

**ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΡΑΔΙΟΕΚΠΟΜΠΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ
ΣΤΑΘΜΩΝ ΒΑΣΗΣ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ**

Δεκέμβριος 2025

Εκδ. 04

Πίνακας περιεχομένων

A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
B. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΤΑΘΜΟΥ ΚΕΡΑΙΩΝ	4
Γ. ΟΡΙΑ ΑΣΦΑΛΟΥΣ ΕΚΘΕΣΗΣ.....	7
Δ. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΜΕΓΕΘΩΝ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΩΝ Η/Μ ΠΕΔΙΩΝ.....	10
Ε. ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΕΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ.....	11
ΣΤ. ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΟΣ ΙΣΤΟΣ: ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ - ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ ΜΕ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ.....	18
Ζ. ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΕΣ ΚΕΡΑΙΕΣ: ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ - ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ ΜΕ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	23
Η. ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΔΥΟ Ή ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΩΝ ΚΕΡΑΙΔΙΑΤΑΞΕΩΝ – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΠΕΔΩΝ Η/Μ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΑ ΟΡΙΑ.....	28
Θ. ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΙΚΕΣ ΖΕΥΞΕΙΣ.....	31
Ι. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ 5ης ΓΕΝΙΑΣ.....	31
Κ. ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΦΥΛΑΞΗΣ ΤΟΥ ΚΟΙΝΟΥ.....	32
Λ. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	34

A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1) Το παρόν υπόδειγμα τεχνικής μελέτης εκδίδεται βάσει του σημείου δδ της παρ. 2β του άρθρου 3 του π.δ. 67/2022 σε συνδυασμό με το σημείο ε της παρ. 4 του άρθρου 43 του ν. 4310/2014 (όπως αυτός ισχύει μετά την τροποποίησή του με τον ν. 4982/2022 (Α' 195)), και περιλαμβάνει μεθόδους υπολογισμού των εκπεμπόμενων ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, παραδοχές και θεωρήσεις για τα διαγράμματα ακτινοβολίας των κεραιών καθώς και τους απαιτούμενους ελέγχους για τον καθορισμό των μη ελεύθερα επισκέψιμων από το κοινό χώρων γύρω από τους σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας. Περιλαμβάνονται, επίσης, πίνακες παρουσίασης των τεχνικών και άλλων δεδομένων του κάθε σταθμού βάσης καθώς και των αποτελεσμάτων των θεωρητικών υπολογισμών και των αναγκαίων μέτρων προφύλαξης του κοινού, στις υποβαλλόμενες στην ΕΕΑΕ μελέτες ραδιοεκπομπών.

2) Σύμφωνα με την παρ. 1 του άρθρου 6 της κ.υ.α. υπ' αριθ. 53571/3839/01.09.2000 (Β' 1105/06.09.2000), η μελέτη εκπονείται και υπογράφεται από Ηλεκτρολόγο ή Ηλεκτρονικό Μηχανικό Διπλωματούχο Ανώτατου Εκπαιδευτικού Ιδρύματος ή Ραδιοηλεκτρολόγο κατηγορίας Α' ή Φυσικό Ραδιοηλεκτρολόγο ή Ακτινοφυσικό – Φυσικό Ιατρικής Μη Ιοντιζουσών Ακτινοβολιών, ο οποίος φέρει την ευθύνη για λογαριασμό του κατόχου της κεραίας.

3) Η πρώτη σελίδα της μελέτης θα είναι τυποποιημένη σύμφωνα με την φόρμα που περιλαμβάνεται στο παράρτημα του παρόντος υποδείγματος.

4) Στην εισαγωγή της μελέτης θα πραγματοποιείται μια γενική περιγραφή της εγκατάστασης που πρόκειται να εξεταστεί, ο κάτοχος της εγκατάστασης - πάροχος, η εξυπηρέτηση – συνεγκατάσταση άλλων παρόχων, η παρουσία όλων των γειτονικών σταθμών κεραιών εντός 50 μέτρων, κλπ.

5) Στα ακόλουθα κεφάλαια περιγράφεται ο τρόπος εργασίας. Τα κεφάλαια Β έως Ε αφορούν τις γενικές θεωρήσεις που γίνονται σε κάθε μελέτη. Στα κεφάλαια ΣΤ, Ζ, Η και Θ περιγράφονται περισσότεροι από έναν, εναλλακτικοί τρόποι προσέγγισης και εκπόνησης της μελέτης. Ο τρόπος προσέγγισης που θα επιλέγεται τελικά από τον μελετητή εξαρτάται πάντα από τις ιδιαιτερότητες του εκάστοτε υπό μελέτη σταθμού κεραιών. Το κεφάλαιο Ι αναφέρεται στα συστήματα ενεργών κεραιών κινητών επικοινωνιών 5ης γενιάς. Το κεφάλαιο Κ αναφέρεται στα μέτρα προφύλαξης του κοινού που προτείνονται σε κάθε μελέτη.

6) Από τη δημοσίευση του παρόντος υποδείγματος οι μελέτες ραδιοεκπομπών σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας που υποβάλλονται με κάθε μέσο προς έλεγχο από την ΕΕΑΕ ακολουθούν απαρэгκλιτα τις προβλέψεις του. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις, μελέτες με διαφορετικές παραδοχές σύμφωνες με διεθνώς αναγνωρισμένα τεχνικά πρότυπα δύναται να γίνουν δεκτές, κατόπιν εμπειριστατωμένης τεκμηρίωσης.

B. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΤΑΘΜΟΥ ΚΕΡΑΙΩΝ

1) Η μελέτη θα συνοδεύεται από τοπογραφικά και αρχιτεκτονικά σχέδια (σύμφωνα με την παρ. 4θ του άρθρου 23 του ν. 4635/2019) στα οποία θα απεικονίζονται όλοι οι ιστοί στήριξης των υπό εγκατάσταση καθώς και των υφιστάμενων κεραιοδιατάξεων σε απόσταση μικρότερη των 50 μέτρων από τον υπό εξέταση σταθμό κεραιών στην ακριβή θέση τοποθέτησής τους. Επίσης, θα απεικονίζονται τα παρακείμενα κτίρια με ένδειξη για το μέγιστο ύψος τους, λαμβάνοντας υπόψη και τις απολήξεις των κτιρίων στα όμορα και άμεσα γειτονικά σε σταθμούς κεραιών κτίρια. Σε περίπτωση που από τα συνημμένα τοπογραφικά διαγράμματα:

- δεν συνάγεται το ύψος της απόληξης ενός κτιρίου, αυτή θα θεωρείται πως έχει ύψος 2,5 m πάνω από το επίπεδο της ταράτσας του κτιρίου αυτού,
- δεν συνάγεται η θέση της απόληξης ενός κτιρίου, αυτή θα θεωρείται πως βρίσκεται οπουδήποτε στο χώρο του δώματος του κτιρίου αυτού.

2) Στην ενότητα των Δεδομένων Σταθμού Κεραιών θα πρέπει να συμπληρώνεται ο πίνακας B1, στον οποίο δηλώνονται όλοι οι ιστοί στήριξης κεραιοδιατάξεων που θεωρούνται στη μελέτη (του υπό μελέτη σταθμού κεραιών καθώς και όλων των υφιστάμενων σταθμών κεραιών). Κάθε ιστός ονοματίζεται μονοσήμαντα και τα ονόματα των ιστών αποτυπώνονται και στα συνοδευτικά σχέδια. Στη σειρά με τον τίτλο «κάτοχος» δηλώνεται ο ιδιοκτήτης του ιστού. Στη συνέχεια δηλώνονται οι αριθμοί των κεραιοδιατάξεων που φέρει ο ιστός ανάλογα με το είδος τους. Τέλος, δηλώνεται το ύψος του ιστού (μαζί με το αλεξικέραυνο), το ύψος του κτιρίου στο σημείο που εδράζει ο ιστός ή το υψόμετρο του εδάφους στη βάση του κτιρίου - αν εδράζει πάνω σε κτίριο ή στη βάση του ιστού αν δεν υπάρχει κτίριο.

3) Στη συνέχεια θα παρατίθεται συμπληρωμένος ο πίνακας B2, ο οποίος αφορά τα τεχνικά χαρακτηριστικά όλων των κεραιοδιατάξεων. Ο αύξων αριθμός περιγράφει

μονοσήμαντα κάθε κεραιοδιάταξη. Στην περίπτωση που μία κεραιοδιάταξη χρησιμοποιείται για εκπομπή σε περισσότερες από μία ζώνες συχνοτήτων, τότε ο αριθμός παραμένει σταθερός και τα χαρακτηριστικά των διαφορετικών ζωνών συχνοτήτων δηλώνονται με την προσθήκη ενός γράμματος μετά τον αριθμό (π.χ. 3A, 3B). Στην συνέχεια δηλώνονται ο πάροχος, η συχνότητα εκπομπής, η αζιμουθιακή γωνία, η γωνία κλίσης (ηλεκτρική συν μηχανική), η απόσταση (ύψος) του κέντρου της κεραιοδιάταξης από τη βάση του ιστού. Στην συνέχεια, από τα θεωρητικά διαγράμματα ακτινοβολίας και τα στοιχεία που παρέχει ο κατασκευαστής της κάθε κεραιοδιάταξης για το συγκεκριμένο τύπο-μοντέλο και τη συγκεκριμένη ζώνη συχνοτήτων εκπομπής, λαμβάνονται το μέγιστο κέρδος του κύριου λοβού της κεραιοδιάταξης, οι γωνίες ημίσειας ισχύος θ_{-3dB} και φ_{-3dB} στο κατακόρυφο και στο οριζόντιο διάγραμμα, αντίστοιχα, το κέρδος του μεγαλύτερου δευτερεύοντα λοβού στο κατακόρυφο διάγραμμα G_s στο επίπεδο ελέγχου, η γωνία θ_s μεταξύ των δύο διευθύνσεων στο κατακόρυφο διάγραμμα στον κύριο λοβό στις οποίες το κέρδος έχει την τιμή G_s , οι γωνίες φ_{-10dB} και φ_{-20dB} μεταξύ των δύο διευθύνσεων στο οριζόντιο διάγραμμα εκατέρωθεν του κύριου λοβού στις οποίες το κέρδος είναι το 1/10 και το 1/100, αντίστοιχα, του μέγιστου κέρδους και το μέγιστο κέρδος του μεγαλύτερου πλάγιου λοβού στο οριζόντιο διάγραμμα G_r . Τα τεχνικά στοιχεία που παρέχονται από τον κατασκευαστή κάθε κεραιοδιάταξης δύναται να συνοποβάλλονται σε παράρτημα στο τέλος της μελέτης, ως αντίγραφο του τεχνικού φυλλαδίου του κατασκευαστή (*data sheet*). Τέλος, στον πίνακα δηλώνεται η συνολική ισχύς στην είσοδο κάθε κεραιοδιάταξης, ανά συχνοτική ζώνη.

4) Επισημαίνεται ότι τα στοιχεία του πίνακα B2 πρέπει να συμπληρωθούν οπωσδήποτε για όλες τις κεραιοδιατάξεις που συμπεριλαμβάνονται στον υπό εξέταση σταθμό κεραιών και στους γειτονικούς σταθμούς κεραιών, η παρουσία των οποίων λαμβάνεται υπόψη. Σε περίπτωση που δεν είναι δυνατή η εύρεση των στοιχείων των γειτονικών σταθμών κεραιών από το μελετητή, θα γίνονται οι δυσμενέστερες παραδοχές. Εναλλακτικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και να συνεκτιμηθούν αποτελέσματα επί τόπου μετρήσεων από συνεργεία της ΕΕΑΕ (με αναφορά στα αποτελέσματα των επί τόπου μετρήσεων στον ιστότοπο της ΕΕΑΕ) ή εργαστήρια δοκιμών διαπιστευμένα κατά EN ISO/IEC 17025. Στην τελευταία περίπτωση η μελέτη θα συνοδεύεται από την σχετική έκθεση μετρήσεων.

5) Επίσης, στον πίνακα Β2 αναφέρεται απαραίτητως η παρουσία του συνόλου των αναφερόμενων στοιχείων (βλ. Πιν. Β1) κάθε κεραίας εκπομπής που περιλαμβάνεται στις κεραιοδιατάξεις του σταθμού κεραιών ακόμα και αν η ενεργός ακτινοβολούμενη ισχύς εκπομπής της είναι μικρότερη από 164W EIRP.

Πίνακας Β1. Χαρακτηριστικά ιστών στήριξης κεραιοδιατάξεων

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΙΣΤΟΥ	Α	Β	Γ	Δ
ΚΑΤΟΧΟΣ				
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΕΡΑΙΩΝ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ				
ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΙΚΩΝ ΖΕΥΞΕΩΝ				
ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΛΛΩΝ ΚΕΡΑΙΟΔΙΑΤΑΞΕΩΝ				
ΥΨΟΣ ΙΣΤΟΥ				

Πίνακας Β2. Τεχνικά χαρακτηριστικά των κεραιοδιατάξεων

1.	ΠΑΡΟΧΟΣ				
2.	A/A ΚΕΡΑΙΟΔΙΑΤΑΞΗΣ	1	2	3A	3B
2α.	ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ / ΜΟΝΤΕΛΟ / ΤΥΠΟΣ				
3.	ΑΖΙΜΟΥΘΙΟ (deg)				
4.	ΙΣΤΟΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ	A	A	A	A
5.	ΥΨΟΣ ΚΕΝΤΡΟΥ ΑΠΟ ΒΑΣΗ ΙΣΤΟΥ (m)				
6.	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ (MHz)				
7.	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΛΙΣΗ ψ (deg)				
8.	ΑΚΤΙΝΑ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ (ρ) (m)				
9.	ΜΗΚΟΣ ΚΕΡΑΙΟΔΙΑΤΑΞΗΣ (m)				
10.	ΜΕΓΙΣΤΟ ΚΕΡΔΟΣ ΚΥΡΙΟΥ ΛΟΒΟΥ G_m (dBi)				
11.	ΜΕΓΙΣΤΟ ΚΕΡΔΟΣ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟΥ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΟΣ ΛΟΒΟΥ G_s (dBi)				
12.	ΓΩΝΙΑ ΗΜΙΣΕΩΣ ΙΣΧΥΟΣ θ_{-3dB} (deg) (ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ)				
13.	ΓΩΝΙΑ θ_s (deg) (ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ)				
14.	ΙΣΧΥΣ ΣΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΤΗΣ ΚΕΡΑΙΟΔΙΑΤΑΞΗΣ (W)				
15.	ΓΩΝΙΑ ΗΜΙΣΕΩΣ ΙΣΧΥΟΣ φ_{-3dB} (deg) (ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ)				
16.	ΓΩΝΙΑ 1/10 ΙΣΧΥΟΣ φ_{-10dB} (deg) (ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ)				
17.	ΓΩΝΙΑ 1/100 ΙΣΧΥΟΣ φ_{-20dB} (deg) (ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ)				

Γ. ΟΡΙΑ ΑΣΦΑΛΟΥΣ ΕΚΘΕΣΗΣ

1) Με τη μελέτη ραδιοεκπομπών κεραιάς θα αποδεικνύεται πως δεν υπάρχουν χώροι γύρω από την κεραιά, ελεύθερα προσπελάσιμοι από τον γενικό πληθυσμό στους οποίους τα επίπεδα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας υπερβαίνουν τα όρια ασφαλούς έκθεσης του κοινού όπως αυτά ορίζονται στα άρθρα 2-4 της κ.υ.α. υπ' αριθ. 53571/3839 (ΦΕΚ 1105/Β/6.9.2000) των Υπουργών Ανάπτυξης, Περιβάλλοντος,

Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Υγείας και Πρόνοιας, Μεταφορών και Επικοινωνιών, με θέμα «Μέτρα προφύλαξης του κοινού από την λειτουργία κεραιών εγκατεστημένων στην ξηρά». Η εν λόγω κ.υ.α. βασίστηκε στη Σύσταση του Συμβουλίου της Ε.Ε., L 199 (1999/519/EC), 30.7.1999, «Σχετικά με τον περιορισμό της έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία 0 Hz - 300 GHz».

2) Τα επίπεδα αναφοράς αφορούν τα μετρήσιμα φυσικά μεγέθη της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου (E), της έντασης του μαγνητικού πεδίου (H) και της ισοδύναμης πυκνότητας ισχύος επίπεδου κύματος (S). Στις συχνότητες που λειτουργεί η κινητή τηλεφωνία, για την απόδειξη της συμμόρφωσης με τα όρια της νομοθεσίας, αρκεί η ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος, όπως υπολογίζεται με τις μεθόδους που δίνονται παρακάτω να είναι μικρότερη των τιμών του πίνακα 2, του άρθρου 3 της κ.υ.α. υπ' αριθ. 53571/3839 (ΦΕΚ 1105/Β/6.9.2000). Στον πίνακα Γ1 δίνονται τα επίπεδα αναφοράς για την ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος για διάφορες συχνότητες εκπομπής.

3) Επισημαίνεται πως όταν δεν είναι ακριβώς γνωστή η συχνότητα εκπομπής μιας γειτονικής κεραιοδιάταξης θα θεωρείται ότι εκπέμπει με την συχνότητα στην οποία προκύπτουν οι δυσμενέστερες (αριθμητικά μικρότερες) τιμές για το επίπεδο αναφοράς της ισοδύναμης πυκνότητας ισχύος (π.χ. για τηλεοπτική εκπομπή στην περιοχή συχνοτήτων UHF: 470MHz – 694MHz, θεωρείται ως δυσμενέστερη περίπτωση, εκπομπή στη συχνότητα 470MHz, δηλαδή επίπεδο αναφοράς για την ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος 2,35W/m²).

Πίνακας Γ1. Επίπεδα αναφοράς για την ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος S_{max} της Ελληνικής Νομοθεσίας σε διάφορες περιοχές συχνοτήτων.

Περιοχή Συχνοτήτων	S_{max} (W/m ²)	Εφαρμογές
10-400MHz	2,0	ραδιοφωνία FM, επικοινωνίες TETRA, εκπομπές VHF, αεροναυτική και ναυτιλιακή επικοινωνία κ.α.
600 MHz	3,0	Ψηφιακή τηλεόραση (DVB-T)
700 MHz	3,5	κινητή τηλεφωνία
800 MHz	4,0	κινητή τηλεφωνία
900 MHz	4,5	κινητή τηλεφωνία, ραδιοεντοπισμός
1800 MHz	9,0	κινητή τηλεφωνία
2-300 GHz	10,0	κινητή τηλεφωνία, Wi-Fi, Wi-Max, μικροκυματικές ζεύξεις, δορυφορικές επικοινωνίες, ραντάρ, ραδιοεντοπισμός

4) Για τις περιπτώσεις όπου εξετάζονται κεραιοδιατάξεις που εκπέμπουν σε διαφορετικές περιοχές συχνοτήτων ή όταν υπάρχουν γειτονικοί σταθμοί κεραιών που εκπέμπουν σε διαφορετικές περιοχές συχνοτήτων, τότε θα εφαρμόζονται όσα αναφέρονται στο άρθρο 4 της κ.υ.α. υπ' αριθ. 53571/3839 (ΦΕΚ 1105/Β/6.9.2000). Στις συνήθεις περιπτώσεις που όλες οι κεραιοδιατάξεις εκπέμπουν σε συχνότητες μεγαλύτερες από 10 MHz, το άρθρο 4 ικανοποιείται εάν ισχύει η εξής ανισότητα για τον δείκτη έκθεσης πηγών πολλαπλών συχνοτήτων, ΔΕΠΠΣ:

$$\Delta\text{ΕΠΠΣ} = \sum_f \frac{S_f}{S_{f,\max}} \leq 1 \quad (\Gamma-1)$$

Όπου S_f η ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος στη συχνότητα f που προσπίπτει στην υπό εξέταση θέση και $S_{f,max}$ το επίπεδο αναφοράς για την ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος στη συχνότητα f (βλέπε πίνακα Γ1).

5) Στη μελέτη θα περιλαμβάνεται παράγραφος με θέμα τα όρια έκθεσης στην οποία θα αναφέρονται τα όρια έκθεσης για κάθε συχνότητα εκπομπής με τα οποία γίνεται σύγκριση, καθώς και αν χρησιμοποιείται ο ΔΕΠΠΣ.

Δ. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΜΕΓΕΘΩΝ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΩΝ Η/Μ ΠΕΔΙΩΝ

Λαμβάνοντας υπόψη τα [1]-[4] προβλέπονται οι παρακάτω υπολογισμοί:

1) Ο υπολογισμός του μεγέθους της πυκνότητας ισχύος ισοδύναμου επίπεδου κύματος S που εκπέμπεται από κεραία αναμετάδοσης κινητής τηλεφωνίας γίνεται γενικά με βάση τον ακόλουθο τύπο:

$$S = \frac{P \cdot 10^{0.1G}}{4\pi R^2} u^2 \quad (\Delta-1)$$

όπου

- S : ή πυκνότητα ισχύος ισοδύναμου επίπεδου κύματος, σε W/m^2 ,
- P : η ισχύς στην είσοδο της κεραίας σε Watt (= αριθμός φερουσών x ισχύ ανά φέρουσα)
- G : το ισοτροπικό κέρδος της κεραίας σε dbi,
- R : η απόσταση από την κεραία της θέσης υπολογισμού της έντασης ακτινοβολίας, σε m, και
- u : ο παράγοντας διάταξης που λαμβάνει υπόψη την ανάκλαση από το έδαφος

Ο παράγοντας u κυμαίνεται από 1 (διάδοση ελευθέρου χώρου) έως 2 (τέλεια αγωγίμο έδαφος – τέλεια ανάκλαση). Βάσει της διεθνούς πρακτικής [5], στο πλαίσιο της τεχνικής μελέτης, θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να χρησιμοποιείται τιμή $u \geq 1,6$ η οποία θα αναφέρεται στη μελέτη

2) Στις περιπτώσεις που στο πλαίσιο της τεχνικής μελέτης λαμβάνεται υπ' όψη στους υπολογισμούς η περίπτωση με $u = 1,6$, ο παραπάνω τύπος δίνει:

$$S = 1,6^2 \frac{P \cdot 10^{0.1G}}{4\pi R^2} \quad (\Delta-2)$$

3) Με βάση τον τύπο (2), υπολογίζεται γενικά η απόσταση R_{min} , που απαιτείται ώστε η πυκνότητα ισχύος S να μην υπερβαίνει το επίπεδο αναφοράς S_{max} .

$$R_{min} = 1,6 \sqrt{\frac{P \cdot 10^{0.1G}}{4\pi S_{max}}} \quad (\Delta-3)$$

4) Οι ανωτέρω σχέσεις μπορούν να χρησιμοποιούνται γενικά και για τον υπολογισμό της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και στο περιβάλλον άλλων κεραιοδιατάξεων όπως κεραίες εκπομπής ραδιοφωνίας και τηλεόρασης αν χρειάζεται να συνυπολογιστεί στην μελέτη η παρουσία τέτοιων διατάξεων.

E. ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ - ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΣΕΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

1) Οι κεραίες δεν ακτινοβολούν ομοιόμορφα στον περιβάλλοντα χώρο, αλλά εκπέμπουν ΗΜ ακτινοβολία που συγκεντρώνεται σε ορισμένες κατευθύνσεις. Για αυτό το λόγο το ιστροπικό κέρδος $G(\theta, \varphi)$ (σε dBi) είναι συνάρτηση των γωνιακών πολικών συντεταγμένων, δηλαδή της γωνίας ανύψωσης θ ($0^\circ < \theta < 180^\circ$) και της γωνίας αζιμουθίου φ ($-180^\circ < \varphi < 180^\circ$).

Οι κεραίες διακρίνονται σε ομοιοκατευθυντικές (omni) όταν εκπέμπουν ομοιόμορφα στο οριζόντιο επίπεδο, και κατευθυντικές όταν έχουν περιορισμένο άνοιγμα στο οριζόντιο διάγραμμα ακτινοβολίας. Τυπικές τιμές για το άνοιγμα μεταξύ των γωνιών ημίσειας ισχύος στο οριζόντιο επίπεδο είναι περί τις 60° για τις κατευθυντικές κεραίες κινητής τηλεφωνίας.

2) Τα διαγράμματα ακτινοβολίας που χρησιμοποιούνται στους υπολογισμούς προκύπτουν από τα θεωρητικά διαγράμματα των κατασκευαστών μέσω αυστηρών παραδοχών. Με την μέθοδο που αναλύεται παρακάτω, ως διαγράμματα ακτινοβολίας θεωρούνται περιβάλλουσες των θεωρητικών διαγραμμάτων. Η μέθοδος αυτή εξασφαλίζει τους υπολογισμούς έναντι ανακρίβειών που οφείλονται στις μη ιδανικές συνθήκες λειτουργίας των κεραιών (παρουσία αγώγιμου εδάφους, αλληλεπίδραση με ιστό στήριξης, κλπ.). Σε κάθε περίπτωση, η περιβάλλουσα του διαγράμματος ακτινοβολίας είναι κατά πολύ αυστηρότερη από το θεωρητικό διάγραμμα ακτινοβολίας.

3) Για λόγους απλούστευσης της μεθόδου υπολογισμού, μπορεί να θεωρηθεί ότι πολλές κατευθυντικές κεραίες, τοποθετημένες πάνω στον ίδιο ιστό ή σε πολύ κοντινούς ιστούς και σε ίδιο περίπου ύψος, παράγουν διάγραμμα ακτινοβολίας που προσεγγίζει αυτό μιας

ομοιοκατευθυντικής κεραίας, εάν η σχετική αζιμουθιακή γωνία μεταξύ δυο γειτονικών κεραιών είναι μεγαλύτερη του ημιαθροίσματος των γωνιών ημίσειας ισχύος των κεραιών αυτών στο οριζόντιο επίπεδο. Επομένως, στις περιπτώσεις αυτές, μπορεί να θεωρείται αντί των πραγματικών κεραιών, μια ισοδύναμη ομοιοκατευθυντική κεραία με θέση το γεωμετρικό κέντρο των κατευθυντικών κεραιών. Τα χαρακτηριστικά εκπομπής της ισοδύναμης ομοιοκατευθυντικής κεραίας προκύπτουν με σύνθεση των πλέον επιβαρυντικών χαρακτηριστικών των πραγματικών κεραιών (σύμφωνα με τον πίνακα Ε1). Το θεωρούμενο διάγραμμα ακτινοβολίας θα είναι, δηλαδή, ανεξάρτητο από την γωνία αζιμουθίου φ , και θα κατασκευάζεται περιβάλλουσα μόνο στο κατακόρυφο επίπεδο (δηλ. ως προς θ), όπως περιγράφεται στην παράγραφο 4. Αν η σχετική αζιμουθιακή γωνία μεταξύ δύο γειτονικών κεραιοδιατάξεων είναι μικρότερη από το ημιάθροισμα των γωνιών ημίσειας ισχύος τους τότε αντί των δύο κεραιοδιατάξεων θεωρείται μία ισοδύναμη κεραιοδιάταξη με ισχύ εκπομπής το άθροισμα των ισχύων των δύο κεραιοδιατάξεων και με υπόλοιπα χαρακτηριστικά εκπομπής τα δυσμενέστερα των δύο κεραιοδιατάξεων, σύμφωνα με τον πίνακα Ε1.

Επίσης, στους υπολογισμούς σε χώρους όπου μεταξύ της κεραίας εκπομπής και του σημείου ελέγχου παρεμβάλλονται δομικές κατασκευές δύναται να λαμβάνονται υπόψη αποσβέσεις του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου από τα διάφορα δομικά υλικά [6].

Πίνακας Ε1. Σύνοψη των τεχνικών χαρακτηριστικών ισοδύναμης ομοιοκατευθυντικής κεραιοδιάταξης από τα χαρακτηριστικά των πραγματικών κεραιοδιατάξεων που αντικαθιστά

1.	ΠΑΡΟΧΟΣ	Εταιρεία
2.	Α/Α ΙΣΟΔΥΝΑΜΗΣ ΚΕΡΑΙΟΔΙΑΤΑΞΗΣ	I-1
3.	ΑΡΙΘΜΟΙ ΚΕΡΑΙΟΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΠΟΥ ΑΝΤΙΚΑΘΙΣΤΑ	1,2,3
4.	ΙΣΤΟΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ	A
5.	ΥΨΟΣ ΚΕΝΤΡΟΥ ΚΕΡΑΙΑΣ ΑΠΟ ΒΑΣΗ ΙΣΤΟΥ	Το ελάχιστο των κεραιοδιατάξεων
6.	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ	Βλέπε παράγραφο Ε6
7.	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΛΙΣΗ ψ (deg)	Η μέγιστη των κεραιοδιατάξεων
8.	ΑΚΤΙΝΑ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ (ρ) (m)	Η μέγιστη των κεραιοδιατάξεων
9.	ΜΗΚΟΣ ΚΕΡΑΙΟΔΙΑΤΑΞΗΣ (m)	Η μέγιστη των κεραιοδιατάξεων
10.	ΜΕΓΙΣΤΟ ΚΕΡΔΟΣ ΚΥΡΙΟΥ ΛΟΒΟΥ G_m (dBi)	Το μέγιστο των κεραιοδιατάξεων
11.	ΜΕΓΙΣΤΟ ΚΕΡΔΟΣ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟΥ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΟΣ ΛΟΒΟΥ G_s (dBi)	Το μέγιστο των κεραιοδιατάξεων
12.	ΓΩΝΙΑ ΗΜΙΣΕΩΣ ΙΣΧΥΟΣ θ_{-3dB} (deg) (ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ)	Η μέγιστη των κεραιοδιατάξεων
13.	ΓΩΝΙΑ θ_s (deg) (ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ)	Η μέγιστη των κεραιοδιατάξεων
14.	ΙΣΧΥΣ ΣΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΤΗΣ ΚΕΡΑΙΟΔΙΑΤΑΞΗΣ (W)	Η μέγιστη των κεραιοδιατάξεων ή βλέπε τις παραγράφους Ε6, Ε7

4) Περιβάλλουσα του διαγράμματος ακτινοβολίας στο κατακόρυφο επίπεδο

Στην περίπτωση αυτή θεωρείται διάγραμμα ακτινοβολίας μέγιστου κέρδους, ανεξάρτητο από την γωνία αζιμουθίου φ . Η περιβάλλουσα του διαγράμματος ακτινοβολίας στο κατακόρυφο επίπεδο κατασκευάζεται βάσει των θεωρητικών διαγραμμάτων ακτινοβολίας των κεραιοδιατάξεων για κάθε κεραιοδιάταξη ως εξής:

4α) Προσδιορίζεται το μέγιστο κέρδος G_m (dBi) στον κύριο λοβό.

4β) Προσδιορίζεται το μέγιστο κέρδος G_s (dBi) στον μεγαλύτερο δευτερεύοντα πλευρικό λοβό.

4γ) Προσδιορίζεται η γωνία ημίσειας ισχύος θ_{-3dB} . Για λόγους ασφαλείας η τιμή της γωνίας προσαυξάνεται κατά 5° .

4δ) Προσδιορίζεται η γωνία θ_s μεταξύ των δύο διευθύνσεων, στον κύριο λοβό, στις οποίες το κέρδος έχει την τιμή G_s . Για λόγους ασφαλείας η τιμή της γωνίας προσαυξάνεται κατά 5° .

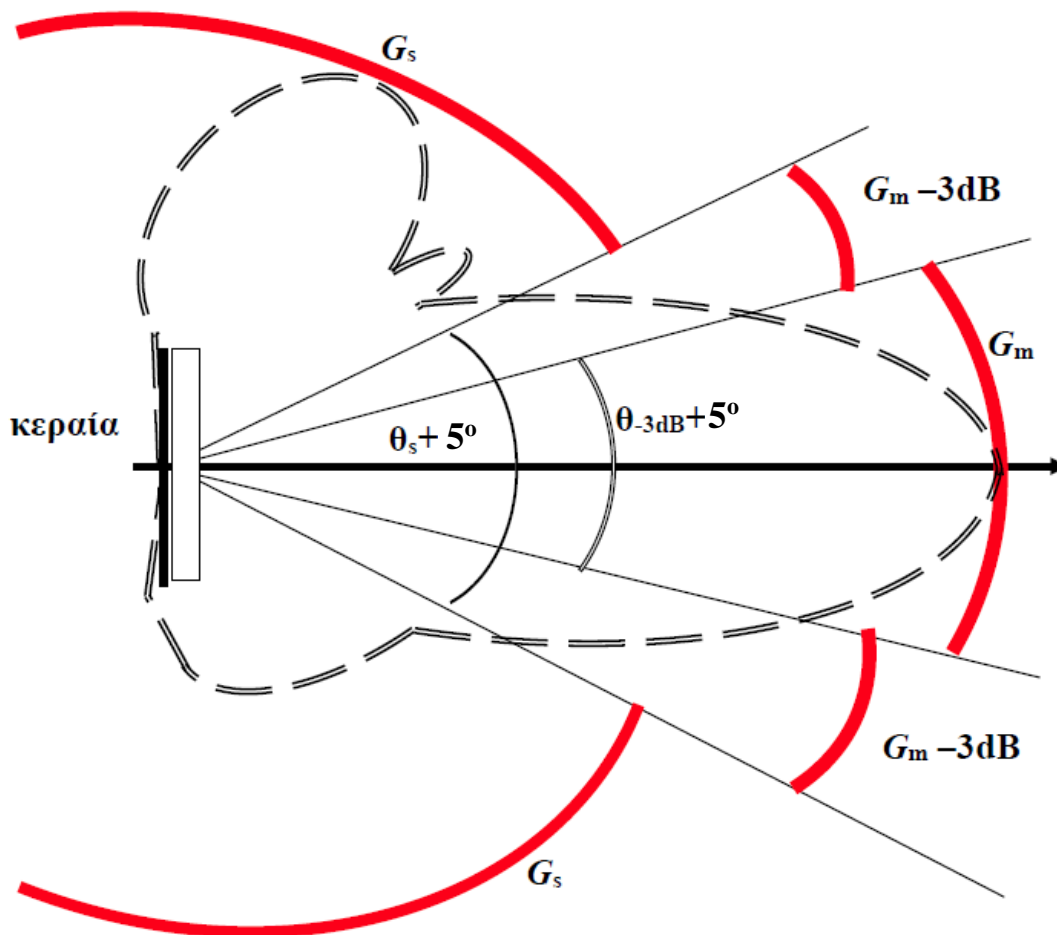
4ε) Λαμβάνονται οι δυσμενέστερες τιμές για τα G_m , G_s , θ_s , θ_{-3dB} , και ψ βάσει του πίνακα Ε1.

4στ) Η περιβάλλουσα του διαγράμματος ακτινοβολίας δίνεται από τη συνάρτηση του κέρδους $G(\theta)$:

$$G(\theta) = \begin{cases} G_s & 0^\circ \leq \theta \leq 87,5^\circ - \frac{1}{2} \theta_s \\ \max(G_s, G_m - 3dB) & 87,5^\circ - \frac{1}{2} \theta_s \leq \theta \leq 87,5^\circ - \frac{1}{2} \theta_{-3dB} \\ G_m & 87,5^\circ - \frac{1}{2} \theta_{-3dB} \leq \theta \leq 92,5^\circ + \frac{1}{2} \theta_{-3dB} \\ \max(G_s, G_m - 3dB) & 92,5^\circ + \frac{1}{2} \theta_{-3dB} \leq \theta \leq 92,5^\circ + \frac{1}{2} \theta_s \\ G_s & 92,5^\circ + \frac{1}{2} \theta_s \leq \theta \leq 180^\circ \end{cases} \quad (\text{E-1})$$

Ο όρος $\max(G_s, G_m - 3dB)$ εισάγεται για να καλύψει και την περίπτωση που $G_m - G_s < 3dB$.

Στην περίπτωση αυτή θεωρείται κέρδος G_s αντί του $G_m - 3dB$ στην σχέση (E-1).



== == == =

Διάγραμμα Ακτινοβολίας

—————

Περιβάλλουσα Διαγράμματος

Σχήμα Ε1: Περιβάλλουσα διαγράμματος ακτινοβολίας στο κατακόρυφο επίπεδο

5) Περιβάλλουσα του διαγράμματος ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο

Σε περιπτώσεις 1 ή 2 κατευθυντικών κεραιών πάνω στον ίδιο ιστό ή σε πολύ κοντινούς ιστούς που οι θεωρήσεις της παραγράφου 4 κρίνονται ως υπερβολικά αυστηρές, θα κατασκευάζεται επιπλέον περιβάλλουσα του διαγράμματος ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο ($-180^\circ < \varphi < 180^\circ$), ως εξής:

5α) Προσδιορίζεται η γωνία ημίσεως ισχύος φ_{-3dB} στο οριζόντιο διάγραμμα ακτινοβολίας. Για λόγους ασφαλείας η τιμή της γωνίας αυτής προσαυξάνεται κατά 5° .

5β) Προσδιορίζεται η γωνία φ_{-10dB} μεταξύ των δύο διευθύνσεων, στον κύριο λοβό, στις οποίες το κέρδος έχει την τιμή $G_m - 10dB$. Για λόγους ασφαλείας η τιμή της γωνίας αυτής προσαυξάνεται κατά 5° .

5β) Προσδιορίζεται η γωνία φ_{-20dB} μεταξύ των δύο διευθύνσεων, στον κύριο λοβό, στις οποίες το κέρδος έχει την τιμή $G_m - 20dB$. Για λόγους ασφαλείας η τιμή της γωνίας αυτής προσαυξάνεται κατά 5° .

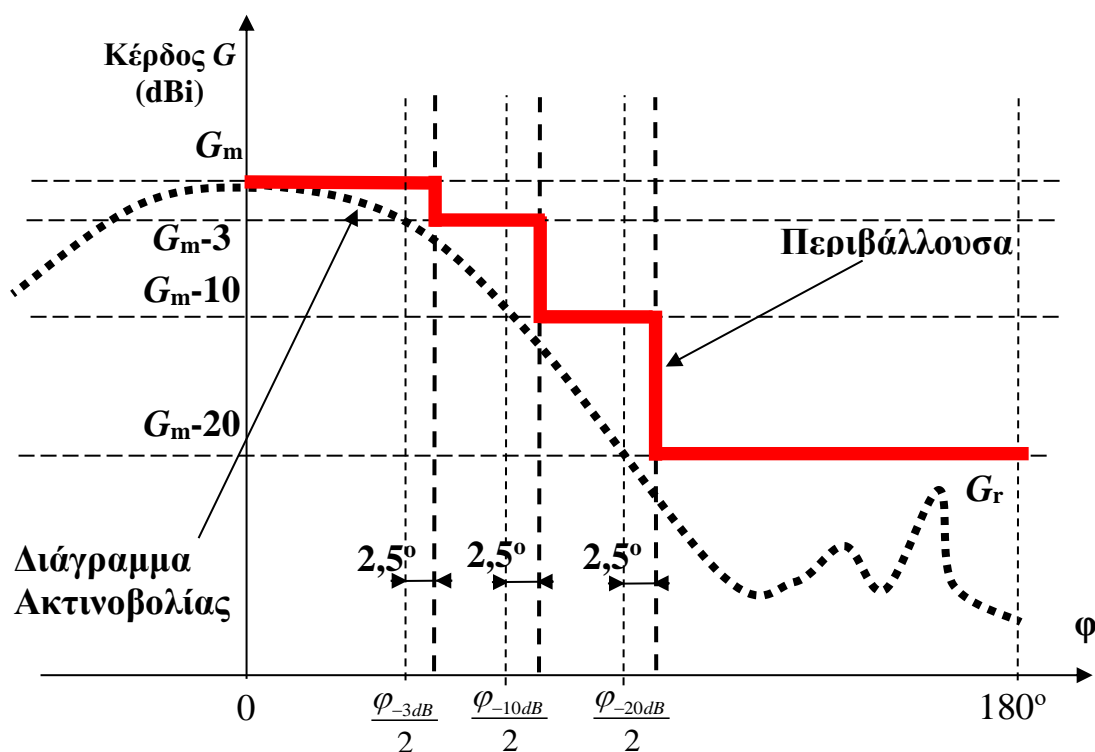
5γ) Προσδιορίζεται η μέγιστη τιμή κορυφής (τοπικό μέγιστο που αντιστοιχεί στον ισχυρότερο πλάγιο ή οπίσθιο λοβό) του κέρδους G στα διαστήματα $[-180^\circ, -\frac{1}{2}\varphi_{-3dB}]$, $[\frac{1}{2}\varphi_{-3dB}, 180^\circ]$. Έστω G_r η τιμή αυτή.

5δ) Με την προϋπόθεση ότι το κέρδος έχει σταθερή κλίση σε καθένα από τα διαστήματα $[-\frac{1}{2}\varphi_{-20dB}, 0^\circ]$, $[0^\circ, \frac{1}{2}\varphi_{-20dB}]$, η περιβάλλουσα του οριζόντιου διαγράμματος ακτινοβολίας δίνεται από την συνάρτηση του κέρδους $G(\varphi)$:

$$G(\varphi) = \begin{cases} G_m & |\varphi| \leq \frac{1}{2}\varphi_{-3dB} + 2,5^\circ \\ \max(G_r, G_m - 3dB) & \frac{1}{2}\varphi_{-3dB} + 2,5^\circ \leq |\varphi| \leq \frac{1}{2}\varphi_{-10dB} + 2,5^\circ \\ \max(G_r, G_m - 10dB) & \frac{1}{2}\varphi_{-10dB} + 2,5^\circ \leq |\varphi| \leq \frac{1}{2}\varphi_{-20dB} + 2,5^\circ \\ \max(G_r, G_m - 20dB) & \frac{1}{2}\varphi_{-20dB} + 2,5^\circ \leq |\varphi| \leq 180^\circ \end{cases} \quad (\text{E-2})$$

Ο όρος $\max(G_r, G_m - kdB)$ (για $k = 3, 10$ ή 20) εισάγεται για να καλύψει και την περίπτωση που $G_m - G_r < k$ dB. Στην περίπτωση αυτή θεωρείται κέρδος G_r αντί του $G_m - k$ dB στην σχέση (E-2).

Ο λοβός μέγιστης ακτινοβολίας κέρδους G_m απεικονίζεται επομένως σε γωνιακό άνοιγμα $\varphi_1 = \varphi_{-3dB} + 5^\circ$ εκατέρωθεν του προσανατολισμού της κεραίας. Λόγω του τρόπου κατασκευής της, η περιβάλλουσα είναι συμμετρική ως προς τη διεύθυνση $\varphi = 0^\circ$.



Σχήμα Ε2: Περιβάλλουσα Διαγράμματος Ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο

6) Σε περιπτώσεις που πάνω στον ίδιο ιστό ή σε πολύ κοντινούς ιστούς και στην ίδια υψομετρική στάθμη βρίσκονται τοποθετημένες κεραιές που εκπέμπουν σε διαφορετικές περιοχές συχνοτήτων είναι δυνατόν προκειμένου να θεωρηθούν ως μία, να γίνει αναγωγή της εκπεμπόμενης ισχύος κάποιας ή κάποιων από αυτών σε άλλη συχνότητα βάσει της σχέσης:

$$P_2 = P_1 \frac{S_{2max}}{S_{1max}} \tag{E-3}$$

όπου P_1 η πραγματική ισχύς εκπομπής στη συχνότητα f_1 , P_2 η θεωρούμενη ισχύς εκπομπής στη συχνότητα f_2 , S_{1max} και S_{2max} τα επιτρεπτά επίπεδα αναφοράς – όρια για την ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος στις συχνότητες f_1 και f_2 , αντίστοιχα. Προφανώς, τα θεωρούμενα διαγράμματα εκπομπής, λαμβάνονται πάντα για την πραγματική συχνότητα εκπομπής.

7) Ακόμα, για περιπτώσεις όπου μία έντονα κατευθυντική κεραιά (μέγιστο κέρδος G_1) που τροφοδοτείται με μικρή ισχύ P_1 τοποθετείται στον ίδιο ή σε πολύ κοντινό ιστό και

σε ίδιο περίπου ύψος με μία λιγότερο κατευθυντική κεραία (μέγιστο κέρδος G_2) μεγαλύτερης ισχύος P_2 , μπορεί να ληφθεί, προκειμένου να θεωρηθούν ως μία ισοδύναμη κεραιοδιάταξη, ότι η πρώτη κεραία εκπέμπει με ισχύ P_2 με ταυτόχρονη μείωση του κέρδους της. Η μείωση του κέρδους της πρώτης κεραίας ΔG δίνεται από την σχέση:

$$\Delta G = 10 \log \left(\frac{P_1}{P_2} \right) \quad \text{(E-4)}$$

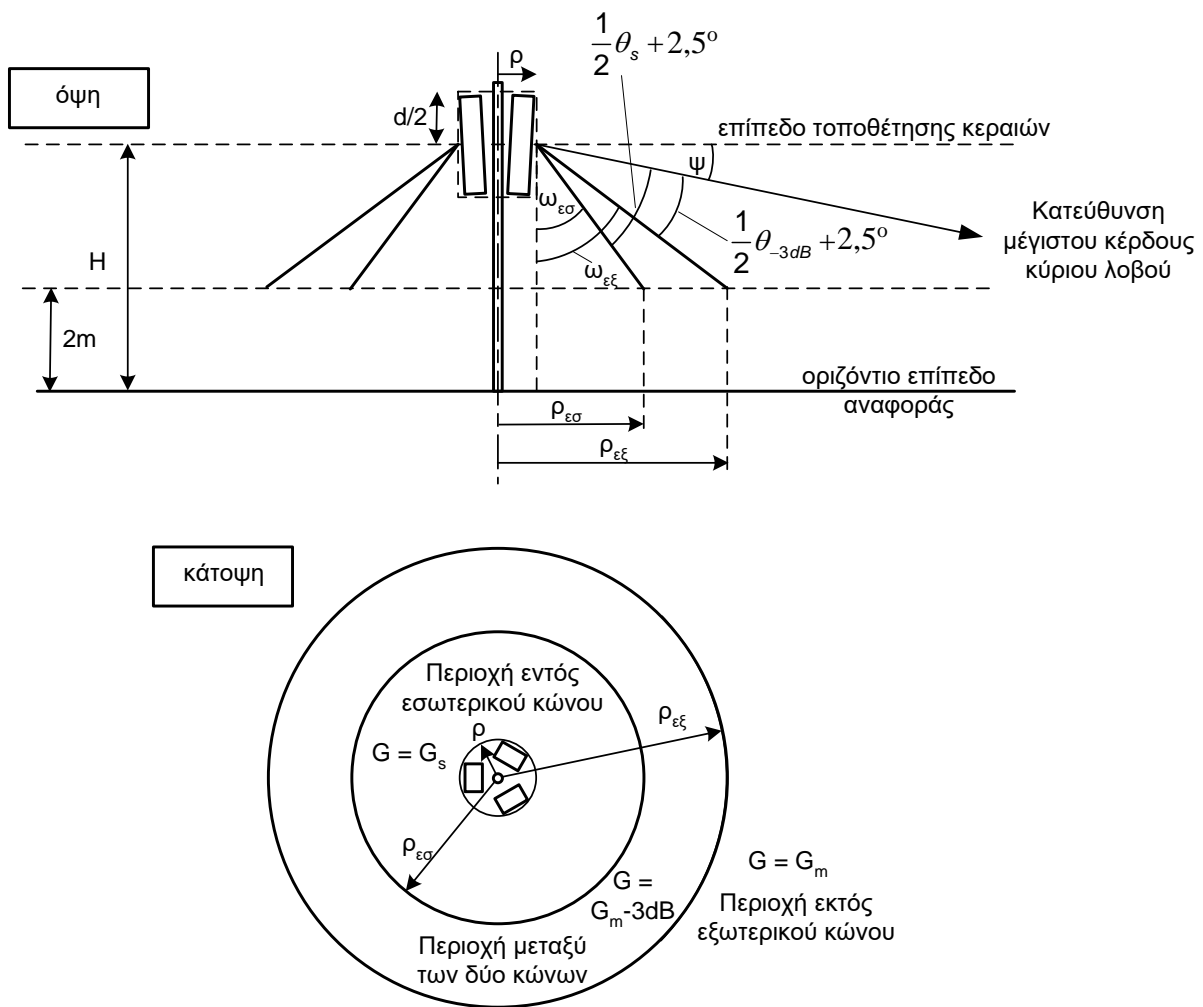
8) Ως γενικός κανόνας, επιτρέπεται για λόγους απλοποίησης των υπολογισμών, η θεώρηση περιβάλλουσας με μεγαλύτερο κέρδος από αυτό που περιγράφηκε στις προηγούμενες παραγράφους. Για παράδειγμα μπορεί να απαλειφθούν οι περιοχές κέρδους $G_m - 3\text{dB}$ επεκτείνοντας την περιοχή κέρδους G_m . Δεν επιτρέπεται, όμως, η θεώρηση περιβάλλουσας με μικρότερο κέρδος.

ΣΤ. ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΟΣ ΙΣΤΟΣ: ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ - ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ ΜΕ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

1) Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η υπόθεση ότι ισχύουν οι προϋποθέσεις της παραγράφου E3, οπότε εφαρμόζεται η μέθοδος της E4.

2) Αρχικά αναζητείται η τιμή της συνολικής ισχύος P που εκπέμπεται από την ισοδύναμη ομοιοκατευθυντική κεραία. Η τιμή αυτή λαμβάνεται ίση με την μέγιστη ισχύ που εκπέμπεται από τις κεραίες που βρίσκονται τοποθετημένες πάνω στον ιστό ή στους κοντινούς ιστούς. Αν χρειάζεται, εφαρμόζονται πρώτα οι παράγραφοι E6 και E7. Η ισχύς κάθε κεραίας προκύπτει ως το άθροισμα των επιμέρους τιμών ισχύος που εκπέμπονται από την κεραία στα διάφορα φασματικά κανάλια (φέρουσες) στην ίδια περιοχή συχνοτήτων.

3) Αν ψ είναι η συνολική κλίση προς τα κάτω της διεύθυνσης μέγιστου κέρδους της κεραίας ως προς τον οριζόντιο άξονα ($\psi =$ συνολικό tilt = ηλεκτρικό + μηχανικό), διαγράφονται δύο νοητές κωνικές επιφάνειες (η μία μέσα στην άλλη) με κοινό κατακόρυφο άξονα, κορυφή το κέντρο της διάταξης των κεραιών και γωνία μεταξύ της εξωτερικής επιφάνειας και του κατακόρυφου άξονα $\omega_{εξ} = 87,5^\circ - \psi - \frac{1}{2} \theta_{-3db}$ και μεταξύ της εσωτερικής επιφάνειας και του κατακόρυφου άξονα $\omega_{εσ} = 87,5^\circ - \psi - \frac{1}{2} \theta_s$.



Σχήμα ΣΤ1. Γεωμετρία ελέγχου ισοδύναμης ομοιοκατευθυντικής κεραίας

Σε περιπτώσεις τοποθέτησης πολλών κατευθυντικών κεραιών (>1) πάνω στον ίδιο ιστό ή σε πολύ κοντινούς ιστούς, θα λαμβάνεται ως γωνία ψ η μεγαλύτερη μεταξύ των κλίσεων των κεραιών.

4) Στη συνέχεια προσδιορίζονται οι κρίσιμες αποστάσεις R_m , R_{-3dB} και R_s που αναφέρονται στον κύριο λοβό, στην περιοχή ημίσειας ισχύος και στον μεγαλύτερο δευτερεύοντα πλευρικό αντίστοιχα (E4), και στις οποίες η ένταση ακτινοβολίας ισούται με το επίπεδο αναφοράς – όριο για την ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος S_{max} (βλέπε παράγραφο Γ). Χρησιμοποιώντας τον τύπο (Δ-3) (παράδειγμα για $u=1,6$), προκύπτει:

$$R_m = \frac{\rho}{\sin\omega_{\varepsilon\xi}} + 0,8 \sqrt{\frac{P \cdot 10^{0.1G_m}}{\pi S_{max}}}, \quad R_{-3dB} = \frac{\rho}{\sin\omega_{\varepsilon\sigma}} + 0,8 \sqrt{\frac{P \cdot 10^{0.1G_m}}{2\pi S_{max}}}$$

$$R_s = \sqrt{\rho^2 + \frac{d^2}{4}} + 0,8 \sqrt{\frac{P \cdot 10^{0.1G_s}}{\pi S_{max}}} \quad (\Sigma\Gamma-1)$$

όπου ρ η ακτίνα κατακόρυφου κυλίνδρου που περιβάλλει όλες τις θεωρούμενες κεραιοδιατάξεις και όπου d το ύψος του κυλίνδρου αυτού. Η προσάυξηση των σχετικών διαστάσεων του κυλίνδρου στις αποστάσεις αυτές γίνεται για να αντισταθμιστεί η απώλεια από την θεώρηση της ομοιοκατευθυντικής κεραίας στο κέντρο της διάταξης.

5) Η περιοχή στην οποία δεν πρέπει να υπάρχει δυνατότητα πρόσβασης περιορίζεται εντός του εσωτερικού κώνου σε αποστάσεις από το κέντρο της διάταξης των κεραιών μικρότερες από R_s , μεταξύ των δύο κωνικών επιφανειών σε αποστάσεις από το κέντρο της διάταξης των κεραιών μικρότερες από R_{-3dB} και έξω από τον εξωτερικό κώνο σε αποστάσεις από το κέντρο της διάταξης των κεραιών μικρότερες από R_m .

6) Με βάση το τοπογραφικό διάγραμμα και τα στοιχεία τα οποία περιλαμβάνονται στο σχετικό φάκελο του σταθμού κεραιών, εντοπίζονται οι τρεις πλησιέστερες προς την κεραία θέσεις (εντός του εσωτερικού κώνου, μεταξύ των δύο κώνων και εκτός αυτών) που θεωρείται ότι χρήζουν προστασίας (κατοικία, έδαφος, ταράτσα και γενικά οποιοδήποτε μέρος όπου υπάρχει ανθρώπινη πρόσβαση). Αφού υπερυψωθούν οι παραπάνω θέσεις κατά 2 μέτρα – θεώρηση παρουσίας ενός ιδιαίτερα ψηλού ανθρώπου, υπολογίζεται η απόστασή τους από το κέντρο της κεραίας. Έστω $R_{\varepsilon\sigma}$, $R_{\mu\epsilon\tau}$ και $R_{\varepsilon\xi}$ οι αντίστοιχες αποστάσεις.

7) Εκτελούνται οι ακόλουθοι έλεγχοι:

7α) ελέγχεται αν η απόσταση $R_{\varepsilon\sigma}$ είναι μεγαλύτερη από την απόσταση R_s , ή αλλιώς να μην υπάρχει θέση όπου να είναι δυνατή η πρόσβαση του κοινού και αν υπερυψωθεί κατά δύο μέτρα (ύψος ενός ιδιαίτερα ψηλού ανθρώπου), να βρίσκεται εντός του εσωτερικού νοητού κώνου και σε απόσταση μικρότερη από R_s από το κέντρο της κεραίας.

7β) ελέγχεται αν η απόσταση $R_{\mu\epsilon\tau}$ είναι μεγαλύτερη από την απόσταση R_{-3dB} , ή αλλιώς να μην υπάρχει θέση όπου να είναι δυνατή η πρόσβαση του κοινού και αν υπερυψωθεί κατά δύο μέτρα (ύψος ενός ιδιαίτερα ψηλού ανθρώπου), να βρίσκεται μεταξύ των δύο κώνων και σε απόσταση μικρότερη από R_{-3dB} από το κέντρο της κεραίας

7γ) ελέγχεται αν η απόσταση $R_{εξ}$ είναι μεγαλύτερη από την απόσταση R_m , ή αλλιώς να μην υπάρχει θέση όπου να είναι δυνατή η πρόσβαση του κοινού και αν υπερυψωθεί κατά δύο μέτρα (ύψος ενός ιδιαίτερα ψηλού ανθρώπου), να βρίσκεται εκτός του εξωτερικού κώνου και σε απόσταση μικρότερη από R_m από το κέντρο της κεραίας.

Επισημαίνεται, ότι εάν υπάρχει λόγος, είναι δυνατόν να θεωρηθούν και οι συμμετρικοί ανάστροφοι κώνοι με βάση προς την πλευρά του ουρανού και κορυφή προς το έδαφος. Στην περίπτωση αυτή θα χρησιμοποιηθεί η γωνία $-\psi$ αντί για ψ στους υπολογισμούς της γωνίας μεταξύ του κατακόρυφου άξονα και της πλευράς των κώνων.

8) Εφόσον το αποτέλεσμα και στους τρεις παραπάνω ελέγχους είναι θετικό, κρίνεται ότι σε χώρους που είναι προσιτοί από το γενικό πληθυσμό η ένταση ακτινοβολίας είναι χαμηλότερη από το επίπεδο αναφοράς - όριο. Σημειώνεται, ότι η ένταση ακτινοβολίας σε απόσταση R από το κέντρο της κεραιοδιάταξης υπολογίζεται ως:

$$S(R) = \begin{cases} \frac{0,64 \cdot P \cdot 10^{0,1G_s}}{\pi \left(R - \sqrt{\rho^2 + \frac{d^2}{4}} \right)^2} & \text{εντός του εσωτερικού κώνου} \\ \frac{0,64 \cdot P \cdot 10^{0,1G_m}}{2\pi \left(R - \frac{\rho}{\sin\omega_{εσ}} \right)^2} & \text{μεταξύ των δύο κώνων} \\ \frac{0,64 \cdot P \cdot 10^{0,1G_m}}{\pi \left(R - \frac{\rho}{\sin\omega_{εξ}} \right)^2} & \text{εκτός του εξωτερικού κώνου} \end{cases} \quad \text{(ΣΤ-2)}$$

9) Το αν ένα σημείο βρίσκεται εντός του εσωτερικού κώνου, μεταξύ των δύο κώνων ή εκτός του εξωτερικού κώνου καθορίζεται από την υψομετρική του στάθμη σε σχέση με το ύψος τοποθέτησης της κεραίας και την οριζόντια απόσταση από αυτή. Πιο συγκεκριμένα, αν το κέντρο της κεραίας βρίσκεται σε ύψος H μέτρων πάνω από το οριζόντιο επίπεδο - στάθμη αναφοράς όπου γίνεται ο υπολογισμός, τα σημεία του επιπέδου που βρίσκονται σε οριζόντια απόσταση x από το κέντρο της κεραίας θεωρούνται ότι βρίσκονται:

- εντός του εσωτερικού κώνου αν $x < \rho_{εσ}$
- μεταξύ των δύο κώνων αν $\rho_{εσ} \leq x < \rho_{εξ}$

- εκτός του εξωτερικού κώνου αν $\rho_{\varepsilon\xi} \leq x$

όπου $\rho_{\varepsilon\sigma}$ και $\rho_{\varepsilon\xi}$ οι ακτίνες των κύκλων που σχηματίζουν οι τομές του εσωτερικού και εξωτερικού κώνου, αντίστοιχα, με το οριζόντιο επίπεδο - στάθμη αναφοράς.

$$\rho_{\varepsilon\sigma} = \rho + (H - 2) \tan \omega_{\varepsilon\sigma}, \quad \rho_{\varepsilon\xi} = \rho + (H - 2) \tan \omega_{\varepsilon\xi} \quad (\Sigma\text{T-3})$$

Υπενθυμίζεται ότι με ρ συμβολίζεται η ακτίνα κατακόρυφου κυλίνδρου που περιβάλλει όλες τις θεωρούμενες κεραιοδιατάξεις.

10) Σε περιπτώσεις όπου στον ίδιο ιστό ή σε πολύ κοντινούς ιστούς τοποθετούνται κεραιές που εκπέμπουν σε πολλαπλές συχνότητες, f_k ($k = 1, 2 \dots$), ως εσωτερικός κώνος θεωρείται αυτός με την μικρότερη γωνία $\omega_{\varepsilon\sigma}$, όπως προκύπτει για τις διάφορες συχνότητες εκπομπής και ομοίως ως εξωτερικός κώνος θεωρείται αυτός με την μικρότερη γωνία $\omega_{\varepsilon\xi}$. Οι οριακές αποστάσεις R_m , R_{-3dB} και R_s προκύπτουν από τις ακόλουθες σχέσεις (ΣΤ-4):

$$R_m = \frac{\rho}{\sin \omega_{\varepsilon\xi}} + 0,8 \sqrt{\sum_k \left(\frac{P_k \cdot 10^{0,1G_{km}}}{\pi S_{kmax}} \right)}$$

$$R_{-3dB} = \frac{\rho}{\sin \omega_{\varepsilon\sigma}} + 0,8 \sqrt{\sum_k \left(\frac{P_k \cdot 10^{0,1G_{km}}}{2\pi S_{kmax}} \right)} \quad (\Sigma\text{T-4})$$

$$R_s = \sqrt{\rho^2 + \frac{d^2}{4}} + 0,8 \sqrt{\sum_k \left(\frac{P_k \cdot 10^{0,1G_{ks}}}{\pi S_{kmax}} \right)}$$

όπου G_{km} το μέγιστο κέρδος, G_{ks} το κέρδος του μεγαλύτερου πλευρικού λοβού, P_k η ισχύς στην είσοδο της κεραιάς και S_{kmax} το επίπεδο αναφοράς - όριο στη συχνότητα εκπομπής f_k .

11) Σε περιπτώσεις όπου στον ίδιο ιστό ή σε πολύ κοντινούς ιστούς τοποθετούνται κεραιές σε διαφορετικές υψομετρικές στάθμες, αυτές μπορούν να θεωρηθούν ως δύο ισοδύναμες ομοιοκατευθυντικές κεραιές στις στάθμες αυτές. Θεωρούνται οι ίδιοι εσωτερικοί και εξωτερικοί κώνοι για τις δύο κεραιές και συγκεκριμένα από τους κώνους που προκύπτουν για τις δύο κεραιές, επιλέγονται ως εσωτερικός και εξωτερικός κώνος, αντίστοιχα, αυτοί με την μικρότερη γωνία $\omega_{\varepsilon\sigma}$ και $\omega_{\varepsilon\xi}$. Ως θεωρούμενο ύψος

τοποθέτησης των κεραιών λαμβάνεται η χαμηλότερη υψομετρική στάθμη όπου υπάρχουν κεραιές.

12) Εναλλακτικά σε σχέση με την προηγούμενη παράγραφο μπορούν να θεωρηθούν διαφορετικοί κώνοι και ύψη τοποθέτησης και να ακολουθηθεί μια μέθοδος αντίστοιχη με τα αναφερόμενα στην παράγραφο Η (διαχωρισμός του χώρου ελεύθερης πρόσβασης στο περιβάλλον του ιστού σε περιοχές που το θεωρούμενο κέρδος είναι σταθερό, υπολογισμός ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην ελάχιστη απόσταση κάθε περιοχής από τις κεραιοδιατάξεις και έλεγχος αν ο δείκτης έκθεσης πολλαπλών συχνοτήτων σε κάθε περιοχή είναι μικρότερος της μονάδας).

Z. ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΕΣ ΚΕΡΑΙΕΣ: ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ - ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ ΜΕ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

1) Αρχικά το κεφάλαιο αυτό περιγράφει τη μεθοδολογία ελέγχου στην περίπτωση μίας κατευθυντικής κεραιάς. Στη συνέχεια εξετάζονται περιπτώσεις όπου 1 ή 2 κατευθυντικές κεραιές βρίσκονται εγκατεστημένες πάνω στον ίδιο ιστό ή σε πολύ κοντινούς ιστούς και στο ίδιο περίπου ύψος και δεν κρίνεται σκόπιμη η θεώρηση μιας ισοδύναμης ομοιοκατευθυντικής κεραιάς. Η μεθοδολογία μπορεί επίσης να εφαρμοστεί στην περίπτωση μιας πραγματικής ή ισοδύναμης ομοιοκατευθυντικής κεραιάς και μίας κατευθυντικής. Στις σπάνιες περιπτώσεις που αυτό μπορεί να χρειαστεί η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί επαναληπτικά σε περιπτώσεις περισσοτέρων των δύο κεραιών.

2) Στην περίπτωση μίας κατευθυντικής κεραιάς προσδιορίζεται η αζιμουθιακή γωνία μέγιστου κέρδους γ , που δείχνει τον προσανατολισμό της και υπολογίζεται η περιβάλλουσα του διαγράμματος ακτινοβολίας ως προς φ και οι σχετικές παράμετροι (E5).

3) Υπολογίζονται οι αποστάσεις ασφαλείας R_m , R_{-3dB} (σχέση ΣΤ-1), R_{-10dB} και R_{-20dB} (σχέση Ζ-1), που αντιστοιχούν στις περιοχές σταθερού κέρδους G_m , $G_m - 3dB$, $G_m - 10dB$ και $G_m - 20dB$, αντίστοιχα (για $u=1,6$):

$$R_{-10dB} = \frac{\rho}{\sin\omega_{\varepsilon\sigma}} + 0,8 \sqrt{\frac{P \cdot 10^{0,1G_m}}{10\pi S_{max}}}, R_{-20dB} = \frac{\rho}{\sin\omega_{\varepsilon\sigma}} + 0,8 \sqrt{\frac{P \cdot 10^{0,1G_m}}{100\pi S_{max}}} \quad (\text{Z-1})$$

4) Με βάση το τοπογραφικό διάγραμμα και τα στοιχεία τα οποία περιλαμβάνονται στο σχετικό φάκελο του σταθμού κεραιών, εντοπίζονται οι πέντε πλησιέστερες προς την

κεραία θέσεις (περιοχή κύριου λοβού, περιοχή ημίσειας ισχύος, περιοχή πλάγιου λοβού, περιοχή οπίσθιου λοβού και περιοχή εντός εσωτερικού κώνου) που θεωρείται ότι χρήζουν προστασίας (κατοικία, έδαφος, ταράτσα και γενικά μέρος όπου σημειώνεται ανθρώπινη δραστηριότητα). Αφού υπερυψωθούν οι παραπάνω θέσεις κατά 2 μέτρα – θεώρηση παρουσίας ενός ιδιαίτερα ψηλού ανθρώπου, υπολογίζεται η απόστασή τους από το κέντρο της κεραίας. Έστω $R_{κλ}$, $R_{ηι}$ και $R_{πλ}$, $R_{ολ}$, $R_{εσ}$ οι αποστάσεις στις περιοχές κύριου λοβού, ημίσειας ισχύος, πλάγιου λοβού, οπίσθιου λοβού και εντός εσωτερικού κώνου, αντίστοιχα, όπου ελέγχεται αν οι αποστάσεις αυτές ικανοποιούν τις ακόλουθες σχέσεις:

4α) Στην περιοχή κύριου λοβού, πρέπει: $R_{κλ} > R_m$

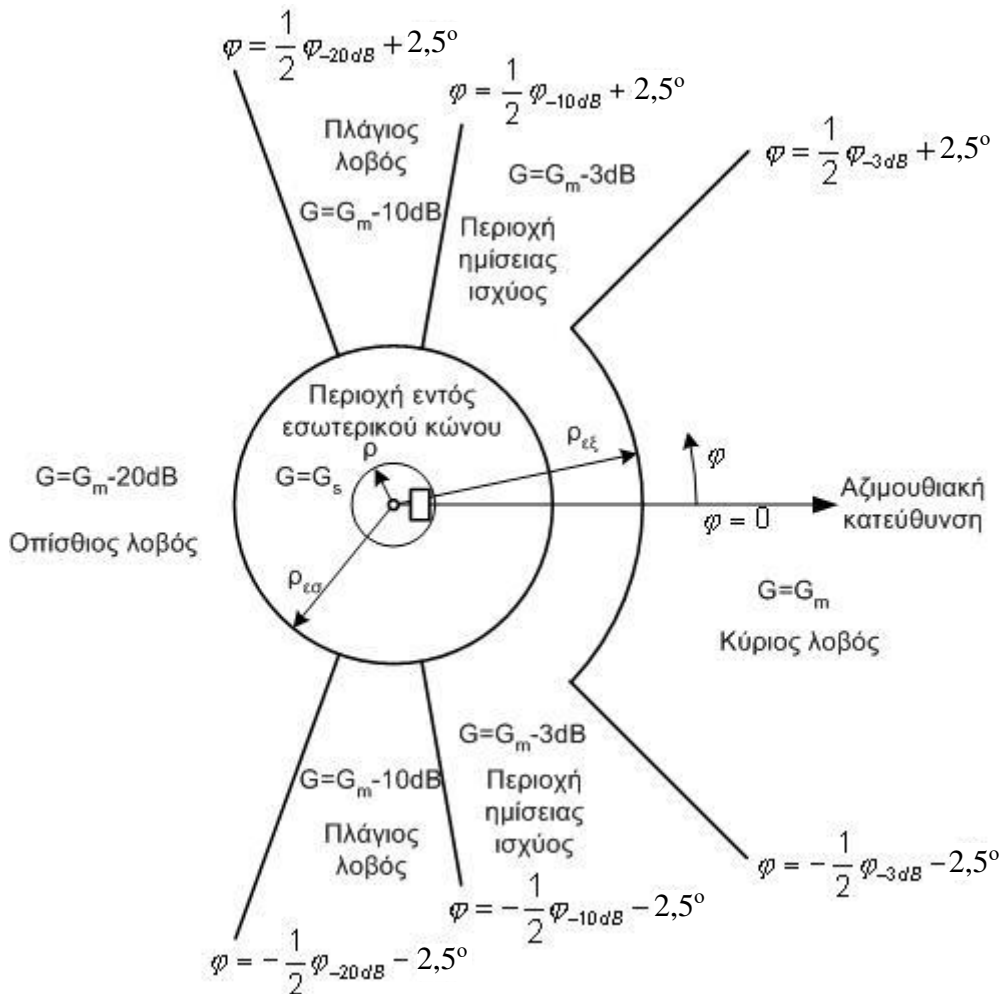
4β) Στην περιοχή ημίσειας ισχύος, πρέπει: $R_{ηι} > R_{-3dB}$

4γ) Στην περιοχή πλάγιου λοβού, πρέπει: $R_{πλ} > R_{-10dB}$

4δ) Στην περιοχή οπίσθιου λοβού, πρέπει: $R_{ολ} > R_{-20dB}$

4ε) Στην περιοχή εντός εσωτερικού κώνου, πρέπει: $R_{εσ} > R_s$

Οι έλεγχοι αυτοί είναι απαραίτητοι μόνο εάν εντός των αποστάσεων αυτών υπάρχουν σημεία που χρήζουν προστασίας. Επιπλέον είναι δυνατόν να θεωρηθούν δύο η περισσότερες γειτονικές περιοχές ως μία στην οποία το κέρδος της κεραίας λαμβάνεται ίσο με το μέγιστο των περιοχών αυτών και η απόσταση των περιοχών από την κεραία ίση με την ελάχιστη των δύο.



Σχήμα Ζ1. Γεωμετρία ελέγχου κατευθυντικής κεραίας

5) Αν στον ίδιο ιστό ή σε πολύ κοντινό ιστό υπάρχει μια δεύτερη κατευθυντική κεραία, προσδιορίζονται οι προσανατολισμοί των δύο κεραιών και χαράσσεται η κοινή περιβάλλουσα διαγραμμάτων ακτινοβολίας, ακολουθώντας την παρακάτω διαδικασία: (Η ίδια διαδικασία χρησιμοποιείται και αν η δεύτερη κεραία είναι πραγματική ή ισοδύναμη ομοιοκατευθυντική).

5α) Κατασκευάζονται οι περιβάλλουσες των κατακόρυφων και οριζόντιων διαγραμμάτων των δύο κεραιών σύμφωνα με τα όσα έχουν ήδη αναφερθεί (στην περίπτωση της ομοιοκατευθυντικής κεραίας, το οριζόντιο διάγραμμα θα είναι μια ευθεία γραμμή).

5β) Έστω ότι P_1 και P_2 αντίστοιχα, η ισχύς τροφοδοσίας της πρώτης και της δεύτερης κεραίας. Υπολογίζεται ο λόγος $\Delta G_P = P_2 / P_1$ σε dB και προστίθεται στα διαγράμματα

ακτινοβολίας της δεύτερης κεραίας. Αυτό γίνεται για να αναφέρονται τα διαγράμματα ακτινοβολίας των δύο κεραίων στην ίδια ισχύ εκπομπής.

5γ) Έστω f_1 και f_2 οι συχνότητες εκπομπής αντίστοιχα, της πρώτης και της δεύτερης κεραίας. Στις συχνότητες αυτές, αντιστοιχούν, στη γενική περίπτωση, δύο διαφορετικά επίπεδα αναφοράς για την ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος S_{1max} και S_{2max} , αντίστοιχα. Υπολογίζεται ο λόγος $\Delta G_f = S_{1max} / S_{2max}$ σε dB και προστίθεται στα διαγράμματα ακτινοβολίας της δεύτερης κεραίας. Αυτό γίνεται για να αναφέρονται τα διαγράμματα ακτινοβολίας στην ίδια συχνότητα εκπομπής. Συνολικά, δηλαδή, στο διαγράμματα ακτινοβολίας της δεύτερης κεραίας προστίθεται $\Delta G = \Delta G_P + \Delta G_f$.

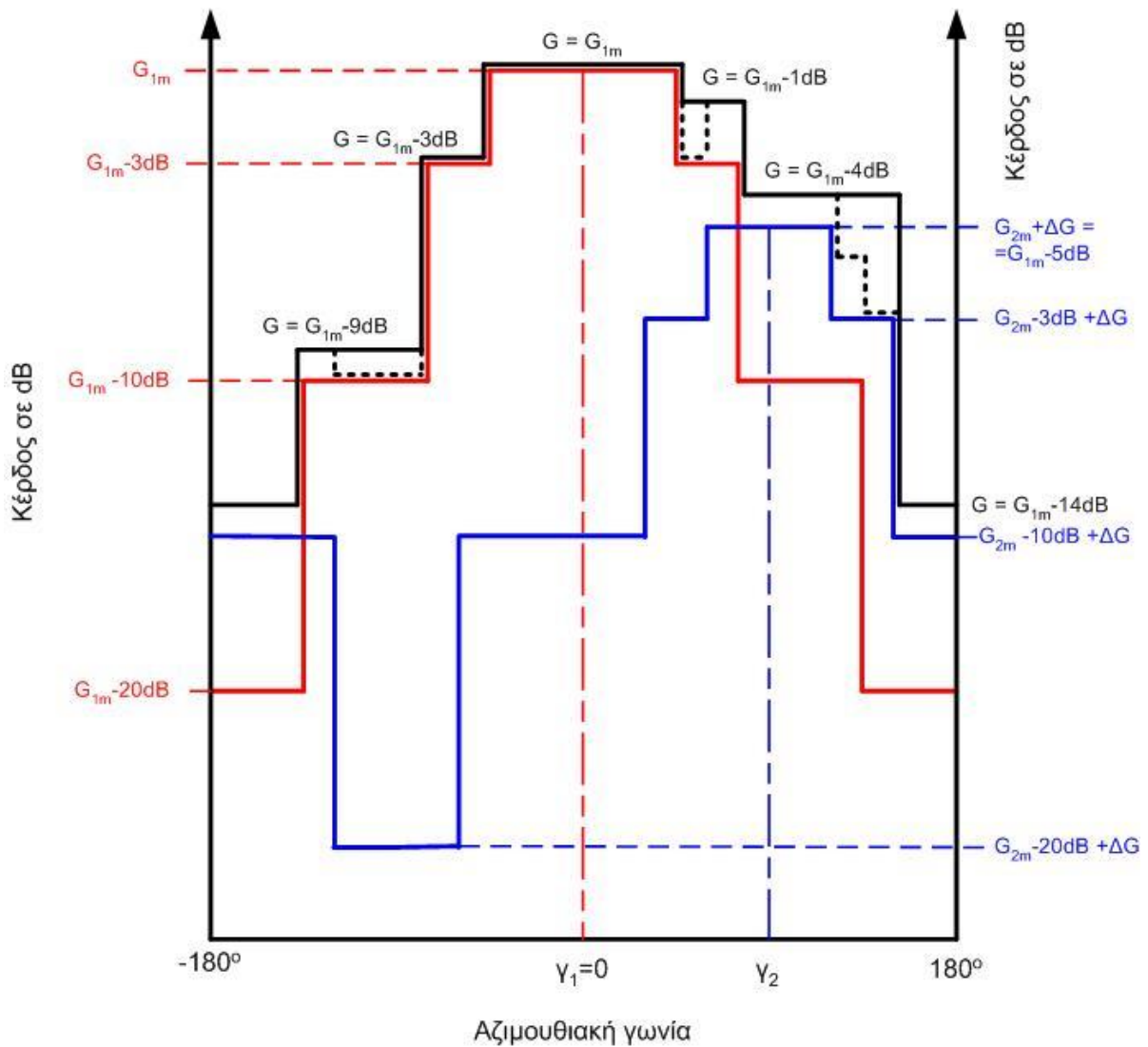
5δ) Η εγκατάσταση των δύο κεραίων μπορεί να θεωρηθεί ως μία ισοδύναμη κεραία που τροφοδοτείται με ισχύ P_1 και εκπέμπει στη συχνότητα f_1 . Το συνολικό οριζόντιο διάγραμμα ακτινοβολίας $G(\varphi)$ της ισοδύναμης κεραίας λαμβάνεται ίσο με το μέγιστο των δύο συν μια προσαύξηση που εξαρτάται από την απόλυτη διαφορά των δύο κερδών (λαμβάνοντας υπόψη και την διαφορά στην αζιμουθιακή γωνία κατεύθυνσης των δύο κεραίων)

$$G(\varphi) = \max [G_1(\varphi), G_2(\varphi) + \Delta G] + \text{προσαύξηση} \quad \text{(Z-2)}$$

Στον πίνακα Z1 δίνονται οι τιμές της προσαύξησης που θεωρούνται συναρτήσει της απόλυτης διαφοράς των δύο κερδών. Τα $G_1(\varphi)$ και $G_2(\varphi)$ είναι οι περιβάλλουσες που προκύπτουν για τα οριζόντια διαγράμματα ακτινοβολίας των δύο κεραίων, λαμβάνοντας υπόψη την διαφορετική αζιμουθιακή κατεύθυνση του κύριου λοβών τους.

Πίνακας Z1. Προσαύξηση σε dB στη σχέση (Z-2)

$D = G_1 - G_2 - \Delta G $ σε dB	Προσαύξηση σε dB
$0 \leq D \leq 1$	3
$1 < D \leq 4$	2
$4 < D \leq 9$	1
$D > 9$	0



Σχήμα Ζ2. Κατασκευή κοινής περιβάλλουσας του οριζόντιου διαγράμματος στο περιβάλλον δύο κατευθυντικών κεραιών. Στο διάγραμμα της περιβάλλουσας οριζόντιας ακτινοβολίας της πρώτης κεραιάς (συμβολίζεται γενικά με κόκκινο χρώμα και τον δείκτη 1) μεταφέρεται η περιβάλλουσα της δεύτερης κεραιάς (συμβολίζεται γενικά με μπλε χρώμα και τον δείκτη 2) λαμβάνοντας υπόψη την μεταβολή ΔG στο κέρδος της δεύτερης κεραιάς λόγω διαφορετικής ισχύος και διαφορετικής συχνότητας εκπομπής. Λαμβάνεται επίσης υπόψη ότι οι αζιμουθιακές κατευθύνσεις γ_1 και γ_2 των δύο κεραιών είναι διαφορετικές. Η κοινή περιβάλλουσα που εξάγεται βάσει της σχέσης (Z-2) απεικονίζεται με μαύρη γραμμή. Σε μερικά σημεία έχουν γίνει ελαφρώς αυστηρότερες θεωρήσεις για την κοινή περιβάλλουσα με στόχο την απλοποίηση του διαγράμματος. Στα σημεία αυτά η περιβάλλουσα που ακολουθεί επακριβώς την σχέση (Z-2) απεικονίζεται με διακεκομμένη μαύρη γραμμή.

6) Αν χρειάζεται, επαναλαμβάνεται η διαδικασία της παραγράφου Ζ5 προσθέτοντας στο διάγραμμα ακτινοβολίας που προέκυψε το οριζόντιο διάγραμμα μια τρίτης κεραίας κοκ.

7) Ως εσωτερικός κώνος της τελικής ισοδύναμης κεραίας θεωρείται αυτός με την μικρότερη γωνία $\omega_{\text{εσ}}$, που προκύπτει για τις θεωρούμενες κεραίες και ως κέρδος του εσωτερικού κώνου θεωρείται αυτό που προκύπτει από την σχέση (Ζ-2) με κέρδη G_1 και G_2 τα G_{s1} και G_{s2} , αντίστοιχα. Ομοίως, ως εξωτερικός κώνος θεωρείται αυτός με την μικρότερη γωνία $\omega_{\text{εξ}}$ που προκύπτει για τις δύο κεραίες. Στο ενδιάμεσο των δύο κώνων το κέρδος θεωρείται ίσο με αυτό που προκύπτει από την σχέση (Ζ-2) μείον 3dB. Στο εξωτερικό των δύο κώνων ως κέρδος της κεραιοδιάταξης θεωρείται αυτό που προκύπτει από την σχέση (Ζ-2). Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία υπολογίζεται θεωρώντας μια ισοδύναμη κεραία με τα κέρδη αυτά, που τροφοδοτείται με ισχύ P_1 και εκπέμπει στη συχνότητα f_1 .

8) Στη συνέχεια υπολογίζονται οι αποστάσεις ασφαλείας όπως προκύπτουν για κάθε περιοχή σταθερού κέρδους και συγκρίνονται με τις πραγματικές αποστάσεις των σημείων όπου υπάρχει ανθρώπινη πρόσβαση στο περιβάλλον των κεραιοδιατάξεων, σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους.

9) Στο κεφάλαιο αυτό θεωρήθηκε ότι όλες οι κεραιοδιατάξεις βρίσκονται τοποθετημένες στο ίδιο περίπου ύψος. Αν στην πράξη οι κεραιοδιατάξεις βρίσκονται τοποθετημένες σε διαφορετικά ύψη, μπορεί να θεωρηθεί, ως δυσμενής θεώρηση, ότι όλες οι κεραιοδιατάξεις βρίσκονται στο χαμηλότερο ύψος.

10) Εναλλακτικά σε σχέση με τα αναγραφόμενα στο κεφάλαιο αυτό, δύο ή περισσότερες κεραιοδιατάξεις μπορούν να θεωρηθούν ανεξάρτητα σύμφωνα με τα αναφερόμενα στο κεφάλαιο Η.

Η. ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΔΥΟ Ή ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΩΝ ΚΕΡΑΙΟΔΙΑΤΑΞΕΩΝ - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΠΕΔΩΝ Η/Μ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΑ ΟΡΙΑ

1) Σε περιπτώσεις όπου στον ίδιο χώρο υπάρχουν 2 ή περισσότερες κεραιοδιατάξεις, ο χώρος ελεύθερης πρόσβασης στο περιβάλλον τους χωρίζεται σε περιοχές ώστε το θεωρούμενο κέρδος από την περιβάλλουσα του διαγράμματος κάθε κεραιοδιάταξης, πραγματικής ή ισοδύναμης να είναι σταθερό (βλέπε σχήμα Η1). Οι περιοχές αυτές ονομάζονται περιοχές σταθερού κέρδους και αριθμούνται χαρακτηριστικά.

2) Για κάθε περιοχή σταθερού κέρδους i επιλέγεται το σημείο που απέχει την ελάχιστη απόσταση από κάθε κεραιοδιάταξη (υπερυψωμένο κατά δύο μέτρα) και υπολογίζεται η μέγιστη ακτινοβολούμενη ισχύς από την κεραιοδιάταξη j στην περιοχή i και στη συχνότητα f (για τις περιπτώσεις εκπομπής σε περισσότερες από μία συχνότητες από την ίδια κεραιοδιάταξη), S_{jif} , σχέση Δ-1. Στη συνέχεια υπολογίζεται ο μέγιστος λόγος έκθεσης από την κεραιοδιάταξη j στην περιοχή i , AE_{ji} .

$$AE_{ji} = \sum_f \frac{S_{jif}}{S_{f,max}} \quad (\text{H-1})$$

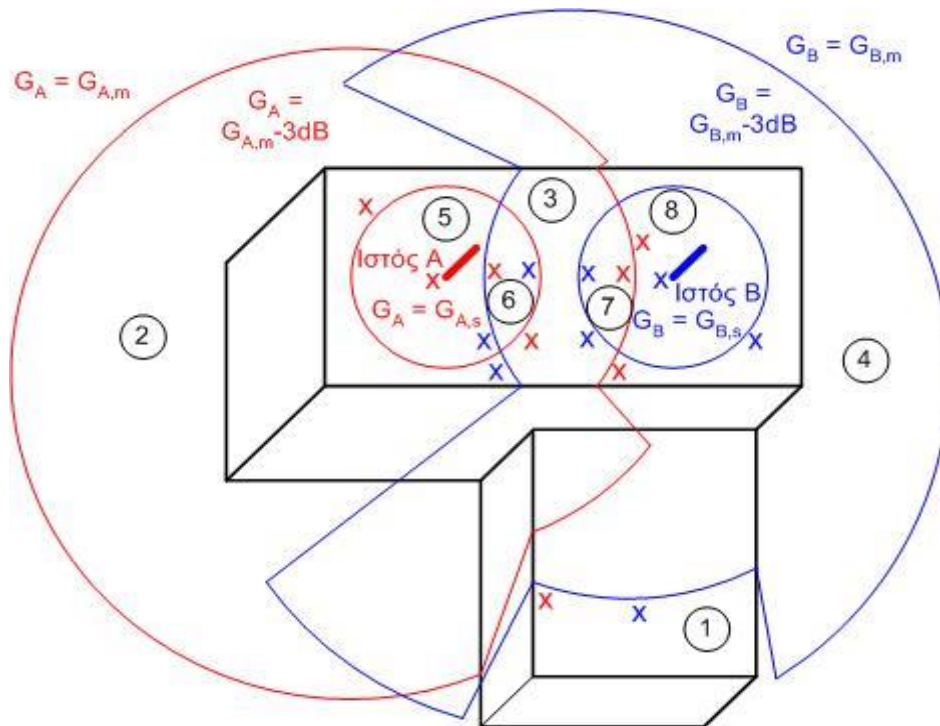
όπου $S_{f,max}$ το επίπεδο αναφοράς – όριο για την συχνότητα f .

3) Στη συνέχεια υπολογίζεται αν το άθροισμα των μέγιστων λόγων έκθεσης, AE_i στην περιοχή i είναι μικρότερο της μονάδας.

$$AE_i = \sum_j AE_{ji} < 1 \quad (\text{H-2})$$

4) Αν ισχύει η σχέση (H-2), τότε, επειδή ο δείκτης έκθεσης πολλαπλών συχνοτήτων είναι μικρότερος του AE_i οπουδήποτε στην περιοχή i , δεν χρειάζεται η λήψη μέτρων προφύλαξης του κοινού στην περιοχή i .

5) Αν δεν ισχύει η σχέση (H-2), τότε ενδεχομένως στην περιοχή i ή σε τμήμα αυτής να χρειάζεται η λήψη μέτρων προφύλαξης του κοινού. Εάν το σχήμα μιας περιοχής σταθερού κέρδους είναι τέτοιο ώστε να προκύπτουν εξαιρετικά μικρές αποστάσεις από δύο ή περισσότερες κεραιοδιατάξεις, είναι δυνατόν η περιοχή αυτή να διαιρεθεί σε μικρότερα τμήματα για πιο ρεαλιστικούς υπολογισμούς. Μετά την διαίρεση της περιοχής σε τμήματα επαναλαμβάνεται ο υπολογισμός των παραγράφων 2 έως 4 ώστε να αποδειχθεί ότι σε οποιαδήποτε περιοχή είναι δυνατή η ανθρώπινη πρόσβαση, ισχύει η ανισότητα της σχέσης (H-2).



Σχήμα Η1. Τρισδιάστατη απεικόνιση δύο ομοιοκατευθυντικών κεραιοδιατάξεων που βρίσκονται τοποθετημένες επί δύο ανεξάρτητων ιστών Α και Β στην οροφή ενός κτιρίου παρουσία ενός χαμηλότερου γειτονικού κτιρίου. Απεικονίζονται ακόμη τα περιγράμματα των κώνων που ορίζουν τις περιοχές σταθερού κέρδους των δύο κεραιοδιατάξεων όπως διαμορφώνονται από την παρουσία των κτιρίων. Οι περιοχές σταθερού κέρδους αριθμούνται από 1 έως 8. Στον ακόλουθο πίνακα φαίνονται τα θεωρούμενα κέρδη G_A και G_B των κεραιοδιατάξεων στον ιστό Α και Β, αντίστοιχα, στις περιοχές αυτές. Με κόκκινο και μπλε x σημειώνονται τα σημεία ελάχιστης απόστασης από τις κεραιοδιατάξεις στον ιστό Α και Β, αντίστοιχα, σε κάθε περιοχή για τον υπολογισμό της μέγιστης ακτινοβολούμενης ισχύος.

Περιοχή	G_A	G_B
1	$G_{A,m}$	$G_{B,m}$
2	$G_{A,m} - 3dB$	$G_{B,m}$
3	$G_{A,m} - 3dB$	$G_{B,m} - 3dB$
4	$G_{A,m}$	$G_{B,m} - 3dB$
5	$G_{A,s}$	$G_{B,m}$
6	$G_{A,s}$	$G_{B,m} - 3dB$
7	$G_{A,m} - 3dB$	$G_{B,s}$
8	$G_{A,m}$	$G_{B,s}$

Θ. ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΙΚΕΣ ΖΕΥΞΕΙΣ

1) Όσον αφορά την εκπεμπόμενη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από την μικροκυματική ζεύξη που χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση του σταθμού βάσης, αυτή πρακτικά μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα διότι:

- η ισχύς στην είσοδό της είναι εξαιρετικά μικρή (της τάξης των mW)
- η μικροκυματική αυτή κεραία είναι υπερκατευθυντική και
- η διεύθυνση μέγιστης ακτινοβολίας της δεν συναντά σημεία προσιτά στο γενικό πληθυσμό. Σε περίπτωση που κάτι τέτοιο μπορεί να συμβεί, πρέπει να λαμβάνονται μέτρα προφύλαξης του κοινού και να αναφέρονται στην τεχνική μελέτη ραδιοεκπομπών του σταθμού βάσης κινητής τηλεφωνίας.

2) Στην συνήθη περίπτωση που ο σταθμός βάσης κινητής τηλεφωνίας περιλαμβάνει μόνο μία μικροκυματική ζεύξη τοποθετημένη σε τέτοιο ύψος, ώστε να μην υπάρχει δυνατότητα πρόσβασης από τον γενικό πληθυσμό στην διεύθυνση μέγιστης ακτινοβολίας της, δεν απαιτείται ο συνυπολογισμός της κεραίας αυτής.

3) Σε περιπτώσεις που ο σταθμός κινητής τηλεφωνίας περιλαμβάνει περισσότερες από μία μικροκυματικές ζεύξεις, η εκπεμπόμενη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από τις ζεύξεις αυτές πρέπει να συνυπολογίζεται και να προστίθεται στη ακτινοβολία των κεραιοδιατάξεων κινητής τηλεφωνίας σύμφωνα με το ισχύον τεχνικό υπόδειγμα της ΕΕΑΕ για τους σταθμούς μικροκυματικών κεραιών.

I. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ 5ης ΓΕΝΙΑΣ

1) Τεχνικό υπόβαθρο

Οι υπηρεσίες της τεχνολογίας 5^{ης} γενιάς (*New Radio - NR*) υλοποιούνται μέσω κεραιοσυστημάτων *massive MIMO (Multiple-Input and Multiple-Output)* κάνοντας χρήση συστοιχιών κεραιών στο ασύρματο δίκτυο των κεραιών κινητής τηλεφωνίας. Οι κεραίες *mMIMO* χρησιμοποιούν τη χωρική διάσταση (οριζόντιο και κάθετο επίπεδο) μέσω της τεχνολογίας διαμόρφωσης δέσμης (*beamforming*) - πέραν από αυτές του χρόνου (*Time Division TDD*) και της συχνότητας (*Frequency Division FDD*) - επιφέροντας επιπλέον διακύμανση στον καθορισμό της ισχύος που συνεισφέρει στην πραγματική μέγιστη έκθεση.

2) Πρακτικές οδηγίες

Στην περίπτωση χρήσης συστημάτων ενεργών κεραιών, στον Πίνακα Β2 θα λαμβάνεται υπόψη το κέρδος κίνησης (*traffic beam gain*)¹ και το εύρος σάρωσης της δέσμης (*beam sweeping range*)¹ στο κάθετο και οριζόντιο επίπεδο. Επίσης, δύναται να λαμβάνονται υπόψη οι σχετικές μεθοδολογίες καθορισμού της πραγματικής μέγιστης μεταδιδόμενης ισχύος (*actual maximum transmitted power*), βάσει παραδοχών όσον αφορά στον τρόπο μετάδοσης των συστημάτων, την κίνηση και το πλήθος των χρηστών στο περιβάλλον των κεραιοδιατάξεων, όπως ορίζονται και περιγράφονται στα διεθνή πρότυπα και συστάσεις και τη σχετική βιβλιογραφία (ενδεικτικά [7]-[9]).

Κ. ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΦΥΛΑΞΗΣ ΤΟΥ ΚΟΙΝΟΥ

1) Μετά τους υπολογισμούς των επιπέδων της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και τους ελέγχους τήρησης των ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού θα προσδιορίζονται με σαφήνεια τα σημεία εκείνα που χρήζουν προστασίας και στα οποία πρέπει να αποκλειστεί η δυνατότητα πρόσβασης του κοινού.

2) Επισημαίνεται ότι, σε περίπτωση που στο κτίριο εγκατάστασης του υπό εξέταση σταθμού βάσης υπάρχει ΕΚΚΧΟ τότε θα πρέπει στα μέτρα προφύλαξης να ληφθούν υπόψη και οι περιορισμοί που αναφέρονται στην κ.υ.α. 32661 ΕΞ 2022 (Β' 4062/2022) και στην κατευθυντήρια οδηγία που έχει εκδώσει η ΕΕΑΕ [10].

3) Στη συνέχεια θα αναφέρεται με σαφήνεια ο τρόπος υλοποίησης των μέτρων προφύλαξης του κοινού. Πιθανοί τρόποι προφύλαξης είναι:

- Ο περιορισμός της πρόσβασης με την χρήση φυσικών μέσων όπως περίφραξη, κιγκλιδώματα, κλειδωμένες πόρτες κλπ.
- Η επισήμανση της περιοχής απαγορευμένης πρόσβασης με την χρήση έγχρωμων διαγραμμίσεων.
- Η ενημέρωση για την περιοχή απαγορευμένης πρόσβασης με την ανάρτηση ειδικών πινακίδων.

¹ όπως αναφέρονται στο αντίγραφο του τεχνικού φυλλαδίου του κατασκευαστή (*data sheet*) που επισυνάπτεται στο παράρτημα της τεχνικής μελέτης

- Η χρήση φωτεινών και ηχητικών συναγερμών σε περίπτωση παραβίασης της περιοχής απαγορευμένης πρόσβασης.

Τα μέτρα προφύλαξης του κοινού πρέπει να είναι επαρκή, απλά και κατανοητά.

4) Συνιστάται επίσης να προβλέπεται η τακτική επιθεώρηση γενικά του σταθμού κεραιών και ειδικά των μέτρων προφύλαξης του κοινού με στόχο την επιβεβαίωση του αναλλοίωτου της καταστάσεως του σταθμού κεραιών και την συντήρηση - αποκατάσταση των μέτρων προφύλαξης από φθορές που ενδεχομένως να επέλθουν με την πάροδο του χρόνου.

Λ. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1]. N. Kuster, Q. Balzano and J. C. Lin (Editors), “Mobile Communications Safety”, Chapman and Hall, London, 1997.
- [2]. K. Fujimoto and J.R. James, “Mobile Antenna Systems Handbook,” Artech House, London: 1994.
- [3]. Constantine A. Balanis, “Antenna Theory: Analysis and Design”, Ed. Wiley, 2005.
- [4]. Federal Communications Commission (FCC): “Evaluating Compliance with FCC Guidelines for human exposure to radio frequency electromagnetic fields”, Edition 97-01, August 1997.
- [5]. ITU-T K.70 (12/2020) Mitigation techniques to limit human exposure to EMFs in the vicinity of radiocommunication stations.
- [6]. Kenneth L. Kaiser, 2004. Electromagnetic Shielding. Taylor & Francis.
- [7]. IEC 62232:2022. Determination of RF field strength, power density and SAR in the vicinity of base stations for the purpose of evaluating human exposure.
- [8]. ITU-T K.100 (06/2021) Measurement of radio frequency electromagnetic fields to determine compliance with human exposure limits when a base station is put into service.
- [9]. B. Thors, A. Furuskär, D. Colombi, and C. Törnevik, “Time-averaged Realistic Maximum Power Levels for the Assessment of Radio Frequency Exposure for 5G Radio Base Stations Using Massive MIMO,” IEEE Access, Vol. 5, pp. 19711-19719, September 2017, DOI: [10.1109/ACCESS.2017.2753459](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2753459).
- [10]. KA-EEAE-KO-122022-01, Κατευθυντήριες οδηγίες για το περιεχόμενο της μελέτης των ΕΚΚΧΟ, σύμφωνα με την κυα με αριθμ. 32661 ΕΞ 2022 (Β’ 4062/29.07.2022), Δεκέμβριος 2022 (<https://eeae.gr/KA-EEAE-KO-122022-01.pdf>).

ΜΕΛΕΤΗ ΡΑΔΙΕΚΠΟΜΠΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ
ΣΤΑΘΜΟΥ ΒΑΣΗΣ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ

ΚΑΤΟΧΟΣ: _____

ΚΩΔΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΘΕΣΗΣ: _____

ΚΩΔΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΘΕΣΗΣ: _____

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ: _____

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ (ΕΓΣΑ 87): _____

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ²: _____

ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:

ΤΙΤΛΟΣ:

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:

ΥΠΟΓΡΑΦΗ:

² Σημειώνονται άλλοι πάροχοι που τυχόν εξυπηρετούνται από την εγκατάσταση, η παρουσία γειτονικών σταθμών κλπ.