

# 1 Μεθοδολογία Μετρήσεων

## 1.1 Ευρυζωνικές μετρήσεις

Για την πραγματοποίηση των ευρυζωνικών μετρήσεων, ο εξοπλισμός μέτρησης (NARDA AMB-8057-03/G) περιλαμβάνει έναν ευρυζωνικό αισθητήρα, ο οποίος αποκρίνεται στο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Ο εξοπλισμός μέτρησης αποτελείται από:

- ✓ τον ευρυζωνικό αισθητήρα
- ✓ τη βασική μονάδα μέτρησης, η οποία επεξεργάζεται το σήμα που λαμβάνει από τον αισθητήρα και παρέχει τα αποτελέσματα των μετρήσεων

και έχει κατάλληλη προστασία έναντι των δυσμενών περιβαλλοντικών συνθηκών.

Εκτός από την ευρυζωνική μέτρηση στη ζώνη συχνοτήτων 100kHz – 7GHz ο εξοπλισμός μέτρησης παρέχει επιπλέον μετρήσεις στις ζώνες συχνοτήτων 925 -960 MHz, 1805-1880 MHz και 2110 - 2170 MHz.

Ο εξοπλισμός μέτρησης παρέχει την RMS (μέση τετραγωνική ρίζα) τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου, προκειμένου να συγκριθούν οι μετρούμενες τιμές με τα όρια έκθεσης.

Οι αισθητήρες του εξοπλισμού πραγματοποιούν μετρήσεις σε τρεις άξονες παρέχοντας έτσι ισοτροπική απόκριση. Οι μετρήσεις των τριών αξόνων επεξεργάζονται εσωτερικά (η διαδικασία περιγράφεται στην σχέση 1) για να προκύψει το ισοτροπικό αποτέλεσμα για την κάθε ζώνη συχνοτήτων ξεχωριστά. Η συχνότητα δειγματοληψίας για όλες τις μετρούμενες μπάντες είναι το 1 δευτερόλεπτο.

$$E_{Eff\ Mean} (V/m) = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^5 \sum_{j=1}^{20} (E_{Aij}^2 + E_{Bij}^2 + E_{Cij}^2)}{20 \times 6}} \quad (1)$$

**Σχέση (1):** όπου A, B και C αντιστοιχούν στους τρεις άξονες, E εκφράζεται σε V/m

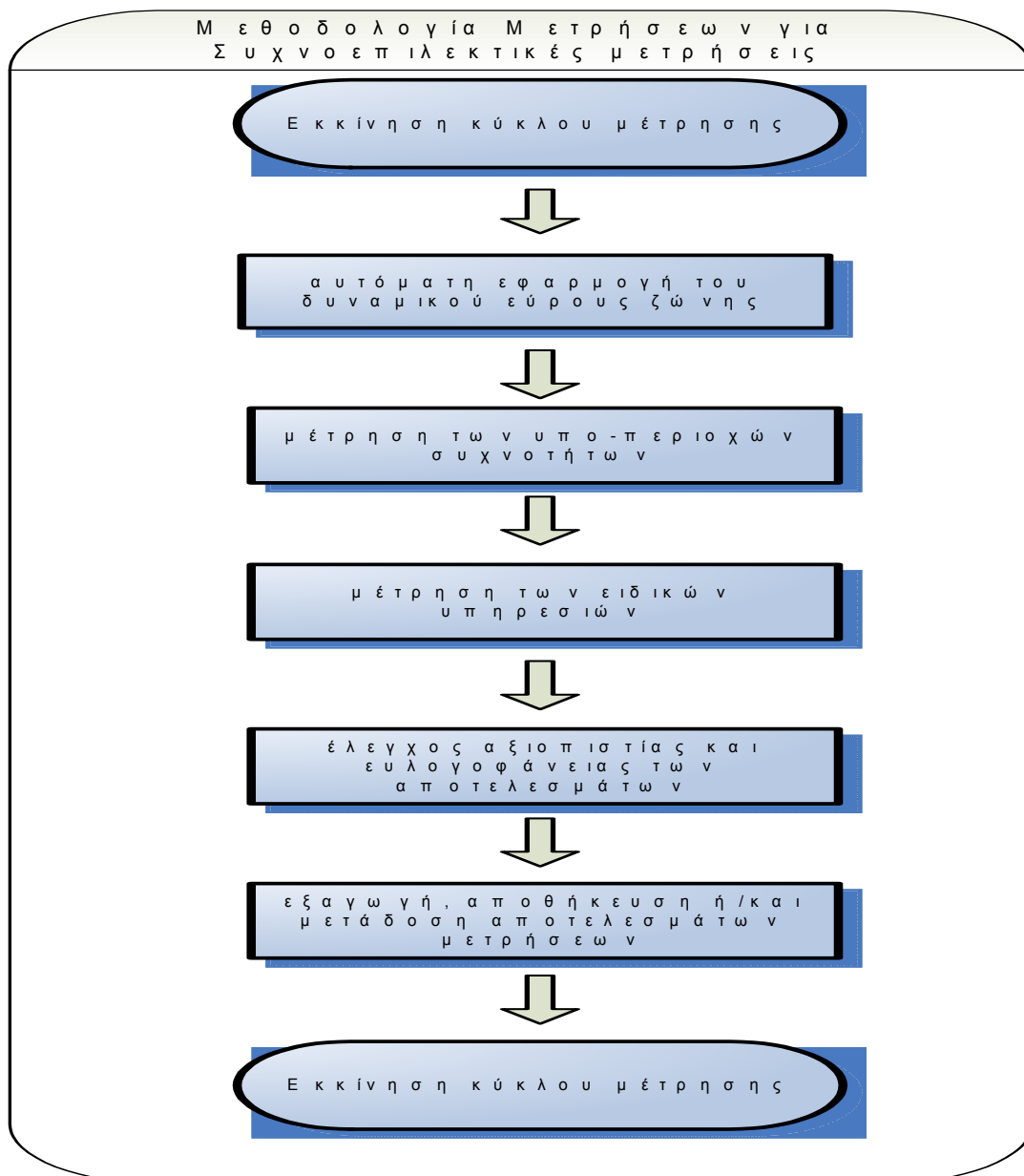
Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται για ένα εξάλεπτο και υπολογίζεται η ενεργός μέση τιμή για το διάστημα του εξαλέπτου. Το χρονικό διάστημα των έξι (6) λεπτών, έχει υιοθετηθεί στην Ελλάδα όπως και σε άλλες χώρες ως το χρονικό διάστημα μέτρησης και σύγκρισης με τα επίπεδα αναφοράς (όρια ασφαλείας).

## 1.2 Συχνοεπιλεκτικές Μετρήσεις

Για την πραγματοποίηση συχνοεπιλεκτικών μετρήσεων, ο εξοπλισμός μέτρησης (NARDA AMS-8061/G) έχει τη δυνατότητα καθορισμού, από τον διαχειριστή, μέχρι και 20 υπο-περιοχών συχνοτήτων μέτρησης στο εύρος συχνοτήτων 100kHz – 6GHz. Το πλήθος των υπο-περιοχών μέτρησης είναι επαρκές, προκειμένου να καλυφθούν όλες οι υφιστάμενες και μελλοντικές τηλεπικοινωνιακές υποδομές της χώρας. Όμοια με την περίπτωση ευρυζωνικών μετρήσεων, ο εξοπλισμός μέτρησης αποτελείται από ένα σύστημα τριαξονικών, ισοτροπικών κεραιών στη ζώνη συχνοτήτων 100 kHz – 6 GHz, τη βασική μονάδα και θα έχει κατάλληλη προστασία έναντι των δυσμενών περιβαλλοντικών συνθηκών.

Η διαδικασία μέτρησης απαρτίζεται από επαναλαμβανόμενους κύκλους (loops) μέτρησης, καθένας από τους οποίους αντιπροσωπεύει ένα αποτέλεσμα μέτρησης. Οι παράμετροι μέτρησης (π.χ. εξασθένιση), για κάθε υπο-περιοχή συχνοτήτων, εφαρμόζονται αυτόματα κατά τη διάρκεια κάθε κύκλου μέτρησης προκειμένου να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή ευαισθησία μέτρησης, χωρίς να προκαλείται παραμόρφωση του σήματος λόγω υπερφόρτωσης από άλλες πηγές εκπομπής στην ίδια ή σε άλλες υπο-περιοχές (συμμόρφωση με την παρ. 7.2 της ITU K.83).

Κάθε κύκλος μέτρησης αποτελείται από τα ακόλουθα βήματα τα οποία απεικονίζονται στο παρακάτω λογικό διάγραμμα.



Υποστηρίζεται η μέτρηση των υπο-περιοχών συχνοτήτων σύμφωνα με την παρ. 7.3 της ITU K.83 και η δυνατότητα μέτρησης ειδικών υπηρεσιών, όπως WCDMA, DVB-T ή σήματα

RADAR, με εφαρμογή ειδικών παραμέτρων μέτρησης (συμμόρφωση με την παρ. 7.4 της ITU K.83).

Επίσης, για τον έλεγχο της αξιοπιστίας και τον εντοπισμό ασυνήθιστων εκπομπών (π.χ. ευρυζωνικές παρεμβολές), το δυναμικό εύρος ζώνης και τα όρια της έντασης πεδίου ορίζονται ανεξάρτητα για κάθε υπο-περιοχή συχνοτήτων. Τέλος, κάθε μέτρηση είναι ανεξάρτητη από τον έλεγχο αξιοπιστίας της προηγούμενης μέτρησης (συμμόρφωση με την παρ. 7.5 της ITU K.83).

Ο εξοπλισμός παρέχει την RMS (μέση τετραγωνική ρίζα) τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου σε ένα εξάλεπτο για κάθε μία από τις μετρούμενες υποπεριοχές συχνοτήτων.

### 1.3 Εκτίμηση της Αβεβαιότητας

Ο υπολογισμός της αβεβαιότητας των μετρήσεων θα γίνεται σύμφωνα με τις μεθόδους που αναγράφονται στα σχετικά ευρωπαϊκά πρότυπα μετρήσεων EN 50413, EN 50383, καθώς και στο ISO/IEC - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, 1995. Για την εκτίμηση της αβεβαιότητας αρχικά θα καταγραφούν όλοι οι παράγοντες που εισάγουν κάποιο σφάλμα στη μέτρηση των πεδίων, είτε αυτοί είναι εξωτερικοί σε σχέση με το μετρητικό σύστημα είτε εσωτερικοί. Η συνεισφορά στη συνολική αβεβαιότητα μπορεί να υπολογίζεται από μετρήσεις στον εξοπλισμό, ή σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή.

Το πρωταρχικό βήμα για την εκτίμηση της αβεβαιότητας ενός μεγέθους είναι η εύρεση όλων των παραγόντων που εισάγουν κάποιο σφάλμα στη μέτρησή του, είτε αυτοί είναι εξωτερικοί σε σχέση με το μετρητικό σύστημα είτε εσωτερικοί. Μία πρώτη κατηγοριοποίηση των αβεβαιοτήτων που συνεισφέρουν οι παράγοντες αυτοί είναι η παρακάτω:

- ✓ συστηματικές (systematic), οι οποίες είναι εγγενείς του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται στις μετρήσεις (όργανα, καλώδια κ.α.) και της μεθόδου μέτρησης που η τιμή τους δεν αλλάζει εάν η μέτρηση επαναληφθεί υπό τις ίδιες ακριβώς συνθήκες.
- ✓ τυχαίες (random), οι οποίες οφείλονται σε τυχαία γεγονότα και η τιμή τους αλλάζει εάν η μέτρηση επαναληφθεί υπό τις ίδιες ακριβώς συνθήκες.

Ωστόσο, ο διαχωρισμός αυτός μπορεί να είναι ασαφής γιατί κάποια συστηματική συνιστώσα αβεβαιότητας σε μία μέτρηση ενδέχεται να είναι τυχαία σε μία άλλη μέτρηση. Μία πιο πετυχημένη κατηγοριοποίηση βασίζεται στον τρόπο υπολογισμού των συνιστωσών και όχι στη φύση τους. Έτσι, οι αβεβαιότητες διακρίνονται σε:

- ✓ τύπου A (type A), οι οποίες υπολογίζονται με στατιστικές μεθόδους.
- ✓ τύπου B (type B), οι οποίες υπολογίζονται με άλλους τρόπους, π.χ. μέσω των προδιαγραφών του κατασκευαστή (datasheets) ή μέσω της εμπειρίας από προηγούμενες μετρήσεις.

Επισημαίνονται παρακάτω κάποια απαραίτητα, για τους υπολογισμούς, στοιχεία:

- Συνήθως τα στοιχεία που δίνονται για τις αβεβαιότητες των παραγόντων (από τον κατασκευαστή, μέσω μετρήσεων ή από εμπειρία) είναι σε μορφή  $\pm a$ , δίνονται δηλαδή το άνω (+a) και κάτω (-a) όριο της αβεβαιότητας ή το διάστημα που κείται η αβεβαιότητα (2a). Επειδή δε δίνεται κανένα στοιχείο για την κατανομή της αβεβαιότητας στο διάστημα αυτό, θα υποθέτουμε ότι

ακολουθείται ομοιόμορφη κατανομή (rectangular distribution) και επομένως η τυπική αβεβαιότητα θα είναι ίση προς  $\frac{a}{\sqrt{3}}$  εκτός αν αναφέρεται κάτι διαφορετικό.

- Εάν η συνεισφορά των συνιστωσών αβεβαιότητας είναι αθροιστική τότε πρέπει να χρησιμοποιηθούν μόνο γραμμικοί όροι (π.χ. τάση, ποσοστό % κλπ), ενώ εάν η συνεισφορά είναι πολλαπλασιαστική τότε πρέπει να χρησιμοποιηθούν μόνο λογαριθμικοί όροι (dB). Ωστόσο, για μικρές τυπικές αβεβαιότητες (< 30% ή 2.5 dB) μπορούμε να πραγματοποιήσουμε από κοινού υπολογισμούς για πολλαπλασιαστικές και αθροιστικές συνεισφορές, με την προϋπόθεση ότι όλες οι συνιστώσες έχουν εκφραστεί πρώτα σε μία κοινή μονάδα.
- Όταν οι συνιστώσες αβεβαιότητας δεν εκφράζονται με τις ίδιες μονάδες (% ποσοστό τάσης ή ισχύος, απόλυτες τιμές τάσης ή ισχύος, dB), πριν τον υπολογισμό της συνδυαστικής τυπικής αβεβαιότητας, πρέπει να γίνει μετατροπή όλων των εκφράσεων ώστε να υπάρχει μία κοινή μονάδα. Ως κοινή μονάδα επιλέγουμε τα dB και ο τρόπος μετατροπής αναφέρεται στην.
- Για τον υπολογισμό της διευρυμένης αβεβαιότητας θα θεωρήσουμε διάστημα εμπιστοσύνης 95% και επομένως ο παράγοντας κάλυψης θα είναι  $k_{95} = 1.96$ . Αυτό σημαίνει ότι η συνολική αβεβαιότητα θα κείται στο διάστημα  $2 \times u$  με πιθανότητα 95%.

Στις αβεβαιότητες τύπου B περιλαμβάνονται και οι αβεβαιότητες που αφορούν σε παραμέτρους οι οποίες επιδρούν στα μετρούμενα μεγέθη μέσω κάποιας σχέσης, π.χ. η επίδραση της παροχής τάσης στη μέτρηση της ισχύος.

Ο κάθε παράγοντας αβεβαιότητας καταχωρείται σε πίνακα ισοζυγίου αβεβαιότητας με το όνομά του, την κατανομή πιθανότητας, τον συντελεστή ευαισθησίας και την τιμή του. Η διευρυμένη αβεβαιότητα υπολογίζεται ώστε να αντιστοιχεί σε διάστημα εμπιστοσύνης 95%, ενώ σύμφωνα με την παρ. 9 της ITU K.83 για αυτό το διάστημα εμπιστοσύνης η αβεβαιότητα είναι  $\leq 4\text{dB}$ . Για την αβεβαιότητα και την εκτίμηση αυτής θα ληφθούν υπόψη όλα τα αναφερόμενα στην παράγραφο 9 της σύστασης (recommendation) της Διεθνούς Ένωσης Τηλεπικοινωνιακών (ITU) K. 83 με τίτλο Monitoring of EMF levels όπως ισχύει. Το ισοζύγιο αβεβαιότητας τόσο για τον ευρυζωνικό όσο και για τον συχνοεπιλεκτικό σταθμό θα υλοποιηθεί στην Φάση 3 με δεδομένα που θα δοθούν από τον κατασκευαστή.

## **1.4 Ανάλυση και επεξεργασία των μετρήσεων**

Ο μετρητικός εξοπλισμός της εταιρίας NARDA (ευρυζωνικός και συχνοεπιλεκτικός) παρέχει στην περίπτωση των ηλεκτρομαγνητικών μετρήσεων την RMS (Root Mean Square) τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου ανά εξάλεπτο, σύμφωνα με την Ελληνική και διεθνή νομοθεσία. Οι τιμές αυτές της έντασης ηλεκτρικού πεδίου δίνονται για ένα μεγάλο εύρος συχνοτήτων, ανάλογα με τον αισθητήρα του σταθμού μέτρησης. Οι έγκυρες τιμές έντασης ηλεκτρικού πεδίου που θα προκύψουν μετά τον έλεγχο του Συστήματος Συλλογής και Επεξεργασίας Δεδομένων (κατάλληλο μεσισμικό διασύνδεσης με τη βάση δεδομένων του portal), θα αποτελέσουν τα δεδομένα των μετρήσεων προς περαιτέρω ανάλυση και επεξεργασία.

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι προτείνεται η απεικόνιση της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου αντί της πυκνότητας ροής ισχύος (κατόπιν συμφωνίας με τον Φορέα Διαχείρισης – ΕΕΑΕ), γιατί οι μετρητές καταγράφουν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από την περιοχή συχνοτήτων των kHz, όπου τα βασικά όρια τίθενται στο επαγόμενο ρεύμα στους ιστούς και διασφαλίζονται από επίπεδα αναφοράς που αφορούν στη μετρούμενη ένταση του ηλεκτρικού πεδίου in situ. Ωστόσο, η απεικόνιση της ισοδύναμης πυκνότητας ροής ισχύος μπορεί εύκολα να υπολογιστεί (μετά το αίτημα για το σχετικό χρονικό διάστημα από το χρήστη) από τις αποθηκευμένες στη βάση δεδομένων μετρήσεις, χρησιμοποιώντας τον τύπο για το διάνυσμα Ρoynting επιπέδου κύματος. Η απεικόνιση της πυκνότητας ροής ισχύος, για την οποία απαιτείται ένα επιπλέον βήμα σε σχέση με την RMS ένταση του ηλεκτρικού πεδίου που λαμβάνεται απευθείας από τους σταθμούς μέτρησης και αποθηκεύεται στη βάση δεδομένων, προκύπτει από την εξίσωση

$$S = \frac{E_i^2}{120\pi},$$

όπου S είναι η πυκνότητα ροής ισχύος και E<sub>i</sub> είναι η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στο αντίστοιχο διάστημα συχνοτήτων i.

Για τον υπολογισμό των ορίων ασφαλούς έκθεσης από πηγές μη ιονίζουσας ακτινοβολίας, με βάση τις συστάσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης<sup>1</sup> για την περίπτωση όπου υπάρχει έκθεση σε πολλαπλές πηγές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, θα πρέπει να υπολογιστεί το άθροισμα των κλασμάτων του ηλεκτρικού πεδίου σε κάθε μια συχνότητα προς το αντίστοιχο μέγιστο επιτρεπόμενο όριο ασφαλούς έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, το οποίο καλείται Λόγος Έκθεσης (ΛΕ) και είναι καθαρός αριθμός:

$$\Lambda E = \left( \frac{E_i}{E_{op,i}} \right)^2 \quad (1)$$

Σύμφωνα με τις συστάσεις, το άθροισμα των τετραγώνων των κλασμάτων αυτών δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τη μονάδα. Αυτό το άθροισμα καλείται Συνολικός Λόγος Έκθεσης (ΣΛΕ) και εκφράζεται μέσω των ακόλουθων σχέσεων:

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

---

<sup>1</sup> BT (SG/INFO) 414 (Σεπτέμβριος 1999) (1999/519/EC) (European Community Council, Recommendations on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields, 0Hz to 300GHz), Διεθνής Επιτροπή για την προστασία από τις μη ιονίζουσες ακτινοβολίες (ICNIRP)

όπου  $E_i$  είναι η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στη συχνότητα  $i$ . Η μεταβλητή  $E_{op,i}$  αντιπροσωπεύει το επίπεδο αναφοράς της μέγιστης επιτρεπόμενης έντασης ηλεκτρικού πεδίου. Επίσης, για ελεγχόμενο περιβάλλον είναι  $c=610/f$  (V/m) ( $f$  σε MHz), ενώ για μη ελεγχόμενο περιβάλλον είναι  $c=87/f^{1/2}$  (V/m) ( $f$  σε MHz).

Όταν το υπό εξέταση φάσμα είναι εντός της περιοχής 10MHz με 300GHz και η μετρητική διάταξη βρίσκεται στο μακρινό πεδίο, τότε το βασικό μέγεθος είναι η πυκνότητα ισχύος του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και συνεπώς η σχέση που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των ορίων ασφαλούς έκθεσης μη ιονίζουσας ακτινοβολίας είναι η ακόλουθη:

$$\Sigma \Delta E = \sum_{i>10 \text{ MHz}}^{300 \text{ GHz}} \left( \frac{E_i}{E_{op,i}} \right)^2 \leq 1, \quad 10 \text{ MHz} \leq f \leq 300 \text{ GHz} \quad (3)$$

Σημειώνεται ότι, προκειμένου να εξακριβωθεί η συμμόρφωση με κάποιο επίπεδο αναφοράς, στην εκάστοτε μετρηθείσα τιμή πρέπει να προστίθεται η συνολική διευρυμένη αβεβαιότητα. Εφόσον ο Λόγος Έκθεσης (ΛΕ) από διάταξη/διατάξεις που λειτουργούν σε μία σχετικά στενή περιοχή συχνοτήτων έχει αξιολογηθεί από μετρήσεις, ο Συνολικός Λόγος Έκθεσης (ΣΛΕ) δίνεται ορθώς από αυτό το άθροισμα, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ 1422-3 «Συνεγκατάσταση κεραιών ραδιοεπικοινωνιών – Μέρος 3: Τεχνικές δοκιμών και μετρήσεων – Όρια» και σύμφωνα με τα αναφερόμενα στις παραγράφους 8 & 9 της υπ' αριθ. 2300 ΕΦΑ (493) Κοινής Απόφασης των Υπουργών Ανάπτυξης και Μεταφορών και Επικοινωνιών, με θέμα «Τρόπος διενέργειας των μετρήσεων για την τήρηση των ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από κάθε κεραία»<sup>2</sup>.

Επειδή τα επίπεδα αναφοράς για την ένταση ηλεκτρικού πεδίου που προτείνονται από την οδηγία του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου για την ασφάλεια του κοινού, έχουν διαφορετικές τιμές για διαφορετικές συχνότητες, αλλά και οι απολαβές των κεραιών που χρησιμοποιούνται στις μετρήσεις έχουν διαφορετικές τιμές για κάθε συχνότητα, γίνεται αρχικά διαχωρισμός του φάσματος σε περιοχές συχνοτήτων. Για περιοχές του φάσματος, όπου το επίπεδο αναφοράς δεν είναι σταθερό (ζώνη συχνοτήτων 400 – 2000MHz), ως επίπεδο αναφοράς στην κάθε περιοχή συχνοτήτων χρησιμοποιείται αυτό που αντιστοιχεί στη δυσμενέστερη περίπτωση, δηλαδή το επίπεδο αναφοράς με τη μικρότερη τιμή.

Σε κάθε περίπτωση πραγματοποιείται σύγκριση των μετρούμενων μεγεθών με τα αντίστοιχα επίπεδα αναφοράς για την έκθεση του κοινού σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, όπως αυτά προσδιορίζονται από τον Ν. 3431, ΦΕΚ Α 13 / 03-02-2006. Τα συγκεκριμένα όρια ασφαλούς έκθεσης του κοινού παρουσιάζονται στους επόμενους δύο (2) πίνακες.

**Πίνακας 1: Επίπεδα αναφοράς για τα επίπεδα πεδίων στην περιοχή συχνοτήτων 100kHz – 300GHz, όπως προκύπτουν μετά την εφαρμογή του συντελεστή μείωσης 70%, που ορίζεται στην παράγραφο 9 του άρθρου 31 του Νόμου 3431 (ΦΕΚ 13/Α/03-02-2006), στους βασικούς περιορισμούς του άρθρου 2 της υπ' αριθμ. 53571/3839/6.9.2000 ΚΥΑ.**

<sup>2</sup> ΦΕΚ 346/Β/3-3-2008

Ζώνη Συχνοτήτων	Ένταση Ηλεκτρικού Πεδίου, E (V/m)	Ισοδύναμη Πυκνότητα Ισχύος Επίπεδου Κύματος, $S_{eq}$ (W/m <sup>2</sup> )
100 kHz – 10 MHz	$72,8 / \sqrt{f}$	-
10 – 400 MHz	23,4	1,4
400 – 2000 MHz	$1,15 \sqrt{f}$	$f / 286$
2 – 300 GHz	51	7

**Σημείωση:**  $f$  είναι η συχνότητα σε μονάδες MHz που αναγράφεται στη στήλη της ζώνης συχνοτήτων στην εκάστοτε γραμμή του πίνακα.

**Πίνακας 2: Επίπεδα αναφοράς για τα επίπεδα πεδίων στην περιοχή συχνοτήτων 100kHz – 300GHz, όπως προκύπτουν μετά την εφαρμογή του συντελεστή μείωσης 60%, που ορίζεται στην παράγραφο 10 του άρθρου 31 του Νόμου 3431 (ΦΕΚ 13/Α/03-02-2006), στους βασικούς περιορισμούς του άρθρου 2 της υπ' αριθμ. 53571/3839/6.9.2000 ΚΥΑ. (αναφέρονται σε ευαίσθητες περιοχές όπως σχολεία, νοσοκομεία, δημόσια κτίρια)**

Ζώνη Συχνοτήτων	Ένταση Ηλεκτρικού Πεδίου, E (V/m)	Ισοδύναμη Πυκνότητα Ισχύος Επίπεδου Κύματος, $S_{eq}$ (W/m <sup>2</sup> )
100 kHz – 10 MHz	$67,3 / \sqrt{f}$	-
10 – 400 MHz	21,7	1,2
400 – 2000 MHz	$1,065 \sqrt{f}$	$f / 333$
2 – 300 GHz	47,2	6

**Σημείωση:**  $f$  είναι η συχνότητα σε μονάδες MHz που αναγράφεται στη στήλη της ζώνης συχνοτήτων στην εκάστοτε γραμμή του πίνακα.

Διευκρινίζεται ότι η προηγούμενη δυσμενής θεώρηση, έχει τεθεί αποκλειστικά από τον Φορέα και δεν προβλέπεται από κανένα πρότυπο, κανονισμό ή νομοθεσία. Σε αντίθετη περίπτωση (μέτρηση με εναλλακτικό εξοπλισμό, π.χ. πεδίομετρο), χρησιμοποιείται αναλυτικός προσδιορισμός του Λόγου Έκθεσης λαμβάνοντας υπόψη το ακριβές επιτρεπτό επίπεδο αναφοράς για τη ζώνη συχνοτήτων που μετράται.

Σχετικά με τον τρόπο εκτίμησης των αποτελεσμάτων των μετρήσεων, τα ανώτατα επιτρεπτά επίπεδα αναφοράς που καθορίζονται από την κείμενη Ελληνική Νομοθεσία και που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των μετρήσεων στην περιοχή των ραδιοσυχνοτήτων αντιστοιχούν στο 60% των ανώτατων επιτρεπτών επιπέδων αναφοράς (Πίνακας 2) που συστήνει το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο και η Διεθνής Επιτροπή για την Προστασία από την μη Ιοντίζουσα Ακτινοβολία (όπου το 60% αναφέρεται στην πυκνότητα ισχύος, και κατά συνέπεια από τη σχέση της με την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου, στην περίπτωση μετρήσεων σε μακρινό πεδίο προκύπτουν οι αντίστοιχες τιμές για τα επίπεδα αναφοράς της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου για κάθε ζώνη συχνοτήτων)<sup>3,4,5</sup>.

Προκειμένου να εξακριβωθεί η συμμόρφωση με κάποιο όριο ασφαλούς έκθεσης, στην εκάστοτε μετρηθείσα τιμή, πρέπει να προστίθεται η συνολική διευρυμένη αβεβαιότητα για διάστημα εμπιστοσύνης 95%, όπως προσδιορίζεται σύμφωνα με τη μέθοδο BIPM<sup>6</sup> και υιοθετείται από τον οργανισμό ETSI<sup>7</sup>, σύμφωνα και με την προηγούμενη ενότητα. Ανάλογα με τις τιμές που υπολογίζονται κατασκευάζεται το διάστημα εμπιστοσύνης 95% για τον ΣΛΕ, καθορίζοντας το κάτω και το άνω άκρο αυτού, και συνάγεται το αντίστοιχο συμπέρασμα (ένα από τα τρία παρακάτω):

- Αν το άνω άκρο του διαστήματος αυτού είναι μικρότερο από την μονάδα, τότε συνάγεται το συμπέρασμα ότι τηρούνται τα όρια ασφαλούς έκθεσης της ελληνικής νομοθεσίας στη θέση που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις.
- Αν το άνω άκρο του διαστήματος αυτού είναι μεγαλύτερο ή ίσο με την μονάδα και το κάτω άκρο του διαστήματος αυτού είναι μικρότερο από την μονάδα, τότε συνάγεται το συμπέρασμα ότι είναι πιθανό να υπερβαίνονται τα όρια ασφαλούς έκθεσης της ελληνικής νομοθεσίας στη θέση που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις.
- Αν το κάτω άκρο του διαστήματος αυτού είναι μεγαλύτερο ή ίσο με την μονάδα, τότε συνάγεται το συμπέρασμα ότι δεν τηρούνται τα όρια ασφαλούς έκθεσης της ελληνικής νομοθεσίας στη θέση που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις.

#### 1.4.1 Επεξεργασία Ευρυζωνικών Μετρήσεων

Ο ευρυζωνικός αισθητήρας μέτρησης **EP-4B-02 Electric Field Quad-Band Probe** της εταιρίας NARDA που θα χρησιμοποιηθεί για τον μετρητικό σταθμό **AMB-8057-03/G**, διαθέτει τις εξής ζώνες συχνοτήτων:

---

<sup>3</sup> Ν.4070/2012, άρθ. 30, παρ. 9 και 10 (κατά περίπτωση)

<sup>4</sup> ΦΕΚ 1105/Β/6-9-2000, Κ.Υ.Α. αριθ. 53571/3839/1-9-2000 (άρθ. 2-4)

<sup>5</sup> Κ.Υ.Α. 2300 ΕΦΑ (493), "Τρόπος διενέργειας των μετρήσεων για την τήρηση των ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από κάθε κεραία", ΦΕΚ 346/Β/3-3-2008

<sup>6</sup> BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", 1995

<sup>7</sup> ETSI TR 100 028 – 1, "Electromagnetic Compatibility and Radio Spectrum Matters (ERM); Uncertainties in the measurement of mobile radio equipment characteristics; Part 1 & 2 ", v1.4.1, December 2001



**Πίνακας 3: Κατανομή Συχνοτήτων Ευρυζωνικού Αισθητήρα**

<b>Ονομασία Ζώνης Συχνοτήτων</b>	<b>Εύρος Ζώνης Συχνοτήτων (MHz)</b>
Ευρυζωνική	0,1 - 7000
EGSM 900 Συχνοεπιλεκτική	925 - 960
EGSM 1800 Συχνοεπιλεκτική	1805 - 1880
UMTS Συχνοεπιλεκτική	2110 - 2170

Λόγω του ότι οι τιμές της έντασης ηλεκτρικού πεδίου που αφορούν στην ευρυζωνική περιοχή συχνοτήτων (0,1 - 7000 MHz) δίνονται για όλο το εύρος συχνοτήτων, δεν είναι δυνατό η σύγκρισή τους με τα επίπεδα αναφοράς που προβλέπονται για την κάθε συχνότητα. Κατά συνέπεια, για τον υπολογισμό του ΣΛΕ των ευρυζωνικών μετρήσεων γίνεται χρήση του δυσμενέστερου επιπέδου αναφοράς με εφαρμογή του συντελεστή μείωσης 60% για το εύρος συχνοτήτων 10 – 400 MHz, δηλ. του επιπέδου αναφοράς 21,7 V/m για την τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου.

Όσον αναφορά τις τιμές της έντασης ηλεκτρικού πεδίου στις συχνοεπιλεκτικές ζώνες συχνοτήτων (925 - 960 MHz, 1805 - 1880 MHz και 2110 - 2170 MHz), μπορεί να υπολογισθεί ο Λόγος Έκθεσης για κάθε εύρος συχνοτήτων, λαμβάνοντας υπόψη το αυστηρότερο (μικρότερο) επίπεδο αναφοράς με εφαρμογή του συντελεστή μείωσης 60%. Συνεπώς, τα αυστηρότερα επίπεδα αναφοράς για κάθε εύρος ζώνης συχνοτήτων του ευρυζωνικού μετρητικού εξοπλισμού δίνονται από τον παρακάτω Πίνακα.

**Πίνακας 4: Κατανομή Συχνοτήτων Ευρυζωνικού Αισθητήρα και τα αντίστοιχα αυστηρότερα επίπεδα αναφοράς με εφαρμογή του συντελεστή μείωσης 60%**

<b>Ονομασία Ζώνης Συχνοτήτων</b>	<b>Εύρος Ζώνης Συχνοτήτων (MHz)</b>	<b>Αυστηρότερο Επίπεδο Αναφοράς (V/m)</b>
Ευρυζωνική	0,1 - 7000	21,69
EGSM 900 Συχνοεπιλεκτική	925 - 960	32,39
EGSM 1800 Συχνοεπιλεκτική	1805 - 1880	45,25
UMTS Συχνοεπιλεκτική	2110 - 2170	47,2

Στη συνέχεια, μπορεί να υπολογισθεί ο ΣΛΕ για τις ζώνες συχνοτήτων της κινητής τηλεφωνίας εφαρμόζοντας την εξίσωση (3) και τις μετρηθείσες τιμές της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου για κάθε εύρος ζώνης συχνοτήτων.

## 1.4.2 Επεξεργασία Συχνοεπιλεκτικών Μετρήσεων

Ο συχνοεπιλεκτικός μετρητικός σταθμός **AMS-8061/G Selective Area Monitor** της εταιρίας NARDA που θα χρησιμοποιηθεί για τις μετρήσεις ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, διαθέτει έως και 20 προγραμματιζόμενες ζώνες συχνοτήτων από 100 kHz έως 6 GHz. Οι ζώνες συχνοτήτων που θα χρησιμοποιηθούν για τις μετρήσεις ηλεκτρικού πεδίου, κατόπιν σύμφωνης γνώμης του Φορέα Διαχείρισης (ΕΕΑΕ), απεικονίζονται στον ακόλουθο Πίνακα.

**Πίνακας 5: Κατανομή Συχνοτήτων Συχνοεπιλεκτικού Αισθητήρα**

Εύρος Ζώνης Συχνοτήτων (MHz)	Παρατηρήσεις
0,1 – 88	
88 – 108	Ραδιοφωνικές εκπομπές στη φασματική περιοχή των FM
110 – 174	Αεροναυτική και ναυτιλιακή επικοινωνία
175 – 369	Τηλεοπτικές εκπομπές στη φασματική περιοχή VHF
370 – 470	Ενδοεπικοινωνίες ιδιωτικών δικτύων και δίκτυα σωμάτων ασφαλείας (σύστημα TETRA)
470 – 790	Τηλεοπτικές εκπομπές στη φασματική περιοχή UHF
791 – 862	Ψηφιακό Μέρισμα για Κινητή Τηλεφωνία (TV White Spaces)
876 – 960	Εκπομπές σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας στο σύστημα GSM 900
961 – 1436	Ραδιοπλοήγηση, Ραδιοεντοπισμός
1437 – 1515	Ευρεκπομπές (DAB)
1710 – 1880	Εκπομπές κινητής τηλεφωνίας στο σύστημα DCS 1800
1920 – 2170	Εκπομπές κινητής τηλεφωνίας στο σύστημα UMTS
2400 – 2484	Εκπομπές κεραιοδιατάξεων Wi-Fi (ISM Band)
2500 – 2690	Εκπομπές μικροκυματικών κεραιών καθώς και συστήματα ραντάρ (IMT), Ραδιοεντοπισμός
2700 – 2900	Εκπομπές μικροκυματικών κεραιών καθώς και συστήματα ραντάρ, Ραδιοεντοπισμός (ΥΠΑ)

3400 – 3770	Εκπομπές μικροκυματικών κεραιών καθώς και συστήματα ραντάρ, Ραδιοεντοπισμός
5470 – 5725	Εκπομπές συστημάτων ραντάρ, Ραδιοεντοπισμός
5725 – 5795	Εκπομπές συστημάτων ραντάρ, Ραδιοεντοπισμός
5796 – 6000	Εκπομπές συστημάτων ραντάρ, Ραδιοεντοπισμός
Ενδιάμεσες περιοχές συχνοτήτων (Ε.Π.Σ)	Οι υπόλοιπες περιοχές συχνοτήτων από 0,1 MHz έως 6 GHz, οι οποίες δεν περιέχονται στις παραπάνω περιοχές

Όσον αναφορά τις τιμές της έντασης ηλεκτρικού πεδίου που αφορούν τις συχνοεπιλεκτικές ζώνες συχνοτήτων, μπορεί να υπολογισθεί ο Λόγος Έκθεσης για κάθε εύρος συχνοτήτων, λαμβάνοντας υπόψη το αυστηρότερο (μικρότερο) επίπεδο αναφοράς με εφαρμογή του συντελεστή μείωσης 60%. Συνεπώς, τα αυστηρότερα επίπεδα αναφοράς για κάθε εύρος ζώνης συχνοτήτων του ευρυζωνικού μετρητικού εξοπλισμού δίνονται από τον παρακάτω Πίνακα.

**Πίνακας 6: Κατανομή Συχνοτήτων Συχνοεπιλεκτικού Αισθητήρα και τα αντίστοιχα αυστηρότερα επίπεδα αναφοράς με εφαρμογή του συντελεστή μείωσης 60%**

Εύρος Ζώνης Συχνοτήτων (MHz)	Αυστηρότερο Επίπεδο Αναφοράς (V/m)
0,1 – 88	21,69
88 – 108	21,69
110 – 174	21,69
175 – 369	21,69
370 – 470	21,69
470 – 790	23,09
791 – 862	29,95
876 – 960	31,52
961 – 1436	33,02
1437 – 1515	40,37
1710 – 1880	44,04
1920 – 2170	46,67
2400 – 2484	47,2

2500 – 2690	47,2
2700 – 2900	47,2
3400 – 3770	47,2
5470 – 5725	47,2
5725 – 5795	47,2
5796 – 6000	47,2
Ενδιάμεσες περιοχές συχνοτήτων (Ε.Π.Σ)	21,69

Στη συνέχεια, μπορεί να υπολογισθεί ο Λόγος Έκθεσης για κάθε μία από τις ζώνες συχνοτήτων, καθώς και ο ΣΛΕ εφαρμόζοντας την εξίσωση (3) και τις μετρηθείσες τιμές της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου για κάθε εύρος ζώνης συχνοτήτων.