

**Τ.Ε.Ι. ΣΕΡΡΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ**

Σημειώσεις για το μάθημα

Τοπογραφία I

**Παναγιωτόπουλος Ελευθέριος
Καριώτης Γεώργιος
Επιστημονικοί Συνεργάτες Τ.Ε.Ι. Σερρών**

Σέρρες 2001

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΟΡΙΣΜΟΙ

1	Εισαγωγή	1
1,1	Γενικές έννοιες	2
1,2	Προβολές – συστήματα προβολών	2
1,3	Εφαρμογές προβολής στη Ελλάδα	6
1,4	Υψόμετρο – Ισοϋψείς καμπύλη – Ισοδιάσταση	11
1,5	Αποτύπωση και είδη	15
1,6	Μονάδες μέτρησης	15

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΩΡΙΑΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

2,1	Γενικά	17
2,2	Πιθανότερη τιμή σε ένα μέγεθος	18
2,3	Βάρος ή αξία πιθανότερης τιμής	18
2,4	Κριτήρια ακρίβειας σειράς μετρήσεων	18
2,5	Βάρος μέτρησης ή μετρήσεων	19
2,6	Νόμος μετάδοσης σφαλμάτων	19

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΓΩΝΙΩΝ

3,1	Εισαγωγή	20
3,2	Κατακόρυφος τόπου	20
3,3	Οριζόντιο επίπεδο – Αεροστάθμες	25
3,4	Το θεοδόλιχο	28
3,5	Κυριότερες συνθήκες ακρίβειας θεοδόλιχου	28
3,6	Τοποθέτηση θεοδόλιχου	33
3,7	Εστίαση – σκόπευση – Ανάγνωση ενδείξεων	35
3,8	Μέθοδοι μέτρησης οριζοντίων γωνιών	39
3,9	Μέτρηση κατακόρυφων γωνιών	43
3,1	Ορθόγωνα	45
3,11	Χρήση ορθογώνου	49

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ

4,1	Γενικά	51
4,2	Μηχανική μέθοδος μέτρησης απόστασης - Οργανα	51
4,2,1	Μέτρηση απόστασης σε οριζόντιο έδαφος	54
4,2,2	Μέτρηση απόστασης σε κεκλιμένο έδαφος	54
4,3	Οπτική μέθοδος μέτρησης απόστασης - Οργανα	56
4,4	Ηλεκτρομαγνητική μέθοδος μέτρησης απόστασης - Οργανα	59

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΜΕΘΟΔΟΙ ΧΑΡΑΞΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΩΝ - ΓΩΝΙΩΝ

5,1	Γενικά	61
5,2	Σήμανση - επισήμανση -εξασφάλιση σημείου	61
5,3	Χάραξη ευθυγραμμίας	65

5,4	Χρήση τοπογραφικού οργάνου	67
5,5	Χρήση ορθογώνου	71
5,6	Χρήση μετροταινίας	72
5,7	Παραδείγματα εφαρμογών	73

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΘΕΜΕΛΙΩΔΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ

ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΓΗΠΕΔΩΝ

6,1	Γενικά	77
6,2	Γωνία διεύθυνσης	80
6,3	Πρώτο Θεμελιώδες Πρόβλημα	81
6,4	Δεύτερο Θεμελιώδες Πρόβλημα	82
6,5	Τρίτο Θεμελιώδες Πρόβλημα	84
6,6	Αποτύπωση γηπέδων	85
6,6,1	Γενικά	85
6,6,2	Συσχέτιση σημείων λεπτομερειών με πολυγωνομετρία	86
6,6,3	Μέθοδοι οριζοντιογραφικής αποτύπωσης	88
6,6,4	Μέθοδος με πλευρομετρήσεις	88
6,6,5	Μέθοδος με ορθογώνιες συντεταγμένες	89
6,6,6	Μέθοδος με πολικές συντεταγμένες	92
6,6,7	Μέθοδος μικτή	93
6,7	Ταχυμετρία με βοήθεια σταδίας	93

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΕΜΒΑΔΟΜΕΤΡΙΑ

7,1	Μηχανική μέθοδος	96
7,2	Γραφική μέθοδος	97
7,3	Ημιγραφική μέθοδος	98
7,4	Αναλυτική μέθοδος	99

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΗΣ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

8,1	Ερμηνεία των ισοϋψών καμπυλών	103
8,2	Εξέχουσες μορφές εδάφους	104
8,3	Εισέχουσες μορφές εδάφους	105
8,4	Σχεδίαση των ισοϋψών καμπυλών	108

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΥΨΟΜΕΤΡΙΑ

9,1	Γενικά περί υψομετρίας	112
9,2	Γεωμετρική χωροστάθμιση	113
9,2,1	Απλή χωροστάθμιση	113
9,2,2	Χωροσταθμική όδευση	114
9,3	Γενικές παρατηρήσεις για την γεωμετρική χωροστάθμιση	115

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 1

ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΟΡΙΣΜΟΙ

1. Εισαγωγή

Τοπογραφία είναι η επιστήμη, που διδάσκει μεθόδους και με τη βοήθεια κατάλληλων τοπογραφικών οργάνων, εξυπηρετεί δύο στόχους. Πρώτος, τη συλλογή των απαραίτητων στοιχείων, ώστε με ακρίβεια και υπό κατάλληλη κλίμακα, να απεικονισθεί τμήμα της επιφάνειας της Γης, επί χάρτου και δεύτερος τη μεταφορά στοιχείων-μελετών στο έδαφος για εφαρμογή ή κατασκευή παντός τεχνικού έργου.

Η Τοπογραφία αποτελεί τμήμα της Επιστήμης με τίτλο **Γεωδαισία**. Η Γεωδαισία διαχωρίζεται στην Ανωτέρα Γεωδαισία και Κατωτέρα Γεωδαισία, η οποία για συντομία θα αποκαλείται Τοπογραφία.

Το έργο της **Τοπογραφίας** διαφοροποιείται από αυτό της **Ανώτερης Γεωδαισίας** στο ότι ασχολείται με τη λεπτομερή απεικόνιση, την **αποτύπωση** όπως συνήθως λέγεται, έκτασης επιφάνειας της Γης ακτίνας μέχρι 10 Km περίπου και ουσιαστικά αποτελεί το εφαρμοσμένο τμήμα της Γεωδαισίας.

Η **Ανωτέρα Γεωδαισία** ασχολείται με μεθόδους και όργανα με στόχο να προσδιορίσει ποσοτικά το σχήμα και τις διαστάσεις της Γης (καταμετρήσεις μεγάλων εκτάσεων κρατών ηπείρων), να μετρήσει την επιτάχυνση της βαρύτητας σε διάφορα πλάτη, τη κλόνιση και μετάπτωση του άξονα της Γης, τη κίνηση της τροχιάς των τεχνητών δορυφόρων. Νέοι επιστημονικοί κλάδοι όπως η Ουράνιος Γεωδαισία και Δορυφορική Γεωδαισία παρέχουν τη δυνατότητα προσδιορισμού του σχήματος και των διαστάσεων της Γης με μεγάλη ακρίβεια.

Επανάσταση με ραγδαία εξέλιξη στο χώρο της Τοπογραφίας, έχει ο κλάδος της Φωτογραμμετρίας. Είναι η επιστήμη δια της οποίας επιτυγχάνεται ο προσδιορισμός των αντικειμένων κατά μέγεθος, μορφή θέση και μέγεθος στο χώρο ή στο επίπεδο, μετά από μετρήσεις επί φωτογραφικών εικόνων (επίγειος φωτογραμμετρία και από αέρος). Παρ όλα τα πλεονεκτήματα της Φωτογραμμετρίας, η Τοπογραφία παραμένει μια αξιόλογη τεχνική, ικανή αφ ενός να παρέχει διαγράμματα υψηλής ακριβείας, αφ ετέρου να θεραπεύει και συμπληρώνει τις ατέλειες της φωτογραμμετρίας.

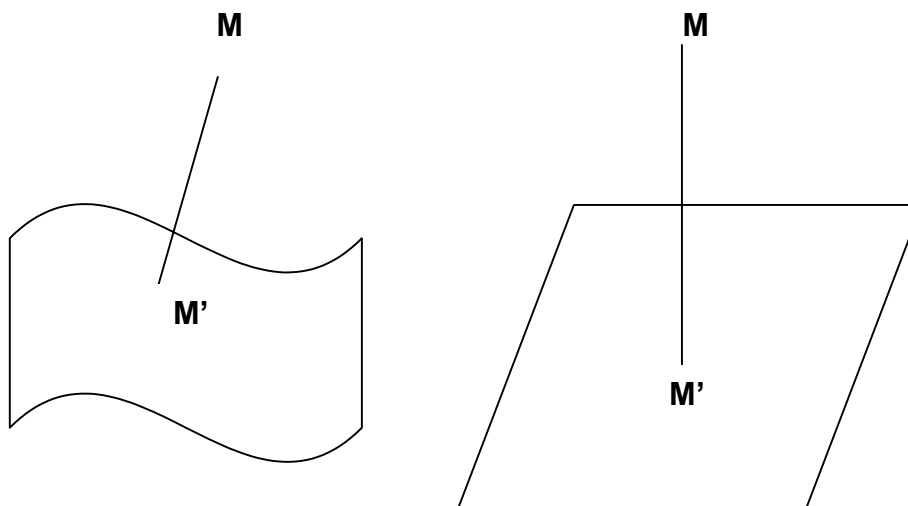
Η **Τοπογραφία** συμβάλλει θετικά στην επίλυση μεγάλου αριθμού προβλημάτων προσφέροντας πολύτιμες υπηρεσίες σε διάφορους κλάδους, το δε σχέδιο το οποίο προκύπτει έχει άμεση ή έμμεση χρήση. Γενικά υποβοηθά στη μελέτη κάθε πλουτοπαραγωγικού και εκπολιτιστικού έργου, μελέτη και κατασκευή τεχνικών έργων (οδοποιίας, λιμενικών, εγγειοβελτιωτικών, δικτύων ύδρευσης αποχέτευσης, σιδηροδρομικών γραμμών αεροδρομίων κλπ), σύνταξη κτηματολογίου, αναδάσμου γης, τακτοποίηση οικοπέδων, στρατιωτικούς σκοπούς, αρχαιολογία, τουρισμό, πολεοδομικά θέματα και άλλους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας.

Ο σκοπός της Τοπογραφίας επιτυγχάνεται με τον προσδιορισμό της θέσεως (δηλ. των συντεταγμένων), των χαρακτηριστικών σημείων του εδάφους σε ορισμένο σύστημα αναφοράς. Οι εργασίες αυτές αρχίζουν από τον προσδιορισμό ορισμένου αριθμού βασικών σημείων τα οποία λέγονται **γεωδαιτικά σημεία** και αποτελούν τον σκελετό του χάρτη. Ο προσδιορισμός των σημείων αυτών ανάγεται εν μέρει στην αρμοδιότητα της Ανωτέρας Γεωδαισίας.

1.1 Γενικές Έννοιες

Με τον όρο **Προβολή** εννοείται η γεωμετρική μέθοδος ή αναλυτική έκφραση με την οποία μπορεί να αποκατασταθεί μια αμφιμονοσήμαντη αντιστοιχία μεταξύ σημείων της επιφάνειας της Γης και των σημείων ενός επιπέδου εκλογής. Οι συναρτησιακές σχέσεις ονομάζονται συνήθως εξισώσεις απεικόνισης.

Ορθή προβολή σημείου επί επιπέδου ή άλλης επιφάνειας είναι το σημείο στο οποίο τέμνεται η επιφάνεια από τη κάθετο η οποία αρχίζει από το σημείο. Η κάθετος εκ του σημείου προς την επιφάνεια λέγεται προβάλλουσα του σημείου.



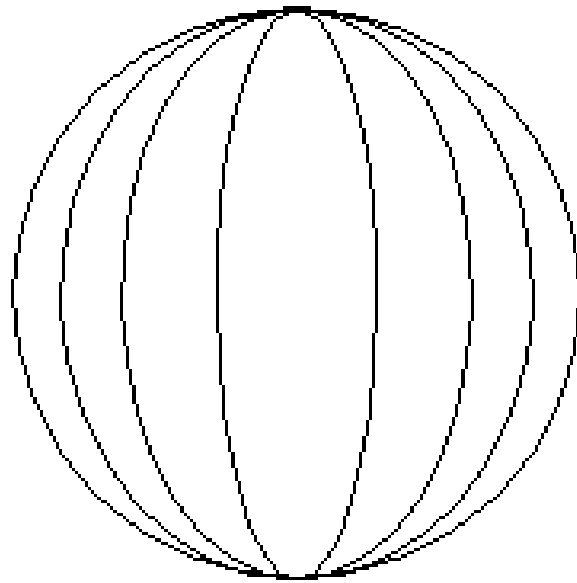
1.2 Προβολές - συστήματα προβολών

Εκτός των ορθών προβολών απαντώνται και άλλα είδη και συστήματα προβολών, με τις οποίες επιτυγχάνεται η πιστότερη δυνατή αναπαράσταση μιας επιφάνειας που δεν είναι δυνατόν να αναπτυχθεί πάνω σε επίπεδα φύλλα, όπως είναι τα διαγράμματα και οι χάρτες. Το γεγονός αυτό είναι βασικής σημασίας, διότι δίνεται η δυνατότητα, μεταφέροντας σχήματα μιας μη αναπτυσκόμενης επιφάνειας πάνω σε επίπεδο, να εκτελούνται στα σχήματα αυτά υπολογισμοί, με τη βοήθεια απλών σχέσεων της επίπεδης τριγωνομετρίας.

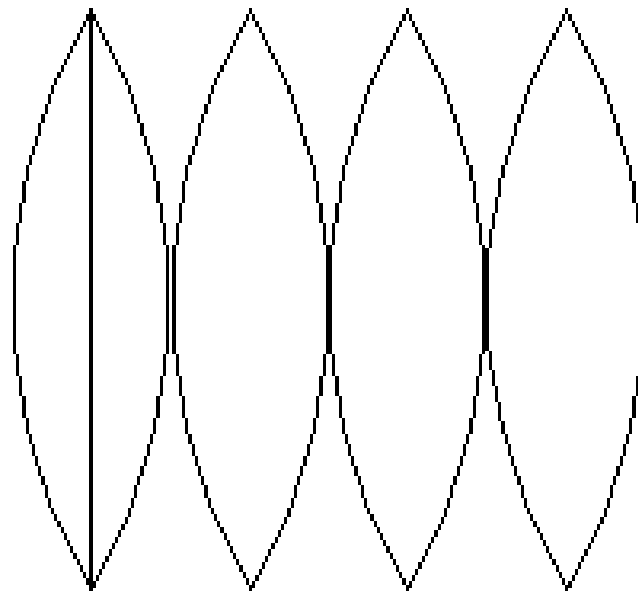
Επειδή είναι αδύνατη η αναπαράσταση μιας μη αναπτυσκόμενης επιφάνειας πάνω σε επίπεδο χωρίς παραμορφώσεις, αναπτύχθηκαν διάφορα συστήματα προβολών που παραμορφώνουν λιγότερο ή περισσότερο τα διάφορα στοιχεία (γραμμικά, γωνιώδη ή επιφανειακά) της επιφάνειας.

Με τις προβολές, επιτυγχάνεται η μετατροπή του σφαιροειδούς σχήματος της Γης, το οποίο ανήκει σε μη αναπτυσκόμενες επιφάνειες, σε κάποια αναπτυσκόμενη επιφάνεια (κυρτή επιφάνεια κυλίνδρου, κώνου), τηρουμένων ορισμένων ιδιοτήτων, καθορισμένων εκ των προτέρων. Τέτοιες ιδιότητες δύναται να είναι

- α. η τήρηση του εμβαδού (εμβαδοτηρητικοί χάρτες)
- β. η τήρηση των γωνιών (γωνιοτηρητικοί χάρτες)
- γ. η τήρηση της κλίμακας
- δ. η τήρηση της κατεύθυνσης



Οι σφαιροειδείς επιφάνειες δεν είναι αναπτυκτές



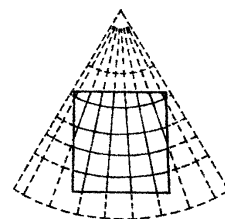
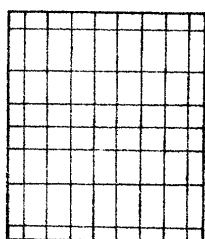
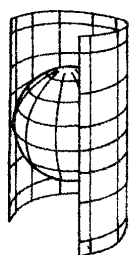
Αν ο φλοιός της Γης διαιρεθεί σε απραικτοειδείς ζώνες, θα λάβει τη μορφή του σχήματος σε επίπεδο

Η εκλογή του κατάλληλου συστήματος προβολής εξαρτάται

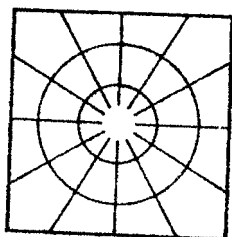
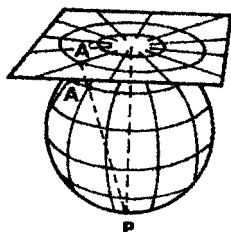
- α. από την έκταση που θα απεικονισθεί.
- β. από το είδος και το σκοπό που θα εξυπηρετήσει ο χάρτης

Ανάλογα με το είδος της αναπτυσσόμενης επιφάνειας πάνω στη οποία γίνεται η απεικόνιση, διακρίνονται τα παρακάτω είδη

- α. κυλινδρικές
- β. κωνικές
- γ. επίπεδες ή αζιμουθιακές απεικονίσεις

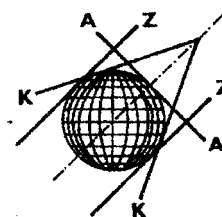
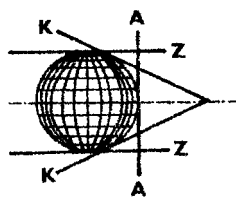
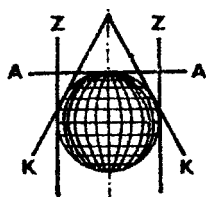


Αναπτυσσόμενες
προβολικές επιφάνειες



Ανάλογα με το αν ο άξονας απεικόνισης είναι παράλληλος κάθετος ή λοξός προς τον άξονα περιστροφής της Γης, διακρίνονται τα εξής είδη

- α. ορθή απεικόνιση (άξονας απεικόνισης παράλληλος προς τον πολικό άξονα).
- β. εγκάρσια απεικόνιση (άξονας απεικόνισης κάθετος προς τον πολικό άξονα).
- γ. πλάγια απεικόνιση (άξονας προβολής λοξός)



Ορθές, Εγκάρσιες και πλάγιες προβολές

Ανάλογα με τη σχέση των ημιαξόνων της δείκτριας του TISSOT (περαιτέρω ανάλυση δεν κρίνεται σκόπιμος να περιγραφεί) διακρίνονται

- α. Σύμμορφες ή ορθομορφικές απεικονίσεις (γωνιακές παραμορφώσεις ίσες με το μηδέν, κλίμακα παραμένει ίδια για κάθε διεύθυνση όχι και για κάθε σημείο)
- β. Ισοδύναμες απεικονίσεις (αποτελεί περίπτωση διατήρησης των εμβαδών)

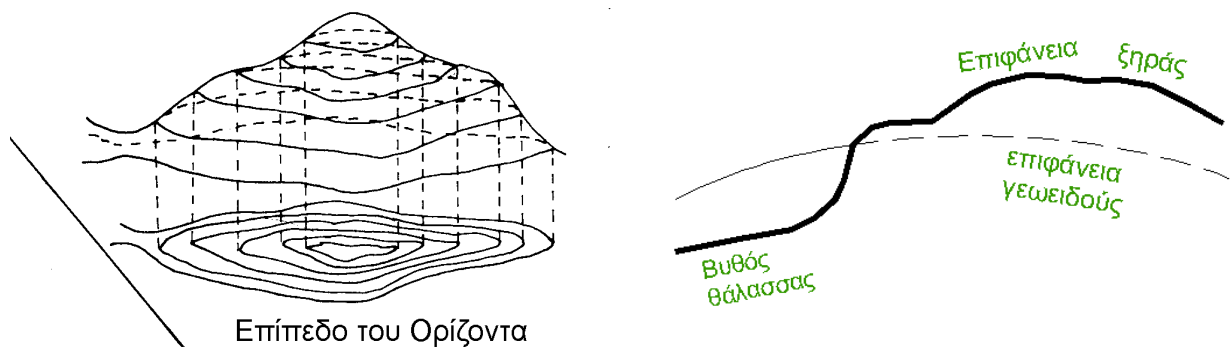
Στον Ελλαδικό χώρο παρουσιάζουν ιδιαίτερη σημασία, οι κυλινδρικές και αζιμουθιακές προβολές.

Σαν **επιφάνειες κύριας προβολής** χρησιμοποιούνται

- α. Οριζόντιο επίπεδο (για μικρές εκτάσεις απεικόνισης περίπου 10 Km)
- β. Επιφάνεια σφαίρας
- γ. Επιφάνεια ελλειψοειδούς
- δ. Γεωειδές (για επιστημονικές εργασίες)

Γεωειδές είναι η επιφάνεια της μέσης στάθμης της θάλασσας, η οποία θεωρητικά εκτείνεται κάτω από ηπείρους. Αυστηρώς ορίζεται σαν **ισοδυναμική** επιφάνεια (επιφάνεια που είναι κάθετος προς τη πραγματική κατακόρυφο, σε κάθε της σημείο του γήινου πεδίου βαρύτητας), και πλησιάζει περισσότερο προς τη μέση στάθμη της θάλασσας, διορθωμένη από επιδράσεις μεταβολών από κύματα, παλίρροιες, ρευματα κλπ. Το γεωειδές έχει **ιδιόμορφο και ακανόνιστη επιφάνεια**, προσδιορίζεται από μεγάλο αριθμό παραμέτρων και δεν είναι κατάλληλη επιφάνεια για υπολογισμούς. Η ονομασία (Geoid), δόθηκε από τον Listing το 1873. Για διευκόλυνση και μετά από διάφορες γεωδαιτικές μετρήσεις που ξεκίνησαν από τον Suellius το 1617, προσομοιάστηκε το σχήμα της Γης με το σχήμα ενός **ελλειψοειδούς εκ περιστροφής**, πεπλατυσμένο στους πόλους και εξογκωμένο στον Ισημερινό, περιστρεφόμενο γύρω από τον μικρό άξονα. Τα ελλειψοειδή αναφορά ποικίλλουν από χώρα σε χώρα γιατί προσαρμόζονται καλύτερα στις συγκεκριμένες περιοχές. Διακρίνονται σε γεωκεντρικά και τοποκεντρικά ελλειψοειδή.

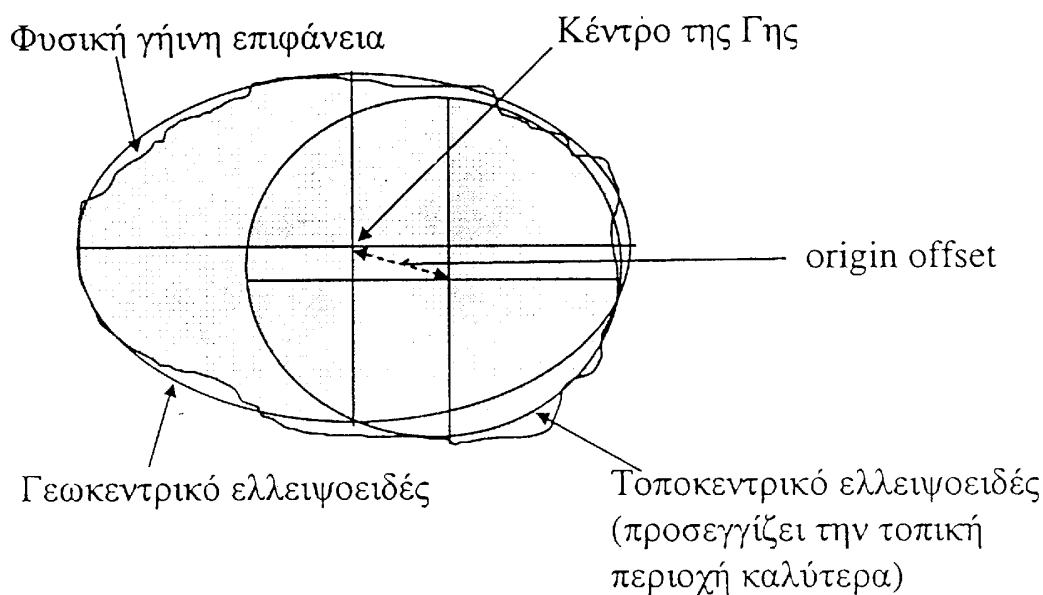
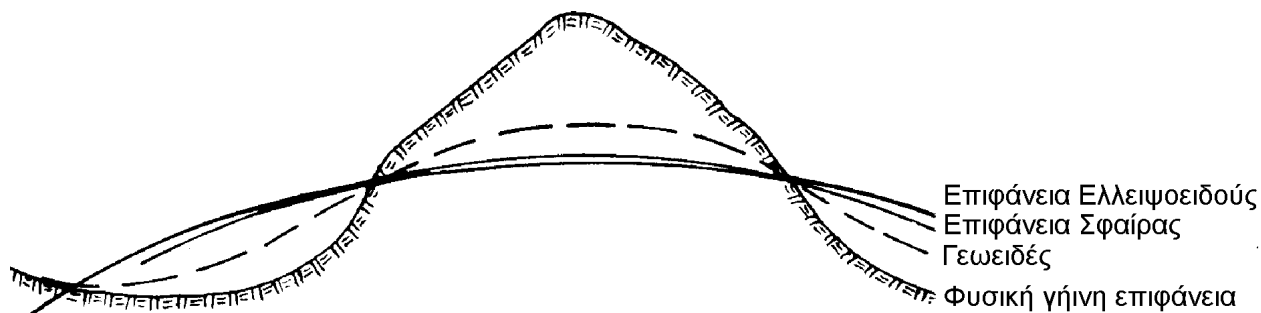
Το **γεωειδές** το οποίο σε περιορισμένες αποστάσεις ταυτίζεται με το οριζόντιο επίπεδο, είναι μία φυσική επιφάνεια, διαφορετική από την επιφάνεια του ελλειψοειδούς αναφοράς (μαθηματική επιφάνεια).



Από απόψεις μορφής και διαστάσεων οι παράμετροι a , b , $f=(a-b)/a$ δύνανται να καθορίσουν ένα γήινο ελλειψοειδές (όπου a = μεγάλος ημιάξων, b =μικρός ημιάξων και f =πλάτυση). Κατά καιρούς έχουν οριστεί διάφορα ελλειψοειδή σε μια προσπάθεια τελειότερης προσαρμογής προς το γεωειδές.

Τα σπουδαιότερα

Bessel	(1841)	: a=6,377,397 m - f=1/299.2
Hayford	(1909)	: a=6,378,388 m - f=1/297.0
Krassowsky	(1943)	: a=6,378,245 m - f=1/298.3
G.R.S.	(1967)	: a=6,378,160 m - f=1/298.2
GRS80		: a=6,378,137 m - f=1/298.2572236
WGS84		: a=6,378,137 m - f=1/298.257223563



1.3 Εφαρμογές προβολής στην Ελλάδα

Γεωδαιτικό Σύστημα αναφοράς (ΓΣΑ) - Datum

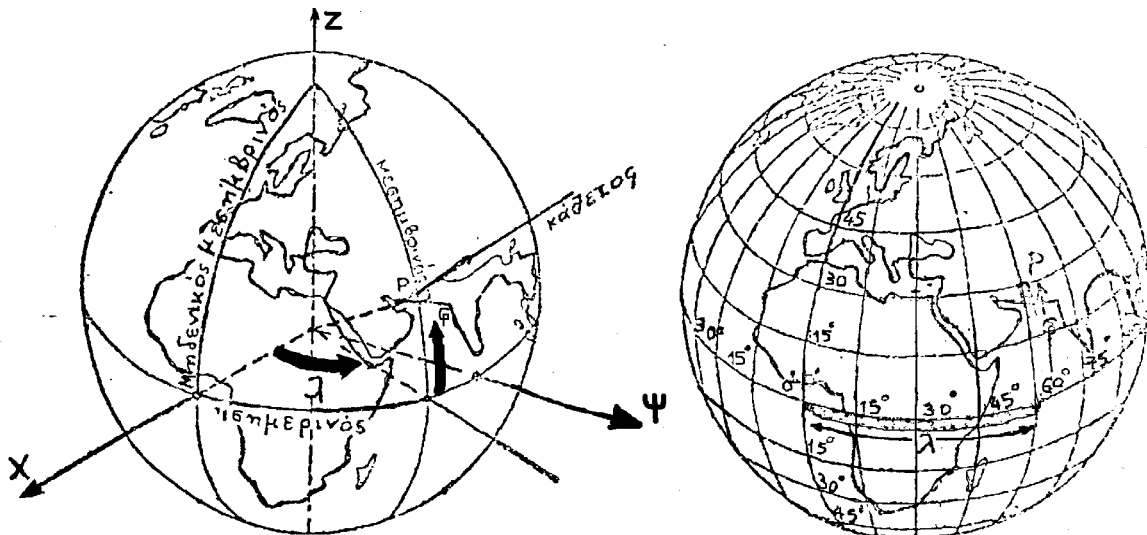
- Δίνει αρχικές συν/νες σε ένα αυθαίρετο σημείο και επιλέγεται ένα ελλειψοειδές αναφοράς
- Οι διαστάσεις και η θέση του ελλειψοειδούς να προσαρμόζονται καλλίτερα στη περιοχή
- Υλοποιείται με συν/νες που έχουν προσδιοριστεί στα βασικά σημεία του εθνικού γεωδαιτικού δικτύου

Η προβολή HATT είναι η προβολή εκείνη που χρησιμοποιήθηκε για την απεικόνιση σε χάρτη του Ελλαδικού χώρου. Η ονομασία της είναι πλάγια ισαπέχουσα αζιμουθιακή προβολή και χάρη συντομίας τη λέμε προβολή του HATT. Η προβολή αυτή διατηρεί αναλλοίωτα τα μήκη και αζιμούθια των γραμμών που περνούν από το κέντρο (κοινό σημείο επαφής του ελλειψοειδούς ή της σφαίρας και του επιπέδου πάνω στο οποίο γίνεται η προβολή). Το επίπεδο αυτό καλείται **επίπεδο του ορίζοντος**

Γεωγραφικό μήκος λ ενός τόπου, ονομάζεται, η διέδρος γωνία που σχηματίζεται από τον μεσημβρινό του τόπου με ένα μεσημβρινό επίπεδο που θεωρείται ως αρχικό. Συνήθως σαν αρχικό μεσημβρινό επίπεδο για κάθε χώρα λαμβάνεται εκείνο που περνά από το κεντρικό Αστεροσκοπείο της. Για θέματα που αφορούν τη γενική χαρτογραφία σαν αρχικό επίπεδο λαμβάνεται ο μεσημβρινός Greenwich.

Γεωγραφικό πλάτος φ ενός τόπου, ονομάζεται, η γωνία που σχηματίζει η κατακόρυφος του τόπου, με το επίπεδο του ισημερινού.

Κάθε σημείο πάνω στην επιφάνεια της Γης, ορίζεται από τις γεωγραφικές συντεταγμένες του, που είναι το γεωγραφικό μήκος και το γεωγραφικό πλάτος.



Διαιρέθηκε η Ελλάδα με ένα πλέγμα μεσημβρινών και παραλλήλων κύκλων σε ελλειψοειδή τραπέζια 30' λεπτών της μοίρας. Κάθε ένα από τα ελλειψοειδή τραπέζια έχει δικό του κέντρο προβολής.

Για αφετηρία της διαίρεσης θεωρήθηκαν ο μεσημβρινός που περνά από το Αστεροσκοπείο Αθηνών για το μήκος και ο ισημερινός για το γεωγραφικό πλάτος.

Έτσι σαν κέντρα προβολής των διαφόρων φύλλων χάρτου έχουν οριστεί σημεία με γεωγραφικά πλάτη 35° 15' βόρειο μέχρι 41° 15' βόρειο και κάθε 30' και γεωγραφικά μήκη 0° 15' ανατολικά και αντίθετα 0° 15' δυτικά κάθε 30' από τον μεσημβρινό Αθηνών (φαίνονται στο σχήμα).

Σαν ελλειψοειδές αναφοράς έχει ορισθεί το ελλειψοειδές Bessel.

Η προβολή HATT θα πρέπει να σημειωθεί ότι έχει αρκετά μειονεκτήματα. Το βασικότερο προέρχεται από το ότι η απεικόνιση της χώρας γίνεται με πλήθος

συστημάτων προβολής (196 ξεχωριστά κέντρα), τα οποία είναι στην ουσία ανεξάρτητα μεταξύ τους, πράγμα που δυσκολεύει σημαντικά τους υπολογισμούς. Το πρόβλημα γίνεται εμφανές όταν γίνονται τοπογραφικές εργασίες σε περιοχή που δεν καλύπτεται

Μια εξειδικευμένη περίπτωση εγκάρσιας μερκατορικής προβολής εφαρμόστηκε το 1830 από τον Gauss στο Ανόβερο. Η προβολή αυτή κατάλληλα επεξεργασμένη από τον Kruger εφαρμόζεται σήμερα γενικά στη Γερμανία.

Η εδαφική διάταξη του Ελλαδικού ευνοεί την εφαρμογή της. Ήδη κρατικές υπηρεσίες εγκατέλειψαν την εφαρμογή της προηγούμενης προβολής και προσανατολίζονται στην εφαρμογή της **σύμμορφης εγκάρσιας μερκατορικής προβολής με εύρος ζώνης 3°** ($\pm 1.5^\circ$) εκατέρωθεν του κεντρικού μεσημβρινού.

Για την Ελλάδα χρειάζονται τέσσερις ζώνες εύρους 3° η κάθε μία. Έτσι δημιουργούνται ισάριθμα ανεξάρτητα συστήματα συντεταγμένων Gauss.

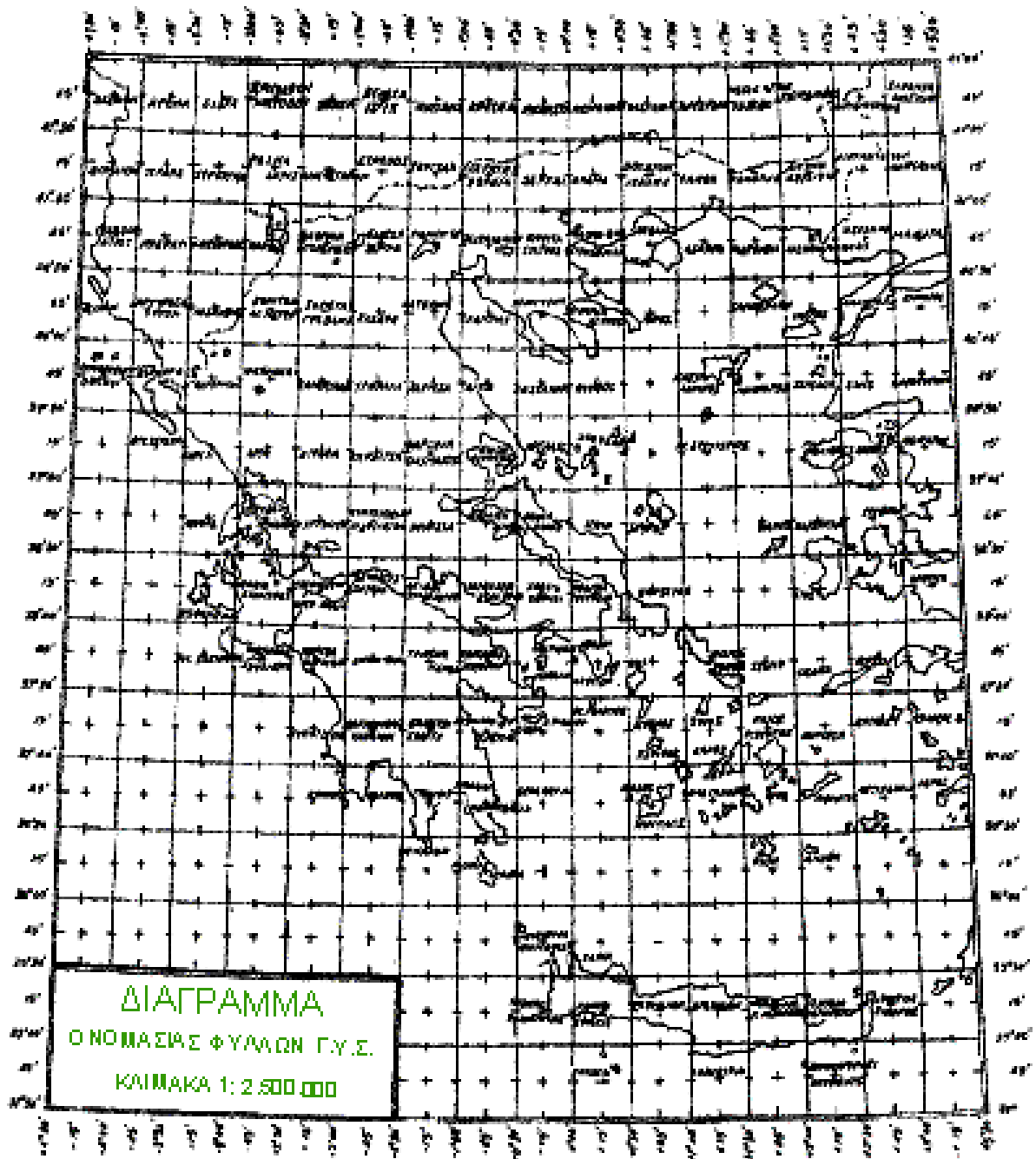
Η **εγκάρσια μερκατορική προβολή** θεωρείται από τις τελειότερες απεικονίσεις. Σήμερα χρησιμοποιείται με το όνομα "Παγκόσμιος Εγκάρσια Μερκατορική" (UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR ή U.T.M.), για ζώνες εύρους 6° (η γη χωρίζεται σε 60 ζώνες). Η Ελλάδα εκτείνεται από $\lambda=19^\circ$ ως $\lambda=28^\circ$, που σημαίνει ότι προβάλλεται στη 4^η και 5^η ζώνη του συστήματος, με κεντρικούς μεσημβρινούς $\lambda=21^\circ$ και $\lambda=27^\circ$.

Το Υ.Π.Ε.Χ.Ω.Δ.Ε. είχε υιοθετήσει το σύστημα με τις ζώνες των 3° (Πολυεδομικές μελέτες Επιχείρησης Πολυεδομικής Ανασυγκρότησης 1983). Θεμελιώδες σημείο αναφοράς το βάθρο αστεροσκοπείου Αθήνας. Όλη η Ελλάδα σε τρεις ζώνες.

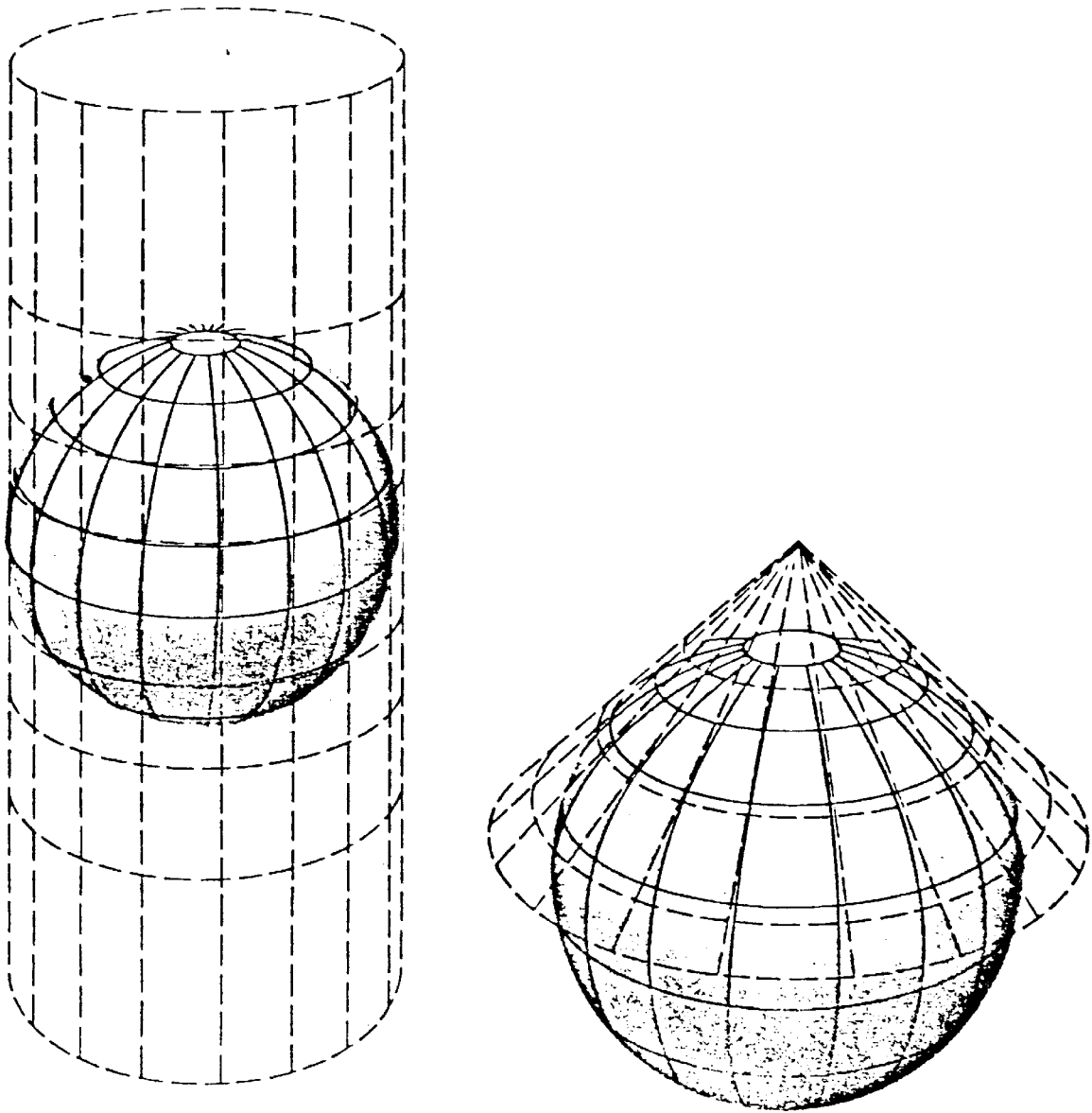
Ο επίσημος χαρτογραφικός φορέας σε Εθνική κλίμακα για την Ελλάδα, είναι η Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Γ.Υ.Σ.). Για τη σύνταξη των χαρτών που εκδίδει, χρησιμοποίησε τη U.T.M. προβολή και τη HATT.

Συνοψίζοντας στη Ελλάδα έχουν χρησιμοποιηθεί ως Γεωδαιτικά Συστήματα Αναφοράς

- Σε προβολή HATT με Ελλειψοειδές Bessel από της ΓΥΣ
- Το ED50 για στρατιωτικούς σκοπούς και ναυτικούς χάρτες. Βασικό σημείο στο Potsdam Γερμανίας. Ελλειψοειδές Hayford. Προβολή UTM 6°. Δύο ζώνες, με κεντρικούς μεσημβρινούς $\lambda=21^\circ$ και $\lambda=27^\circ$.
- Το νεότερο EGSA87 με το ελλειψοειδές αναφοράς του GRS80 και συν/νες στο Διόνυσο. ($\varphi=30^\circ 04' 33''.8000$, $\lambda=23^\circ 55' 51''.000$). Χρησιμοποιεί Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή αλλά σε μία ζώνη για όλη τη χώρα. Ο κεντρικός μεσημβρινός είναι $\lambda=24^\circ$ και ο συντελεστής κλίμακας 0.9996. Ο κεντρικός μεσημβρινός έχει τετμημένη 500,000 m και σαν αρχή των τεταγμένων θεωρείται η τομή του ισημερινού με τον κεντρικό μεσημβρινό. Το Εθνικό Κτηματολόγιο και μεγάλα έργα αποδίδονται σε αυτό το Datum.



Διάγραμμα Ονομασίας Φύλλων Γ.Υ.Σ.



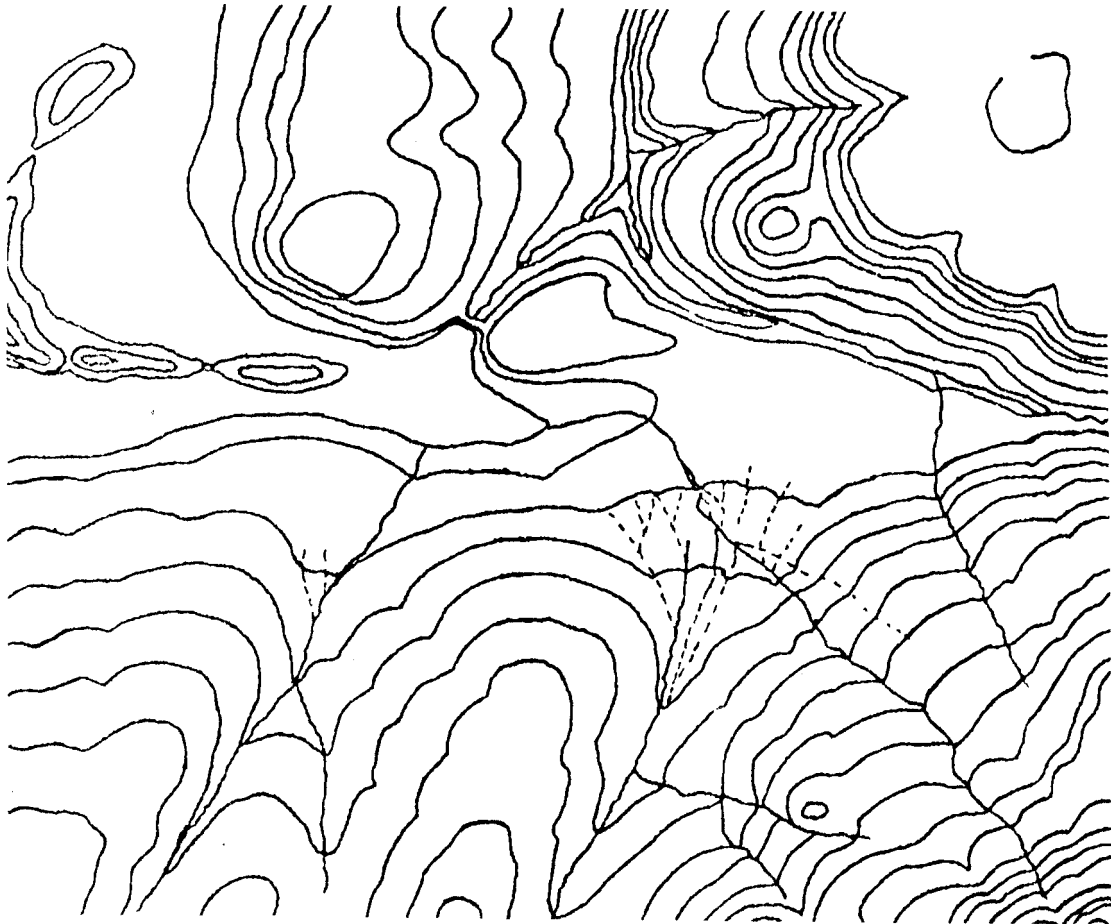
Μετατροπή σφαιροειδούς επιφάνειας σε κυλινδρική και κωνική αντίστοιχα

1.4 Υψόμετρο - Ισοϋψής καμπύλη - Ισοδιάσταση

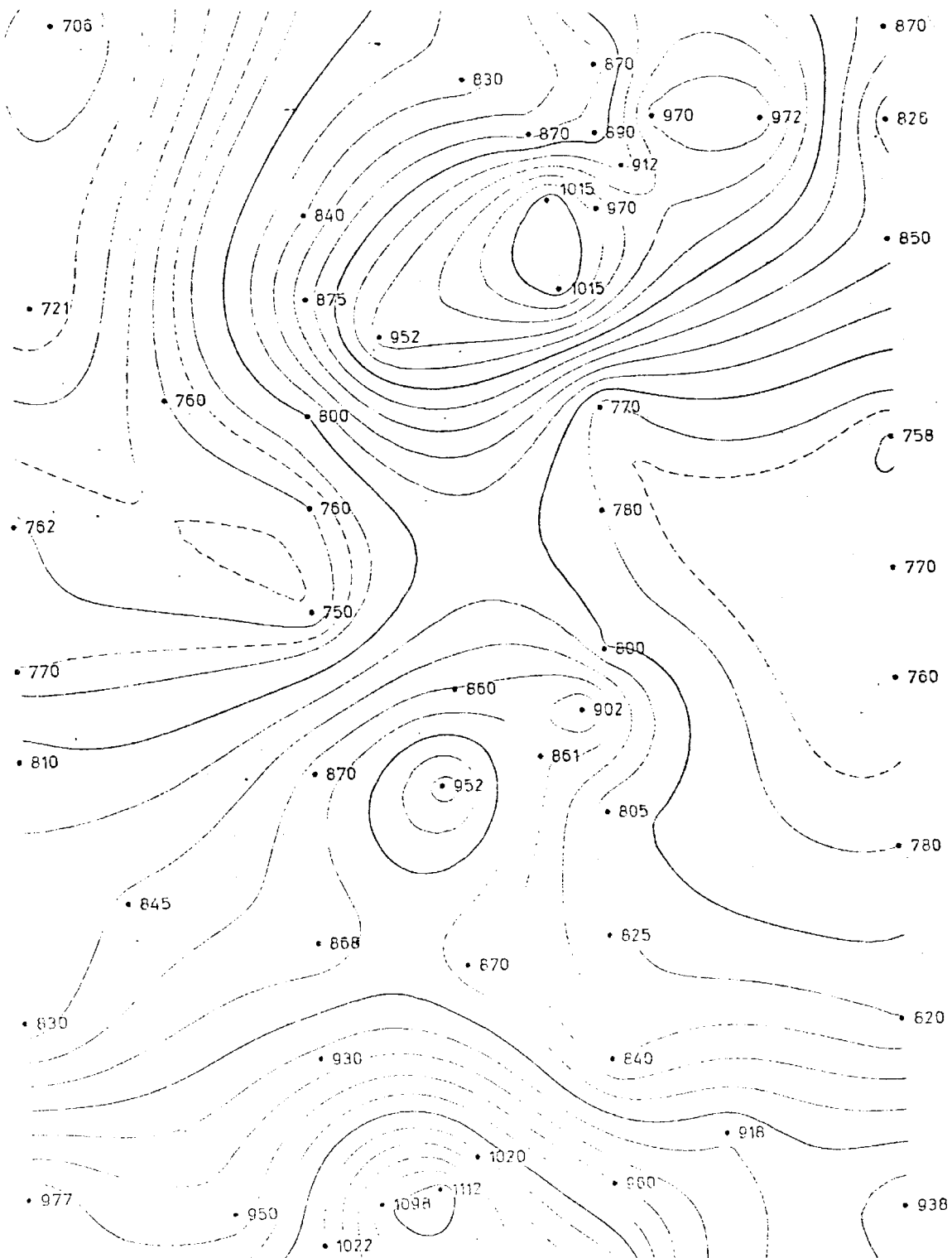
Υψόμετρο σημείου καλείται η κατακόρυφος απόσταση του σημείου από το γεωειδές (απόλυτο υψόμετρο) ή από τυχαία άλλη χωροσταθμική επιφάνεια (σχετικό υψόμετρο). Για τις ανάγκες της τοπογραφίας (αποστάσεις λίγων χιλιομέτρων) ικανοποιητικά αποτελέσματα προκύπτουν αν ταυτιστεί η επιφάνεια του γεωειδούς με σφαίρα ακτίνας 6370 Km.

Χωροσταθμική επιφάνεια καλείται εκείνη, η οποία σε κάθε σημείο της είναι κάθετος στη διεύθυνση της βαρύτητας.

Ο χάρτης για να καλύπτει τις στοιχειώδεις απαιτήσεις πρέπει να είναι σε θέση (εκτός των άλλων λεπτομερειών), να δίνει πληροφορίες και για το ανάγλυφο του εδάφους που αναπαριστά. Η απόδοση του ανάγλυφου επιτυγχάνεται με τη εισαγωγή των ισοϋψών καμπυλών.



Ισοΰψης καμπύλη είναι ο γεωμετρικός τόπος των σημείων του εδάφους, τα οποία έχουν το ίδιο υψόμετρο. Για τις τρέχουσες τοπογραφικές εργασίες, οι ισοΰψης καμπύλες, προκύπτουν από τη τομή της επιφάνειας του εδάφους με ισαπέχοντα οριζόντια επίπεδα.



Η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών επιπέδων λέγεται **ισοδιάσταση** και αναγράφεται συνήθως στις πληροφορίες στο περιθώριο του χάρτη

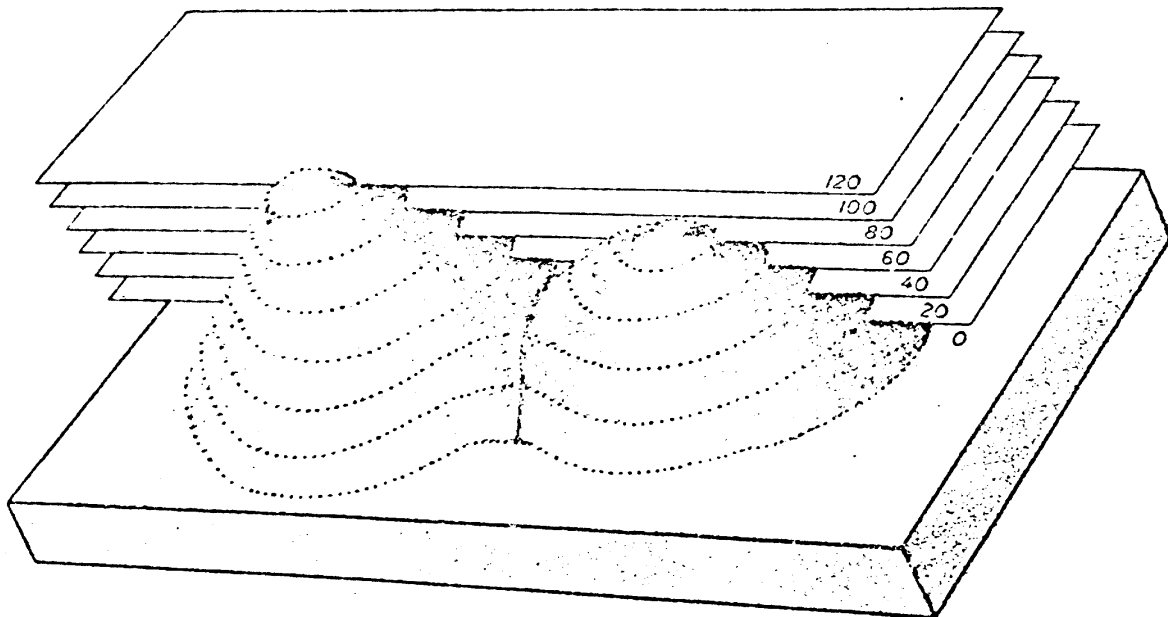
Η ισοδιάσταση παραμένει σταθερή σε ένα συγκεκριμένο χάρτη, ώστε και να αποφεύγεται η αναγραφή πολλών υψομέτρων πάνω στο χάρτη και να εκτιμάται η κλίση του εδάφους. Η τιμή που παίρνει η ισοδιάσταση εξαρτάται συνήθως από τη κλίμακα με την οποία είναι κατασκευασμένος ο χάρτης.

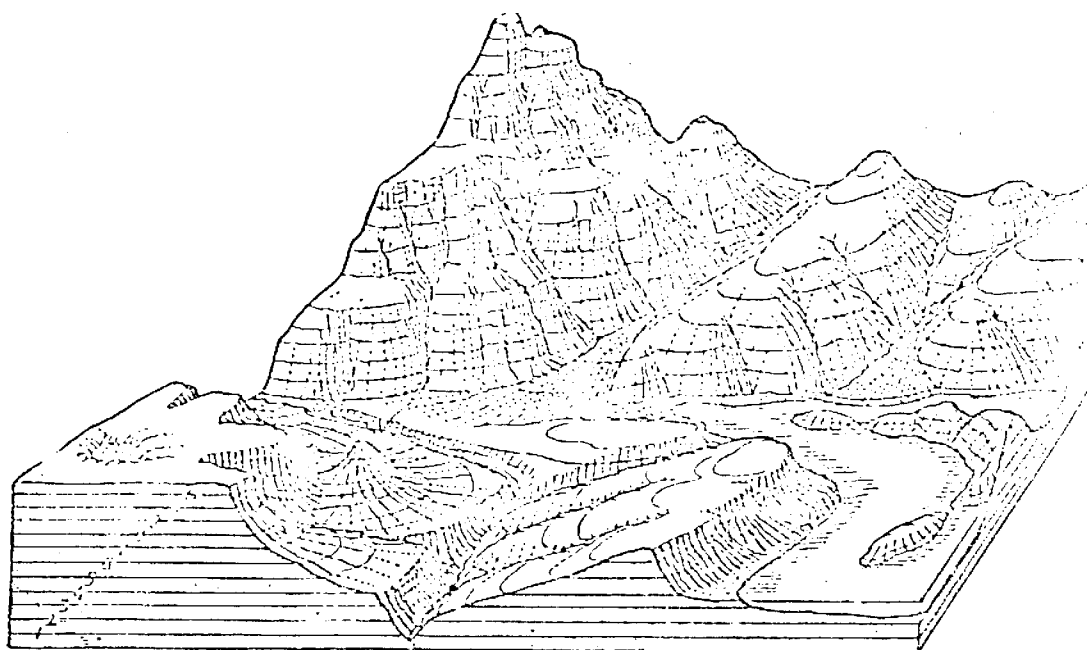
Τις ισοψείς καμπύλες συνήθως τις διακρίνουμε σε τρεις κατηγορίες

- α. συνηθισμένες, οι οποίες αντιστοιχούν στην ισοδιάσταση του χάρτη.
- β. κύριες, αντιστοιχούν στο πενταπλάσιο της ισοδιάστασης και σχεδιάζονται εντονότερες από τις υπόλοιπες.
- γ. βοηθητικές, αντιστοιχούν στο 1/2 ή 1/4 της ισοδιάστασης, αποδίδονται με διακεκομμένες και εστιγμένες γραμμές αντίστοιχα και σχεδιάζονται για τη λεπτομερέστερη απόδοση του ανάγλυφου.

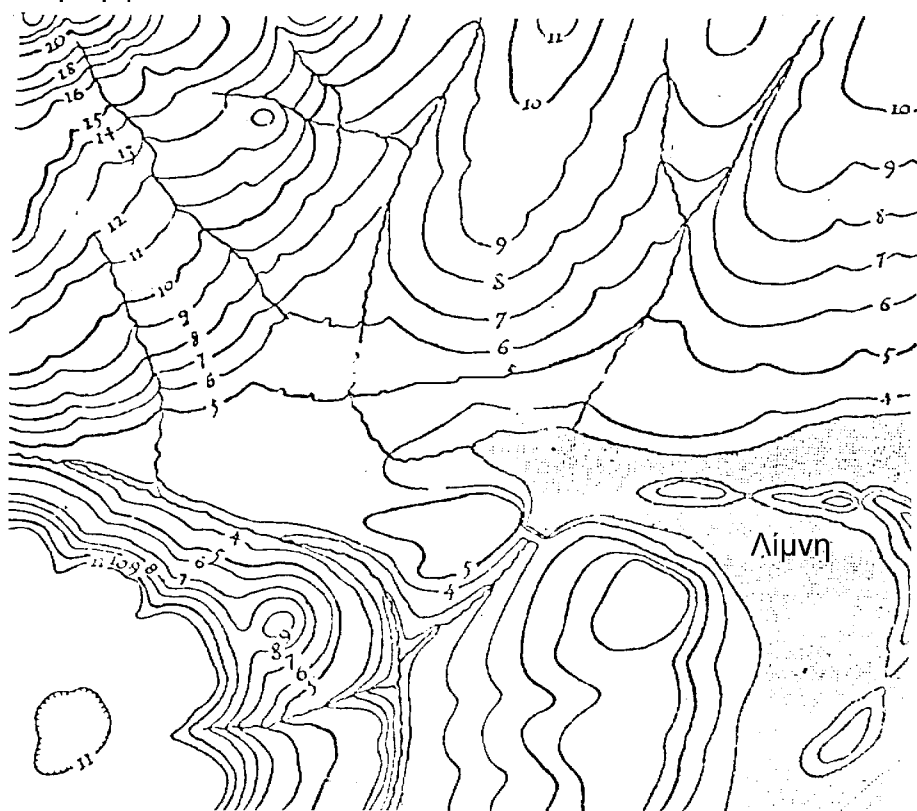
Βασικά χαρακτηριστικά των ισοψών καμπυλών

- α. είναι κλειστές καμπύλες και κατά το δυνατόν ομαλές
- β. δεν τέμνονται μεταξύ τους
- γ. δεν διακλαδίζονται
- δ. η πυκνότητά τους είναι ανάλογη με την κλίση του εδάφους
- ε. έχουν την τάση να παραλληλίζονται με τις γειτονικές τους.
- στ. από τη μορφολογική τους εμφάνιση, μπορούμε να συμπεράνουμε τη μορφή του εδάφους (αντερείσματα, υδροροές, κοιλάδες, χαράδρες κλπ)





Κορυφή



1.5 Αποτύπωση και είδη

Το έργο του Τοπογράφου είναι να απεικονίσει τις λεπτομέρειες που υπάρχουν πάνω στη επιφάνεια του εδάφους. Για μικρής έκτασης απεικονίσεις αρκεί να χρησιμοποιηθεί ένα τρισσορθογώνιο σύστημα αναφοράς. Ο άξονας των Z ταυτίζεται με τη κατακόρυφο του τόπου. Επομένως το επίπεδο των αξόνων X, Ψ είναι ένα οριζόντιο επίπεδο. Κατά κανόνα ο άξονας των Ψ ταυτίζεται με τη διεύθυνση του Βορρά.

Αποτύπωση είναι το σύνολο εργασιών που απαιτούνται για τον προσδιορισμό της μορφής, της θέσης και του μεγέθους τμήματος της γήινης επιφάνειας, με τα έπ' αυτού φυσικά ή τεχνητά αντικείμενα. Η συλλογή των στοιχείων και η πυκνότητα λήψης αυτών προδιαγράφεται από το καθορισμό της κλίμακας με την οποία θα συνταχθεί ο χάρτης.

Για ολοκληρωμένη απεικόνιση του εδάφους θα πρέπει να αποδοθεί η σχετική θέση των διαφόρων σημείων αυτού, τόσο κατά τη προβολή τους πάνω στο οριζόντιο επίπεδο, όσο και κατά την απόστασή τους από αυτό. Το πρώτο από τα δύο στάδια, που αποβλέπει στην απεικόνιση των προβολών των σημείων του εδάφους, πάνω στο οριζόντιο επίπεδο ονομάζεται **οριζόντια αποτύπωση**, ενώ το δεύτερο με το οποίο αποδίδεται η υψομετρική μορφή του εδάφους ονομάζεται **υψομετρική αποτύπωση**.

1.6 Μονάδες μέτρησης

Μέτρηση ενός μεγέθους ονομάζεται η σύγκριση αυτού με άλλο ομοειδές, το οποίο ονομάζεται μονάδα μέτρησης. Η σχέση τους εκφράζεται από τον αριθμό που προκύπτει σαν πηλίκο του μετρούμενου μεγέθους προς τη μονάδα μέτρησης. Στις τοπογραφικές εργασίες χρησιμοποιούνται οι γωνίες, τα μήκη και τα εμβαδά των επιφανειών.

α. Μονάδες μέτρησης γωνιών

Στη Τοπογραφία οι συνηθέστερες μονάδες μέτρησης γωνιών είναι η μοίρα και ο βαθμός.

Η μοίρα (1°), αντιπροσωπεύει τόξο ίσο προς 1/360 της περιφέρειας. Υποδιαιρείται σε 60' και κάθε 1' σε 60".

Ο βαθμός (1g) αντιπροσωπεύει τόξο ίσο προς 1/400 της περιφέρειας. Υποδιαιρείται σε 100^c (πρώτα του βαθμού) και 1^c σε 100^{cc} (δεύτερα του βαθμού).

Στα σύγχρονα Τοπογραφικά γωνιομετρικά όργανα, γίνεται χρήση των βαθμών και των υποδιαιρέσεων αυτών.

Στα μαθηματικά χρησιμοποιείται επίσης το ακτίνιο (rad), το οποίο αντιπροσωπεύει τόξο ίσο προς το $\pi/2$ της περιφέρειας (όπου $\pi=3.1415926\dots$).

Για στρατιωτικές ανάγκες χρησιμοποιείται το χιλιοστό πυροβολικού, το οποίο αντιπροσωπεύει τόξο ίσο προς το 1/6400 της περιφέρειας.

Στη γεωδαιτική Αστρονομία χρησιμοποιείται η ώρα, η οποία είναι το 1/24 της περιφέρειας και υποδιαιρείται σε 60 λεπτά και 1 λεπτό σε 60 δευτερόλεπτα.

Προφανές είναι ότι υπάρχει σχέση και δυνατότητα μετατροπής από σύστημα σε άλλο σύστημα.

$$360^\circ = 400g = 2\pi \text{ rad} = 6400 \text{ χιλιοστά} = 24\omega$$

β. Μονάδες μέτρησης αποστάσεων

Για τη μέτρηση αποστάσεων έχει καθιερωθεί το μέτρο (m), τα πολλαπλάσιά του και υποδιαιρέσεις αυτού. Το μέτρο ορίζεται σαν πολλαπλάσιο του μήκους κύματος της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από μετάπτωση του ατόμου του κρυπτού. Στη πράξη υλοποιείται από κανόνα κατασκευασμένο από πλατίνα επί του οποίου είναι χαραγμένο το μοναδιαίο μήκος του μέτρου. Ο κανόνας βρίσκεται σε θερμοκρασία με εκείνη που αντιστοιχεί στη τήξη του πάγου. Αντίγραφα του προτύπου υπάρχουν στις υπηρεσίες Μέτρων και Σταθμών των διαφόρων χωρών.

Αντιστοιχίες για το μέτρο

$$1 \text{ χιλιόμετρο (Km)} = 1000.00 \text{ m}$$

$$1 \text{ εκατόμετρο (hm)} = 100.00 \text{ m}$$

$$1 \text{ παλάμη (dm)} = 0.10 \text{ m}$$

$$1 \text{ εκατοστό (cm)} = 0.01 \text{ m}$$

$$1 \text{ χιλιοστό (mm)} = 0.001 \text{ m}$$

$$1 \text{ μικρό (}\mu\text{m)} = 1 : 10^6 \text{ m}$$

$$1 \text{ μίλι-μικρό (nm)} = 1 : 10^9 \text{ m}$$

Άλλες μονάδες με τις αντιστοιχίες είναι

$$1 \text{ ίντσα (in)} = 0.0254\text{m} = 1.0000\text{in} = 0.0833\text{f} = 0.0278\text{y}$$

$$1 \text{ πόδι (f)} = 0.3048\text{m} = 12.0000\text{in} = 1.0000\text{f} = 0.3333\text{y}$$

$$1 \text{ πήχης (el)} = 0.7500\text{m} = 29.5276\text{in} = 2.4606\text{f} = 0.8202\text{y}$$

$$1 \text{ υάρδα (y)} = 0.9144\text{m} = 36.0000\text{in} = 3.0000\text{f} = 1.0000\text{y}$$

$$1 \text{ οργιά(τ)} = 1.9488\text{m} = 76.7244\text{in} = 6.3937\text{f} = 2.1312\text{y}$$

γ. Μονάδες μέτρησης επιφανειών

Βασική μονάδα μέτρησης μίας επιφάνειας είναι το τετραγωνικό μέτρο (m^2), το οποίο αντιπροσωπεύει την επιφάνεια τετραγώνου με πλευρά ίση με 1m.

Μονάδες και αντιστοιχίες με πλευρά τετραγώνου

$$1 \text{ τετρ. πήχης (el}^2) : 0.75\text{m} \times 0.75\text{m}$$

$$1 \text{ τετρ. μέτρο (m}^2) : 1.00\text{m} \times 1.00\text{m}$$

$$1 \text{ άριο (are)} : 10.00\text{m} \times 10.00\text{m}$$

$$1 \text{ στρέμμα (στρ)} : 31.62\text{m} \times 31.62\text{m}$$

$$1 \text{ εκτάριο (hec)} : 100.00\text{m} \times 100.00\text{m}$$

$$1 \text{ τετρ. χιλιομ (τχ)} : 1000.00\text{m} \times 1000.00\text{m}$$

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 2

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΩΡΙΑΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

2.1 Γενικά

Υπάρχουν πολλές αιτίες που επιδρούν στη μέτρηση ενός μεγέθους, έτσι ώστε, η ευρεθείσα τιμή να μη ταυτίζεται με την αληθινή. Οι πηγές των σφαλμάτων αποδίδονται στις ατέλειες των χρησιμοποιούμενων οργάνων, δια των οποίων γίνονται οι μετρήσεις ή παρατηρήσεις, στις μεταβολές συνθηκών περιβάλλοντος (ατμοσφαιρική διάθλαση, διαστολές-συστολές κλπ), στις ατέλειες των αισθήσεων του παρατηρητή (κυρίως της όρασης).

Διακρίνονται τρεις κατηγορίες σφαλμάτων

α. χονδροειδή σφάλματα τα οποία προέρχονται συνήθως από απροσεξία ή απειρία του παρατηρητή. Αυτά συνήθως έχουν μεγάλη τιμή γιατί είναι εύκολο να εντοπισθούν και να εξαλειφθούν, επαναλαμβάνοντας τη μέτρηση του μεγέθους.

β. συστηματικά σφάλματα προέρχονται από σφάλματα των χρησιμοποιούμενων οργάνων. Περιορισμός του μεγέθους των συστηματικών σφαλμάτων γίνεται με τον έλεγχο των οργάνων πριν και μετά τις μετρήσεις. Στη περίπτωση που μετράται ένα μέγεθος τμηματικά, το συστηματικό σφάλμα του μεγέθους θα είναι ίσο με το άθροισμα των συστηματικών σφαλμάτων που προκύπτουν στις μετρήσεις κάθε τμήματος.

γ. τυχαία σφάλματα των οποίων η πηγή και η προέλευση είναι γενικά άγνωστη, ακολουθούν τις μετρήσεις χωρίς να είναι δυνατή η αποφυγή τους.

Γενικά **σφάλμα** θεωρείται κάθε ακούσια απόκλιση από την εξ αντικείμενου αληθινή τιμή. **Κανόνας** είναι να αυξάνεται το πλήθος των μετρήσεων και να εκτελείται αριθμός προσδιορισμών μεγαλύτερος από εκείνον, που απαιτούν οι μαθηματικές ανάγκες της λύσης. Η μέθοδος αυτή βελτιώνει τα αποτελέσματα, αλλά ταυτόχρονα πρέπει να απαντηθούν τρία βασικά ερωτήματα.

α. από το σύνολο των μετρήσεων ποια θα είναι η τιμή που πρέπει να επιλεχθεί σαν τιμή του μεγέθους.

β. ποια η ακρίβεια των μετρήσεων που έγιναν.

γ. ποια η ακρίβεια του αποτελέσματος, που έχει επιτευχθεί

Τα παραπάνω αποτελούν αντικείμενο της Θεωρίας Σφαλμάτων. Εδώ θα αναπτυχθούν βασικές έννοιες απαραίτητες για τις Τοπογραφικές εργασίες.

Τις μετρήσεις ενός μεγέθους τις διακρίνουμε σε ισοβαρείς και ανισοβαρείς.

Ισοβαρείς είναι οι μετρήσεις που έχουν γίνει από τον ίδιο παρατηρητή, με το ίδιο όργανο και τις ίδιες συνθήκες περιβάλλοντος.

Ανισοβαρείς είναι οι μετρήσεις που έχουν γίνει ή από διαφορετικούς παρατηρητές, ή με άλλο όργανο, ή με άλλες συνθήκες περιβάλλοντος κλπ.

2.2 Πιθανότερη τιμή σε ένα μέγεθος

Αν μετρηθεί ένα μέγεθος με πολλές μετρήσεις προκύπτει το ερώτημα ποια μέτρηση πλησιάζει περισσότερο στη πραγματική τιμή.

Αν με X ονομασθεί η αληθής τιμή ενός μεγέθους, την οποία προσπαθούμε να προσδιορίσουμε με τη βοήθεια (v) μετρήσεων, με τα εξής αποτελέσματα $l_1, l_2, l_3, \dots, l_v$ τότε θα ονομάζονται αληθή σφάλματα οι ποσότητες

$$\begin{aligned} \sigma l_1 &= X - l_1 \\ \sigma l_2 &= X - l_2 \\ &\dots\dots\dots \\ \sigma l_v &= X - l_v \end{aligned}$$

Η πιθανότερη τιμή σε ένα μέγεθος είναι ίση με τον μέσο όρο των μετρήσεων που έγιναν

$$X_0 = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_v}{v}$$

Καλούνται πιθανά σφάλματα οι διαφορές των μετρήσεων από την πιθανότερη τιμή

$$\begin{aligned} u_1 &= X_0 - l_1 \\ u_2 &= X_0 - l_2 \\ &\dots\dots\dots \\ u_v &= X_0 - l_v \end{aligned}$$

$$[u] = n \cdot X_0 - [l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_v] = n \cdot X_0 - n \cdot X_0 = 0$$

Αυτό σημαίνει ότι οι διαφορές κατανέμονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μηδενίζεται το άθροισμά τους.

2.3 Βάρος ή αξία πιθανότερης τιμής

Έστω ότι υπάρχουν δύο σειρές μετρήσεων ισοβαρών.

Η πρώτη $l_1, l_2, l_3, \dots, l_v$ και

η δεύτερη $e_1, e_2, e_3, \dots, e_k$ όπου $v > k$

Ο μέσος όρος της πρώτης σειράς μετρήσεων πλησιάζει περισσότερο τη πραγματική τιμή και επομένως χαρακτηρίζεται ότι έχει μεγαλύτερο βάρος ή μεγαλύτερη αξία από τη δεύτερη σειρά μετρήσεων.

2.4 Κριτήρια ακρίβειας σειράς μετρήσεων

α. Μέσο αριθμητικό σφάλμα

Μέσο αριθμητικό σφάλμα μίας σειράς μετρήσεων ορίζεται το πηλίκο του αθροίσματος των απόλυτων τιμών των πιθανών σφαλμάτων $u_1, u_2, u_3, \dots, u_v$ δια του αριθμού των μετρήσεων

$$\mu_{\alpha} = \frac{\sum_{n=1}^n |u|}{n}$$

β. Μέσο πιθανό σφάλμα

Έστω ότι για τη μέτρηση ενός μεγέθους παρουσιάστηκε μια σειρά σφαλμάτων. Τοποθετούνται τα αριθμητικά σφάλματα κατά σειρά σε μέγεθος και σε απόλυτη τιμή. Αν το πλήθος των σφαλμάτων είναι περιττό, η απόλυτη τιμή που βρίσκεται στη μέση της σειράς δίδει το μέσο πιθανό σφάλμα μ_{π} . Αν το πλήθος είναι άρτιο τότε σαν μέσο πιθανό σφάλμα μ_{π} υπολογίζεται το ημι-άθροισμα των δύο μεσαίων διαφορών.

γ. Μέσο τετραγωνικό σφάλμα

Το μέσο τετραγωνικό σφάλμα μ.τ.σ. προκύπτει εκ των αληθών σφαλμάτων $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$

$$\mu.τ.σ. = \text{sqr} ((\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2) / n)$$

Τέλος έχει αποδειχθεί ότι ισχύει $\mu.τ.σ. = \text{sqr} ([uu] / (n-1))$

Το μ.τ.σ. θεωρείται καλλίτερο κριτήριο για ασφαλή αποτελέσματα.

Μεταξύ των τριών σφαλμάτων ισχύουν με προσέγγιση

$$\mu_{\alpha} = 4 * \mu.τ.σ. / 5 \quad \mu_{\pi} = 2 * \mu.τ.σ. / 3$$

2.5 Βάρος μέτρησης ή μετρήσεων

Σε μία μέτρηση ή σε σειρά μετρήσεων ορίζεται σαν **βάρος** ο λόγος $P = c / \mu.τ.σ.$ όπου $c = \text{σταθερά} > 0$ και $\mu.τ.σ.$ το μέσο τετραγωνικό σφάλμα της μέτρησης.

Αν οριστεί $P=1$ τότε $\mu.τ.σ. = \sqrt{c}$

Το μ.τ.σ. για $P=1$ ονομάζεται μέσο τετραγωνικό σφάλμα της μονάδος βάρους. Το βάρος είναι μέτρο σύγκρισης και όπως φαίνεται από τον τύπο είναι αντιστρόφως ανάλογο του μ.τ.σ. τ

2.6 Νόμος μετάδοσης σφαλμάτων

Αν υποθεθεί ότι ένα μέγεθος X , υπολογίζεται έμμεσα σε συνάρτηση με τα μεγέθη $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ δηλ. $X = f(l_1, l_2, l_3, \dots, l_n)$

Το πρόβλημα είναι να βρεθεί το μ.τ.σ. το οποίο έγινε για την εύρεση του μεγέθους X , όταν είναι γνωστά τα μέσα τετραγωνικά σφάλματα των $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$

Διεξοδική ανάλυση και εφαρμογές θεωρίας σφαλμάτων, θα πραγματοποιηθεί και συνδυαστεί, ως εφαρμογή, με την αντιμετώπιση-επίλυση τριγωνομετρικών δικτύων στο 3^ο εξάμηνο σπουδών. Η παρούσα αναφορά σκοπό έχει να δείξει, ότι σε κάθε μέτρηση υπεισέρχονται σφάλματα, τα οποία πρέπει να αντιμετωπίζονται με τη δέουσα σοβαρότητα, αλλά και να διαχωρίζονται με «κριτικό πνεύμα».

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 3

ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΓΩΝΙΩΝ

3.1 Εισαγωγή

Στη Τοπογραφία μετρούνται οριζόντιες και κατακόρυφες διευθύνσεις. Οι γωνίες προκύπτουν έμμεσα από τη διαφορά των αναγνώσεων των διευθύνσεων στα επιλεγμένα σημεία.

Στη Τοπογραφία (μικρής έκτασης αποτυπώσεις) το ανάγλυφο του εδάφους προβάλλεται σε οριζόντιο επίπεδο. Τα μήκη και εμβαδά υπολογίζονται κατά παραδοχή τα προκύπτοντα στο επίπεδο αυτό.

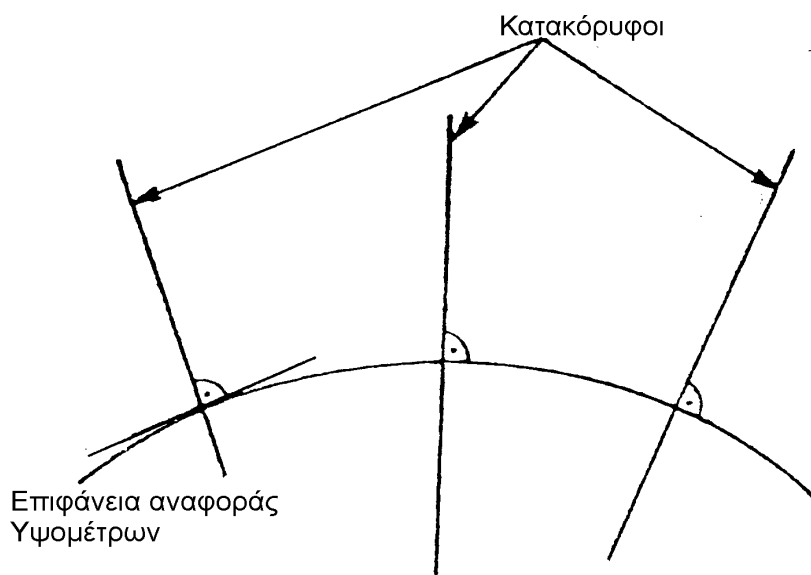
3.2 Κατακόρυφος τόπου

Κατακόρυφος τόπου ή σημείου είναι η από του τόπου ή του σημείου αυτού διερχόμενη διεύθυνση της βαρύτητας. Αυτή ονομάζεται φυσική κατακόρυφος.

Αν η προβάλλουσα σημείου είναι στο οριζόντιο επίπεδο, τότε θα θεωρείται μαθηματική κατακόρυφος. Η φυσική και μαθηματική κατακόρυφος κατά κανόνα δεν συμπίπτουν, αλλά σχηματίζουν μεταξύ τους μικρή γωνία, η οποία καλείται γωνία κατακόρυφης απόκλισης.

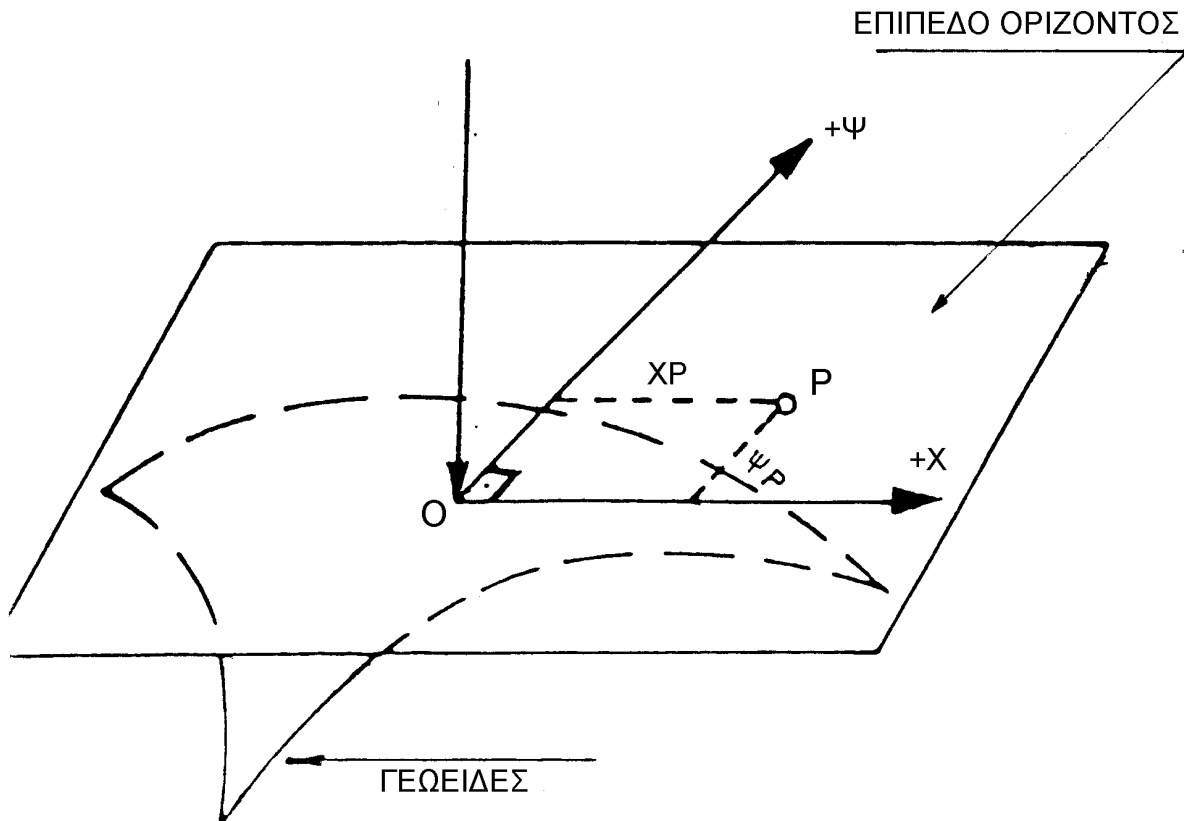
Συνήθως η φυσική κατακόρυφος υλοποιείται με το νήμα της στάθμης, με τοπογραφικά ακόντια με κατάλληλη προσαρμογή αεροστάθμης.

Στη πραγματικότητα οι κατακόρυφοι δεν είναι παράλληλοι αλλά συγκλίνουν προς το κέντρο της Γης. Για μικρές εκτάσεις, η παραδοχή της σύγκλισης στο κέντρο της σφαιρικής επιφάνειας είναι ικανοποιητική.



3.3 Οριζόντιο επίπεδο - Αεροστάθμες

Οριζόντιο επίπεδο είναι κάθε επίπεδο κάθετο στη κατακόρυφο του τόπου. Δύο σημεία ευρισκόμενα στο οριζόντιο επίπεδο ορίζουν οριζόντιο ευθύγραμμο τμήμα.



Για την οριζοντίωση αξόνων ή επιπέδων κατά κανόνα χρησιμοποιείται η **αεροστάθμη**.

Οι αεροστάθμες διακρίνονται σε σφαιρικές και σωληνωτές.

Η σφαιρική αεροστάθμη φέρει γυάλινο δοχείο, το άνω μέρος του οποίου είναι καμπυλωμένο σε σχήμα σφαιρικής επιφάνειας. Η φυσαλίδα είναι κυκλική και έχει τη δυνατότητα απείρων κινήσεων.

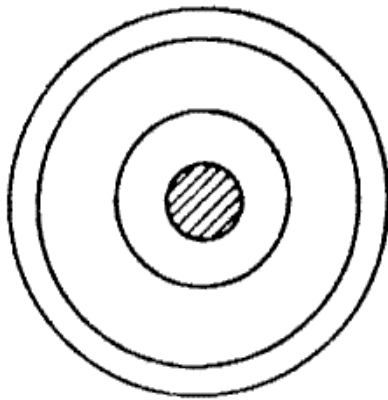
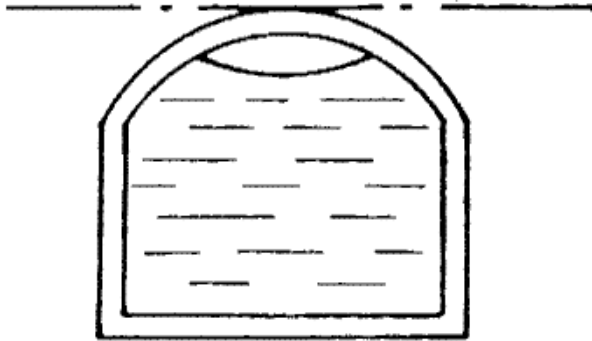
Στη σωληνωτή η φυσαλίδα είναι επιμήκης και κινείται μόνο κατά μήκος του τόξου. Από πλευράς ακρίβειας η σωληνωτή υπερέχει της σφαιρικής.

Κανονικό σημείο αεροστάθμης καλείται το κέντρο του άνω τόξου.

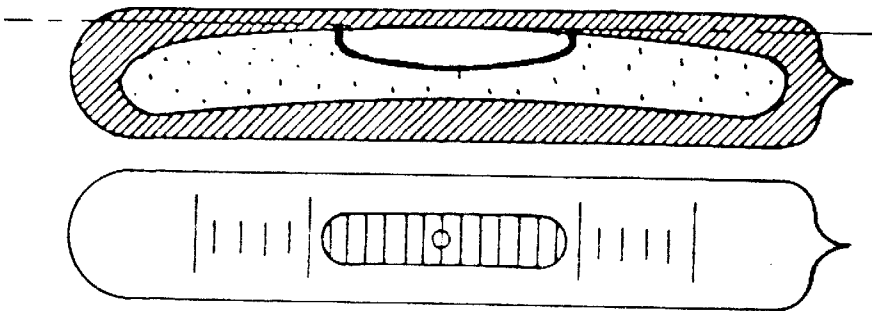
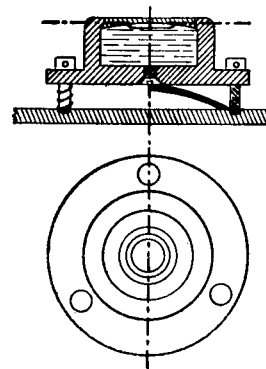
Αξονας αεροστάθμης καλείται η εφαπτόμενη στο κανονικό σημείο αυτής.

Χρήσιμος ευθεία καλείται η ευθεία, την οποία επιθυμούμε να οριζοντιώσουμε ή κατακορυφώσουμε με τη βοήθεια της αεροστάθμης.

Βασική συνθήκη κάθε αεροστάθμης είναι ο άξων της αεροστάθμης να προσαρμόζεται παράλληλος με τη χρήσιμο ευθεία.



ΣΦΑΙΡΙΚΗ ΑΕΡΟΣΤΑΘΜΗ



ΣΩΛΗΝΩΤΗ ΑΕΡΟΣΤΑΘΜΗ



Οριζόντια γωνία μεταξύ δύο σημείων P1 και P2, ονομάζεται η γωνία που σχηματίζεται στο σημείο O, από τις διευθύνσεις των προβολών των σημείων αυτών, πάνω στο οριζόντιο επίπεδο, το οποίο διέρχεται από το O.

Κατακόρυφη γωνία ενός σημείου ονομάζεται η γωνία που σχηματίζεται στο σημείο O, από τη διεύθυνση του σκοπευόμενου σημείου και τη προβολή της πάνω στο οριζόντιο επίπεδο, το οποίο διέρχεται από το O. Η γωνία δύναται να είναι θετική ή αρνητική αν τα σημεία βρίσκονται πάνω ή κάτω αντίστοιχα από το επίπεδο αυτό. Στη πράξη αντί της κατακόρυφης γωνίας, μετράται η **ζενιθία**. Είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της κατακόρυφης που διέρχεται από το σημείο O και της διεύθυνσης του σκοπευόμενου σημείου.

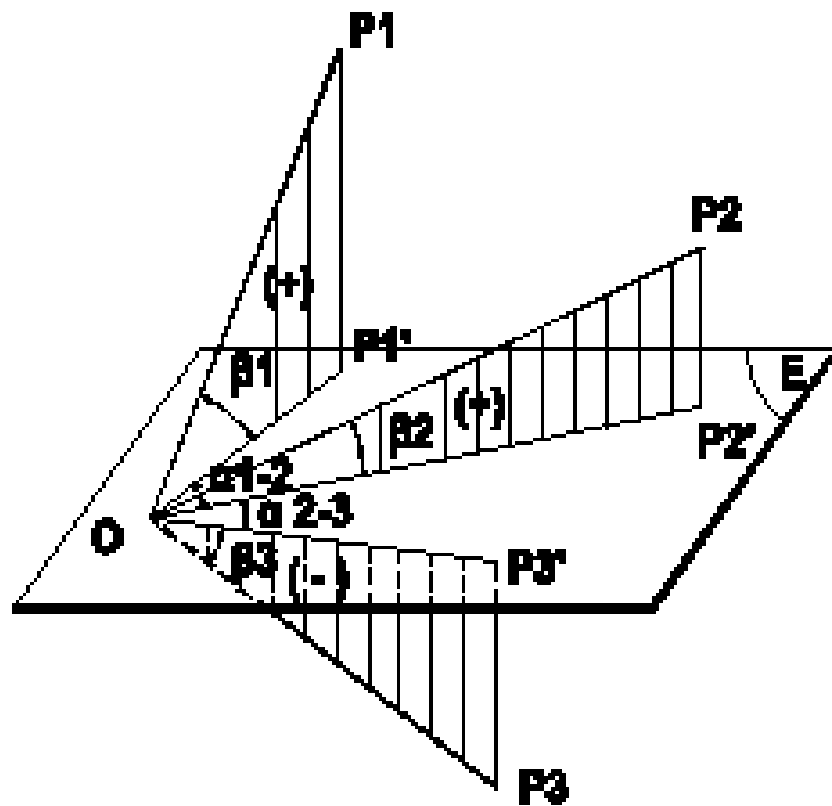
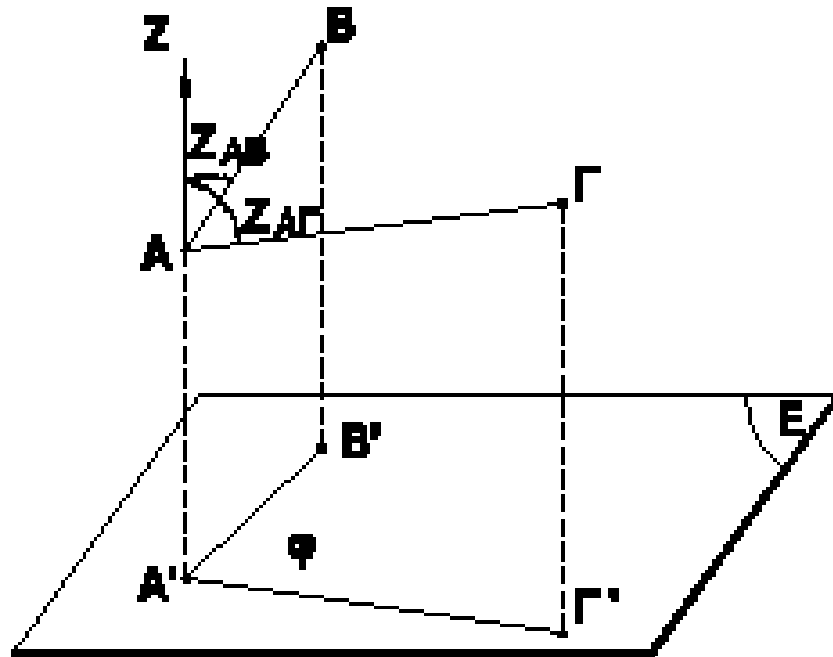
Οι οριζόντιες γωνίες σε συνδυασμό με τη μέτρηση μηκών είναι απαραίτητο στοιχείο για τη σύνταξη οριζοντίων αποτυπώσεων, αλλά χρησιμεύουν και για τη χάραξη τεχνικών έργων. Οι κατακόρυφες γωνίες αντίστοιχα χρησιμεύουν για τις υψομετρικές αποτυπώσεις και για τον υπολογισμό της οριζόντιας απόστασης.

Η μέτρηση τόσο των οριζόντιων όσο και των κατακόρυφων γωνιών, γίνεται με **θεοδόλιχο**.

Ανάλογα με την ακρίβεια που επιδιώκεται στο αποτέλεσμα των μετρήσεων θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί το κατάλληλο θεοδόλιχο. Η ακρίβεια των γωνιομετρήσεων εξαρτάται εν μέρει από τη διάμετρο του διηρημένου κύκλου μέτρησης αναγνώσεων για οριζόντιες και κατακόρυφες γωνίες. Σαν κοινή αποδοχή έχει επικρατήσει (στον Ελλαδικό χώρο), οι διηρημένοι κύκλοι του θεοδόλιχου, να είναι σε **βαθμούς**. Η ακρίβεια στη κατασκευή των θεοδόλιχων ποικίλει με αποδόσεις από 1° μέχρι 1^{cc} και σε ορισμένους τύπους μέχρι $0,2^{\text{cc}}$

Παλαιότερα σαν γωνιομετρικό όργανο ήταν σε χρήση η **γωνιομετρική πυξίδα**. Μετρούσε τη σχηματιζόμενη γωνία μεταξύ της διεύθυνσης του Βορρά και του σκοπευόμενου σημείου. Η ακρίβεια είναι περιορισμένη και χρησιμοποιείται για αναγνωριστικές εργασίες μικρής ακρίβειας.

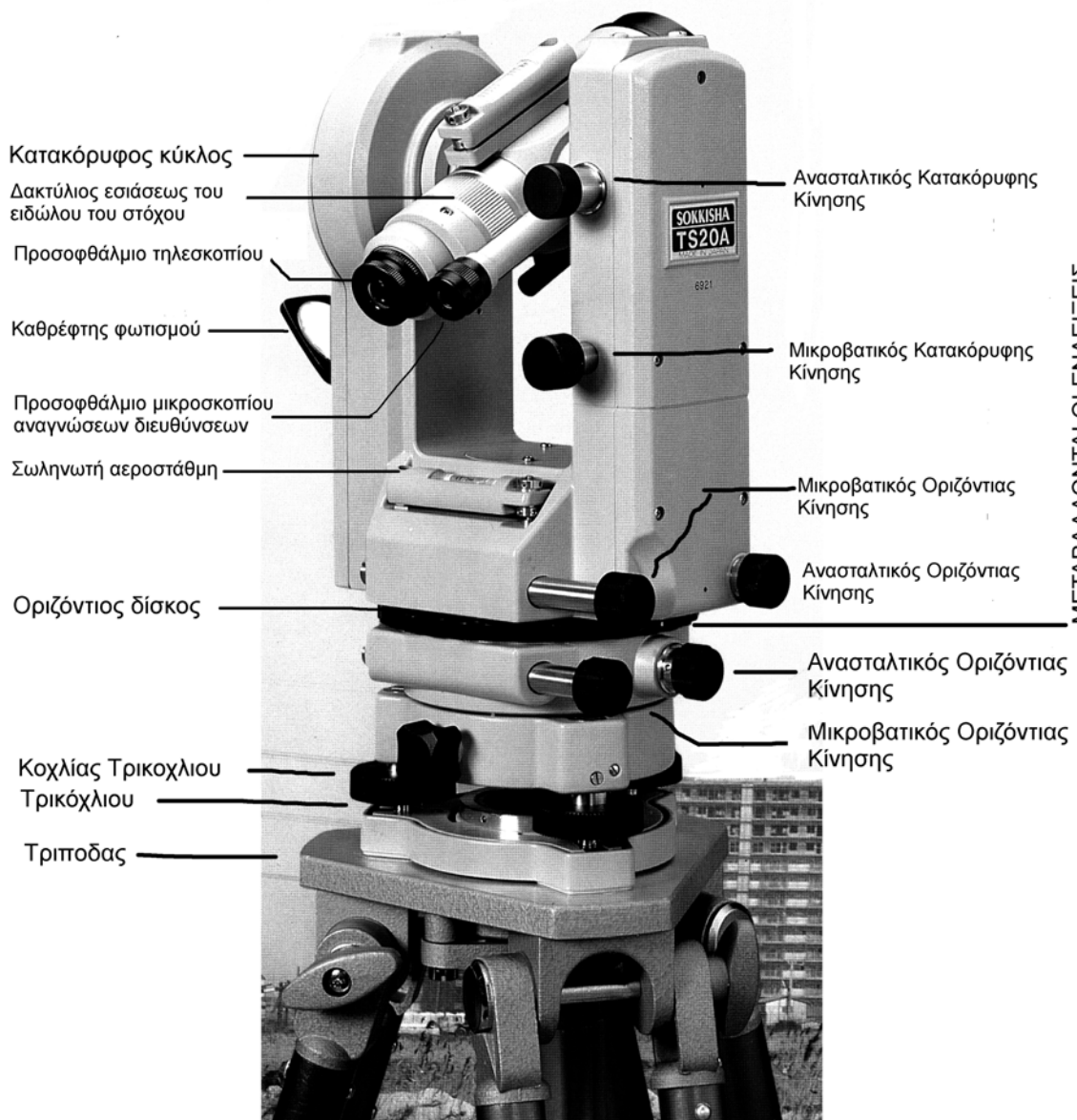
Άλλο γωνιομετρικό όργανο, το οποίο μετράει τη γωνία στο επίπεδό της, είναι ο **εξάντας**. Η χρήση στη Τοπογραφία είναι περιορισμένη σε αντίθεση με τη Ναυτιλία, όπου χρησιμοποιείται σαν βασικό γωνιομετρικό όργανο.



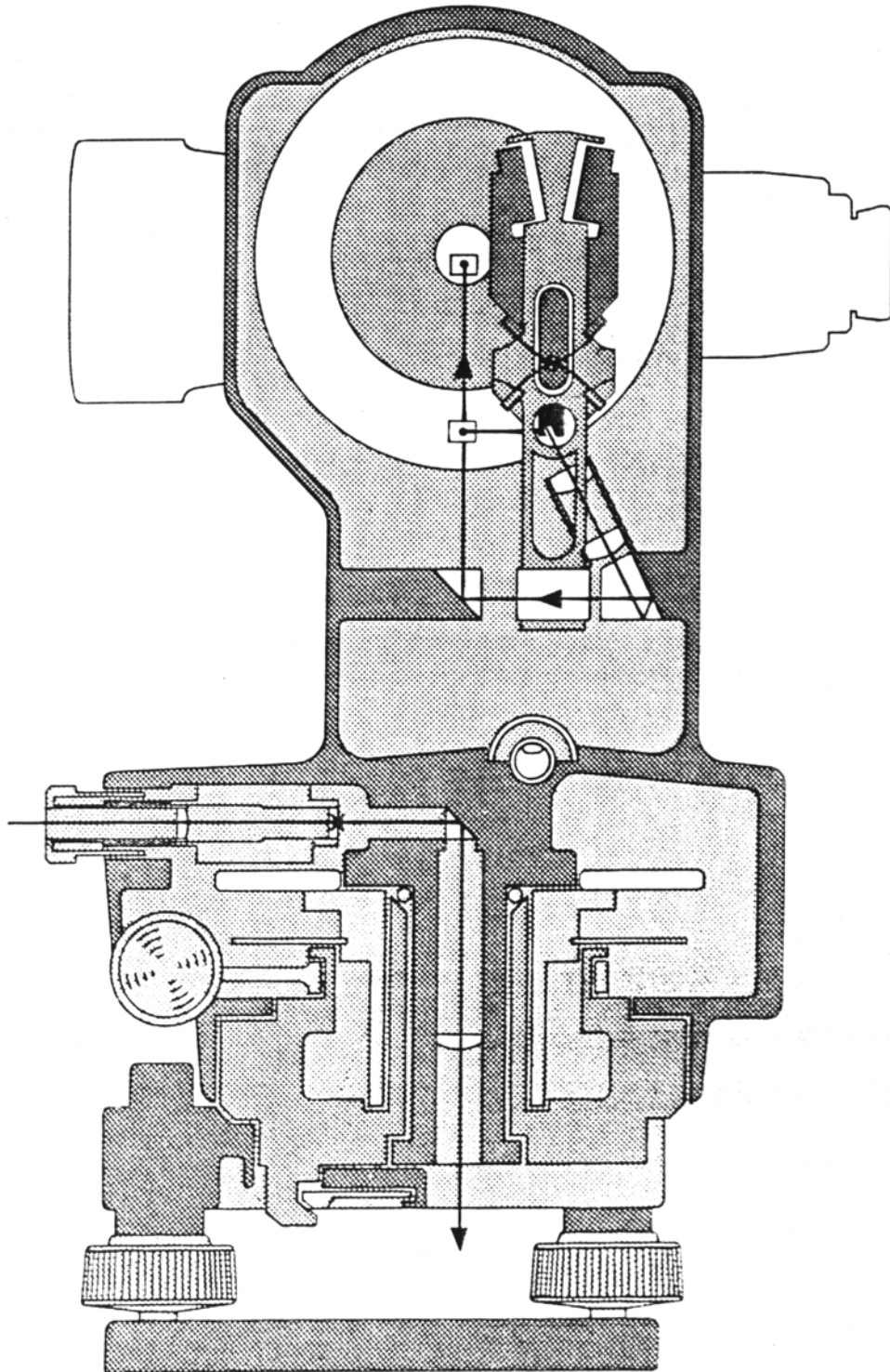
3.4 Το θεοδόλιχο

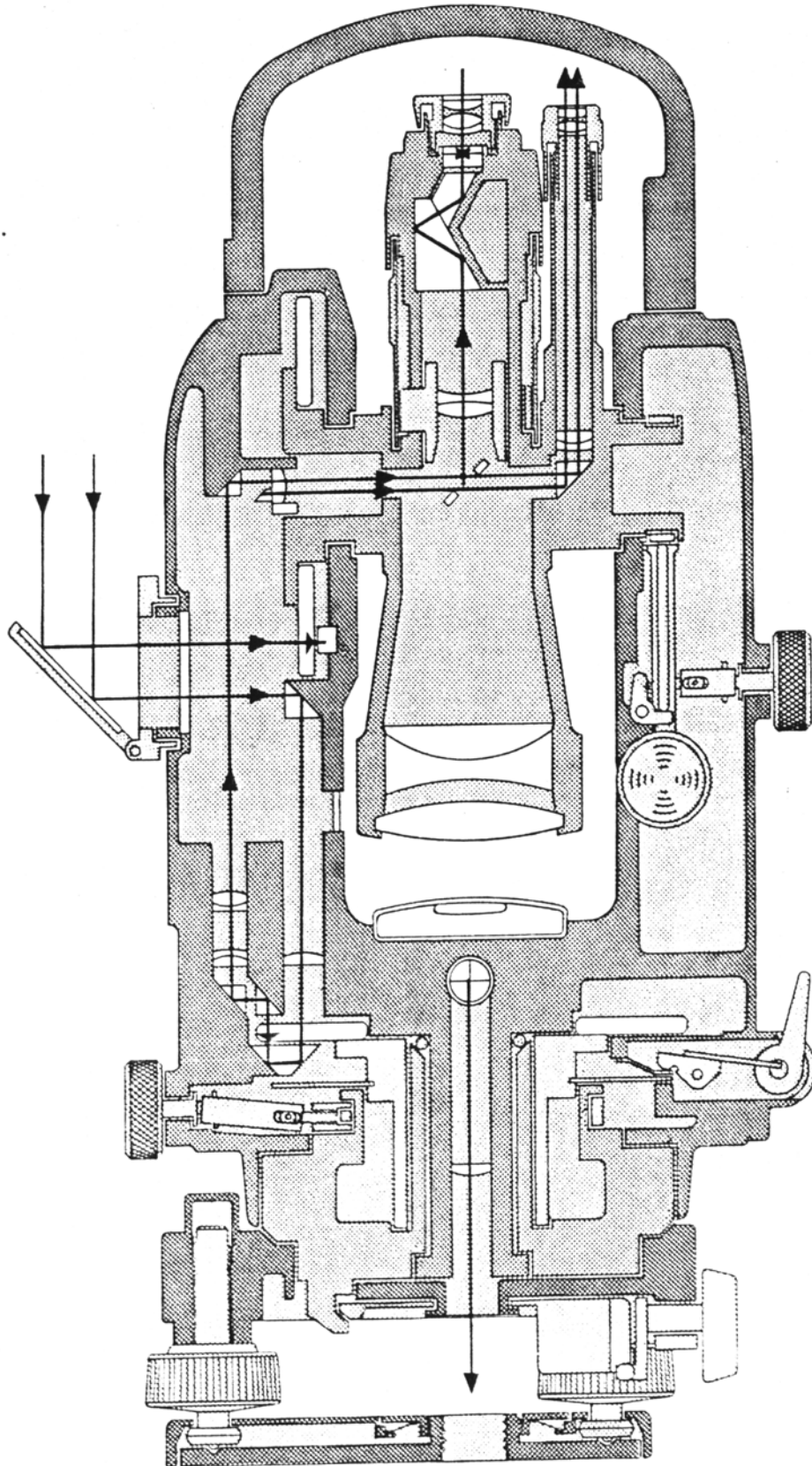
Το θεοδόλιχο διακρίνεται στο κάτω μέρος και στο πάνω μέρος. Το κάτω μέρος είναι σταθερό και στηρίζεται σε βάση, ενώ το πάνω είναι κινητό, επί του οποίου υπάρχει το τηλεσκόπιο. Η βάση στηρίζεται σε τρεις κοχλίες (**τρικόχλιο**), με τη βοήθεια των οποίων το όργανο οριζοντιώνεται. Το άνω κινητό μέρος περιστρέφεται γύρω από κατακόρυφο άξονα που λέγεται άξων περιστροφής ή **πρωτεύων άξων**. Το όργανο φέρει και οριζόντιο άξονα που λέγεται άξων αντιστροφής ή **δευτερεύων άξων**. Στο δευτερεύοντα άξονα είναι στερεωμένο το τηλεσκόπιο και ο κατακόρυφος κύκλος.

SOKKISHA TS20A



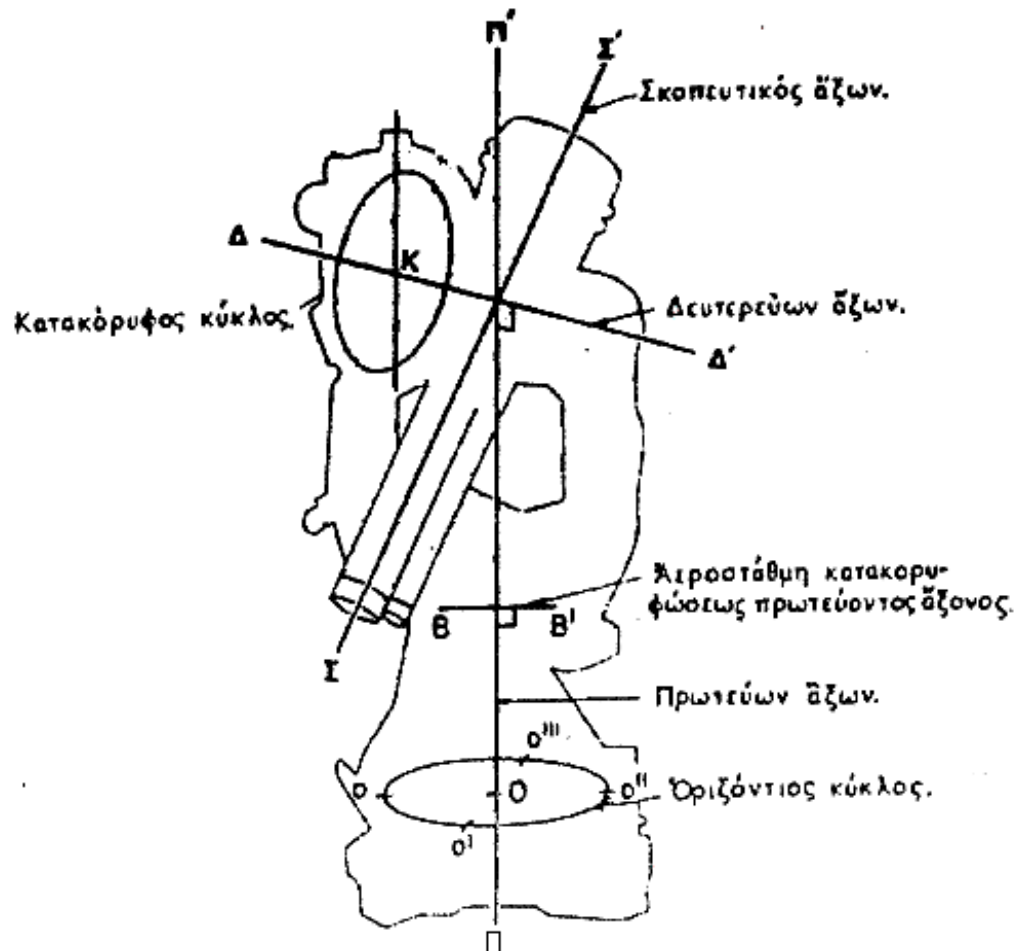
WILD T16 ΤΟΜΗ ΟΡΓΑΝΟΥ





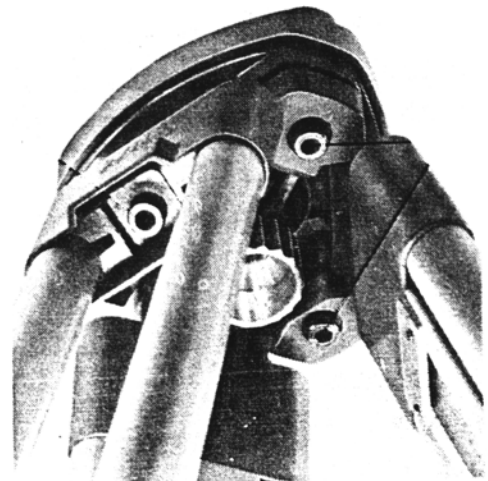
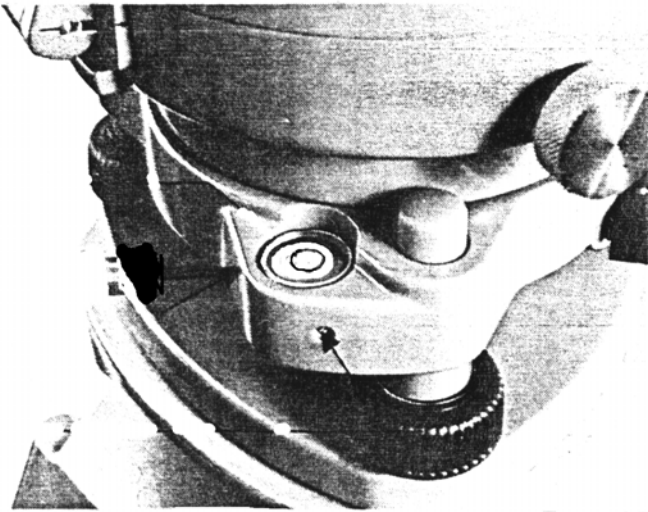
3.5. Κυριότερες συνθήκες ακρίβειας θεοδολιχου

- 1) Το επίπεδο του οριζόντιου κύκλου πρέπει να είναι κάθετο στον πρωτεύοντα άξονα $\Pi\Pi'$
- 2) Το επίπεδο του κατακόρυφου κύκλου, πρέπει να είναι κάθετο στο δευτερεύοντα άξονα $\Delta\Delta'$
- 3) Ο πρωτεύων άξων, πρέπει να διέρχεται από το κέντρο O του οριζόντιου κύκλου, ο δε δευτερεύων από το κέντρο K του κατακόρυφου κύκλου
- 4) Οι υποδιαιρέσεις των διηρημένων κύκλων να είναι ακριβείς.
- 5) Ο κανονικός άξων της αεροστάθμης κατακορυφώσεως του πρωτεύοντα άξονα πρέπει να είναι κάθετος στον άξονα αυτόν.
- 6) Το κατακόρυφο νήμα του σταυρονήματος να είναι κατακόρυφο πραγματικά
- 7) Ο σκοπευτικός άξωνας $\Sigma\Sigma'$ πρέπει να είναι κάθετος στο δευτερεύοντα
- 8) Ο δευτερεύων άξων $\Delta\Delta'$, πρέπει να είναι κάθετος στο πρωτεύοντα άξονα $\Pi\Pi'$
- 9) Ο σκοπευτικός άξων του τηλεσκοπίου δεν πρέπει να μεταβάλλεται όταν αλλάζει η εστίαση.



Για τη χονδρική οριζοντίωση υπάρχει σφαιρική αεροστάθμη στη βάση του οργάνου. Για ακριβή οριζοντίωση το όργανο είναι εφοδιασμένο με ευαίσθητη σωληνωτή αεροστάθμη, η οποία είναι προσαρμοσμένη στο επάνω μέρος του οργάνου.

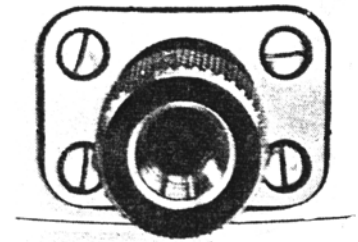
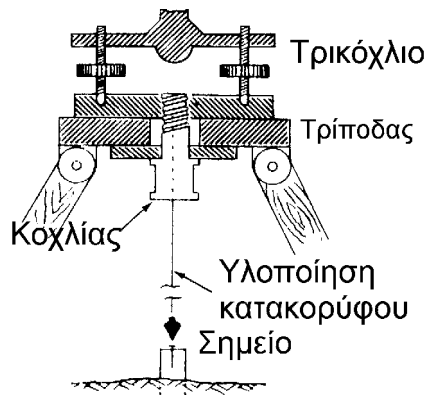
Οι κοχλίες του τριχοχλίου πατάνε σε μεταλλική πλάκα, η οποία έχει στο κέντρο της οπή, στην οποία βιδώνεται ο κοχλίας που συνδέει το όργανο με τον τρίποδα και το στερεώνει πάνω σ' αυτόν. Ο τρίποδας είναι σχεδιασμένος με τέτοια μορφή, ώστε να επιτρέπει στον κάθε παρατηρητή, να φέρει το όργανο σε κατάλληλο ύψος, με ταχύτητα, αυξομειώνοντας το μήκος των ποδιών, ώστε με ευχέρεια να χειρίζεται το όργανο. Το θεοδόλιχο τοποθετείται πάνω από κάποιο συγκεκριμένο σημείο εκ του οποίου γίνονται οι παρατηρήσεις γωνιών και λοιπές τοπογραφικές εργασίες.



Κεφαλή τρίποδα

Κέντρωση του θεοδόλιχου είναι η διαδικασία που γίνεται, ώστε ο πρωτεύων άξων του οργάνου να διέρχεται από το υλοποιημένο στο έδαφος σημείο, το οποίο και αποτελεί τη κορυφή των προς μέτρηση γωνιών. Η κέντρωση επιτυγχάνεται με τη βοήθεια νήματος στάθμης ή ράβδου ή οπτικής διάταξης με την οποία είναι εφοδιασμένο το όργανο (οπτική κέντρωση).

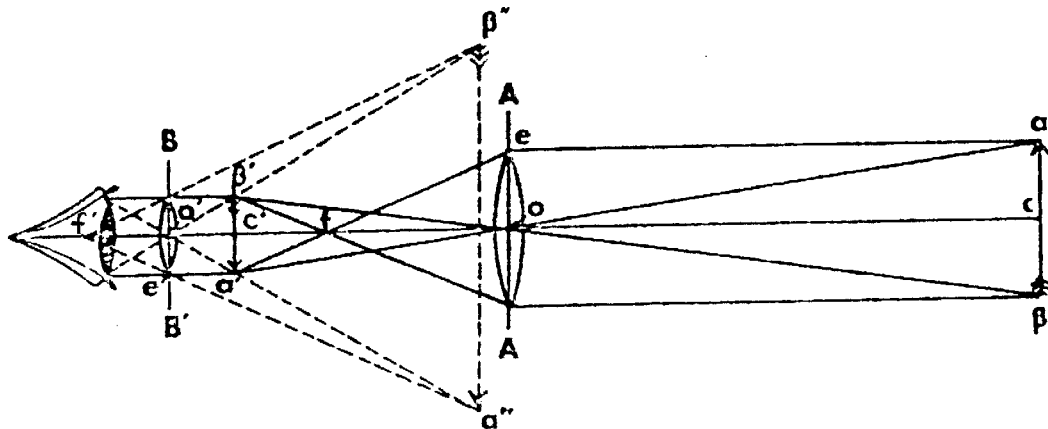
Χάρη στις κινήσεις που επιτρέπουν να πραγματοποιούνται ο πρωτεύων και δευτερεύων άξων του οργάνου, το τηλεσκόπιο μπορεί να κατευθυνθεί σε οποιαδήποτε διεύθυνση. Το θεοδόλιχο είναι εφοδιασμένο με ανασταλτικούς και μικροβατικούς κοχλίες που δίνουν τη δυνατότητα κατεύθυνσης του οπτικού άξονος με ακρίβεια προς τον επιλεγμένο στόχο. Τα τοπογραφικά όργανα είναι εφοδιασμένα με ανασταλτικούς οριζόντιας και κατακόρυφης κίνησης και μικροβατικούς αντίστοιχα. Οι ανασταλτικοί επιτρέπουν ή αναστέλλουν την κίνηση. Οι μικροβατικοί ενεργοποιούνται όταν οι ανασταλτικοί είναι σφιγμένοι και παρέχουν δυνατότητα μικρο-μετακίνησης.



Διάταξη Οπτικής Κέντρωσης

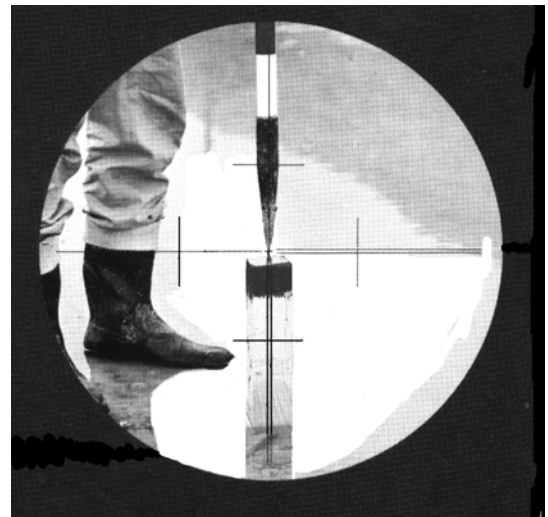
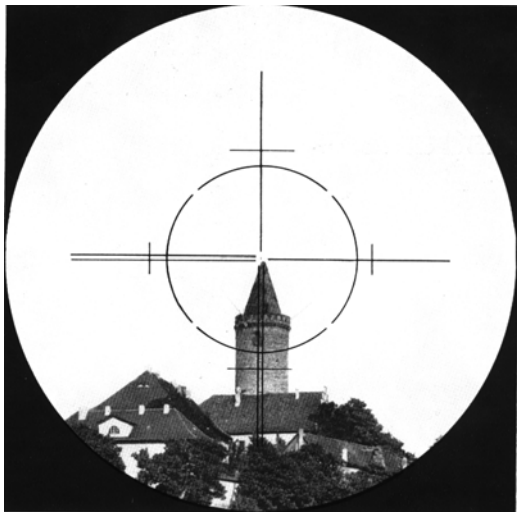
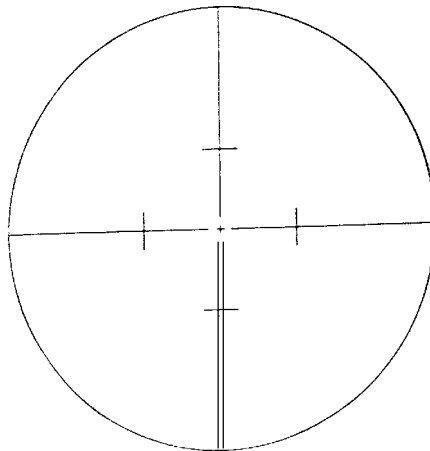
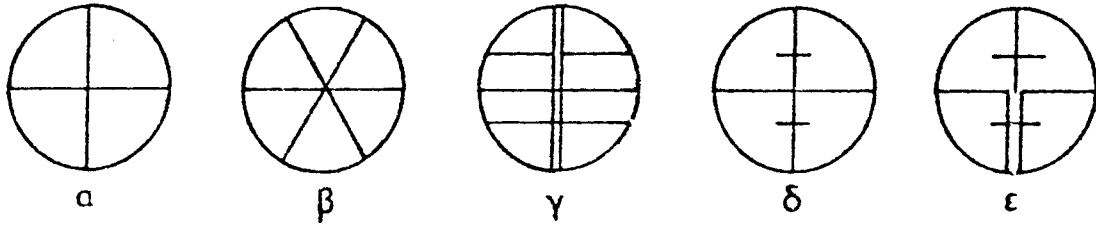
Το σκοπευτικό τηλεσκόπιο είναι οπτικό σύστημα που δίνει τη δυνατότητα να παρατηρούνται σε μεγέθυνση και ευκρίνεια τα απομακρυσμένα αντικείμενα. Κατασκευαστής του πρώτου τηλεσκοπίου μπορεί να θεωρηθεί ο Γαλιλαίος.

Ένας φακός Α μεγάλης εστιακής απόστασης, που λέγεται **αντικειμενικός**, δίνει για κάθε απομακρυσμένο αντικείμενο $αβ$ ένα αντεστραμμένο είδωλο $α'β'$, κοντά στο εστιακό επίπεδο. Το είδωλο αυτό παρατηρείται μέσα από δεύτερο φακό Β τον λεγόμενο **προσοφθάλμιο**, μικρής εστιακής απόστασης, ο οποίος για την εικόνα $α'β'$ δίνει ένα είδωλο $α''β''$ σε μεγέθυνση. Οι δύο φακοί τοποθετούνται σε σωλήνα, ώστε οι οπτικοί άξονες να συμπίπτουν. Πρακτικά ο σωλήνας είναι διπλός ώστε να αυξομειώνεται η απόσταση των δύο φακών με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται σχηματισμός του τελικού ειδώλου στην ελάχιστη απόσταση ευκρινούς οράσεως του κάθε παρατηρητή.



Αν κοντά στο εστιακό επίπεδο του αντικειμενικού φακού, υλοποιηθεί σημείο, που να βρίσκεται στον κοινό οπτικό άξονα των δύο φακών, τότε το τηλεσκόπιο λέγεται **σκοπευτικό**. Το σημείο υλοποιείται ως η τομή δύο καθέτων ευθειών, το λεγόμενο **σταυρόνημα**. Είναι χαραγμένο πάνω σε γυάλινη πλάκα, με μηχανική ή φωτογραφική μέθοδο. Διατάξεις των νημάτων του σταυρονήματος φαίνονται στη σχηματική παράσταση.

Η απλούστερη μορφή σταυρονήματος είναι μια απλή κατακόρυφη ευθεία, η οποία τέμνεται κάθετα από μία οριζόντια στο μέσον (περίπτωση α). Με τη προσθήκη στο σταυρόνημα δύο επί πλέον οριζόντιων νημάτων (σταδιομετρικά νήματα) (περιπτώσεις δ,ε), δόθηκε η δυνατότητα με τη βοήθεια της σταδίας η οπτική μέτρηση αποστάσεων με ταχύτητα. Το θεοδόλιχο αυτό ονομάστηκε **ταχύμετρο**. Παρ'όλου που σχεδόν όλα τα θεοδόλικα (πλην των αστρονομικών), είναι εφοδιασμένα με σταδιομετρικά νήματα, έχει επικρατήσει να χαρακτηρίζονται σαν ταχύμετρα τα θεοδόλικα εκείνα των οποίων η απόδοση στις γωνιομετρήσεις είναι μικρή (1c).



Σκοπευτικός άξων του τηλεσκοπίου είναι η ευθεία που ορίζεται από το οπτικό κέντρο του αντικειμενικού συστήματος και τη τομή των νημάτων του σταυρονήματος που βρίσκεται πριν από το προσοφθάλμιο σύστημα.

Βασικές συνθήκες που πρέπει να πληρούνται στο τηλεσκόπιο είναι:

- α. Το πραγματικό είδωλο του σκοπευόμενου αντικειμένου που δημιουργείται από τον αντικειμενικό φακό πρέπει να βρίσκεται πάνω στο επίπεδο του σταυρονήματος
- β. Το προσοφθάλμιο, πρέπει να είναι εστιασμένο στο επίπεδο του σταυρονήματος. Το επίπεδο αυτό βρίσκεται ουσιαστικά σε τέτοια θέση ως προς το προσοφθάλμιο, ώστε το τελικό είδωλο να σχηματίζεται στην ελάχιστη απόσταση ευκρινούς οράσεως.

Μεγέθυνση τηλεσκοπίου είναι το πηλίκο των εστιακών αποστάσεων του αντικειμενικού και του προσοφθαλμίου. Αύξηση της εστιακής απόστασης του αντικειμενικού φακού συνεπάγεται αύξηση της μεγέθυνσης με ταυτόχρονη όμως αύξηση, στο μήκος του τηλεσκοπίου. Στα σύγχρονα τηλεσκόπια ο αντικειμενικός φακός έχει αντικατασταθεί με σύστημα φακών δια των οποίων επιτυγχάνεται αυξημένη τιμή της εστιακής απόστασης του αντικειμενικού φακού.

Λαμπρότητα του ειδώλου εξαρτάται από τον αριθμό των φακών που χρησιμοποιούνται στο τηλεσκόπιο, την ποιότητα και το πάχος τους, το άνοιγμα του αντικειμενικού φακού και τη μεγέθυνση. Η **ακρίβεια της σκόπευσης ενός στόχου** εξαρτάται κατά πολύ από τη λαμπρότητα της εικόνας του, στο οπτικό πεδίο του τηλεσκοπίου. Άλλος παράγοντας που επηρεάζει την ακρίβεια σκοπεύσεων, είναι οι ατμοσφαιρικές συνθήκες και ειδικά με τη μεταβολή της θερμοκρασίας διαφοροποιείται ο δείκτης διαθλάσεως του αέρα, με αποτέλεσμα τα είδωλα των στόχων να μη παρατηρούνται σε σταθερή θέση.

Διακριτική ικανότητα τηλεσκοπίου ονομάζεται η μικρότερη γωνία, υπό την οποία πρέπει να φαίνονται δύο γειτονικά σημεία, ώστε όταν παρατηρούνται μέσα από το τηλεσκόπιο να φαίνονται χωριστά. Η δυνατότητα ενός τοπογραφικού τηλεσκοπίου να διακρίνει δύο όμοιες υποδιαίρεσεις πάνω σε στόχο εξαρτάται από τη διακριτική του ικανότητα. Η διακριτική ικανότητα έχει σχέση με το άνοιγμα του αντικειμενικού φακού.

Οπτικό πεδίο ορίζεται ο κώνος των ακτινών, οι οποίες αφού διαθλασθούν, εισέρχονται στο μάτι του παρατηρητή, και αποδίδουν σαν ορατό τμήμα του χώρου τη γωνία υπό την οποία φαίνεται από το κέντρο του αντικειμενικού το άνοιγμα του προσοφθαλμίου. Το οπτικό πεδίο εξαρτάται από το άνοιγμα του προσοφθαλμίου και την απόσταση μεταξύ αυτού και του αντικειμενικού.

3.6. Τοποθέτηση θεοδόλιχου

Κάθε τρίποδας έχει σακουλάκι που περιέχει νήμα της στάθμης και κατάλληλο κλειδί για να σφίγγονται οι βίδες του τρίποδα. Συνήθως οι ποιοτικώς καλοί τρίποδες φέρουν πλαστικό κάλυμμα που προστατεύει τη κεφαλή του τρίποδα. Ο πρώτος έλεγχος που πρέπει να πραγματοποιηθεί, είναι να διαπιστωθεί, αν οι βίδες του τρίποδα είναι σφιγμένες. Ρυθμίζεται το μήκος των ποδιών του τρίποδα, ώστε το όργανο που θα τοποθετηθεί να βρεθεί σε ανάλογο ύψος με το του παρατηρητή. Ακολουθεί η διαδικασία της κέντρωσης. Θα περιγραφεί η μέθοδος που εφαρμόζεται με χρήση της οπτικής διάταξης του οργάνου.

Με τη βοήθεια του κοχλίου του τρίποδα σταθεροποιείται το όργανο στη κεφαλή του τρίποδα. Κρατώντας τον τρίποδα με το όργανο στον αέρα (δεν εφάπτεται με το έδαφος ο τρίποδας) και παρατηρώντας από την οπτική διάταξη με την οποία είναι εφοδιασμένο το όργανο και η οποία ουσιαστικά υλοποιεί τον πρωτεύοντα άξονα του οργάνου, γίνεται προσπάθεια ταύτισης του σταυρού ή κουκίδας με το σημείο που είναι υλοποιημένο στο έδαφος. Για ταχύτητα της εργασίας δεν είναι απαραίτητη η πλήρης ταύτιση, αλλά προσεγγιστικά να φαίνεται το υλοποιημένο στο έδαφος σημείο, όσο το δυνατόν πιο κοντά στο κέντρο της οπτικής διάταξης. Σταθεροποιούνται τα πόδια του τρίποδα, πατώντας τα δυνατά στο έδαφος. Κατά κανόνα τα πόδια βυθίζονται άνισα στο έδαφος, και γενικά το όργανο δεν είναι σε οριζόντια θέση, ούτε έχει επιτευχθεί ή κέντρωση, απλώς έχει γίνει προσέγγιση της διαδικασίας κέντρωσης.

Όπως έχει σταθεροποιηθεί ο τρίποδας με το όργανο, παρατηρώντας μέσα από την οπτική διάταξη και περιστρέφοντας τους κοχλίες του τριχοχλίου, φέρεται σε απόλυτη ταύτιση, ο σταυρός ή η κουκίδα που βρίσκεται στο κέντρο της οπτικής διάταξης και υλοποιεί τον πρωτεύοντα άξονα, με το υλοποιημένο στο έδαφος σημείο.

Στη φάση αυτή έχει επιτευχθεί η κέντρωση του οργάνου δηλ. ο πρωτεύων άξων να διέρχεται από το υλοποιημένο στο έδαφος σημείο με τη διαφορά ότι ο πρωτεύων άξων δεν ταυτίζεται με τη κατακόρυφο που διέρχεται από το σημείο αυτό.

Η αμέσως επόμενη διαδικασία είναι να αναζητηθεί τρόπος οριζοντίωσης του οργάνου οπότε ο πρωτεύων άξων θα συμπέσει με τη κατακόρυφο του τόπου (αρχή κατασκευής του οργάνου).

Για την οριζοντίωση αξόνων ή επιπέδων κατά κανόνα χρησιμοποιείται η αεροστάθμη. Όπως προαναφέρθηκε για χονδρική οριζοντίωση υπάρχει η σφαιρική αεροστάθμη και για ακριβή οριζοντίωση η σωληνωτή. Η ρύθμιση της σφαιρικής αεροστάθμης, ώστε η φυσαλίδα να βρεθεί στο μέσον του κύκλου, γίνεται, ανεβοκατεβάζοντας τα πόδια του τρίποδα. Η επιλογή για το πιο πόδι θα ανέβει ή θα κατέβει αντίστοιχα, το δηλώνει η νοητή ευθεία, που συνδέει το κέντρο της φυσαλίδας και το κέντρο αεροστάθμης, με το πλησιέστερο πόδι του τρίποδα. Μετά από κάθε κίνηση ποδιού, ελέγχεται από την οπτική διάταξη κατακορύφωσης, αν παρατηρηθεί απόκλιση του πρωτεύοντος άξονος από το υλοποιημένο σημείο στο έδαφος. Η ρύθμιση τυχούσας απόκλισης γίνεται με τους κοχλίες του τριχοχλίου. Παρά το έντονο ανεβοκατέβασμα των ποδιών σημειώνεται μικρή απόκλιση της κέντρωσης σε σχέση με τη χρήση των κοχλίων του τριχοχλίου.

Μετά από λίγα προσεγγιστικά βήματα έχει επιτευχθεί χονδρική οριζοντίωση και

ταυτόχρονα κέντρωση του οργάνου. Η τελική και ακριβής οριζοντίωση του οργάνου γίνεται με τη σωληνωτή αεροστάθμη.

Στρέφουμε το όργανο γύρω από τον πρωτεύοντα άξονα μέχρι η σωληνωτή αεροστάθμη γίνει παράλληλη προς την ευθεία που ορίζουν δύο από τους κοχλίες του τριχοκλίου (έστω τους Α και Β). Περιστρέφοντας αργά τους κοχλίες αυτούς αντίρροπα και ταυτόχρονα φέρουμε τη φυσαλίδα στο κανονικό σημείο (μέσον).

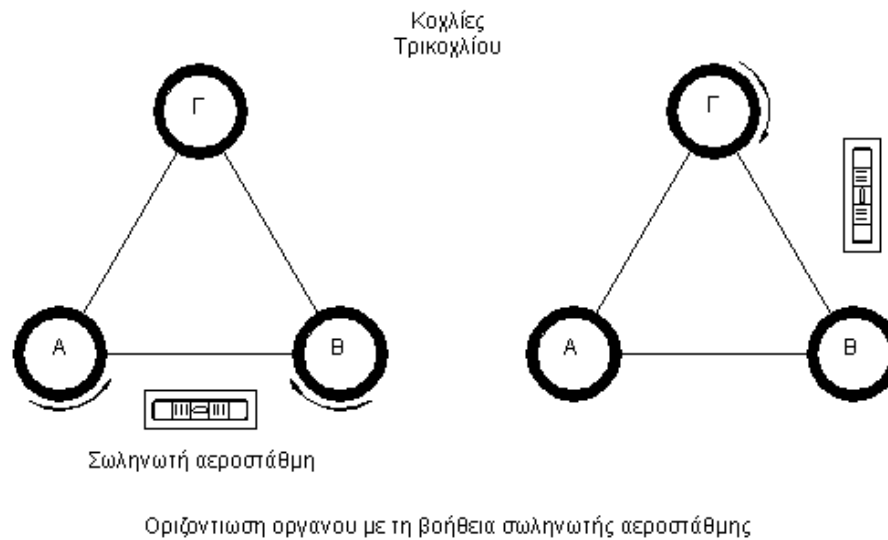
Στρέφουμε το όργανο κατά 100g και περιστρέφοντας μόνο τον τρίτο κοχλία Γ φέρουμε τη φυσαλίδα στο κανονικό σημείο.

Στρέφουμε το όργανο κατά 100g, οπότε η φυσαλίδα γίνεται παράλληλη με την ευθεία ΑΒ. Η φυσαλίδα πρέπει να βρίσκεται στο κανονικό της σημείο. Αν υπάρχει απόκλιση φέρουμε τη φυσαλίδα στο μέσον της θέσης αυτής και του κανονικού σημείου περιστρέφοντας τους κοχλίες Α και Β.

Την ίδια διαδικασία εκτελούμε και για την κάθετη προς την ευθεία ΑΒ θέση. Τέλος ελέγχουμε τη κέντρωση του οργάνου από το οπτικό σύστημα.

Σε περίπτωση που παρατηρηθεί απόκλιση, ξεβιδώνεται ελαφρά ο κοχλίας του τρίποδα και "σέρνουμε" μαλακά το όργανο πάνω στη κεφαλή του τρίποδα, μέχρι να επιτευχθεί η κέντρωση και επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία οριζοντίωσης με τη σωληνωτή αεροστάθμη.

Το όργανο θεωρείται ότι είναι οριζοντιωμένο όταν η φυσαλίδα παραμένει στο ίδιο σημείο για όλες τις διευθύνσεις. Η δε κέντρωση θεωρείται σωστή όταν για μία πλήρη περιστροφή του οργάνου το σημείο τομής (σταυρός ή κουκίδα) της οπτικής διάταξης παραμένει πάνω στο σημείο του εδάφους. Τυχόν αποκλίσεις απαιτούν έλεγχο, ρύθμιση ή επισκευή του οργάνου.



3.7. Εστίαση - σκόπευση - Ανάγνωση ενδείξεων

Στρέφουμε τον προσοφθάλμιο φακό μέχρι να φαίνονται καθαρά τα νήματα του σταυρονήματος.

Επιτρέπουμε την οριζόντια και κατακόρυφη κίνηση του οργάνου ξεσφίγγοντας τους ανασταλτικούς κοχλίες.

Στρέφουμε το τηλεσκόπιο προς τον στόχο.

Με τη βοήθεια του συστήματος χονδρικής σκόπευσης κατευθύνουμε το τηλεσκόπιο προς την επιθυμητή κατεύθυνση και σφίγγοντας τους ανασταλτικούς κοχλίες ακινητοποιούμε το όργανο.

Παρατηρώντας από τον προσοφθάλμιο και περιστρέφοντας τον δακτύλιο εστίασης επιτυγχάνεται να φαίνεται στο οπτικό πεδίο καθαρά το είδωλο του στόχου.

Φέρουμε το σταυρόνημα στην επιθυμητή θέση χρησιμοποιώντας τους μικροβατικούς κοχλίες της οριζόντιας και κατακόρυφης κίνησης. Όταν μετακινούμε ελαφρά το μάτι μας μπροστά από τον προσοφθάλμιο φακό του τηλεσκοπίου **δεν πρέπει** να μετακινείται το σταυρόνημα σε σχέση με το είδωλο του στόχου και αντίστροφα.

Το φαινόμενο αυτό λέγεται **παράλλαξη** και διορθώνεται με τον δακτύλιο εστίασης, προκειμένου να επιτευχθεί ακριβής σκόπευση.

Για σκόπευση οριζοντίων διευθύνσεων χρησιμοποιείται ο μικροβατικός οριζόντιας κίνησης, μέχρι το κατακόρυφο νήμα διχοτομήσει τον στόχο.

Για σκόπευση κατακόρυφων, περιστρέφουμε τον μικροβατικό της οριζόντιας κίνησης, ώστε το κατακόρυφο νήμα να έλθει δεξιά ή αριστερά από τον στόχο. Χρησιμοποιώντας στη συνέχεια τον μικροβατικό της κατακόρυφης φέρουμε το οριζόντιο νήμα στο επιθυμητό σημείο.

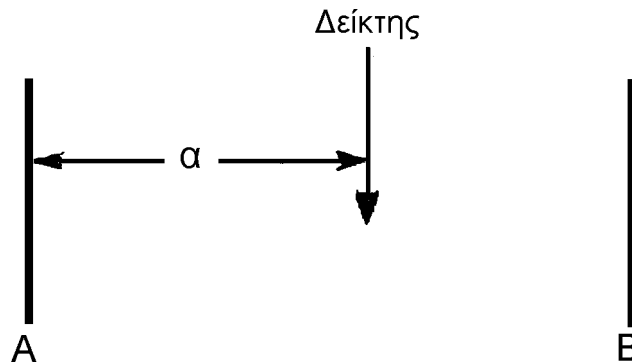
Σε όλα τα σύγχρονα τοπογραφικά όργανα οι κλίμακες των διαιρέσεων του **οριζόντιου κύκλου** αυξάνονται δεξιόστροφα και αριθμούνται από 0° μέχρι 359° στο εξηκονταδικό και από 0° μέχρι 399° στο δεκαδικό σύστημα.

Η αρχή αυτή **δεν εφαρμόζεται** στις κλίμακες των κατακόρυφων κύκλων.

Υπάρχουν όργανα στα οποία το 0 εμφανίζεται στο ζενίθ και η αρίθμηση αυξάνεται μέχρι 359° ή 399° . Άλλα στα οποία το 0 αντιστοιχεί στο ζενίθ και στο ναδίρ και η αρίθμηση αυξάνει εκατέρωθεν μέχρι 90° ή 100° στον ορίζοντα. Άλλα στα οποία το 0 εμφανίζεται στον ορίζοντα και η αρίθμηση αυξάνεται μέχρι 90° ή 100° στο ζενίθ ή στο ναδίρ.

Ανάγνωση διηρημένου κύκλου λέγεται η εύρεση της θέσης του σκοπευτικού άξονα του τηλεσκοπίου του θεοδολιχου, ως προς τον διηρημένο κύκλο. Η θέση αυτή καθορίζεται με τη βοήθεια δείκτη, ο οποίος προβάλλεται επί του διηρημένου κύκλου.

Σε απλή σχηματική διάταξη διαβάζουμε την προηγούμενη χαραγή A του δείκτη και σε συνέχεια εκτιμάμε την απόσταση α του δείκτη από αυτή, σαν κλάσμα της υποδιαίρεσης AB.



Τα θεοδόλιχα για τη λήψη των αναγνώσεων των κύκλων τους, διαθέτουν ένα σύστημα ανάγνωσης, με τη βοήθεια του οποίου γίνεται δυνατή η ανάγνωση μίας ένδειξης με μεγαλύτερη ακρίβεια από τη μικρότερη υποδιαίρεση της κλίμακας. Τέτοια συστήματα είναι ο βερνιέρος, το μικροσκόπιο με κλίμακα και το οπτικό μικρόμετρο.

Στους μη ηλεκτρονικούς τύπους θεοδόλιχου, η χάραξη των κύκλων γίνεται πάνω σε γυάλινη πλάκα, ενώ στους προηγούμενης γενιάς θεοδόλιχους η χάραξη γίνονταν σε ελάσματα από ασήμι ή πλατίνα. Το γυαλί επιτρέπει τη διέλευση του φωτός οπότε παρέχονται αυξημένες δυνατότητες σε άνετο τρόπο λήψης αναγνώσεων, με ικανοποιητική ακρίβεια, με τη βοήθεια μίας μικρής βοηθητικής κλίμακας (**μικροσκόπιο με κλίμακα**).

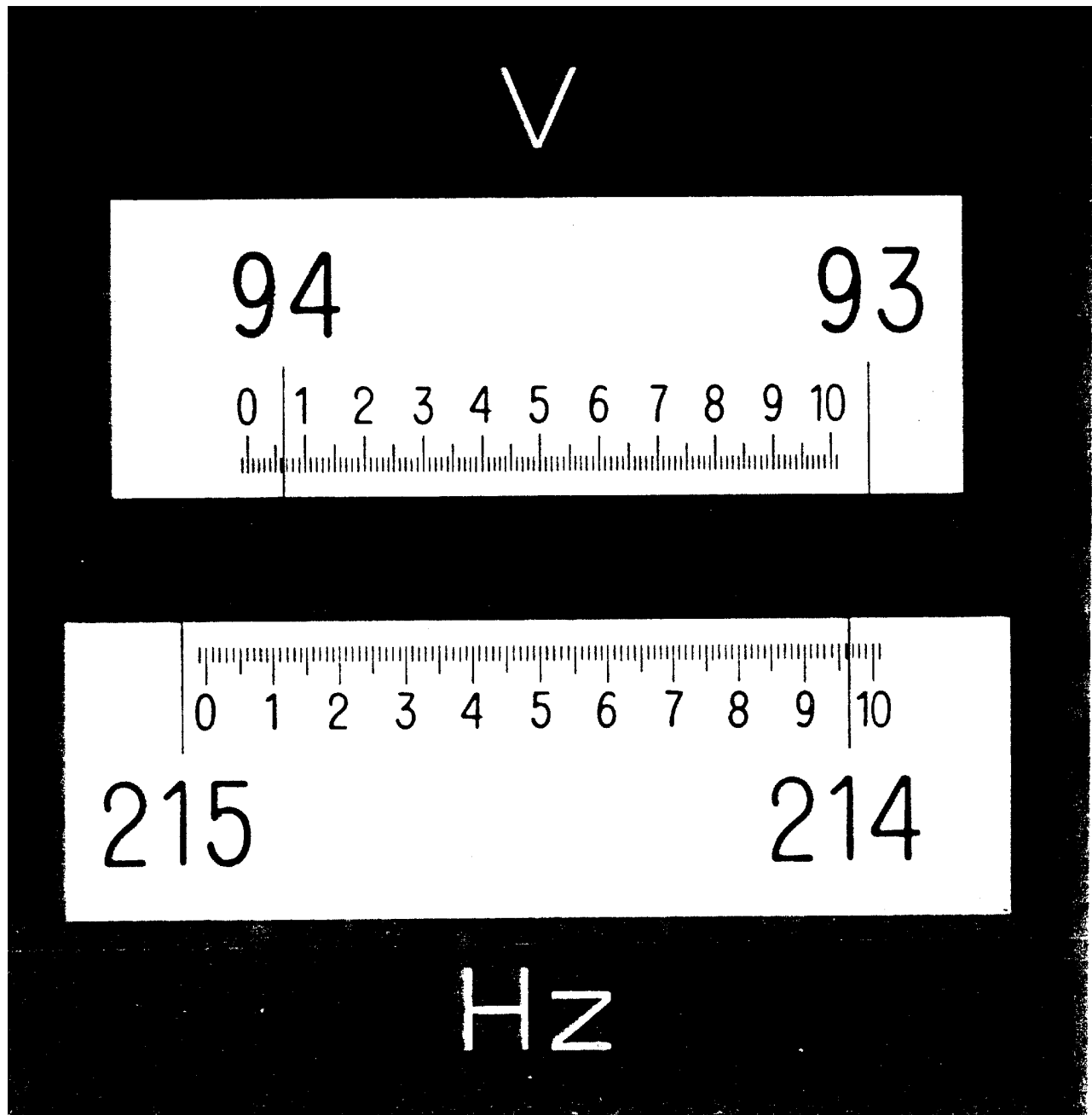
Η κλίμακα έχει έκταση ίση με το διάστημα μεταξύ δύο χαραγών του διηρημένου κύκλου και τοποθετείται στο εστιακό επίπεδο μικροσκοπίου με το οποίο παρατηρείται ο διηρημένος κύκλος.

Τέτοιες κλίμακες φαίνονται στα σχήματα, όπου έχουμε τη δυνατότητα άμεσης ανάγνωσης των πρώτων λεπτών και εκτίμησης των δεκάτων. Η αρίθμηση αυξάνει αντίθετα προς εκείνη της κύριας κλίμακας. Η θέση, στην οποία η χαραγή της κύριας κλίμακας τέμνει τη βοηθητική μας παρέχει την τελική τιμή της ανάγνωσης.

Αναγκαία συνθήκη σε τέτοια διάταξη λήψης αναγνώσεων είναι το συνολικό μήκος της βοηθητικής κλίμακας πρέπει να είναι ακριβώς ίσο με την υποδιαίρεση του διηρημένου κύκλου και η διαίρεση αυτής και του διηρημένου κύκλου απολύτως ακριβείς.

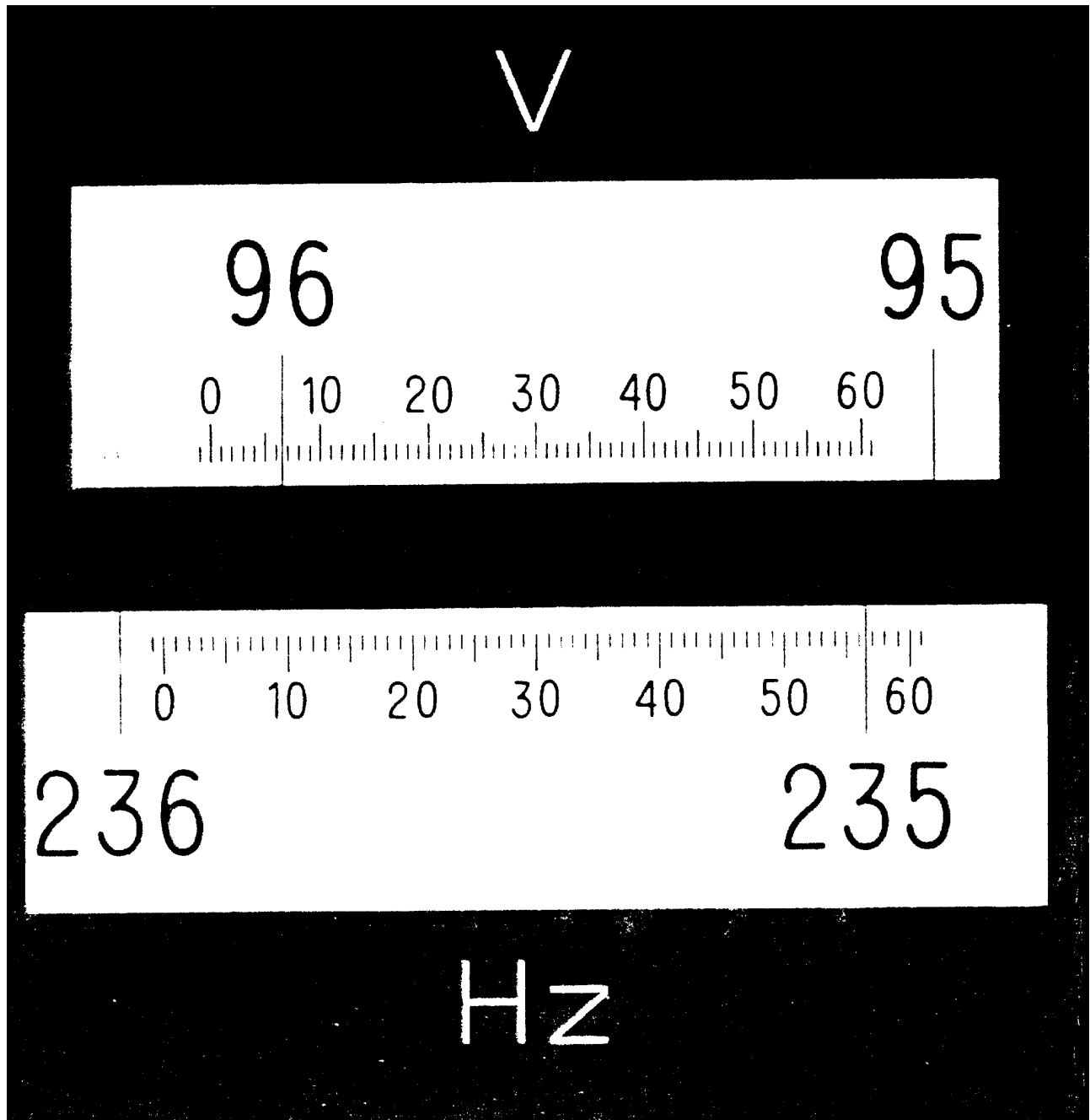
Πλεονέκτημα η άνετη και ταχεία λήψη της ανάγνωσης. **Μειονέκτημα** ότι η ανάγνωση λαμβάνεται μόνο στο ένα τμήμα του διηρημένου κύκλου. Σε όλα τα όργανα στα οποία η ανάγνωση λαμβάνεται με τη βοήθεια σταθερού δείκτη, χρησιμοποιείται μόνο το ένα μέρος του διηρημένου κύκλου και επομένως η λαμβανόμενη ανάγνωση δεν είναι η μέση τιμή των δύο αντιδιαμετρικών αναγνώσεων. Στη πράξη αντιμετωπίζεται μετρώντας τη γωνία αρκετές φορές σε διαφορετικές θέσεις του κύκλου. Η μεθοδολογία αυτή εφαρμόζεται βέβαια για τις οριζόντιες γωνίες, όπου παρέχεται η δυνατότητα να περιστραφεί ο οριζόντιος κύκλος, όχι όμως και στη περίπτωση των κατακόρυφων γωνιών, όπου δεν είναι δυνατόν να υπάρξει αυτή η δυνατότητα.

Διαίρεση κύκλου σε 400g



$$V = 94,064 \text{ g} - H = 214,964 \text{ g}$$

Διαίρεση κύκλου σε 360°



$$V = 96^{\circ} 06' 30'' - H = 235^{\circ} 56' 25''$$

Για να διαβασθούν οι ενδείξεις του οριζόντιου και κατακόρυφου δίσκου, πρέπει να είναι ανοικτό το καθρεφτάκι, ώστε να διέρχεται το φως, να φωτίζονται οι διηρημένοι κύκλοι και η βοηθητική κλίμακα του μικρομέτρου. Το καθρεφτάκι έχει δυνατότητα περιστροφής, ώστε να επιτυγχάνεται ομοιόμορφη λαμπρότητα των δίσκων. Ο αριθμός που είναι γραμμένος με μεγάλα στοιχεία αποδίδει τους βαθμούς και το δεκαδικό τμήμα εκτιμάται από τη βοηθητική κλίμακα.

Στο δίσκο των **οριζόντιων γωνιών** υπάρχει δυνατότητα να τεθεί δεδομένη ένδειξη και ταυτόχρονα να σκοπεύεται δεδομένος στόχος. Συνηθισμένη εφαρμογή αποτελεί η τοποθέτηση της ένδειξης 0 σε δεδομένο αρχικό σημείο μέτρησης γωνιών. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι :

α. Περιστρέφοντας το όργανο γύρω από τον πρωτεύοντα άξονα και παρατηρώντας τις ενδείξεις από το οπτικό μικρόμετρο. Φέρνουμε το τηλεσκόπιο σε θέση τέτοια ώστε χονδρικά να είναι κοντά στο 0. Ακινητοποιούμε το όργανο με τον ανασταλτικό κοχλία οριζόντιων γωνιών. Με τη βοήθεια του μικροβατικού οριζόντιων γωνιών επιτυγχάνεται να τοποθετηθεί η επιθυμητή ένδειξη στον οριζόντιο κύκλο. Όλα τα όργανα διαθέτουν σύστημα με το οποίο ο οριζόντιος κύκλος ακολουθεί την περιστροφή του οργάνου χωρίς να μεταβάλλονται οι ενδείξεις. Άλλα όργανα το έχουν με μορφή «πεταλούδας» και άλλα με μορφή δύο πρόσθετων κοχλίων (ανασταλτικού και μικροβατικού).

β. Χρησιμοποιώντας τη πεταλούδα ή απασφαλίζοντας τον πρόσθετο ανασταλτικό κοχλία και με τη βοήθεια της διάταξης χονδρικής σκόπευσης κατευθύνουμε το τηλεσκόπιο προς τον επιθυμούμενο στόχο. Το όργανο θα δείχνει την ίδια ένδειξη σε όλες τις θέσεις. Με τον μικροβατικό σκοπεύουμε τον στόχο, ώστε το κατακόρυφο νήμα του σταυρονήματος να τον διχοτομεί. Απενεργοποιούμε τη διάταξη με την οποία είχαμε υποχρεώσει το όργανο να δείχνει σε κάθε θέση την δεδομένη ένδειξη.

Στα τοπογραφικά όργανα τελευταίας γενιάς, τα ηλεκτρομαγνητικά, η τοποθέτηση σε δεδομένο στόχο της ένδειξης 0 γίνεται με απλό πάτημα ενός πλήκτρου. Υπάρχει επίσης δυνατότητα κράτησης δεδομένης ένδειξης (HOLD), ώστε κατευθύνοντας το τηλεσκόπιο στον επιλεγμένο στόχο να αποδοθεί η επιθυμούμενη ένδειξη.

3.8. Μέθοδοι μέτρησης οριζοντίων γωνιών

Για να επιτευχθούν τα καλλίτερα δυνατά αποτελέσματα κατά τη μέτρηση οριζόντιων γωνιών, εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι παρατήρησης, ανάλογα με το διαθέσιμο όργανο και την επιδιωκόμενη ακρίβεια.

1. Όταν από ένα σημείο πρέπει να μετρηθεί μία γωνία τότε εφαρμόζονται :

α) Απλή μέθοδος

Αν σκοπευθούν διαδοχικά τα δύο αυτά σημεία και από τη δεύτερη ανάγνωση αφαιρεθεί η πρώτη θα προκύψει η επιθυμητή δεξιόστροφη γωνία.

Για καλλίτερα αποτελέσματα τοποθετούμε το τηλεσκόπιο σε δεύτερη θέση τηλεσκοπίου και στρέφοντας αριστερόστροφα σκοπεύουμε με αντίθετη σειρά τους στόχους και καταγράφουμε τις αναγνώσεις.

Η μέση τιμή των αναγνώσεων κατά τη σκόπευση κάθε στόχου σε πρώτη και δεύτερη θέση τηλεσκοπίου αντιπροσωπεύει τη τιμή της σκόπευσης του κάθε στόχου και εκ της διαφοράς των δύο τιμών προκύπτει η ζητούμενη γωνία.

Η επιρροή των σφαλμάτων

- α. λόγω εσφαλμένης κατακορύφωσης του πρωτεύοντα άξονα
- β. εσφαλμένης διαίρεσης του κύκλου
- γ. σφαλμάτων παρατήρησης, που οφείλονται στον χειριστή

παραμένει στο αποτέλεσμα της μέτρησης με τη μέθοδο αυτή. Για το λόγο αυτό συνήθως χρησιμοποιείται η μέτρηση κατά περιόδους.

β) μέτρηση κατά περιόδους

Έστω ότι αποφασίστηκε να μετρηθεί μία γωνία n φορές.

Κεντρώνεται οριζοντιώνεται το όργανο, τοποθετείται ένδειξη κοντά στο 0 στον οριζόντιο κύκλο και σκοπεύεται ο πρώτος στόχος και ο δεύτερος στόχος και καταγράφονται οι ενδείξεις.

Τοποθετείται το τηλεσκόπιο σε δεύτερη θέση και επαναλαμβάνονται οι σκοπεύσεις όπως προαναφέρθηκε.

Ολοκληρώθηκε η πρώτη περίοδος.

Τοποθετείται το τηλεσκόπιο σε πρώτη θέση.

Μετακινείται ο οριζόντιος κύκλος στην ένδειξη $200 / n$ περίπου, σκοπεύεται ο πρώτος στόχος και επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται n φορές.

Η τελική τιμή θα είναι $\alpha = [\alpha_i] / n$

γ) επαναληπτική μέθοδο

Καλλίτερη ακρίβεια στη μέτρηση μεμονωμένων γωνιών επιτυγχάνεται με την μέθοδο αυτή. Η τιμή της γωνίας προστίθεται κατά μηχανικό τρόπο n φορές χωρίς να ληφθούν οι ενδιάμεσες αναγνώσεις.

Σκοπεύουμε σε πρώτη θέση τηλεσκοπίου τον αριστερό στόχο και λαμβάνουμε την αρχική ανάγνωση. Μετά σκοπεύουμε τον δεύτερο στόχο.

Στερεώνουμε τον οριζόντιο κύκλο, ώστε να περιστρέφεται μαζί με το όργανο και η ανάγνωση να μη μεταβάλλεται και σκοπεύουμε το πρώτο σημείο. Ελευθερώνουμε τον κύκλο, περιστρέφουμε το όργανο και σκοπεύουμε τον δεύτερο στόχο.

Η εργασία επαναλαμβάνεται μέχρι να συμπληρωθεί το επιθυμητό πλήθος επαναλήψεων, οπότε λαμβάνεται και η τελική ανάγνωση προς το δεύτερο σημείο.

Κάνουμε αναστροφή-περιστροφή του τηλεσκοπίου (δεύτερη θέση τηλεσκοπίου) και επαναλαμβάνεται η ίδια εργασία αρχίζοντας από το δεύτερο σημείο και κινούμενοι αριστερόστροφα. Πρέπει να πραγματοποιηθεί ο ίδιος αριθμός επαναλήψεων. Από τις αναγνώσεις αυτές αφαιρούνται 200g και λαμβάνονται οι αντίστοιχες μέσες τιμές.

Η τελική τιμή θα είναι $\alpha = ((L_2 - L_1) + k * 400) / n$ όπου $L_1 - L_2$ οι αντίστοιχες μέσες τιμές. Βέβαια θα πρέπει να προσεχθεί αν πρέπει να προστεθεί πολλαπλάσιο των

400g πριν τη διαίρεση.

2. Όταν από ένα σημείο πρέπει να μετρηθούν περισσότερες από μία γωνίες τότε εφαρμόζονται :

α) Μέθοδος διευθύνσεων

Μεταξύ των διευθύνσεων που αρχίζουν από το σημείο στάσης προς τους στόχους, εκλέγεται εκείνη η διεύθυνση που προσφέρεται για την καλλίτερη σκόπευση σαν διεύθυνση αναφοράς ή αρχική διεύθυνση.

Αρχίζοντας από τη διεύθυνση αυτή, κινούμενοι δεξιόστροφα και σε πρώτη θέση τηλεσκοπίου, παρατηρούνται οι στόχοι και καταγράφονται οι αναγνώσεις του οριζώντιου κύκλου.

Γίνεται αναστροφή-περιστροφή του τηλεσκοπίου και παρατηρούνται οι στόχοι κινούμενοι κατ αντίθετη πορεία, αριστερόστροφα, μέχρι σκοπεύσεως της αρχικής διεύθυνσης. Οι ενδείξεις που καταγράφηκαν αποτελούν τις μετρήσεις μίας περιόδου.

Αν έχει οριστεί να μετρηθούν n περίοδοι, τότε πριν από την έναρξη κάθε περιόδου ο κύκλος θα πρέπει να μετατίθεται κατά $200/n$ βαθμούς.

Ο μέσος όρος των αναγνώσεων σε πρώτη και δεύτερη θέση τηλεσκοπίου δίνει τη μέση τιμή της κάθε σκόπευσης. Η διαφορά της ένδειξης αναφοράς από κάθε μία από τις ενδείξεις των σκοπεύσεων που έχουν καταγραφεί σε μία περίοδο δίνει τη μέση ανηγμένη τιμή. Η μέση τιμή των αντιστοίχων ανηγμένων τιμών στο σύνολο των περιόδων δίνει τη γενική μέση τιμή.

β) μέθοδος όλων των συνδυασμών ή του Schreiber

Άλλη περισσότερο πολύπλοκη μέθοδος που μπορεί να εφαρμοστεί για πολλές διευθύνσεις είναι η μέθοδος Schreiber. Μετρούνται οι μεμονωμένες γωνίες που σχηματίζονται από τις διάφορες διευθύνσεις με όλους τους δυνατούς ανά δύο συνδυασμούς. Με αυτή τη διαδικασία πραγματοποιείται ίδιο πλήθος παρατηρήσεων και επομένως ενιαία ακρίβεια σε όλες τις γωνίες του σημείου στάσης.

3. Μέθοδος των τομέων

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε τριγωνομετρικά δίκτυα. Πραγματοποιείται με διαδοχικές αναγνώσεις σε καθορισμένους τομείς του διηρημένου κύκλου. Η μέτρηση των γωνιών των τομέων γίνεται με τη μέθοδο των επαναλήψεων και κατανέμεται το σφάλμα κλεισίματος εξ ίσου σε όλες τις μετρούμενες γωνίες. Οι ενδιάμεσες γωνίες που βρίσκονται μέσα στους τομείς μετρούνται με τη μέθοδο διευθύνσεων. Μεγαλύτερη ανάλυση θα πραγματοποιηθεί στο 3^ο εξάμηνο, όπου γίνεται αναφορά στα δίκτυα και επιλύσεις αυτών και δεν κρίνεται σκόπιμη στις παρούσες σημειώσεις.

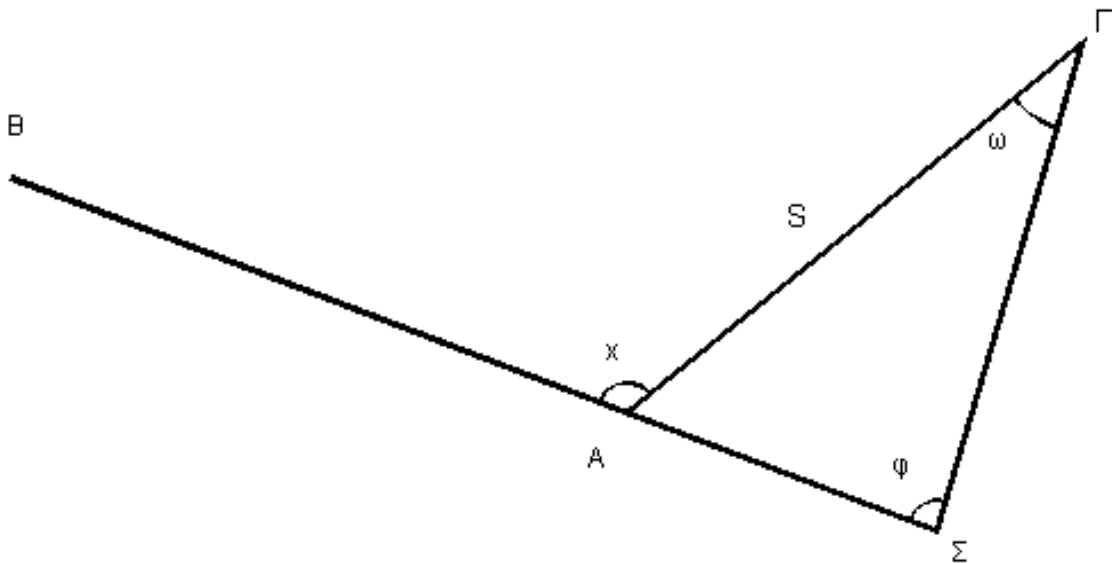
4. Έκκεντρη στάση

Όταν το τοπογραφικό όργανο δεν είναι δυνατόν να τοποθετηθεί στο σημείο A και τοποθετείται σε σημείο Σ σε απόσταση d , η ζητούμενη γωνία X υπολογίζεται σε σχέση με τις γωνίες φ και ω .

$$X = \varphi + \omega$$

$\eta\mu\omega = (d * \eta\mu\varphi)/S$ εκ της σχέσεως προκύπτει η τιμή της γωνίας ω , με τη προϋπόθεση ότι είναι γνωστά τα μήκη d και S (δύνανται να μετρηθούν άμεσα ή

έμμεσα)



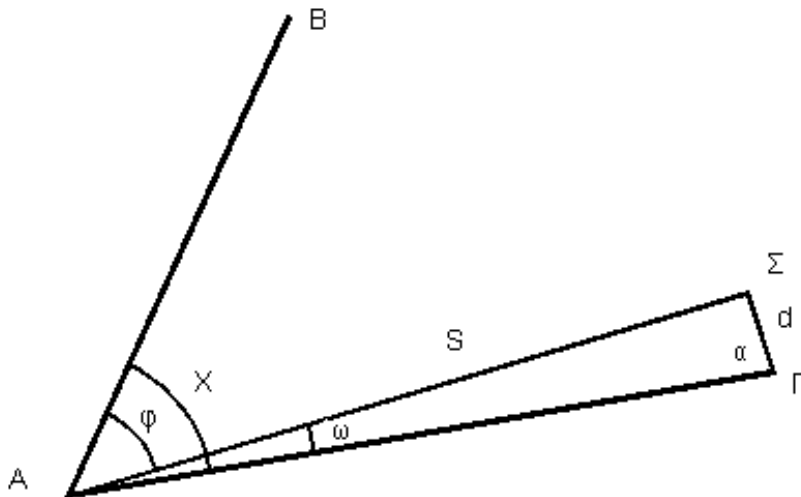
5. Έκκεντρο σημείο

Όταν από τη κορυφή A δεν είναι δυνατόν να σκοπευθεί το σημείο Γ, ώστε να μετρηθεί η γωνία X, τότε σκοπεύεται σημείο Σ και μετρούνται οι γωνίες φ και α και οι αποστάσεις S και d (άμεσα ή έμμεσα).

$$X = \varphi + \omega$$

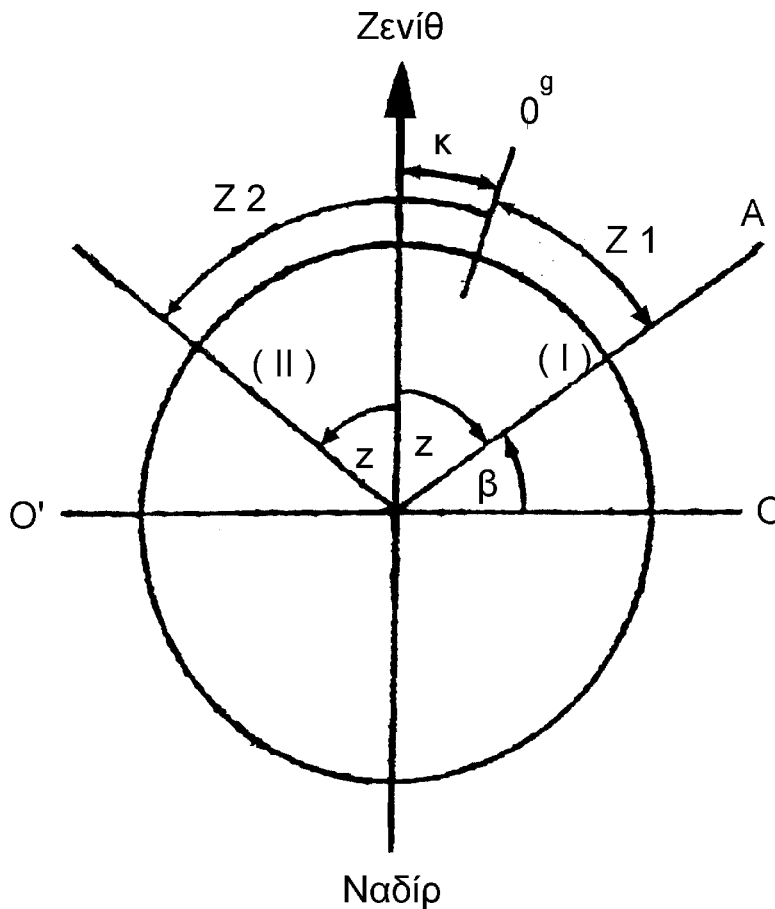
ημω = (d * ημα)/S εκ της σχέσεως προκύπτει η τιμή της γωνίας ω.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η γωνία ω και στις δύο περιπτώσεις μπορεί να είναι θετική ή αρνητική ανάλογα με τη θέση του βοηθητικού σημείου Σ.



3.9. Μέτρηση κατακόρυφων γωνιών

Η κατακόρυφη γωνία, καθορίζει τη θέση του σκοπευτικού άξονα του τηλεσκοπίου σε σχέση με τη κατακόρυφο. Στη περίπτωση αυτή ονομάζεται ζενιθία απόσταση z . Αν η θέση του σκοπευτικού άξονα ορίζεται σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο τότε ονομάζεται γωνία ύψους β .



Σφάλμα λόγω εκκεντρότητας των κύκλων είναι το προερχόμενο εκ της μη ταύτισης του άξονος περιστροφής του διηρημένου κύκλου από το σημείο που ορίζεται από τις συγκλίνουσες χαραγές των υποδιαιρέσεων.

Έλεγχος και ρύθμιση των δεικτών του κατακόρυφου κύκλου είναι η διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί, ώστε η ένδειξη 0^g ή 100^g του κατακόρυφου κύκλου (ανάλογα με την αριθμηση του κατακόρυφου κύκλου του οργάνου), να είναι στην κατάλληλη θέση, όταν ο σκοπευτικός άξονας του τηλεσκοπίου είναι σε οριζόντια θέση.

Σε αντίθεση με ότι συμβαίνει στο οριζόντιο κύκλο όπου η ανάγνωση που αντιστοιχεί σε μία διεύθυνση απαλλάσσεται από το σφάλμα εκκεντρότητας, όταν γίνονται αντιδιαμετρικές αναγνώσεις, στον κατακόρυφο κύκλο για να απαλειφθεί αυτό το σφάλμα όχι μόνο πρέπει να υπάρξουν αντιδιαμετρικές αναγνώσεις αλλά επί πλέον οι σκοπεύσεις πρέπει να γίνονται σε δύο θέσεις τηλεσκοπίου και να λαμβάνεται η μέση τιμή των δύο αποτελεσμάτων.

Στα σύγχρονα θεοδολικά η τιμή του σφάλματος εκκεντρότητας έχει μειωθεί σημαντικά.

Όταν σκοπεύεται σημείο Α σε πρώτη θέση τηλεσκοπίου, εξ αιτίας του σφάλματος δείκτη Κ, η ανάγνωση Z_1 που καταγράφεται είναι εσφαλμένη κατά το σφάλμα αυτό.

$$Z_1 = Z - K$$

Αν ο σκοπευτικός άξων του τηλεσκοπίου έλθει στη δεύτερη θέση σχηματίζεται γωνία Ζ με τη κατακόρυφο. Η ανάγνωση Z_2 στη θέση αυτή είναι εσφαλμένη κατά το αυτό σφάλμα δείκτη Κ εφ' όσον η θέση των δεικτών παραμένει αμετάβλητη, αλλά με **αντίθετο** πρόσημο.

$$Z_2 = Z + K$$

Από τις σχέσεις προκύπτει

$$Z = (Z_1 + Z_2) / 2 \quad \text{και} \quad K = (Z_2 - Z_1) / 2$$

Η αληθής τιμή της γωνίας Ζ του σκοπευτικού άξονα με την κατακόρυφο προκύπτει ως η μέση τιμή των αναγνώσεων του κατακόρυφου κύκλου στις δύο θέσεις του τηλεσκοπίου. Η τιμή σφάλματος δείκτη προσδιορίζεται ως η ημιδιαφορά των αναγνώσεων.

Στα σύγχρονα όργανα η αποκατάσταση του σφάλματος της κατεύθυνσης των δεικτών του κατακόρυφου κύκλου μπορεί να γίνει αυτόματα με τη βοήθεια **ισοσταθμιστή**.

Αποτελεί σοβαρό **πλεονέκτημα** ο εφοδιασμός των οργάνων με **ισοσταθμιστή** διότι εκτός των προαναφερομένων ελαττώνει τον χρόνο που απαιτείται για τη μέτρηση των κατακόρυφων γωνιών.

Η τελική τιμή, με τη προαναφερθείσα διαδικασία, απαλλάσσεται από όλα τα σφάλματα, εκτός από

- α. το σφάλμα καθετότητας του δευτερεύοντος άξονος προς τον κατακόρυφο κύκλο
- β. το σφάλμα διαιρέσεως του κατακόρυφου κύκλου
- γ. το σφάλμα εκτιμήσεων των αναγνώσεων.

Τα δύο πρώτα είναι μικρά για τα σύγχρονα όργανα, ενώ το τελευταίο περιορίζεται με επανάληψη των μετρήσεων.

3.10. Ορθόγωνα

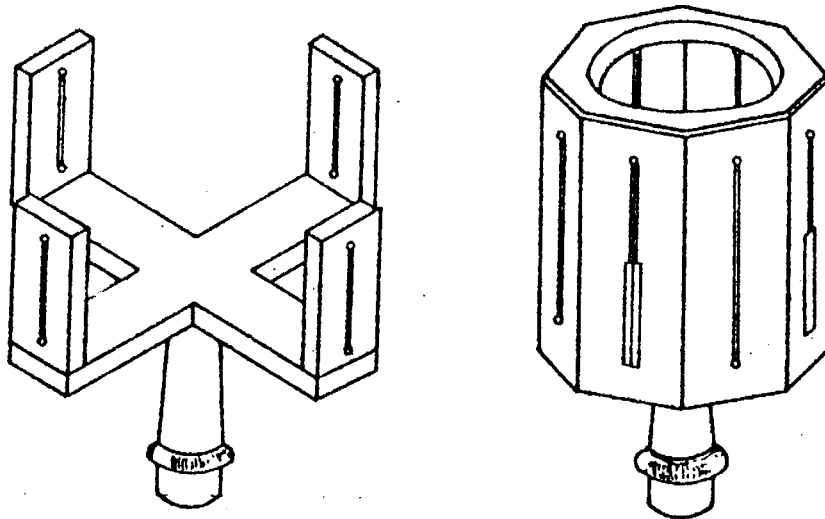
Ορθόγωνα είναι τα μικρού κόστους γωνιομετρικά όργανα, **περιορισμένης** ακρίβειας, που όπως φαίνεται και από την ονομασία τους, χρησιμοποιούνται για τη χάραξη ορθών γωνιών. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης για πύκνωση και επέκταση ευθυγραμμίας, όπως και για ορισμό σημείων, τα οποία βρίσκονται σε περιφέρεια δεδομένης διαμέτρου.

Τα ορθόγωνα διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες

- α) διοπτρικά
- β) κατοπτρικά
- γ) πρισματικά

α) Διοπτρικά Ορθόγωνα

Βασίζονται στο νόμο της ευθύγραμμης πορείας του φωτός. Η σκοπευτική διάταξη υλοποιείται από δύο σχισμές που ορίζουν ευθεία, η οποία διέρχεται από το κέντρο του οργάνου. Διακρίνονται σε κυλινδρικά, πρισματικά, σφαιρικά. Η ακρίβεια είναι μικρή. Σήμερα δεν χρησιμοποιούνται.



β) Κατοπτρικά Ορθόγωνα

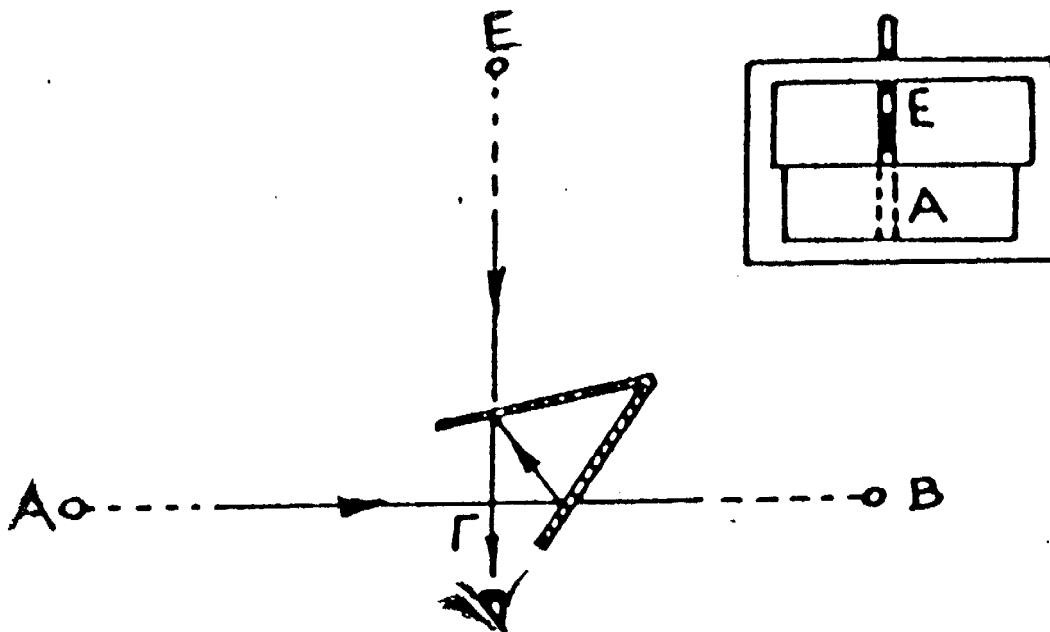
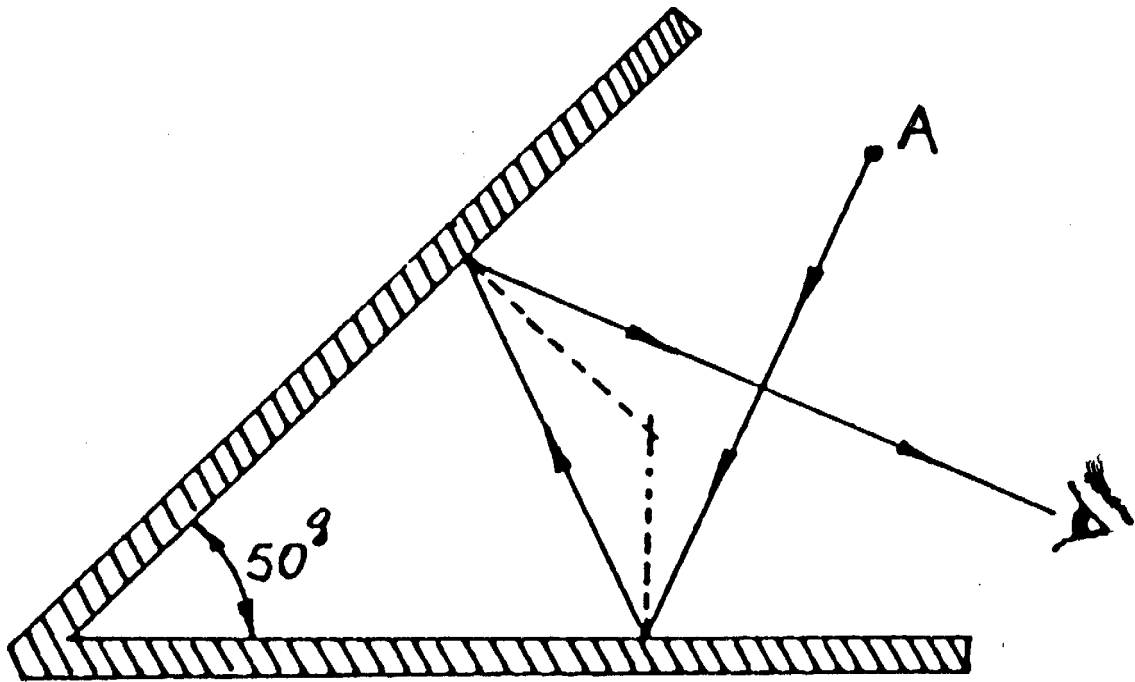
Η λειτουργία τους στηρίζεται στην ανάκλαση του φωτός σε δύο καθρεφτάκια, τα οποία είναι κάθετα στο ίδιο επίπεδο (προσοχή όχι κάθετα μεταξύ τους).

Η γωνία που θα σχηματιστεί μεταξύ της αρχικής και τελικής διεύθυνσης της φωτεινής ακτίνας θα είναι διπλάσια της γωνίας που σχηματίζουν τα δύο καθρεφτάκια. Αν ρυθμιστεί ή εκ κατασκευής οριστεί, ώστε η σχηματιζόμενη γωνία των δύο κατόπτρων να είναι 50 g, τότε η τελική ακτίνα που βγαίνει είναι κάθετη προς την αρχική.

Στα τοιχώματα του οργάνου είναι στηριγμένα τα καθρεφτάκια και καταλαμβάνουν το μισό ύψος του οργάνου. Στο υπόλοιπο υπάρχουν θυρίδες για παρατήρηση των ακοντίων. Με τον τρόπο αυτό ο μεν ένας στόχος παρατηρείται άμεσα, μέσα από τη θυρίδα,

ο δε άλλος μετά από διπλή ανάκλαση της δέσμης. Όταν οι δύο στόχοι συμπέσουν τότε η γωνία που σχηματίζεται με κορυφή τον κατακόρυφο άξονα του οργάνου και διευθύνσεις τους δύο στόχους είναι ορθή.

Σε ένα καλό κατοπτρικό ορθόγωνο τα καθρεφτάκια, πρέπει να είναι επίπεδα (ώστε να μη δίνουν παραμορφωμένα είδωλα), κατακόρυφα (κάθετα στο ίδιο επίπεδο) και να σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 50° .



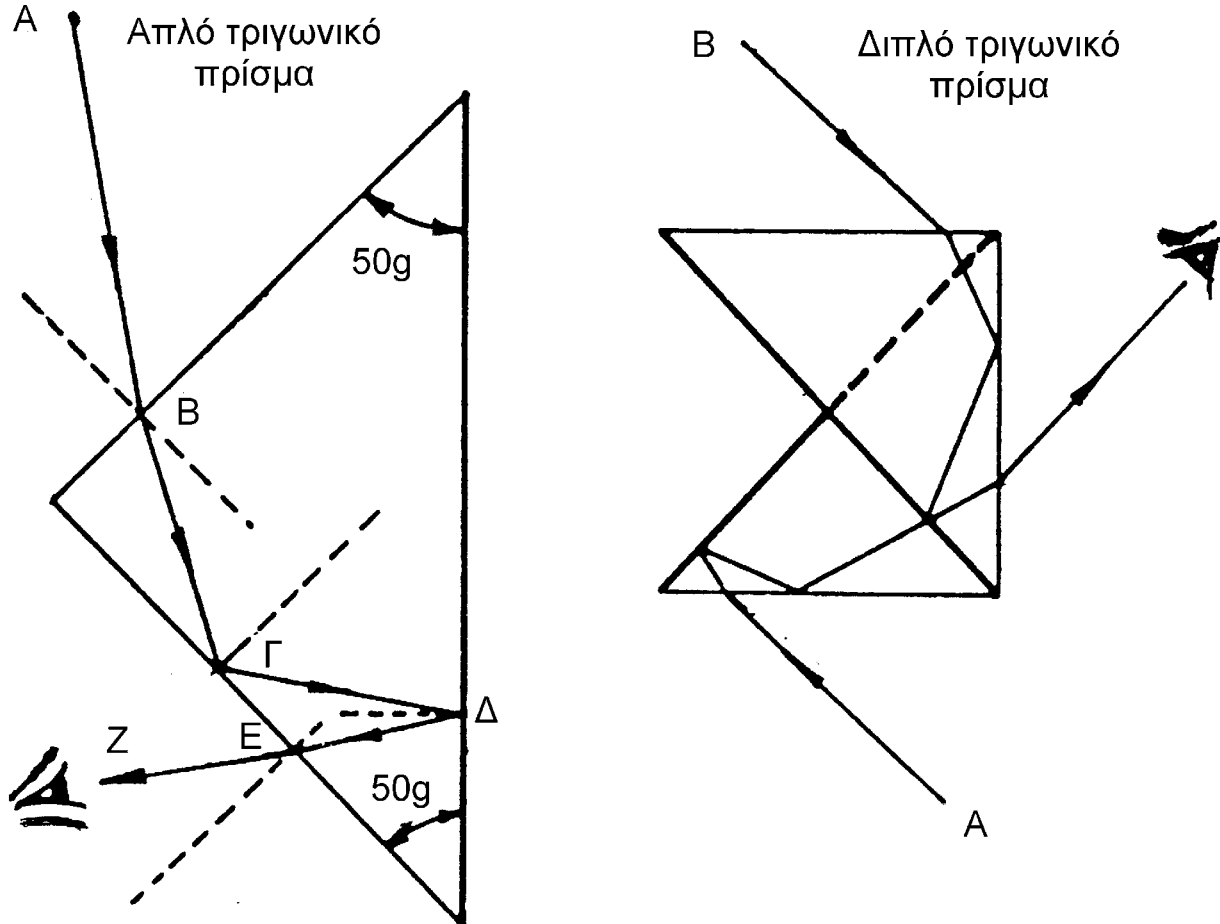
γ) Πρισματικά ορθόγωνα

Στηρίζονται στους νόμους διάθλασης του φωτός και αποτελούνται από διαφανές γυάλινο πρίσμα, στις επιφάνειες του οποίου, το φως υφίσταται ολική ανάκλαση.

Διακρίνονται

- α) απλά τριγωνικά
- β) διπλά τριγωνικά
- γ) απλά πενταπρίσματα
- δ) διπλά πενταπρίσματα

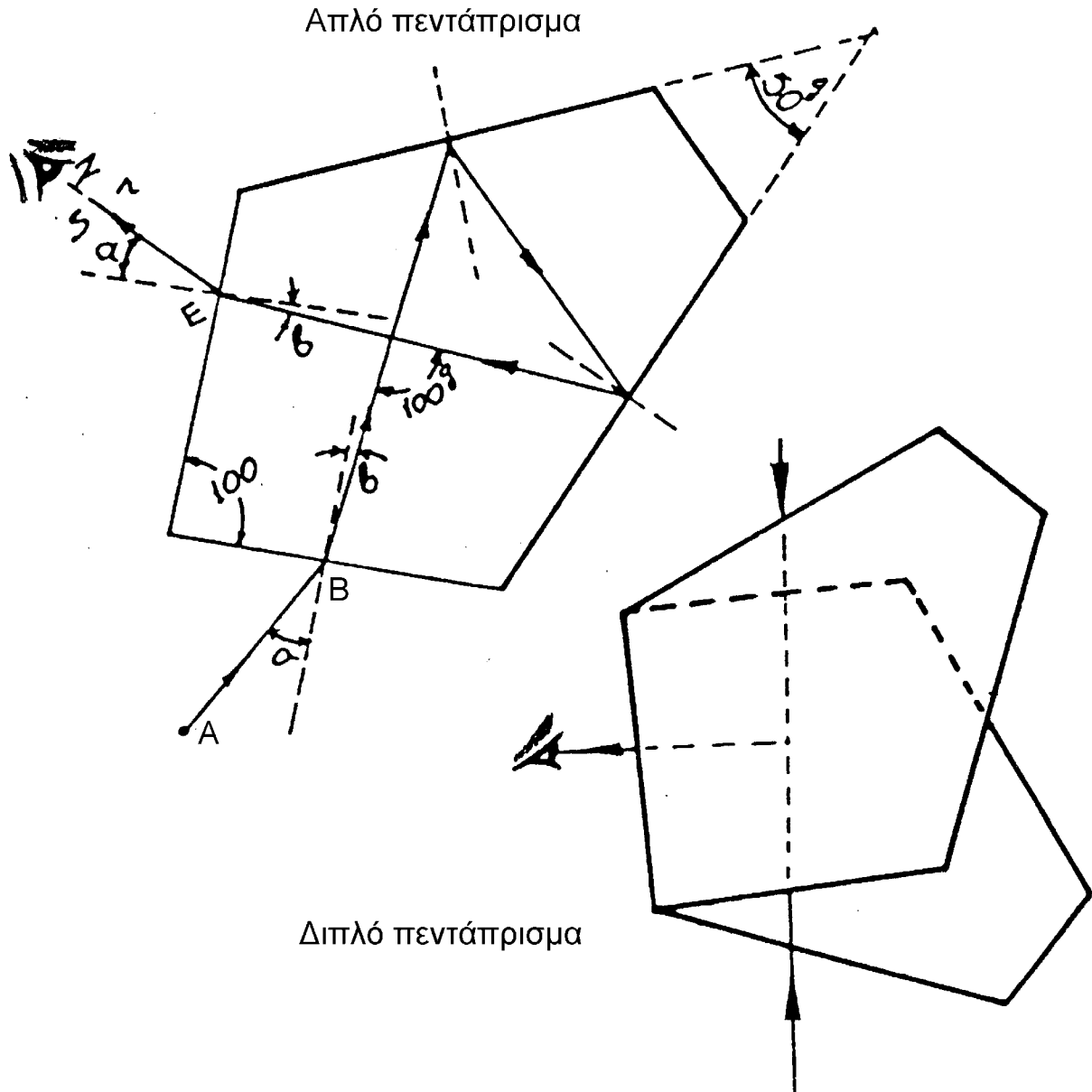
Τα τριγωνικά έχουν μειονέκτημα στη σταθερότητα της σχηματιζόμενης γωνίας μεταξύ εισερχόμενης και εξερχόμενης ακτίνας. Πρακτικά έχουν αντικατασταθεί από πενταπρίσματα. Το διπλό τριγωνικό πρίσμα αποτελείται από δύο απλά τριγωνικά που είναι τοποθετημένα το ένα πάνω από το άλλο.



Το απλό πεντάπρισμα εκτός από τις βάσεις του, έχει πέντε κατακόρυφες έδρες. Χρησιμοποιούνται οι τέσσερες, εκ των οποίων οι δύο είναι αδιαφανείς και σχημα-

τίζουν γωνία 50° . Οι άλλες δύο είναι διαφανείς και σχηματίζουν γωνία 100° .

Το διπλό πεντάπρισμα αποτελείται από δύο απλά πενταπρίσματα, τα οποία είναι τοποθετημένα το ένα πάνω από το άλλο. Κάτω και πάνω από τις συμπίπτουσες επιφάνειες, υπάρχουν θυρίδες, ώστε να παρατηρούνται απευθείας οι στόχοι που βρίσκονται μπροστά από την ευθυγραμμία, η οποία ορίζεται από τους στόχους που εμφανίζονται μετά την ανάκλαση, στο οπτικό πεδίο του πρίσματος του κατακόρυφου οργάνου.



Πλεονεκτήματα πενταπρίσματος

- α) μεγαλύτερο οπτικό πεδίο - φωτεινά είδωλα
- β) η κορυφή της ορθής γωνίας βρίσκεται εντός του πρίσματος (μηδενίζεται το σφάλμα εκκεντρότητας)
- γ) οι προσπίπτουσες ακτίνες προσεγγίζουν την κάθετο στις επιφάνειες

του πρίσματος (αναμενόμενο σφάλμα μικρό).

3.11. Χρήση ορθογώνου

α) Απλού ορθογώνου

Με το απλό ορθόγωνο μπορούν να αντιμετωπισθούν τα προβλήματα

1) Να χαραχθεί κάθετος προς ευθεία AB σε ορισμένο σημείο

2) Από σημείο Γ που βρίσκεται εκτός ευθυγραμμίας AB, να χαραχθεί κάθετος επί αυτής.

β) Διπλού ορθογώνου

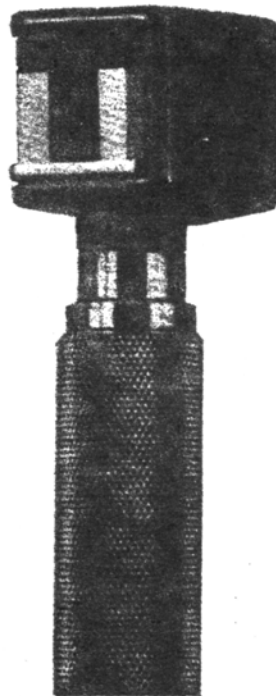
Εκτός από τις εργασίες που γίνονται με το απλό ορθόγωνο, το διπλό δίνει τη δυνατότητα να αντιμετωπισθούν και τα προβλήματα

1) Σε μία ευθυγραμμία AB να ορισθεί σημείο Γ, το οποίο να βρίσκεται επί αυτής και μεταξύ των σημείων AB (πύκνωση ευθυγραμμίας).

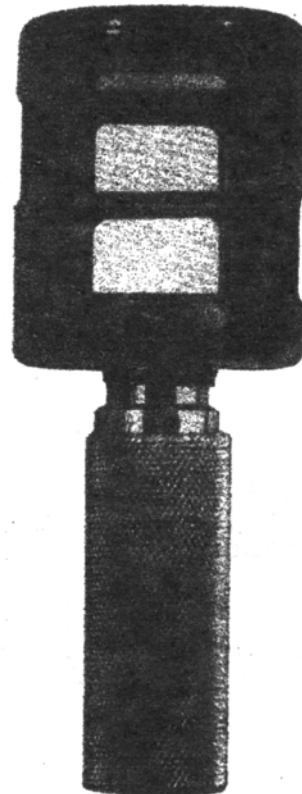
2) Να ορισθεί σημείο, το οποίο να βρίσκεται στη προέκταση δεδομένης ευθυγραμμίας (επέκταση ευθυγραμμίας).

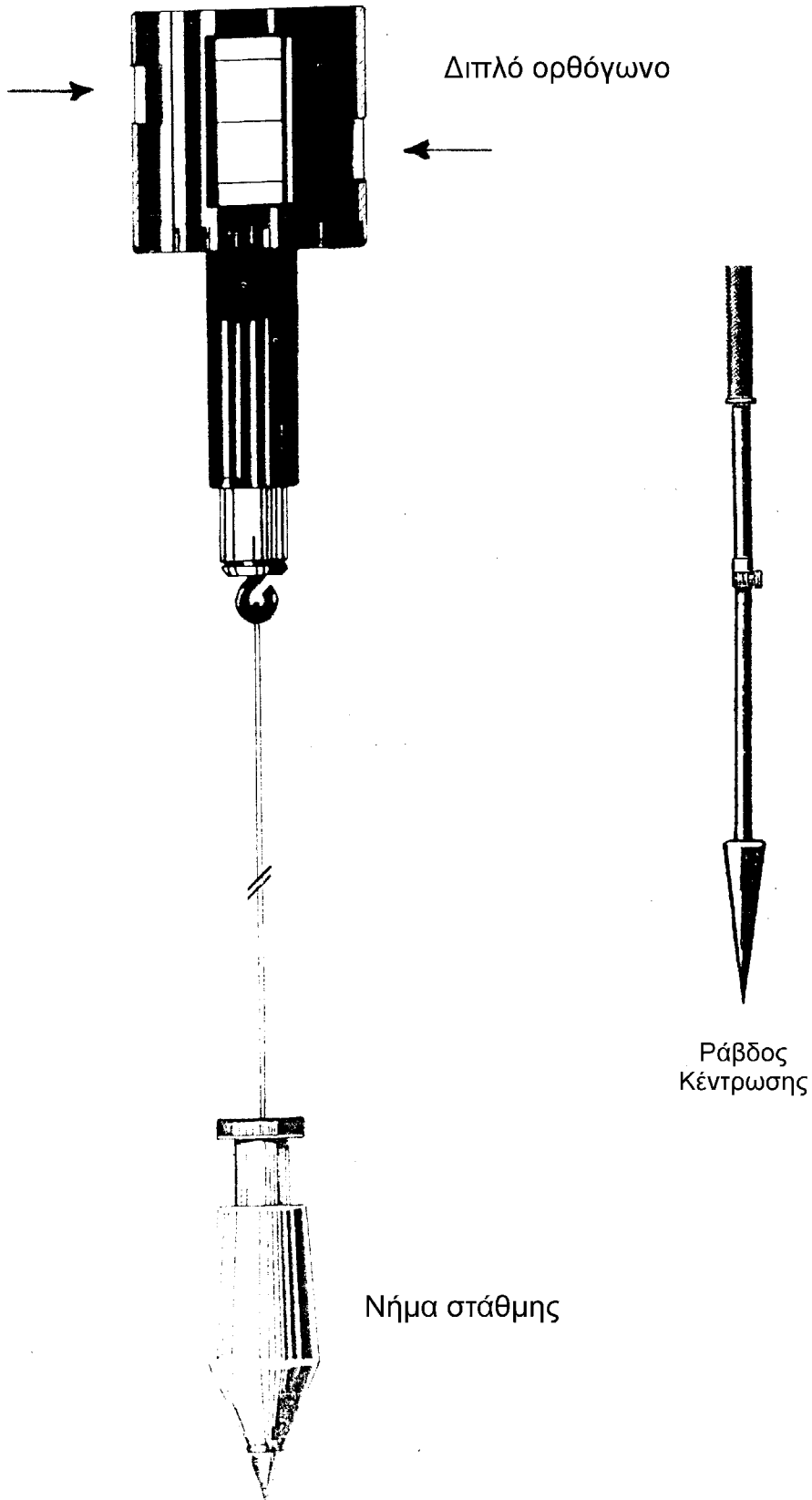
Η ακρίβεια στη χάραξη ορθών γωνιών με το ορθόγωνο είναι της τάξης $\pm 2c$ μέχρι $\pm 4c$. Για να υπάρχει οριζοντιογραφική ακρίβεια της τάξης των $\pm 2cm$ στο προσδιοριζόμενο σημείο θα πρέπει η απόστασή του να μην υπερβαίνει τα 50m.

Απλό
ορθόγωνο



Διπλό
ορθόγωνο





Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 4

ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ

4.1 Γενικά

Η μέτρηση της απόστασης μεταξύ δύο σημείων, είναι εργασία εξ ίσου σοβαρή με εκείνη των γωνιομετρήσεων.

Μία απόσταση μπορεί να μετρηθεί

- α. Άμεσα : σύγκριση της απόστασης με γνωστό μήκος
- β. Έμμεσα : υπολογισμός δια συνδυασμού μετρήσεων
- γ. Γραφικά : από τοπογραφικό διάγραμμα

Ανάλογα με τα όργανα που χρησιμοποιούνται, οι μέθοδοι κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες

- α. μηχανική
- β. οπτική
- γ. ηλεκτρομαγνητική

Στη Τοπογραφία (μικρής έκτασης αποτυπώσεις) το ανάγλυφο του εδάφους προβάλλεται σε οριζόντιο επίπεδο. Τα μήκη και εμβαδά υπολογίζονται κατά παραδοχή τα προκύπτοντα στο επίπεδο αυτό.

Πολλές φορές για να μετρηθεί μία απόσταση είναι απαραίτητο να χωρισθεί σε περισσότερα του ενός τμήματα, οπότε η τιμή της ζητούμενης απόστασης, προκύπτει ως άθροισμα των επί μέρους τμημάτων.

4.2 Μηχανική μέθοδος μέτρησης απόστασης - Όργανα

Η μηχανική μέτρηση απόστασης είναι άμεση μέθοδος. Ανάλογα με την ακρίβεια που επιζητείται, χρησιμοποιούνται τα κατάλληλα όργανα, όπως (μετροταινίες, μετραλυσίδες, σύρματα invar). Εφ' όσον η μέθοδος είναι άμεση, θα πρέπει το έδαφος να προσφέρει τη δυνατότητα να μπορεί να περπατηθεί.

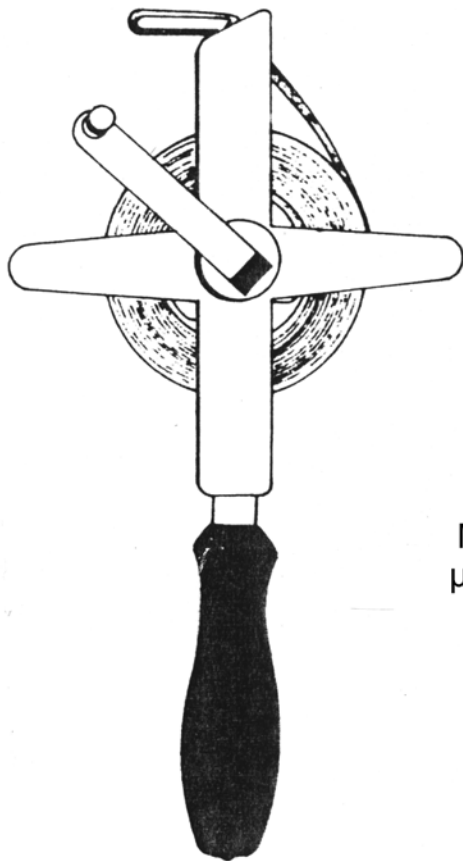
Οι μεταλλικές μετροταινίες είναι συνήθως χαλύβδινες. Η βαθμολόγηση είναι σε μέτρα με τη μηδενική χαραγή άλλοτε σε σημείο της χειρολαβής και άλλοτε σε σημείο της μετροταινίας ανάλογα με την κατασκευάστρια εταιρεία.

Οι ταινίες που είναι κατασκευασμένες από fiberglass είναι ποιοτικώς ισάξιες με τις μεταλλικές.

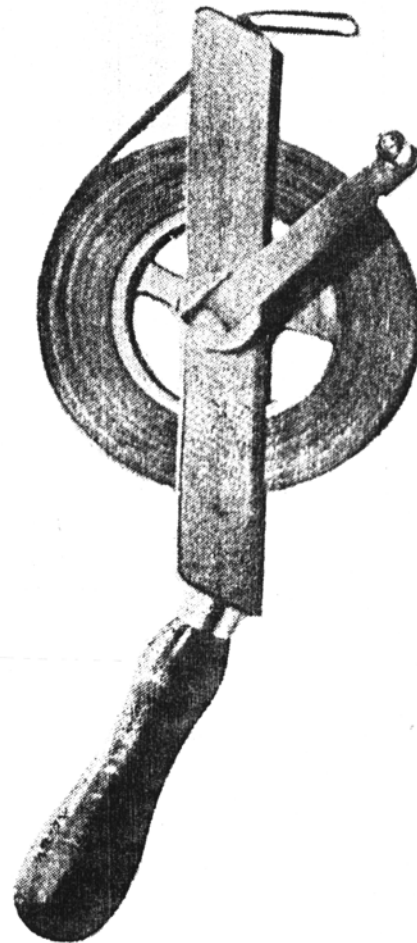
Για μετρήσεις περιορισμένης ακρίβειας χρησιμοποιούνται οι λινές ταινίες. Οι πλαστικές ταινίες, λόγω του μικρού κόστους και της μέσης ακρίβειας που παρέχουν, χρησιμοποιούνται ευρέως.

Τα συνήθη μήκη ταινιών είναι 20,30 και 50 μέτρων. Για να σημειωθεί η χαραγή ακεραίου μέτρου ή ενδιαμέσων υποδιαίρέσεων, χρησιμοποιείται ποικιλία συμβόλων. Είναι διηρημένες ανά 10cm και το κλάσμα ανά 2mm συνήθως. Σε μερικές περιπτώσεις τα

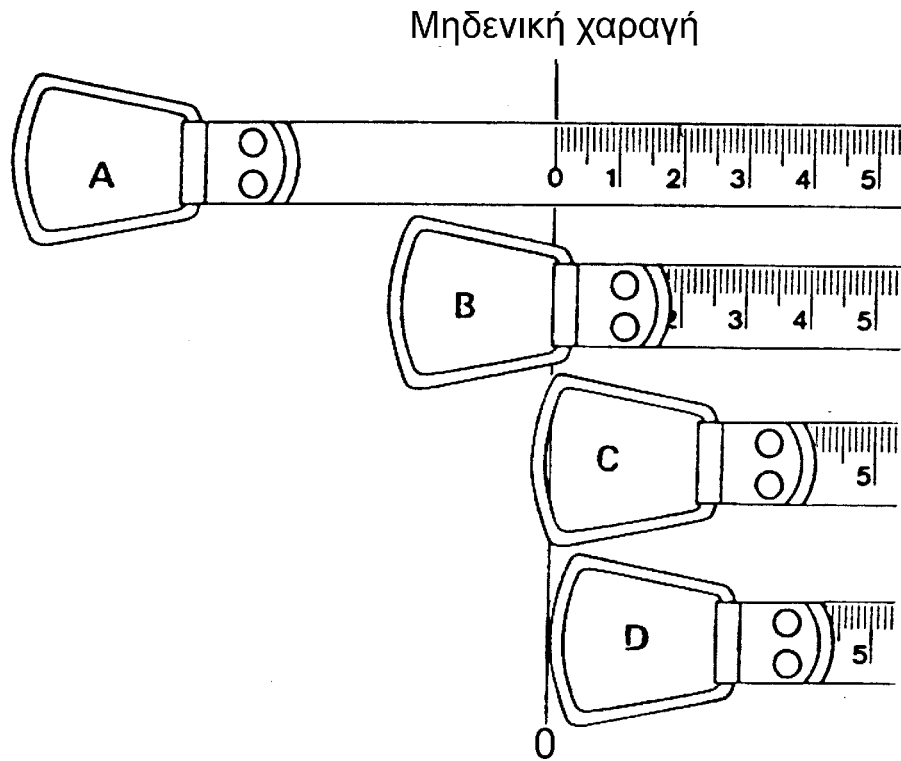
πρώτα μέτρα φέρουν πυκνότερες υποδιαίρεσεις.



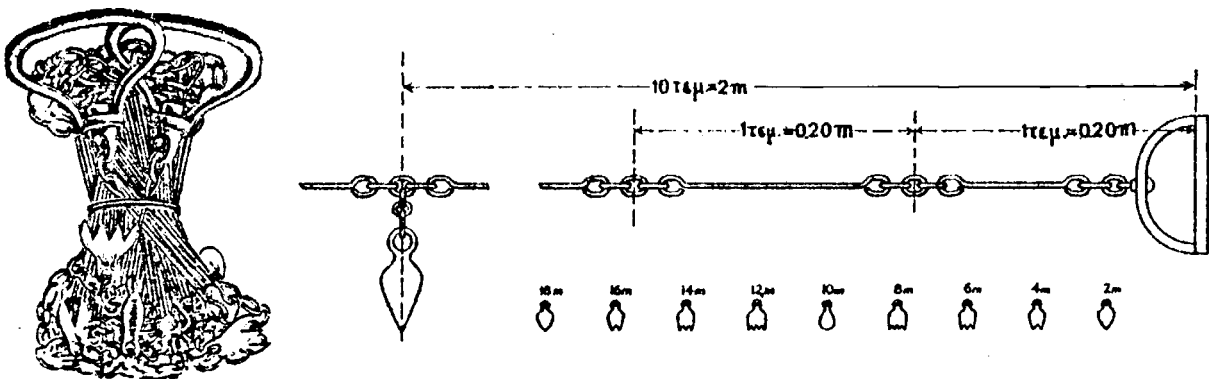
Μεταλλικές
μετροταινίες



Συνήθης μετροταινία
εντός θήκης



Λιγότερο ακριβές αλλά περισσότερο ανθεκτικό όργανο μέτρησης αποστάσεων είναι η μεταλλική αλυσίδα. Έχει μήκος 20 μέχρι 25m. Αποτελείται από ραβδοειδή τεμάχια μήκους 20cm συνήθως, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με δύο ή τρεις κρίκους. Ανά 10 ραβδοειδή τεμάχια υπάρχει μπρούτζινο πλακίδιο, στο οποίο αναγράφεται η ένδειξη που αντιστοιχεί στη θέση αυτή. Χρησιμοποιείται για το προσδιορισμό του βάθους της θάλασσας.



Για μετρήσεις αποστάσεων με μεγάλη ακρίβεια χρησιμοποιούνται σύρματα ή μετροταινίες κατασκευασμένες από ινβάρ (κράμα νικελίου (36χ) και χάλυβα (64χ)). Είναι υλικό με πολύ μικρό συντελεστή θερμικής διαστολής.

Τα μήκη των συρμάτων ή μετροταινιών είναι από 4m μέχρι 100m. Χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με ειδικούς τρίποδες και τίθενται υπό ορισμένη τάση με τη βοήθεια βαρών. Με την εξέλιξη των ηλεκτρονικών οργάνων μέτρησης αποστάσεων, έχει εκτοπιστεί η χρήση των συρμάτων και ταινιών invar.

Για χονδρική μέτρηση αναφέρονται το βηματόμετρο και ο μετρητικός τροχός. Δεν χρησιμοποιούνται, παρά για τυχόν γρήγορο έλεγχο χονδροειδών σφαλμάτων κατά τις μετρήσεις με μετροταινία.

Κατά τη μέτρηση μίας απόστασης με μετροταινία εισάγονται σφάλματα τα οποία μπορεί να είναι συστηματικά ή τυχαία και να οφείλονται

- α. Εσφαλμένο μήκος της μετροταινίας
- β. επίδραση της θερμοκρασίας
- γ. κλίση της μετροταινίας (στις τοποθετήσεις της)
- δ. στην εφαρμοζόμενη τάση στα άκρα της
- ε. στη κάμψη της
- στ. στην εκτίμηση των αναγνώσεων

4.2.1. Μέτρηση απόστασης σε οριζόντιο έδαφος

Αν τα προς μέτρηση σημεία απέχουν περισσότερο από τη δυνατότητα μέτρησης, με χρήση όλου του ανοίγματος της ταινίας, πρέπει να υλοποιηθούν ενδιάμεσα σημεία στο έδαφος, τα οποία να βρίσκονται επί της ευθυγραμμίας. Η διαδικασία χάραξης ευθυγραμμίας περιγράφεται στο επόμενο κεφάλαιο. Η μέτρηση γίνεται με επίθεση της μετροταινίας επί του εδάφους διαδοχικά. Κρίνεται σκόπιμο η μέτρηση της απόστασης να γίνεται δύο φορές (μετάβαση επιστροφή), ώστε να περιορίζονται τα σφάλματα.

4.2.2. Μέτρηση απόστασης σε κεκλιμένο έδαφος

α. Μέθοδος κλιμακιδών

Εφαρμόζεται στα τμήματα που επιτρέπουν την οριζοντίωση της μετροταινίας. Το ολικό μήκος ισούται με το άθροισμα των επί μέρους μετρήσεων.

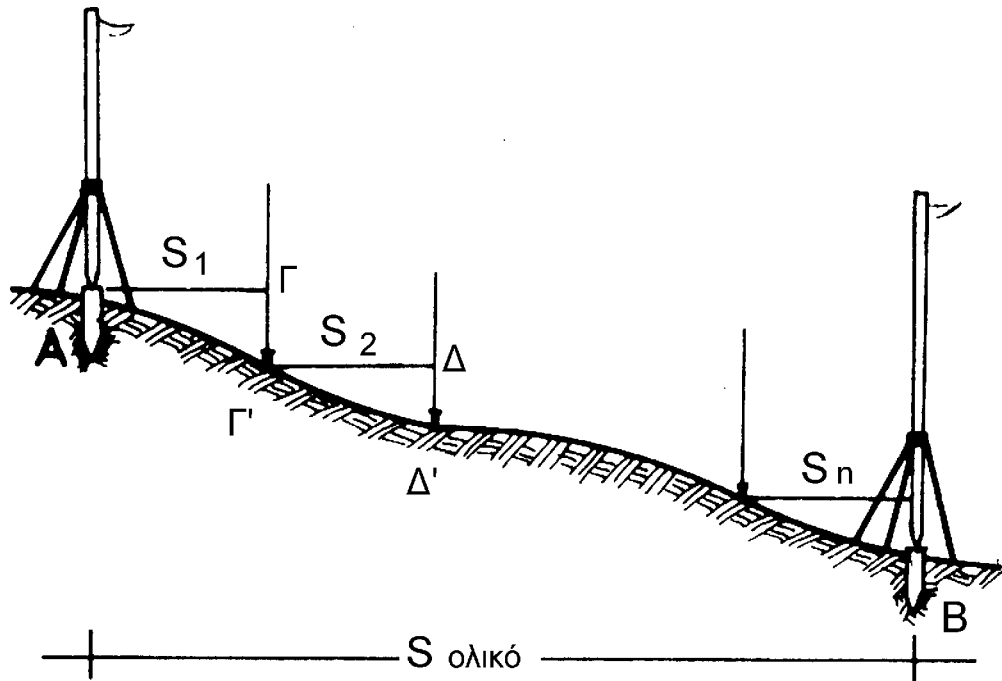
Για την εφαρμογή χρειάζονται δύο βοηθοί. Η αρχή της μετροταινίας (ή μία συμβατική χαραγή) τοποθετείται στο πρώτο σημείο. Η μετροταινία οριζοντιώνεται και το σημείο Γ, με τη βοήθεια νήματος στάθμης, προβάλλεται στο σημείο Γ' του εδάφους.

Η οριζοντίωση επιτυγχάνεται με μετακίνηση πάνω-κάτω της ταινίας από το κατακορυφωμένο ακόντιο ή νήμα στάθμης, που υλοποιεί το ενδιάμεσο σημείο Γ' και λαμβάνεται η ελάχιστη από τις παρατηρούμενες αναγνώσεις. Η διαφορά των δύο αναγνώσεων δίνει το μήκος του πρώτου τμήματος.

Η αρχή της μετροταινίας (ή μία συμβατική χαραγή) τοποθετείται στο σημείο Γ' και επαναλαμβάνεται η ίδια εργασία μέχρι το τελευταίο σημείο Β της ευθυγραμμίας ΑΒ.

Η υλοποίηση των ενδιάμεσων σημείων Γ', Δ' κ.λ.π. γίνεται με ακόντια ή μεταλλικές βελόνες. Οι αναγνώσεις καταγράφονται από τρίτο βοηθό, ο οποίος βρίσκεται στο μέσον περίπου της απόστασης, εκτός ευθυγραμμίας και ελέγχει κατ'εκτίμηση την οριζοντίωση της ταινίας με το μάτι. Η μέτρηση επαναλαμβάνεται δύο φορές (μετάβαση επιστροφή). Τα σημεία πυκνώσεως είναι διαφορετικά κατά τη μετάβαση και την

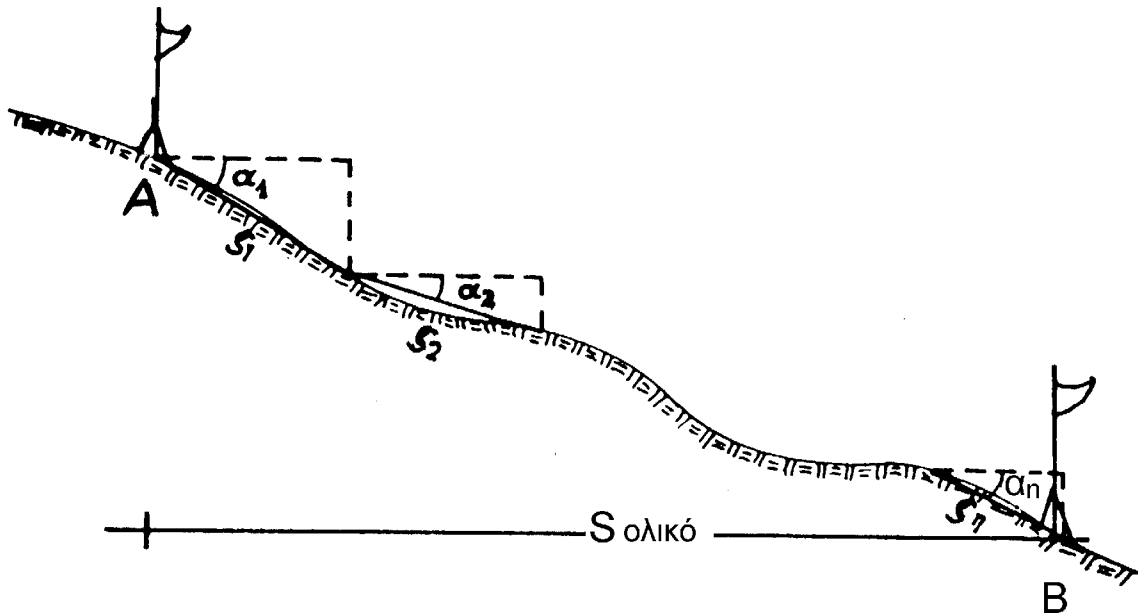
επιστροφή.



β. Μέθοδος με επίθεση

Σε έδαφος με σταθερή κλίση γίνεται μέτρηση της κεκλιμένης απόστασης μεταξύ των δύο σημείων ή των επί μέρους τμημάτων της ευθυγραμμίας AB. Η αναγωγή της κεκλιμένης απόστασης σε οριζόντια γίνεται με βάση της κλίσης της μετρούμενης απόστασης ή των επί μέρους τμημάτων. Οι γωνίες κλίσεως μετρούνται με χρήση κλισιγωνιομέτρου, ή προσδιορίζονται με γεωμετρική χωροστάθμηση. Το ολικό οριζόντιο μήκος θα είναι

$$S_{\text{ολικό}} = S_1 \cdot \cos \alpha_1 + S_2 \cdot \cos \alpha_2 + \dots + S_n \cdot \cos \alpha_n$$



4.3 Οπτική μέθοδος μέτρησης απόστασης – Όργανα

Ο προσδιορισμός της απόστασης γίνεται με έμμεσο τρόπο. Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί και σε δύσκολο έδαφος. Η εκτέλεση των μετρήσεων προϋποθέτει την ύπαρξη ορατότητας μεταξύ των σημείων. Γίνεται χρήση θεοδόλιχου σε συνδυασμό με σταθερό γραμμικό μέγεθος. Είναι ταχύτερες και άνετες σε σχέση με τις μηχανικές για μεσαίες αποστάσεις σε δύσκολο έδαφος.

Η αρχή της μεθόδου βασίζεται στη μέτρηση γωνίας, υπό την οποία φαίνεται σταθερό μήκος, το οποίο είναι κάθετο στη διεύθυνση της προς μέτρηση απόστασης, στο τέλος αυτής. Η παρατηρούμενη γωνία λέγεται παραλλακτική γωνία.

Μέθοδοι οπτικής μέτρησης αποστάσεων είναι

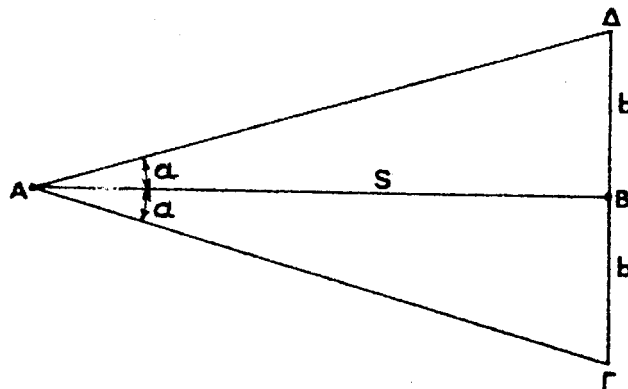
- α. Παραλλακτική
- β. Ταχυμετρική

α. Παραλλακτική μέθοδος

Στη μέθοδο διατηρείται σταθερό το μήκος της βάσης (συνήθως 2m) και γίνεται μέτρηση της γωνίας εκ της οποίας προκύπτει η οριζόντια απόσταση μεταξύ των σημείων A και B.

$$S = b * \sigma\varphi\alpha$$

Μεγαλύτερη ανάλυση της μεθόδου και επεκτάσεως αυτής δεν κρίνεται σκόπιμη στο παρόν.



β. Ταχυμετρική μέθοδος

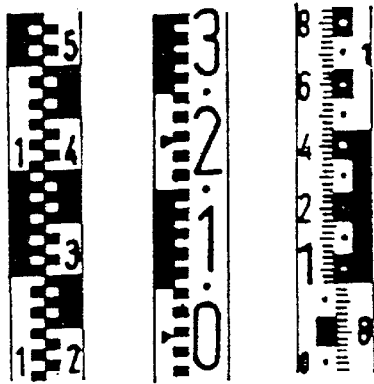
Κατά τη ταχυμετρική μέθοδο διατηρείται σταθερή η παραλλακτική γωνία και μετράται το μήκος της βάσης, το οποίο φαίνεται υπό αυτή τη γωνία. Ανάλογα με τα όργανα

- 1) με κοινό ταχύμετρο
- 2) με διαστημόμετρο
- 3) με αυταναγωγικό ταχύμετρο

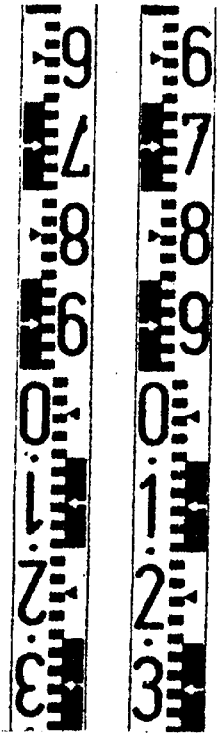
Αναφορά θα γίνει στη ταχυμετρική μέθοδο με κοινό ταχύμετρο.

Τα όργανα που απαιτούνται για την εφαρμογή της ταχυμετρικής μεθόδου

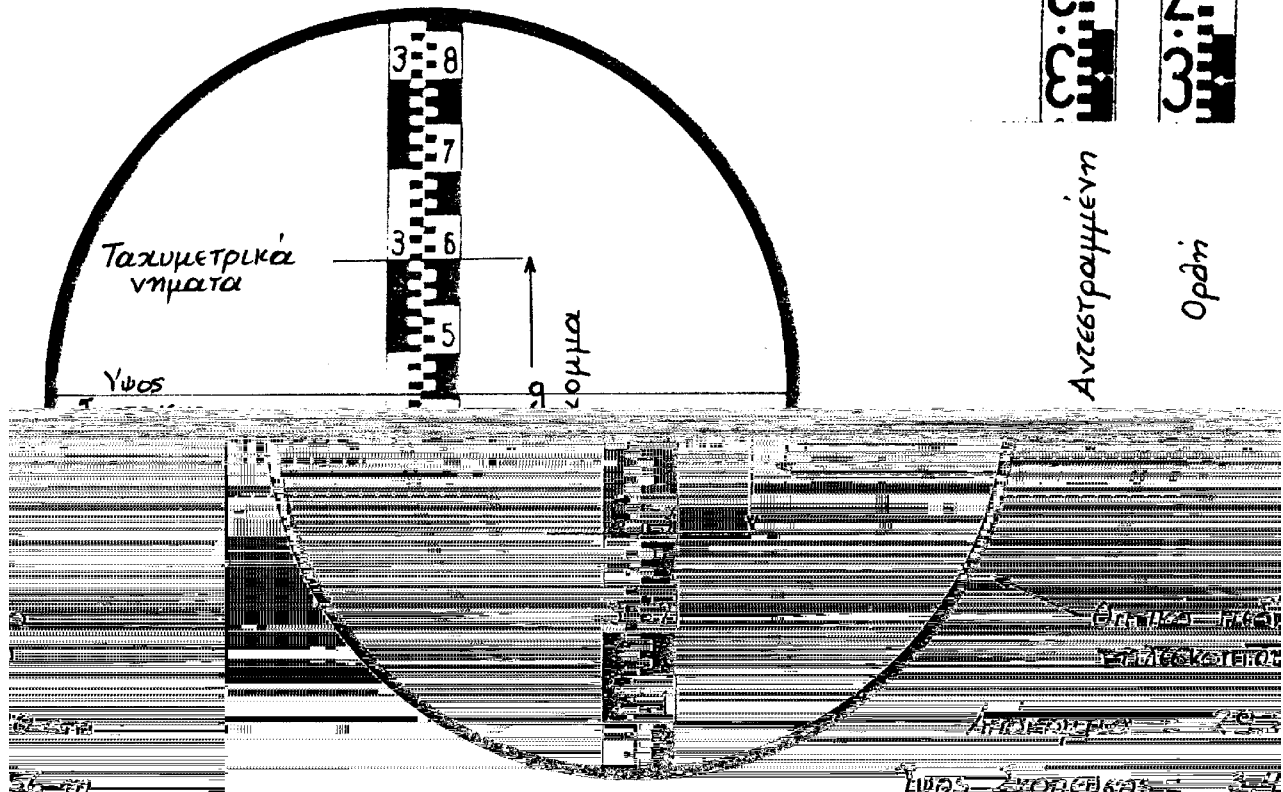
επεξεργάζεται ειδικά, ώστε να αντέχει στην υγρασία και να εξασφαλίζεται η σταθερότητα στις διαστάσεις του. Η μικρότερη υποδιαίρεση είναι το 1cm. Ανά 10cm αναγράφονται οι αριθμοί με τέτοιες διαστάσεις, ώστε να διαβάζονται άνετα από μακρινές αποστάσεις (150m). Ανά 1m αλλάζει το χρώμα της σταδίας (άσπρο, κόκκινο, άσπρο ή ασπρο, μαύρο, άσπρο κ.λ.π.), ώστε να παρουσιάζει κατάλληλη αντίθεση και ευκρίνεια. Συνήθως εφοδιάζονται με σφαιρική αεροστάθμη, η οποία εξυπηρετεί στη καλή κατακορύφωση. Οι περισσότερες είναι πτυσσόμενες, ώστε και να είναι εύκολη η μεταφορά και να προστατεύεται η αριθμημένη επιφάνεια.



Υποδιαίρεσεις και
αριθμηση στις
ταχυμετρικές
σταδίες



Τύποι σταδίων



Το τμήμα της σταδίας που βρίσκεται ανάμεσα στα σταδιομετρικά νήματα, όταν αυτή σκοπεύεται, λέγεται **απόκομμα** και συνήθως συμβολίζεται με το γράμμα **g**.

Όταν η σκοπευτική γραμμή είναι **οριζόντια**, το απόκομμα πολλαπλασιάζεται με 100, δίνει την **οριζόντια απόσταση**.

Όταν η σκοπευτική γραμμή είναι **κεκλιμένη** τότε η οριζόντια απόσταση είναι **$S = 100 \cdot g \cdot \sin^2 V$** όπου V η μετρηθείσα κατακόρυφη γωνία (με 0 στο ζενίθ). Μεγαλύτερη ανάλυση θα δοθεί στο κεφάλαιο των αποτυπώσεων

Ο βαθμός ακρίβειας που επιτυγχάνεται εξαρτάται από την απόσταση και τη κλίση της σκόπευσης, την ισχύ του τηλεσκοπίου και τις συνθήκες ορατότητας. Οι αποστάσεις σκοπεύσεως δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 120 - 150 μέτρα κάτω από καλές συνθήκες ορατότητας.

4.4 Ηλεκτρομαγνητική μέθοδος μέτρησης απόστασης – Όργανα

Η θεμελιώδης αρχή μέτρησης μίας απόστασης με ηλεκτρομαγνητική μέθοδο βασίζεται στη σταθερά ταχύτητα διάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στο κενό. Επομένως αν μετρηθεί ο χρόνος που χρειάζεται το κύμα για να διατρέξει μία απόσταση S μεταξύ δύο σημείων, τότε η απόσταση αυτή μπορεί να υπολογιστεί. Προϋπόθεση για το σκοπό αυτό είναι, η ενέργεια που μεταφέρεται από το ηλεκτρομαγνητικό κύμα να είναι αρκετή όταν φθάνει στο άκρο της διαδρομής, ώστε να διεγείρει κατάλληλο δέκτη.

Σαν μονάδα μέτρησης της απόστασης χρησιμοποιείται γνωστό μήκος κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Η τιμή της απόστασης προκύπτει με σύγκριση προς τη μονάδα, με όμοιο τρόπο με εκείνο που θα χρησιμοποιείτο μία μετροταινία για μέτρηση μεγάλης απόστασης.

Η πλήρης γνώση του τρόπου σχεδίασης και λειτουργίας των οργάνων αυτής της κατηγορίας απαιτεί ειδικές γνώσεις ηλεκτρονικής.

Κατάλληλες περιοχές συχνότητων είναι κύματα υψηλής συχνότητας, ώστε να μπορούν να διαδοθούν σε μεγάλες αποστάσεις, η δεσμοποίηση να γίνεται εύκολα και η απορρόφηση της ατμόσφαιρας να είναι μικρή. Στα τοπογραφικά όργανα χρησιμοποιούνται μήκη κύματος που κυμαίνονται από 0.60m μέχρι 40m.

Τα χαρακτηριστικά των ηλεκτρομαγνητικών οργάνων καθορίζονται από τη χρησιμοποιούμενη συχνότητα του φέροντος κύματος. Το φέρον κύμα χρησιμοποιείται απλώς σαν μεταφορικό μέσο του μετρητικού κύματος (χαμηλής συχνότητας).

Διακρίνονται δύο ομάδες οργάνων

- α. μικροκυμάτων ($\lambda=8 - 100\text{mm}$)
- β. οπτικής ακτινοβολίας ($\lambda=0.45-1\mu\text{m}$).

Η λειτουργία τους ακολουθεί ορισμένα βασικά στάδια

- α. παραγωγή των συχνότητων φέροντος και μετρητικού κύματος
- β. διαμόρφωση και εκπομπή φέροντος κύματος
- γ. επανεκπομπή και αποδιαμόρφωση του επιστρέφοντος κύματος
- δ. μέτρηση διαφοράς φάσης (εκπεμπόμενου-επιστρέφοντος) κύματος και προσδιορισμός της απόστασης

ε. εμφάνιση αποτελέσματος μετρήσεως

Συνήθως στις τοπογραφικές εργασίες χρησιμοποιούνται τα όργανα οπτικής ακτινοβολίας. Για την ανάκλαση χρησιμοποιείται ειδικός κατοπτρικός ανακλαστήρας.

Διακρίνονται σε μεγάλης, μεσαίας και μικρής εμβέλειας αντίστοιχα (30-70 Km, 2-20 Km και 0.2-5 Km).

Άλλος διαχωρισμός γίνεται με βάση τη σχετική θέση, του οπτικού άξονα και αυτού της ακτινοβολίας, σε ομοαξονικά ή επικαθήμενα.

Στα δύο άκρα της απόστασης πρέπει να μετρηθούν οι τιμές της θερμοκρασίας, πίεσης και υγρασίας. Όταν η ακτινοβολία είναι το φως, η επίδραση της υγρασίας στην ακρίβεια της απόστασης είναι αμελητέα.

Για αποστάσεις μικρότερες των 5 Km, η διόρθωση λόγω μετεωρολογικών συνθηκών είναι πολύ μικρή σε σχέση με την ακρίβεια του οργάνου.

Τα μεγάλα πλεονεκτήματα που έχουν αυτά τα όργανα είναι η ακρίβεια την οποία παρέχουν, η δυνατότητα χρησιμοποίησης σε δύσκολο έδαφος και κάτω από δυσμενείς συνθήκες και η μεγάλη ταχύτητα στη διεκπεραίωση της εργασίας. Προ 20 ετών η ηλεκτρομαγνητική μέτρηση αποστάσεων αποτελούσε περιορισμένη μέθοδο για ειδικούς. Σήμερα η χρήση της έχει διαδοθεί και χρησιμοποιείται στις τρέχουσες τοπογραφικές εργασίες με άριστα αποτελέσματα.

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 5

ΜΕΘΟΔΟΙ ΧΑΡΑΞΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΩΝ - ΓΩΝΙΩΝ

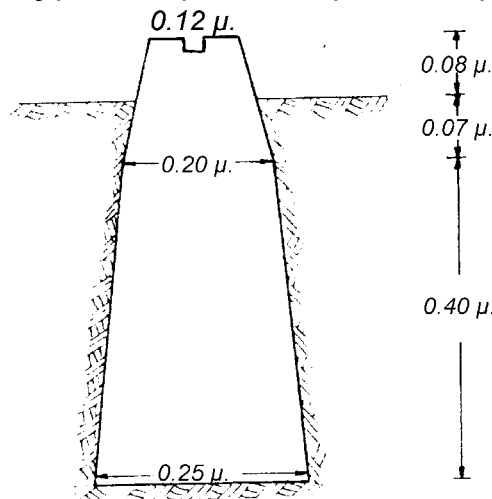
5.1 Γενικά

Δύο σημεία, όπως είναι γνωστό, ορίζουν ένα ευθύγραμμο τμήμα. Τρία σημεία, τα οποία δεν βρίσκονται σε ευθεία, ορίζουν ένα επίπεδο. Το επίπεδο επίσης ορίζεται και από μία ευθεία και σημείο που βρίσκεται εκτός ευθείας.

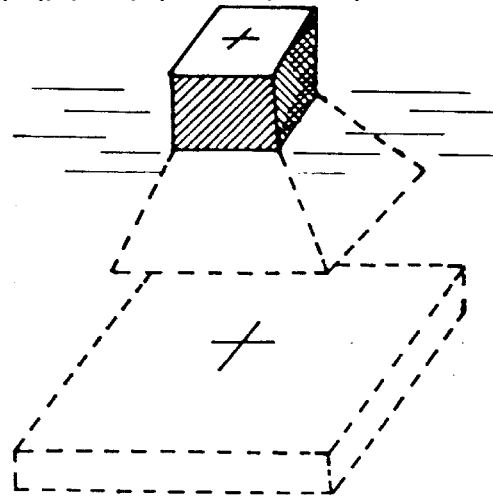
Στη Τοπογραφία (μικρής έκτασης αποτυπώσεις) το ανάγλυφο του εδάφους προβάλλεται σε οριζόντιο επίπεδο. Τα μήκη και εμβαδά υπολογίζονται κατά παραδοχή τα προκύπτοντα στο επίπεδο αυτό.

5.2 Σήμανση - επισήμανση - εξασφάλιση σημείου

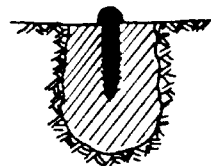
α) **Σήμανση** σημείου είναι η υλοποίηση της θέσης αυτού επί της επιφανείας του εδάφους με υλικά μέσα. Διακρίνεται σε μόνιμη, ημιμόνιμη και παροδική.



Μόνιμη σήμανση με σκυρόδεμα



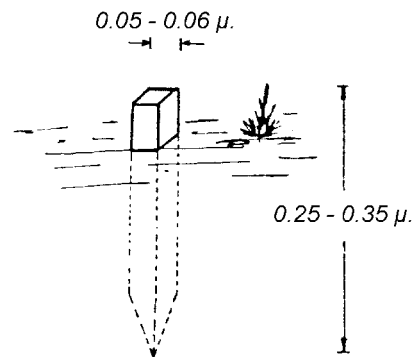
Μόνιμη σήμανση με σκυρόδεμα και πλάκα εξασφάλισης



Μόνιμη σήμανση με σιδερένιο πάσσαλο σε βραχώδες έδαφος



Προσωρινή σήμανση (χρωματισμός με μινιο)



Ημιμόνιμη σήμανση με πάσσαλο

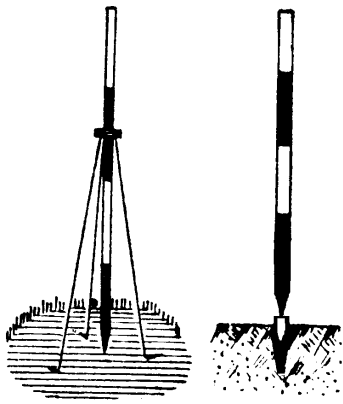
1) Μόνιμη σήμανση πραγματοποιείται με μόνιμα υλικά μέσα όπως κόλουμες πυραμίδες από μάρμαρο, σκυρόδεμα κλπ. Κάτω από τα σημαινόμενα σημεία τοποθετείται σε ορισμένο βάθος ασφαλιστήρια πλάκα.

2) Ημι-μόνιμη σήμανση πραγματοποιείται με σιδηρο-πασσάλους ή ξύλινους πασσάλους, μπετονόκαρφα.

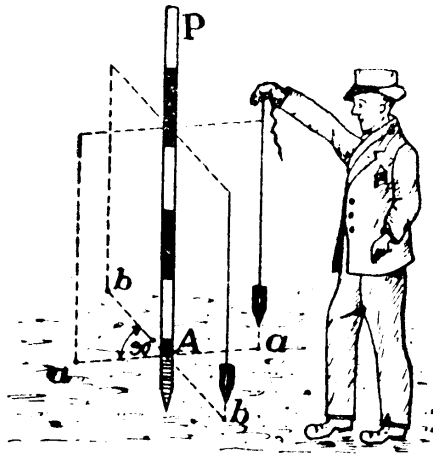
3) Παροδική πραγματοποιείται με χρωματισμό του σημείου όταν βρίσκεται επί βράχου, τοίχων οικοδομής ή άλλων τεχνικών έργων.

β) Επισήμανση είναι η επίτευξη καλής ορατότητας ενός σημείου από απόσταση με χρήση μέσων όπως τοπογραφικών ακοντίων, τριγωνομετρικών σημάτων, ηλιοτροπίων και προβολέων.

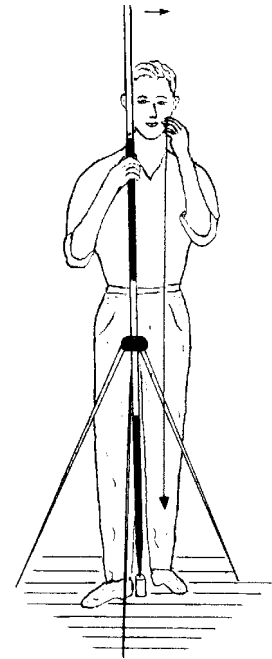
1) Τα τοπογραφικά ακόντια είναι πάσσαλοι ύψους 2μ. ή 3μ. κυκλικής διατομής κατασκευασμένοι από ξύλο πλαστικό ή κράμα αλουμινίου. Για ευκολία στη μεταφορά διαιρούνται σε δύο κομμάτια. Συνήθως είναι χρωματισμένα ανά



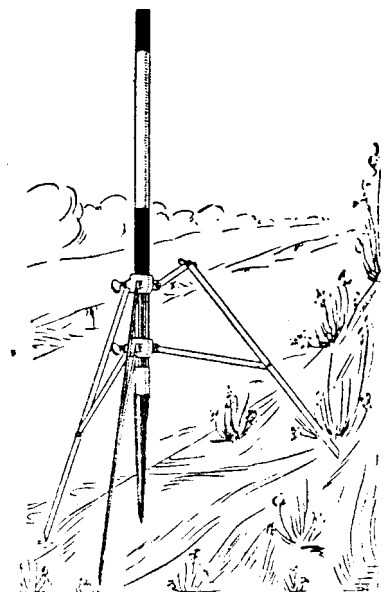
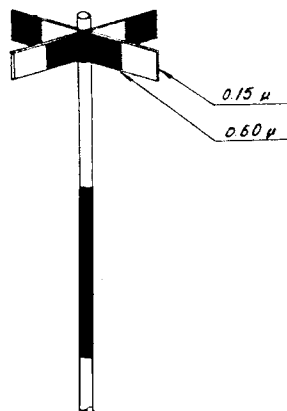
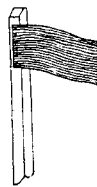
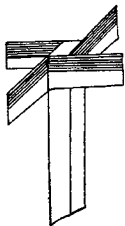
Επισήμανση σημείων



Κατακορύφωση ακοντίων



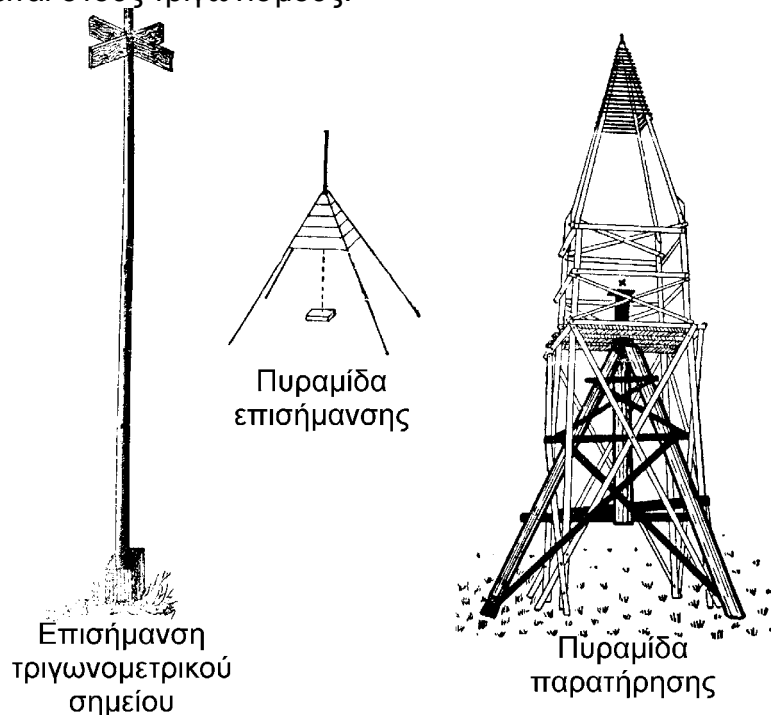
μισό μέτρο με λευκό-κόκκινο εναλλάξ. Κατακορυφώνονται επί των προς επισήμανση σημείων, με τη βοήθεια νήματος στάθμης με παρατήρηση από δύο διευθύνσεις κάθετες μεταξύ τους και στερεώνονται δια σιδηρών τριπόδων.



Τρίποδας ακοντίου

Χρησιμοποιούνται για αποστάσεις 600-800 μέτρα. Για μεγαλύτερες αποστάσεις χρησιμοποιούνται χοντρότερα ακόντια πάχους 5-6 εκατοστών και μήκους 4 μέτρων, τα οποία για να καταστούν ορατά βάφονται με λευκό και κόκκινο χρώμα και φέρουν στο επάνω μέρος ξύλινα ορθογωνικά πτερύγια τεμνόμενα καθέτως (λευκά και μαύρα ή κόκκινα) ή κομμάτι λευκού υφάσματος.

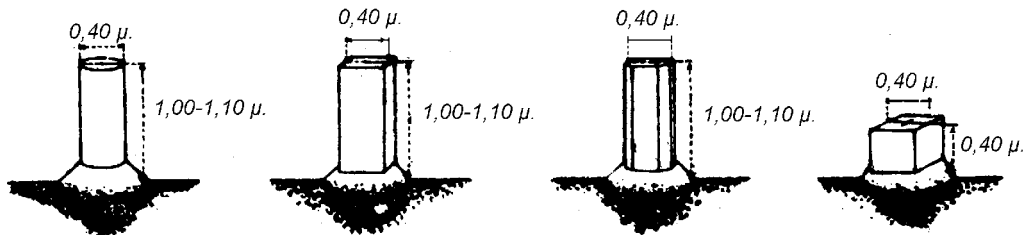
2) Τα τριγωνομετρικά σήματα είναι ξύλινα καδρόνια ή ξύλινοι πύργοι σχήματος πυραμίδας ικανού ύψους, ή πύργοι εκ σιδηρού σκελετού, ώστε να εξασφαλίζεται ικανοποιητική ορατότητα από μεγάλες αποστάσεις. Η επισήμανση των σημείων με αυτά τα μέσα χρησιμοποιείται στους τριγωνισμούς.



3) Τα ηλιοτρόπια είναι είδος κατόπτρων τα οποία αντανακλούν το ηλιακό φως και γίνονται ορατά από μεγάλες αποστάσεις.

4) Οι προβολείς χρησιμοποιούνται κατά τις νυκτερινές εργασίες, ή μέσα σε σήραγγες μεγάλου μήκους, ή σε υπόγειες μεταλλευτικές εργασίες.

5) Όταν η σήμανση είναι υπόγεια η επισήμανση εκτελείται δια της δημιουργίας εκ σκυροδέματος πρίσματος κυκλικής, τετραγωνικής ή οκταγωνικής βάσεως διαστάσεων 40 εκατοστών και ύψους 1,00 – 1,10 μ. ή κύβος ακμής 0,40μ. Ο άξονας συμπίπτει με την διερχόμενη κατακόρυφο από τη τομή του σταυρού της υπόγειας σήμανσης. Οι κατασκευές φέρουν λευκό επίχρισμα για να καθίστανται ορατές από μακριά.



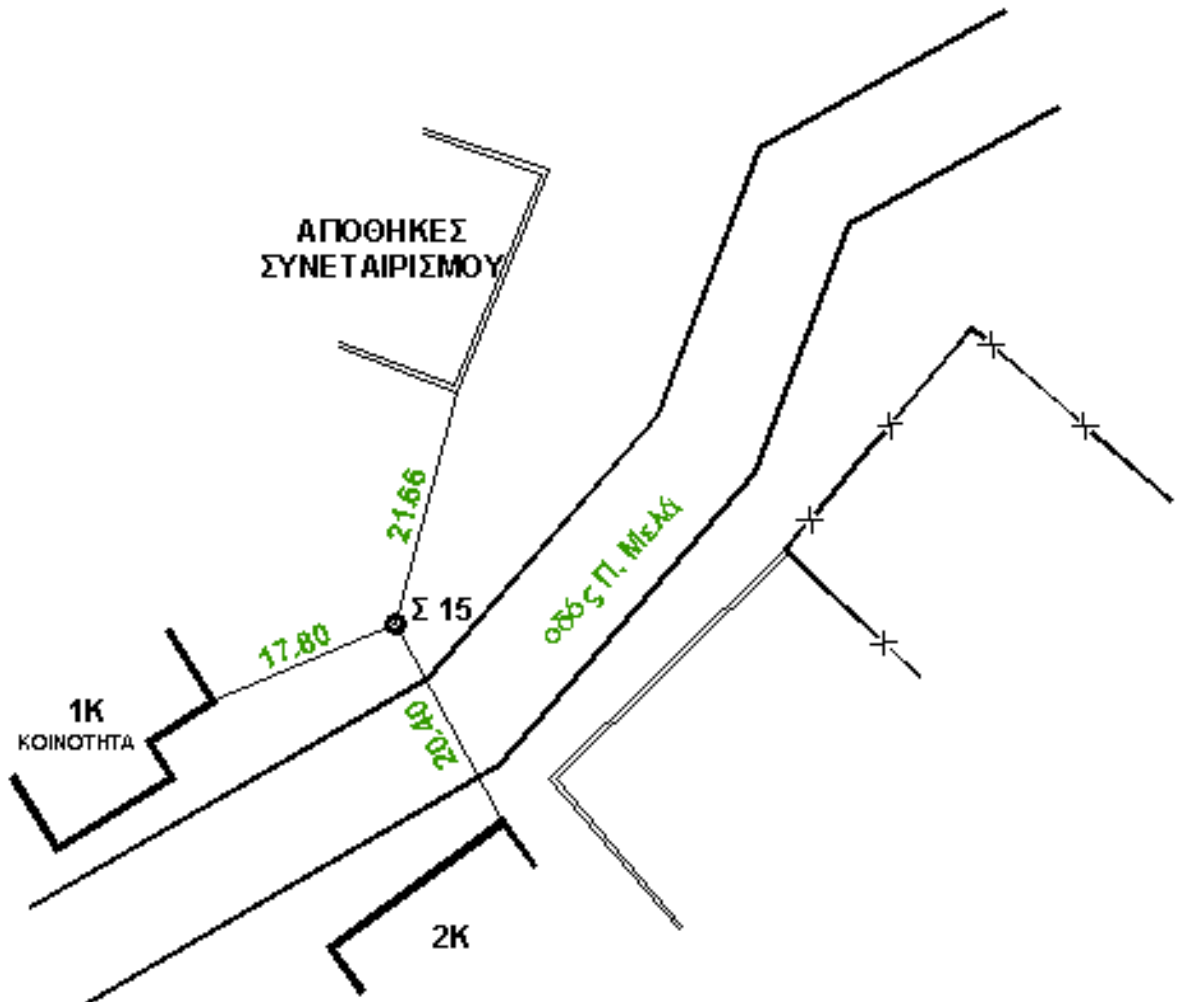
γ) Εξασφάλιση σημείου είναι το σύνολο των εργασιών, που παρέχουν τη

δυνατότητα επαναπροσδιορισμού στο έδαφος της θέσης του σημείου.

Για το σκοπό αυτό μετρούνται οι αποστάσεις του τοπογραφικού σημείου, κατά τη διαδικασία της σήμανσης (δηλ. της υλοποίησης στο έδαφος), από σταθερά σημεία που βρίσκονται στη περιοχή όπως (γωνία κτίσματος, περίφραξη εκ τοίχου, κολώνα ΔΕΗ-ΟΤΕ, δένδρο κλπ.).

Σε πρόχειρο αυτοσχέδιο (**κροκί**), σχεδιάζεται η θέση του τοπογραφικού σημείου, καθώς και οι αποστάσεις του από τα σταθερά σημεία, τα οποία περιγράφονται περιληπτικά. Με τον τρόπο αυτό όχι μόνο ανευρίσκεται εύκολα το σημείο αλλά μπορεί και να επανατοποθετηθεί με ικανοποιητική ακρίβεια, με τη προϋπόθεση ότι η προαναφερόμενη διαδικασία των μετρήσεων των αποστάσεων από τα σταθερά σημεία έγινε με επιμέλεια και η θέση και μορφή αυτών δεν έχει αλλάξει είτε με προσθήκη κτίσματος ή με κατεδάφιση και ανακατασκευή μαντρότοιχου ή με μετακίνηση κολώνας.

Τα σχέδια εξασφάλισης των σημείων, μαζί με τις σύντομες περιγραφές είναι στοιχεία που συνοδεύουν τη μελέτη και παραδίδονται σε τεύχος εξασφαλίσεων.

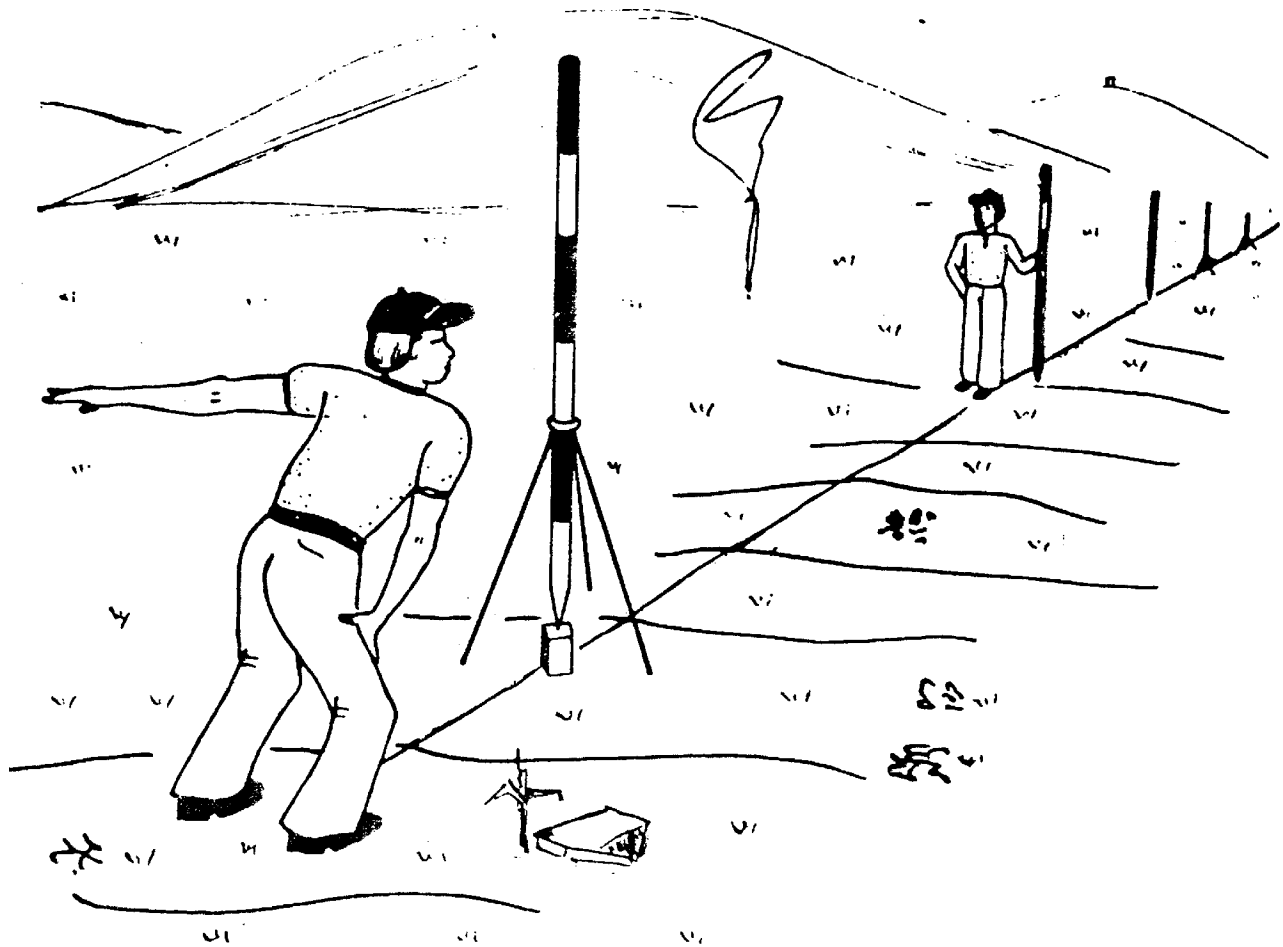


5.3 Χάραξη ευθυγραμμίας

Ευθυγραμμία μεταξύ δύο σημείων είναι η τομή του εδάφους που δημιουργείται από επίπεδο που διέρχεται από τις κατακόρυφες των σημείων αυτών. Για μικρές αποστάσεις οι δύο κατακόρυφες θεωρούνται πρακτικά παράλληλες μεταξύ τους.

Πύκνωση της ευθυγραμμίας είναι η διαδικασία που εκτελείται ώστε να υλοποιηθούν στο έδαφος ενδιάμεσα σημεία, τα οποία να βρίσκονται επί της ευθυγραμμίας. Αντίστοιχα **επέκταση** της ευθυγραμμίας είναι η υλοποίηση των σημείων στη προέκταση της ευθυγραμμίας.

Χάραξη ενός τεχνικού έργου είναι η μεταφορά των στοιχείων της μελέτης στο έδαφος, δηλαδή η σήμανση χαρακτηριστικών σημείων, δια των οποίων καθορίζονται σαφώς βασικές γραμμές αναγκαίες για την ορθή κατασκευή του έργου.



Χάραξη ευθυγραμμίας με τη μέθοδο στοίχισης

Για την εκτέλεση κάθε χάραξης προαπαιτείται καλή γνώση χάραξης ευθυγραμμιών και τόνων συναρμογής. Πρώτη φάση κάθε έργου είναι η μελέτη, δεύτερη η χάραξη και τρίτη η κατασκευή.

Η επισήμανση των σημείων πυκνώσεως ή επεκτάσεως μιας ευθυγραμμίας, όταν

- α. η απαιτούμενη ακρίβεια δεν είναι μεγάλη,
- β. η απόσταση μεταξύ των ακραίων είναι μικρή και
- γ. το έδαφος είναι σχετικά ομαλό

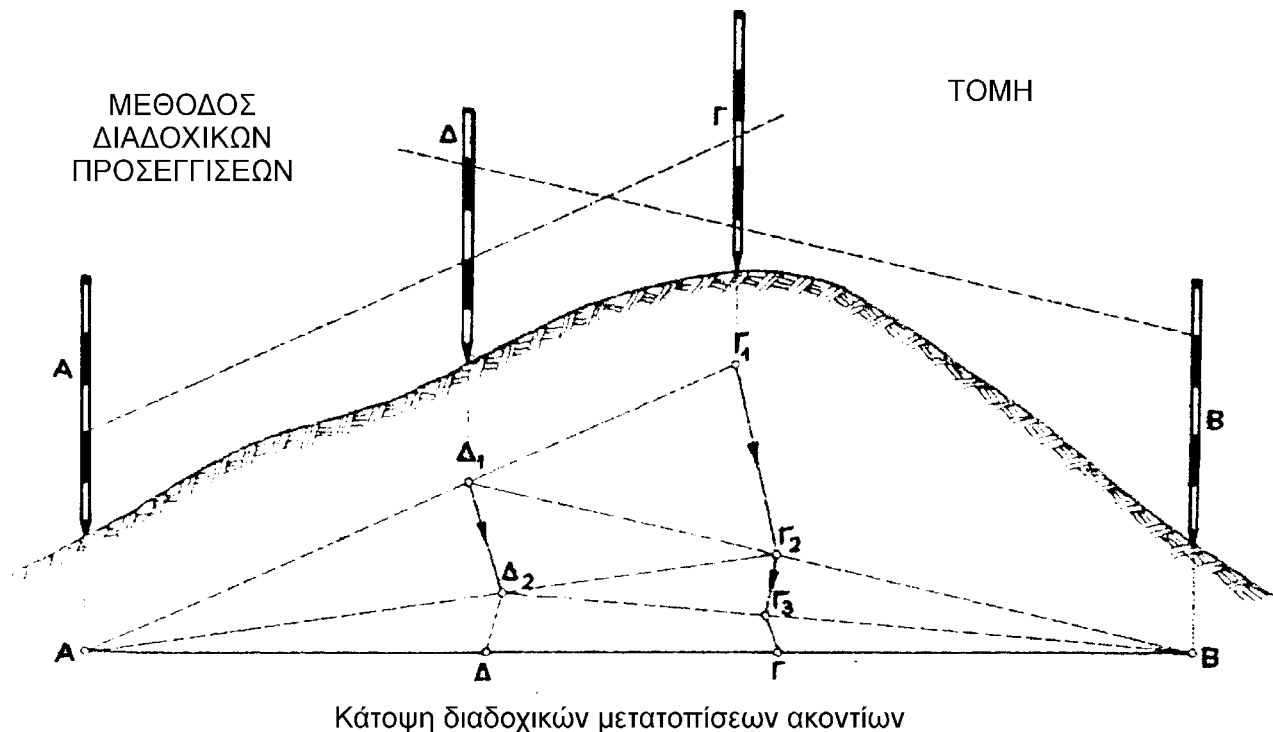
γίνεται με τοπογραφικά ακόντια, τα οποία τοποθετούνται επί της ευθυγραμμίας, με τη μέθοδο της στοίχισης, έτσι ώστε οι ακμές τους να βρίσκονται σε οπτική επαφή με τις ακμές των ακραίων ακοντίων, όταν σκοπεύονται με γυμνό μάτι.

Για χάραξη ευθυγραμμιών μεγάλου μήκους ή σε ανώμαλο έδαφος με απαιτήσεις μεγάλης ακρίβειας, χρησιμοποιείται τοπογραφικό όργανο.

Τα σημεία πύκνωσης είναι απαραίτητα, διότι ο προσδιορισμός της απόστασης μεταξύ δύο σημείων, στη πράξη γίνεται τμηματικά με αποτέλεσμα το μήκος του ευθυγράμμου τμήματος να είναι το άθροισμα των επί μέρους αποστάσεων.

Το μάτι έχει διακριτική ικανότητα περίπου 2'. Για μία απόσταση της τάξης των 100 μ. η απόκλιση από την Ευθυγραμμία θα είναι της τάξης των 6 cm, αν γίνει η χάραξη με γυμνό μάτι. Το σφάλμα που θα δημιουργηθεί στο μήκος, από αυτή την απόκλιση, θα είναι αμελητέο.

Για τη πύκνωση ευθυγραμμίας μεταξύ δύο σημείων A και B, τα οποία δεν είναι αμοιβαίως ορατά (λόγω μορφολογίας εδάφους) μπορεί να εφαρμοστεί η μέθοδος διαδοχικών προσεγγίσεων.



Τοποθετείται ακόντιο στη θέση Γ , ορατή από το σημείο A και στη συνέχεια ακόντιο Δ , στην ευθυγραμμία A Γ . Το ακόντιο Γ μετατοπίζεται και τοποθετείται στη θέση Γ' επί της ευθυγραμμίας B Δ και μετά έρχεται το Δ στη θέση Δ' επί της ευθυγραμμίας A Γ . Οι φαινοχικές μετατοπίσεις των ακοντίων συνεχίζονται μέχρι τα μετακινούμενα ακόντια λάβουν θέσεις Γ και Δ επί της ευθυγραμμίας AB.

2

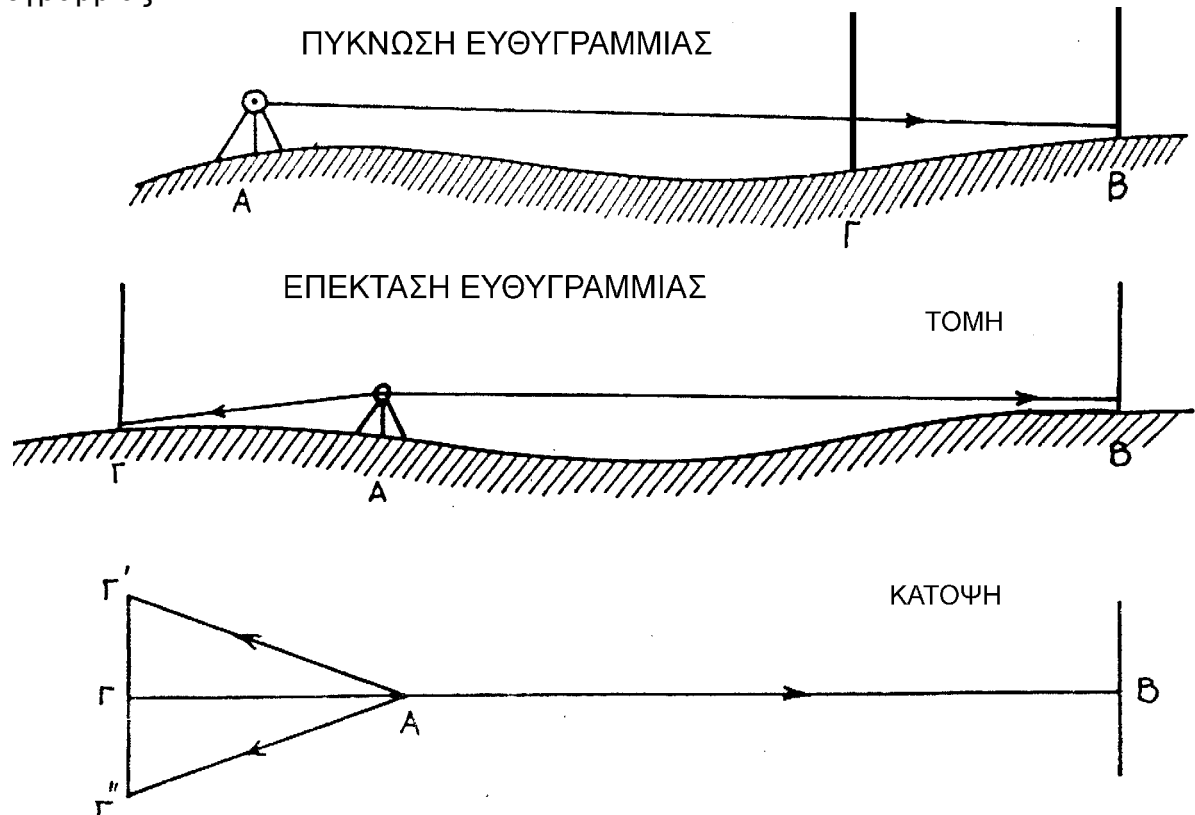
5.4 Χρήση τοπογραφικού οργάνου

- α. όταν τα A και B είναι προσιτά και αμοιβαίως ορατά (ομαλό και ανώμαλο έδαφος)
- β. όταν τα A και B είναι απρόσιτα
- γ. όταν τα A και B είναι προσιτά αλλά όχι αμοιβαίως ορατά.

α1. Ομαλό έδαφος

Τοποθετείται ο θεοδόλιχος (διαδικασία κέντρωσης - οριζοντίωσης) πάνω από το σημείο A και στο σημείο B τοποθετείται κατακόρυφα ένα ακόντιο (διαδικασία επισήμανσης). Σκοπεύεται με το κέντρο του σταυρονήματος, το χαμηλότερο κατά το δυνατόν σημείο του ακοντίου, ώστε να περιοριστεί κατά το δυνατόν το σφάλμα που θα προέλθει από την μη επιμελημένη κατακόρυφωση του ακοντίου. Το κατακόρυφο νήμα του σταυρονήματος και ο άξονας του ακοντίου ορίζουν κατακόρυφο επίπεδο.

Για να οριστεί σημείο Γ επί της ευθυγραμμίας, αρκεί να τοποθετήσει ο στοχοφόρος ακόντιο κατά τέτοιο τρόπο ώστε ο άξονας του ακοντίου να συμπίπτει με το κατακόρυφο νήμα του σταυρονήματος. Η μύτη του ακοντίου ορίζει το σημείο Γ επί της ευθυγραμμίας.

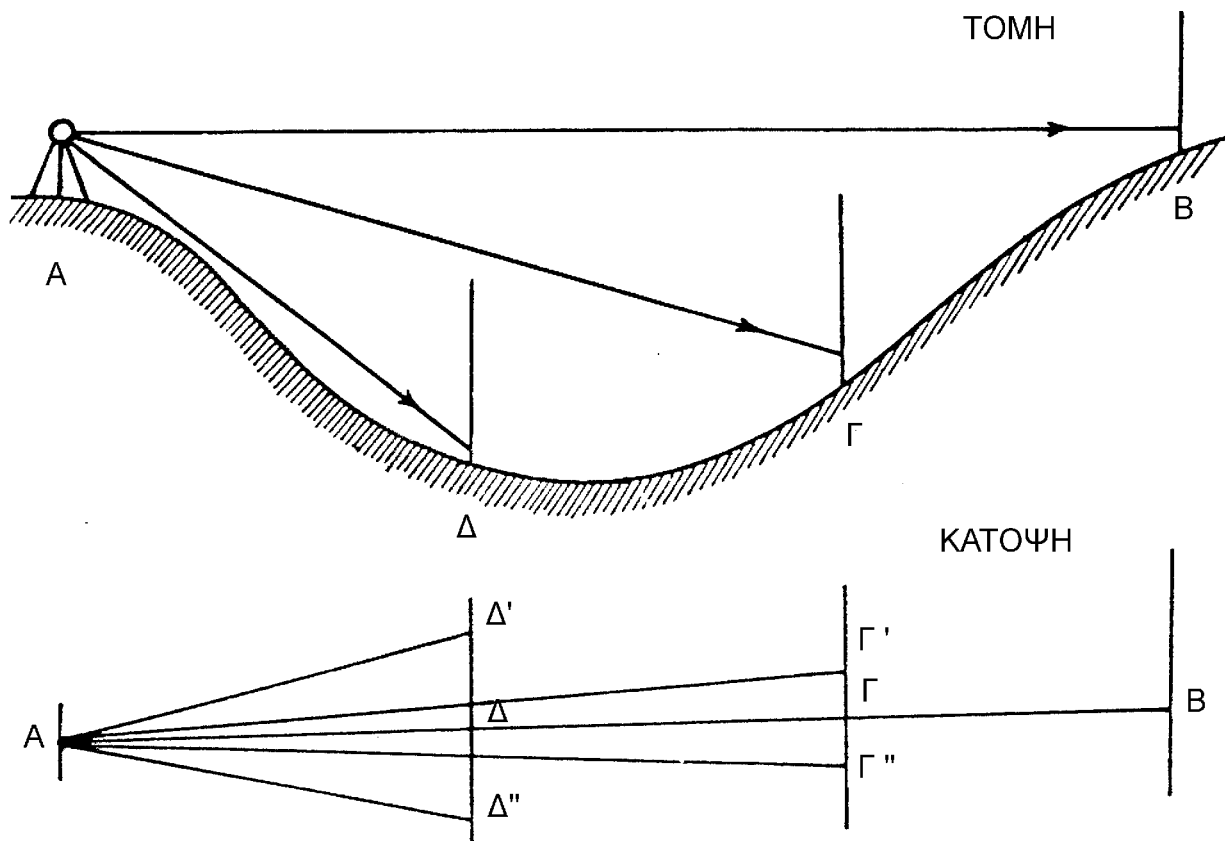


α2. Ανώμαλο έδαφος

Στη περίπτωση που το έδαφος είναι ανώμαλο το τηλεσκόπιο περιστρέφεται γύρω από τον δευτερεύοντα άξονα ώστε να είναι δυνατός ο οπτικός προσδιορισμός των ακοντίων και κατ επέκταση ο ορισμός των σημείων επί της ευθυγραμμίας.

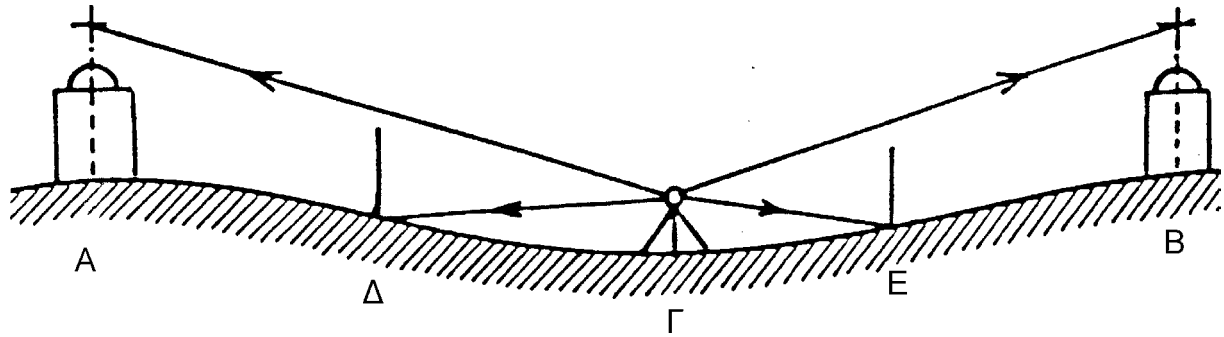
Για να εξουδετερωθεί τυχόν σφάλμα καθετότητας μεταξύ σκοπευτικού άξονος και δευτερεύοντος άξονος του οργάνου το σημείο προσδιορίζεται με σκόπευση σε δύο θέσεις τηλεσκοπίου. Σκοπεύεται το ακόντιο του σημείου B σε πρώτη θέση τηλεσκοπίου και ορίζεται το σημείο Γ'. Η ίδια διαδικασία γίνεται και με τη δεύτερη θέση τηλεσκοπίου και ορίζεται σημείο Γ".

Η σωστή θέση σημείου της ευθυγραμμίας είναι το σημείο Γ που βρίσκεται στο μέσο του τμήματος Γ'Γ".

β. Απρόσιτα σημεία

Όταν τα άκρα της ευθυγραμμίας είναι απρόσιτα (σταυρός εκκλησίας, κεραία σταθμού, καμινάδα εργοστασίου κλπ), οπότε δεν είναι δυνατή η τοποθέτηση του τοπογραφικού οργάνου σε κάποιο από αυτά, η εργασία γίνεται ως εξής :

Ορίζεται σημείο Γ' με προσέγγιση πάνω στη ευθυγραμμία AB με τη βοήθεια γυμνού οφθαλμού.



Τοποθετείται τοπογραφικό όργανο στο σημείο Γ' και μετρίεται η γωνία γ , σκοπεύοντας τα σημεία Α και Β.

Επειδή το σημείο Γ' απέχει λίγο από την ευθυγραμμία μπορεί να θεωρηθεί χωρίς μεγάλο σφάλμα ότι $L \approx b + a$

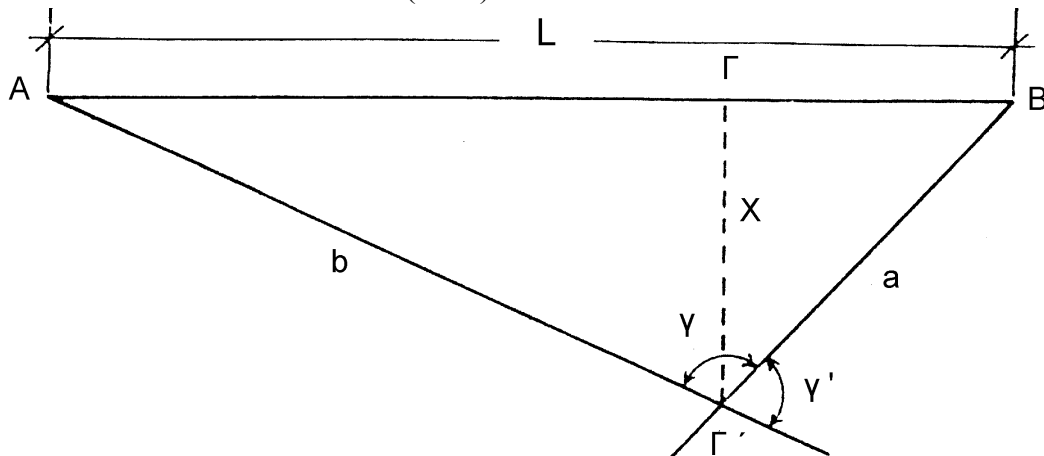
Εφαρμόζοντας τους τύπους του εμβαδού στο τρίγωνο ΑΒΓ προκύπτει

$$2 * E = a * b * \eta\mu\gamma$$

$$2 * E = L * X$$

$$\text{οπότε } L * X = a * b * \eta\mu\gamma \text{ και } X = \frac{(a * b * \eta\mu\gamma)}{L}$$

$$\text{και } X \approx \frac{(a * b * \eta\mu\gamma)}{(a + b)}$$



1) Αν είναι δυνατή η μέτρηση των αποστάσεων a και b υπολογίζεται η μετακίνηση X του σημείου και ορίζεται νέα βελτιωμένη θέση.

Στο νέο σημείο τοποθετείται το τοπογραφικό όργανο και σκοπεύοντας τα σημεία Α και Β μετρίεται η νέα γωνία γ .

Αν $\gamma = 200g$ τότε το σημείο Γ βρίσκεται επί της ευθυγραμμίας ΑΒ και η εργασία χάραξης εκτελείται σε δύο φάσεις από το υλοποιημένο σημείο Γ προς το Α και αντίστοιχα προς το Β.

Αν η γωνία είναι $\gamma \neq 200g$ τότε το νέο σημείο δεν βρίσκεται στην ευθυγραμμία ΑΒ και πρέπει να γίνει επανάληψη της ίδιας εργασίας.

2) Σε περίπτωση που δεν είναι δυνατή η μέτρηση των αποστάσεων a και b

τότε ορίζονται δύο σημεία Γ1 και Γ2 ευρισκόμενα προς το αυτό μέρος της ευθυγραμμίας και σε απόσταση d μεταξύ τους. Η απόκλιση X εκ της ευθυγραμμίας του πλησιέστερου σημείου βρίσκεται με εφαρμογή των σχέσεων

$$X + d = \frac{(a_1 * b_1 * \eta\mu\gamma_1)}{(a_1 + b_1)} \quad \text{και} \quad X = \frac{(a_2 * b_2 * \eta\mu\gamma_2)}{(a_2 + b_2)}$$

Επειδή δεν υπάρχει ουσιαστική διαφορά μεταξύ των μηκών, κατά παραδοχή θα ισχύει $a_1 \approx a_2$ και $b_1 \approx b_2$ και επομένως

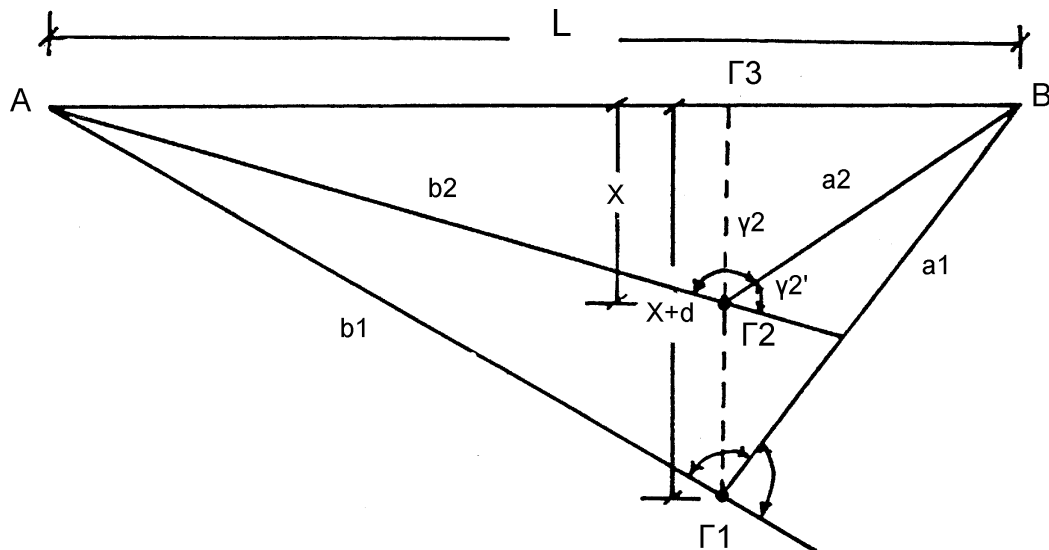
$$\frac{X + d}{X} = \frac{(a_1 * b_1 * \eta\mu\gamma_1) * (a_2 + b_2)}{(a_2 * b_2 * \eta\mu\gamma_2) * (a_1 + b_1)}$$

επιλύνοντας τη σχέση ως προς X προκύπτει

$$X = d * \frac{\eta\mu\gamma_2}{(\eta\mu\gamma_1 - \eta\mu\gamma_2)}$$

και ορίζεται **νέα βελτιωμένη θέση**.⁹

Στο νέο σημείο τοποθετείται το τοπογραφικό όργανο και σκοπεύοντας τα σημεία A και B μετριέται η νέα γωνία γ . Αν $\gamma = 200'$ τότε το σημείο Γ βρίσκεται επί της ευθυγραμμίας AB και η εργασία χάραξης εκτελείται σε δύο φάσεις από το υλοποιημένο σημείο Γ προς το A και αντίστοιχα προς το B. Αν η γωνία είναι $\gamma < 200'$ τότε το νέο σημείο δεν βρίσκεται στην ευθυγραμμία AB και πρέπει να γίνει επανάληψη της ίδιας εργασίας.



γ. Προσιτά αλλά όχι αμοιβαίως ορατά

Το υπολογιστικό μέρος της μεθόδου που θα αναφερθεί θα αναλυθεί στο κεφάλαιο των **οδεύσεων** σε επόμενο εξάμηνο, σύμφωνα με το πρόγραμμα.

Ας υποθεθεί ότι τα άκρα της ευθυγραμμίας A και B δεν είναι αμοιβαίως ορατά λόγω εδαφικών ανωμαλιών (εφαρμόζεται όταν τα σημεία A και B είναι σε μεγάλη απόσταση μεταξύ τους).

Υλοποιούνται στο έδαφος σημεία 1, 2, ..., n, B **αμοιβαίως ορατά** ανά δύο μεταξύ τους (προηγούμενο και επόμενο). Ουσιαστικά έχει πραγματοποιηθεί εγκατάσταση

όδευσης.

Μετρούνται τα απαραίτητα στοιχεία (γωνίες και μήκη).

Απο τους υπολογισμούς προκύπτει η τιμή της γωνία β_0 , η οποία υλοποιείται στο έδαφος με το θεοδόλιχο, όπως θα αναλυθεί στο παρόν κεφάλαιο, παρακάτω.

Χάραξη δεδομένης γωνίας φ με θεοδόλιχο ως προς μία αρχική διεύθυνση με δεδομένη κορυφή Α, επιτυγχάνεται με τα παρακάτω στάδια

α. Κέντρωση - οριζοντίωση του θεοδόλιχου πάνω απο το σημείο Α

β. Σκόπευση του στόχου, που υλοποιεί (διαδικασία επισήμανσης) την αρχική διεύθυνση και ανάγνωση της ένδειξης α , που φαίνεται στον οριζόντιο δίσκο (δεν είναι απαραίτητο να τοποθετηθεί η ένδειξη 0g στον οριζόντιο δίσκο)

γ. Πρόσθεση της ένδειξης α με την επιθυμούμενη γωνία φ . Αν το αποτέλεσμα $\alpha + \varphi$ προκύψει πάνω απο 400g, τότε αφαιρούνται οι 400g και αναζητείται στον οριζόντιο δίσκο η τελική ένδειξη χονδρικά. Ασφαλίζεται το θεοδόλιχο στην οριζόντια κίνηση με χρήση του ανασταλτικού κοχλία οριζόντιας κίνησης. Με τον μικροβατικό κοχλία οριζόντιας κίνησης, επιτυγχάνεται να τοποθετηθεί η επιζητούμενη ένδειξη.

δ. Στρέφοντας το τηλεσκόπιο γύρω απο τον δευτερεύοντα άξονα και παρατηρώντας με τη χονδρική σκόπευση καθοδηγείται στοχοφόρος, ώστε να πλησιάσει κατά το δυνατό στην υλοποιηθείσα διεύθυνση και να φαίνεται στο οπτικό πεδίο του τηλεσκοπίου. Με μικροκινήσεις πλέον του ακοντίου σύμφωνα με τις υποδείξεις του παρατηρητή, επιτυγχάνεται η διχοτόμηση του κατακόρυφου ακοντίου, το οποίο κρατά ο στοχοφόρος, απο το κατακόρυφο νήμα του σταυρονήματος του θεοδόλιχου.

ε. Η μύτη του ακοντίου, με το σημείο Α, επί του οποίου είναι τοποθετημένο το όργανο, υλοποιεί την διεύθυνση, η οποία σχηματίζει τη δεδομένη γωνία με την αρχική διεύθυνση.

5.5. Χρήση ορθογώνου**α. Πύκνωση ευθυγραμμίας**

Για τη πύκνωση της ευθυγραμμίας ΑΒ, μετακινούμαστε περίπου κάθετα προς την ευθυγραμμία, μεταξύ των σημείων Α και Β.

Το ορθόγωνο πρέπει να κρατείται σε κατακόρυφη θέση. Γίνεται προσπάθεια να βρεθούμε σε τέτοια θέση, ώστε να βλέπουμε τα είδωλα των δύο ακοντίων Α και Β στην ίδια κατακόρυφη.

Στη περίπτωση αυτή το ορθόγωνο βρίσκεται πάνω απο το σημείο Γ, το οποίο είναι σημείο της ευθυγραμμίας ΑΒ, και υλοποιείται ή απο τη μύτη της ράβδου (αν το ορθόγωνο είναι εφοδιασμένο με κατάλληλη ράβδο και αεροστάθμη) ή απο το βαρίδιο του νήματος στάθμης που κρέμεται κάτω απο το ορθόγωνο.

β. Χάραξη καθέτου σε δεδομένο σημείο ευθυγραμμίας

Έστω ότι πρέπει να χαραχθεί κάθετος, επί ευθυγραμμίας ΑΒ σε συγκεκριμένο σημείο Γ αυτής.

Κατακορυφώνεται το ορθόγωνο στο σημείο Γ και παρατηρούνται τα δύο ακόντια που επισημαίνουν τα σημεία Α και Β της ευθυγραμμίας. Αν πράγματι το σημείο Γ είναι επί της ευθυγραμμίας ΑΒ, τότε τα είδωλα των δύο ακοντίων θα βρίσκονται στην ίδια κατακόρυφο.

Καθοδηγείται ο στοχοφόρος που βρίσκεται έξω απο την ευθυγραμμία και σε

κάθετη περίπτωση θέση, έτσι ώστε το ακόντιο που πρέπει να κρατά κατακόρυφα να φανεί μέσα από τη θυρίδα του πρίσματος (άμεση παρατήρηση) και να βρεθεί στην ίδια κατακόρυφη με τα είδωλα των ακοντίων Α και Β.

Το υλοποιημένο σημείο βρίσκεται πάνω στην κάθετο που αρχίζει από το σημείο Γ, όπου είχε κατακορυφωθεί το ορθόγωνο.

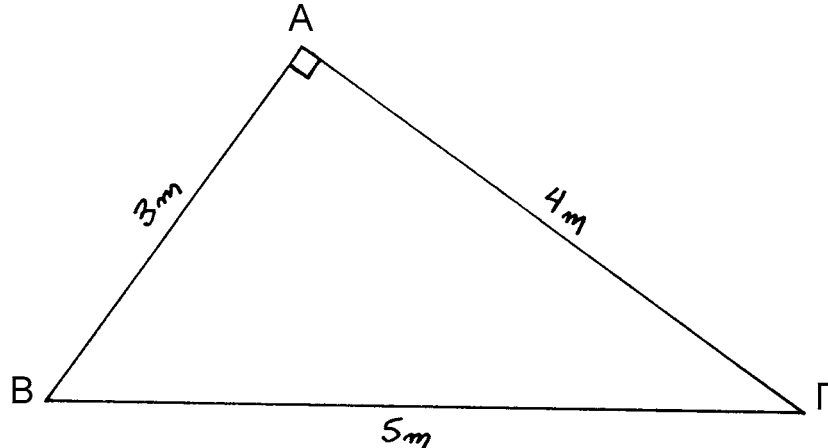
Αν το σημείο Γ είναι το άκρο της ευθυγραμμίας, τότε χρησιμοποιείται μόνο το ένα πεντάπρισμα και η θυρίδα παρατήρησης για την υλοποίηση του σημείου.

γ. Χάραξη καθέτου από δεδομένο σημείο εκτός ευθυγραμμίας

Κρατώντας το ορθόγωνο κατακόρυφο, μετακινούμαστε μέχρι να βρεθούν στην ίδια κατακόρυφη τα είδωλα των ακοντίων Α και Β (οπότε βρίσκεται το ορθόγωνο πάνω στην ευθυγραμμία) και ταυτόχρονα να φαίνεται από τη θυρίδα το ακόντιο που βρίσκεται στη θέση Γ (οπότε σχηματίζεται η επιθυμούμενη καθετότητα). Η υλοποίηση του σημείου στο έδαφος γίνεται από τη μύτη της ράβδου (αν το ορθόγωνο είναι εφοδιασμένο με κατάλληλη ράβδο και αεροστάθμη) ή από το βαρίδιο του νήματος στάθμης, που κρέμεται κάτω από το ορθόγωνο. Αν μετρηθούν οι αποστάσεις του σημείου αυτού από τα σημεία Α και Γ τότε το σημείο Γ ορίζεται μονοσήμαντα ως προς τα σημεία ΑΒ.

5.6 Χρήση μετροταινίας

Η χρήση μετροταινίας για χάραξη γωνίας εφαρμόζεται για περιορισμένης έκτασης εφαρμογές (π.χ. οικοδομικές εργασίες). Συνήθως για υλοποίηση ορθής γωνίας εφαρμόζεται η μέθοδος 3-4-5.



Πρακτικά υλοποιούνται πλευρές τριγώνου με μήκη 3m, 4m και 5m. Όπως είναι γνωστό από το Πυθαγόρειο θεώρημα "το τετράγωνο της υποτεινουσας ορθογωνίου τριγώνου ισούται με το άθροισμα των τετραγώνων των δύο άλλων πλευρών". Το σχηματιζόμενο τρίγωνο, με μήκη πλευρών, τα προαναφερόμενα, εκπληρώνει την αναφερθείσα σχέση και κατά συνέπεια αποδίδει ορθογώνιο τρίγωνο, με ορθή γωνία τη σχηματιζόμενη μεταξύ των πλευρών, με μήκη 3m και 4m.

Οι μεγάλες δυνατότητες που έχουν ακόμη και οι "μικροί υπολογιστές τσέπης", δίνουν τη δυνατότητα να χαράσσονται γωνίες υπολογίζοντας τη γωνία από τις πλευρές τριγώνου ή με συνδυασμούς.

Γνωστοί τύποι που ισχύουν σε τρίγωνο

$$A^2 + B^2 - \Gamma^2 = 2ab \cos \gamma \quad (\gamma \text{γωνιακή συνθήκη})$$

$$\alpha = \beta + \gamma - 2 \alpha \beta \cos \gamma \quad (\text{συνημίτονων})$$

$$\frac{\alpha}{\eta\mu\alpha} = \frac{\beta}{\eta\mu\beta} = \frac{\gamma}{\eta\mu\gamma} \quad (\eta\mu\iota\tau\acute{o}\nu\omega\nu)$$

$$E = \sqrt{\tau^2(\tau - \alpha)(\tau - \beta)(\tau - \alpha)} \quad , \quad 2 * E = \beta * \gamma * \eta\mu A$$

5.7 Παραδείγματα εφαρμογών

Παράδειγμα 1ο

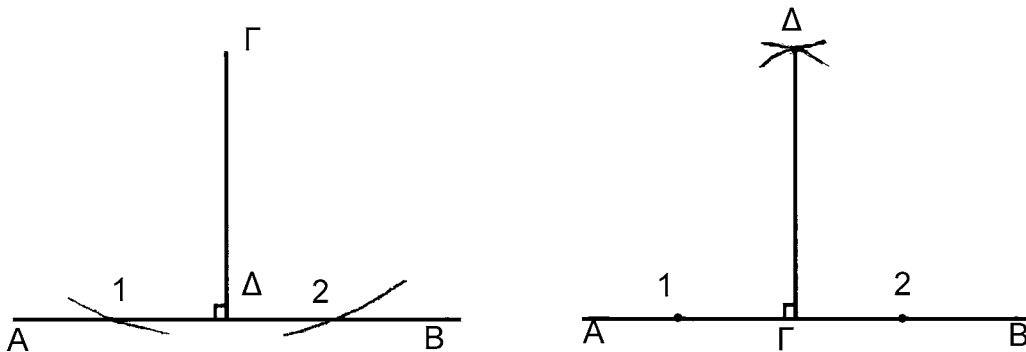
Έστω ότι διαθέτουμε μετροταινία και ακόντια και θέλουμε να φέρουμε κάθετο σε ευθυγραμμία από σημείο Γ ευρισκόμενο

α) εκτός της ευθυγραμμίας

με κέντρο το σημείο Γ γράφουμε τόξο κύκλου. Η μία άκρη της μετροταινίας είναι στο σημείο Γ (παίζει το ρόλο του κέντρου του κύκλου), η τεντωμένη μετροταινία υλοποιεί την ακτίνα του κύκλου και η άλλη άκρη της μετροταινίας καταλήγει σε ακόντιο, το οποίο υλοποιεί τη γραφίδα του διαβήτη. Η ακτίνα του κυκλικού τόξου είναι τέτοια ώστε να τέμνεται ικανοποιητικά η ευθυγραμμία σε δύο σημεία 1 και 2. Το μέσον της απόστασης 1-2 είναι το σημείο Δ και το ευθύγραμμο τμήμα ΓΔ, θεωρητικά, είναι κάθετο στην ευθυγραμμία AB.

β) επί της ευθυγραμμίας

με τη βοήθεια της μετροταινίας ορίζονται δύο σημεία 1 και 2, τα οποία βρίσκονται επί της ευθυγραμμίας (μέθοδος στοιχίσεως παραγρ. 5.5) και ισαπέχουν από το σημείο Γ. Με κέντρα τα σημεία 1 και 2 γράφονται δύο κυκλικά τόξα με ίσες ακτίνες με τη προαναφερθείσα διαδικασία. Η τομή των δύο κυκλικών τόξων ορίζουν σημείο Δ και το ευθύγραμμο τμήμα ΓΔ, θεωρητικά, είναι κάθετο στην ευθυγραμμία AB.



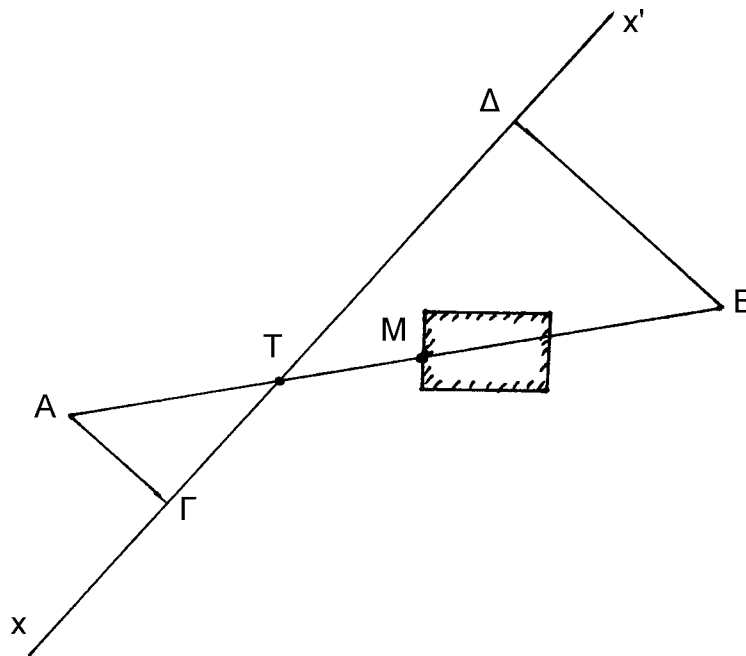
Οι προαναφερθείσες διαδικασίες μπορούν να εφαρμοσθούν και **σε σχέδιο**, με διαβήτη και κανόνα, όταν δεν έχουμε τρίγωνο ορθογώνιο.

Παράδειγμα 2ο

Έστω δύο σημεία A και B, των οποίων θέλουμε να υπολογίσουμε την απόσταση, αλλά δεν είναι αμοιβαίως ορατά (λόγω κάποιου εμποδίου). Διαθέτουμε ακόντια, ορθόγωνο και μετροταινία.

Ορίζουμε στο έδαφος τυχαία ευθυγραμμία. Υλοποιούμε με τη βοήθεια του ορθογώνου τις προβολές των σημείων A και B επί της ευθυγραμμίας. Έστω τα σημεία Γ και Δ αντίστοιχα. Έστω T το σημείο τομής της ευθείας AB με την ΓΔ. Απο τα δύο σχηματιζόμενα ορθογώνια τρίγωνα ΑΓΤΑ και ΒΔΤΒ, προκύπτει ότι το μήκος

$$S_{AB} = \sqrt{(\Gamma\Delta)^2 + (A\Gamma + B\Delta)^2}$$



Προεκτείνοντας το πρόβλημα, θα θέλαμε να υλοποιηθεί σημείο M επί του κτίσματος, το οποίο να βρίσκεται και επί της ευθυγραμμίας AB. Αρκεί επομένως να υλοποιηθεί το σημείο T στο έδαφος, που ορίζει τη τομή των δύο ευθυγραμμιών AB και ΓΔ. Το ζητούμενο σημείο M θα βρισκόταν εφαρμόζοντας τη διαδικασία υλοποίησης σημείου στην επέκταση ευθυγραμμίας AT. Το σημείο T μπορεί να οριστεί αν είναι γνωστό το μήκος ΓΤ.

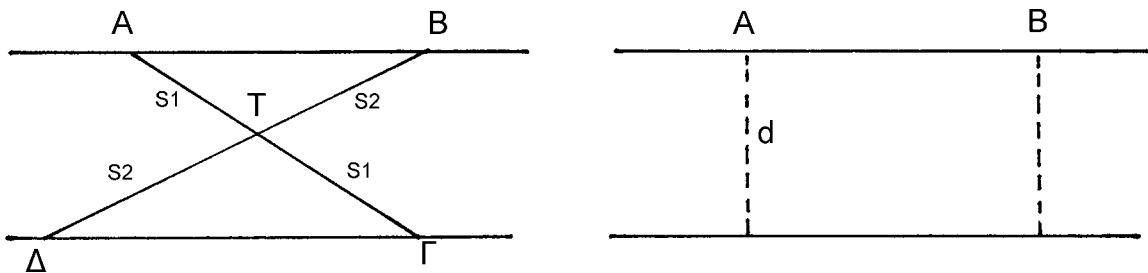
Τα δύο σχηματιζόμενα ορθογώνια τρίγωνα ΑΓΤΑ και ΒΔΤΒ είναι όμοια και προκύπτει η σχέση $\frac{A\Gamma}{B\Delta} = \frac{T\Gamma}{T\Delta}$. Λαμβάνοντας υπόψη ότι $\Gamma\Delta = \Gamma T + \Delta T$

$$\text{Προκύπτει } T\Gamma = \frac{\Gamma\Delta * A\Gamma}{B\Delta + A\Gamma}$$

Παράδειγμα 3ο

Έστω ότι πρέπει να χαραχθεί ευθυγραμμία παράλληλη σε υπάρχουσα με χρήση ακοντίων και μετροταινίας.

Ορίζουμε σημείο T εκτός της ευθυγραμμίας και δύο σημεία A και B επί της ευθυγραμμίας. Στην επέκταση της ευθυγραμμίας AT ορίζεται σημείο Γ σε απόσταση ίση με τη AT . Στην επέκταση της ευθυγραμμίας BT ορίζεται σημείο Δ σε απόσταση ίση με τη BT . Τα σημεία A, B, Γ, Δ ορίζουν ένα παραλληλόγραμμο (συνθήκη διαγωνίων). Το ευθύγραμμο τμήμα $\Gamma\Delta$ που έχει οριστεί, είναι παράλληλο με την ευθυγραμμία AB .

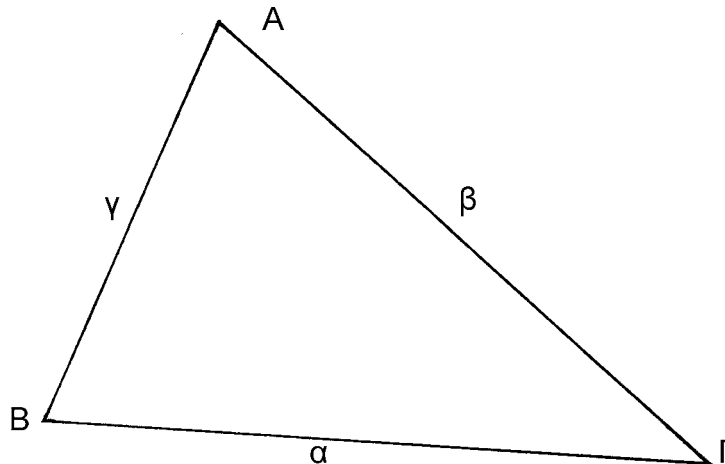


Αν έπρεπε η παράλληλη μετατόπιση να είναι σε δεδομένη απόσταση, θα απαιτείτο χάραξη καθέτων στα δύο σημεία A και B και μέτρηση της δεδομένης απόστασης επί αυτών. Τα δύο σημεία που θα υλοποιηθούν, θα είναι σε δεδομένη απόσταση παράλληλα με την ευθυγραμμία. Η καθετότητα θα πραγματοποιηθεί με τις προαναφερθείσες μεθόδους, ανάλογα με την ακρίβεια που επιδιώκουμε (μέθοδος 3-4-5, χρήση ορθογώνου κλπ)

Παράδειγμα 4ο

Υπάρχει ήδη κατασκευασμένη κάποια γωνία στο έδαφος και θέλουμε να υπολογίσουμε το μέγεθος αυτής με τη χρήση μετροταινίας.

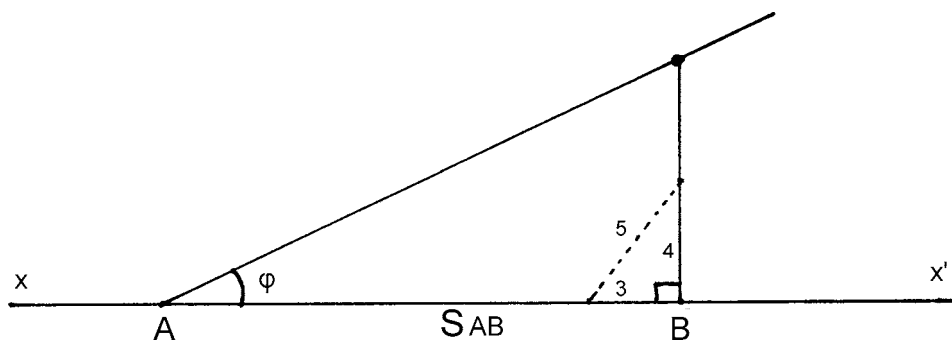
Αν θεωρηθεί ότι η κορυφή της γωνίας είναι η A , τότε επί των δύο διευθύνσεων ορίζονται σημεία B και Γ . Μετρούνται οι αποστάσεις AB , $B\Gamma$ και ΓA . Απο τους προαναφερμένους τύπους που ισχύουν στο τρίγωνο (συνημίτονων) υπολογίζεται η γωνία A .



Παράδειγμα 5ο

Σε δεδομένη ευθυγραμμία $x-x'$, να χαραχθεί διεύθυνση, ώστε να σχηματίζεται γωνία φ .

Επί της ευθυγραμμίας ορίζονται δύο σημεία AB , των οποίων μετράται το μήκος. Από το σχηματιζόμενο τρίγωνο $AB\Gamma$, γνωστά είναι τα στοιχεία AB και η γωνία φ . Υπολογίζοντας την εφαπτομένη της γωνίας φ , προκύπτει και η απόσταση της πλευράς $B\Gamma$ του τριγώνου. Η καθετότητα στο σημείο B , θα πραγματοποιηθεί με τις προαναφερθείσες μεθόδους, ανάλογα με την ακρίβεια που επιδιώκουμε (μέθοδος 3-4-5, χρήση ορθογώνου κλπ) και επ' αυτής θα μετρηθεί με μετροταινία το υπολογισθέν μήκος $B\Gamma$. Η διεύθυνση $A\Gamma$ ορίζει με την AB την επιθυμούμενη γωνία.



Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 6

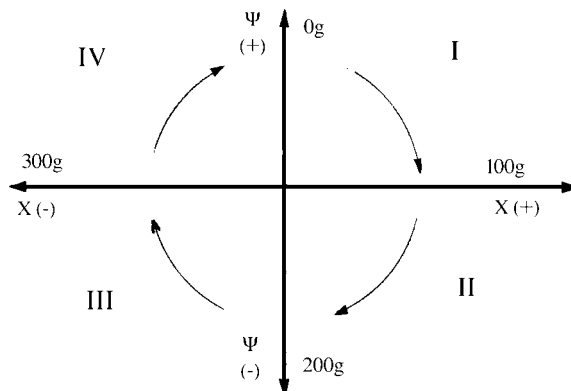
ΘΕΜΕΛΙΩΔΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΓΗΠΕΔΩΝ

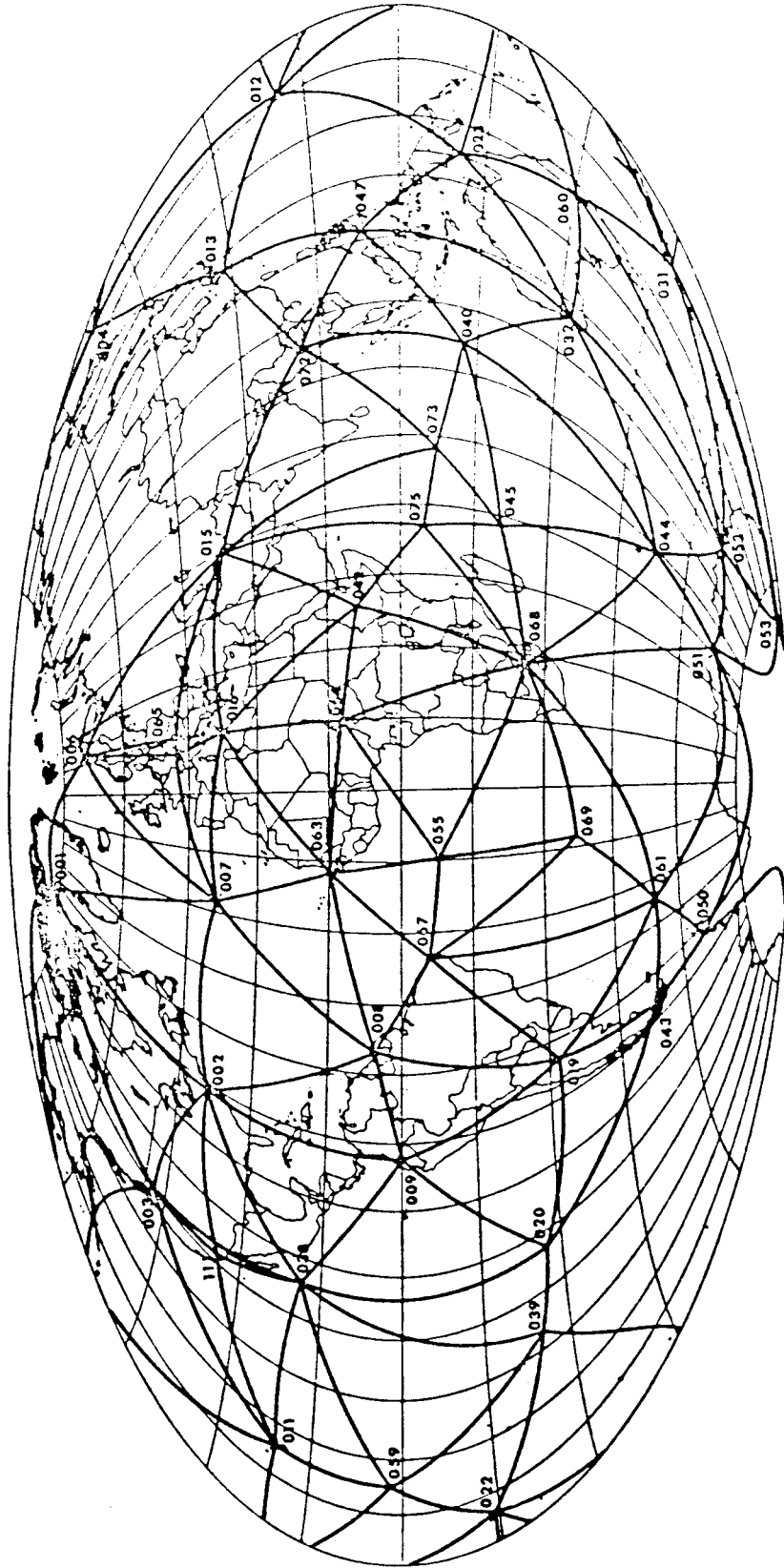
6.1 Γενικά

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, η θέση ενός σημείου ορίζεται από τις συντεταγμένες της προβολής του σημείου πάνω σε οριζόντιο επίπεδο (εφαπτόμενο σε σημείο του Γεωειδούς) και τη απόστασή του από το επίπεδο αυτό (υψόμετρο του σημείου). Για να προσδιοριστεί οριζοντιογραφικά η θέση ενός σημείου, πρέπει να "συνδεθεί" με σημεία, των οποίων οι θέσεις είναι ήδη γνωστές. Η σύνδεση μπορεί να γίνει με πλευρομετρήσεις, γωνιομετρήσεις ή συνδυασμό αυτών. Στα σχήματα φαίνονται ένα Παγκόσμιο τριγωνομετρικό δίκτυο και το Ελληνικό τριγωνομετρικό δίκτυο Α και Β τάξης.

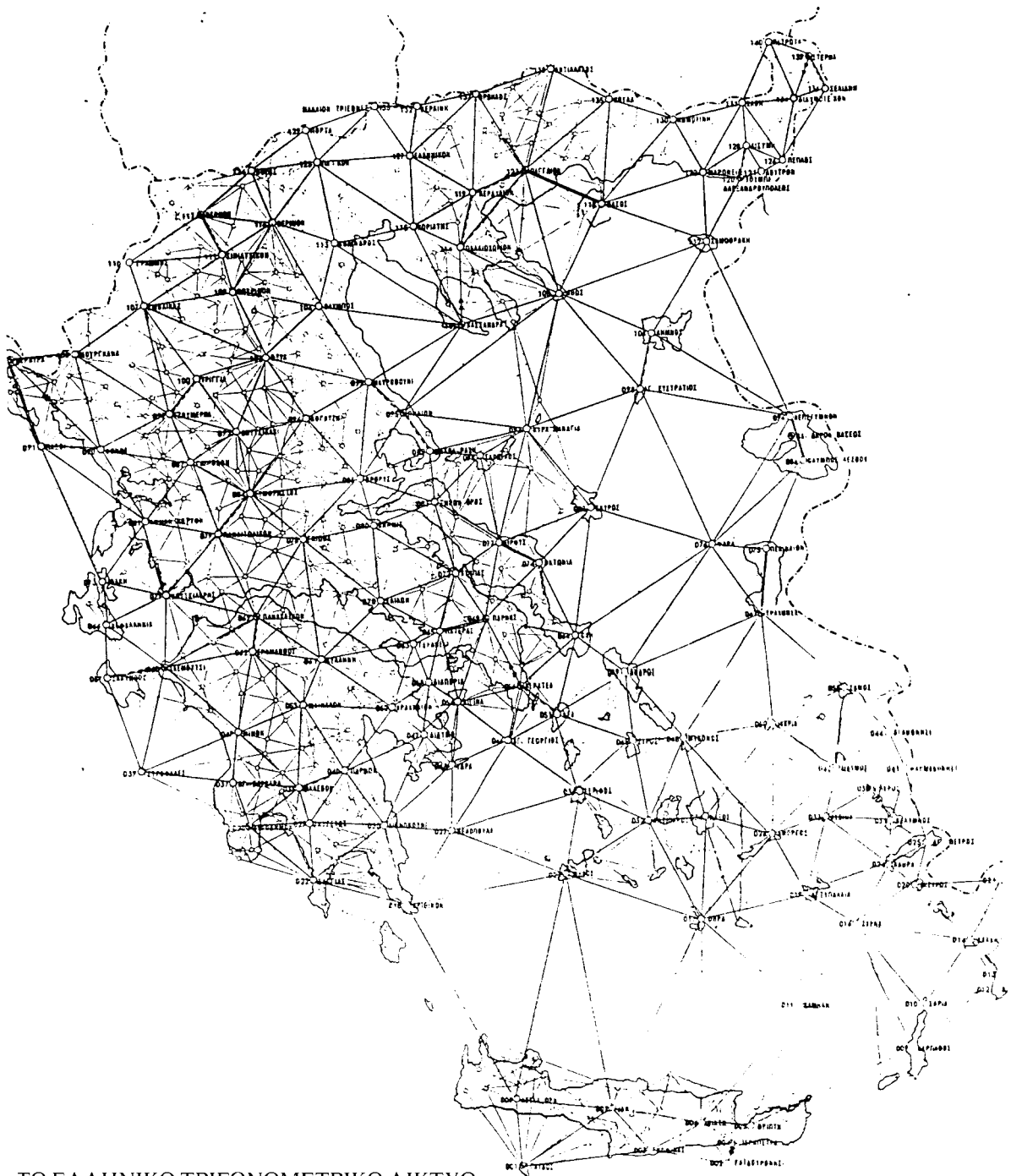
Τα στοιχεία μετρήσεων για τον προσδιορισμό σημείου αξιοποιούνται είτε άμεσα, είτε έμμεσα. Με τον άμεσο τρόπο και χρήση σχεδιαστικών οργάνων μεταφέρονται οι μετρήσεις (μήκη, γωνίες) σε σχέδιο, εκ του οποίου γραφικά προσδιορίζεται το σημείο. Με τον έμμεσο τρόπο και κατάλληλους μαθηματικούς τύπους, υπολογίζονται αναλυτικά οι συντεταγμένες του νέου σημείου. Με την εξέλιξη των Η/Υ, έχει καθιερωθεί η αναλυτική μέθοδο τόσο στον υπολογιστικό τομέα όσο και στη δυνατότητα γρήγορης, εύκολης και με ακρίβεια σχεδίασης των σημείων.

Όπως προαναφέρθηκε, ο θετικός ημιάξονας Ψ έχει συνήθως τη διεύθυνση του Βορρά, ενώ ο θετικός ημιάξονας X της Ανατολής. Οι ημιάξονες χωρίζουν το επίπεδο απεικόνισης σε τέσσερα μέρη, τα οποία ονομάζονται τεταρτημόρια. Η περιοχή που ορίζεται από τον θετικό ημιάξονα των X και των Ψ , είναι το πρώτο τεταρτημόριο και προφανώς αν ένα σημείο A βρεθεί στη περιοχή αυτή, τα πρόσημα των συντεταγμένων, θα είναι θετικά. Η περιοχή που ορίζεται από τον θετικό ημιάξονα των X και τον αρνητικό των Ψ , είναι το δεύτερο τεταρτημόριο. Η περιοχή που ορίζεται από τον αρνητικό ημιάξονα των X και των Ψ , είναι το τρίτο τεταρτημόριο και προφανώς αν ένα σημείο A βρεθεί στη περιοχή αυτή, τα πρόσημα των συντεταγμένων, θα είναι αρνητικά. Η περιοχή που ορίζεται από τον αρνητικό ημιάξονα των X και τον θετικό των Ψ , είναι το τέταρτο τεταρτημόριο.





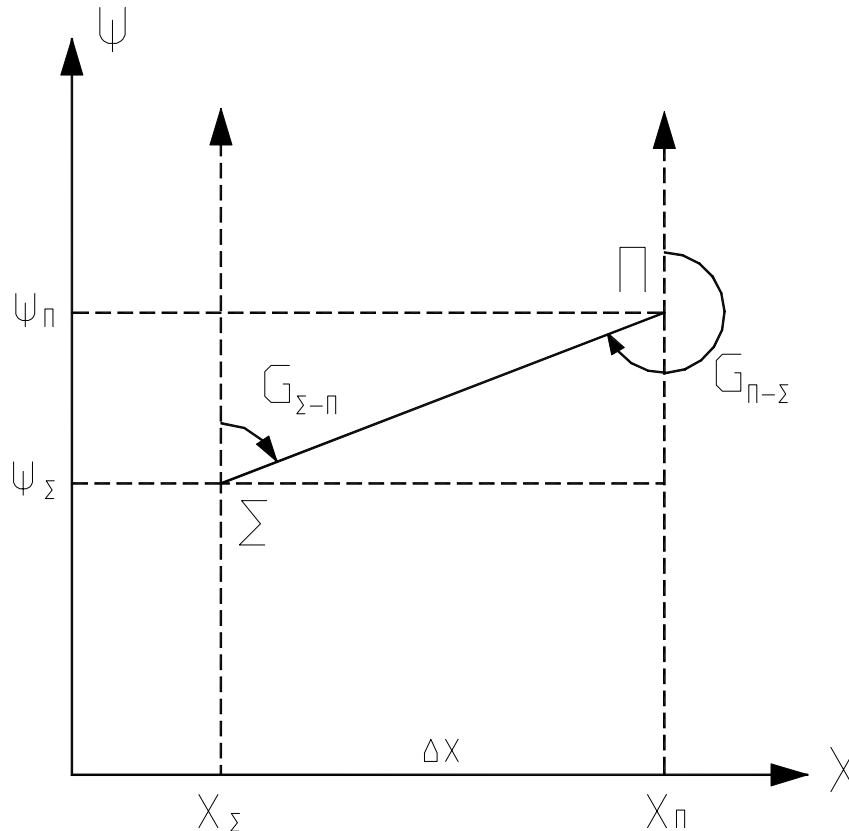
Ένα Παγκόσμιο Τριγωνομετρικό δίκτυο



ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ
Α' ΚΑΙ Β' ΤΑΞΗΣ

6.2 Γωνία διεύθυνσης

Γωνία διεύθυνσης ευθυγράμμου τμήματος Σ (στάσης) προς Π (προσανατολισμός), ορίζεται σαν γωνία που διαγράφεται από παράλληλο προς τον θετικό ημιάξονα Ψ, με κέντρο περιστροφής το σημείο Σ και κίνηση δεξιόστροφη (φορά δεικτών ωρολογίου), μέχρι να ταυτιστεί για πρώτη φορά, με τη διεύθυνση ΣΠ.



Αν ο άξονας των Ψ έχει τη διεύθυνση του Βορρά και όχι τυχαία, τότε η γωνία λέγεται αζιμούθιο της ευθείας. Κάθε γωνία διεύθυνσης πληρεί τη διπλή ανισοτική σχέση (π.χ. σε βαθμούς)

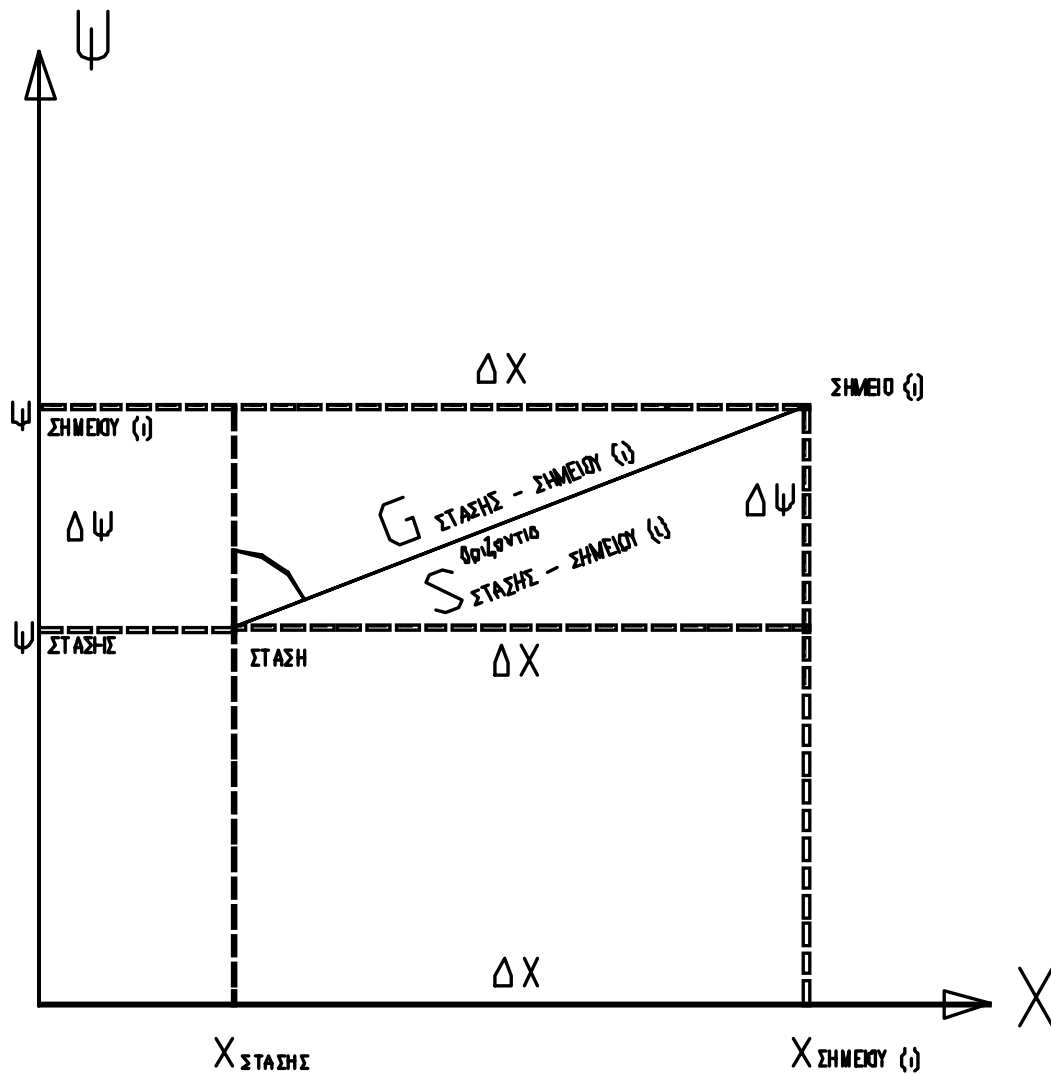
$$0g \leq \text{γωνία διεύθυνσης} < 400g$$

Η γωνία διεύθυνσης Π προς Σ, υπολογίζεται αν στη γωνία διεύθυνσης ΣΠ προστεθούν 200g. Επομένως θα ισχύουν πάντοτε οι παρακάτω σχέσεις λαμβάνοντας υπόψη τον προαναφερόμενο περιορισμό.

$$G_{\Sigma-\Pi} = G_{\Pi-\Sigma} + 200g \quad \text{και} \quad G_{\Pi-\Sigma} = G_{\Sigma-\Pi} + 200g$$

Συνοπτικά θα αναφερθούν τα τρία θεμελιώδη προβλήματα

6.3 Πρώτο Θεμελιώδες Πρόβλημα



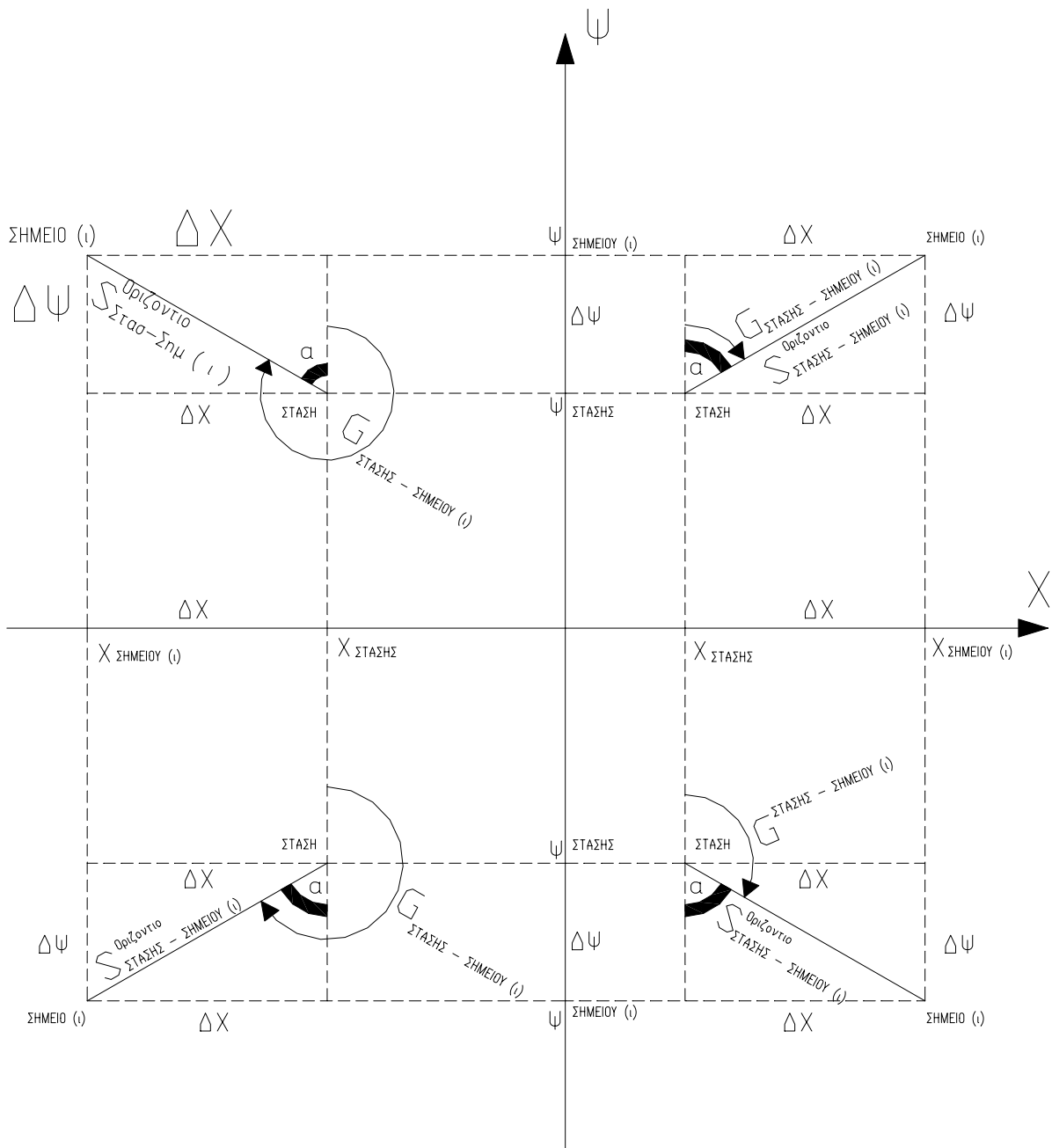
Δεδομένα : $X_{\text{στάσης}}, \Psi_{\text{στάσης}}, G_{\sigma\tau-i}, S_{\sigma\tau-i}^{\text{οριζόντιο}}$

Αποτελέσματα : $X_{\text{σημείου}(i)}, \Psi_{\text{σημείου}(i)}$

Τύποι : $X_{\text{σημείου}(i)} = X_{\text{στάσης}} + S_{\sigma\tau-i}^{\text{οριζόντιο}} * \eta\mu G_{\sigma\tau-i}$

$\Psi_{\text{σημείου}(i)} = \Psi_{\text{στάσης}} + S_{\sigma\tau-i}^{\text{οριζόντιο}} * \sigma\upsilon\nu G_{\sigma\tau-i}$

6.4 Δεύτερο Θεμελιώδες πρόβλημα



Δεδομένα : $X_{στάσης}$, $\Psi_{στάσης}$, $X_{σημείου(i)}$, $\Psi_{σημείου(i)}$

Αποτελέσματα : $G_{στ-i}$, $S_{στ-i}^{οριζόντιο}$

Τύποι : $S_{στ-i}^{οριζόντιο} = \sqrt{(X_{σημείου(i)} - X_{στάσης})^2 + (\Psi_{σημείου(i)} - \Psi_{στάσης})^2}$

Για τον υπολογισμό της **γωνίας διεύθυνσης** υπολογίζεται η τιμή της **γωνίας α** που αντιστοιχεί σε τιμή εφαπτομένης ίσης προς την απόλυτη τιμή της διαίρεσης $\Delta X / \Delta \Psi$. Οι πράξεις είναι αλγεβρικές (πρέπει να ληφθούν υπόψη τα πρόσημα των X και Ψ).

$$\epsilon\phi\alpha = \frac{\pm |X_{σημείου(i)} - X_{στάσης}|}{\pm |\Psi_{σημείου(i)} - \Psi_{στάσης}|}$$

απο όπου προκύπτει η γωνία α (ως τοξεφ, στους H/Y INV TAN ή TAN^{-1})

ΠΡΟΣΟΧΗ : Στον προαναφερθέντα τύπο για τον υπολογισμό $G_{στ-i}$ είναι καθοριστικής σημασίας στις αφαιρέσεις ποιο από τα δύο σημεία θα είναι πρώτο και ποιο δεύτερο, παρά του ότι υπολογίζεται η απόλυτος τιμή και το αποτέλεσμα που θα προκύψει θα είναι θετικός αριθμός. Τα πρόσημα (\pm) αναγράφονται για χρήση του πίνακα

$\Delta X > 0$	$\Delta \Psi > 0$	>	0	$G_{στ-i}$	=	α
	$\Delta \Psi = 0$	=	0	$G_{στ-i}$	=	100
	$\Delta \Psi < 0$	<	0	$G_{στ-i}$	=	200-α
$\Delta X < 0$	$\Delta \Psi > 0$	>	0	$G_{στ-i}$	=	400-α
	$\Delta \Psi = 0$	=	0	$G_{στ-i}$	=	300
	$\Delta \Psi < 0$	<	0	$G_{στ-i}$	=	200+α
$\Delta X = 0$	$\Delta \Psi > 0$	>	0	$G_{στ-i}$	=	0
	$\Delta \Psi = 0$	=	0	$G_{στ-i}$	=	Απροσδιόριστο
	$\Delta \Psi < 0$	<	0	$G_{στ-i}$	=	200

6.5 Τρίτο θεμελιώδες πρόβλημα

Δεδομένα : $G_{01}, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_{\eta-2}, \beta_{\eta-1}$

Αποτελέσματα : $G_{(\eta-1)\eta}$

Γωνία θλάσεως είναι η γωνία που σχηματίζεται από τη δεξιόστροφη περιστροφή της προηγούμενης πλευράς της κάθε γωνίας μέχρι να ταυτιστεί με την επόμενη πλευρά.

$$\begin{aligned} \text{Τύποι : } \quad G_{12} &= G_{01} & + \beta_1 & + 200g \\ G_{23} &= G_{12} & + \beta_2 & + 200g \\ G_{34} &= G_{23} & + \beta_3 & + 200g \\ & \dots & & \\ G_{(n-1)n} &= G_{(n-2)(n-1)} & + \beta_{(n-1)} & + 200g \end{aligned}$$

Προσθέτοντας κατά μέλη

$$G_{(\eta-1)\eta} = G_{01} + \sum_{i=1}^{(\eta-1)} \beta_{(i)} + (\eta-1) \cdot 200$$

Προκειμένου η ζητούμενη γωνία να έχει τιμή μεταξύ 0g και 400g, πρέπει να αφαιρεθούν ακέραια πολλαπλάσια περιφέρειας. Επομένως ο τύπος πρέπει να γραφεί

$$G_{(\eta-1)\eta} = G_{01} + \sum_{i=1}^{(\eta-1)} \beta_{(i)} + (\eta-1) \cdot 200 - K \cdot 400$$

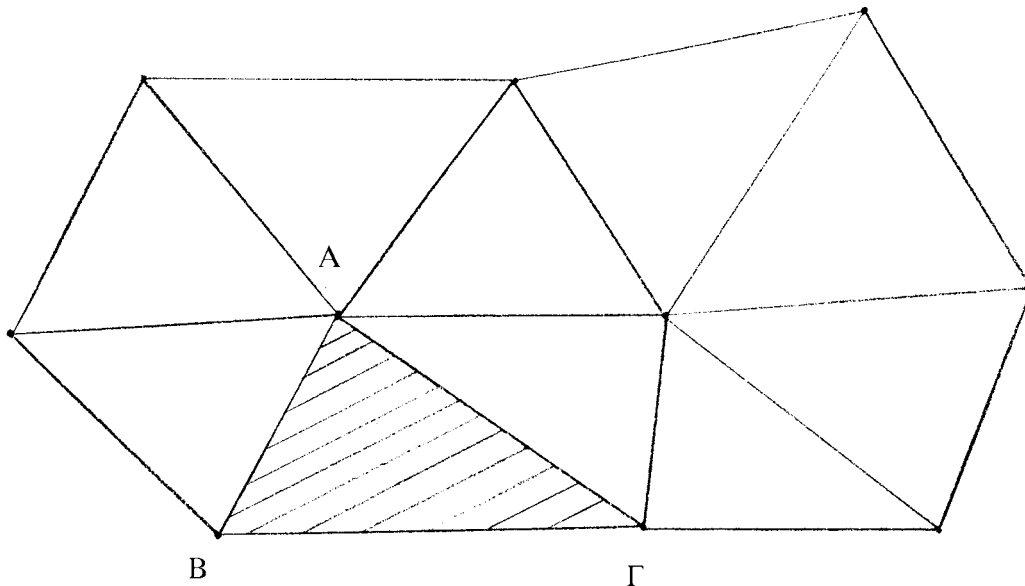
όπου K ακέραιος αριθμός, ώστε η παράσταση που θα προκύψει πριν τον όρο ($K \cdot 400$), να μειωθεί τόσες φορές, ώστε το αποτέλεσμα να βρίσκεται μεταξύ των τιμών 0 και 400 βαθμών

6.6 Αποτύπωση Γηπέδων

6.6.1. Γενικά

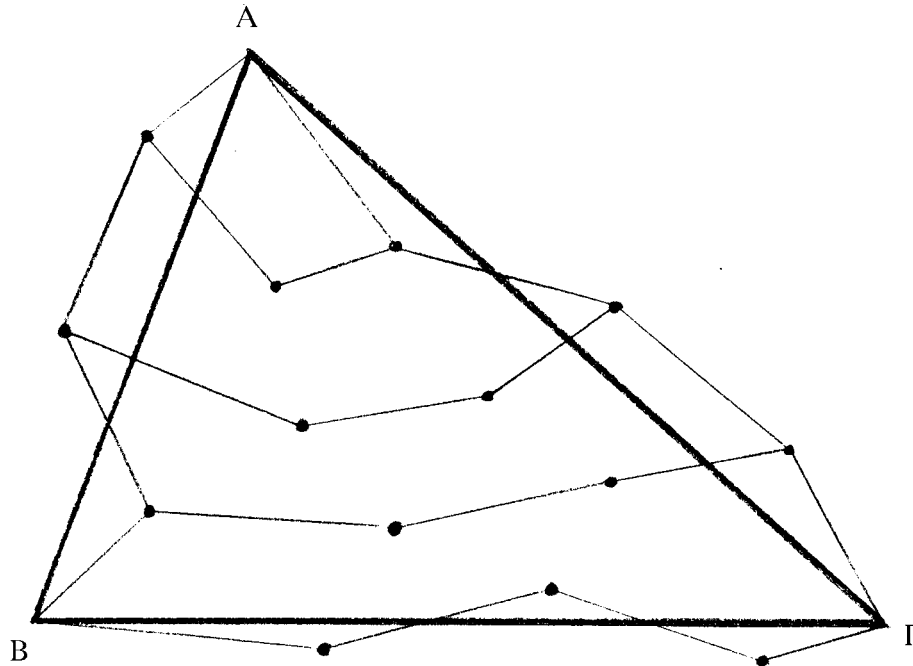
Το σύνολο των τοπογραφικών εργασιών (μετρήσεις - υπολογισμοί), που απαιτούνται για τον προσδιορισμό των οριζόντιων προβολών των σημείων του εδάφους πάνω στην επιφάνεια προβολής, ώστε να αποδοθούν σε σχέδιο με τη μεγαλύτερη κατά το δυνατόν πιστότητα (ανάλογα με την κλίμακα σχεδίου), τα επικείμενα και χαρακτηριστικές λεπτομέρειες του εδάφους.

Απο διάφορες Υπηρεσίας του Κράτους (Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (ΓΥΣ), Τοπογραφική Υπηρεσία Υπουργείου Γεωργίας (ΤΥΥΓ)), έχουν υλοποιηθεί σταθερά σημεία σε χαρακτηριστικές θέσεις (κορυφές λόφων, βουνών, σταυροί κωδωνοστασίων κλπ.) Τα σημεία αυτά σχηματίζουν περίπου ισόπλευρα τρίγωνα και έχουν επιλεγεί οι θέσεις κατά τέτοιο τρόπο, ώστε κάθε σημείο να είναι ορατό, τουλάχιστον απο άλλα δύο σημεία. Τα σημεία λέγονται **Τριγωνομετρικά σημεία** και το σύνολο αποτελεί ένα **Τριγωνομετρικό δίκτυο**.



Όταν πρέπει να αποτυπωθεί ένα τμήμα της επιφάνειας της Γης, στο οποίο βρίσκονται έστω τρία τριγωνομετρικά σημεία (A, B, Γ), τότε υλοποιούνται σημεία στο έδαφος (πύκνωση των σταθερών σημείων), ώστε με κατάλληλες μετρήσεις, συνδεόμενα απο τα σταθερά τριγωνομετρικά σημεία, να υπολογιστούν οι συντεταγμένες τους. Συνδεόμενα τα σημεία μεταξύ τους σχηματίζουν τεθλασμένες γραμμές. Οι γραμμές αυτές λέγονται **Πολυγωνικές οδεύσεις** και οι κορυφές των πολυγωνικών οδεύσεων (τα υλοποιημένα σημεία) **Πολυγωνομετρικά Σημεία**. Η διαδικασία προσδιορισμού των οριζόντιων προβολών των πολυγωνομετρικών σημείων λέγεται **Πολυγωνομετρία**. Εκτεταμένη ανάπτυξη για τα τριγωνομετρικά και πολυγωνομετρικά δίκτυα θα παρατεθεί σε

επόμενα εξάμηνα.

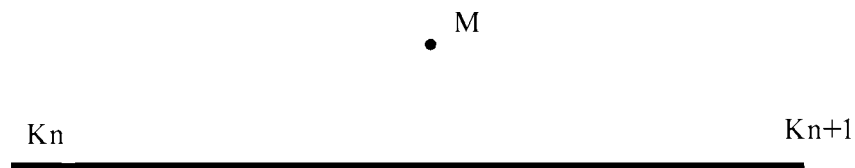


Με βάση τις πλευρές των πολυγωνικών οδεύσεων είναι δυνατό να προσδιοριστούν οι οριζόντιες προβολές των διαφόρων σημείων του τμήματος που πρέπει να αποτυπωθεί. Τα σημεία αυτά θα αναφέρονται σαν **σημεία λεπτομερειών**, για να ξεχωρίζουν από τα τριγωνομετρικά και πολυγωνομετρικά σημεία.

Γηπεδομετρία λέγεται το μέρος της Τοπογραφίας, που ασχολείται με την οριζόντια αποτύπωση τμημάτων της επιφάνειας της Γης τόσο μικρών, ώστε να μη χρειάζεται εγκατάσταση τριγωνομετρικού ή πολυγωνομετρικού δικτύου και συσχέτιση με άλλα διαγράμματα, τα οποία έχουν αποδοθεί σε καθορισμένο δίκτυο προβολής.

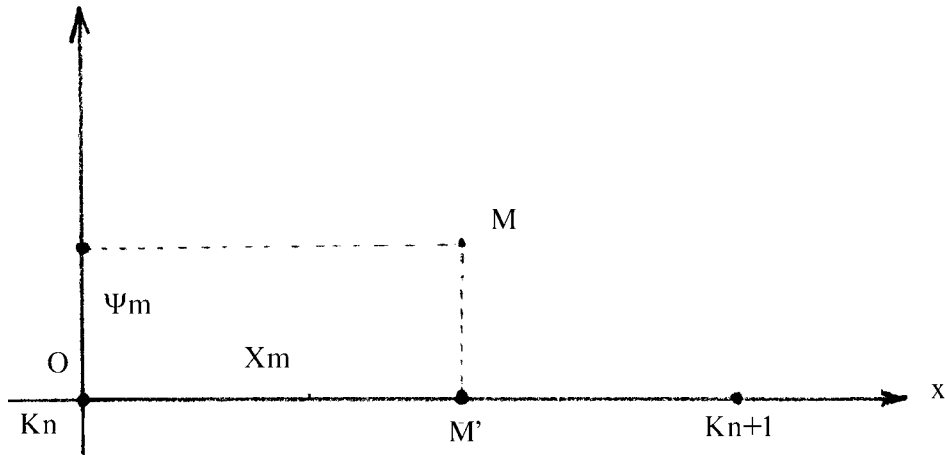
6.6.2. Συσχέτιση σημείων λεπτομερειών με πολυγωνομετρικά

Έστω ότι υπάρχουν δύο σημεία K_n και K_{n+1} (ορίζουν μία πλευρά πολυγωνικής οδεύσης) και σημείο λεπτομέρειας M , του οποίου πρέπει να καθοριστεί η θέση.



Ο καθορισμός αυτός μπορεί να γίνει με βάση τις ορθογώνιες ή τις πολικές συντεταγμένες του σημείου M .

α. Με βάση τις ορθογώνιες συντεταγμένες

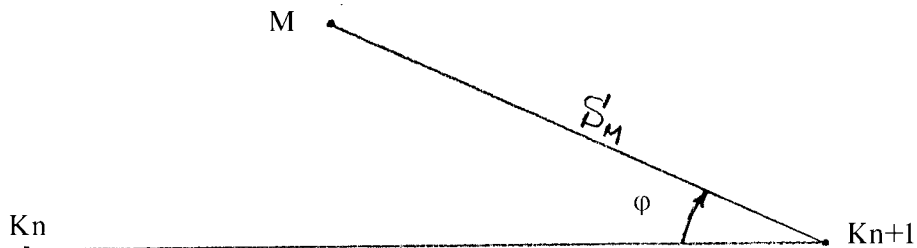


Με χρήση ορθογωνίου, φέρεται κάθετος από το σημείο M προς την K_n-K_{n+1} . Μετρούνται οι αποστάσεις MM' και K_nM' .

Αν θεωρηθεί ένα σύστημα ορθογωνίων συντεταγμένων, του οποίου ο άξονας των X ταυτίζεται με την K_n-K_{n+1} και η αρχή των αξόνων του συστήματος οριστεί η K_n , τότε η θέση του σημείου M μπορεί να καθορισθεί.

Το έδαφος πρέπει να είναι σχετικά ομαλό γιατί διαφορετικά δεν είναι εύκολη η χάραξη της καθέτου με ορθόγωνο. Για να υπάρξει οριζοντιογραφική ακρίβεια της τάξης $\pm 2\text{cm}$ στο προσδιοριζόμενο σημείο, με χρήση διπλού ορθογώνου, θα πρέπει η απόσταση του σημείου από το ορθόγωνο **να μην υπερβαίνει τα 50m**. Όταν το έδαφος είναι ανώμαλο χρησιμοποιείται η μέθοδος με πολικές συντεταγμένες. Με την εξέλιξη των ηλεκτρομαγνητικών οργάνων έχει καθιερωθεί να εφαρμόζεται αυτή η μέθοδος σε όλες τις αποτυπώσεις μία και προσφέρει ακρίβεια τόσο στη μέτρηση γωνιών όσο και αποστάσεων.

β. Με βάση τις πολικές συντεταγμένες



Για να οριστεί η θέση του σημείου M ως προς τα σημεία K_n-K_{n+1} , θεωρείται ότι η ευθεία K_n-K_{n+1} , συμπίπτει με τον πολικό άξονα και ότι ο πόλος συμπίπτει με το σημείο K_{n+1} . Αρκεί επομένως να μετρηθεί η γωνία ϕ και η απόσταση S_M

Η γωνία ϕ μετράται με ταχύμετρο και η απόσταση με μετροταινία,

σταδία ή με ηλεκτρονικό όργανο μέτρησης αποστάσεων (ανάλογα με την επιθυμητή ακρίβεια και τον διαθέσιμο εξοπλισμό).

Πολική γωνία φ θεωρείται η δεξιόστροφη γωνία που σχηματίζεται από τη περιστροφή της ευθείας K_n-K_{n+1} , γύρω από τον πόλο K_{n+1} , μέχρι να συμπίψει με την ευθεία που ενώνει τον πόλο με το σημείο M . Η πολική γωνία και πολική απόσταση λέγονται **πολικές συντεταγμένες του σημείου M** .

6.6.3. Μέθοδοι οριζοντιογραφικής αποτύπωσης

Ανεξάρτητα από τη μέθοδο που θα χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της θέσης και του σχήματος λεπτομερειών του εδάφους πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι παρακάτω γενικοί κανόνες

- α. Ο προσδιορισμός κάθε σημείου βασίζεται σε σταθερά σημεία
- β. Οι σχετικές θέσεις των σημείων λεπτομερειών πρέπει να είναι σωστές σε ότι αφορά ευθυγραμμίες, αποστάσεις μεταξύ τους και προσανατολισμό.
- γ. Οι εργασίες πεδίου πρέπει να ελέγχονται σε όλα τα στάδια με ανεξάρτητες μεθόδους.
- δ. Κατά την εργασία πεδίου, πρέπει να αποφεύγονται οι περιττές επικαλύψεις και ανάλογα με την επιδιωκόμενη ακρίβεια να χρησιμοποιούνται τα κατάλληλα όργανα.

ε. Το τελικό διάγραμμα, πρέπει να είναι απηλλαγμένο σχεδιαστικών σφαλμάτων.

Για την οριζοντιογραφική αποτύπωση μπορεί να εφαρμοστεί μία από τις τρεις μεθόδους

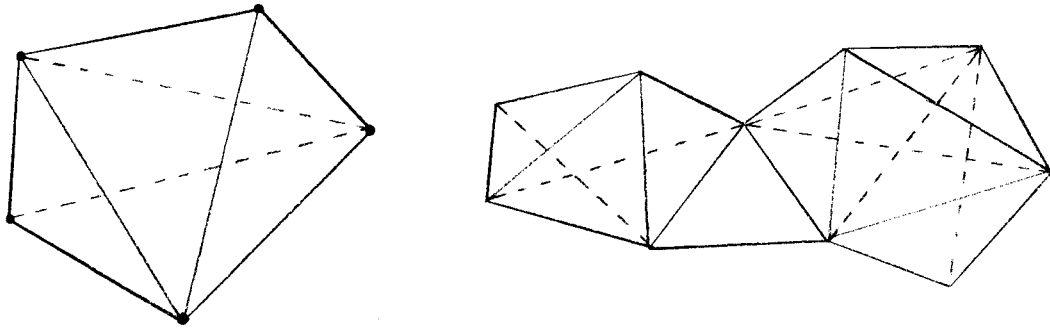
1. **των πλευρομετρήσεων**
2. **των ορθογωνίων συντεταγμένων**
3. **των πολικών συντεταγμένων**

6.6.4. Μέθοδος με πλευρομετρήσεις

Κατά τη μέθοδο αυτή εκτελούνται στο έδαφος μετρήσεις αποστάσεων μόνο. Η θέση ενός σημείου λεπτομέρειας, ως προς δύο σταθερά σημεία, καθορίζεται αν είναι γνωστές οι αποστάσεις του σημείου, από τα δύο σταθερά σημεία και το ημιεπίπεδο, στο οποίο βρίσκεται.

- α. **μέθοδος διαγωνίων**

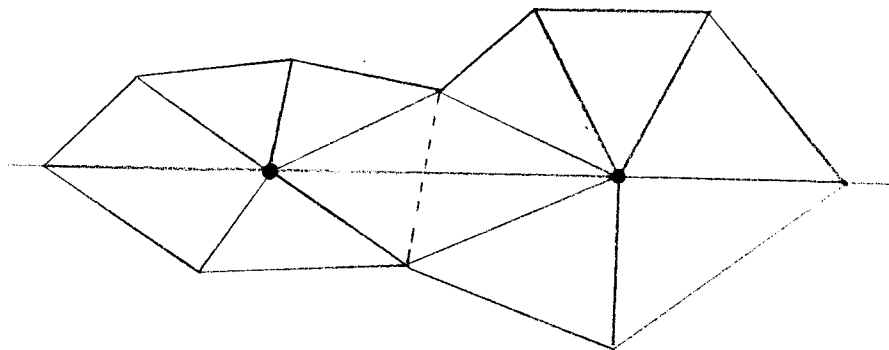
Το γήπεδο διαχωρίζεται με διαγώνιους από μία κορυφή σε τρίγωνα. Μετρούνται τα μήκη των πλευρών των τριγώνων. Με τα στοιχεία αυτά κατασκευάζεται γεωμετρικώς το σχέδιο και υπολογίζεται το εμβαδόν της αποτυπωμένης επιφάνειας.



Οι διαγώνιες που είναι σχεδιασμένες με διακεκομμένες γραμμές μετρούνται, για να είναι δυνατός ο έλεγχος της ακρίβειας των μετρήσεων.

β. μέθοδος των ακτίνων

Ορίζεται άξονας μέσα ή έξω από την προς αποτύπωση επιφάνεια και πάνω στο άξονα αυτόν ορίζονται δύο ή περισσότερα σημεία. Μετρούνται οι αποστάσεις όλων των κορυφών της επιφάνειας από τα σημεία αυτά. Με τα στοιχεία αυτά κατασκευάζεται γεωμετρικώς το σχέδιο και υπολογίζεται το εμβαδόν της αποτυπωμένης επιφάνειας.

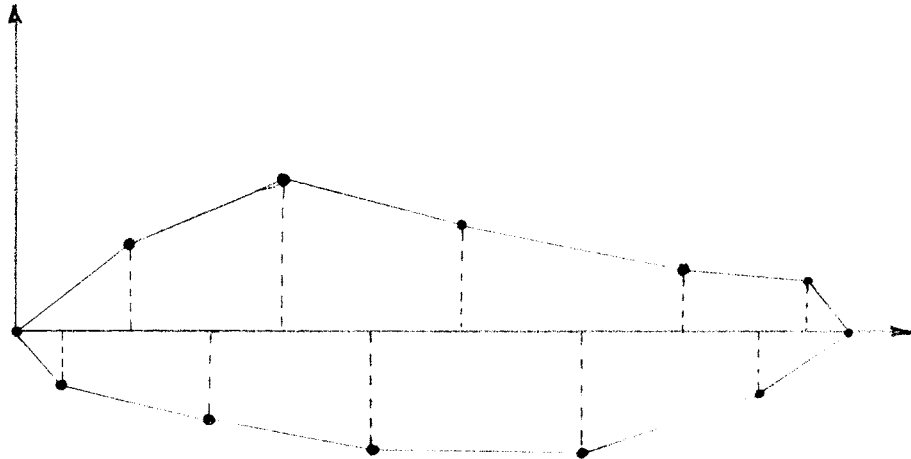


Η θέση του κάθε σημείου προσδιορίζεται με διαδοχικές κατασκευές τριγώνων, στα οποία είναι γνωστές οι τρεις πλευρές. Η μέθοδος είναι κατάλληλη για αποτυπώσεις **μικρών** γηπέδων με ευθύγραμμα όρια και απλές λεπτομέρειες.

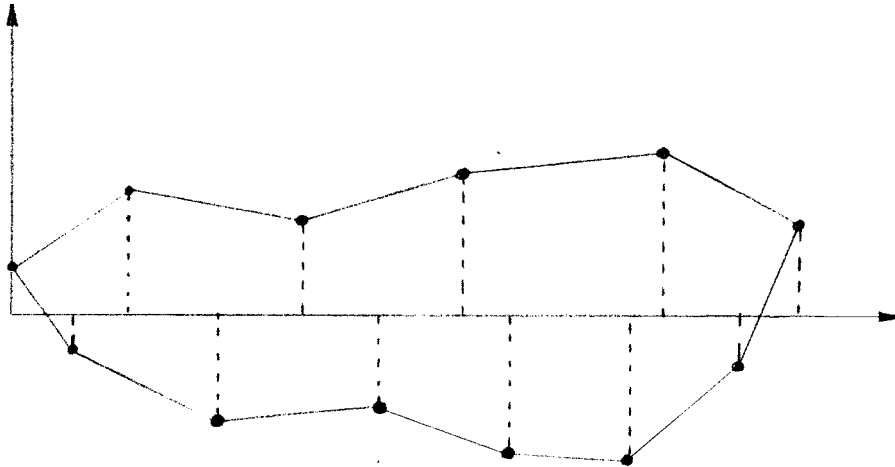
Το πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι απαιτείται απλός εξοπλισμός από απόψεως οργάνων (μετροταινία, ακόντια) και παρέχει ακριβή αποτελέσματα σε ότι αφορά την οριζοντιογραφία (αποτυπώσεις μικρών γηπέδων). Αδυνατεί να αποδώσει υψομετρική απεικόνιση του εδάφους.

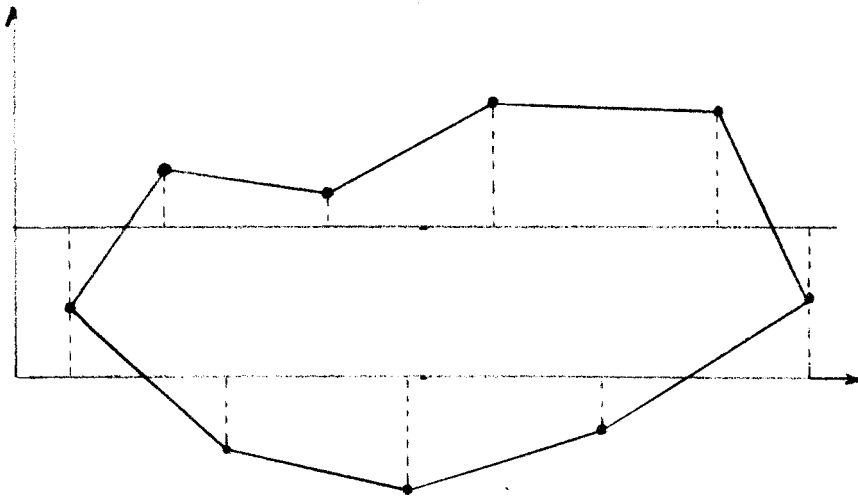
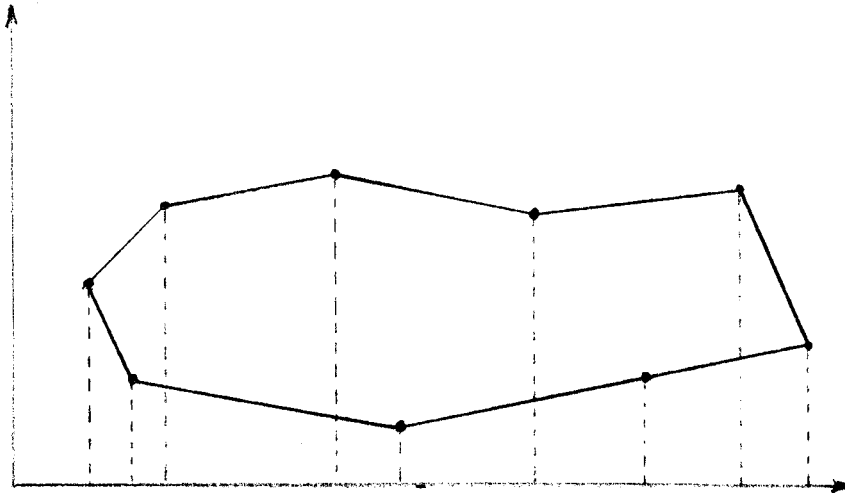
6.6.5. Μέθοδος με ορθογώνιες συντεταγμένες

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε αποτυπώσεις αστικών περιοχών ή αποτυπώσεις μικρών γηπέδων των οποίων τα όρια δεν είναι ευθύγραμμα.



Στη μέθοδο αυτή απαιτούμενα σταθερά στοιχεία είναι ένα σταθερό σημείο και μία ορισμένη διεύθυνση. Το ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων που δημιουργείται έχει σαν αρχή το δοθέν σταθερό σημείο και σαν ένα άξονα των X τη δοθείσα διεύθυνση. Σαν άξονας των X εκλέγεται κατά προτίμηση ευθεία που περνά απο κορυφές του γηπέδου. Μπορεί όμως η δοθείσα διεύθυνση να καθορισθεί έτσι, ώστε να μη περνά απο κορυφές του γηπέδου, ακόμη και να μην τέμνει καθόλου το γήπεδο.





Για να υπάρξει οριζοντιογραφική ακρίβεια της τάξης $\pm 2\text{cm}$ στο προσδιοριζόμενο σημείο, με χρήση διπλού ορθογώνου, θα πρέπει η απόσταση του σημείου από το ορθόγωνο να μην υπερβαίνει τα 50m. Σύμφωνα με τους Ελληνικούς κανονισμούς όμως, η απόσταση του σημείου λεπτομέρειας από τον άξονα αποτύπωσης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 25m. Γιαυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά την αποτύπωση υλοποίηση δύο αξόνων παραλλήλων.

Ο απαιτούμενος εξοπλισμός στο πεδίο απόψεως οργάνων είναι και πάλι απλός (ορθόγωνο, μετροταινία, ακόντια). Στο γραφείο μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα κλασσικά όργανα σχεδίασης (κλιμακόμετρο, τρίγωνο) ή ορθογράφος.

Η μέθοδος έχει το πλεονέκτημα της αυξημένης ακρίβειας σε οριζοντιογραφική αποτύπωση. Αδυνατεί να αποδώσει υψομετρική απεικόνιση του εδάφους.

6.6.6. Μέθοδος με πολικές συντεταγμένες

Για να εφαρμοστεί η μέθοδος απαιτείται ένα σταθερό σημείο, το οποίο ονομάζεται **πόλος** και ένας καθορισμένος κατά διεύθυνση άξονας, ο οποίος διέρχεται από αυτό και ονομάζεται **πολικός άξονας**.

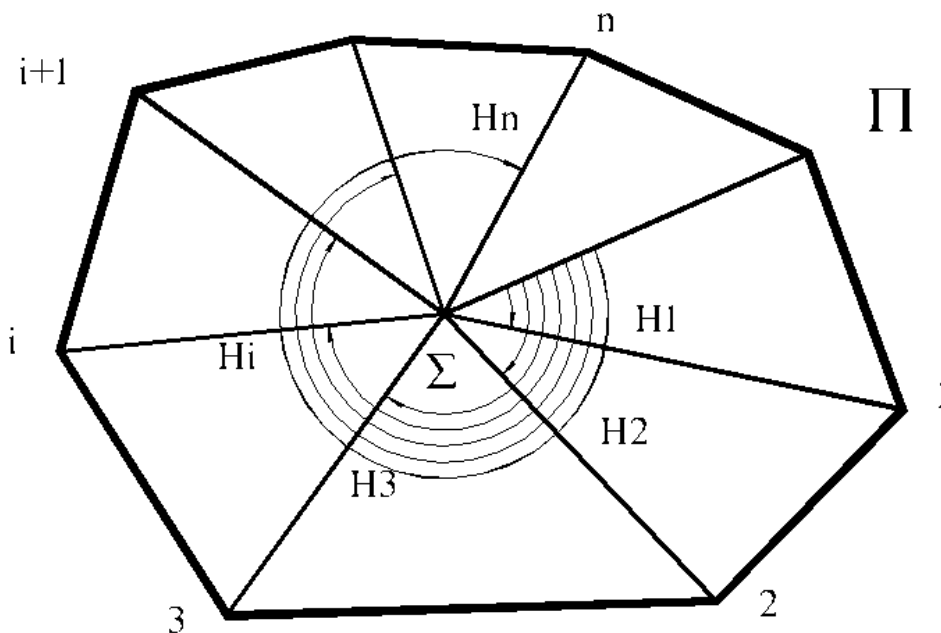
Ο προσδιορισμός της θέσης του σημείου λεπτομέρειας πάνω στο σχέδιο μπορεί να γίνει αναλυτικά ή γραφικά.

Για να εφαρμοστεί η αναλυτική μέθοδος υπολογισμού των συν/ων του σημείου, θα πρέπει να είναι γνωστές οι συν/νες του πόλου και η γωνία διεύθυνσης του πολικού άξονα. Αν θεωρηθεί ο πόλος σαν σημείο στάσης οργάνου και χαρακτηριστεί με το γράμμα Σ και η γωνία διεύθυνσης G προς σημείο προσανατολισμού Π τότε ισχύουν οι σχέσεις

$$G_{\Sigma-i} = G_{\Sigma\Pi} + H_i \quad \text{όπου } H_i \text{ μετρηθείσα γωνία}$$

$$X_i = X_{\Sigma} + S_{\Sigma-i} * \eta\mu G_{\Sigma-i}$$

$$\Psi_i = \Psi_{\Sigma} + S_{\Sigma-i} * \sigma\upsilon\nu G_{\Sigma-i}$$



Για να εφαρμοστεί η γραφική μέθοδος και να αποδοθεί η θέση του σημείου στο χαρτί, χρησιμοποιείται βαθμογνωμόνιο και κλιμακόμετρο, σχεδιαστικά όργανα με τα οποία μετρούνται η γωνία και απόσταση αντίστοιχα. Στη πράξη χρησιμοποιείται ο λεγόμενος αναγωγέας, κατασκευασμένος από πεπλεγμένο χαρτί ή πλαστικό υλικό, έχει δε ημικυκλική μορφή. Ο αναγωγέας τοποθετείται κατά τρόπο, ώστε να μπορεί να περιστρέφεται γύρω από το σημείο στάσης, με τη βοήθεια καρφίδος. Η περιφέρεια είναι διηρημένη σε ενδείξεις γωνιών. Στη βάση υπάρχει κλιμακόμετρο.

Με τη γραφική μέθοδο υπάρχει αβεβαιότητα στην εκτίμηση της οριζόντιας γωνίας, όταν μεταφέρεται στο σχέδιο.

Το **πλεονέκτημα** της ταχυμετρικής μεθόδου είναι η δυνατότητα εύρεσης υψομετρικής διαφοράς μεταξύ σημείου στάσης και σημείου λεπτομέρειας και επομένως η απόδοση του ανάγλυφου του εδάφους (κατά τις τρεις διαστάσεις). Η

ταχυμετρική μέθοδος χρησιμοποιείται **ευρύτητα** στις συνηθισμένες τοπογραφικές εργασίες λόγω ταχύτητας και ευκολίας λήψης και απόδοσης των απαιτούμενων στοιχείων.

Σαν **μειονέκτημα** μπορεί να χαρακτηριστεί το υψηλό κόστος αγοράς τοπογραφικών οργάνων.

Το συνεργείο για την εφαρμογή της ταχυμετρικής μεθόδου αποτελείται

α. τον προϊστάμενο, ο οποίος σημειώνει τα σημεία λεπτομέρειας στο κροκί και κατευθύνει την όλη εργασία πεδίου

β. τον παρατηρητή, ο οποίος χειρίζεται το ταχύμετρο

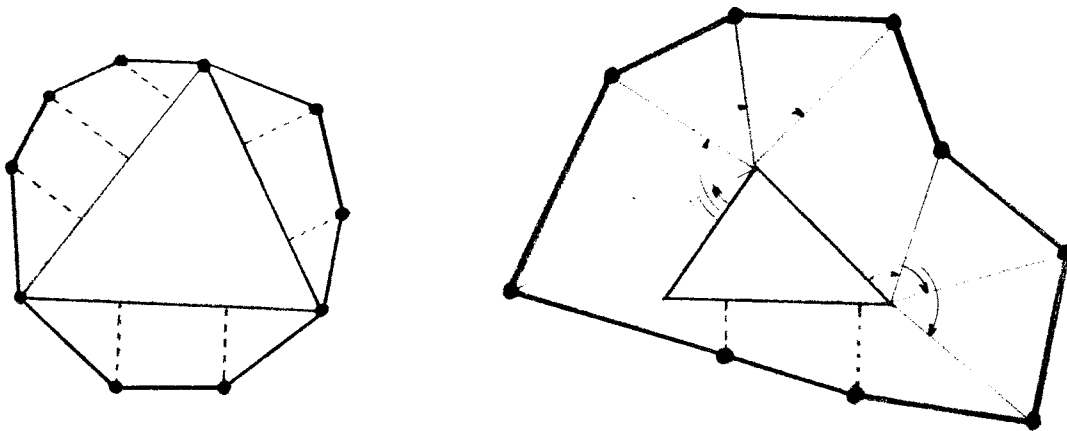
γ. τον γραφέα, ο οποίος καταγράφει τα στοιχεία μετρήσεων που υπαγορεύει ο παρατηρητής

δ. στοχοφόροι, οι οποίοι τοποθετούν τους στόχους (σταδίες ή κάτοπτρα) στα σημεία που δείχνει ο προϊστάμενος.

Ανάλογα με την έκταση αποτύπωσης, μορφή του εδάφους και κλίμακα απόδοσης διαφοροποιείται τόσο ο αριθμός των στοχοφόρων όσο και του συνδυασμού του συνεργείου, ώστε να ελαχιστοποιηθεί το κόστος εργασιών πεδίου (π.χ. για μικρή αποτύπωση ο παρατηρητής και ο γραφέας είναι το ίδιο άτομο όπως και ο προϊστάμενος και ο στοχοφόρος).

6.6.7. Μέθοδος μικτή

Σχηματικά φαίνεται η διαδικασία αποτυπώσεως με συνδυασμό των προαναφερομένων μεθόδων.



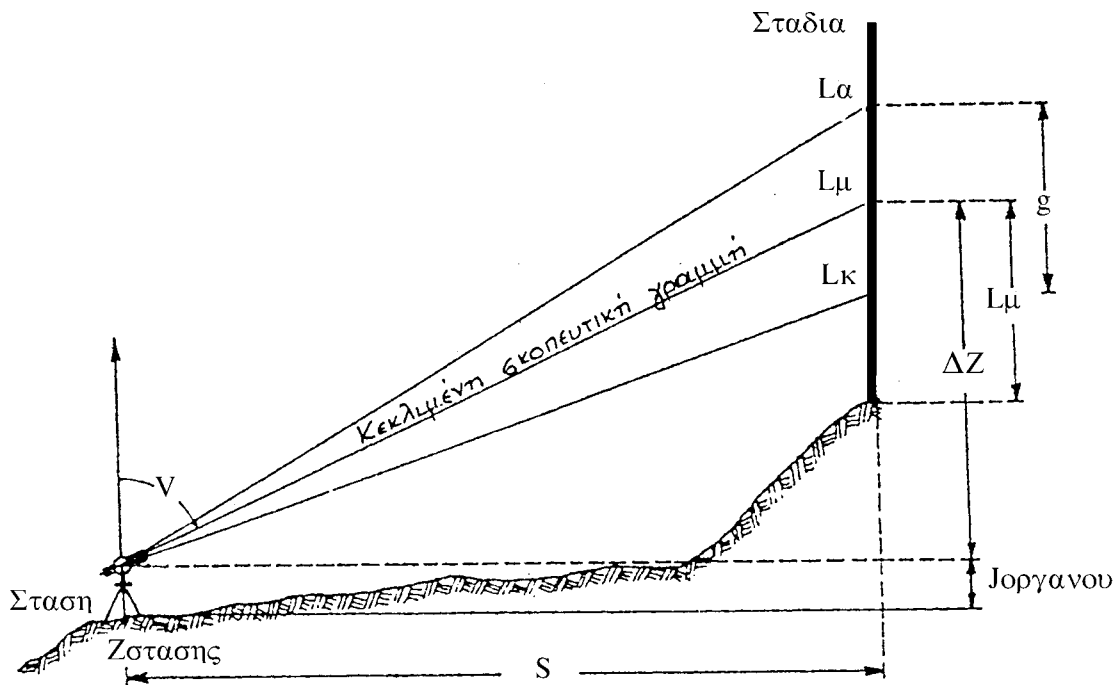
6.7 Ταχυμετρία με βοήθεια σταδίας

Θα αναφερθεί σχετικό τυπολόγιο υπολογισμού ορθογωνίων συν/ων από μετρήσεις πεδίου, που έγιναν με χρήση ταχύμετρου και σταδίας (εξοπλισμός διαθέσιμος στο Τ.Ε.Ι. Σερρών). Παρόμοιες σχέσεις ισχύουν και με τη χρήση ηλεκτρονικών οργάνων. Διαφοροποίηση προκύπτει μόνο στον υπολογισμό της οριζόντιας απόστασης. Τα περισσότερα ηλεκτρονικά παρέχουν άμεσα την οριζόντια απόσταση.

Τα στοιχεία που πρέπει να καταγραφούν στο πεδίο για ταυτόχρονη οριζοντιογραφική και υψομετρική αποτύπωση για κάθε σημείο λεπτομέρειας είναι

- $J_{\text{οργάνου}}$ Ύψος Οργάνου
- $V_{\Sigma-i}$ Κατακόρυφη γωνία
- $H_{\Sigma-i}$ Οριζόντια γωνία
- $\lambda_{\text{ενω}(i)}$, $\lambda_{\text{μεσον}(i)}$, $\lambda_{\text{κατω}(i)}$ αναγνώσεις με τα σταδιομετρικά νήματα σε σταδία,

εκ των οποίων με τους κατάλληλους τύπους (αναφέρονται παρακάτω), υπολογίζονται τα ζητούμενα στοιχεία (X_i , Ψ_i , Z_i) για κάθε σημείο λεπτομέρειας.



Εργασίες γραφείου

Η πορεία εργασίας υπολογισμού για κάθε σημείο, που καταγράφηκε από δεδομένη στάση (X_{Σ} , Ψ_{Σ} , Z_{Σ}), έχοντας τοποθετήσει στον δίσκο οριζοντίων γωνιών την ένδειξη 0.000 προς το δεδομένο σημείο προσανατολισμού (X_{Π} , Ψ_{Π} , Z_{Π})

ΒΗΜΑ 1^ο

Υπολογισμός της γωνίας προσανατολισμού Στάσης προς σημείο μηδενισμού με τη χρήση του 2^{ου} Θεμελιώδους προβλήματος $G_{\Sigma-\Pi}$. Η γωνία αυτή θα παραμείνει **αμετάβλητη** για όλα τα σημεία.

ΒΗΜΑ 2°

Τα βήματα που ακολουθούν υπολογίζονται για κάθε σημείο

$$1. S_{\sigma\tau-i}^{\text{οριζόντιο}} = 100 * (\lambda_{\text{ανο}(i)} - \lambda_{\text{κατω}(i)}) * \eta\mu^2 V_{\Sigma-i}$$

$$2. G_{\sigma\tau-i}^{\text{βοηθητικο}} = G_{\Sigma-\Pi} + H_{\Sigma-i}$$

αν

$$G_{\sigma\tau-i}^{\text{βοηθητικο}} \geq 400 \text{ g} \quad \text{ΤΟΤΕ} \quad G_{\sigma\tau-i}^{\text{τελικο}} = G_{\sigma\tau-i}^{\text{βοηθητικο}} - 400\text{g}$$

$$G_{\sigma\tau-i}^{\text{βοηθητικο}} < 400 \text{ g} \quad \text{ΤΟΤΕ} \quad G_{\sigma\tau-i}^{\text{τελικο}} = G_{\sigma\tau-i}^{\text{βοηθητικο}}$$

$$3. X_{\text{σημείου}(i)} = X_{\text{στάσης}} + S_{\sigma\tau-i}^{\text{οριζόντιο}} * \eta\mu G_{\sigma\tau-i}^{\text{τελικο}}$$

$$4. \Psi_{\text{σημείου}(i)} = \Psi_{\text{στάσης}} + S_{\sigma\tau-i}^{\text{οριζόντιο}} * \sigma\upsilon\nu G_{\sigma\tau-i}^{\text{τελικο}}$$

Αν απαιτείται να υπολογιστούν και τα υψόμετρα των σημείων τότε

$$5. \Delta Z_{\sigma\tau-i} = 100 * (\lambda_{\text{ανο}(i)} - \lambda_{\text{κατω}(i)}) * \eta\mu 2 V_{\Sigma-i}$$

$$6. Z_{\text{σημείου}(i)} = Z_{\text{στάσης}} + \Delta Z_{\sigma\tau-i} + J_{\text{οργάνου}} - \lambda_{\text{μεισον}(i)}$$

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 7

ΕΜΒΑΔΟΜΕΤΡΙΑ

Η εμβαδομετρία ασχολείται με τον υπολογισμό του εμβαδού μιας επιφάνειας. Ως επιφάνεια ενός γηπέδου στην τοπογραφία εννοούμε την ορθή προβολή του σχήματος ενός οικοπέδου, αγρού ή οποιουδήποτε τμήματος της γης στο επίπεδο του ορίζοντα. Οι μέθοδοι υπολογισμού του εμβαδού περιγράφονται στο παρόν κεφάλαιο αρχίζοντας από αυτήν που αποδίδει την μικρότερη ακρίβεια, και συνεχίζοντας με μεθόδους που αποδίδουν συνεχώς μεγαλύτερη. Η μέθοδος που θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε κάθε φορά εξαρτάται από τα διαθέσιμα στοιχεία του γηπέδου (οικόπεδο, αγρός, οποιοδήποτε τμήμα γης).

7.1 Μηχανική μέθοδος

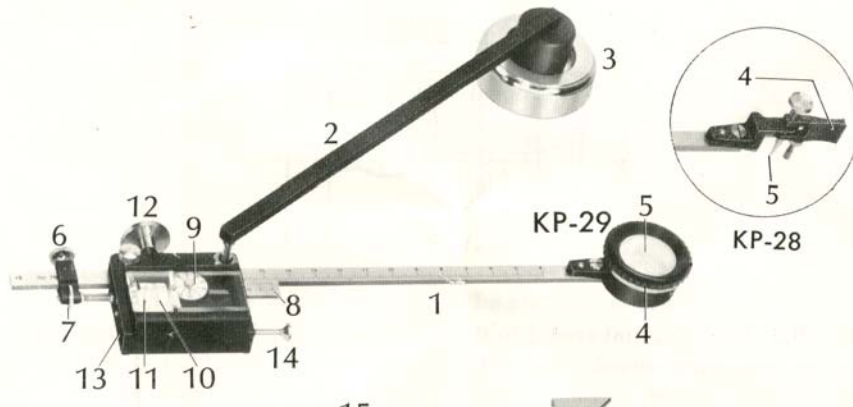
Όπως προκύπτει και από τον τίτλο ο υπολογισμός του εμβαδού γίνεται με την βοήθεια ενός μηχανήματος του εμβαδομέτρου. Τα περισσότερα διαδεδομένα εμβαδόμετρα είναι τα τύπου Amsel, που περιγράφονται παρακάτω.

Τα διαθέσιμα στοιχεία είναι μόνον ένα σχέδιο στο οποίο σχεδιάζεται με κλειστή γραμμή μία επιφάνεια και αναφέρεται η κλίμακα σχεδίασης.

Περιγραφή του εμβαδομέτρου. Το εμβαδόμετρο αποτελείται από δύο βραχίονες (1) και (2) και το κυρίως σώμα. Ο βραχίονας (1) περιστρέφεται γύρω από ένα σημείο, στο ένα του άκρο με την βοήθεια ενός βαριδίου (3) ή μιας ακίδας και καταλήγει με μία άρθρωση στο σώμα του εμβαδομέτρου. Ο βραχίονας (2) στο ένα του άκρο συνδέεται μέσω ενός βερνιέρου (8) με το σώμα του εμβαδομέτρου και καταλήγει σε ένα μεγεθυντικό φακό (5) με δείκτη μία τελεία (5) ή ακίδα, η απόσταση του δείκτη από το κυρίως σώμα μεταβάλλεται σύροντας το σώμα του εμβαδομέτρου πάνω στον βραχίονα (2). Το κυρίως σώμα του εμβαδομέτρου στην κάτω επιφάνεια φέρει έναν μικρό τροχό, στην επάνω δε επιφάνεια φέρει μετρητικό σύστημα (9) και (10) που μετρά τις περιστροφές του τροχού και ένα διακόπτη (14) μηδενισμού του μετρητή. Τέλος το εμβαδόμετρο συνοδεύεται από πίνακα που για κάθε κλίμακα σχεδίου αναφέρει μία σταθερά και έναν πολλαπλασιαστή.

Διαδικασία της εμβαδομέτρησης. Πριν την έναρξη της εμβαδομέτρησης, θα πρέπει να ρυθμίσουμε την απόσταση σώματος – δείκτη του βραχίονα (2), ανάλογα με την κλίμακα του σχεδίου και σύμφωνα με τις υποδείξεις του πίνακα του εμβαδομέτρου τοποθετώντας με την βοήθεια του βερνιέρου (8) την ανάλογη σταθερά. Στήνουμε το εμβαδόμετρο όπως στην φωτογραφία, ώστε να είναι δυνατή η περιαγωγή του σχήματος με την βοήθεια του δείκτη (5). Τοποθετούμε τον δείκτη σε ένα σημείο του περιγράμματος του σχήματος που θέλουμε να εμβαδομετρήσουμε, πιέζουμε τον διακόπτη μηδενισμού (14) και τρέχουμε δεξιόστροφα το περίγραμμα της κλειστής γραμμής περιμετρικά του γηπέδου, καταλήγοντας στο σημείο του περιγράμματος που ξεκινήσαμε. Διαβάζουμε την ένδειξη στο μετρητικό σύστημα την πολλαπλασιάζουμε με τον ανάλογο πολλαπλασιαστή και έχουμε το εμβαδόν της κλειστής γραμμής που περιγράφει το προς εμβαδομέτρηση γήπεδο. Η εργασία επαναλαμβάνεται τουλάχιστον μία ακόμη φορά με άλλη θέση του εμβαδομέτρου και ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων είναι το ζητούμενο εμβαδόν. Σε περίπτωση μεγάλης επιφάνειας χωρίζουμε την επιφάνεια σε μικρότερα τμήματα και εμβαδομετρούμε το κάθε τμήμα χωριστά.

Το αποτέλεσμα περιέχει το σφάλμα σχεδίασης του γηπέδου, σφάλματα που προέρχονται από την ποιότητα του χαρτιού (μεγέθυνση ή σμίκρυνση από φωτοτυπίες ή θερμοκρασιακή μεταβολή), την ακρίβεια με την οποία έγινε η περιαγωγή του περιγράμματος και ταύτιση του σημείου εκκίνησης τερματισμού, και άλλα σφάλματα που οφείλονται στην κατασκευή του εμβαδομέτρου και την ρύθμισή του. Συνεπώς το αποτέλεσμα περιέχει μεγάλο βαθμό αβεβαιότητας. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται όταν δεν έχουμε στοιχεία που απαιτούνται για να εφαρμόσουμε άλλες μεθόδους ή έχουμε καμπύλα τμήματα.



Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι η ταχύτητα εμβαδομέτρησης, η δυνατότητα εμβαδομέτρησης όταν έχουμε καμπύλα μη γεωμετρικά περιγράμματα και τα λίγα στοιχεία που απαιτούνται για την εμβαδομέτρηση (μόνο το σχήμα).

Το μειονέκτημα είναι η πολύ μικρή ακρίβεια υπολογισμού του εμβαδού.

Τα τελευταία χρόνια κυκλοφόρησαν ψηφιακά εμβαδομέτρα με οθόνη στη θέση του μετρητικού συστήματος που αποδίδει αμέσως το εμβαδόν χωρίς την χρήση του πολλαπλασιαστή.

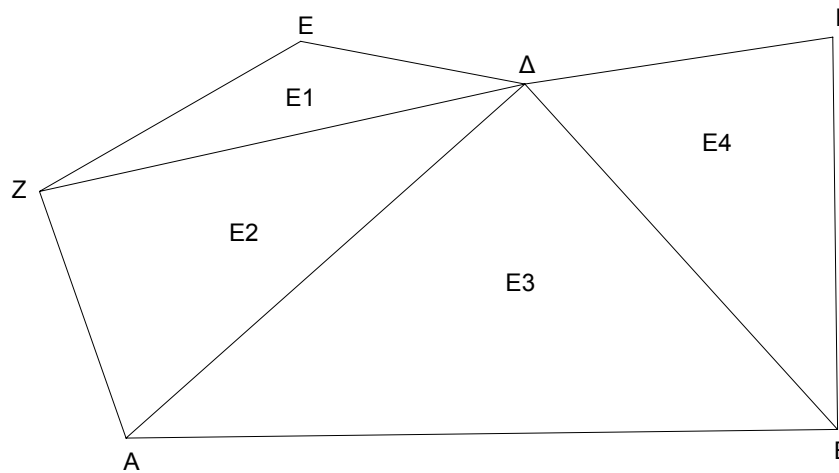
Μία ακόμη παραλλαγή του εμβαδομέτρου αποτελεί ο ψηφιοποιητής (digitizer) που συνδέεται με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή, με την βοήθεια του οποίου το σχέδιο εισάγεται στον υπολογιστή και κατόπιν αναπροσαρμόζεται στην σωστή κλίμακα και υπολογίζεται το εμβαδόν. Στην περίπτωση αυτή εάν υπάρχει κάναβος ή άλλα στοιχεία στο σχέδιο δίνεται η δυνατότητα διόρθωσης των σφαλμάτων που οφείλονται στην ποιότητα του χαρτιού του σχεδίου.

7.2 Γραφική μέθοδος.

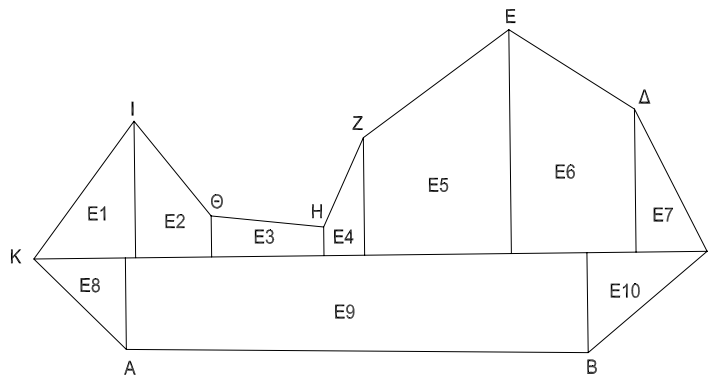
Για τον υπολογισμό του εμβαδού με την μέθοδο αυτή, κάθε απαιτούμενη απόσταση μετρείται από το σχέδιο με την βοήθεια ενός κλιμακομέτρου ή απλού μετρητικού χάρακα και αναγωγή στην κλίμακα.

Η γραφική μέθοδος εφαρμόζεται χωρίζοντας το σχήμα του γηπέδου σε γνωστά γεωμετρικά σχήματα (τρίγωνα, τραπέζια κ.λ.π.) και υπολογίζοντας το εμβαδόν του κάθε γεωμετρικού σχήματος χωριστά. Συνηθίζονται ακόμη οι παρακάτω τρόποι.

➤ Φέρουμε τους διαγώνιους του σχήματος από μία κορυφή προς όλες τις υπόλοιπες κορυφές οπότε δημιουργούνται διαδοχικά τρίγωνα. Μετρούμε όλες τις πλευρές των τριγώνων και υπολογίζουμε το εμβαδόν του κάθε τριγώνου με τον τύπο $E = \sqrt{\tau * (\tau - \alpha)(\tau - \beta)(\tau - \gamma)}$ όπου $\tau = (\alpha + \beta + \gamma) / 2$. Το παρακάτω σχήμα υποδεικνύει τον τρόπο σε οικόπεδο με περίγραμμα το ΑΒΓΔΕΖΑ



➤ Φέρουμε μία διαγώνιο και από τις υπόλοιπες κορυφές καθέτους στην διαγώνιο, έτσι σχηματίζονται τρίγωνα και τραπέζια. Υπολογίζουμε το εμβαδόν του κάθε γεωμετρικού σχήματος χωριστά, όπως στο σχήμα που ακολουθεί.



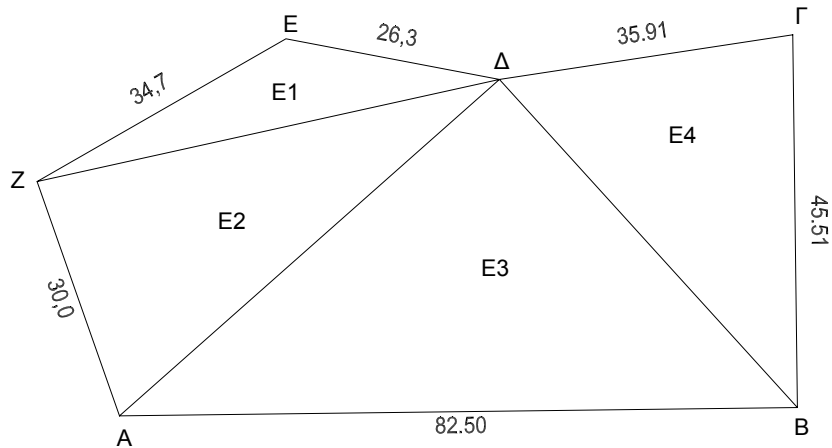
Το αποτέλεσμα περιέχει το σφάλμα σχεδίασης του γηπέδου, σφάλματα που προέρχονται από την ποιότητα του χαρτιού (μεγέθυνση ή σμίκρυνση από φωτοτυπίες ή θερμοκρασιακή μεταβολή) και την ακρίβεια με την οποία έγιναν οι μετρήσεις των μηκών.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι ο απλός τρόπος υπολογισμού όταν έχουμε ένα σχήμα χωρίς άλλα στοιχεία.

Το μειονέκτημα είναι η μικρή ακρίβεια υπολογισμού του εμβαδού.

7.3 Ημιγραφική μέθοδος.

Κατά την ημιγραφική μέθοδο διαιρούμε την επιφάνεια που θέλουμε να εμβαδομετρήσουμε σε γεωμετρικά σχήματα, όπως στην προηγούμενη περίπτωση της γραφικής μεθόδου, με την διαφορά που ορισμένα στοιχεία τους είναι γνωστά από απ' ευθείας μετρήσεις στο έδαφος και αναφέρονται στο σχέδιο, τα δε υπόλοιπα αναγκαία στοιχεία υπολογίζονται γραφικά από το σχέδιο με την βοήθεια κλιμακομέτρου ή μετρητικού χάρακα. Στο παράδειγμα της προηγούμενης περίπτωσης η ημιγραφική μέθοδος εφαρμόζεται στο παρακάτω σχήμα.



Παρατηρούμε ότι για τον υπολογισμό του εμβαδού από τα 9 απαιτούμενα μήκη τα 6 είναι γνωστά με ακρίβεια ενώ οι 3 διαγώνιοι μετριοούνται γραφικά

Το πλεονέκτημα της μεθόδου έναντι των προηγούμενων είναι η καλύτερη αποδιδόμενη ακρίβεια στο εμβαδόν η δε ακρίβεια του αποτελέσματος είναι ανάλογη με το ποσοστό των μηκών που έχουμε μετρήσει με ακρίβεια.

Το μειονέκτημα είναι ότι η ακρίβεια του υπολογιζόμενου εμβαδού είναι μικρότερη της επομένης αναλυτικής μεθόδου.

7.4 Αναλυτική μέθοδος.

Με την μέθοδο αυτή εφαρμόζονται οι γνωστοί αναλυτικοί τύποι της γεωμετρίας της τριγωνομετρίας ή της τοπογραφίας για τον υπολογισμό του εμβαδού επιπέδων σχημάτων, χρησιμοποιώντας μεγέθη που έχουν μετρηθεί όλα στο έδαφος ή αναφέρονται στο τοπογραφικό διάγραμμα του γηπέδου.

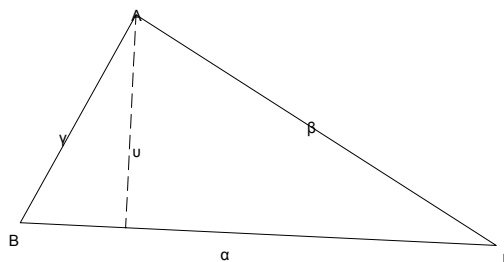
Παρακάτω αναφέρονται οι κυριότεροι τύποι και μέθοδοι αναλυτικού υπολογισμού του εμβαδού, χωρίς να αποκλείεται κάθε άλλη αναλυτική μέθοδος η οποία αποδίδει το εμβαδόν κάποιου σχήματος.

1. Τρίγωνο.

$$E = 1/2 * \alpha * \nu$$

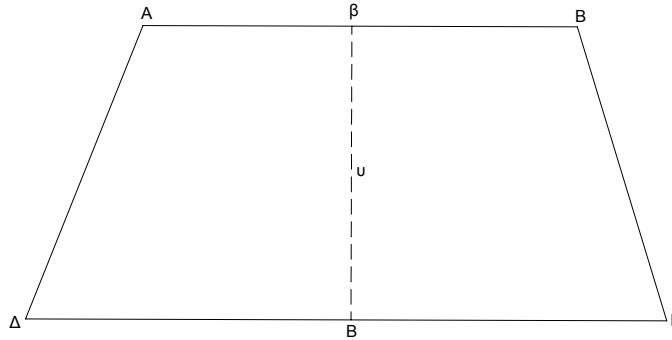
$$E = 1/2 * \beta * \gamma * \eta\mu A$$

$$E = \sqrt{\tau * (\tau - \alpha)(\tau - \beta)(\tau - \gamma)} \quad \text{όπου } \tau = (\alpha + \beta + \gamma)/2.$$



2. Τραπεζίο.

$$E = 1/2 * (B + \beta) * \nu$$



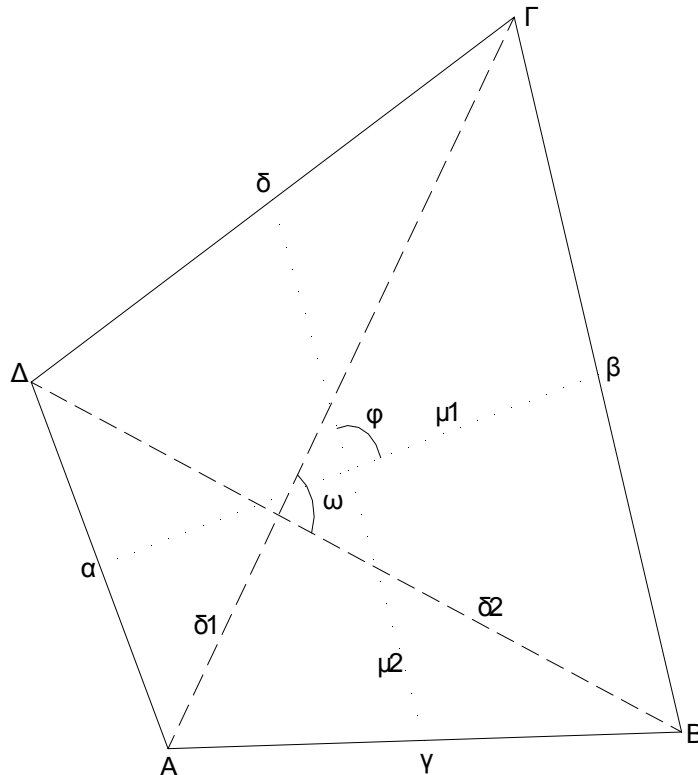
3. Τετράπλευρο.

$E = 1/2 * \delta 1 * \delta 2 * \eta \mu \omega$ όπου $\delta 1, \delta 2$ οι διαγώνιοι και ω η γωνία τους.

$E = 1/2 * \mu 1 * \mu 2 * \eta \mu \phi$ όπου $\mu 1, \mu 2$ οι διάμεσοι και ϕ η γωνία τους.

$2E = \alpha * \beta * \eta \mu A + \beta * \gamma * \eta \mu B - \alpha * \beta * \eta \mu (A + B)$ όπου α, β, γ τρεις πλευρές και A, B δύο περιεχόμενες γωνίες.

$2E = \frac{\alpha^2}{\sigma \phi A + \sigma \phi \Delta} + \frac{\beta^2}{\sigma \phi B + \sigma \phi \Gamma}$ όπου α, β δύο απέναντι πλευρές και A, B, Γ, Δ όλες οι γωνίες.

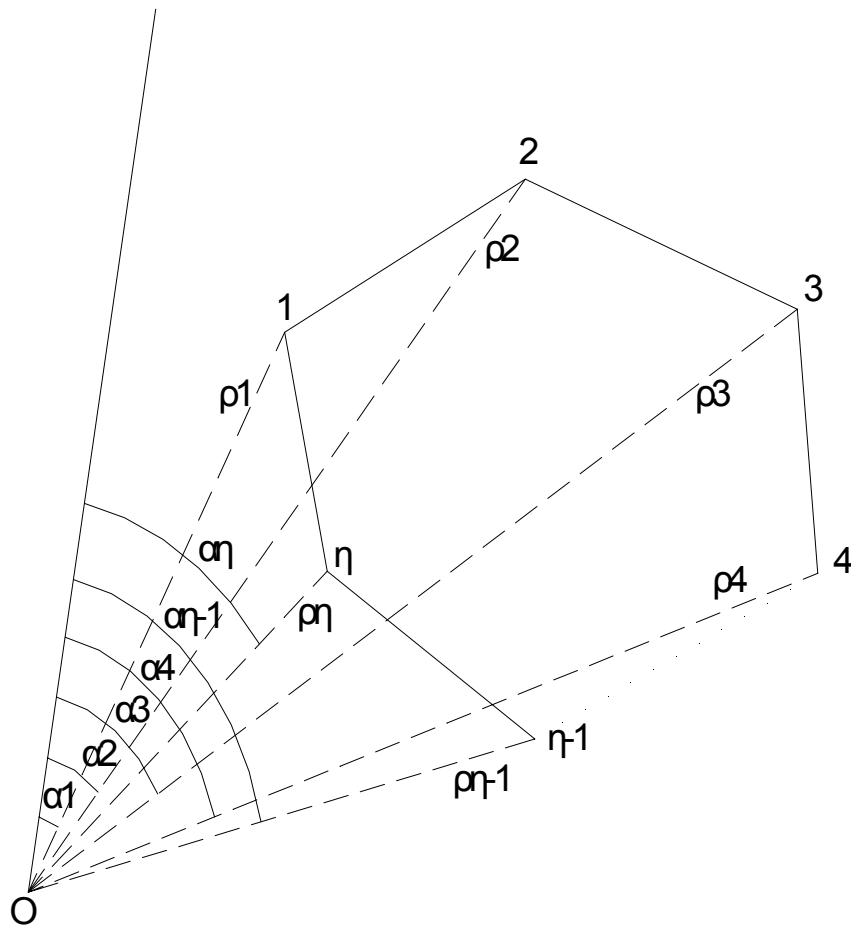


4. Τυχόν πολύγωνο με γνωστές πολικές συντεταγμένες. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί με τις μετρήσεις του ταχυμέτρου χρησιμοποιώντας τις οριζόντιες διευθύνσεις H και τα οριζόντια μήκη που υπολογίζονται με την βοήθεια της σταδίας και της κατακόρυφης γωνίας V .

$$2E = \sum \rho_n * \rho_{n-1} * \eta\mu(\alpha_n - \alpha_{n-1})$$

Αναλύοντας τον παραπάνω τύπο το εμβαδόν του παρακάτω σχήματος υπολογίζεται από τον τύπο:

$$2E = \rho_2 * \rho_1 * \eta\mu(\alpha_2 - \alpha_1) + \rho_3 * \rho_2 * \eta\mu(\alpha_3 - \alpha_2) + \rho_4 * \rho_3 * \eta\mu(\alpha_4 - \alpha_3) + \dots + \rho_n * \rho_1 * \eta\mu(\alpha_1 - \alpha_n)$$



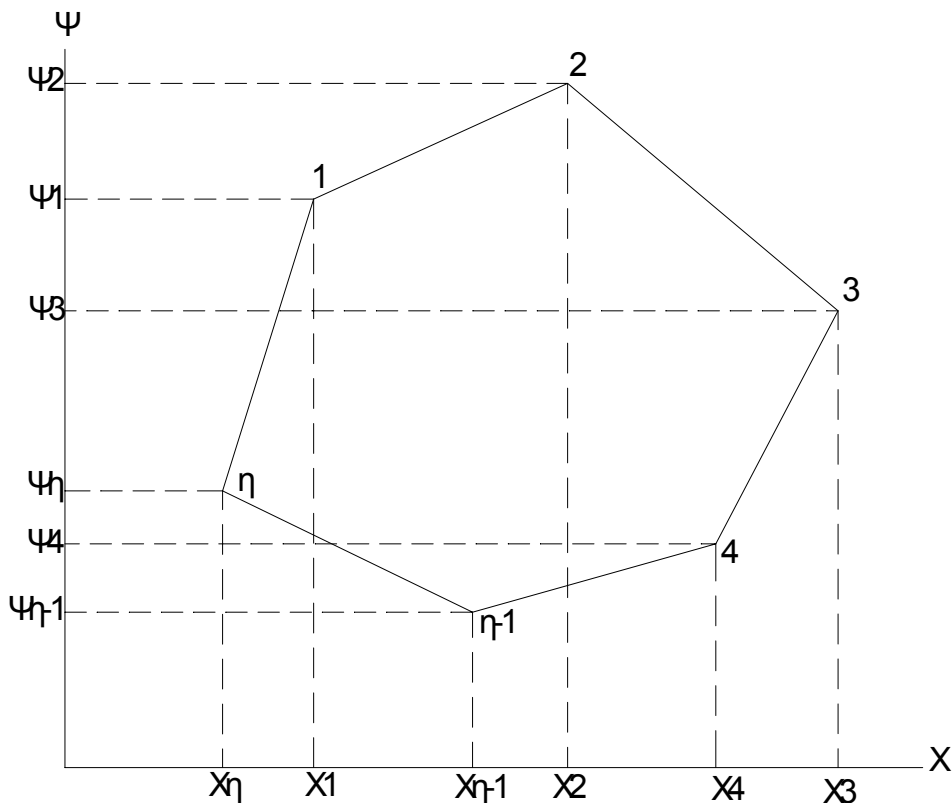
5. Τυχόν πολύγωνο με γνωστές καρτεσιανές ή ορθογώνιες συντεταγμένες. Μέθοδος Simson. Είναι η συνηθέστερη μέθοδος και χρησιμοποιείται όταν έχουμε προηγουμένως υπολογίσει τις συντεταγμένες των κορυφών ενός γηπέδου.

$$2E = \sum \psi_{\eta} * (\chi_{\eta+1} - \chi_{\eta-1}) \quad \text{ή}$$

$$2E = \sum \eta * (\psi_{\eta-1} - \psi_{\eta+1})$$

Για την εφαρμογή των παραπάνω τύπων κατασκευάζουμε πίνακα με τις συντεταγμένες και υπολογίζουμε πρώτα τα μερικά γινόμενα και τέλος το άθροισμα των γινομένων. Το παράδειγμα που ακολουθεί εφαρμόζεται ο δεύτερος τύπος.

ΚΟΡΥΦΕΣ	$X_{(\eta)}$	$\Psi_{(\eta)}$	$X_{\eta} * (\Psi_{\eta-1} - \Psi_{\eta+1})$
K_{η}		Ψ_{η}	
K_1	X_1	Ψ_1	$X_1 * (\Psi_{\eta} - \Psi_2)$
K_2	X_2	Ψ_2	$X_2 * (\Psi_1 - \Psi_3)$
K_3	X_3	Ψ_3	$X_3 * (\Psi_2 - \Psi_4)$
K_4	X_4	Ψ_4	$X_4 * (\Psi_3 - \Psi_5)$
.....			
K_{η}	X_{η}	Ψ_{η}	$X_{\eta} * (\Psi_{\eta-1} - \Psi_1)$
K_1		Ψ_1	
			ΑΘΡΟΙΣΜΑ = 2E
			E = (ΑΘΡΟΙΣΜΑ) / 2



Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 8

ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΗΣ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Μια εδαφική περιοχή αποτελείται από γενικά από εξέχουσες και εισέχουσες εδαφικές μορφές. Τα εξέχοντα εδαφικά τμήματα ευρίσκονται μεταξύ δύο εισεχουσών μορφών και αντίστροφα. Η απόδοση του ανάγλυφου του εδάφους παριστάνεται στα τοπογραφικά διαγράμματα και στους χάρτες με τις ισοϋψείς καμπύλες.

8.1. Ερμηνεία των ισοϋψών καμπυλών.

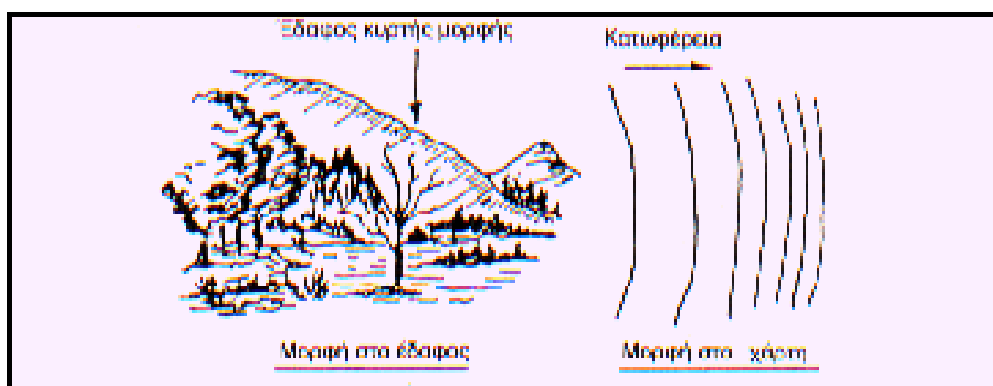
Η απόσταση των ισοϋψών καμπυλών αναδεικνύει την κλίση του εδάφους. Όσο πυκνότερες είναι οι ισοϋψείς καμπύλες τόσο μεγαλύτερη είναι η κλίση του εδάφους.

Η ομοιομορφία των αποστάσεων των ισοϋψών καμπυλών δείχνει την ομοιομορφία στην κλίση του εδάφους. Εδαφικές περιοχές με ίσες αποστάσεις ισοϋψών καμπυλών στο χάρτη παρουσιάζουν ομοιόμορφη κλίση εδάφους.

Όταν οι ισοϋψείς καμπύλες είναι σχεδιασμένες στην αρχή σε πυκνά διαστήματα και στην συνέχεια τα διαστήματα αυτά αυξάνουν, αναφέρονται σε κατωφέρεια με εδαφική επιφάνεια κοίλης μορφής.

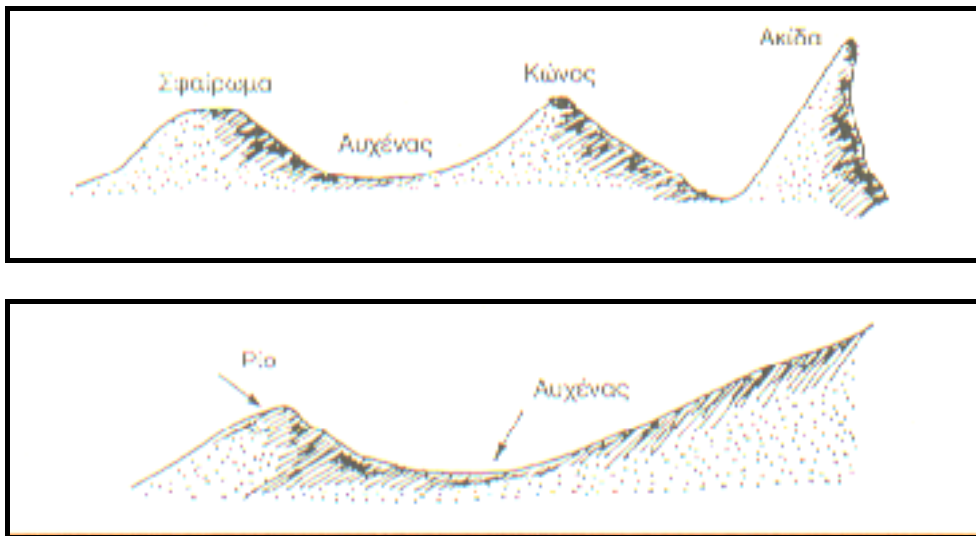


Όταν οι ισοϋψείς καμπύλες είναι σχεδιασμένες στην αρχή σε αραιά διαστήματα και στην συνέχεια τα διαστήματα ελαττώνονται, αναφέρονται σε κατωφέρεια με εδαφική επιφάνεια κυρτής μορφής.

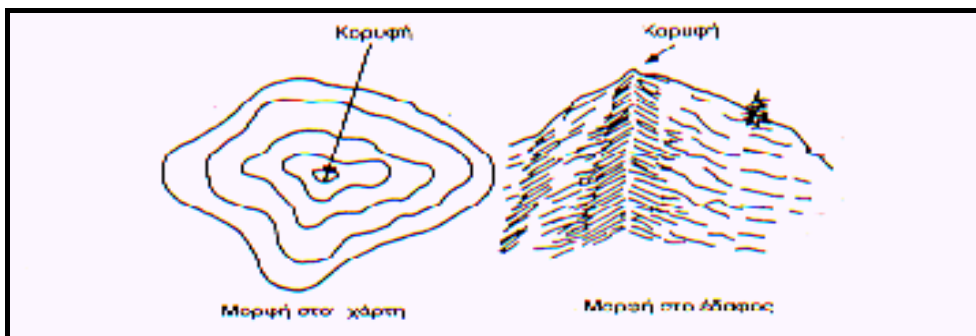


8.2. Εξέχουσες μορφές εδάφους.

1. **Κορυφή** ονομάζεται ένα σημείο στο χάρτη ή μία εδαφική έκταση στην πραγματικότητα, που αποτελεί το ψηλότερο σημείο της περιοχής έχει δηλαδή το μεγαλύτερο υψόμετρο. Η τοπογραφική απόδοση της κορυφής παρουσιάζεται από ισουψείς καμπύλες που είναι περιμετρικά κλειστές γραμμές. Ανάλογα με το σχήμα τους ονομάζονται **σφαιρώματα** όταν παρουσιάζουν ήπια κυρτότητα, **κώνοι** όταν η κυρτότητα είναι μεγαλύτερη, **ακίδες** με πολύ μεγάλη κυρτότητα, και **ρίο** όταν διακόπτουν την συνέχεια των κλίσεων.

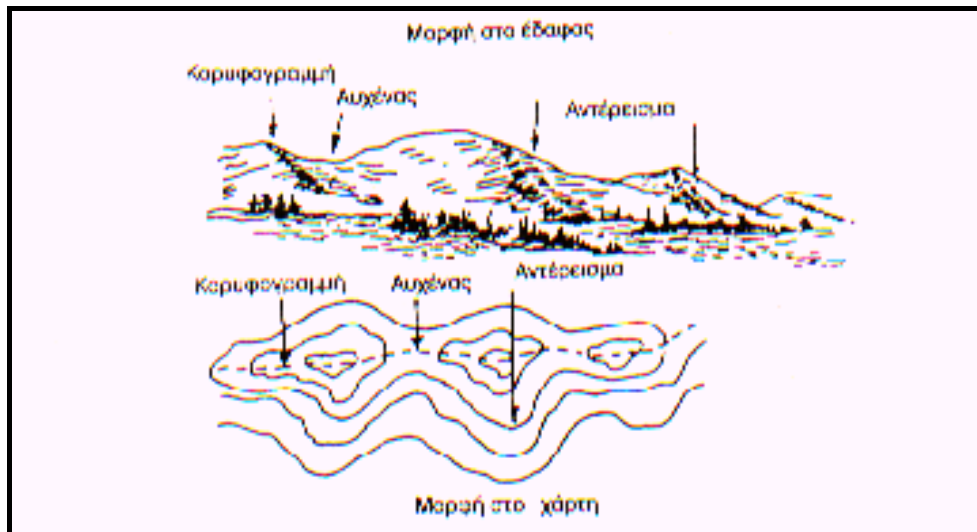


2. **Κορυφογραμμή ή γραμμή διαχώρισης υδάτων** ονομάζεται η νοητή γραμμή η οποία διαχωρίζει τη ροή των νερών της βροχής και η οποία ενώνει διαδοχικές κορυφές. Η τοπογραφική απόδοση της κορυφογραμμής παρουσιάζεται με διακεκομμένη γραμμή.



3. **Αντέρεισμα** ονομάζεται κάθε εξέχουσα εδαφική μορφή η οποία επίσης διαχωρίζει τη ροή των νερών της βροχής και ευρίσκεται μεταξύ δύο χαραδρών. Τα αντερείσματα ξεκινούν από τις κορυφές ή κορυφογραμμές. Η τοπογραφική απόδοση του αντερείσματος παρουσιάζεται στα διαγράμματα με μορφή ισουψών καμπυλών σε σχήμα «U». Τα σημεία διχασμού των κορυφογραμμών και των αντερείσμάτων ονομάζονται **κόμβοι**.

4. **Αυχένas** ονομάζεται το χαμηλότερο σημείο μιας κορυφογραμμής, το οποίο περιλαμβάνεται μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών της.



5. **Όρος** ονομάζεται κάθε εξέχουσα εδαφική μορφή με υψόμετρο κορυφής μεγαλύτερο των 1,000 μέτρων.

6. **Οροσειρά ή αλυσίδα** ονομάζονται τα όρη σε συνεχόμενη σειρά. **Αθροίσματα** δε όταν αυτά δεν έχουν ευδιάκριτο σύνδεσμο.

7. **Βουνό** ονομάζεται κάθε εξέχουσα εδαφική μορφή με υψόμετρο κορυφής από 300 έως 1,000 μέτρα.

8. **Λόφος, λοφίδιο ή γήλοφος** ονομάζεται κάθε εξέχουσα εδαφική μορφή με υψόμετρο κορυφής μέχρι 300 μέτρα.

9. **Εδαφικές πτυχές** ονομάζονται οι ελαφρές ανυψώσεις του εδάφους .

10. **Κυματοειδή εδάφη** είναι οι χαμηλές επιμήκεις ανυψώσεις του εδάφους με μικρό σχετικό ύψος και ελαφριές κλίσεις.

11. **Κλίσεις, πλευρές ή κατωφέρειες** ονομάζονται οι πλευρικές επιφάνειες των εξέχουσών μορφών του εδάφους.

12. **Υπώρειες ή βάση** του υψώματος είναι η επιφάνεια επί της οποίας στηρίζεται το ύψωμα.

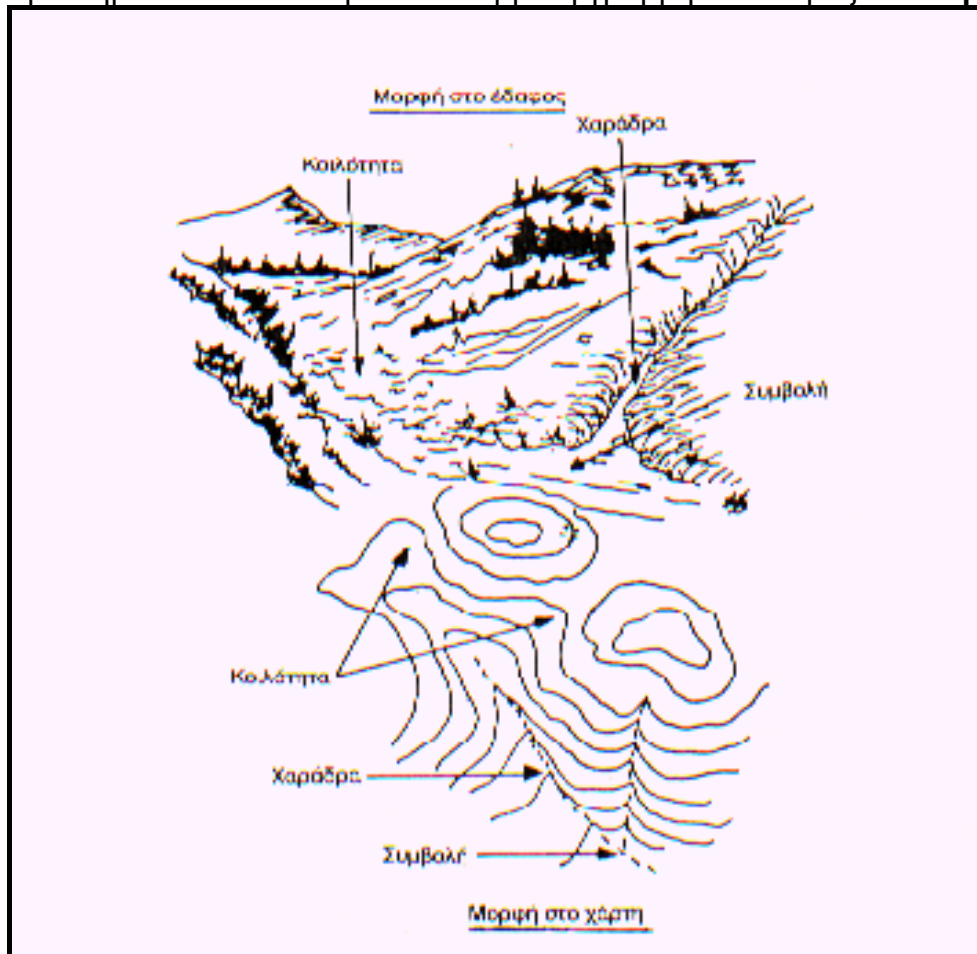
13. **Κατάπτωση** ονομάζεται η απότομη μεταβολή της κλίσης του εδάφους, στην περίπτωση αυτή οι ισοϋψείς καμπύλες πλησιάζουν πολύ μεταξύ τους.

8.3. Εισέχουσες μορφές εδάφους.

1. **Κοιλότητα ή κοίλωμα** ονομάζεται η κοίλη επιφάνεια του εδάφους η οποία συναντιέται και από τις δύο πλευρές ενός αυχένα, ξεκινάει ο σχηματισμός χαράδρας, αλλά η διαβρωτική ενέργεια των νερών δεν έχει σχηματίσει υδρορροή. Η τοπογραφική απόδοση της κοιλότητας παρουσιάζεται στα διαγράμματα με μορφή ισοϋψών καμπυλών σε σχήμα «U» όπως δηλαδή και στα αντερείσματα με την διαφορά ότι έχουν διαφορετική φορά όταν είναι συνεχόμενα. Τα χαμηλότερα αυτά σημεία ονομάζονται **αυλώνες**.

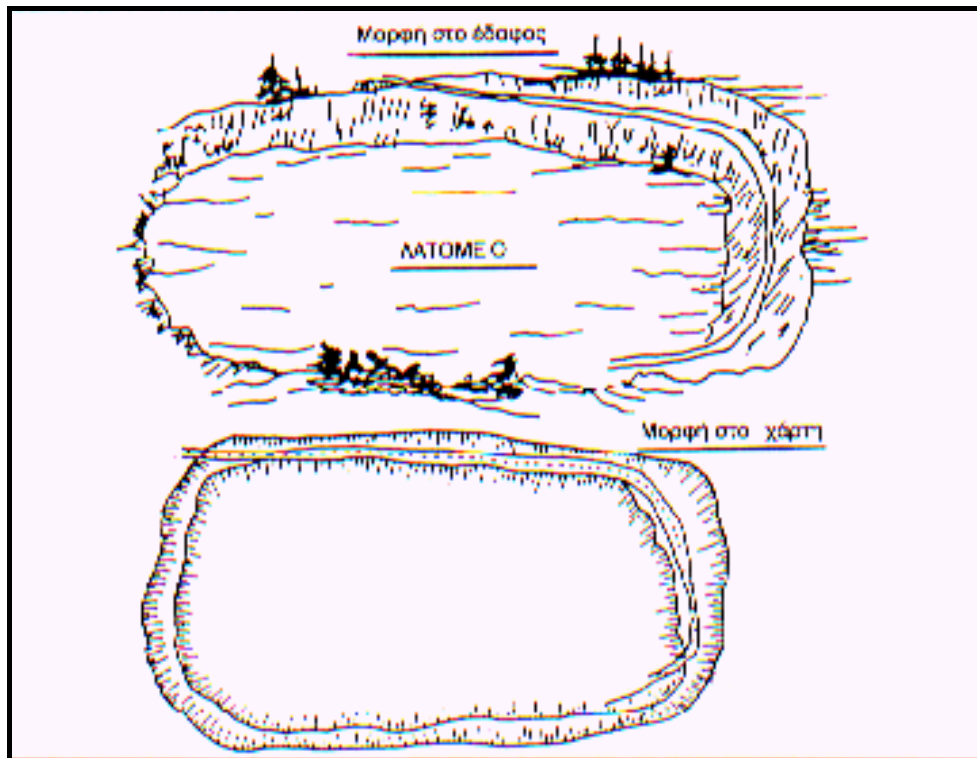
2. **Χαράδρα** ονομάζεται η μορφή του εδάφους που προέκυψε από διάβρωση των νερών της βροχής ή από νερά τα οποία προέρχονται από υπόγειες πηγές. Τα σημεία ένωσης δύο χαραδρών ονομάζονται συμβολές. Η τοπογραφική απόδοση της χαράδρας

παρουσιάζεται στα διαγράμματα με μορφή ισοψών καμπυλών σε σχήμα «V» και τα χαμηλότερα σημεία συνδέονται με διακεκομμένη γραμμή και ονομάζονται **άγκη**.



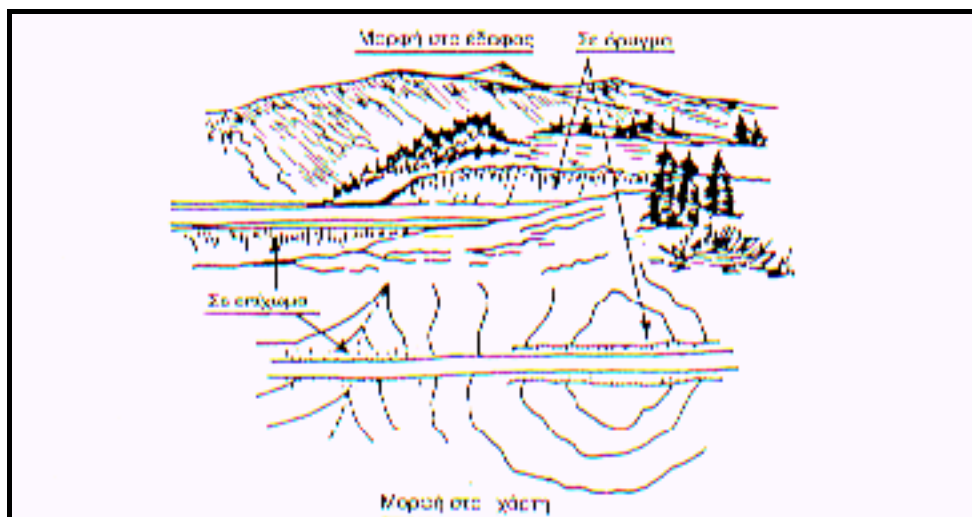
3. Υδρορροή ονομάζεται το βαθύτερο τμήμα των χαραδρών το οποίο καλύπτεται από νερό που ρέει. Η τοπογραφική απόδοση της υδρορροής παρουσιάζεται στα διαγράμματα με μορφή ισοψών καμπυλών σε σχήμα «V» ενώ τα χαμηλότερα σημεία συνδέονται με χοντρή γραμμή ανάλογη της ποσότητας των νερών η οποία στους έγχρωμους χάρτες έχει χρώμα ουρανό ή μπλε.

4. Κλειστή κοιλότητα ονομάζεται μία κλειστή λεκάνη η οποία περιβάλλεται από εξέχουσες μορφές εδάφους και συνηθέστερα έχει δημιουργηθεί από την ανθρώπινη παρέμβαση για την δημιουργία αμμοληψίας, λατομείου κ.λ.π. Η τοπογραφική απόδοση της κλειστής κοιλότητας παρουσιάζεται από κλειστές ισοψείς καμπύλες σε πολύ μικρή απόσταση μεταξύ τους που σε ορισμένες περιπτώσεις που τα περιμετρικά τοιχώματα είναι κατακόρυφα δεν είναι δυνατόν να σχεδιαστούν και στο διάγραμμα τίθεται ειδικός συμβολισμός του πρσανούς

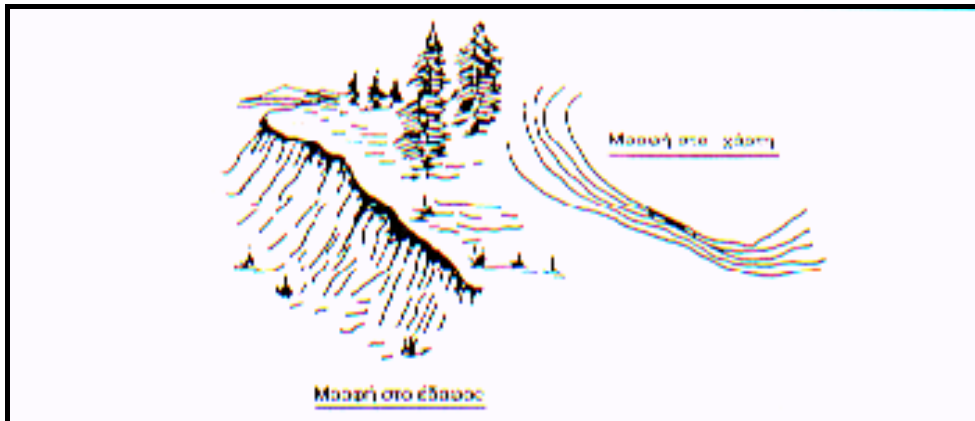


5. **Φαράγγι** ονομάζεται η χαράδρα με πολύ απότομες πλευρές. Όταν οι πλευρές είναι κρημνώδεις και ψηλές ονομάζονται **Κλεισώρεια**. Όταν είναι η δια μέσου αυτής διέλευση με πλάτος μεγαλύτερο των 50 μέτρων τότε ονομάζεται **Τέμπη**.

6. **Επιχωμάτωση – εκχωμάτωση** είναι μορφές του εδάφους που προέκυψε από ανθρωπογενείς δραστηριότητες για την κατασκευή τεχνικών έργων. Στα σημεία όπου οι κλίσεις είναι πολύ έντονες τίθεται ο συμβολισμός του πρανούς.



7. **Κρημνός** είναι εδαφικές περιοχές με πολύ έντονες κλίσεις. Η τοπογραφική απόδοση των κρημνών όταν οι ισοϋψείς καμπύλες δεν είναι δυνατόν να σχεδιαστούν γιατί συμπίπτουν τίθεται ειδικός συμβολισμός.



8. Τα χαμηλότερα σημεία των κοιλοτήτων, των χαραδρών, των φαραγγιών και οι υδρορροές ονομάζονται ανεξαρτήτως της μορφής που έχουν **μισγάγειες ή γραμμές κοιλάδας**.

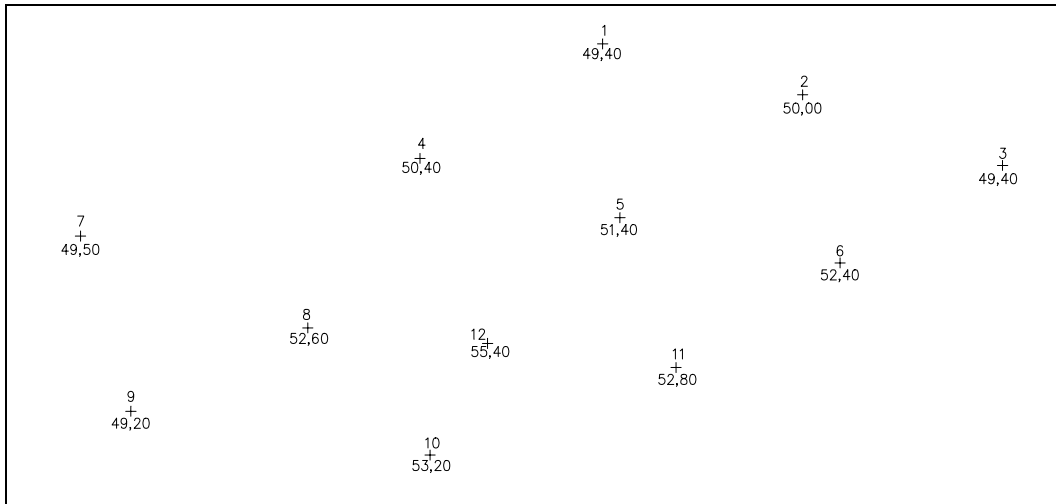
9. Οι εξέχουσες μορφές του εδάφους οδηγούν τα όμβρια ή πηγαία νερά στα χαμηλότερα σημεία τα οποία ρέουν συνεχώς προς τα ακόμη χαμηλότερα σχηματίζοντας χείμαρρους όταν είναι μόνο όμβρια ή παραποτάμους όταν υπάρχουν και πηγαία, τα οποία με την σειρά τους καταλήγουν σε μεγαλύτερους χείμαρρους ή ποταμούς. Η περιοχή από την οποία συλλέγονται τα νερά σε ένα συγκεκριμένο σημείο χειμάρρου ή ποταμού ονομάζεται **λεκάνη απορροής**. Μία λεκάνη απορροής οριοθετείται από εξέχουσες μορφές του εδάφους. Η σημασία της λεκάνης απορροής είναι μεγάλη. Το μέγεθός της προσδιορίζει την ποσότητα των νερών που θα περάσουν από ένα συγκεκριμένο σημείο με δεδομένη την ένταση της βροχόπτωσης. Οι κλίσεις του εδάφους της λεκάνης απορροής προσδιορίζουν τον χρόνο που τα νερά θα φτάσουν στο συγκεκριμένο σημείο. Με αυτά τα δεδομένα προσδιορίζονται στο συγκεκριμένο σημείο το πλάτος της κοίτης του χειμάρρου ή του ποταμού ώστε να μην πλημμυρίσει και το μέγεθος της γέφυρας.

8.4. Σχεδίαση των ισοϋψών καμπυλών.

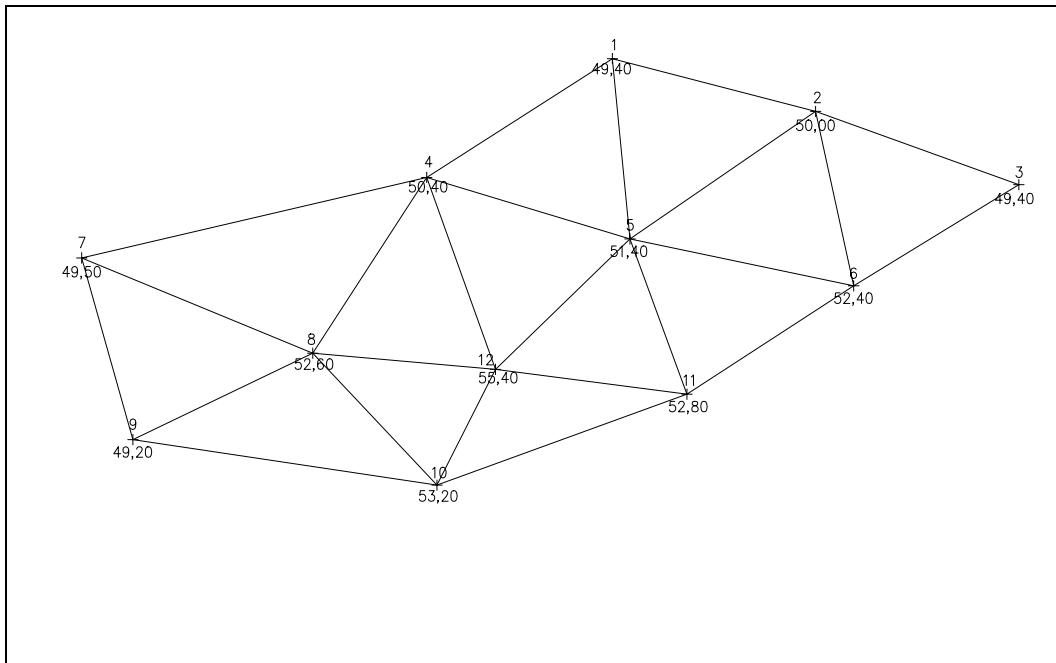
Για να είναι δυνατή η σχεδίαση ισοϋψών καμπυλών σε ένα φύλλο χαρτί είναι απαραίτητο να υπάρχουν τα χαρακτηριστικά σημεία του εδάφους με συντεταγμένες και υψόμετρα. Τα σημεία αυτά ανάλογα με την κλίμακα σχεδίασης πρέπει να έχουν και μία πυκνότητα ομοιόμορφη για όλη την εδαφική επιφάνεια που πρόκειται να αποδοθεί. Το δεύτερο απαραίτητο στοιχείο είναι η ισοδιάσταση των ισοϋψών καμπυλών, πόσο δηλαδή θα απέχουν μεταξύ τους υψομετρικά οι ισοϋψείς καμπύλες.

Για την σχεδίαση των ισοϋψών καμπυλών ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

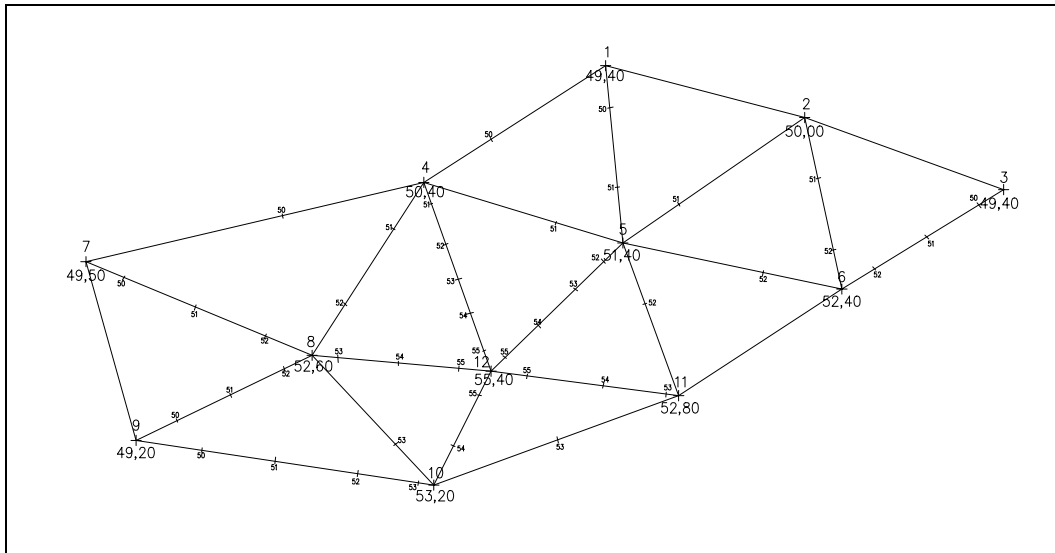
1. Το πρώτο βήμα είναι η τοποθέτηση των σημείων εδάφους (χαρακτηριστικά σημεία) επί του χάρτου. Η εργασία αυτή λέγεται ραπορτάρισμα σημείων. Σε κάθε σημείο αναγράφεται και το υψόμετρο του. Στο παράδειγμα που ακολουθεί έχουν σχεδιασθεί 12 ταχυμετρικά σημεία με τον αύξοντα αριθμό τους επάνω και το υπολογισμένο υψόμετρο κάτω από το σημείο.



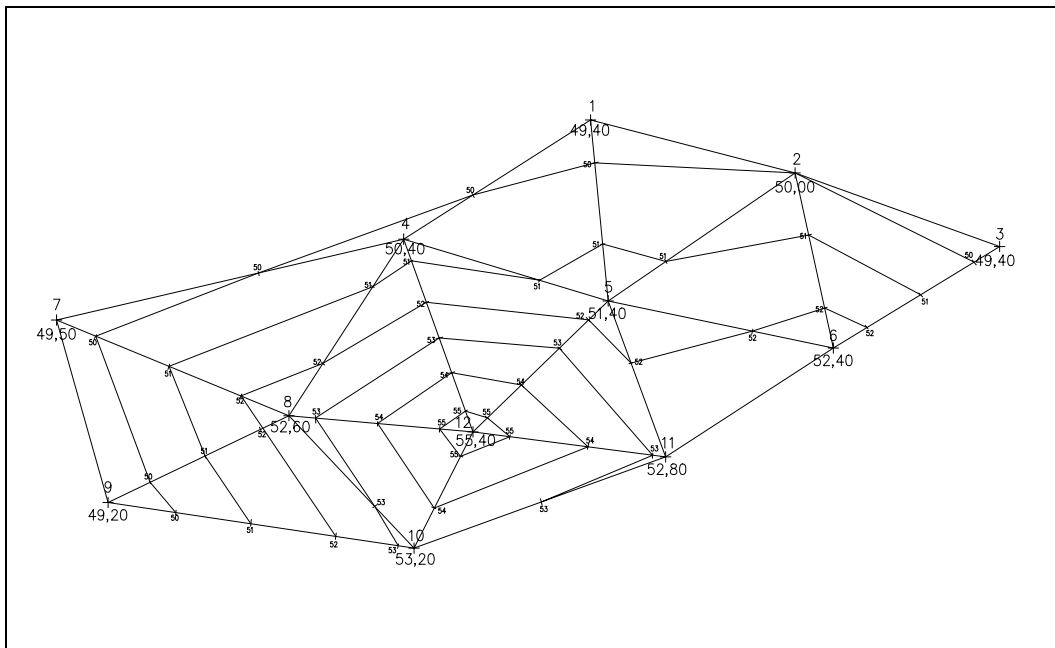
2. Το δεύτερο βήμα είναι η ένωση των σημείων που βρίσκονται πλησιέστερα με απαλή γραμμή ώστε να σχηματίζονται τρίγωνα κατά το δυνατόν ισόπλευρα. Όλη η περιοχή πρέπει να καλύπτεται από τρίγωνα μόνο.



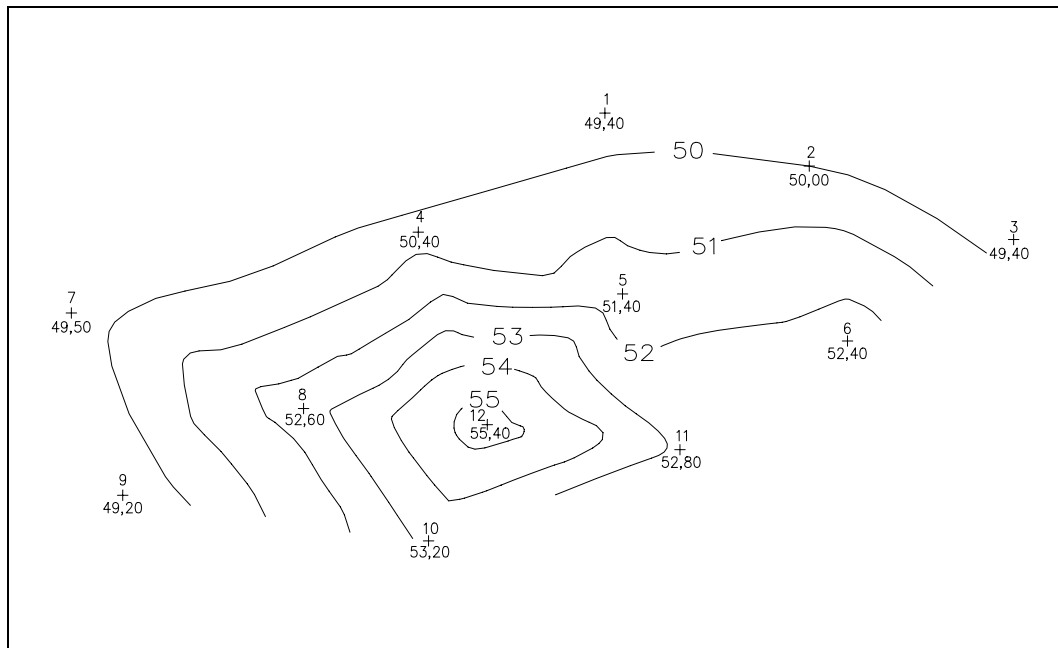
3. Γίνεται έλεγχος σε κάθε γραμμή που τραβήχτηκε στο προηγούμενο βήμα για να διαπιστωθεί πρώτον πόσες ισούψεις διέρχονται από τα δύο αυτά σημεία και δεύτερον να υπολογισθούν και σημειωθούν οι θέσεις πάνω στην γραμμή από τις οποίες διέρχονται οι καμπύλες. Η ίδια εργασία επαναλαμβάνεται για όλες τις γραμμές των τριγώνων που σχεδιάστηκαν στο προηγούμενο βήμα.



4. Ενώνονται με τεθλασμένη γραμμή όλα τα σημεία των ευθειών που έχουν το ίδιο υψόμετρο. Η εργασία επαναλαμβάνεται για όλα τα υψόμετρα.



5. Οι τεθλασμένες γραμμές στρογγυλεύονται με το χέρι και ανά τακτά διαστήματα αναγράφονται τα ύψη στα οποία ευρίσκονται οι καμπύλες με χαρακτηριστικά υψόμετρα.



8.5. Κλίση εδάφους.

Για να υπολογίσουμε την κλίση του εδάφους σε μία συγκεκριμένη θέση θεωρούμε δύο σημεία A και B. Μετρούμε την οριζόντια απόσταση με την βοήθεια ενός κλιμακομέτρου και υπολογίζουμε τα υψόμετά τους εάν δεν αναγράφονται, με την βοήθεια των ισοϋψών καμπυλών.

Η κλίση εδάφους εκφράζεται με τους εξής τρόπους.

1. Ως η τιμή της εφαπτομένης της κατακόρυφης γωνίας (ν) μιας ευθείας AB με αφετηρία το σημείο A και τέλος το σημείο B το οποίο ευρίσκεται στο μεγαλύτερο υψόμετρο. Δίνεται από τον τύπο $\epsilon\phi(\nu) = \frac{\text{υψομετρική διαφορά}}{\text{οριζόντιο μήκος}} = \frac{Z_B - Z_A}{S_{op} AB} = \frac{\Delta Z}{S_{op}}$

2. Εκφρασμένη επί τοις εκατό που δίνει πόση είναι η υψομετρική διαφορά για την δεδομένη κλίση σε οριζόντιο μήκος 100 μέτρων. Με πολύ απλά λόγια μας δίνει πόσα μέτρα ανεβαίνουμε ή κατεβαίνουμε (θετική ή αρνητική) για οριζόντιο μήκος 100 μέτρα. Για δύο σημεία A, B επί του εδάφους, δίνεται από τον τύπο

$$\text{κλίση}\% = \text{υψομετρική διαφορά} \cdot \frac{100}{\text{οριζόντιο μήκος}} = Z_B - Z_A \cdot \frac{100}{S_{op} AB} = \Delta Z \cdot \frac{100}{S_{op}}$$

3. Συνήθως έχουμε ένα σχέδιο ή χάρτη με ισοϋψείς καμπύλες και θέλουμε να τον χωρίσουμε σε περιοχές ανάλογα με την κλίση του εδάφους θέτοντας κάποια όρια, π.χ. περιοχές με κλίση 0-5%, περιοχές με κλίση 5-20% κ.λ.π. Στην περίπτωση αυτή υπολογίζουμε την απόσταση των ισοϋψών καμπυλών για την περιοχή των κλίσεων που μας έχει δοθεί.

Για παράδειγμα σε χάρτη με ισοδιάσταση 2 μέτρα η περιοχή κλίσεων 5-20% θα πρέπει να περιέχει ισοϋψείς καμπύλες σε απόσταση από $5=2(100/S)$ και $S=40$ μέτρα έως $20=2(100/S)$ και $S=10$ μέτρα (εφαρμογή του τύπου της κλίσης $\alpha\%$). Άρα σε όποια περιοχή συναντούμε απόσταση ισοϋψών από 10 έως 40 μέτρα έχουμε κλίσεις 5-20%.

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 9

ΥΨΟΜΕΤΡΙΑ

9.1. Γενικά περί υψομετρίας.

Η υψομετρία περιλαμβάνει το σύνολο των εργασιών με τις οποίες υπολογίζεται το υψόμετρο ή η υψομετρική διαφορά δύο σημείων της γήινης επιφάνειας.

Τα υψόμετρα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

Απόλυτο υψόμετρο ενός σημείου είναι η κατακόρυφη απόσταση του σημείου από την επιφάνεια αναφοράς που λαμβάνεται η μέση στάθμη της θάλασσας.

Σχετικό υψόμετρο ενός σημείου ονομάζουμε την υψομετρική διαφορά από μία αφετηρία την οποία έχουμε ορίσει εμείς και έχουμε δώσει ένα αυθαίρετο υψόμετρο, συνήθως 0, ή 10, ή 100 κ.λ.π.

Το υψόμετρο ενός σημείου είναι **θετικό** όταν ευρίσκεται υψηλότερα από την αφετηρία. Στα απόλυτα υψόμετρα σημαίνει ότι το σημείο αυτό ευρίσκεται υψηλότερα από την επιφάνεια της θάλασσας, στα σχετικά υψόμετρα ότι ευρίσκεται υψηλότερα από την αφετηρία που εμείς ορίσαμε.

Το υψόμετρο είναι **αρνητικό** όταν το σημείο ευρίσκεται χαμηλότερα από την αφετηρία. Στα απόλυτα υψόμετρα σημαίνει ότι το σημείο αυτό ευρίσκεται χαμηλότερα από την επιφάνεια της θάλασσας, ή είναι σημείο του βυθού, στα σχετικά υψόμετρα ότι ευρίσκεται χαμηλότερα από την αφετηρία που εμείς ορίσαμε, και για τον λόγο αυτό συχνά για να αποφύγουμε τα αρνητικά υψόμετρα στην αφετηρία που εμείς ορίζουμε δίνουμε υψόμετρο 10 ή 100.

Ο προσδιορισμός του απολύτου υψομέτρου ενός σημείου που βρίσκεται μακριά από την θάλασσα θα ήταν δύσκολος, αν κάθε φορά θα χρησιμοποιούσαμε ως αφετηρία τη μέση στάθμη της. Επί πλέον ο υπολογισμός της μέσης στάθμης θα απαιτούσε παρατηρήσεις ετών, διότι όπως γνωρίζουμε η στάθμη της θάλασσας μεταβάλλεται από χειμώνα σε καλοκαίρι αλλά και τα ρεύματα τις παλίρροιες και πολλούς άλλους παράγοντες. Την εργασία αυτή στην Ελλάδα έχει αναλάβει η Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Γ.Υ.Σ.) η οποία μετά τις χρόνιες παρατηρήσεις και υπολογισμούς της μέσης στάθμης της θάλασσας έχει εγκαταστήσει ένα δίκτυο το οποίο ονομάζεται **χωροσταθμικό δίκτυο** στο οποίο έχει προσδιορίσει τα υψόμετρα ορισμένων σημείων. Τα χαρακτηριστικά αυτά σημεία ονομάζονται **Reper** με ικανοποιητική ακρίβεια. Τα reper ευρίσκονται κατά μήκος των εθνικών και επαρχιακών δικτύων της χώρας σε αποστάσεις 1000 περίπου μέτρων τοποθετημένα σε τεχνικά έργα όπως οι γέφυρες οι τοίχοι αντιστήριξης κ.λ.π. Είναι ορειχάλκινα μπουλόνια που στερεώνονται σε κατακόρυφες επιφάνειες κοντά στο έδαφος. Σε χάρτες της Γ.Υ.Σ. περιγράφονται με τους κωδικούς τους. Μετά από αίτηση στην Γ.Υ.Σ. και το σχετικό παράβολο κάθε ενδιαφερόμενος μπορεί να έχει το υψόμετρο κάθε reper.

Οι κυριότερες μέθοδοι προσδιορισμού της υψομετρικής διαφοράς δεδομένων σημείων είναι:

1. Η **γεωμετρική χωροστάθμιση**, η οποία είναι άμεση μέθοδος προσδιορισμού της υψομετρικής διαφοράς. Εκτελείται με το τοπογραφικό όργανο που ονομάζεται χωροβάτης με την βοήθεια της σταδίας, και στηρίζεται σε απλές γεωμετρικές σχέσεις. Ο [προσδιορισμός του υψομέτρου ενός σημείου μπορεί να γίνει με ακρίβεια της τάξης μερικών χιλιοστών. Η ακρίβεια εξαρτάται από την ποιότητα και την ακρίβεια του χωροβάτη που κυμαίνεται από 10 χιλιοστά ανά χιλιόμετρο έως και 0,5 χιλιοστό ανά

χιλιόμετρο, αλλά και από την απόσταση που θα μεταφερθεί το υψόμετρο, τις κλίσεις του εδάφους, την εφαρμογή κανόνων για χωροσταθμίσεις ακριβείας κ.λ.π. Με την μέθοδο αυτή θα ασχοληθούμε στο κεφάλαιο αυτό.

2. Η **τριγωνομετρική χωροστάθμιση**, η οποία είναι μέθοδος εμμέσου προσδιορισμού της υψομετρικής διαφοράς, στηρίζεται σε τριγωνομετρικές σχέσεις και εκτελείται με την βοήθεια του ταχυμέτρου. Ο προσδιορισμός του υψομέτρου ενός σημείου μπορεί να γίνει με ακρίβεια της τάξης των 10 εκατοστών. Με την μέθοδο αυτή θα ασχοληθούμε στο κεφάλαιο της Ταχυμετρίας.

3. Η **βαρυμετρική χωροστάθμιση**, η οποία είναι μέθοδος εμμέσου υπολογισμού της υψομετρικής διαφοράς και στηρίζεται στη διαφορά της ατμοσφαιρικής πίεσης η οποία μεταβάλλεται με το ύψος. Εκτελείται με την βοήθεια βαρομέτρου. Ο προσδιορισμός του υψομέτρου ενός σημείου μπορεί να γίνει με ακρίβεια της τάξης των 100 μέτρων.

9.2. Γεωμετρική χωροστάθμιση.

Για την εκτέλεση της γεωμετρικής χωροστάθμισης ο ελάχιστος απαιτούμενος εξοπλισμός αποτελείται από έναν χωροβάτη με τον τρίποδα του και μία σταδία.

Με την γεωμετρική χωροστάθμιση βρίσκουμε

➤ Την υψομετρική διαφορά ΔZ μεταξύ δύο σημείων και κατά συνέπεια, εφ' όσον γνωρίζουμε το υψόμετρο του ενός σημείου (του *reper*) προσδιορίζουμε το υψόμετρο του άλλου.

➤ Την υψομετρική διαφορά ΔZ μεταξύ πολλών σημείων.

Όταν όλα τα σημεία μας (*reper* και άλλα χαρακτηριστικά σημεία) ευρίσκονται σε ακτίνα μικρή που για τους περισσότερους χωροβάτες είναι τα 60-70 μέτρα τότε κάνουμε **απλή χωροστάθμιση**.

Όταν τα σημεία μας ευρίσκονται σε μεγαλύτερες αποστάσεις τότε εκτελούμε την διαδικασία της **χωροσταθμικής όδευσης**.

9.2.1. Απλή χωροστάθμιση.

Κατά την χωροστάθμιση αυτή ο χωροβάτης τοποθετείται σε σημείο από το οποίο να έχει οπτική επαφή με την αφετηρία *reper* και το ζητούμενο σημείο B. Η σταδία αρχικά ευρίσκεται στην αφετηρία όπου γίνεται η σκόπευση O, και μετά στην θέση B όπου γίνεται η σκόπευση E. Το υψόμετρο της αφετηρίας Z_R είναι η κατακόρυφη απόσταση από την επιφάνεια της χωροσταθμικής αφετηρίας. Το υψόμετρο του χωροβάτη και επομένως του οφθαλμού που ονομάζεται Ορίζων ισούται με το άθροισμα του υψομέτρου της αφετηρίας μέτρησης (όχι της χωροσταθμικής αφετηρίας) με την σκόπευση O (από το οπισθοσκόπευση). Έχουμε λοιπόν Ορίζων = $Z_R + O_R$.

Το υψόμετρο στο σημείο B υπολογίζεται από την αφαίρεση του υψομέτρου του Ορίζοντα μείον την ανάγνωση E (από το εμπροσθοσκόπευση). Έχουμε λοιπόν

$$Z_B = \text{Ορίζων} - E_A \quad \text{ή}$$

$$Z_B = Z_R + O_R - E_A$$

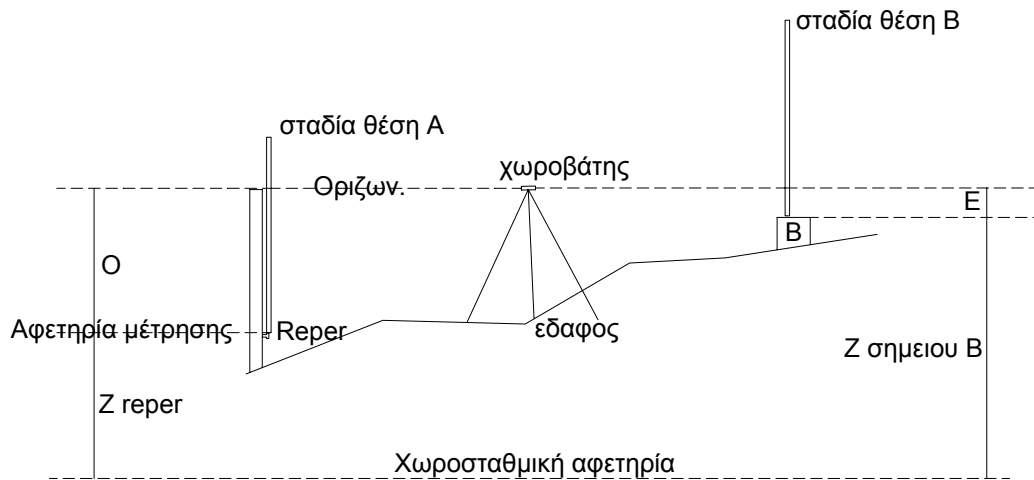
Η υψομετρική διαφορά μεταξύ του R και του B είναι

$$\Delta Z = O_R - E_A \quad \text{οπότε ο παραπάνω τύπος γράφεται:}$$

$$Z_B = Z_R + \Delta Z$$

Όπως προκύπτει από το σχήμα η υψομετρική διαφορά θα είναι θετική όταν η σκόπευση O είναι μεγαλύτερη από την E, και αυτό δηλώνει ότι το σημείο B ευρίσκεται υψηλότερα από την αφετηρία μέτρησης. Όταν η υψομετρική διαφορά είναι αρνητική τότε

η σκόπευση Ο έχει μικρότερη τιμή από την Ε, και αυτό δηλώνει ότι το σημείο Β ευρίσκεται χαμηλότερα από την αφετηρία μέτρησης.

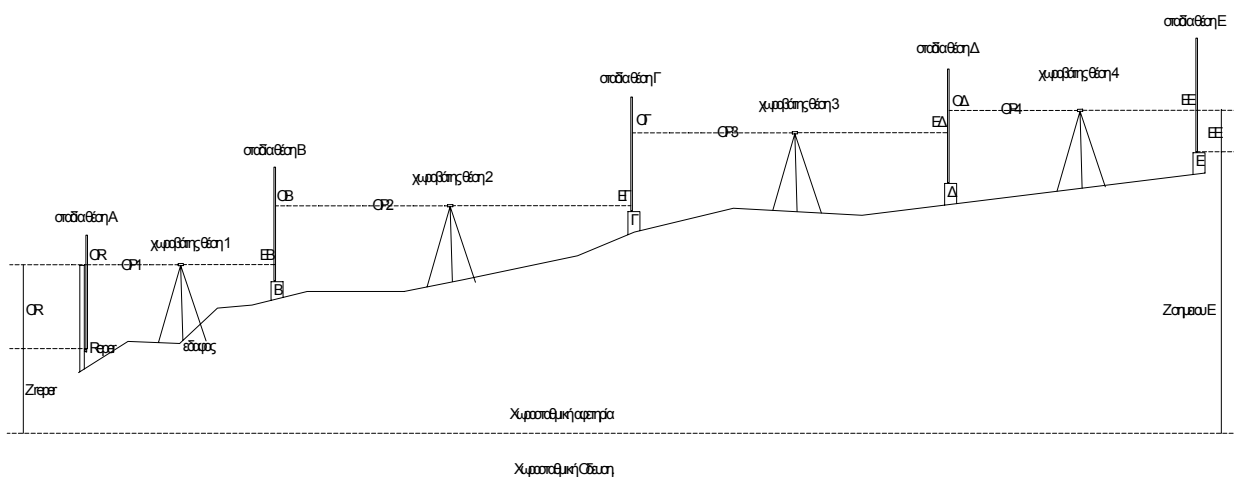


Απλή χωροστάθμηση.

Όταν το τελικό υψόμετρο προκύψει αρνητικό τότε το σημείο Β ευρίσκεται χαμηλότερα από την χωροσταθμική αφετηρία.

9.2.2. Χωροσταθμική Όδευση.

Όταν το μήκος του σημείου ευρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από το reper τότε το υψόμετρο μεταφέρεται με την χωροσταθμική όδευση. Η χωροσταθμική όδευση είναι μία αλληλουχία χωροσταθμίσεων.



Οι μετρήσεις γράφονται σε ειδικό έντυπο χωροστάθμησης και λύνονται με τον τρόπο που περιγράφεται παρακάτω. Τα στοιχεία αφορούν το σχήμα της χωροσταθμικής όδευσης.

ΣΗΜΕΙΑ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ	ΟΠΙΣΘΕΝ	ΜΕΣΟΝ	ΕΜΠΡΟΣ	ΟΡΙΖΩΝ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΠΑΡΑΤΗΡ.
R		OR			OP1=ZR+OR	ZR	
B		OB		EB	OP2=ZB+OB	ZB=OP1-EB	
Γ		ΟΓ		ΕΓ	OP3=ZΓ+ΟΓ	ZΓ=OP2-ΕΓ	
Δ		ΟΔ		ΕΔ	OP4=ZΔ+ΟΔ	ZΔ=OP3-ΕΔ	
E				ΕΕ		ZE=OP4-ΕΕ	
		ΣΟ		ΣΕ			

Η υψομετρική διαφορά του τελικού σημείου E από το αρχικό R δίνεται από τον τύπο $\Delta Z = \Sigma O - \Sigma E$ και το τελικό υψόμετρο του σημείου

$$ZE = ZR + \Delta Z = ZR + \Sigma O - \Sigma E$$

Σε κάποιες θέσεις του χωροβάτου ή και όλες είναι δυνατόν να ληφθούν τα υψόμετρα και άλλων σημείων των οποίων ο αριθμός μπορεί να ποικίλει από κανένα έως άπειρα. Οι ενδείξεις αυτές γράφονται στη στήλη Μέσον. Έτσι στην προηγούμενη χωροσταθμική όδευση ληφθούν 2 σημεία από την 2^η θέση του χωροβάτη και 3 σημεία από την 4^η θέση η αναγραφή των μετρήσεων και η λύση της χωροστάθμησης παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

ΣΗΜΕΙΑ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ	ΟΠΙΣΘΕΝ	ΜΕΣΟΝ	ΕΜΠΡΟΣ	ΟΡΙΖΩΝ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΠΑΡΑΤ.
R		OR			OP1=ZR+OR	ZR	
B		OB		EB	OP2=ZB+OB	ZB=OP1-EB	
B1			MB1			ZB1=OP2-MB1	
B2			MB2			ZB2=OP2-MB2	
Γ		ΟΓ		ΕΓ	OP3=ZΓ+ΟΓ	ZΓ=OP2-ΕΓ	
Δ		ΟΔ		ΕΔ	OP4=ZΔ+ΟΔ	ZΔ=OP3-ΕΔ	
Δ1			ΜΔ1			ZΔ1=OP3-ΜΔ1	
Δ2			ΜΔ2			ZΔ2=OP3-ΜΔ2	
Δ3			ΜΔ3			ZΔ3=OP3-ΜΔ3	
E				ΕΕ		ZE=OP4-ΕΕ	
		ΣΟ		ΣΕ			

9.3. Γενικές παρατηρήσεις για την γεωμετρική χωροστάθμηση.

Η γεωμετρική χωροστάθμηση, γενικά γίνεται με μετάβαση και επιστροφή (aller-retour), δηλαδή η υψομετρική διαφορά ΔZ δύο σημείων R και E, προσδιορίζεται δύο φορές, από R προς E (μετάβαση) και από E προς R (επιστροφή). Ο μέσος όρος των δύο εξαγομένων παρέχει την τελική τιμή της ζητούμενης υψομετρικής διαφοράς των σημείων R και E.

Η εξαγωγή του μέσου όρου βέβαια γίνεται με την προϋπόθεση η διαφορά των δύο εξαγομένων μετάβασης και επιστροφής να μην ξεπερνάει ορισμένα ανεκτά όρια που καθορίζονται από κανονισμούς.

Για την εξουδετέρωση τυχόν σφαλμάτων, έστω και πολύ μικρών, που προέρχονται από την ποιότητα του χωροβάτου, πρέπει να επιδιώκεται η σταδία να τοποθετείται σε ίσες περίπου αποστάσεις από τον χωροβάτη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1 Clendinning J, Olliver J. "Principles of Surveying" Van Nostrand Reinhold Co 1971
- 2 Αποστολάκης "Τοπογραφία" Αθήνα
- 3 Βλάχος Δημήτριος "Μαθήματα Τοπογραφίας" Τόμος 1 Θεσσαλονίκη 1976
- 4 Βλάχος Δημήτριος "Μαθήματα Τοπογραφίας" Τόμος 2 Θεσσαλονίκη 1978
- 5 Εργαστήριο Τοπογραφίας Εθνικό Μετσόβειο Πολιτεχνείο 1970
- 6 Κολιόπουλος Κ. "Στοιχεία Τοπογραφίας" Αθήνα 1975
- 7 Κοφίτσας Ιωάννης "Μαθήματα Τοπογραφίας" Αθήνα 1997
- 8 Κοφίτσας Ιωάννης "Μαθήματα Τοπογραφικού σχεδιασμού" Αθήνα 1996
- 9 Παπαματθαίου Π. "Τοπογραφία" Εκδ. Ευγενιδείου Ιδρύματος, Αθήνα 1970
- 10 Παρδάλης Ν. "Μαθήματα Γαιωδαισίας" Αθήνα 1975
- 11 Σχίζας Ιωάννης "Τοπογραφία" Αθήνα 1987
- 12 Φωτίου Αρισείδης, Καλτσίκης Χρήστος "Γενική Τοπογραφία" Θεσσαλονίκη 1990