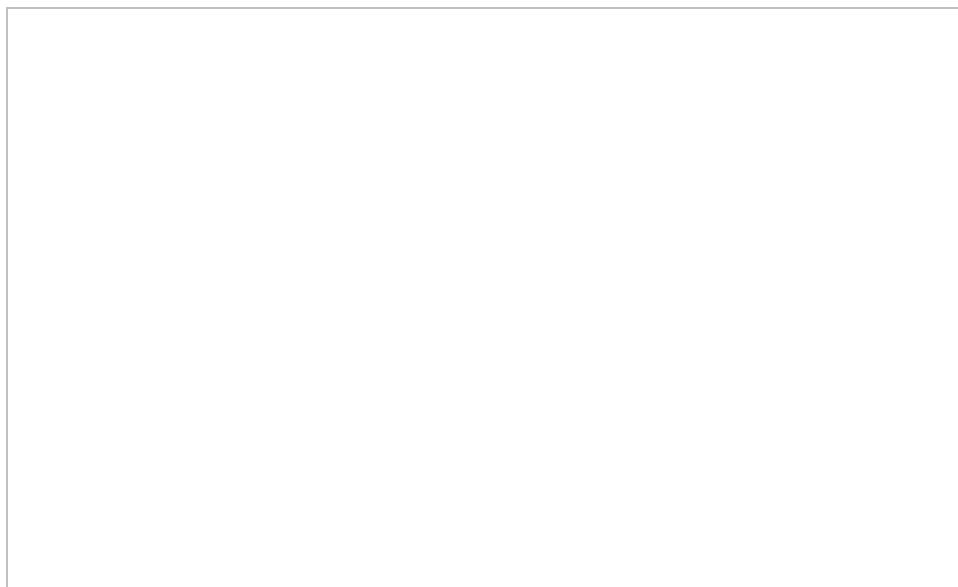


ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ - ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ  
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ



Τ.Ε.Ι ΚΡΗΤΗΣ – ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ



ΧΑΝΙΑ  
2008

**Οδηγός για την κατασκευή Ανοιχτών  
Υπαίθριων Χώρων Δοκιμών για  
Ηλεκτρομαγνητικές Μετρήσεις  
Ακτινοβολούμενων Πεδίων**

*υπό*

***Κοτσώνη Ι. Παναγιώτη***

***Επιβλέπων: Ραφαηλίδου Α. Κυριακή, Εργαστηριακός Συνεργάτης  
Τ.Ε.Ι Κρήτης***

Πτυχιακή Εργασία  
για το Τμήμα Ηλεκτρονικής, Παραρτήματος Χανίων  
του Τ.Ε.Ι Κρήτης  
Τομέας Τηλεπικοινωνιών

Χανιά, Σεπτέμβρης 2008

# **Guide for Construction of Open-Area Test Sites for Performing Radiated Emission Measurements**

By

Kotsonis. I. Panagiotis

Supervisor: **Rafailidou A. Kiriaki** Laboratory Assistant of T.E.I Crete

Thesis

For the electronics dept., Branch of Chania,  
Technological Educational Institute of Crete  
Section of Telecommunications

Chania, September 2008

## **ANSI C 63.7 – 2005**

(Αναθεώρηση του ANSI C 63.7 -1992)

# **Αμερικανικός Εθνικός Πρότυπος Οδηγός για την κατασκευή Ανοικτών Υπαίθριων Χώρων Δοκιμών για ηλεκτρομαγνητικές μετρήσεις Ακτινοβολούμενων Πεδίων.**

Αναγνωρισμένος από το Αμερικανικό Εθνικό Ίδρυμα Προτύπων και υποστηριζόμενος από την Αναγνωρισμένη Επιτροπή Προτύπων C63 για την Ηλεκτρομαγνητική Συμβατότητα.

Εγκρίθηκε στις 7 Οκτωβρίου 2005 από το  
*Αμερικανικό Εθνικό Ίδρυμα Προτύπων (ANSI)*

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Ευχαριστούμε τους κ. Βαρδιάμπαση Ιωάννη, επίκουρο καθηγητή του τμήματος ηλεκτρονικής του Τ.Ε.Ι Κρήτης, τον κ. Αδαμίδη Γεώργιο και την κα. Ραφαηλίδου Κυριακή, εργαστηριακούς συνεργάτες του τμήματος Ηλεκτρονικής του ΤΕΙ Κρήτης (παραρτήματος Χανίων), για την καθοδήγησή τους, την αμέριστη συμπαράστασή τους, την ανεκτίμητη βοήθεια που προσέφεραν σε όλους τους τομείς, καθώς και για τον πολύτιμο χρόνο που αφιέρωσαν. Επίσης το τμήμα Ηλεκτρονικής του παραρτήματος Χανίων του ΤΕΙ Κρήτης για την οικονομική υποστήριξη.

## **Scope**

This guide provides information that is useful in constructing an open-area test site (OATS) used to perform radiated emission measurements in the frequency range of 30 MHz to 1000 MHz Final validity of the test site can only be made by performing site attenuation measurements described in ANSI C63.4-2003,1.

## Περίληψη

Στον συγκεκριμένο οδηγό παρέχονται χρήσιμες πληροφορίες για την κατασκευή Ανοικτών Υπαίθριων Χώρων Δοκιμών (OATS) για ηλεκτρομαγνητικές μετρήσεις Ακτινοβολούμενων Πεδίων στην περιοχή συχνοτήτων 30 MHz με 1000 MHz. Ο τελικός έλεγχος για την λειτουργικότητα ενός χώρου δοκιμών, κατόπιν της κατασκευής του, μπορεί να γίνει μόνο μέσω των πρότυπων μετρήσεων της Εξασθένισης Θέσης του χώρου όπως περιγράφονται στον πρότυπο οδηγό ANSI 63.4 – 2003.

## Φρασεολογία

Μετρήσεις ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, Ανοικτοί Υπαίθριοι Χώροι Δοκιμών (OATS), ηλεκτρομαγνητικές μετρήσεις ακτινοβολούμενων πεδίων.

## Αμερικανικό εθνικό πρότυπο - επεξήγηση

Ένα αμερικανικό εθνικό πρότυπο καθιερώνει μια σύμβαση η οποία ουσιαστικά αναφέρεται σε κάποιο συγκεκριμένο πεδίο εφαρμογών και τα παράγωγά του. Το αμερικανικό εθνικό πρότυπο προορίζεται ως οδηγός για να βοηθήσει τον κατασκευαστή, τον καταναλωτή και το ευρύ κοινό. Η ύπαρξη του αμερικανικού εθνικού προτύπου από οποιαδήποτε άποψη δεν αποκλείει κάποιον, που είτε αποδέχεται το πρότυπο ή όχι, να κατασκευάσει, να προωθήσει στη αγορά ή να χρησιμοποιήσει προϊόντα και διαδικασίες που δεν συμμορφώνονται με το πρότυπο αυτό. Τα αμερικανικά εθνικά πρότυπα ενημερώνονται-αναθεωρούνται περιοδικά και οι χρήστες συνίσταται να λαμβάνουν πάντοτε τις τελευταίες εκδόσεις.

## Προειδοποίηση

Αυτό το αμερικανικό εθνικό πρότυπο μπορεί να αναθεωρηθεί ή να αποσυρθεί οποιαδήποτε στιγμή. Οι διαδικασίες του αμερικανικού εθνικού ιδρύματος προτύπων προβλέπουν επανεξέταση, αναθεώρηση ή και απόσυρση αυτού του προτύπου το

αργότερο σε πέντε χρόνια από την ημερομηνία της δημοσίευσης. Οι αγοραστές των αμερικανικών εθνικών προτύπων μπορούν να λάβουν τις τρέχουσες πληροφορίες για όλα τα πρότυπα μέσω τηλεφώνου ή μέσω ταχυδρομείου από το αμερικανικό εθνικό ίδρυμα προτύπων.

Η έγκριση για να φωτοτυπηθεί οποιοδήποτε μεμονωμένο τμήμα προτύπων για εσωτερική ή προσωπική χρήση χορηγείται από το ίδρυμα ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών μηχανικών (IEEE) υπό τον όρο να πληρωθεί η κατάλληλη αμοιβή. Για να τακτοποιήσετε την πληρωμή της χορήγησης αδείας παρακαλώ ελάτε σε επαφή με το Κέντρο εκκαθάρισης πνευματικών δικαιωμάτων. Επίσης από το ίδιο κέντρο μπορεί να ληφθεί και η άδεια για εκπαιδευτική χρήση.

### **Εισαγωγή - Ιστορική αναδρομή**

Η εισαγωγή αυτή **δεν** είναι μέρος του προτύπου.

Το πρότυπο *Ansi C63.4*, που αφορά τυποποιημένες μεθόδους μέτρησης του εκπεμπόμενου θορύβου, από πηγές χαμηλής τάσης και από ηλεκτρικό εξοπλισμό στην περιοχή συχνοτήτων από 9 kHz έως 40 GHz, έχει υποβληθεί σε αρκετές αναθεωρήσεις έπειτα από την δημοσίευση του αρχικού εγγράφου το 1940. Παρόλο που έγιναν πολλές βελτιώσεις μέχρι την τρέχουσα έκδοση που δημοσιεύθηκε στις αρχές του 2004, η δυνατότητα επαναληψιμότητας των μετρήσεων από μια υπαίθρια περιοχή δοκιμών σε μια άλλη δεν είναι ακόμα απολύτως ικανοποιητική.

Το 1982, μια κοινή προσπάθεια οργανώθηκε από μια υποεπιτροπή προερχόμενη από την Αναγνωρισμένη Επιτροπή Προτύπων C63, για να εξεταστεί πώς η τεχνική του OATS θα μπορούσε να βελτιωθεί. Τα στοιχεία έδειξαν ότι η μεταβλητότητα των μετρήσεων στο χρόνο οφειλόταν εν μέρει σε ανεπαρκή:

**α)** έλεγχο της αγωγιμότητας του επιπέδου γείωσης, στην τραχύτητα της επιφάνειάς του, στην επίδραση του περιβάλλοντα χώρου και σε ορισμένα άλλα χαρακτηριστικά.

**β)** υπολογισμό των παραγόντων των κεραιών, στην καλωδίωση, και στα χαρακτηριστικά του εξοπλισμού υπό δοκιμή (EUT).

γ) εκτίμηση των αποτελεσμάτων σύζευξης μεταξύ του εξοπλισμού υπό δοκιμή και των κεραιών λήψης.

Κατόπιν πέντε ετών και πλέον συζητήσεων και ερευνών, το *Ansi C63.4* αναθεωρήθηκε. Στο ίδιο χρόνο αναθεωρήθηκαν τα :

*Ansi C63.5* (Αμερικανικό εθνικό πρότυπο για μετρήσεις ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών (EMI) και Βαθμονόμηση-έλεγχος κεραιών).

*Ansi C63.6* (αμερικανικό εθνικό πρότυπο για τους υπαίθριους χώρους δοκιμής και Οδηγός —υπολογισμού των σφαλμάτων ), και *Ansi C63.7* (αμερικανικός εθνικός τυποποιημένος οδηγός για την κατασκευή υπαίθριων περιοχών δοκιμής για μετρήσεις ηλεκτρομαγνητικών εκπομπών ). Αυτά συνέβησαν το 1988.

Το 1992, δημοσιεύθηκε η επόμενη έκδοση του *Ansi C63.7* η οποία συμπεριλάμβανε βελτιώσεις που έγιναν λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα που προέκυψαν από μακροχρόνιες δοκιμές σε OATS. Σήμερα, οι OATS χρησιμοποιούνται ακόμη κυρίως ως χώροι δοκιμών για μετρήσεις ηλεκτρομαγνητικών εκπομπών και πιστοποίηση κεραιών, ωστόσο για τις δοκιμές ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας υπάρχουν και άλλοι χώροι δοκιμών όπως για παράδειγμα οι ημι-ανηχοϊκοί θάλαμοι .Οι ημι-ανηχοϊκοί θάλαμοι μοιάζουν πολύ με τους OATS δεδομένου ότι και αυτοί έχουν αγωγίμο επίπεδο και επιπλέον ο έλεγχος της λειτουργικότητας των ημι-ανηχοϊκων θαλάμων γίνεται σύμφωνα με την μέτρηση της κανονικοποιημένης εξασθένιση θέσης (NSA) όπως περιγράφεται στο *Ansi C63.4*, όπως ακριβώς γίνεται και με τούς OATS.

Η τρέχουσα έκδοση του *Ansi C63.7* αποτελεί ουσιαστικά μια βελτίωση της έκδοσης του 1992 .Η βελτιωμένη αυτή έκδοση περιλαμβάνει επιπλέον διευκρινήσεις για τα παρακάτω :

α)Για την δομή - τρόπο καλωδίωσης της κεραιάς λήψης .



β) Για τον τρόπο προστασίας του μεταλλικού επιπέδου γείωσης από τις καιρικές συνθήκες .

γ) Για τα είδη των μετάλλων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή του επιπέδου γείωσης .

δ) και τέλος για το πώς η κλίση του επιπέδου γείωσης που απαιτείται για την απομάκρυνση του βρόχινου νερού μπορεί να επηρεάσει την λειτουργικότητα των OATS.

Οι Donald N. Heirman και Edwin L. Bronaugh, μέλη της επιτροπής C63, συνέβαλαν στην επίτευξη αυτής της αναθεώρησης .

## Περιεχόμενα

1. Πεδίο εφαρμογής
2. Συμβάσεις
3. Ορισμοί
4. Γενικές παραδοχές
5. Περιοχή απαλλαγμένη από σκεδάσεις
  
6. Επίπεδο γείωσης
  - 6.1 Μέγεθος και μορφή του επιπέδου γείωσης
  - 6.2 Τραχύτητα του επιπέδου γείωσης
  - 6.3 Υλικό του επιπέδου γείωσης
  - 6.4 Ηλεκτρική γείωση
  
7. Εγκαταστάσεις μέτρησης
  - 7.1 Περιστρεφόμενες τράπεζες-βάσεις
  - 7.2 Καλωδίωση του EUT
  - 7.3 Στήριξη της κεραίας λήψης
  - 7.4 Θέση του προσωπικού και του εξοπλισμού μέτρησης
  - 7.5 Καλωδίωση του εξοπλισμού μέτρησης
  
8. Προστατευτικό κάλυμμα
  - 8.1 Συστάσεις κατασκευής
  - 8.2 Υλικά και σύνδεσμοι
  - 8.3 Περεταίρω λεπτομέρειες
  - 8.4 Μέγεθος
  - 8.5 Αντοχή στο χρόνο και τον καιρό
  - 8.6 Κάποιες επιπλέον εκτιμήσεις
  
- Παράρτημα Α      Η Έλλειψη Fresnel
- Παράρτημα Β      Το κριτήριο Rayleigh
- Παράρτημα C      Βιβλιογραφία

## 1. Πεδίο εφαρμογής

Αυτός ο οδηγός παρέχει τις πληροφορίες που είναι χρήσιμες για την κατασκευή ενός Ανοικτού Υπαίθριου Χώρου Δοκιμών (OATS) για ηλεκτρομαγνητικές μετρήσεις Ακτινοβολούμενων Πεδίων στην περιοχή συχνοτήτων 30 MHz με 1000 MHz . Ο έλεγχος της σωστής λειτουργίας του χώρου δοκιμής μπορεί να γίνει μόνο με την μέτρηση της κανονικοποιημένης εξασθένισης θέσης (NSA) που περιγράφεται στο *Ansi C63.4- 2003* στην ενότητα 5.4.6

## 2. Συμβάσεις

Τα ακόλουθα πρότυπα πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την πιστοποίηση ενός υπαίθριου χώρου μετρήσεων .

*AnsiC63.4-2003*. (Αμερικανικές εθνικές τυποποιημένες μέθοδοι μέτρησης του εκπεμπόμενου θορύβου από ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό χαμηλής τάσης στην περιοχή συχνοτήτων 9 kHz -40 GHz).

*AnsiC63.5-2006*, (Αμερικανικό εθνικό πρότυπο για τη βαθμονόμηση των κεραιών που χρησιμοποιούνται σε μετρήσεις ακτινοβολούμενων πεδίων σε περιπτώσεις ηλεκτρομαγνητών παρεμβολών (EMI) ).

*AnsiC63.14-1998*, (Αμερικανικό εθνικό τυποποιημένο λεξικό για τις τεχνολογίες που αφορούν την ηλεκτρομαγνητική Συμβατότητα (EMC), τους ηλεκτρομαγνητικούς παλμούς (EMP), και την ηλεκτροστατική εκφόρτιση (ESD) (λεξικό των EMC/EMP/ESD όρων και ορισμών ).

## 3. Ορισμοί

Δείτε το *Ansi C63.14-1998*.

#### 4. Γενικές παραδοχές.

Οι παράγραφοι από 5.1 έως και 5.4.5 του *Ansi C63.4-2003* απαριθμούν τις γενικές παραδοχές για τους χώρους δοκιμών και ειδικότερα και για τους OATSs. Συνοπτικά οι μετρήσεις ακτινοβολούμενων πεδίων μπορούν να πραγματοποιηθούν σε μια επίπεδης έκτασης, απαλλαγμένη από σκεδάσεις περιοχή. Εναλλακτικοί χώροι δοκιμών μπορεί να περιλαμβάνουν μια υπερυψωμένη πλατφόρμα, οροφή ή μια ανοικτή περιοχή όπως ένα μεγάλο δωμάτιο που είναι απαλλαγμένο από σκεδάσεις. Οι μετρήσεις ακτινοβολούμενων πεδίων μπορούν να γίνουν και σε ένα ανηχοϊκό θάλαμο που είναι ουσιαστικά ένα δωμάτιο με ηλεκτρομαγνητικά τοιχώματα.

Ο πιο ενδεδειγμένος χώρος δοκιμών είναι ένας υπαίθριος χώρος (OATS), ο οποίος αναγνωρίζεται διεθνώς ως πρότυπο για τις μετρήσεις ακτινοβολούμενων πεδίων. Ένας τέτοιος χώρος πρέπει να βρίσκεται μακριά από κτίρια, δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, φράκτες, δέντρα κ.α. Επίσης θα πρέπει να είναι απαλλαγμένος από υπόγεια καλώδια, υπόγειες σωληνώσεις και άλλα υπόγεια μεταλλικά αντικείμενα εκτός αν χρησιμοποιείται ένα μεταλλικό επίπεδο γείωσης που απομονώνει τα δυσμενή αποτελέσματα τέτοιων υπόγειων αγωγίμων αντικειμένων.

Ειδική μέριμνα πρέπει να υπάρχει για την καλωδίωση του υπό δοκιμή εξοπλισμού (EUT) και για την καλωδίωση της κεραίας λήψης. Τα καλώδια πρέπει να είναι θαμμένα στη γη εάν δεν χρησιμοποιείται κάποιο μεταλλικό επίπεδο γείωσης. Τα καλώδια πρέπει να θαφτούν αρκετά βαθιά έτσι ώστε να εξασφαλιστεί ότι η καλωδίωση δεν επηρεάζει την Κανονικοποιημένη Εξασθένιση Θέσης του χώρου.

Η παράγραφοι 5 έως και 8 περιγράφουν τα βασικά χαρακτηριστικά του χώρου δοκιμών, του επιπέδου γείωσης, του εξοπλισμού υπό δοκιμή (EUT) και του καλύμματος προστασίας του χώρου από τις καιρικές συνθήκες. Αυτές οι συστάσεις πρέπει να χρησιμοποιηθούν για να εξασφαλιστεί η λειτουργικότητα του χώρου δοκιμών. Η λειτουργικότητα του χώρου ελέγχεται μέσω της μέτρησης της κανονικοποιημένης εξασθένισης θέσης που περιγράφεται στο *Ansi C63.2003*, παράγραφος 5.4.6

## 5. Περιοχή απαλλαγμένη από σκεδάσεις .

Για τους OATS απαιτείται η ύπαρξη μιας περιοχής απαλλαγμένης από εμπόδια γύρω από τον υπό δοκιμή εξοπλισμό EUT και τη χρησιμοποιούμενη κεραία. Η περιοχή αυτή πρέπει να είναι ουσιαστικά απαλλαγμένη από σημαντικές σκεδάσεις και πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη έτσι ώστε οι σκεδαστές που βρίσκονται έξω από την περιοχή αυτή να έχουν αμελητέα επίδραση στα μετρούμενα πεδία. Η τελική δοκιμή της ελεύθερης από εμπόδια περιοχής μπορεί να γίνει μέσω της μέτρησης της κανονικοποιημένης εξασθένισης θέσης (NSA) *Ansi c63.4-2003* .

Δεδομένου ότι το μέγεθος της ελεύθερης από σκεδάσεις περιοχής εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως ( η απόσταση από τον υπό δοκιμή εξοπλισμό (EUT), η απόσταση από την κεραία λήψης, ο προσανατολισμός του EUT και της κεραίας λήψης, η αγωγιμότητα και άλλα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των σκεδαστών, η συχνότητα, κ.λπ.), είναι αδύνατο να καθοριστεί το μέγεθος μιας περιοχής χωρίς σκεδάσεις, η οποία να είναι ικανοποιητική για όλες τις εφαρμογές. Εντούτοις όμως, ένας λογικός οδηγός παρατίθεται στις ακόλουθες παραγράφους.

Το μέγεθος και η μορφή της ελεύθερης από σκεδάσεις περιοχής εξαρτώνται από την απόσταση μέτρησης (απόσταση EUT με την κεραία λήψης) και από το εάν περιστρέφεται ή όχι ο υπό δοκιμή εξοπλισμός EUT. Εάν ο OATS είναι εξοπλισμένος με μια περιστροφική τράπεζα που επιτρέπει την περιστροφή του EUT, συνιστάται η ελεύθερη από σκεδάσεις περιοχή να είναι ελλειπτική, με τη κεραία λήψης και τον υποδοκιμή εξοπλισμό EUT στις δύο εστίες της έλλειψης. Ο μεγάλος άξονας της έλλειψης θα πρέπει να είναι ίσος με το διπλάσιο της απόστασης της κεραίας μέτρησης από τον EUT. Ο μικρός άξονας της έλλειψης θα πρέπει να είναι ίσος με την απόσταση μέτρησης κεραίας-EUT επί την τετραγωνική ρίζα του τρία (σχήμα 1). Για αυτήν την έλλειψη, η πορεία μιας ανεπιθύμητης ακτίνας προερχόμενη από σκέδαση από ένα αντικείμενο που βρίσκεται στην περίμετρο της έλλειψης, είναι τουλάχιστον διπλάσια σε μήκος σε σχέση με την απόσταση των εστιών της έλλειψης .

Η παραδοχή αυτή γίνεται με βάση το γεγονός ότι το σκεδαζόμενο πεδίο θα είναι τουλάχιστον 6 DB ασθενέστερο σε σχέση με το απευθείας πεδίο. Κατά αυτό τον τρόπο, το σκεδαζόμενο πεδίο θα έχει ελάχιστη επίδραση στην μέτρηση του απευθείας

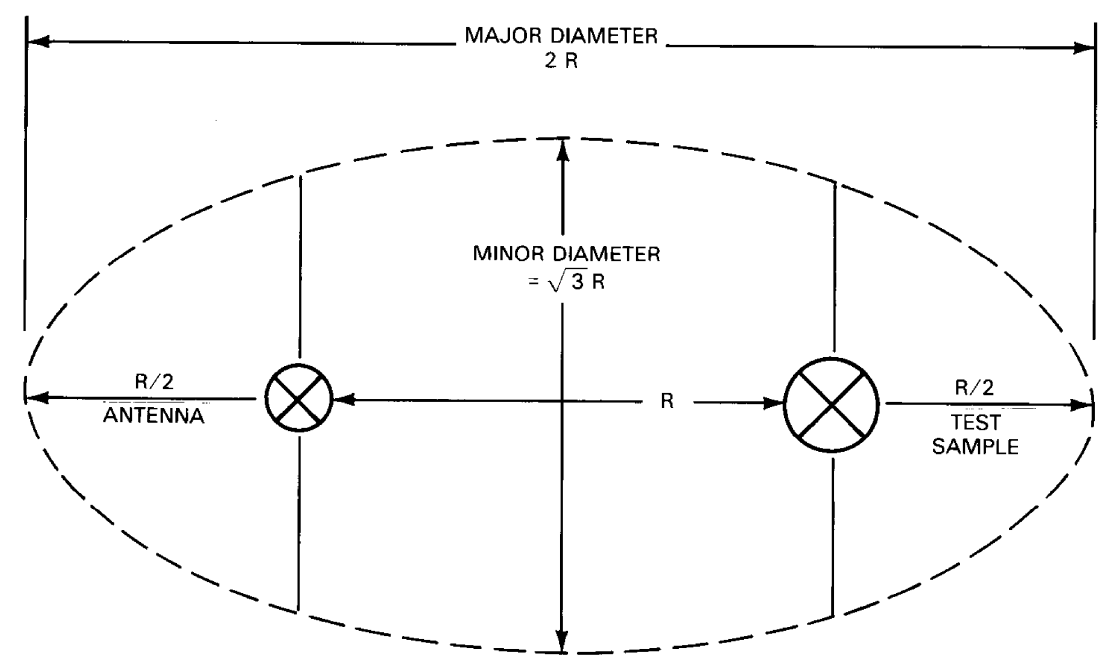
σήματος. Οι υπολογισμοί έχουν δείξει ότι ένα σκεδαζόμενο σήμα που είναι 6 DB ασθενέστερο από το απευθείας σήμα μπορεί να προκαλέσει σφάλμα της τάξης των 2 DB με 3 DB στις μετρήσεις. Εντούτοις η σκέδαση από την περίμετρο του επιπέδου γείωσης εξαρτάται από την απόσταση αλλά και το βαθμό κατά τον οποίο η άκρη είναι ηλεκτρικά τερματισμένη ή παράγει ανακλάσεις.

Όταν ο εξοπλισμός υπό δοκιμή (EUT), καταλαμβάνει σημαντικό χώρο τότε η ελεύθερη από σκεδάσεις περιοχή πρέπει να επεκταθεί έτσι ώστε το κριτήριο των 6 db για τις σκεδάσεις να ισχύει παντού γύρω από τον EUT. Το μεγαλύτερο μέρος του επιπέδου γείωσης από το οποίο κυρίαρχα προέρχεται το ανακλώμενο σήμα ανήκει στο γεωμετρικό τόπο που ονομάζεται πρώτη έλλειψη Fresnel. Εξυπακούεται λοιπόν ότι στην περιοχή της πρώτης έλλειψης Fresnel δεν πρέπει να υπάρχουν εμπόδια.

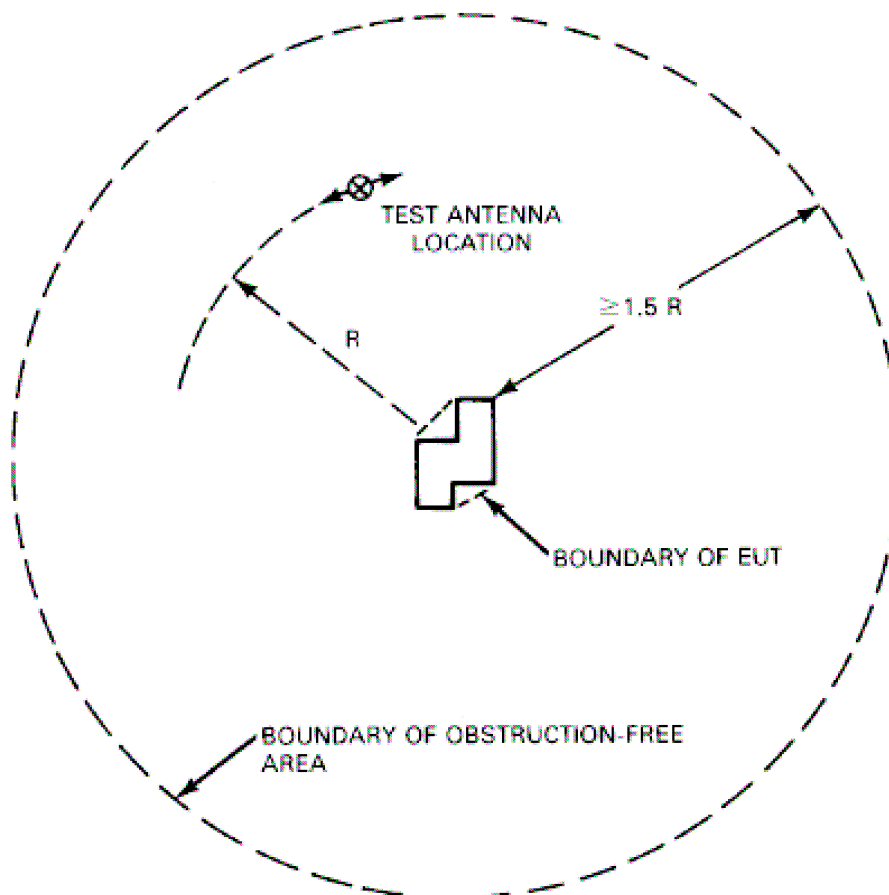
Για έναν OATS των 3 μ, η πρώτη έλλειψη Fresnel (βλ. πίνακας 1) είναι μεγαλύτερη από την ελεύθερη από σκεδάσεις περιοχή όπως φαίνεται στο σχήμα 1. Εάν ένας τέτοιος OATS αποτυγχάνει να ικανοποιήσει το κριτήριο NSA που ορίζεται στο *ANSI C63.4-2003*, τότε το τμήμα του OATS που είναι έξω από την ελεύθερη από σκεδάσεις περιοχή αλλά βρίσκεται στο εσωτερικό μέρος της πρώτης έλλειψης Fresnel πρέπει να εξεταστεί για ύπαρξη σκεδαστών.

Τα προβλήματα που παρουσιάζονται λόγω της κακής κατασκευής που οφείλεται στην ύπαρξη σκεδαστών, ατελούς επιπέδου γείωσης ή και άλλου είδους ατέλειες, αναφέρονται στη βιβλιογραφία [ B3 ] [ B10 ]. Εάν ο OATS δεν είναι εξοπλισμένος με μια περιστροφική τράπεζα, δηλαδή εάν ο EUT βρίσκεται σε σταθερή βάση τότε η ελεύθερη από σκεδάσεις περιοχή πρέπει να έχει κυκλικό σχήμα. Η περιοχή αυτή πρέπει να εκτίνεται σε ακτίνα  $1.5R$  γύρω από τον υπό δοκιμή εξοπλισμό (EUT), όπου  $R$  είναι η απόσταση της κεραίας λήψης από τον υπό δοκιμή εξοπλισμό (EUT) (βλ. σχήμα 2). Σε αυτήν την περίπτωση, η κεραία λήψης κινείται κυκλικά γύρω από τον EUT και μέσα στα όρια της κυκλικής περιοχής που είναι απαλλαγμένη από σκεδάσεις έτσι ώστε να μην δημιουργούνται ανεπιθύμητες ανακλάσεις όπως φαίνεται στο σχήμα 2.

Το τμήμα μέσα στην ελεύθερη από σκεδάσεις περιοχή πρέπει να είναι λείο και επίπεδο. Επιτρέπεται όμως κάποια μικρή κλίση για τη απομάκρυνση του νερού αρκεί αυτή να μην επηρεάζει σημαντικά την Κανονικοποιημένη Εξασθένιση Θέσης του χώρου δοκιμών.



**Σχήμα 1-Περιοχή χωρίς σκεδάσεις για OATS με περιστρεφόμενη τράπεζα**



**Σχήμα 2-Περιοχή χωρίς σκεδάσεις για OATS με ακίνητο τον EUT**



**Πίνακας 1- αντιπροσωπευτικές διαστάσεις των OATS**

Απόσταση μέτρησης (m)	Συχνότητα (MHz)	Όρια μετακίνησης της Κεραίας καθ’ ύψος (m)		Άξονες έλλειψης (m)		Κέντρο έλλειψης (m) (βλ. σημείωση 2)
		$h_1$	$h_2$	Μεγάλος άξονας	Μικρός άξονας	
R		$h_1$	$h_2$	$2X_1$	$2Y_1$	$X_0$
3	30	1	4	9.9	9.5	1.4
		2	4	11.3	11.0	1.5
	100	1	4	5.9	5.3	1.2
		2	4	7.6	7.1	1.4
	1000	1	4	4.0	3.4	1.0
		2	4	6.1	5.5	1.3
10	30	1	4	15.3	12.0	4.7
		2	4	16.3	13.0	4.9
	100	1	4	10.8	6.6	4.3
		2	4	12.4	8.1	4.7
	1000	1	4	7.7	3.6	3.4
		2	4	10.6	5.7	4.5
30	30	1	4	34.5	18.3	14.6
		2	4	35.2	18.9	14.8
	100	1	4	29.5	10.1	13.9
		2	4	31.1	11.1	4.5
	1000	1	4	22.5	4.3	11.0
		2	4	28.0	6.1	13.7

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1** —Οι διαστάσεις της πρώτης έλλειψης Fresnel που παρουσιάζονται στον παραπάνω πίνακα για την περίπτωση του OATS των 3 μέτρων και στη συχνότητα των 30MHz είναι μεγαλύτερες από τις συνιστώμενες διαστάσεις της

περιοχής Fresnel που φαίνονται στην εικόνα A.1 (βλ. παραγράφους 5 και 6.1 για περαιτέρω διευκρινήσεις)

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ 2** —  $X_0$  είναι η απόσταση από τη θέση του EUT έως το κέντρο της πρώτης έλλειψης Fresnel. (βλέπε σχήμα A.1.)

## 6. Επίπεδο γείωσης

### 6.1 Μέγεθος και μορφή του επιπέδου γείωσης.

Το μέγεθος και η μορφή της επιφάνειας ανάκλασης (αγώγιμο επίπεδο γείωσης) εξαρτώνται από την εκάστοτε επιλεγμένη γεωμετρία και από την δυνατότητα περιστροφής ή όχι του EUT ( βλ. 6.3 επίπεδο γείωσης ).

Γενικά, το επίπεδο γείωσης καταλαμβάνει μόνο την ελεύθερη από σκεδάσεις περιοχή. Εάν όμως κρίνεται απαραίτητο το επίπεδο γείωσης μπορεί να επεκταθεί και έξω από τα όρια της ελεύθερης από σκεδάσεις περιοχή. Εάν ένας OATS περιλαμβάνει μια περιστρεφόμενη τράπεζα, οι θεωρητικά ελάχιστες διαστάσεις του επιπέδου γείωσης είναι ίδιες με αυτές της πρώτης έλλειψης Fresnel (Δείτε το *Παράρτημα A* για περισσότερες λεπτομέρειες για τις ελλείψεις Fresnel και τη σημείωση που αναφέρεται στο σχήμα *A.1* και στον *πίνακα 1* ). Η πρακτική εμπειρία ωστόσο έχει δείξει ότι πολλές φορές είναι ικανοποιητικά και τα ορθογώνια επίπεδα γείωσης που είναι μικρότερα της πρώτης έλλειψης Fresnel. Αντίστοιχο παράδειγμα αναφέρεται στη βιβλιογραφία [ **B4** ] όπου εκεί παρουσιάζεται ένα ορθογώνιο επίπεδο γείωσης με διαστάσεις 6 μ x 9 μ. Για την εκτέλεση μετρήσεων σε έναν OATS των 3μ, όπως φαίνεται στον πίνακα 1 και για τη συχνότητα των 30MHz, οι διαστάσεις της προβλεπόμενης έλλειψης είναι 9.9x9.5μ και σαφώς σε ορισμένες περιοχές η έλλειψη αυτή εκτείνεται έξω από ένα ορθογώνιο επίπεδο γείωσης διαστάσεων 6μx9μ.

Ένα ορθογώνιο επίπεδο διαστάσεων 6 x 9 μ ενδέχεται να μην είναι επαρκές στην περίπτωση μετρήσεων κάθετης πόλωσης, ιδιαίτερα εάν το επίπεδο γείωσης είναι υπερυψωμένο. Σε αυτήν την περίπτωση, οι διαστάσεις του επιπέδου γείωσης πρέπει να επεκταθούν σε αυτές που αναφέρονται στον *πίνακα 1*. Οι ενδεικτικές διαστάσεις της πρώτης έλλειψης Fresnel πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο ως αναφορά. Στην πραγματικότητα οι διαστάσεις του επιπέδου γείωσης πρέπει να εκτείνονται κατ' όσο είναι απαραίτητο πέραν ή όχι της πρώτης έλλειψης Fresnel έτσι ώστε ο OATS να πληρεί το κριτήριο λειτουργικότητας που ορίζεται στο *Ansi C63.4-2003*.

Αυτό είναι ιδιαίτερα κρίσιμο στις περιπτώσεις που επιλέγουμε το επίπεδο γείωσης να είναι υπερυψωμένο.

Στην περίπτωση που ο OATS δεν είναι εξοπλισμένος με μια περιστρεφόμενη τράπεζα τότε η κεραία λήψης πρέπει να κινείται γύρω από τον EUT και το επίπεδο γείωσης πρέπει να είναι κυκλικό. Η ακτίνα του επιπέδου γείωσης σε αυτή την περίπτωση δίνεται από την ακόλουθη εξίσωση .

$$R = X_0 + X_1$$

Όπου

**X<sub>0</sub>**: είναι η απόσταση από το κοντινότερο σημείο του EUT μέχρι το κέντρο της πρώτης έλλειψης Fresnel.

**X<sub>1</sub>**: είναι το μήκος του μεγάλου ημι-άξονα της πρώτης έλλειψης Fresnel (βλ. πίνακα 1)

Για παράδειγμα, για τον υπολογισμό της ακτίνας του επιπέδου γείωσης σε έναν κυκλικό OATS των 3μ θα πρέπει να λάβουμε υπόψη το μήκος του μεγάλου άξονα της πρώτης έλλειψης Fresnel όπως αναφέρεται στον **πίνακα 1**. Αντικαθιστώντας την τιμή αυτή στην παραπάνω εξίσωση (**R=1,4+ 9,9/2 = 6,35 μ**) καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το επίπεδο γείωσης θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από την ελεύθερη από σκεδάσεις περιοχή που φαίνεται στο **σχήμα 2** για τη συχνότητα των 30 MHz, που είναι **1,5 μ · 3 μ = 4,5 μ**.

## 6.2 Τραχύτητα του επιπέδου γείωσης.

Σε μερικές περιπτώσεις το κριτήριο τραχύτητας Rayleigh, παρέχει μια χρήσιμη εκτίμηση για τη μέγιστη επιτρεπτή τιμή τραχύτητας (rms) του επιπέδου γείωσης όπως αναφέρεται στο παράρτημα Β, (**βλ σχήμα Β.1**). Μερικές αντιπροσωπευτικές τιμές τραχύτητας rms για συγκεκριμένους τύπους OATS δίνονται στον **πίνακα 2**. Για τις

περισσότερες περιοχές δοκιμής και ειδικότερα για OATS των 3μ η ύπαρξη κοιλωμάτων στο επίπεδο γείωσης που δεν υπερβαίνουν τα 4.5cm (1.8in) σε βάθος, συνήθως δεν δημιουργεί πρόβλημα. Επομένως το κριτήριο των 4,5cm για τα κοιλώματα κρίνεται ικανοποιητικό και σαφώς κάθε OATS θα πρέπει να ικανοποιεί αυτό το κριτήριο. Σε ορισμένες εφαρμογές μπορεί να εξαιρεθεί το παραπάνω κριτήριο. Για τις περιπτώσεις αυτές όμως που δεν τηρηθεί το προτεινόμενο κριτήριο τραχύτητας είναι περισσότερο αμφίβολη η εκπλήρωση του κριτηρίου λειτουργικότητας του χώρου όπως περιγράφεται στο *Ansi C63.4-2003*. Όπως φαίνεται στον **πίνακα 2** η τραχύτητα του επιπέδου γείωσης για τους OATS των 10μ και 30μ δεν είναι τόσο περιοριστική όσο για την περιοχή των 3μ.

### 6.3 Υλικό του επιπέδου γείωσης

Όπως δηλώνεται στο *Ansi C63.4-2003* στις παραγράφους 5.4.1 , και 5.4.3 το επίπεδο γείωσης απαιτείται να είναι αγώγιμο. Μέταλλα όπως ο χαλκός, ο χάλυβας, ο κασσίτερος το αλουμίνιο ή και κράματα αυτών των μετάλλων που έχουν ηλεκτρική αγωγιμότητα μεγαλύτερη ή ίση από αυτή του χάλυβα, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν ως υλικό κατασκευής του επιπέδου γείωσης για OATS από 3μ έως 30μ. Είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν συμπαγή φύλλα μετάλλων αλλά ακόμη και λεπτά φύλλα αλουμινίου, διάτρητα μέταλλα , πτυσσόμενα φύλλα μετάλλου ,αγώγιμα υφάσματα ,μεταλλικό πλέγμα ή πλέγμα καλωδίων. Στην περίπτωση που ο OATS δεν προστατεύεται με κάποιο κάλυμμα προστασίας από τις καιρικές συνθήκες το μέταλλο κατασκευής του επιπέδου γείωσης θα πρέπει να προστατευτεί με οποιοδήποτε τρόπο από τη διάβρωση. Για παράδειγμα ο χάλυβας πρέπει να είναι γαλβανισμένος για να αποτραπεί η σκουριά .

Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να πραγματοποιείται περιοδική μέτρηση της κανονικοποιημένης εξασθένιση θέσης έτσι ώστε να καθοριστούν οι επιδράσεις της φθοράς του επιπέδου γείωσης λόγω γήρανσης ή άλλων φαινομένων που πιθανόν να επηρεάζουν την μέτρηση. Το επίπεδο γείωσης μπορεί να κατασκευαστεί είτε από ενιαίο φύλλο μετάλλου, είτε από κομμάτια μεταλλικού φύλλου ,είτε από διάτρητα μέταλλα .Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθούν διάτρητα φύλλα ή μεταλλικά πλέγματα τα κενά και οι οπές δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 1/10 του μήκους κύματος στην υψηλότερη συχνότητα μέτρησης. Παρομοίως, στην περίπτωση που χρησιμοποιηθούν κομμάτια μεταλλικού φύλλου, θα πρέπει τα κομμάτια αυτά να

ενωθούν στενά έτσι ώστε τα κενά μεταξύ τους να μην υπερβαίνουν το 1/10 του μήκους κύματος στην υψηλότερη συχνότητα μέτρησης.

Ακόμη όμως και σε περιπτώσεις που δεν τηρηθούν αυστηρά τα παραπάνω κριτήρια για το μεταλλικό επίπεδο γείωσης κάποιου OATS, δεν αποκλείεται ο OATS αυτός να μπορεί να ανταπεξέλθει λειτουργικά. Σε κάθε περίπτωση η εκπλήρωση ή όχι του κριτηρίου λειτουργικότητας όπως περιγράφεται στο *Ansi C63.4-2003*, είναι ο καθοριστικός παράγοντας για την αποδοχή ή όχι της τελικής κατασκευής. Μετά την εγκατάσταση του επιπέδου γείωσης αν δεν ισχύει το παραπάνω κριτήριο, τότε τα υλικά του επιπέδου γείωσης, και οι τεχνικές διασύνδεσης και στερέωσης, θα πρέπει να καθοριστούν εκ νέου.

Όταν το επίπεδο γείωσης εκτίθεται στον καιρό, πρέπει να λαμβάνονται επαρκείς προφυλάξεις για να εξασφαλιστεί ότι το υλικό και ο μηχανισμός διασύνδεσης δεν θα οξειδωθούν ή διαβρωθούν. Ακόμη και τότε όμως συστήνεται ο περιοδικός έλεγχος της καταλληλότητας του χώρου δοκιμών. Ο έλεγχος της καταλληλότητας θα πρέπει να γίνεται μέσω της μέτρησης της Κανονικοποιημένης Εξασθένισης Θέσης κατά περιοδικά διαστήματα. Ειδικότερα για OATS ο οποίοι είναι πλήρως εκτεθειμένοι στις καιρικές συνθήκες (δηλ. δεν διαθέτουν προστατευτικό κάλυμμα) ο έλεγχος θα πρέπει να γίνεται κάθε 6 μήνες. Μερικά εργαστήρια δοκιμής εκτελούν τις αντιπροσωπευτικές μετρήσεις εξασθένισης πριν από κάθε έναρξη κάποιου σημαντικού προγράμματος δοκιμής.

Πίνακας 2- τυπικές τιμές της μέγιστης rms τραχύτητας

			Μέγιστη rms τραχύτητα, b		
Απόσταση μέτρησης R (m)	Ύψος πηγής h 1 (m)	Μέγιστο ύψος Κεραίας λήψης h 2 (m)	σε μήκη κύματος	Στους 100MHz (cm)	Σε ίντσες (in)
3	1	4	0.15λ	4.5	1.8
10	1	4	0.28λ	8.4	3.3
30	2	4	0.64λ	19.1	7.5

**Σημείωση 1** – Σε επιφάνειες ομοιόμορφης τραχύτητας, η μέγιστη rms τραχύτητα  $b$  αφορά ένα οποιοδήποτε αντιπροσωπευτικό δείγμα επιφάνειας. Για μια επιφάνεια τυχαίας τραχύτητας η τιμή rms καθορίζεται από το στατιστικό μέγεθος της τυπικής απόκλισης (standard deviation)

**Σημείωση 2**- Το κριτήριο Rayleigh για μια ομαλή επιφάνεια είναι

$$b \leq \frac{\lambda}{8} \left[ 1 + \left( \frac{R}{h_1 + h_2} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Όπου  $h_1, h_2$  και  $R$  φαίνονται στο σχήμα Β.2

και  $\lambda$  είναι το μήκος κύματος σε μέτρα

Ορισμένα υλικά κατασκευής του επίγειου πλέγματος μπορούν να προκαλέσουν απόκλιση  $\pm 4$ db από το κριτήριο αποδοχής που αναφέρεται στη παράγραφο (5.4.6.1) του *Ansi C63.4-2003*. Σε ορισμένες συχνότητες και ειδικότερα για μετρήσεις κάθετης πόλωσης ορισμένα διηλεκτρικά υλικά όπως η άμμος, η πίσσα, ή το ξύλο μπορούν να οδηγήσουν εσφαλμένα αποτελέσματα στην μέτρηση της εξασθένησης θέσης.

#### 6.4 Ηλεκτρική γείωση

Συνιστάται, για λόγους ασφαλείας αλλά και λειτουργικότητας, το επίπεδο γείωσης να συνδέεται ηλεκτρικά με τη γη είτε με μια συνεχή μέθοδο είτε με την τοποθέτηση μεταλλικών ράβδων σε περιοδικά διαστήματα. Οι ράβδοι αυτοί θα πρέπει να ενώνονται με το μεταλλικό επίπεδο γείωσης και να καταλήγουν στη γη σε αρκετό βάθος. Θα πρέπει επιπλέον οι ράβδοι να είναι του ίδιου υλικού με αυτό το επιπέδου γείωσης έτσι ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα διάβρωσης από ηλεκτρόλυση. Για τις περιπτώσεις εκείνες των OATS που επιλέγεται το επίπεδο γείωσης να είναι υπερυψωμένο σε σχέση με τη γη, θα πρέπει η ηλεκτρική γείωση να πραγματοποιείται από ένα κοινό σημείο διασύνδεσης. Δηλαδή, το επίπεδο γείωσης, οι γειώσεις ασφαλείας των οργάνων μέτρησης και οι γειώσεις του εξοπλισμού υπό δοκιμή θα πρέπει να συνδέονται σε ένα σημείο μέσω διαδρομών χαμηλής σύνθετης αντίστασης στο RF και το σημείο αυτό θα πρέπει εν συνεχεία να συνδέεται στην γείωση της ηλεκτρικής εγκατάστασης η οποία επίσης θα πρέπει να παρέχει μια χαμηλή αντίστασης σύνδεσης με τη γη στο RF.

## 7. Εγκαταστάσεις μέτρησης.

### 7.1 Περιστρεφόμενες τράπεζες-βάσεις.

Στην περίπτωση που ο OATS είναι εξοπλισμένος με μια περιστρεφόμενη τράπεζα τότε αυτή η τράπεζα προτείνεται, για ευκολία, να ελέγχεται από απόσταση (δηλ. να είναι τηλεχειριζόμενη). Για τις περιστρεφόμενες τράπεζες – βάσεις προβλέπονται δύο διευθετήσεις:

α) Η περιστρεφόμενη τράπεζα μπορεί να είναι υπερυψωμένη πάνω από ένα συνεχές επίπεδο γείωσης σε ύψος  $H$ . Σε αυτή την περίπτωση, η περιστρεφόμενη τράπεζα πρέπει να είναι φτιαγμένη από διηλεκτρικό και θα πρέπει να ελεγχθεί το αν επηρεάζει ή όχι τη λειτουργικότητα του χώρου σύμφωνα με το πρότυπο *Ansi C63.4-2003* για το συγκεκριμένο ύψος  $H$ . Επίσης θα πρέπει να υπάρχει μία οπή στο κέντρο της τράπεζας έτσι ώστε να διέρχεται η καλωδίωση του EUT μέσω αυτής, και να καταλήγει κατακόρυφα προς το επίπεδο γείωσης.

β) Η περιστρεφόμενη τράπεζα μπορεί να είναι μια επίπεδη μεταλλική επιφάνεια (αγώγιμη) συνήθως κυκλικού σχήματος, ενσωματωμένη στο επίπεδο γείωσης (ουσιαστικά, να είναι κομμάτι του επιπέδου γείωσης). Στην περίπτωση αυτή ο EUT θα βρίσκεται ακριβώς πάνω στο επίπεδο γείωσης και φυσικά και σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να υπάρχει μία οπή στο κέντρο της αγώγιμης τράπεζας, για να καταλήγει η καλωδίωση μέσω αυτής κάτω από το επίπεδο γείωσης. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται στην περίπτωση αυτή διότι πρέπει να εξασφαλίσουμε την καλή ηλεκτρική σύνδεση της περιστρεφόμενης τράπεζας με το αγώγιμο επίπεδο γείωσης του OATS. Η καλή ηλεκτρική σύνδεση μπορεί να εξασφαλιστεί αν καλύψουμε το διάκενο μεταξύ της περιστρεφόμενης τράπεζας και του επιπέδου γείωσης με κάποιο εύκαμπτο μεταλλικό φύλλο ή με μεταλλικά ελάσματα κατάλληλα διατεταγμένα τουλάχιστον ανά  $30^{\circ}$  (βλ. *βιβλιογραφία [ B7 ]*). Για συχνότητες μικρότερες από τους 100 MHz και για μετρήσεις με κατακόρυφη πόλωση ενδεχομένως να μην υπάρχει πρόβλημα ακόμη και αν δεν καλύψουμε το διάκενο αλλά για τις υψηλότερες συχνότητες και για οριζόντια πόλωση η επίδραση του διακένου στην εξασθένιση θέσης μπορεί να είναι ακόμη και της τάξης του 0.5 dB.

Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να φροντίσουμε η περιστρεφόμενη τράπεζα να μην επηρεάζει τη λειτουργικότητα του OATS και αυτό θα πρέπει να πιστοποιηθεί κατά το πρότυπο *Ansi C63.4-2003*.

## 7.2 Καλωδίωση του EUT

Όλα τα καλώδια του EUT θα πρέπει να βρίσκονται κατά το δυνατό κάτω από το επίπεδο γείωσης και κατά προτίμηση σε ορθή γωνία σε σχέση με τον άξονα μέτρησης (πόλωση). Αν αυτό δεν είναι εφικτό τα καλώδια θα πρέπει να τοποθετηθούν μέσα σε ηλεκτρική θωράκιση για να αποτραπεί τυχόν ακτινοβολία από αυτά. Θα πρέπει να εξασφαλιστεί όμως ότι η μεταλλική θωράκιση δεν θα επηρεάσει τη λειτουργικότητα του χώρου. Αν υπάρχουν τμήματα των καλωδίων που αναπόφευκτα πρέπει να βρίσκονται πάνω από το επίπεδο γείωσης, αυτά θα πρέπει να εκτείνονται κατακόρυφα από το επίπεδο γείωσης έως τον EUT και να είναι επίσης θωρακισμένα.

## 7.3 Στήριξη της κεραίας λήψης

Η κεραία λήψης θα πρέπει να τοποθετηθεί σε μια κατάλληλη διάταξη στήριξης από διηλεκτρικό υλικό, η οποία θα πρέπει να επιτρέπει τη μετακίνηση της κεραίας λήψης καθ' ύψος μεταξύ 1 μ και 4 μ. Η διάταξη αυτή είναι προτιμότερο να είναι τηλεχειριζόμενη. Το ομοαξονικό καλώδιο σύνδεσης της κεραίας με τον εξοπλισμό μέτρησης θα πρέπει να ξεκινά από την κεραία με κάθετο προσανατολισμό σε σχέση με τα στοιχεία της κεραίας (σε σχέση με την πόλωση) και να εκτείνεται τουλάχιστο 1μ πίσω από την κεραία πριν το σημείο καμπής που θα επιτρέψει στο καλώδιο να καταλήξει κατακόρυφα προς το επίπεδο γείωσης. Στο σημείο συνάντησης του καλωδίου της κεραίας με το επίπεδο γείωσης θα πρέπει κατά προτίμηση να υπάρχει ένας γειωμένος ομοαξονικός συνδετήρας ή μία μικρή οπή που θα επιτρέπει στο καλώδιο να συνεχίζει την πορεία του κάτω από το επίπεδο γείωσης πριν αυτό καταλήξει στον εξοπλισμό μέτρησης. Αν αυτό δεν είναι εφικτό τότε έπειτα από το σημείο συνάντησης με το επίπεδο γείωσης, το ομοαξονικό καλώδιο της κεραίας θα πρέπει να προσδένεται πάνω σε αυτό (στο επίπεδο γείωσης) καθώς συνεχίζει την πορεία του προς τον εξοπλισμό μέτρησης. Αυτή η περίπτωση όμως, καθώς και κάθε



περίπτωση να βρεθεί το ομοαξονικό καλώδιο σε απόσταση μικρότερη του ενός μέτρου από οποιοδήποτε σημείο της κεραίας λήψης θα πρέπει να αποφεύγονται εκτός και αν αποδεικνύεται ότι δεν επηρεάζεται η εξασθένηση θέσης (η λειτουργικότητα) του OATS . Επιπλέον, το ομοαξονικό καλώδιο σύνδεσης της κεραίας λήψης με τον εξοπλισμό μέτρησης, θα πρέπει να είναι όσο το δυνατό μικρότερου μήκους για να αποτραπούν ενδεχόμενες απώλειες σήματος, λόγω της εξασθένησης του καλωδίου - ιδιαίτερα στις υψηλές συχνότητες.

Επιπρόσθετα, προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι δεν θα υπάρχει οποιαδήποτε εκπομπή από τη θωράκιση του ομοαξονικού καλωδίου, ενδεχομένως λόγω κάποιας ηλεκτρικής ασυμμετρίας (unbalanced mode), προτείνεται να χρησιμοποιούνται δακτύλιοι φερίτη (από υλικό με σημαντικές απώλειες) που θα περιβάλουν το καλώδιο αν διαστήματα των 150mm κατά μήκος του ή να χρησιμοποιείται ειδικό ομοαξονικό καλώδιο με επιπρόσθετη θωράκιση φερίτη *βλ. βιβλιογραφία [ B5 ] και [ B6 ]*). Ο φερίτης (από υλικό με σημαντικές απώλειες) γύρω από τη θωράκιση του καλωδίου μπορεί να καταστείλει ενδεχόμενα ρεύματα που θα μπορούσαν να αφανιστούν λόγω κάποιας ασυμμετρίας ή λόγω κάποιας μερικής αστοχίας ενός balun (μετασχηματιστή από συμμετρική σε ασύμμετρη σύνδεση) .

Η επίδραση του καλωδίου της κεραίας λήψης στην λειτουργία του OATS θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να συμπεριλαμβάνεται (να λαμβάνεται υπόψη) κατά τη διαδικασία πιστοποίησης του OATS όπως ακριβώς περιγράφεται στο πρότυπο ANSI 63.4-2003. Στις περιπτώσεις που σε έναν OATS πραγματοποιούνται μετρήσεις για την πιστοποίηση κεραίων (για τη μέτρηση του παράγοντα κεραίων - antenna factor measurements), τα χαρακτηριστικά του ομοαξονικού καλωδίου της κεραίας λήψης αλλά και κάθε άλλου καλωδίου RF που χρησιμοποιείται στη διαδικασία των μετρήσεων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όπως περιγράφεται στο πρότυπο ANSI C63.5-1988.

#### **7.4 Θέση του προσωπικού και του εξοπλισμού μέτρησης.**

Τόσο ο εξοπλισμός δοκιμής όσο και το προσωπικό θα πρέπει να βρίσκονται σχετικά μακριά από τον OATS κατά τη διάρκεια λήψης μετρήσεων έτσι ώστε να μην επηρεάζουν τις μετρήσεις. Αν οι θέσεις του προσωπικού και του εξοπλισμού μέτρησης δεν επιλεγούν σωστά τότε είναι δυνατό τόσο το προσωπικό όσο και ο εξοπλισμός της μέτρησης να δρουν ως σκεδαστές ή ακόμη και ως ακτινοβολητές και

να αλλοιώνουν τα αποτελέσματα της μέτρησης των ακτινοβολούμενων πεδίων στον OATS. Συγχρόνως όμως υπάρχει και ένας βασικός περιορισμός για την απόσταση του εξοπλισμού μέτρησης από τον OATS, που απορρέει από τον περιορισμό που υπάρχει για το μήκος των RF καλωδίων (γραμμών μεταφοράς) (δεδομένου ότι αν τα RF καλώδια έχουν μεγάλο μήκος, θα εισάγουν αναπόφευκτα ανεπιθύμητες απώλειες).

Ως εκ τούτου, η καλύτερη λύση είναι τόσο ο εξοπλισμός μέτρησης όσο και το προσωπικό να βρίσκονται σε κάποιο υπόγειο χώρο και κάτω από το επίπεδο γείωσης του OATS. Ιδιαίτερη μέριμνα όμως πρέπει να ληφθεί έτσι ώστε η σωστή ηλεκτρική γείωση να εξασφαλίζει πραγματική απομόνωση μεταξύ του υπόγειου χώρου που βρίσκεται το προσωπικό και ο εξοπλισμός μέτρησης και του υπέργειου χώρου στον οποίο βρίσκεται ο OATS. Αυτό επιτυγχάνεται μόνο αν όλες οι συσκευές μέτρησης. Ο EUT αλλά και όλες οι γραμμές μεταφοράς ισχύος (dc, ac ή RF) γειώνονται ηλεκτρικά σε ένα και μόνο κοινό σημείο που βρίσκεται πάνω στο επίπεδο γείωσης. Η σωστή γείωση εξασφαλίζει ακόμη ότι κανένα ακτινοβολούμενο πεδίο, προερχόμενο από τον εξοπλισμό μέτρησης, δεν πρόκειται να επηρεάσει τις μετρήσεις που πραγματοποιούνται στον OATS

Αν δεν υπάρχει η δυνατότητα της κατασκευής ενός υπόγειου χώρου για τον εξοπλισμό μέτρησης και το προσωπικό, τότε επίσης καλή λύση θεωρείται και η τοποθέτηση του εξοπλισμού μέτρησης και του προσωπικού σε κάποιο χώρο που βρίσκεται έξω από την ελεύθερη από σκεδάσεις περιοχή (βλ. παράγραφο 5) και σε κάθετη διεύθυνση σε σχέση με τον άξονα της μέτρησης (τον άξονα δηλαδή που ορίζεται από την ευθεία που ενώνει την κεραία λήψης με τον EUT).

Αν ο υπέργειος εξοπλισμός του OATS (περιστρεφόμενη τράπεζα και στηρίγματα των κεραιών) είναι τηλεχειριζόμενος, συνήθως το προσωπικό δεν χρειάζεται να πλησιάσει καθόλου κοντά στην ελεύθερη από σκεδάσεις περιοχή κατά τη διάρκεια λήψης μετρήσεων. Αν όμως λόγω της μη ύπαρξης τηλεχειρισμού ή λόγω της φύσης κάποιων μετρήσεων απαιτείται κάποια στιγμή το προσωπικό να βρίσκεται κοντά στην ελεύθερη από σκεδάσεις περιοχή, τότε απαιτείται η διερεύνηση του κατά πόσο αυτή η κατάσταση μπορεί να επηρεάσει τη μέτρηση ή όχι. Επίσης, όσοι πραγματοποιούν μετρήσεις κατά τις οποίες προσωπικό ή εξοπλισμός μέτρησης βρίσκονται κοντά ή και μέσα στην ελεύθερη από σκεδάσεις περιοχή, οφείλουν να διορθώνουν τις μετρήσεις αναιρώντας τις τυχόν επιδράσεις που προέρχονται από τους σκεδαστές και να τεκμηριώνουν τον τρόπο με τον οποίο το καταφέρνουν αυτό.

Σε τελική ανάλυση αν υπάρχουν αμφιβολίες για τη σωστή τοποθέτηση του εξοπλισμού μέτρησης και του εξοπλισμού είναι δυνατό να διαλευκανθούν πραγματοποιώντας μετρήσεις για την Κανονικοποιημένη Εξασθένιση Θέσης του χώρου τη στιγμή που το προσωπικό και ο εξοπλισμός μέτρησης βρίσκονται στις προβλεπόμενες τους θέσεις κατά το πρότυπο ANSI 63.4-2003.

## **7.5 Καλωδίωση του εξοπλισμού μέτρησης**

Η καλωδίωση του εξοπλισμού μέτρησης (που μπορεί να αποτελείται από μετρητές θορύβου ή αναλυτές φάσματος, όπως αναφέρεται στην παράγραφο 4.1.1.2 του *Ansi C63.4-2003*) πρέπει να βρίσκεται όσο το δυνατό πιο μακριά γίνεται από την υπόλοιπη καλωδίωση έτσι ώστε να μην υπάρχει αλληλεπίδραση κυρίαρχα με την καλωδίωση του EUT. Για την πλήρη RF απομόνωση από τον EUT, εξυπακούεται ότι η καλωδίωση του εξοπλισμού μέτρησης θα πρέπει να διέρχεται κάτω από το επίπεδο γείωσης ή να είναι σφικτά προσδεμένη πάνω σε αυτό αν δεν υπάρχει η πρώτη δυνατότητα. Επιπλέον, για την καλύτερη δυνατή RF απομόνωση μεταξύ των γραμμών τροφοδοσίας, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται κατάλληλα RF φίλτρα τόσο στις γραμμές τροφοδοσίας του EUT όσο και στις γραμμές τροφοδοσίας του εξοπλισμού μέτρησης. Τα φίλτρα αυτά θα πρέπει να βρίσκονται πάνω στις γραμμές τροφοδοσίας και μεταξύ του εκάστοτε εξοπλισμού και του δικτύου παροχής ισχύος (πρίζα).

## **8. Προστατευτικό κάλυμμα**

### **8.1 Συστάσεις κατασκευής**

Αν θέλουμε ο OATS να είναι καλά προστατευμένος από τις καιρικές συνθήκες συνεχώς θα πρέπει να κατασκευάσουμε κάποιο κατάλληλο κάλυμμα. Το κάλυμμα αυτό θα είναι σε θέση να προστατεύει είτε ολόκληρο τον εξοπλισμό, συμπεριλαμβανομένου του μεταλλικού επιπέδου γείωσης, την κεραία λήψης και τον EUT, είτε μέρος του εξοπλισμού ή του OATS από διάβρωση ή άλλες φθορές.

Τα προστατευτικά κάλυμμα μπορεί να κατασκευαστεί σύμφωνα με έναν από τους παρακάτω τρεις τύπους:

**A) Τύπος 1.** Μια κατασκευή που εσωκλείει ολόκληρη την περιοχή μέτρησης, δηλαδή τον EUT, την κεραία λήψης και την ενδιάμεση περιοχή (μεταξύ EUT και κεραίας λήψης).

**B) Τύπος 2.** Μια κατασκευή που εσωκλείει μόνο τον EUT (δηλαδή η κεραία λήψης και το μεγαλύτερο τμήμα μεταξύ του EUT και κεραίας λήψης να βρίσκονται εκτός του καλύμματος).

**Γ) Τύπος 3.** Μια κατασκευή η οποία είναι έξω από την ελεύθερη από σκεδάσεις περιοχή (δηλαδή δεν εσωκλείει τον EUT ούτε την κεραία λήψης). Αυτός ο τύπος δομής χρησιμοποιείται, παραδείγματος χάριν για να στεγάσει μόνο τον εξοπλισμό και το προσωπικό δοκιμής.

Το κάλυμμα προστασίας πρέπει να είναι ηλεκτρομαγνητικά διαφανές (διαφανές στο RF) έτσι ώστε να μην υπάρχουν ανεπιθύμητες ανακλάσεις από αυτό ιδιαίτερα στις υψηλότερες συχνότητες. Η κατασκευή θα πρέπει επίσης να είναι διαμορφωμένη κατά τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να διευκολύνει την αφαίρεση του χιονιού, του πάγου, ή του ύδατος. Η ηλεκτρομαγνητικά διαφάνεια του καλύμματος θα πρέπει να μετρηθεί. Ένα τέτοιο παράδειγμα μετρήσεων αναφέρεται στην βιβλιογραφία [ **B11** ]. Αν αποδειχθεί ότι η χρήση ενός συγκεκριμένου καλύμματος οδηγεί σε σημαντική αύξηση της εξασθένισης θέσης του χώρου (πάνω από 0.5 db), τότε το κάλυμμα αυτό δεν θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί.

Η πιο κρίσιμη κατασκευή (από την άποψη της ηλεκτρομαγνητικής διαφάνειας) είναι ο **τύπος 2**, διότι απαιτεί συχνό καθαρισμό έτσι ώστε να μην υπάρχει διακύμανση στη διάδοση των ακτινοβολούμενων πεδίων από τον EUT προς την κεραία λήψης. Η επόμενη πιο κρίσιμη κατασκευή είναι ο **τύπος 1**, δεδομένου του ότι αν δεν επιλεγούν σωστά τα υλικά κατασκευής είναι δυνατό να προκύψουν σκεδάσεις στο κάλυμμα που μπορούν να επηρεάσουν τις μετρήσεις. Η λιγότερο κρίσιμη κατασκευή είναι ο **τύπος 3**, επειδή τοποθετείται έξω από την ελεύθερη από σκεδάσεις περιοχή. Γι' αυτό άλλωστε η κατασκευή αυτή μπορεί να γίνει και με απλά υλικά όπως ξύλα και κοινά καρφιά. Σε κάθε περίπτωση, πάντως θα πρέπει να ελέγχεται η ποιότητα του καλύμματος, μέσω της μέτρησης της εξασθένισης θέσης του χώρου σύμφωνα με την παράγραφο 5.4.6 του *Ansi C63.4-2003*.

## 8.2 Υλικά και σύνδεσμοι

Έως και τη συχνότητα των 1000 MHz, υλικά όπως, λεπτά κομμάτια fiberglass, τα περισσότερα πλαστικά, ειδικά μονωμένη ξυλεία, και διάφορα ινώδη υλικά (π.χ νάιλον υφάσματα) που δεν απορροφούν υγρασία είναι σε ικανοποιητικό βαθμό ηλεκτρομαγνητικώς διαφανή και δεν προκαλούν αξιόλογη εξασθένηση στην διάδοση των ακτινοβολούμενων πεδίων. Προσοχή όμως πρέπει να δοθεί έτσι ώστε τα υλικά που θα επιλεγούν για την κατασκευή του καλύμματος να μην απορροφούν ή συγκρατούν υγρασία. Αν κάποια υλικά είναι ευάλωτα στην απορρόφηση ή συγκράτηση υγρασίας (π.χ ξύλο ή νάιλον ) μπορεί να προκαλέσουν απώλειες διάδοσης και να επηρεάσουν σημαντικά τις μετρήσεις που πραγματοποιούνται στον OATS. Αυτό συνήθως συμβαίνει πιο έντονα στον **τύπο κατασκευής 2**. Τα υλικά κατασκευής του καλύμματος θα πρέπει να επιλεγούν επίσης και κατά τέτοιο τρόπο έτσι ώστε αυτά να είναι ανθεκτικά σε οξειδωση, στον πάγο ή στην ηλιακή ακτινοβολία.

Η χρήση μετάλλων πάνω από το επίπεδο γείωσης θα πρέπει να περιοριστεί στο ελάχιστο. Για το λόγο αυτό συστήνεται η χρήση πλαστικών συνδέσμων ή συνδέσμων υφάσματος για τις κατασκευές **τύπου 1** και **τύπου 2**. Σύγχρονα, ηλεκτρομαγνητικά διαφανή υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή καλυμμάτων αναφέρονται στη βιβλιογραφία [ **B8** ] και [ **B9** ]. Αν για οποιοδήποτε λόγο υπάρχουν μεταλλικά υλικά στον περιβάλλοντα χώρο του OATS τότε θα πρέπει να εξασφαλίζεται είτε αυτά να βρίσκονται κάτω από το επίπεδο γείωσης, είτε να βρίσκονται αρκετά μακριά από την ελεύθερη από σκεδάσεις περιοχή.

Η RF εξασθένηση και η ικανότητα σκέδασης των υλικών κατασκευής και των συνδέσμων θα πρέπει να μετρηθούν και να αξιολογηθούν πριν την πραγματοποίηση του τελικού σχεδιασμού του καλύμματος, προκειμένου να αποτραπεί μια ενδεχόμενη τελική αστοχία. Αποδεικνύεται ότι ακόμη και η μικρή σκέδαση που προκαλούν ακόμη και 2 έως και 4 ξύλινα στηρίγματα μπορεί να γίνει αιτία σημαντικών προβλημάτων

Σε τελική ανάλυση, είναι οι μετρήσεις της εξασθένησης θέσης που περιγράφονται στο *Ansi C63.4-2003* αυτές που παρέχουν τον οριστικό μηχανισμό για τον καθορισμό της καταλληλότητας τέτοιων πρακτικών οικοδόμησης.

### 8.3 Περεταίρω λεπτομέρειες

Οποιοδήποτε ανεμιστήρες ή αγωγοί για θέρμανση ή ψύξη θα πρέπει να βρίσκονται μακριά από τον χώρο δοκιμών ή μακριά από την ελεύθερη από σκεδάσεις περιοχή, εκτός και αν είναι φτιαγμένοι από μη αγωγίμα υλικά ή βρίσκονται κάτω από το επίπεδο γείωσης. Αν απαιτείται η ύπαρξη εξοπλισμού για τον έλεγχο της θερμοκρασίας, της υγρασίας ή για τον έλεγχο φαινόμενων ηλεκτροστατικής εκφόρτισης (ESD), οι θερμοστάτες, οι αισθητήρες υγρασίας και τα καλώδια ελέγχου πρέπει να βρίσκονται κάτω από το επίπεδο γείωσης και να έχουν πρόσβαση στον OATS μόνο μέσω μικρών οπών. Η μόνωση που χρησιμοποιείται ή και τυχόν παράθυρα θα πρέπει να μην είναι από μέταλλο. Κάγκελα ασφαλείας ή και σκαλοπάτια θα πρέπει επίσης να είναι φτιαγμένα από μη αγωγίμα εάν βρίσκονται επάνω από το επίπεδο γείωσης.

### 8.4 Μέγεθος

Το μέγεθος του προστατευτικού καλύμματος από καιρικές συνθήκες εξαρτάται από το μέγεθος του EUT και από το εύρος των κεραιών αν περιέχονται μέσα στην περιοχή δοκιμής. Εάν η κεραία είναι τοποθετημένη μέσα στην περιοχή δοκιμής το ύψος του προστατευτικού καλύμματος θα πρέπει να είναι τέτοιο έτσι ώστε να επιτρέπει την μέγιστη ανύψωση της κεραίας λήψης για μετρήσεις κατακόρυφης πόλωσης.

### 8.5 Αντοχή στον χρόνο και τον καιρό

Για τον έλεγχο φθοράς του προστατευτικού καλύμματος προτείνεται οι μετρήσεις της εξασθένησης θέσης να γίνονται αν τακτά χρονικά διαστήματα σύμφωνα με την παράγραφο 5.4.6.5 του *Ansi C63.4-2003* προκειμένου να ανιχνευθούν τυχόν ανωμαλίες (π.χ λόγω απορρόφησης υγρασίας ή από κάποια χημική αλλοίωση) του προστατευτικού καλύμματος. Ένα διάστημα 6 μηνών θα ήταν ικανοποιητικό, αν διαπιστωθούν εμφανή φυσικά σημάδια φθοράς στο κάλυμμα τότε οι μετρήσεις εξασθένησης θέσης θα πρέπει να πραγματοποιούνται συχνότερα.



$$R_1 + R_2 = \delta + d = \text{Constant} \quad \text{A.2}$$

Σε ένα σύστημα τριών αξόνων η εξίσωση (A.2) παριστάνει ένα ελλειψοειδές εκ περιστροφής με εστίες τα Α και Β, το οποίο εφάπτεται με το επίπεδο γείωσης  $xy$ , μόνο στο γεωμετρικό σημείο ανάκλασης. Αυτή η έλλειψη καθορίζει το γεωμετρικό τόπο όλων των πιθανών σημείων ανάκλασης που παράγουν μια ανακλώμενη ακτίνα  $\delta$  μεγαλύτερη από την απευθείας ακτίνα  $d$ . Εάν το  $\delta$  αυξηθεί κατά  $\lambda/2$ , τότε η νέα έλλειψη περιγράφει το γεωμετρικό τόπο όλων των πιθανών σημείων ανάκλασης που παράγουν μια ανακλώμενη ακτίνα με μήκος κατά  $\lambda/2$  μεγαλύτερο από την απευθείας ακτίνα. Μια σειρά τέτοιων ελλείψεων μπορεί να περιγραφεί με την αντικατάσταση του  $\delta$  με  $\delta_n$  στην εξίσωση (A.1), όπου

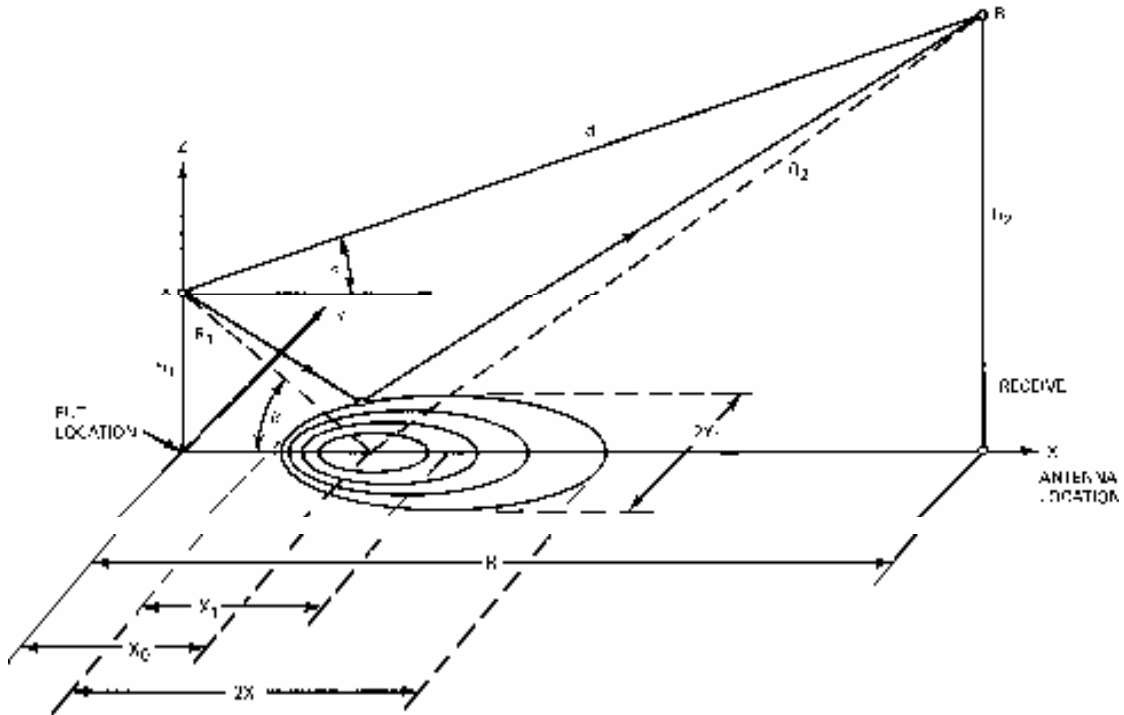
$$\delta_n = \delta + \frac{n\lambda}{2}, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad \text{A.3}$$

Η τομή αυτών των ελλείψεων με το επίπεδο γείωσης  $xy$  παράγει μία οικογένεια ελλείψεων που παρουσιάζονται στο σχήμα Α.1. Στην περίπτωση όπου  $n = 0$ , η τομή της έλλειψης με το επίπεδο γείωσης είναι το γεωμετρικό σημείο της ανάκλασης. Η μέση τιμή της φάσης της ακτινοβολίας σε κάθε οριακή ζώνη των γειτονικών ελλείψεων θα διαφέρει κατά  $\pi$  έτσι ώστε τα στοιχειώδη δευτεροβάθμια κύματα που ακτινοβολούνται από τις διαδοχικές ζώνες Fresnel να βρίσκονται σε αντίθετη φάση.

Για τους σκοπούς αυτού του παραρτήματος, οι ελλείψεις μπορούν να εκφραστούν σαν  $R, h1, h2$ , και  $\delta$ . Το κέντρο της έλλειψης ( $X0, 0, 0$ ) δίνεται στην εξίσωση (A.4):

$$X_0 = \frac{R}{2} \left[ 1 - \frac{\tan^2 \theta}{\left( \frac{\delta_n}{R} + \sec \theta \right)^2 - 1} \right] \quad \text{A.4}$$





NOTE—For simplicity, the EUT location is considered at the center of the tunnel for the figure. For actual application,  $R$  and  $X_c$  are measured from the closer point of the EUT to the receive antenna. Hence, the largest linear dimension projected onto the ground plane should be considered when applying the Fresnel ellipse equation.

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ** –Στο συγκεκριμένο σχήμα η θέση του EUT βρίσκεται στο κέντρο των περιστροφικών πλακών .Σε άλλες εφαρμογές οι ακτίνα  $R$  και η απόσταση  $X_0$  υπολογίζονται από το σημείο εκείνο του EUT που βρίσκεται πιο κοντά στην κεραία λήψης. Η μεγαλύτερη γραμμική διάσταση που προβάλλεται πάνω στο επίπεδο γείωσης θα πρέπει να συμφωνεί με την ελλειψοειδή εξίσωση Fresnel.

**Σχήμα A.1** Οι ελλείψεις Fresnel πάνω σε μία ανακλώμενη επιφάνεια .

Οπού  $\theta$  είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της ακτίνας  $d$  και μιας ακτίνας παράλληλη με τον άξονα  $X$  στο σημείο  $A$  (βλ. σχήμα A.1). Ο μικρός άξονας (semiminor) ορίζεται από την εξίσωση (A.5) ως εξής:

$$Y_1 = \frac{R}{2} \left\{ \left[ \left( \frac{\delta}{R} \right)^2 + \frac{2\delta}{R} \sec \theta \right] \left[ 1 - \frac{\tan^2 \theta}{\left( \frac{\delta}{R} + \sec \theta \right)^2 - 1} \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \quad \text{A.5}$$

Ο μεγάλος άξονας (semi major) δίνεται από την ακόλουθη σχέση.(A.6).

$$X_1 = Y_1 \left\{ 1 + \frac{1}{\left( \frac{\delta^n}{R} + \sec\theta \right)^2 - 1} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad \text{A.6}$$

## Παράρτημα Β

### Το κριτήριο Rayleigh

Το κριτήριο Rayleigh αποτελεί ουσιαστικά το μαθηματικό κριτήριο για τον ορισμό μιας ομαλής κατοπτρικής επιφάνειας. Το σχήμα Β.1 απεικονίζει το μοντέλο βάσει του οποίου απορρέει το κριτήριο. Εάν η απευθείας και η ανακλώμενη ακτίνα είναι ίσες σε μια τραχιά επιφάνεια με ύψος  $B$  και γωνία  $\beta$ , η διαφορά μήκους μεταξύ των δύο ακτινών δίνεται στην εξίσωση (B.1) ως εξής::

$$\Delta d = 2b \sin\beta \quad \Bigg| \quad \text{B.1}$$

Η διαφορά φάσης δίνεται στην εξίσωση (B.2)

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \Delta d = \frac{4\pi b}{\lambda} \sin\beta \quad \text{B.2}$$

Εάν η διαφορά φάσης είναι μικρή, οι δύο ακτίνες θα είναι σχεδόν σε φάση κατά τη στιγμή της ανάκλασης πάνω σε λεία ομαλή επιφάνεια. Όσο η διαφορά φάσης αυξάνεται, οι δύο ακτίνες θα υφίστανται έως της αναίρεσης τους όταν ισχύσει το παρακάτω.

$$\Delta\phi = \pi$$

Εάν συμβαίνει αυτό, καμία ενέργεια δεν μεταφέρεται προς την κατεύθυνση της ανακλώμενης και έτσι η ενέργεια θα πρέπει να διασκορπιστεί προς άλλες κατευθύνσεις. Επομένως η επιφάνεια τότε θα πρέπει να θεωρηθεί τραχιά όταν

$$\Delta\varnothing = \pi$$

και ομαλή όταν

$$\Delta\varnothing = 0$$

Το κριτήριο Reyleigh επιλέγει το ενδιαμέσο μεταξύ των δύο παραπάνω τιμών, δηλαδή:

$$\Delta\varnothing = \pi/2$$

Τυπικές τιμές γύρω στο  $\pi/4$  θεωρούνται ως χαρακτηριστικότερες σύμφωνα με την βιβλιογραφία [ B2 ].) Η χρήση του κριτηρίου Rayleigh, σε μια ομαλή επιφάνεια φαίνεται στην εξίσωση (B.3)

$$b < \frac{\lambda}{8 \sin\beta} \quad \text{B.3}$$

Για την απόσταση R μεταξύ της πηγής ακτινοβολίας (EUT) και της κεραίας λήψης με ύψη  $h_1$  και  $h_2$  (σχήμα B.2), έχουμε την εξίσωση (B.4) ως εξής:

$$\sin\beta = \frac{h_1 + h_2}{[R^2 + (h_1 + h_2)^2]^{\frac{1}{2}}} \quad \text{B.4}$$

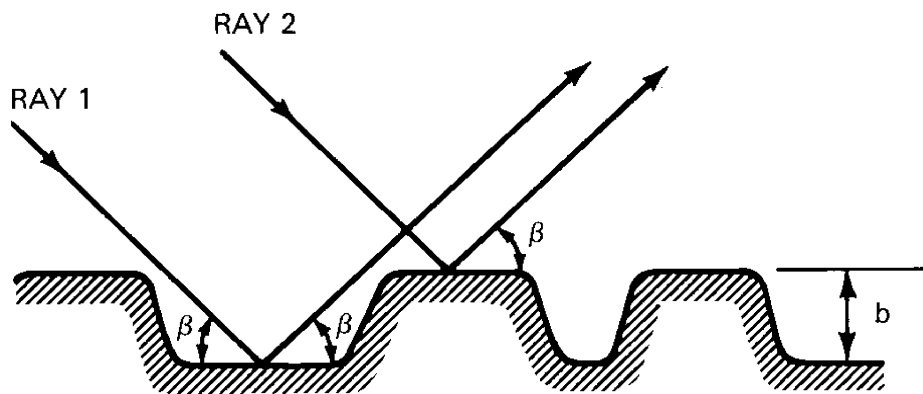
και η εξίσωση (B.3) μπορεί να ξαναγραφεί με την ακόλουθη εξίσωση (B.5)

$$b < \lambda \left[ \frac{R^2 + (h_1 + h_2)^2}{8(h_1 + h_2)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{B.5}$$

ή με την ακόλουθη εξίσωση (B.6)

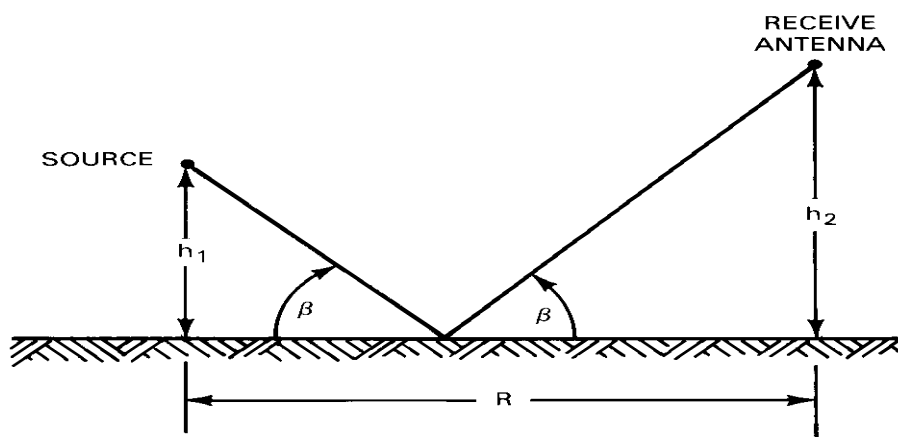
B.6

$$b < \frac{\lambda}{8} \left[ 1 + \left( \frac{R}{h_1 + h_2} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$



Σχήμα B.1 Το κριτήριο Rayleigh

Ο δεξιός όρος της ανίσωσης [ εξίσωση (B.5) ή εξίσωση (B.6) ] είναι αμελητέος όταν η κεραία λήψης βρίσκεται στο μέγιστο ύψος  $h_2 \text{ max}$  στη περιοχή δοκιμής  $h_2 \text{ min} \text{--} h_2 \text{--} h_2 \text{ max}$ .



Σχήμα B.2 Γεωμετρία ανάκλασης

## Παράρτημα Γ

### Βιβλιογραφία

[B1] ANSI C63.6, American National Standard for Open Area Test Site Measurements—Guide for Computation of Errors.

[B2] Beckmann, P. and Spizzichino, A., *The Scattering of Electromagnetic Waves from Rough Surfaces*.

New York: Pergamon Press Book, MacMillan Co., 1963.[B3] Bronaugh, E. L., “Comparison of four open area test sites,” *Seventh International Zurich Symposium and Technical Exhibition on Electromagnetic Compatibility*, Mar. 3–5, 1987.

[B4] CISPR Publication 16, CISPR Specification for Radio Interference Measuring Apparatus and Measurement Methods.

[B5] DeMarinis, J., “The antenna cable as a source of error in EMI measurements,” *IEEE International Symposium in Electromagnetic Compatibility*, pp. 9–14, 1988.

[B6] DeMarinis, J., “Getting better results from an open area test site,” *Eighth International Zurich Symposium and Technical Exhibition on Electromagnetic Compatibility*, pp. 329–332, Mar. 7–9, 1989.

[B7] Friesen, D., “Effect of flush mounted turntables on site attenuation,” *IEEE EMC Symposium*, pp. 163–165, 1989.

[B8] Heirman, D. N., “A basic all-weather open field EMI test facility,” *IEEE ELECTRO*, New York, NY, Session 8, Apr. 1983.

[B9] Heirman, D. N., “Construction considerations in building a permanent allweather open area testsite,” *IEEE EMC Symposium Record*, Cat. No. 85CH2116-2, 1985.

[B10] Heirman, D. N., “Investigating open area test site measurements,” *Seventh International Zurich Symposium and Technical Exhibition on Electromagnetic Compatibility*, Mar. 3–5, 1987.

[B11] Smith, A. A., Jr., “Control of errors on open area test sites,” *EMC Technology*, Oct. 1982.