίληψη των πραγματικών κινδύνων των διαφόρων τύπων της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

2.3.3 Πεδία ραδιοσυχνότητας

Τα ραδιοκύματα απαρτίζονται από ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία. Μπορούν να ακτινοβολούνται προς όλες τις κατευθύνσεις για ευρυεκπομπή, προς συγκεκριμένες περιοχές του χώρου όπου ενδεχομένως βρίσκεται ένας μετακινούμενος δέκτης, ή προς σταθερούς δέκτες που βρίσκονται σε γνωστές θέσεις. Η κεραία είναι συσκευή σχεδιασμένη για να εκπέμπει και να λαμβάνει ραδιοκύματα.

Η ένταση του πεδίου που δημιουργείται ποικίλει ανάλογα με:

- Τη συνολικά ακτινοβολούμενη ισχύ – μεγαλύτερη ισχύς προκαλεί ισχυρότερα πεδία.
- Το διάγραμμα ακτινοβολίας – στενές δέσμες δημιουργούν ισχυρά πεδία στο εσωτερικό τους.
- Την απόσταση από την κεραία – η ένταση του πεδίου μειώνεται σημαντικά με την αύξηση της απόστασης .

Συγκεκριμένα, τα ραδιοκύματα όπως και κάθε ακτινοβολία ακολουθούν το νόμο της μεταβολής με το αντίστροφο του τετραγώνου της απόστασης. Δηλαδή, η πυκνότητα ισχύος, που είναι το μέγεθος που καθορίζει την ποσότητα ισχύος, που προσπίπτει σε μια επιφάνεια και μετριέται σε W/m^2 , σε απόσταση 2 μέτρων από την πηγή ακτινοβολίας, μειώνεται στο 1/4 της πυκνότητας ισχύος που δημιουργείται σε απόσταση 1 μέτρου από την πηγή.

Τα ραδιοκύματα όταν συναντούν αντικείμενα στην κατεύθυνση διάδοσής τους μπορεί να ανακλαστούν ολικά ή μερικά, να απορροφηθούν ολικά ή μερικά ή να διαπεράσουν το αντικείμενο ολικά ή μερικά (κάτι ανάλογο που ισχύει και με το φως).

3 Δίκτυα Μέτρησης Ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολία

3.1 Εισαγωγή, Περιγραφή απαιτήσεων Δικτύων μετρήσεων

Κατά την διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, η εγκατάσταση και χρήση πολλών ασυρμάτων δικτύων, όπως GSM, UMTS, TETRA και WI-FI οδήγησε αύξηση της ανησυχίας του κοινού όσον αφορά την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που δημιουργείται από αυτές τις πηγές. Σε συνδυασμό με τα παραδοσιακά broadcasting συστήματα (fm radio και VHF-UHF τηλεόραση), συστήματα radar ... αυτές οι ανησυχίες χρήζουν ανάγκης συνεχούς πληροφόρησης του κοινού όσον αφορά την έκθεση τους σε ΗΜΠ. On site, ad-hoc μετρήσεις είναι το πρώτο βήμα για την εκτίμηση των ορίων έκθεσης. Οι ad-hoc μετρήσεις αναφέρονται για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Από την άλλη οι συνεχής καταμέτρηση των επιπέδων ΗΜΠ επί 24ρου βάσεως είναι πιο έγκυρη όσον αφορά την ενημέρωση του κοινού. Και αυτό διότι οι μετρήσεις συγκρίνονται άμεσα με τα όρια έκθεσης και τα επίπεδα ασφαλείας που καθορίζονται από τους σχετικούς οργανισμούς και τις τοπικές κυβερνητικές αρχές. Συμπερασματικά ένα σύστημα συνεχής μέτρησης επί 24ρου βάσεως σε πολλαπλά σημεία είναι ο καλύτερος τρόπος ενημέρωσης του κοινού. Ένας ακόμα παράγοντας είναι η πρόσβαση του ευρύτερου κοινού σε αυτήν την πληροφορία, διαμέσου μίας ηλεκτρονικής πλατφόρμας ενημέρωσης.

Τα δίκτυα μετρήσεως είναι ανεκτίμητα εργαλεία για την ενημέρωση του κοινού για πιθανές επιπτώσεις στην υγεία από την έκθεση μη-ιονίζουσας ΗΜ ακτινοβολίας. Για αυτόν τον λόγο έχουν εγκατασταθεί παρεμφερή δίκτυα σε όλη την Ευρώπη καθώς και στην Αφρική (Ιταλία, Ισπανία, Πορτογαλία, Αγγλία, Μάλτα και Αίγυπτο). Η υλοποίηση τέτοιων δικτύων όμως διαφέρει κατά περίπτωση όσον αφορά το εξοπλισμό μέτρησης, το τηλεπικοινωνιακό κομμάτι και την σχετική ανεξαρτησία του κόμβου μετρήσεως. Ακόμα θα πρέπει να αναφέρουμε και τα δύο δίκτυα μετρήσεων ΗΜ ακτινοβολίας που δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα, HERMES και το PEDION24.

3.2 Συστήματα/δίκτυα μετρήσεων Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας, Συνοπτική περιγραφή.

Project horus (Αίγυπτος)



Το HORUS είναι ένα πρόγραμμα συστηματικής μέτρησης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην ευρύτερη περιοχή της Αιγύπτου. Πήρε το όνομα του από τον αρχαίο θεό των Αιγυπτίων που συμβολίζει την προστασία και την σοφία. Το μάτι συμβολίζει την δυνατότητα της όρασης με διαύγεια και ειλικρίνεια.

Το πρόγραμμα HORUS είναι σε **συνεργασία με την Vodafone** και στοχεύει στην ενημέρωση του κοινού σχετικά με την ακτινοβολία των ραδιοσυχνοτήτων (RF radiation). Το πρόγραμμα HORUS είναι ένα σύστημα που δημιουργήθηκε για την μέτρηση μη-ιονίζουσας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο περιβάλλον. Η μη-ιονίζουσα EMR (electromagnetic radiation) παράγεται από πηγές που χρησιμοποιούν το φάσμα των ραδιοσυχνοτήτων. Το σύστημα μετρά και καταγράφει σε **24ωρη βάση** τα επίπεδα ακτινοβολίας αρκετών επιλεγμένων περιοχών που βρίσκονται εγκατεστημένοι σταθμοί βάσης GSM. Στόχος του προγράμματος είναι να παρέχει αξιόπιστες και άμεσες πληροφορίες στο ευρύ κοινό, όσον αφορά τα επίπεδα EMR στον περιβάλλον **παραγομένη από τις εκπομπές των σταθμών βάσης GSM.**



Εικόνα 3.2-1 Narda AMS 2600

Γενική περιγραφή

Το σύστημα αποτελείται από έναν κεντρικό σταθμό και αρκετούς απομακρυσμένους σταθμούς μέτρησης. Κάθε σταθμός μέτρησης περιλαμβάνει ένα ηλεκτρομαγνητικό αισθητήρα επιλεκτικού εύρους συχνοτήτων, συγκεκριμένα για τον εύρος 925MHz – 960 MHz (**GSM 900 band**) και 1805MHz - 1812.5MHz (**GSM 1800 band**). Κάθε

σταθμός μετρά και αποθηκεύει τα επίπεδα **ηλεκτρικού πεδίου** και τα **αποστέλλει** **διαμέσου του δικτύου GSM** στον κεντρικό σταθμό, όπου είναι υπεύθυνος για την αποθήκευση και την παρουσίαση αυτών στο διαδίκτυο.

Κάθε σταθμός μέτρησης μετρά την ένταση του **ηλεκτρικού πεδίου (V/m)**, οι **μετρήσεις γίνονται κάθε 1 λεπτό** και **άνα 6 λεπτά υπολογίζεται ο μέσος όρος** (60 μετρήσεις σε 1 ώρα , 1440 μετρήσεις την μέρα). Οι τιμές αυτές **αποστέλλονται στο τέλος την μέρα στον κεντρικό σταθμό.**

Στον κεντρικό σταθμό οι μετρήσεις ελέγχονται και αποθηκεύονται σε μία βάση δεδομένων. Η **βάση περιέχει λεπτομερή στοιχεία για κάθε μέτρηση**, όπως από **ποιόν σταθμό προήρθε , την ώρα και ημερομηνία** της εγγραφής, **τον δλεπτο μέσο όρο**, την **εγγραφή με την μεγαλύτερη τιμή στο συγκεκριμένο δλεπτο** κ.τ.λ.

<http://www.projecthorus.com/emf/Default.aspx>

pedion24 (Greece)

Το πρόγραμμα **pedion24** έχει ως σκοπό τη συνεχή και απρόσκοπτη ενημέρωση του κοινού για τα επίπεδα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε διάφορες περιοχές της χώρας. Οι σταθμοί του **pedion24** καταγράφουν σε 24ωρη βάση το συνολικό ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που προκαλείται από διάφορες πηγές, όπως η ραδιοφωνία, η τηλεόραση και η κινητή τηλεφωνία. Έτσι δίνεται στο κοινό η δυνατότητα να ενημερώνεται άμεσα και αξιόπιστα για τα επίπεδα

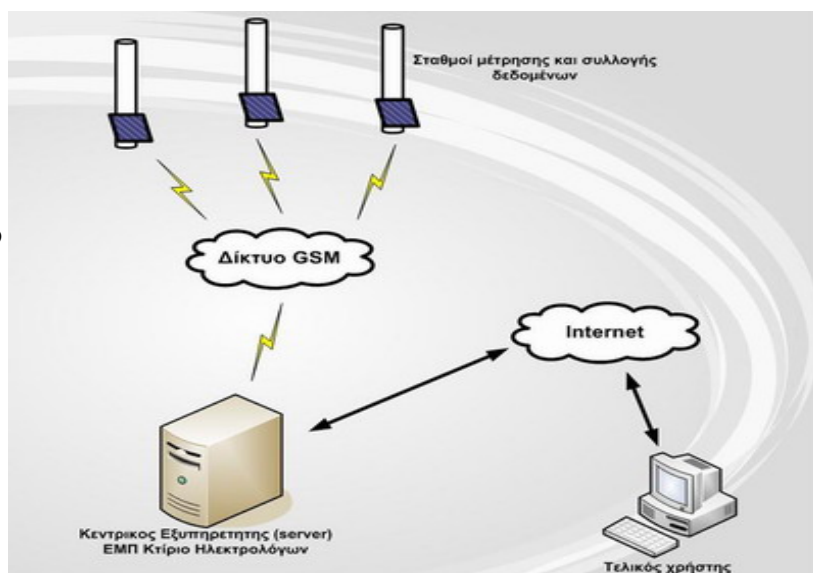


3.2-2 Αισθητήρας μέτρησης pedion24 NARDA EMB-8057

ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας οποιαδήποτε στιγμή. Τα στοιχεία είναι άμεσα διαθέσιμα και αποθηκεύονται σε βάση δεδομένων ώστε οποιοσδήποτε να μπορεί να αναζητήσει στοιχεία από το παρελθόν, οποιαδήποτε στιγμή.

Σε πρώτη φάση το πρόγραμμα **pedion24** εφαρμόζεται σε δήμους του λεκανοπεδίου της Αττικής με προοπτική να εφαρμοστεί σε όλο και περισσότερες περιοχές της Ελλάδας. Οι περιοχές στις οποίες εγκαθίστανται σταθμοί μέτρησης επιλέγονται με βάση πολλαπλά κριτήρια, τα πιο σημαντικά από τα οποία είναι η υψηλή πληθυσμιακή συγκέντρωση και η παρουσία ευαίσθητων χώρων, όπως παιδικοί σταθμοί, νοσοκομεία, γηροκομεία κλπ.

Η διαφάνεια και η εγκυρότητα των στοιχείων διασφαλίζεται από το έμπειρο επιστημονικό προσωπικό του Εργαστηρίου Κινητών Ραδιοεπικοινωνιών του Εθνικού



3.2-3 Αρχιτεκτονική pedion 24

Μετσόβιου Πολυτεχνείου καθώς και από την άμεση και αυτοματοποιημένη δημοσίευση των μετρηθέντων τιμών ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Το σύστημα **pedion24** αποτελείται από:

-τους σταθμούς μέτρησης των επιπέδων της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι σε διάφορες περιοχές.

-το κέντρο διαχείρισης που βρίσκεται στο Εργαστήριο Κινητών Ραδιοεπικοινωνιών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Οι σταθμοί μέτρησης είναι εφοδιασμένοι με ειδικά, πιστοποιημένα όργανα μέτρησης ηλεκτρικού πεδίου τα οποία κάθε 6 λεπτά καταγράφουν και αποθηκεύουν στη μνήμη

τους μία τιμή έντασης ηλεκτρικού πεδίου (μονάδα μέτρησης V / m – βολτ ανά μέτρο). Κάθε 24 ώρες οι σταθμοί μέτρησης επικοινωνούν με το κέντρο διαχείρισης και αποστέλλουν τα δεδομένα (24 ώρες x 10 μετρήσεις ανά ώρα = 240 τιμές ηλεκτρικού πεδίου την ημέρα) στον κεντρικό εξυπηρετητή. Η επικοινωνία αυτή γίνεται μέσω του δικτύου GSM , γι' αυτό και τόσο οι σταθμοί μέτρησης όσο το κέντρο διαχείρισης είναι εφοδιασμένα με GSM modems. Μέσω του δικτύου GSM επιτυγχάνεται και ο έλεγχος του σταθμού μέτρησης (έλεγχος σφαλμάτων, βλαβών, απομακρυσμένη πρόσβαση κλπ.)

Αφού οι συγκεντρωθούν οι μετρήσεις ενός εικοσιτετραώρου από όλους τους εγκατεστημένους σταθμούς μέτρησης, αυτές καταχωρούνται σε μία βάση δεδομένων στον εξυπηρετητή του κέντρου διαχείρισης. Ο απλός χρήστης μπορεί μέσω internet να επικοινωνήσει με τη βάση δεδομένων και να αναζητήσει και να προβάλει στον υπολογιστή του τις μετρούμενες τιμές ηλεκτρικού πεδίου για οποιαδήποτε χρονικό διάστημα από οποιαδήποτε θέση στην οποία υπάρχει εγκατεστημένος σταθμός μέτρησης, με τη μορφή απλών και κατανοητών διαγραμμάτων. Στα διαγράμματα αυτά ο χρήστης μπορεί να βλέπει την ενεργό τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου (μονάδα μέτρησης V/m) για την περιοχή συχνοτήτων από 100 kHz έως 3 GHz. Παράλληλα, στο διάγραμμα εμφανίζονται και τα όρια έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία που έχει θεσπίσει το ελληνικό κράτος με βάση το νόμο 3431/2006 (21.69 V/m στην περιοχή συχνοτήτων των FM - αυστηρότερο όριο στη ζώνη συχνοτήτων 100 kHz έως 3 GHz, 33 V/m στην περιοχή συχνοτήτων GSM 900MHz, 46.18 V/m στην περιοχή συχνοτήτων GSM 1800MHz,UMTS).

Οι σταθμοί μέτρησης είναι εξοπλισμένοι με κατάλληλους ανιχνευτές μέτρησης ηλεκτρικού πεδίου (E-field probes), τα οποία καταγράφουν κάθε 3 δευτερόλεπτα την ενεργό τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου και υπολογίζουν τη μέση ενεργό τιμή της για 6 λεπτά (όπως ορίζουν οι οδηγίες EU 1999/519/EC & ICNIRP). Τα όργανα μέτρησης είναι πιστοποιημένα και συμμορφώνονται πλήρως με τα ευρωπαϊκά πρότυπα.

www.pedion24.gr

Vodacom (South Africa) * NARDA EMB-8057

http://www.vodacom.co.za/about/base_station_safety/measurement_data.jsp

monIT (Portugal) * NARDA AMS-2600 *

Στόχος του προγράμματος είναι η **ενημέρωση** του κοινού όσον αφορά. Α) Βασικές αρχές σχετικά με τα **ηλεκτρομαγνητικά κύματα, τα όρια έκθεσης σε ΗΜΑ** καθώς και σχετική βιβλιογραφία και ερευνητικές αναφορές. Β) **Αποτελέσματα** των συστηματικών **μετρήσεων** από την ομάδα του προγράμματος κοντά σε κατοικημένες περιοχές, που έχουν εγκατασταθεί **σταθμοί βάσης κινητής τηλεφωνίας**, στην ευρύτερη περιοχή της Πορτογαλίας.



Στο πρόγραμμα monIT έχει υιοθετηθεί μια Τεχνική οπτική γωνία όσον αφορά το πρόβλημα της έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, εκτός βέβαια από την Ιατρική εμβάθυνση που είναι έξω από τους σκοπούς του προγράμματος. Οι μελέτες πάνω στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία επικεντρώθηκαν στις κινητές επικοινωνίες, αναφερόμενοι τόσο στην πλευρά της συσκευής όσο και στην πλευρά των σταθμών βάσης **GSM και UMTS**.

Εικόνα 3.2-4 Σταθμός Βάσης στην Πορτογαλία

Η ιστοσελίδα του monIT παρέχει δυο μορφές πληροφορίας, μια απλοποιημένη για το ευρύτερο κοινό και μία πιο σύνθετη που απευθύνετε στην τεχνική κοινότητα

Το πρόγραμμα **υλοποιήθηκε κατόπιν χρόνια έρευνας** από ερευνητές του the Instituto de Telecomunicações (IT), at the Lisbon site at Instituto



Εικόνα 3.2-5 Μονάδα μετρησης ΗΜΑ, πρόγραμμα monIT (Πορτογαλία)

Superior Técnico, με συμμετοχή περίπου 100 Διδακτορικών ερευνητών , 200 αποφοίτων και 100 τελειόφοιτων Ηλεκτρολόγων Μηχανικών της Lisbon, Aveiro και Coimbra.

Σπώνσορες του προγράμματος monit είναι πάροχοι κινητής τηλεφωνίας όπως , **Vodafone Portugal , TMN και Optimus**. Παρόλο την χορηγία των εταιριών καμία εταιρία δεν είχε την πρόθεση να παρεμβάλει το πρόγραμμα στις διαδικασίες έρευνας και των μετρήσεων.

http://www.lx.it.pt/monit/index_en.htm

Cassiopea Project UK

Μετρήσεις Ακτινοβολίας – Cassiopean Project 2004-2007

Στις αρχές του 2004, το **Stroud District Council** ήρθε σε επαφή με αντιπροσώπους της **Vodafone** για να συζητήσουν ένα project περί παρακολούθησης της **εκπεμπόμενης Ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας** ενός εγκατεστημένου ιστού της εν λόγω εταιρίας στον Nailsworth.



Εικόνα 3.2-6 Vodafone Mast in Nailsworth

Το project ήταν από τα πρώτα που λειτούργησαν στο Ενωμένο Βασίλειο και στόχος του ήταν να παρέχει μια απλή και εύκολα προσβάσιμη υπηρεσία όπου θα συγκεντρωνε δεδομένα και θα τα παρουσίαζε με ευκολονόητο τρόπο για την τοπική κοινωνία και το ευρύτερο κοινό. Το project παρείχε **24ωρη παρακολούθηση** της εκπεμπόμενης HMA και διέθετε **μέσω μιας ηλεκτρονικής σελίδας** στο ευρύτερο κοινό **τα στιγμιαία επίπεδα ακτινοβολίας** ώστε να συσχετίζονται με τις διεθνείς οδηγίες.



Το δίκτυο αποτελείται από **μία φορητή μονάδα μέτρησης** και μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας και συντονισμού των δεδομένων μετρήσεων. Η επικοινωνία και η **μεταφορά των δεδομένων** γινόταν με την χρήση **GSM modems**.

Μια μονάδα μέτρησης τοποθετημένη στην περιοχή Nailsworth, Μετρούμενο **εύρος συχνοτήτων 500kHz to 3GHz**, Μόνιμη εγγραφή της μέσης τιμής των μετρήσεων **κάθε 6 λεπτά**, Αποστολή δεδομένων με κρυπτογραφημένη μορφή, Δυνατότητα δημιουργίας αρχείου μετρήσεων στην φορητή μονάδα μέτρησης χωρίς την διαμεσολάβηση της κεντρικής μονάδας.

Εικόνα 3.2-7 Narda Sensor

<http://www.stroud.gov.uk/docs/cassiopea/cassiopea.asp>

Progett Gardjola Malta

Το project λειτουργεί από το **τμήμα Μηχανικών Η/Υ** και επικοινωνιών του **πανεπιστημίου της Μάλτας** σε συνεργασία με την **Vodafone Μάλτας** και δημιουργήθηκε ώστε να ενημερώνει το ευρύ κοινό σχετικά με την Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.



Μέσω αυτό του προγράμματος το κοινό θα μπορεί να παρακολουθεί τις στάθμες ακτινοβολίας των ραδιοσυχνοτήτων σε διάφορες περιοχές της Μάλτας και του Γκόττσο σε πραγματικό χρόνο. **Η Vodafone παραχώρησε 10 ηλεκτομαγνητικούς αισθητήρες για το παρών πρόγραμμα**. Οι αισθητήρες μετρούν την εκπεμπόμενη **ακτινοβολία στο φάσμα 100kHz – 3GHz**, ένα εύρος που καλύπτει τις τηλεοπτικές μεταδόσεις καθώς και τις εφαρμογές GSM.

Οι μετρήσεις κάθε αισθητήρα αποστέλονται καθημερινά στον κεντρικό web server στο πανεπιστήμιο της Μάλτας, και μπορούν να προσπελασθούν από το ευρύ κοινό απο την ηλεκτρονική σελίδα του τμήματος Μηχανικών Η/Υ και επικοινωνιών <http://gardjola.eng.um.edu.mt/emr/>. Οι μετρήσεις αποτυπώνονται σε γραφήματα όπου υπάρχει επιλογή συγκεκριμένου αισθητήρα, σε κάθε γράφημα αποτυπώνονται και οι αντίστοιχες μέγιστες αποδεκτές τιμές όπως έχουν οριστεί από την ICNIRP.

http://www.vodafone.com.mt/page/whoarewe_corpsocialres.html;jsessionid=BD37FD4A207B10D982C1992A46D31476

Ερμής (Μετσόβιο και Αριστοτέλειο)

3.3 Πρόγραμμα "ΕΡΜΗΣ"

Το πρόγραμμα «ΕΡΜΗΣ» είναι ένα πρωτοποριακό σύστημα **24ωρης μέτρησης** και ελέγχου της εκπεμπόμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ραδιοσυχνοτήτων στο περιβάλλον από διάφορες πηγές, όπως κεραιές ραδιοφωνικών και τηλεοπτικών σταθμών, κεραιές κινητής τηλεφωνίας, ραντάρ κ.λπ.

Στόχος του προγράμματος είναι να ενημερώνει άμεσα και έγκυρα τους πολίτες για τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

Τη συνολική επιστημονική διαχείριση του προγράμματος ΕΡΜΗΣ έχουν αναλάβει το **Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο** και το **Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης** για τις περιοχές της Νότιας και Βόρειας Ελλάδας αντίστοιχα.

Η λειτουργία του προγράμματος ξεκίνησε το Νοέμβριο του 2002, ενώ μέχρι σήμερα έχει εφαρμοστεί **σε 91 σημεία σε 31 Νομούς της χώρας**.

3.4 Τεχνική Περιγραφή

Το σύστημα μετρήσεων σε 24ωρη βάση αποτελείται από:

(α) **Τους σταθμούς μέτρησης (σχήμα 1)**, οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι σε διάφορα σημεία της χώρας (κυρίως σε σχολεία) και καταγράφουν τα επίπεδα της



ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο περιβάλλον.

(β) Τους δύο κεντρικούς σταθμούς ελέγχου (ηλεκτρονικοί υπολογιστές), που βρίσκονται εγκατεστημένοι στα δύο Πανεπιστημιακά Εργαστήρια, τα οποία έχουν τη συνολική επιστημονική εποπτεία του προγράμματος. Οι σταθμοί αυτοί είναι επιφορτισμένοι με τον έλεγχο των σταθμών μέτρησης και τη δημοσίευση των μετρήσεών τους στο διαδίκτυο.

Η αμφίδρομη επικοινωνία των σταθμών μέτρησης με τους κεντρικούς σταθμούς ελέγχου γίνεται μέσω του δικτύου της κινητής τηλεφωνίας. Οι σταθμοί μέτρησης είναι πιστοποιημένα όργανα μέτρησης ηλεκτρικού πεδίου. Έχουν τη δυνατότητα καταγραφής πεδίων που εκπέμπονται στο σημαντικότερο μέρος του ραδιοφάσματος, στο οποίο εμφανίζεται και η ανθρώπινη δραστηριότητα, δηλαδή πεδίων που παράγονται από κεραίες ραδιοφωνίας, τηλεόρασης, κινητής τηλεφωνίας κ.ά.

Οι σταθμοί μέτρησης "ποσοτικοποιούν" την Η/Μ ακτινοβολία, μετρώντας το μέγεθος της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου (μονάδες βολτ ανά μέτρο, V/m) και καταγράφοντας την ενεργό τιμή του κάθε 6 λεπτά. Δηλαδή, καταγράφουν 10 μετρήσεις ανά ώρα ή 240 μετρήσεις ανά ημέρα. Στο τέλος της ημέρας αποστέλλουν τις μετρήσεις στον αντίστοιχο κεντρικό σταθμό ελέγχου. Στη συνέχεια οι μετρήσεις δημοσιοποιούνται στον παρόντα ιστοχώρο υπό τη μορφή διαγραμμάτων της πυκνότητας ροής ισχύος (μονάδες Watt ανά τετραγωνικό μέτρο, W/m²) σε συνάρτηση με το χρόνο. Για τη δημοσίευση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιείται το μέγεθος της πυκνότητας ροής ισχύος αντί της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου, επειδή σε συνθήκες επιπέδου κύματος, όταν δηλαδή η απόσταση από την κεραία είναι αρκετά μεγαλύτερη από τις διαστάσεις της κεραίας, τα δύο αυτά μεγέθη είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους μέσω απλών μαθηματικών σχέσεων και η γνώση του ενός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση του άλλου.

Η επικοινωνία μεταξύ των σταθμών μέτρησης και του υπολογιστή του κεντρικού σταθμού ελέγχου επιτυγχάνεται μέσω ενός ειδικού modem, που καλείται **GSM modem**. Όπως είναι γνωστό, τα τυπικά modem επιτρέπουν την επικοινωνία μεταξύ των ηλεκτρονικών υπολογιστών μέσω του δικτύου της σταθερής τηλεφωνίας, προκειμένου να επιτευχθεί η σύνδεση στο διαδίκτυο. Το GSM modem επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ ηλεκτρονικών υπολογιστών μέσω του δικτύου της κινητής τηλεφωνίας. Δεδομένου ότι οι σταθμοί μέτρησης είναι εξοπλισμένοι με αντίστοιχο modem, ο διαχειριστής μπορεί ανά πάσα στιγμή να συνδεθεί με τους σταθμούς

μέτρησης (με μία διαδικασία ανάλογη με την κλήση που γίνεται στο κινητό τηλέφωνο), προκειμένου να μεταφέρει τις αποθηκευμένες μετρήσεις στον υπολογιστή του κεντρικού σταθμού ελέγχου.

Από τη στιγμή που λαμβάνονται οι μετρήσεις από τους σταθμούς μέτρησης, αποθηκεύονται σε μία βάση δεδομένων. Η βάση αυτή περιέχει τα πλήρη στοιχεία κάθε μέτρησης, δηλ. το σταθμό από τον οποίο προήλθε, την ημέρα και ώρα καταγραφής της, την βλεπτή μέση ενεργό τιμή, τη μέγιστη καταγεγραμμένη ενεργό τιμή στο συγκεκριμένο βλεπτό, τη θερμοκρασία στο σταθμό μέτρησης κ.ά. Το χρονικό διάστημα των έξι (6) λεπτών, έχει υιοθετηθεί στην Ελλάδα όπως και σε άλλες χώρες ως το χρονικό διάστημα μέτρησης και σύγκρισης με τα επίπεδα αναφοράς (όρια ασφαλείας). Για οποιαδήποτε πληροφορία ζητηθεί από τον επισκέπτη της ιστοσελίδας, πραγματοποιείται η σχετική αναζήτηση στη βάση και στη συνέχεια, τα δεδομένα που εξάγονται, αποδίδονται με τη μορφή διαγραμμάτων, ώστε να γίνονται εύκολα κατανοητά από το ευρύ κοινό.

Ο επισκέπτης της ιστοσελίδας του προγράμματος "ΕΡΜΗΣ" έχει τη δυνατότητα να "δημιουργήσει" γραφήματα της πυκνότητας ροής ισχύος για τη συνολική περιοχή συχνοτήτων που μετράται (100 kHz έως 3 GHz) επιλέγοντας τον σταθμό μέτρησης και το χρονικό διάστημα για το οποίο ενδιαφέρεται (σχήμα 2).



Σχήμα 3.1 Γράφημα της μέσης τιμής της πυκνότητας ροής ισχύος για τη συνολική περιοχή συχνοτήτων

Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα της γραφικής απεικόνισης της πυκνότητας ροής ισχύος και για τις περιοχές συχνοτήτων λειτουργίας (εκπομπής) των κεραιών κινητής τηλεφωνίας (GSM-900 και GSM-1800 & UMTS) (σχήμα 3).



Σχήμα 3.2 Γράφημα της μέσης τιμής της πυκνότητας ροής ισχύος για την περιοχή των GSM-1800 & UMTS

Στα αντίστοιχα γραφήματα γίνεται σύγκριση με το αυστηρότερο (χαμηλότερο) επίπεδο αναφοράς (όριο) της κάθε περιοχής συχνοτήτων (διακεκομμένες γραμμές), όπως αυτό ορίζεται από την Ελληνική Νομοθεσία (*Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) 53571/3839 "Μέτρα προφύλαξης του κοινού από τη λειτουργία κεραιών εγκατεστημένων στην ξηρά"* με αρ. Φ.Ε.Κ. 1105B/6-9-2000 & Νόμο υπ' αριθμόν 3431 «Περί ηλεκτρονικών επικοινωνιών και άλλες διατάξεις» με αριθμό ΦΕΚ Α 13/03-02-2006). Για τη συνολική περιοχή συχνοτήτων το αυστηρότερο (χαμηλότερο) επίπεδο αναφοράς (όριο) έχει τιμή 1,2 W/m² (περιοχή συχνοτήτων ραδιοφωνικών εκπομπών FM), ενώ για τις δύο περιοχές συχνοτήτων λειτουργίας των κεραιών κινητής τηλεφωνίας (GSM-900 και GSM-1800 & UMTS) τα αυστηρότερα επίπεδα αναφοράς (όρια) έχουν τιμές 2,7 W/m² και 5,4 W/m², αντίστοιχα, όπως ορίζονται και από την Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας

<http://hermes.physics.auth.gr/gr/desc>

Φάσμα (μελέτη, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης)

<http://emf.physics.auth.gr/index.htm>

<http://www.fasmaprogram.gr/fasmaprogram.asp>

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ & ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ: Παρατηρητήριο

Ηλεκτρομαγνητικών Πεδίων για τη μέτρηση της ακτινοβολίας

<http://www.okosmosgyromas.gr/node/83>

Σχέδιο νόμου

www.yme.gr/getfile.php?id=1629

4 Αισθητήρες Μέτρησης Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας

Ο αισθητήρας είναι μια φυσική συσκευή που μετρά φυσικά μεγέθη και τα μετατρέπει σε αναλογικό ρεύμα, ανάλογα με τα υποσυστήματα που τον απαρτίζουν μετατρέπει αυτές τις τάσεις σε ψηφιακό σήμα, με αυτή του την λειτουργία μας δίνετε η δυνατότητα να επεξεργαστούμε δεδομένα (με μορφή αναγνωρίσιμη από έναν Η/Υ) ώστε να έχουμε μια ποιο περιγραφική εικόνα ενός φυσικού μεγέθους όπως η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

4.1.1 Βασικά χαρακτηριστικά αισθητήρα/σταθμού μέτρησης Ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

Ο σταθμός μέτρησης πρέπει να είναι όσον το δυνατόν αυτόνομη μονάδα και να έχει την δυνατότητα : α) συνεχής λειτουργίας σε 24ωρη βάση, β) μέτρησης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε εύρος συχνοτήτων που περιλαμβάνουν τις κύριες πηγές που συμβάλουν στην συνολική ηλεκτρομαγνητική μόλυνση, γ) να αποθηκεύουν τις μετρήσεις σε εσωτερική μνήμη και να τις αποστέλλουν στον κεντρικό υπολογιστή (server) διαμέσου μιας ασύρματης διεπαφής, δ) να τροφοδοτείτε είτε από ηλεκτρική πηγή είτε από ηλιακή, ε) πλήρης απομακρυσμένης διαχείρισης, δηλαδή μετά το πέρας της εγκατάστασης να μην χρειάζεται ανθρώπινη **on-site** παρέμβαση, ζ) να ανιχνεύει σφάλματα λειτουργίας (self diagnostics such as power loss and overheating problems) και να τα αναφέρει στον κεντρικό υπολογιστή (server).

Για να υποστηρίξει τα παραπάνω χαρακτηριστικά ένας απομακρυσμένος σταθμός μέτρησης πρέπει να περιλαμβάνει : ευρυζωνικό **ισοτροπικό** και **triaxial** (τριαξονικό) ηλεκτρικό αισθητήρα, ένα module με τα απαραίτητα ηλεκτρονικά, ένα modem GSM/GPRS/UMTS, καθώς και αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας. Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα τέτοιων απομακρυσμένων σταθμών είναι το **calibration** που πρέπει να γίνεται περιοδικά, ώστε να παρέχονται πιστοποιημένες μετρήσεις. Οι ευρυζωνικοί σταθμοί μέτρησης μετράνε **Ένταση του Ηλεκτρικού Πεδίου** και/ή **Πυκνότητα ροής ισχύος** για την δεδομένο εύρος συχνοτήτων. Το εύρος 100 kHz – 3 GHz είναι συνήθως αρκετό ώστε να περιλαμβάνει την πλειονότητα των πηγών

ηλεκτρομαγνητικής μόλυνσης. Αλλά συστήματα επικεντρώνονται σε ποίο συγκεκριμένες μπάντες συχνοτήτων όπως 880-960 MHz (GSM 900) , 1880-2100 MHz (GSM 1800 , UMTS)

4.1.1.1 Αρχιτεκτονική Συστήματος – Σχεδιαστικές Παράμετροι

Μια τυπική αρχιτεκτονική συστήματος ενός συγκεντρωτικού δικτύου παρακολούθησης απεικονίζεται στην Εικόνα 1. Το δίκτυο αποτελείται από τους απομακρυσμένους σταθμούς μέτρησης (RMSs) και μία ή περισσότερες μονάδες ελέγχου (CUs). Κάθε RMS επικοινωνεί με το CU μέσω ενός κοινού ασύρματου δικτύου όπως το GSM, το GPRS ή το UMTS. Αυτή η ασύρματη διεπαφή επιτρέπει την τοποθέτηση ενός σταθμού μέτρησης πρακτικά οπουδήποτε από τη στιγμή που η περιοχή έχει κάλυψη από οποιοδήποτε δίκτυο κινητής τηλεφωνίας. Το CU ελέγχει τους απομακρυσμένους σταθμούς, αποθηκεύει τα δεδομένα των μετρήσεων και φιλοξενεί την ιστοσελίδα. Οποιοσδήποτε ενδιαφερόμενος μπορεί να έχει πρόσβαση στα αποτελέσματα μέσω του Internet. Ακολουθεί μια λεπτομερής περιγραφή του κάθε επιμέρους κομματιού του συστήματος.

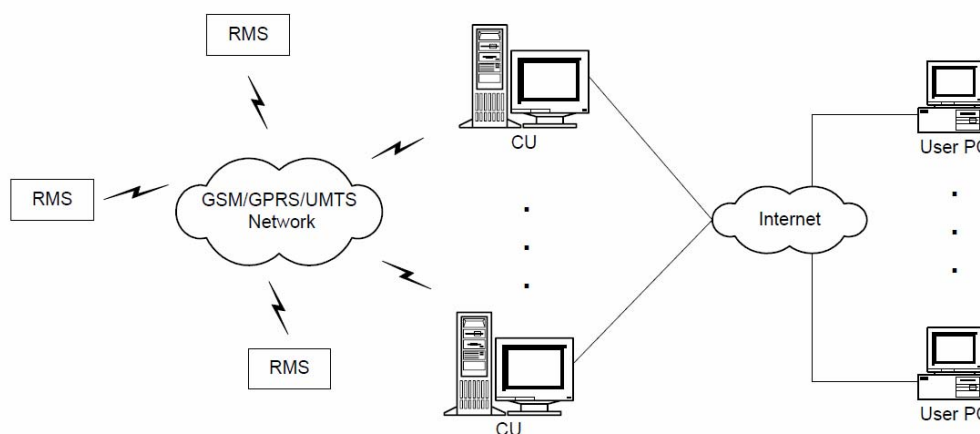


Figure 1: System Architecture

4.1.1.2 Απομακρυσμένοι Σταθμοί Μέτρησης

Ο Εξοπλισμός Μέτρησης πρέπει να είναι μια πλήρως αυτόνομη μονάδα που να μπορεί να: (α) λειτουργεί συνεχώς (επί 24ώρου βάσεως), (β) πραγματοποιεί μετρήσεις Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας στο φάσμα συχνοτήτων που μας ενδιαφέρει καλύπτοντας τις βασικές πηγές που συμβάλλουν στη συνολική ηλεκτρομαγνητική ρύπανση, (γ) αποθηκεύει τις μετρήσεις στην εσωτερική της μνήμη και να τις εκπέμπει στην Μονάδα Ελέγχου μέσω της ασύρματης διεπαφής για περαιτέρω διευκρίνιση, (δ) ηλεκτροδοτείται είτε από την κεντρική παροχή ηλεκτροδότησης είτε από ένα ηλιακό πάνελ (προτιμάται), (ε) είναι πλήρως ελεγχόμενη από απόσταση, που σημαίνει ότι μετά την εγκατάσταση δεν είναι απαιτούμενη η ανθρώπινη παρουσία και (στ) ανιχνεύει κάθε είδους λειτουργική ανωμαλία (αυτοδιάγνωση για θέματα όπως έλλειψη παροχής ενέργειας ή προβλήματα υπερθέρμανσης) και να τα αναφέρει στην/στις CUs. Προκειμένου να πληρεί αυτές τις προδιαγραφές, ένας απομακρυσμένος σταθμός μέτρησης πρέπει να συνίσταται από έναν ευρυζωνικό ισοτροπικό και τριαξονικό αισθητήρα μέτρησης ηλεκτρικού πεδίου, μια μονάδα που περιέχει τα απαραίτητα ηλεκτρονικά κομμάτια, ένα GSM / GPRS / UMTS μόντεμ, όπως επίσης και αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας. Ένα σημαντικό πρόβλημα που εμφανίζεται σε αυτό το σύστημα είναι το περιοδικό καλιμπράρισμα των σταθμών μέτρησης. Όσον αφορά τις ποσότητες μέτρησης, μπορούν να πραγματοποιηθούν είτε ευρυζωνικές είτε narrow-band μετρήσεις. Οι Ευρυζωνικοί Σταθμοί Μέτρησης καταγράφουν την Ένταση του Ηλεκτρικού Πεδίου ή / και την Πυκνότητα Ροής της Ισχύος για ένα δεδομένο φάσμα συχνοτήτων. Ένα φάσμα μεταξύ 100KHz – 3GHz είναι συνήθως επαρκές ώστε να ληφθεί υπ' όψιν η πλειοψηφία των πηγών. Άλλα πιθανά φάσματα είναι για παράδειγμα 880 – 960MHz (ζώνη GSM900), 1880 – 2100MHz (ζώνη GSM-1800 και UMTS), κλπ. Στα [9] – [11] ο ενδιαφερόμενος μελετητής μπορεί να βρει πληθώρα εμπορικά διαθέσιμων μονάδων μέτρησης [12]. Οι ανεφερθείσες μονάδες είναι απόλυτα αυτόνομες και μπορούν να ελεγχθούν από απόσταση μέσω πρωτοκόλλου GSM / GPRS.

4.1.1.3 Μονάδα/ες Ελέγχου

Η Μονάδα Ελέγχου είναι ένας server εξοπλισμένος με ένα ασύρματο μόντεμ και τις απαραίτητες εφαρμογές software για (α) τον έλεγχο των απομακρυσμένων σταθμών μέτρησης και τη διαμόρφωση των παραμέτρων λειτουργίας, (β) το κατέβασμα των δεδομένων των μετρήσεων μέσω της ασύρματης διεπαφής, (γ) την αποθήκευση των δεδομένων στο σκληρό της δίσκο, (δ) την επεξεργασία των αποτελεσμάτων της μέτρησης και την δημοσίευσή τους στο αντίστοιχο web site. Συνήθως ο κατασκευαστής των RMS προσφέρει μία εφαρμογή software για τον έλεγχο των μονάδων και τη συλλογή των δεδομένων. Μέσω αυτής της εφαρμογής ο διαχειριστής του συστήματος μπορεί να αλλάξει τις παραμέτρους της μέτρησης και της επικοινωνίας. Τα δεδομένα συλλέγονται και εξάγονται σε μορφοποιημένα αρχεία κειμένου (αρχεία csv). Τα δεδομένα των μετρήσεων αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων επομένως διατηρείται πλήρες ιστορικό από κάθε μονάδα στην CU. Αναπτύσσεται ένα διαχειριστικό εργαλείο (desktop ή web-based) ώστε να μπορούν να πραγματοποιηθούν οι παραπάνω λειτουργίες. Μια πιο λεπτομερής περιγραφή της αρχιτεκτονικής του εξοπλισμού και του software υπάρχει στο [13] – [16].

5 Όρια ασφαλούς έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Όσον αφορά τον καθορισμό των ορίων ασφαλούς έκθεσης η Ευρωπαϊκή Ένωση εξέδωσε το 1999 την Σύσταση του Συμβουλίου με θέμα «Σχετικά με τον περιορισμό της έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία 0 Hz – 300 GHz», υιοθετώντας τις κατευθυντήριες γραμμές της Διεθνούς Επιτροπής Προστασίας από Μη-Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες (ICNIRP) «Οδηγίες για μείωση έκθεσης σε χρονικά μεταβαλλόμενα ηλεκτρικά, μαγνητικά και ηλεκτρομαγνητικά πεδία. (έως 300GHz)» 1998. Σύμφωνα με αυτές τις οδηγίες εισήχθη στην Ελληνική Νομοθεσία το πλαίσιο προστασίας 5371/3839 ΚΥΑ (ΦΕΚ 1105/Β/6-9-2000), «Μέτρα Προφύλαξης του κοινού από τη λειτουργία κεραιών εγκατεστημένων στην ξηρά».

Το 2006 με τον Νόμο 3431 (ΦΕΚ 13/Α/03-02-2006) «Περί Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών και άλλες διατάξεις» Άρθρο 31 «Ρυθμίσεις σχετικά με την εγκατάσταση κεραιών» παράγραφος 9 και 10, ορίστηκαν αυστηρότερα μέτρα για τα όρια ασφαλούς έκθεσης ΗΜΑ. Τέλος με την Εγκύκλιο της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ) «Καθορισμός ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στο περιβάλλον σταθμών κεραιών σε εφαρμογή του Ν.3431/2006» το 2007 διευκρινίστηκε ο τρόπος εφαρμογής των συντελεστών μείωσης στις τιμές που καθορίζονται από τα άρθρα 2-4 της υπ' αριθ. 5371/3839 ΚΥΑ (ΦΕΚ 1105/Β/6-9-2000), όπως προβλέπεται στις παραγράφους 9-10, αντίστοιχα του άρθρου 31 του Νόμου 3431.

5.1 ICNIRP Guidelines

«Οδηγίες για μείωση έκθεσης σε χρονικά μεταβαλλόμενα ηλεκτρικά, μαγνητικά και ηλεκτρομαγνητικά πεδία. (έως 300GHz).»

Ο κύριος στόχος αυτής της δημοσίευσης είναι να ποσοτικοποιήσει τα φυσικά μεγέθη που χαρακτηρίζουν τα ηλεκτρικά, μαγνητικά και ηλεκτρομαγνητικά πεδία καθώς και να θεσπίσει οδηγίες για τον περιορισμό της έκθεσης σε ΗΜΠ, που οδηγούν σε αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, ορίζοντας τιμές των φυσικών μεγεθών ως επίπεδα ασφαλούς έκθεσης. Οι τιμές αυτές καταρτίστηκαν ύστερα από διεξοδική ανασκόπηση όλης της δημοσιευμένης επιστημονικής βιβλιογραφίας.

Οι οδηγίες αυτές δεν αποτελούν πρότυπο απόδοσης με σκοπό την μείωση εκπομπής ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. Ούτε πραγματεύονται τεχνικές για μέτρηση των φυσικών μεγεθών που χαρακτηρίζουν τα ηλεκτρικά, μαγνητικά και ηλεκτρομαγνητικά πεδία.

5.1.1 Οδηγίες περιορισμού έκθεσης σε ΗΜΠ για το ευρύ κοινό και επαγγελματικά ασχολούμενους σε περιβάλλον έκθεσης.

Η κατηγορία των **επαγγελματικά ασχολούμενων** περιλαμβάνει ενήλικες που είναι ενημερωμένοι για τις συνθήκες έκθεσης τους σε ΗΜΑ και είναι εκπαιδευμένοι να λαμβάνουν τις απαραίτητες προφυλάξεις ώστε να αποφευχθεί ενδεχόμενος κίνδυνος έκθεσης. Σε αντίθεση το **ευρύ κοινό** περιλαμβάνει μεμονωμένους ανθρώπους κάθε ηλικίας και με διαφορετική κατάσταση υγείας. Σε αρκετές περιπτώσεις τα άτομα αυτής της κατηγορίας δεν γνωρίζουν για την έκθεση τους σε Ηλεκτρομαγνητικά Πεδία. Επιπλέον δεν θα μπορούσαν να είναι ενημερωμένοι σε ειδικά θέματα ώστε να παίρνουν προφυλάξεις για τον περιορισμό ή την αποφυγή στην έκθεση τους σε ΗΜΠ. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω πρέπει να θέσουμε αυστηρότερα μέτρα ασφαλείας για την έκθεση του ευρύ κοινού, σε σχέση με τα άτομα επαγγελματικά ασχολούμενων σε χώρους έκθεσης ΗΜΑ.

Για την εφαρμογή περιορισμών που βασίζονται στην εκτίμηση πιθανών επιπτώσεων στην υγεία από ηλεκτρομαγνητικά πεδία, πρέπει να γίνεται διαφοροποίηση μεταξύ **βασικών περιορισμών και επιπέδων αναφοράς.**

5.1.1.1 Βασικοί Περιορισμοί :

Οι περιορισμοί έκθεσης σε χρονικά μεταβαλλόμενα ηλεκτρικά , μαγνητικά και ηλεκτρομαγνητικά πεδία που βασίζονται άμεσα σε αποδεδειγμένες επιπτώσεις στην υγεία και σε βιολογικές μελέτες ορίζονται ως «βασικοί περιορισμοί». Ανάλογα με την συχνότητα του πεδίου, τα **φυσικά μεγέθη** που χρησιμοποιούνται για να προσδιορίσουν αυτούς τους περιορισμούς είναι η **μαγνητική επαγωγή (B)**, η **πυκνότητα ρεύματος (J)**, ο **ρυθμός ειδικής απορρόφησης ενέργειας (SAR)** και η **πυκνότητα ισχύος (S)**. Η μαγνητική επαγωγή και η πυκνότητα ισχύος μπορούν να μετρηθούν εύκολα σε ένα εκτιθέμενο άτομο.

- Για συχνότητες από 1 Hz έως 10 MHz, προβλέπονται βασικοί περιορισμοί για την πυκνότητα ρεύματος ώστε να αποφευχθούν επιπτώσεις στο νευρικό σύστημα.
- Για συχνότητες μεταξύ 100 kHz και 10 GHz, προβλέπονται βασικοί περιορισμοί για τις τιμές SAR για την πρόληψη θερμοπληξίας ολόκληρου του σώματος και για τοπική υπερβολική θέρμανση των ιστών. Για την περιοχή των 100 kHz έως 10 MHz προβλέπονται περιορισμοί τόσο για την πυκνότητα ρεύματος όσο και για τις τιμές του SAR.
- Για συχνότητες 10GHz έως 300GHz προβλέπονται βασικοί περιορισμοί για την πυκνότητα ισχύος ώστε να αποφευχθούν θερμικές επιδράσεις τόσο στους ιστούς όσο και σε επιφάνειες κοντά το σώμα.

Exposure characteristics	frequency range	Current Density for head and neck (mA m ⁻²) (rms)	Whole-Body average SAR (W kg ⁻¹)	Localized SAR (head and trunk) (W kg ⁻¹)	Localized Sar (limbs) (W kg ⁻¹)
Occupational exposure	up to 1 Hz	40			
	1-4 Hz	40 / f			
	4 Hz - 1kHz	10			
	1-100 kHz	f / 100			
	100 kHz-10 MHz	f / 100	0,4	10	20
	100 MHz - 10 GHz		0,4	10	20
General public exposure	up to 1 Hz	8			
	1-4 Hz	8 / f			
	4 Hz - 1kHz	2			
	1-100 kHz	f / 500			
	100 kHz-10 MHz	f / 500	0,08	2	4
	100 MHz - 10 GHz		0,08	2	4

Πίνακας 5.1.1-1 Βασικοί Περιορισμοί για Χρονικά μεταβαλλόμενα ηλεκτρικά, μαγνητικά και ηλεκτρομαγνητικά πεδία για Συχνότητες έως 10 GHz, Επαγγελματικά ασχολουμένων και ευρύ κοινό.

Σημειώσεις.

1. **f** είναι συχνότητα σε **Hz**.
2. Λόγω της ηλεκτρικής ανομοιογένειας του σώματος, οι **πυκνότητες ρεύματος** πρέπει να εκφράζονται ως **μέσος όρος** επί διατομής εμβαδού **1 cm²** κάθετης προς τη διεύθυνση του ρεύματος.
3. Για συχνότητες έως **100 kHz** οι τιμές αιχμής της **πυκνότητας του ρεύματος κορυφής** μπορούν να υπολογιστούν με **πολλαπλασιασμό της τιμής rms με sqrt(2) (~1.414)**. Για **παλμούς διάρκειας tp** η αντίστοιχη

συχνότητα η εφαρμοστέα στους βασικούς περιορισμούς υπολογίζεται με τον τύπο $f=1/(2tp)$.

4. Για συχνότητες **έως 100 kHz** και για παλμικά μαγνητικά πεδία, η μέγιστη πυκνότητα ρεύματος που προκύπτει από τους παλμούς μπορεί να υπολογιστεί από το χρόνο ανόδου/καθόδου και τον μέγιστο ρυθμό αλλαγής της πυκνότητας της μαγνητικής ροής. Η πυκνότητα του επαγωγικού ρεύματος μπορεί στη συνέχεια να συγκριθεί με τον αντίστοιχο βασικό περιορισμό.
5. Θα πρέπει να εξάγεται ο **μέσος όρος** όλων των τιμές SAR για **εξάλεπτες χρονικές περιόδους**.
6. Ο **τοπικός SAR** υπολογίζεται ως **μέσος όρος επί μάζας 10g** παρακείμενων ιστών. Ο μεγαλύτερος SAR που προκύπτει κατ'αυτόν τον τρόπο πρέπει να αποτελεί την τιμή που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της έκθεσης. Τα εν λόγω 10 g ιστού υπονοούν συνεχόμενη μάζα ιστού με σχεδόν ομοιογενείς ηλεκτρικές ιδιότητες. Αναγνωρίζεται ότι η έννοια της συνεχόμενης μάζας ιστού είναι χρήσιμη για τους δοσιμετρικούς υπολογισμούς αλλά παρουσιάζει δυσκολίες όσον αφορά τις άμεσες φυσικές μετρήσεις. Επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται απλά γεωμετρικά σχήματα (π.χ. κυβικά μέρη ιστών) αρκεί οι υπολογιζόμενες δοσιμετρικές ποσότητες να έχουν συντηρητικές τιμές σε σχέση με τις κατευθυντήριες γραμμές για τα επίπεδα έκθεσης.
7. Για παλμούς διάρκειας tp , η αντίστοιχη συχνότητα που πρέπει να εφαρμοστεί στους βασικούς περιορισμούς πρέπει να υπολογίζεται ως $f=1/(2tp)$. Εκτός αυτού, για παλμικές εκθέσεις, στη ζώνη συχνοτήτων 0.3 έως 10 GHz και για τοπικές εκθέσεις της κεφαλής, προκειμένου να περιοριστούν και να αποφευχθούν επιδράσεις στην ακοή που προκαλούνται από τη θερμοελαστική διαστολή, πρέπει να εφαρμόζεται ένας συμπληρωματικός βασικός περιορισμός: ότι η ειδική απορρόφηση (SA) δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 2 mJ kg^{-1} , στον μέσο όρο των 10 g ιστού.

Βασικοί Περιορισμοί για πυκνότητα ισχύος για
συχνότητες μεταξύ 10 και 300 GHz

Χαρακτηριστικά Έκθεσης	Πυκνότητα Ισχύος (W m ⁻²)
Επαγγελματικά ασχολούμενοι	50
Ευρύ Κοινό	10

Πίνακας 5.1.1-2 Βασικοί Περιορισμοί για πυκνότητα ισχύος για συχνότητες μεταξύ 10 και 300 GHz.

5.1.1.2 Επίπεδα Αναφοράς :

Τα επίπεδα αυτά χρησιμοποιούνται για την πρακτική εκτίμηση της έκθεσης, προκειμένου να διαπιστωθεί το ενδεχόμενο υπέρβασης των βασικών περιορισμών. Ορισμένα επίπεδα αναφοράς προέρχονται από σχετικούς βασικούς περιορισμούς, με τη χρήση μετρήσεων ή /και διαδικασιών υπολογισμού, ενώ άλλα περιλαμβάνουν την αντίληψη και τις δυσμενείς έμμεσες επιπτώσεις της έκθεσης σε ΗΜΠ. Τα παράγωγα φυσικά μεγέθη είναι η ένταση ηλεκτρικού πεδίου (E), η ένταση μαγνητικού πεδίου (H), η μαγνητική επαγωγή (B), η πυκνότητα ισχύος (S) και το ρεύμα των άκρων (IL). Τα μεγέθη που ορίζουν την αντίληψη και άλλες έμμεσες επιδράσεις είναι το ρεύμα επαφής (Ic) και, για παλμικά πεδία η ειδική απορρόφηση ενέργειας (SA). Σε κάθε κατάσταση έκθεσης, οι μετρούμενες ή υπολογιζόμενες τιμές πολλών από αυτά τα μεγέθη μπορούν να συγκριθούν με το αντίστοιχο επίπεδο αναφοράς. Η συμμόρφωση με το επίπεδο αναφοράς εξασφαλίζει τη συμμόρφωση με τον αντίστοιχο βασικό περιορισμό. **Εάν η μετρούμενη τιμή υπερβαίνει το επίπεδο αναφοράς, δεν έπεται κατ' ανάγκη ότι στο σημείο που μετρήθηκε η τιμή θα σημειώνεται και υπέρβαση του βασικού περιορισμού.** Πάντως, σε μια τέτοια περίπτωση, γίνεται άμεσος έλεγχος του βασικού περιορισμού.

frequency range	E-field strength (V m-1)	H-field strength (A m-1)	B-field (μT)	Equivalent plane wave power density S_{eq} (W m-2)
up to 1 Hz		$1,63 \times 10^5$	2×10^5	
1-8 Hz	20000	$1,63 \times 10^5 / f^2$	$2 \times 10^5 / f^2$	
8-25 Hz	20000	$2 \times 10^4 / f$	$2,5 \times 10^4 / f$	
0.025-0.82 kHz	$500 / f$	$20 / f$	$25 / f$	
0.82-65 kHz	610	24,4	30,7	
0.065 -1 MHz	610	$1,6 / f$	$2,0 / f$	
1-10 MHz	$610 / f$	$1,6 / f$	$2,0 / f$	
10-400 MHz	61	0,16	0,2	10
400-2000 MHz	$3 f^{1/2}$	$0,008 f^{1/2}$	$0,01 f^{1/2}$	$f / 40$
2-300 GHz	137	0,36	0,45	50

Πίνακας 5.1.1-3 Επίπεδα αναφοράς για occupational exposure σε χρονικά μεταβαλλόμενα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία. (rms).

Επίπεδα αναφοράς για ηλεκτρικά, μαγνητικά και ηλεκτρομαγνητικά πεδία (0Hz - 300GHz, σταθερές τιμές rms)

Ζώνη Συχνοτήτων	Ένταση Ηλεκτρικού πεδίου E (V/m)	Ένταση Μαγνητικού πεδίου H (A/m)	Μαγνητική επαγωγή πεδίου B (μT)	Ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος επίπεδου κύματος S_{eq} (W/m ²)
0-1Hz		3.2×10^4	4×10^4	
1-8Hz	10000	$3.2 \times 10^4 / f^2$	$4 \times 10^4 / f^2$	
8-25Hz	10000	4000/f	5000/f	
0.025-0.8kHz	250/f	4/f	5/f	
0.8-3kHz	250/f	5	6.25	
3-150kHz	87	5	6.25	
0.15-1MHz	87	0.73/f	0.92/f	
1-10MHz	$87 / f^{1/2}$	0.73/f	0.92/f	
10-400MHz	28	0.073	0.092	2
400-2000MHz	$1.375 f^{1/2}$	$0.0037 f^{1/2}$	$0.0046 f^{1/2}$	f/200
2-300GHz	61	0.16	0.20	10

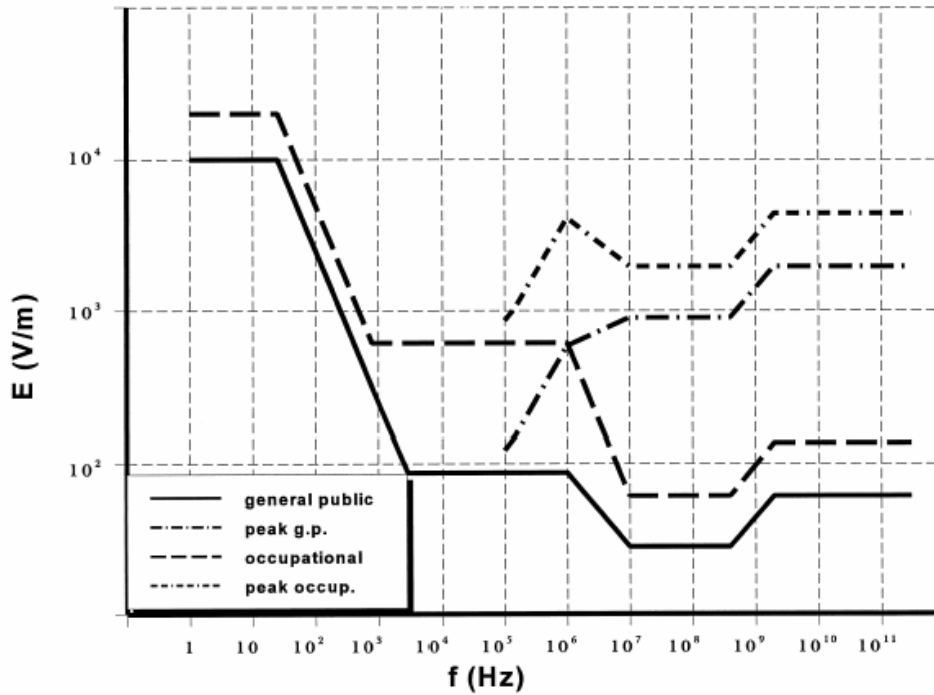
Πίνακας 5.1.1-4 Επίπεδα αναφοράς για χρονικά μεταβαλλόμενα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία. (rms) General Public.

Σημειώσεις.

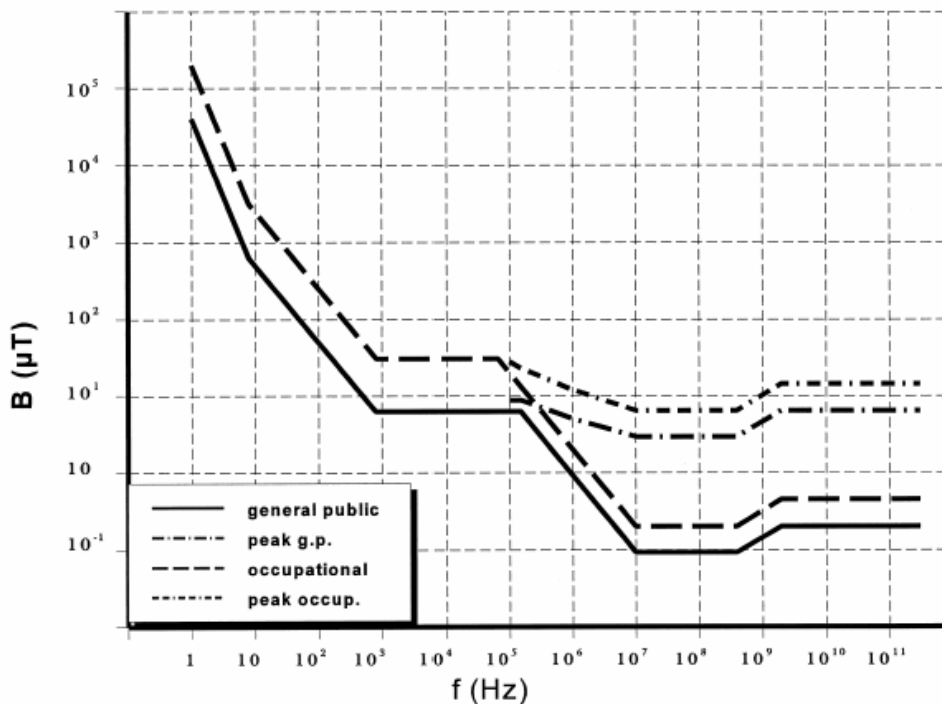
1. F είναι η συχνότητα σε Hz ή kHz ή MHz , ανάλογα με το πώς ορίζεται στο κελί του πίνακα που βρίσκεται στην ίδια γραμμή και στη στήλη της ζώνης συχνοτήτων.
2. Για συχνότητες από **100 kHz έως 10GHz** τα S_{eq} , E^2 , H^2 , and B^2 πρέπει να εκφράζονται ως **μέσος όρος** για κάθε χρονική περίοδο διάρκειας **6 λεπτών**.
3. Για συχνότητες που **υπερβαίνουν τα 10 GHz** τα S_{eq} , E^2 , H^2 , and B^2 πρέπει να εκφράζονται ως **μέσος όρος** για κάθε χρονική περίοδο **διάρκεια $68/f^{1/2}$ λεπτών** (f σε GHz).

4. Δεν ορίζεται τιμή πεδίου **E** για συχνότητες **< 1Hz**, που είναι στην πραγματικότητα στατικά ηλεκτρικά πεδία. Για τους περισσότερους ανθρώπους, η ενοχλητική αίσθηση επιφανειακών ηλεκτρικών φορτίσεων δεν γίνεται αντιληπτή σε πεδία με ένταση μικρότερη από 25 kV/m. Πρέπει να αποφεύγονται οι εκνευριστικές ή ενοχλητικές εκκενώσεις σπινθήρων.
5. Δεν ορίζονται μεγαλύτερα επίπεδα αναφοράς για βραχυχρόνια έκθεση σε πεδία ELF, Σε πολλές περιπτώσεις, και αν ακόμα οι μετρούμενες τιμές υπερβαίνουν τα επίπεδα αναφοράς, δεν έπεται κατ' ανάγκη και υπέρβαση του βασικού περιορισμού. Εφόσον αποφεύγονται οι δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία από τις έμμεσες επιδράσεις της έκθεσης, είναι παραδεκτή η υπέρβαση των γενικών επιπέδων αναφοράς για το κοινό, αρκεί να μην παραβιάζεται και ο βασικός περιορισμός της πυκνότητας ρεύματος. Σε πολλές περιπτώσεις που απαντούν στην πράξη η έκθεση σε εξωτερικά πεδία ELF στα επίπεδα αναφοράς επάγει πυκνότητες ρεύματος στο ΚΝΣ χαμηλότερες από τους βασικούς περιορισμούς . Αναγνωρίζεται επίσης ότι πλείστες όσος κοινότατες συσκευές εκπέμπουν εντοπισμένα πεδία καθ' υπέρβαση των επιπέδων αναφοράς. Συνήθως όμως αυτό συμβαίνει υπό συνθήκες έκθεσης τέτοιες ώστε , λόγω ασθενούς σύζευξης μεταξύ πεδίου και σώματος, να μην σημειώνεται υπέρβαση των βασικών περιορισμών.
6. Για τις **τιμές αιχμής** ισχύουν τα **ακόλουθα επίπεδα αναφοράς** για την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου **E (V/m)**, την ένταση του μαγνητικού πεδίου **H (A/m)** και την μαγνητική επαγωγή **B (μT)**:
 - a. Για συχνότητες **έως 100 kHz** , οι τιμές αιχμής αναφοράς προκύπτουν από τον **πολλαπλασιασμό** των αντίστοιχων **τιμών rms με sqrt(2)** (~1.414). Για **παλμούς διάρκειας tp** η αντιστοιχη εφαρμοστέα συχνότητα υπολογίζεται ως **f=1/(2tp)**.
 - b. Για συχνότητες **από 100 kHz έως 10 MHz** οι τιμές αιχμής αναφοράς προκύπτουν από τον **πολλαπλασιασμό** των αντίστοιχων **τιμών rms με 10^α**. όπου **α=0.665log(f/10⁵)+0.176**, με συχνότητα f εκφρασμένη σε kHz.
 - c. Για συχνότητες **από 10MHz έως 300GHz** , οι τιμές αιχμής αναφοράς προκύπτουν από τον **πολλαπλασιασμό** των αντίστοιχων **τιμών rms με το 32**.

7. Γενικά προκειμένου για παλμικά ή/και παροδικά πεδία χαμηλών συχνοτήτων, υπάρχουν βασικοί περιορισμοί και επίπεδα αναφοράς εξαρτώμενα από τη συχνότητα, βάσει των οποίων μπορούν να αποτιμηθούν οι κίνδυνοι και να καταρτιστούν κατευθυντήριες γραμμές για την έκθεση σε παλμικές ή/και παροδικές πηγές. Η συντηρητική προσέγγιση παριστά το παλμικό ή παροδικό σήμα ηλεκτρομαγνητικού πεδίου ως φάσμα Φουριέ των συνιστωσών του σε κάθε ζώνη συχνοτήτων, οι οποίες ακολούθως συγκρίνονται με τα επίπεδα αναφοράς για τις οικίες συχνότητες. Οι αθροιστικοί τύποι για την ταυτόχρονη έκθεση σε πεδία πολλαπλών συχνοτήτων μπορούν να εφαρμοστούν και για την εξακρίβωση της συμμόρφωσης με τους βασικούς περιορισμούς.
8. Μολονότι υπάρχουν λίγες μόνο πληροφορίες όσον αφορά τη σχέση ανάμεσα στις βιολογικές επιπτώσεις με τις τιμές αιχμής παλμικών πεδίων, για τις **συχνότητες που υπερβαίνουν τα 10 MHz**, προτείνεται ο **μέσος της S_{eq}** εφ' όλου του εύρους του παλμού να **μην υπερβαίνει το 1000πλάσιο των επιπέδων αναφοράς**, ή οι **εντάσεις των πεδίων να μην υπερβαίνουν το 32πλάσιο των επιπέδων αναφοράς** για την ένταση του πεδίου. Για συχνότητες **από 0.3 GHz έως πολλά GHz**, καθώς και για τοπική έκθεση της κεφαλής, με στόχο τον περιορισμό ή την αποφυγή επιπτώσεων στην ακοή λόγω της θερμοελαστικής διαστολής, πρέπει να περιοριστεί η ειδική απορρόφηση ενέργειας λόγω των παλμών. Σε αυτή τη ζώνη συχνοτήτων **η οριακή τιμή SA 4-16 mJ kg⁻¹** για την πρόκληση αυτής της επίπτωσης αντιστοιχεί **για παλμούς 30μs**, σε **τιμές αιχμής SAR 130-520 W kg⁻¹** στον εγκέφαλο. **Από 100kHz έως 10 MHz**, οι **πολλαπλασιαστικοί συντελεστές** που δίνουν τις τιμές κορυφής για την ένταση πεδίων **υπολογίζονται με παρεμβολή μεταξύ 1.5 για 100kHz και 32 σε 10 MHz**.



Εικόνα 5.1-1 Επίπεδα αναφοράς Ηλεκτρικών πεδίων (σύγκριση Occupational & General Public Πίνακας 5.1.1-3 και Πίνακας 5.1.1-4).



Εικόνα 5.1-2 Επίπεδα αναφοράς Μαγνητικών πεδίων (σύγκριση Occupational & General Public Πίνακας 5.1.1-3 και Πίνακας 5.1.1-4).

5.1.2 Ρεύμα επαφής και ρεύμα άκρων

Για συχνότητες έως **110MHz** και προκειμένου να **αποφευχθούν οι κίνδυνοι** που οφείλονται σε **ρεύματα επαφής**, συνιστώνται **πρόσθετα επίπεδα αναφοράς**. Τα επίπεδα αναφοράς για το ρεύμα επαφής περιέχονται στους παρακάτω πίνακες.

Επίπεδα αναφοράς για ρεύματα επαφής από αγωγήματα σώματα (f σε kHz) ευρύ κοινό.	
Ζώνη συχνοτήτων	Μέγιστο Ρεύμα επαφής (mA)
0Hz-2.5kHz	0.5
2.5kHz-100kHz	0.2/f
100 kHz - 110MHz	20

Πίνακας 5.1.2-1 Επίπεδα αναφοράς για ρεύμα επαφής από αγωγήματα σώματα, ευρύ κοινό.

Επίπεδα αναφοράς για ρεύματα επαφής από αγωγήματα σώματα (f σε kHz) Επαγγελματικά ασχολούμενους	
Ζώνη συχνοτήτων	Μέγιστο Ρεύμα επαφής (mA)
0Hz-2.5kHz	1.0
2.5kHz-100kHz	0.4/f
100 kHz - 110MHz	40

Πίνακας 5.1.2-2 Επίπεδα αναφοράς για ρεύμα επαφής από αγωγήματα σώματα, Επαγγελματικά ασχολούμενους.

Για την ζώνη συχνοτήτων **10MHz έως 110MHz**, καθορίζεται επίπεδο αναφοράς 45 mA ρεύματος διαμέσου οποιουδήποτε μέλους του σώματος και τούτο για να περιορίζεται η εντοπισμένη SAR ανά οποιαδήποτε εξάλεπτη (6) χρονική περίοδο.

Επίπεδα αναφοράς για ρεύματα επαφής διαμέσου οποιουδήποτε μέλους του σώματος, 10-110MHz	
Χαρακτηρισμός Έκθεσης	Ρεύμα επαφής (mA)
Επαγγελματικά ασχολούμενοι	100
Ευρύ Κοινό	45

Πίνακας 5.1.2-3 Επίπεδα αναφοράς για ρεύματα επαφής διαμέσου οποιουδήποτε μέλους του σώματος, για συχνότητες 10-110MHz.

5.1.3 Έκθεση σε πηγές με πολλαπλές συχνότητες

Σε περιπτώσεις **ταυτόχρονης έκθεσης** σε πεδία **διαφορετικών συχνοτήτων**, θα εξετάζεται η πιθανότητα **σώρευσης των επιπτώσεων τους**. **Οι υπολογισμοί** για τη **σώρευση** αυτή θα **γίνονται χωριστά** για κάθε επίπτωση. Έτσι θα **γίνονται χωριστές αξιολογήσεις** για τις **θερμικές και ηλεκτρικές επιπτώσεις** στο σώμα.

Για **ηλεκτρική διέγερση**, που έχει σημασία σε συχνότητες από **1 Hz έως 10 MHz**, οι **πυκνότητες του ρεύματος** εξ επαγωγής **αθροίζονται σύμφωνα με τον τύπο :**

$$\sum_{i=1 \text{ Hz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_i}{J_{L,i}} \leq 1.$$

Εξίσωση 1

Για τις **θερμικές επιδράσεις**, που έχουν σημασία σε συχνότητες **100 kHz και άνω**, οι ρυθμοί ειδικής απορρόφησης ενέργειας και οι πυκνότητες ισχύος αθροίζονται σύμφωνα με τον τύπο :

$$\sum_{i=100 \text{ kHz}}^{10 \text{ GHz}} \frac{SAR_i}{SAR_L} + \sum_{i>10 \text{ GHz}}^{300 \text{ GHz}} \frac{S_i}{S_L} \leq 1,$$

Εξίσωση 2

όπου,

J_i = Πυκνότητα ρεύματος σε συχνότητα i .

$J_{L,i}$ = Πυκνότητα ρεύματος σε συχνότητα i , όπως δίνεται στον Πίνακα 5.1.1-1.

SAR_i = SAR που προκύπτει σε συχνότητα i .

SAR_L = Βασικό περιορισμός για τον SAR όπως δίνεται από τον Πίνακα 5.1.1-1.

S_L = είναι ο βασικός περιορισμός για την πυκνότητα ισχύος που αναφέρεται στον Πίνακα 5.1.1-2.

S_i = πυκνότητα ισχύος σε συχνότητα i .

Για **πυκνότητα ρεύματος εξ επαγωγής και ηλεκτρική διέγερση** που σχετίζονται με συχνότητες **πάνω από 10 MHz** χρησιμοποιούνται οι παρακάτω τύποι για τα επίπεδα των πεδίων.

$$\sum_{i=1 \text{ Hz}}^{1 \text{ MHz}} \frac{E_i}{E_{L,i}} + \sum_{i>1 \text{ MHz}} \frac{E_i}{a} \leq 1$$

Εξίσωση 3

και

$$\sum_{j=1 \text{ Hz}}^{65 \text{ kHz}} \frac{H_j}{H_{L,j}} + \sum_{j>65 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{H_j}{b} \leq 1$$

Εξίσωση 4

Όπου :

E_i = Ένταση ηλεκτρικού πεδίου σε συχνότητα i .

$E_{L,i}$ = Το επίπεδο αναφοράς του ηλεκτρικού πεδίου σύμφωνα με τους Πίνακας 5.1.1-3 και Πίνακας 5.1.1-4

H_j = Ένταση μαγνητικού πεδίου σε συχνότητα j .

$H_{L,j}$ = Το επίπεδο αναφοράς του μαγνητικού πεδίου σύμφωνα με τους Πίνακας 5.1.1-3 και Πίνακας 5.1.1-4.

a. = **610 V m⁻¹** για επαγγελματικά ασχολούμενους και **87 V m⁻¹** για το ευρύ κοινό.

b. = **24.4 A m⁻¹ (30.7 μT)** για επαγγελματικά ασχολούμενους και **5 A m⁻¹ (6.25 μT)** για το ευρύ κοινό.

Για τον λόγο ότι τα αθροίσματα βασίζονται σε πυκνότητα ρεύματος εξ' επαγωγής και για να μην μπερδεύονται με τις θερμικές επιδράσεις, οι σταθερές τιμές a και b χρησιμοποιούνται για ηλεκτρικό πεδίο πάνω από 1 MHz και για μαγνητικό πεδίο πάνω από 65 kHz. Για **θερμικές επιδράσεις** που σχετίζονται με συχνότητες **πάνω από 100 kHz** χρησιμοποιούνται οι παρακάτω τύποι για τα επίπεδα των πεδίων :

$$\sum_{i=100 \text{ kHz}}^{1 \text{ MHz}} \left(\frac{E_i}{c} \right)^2 + \sum_{i>1 \text{ MHz}}^{300 \text{ GHz}} \left(\frac{E_i}{E_{L,i}} \right)^2 \leq 1,$$

Εξίσωση 5

και

$$\sum_{j=100 \text{ kHz}}^{1 \text{ MHz}} \left(\frac{H_j}{d} \right)^2 + \sum_{j>1 \text{ MHz}}^{300 \text{ GHz}} \left(\frac{H_j}{H_{L,j}} \right)^2 \leq 1,$$

Εξίσωση 6

όπου:

E_i = Ένταση ηλεκτρικού πεδίου σε συχνότητα i .

$E_{L,i}$ = Το επίπεδο αναφοράς του ηλεκτρικού πεδίου σύμφωνα με τους Πίνακας 5.1.1-3 και Πίνακας 5.1.1-4.

H_j = Ένταση μαγνητικού πεδίου σε συχνότητα j .

$H_{L,j}$ = Το επίπεδο αναφοράς του μαγνητικού πεδίου σύμφωνα με τους Πίνακας 5.1.1-3 και Πίνακας 5.1.1-4.

c. = $610/f \text{ V m}^{-1}$ (f in MHz) για επαγγελματικά ασχολούμενους και $87/f^{1/2} \text{ V m}^{-1}$ για το ευρύ κοινό.

d. = $1.6/f \text{ A m}^{-1}$ (f in MHz) για επαγγελματικά ασχολούμενους και $0.73/f$ για το ευρύ κοινό.

Για ρεύματα επαφής διαμέσου οποιαδήποτε μέλους του σώματος χρησιμοποιείτε ο ακόλουθος τύπος :

$$\sum_{k=10 \text{ MHz}}^{110 \text{ MHz}} \left(\frac{I_k}{I_{L,k}} \right)^2 \leq 1 \quad \sum_{n=1 \text{ Hz}}^{110 \text{ MHz}} \frac{I_n}{I_{C,n}} \leq 1,$$

Εξίσωση 7

όπου :

I_k = Ρεύμα στα άκρα σε συχνότητα k

$I_{L,k}$ = Το επίπεδο αναφοράς για ρεύμα στα άκρα σύμφωνα με τον Πίνακας 5.1.2-3.

I_n = Ρεύμα επαφής σε συχνότητα n ,

$I_{C,n}$ = Το επίπεδο αναφοράς για ρεύμα επαφής σε συχνότητα n (Πίνακας 5.1.2-1 και Πίνακας 5.1.2-2).

Η παραπάνω συμπερασματική φόρμουλα υποθέτει την έκθεση σε πολλαπλές πηγές ΗΜΑ σε εργασιακές συνθήκες. Σαν αποτέλεσμα η τυπική έκθεση μπορεί πρακτικά να χρειάζεται λιγότερα περιοριστικά όρια έκθεσης από ότι προσδιορίζει η παραπάνω φόρμουλα για τα επίπεδα αναφοράς.

5.2 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ – ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία υιοθετούνται τα όρια ασφαλείας της ICNIRP. Επιπλέον εισάγεται ένας πρόσθετος συντελεστής ασφαλείας, σύμφωνα με παράγραφος 9 του άρθρου 31 του Νόμου 3431, θέτοντας το 70% των τιμών που καθορίζονται στα άρθρα 2-4 της υπ' αριθμ. 53571/3839/6.9.2000. Επίσης, στην παράγραφο 10 (N3431) προβλέπεται περαιτέρω μείωση των ορίων ασφαλούς έκθεσης ειδικά για την περίπτωση εγκατάστασης κατασκευής κεραίας σε απόσταση 300 μέτρων από την περίμετρο κτιριακών εγκαταστάσεων βρεφονηπιακών σταθμών, σχολείων, γηροκομείων και νοσοκομείων, καθώς αυτά απαγορεύεται να υπερβαίνουν το 60% των τιμών που καθορίζονται στην 53571/3839/6.9.2000.

Οι παρακάτω πίνακες αποτελούν τα όρια ασφαλείας συμφωνά με την Ελληνική Νομοθεσία.

Βασικοί Περιορισμοί 1kHz-300GHz, συντελεστής μείωσης 70%, (παράγραφος 9 άρθρο 31 N3431)					
Ζώνη Συχνοτήτων	Πυκνότητα ρεύματος (rms) (mA/m ²)	Μέσος ρυθμός ειδικής απορρόφησης για όλο το σώμα (W/kg)	Τοπικός ρυθμός ειδικής απορρόφησης (κεφάλι και κορμός) (W/kg)	Τοπικός ρυθμός ειδικής απορρόφησης (άκρα) (W/kg)	Πυκνότητα Ισχύος (W/m ²)
1kHz-100kHz	f/714				
100kHz-10MHz	f/714	0,056	1,4	2,8	
10MHz-10GHz		0,056	1,4	2,8	
10GHz-300GHz					7

Πίνακας 5.1.3-1 Βασικοί Περιορισμοί 1kHz-300GHz, συντελεστής μείωσης 70%, (παράγραφος 9 άρθρο 31 N3431)

Βασικοί Περιορισμοί 1kHz-300GHz, συντελεστής μείωσης 60% (παράγραφος 10 άρθρο 31 N3431)					
Ζώνη Συχνοτήτων	Πυκνότητα ρεύματος (rms) (mA/m ²)	Μέσος ρυθμός ειδικής απορρόφησης για όλο το σώμα (W/kg)	Τοπικός ρυθμός ειδικής απορρόφησης (κεφάλι και κορμός) (W/kg)	Τοπικός ρυθμός ειδικής απορρόφησης (άκρα) (W/kg)	Πυκνότητα Ισχύος (W/m ²)
1kHz-100kHz	f/833				
100kHz-10MHz	f/833	0,048	1,2	2,4	
10MHz-10GHz		0,048	1,2	2,4	
10GHz-300GHz					6

Πίνακας 5.1.3-2 Βασικοί Περιορισμοί 1kHz-300GHz, συντελεστής μείωσης 60% (παράγραφος 10 άρθρο 31 N3431)

Επίπεδα αναφοράς 1kHz-300GHz, συντελεστής μείωσης 70% (παράγραφος 9 άρθρο 31 N3431)				
Ζώνη Συχνοτήτων	Ένταση ηλεκτρικού πεδίου E (V/m)	Ένταση Μαγνητικού πεδίου H (A/m)	Μαγνητική επαγωγή πεδίου B (μT)	Ισοδύμανη πυκνότητα ισχύος επιπέδου κύματος S_{eq} (W/m ²)
1 - 3kHz	175/f	3,5	4,375	
3 - 174kHz	60,9	3,5	4,375	
0,174 - 1,43 MHz	60,9	0,61 / f	0,77 / f	
1,43 - 10 MHz	72,8 / sqrt(f)	0,61 / f	0,77 / f	
10 - 400 MHz	23,4	0,061	0,077	1,4
400 - 2000MHz	1,15 sqrt (f)	0,0031 sqrt (f)	0,0038 sqrt (f)	f / 286
2 - 300 GHz	51	0,134	0,167	7

Πίνακας 5.1.3-3 Επίπεδα αναφοράς 1kHz-300GHz, συντελεστής μείωσης 70% (παράγραφος 9 άρθρο 31 N3431)

Επίπεδα αναφοράς 1kHz-300GHz, συντελεστής μείωσης 60% (παράγραφος 10 άρθρο 31 N3431)				
Ζώνη Συχνοτήτων	Ένταση ηλεκτρικού πεδίου E (V/m)	Ένταση Μαγνητικού πεδίου H (A/m)	Μαγνητική επαγωγή πεδίου B (μT)	Ισοδύμανη πυκνότητα ισχύος επιπέδου κύματος S_{eq} (W/m ²)
1 - 3kHz	150/f	3	3,75	
3 - 174kHz	52,2	3	3,75	
0,174 - 1,43 MHz	52,2	0,565 / f	0,71 / f	
1,43 - 10 MHz	67,3 / sqrt(f)	0,565 / f	0,71 / f	
10 - 400 MHz	21,7	0,0565	0,071	1,2
400 - 2000MHz	1,065 sqrt(f)	0,00287 sqrt(f)	0,00356 sqrt(f)	f / 333
2 - 300 GHz	47,2	0,124	0,155	6

Πίνακας 5.1.3-4 Επίπεδα αναφοράς 1kHz-300GHz, συντελεστής μείωσης 60% (παράγραφος 10 άρθρο 31 N3431)

Επίπεδα αναφοράς για ρεύματα επαφής από αγωγία σώματα στην περιοχή 1kHz-110kHz, συντελεστής μείωσης 70% (παράγραφος 9 άρθρο 31 N3431)	
Ζώνη Συχνοτήτων	Μέγιστο ρεύμα επαφής (mA)
1 - 2,5 kHz	0,35
2,5 - 100 kHz	0,14f
0,1 - 110 MHz	14

Πίνακας 5.1.3-5 Επίπεδα αναφοράς για ρεύματα επαφής από αγωγία σώματα στην περιοχή 1kHz-110kHz, συντελεστής μείωσης 70% (παράγραφος 9 άρθρο 31 N3431)

Επίπεδα αναφοράς για ρεύματα επαφής από αγωγίμα σώματα στην περιοχή 1kHz-110kHz, συντελεστής μείωσης 60% (παράγραφος 10 άρθρο 31 N3431)	
Ζώνη Συχνοτήτων	Μέγιστο ρεύμα επαφής (mA)
1 - 2,5 kHz	0,3
2,5 - 100 kHz	0,12f
0,1 - 110 MHz	12

Πίνακας 5.1.3-6 Επίπεδα αναφοράς για ρεύματα επαφής από αγωγίμα σώματα στην περιοχή 1kHz-110kHz, συντελεστής μείωσης 60% (παράγραφος 10 άρθρο 31 N3431)

Τιμές των εξισώσεων 3-7, συντελεστής μείωσης 70% (παράγραφος 9 άρθρο 31 N3431)	
Παράμετρος	Τιμη
a	60,9 V/m
b	3,5 A/m (4,375μT)
c	72,8 / sqrt(7) V/m
d	0,61 / f A/m
$I_{L,k}$	37,6 mA

Πίνακας 5.1.3-7 Τιμές των εξισώσεων 3-7, συντελεστής μείωσης 70% (παράγραφος 9 άρθρο 31 N3431)

Τιμές των εξισώσεων 3-7, συντελεστής μείωσης 60% (παράγραφος 10 άρθρο 31 N3431)	
Παράμετρος	Τιμη
a	52,2
b	3 A/m (3,75μT)
c	67,4 / sqrt(7) V/m
d	0,565 / f A/m
$I_{L,k}$	34,9 mA

Πίνακας 5.1.3-8 Τιμές των εξισώσεων 3-7, συντελεστής μείωσης 60% (παράγραφος 10 άρθρο 31 N3431)

6 Οδηγίες μέτρησης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας 9kHz-300GHz

Electronic Communications Committee (ECC)

Within the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations
(CEPT)

ECC RECOMMENDATION (2)04 (REVISED BRATISLAVA 2003, HELSINKI
2007)

MEASURING NON-IONISING ELECTROMAGNETIC RADIATION (9KHZ – 300
GHZ)

Recommendation adopted by the working Group “frequency Management” (WGFM)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι οδηγίες αυτές περιγράφουν την in-situ διαδικασία μέτρησης ώστε να εκτιμηθούν οι τιμές των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων σε σχέση με τα όρια έκθεσης που έχουν υιοθετηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση (EU 1999/519/EC, ICNIRP guidelines ...). Οι οδηγίες αυτές δεν μπορούν από μόνες τους να αποτελέσουν ή να ορίσουν τα όρια ασφαλούς έκθεσης από RF σήματα.

“The European Conference of Postal and Telecommunications Administrations,

Λαμβάνοντας υπόψη :

- Τις διαφορετικές διαδικασίες μέτρησης εκτίμησης της μη-ιονίζουσας ακτινοβολίας που χρησιμοποιούνται στις διάφορες διευθύνσεις της CEPT.
- Την ανάγκη για μια κοινός αποδεκτή διαδικασία μέτρησης των ορίων της μη-ιονίζουσας ακτινοβολίας.

Οδηγίες :

- Οι πληροφορίες που περιλαμβάνονται στην παράγραφο 1 αφορούν τις γενικές πληροφορίες σχετικά με τις μετρήσεις μη-ιονίζουσας ακτινοβολίας.
- Οι διαδικασίες μέτρησης θα πρέπει να ακολουθούν τις οδηγίες των παραρτημάτων 2,3,4 και 5.
- Οι αναφορές των μετρήσεων θα πρέπει να γίνονται σύμφωνα με το παράρτημα 6.

Παράρτημα 1

6.1 ΣΚΟΠΟΣ

Αυτό το έγγραφο περιγράφει την διαδικασία μέτρησης που θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση την ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε σχέση με τα κατάλληλα όρια αναφοράς έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία (9kHz – 300 GHz). Η διαδικασία μέτρησης βασίζεται σε τρεις περιπτώσεις, που περιγράφονται στο παράρτημα 2.

- Περίπτωση 1 Γρήγορη Επισκόπηση.
- Περίπτωση 2 Σάρωση μεταβλητού φάσματος συχνοτήτων.
- Περίπτωση 3 Αναλυτική Διερεύνηση.

Η παρούσα οδηγία είναι βασισμένη στην εφαρμογή πολλών διαφορετικών μεθόδων μετρήσεων, οι οποίες δοκιμαστήκαν για την ορθότητα τους όταν τα επίπεδα έκθεσης ήταν στα όρια ασφαλείας. Μόνο η Περίπτωση 3 μπορεί να προσδιορίσει εάν έχει γίνει υπέρβαση των ορίων και μπορεί να εγγυηθεί μια βεβαιότητα στα αποτελέσματα.

Αυτές οι μέθοδοι δεν είναι κατάλληλες για περιπτώσεις όπου η έκθεση είναι επικεντρωμένη σε ένα σημείο π.χ. η ακτινοβολία από τα κινητά τηλέφωνα σε σχέση με το ανθρώπινο κεφάλι. Οι μετρήσεις από φούρνους μικροκυμάτων και handsets κινητών τηλεφώνων θα πρέπει να εξαιρεθούν από την διαδικασία μέτρησης και αν δεν υπάρχει τέτοια δυνατότητα να αναγράφονται στην αναφορά μέτρησης.

6.2 ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Ποσότητα	Σύμβολο	Μονάδα	Σύμβολο
Συχνότητα	f	hertz	Hz
Μήκος Κύματος	λ	Metre	m
Ένταση Ηλεκτρικού πεδίου	E	Volt per metre	V/m
Ένταση Μαγνητικού πεδίου	H	Ampere per metre	A/m
Πυκνότητα Μαγνητικής Ροής	B	Tesla	T
Πυκνότητα Ισχύος ή Πυκνότητα ροής Ηλεκτρομαγνητικής Ισχύος	S	Watt per square metre	W/m ²
Σύνθετη αντίσταση	Z	Ohm	Ω
Οι μεγαλύτερες διαστάσεις της κεραίας	D	metre	m

6.3 ΟΡΟΙ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

6.3.1 Ένταση ηλεκτρικών πεδίων

Η ένταση ηλεκτρικών πεδίων είναι μια διανυσματική ποσότητα (E) που αντιστοιχεί στη δύναμη που ασκείται σε ένα φορτισμένο μόριο ανεξάρτητα από την κίνησή του στο χώρο. Εκφράζεται στο βολτ ανά μέτρο (V/m).

6.3.2 Ένταση μαγνητικών πεδίων

Η ένταση μαγνητικών πεδίων είναι μια διανυσματική ποσότητα (H), η οποία, μαζί με την πυκνότητα μαγνητικής ροής, διευκρινίζει ένα μαγνητικό πεδίο σε οποιοδήποτε σημείο στο χώρο. Εκφράζεται στο αμπέρ ανά μέτρο (a/m).

6.3.3 Πυκνότητα ισχύος (S) ή ηλεκτρομαγνητική πυκνότητα ροής ισχύος

Πρόκειται για την ισχύ ακτινοβολίας που προσπίπτει κάθετα προς μία επιφάνεια, διαιρούμενη με το εμβαδόν της επιφάνειας αυτής, εκφράζεται συνήθως στις μονάδες των Watt ανά τετραγωνικό μέτρο (W/m^2), milliwatts ανά τετραγωνικό εκατοστόμετρο (mW/cm^2), ή microwatts ανά τετραγωνικό εκατοστόμετρο ($\mu W/cm^2$).

$$S = |\vec{E} \wedge \vec{H}|$$

Για το επίπεδο κύμα στο μακρινό πεδίο, η πυκνότητα ισχύος (S), η ισχύς ηλεκτρικών πεδίων (E) και η ισχύς μαγνητικών πεδίων (H) είναι σχετικές με την σύνθετη αντίσταση του ελεύθερου χώρου, δηλ. $Z_0 = 377$ ohms. Ειδικότερα,

$$S = \frac{E^2}{377} \text{ or } S = 377 \times H^2$$

όπου το E και το H εκφράζονται στις μονάδες V/m και A/m, αντίστοιχα, και το S στις μονάδες W/m^2 .

6.3.4 Πυκνότητα μαγνητικής ροής (B)

Είναι ένα διανυσματικό μέγεθος από το οποίο εξαρτάται η δύναμη που ασκείται σε κινούμενα φορτία, εκφράζεται σε τεσλα (T) . Στον κενό χώρο και στα βιολογικά υλικά, μπορεί να γίνει μετατροπή της πυκνότητας μαγνητικής ροής σε ένταση του μαγνητικού πεδίου και αντίστροφα , βάσει του τύπου : $1 \text{ A/m} = 4\pi 10^{-7} \text{ T}$.

6.3.5 Περιοχή Μακρινού Πεδίου

Το μακρινό πεδίο, (επίσης αποκαλούμενο περιοχή Fraunhofer), είναι εκείνη η περιοχή του πεδίου μιας κεραίας όπου η γωνιακή πεδιακή κατανομή είναι ουσιαστικά ανεξάρτητη από την απόσταση από την κεραία. Σ' αυτήν την περιοχή, το πεδίο έχει επικρατέστερο χαρακτήρα επίπεδου κύματος, δηλαδή με ομοιόμορφες τοπικές κατανομές έντασης ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου σε εγκάρσια της διεύθυνσης της διάδοσης. Τα σύνορα αυτής της περιοχής είναι σε μια απόσταση $R > \lambda + 2D^2 / \lambda$, όπου το D είναι η μεγαλύτερη διάσταση της κεραίας.

6.3.6 Περιοχή Κοντινού Πεδίου

Η περιοχή κοντινού πεδίου είναι γενικά κοντά σε μιας κεραία ή σε άλλη ακτινοβολούσα κατασκευή, στην οποία τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία δεν έχουν χαρακτήρα επίπεδου κύματος, αλλά ποικίλλουν αρκετά από το σημείο στο σημείο. Ο όρος "περιοχή κοντινού πεδίου" δεν έχει έναν πολύ ακριβή καθορισμό, με τις διαφορετικές σημασίες για μεγάλες και μικρές κεραίες. Η περιοχή κοντινού πεδίου διαιρείται περαιτέρω:

- Στην περιοχή ακτινοβολούμενου κοντινού πεδίου όπου το πεδίο ακτινοβολίας υπερσχύει του αντιδραστικού πεδίου, αλλά δεν έχει χαρακτήρα πραγματικού επίπεδου κύματος και είναι πολύπλοκο σε δομή και
- Στην περιοχή αντιδραστικού κοντινού πεδίου, η οποία είναι κοντύτερα στην ακτινοβολούσα κατασκευή και η οποία περιέχει την περισσότερη ή σχεδόν όλη την αποθηκευμένη ενέργεια που σχετίζεται με το πεδίο της κεραίας. Σε περίπτωση που η μέγιστη γενική διάσταση της κεραίας είναι μικρή έναντι του μήκος κύματος, η περιοχή αντιδραστικού κοντινού πεδίου μπορεί να μην υπάρξει. Για τις κεραίες που έχουν ένα μεγάλο μήκος κύματος, η ακτινοβολία της περιοχής κοντινού πεδίου αναφέρεται μερικές φορές ως περιοχή Fresnel – σε αναλογία με την οπτική ορολογία.

6.4 Παραδείγματα εκπομπών στην ζώνη συχνοτήτων 9kHz - 300GHz

Σύμβολο	Frequency Range (lower limit exclusive, upper limit inclusive)	Υπηρεσίες
VHF	9 - 30 kHz	Επαγωγική θέρμανση
LF	30 to 300 kHz	Βιομηχανική επαγωγική θέρμανση, AM broadcasting, clock transmitters.
MF	300 to 3000 kHz	AM ραδιοφωνία, βιομηχανική επαγωγική θέρμανση.
HF	3 to 30 MHz	Broadcasting, Ράδιο- ερασιτέχνες, Στρατιωτικά.
VHF	30 to 300 MHz	PMR, TV, Στρατιωτικά, Ράδιο- ερασιτέχνες, FM broadcasting, Αεροναυπηγικές υπηρεσίες.
UHF	300 to 3000 MHz	TV, GSM, DCS, DECT, UMTS, Bluetooth, Radar.,
SHF	3 to 30 GHz	Radar, Μικρό-κυματικές ζεύξεις.
EHF	30 to 300 GHz	Radar, Μικρό-κυματικές ζεύξεις.

6.5 Γενικές πληροφορίες για την διαδικασία μετρήσεων

6.5.1 Ηλεκτρικά και Μαγνητικά Πεδία:

Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία μπορούν να διαιρεθούν σε δύο συνιστώσες : το ηλεκτρικό πεδίο E [V/m] και το μαγνητικό πεδίο A [A/m]. Το Η-πεδίο και το Μ-πεδίο είναι μαθηματικά αλληλεξαρτώμενα στο μακρινό πεδίο, δηλαδή μόνο ένα εκ των δύο πρέπει να μετρηθεί. Για παράδειγμα , στον ελεύθερο χώρο εάν μετρήσουμε το Μ-πεδίο σε μία περιοχή μπορούμε να υπολογίσουμε το Η-πεδίο και την Πυκνότητα Ισχύος S [W/m²] με τον παρακάτω τύπο:

$$E = H \times Z_0, S = H^2 \times Z_0 \text{ όπου } Z_0=377 \Omega$$

Σε αντίθεση , το Μαγνητικό και Ηλεκτρικό πεδίο πρέπει να μετρούνται ξεχωριστά στην περιοχή κοντινού πεδίου.

Συνήθως μετρούμε μόνο το Ηλεκτρικό πεδίο, εφόσον οι μετρήσεις γίνονται τυπικά στο μακρινό πεδίο. Το μαγνητικό πεδίο μπορεί να υπολογιστεί γνωρίζοντας ότι για την εμπέδηση ελεύθερου χώρου έχουμε $Z_0 = 377\Omega$. Εάν οι τιμές του Ηλεκτρικού και του Μαγνητικού πεδίου είναι χαμηλότερες από τα Όρια Αναφοράς, η πυκνότητα ροής ισχύος πρέπει να είναι και αυτή χαμηλότερη από τα όρια.

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τις μεθόδους για τις διαφορετικές αποστάσεις από τον σταθμό εκπομπής.

	Περιοχή (αντιδραστικού) Κοντικού πεδίου	Περιοχή (ακτινοβολούσα) κοντινού πεδίου	Περιοχή μακρινού πεδίου
πλευρικά όρια μετρούμενης περιοχής από την κεραία	0 έως λ	λ έως $\lambda+2D^2/\lambda$	$\lambda+2D^2/\lambda$ έως απειρο
$E \perp H$	όχι	Ναι	Ναι
$Z = E / H$	$\neq Z_0$	$\sim Z_0$	$= Z_0$
Στοιχείο Προς Μέτρηση	E & H	E ή H	E ή H

Οι μετρήσεις συνήθως πραγματοποιούνται μακρύτερα από την απόσταση που χρειάζεται η μέτρηση και των δύο πεδίων (μαγνητικό και ηλεκτρικό), η μέτρηση μόνο της μίας εκ των δύο συνιστωσών είναι αρκετή στις ακόλουθες περιπτώσεις :

- Για LF broadcast, περίπου σε απόσταση 2000 m (λ για 150kHz)
- Radio Broadcasting σε απόσταση 3m (λ για 100MHz)
- TV broadcasting σε απόσταση 6m (λ για band I) 1,5m (λ για band III) 50cm (λ για VI V)
- Σταθμός βάσης GSM σε απόσταση 30cm (λ για 935MHz) 15cm (λ για 1800MHz)
- Σταθμός Radar με παραβολική κεραία ($D=1,5m$ & $f=1367MHz$) σε απόσταση 21m.

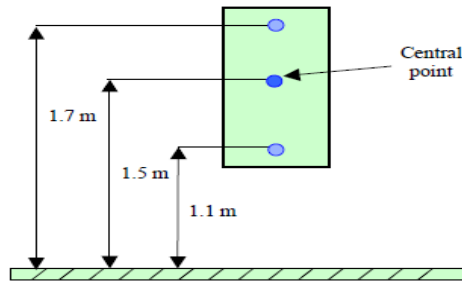
6.5.2 Επιλογή σημείου μέτρησης.

Τα σημεία μέτρησης θα πρέπει να επιλεγούν έτσι ώστε να αναπαριστούν τις τοποθεσίες με τα υψηλότερα επίπεδα έκθεσης που μπορεί να υποβληθεί ένας άνθρωπος, λαμβάνοντας υπόψη τις τοποθεσίες των γειτονικών κεραιών. Αυτές οι τοποθεσίες μπορούν να εντοπιστούν με μία πρόχειρη επισκόπηση μέτρησης με κάποιο μετρητή χειρός ή εάν αυτό δεν επιτύχει με θεωρητικό υπολογισμό του propagation από τις γειτονικές κεραιές.

Πλήθος σημείων

Η μέτρηση θα γίνεται για ένα μόνο σημείο , 1,5m πάνω από το επίπεδο του εδάφους.

Στην περίπτωση 1 και 3 εάν τα αποτελέσματα μέτρησης φτάσουν το επίπεδο απόφασης , θα ήταν προτεινόμενος ο μέσος όρος 3 σημείων ώστε να προσομοιωθεί (από τις μετρήσεις) η έκθεση στο ανθρώπινο σώμα.



Η τιμή της έντασης του πεδίου που θα χρησιμοποιηθεί σε περαιτέρω υπολογισμούς είναι ο μέσος όρος των τιμών (των τριών σημείων), όπου για κάθε σημείο :

$$E_{spatial_average} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 E_i^2}{3}}, \quad H_{spatial_average} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 H_i^2}{3}}$$

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2 , ΣΑΡΩΣΗ ΣΕ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΦΑΣΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ.

6.6 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Αυτή η μέθοδος θα πρέπει να εφαρμοστεί όταν επιθυμούμε τα επίπεδα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ανά συχνότητα. Ακόμα η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε συνθήκες μακρινού πεδίου.

6.6.1 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Για αυτού του τύπου την επισκόπηση χρησιμοποιούνται φορητοί ελαφριοί δέκτες (ή αναλυτές φάσματος) τροφοδοτούμενοι με μπαταρία. Είτε ο δεκτής είτε ο φασματικός αναλυτής θα πρέπει να έχουν την δυνατότητα χειρισμού με λογισμικό. Η σύνδεση με pc και ο χειρισμός μέσω λογισμικού είναι απαραίτητος για την διαχείριση της μεγάλης ποσότητας από τα δεδομένα μετρήσεων κατά την διάρκεια την επισκόπησης

, καθώς και για την συντήρηση των πληροφοριών αυτών με μορφή αρχειοθέτησης από κάθε επισκόπηση , με κάθε εξοπλισμό και από κάθε χειριστή που διεκπεραίωσε την συγκεκριμένη επισκόπηση. Το λογισμικό αυτό θα πρέπει να έχει λειτουργίες ώστε να λαμβάνεται υπόψη τον antenna factor και την απώλεια feeder cable insertion. Αυτή η λειτουργία δίνει την δυνατότητα για κάθε επισκόπηση να χρησιμοποιούνται διαφορετικοί antenna factors όπως και καλώδια ώστε να βελτιστοποιηθεί η παραμετροποίηση για μετρήσεις σε κάθε διαφορετικό φάσμα συχνοτήτων. Με αυτόν τον τρόπο η πιθανότητα ανθρώπινου σφάλματος παραμένει στο ελάχιστο. Πρέπει να λαμβάνετε υπόψη ότι οι δέκτες ή οι φασματική αναλυτές ενδέχεται να λειτουργούν σε εχθρικά περιβάλλοντα για ΡαδιοΣυχνότητες, με αποτέλεσμα αλλοίωσης των αποτελεσμάτων της επισκόπησης. Λειτουργίες όπως διαμόρφωση και καλό δυναμικό εύρος είναι απαραίτητες για αξιόπιστα αποτελέσματα.

Οι κεραιές επισκόπησης πρέπει να είναι ελαφριές και στιβαρές, ακόμα καλής ποιότητας καλώδια τροφοδοσίας θα ήταν επιθυμητά. Προτεινόμενοι τύποι κεραιών :

- Μαγνητικός βρόγχος για HF,
- Ευρυζωνική διπολική ή λογαριθμική περιοδική κεραία.
- Δικονική κεραία.
- Κατευθυντική κεραία για άλλου τύπου εκπομπές.
- Επιλεκτικός αισθητήρας (probe) “3-αξόνων”.

Για χαμηλότερες συχνότητες , δεδομένου του συγκεκριμένου μήκος κύματος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μικρές ηλεκτρικές κεραιές. Χρησιμοποιώντας παθητικές ηλεκτρικές κεραιές , η ελάχιστη απόσταση της κεραίας με οποιοδήποτε αντικείμενο θα πρέπει να είναι τουλάχιστο 1 λ (μήκος κύματος). Μετρήσεις σε συχνότητες κάτω από 600MHz με 50 cm απόσταση από το έδαφος θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ευρυζωνική , ηλεκτρική ή μαγνητική κεραία παρά διπολική κεραία. Το προσωπικό θα πρέπει να απομακρυνθεί από την κεραία κατά την διάρκεια της μέτρησης, όπου η κεραία θα πρέπει να τοποθετηθεί σε μη αγώγιμο τρίποδα ώστε να μην διαταράξει το ηλεκτρομαγνητικό μετρούμενο πεδίο.

6.7 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ

Έλεγχος Εξοπλισμού

Ο εξοπλισμός μέτρησης θα πρέπει να είναι βαθμονομημένος (calibrated) (σύμφωνα με την σύσταση του κατασκευαστή). Τα RF καλώδια, οι κυματοδηγοί και οι συνδετήρες (connectors) θα πρέπει να μαρκάρονται ώστε να ελέγχονται για μηχανικές βλάβες καθώς και για τα χαρακτηριστικά των insertion και return loss. Οποιαδήποτε αλλαγή στον antenna factor και cable loss θα πρέπει να προγραμματίζονται στον δέκτη του εξοπλισμού μέτρησης.

Είναι υποχρέωση της ομάδας επισκόπησης να ελέγχει εάν είναι σωστοί και ενημερωμένοι οι παράγοντες βαθμονόμησης του εξοπλισμού. Μια σημείωση στο σημειωματάριο επισκόπησης θα μπορεί να δείξει πότε και αν έγινε έλεγχος/ενημέρωση του εξοπλισμού. Ο έλεγχος θα πρέπει να γίνεται ώστε να φορτωθούν και να ενεργοποιηθούν οι επιθυμητοί παράμετροι των καλωδίων και της κεραίας στον δέκτη της συσκευής μέτρησης.

6.8 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Η διαδικασία διεξάγεται σύμφωνα με τα ακόλουθα βήματα:

6.8.1 Σημείο Μέτρησης

Η επιλογή του σημείου μέτρησης (τοποθεσία και αριθμό σημείων) γίνεται σύμφωνα με τις γενικές οδηγίες (Παράρτημα 1 5.2).

6.8.2 Μπάντα Συχνότητων

Αυτή η μέθοδος είναι κατάλληλη για συχνότητες μεταξύ 9kHz και 3GHz. Μέσα σε αυτό το συχνотικό εύρος, η διαδικασία μέτρησης καθώς και οι ρυθμίσεις της περίπτωσης 2 παρέχουν αξιόπιστα αποτελέσματα.

6.8.3 Ρυθμίσεις του δέκτη / φασματικού αναλυτή.

6.8.3.1 Φάσμα Συχνοτήτων

Το μετρούμενο εύρος αποτελείται από τμήματα του ευρύτερου Ράδιο φάσματος όσων αφορά τις ποικίλες πηγές RF. Μέσα στο φάσμα υπάρχει ένα μείγμα από ευρείας / στενής ζώνης, αναλογικές / ψηφιακές και συνεχόμενες / μη-συνεχόμενες πηγές. Επιπρόσθετα αν και υπάρχουν αρκετές single-services μπάρες υπάρχουν εξίσου shared μπάρες, όπου οι υπηρεσίες τους χρησιμοποιούν ποικίλων τύπων χαρακτηριστικά σήματος.

Για δέκτες προτείνονται τα εξής :

Bandwidth/step size:

9kHz – 30MHz, BW = 9 to 10 kHz, with a step size of 10kHz.

30MHz – 3GHz, BW = 100 kHz, with a step size of 100kHz.

Receiver dwell time:

0,1 seconds minimum

Για φασματικούς αναλυτές :

Bandwidth/sweep settings:

9kHz – 30MHz, BW = 10kHz, with a sweep time of 50-100ms.

30MHz – 300MHz, BW = 100kHz, with a sweep time of 100ms.

300MHz – 3GHz, BW = 100kHz, with a sweep time of 7—ms-
1sec.

6.8.3.2 Επίπεδο Threshold

Το επίπεδο Threshold επιλέγεται 40dB κατώτερα από το επίπεδο αναφοράς. Εάν καμία εκπομπή δεν ξεπερνά το επίπεδο threshold μέσα σε μία μπάντα συχνοτήτων τότε μπορεί να αναφερθούν οι 2 υψηλότερες εκπομπές εντός αυτής.

6.8.3.3 Antenna Polarisation

Οι μετρήσεις θα πρέπει να πραγματοποιηθούν με την κεραία τόσο σε κατακόρυφο όσο και οριζόντιο επίπεδο.

6.8.3.4 Κατάσταση

Θα επιθυμητό να χρησιμοποιηθούν τεχνικές όπως Max-hold και ανιχνευτές peak mode.

6.9 ΜΕΤΑ-ΕΡΓΑΣΙΑ

Υπολογισμός του Μαγνητικού πεδίου H / Πυκνότητα ισχύος

Κάτω από συνθήκες Μακρινού πεδίου, οι μη μετρήσιμες ποσότητες μπορούν να υπολογιστούν με την παρακάτω φόρμουλα :

$$S = EH \text{ or } S = \frac{E^2}{Z_0} \text{ or } S = H^2 Z_0$$

Όπου E και H είναι εκφρασμένα σε μονάδες V/m και A/m αντίστοιχα, και S σε μονάδες W/m².

6.10 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ

Η αβεβαιότητα για συγκεκριμένες μετρήσεις θα πρέπει να αξιολογηθεί σύμφωνα με τις παρακάτω υπο-προτάσεις, λαμβάνοντας υπόψη τις ποσότητες που καταγράφονται στον παρακάτω πίνακα. Η αβεβαιότητα $u_{(x_i)}$ καθώς και ο συντελεστής ευαισθησίας c_i θα υπολογιστούν για την εκτίμηση του x_i για κάθε ποσότητα. Η συνδυαστική αβεβαιότητα $u_c(y)$ για εκτίμηση του y υπολογίζεται ως εξής :

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (c_i * u_{(x_i)})^2}$$

η διευρυμένη αβεβαιότητα μέτρησης u_e υπολογίζεται :

$$u_e = 1,96u_c$$

και θα πρέπει να αποτυπωθεί στην αναφορά μέτρησης.

Ποσότητα Εισόδου	Αβεβαιότητα x_i		$u_{(x_i)}$	c_i	$(c_i u_{(x_i)})^2$ %
	τιμή %	Πιθανότητα κατανομή ; Διεραϊτής k			
Συσκευή μέτρησης (δέκτης, φασματικός αναλυτής) συμπεριλαμβανομένων των απολιών καλοδίου		normal k=1			1
Συντελεστής κεραίας		normal k=1			1
...
Συνδυαστική αβεβαιότητα	$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (c_i * u_{(x_i)})^2}$				
Διευρυμένη αβεβαιότητα (διάστημα βεβαιότητα 95%)	$u_e = 1,96u_c$				

Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι παραπάνω εκφράσεις δίνονται για υψηλό ποσοστό βεβαιότητας (95%). Τυπικά οι τιμές για τους φασματικούς αναλυτές συσχετίζονται με καλιμπραρισμένες κεραίες ως εξής:

Ποσότητα Εισόδου	Αβεβαιότητα (διάστημα βεβαιότητας 95%)	Αβεβαιότητα (num) (διάστημα βεβαιότητας 95%)	$u_{(x_i)}$ Αβεβαιότητα (num) (διαστήματα βεβαιότητας 66%)
Συντελεστής Κεραίας	1.0 dB	0.12	0.06
Καλώδιο	0.2 dB	0.02	0.01
Δέκτης	2.0 dB	0.26	0.13

Τα ακόλουθα συνδυαστικά και διευρυμένα αποτελέσματα αβεβαιότητας προκύπτουν από τα παραπάνω.

Συνδυαστική αβεβαιότητα	$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (c_i * u_{(x_i)})^2}$	1,165 dB
διευρυμένη αβεβαιότητα (διάστημα βεβαιότητας 95%)	$u_e = 1,96u_c$	2,15 dB

6.11 Αναφορά

Τα κύρια στοιχεία για την δομή της αναφοράς είναι τα ακόλουθα :

6.11.1 Στόχοι και Περιορισμοί

Οι στόχοι και οι διαδικασίες πρέπει να περιγράφονται (π.χ η τοποθεσία μέτρησης, η επιλογή των σημείων της μέτρησης).

6.11.2 Περιγραφή της τοποθεσίας μέτρησης

Πρέπει να παρέχονται πληροφορίες όπως :

- Ημερομηνία , ώρα έναρξης και λήξης.
- Γεωγραφικές συντεταγμένες (WGS84) : γεωγραφικό μήκος και πλάτος (GPS).
- Διεύθυνση.

- Περιγραφή τοποθεσίας μέτρησης (π.χ. σε περίπτωση μιας σύνθετης αστικής τοποθεσίας).
- Λίστα με τους ορατούς καταχωρημένους εκπομπούς (κεραίες).
- Θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου ($^{\circ}\text{C}$).

6.11.3 Περιγραφή Εξοπλισμού

Ο εξοπλισμός που θα χρησιμοποιηθεί καθώς και τα σχετικά χαρακτηριστικά του θα πρέπει να σημειωθούν στην αναφορά. Το παράδειγμα που ακολουθεί περιγράφει τα παραπάνω.

- For an antenna:

Antenna n ^o ...	
Manufacturer	Gain (Fmin and Fmax –Gain in the axis)
Type	Antenna factor uncertainty
Frequency band	Check / update date

- For an Spectrum Analyser or receiver :

Equipment n ^o	
Manufacturer	Frequency Band
Type	Check / update date
Measurement Uncertainty	

- For a probe

Equipment n ^o	
Frequency Band	Dynamic range
Measurement uncertainty	Check / update date

6.11.4 Αβεβαιότητα

Για τον λόγο ότι πρέπει να είμαστε ακριβής, κάθε μέτρηση πρέπει να συνοδεύετε με την δήλωση της αβεβαιότητας που περιγράφετε στην διαδικασία μέτρησης.

6.11.5 Αναφορά μέτρησης

Οι μετρήσεις θα πρέπει να παρουσιάζονται σε μορφή tabular (προαιρετικά κ σε γραφική μορφή) για κάθε τοποθεσία μέτρησης σε αντιδιαστολή με τα αντίστοιχα όρια έκθεσης.

Μετρούμενο χαρακτηριστικό E

Ο πίνακας που ακολουθεί χρησιμοποιείτε για την αναφορά συγκεκριμένης εκπομπής

Frequency	Value	Results	Unit	Equipment

Υπολογίσιμα χαρακτηριστικά

Τα H,S μπορούν να υπολογιστούν συμφωνά με τον τύπο

$$S = EH \text{ or } S = \frac{E^2}{Z_0} \text{ or } S = H^2 Z_0$$

που προαναφέρθηκε στην παράγραφο για την μεταεργασία .

Εφαρμογή την οδηγίας μέτρησης

Οι μετρούμενες καθώς και οι υπολογίσιμες ποσότητες θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της συμμόρφωσης με τα όρια έκθεσης.

- Τα E,H και S θα πρέπει να συγκρίνονται με τα επίπεδα αναφοράς.
- Τα E,H και S θα χρησιμοποιηθούν ώστε να υπολογιστεί η τελική συνολική ποσότητα έκθεσης.

Μερικά παραδείγματα υπολογισμού της συνολικής έκθεσης :

- Η συνολική έκθεση με βάση την πυκνότητα ισχύος

$$\sum_{i=1}^N \frac{S_i^{meas}}{S_i^{guid}} = \frac{S_1^{meas}}{S_1^{guid}} + \frac{S_2^{meas}}{S_2^{guid}} + \frac{S_3^{meas}}{S_3^{guid}} + \dots + \frac{S_N^{meas}}{S_N^{guid}} < 1$$

- Η συνολική έκθεση αναφερόμενη σε επακόλουθο ηλεκτρικής διέγερσης ($a=87$ V/m, $b=5$ A/m , όπου E_1 και H_1 είναι όρια σχετικά με την συχνότητα)

$$\sum_{f=1\text{Hz}}^{1\text{MHz}} \frac{E_f}{El, f} + \sum_{f>1\text{MHz}} \frac{E_f}{a} \leq 1$$

$$\sum_{j=1\text{Hz}}^{150\text{kHz}} \frac{H_j}{Hl, j} + \sum_{j>150\text{kHz}} \frac{H_j}{b} \leq 1$$

(Source: European recommendation of 12 July 1999;(1999/519/EC))

- Η συνολική έκθεση αναφερόμενη σε θερμικές επιδράσεις ($c=87 / f^{1/2}$ V/m, $d=0.73 / f$ A/m, όπου E_1 και H_1 είναι όρια σχετικά με την συχνότητα)

$$\sum_{f=100\text{kHz}}^{1\text{MHz}} \left(\frac{E_f}{c}\right)^2 + \sum_{f>1\text{MHz}} \left(\frac{E_f}{El, f}\right)^2 \leq 1$$

$$\sum_{j=100\text{kHz}}^{150\text{kHz}} \left(\frac{H_j}{d}\right)^2 + \sum_{j>150\text{kHz}} \left(\frac{H_j}{Hl, j}\right)^2 \leq 1$$

(Source: European recommendation of 12 July 1999;(1999/519/EC))

7 Περιγραφή εξοπλισμού, Μεθοδολογία και Αποτελέσματα Μετρήσεων

7.1 Αναλυτής Χειρός Φάσματος RF σειρά SPECTRAN® 40xx

συμπεριλαμβανομένης κεραίας δειγματοληψίας EMC

Αναλυτής Φάσματος VECTOR για ημιεπαγγελματική

SPECTRAN®HF4060Rev.3

SPECTRAN®
World's first LowCost Handheld Spectrum Analyser!

"These novel spectrum analysers from Aeronia AG finally fulfill the long-standing dream of electronics engineers and environmental measurement technicians of a full-featured spectrum analyser which is affordable for everyone and easy to use even for the novice. This has always been deemed totally impossible by experts as such devices always used to cost a fortune."

EMF & RF sensor inputs
High-grade, gold-plated construction with over-torque protection

Sensor mount
For sturdy connection of HyperLOG EMC antennas or Aeronia TCO and 3D sensors

Patented signal analysis
Patented, innovative RF vector frequency scanning and processing technology

Signal processor
Integrated signal processor (DSP) for ultra-fast calculation and display of measurements

USB 2.0 Connector
Super-fast USB 2.0 connector for your PC or laptop. Also allows software updates (over the Internet) to the internal FLASH program memory

Data logger function
For long-term measurements

High-grade keyboard
Laser-labelled, with SOLID keycaps and clear layout

Internal speaker
For reproducing AM and FM demodulation.

Professional tripod socket
Solid 5/8" socket for mounting the Aeronia bearing handle or a regular tripod on the back of the unit

Aeronia battery pack
For extremely long battery life. Available with 4 and 7 hours of continuous operation!

Huge LC display
High-resolution digital display with 80x80mm! in FSTN quality with various numeric indicators, high-resolution pixel display, large bargraph and text display for SIMULTANEOUS display of several measurement results and physical units

Power input
For external power supply and charging the Aeronia battery pack

Audio output

Multi-functional dial
For professional "single-hand use" and practical navigation of menus

Integrated battery charger

WINNER
Test & Measurement

Radio 2009 ART
Test and Measurement
Spectran HF4060

PICK HIT 2009
HF-4040 Rev3

EMV 2009 Stuttgart
EMV 2009 Stuttgart
EMV 2009 Stuttgart
EMV 2009 Stuttgart

USB 2.0 ready

IEC

CE

The above functionality is different depending on the particular model, see inside for details

SPECTRAN® - Our affordable EMC / environmental measurement devices

Επιγραμματικά :

- Frequency range: 100MHz to **6GHz***
- Typ. level range: -90dBm to 0dBm*
- Lowest possible SampleTime: 100mS
- Typ. accuracy: +/- 3dB*
- Filter bandwidth (RBW) Min: 100kHz
- Filter bandwidth (RBW) Max: 50MHz
- Vector (I/Q) / True RMS level measurement
- High performance DSP (Digital Signal Processor)
- USB 2.0 interface
- Direct RF spectrum display
- Frequency and signal strength display
- Enhanced triple multi-function display
- Advanced HOLD function
- Switchable PULS mode
- Exposure limit calculation according to DIN/VDE 0848
- AM / FM Demodulation
- DECT& TimeSlot Analyser
- Realtime PEAK power detector (option)
- **1MB memory expansion (option)**
- Internal datalogger (64K)
- Internet software updates
- Incl. battery pack and charger
- Incl. HyperLOG **7060** EMC antenna
- Incl. aluminum carrycase
- Dimensions (L/W/D): (260x86x23) mm
- Weight: 420gr
- **Warranty: 10 years**



Παραδείγματα εφαρμογών για τον Αναλυτή Φάσματος Spectran® HF-40xx

Ανάλυση και μέτρηση:

- WLAN
- UMTS
- WiFi
- active Radar
- GSM900
- GSM1800
- Bluetooth
- microwave ovens
- DECT-phones
- TETRA
- 70cm ham radio
- UWB (FB1-FB4)



Αναλυτική Περιγραφή :

Συμμόρφωση με τα πρότυπα κατ' ακρίβεια

Οι μετρήσεις RF σε αυτή τη γκάμα κόστους δεν ήταν ποτέ τόσο επαγγελματικές. Βρείτε πηγές ακτινοβολίας στο περιβάλλον σας. Βρείτε τις αντίστοιχες συχνότητες και εντάσεις σήματος, συμπεριλαμβανομένης και **άμεσης εμφάνισης των ορίων έκθεσης**. Αυτό κάποτε ήταν αδύνατο σ' αυτή την κατηγορία κόστους, με τις επαγγελματικές μονάδες εξοπλισμού μέτρησης να κοστίζουν αρκετές χιλιάδες ευρώ και να είναι ιδιαίτερα περίπλοκες στο χειρισμό τους.

Οι εξαιρετικά περίπλοκοι υπολογισμοί της ανάλυσης φάσματος συμπεριλαμβανομένων των υπολογισμών έκθεσης, πραγματοποιούνται στο παρασκήνιο, από έναν υψηλής απόδοσης DSP (επεξεργαστή ψηφιακού σήματος). Αυτός ο υπερ-γρήγορος επεξεργαστής επιτρέπει ακόμα απεικόνιση σε πραγματικό χρόνο σε όλες τις EMF (LF) εκδόσεις της σειράς SPECTRAN®.

Γρήγορο, βολικό, αποδοτικό, όμορφο εξωτερικά και ακριβές – τι περισσότερο θα μπορούσατε να ζητήσετε;

Επαγγελματικό πρόγραμμα ανάλυσης για PC (δωρεάν download)

Το επαγγελματικό πρόγραμμα ανάλυσης για PC επιδεικνύει τις τεράστιες δυνατότητες του SPECTRAN. Αυτό το πρόγραμμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε

συνδυασμό με το SPECTRAN και προσφέρει απίστευτα πολλές λειτουργίες. Και όλα αυτά δωρεάν. Απλώς κατεβάστε το από την κεντρική μας ιστοσελίδα, και ο υπολογιστής σας μετατρέπεται σε έναν πραγματικό αναλυτή φάσματος με πολλές απεικονίσεις / μεγάλη οθόνη απεικόνισης:

Δυνατότητα πολλαπλών συσκευών! Απομακρυσμένος έλεγχος πολλών διαφορετικών μονάδων SPECTRAN. Μπορείτε να τις ρυθμίσετε και να εμφανίζονται τα δεδομένα τους να εμφανίζονται αμέσως σε ένα PC.

Υψηλή ανάλυση! ελευθερία μεγέθυνσης, έγχρωμη απεικόνιση φάσματος με λειτουργία ελαχιστοποίησης

Απεικόνιση αναγνωριστικού καναλιού! για την ακριβή ταυτοποίηση κάθε πάροχου. Αριθμός καναλιού κλπ. Με ελευθερία προγραμματισμού και επέκτασης. Μέχρι και 10! δείκτες με εμφάνιση της συχνότητας και της στάθμης.

Αυτόματος έλεγχος της μεγέθυνσης και πολύ εύκολη ρύθμιση της συχνότητας. Υψηλής ποιότητας επικόνιση – «καταρράκτη» με ΧΡΟΝΟΚΩΔΙΚΑ. Ελεύθερη διαμόρφωση κλιμακας χρώματος. Ελεύθερη αυξομείωση μεγάλους. Επιλεκτική προβολή των δεδομένων ΑΠΕΥΘΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ ΤΟΥ ΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ στοχεύοντας με τον κέρσορα και πατώντας το πλήκτρο control!

Υψηλής ανάλυσης SLOT ANALYSER με απεικόνιση 3D!

SUPER-LOGGER: ΟΛΑ τα δεδομένα μπορούν να καταγραφονται συνεχόμενα στο δίσκο. Το είδος των αρχείων μπορεί να αναγνωστεί με εφαρμογές λογιστικών φύλλων, ώστε να μπορείτε να δημιουργήσετε προσαρμοσμένες αναφορές κλπ.

Διαφορετικά προκαθορισμένα προφίλ για DECT, UMTS, GSM, Wlan κλπ για άμεση ανάκληση. Συμπεριλαμβάνονται βέλτιστες παράμετροι και εκτεταμένες πληροφορίες για τα κανάλια. Ελεύθερα προγραμματιζόμενο και επεκτάσιμο!

Ανεξάρτητη κεντρική προβολή με ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΗ προβολή dBm, dBμV, V/m, W/m² και A/m, το καθένα με AUTORANGE. Ελεύθερα μεταθέσιμη και επεκτάσιμη.

ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΗ προβολή ορίου έκθεσης με διάφορα προφίλ (ICNIRP, τιμές προφύλαξης Salzburg, ECOLOG, κλπ.). Πλήρως προγραμματιζόμενα και με μια σχεδόν ανεξάντλητη γκάμα επιλογών προβολής.

Λειτουργικότητα ενημέρωσης των firmware της συσκευής μέτρησης SPECTRAN.

Πλήρως προγραμματιζόμενη ανάθεση πλήκτρων και ετικέτες για τις συσκευές μέτρησης Spectran.

Διαχειριστής αρχείων και ΣΥΝΤΑΚΤΗΣ για δημιουργία και διαχείριση των ΔΙΚΩΝ ΣΑΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ για συσκευές μέτρησης SPECTRAN.

Επιλογή ‘μετονομασίας’ για οποιαδήποτε από τις μονάδες SPECTRAN που διαχειρίζεστε (π.χ. ονόμα τοποθεσίας) για καλύτερη αναγνώριση κλπ.

ΑΝΑΛΥΣΗ Φάσματος

Η τέλεια ανάλυση:

Οι επαγγελματικές συσκευές μέτρησης RF χρησιμοποιούν **προσέγγιση μέτρησης εξαρτώμενη από τη συχνότητα**, την αποκαλούμενη **ανάλυση φάσματος**. Σε ένα ορισμένο εύρος συχνότητας, τα μεμονωμένα σήματα και οι αντίστοιχες εντάσεις κατανέμονται, για παράδειγμα σε μια απεικόνιση «ραβδογράμματος» (δείτε τις εικόνες του SPECTRAN® στα αριστερά). Το ύψος των μεμονωμένων ράβδων αντιπροσωπεύουν τις αντίστοιχες εντάσεις σήματος. Για τις 3 πιο ισχυρές πηγές σήματος, το SPECTRAN® αυτομάτως εμφανίζει την ακριβή συχνότητα και το επίπεδο του σήματος, χάρη στη λειτουργία “Auto-Marker”. Εννοείται πως μπορείτε να ορίσετε το πλάτος του φίλτρου και το εύρος συχνότητας που θέλετε να αναλύσετε κατά προτίμηση.

Στο φάσμα RF που εμφανίζεται, αναλύεται ένα εύρος συχνοτήτων από 100MHz έως 7GHz περίπου από αριστερά προς τα δεξιά (πλήρης σάρωση). Κατά τη διάρκεια της ανάλυσης, η λειτουργία Auto Marker υποδεικνύει -πλήρως αυτοματοποιημένα- τρεις βασικές πηγές σήματος:

Σημα#1=942MHz (επικοινωνίες GSM) στα -63dBm

Σημα#2=2024MHz (UMTS) στα -23dBm

Σημα#3=5832MHz (802.11a WLAN) στα -42dBm

Χάρη στην ΑΜΕΣΗ απεικόνιση συχνότητας που διαθέτει για κάθε μεμονωμένη πηγή σήματος, είναι εφικτή μία αδιαμφισβήτητη χαρτογράφηση των μετρήσεων σε σχέση με τις αντίστοιχες πηγές ακτινοβολίας

Μακροπρόθεσμη μέτρηση (λειτουργία καταγραφής δεδομένων)

Οι συσκευές μέτρησης SPECTRAN® με λειτουργία καταγραφής δεδομένων επιτρέπει μακροπρόθεσμη καταγραφή των δεδομένων μέτρησης με πλήρη ελευθερία ορισμού της χρονικής διάρκειας. Αυτό είναι ένα ιδιαίτερα αναπόσπαστο κομμάτι της σοβαρής αξιολόγησης της έκθεσης από συσκευές και μηχανήματα που η κατανάλωση

τους αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου. Παράδειγμα τέτοιων μπορεί να είναι οι σιδηρόδρομοι, γραμμές και σταθμοί ηλεκτροδότησης, αλλά και οικιακές συσκευές και τα καλώδια με τα οποία ηλεκτροδοτούνται, και διάφορες εγκαταστάσεις μετάδοσης υψηλής συχνότητας όπως πύργους μετάδοσης κινητής τηλεφωνίας, κινητά τηλέφωνα, ραντάρ κλπ. Ανάλογα με την ώρα της ημέρας μπορεί να προκύψει σημαντική διαφοροποίηση της έκθεσης (δείτε το γράφημα στα δεξιά). Χωρίς μακροπρόθεσμες μετρήσεις, μπορεί να προκύψει μια τεράστια παρερμηνεία της ολικής έκθεσης. Με μακροπρόθεσμη καταγραφή με τη χρήση SPECTRAN®, οι καθημερινές διακυμάνσεις της έκθεσης μπορούν να καταγραφούν και να αναλυθούν. Έτσι η πραγματική ολική έκθεση μπορεί να αξιολογηθεί με ακρίβεια.

Με τέτοια λειτουργικότητα, μπορούν ακόμα να ανακαλυφθούν σποραδικά προβλήματα EMC τα οποία διαφορετικά θα ήταν πολύ δύσκολο να ανιχνευθούν. Παρ' όλο που οι μονάδες SPECTRAN® λειτουργούν 'μόνο' 2 με 3 ώρες (εξαρτάται από το μοντέλο) με μία φόρτιση, η έξυπνη 'λειτουργία Powerdown' επιτρέπει μεγαλύτερης διάρκειας μετρήσεις και την καταγραφή πολύ περισσότερων πληροφοριών. Τέλος, αν και αυτό δεν είναι αρκετό, μπορεί να χρησιμοποιήσετε την εξωτερική παροχή ενέργειας και να επιμηκύνετε απεριόριστα το χρόνο λειτουργίας.

SPECIFICATIONS base unit - HF-4060

Frequency range Min	100MHz	
Frequency range Max	6GHz	
Optional PEAK Power-Detector (Maximum usable frequency)***		6GHz
AVG Noise Level (1Hz)	-90dBm	
AVG Noise Level (1Hz) with PreAmp	-	
Maximum Level	0dBm	
Filter bandwidth (RBW) Min	100kHz	
Filter bandwidth (RBW) Max	50MHz	
EMC-Filter (RBW) 9kHz, 120kHz, 5MHz; 20MHz; 40MHz		-
Accuracy Base unit (typical)	+/-3dB	
Vector power measurement (I/Q) and True RMS	supported	
Lowest possible SampleTime	100mS	

FEATURES

14Bit Dual-ADC & DDC-Hardware-Filter		-
Standards-conformant exposure limits (ICNIRP, BGV B11, BlmSchV etc.)	supported	
Extended full ICNIRP range		-
Fast ZERO-SPAN Sweep	supported	
PULS-Mode	supported	
ADVANCED HOLD mode (HOLD function)		supported
INTERNAL Data Logger (long-term measurements)		64Kb
TIME-SLOT-ANALYZER	supported	
Internal speaker	supported	
Configurable antenna and cable calibration data	supported	
Audio demodulation		AM&FM

DISPLAY

DIRECT RF spectrum display	supported	
Exposure limits display with simultaneous percentage display	supported	
Main display in dBm, V/m, A/m or dB _i V (switchable) simultaneous	supported	

ADDITIONAL display in W/m² with AUTORANGE (pW, μW etc.) simultaneous supported

High-resolution bargraph (trend display) 14" Display supported

3fold marker display (ex. 3x power & frequency **at once**) supported

INTERFACES / CONNECTORS

Fast USB 2.0 Interface (PC connection) 2x supported

Audio output (2,5mm MONO) supported

DC input (max. 15V) for external power supply supported

50 Ohm SMA RF input (F) supported

Jog Dial (multi-function dial) for "one-hand operation" supported

INCLUDED ACCESSORIES (in addition to the base unit)

Miniature SMA rod antenna supported

HyperLOG EMC directional LogPer antenna (model) **7060**

Aaronia 7,2V high-performance battery (1300mAh) + charger 6 cell battery supported

Aluminum design transport case supported

PC analysis software (Windows, downloadable) supported

7.2 Μεθοδολογία Μετρήσεων

Οι Μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στον χώρο του εργαστηρίου τηλεπικοινωνιών στο κτήριο του τμήματος Πληροφορικής και Επικοινωνιών του ΤΕΙ Σερρών, από τις 08 Σεπτεμβρίου 2011 έως 06 Οκτωβρίου 2011. Για να αποδοθεί ως επι των πλεονεκτημάτων καλύτερα η απεικόνιση της ηλεκτρομαγνητικής επιβάρυνσης επιλέχθηκαν ώρες αιχμής κίνησης του τηλεφωνικού δικτύου. Οι μετρούμενες μπάντες συχνοτήτων αφορούν τις τρεις εταιρίες παροχής κινητής τηλεφωνίας καθώς και τις τρεις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται:

Cosmote-DCS1800-DownLINK-Sweep-1855.000M-1880.000M

Cosmote-GSM900-DownLINK-Sweep-930.000M-935.000M

Cosmote-UMTS-DownLINK-Sweep-2140.000M-2155.000M

Vodafone-DCS1800-DownLINK-Sweep-1840.000M-1855.000M

Vodafone-GSM900-DownLINK-Sweep-945.000M-960.000M

Vodafone-UMTS-DownLINK-Sweep-2110.000M-2130.000M

Wind-DCS1800-DownLINK-Sweep-1825.000M-1840.000M

Wind-GSM900-DownLINK-Sweep-935.000M-945.000M

Wind-UMTS-DownLINK-Sweep-2130.000M-2140.000M

Συμφωνά με τα προτύπα ECC RECOMMENDATION και τις οδηγίες ICNIRP Guidelines μετρησης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας,
Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν υπο τις εξείς συνθήκες :

Bandwidth : 100kHz

Sample Time : 0.5 sec

Μεσος Ορός μετρούμενων τιμών καθέ 6 λεπτά.

Οι μετρούμενες τιμές του συγκεκριμένου εξοπλισμού καταγράφοντε στον Ηλεκτρονικο Υπολογηστη μεσω συνδεσης USB στον Προγραμμα που παρεχετε απο την εταιρία, σε τιμές [dBm]. Η μεθοδολογία αποδοσης τους με υπολογήσημές τιμες προς συγκριση με τα όρια επικυνδυνότητα που ακολουθηθηκε ηταν οι εξής:

$$S \left[\frac{W}{m^2} \right] = \frac{10 * \left(\frac{P[dBm] - G[dbt]}{10} \right)}{1000} * \frac{4 * \pi}{\lambda^2}$$

Οπου μας δίνει την Πυκνότητα Ισχύος της εκάστοτε μέτρησης, έπειτα υπολογίζετε ο λόγος

$$\frac{S_{measurement}}{S_{guidelines}}$$

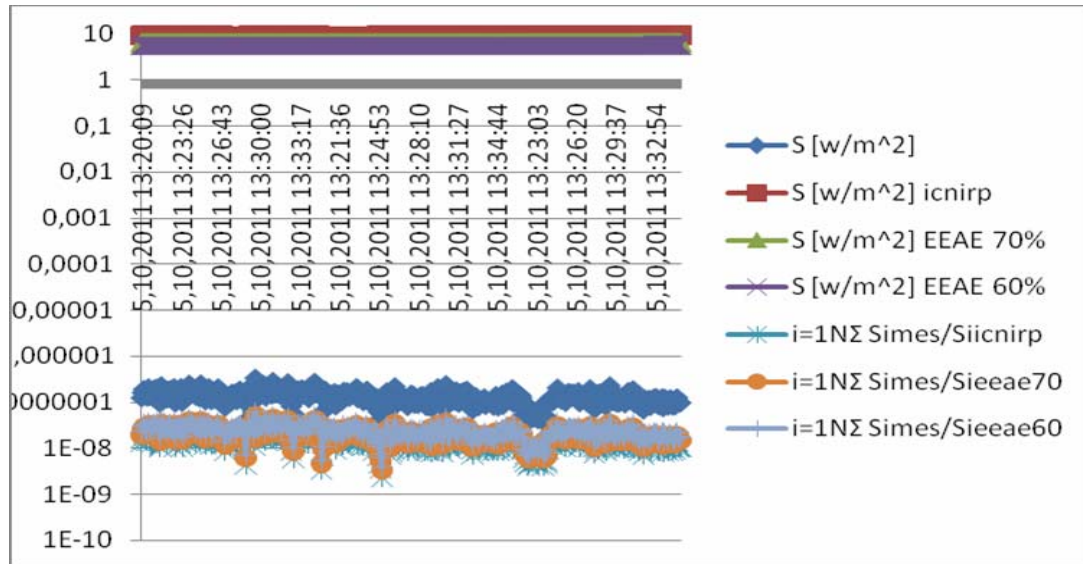
Για κάθε πρότυπο, ICNIRP , EEAE με συντελεστή μείωσης 70% και EEAE με συντελεστή μείωσης 60%.

Τέλος υπολογήσετε η συνολική έκθεση με βάση την πυκνότητα ισχύος

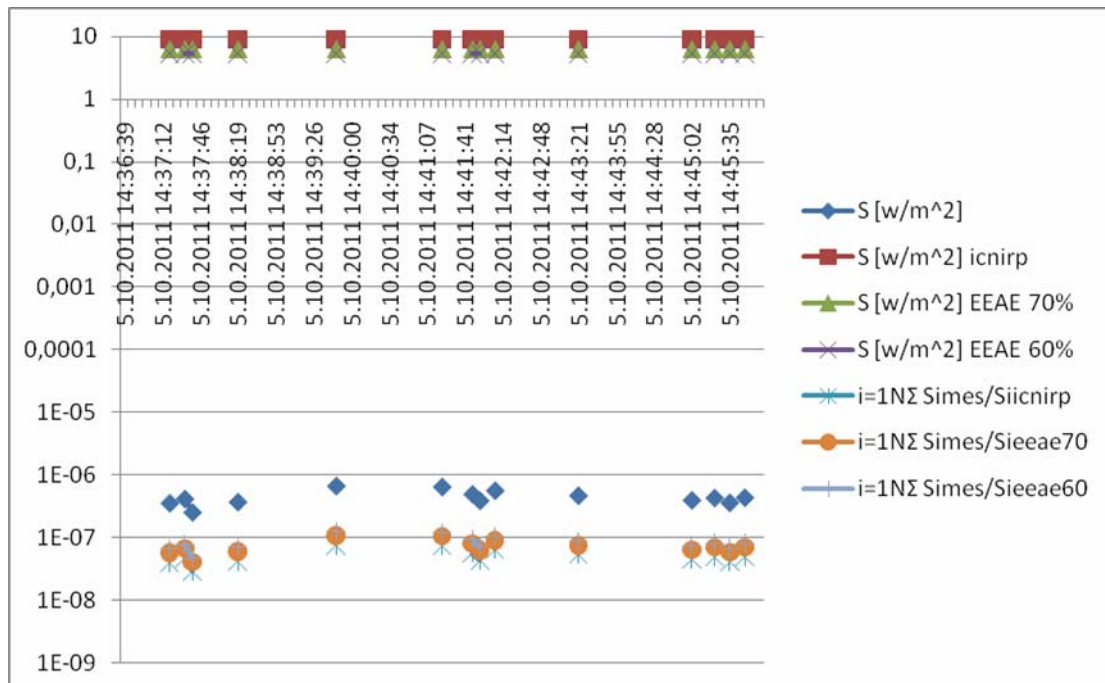
$$\sum_{i=1}^N \frac{S_i^{meas}}{S_i^{guid}} = \frac{S_1^{meas}}{S_1^{guid}} + \frac{S_2^{meas}}{S_2^{guid}} + \frac{S_3^{meas}}{S_3^{guid}} + \dots + \frac{S_N^{meas}}{S_N^{guid}} < 1$$

8 Ενδεικτικά Αποτελέσματα Μετρήσεων :

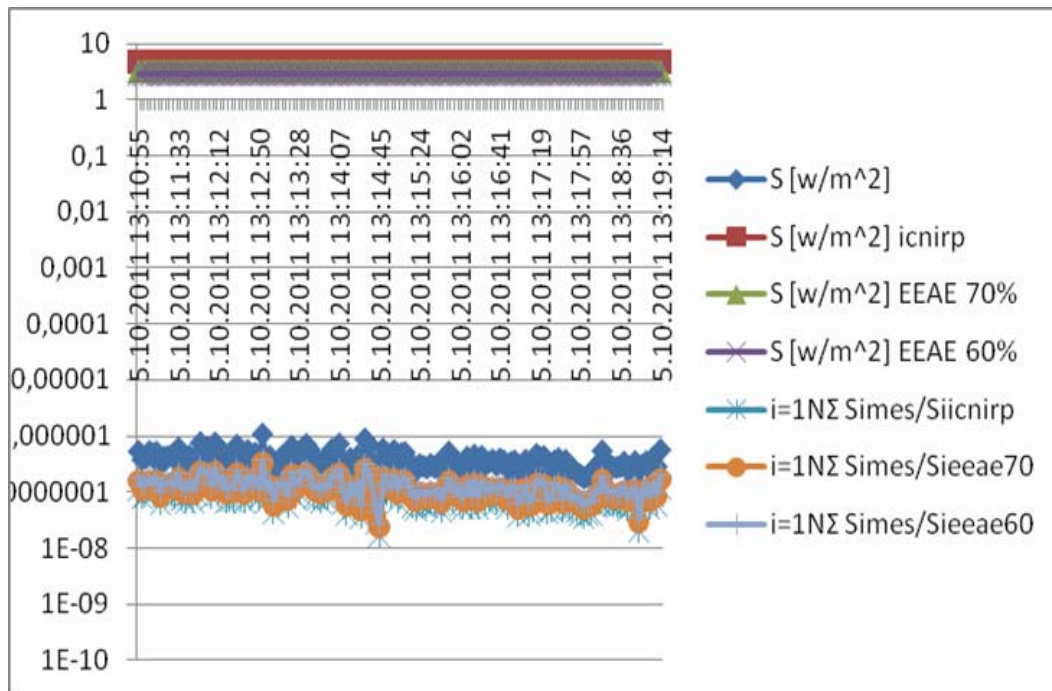
Cosmote-DCS1800-DL-Sweep-1855.000M-1880.000M-05.10.2011(13.20.02)



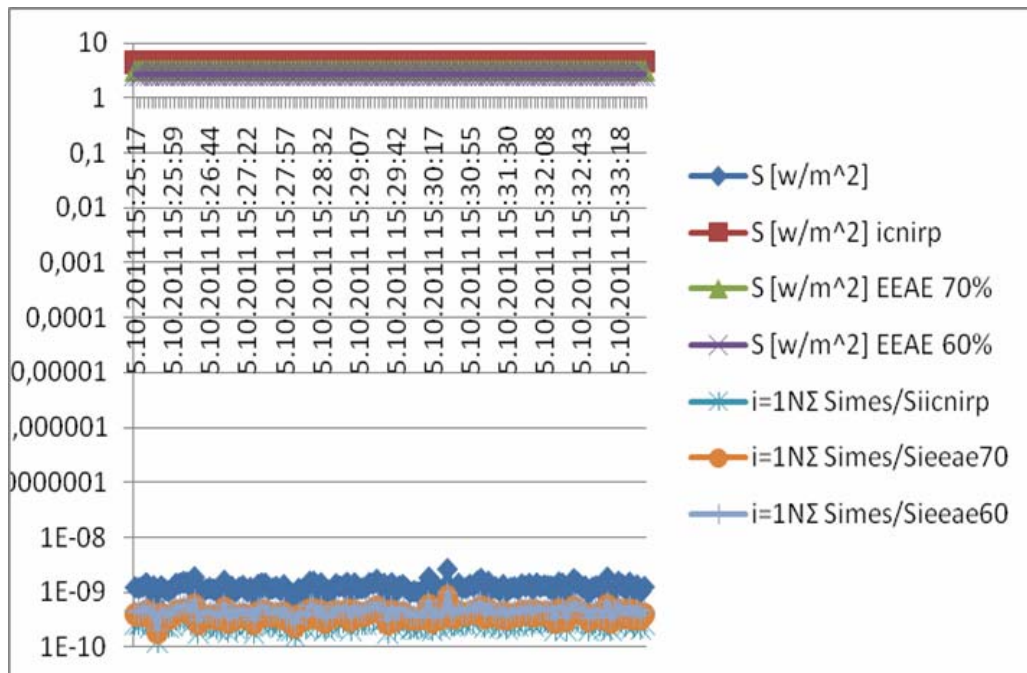
Cosmote-DCS1800-UL-Sweep-1760.000M-1785.000M-05.10.2011(14.36.34)



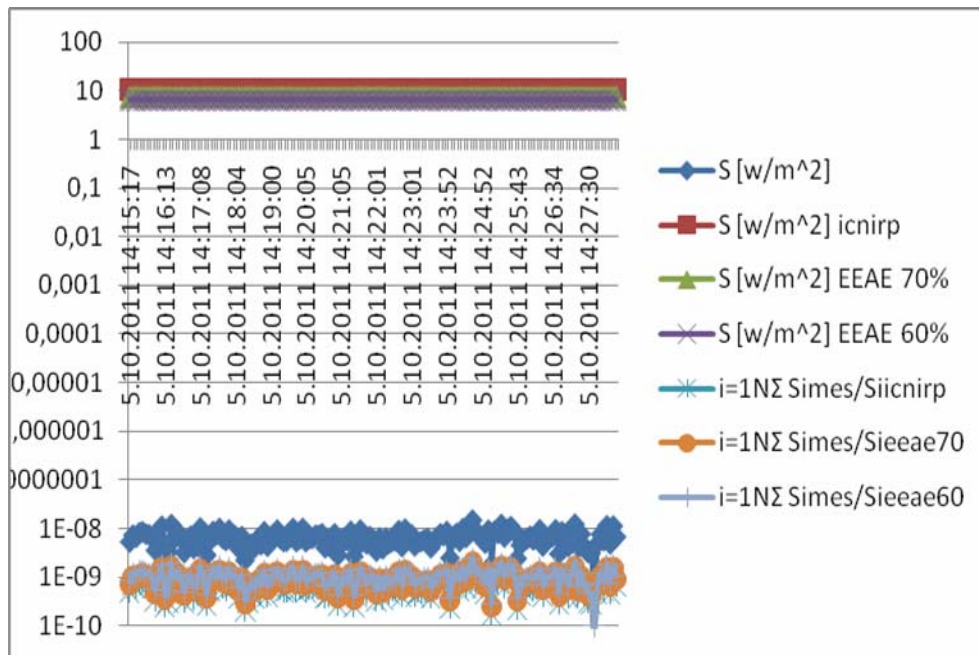
Vodafone-GSM900-DL-Sweep-945.000M-960.000M-05.10.2011(13.10.43)



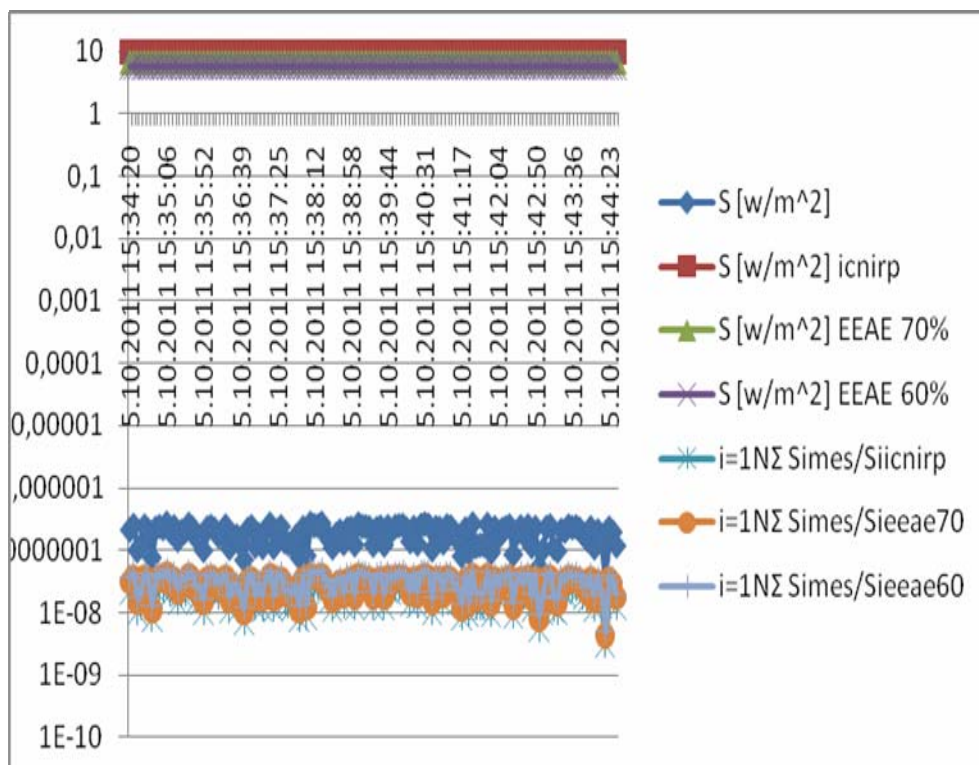
Vodafone-GSM900-UL-Sweep-900.000M-915.000M-05.10.2011(15.25.13)



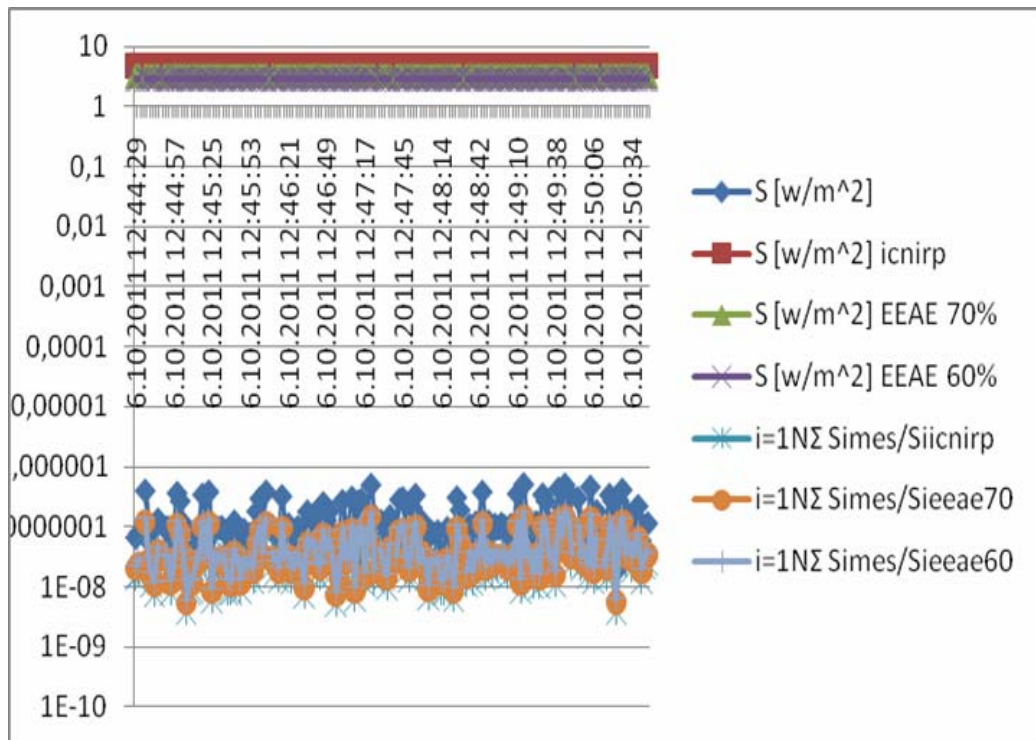
Vodafone-UMTS-DL-Sweep-2110.000M-2130.000M-05.10.2011(14.15.12)



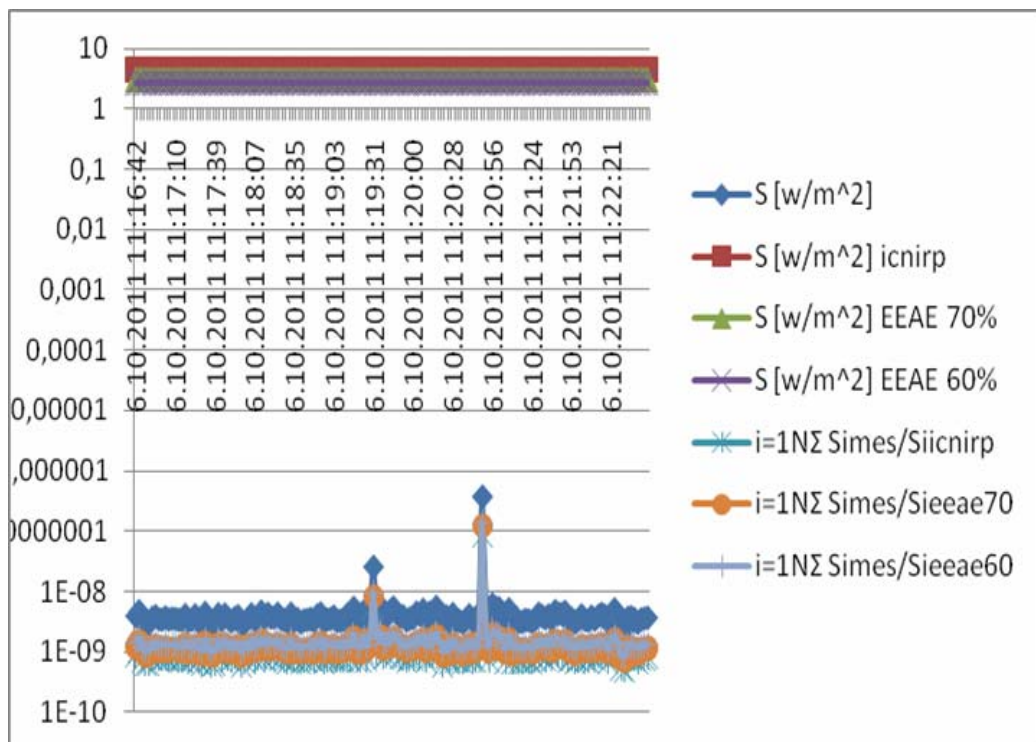
Vodafone-UMTS-UL-Sweep-1920.000M-1940.000M-05.10.2011(15.34.15)



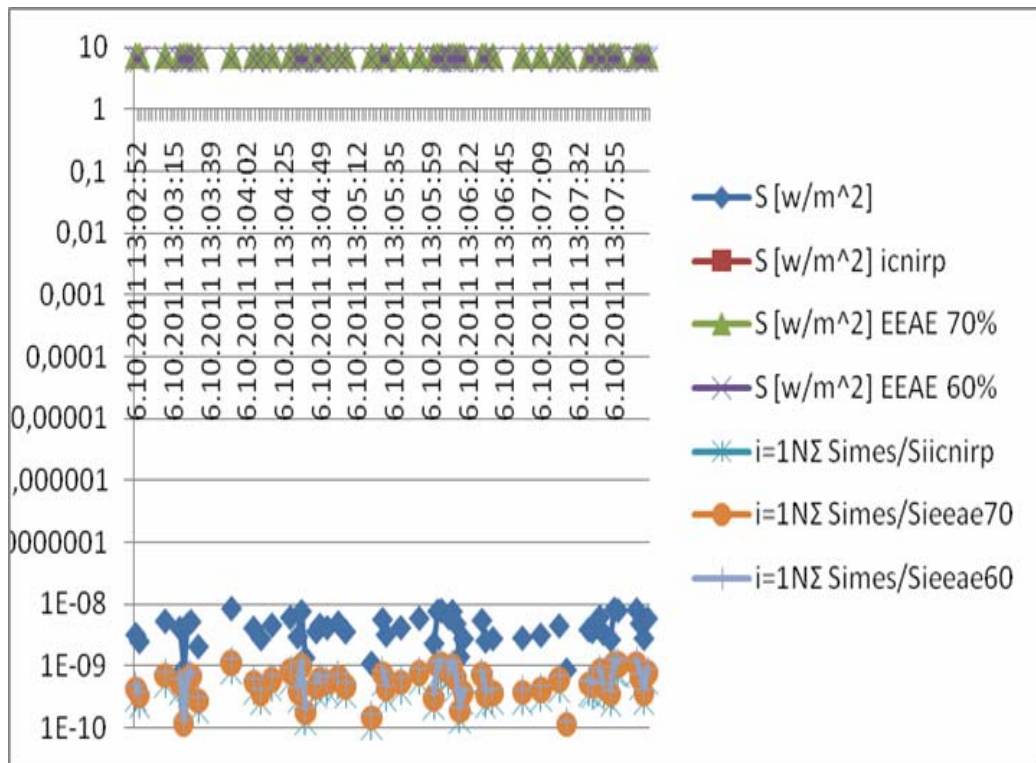
Wind-GSM900-DownLINK-Sweep-935.000M-945.000M-06.10.2011(12.44.24)



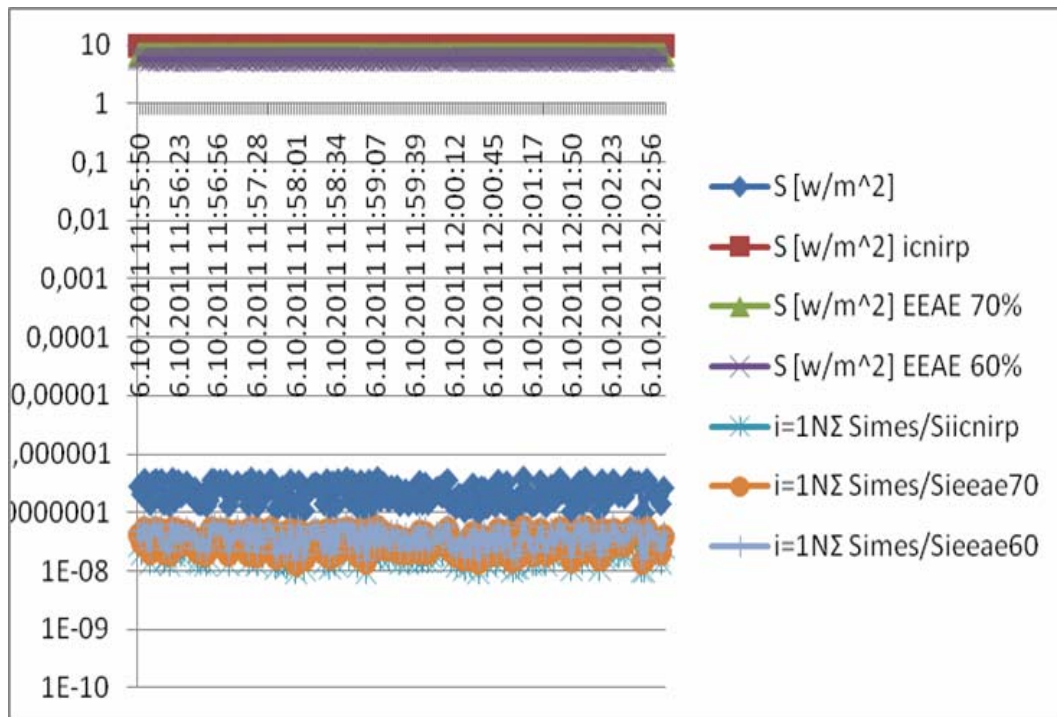
Wind-GSM900-UpLINK-Sweep-890.000M-900.000M-06.10.2011(11.16.37)



Wind-UMTS-DownLINK-Sweep-2130.000M-2140.000M-06.10.2011(13.02.47)

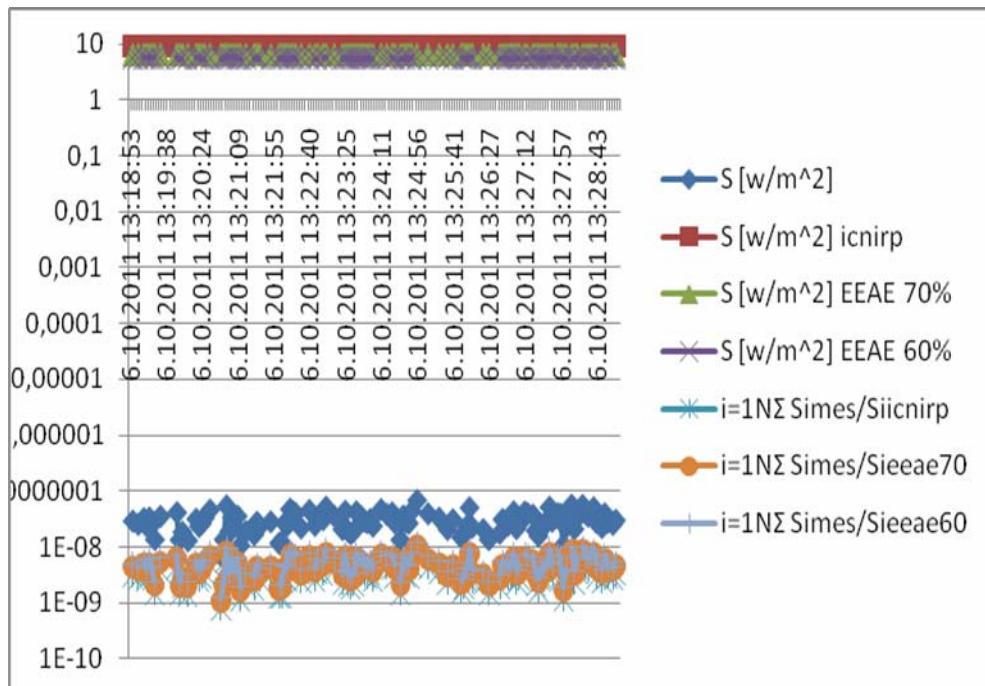


Wind-UMTS-UpLINK-Sweep-1940.000M-1950.000M-06.10.2011(11.55.46)

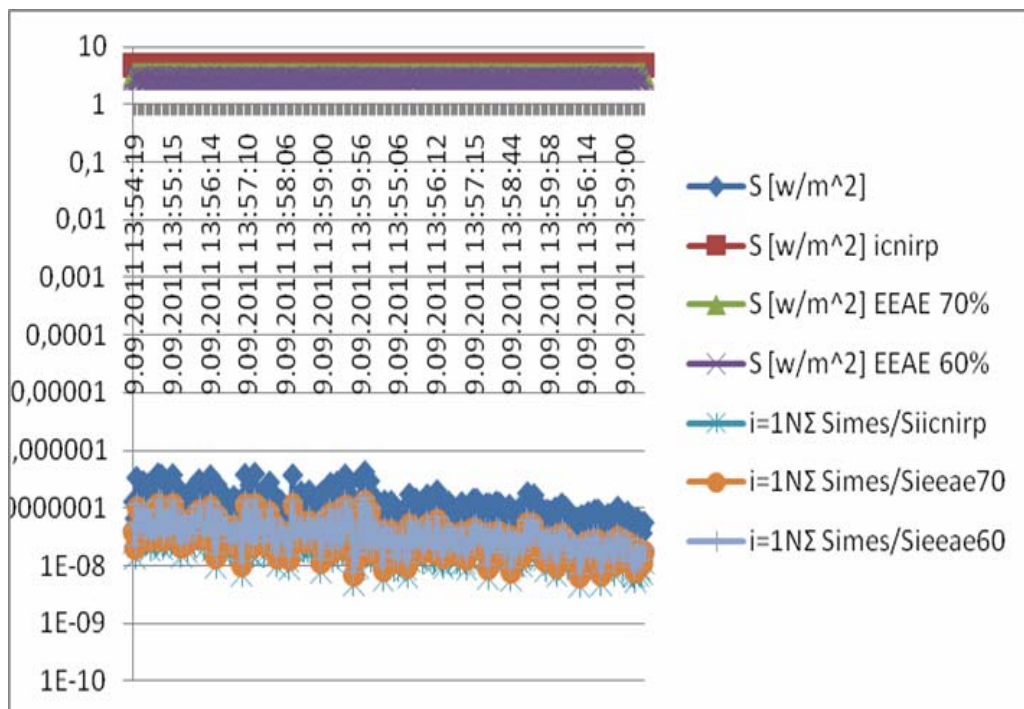


Vodafon-DCS1800-DownLINK-Sweep-1840.000M-1855.000M-

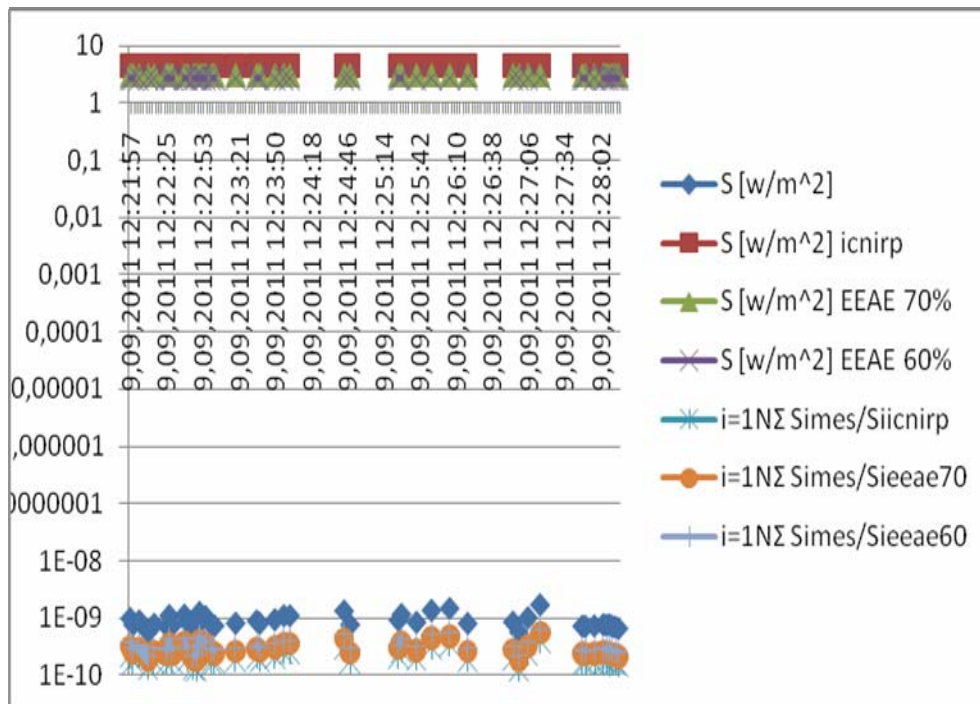
06.10.2011(13.18.49)



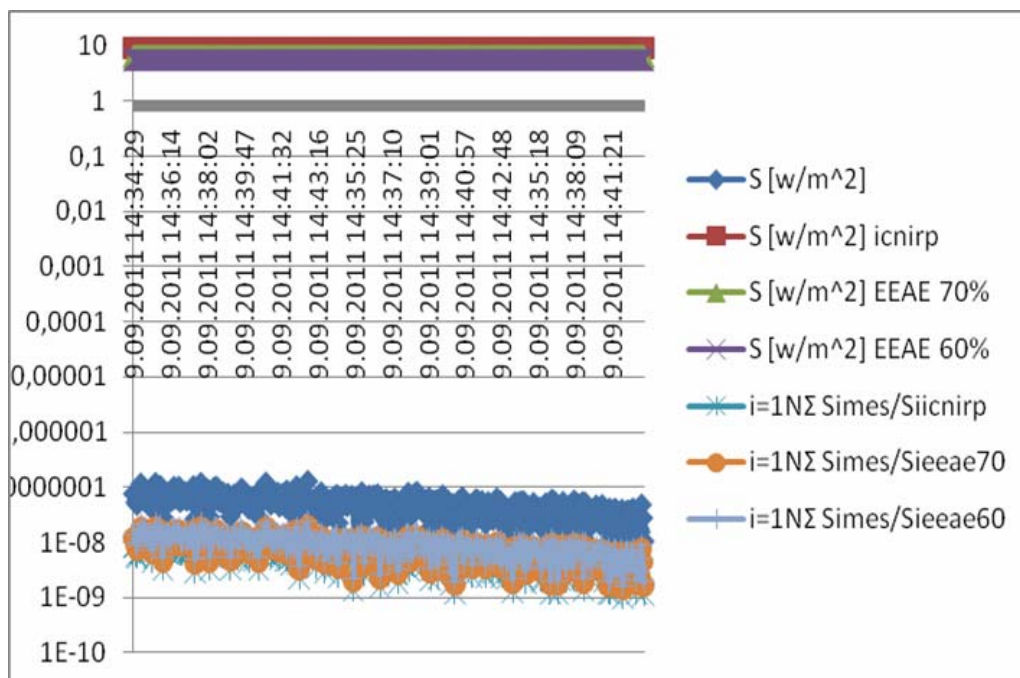
Wind-GSM900-DownLINK-Sweep-935.000M-945.000M-09.09.2011(14.03.43)



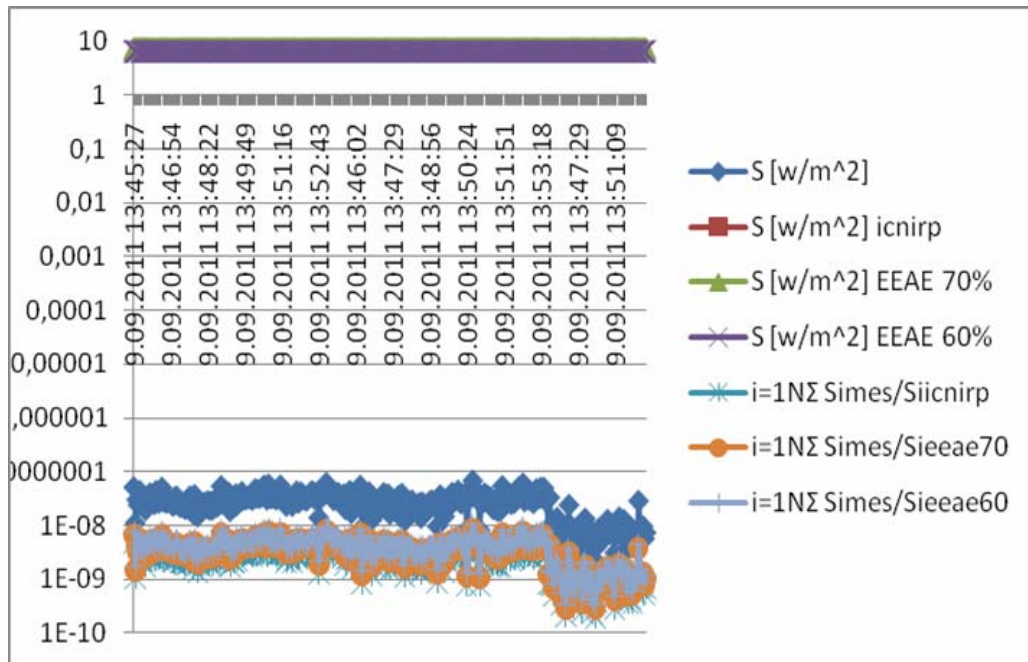
Wind-GSM900-UpLINK-Sweep-890.000M-900.000M-09.09.2011(12.28.10)



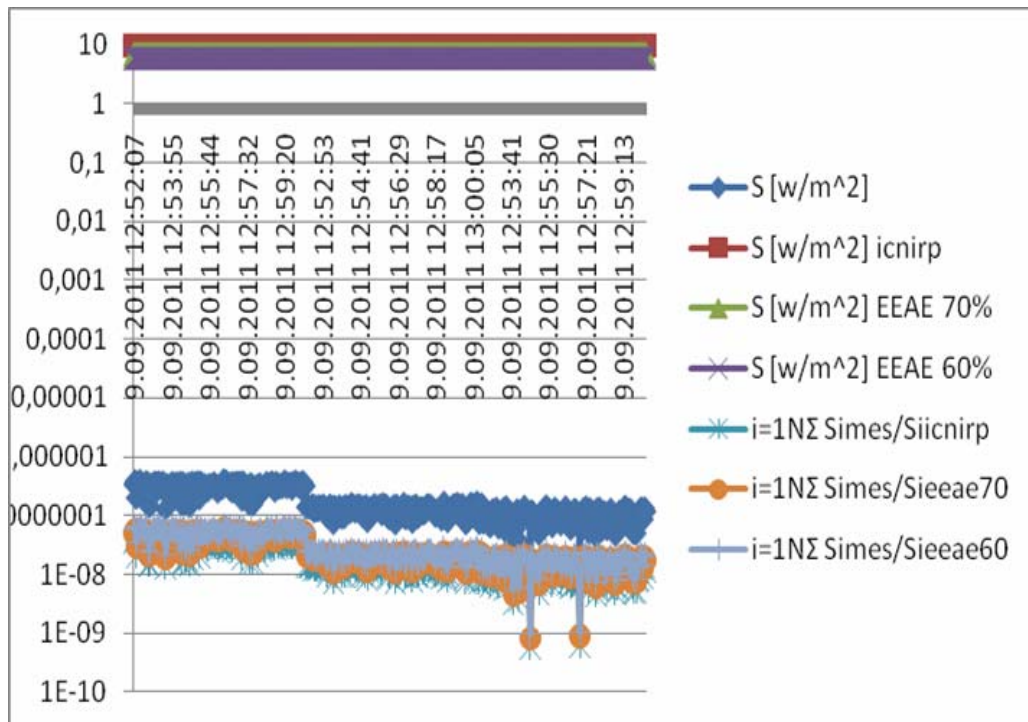
Vodafone-DCS1800-DownLINK-Sweep-1840.000M-1855.000M-09.09.2011(14.44.13)



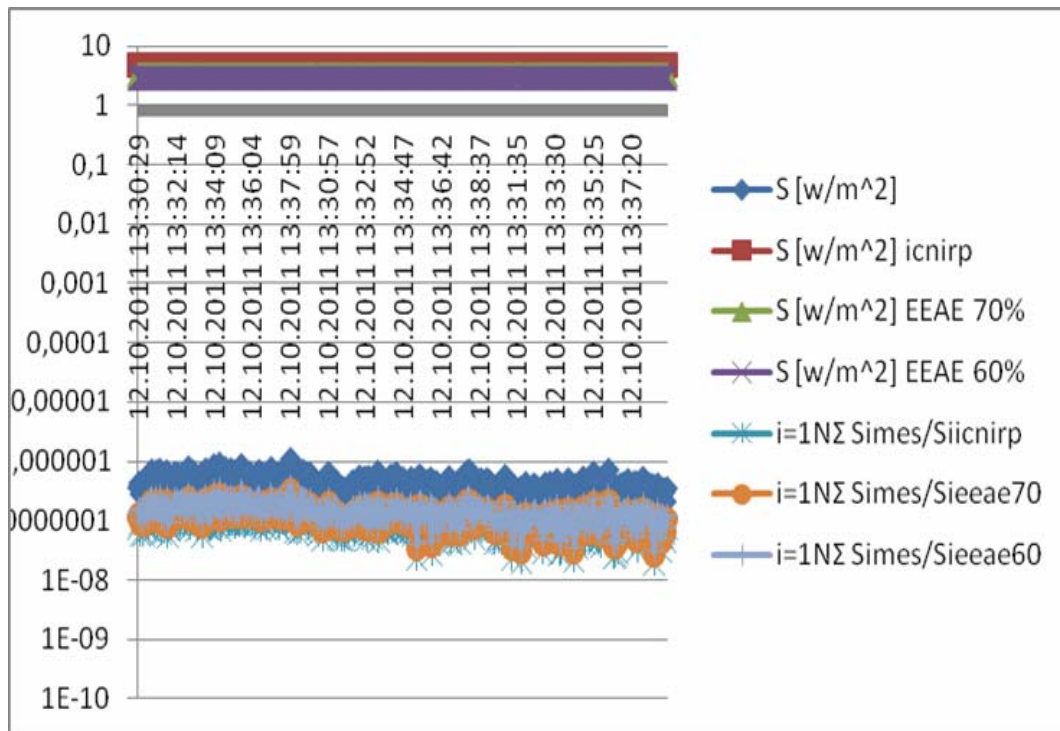
Cosmote-UMTS-DownLINK-Sweep-2140.000M-2155.000M-09.09.2011(13.53.40)



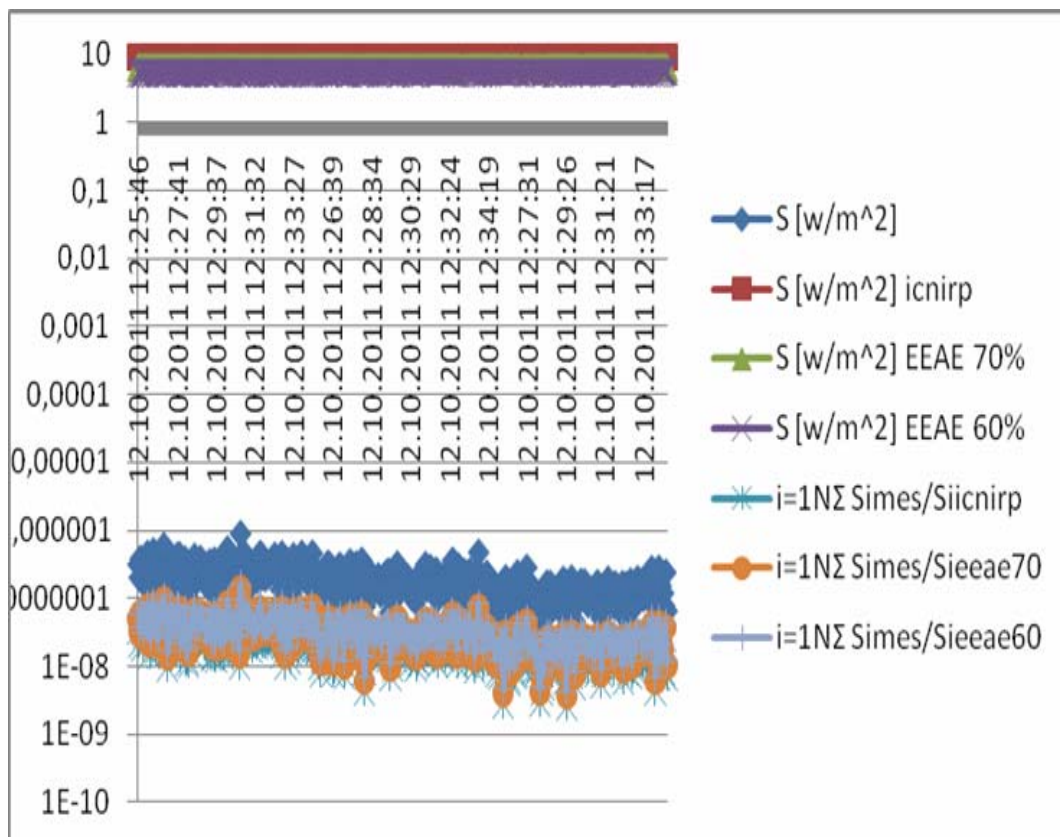
Cosmote-UMTS-UpLINK-Sweep-1950.000M-1965.000M-09.09.2011(13.00.31)



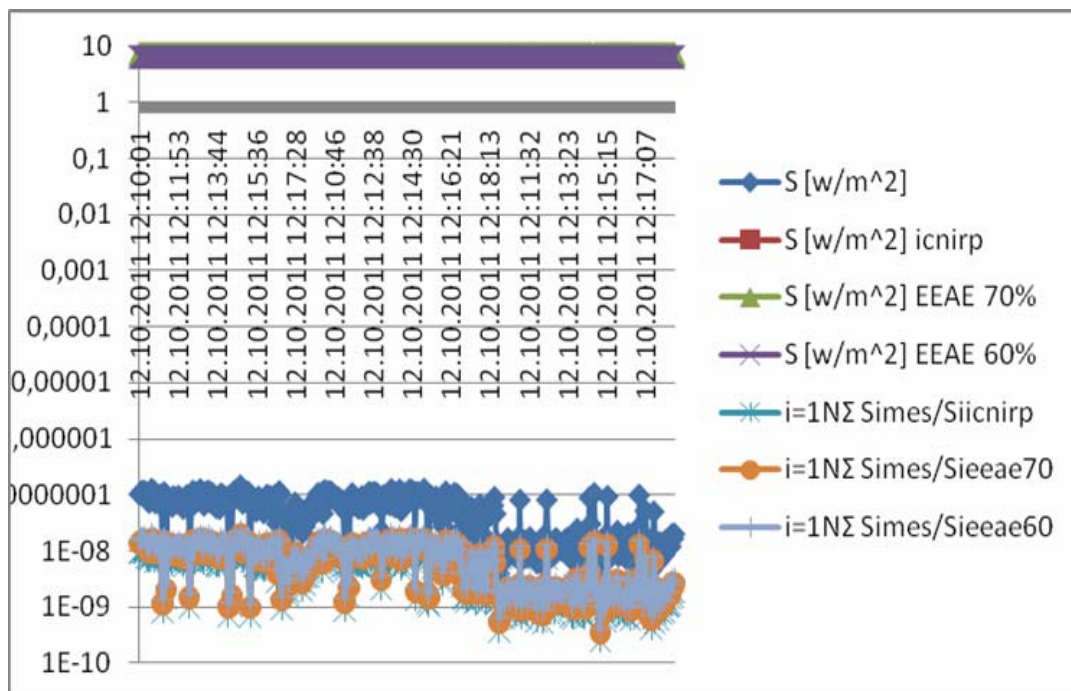
Vodafone-GSM900-DownLINK-Sweep-945.000M-960.000M-12.10.2011(13.30.24)



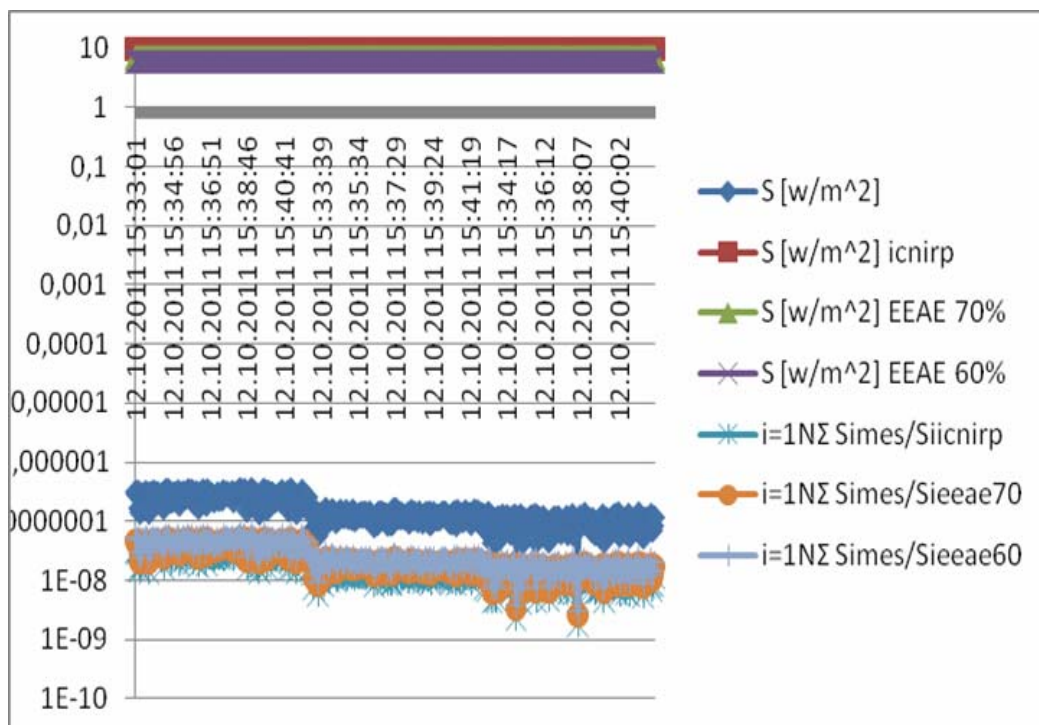
Wind-DCS1800-DownLINK-Sweep-1825.000M-1840.000M-12.10.2011(12.25.42)



Cosmote-UMTS-DownLINK-Sweep-2140.000M-2155.000M-12.10.2011(12.09.56)



Cosmote-UMTS-UpLINK-Sweep-1950.000M-1965.000M-12.10.2011(15.32.57)



9 Βιβλιογραφία

9.1 Κεφάλαιο 2

- ΕΕΤΤ, Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία και Κινητή Τηλεφωνία, Τα επιστημονικά δεδομένα.
<http://www.eett.gr/opencms/opencms/EETT/index.html>
- Medlook, Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία : Ειδική έκδοση “Ηλεκτρομαγνητικά πεδία και υγεία” 24-11-2004.
<http://www.medlook.net/>
- Επιπτώσεις Ασύρματων Δικτύων Επικοινωνιών (WiFi) στην δημόσια υγεία, Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τηλεπικοινωνιών Πελοποννήσου, Έκδοση 2.4 Δράκος Αντρέας, Ματεεβίτσι Βίκτωρας, 2005.
<http://www.1243.syzefxis.gov.gr/digitalcity/epiptoseiswifi.pdf>
- Μη ιονίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και οι βιολογικές επιδράσεις της. Διπλωματική Εργασία ΕΜΠ, Δημήτριος Β. Ιακωβάκης. 2008.
- Επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην Υγεία : Μύθοι και πραγματικότητα, 1/06/2005. “Επίδραση της μη-ιοντίζουσας ηλιακής ακτινοβολίας : Είδη ακτινοβολιών” . Άννυ Λουίζη Επίκουρη Καθηγήτρια Ιατρική Φυσικής, Ιατρική Σχολή Παν/μίου Αθηνών.

9.2 Κεφαλαιο 3

- Antonis Gotsis, Nikolaos Papanikolaou , Dimitris Komnakos, Agamemnon Yalofas and Dr. Phillip Constantinou. Non-ionizing electromagnetic radiation monitoring in Greece, Annals of Telecommunications, Vol 63, No1-2, Febrouary 2008.
- EC “Council Recommendation 199/519/EC of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0-300 GHz)”

- Hellenic Republic Law No. 3231, About Electronic Communications and other Provisions, Government Gazette, FEK No.13 A'/ 03.02.2006.

9.3 Κεφαλαίο 4

[0] **Non-ionizing electromagnetic radiation monitoring in Greece**

Antonis Gotsis, Nikolaos Papanikolaou, Dimitris Komnakos, Agamenon Yalofas, and Dr.

Philip Constantinou

Mobile Radio-Communications Laboratory, School of Electrical and Computer Engineering, National Technical University of Athens, Greece, 9 Heroon Polytechniou

Street (tel: +30 210 772 3849; fax: +30 210 772 3848; e-mail:

{gotsis,npapan,dkomna,yalofas,fkonst}@mobile.ntua.gr).

[1] European Commission (EC), “Council Recommendation 1999/519/EC of 12 July 1999 on the

limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)”, Off. J. Eur.

Comm., L 199, 59, 30 July 1999.

[2] Hellenic Republic Law No. 3431, About Electronic Communications and other Provisions,

Government Gazette, FEK No. 13 A'/ 03.02.2006.

[3] “monIT Project”: Electromagnetic Radiation Monitoring in Mobile Communications

<http://www.lx.it.pt/monit/>

[4] “Cassiopea Project”: <http://www.stroud.gov.uk/docs/cassiopea/cassiopea.asp>

[5] “Progett Gardjola”: <http://gardjola.eng.um.edu.mt/emr>

[6] “Project Horus”: <http://www.projecthorus.com/EMF/>

[7] “Hermes” project: A Project for Systematic Measurements of the Electromagnetic Radiation,

<http://www.hermes-program.gr>

[8] "pedion24" project : A Project for Continuous Measurements of the Electromagnetic Radiation,

<http://www.pedion24.ntua.gr>

[9] Narda Area Monitor System 2600, "Narda Safety Test Solutions":

<http://www.nardasts.com/en/produkte/2600.htm>

[10] PMM 8055S Electric and Magnetic Field Monitoring Station, "PMM Safety Products",

<http://www.pmm.it/main/safetyproducts.asp>

[11] EE4070, EE4070S, MCE Monitoring System, "E.I.T. s.r.l.",

<http://www.eitsrl.it/iMCE.htm>

[12] Antennessa EMF Measurement Systems :

<http://www.antennessa.com/emfmeasurementsystems.php>

[13] A. Yalofas, A. Gotsis, C. Veranopoulos, P. Constantinou, G. Belesiotis, M. Petkaris, N. Babalis, "A

Fully Automated and Geographically Distributed Network for the Continuous Measurement of the RF

Radiation – "Hermes" Project", *TELSICS, IEEE 6th International Conference on Telecommunications*

in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services, Niš, Yugoslavia, October 2003.

[14] A. Gotsis, A. Yalofas, C. Veranopoulos, P. Constantinou, "Design and Development of an Automated

Web Controlled Measurement Network for the RF Field Strength Monitoring", *IEEE Region 8*

EUROCON, The International Conference on Computer as a Tool, Ljubljana, Slovenia, September

[15] A. Gotsis, A. Yalofas, P. Constantinou, A. Boursianis, T. Ganatsos, N. Tachas, T. Samaras, T.

Daskalou, M. Petkaris, "Installation and Operation of an EM Radiation Monitoring Network In Greece",

3rd International Workshop on Biological Effects of Electromagnetic Fields, Kos, Greece, October

2004

[16] D. Komnakos, A. Gotsis et al, "*Design, development and operation of an electromagnetic radiation monitoring network in Greece: "Hermes" project.*", 4th International Workshop on Biological Effects of Electromagnetic Fields, Crete, Greece, October 2006

9.4 Κεφαλαίο 5,6

- ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) Guidelines, «Guidelines for limiting exposure to time-varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (Up to 300GHz)», Health Physics April 1998, Volume 74, Number 4:494-522.
- European Council Recommendation of 12 July 1999, «On the Limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)», L 199 1999/519/EC.
- Εφημερίς της Κυβερνήσεως, Της Ελληνικής Δημοκρατίας, Τεύχος Δεύτερο, 5371/3839 ΚΥΑ (ΦΕΚ 1105/Β/6-9-2000), «Μέτρα Προφύλαξης του κοινού από τη λειτουργία κεραιών εγκατεστημένων στην ξηρά».
- Εφημερίς της Κυβερνήσεως, Της Ελληνικής Δημοκρατίας, Τεύχος Πρώτο, ΝΟΜΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘ. 3431 (ΦΕΚ 13/Α/03-02-2006) «Περί Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών και άλλες διατάξεις», Άρθρο 31 «Ρυθμίσεις σχετικά με την εγκατάσταση κεραιών» παράγραφος 9 και 10.
- ΕΕΑΕ, Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας, Εγκύκλιος με θέμα «Καθορισμός ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στο περιβάλλον σταθμών κεραιών σε εφαρμογή του Ν.3431/2006» 12/01/2007.