

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β ΤΟ ΡΑΔΙΟΓΩΝΙΟΜΕΤΡΟ

B.1 Γενικά περί ραδιογωνιόμετρου

Το ραδιογωνιόμετρο (Radio Direction Finding-RDF), αποτελεί το παλιότερο ραδιοναυτιλιακό βοήθημα η χρήση του οποίου χρονολογείται από τον Α' Παγκόσμιο Πόλεμο. Με τη χρησιμοποίηση του ραδιογωνιόμετρου προσδιορίζεται μία γραμμή θέσεως που αντιστοιχεί στην διεύθυνση (διόπτευση) του σταθμού από τον οποίο εκπέμπονται τα λαμβανόμενα στον δέκτη της συσκευής σήματα (ραδιοκύματα).

Τα τελευταία χρόνια η χρήση του ραδιογωνιόμετρου έχει σχεδόν εκμηδενιστεί λόγω της ευρείας διαδόσεως νεότερων ραδιοναυτιλιακών βοηθημάτων όπως το ραντάρ και τα υπερβολικά και δορυφορικά συστήματα ναυτιλίας.

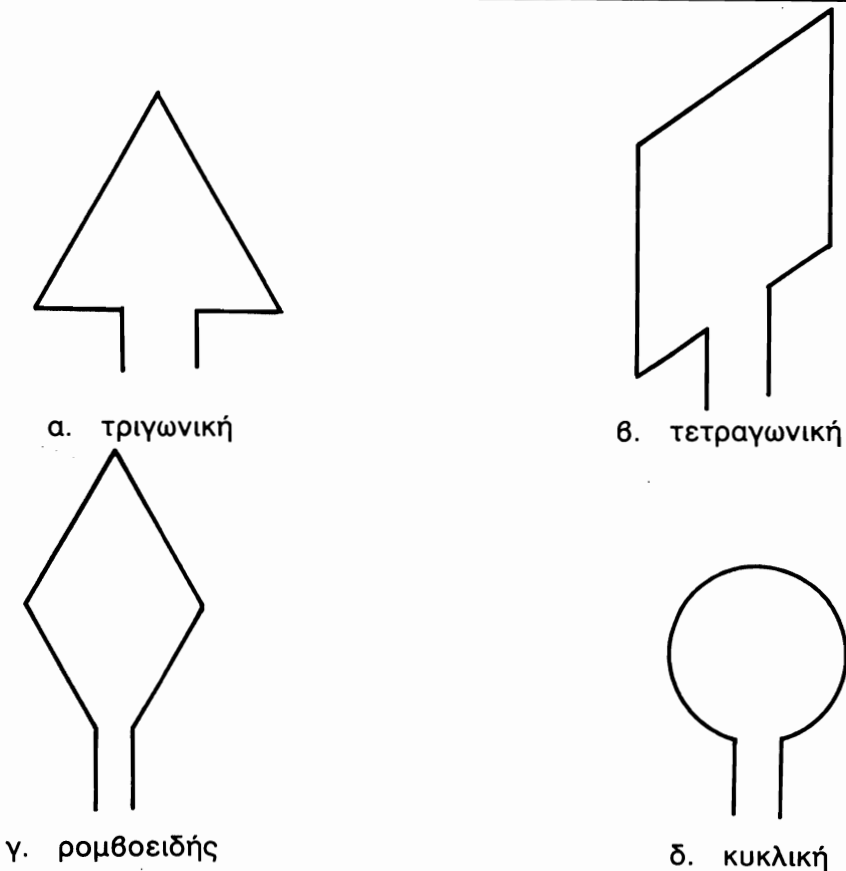
Ενας βασικός λόγος διατήρησης του ραδιογωνιόμετρου παρά τη διάδοση των νεότερων ραδιοναυτιλιακών βοηθημάτων με πολύ περισσότερες από το ραδιογωνιόμετρο δυνατότητες είναι η χρησιμοποίηση του ραδιογωνιόμετρου για τον προσδιορισμό της θέσεως κινδυνεύοντος πλοίου στην τομή των ραδιοδιοπτεύσεων του σήματος κινδύνου που λαμβάνεται από τους παράκτιους σταθμούς ή και από τα παραπλέοντα πλοία

Τα ραδιογωνιόμετρα τα οποία χρησιμοποιούνται στην ναυτιλία ανήκουν σε μία από τις επόμενες δύο κατηγορίες :

- Ραδιογωνιόμετρα τα οποία εγκαθίστανται στα πλοία, για τη μέτρηση της διοπτεύσεως (ραδιοδιοπτεύσεως) ορισμένων σταθμών, οι οποίοι εκπέμπουν ειδικά για τον σκοπό αυτό σήματα και λέγονται ραδιοφάροι.
- Ραδιογωνιόμετρα τα οποία εγκαθίστανται σε ειδικούς σταθμούς ξηράς (ραδιογωνιόμετρικοί σταθμοί), προκειμένου να παρέχουν τη δυνατότητα μετρήσεως της ραδιοδιοπτεύσεως οποιουδήποτε πλοίου για τον προσδιορισμό του στίγματος στην τομή δύο τουλάχιστον ραδιοδιοπτεύσεων από διαφορετικούς σταθμούς ξηράς.

B.2 Αρχές λειτουργίας - κατηγορίες ραδιογωνιόμετρων

Η βασική αρχή λειτουργίας του ραδιογωνιόμετρου στηρίζεται στην ιδιότητα της κεραίας του να παρέχει στον δέκτη σήμα με ένταση που μεταβάλλεται ανάλογα με τη διεύθυνση διαδόσεώς του. Η απλούστερη κεραία ραδιογωνιόμετρου είναι η απλή κεραία βρόγχου, το σχήμα της οποίας μπορεί να είναι κυκλικό, ορθογωνικό, τριγωνικό κ.λ.π. (Σχήμα Β.2.1).



Σχήμα Β.2.1: Διάφοροι τύποι κεραίας βρόγχου ή πλαισίου

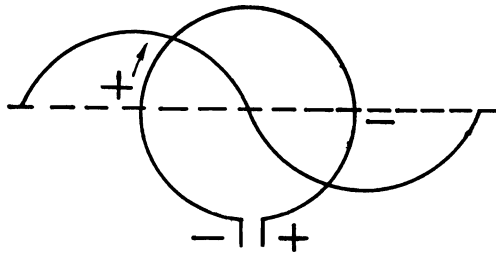
Β.2.1 Κεραία βρόγχου (loop antenna)

Η βασική ιδιότητα της περιστρεφόμενης κεραίας βρόγχου είναι να παρέχει στον δέκτη σήμα μεταβαλλόμενης εντάσεως ανάλογα με τη διεύθυνση του λαμβανόμενου σήματος μπορεί να εξηγηθεί εύκολα με το παράδειγμα της κεραίας κυκλικού σχήματος (Σχήμα Β.2.1α).

Έστω ότι το επίπεδο της κυκλικής κεραίας ενός ραδιογωνιομέτρου βρεθεί σε τη διεύθυνση διαδόσεως του λαμβανόμενου σήματος (σχήμα Β.2.2). Αν η διάμετρος της κυκλικής κεραίας είναι ίση με το μισό του μήκους κύματος, τότε, όταν στην μία πλευρά της κεραίας βρίσκεται μια κορυφή του λαμβανόμενου σήματος, στην άλλη της πλευρά βρίσκεται μια κοιλία και το επαγώμενο στην κεραία ηλεκτρικό ρεύμα έχει την μέγιστη τιμή.

Κατά την διάδοση του σήματος στην διεύθυνση του επιπέδου της κυκλικής κεραίας, οι κορυφές και οι κοιλίες του περνούν διαδοχικά από τις δύο πλευρές της κεραίας και το επαγώμενο ρεύμα αλλάζει συνεχώς διεύθυνση.

Ας υποθέσουμε τώρα ότι το επίπεδο της κυκλικής κεραίας του ραδιογωνιομέτρου στραφεί κατά 90° . Στην περίπτωση αυτή, σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, φθάνουν πάντα στις δύο πλευρές της κεραίας διαδοχικά μόνο κορυφές ή κοιλίες του σήματος, που επάγουν στην κεραία ρεύματα αντίθετου φοράς, με αποτέλεσμα το λαμβανόμενο σήμα να έχει μηδενική ένταση.



Σχήμα Β.2.2 : Αρχή λειτουργίας κυκλικής περιστρεφόμενης κεραίας

Από ανωτέρω ανάλυση προκύπτει ότι:

- Υπάρχουν δύο θέσεις της κεραίας οι οποίες διαφέρουν κατά 180° , στις οποίες η διεύθυνση διαδόσεως του ραδιοκύματος είναι κάθετη στο επίπεδο της κεραίας για τις οποίες η επαγόμενη τάση είναι μηδενική και δε δημιουργείται ηλεκτρικό ρεύμα στο κύκλωμα της κεραίας.

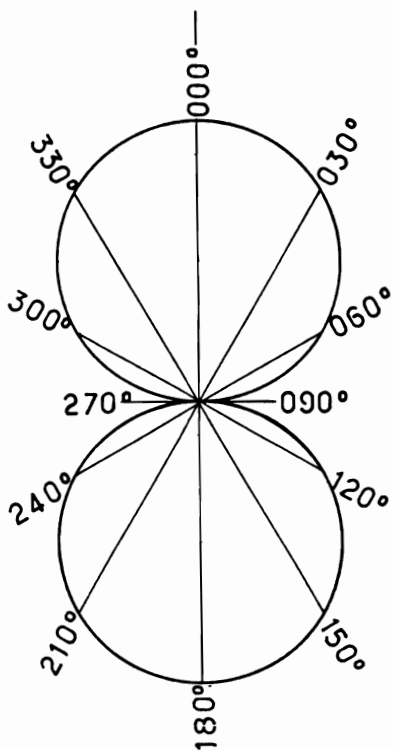
- Αν η κεραία στραφεί κατά 90° ως προς τις προηγούμενες θέσεις της, ώστε το επίπεδό της να είναι παράλληλο στην διεύθυνση διαδόσεως του ραδιοκύματος, τότε στις δύο αυτές θέσεις η επαγόμενες τάσεις έχουν διαφορά φάσεως 180° και λαμβάνουν τη μέγιστη δυνατή τιμή.

- Καθώς η κεραία του ραδιογωνιομέτρου περιστρέφεται, η ένταση του επαγόμενου ρεύματος μεταβάλλεται από μία μέγιστη μέχρι μία μηδενική τιμή, ανάλογα με τη διεύθυνση από την οποία φθάνει το λαμβανόμενο ραδιοκύμα.

- Το επαγόμενο στην κεραία του ραδιογωνιομέτρου ρεύμα ενισχύεται και αποδίδεται με τη μορφή ακουστικού, συνήθως σήματος, με τη βοήθεια του οποίου προσδιορίζεται η διεύθυνση (ραδιοδιόπτευση) προς την οποία βρίσκεται ο σταθμός εκπομπής. Η διεύθυνση αυτή είναι η διεύθυνση του επιπέδου της περιστρεφόμενης κεραίας, στην οποία αντιστοιχεί σήμα μέγιστης εντάσεως. Επειδή όμως η μεταβολή της εντάσεως με τη γωνία είναι εντονότερη στις θέσεις της μηδενικής εντάσεως, για τον προσδιορισμό της ραδιοδιόπτευσης χρησιμοποιούνται οι θέσεις αυτές και όχι οι θέσεις μέγιστης εντάσεως.

Β.2.2 Πολικό διάγραμμα περιστρεφόμενης κεραίας βρόγχου. Αβεβαιότητα 180°

Η μεταβολή της εντάσεως του επαγόμενου στην περιστρεφόμενη κεραία του ραδιογωνιόμετρου ρεύματος, ανάλογα με τη γωνία η οποία σχηματίζεται μεταξύ του επιπέδου της κεραίας και της διεύθυνσης διαδόσεως του ραδιοκύματος, φαίνεται στο **πολικό διάγραμμα** του σχήματος Β.2.3 Παρατηρούμε ότι υπάρχουν δύο θέσεις της κεραίας, οι διευθύνσεις των οποίων διαφέρουν κατά 180° και στις οποίες η επαγόμενη στην κεραία τάση λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της, και δύο άλλες θέσεις οι οποίες διαφέρουν επίσης κατά 180°, στις οποίες μηδενίζεται.



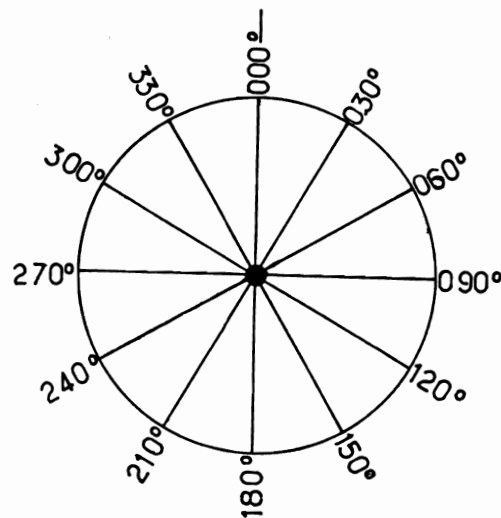
Σχήμα Β.2.3 : Πολικό διάγραμμα περιστρεφόμενης κεραίας πλαισίου

Λόγω των παραπάνω χαρακτηριστικών της περιστρεφόμενης κεραίας, δημιουργείται μια αβεβαιότητα 180° ως προς την πραγματική διεύθυνση διαδόσεως του ραδιοκύματος, επειδή δύο σήματα που φθάνουν στην κεραία, από διευθύνσεις οι οποίες διαφέρουν κατά 180° επάγουν τάσεις οι οποίες έχουν διαφορά φάσεως 180° και την ίδια ένταση.

Β.2.3 Άρση αβεβαιότητας 180° - Κεραία έννοιας

Η αβεβαιότητα των 180° της περιστρεφόμενης κεραίας πλαισίου αίρεται εάν το σήμα της συνδυαστεί με το σήμα μίας βοηθητικής κατακόρυφης κεραίας, η οποία λέγεται κεραία έννοιας.

Η τάση της κατακόρυφης κεραίας έννοιας, είναι σταθερή, δεν επηρεάζεται από τη διεύθυνση από την οποία λαμβάνεται το ραδιοκύμα, και το πολικό της διάγραμμα έχει τη μορφή κύκλου (Σχήμα Β.2.4)



Σχήμα Β.2.4 : Πολικό διάγραμμα κατακόρυφης κεραίας

Αν τώρα η τάση της κατακόρυφης κεραίας έννοιας είναι ίση με τη μέγιστη τάση της περιστρεφόμενης κεραίας, ο συνδυασμός των σημάτων των δύο κεραίων θα έχει σαν αποτέλεσμα:

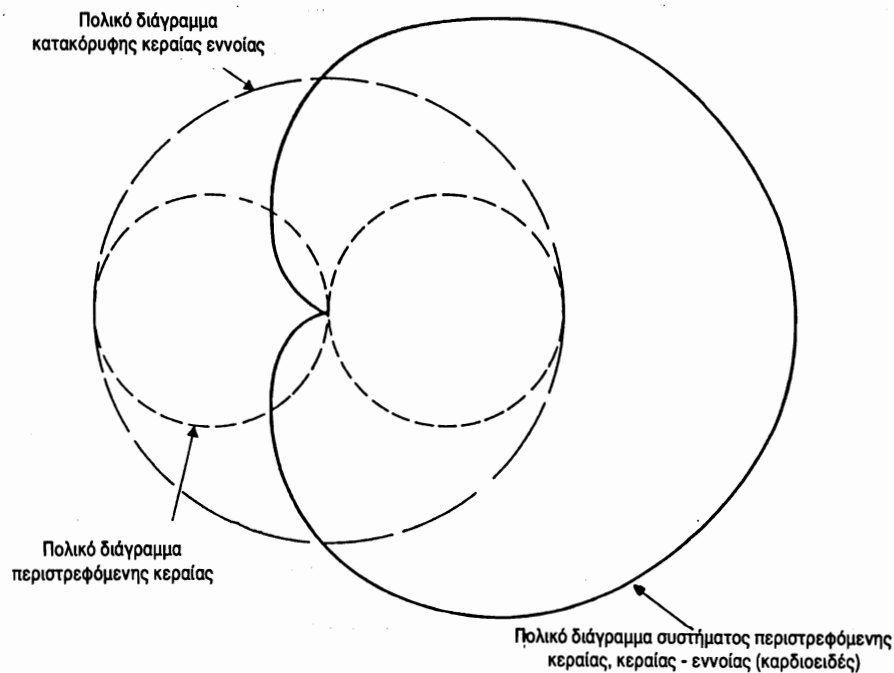
- Το διπλασιασμό της τάσεως του τελικού σήματος, όταν τα σήματα των δύο κεραίων έχουν την ίδια φάση
- Το μηδενισμό της τάσεως του τελικού σήματος, όταν τα σήματα των δύο κεραίων έχουν διαφορά φάσεως 180°.

Το πολικό διάγραμμα το οποίο προκύπτει από το συνδυασμό των σημάτων της περιστρεφόμενης κεραίας και της κατακόρυφης κεραίας έννοιας, προκύπτει από τα αντίστοιχα πολικά διαγράμματα των σχημάτων Β.2.3 και Β.2.4 και έχει τη μορφή του καρδιοειδούς διαγράμματος του σχήματος Β.2.5.

Παρατηρούμε, ότι με τη χρησιμοποίηση κατακόρυφου κεραίας έννοιας, της οποίας το σήμα έχει τάση ίση με τη μέγιστη τάση του σήματος της περιστρεφόμενης κεραίας, εμφανίζεται μία μόνο θέση μηδενικού σήματος και δεν υπάρχει αμφιβολία 180°.

Εν τούτοις αν η τάση της κατακόρυφης κεραίας έννοιας δεν είναι ίση με τη μέγιστη τάση της περιστρεφόμενης κεραίας πλαισίου, δημιουργείται αβεβαιότητα ως προς τη θέση μηδενικού σήματος (Σχήματα Β.2.6 και Β.2.7) με αποτέλεσμα οι μετρήσεις να είναι μειωμένης ακρίβειας.

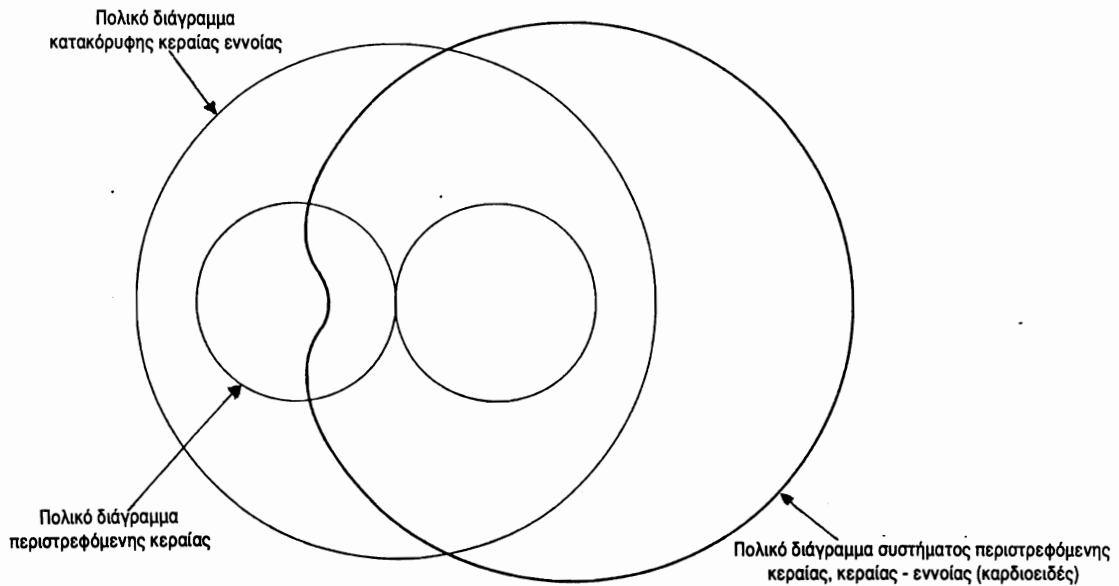
Όταν η τάση της κεραίας έννοιας είναι μεγαλύτερη από την τάση της περιστρεφόμενης κεραίας (Σχήμα Β.2.6), το σημείο μηδενικού σήματος προσδιορίζεται ασαφώς (για την ακρίβεια, δεν υπάρχει σημείο μηδενικής αλλά ελάχιστης τάσεως).



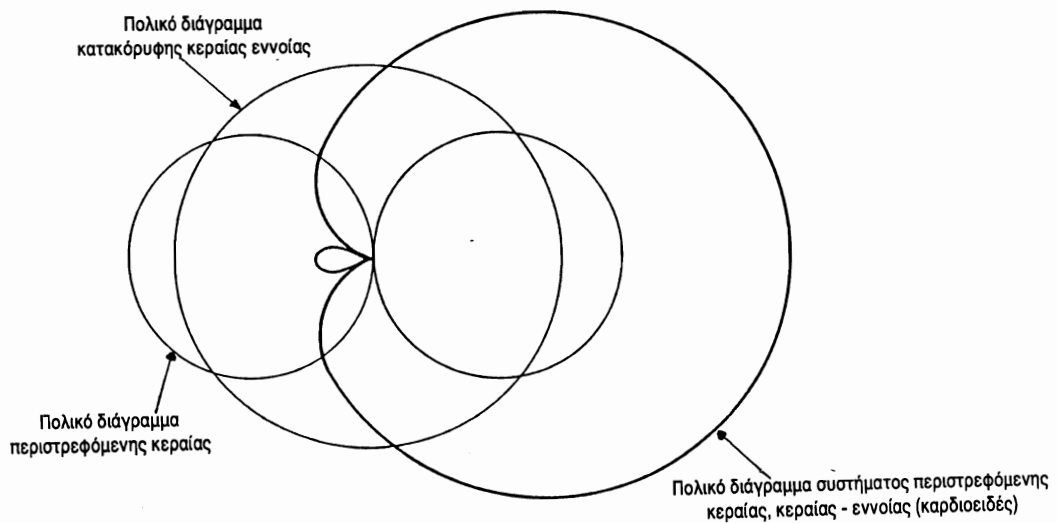
Σχήμα Β.2.5: Πολικό διάγραμμα (καρδιοειδές) συστήματος περιστρεφόμενης κεραίας πλαισίου και κεραίας έννοιας

Όταν η τάση της κεραίας έννοιας είναι μικρότερη από την τάση της περιστρεφόμενης κεραίας (Σχήμα Β.2.7), δημιουργούνται δύο, αντί ενός, σημεία μηδενικού σήματος.

Για τους παραπάνω λόγους, προκειμένου να αποφευχθεί η λήψη ραδιοπτεύσεων μειωμένης ακρίβειας, το κύκλωμα της κεραίας έννοιας πρέπει να ενεργοποιείται μόνο για την άρση της αμφιβολίας 180° , ενώ η ακριβής μέτρηση της ραδιοδιοπτέυσεως πρέπει να γίνεται μόνο με τη χρησιμοποίηση της περιστρεφόμενης κεραίας.



Σχήμα Β.2.6 : Αλλοίωση του καρδιοειδούς διαγράμματος όταν η τάση της κεραίας έννοιας είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη τάση της περιστρεφόμενης κεραίας



Σχήμα Β.2.7 : Αλλοίωση του καρδιοειδούς διαγράμματος όταν η τάση της κεραίας έννοιας είναι μικρότερη από τη μέγιστη τάση της περιστρεφόμενης κεραίας

3.2.4 Ραδιογωνιόμετρα περιστρεφόμενης κεραίας

Ο παλαιότερος και απλούστερος τύπος ραδιογωνιόμετρου είναι το ραδιογωνιόμετρο με περιστρεφόμενη κεραία. Στα πλοία οι περιστρεφόμενες κεραίες χρησιμοποιούνται μόνο σε παλιούς τύπους ραδιογωνιόμετρων, γιατί παρουσιάζουν αρκετά προβλήματα και περιορισμούς σχετικά με την εγκατάσταση, περιστροφή και μετάδοση της ενδείξεως στον δέκτη, που γίνεται με μηχανικό τρόπο.

Οι περιστρεφόμενες κεραίες πρέπει να τοποθετούνται επάνω ακριβώς από το χώρο εγκατάστασης του ραδιογωνιόμετρου. Έτσι ο κατακόρυφος άξονας περιστροφής τους, με τη βοήθεια ενός δείκτη, που είναι στερεωμένος σ' αυτόν με διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο της κεραίας, δείχνει τη διεύθυνση της κεραίας επάνω σε ανεμολόγιο του οποίου η μηδενική υποδιαίρεση ταυτίζεται με το διαμήκες του πλοίου. Με τον τρόπο αυτό οι μετρούμενες ραδιοδιοπτύσεις είναι σχετικές ενώ, αν ο περιστρεφόμενος δείκτης τοποθετηθεί επάνω από επαναλήπτη γυροπιξίδα, τότε έχουμε δυνατότητα ενδείξεως αληθών ραδιοδιοπτύσεων.

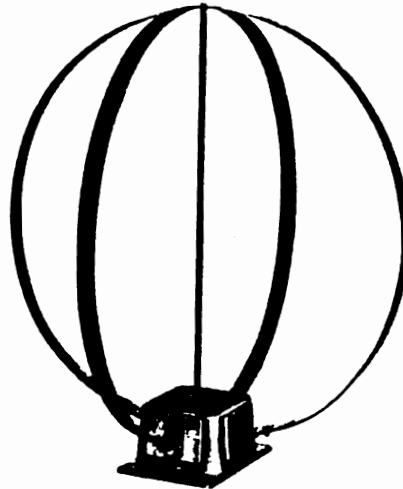
B.2.5 Ραδιογωνιόμετρα κεραίας σταθερών βρόγχων (κεραία Bellini - Tosi)

Η χρησιμοποίηση περιστρεφόμενης κεραίας δημιουργεί πολλά προβλήματα και περιορισμούς σχετικά με την επιλογή του χώρου εγκατάστασης της κεραίας και του δέκτη, γιατί οι μονάδες αυτές πρέπει να συνδέονται μηχανικά και για το λόγο αυτό να βρίσκονται σε κοντινές θέσεις.

Για την εξουδετέρωση των περιορισμών της περιστρεφόμενης κεραίας, το 1909 οι Bellini και Tosi δημιούργησαν το σύστημα κεραίας σταθερών βρόγχων, που ακόμη και σήμερα χρησιμοποιείται στα περισσότερα ραδιογωνιόμετρα. Το σύστημα αυτό (Σχήμα B.2.8) αποτελείται από δύο κεραίες βρόγχου, κάθε μία από τις οποίες αποτελεί μία σπείρα ίδια με αυτή της περιστρεφόμενης κεραίας (σχήματος κυκλικού, τετραγωνικού, τριγωνικού κλπ)

Τα επίπεδα των δύο σταθερών βρόγχων είναι κάθετα μεταξύ τους και το σύστημα τοποθετείται έτσι, ώστε ο ένας βρόγχος να βρίσκεται κατά το διαμήκες και ο άλλος κατά το εγκάρσιο του πλοίου. Με τη διάταξη αυτή, η τάση του σήματος το οποίο λαμβάνεται από κάθε βρόγχο εξαρτάται από τη γωνία που σχηματίζει η διεύθυνση διαδόσεως του λαμβανόμενου ραδιοκύματος με τη διεύθυνση του αντίστοιχου βρόγχου (διαμήκες η εγκάρσιο του πλοίου).

Τα σταθερά πηνία των δύο βρόγχων της κεραίας συνδέονται με δύο άλλα πηνία τα οποία βρίσκονται στον δέκτη, είναι και αυτά σταθερά και τα επίπεδά τους σχηματίζουν γωνία 90°. (Σχήμα B.2.9). Στο εσωτερικό των δύο πηνίων του δέκτη υπάρχει ένα περιστρεφόμενο πηνίο που λέγεται πηνίο έρευνας. Το πηνίο έρευνας περιστρέφεται στο μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται από τα δύο σταθερά πηνία του δέκτη και η ένταση του ρεύματος που δημιουργείται στο πηνίο έρευνας, είναι ανάλογη με τη γωνία στροφής του (Σχήμα B.2.9).



Σχήμα Β.2.8 : Κεραία σταθερών πλαισίων (Κεραία Bellini - Tosi)

Το πολικό διάγραμμα του πηνίου έρευνας έχει την ίδια μορφή με το πολικό διάγραμμα της περιστρεφόμενης κεραίας του σχήματος Β.2.5 και για το λόγο αυτό το σύστημα του περιστρεφόμενου πηνίου έρευνας, το οποίο λέγεται και γωνιόμετρο, συνδέεται με δείκτη που περιστρέφεται επάνω σε ένα ανεμολόγιο για την ένδειξη της σχετικής ραδιοδιοπτέυσεως στην θέση που αντιστοιχεί στην ελάχιστη ένταση λαμβανόμενου ηχητικού σήματος.

Β.2.6 Αυτόματι δέκτες ραδιογωνιόμετρου

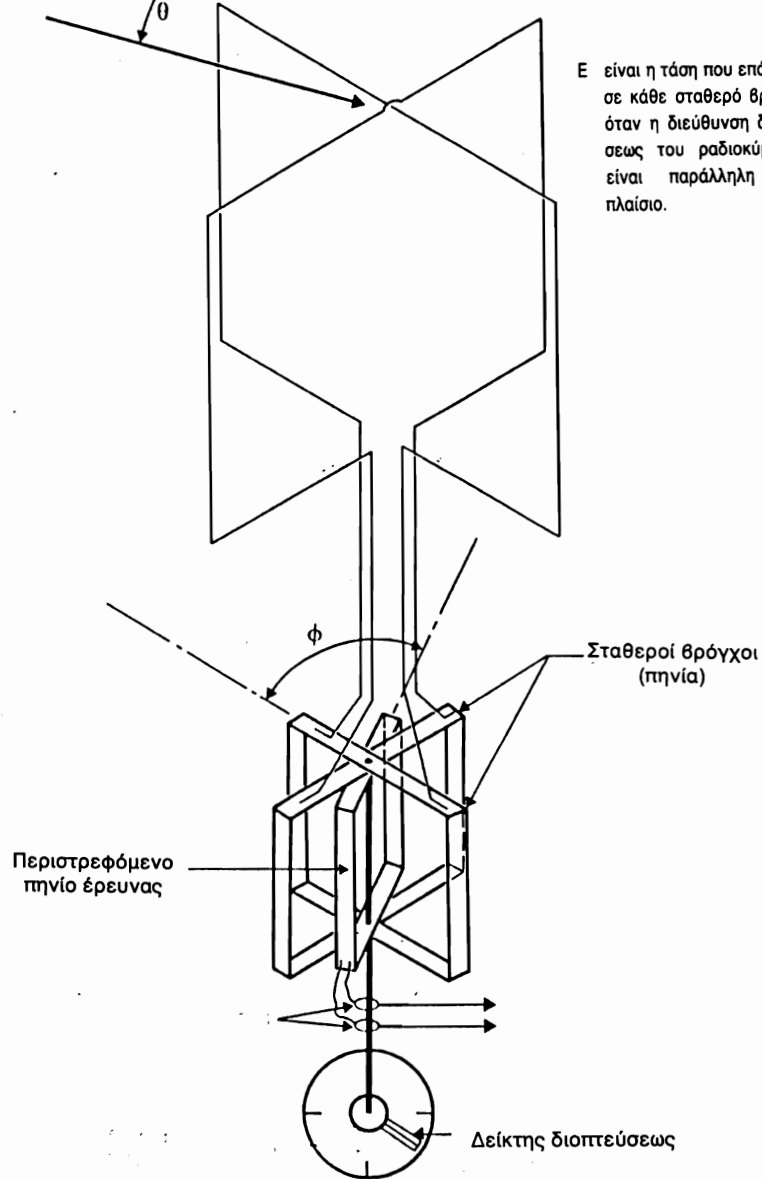
Τα ραδιογωνιόμετρα κεραίας σταθερών βρόγχων, που περιγράφηκαν προηγούμενα, ονομάζονται χειροκίνητα ραδιογωνιόμετρα, επειδή, για τη μέτρηση της ραδιοδιοπτέυσεως ο χειριστής πρέπει να στρέψει χειροκίνητα είτε την κεραία είτε το πηνίο έρευνας.

Στους σύγχρονους τύπους ραδιογωνιόμετρου η ένδειξη της ραδιοδιοπτέυσεως εμφανίζεται αυτόματα μετά από το συντονισμό της συσκευής στην κατάλληλη συχνότητα και τη συνεχή περιστροφή του πηνίου έρευνας (γωνιόμετρου).

Πολλοί αυτόματι δέκτες ραδιογωνιόμετρου έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν την ένδειξη της ραδιοδιοπτέυσεως και σε ψηφιακό ενδείκτη.

Στα σχήματα Β.2.10 και Β.2.11 φαίνονται δύο ραδιογωνιόμετρα αυτόματου τύπου. Στα ραδιογωνιόμετρα αυτά ο χειριστής δεν έχει παρά να συντονίσει το δέκτη στη συχνότητα εκπομπής του ραδιοφάρου και η ένδειξη της ραδιοδιοπτέυσεως γίνεται αυτόματα

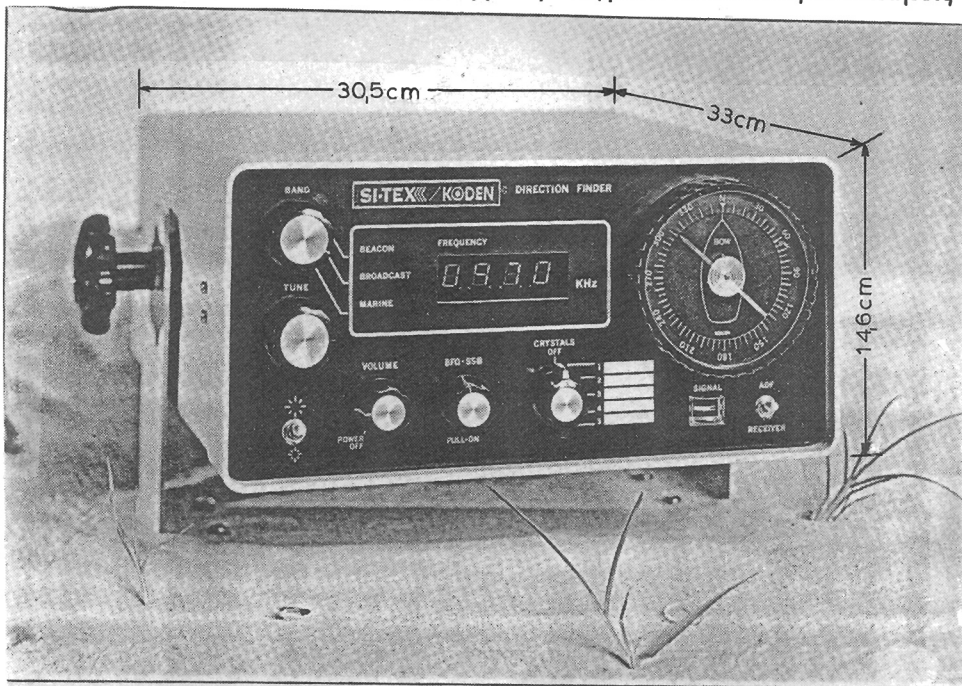
Η τάση που επάγεται στο πηνίο έρευνας είναι ανάλογη προς την τιμή :
 $E \cos\theta \cos\phi - E \sin\theta \sin\phi$ και όταν $E \cos\theta \cos\phi - E \sin\theta \sin\phi = 0$
 δηλαδή όταν $\cot\theta = \tan\phi$ η επαγόμενη τάση μηδενίζεται.
 Αυτό συμβαίνει όταν $\theta = \phi + 90^\circ + n180^\circ$ όπου $n=0$
 ή οποιοσδήποτε ακέραιος αριθμός.



Σχήμα Β.2.9: Λειτουργία του πηνίου έρευνας στο σύστημα κεραίας σταθερών πλαισίων.

Στο ραδιογωνιόμετρο του σχήματος Β.2.10 ο ενδείκτης των ραδιοδιοπτεύσεων έχει τη μορφή ανεμολογίου, το οποίο μπορεί να στρέφεται από το χειριστή έτσι ώστε η ένδειξη της πλώρης (bow) να αντιστοιχεί :

- Στον βορρά, οπότε οι λαμβανόμενες ραδιοδιοπτεύσεις είναι σχετικές
- Στην πορεία του πλοίου, οπότε οι λαμβανόμενες ραδιοδιοπτεύσεις είναι αληθείς



Το ραδιογωνιόμετρο αυτό λειτουργεί με σύστημα κεραίας σταθερών κυκλικών βρόγχων διαμέτρου 45cm. Όπως συμβαίνει με όλα τα αυτόματα ραδιογωνιόμετρα, ο χειρισμός είναι απλούστατος. Ο χειριστής απλώς συντονίζει τον δέκτη στη συχνότητα εκπομπής του ραδιοφάρου και η ένδειξη της ραδιοπτεύσεως γίνεται αυτόματα. Οι ενδείξεις των ραδιοπτεύσεων είναι δυνατό να είναι σχετικές ή αληθείς. Όταν η ένδειξη του βορρά του ανεμολογίου του ενδείκτη ταυτισθεί με την ένδειξη της πλώρης, έχουμε σχετικές ραδιοδιοπτεύσεις, ενώ όταν η ένδειξη της πλώρης ταυτισθεί με την πορεία του σκάφους, έχουμε αληθείς ραδιοδιοπτεύσεις.

Σχήμα Β 2.10 : Χαρακτηριστικός τύπος κλασικού αυτόματου ραδιογωνιόμετρου

Το αυτόματο ραδιογωνιόμετρο του σχήματος Β.2.11 λόγω του ενσωματωμένου μικροϋπολογιστή και της δυνατότητας συνδέσεως του με τη γυροπεξίδα έχει περισσότερες δυνατότητες από αυτό του σχήματος Β.2.10, τις εξής :

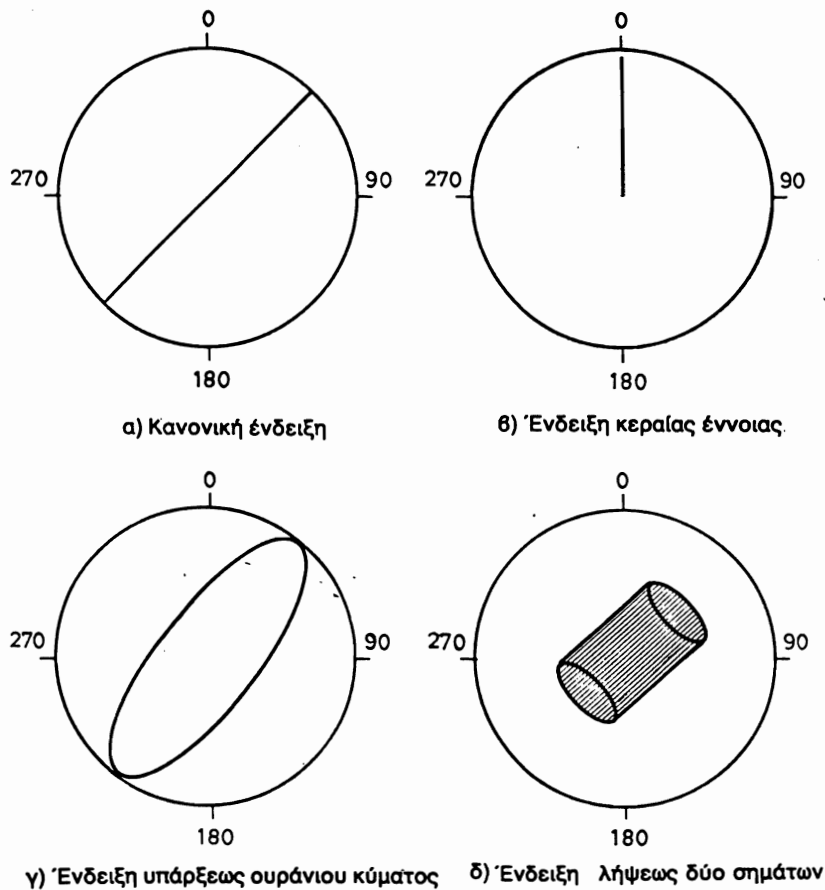
- Αυτόματη ένδειξη στον ψηφιακό ενδείκτη της σχετικής ή αληθούς ραδιοδιопτεύσεως, μαζί με τη συχνότητα του ραδιοφάρου
- Δυνατότητα καταχωρήσεως στη μνήμη του μέχρι 160 συχνότητες ραδιοφάρων
- Δυνατότητα αυτόματου συντονισμού για τέσσερις ραδιοφάρους
- Αυτόματη διόρθωση του σφάλματος αντισταθμίσεως με βάση τα στοιχεία της αντίστοιχης καμπύλης διορθώσεως (calibration curve) τα οποία καταχωρούνται στη μνήμη του ραδιογωνιόμετρου
- Επίλυση ναυτιλιακών προβλημάτων με τη βοήθεια του ενσωματωμένου μικροϋπολογιστή (βλέπε Κεφ. 1, § 1.5)



Σχήμα Β 2.11 : Αυτόματο ραδιογωνιόμετρο με ενσωματωμένο μικροϋπολογιστή για επίλυση ναυτιλιακών προβλημάτων

Β.2.7 Ραδιογωνιόμετρα με καθοδική οθόνη ενδείξεως ραδιοδιοπτύσεων

Ένας άλλος τύπος αυτόματου ραδιογωνιόμετρου, ο οποίος χρησιμοποιείται κυρίως σε ραδιογωνιόμετρα αεροσκαφών, παρέχει εκτός από την ακουστική και οπτική ένδειξη της ραδιοδιοπτύσεως στην οθόνη καθοδικού σωλήνα.



Σχήμα Β 2.13 : Ενδείξεις καθοδικής οθόνης ραδιογωνιόμετρου

Η απεικόνιση της σχετικής ραδιοδιοπτύσεως στην οθόνη έχει τη μορφή της λεπτής γραμμής του σχήματος Β.2.12, μόνο όταν το λαμβανόμενο στον δέκτη σήμα προέρχεται αποκλειστικά από διάδοση με κύμα εδάφους χωρίς να υπάρχουν θόρυβοι από λήψεις άλλων σημάτων (λειτουργία άλλων συσκευών κλπ). Σε αντίθετη περίπτωση, δηλαδή, όταν έχουμε λήψη ουράνιου κύματος ή ύπαρξη θορύβου, η απεικόνιση της ραδιοδιοπτύσεως στην οθόνη της συσκευής έχει το σχήμα ελλείψεως (Σχήμα Β.2.12γ). Στην περίπτωση αυτή η μέτρηση της ραδιοδιοπτύσεως γίνεται κατά τη διεύθυνση του μεγάλου ημιάξονα της ελλείψεως που εμφανίζεται στην οθόνη.

Στα ραδιογωνιόμετρα αυτά η αβεβαιότητα των 180° αίρεται με τη χρησιμοποίηση κεραίας εννοίας, οπότε δε φωτίζεται όλη η διάμετρος της οθόνης, αλλά μόνο η ακτίνα η οποία δείχνει τη σωστή διόπτειση. Εν τούτοις, τις περισσότερες φορές η κεραία εννοίας συνδέεται μόνο με το ένα σταθερό πλαίσιο, οπότε η αμφιβολία των 180° αίρεται από την ένδειξη της κεραίας έννοιας στον ενδείκτη (στην διεύθυνση προς $0^\circ - 180^\circ$ ή $90^\circ - 270^\circ$). Ένα παράδειγμα χρησιμοποίησης της κεραίας εννοίας φαίνεται στο σχήμα Β.2.12, όπου από την ένδειξη Β.2.12β προκύπτει ότι η σωστή διόπτειση είναι 045° και όχι 225° .

Όταν ο δέκτης λαμβάνει σήμα από δύο σταθμούς, στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη του σχήματος Β.2.12δ. Στην περίπτωση αυτή οι ραδιοπτεύσεις των δύο σταθμών προσδιορίζονται από τις παράλληλες πλευρές του σχηματιζόμενου παραλληλογράμμου.

Β.3 Σφάλματα ραδιογωνιόμετρου και τρόποι περιορισμού τους

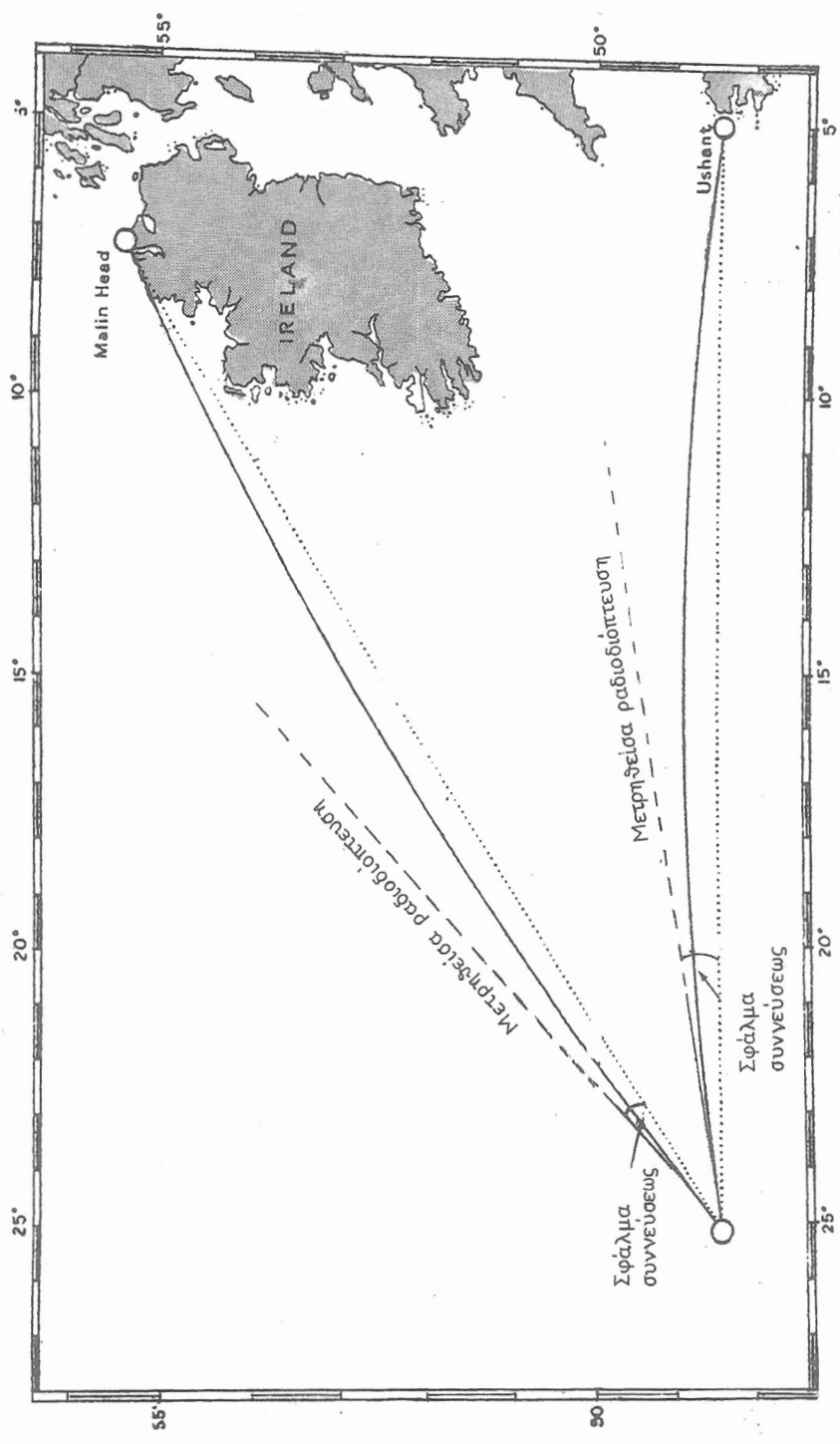
Τα ραδιογωνιόμετρα όταν λειτουργούν κάτω από ιδανικές συνθήκες, προσδιορίζουν τις ραδιοπτεύσεις με πολύ μεγάλη ακρίβεια. Εν τούτοις, η ακρίβεια που επιτυγχάνεται στην πράξη είναι χαμηλότερη από τη διακριτική ικανότητα της συσκευής, γιατί ο δέκτης απλώς προσδιορίζει τη διεύθυνση από την οποία λαμβάνεται το σήμα του πομπού (ραδιοφάρου, πλοίου κλπ), η οποία κατά κανόνα δεν ταυτίζεται με την αντίστοιχη διόπτειση. Η διαφορά αυτή οφείλεται σε διάφορους παράγοντες οι οποίοι επιδρούν στην διάδοση των ραδιοκυμάτων και δημιουργούν εκτροπή από την κανονική τους διαδρομή. Οι παράγοντες αυτοί δημιουργούν τα διάφορα σφάλματα των μετρούμενων ραδιοδιοπτεύσεων που αναφέρονται στη συνέχεια.

Β.3.1 Σφάλμα λόγω συνεύσεως των μεσημβρινών

Κάτω από ιδανικές συνθήκες διαδόσεως τα ραδιοκύματα τα οποία εκπέμπονται από ραδιοφάρο ή άλλο πομπό, ακολουθούν επάνω στη γήινη επιφάνεια διαδρομές οι οποίες είναι τόξα μεγίστου κύκλου. Επομένως οι διαδρομές αυτές, σαν ορθοδρομικά τόξα, απεικονίζονται στον μερκατορικό χάρτη σαν καμπύλες με τα κοίλα στραμμένα προς τον ισημερινό (Σχήμα Β.3.1) για το βόρειο ημισφαίριο.

Για τη χάραξη των ραδιοδιοπτεύσεων στον μερκατορικό χάρτη σαν ευθειών, πρέπει οι ορθοδρομικές ραδιοδιοπτεύσεις να μετατραπούν σε αντίστοιχες λοξοδρομικές. Το σφάλμα το οποίο οφείλεται στην διαφορά της ορθοδρομικής από τη λοξοδρομική ραδιοδιόπτειση είναι ίσο με το μισό της συνεύσεως των μεσημβρινών

Επάνω στη γήινη σφαίρα οι μεσημβρινοί συγκλίνουν προς τους πόλους και ένα τυχαίο τόξο μεγίστου κύκλου (διαδρομή ραδιοκυμάτων) τέμνει τους μεσημβρινούς με διαφορετική γωνία. Εξάιρεση αποτελεί η περίπτωση που ο μέγιστος κύκλος είναι ένας παράλληλος (βρίσκεται σε επίπεδο παράλληλο προς τον ισημερινό).



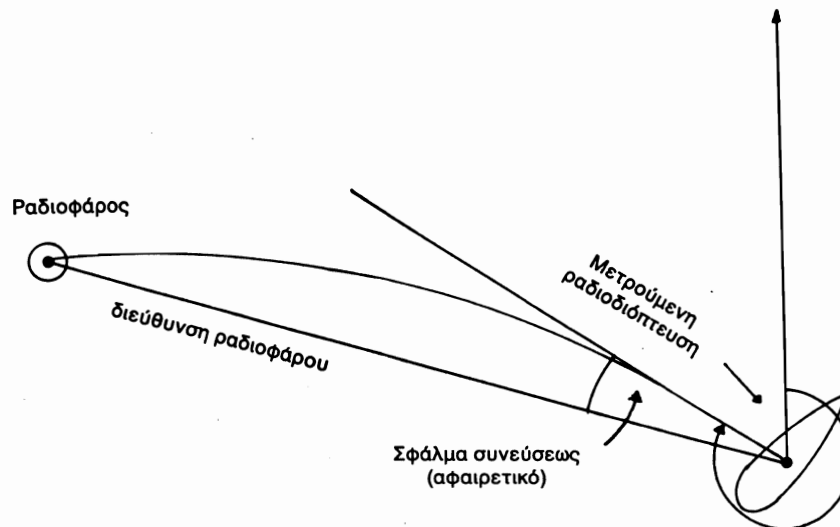
Σχήμα Β.3.1: Σφάλμα λόγω συννεύσεως των μεσημβρινών.

Η διαφορά των γωνιών, την οποία σχηματίζει ένα τόξο μέγιστου κύκλου με δύο μεσημβρινούς αποτελεί τη σύννευση των μεσημβρινών, η τιμή της οποίας δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Σύννευση} = \text{Διαφορά μήκους} \times \eta\mu\acute{\iota}\tau\omicron\nu\omicron \mu\acute{\epsilon}\sigma\upsilon \pi\lambda\acute{\alpha}\tau\omicron\upsilon\varsigma \quad (\text{B.3.1})$$

(σε πρώτα λεπτά)

Όλες οι μετρούμενες ραδιοδιόπτεισεις, για να χαραχθούν στον μερκατορικό χάρτη σαν ευθείες, πρέπει να διορθωθούν με το μισό της συννεύσεως. Η διόρθωση είναι προσθετική ή αφαιρετική ανάλογα με τη σχετική θέση ραδιογωνιόμετρου - ραδιοφάρου, έτσι, ώστε η ορθοδρομική διόπτευση να μετακινηθεί προς τον ισημερινό για να γίνει λοξοδρομική (Σχήμα Β.3.2).



Σχήμα Β.3.2: Προσδιορισμός προσήμου του σφάλματος λόγω συννεύσεως.

Το πρόσημο της διορθώσεως μπορεί να προσδιοριστεί και με τον επόμενο μνημονικό κανόνα:

Στο βόρειο ημισφαίριο:

- Όταν το πλοίο είναι ανατολικά του ραδιοφάρου η διόρθωση είναι αφαιρετική.
- Όταν το πλοίο είναι δυτικά του ραδιοφάρου η διόρθωση είναι προσθετική.

Στο νότιο ημισφαίριο:

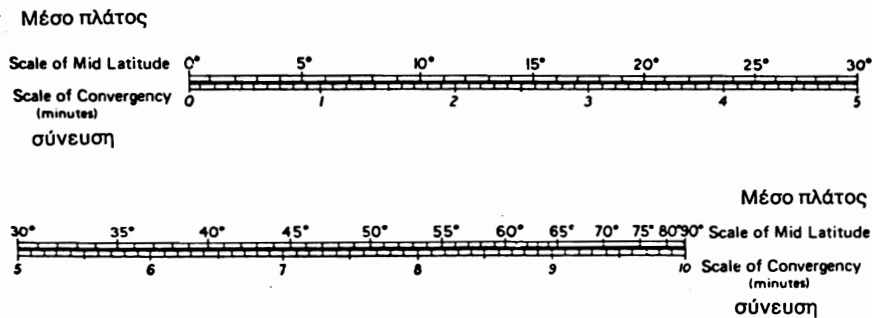
Ισχύουν τα αντίστροφα του βορείου.

Είναι προφανές ότι, όταν το πλοίο και ο ραδιοφάρος βρίσκονται στον ισημερινό ή στον ίδιο μεσημβρινό, το σφάλμα λόγω συννεύσεως μεσημβρινών μηδενίζεται.

Εκτός από τη σχέση Β.3.1, η σύννευση των μεσημβρινών μπορεί να προσδιοριστεί και με ένα από τους επόμενους τρόπους:

- Με χρησιμοποίηση ειδικών πινάκων, όπως ο πίνακας Β.1 που έχει ληφθεί από την έκδοση Pub 217 της Υδρογραφικής Υπηρεσίας NOS των ΗΠΑ, στους οποίους σαν στοιχεία εισόδου χρησιμοποιούμε τη διαφορά μήκους και το μέσο πλάτος.
- Με χρησιμοποίηση του νομογράμματος του σχήματος Β.3.3 που περιέχεται στην έκδοση Admiralty List of Radio Signals Vol. 2.

Scales for obtaining the Convergence for 10' Diff. Longitude in different Latitudes



Σχήμα Β.3.3 : Νομόγραμμα προσδιορισμού της συννεύσεως των μεσημβρινών για διαφορά μήκους 10'

Παράδειγμα υπολογισμού σφάλματος λόγω συννεύσεως.

Στίγμα πλοίου	φ: 50°05' Βορ.	λ: 1°52' Δυτ.
Στίγμα ραδιοφάρου	φ: 50°55' Βορ.	λ: 5°10' Δυτ.
Διαφορά μήκους =	4°42' = 282'	
Μέσο πλάτος =	50°30' Βορ.	

Στο νομόγραμμα του σχήματος Β.3.3, κάτω από την ένδειξη του μέσου πλάτους 50°30' Βορ. βρίσκουμε την τιμή 7,7, η οποία είναι η τιμή της συννεύσεως των μεσημβρινών, που αντιστοιχεί σε διαφορά μήκους 10'. Πολλαπλασιάζουμε την τιμή 7,7 με την τιμή 28,2 (το δέκατο της διαφοράς μήκους) και η τιμή της συννεύσεως του μεσημβρινού για το παράδειγμα μας είναι : $7,7 \times 28,2 = 217'$.

Το σφάλμα λόγω συννεύσεως είναι ίσο με : $\frac{1}{2} 217' = 108,5' = 1^\circ 48,5'$ και το πρόσημο του αρνητικό.

ΠΙΝΑΚΑΣ Β.1
ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ ΡΑΔΙΟΔΙΟΠΤΕΥΣΕΩΝ ΛΟΓΩ ΣΥΝΕΥΣΕΩΣ ΜΕΣΗΜΡΙΝΩΝ
 (Από την έκδοση Pub 217 "Radio Navigational AIDS" των ΗΠΑ)

100.F Radio Bearing Conversion Table

Correction to be applied to radio bearing to convert to Mercator bearing

Difference of longitude

Mid lat	0.5°	1°	1.5°	2°	2.5°	3°	3.5°	4°	4.5°	5°	5.5°	6°	6.5°	7°	7.5°	Mid lat
4	...	...	...	...	01	01	01	01	02	02	02	02	02	02	03	4
5	...	01	01	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	5
6	...	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	6
7	...	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	7
8	...	1	1	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	5	5	8
9	...	1	1	1	1	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	9
10	...	1	1	1	1	2	2	2	3	4	4	5	5	6	6	10
11	...	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	11
12	1	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	12
13	1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7	7	8	8	13
14	1	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8	8	9	14
15	1	1	2	3	3	4	5	5	6	6	7	8	8	9	10	15
16	1	2	2	3	4	5	5	6	6	7	8	8	9	10	11	16
17	1	2	3	4	5	6	7	7	8	9	10	10	11	11	12	17
18	1	2	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	13	13	14	18
19	1	2	4	5	6	7	8	10	11	11	12	13	14	15	16	19
20	1	2	4	5	6	8	9	10	11	12	12	14	15	16	18	20
21	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	13	14	16	17	19	21
22	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	22
23	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	17	18	20	23
24	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	24
25	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	25
26	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	26
27	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	27
28	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	28
29	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	29
30	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	30
31	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	31
32	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	32
33	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	33
34	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	34
35	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	35
36	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	36
37	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	37
38	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	38
39	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	39
40	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	40
41	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	41
42	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	42
43	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	43
44	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	44
45	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	45
46	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	46
47	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	47
48	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	48
49	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	49
50	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	50
51	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	51
52	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	52
53	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	53
54	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	54
55	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	55
56	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	56
57	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	57
58	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	58
59	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	59
60	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	18	20	60

Receiver (latitude)	Transmitter (direction from receiver)	Correction Sign	Receiver (latitude)	Transmitter (direction from receiver)	Correction Sign
North	Eastward	+	South	Eastward	-
North	Westward	-	South	Westward	+

Ο προσδιορισμός του προσήμου της διορθώσεως λόγω συνεύσεως των μεσημβρινών, γίνεται αν υποτυπώσουμε πρόχειρα τη σχετική θέση πλοίου και ραδιοφάρου και χαράξουμε το ορθοδρομικό τόξο το οποίο διέρχεται από τις θέσεις αυτές (Σχήμα Β.3.2), οπότε βλέπουμε, ότι για τη μετατροπή της ορθοδρομικής ραδιοδιοπτεύσεως σε λοξοδρομική, το σφάλμα λόγω συνεύσεως πρέπει να είναι αφαιρετικό. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουμε και με τη χρησιμοποίηση του μνημονικού κανόνα που προαναφέρθηκε.

Με τη βοήθεια του παραδείγματος που εξετάστηκε, επαληθεύεται εύκολα, ότι η ίδια τιμή του σφάλματος λόγω συνεύσεως των μεσημβρινών ($1^{\circ} 48,5'$) προκύπτει, αν αντί του νομογράμματος του σχήματος Β.3.3 χρησιμοποιήσουμε τη σχέση Β.3.1 ή οποιοδήποτε από τους υπάρχοντες πίνακες όπως ο πίνακας Β.1 της εκδόσεως Pub 217 "Radio Navigational AIDS" των ΗΠΑ

Β.3.2 Σφάλμα πολικότητας ή επίδραση νυκτός

Για τον ακριβή προσδιορισμό της ραδιοδιοπτεύσεως πρέπει το λαμβανόμενο στον δέκτη ραδιοκύμα να προέρχεται αποκλειστικά από διάδοση με κύμα εδάφους. Όταν στον δέκτη λαμβάνεται και ουράνιο κύμα, δημιουργείται σφάλμα το οποίο παρατηρείται κυρίως κατά τη νύκτα, οπότε οι μεσαίες συχνότητες διαδίδονται με ουράνια κύματα και έχει μέγιστη τιμή κατά την ανατολή και δύση του ηλίου.

Επειδή το σφάλμα αυτό λαμβάνει πολύ μεγάλες τιμές, όταν υποψιαζόμαστε την ύπαρξη ουράνιου κύματος, δε θα πρέπει να λαμβάνουμε ραδιοδιοπτεύσεις. Εν τούτοις, αν απαιτηθεί να χρησιμοποιήσουμε σήματα που διαδίδονται και με ουράνια κύματα, μπορούμε να ελαχιστοποιήσουμε το σφάλμα πολικότητας λαμβάνοντας αρκετές διαδοχικές ραδιοδιοπτεύσεις και χρησιμοποιώντας το μέσο όρο των ενδείξεων.

Β.3.3 Σφάλμα παράκτιας διαθλάσεως ή επίδραση ακτής

Το σφάλμα αυτό (Σχήμα Β.3.4) παρατηρείται, όταν το ραδιοκύμα το οποίο εκπέμπεται από σταθμό ξηράς, για να φθάσει στον δέκτη του πλοίου ακολουθεί διαδρομή που τέμνει την ακτογραμμή με γωνία μικρότερη από 90° . Στην περίπτωση αυτή, λόγω της διαφορετικής αγωγιμότητας της ατμόσφαιρας επάνω από την ξηρά και τη θάλασσα αντίστοιχα, δημιουργείται διάθλαση του ραδιοκύματος με αποτέλεσμα τη λήψη λανθασμένης ραδιοδιοπτεύσεως.

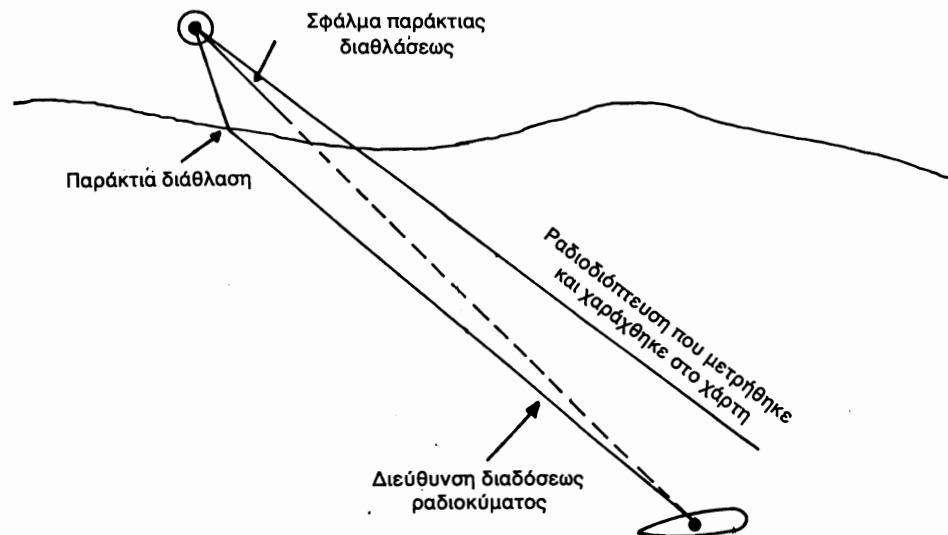
Το σφάλμα παράκτιας διαθλάσεως είναι δυνατό να λάβει τιμές που πολλές φορές ξεπερνούν τις 5° . Για το λόγο αυτό ο ναυτιλλόμενος πρέπει να προσέχει ιδιαίτερα στην επιλογή των κατά περίπτωση καταλληλότερων ραδιοφάρων, ανάλογα με τη σχετική θέση πλοίου - ραδιοφάρου σε συνδυασμό με την ακτογραμμή και την απόσταση του ραδιοφάρου από την ακτή. Ραδιοδιοπτεύσεις οι οποίες σχηματίζουν γωνία μικρότερη από 15° - 20° με την ακτογραμμή δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται

ΠΙΝΑΚΑΣ Β.2
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΡΑΔΙΟΦΑΡΩΝ
(Από την έκδοση Admiralty List of Radio Signals Vol. 2)

RADIOBEACONS AND RADIO DIRECTION-FINDING STATIONS

GREECE

RD	Axios, Nisis Kavouira Lt AWAE 287.3 A1A A2A 0.2 kW	40°30' .73N 22°44' .90E Clear: Nil Fog: Cont	1261
	Bearing: Beam centred 340° towards beacon		
	Directional Signals:		
	East of beam: One weak dash and two strong dashes in succession, interrupted once every min for ident AW (weak) AE (strong).		
	On beam: Succession of equal strength dashes, interrupted once every min for ident AWAE of uniform strength.		
	West of beam: One strong dash and two weak dashes in succession, interrupted once every min for ident AW (strong) AE (weak).		
	Synchronized for distance finding with 2 air fog signals as follows:		
	1) Horn (at the Radiobeacon): Blast 5 sec, silent 2 sec, blast 2 sec, silent 51 sec. The 5 second blast of the horn begins simultaneously with the series of directional dashes. Every 6 dashes received before the 5 second blast is heard correspond to a distance of 1 n mile from the Radiobeacon.		
	2) Horn (at Akra Megálo Emvolon Lt) 40°30' .17N 22°49' .07E. Blast 2 sec, silent 58 sec. The blast of the horn begins simultaneously with the series of directional dashes. Every 6 dashes received before the horn blast is heard correspond to a distance of 1 n mile from Akra Megálo Emvolon Lt.		
	Note: Should this horn become unsynchronized it will operate with a period of 45 s instead of 60 s until the synchronization is restored.		
RD	Thessaloníki ¹ TNTS 308 A1A A2A 0.2 kW	40°36' .63N 22°57' .02E Clear: Nil Fog: Cont	1263
	Bearing: Beam centred 050° towards beacon		
	Directional Signals ² :		
	North of beam: One strong dash and two weak dashes in succession, interrupted once every min for ident TN (strong) TS (weak).		
	On beam: Succession of equal strength dashes interrupted once every min for ident TNTS of uniform strength.		
	South of beam: One weak dash and two strong dashes in succession, interrupted once every min for ident TN (weak) TS (strong).		
	1) Located at Lt E4503		
	2) The bearing line must not be relied upon at a distance of more than 7.5 n miles from the beacon owing to signal distortion in the area of Akra Megálo Emvolon.		
	3) Synchronised and co-located with a horn at the Radiobeacon for distance finding. Blast 5.1 sec, silent 54.9 sec. The Blast of the horn begins simultaneously with the series of directional dashes. Every 6 dashes received before the horn blast is heard correspond to a distance of 1 n mile from the horn.		
Aero RC	Límnos LJO 270 A2A 150 n miles H24	39°55' .48N 25°14' .93E	1265
Aero RC	Alexandrouópolis ALP 351 A2A 100 n miles H24	40°51' .43N 25°56' .50E	1267



Σχήμα Β.3.4: Σφάλμα παράκτιας διαθλάσεως

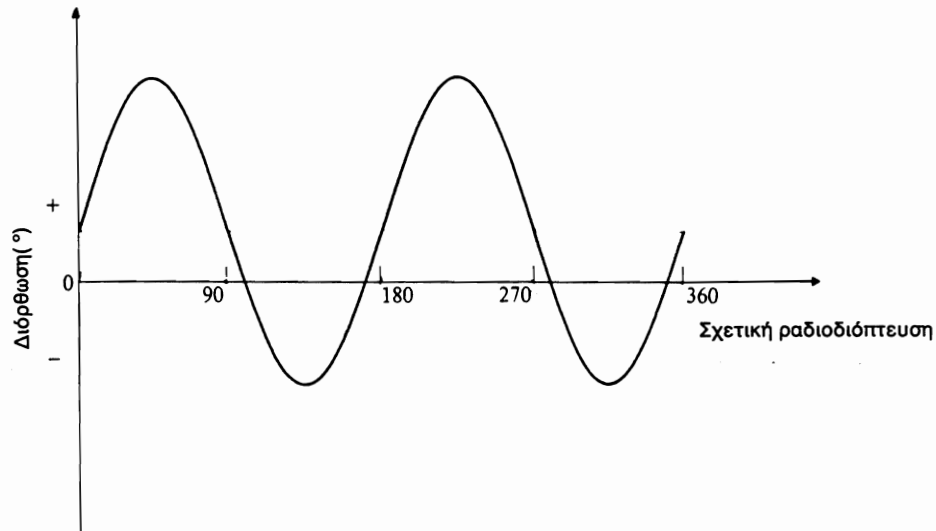
Β.3.4 Σφάλματα που οφείλονται στο πλοίο

Τα σφάλματα του ραδιογωνιόμετρου τα οποία εξετάστηκαν μέχρι τώρα, οφείλονται σε παράγοντες εκτός πλοίου που δημιουργούν εκτροπή της διαδρομής διαδόσεως του ραδιοκύματος από τη σωστή διόπτρευση του ραδιοφάρου, η οποία πρέπει να χαραχθεί στο μερκατορικό χάρτη. Εκτροπή της διαδρομής των ραδιοκυμάτων δημιουργείται και από την επίδραση του ίδιου του σκάφους.

Στην πράξη, το σφάλμα του ραδιογωνιόμετρου που οφείλεται στο πλοίο υπολογίζεται συνολικά και περιλαμβάνει όλα τα επί μέρους σφάλματα¹. Το συνολικό αυτό σφάλμα λέγεται σφάλμα αντισταθμίσεως ραδιογωνιομέτρου. Για τον προσδιορισμό του σφάλματος του ραδιογωνιόμετρου, το οποίο οφείλεται στην επίδραση του πλοίου, (σφάλμα αντισταθμίσεως) είναι απαραίτητο να γίνει ρύθμιση (calibration) του οργάνου.

Η βαθμονόμηση του ραδιογωνιόμετρου στηρίζεται στην ταυτόχρονη λήψη ραδιοπτεύσεως και σχετικών διοπτύσεων με το ταξίμετρο και κατασκευή πινακίδων και καμπύλης διορθώσεως, όπως αυτή του σχήματος Β.3.5.

¹ Η ανάλυση των σφαλμάτων αυτών περιέχεται στο βιβλίο "Ραδιοναυτιλία" Εκδόσεως Ιδρύματος Ευγενίδου 1993.



Σχήμα Β.3.5: Καμπύλη βαθμονόμησης ραδιογωνιομέτρου.

Για τη βαθμονόμηση του ραδιογωνιομέτρου, το πλοίο πλησιάζει ένα ραδιοφάρο² σε απόσταση, κατά προτίμηση 3-5 μιλίων και πάντως όχι μικρότερη από μισό μίλι και εκτελεί κυκλικές διαδρομές κατά τη διάρκεια των οποίων λαμβάνει ταυτόχρονες ραδιοδιοπτύσεις και οπτικές διοπτύσεις (σχετικές) του ραδιοφάρου. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στις μετρήσεις οι οποίες αντιστοιχούν σε σχετικές διοπτύσεις 45°, 135°, 225° και 315°, γιατί στις θέσεις αυτές, το συνολικό σφάλμα που οφείλεται στο πλοίο έχει τη μεγαλύτερη τιμή.

Η βαθμονόμηση του ραδιογωνιομέτρου είναι δυνατό να γίνει αντί της λήψης των εκπομπών ραδιοφάρου, με τη λήψη των εκπομπών φορητού πομπού ο οποίος τοποθετείται σε μία άκατο, η οποία εκτελεί κυκλική διαδρομή γύρω απ' το αγκυροβολημένο πλοίο.

² Ειδικοί ραδιοφάροι που χρησιμοποιούνται για βαθμονόμηση ραδιογωνιομέτρων αναφέρονται στις εκδόσεις Admiralty List of Radio Signals Vol 2 του Βρετανικού Ναυαρχείου, απόσπασμα του οποίου φαίνεται στον πίνακα Β.2 και Ρυθ των ΗΠΑ