



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Ο αριθμητής δηλώνει τον αύξοντα αριθμό του σημείου, ενώ ο παρανομαστής την απόσταση του σημείου από επίπεδο κατακόρυφο και παράλληλο προς την ευθεία 14-43 της Βορείας όψης και σε απόσταση 1.50μ. βόρεια.

Παλαιές ρωγμές αρμολογημένες.

Καμπύλες απόκλισης.

ΑΠΟΤΥΠΩΣΕΙΣ

Γ' ΕΠΑ.Λ.

Ειδικότητα: Συντήρησης Έργων Τέχνης - Αποκατάστασης



ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»



Αποτυπώσεις

24-0172

3ο Κ.Π.Σ. / ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
Επένδυση 1.2.2: "Ανάπτυξη των Τ.Ε.Ε. και Τ.Ε.Κ."
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ
Υπηρεσία Διαχείρισης
Καθηγητής Γεωργίου Γεωργίου
Πρόεδρος του Επιχειρησιακού Προγράμματος
Επένδυση 1.2.2
* Επιχειρησιακό Υποέργο του Επένδυσης
Υπηρεσία Διαχείρισης
* Υποέργο του Τμήματος Επιχειρησιακών Έργων
Επένδυση 1.2.2
15000 - 8171 - 60 - 1

3ο Κ.Π.Σ. / ΕΠΕΑΕΚ

Ενέργεια 2.3.2: "Ανάπτυξη των Τ.Ε.Ε. και Σ.Ε.Κ."
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Σταμάτης Αλαχιώτης

Καθηγητής Γενετικής Πανεπιστημίου Πατρών
Πρόεδρος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

Έργο: "Βιβλία Τ.Ε.Ε."

- Επιστημονικός Υπεύθυνος του Έργου:
Γεώργιος Βούτσιος
Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου
- Υπεύθυνος του Τομέα Εφαρμοσμένων Τεχνών:
Βίκα Δ. Γκιζελή
Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

ISBN 960 - 8171 - 60 - 1

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Ευγενία Γεωργίου

Αναστάσιος Πορτελάνος

Αποτυπώσεις

ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΑ

Β' Τάξη 1^{ου} Κύκλου

Συντήρηση Έργων Τέχνης - Αποκατάσταση

ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΤΕΧΝΩΝ

Ομάδα συγγραφής:

Ευγενία Γεωργίου, Αρχιτέκτων μηχανικός.

Αναστάσιος Πορτελάνος, Αρχιτέκτων μηχανικός, Τοπογράφος μηχανικός.

Ομάδα κρίσης:

Καβαλιεράτος Γιάννης, Αρχιτέκτων μηχανικός, Επ. Καθηγητής Τμ. Αρχ. Ε.Μ.Π

Παπακωνσταντίνου Μαγδαληνή, Αρχιτέκτων μηχανικός, ΠΕ12

Τζουβαδάκης Γιάννης, Αρχιτέκτων μηχανικός, Επ. Καθηγητής, Τμ. Πολ. Μηχ. Ε.Μ.Π

Γλωσσική επιμέλεια:

Μαρία Πολυζώνη, Φιλολόγος ΠΕ2

Συντονιστής:

Παυλίδης Γεώργιος, Αρχιτέκτων μηχανικός, Σχ. Σύμβουλος

Σελιδοποίηση - Φιλμογράφηση:

Απεικόνιση

Ηλεκτρονική επεξεργασία κειμένων:

Έλλη - Κων/να Πορτελάνου

Σχέδια:

Ανδρέας Σαντρουζάνος

Εξώφυλλο

Απεικόνιση

Σκίτσα:

Δημήτρης Γραμματικός

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Είναι γνωστή η σημασία που έχει η συντήρηση και η αποκατάσταση των έργων τέχνης και αρχιτεκτονικής για τη διατήρηση και τη συνέχιση του ιστορικού και πολιτισμικού πλούτου της κάθε χώρας. Η συντήρηση των έργων αυτών είναι αυτή που συμβάλλει στη διατήρηση της αισθητικής και της ιστορικής μνήμης, γεγονός που αποτελεί καθήκον όχι μόνο των μαθητών, των διδασκόντων, των επιστημόνων και των τεχνικών που ασχολούνται με τη συντήρηση και την αποκατάσταση των έργων τέχνης αλλά και, κατά κάποιο τρόπο, ευθύνη όλων μας ως μελών μιας κοινωνίας.

Θεμέλιο στις διαδικασίες συντήρησης και αποκατάστασης ενός έργου αποτελεί ασφαλώς η δυνατότητα καταγραφής του και η αποτύπωσή του, διαδικασία που εφαρμόζεται είτε πρόκειται για ένα αρχαίο αγγείο είτε για μια βυζαντινή εκκλησιά ή για ένα νεοκλασικό κομφοτέχνημα, μια κατοικία ή έναν παραδοσιακό οικισμό.

Έτσι, για τους μαθητές και τις μαθήτριες της Ειδικότητας "Συντήρηση Έργων Τέχνης - Αποκατάσταση" του Τομέα Εφαρμοσμένων Τεχνών το αντικείμενο των Αποτυπώσεων αναφέρεται στην εύρεση των μετρικών σχέσεων των διάφορων μνημείων, των αρχιτεκτονημάτων, των αρχαιολογικών χώρων και ευρημάτων. Οι Αποτυπώσεις ασχολούνται, ανάμεσα σε άλλα, με μετρήσεις οικοπέδων και των κλίσεων τους, με μετρήσεις όψεων, τομών και κατόψεων ιστορικών κτιρίων, μικρών αντικειμένων και λεπτομερειών. Με τις αποτυπώσεις εξετάζονται τα όργανα μέτρησης των αποστάσεων και ο τρόπος υπολογισμού τους. Στη διδακτική εκδοχή τους αποσκοπούν στο να αποκτήσουν οι μαθητές την ικανότητα να αποτυπώνουν με ακρίβεια τα διάφορα έργα τέχνης είτε αυτά είναι εικαστικά είτε αρχιτεκτονικά, μικρής ή μεσαίας κλίμακας, χρησιμοποιώντας τα καθιερωμένα μέσα, συμβάσεις και συμβολισμούς, γι' αυτό και περιλαμβάνουν πολλές ασκήσεις εφαρμογών για τους μαθητές με σκαριφήματα και σχέδια αποτυπώσεων.

Αυτό σημαίνει ότι οι απόφοιτοι της συγκεκριμένης Ειδικότητας θα μπορούν, σε συνεργασία και με άλλους ειδικούς συντηρητές, να προβαίνουν στις κατάλληλες ενέργειες για την πληρέστερη αποτύπωση, να κατανοούν, να επιλέγουν και να εφαρμόζουν τους διάφορους γνωστούς τρόπους αποτύπωσης, να μπορούν να αποτυπώνουν το αντικείμενό τους με σχετική ακρίβεια, ακόμα και όταν δεν έχουν τα κατάλληλα μέσα στη διάθεσή τους ή αντιμετωπίζουν μη συμβατικές και σύνθετες συνθήκες, και να αντιληφθούν την ανάγκη για συνεργασία με άλλους ειδικούς όπως, π.χ., αρχιτέκτονες, μηχανικούς, σχεδιαστές, φωτογράφους, χημικούς.

Είναι προφανές ότι το βιβλίο επιχειρεί, επιπροσθέτως, με αυτό τον τρόπο να βοηθήσει τους μαθητές όχι μόνο "να μετρούν", αλλά και να αντιλαμβάνονται καλύτερα τα μορφολογικά χαρακτηριστικά και την αξία ενός έργου τέχνης.

Η Υπεύθυνη του Τομέα Εφαρμοσμένων Τεχνών
του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

1	Βασικές έννοιες και γενικές γνώσεις	9
2	Μέθοδοι προσδιορισμού της θέσης ενός σημείου σε σχέση με άλλα σημεία	29
3	Αποτυπώσεις επίπεδων πολυγωνικών σχημάτων	53
4	Αποτυπώσεις μεγάλων εκτάσεων, κατόψεων, όψεων, τομών	113
5	Αποτυπώσεις μικρών αντικειμένων μνημείων και αρχαιολογικών χώρων	153
6	Αποτυπώσεις με τη μέθοδο της φωτογραμμετρίας	197

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Βασικές έννοιες και γενικές γνώσεις	
1.1 Τι ονομάζουμε αποτύπωση	11
1.2 Μέθοδοι αποτύπωσης	11
1.3 Αποτυπώσεις μικρής έκτασης	13
1.4 Κλίμακες	14
1.5 Προσδιορισμός των τριών διαστάσεων	15
1.6 Συντεταγμένες	15
1.6.1 Συντεταγμένες ενός σημείου σε έναν άξονα	16
1.6.2 Συντεταγμένες ενός σημείου σε δύο άξονες	16
1.6.3 Συντεταγμένες ενός σημείου σε τρεις άξονες	18
1.7 Μέθοδοι απεικόνισης δισδιάστατων (2D) και τρισδιάστατων (3D) αντικειμένων	20
1.7.1 Η προβολή στους δύο άξονες X, Ψ	20
1.7.2 Απεικόνιση της τρίτης διάστασης	21
1.7.3 Αποτύπωση αντικειμένων σε ένα επίπεδο προβολής	21
1.7.4 Αποτύπωση στερεού αντικειμένου	22
1.8 Χρήσιμοι μαθηματικοί τύποι	24
1.9 Ασκήσεις εφαρμογής	26
2. Μέθοδοι προσδιορισμού της θέσης ενός σημείου σε σχέση με άλλα σημεία	
2.1 Προσδιορισμός της θέσης ενός σημείου σε σχέση με ένα άλλο σημείο (ευθεία)	31
2.1.1 Γενικά	31
2.1.2 Διαδικασίες μέτρησης μήκους	32
2.1.3 Όργανα μέτρησης αποστάσεων	34
2.2 Τρόποι χάραξης ευθυγραμμίας	37
2.2.1 Πύκνωση ευθυγραμμίας μεταξύ δύο σημείων αμοιβαία ορατών, σε σχετικά επίπεδο έδαφος ή με σταθερή σχετικά κλίση	38
2.2.2 Πύκνωση ευθυγραμμίας μεταξύ δύο σημείων μη αμοιβαία ορατών, σε ανώμαλο έδαφος	41
2.2.3 Οριζόντιο επίπεδο, οριζόντια ευθεία, οριζόντια απόσταση.	42
2.3 Τρόποι και μέσα υλοποίησης οριζόντιας ευθείας και οριζοντίου επιπέδου	43
2.4 Τρόποι και μέσα υλοποίησης κατακόρυφης ευθείας	46
2.4.1 Το νήμα της στάθμης	46
2.4.2 Τα ειδικά αλφάδια	48
2.4.3 Σφαιρική αεροστάθμη	48
2.5 Τρόποι και μέσα υλοποίησης κατακόρυφου επιπέδου	49
2.6 Κατέβασμα απρόσιτου σημείου	50
2.7 Προσδιορισμός θέσης σημείου σε σχέση με δύο άλλα σημεία	51
2.7.1 Στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο	52
2.7.2 Σε τυχαίο επίπεδο	52
3. Αποτυπώσεις επίπεδων πολυγωνικών σχημάτων	
3.1 Γενικά	55
3.2 Αποτύπωση με επιμερισμό του σχήματος σε τρίγωνα	55
3.3 Αποτύπωση σχημάτων με τη μέθοδο των προβολών	59
3.3.1 Μέθοδοι και όργανα χάραξης καθετών	60
3.3.2 Μέθοδοι αποτύπωσης πολυγώνων με τη μέθοδο των προβολών	61
3.3.3 Σύγκριση των μεθόδων, πλεονεκτήματα και επισημάνσεις	63
3.3.4 Μέθοδος αποτύπωσης με προβολές σε οποιοδήποτε σχήμα που προκύπτει ως ένα σύνολο σημείων και γραμμών	63
3.4 Ερωτήσεις	64
Θέμα 1ο : Έμμεση μέτρηση μιας απόστασης με χρήση τριγώνων	66
Θέμα 2ο : Έμμεση μέτρηση μιας απόστασης με χρήση προβολών	70
Θέμα 3ο : Πύκνωση - επέκταση ευθυγραμμίας με απλά μέσα (οπτική πύκνωση - επέκταση)	73
Θέμα 4ο : Πύκνωση - επέκταση ευθυγραμμίας με ακόντια και διαδοχικές προσεγγίσεις	77
Θέμα 5ο : Πύκνωση ευθυγραμμίας με ορθόγωνο	80

Θέμα 6ο : Πύκνωση - επέκταση ευθυγραμμίας με το θεοδόλιχο	83
Θέμα 7ο : Χάραξη γραμμών κάθετων στο έδαφος με τη βοήθεια μετροταινίας	88
Θέμα 8ο : Χάραξη κάθετων ευθειών με το ορθόγωνο	94
Θέμα 9ο : Μέτρηση γωνιών με το θεοδόλιχο	97
Θέμα 10ο : Μέτρηση κατακόρυφης γωνίας με το θεοδόλιχο	104
4. Αποτυπώσεις μεγάλων εκτάσεων, κατόψεων, όψεων, τομών	116
4.1 Τοπογραφικά διαγράμματα μεγάλων εκτάσεων	116
4.1.1 Μέθοδος των τριγώνων	118
4.1.2 Μέθοδος των ορθών προβολών	120
4.1.3 Μέθοδος πολικών συντεταγμένων	121
4.2 Κατόψεις, όψεις, τομές, τομές - όψεις	129
4.3 Αξονομετρικά, προοπτικά	130
4.4 Κλίμακες σχεδίασης	132
4.5 Όργανα σχεδίασης	134
4.6 Ακρίβεια σχεδίασης	135
4.7 Σκαριφήματα αποτυπώσεων	137
4.8 Εργονομικοί και ανθρωπομετρικοί πίνακες- Διαστάσεις τυπικών αντικειμένων	143
Ανάθεση ατομικής εργασίας	
5. Αποτυπώσεις μικρών αντικειμένων, μνημείων και αρχαιολογιών χώρων	155
5.1 Γενικά	157
5.2 Κατηγορίες αποτύπωσης μικρών αντικειμένων	158
5.3 Αποτύπωση με παραδοσιακά μέσα (μέθοδοι και όργανα)	160
5.3.1 Αποτύπωση με τοπογραφικά και ηλεκτρονικά μέσα	162
5.3.2 Αποτύπωση με φωτογραμμετρικά μέσα	166
5.4 Αποτυπώσεις αρχαιολογικών χώρων	166
5.4.1 Επιφάνειες σχεδόν επίπεδες (επίπεδοι χώροι, τοιχογραφίες, ψηφιδωτά, εικόνες, κ.τ.λ)	168
5.5 Αποτυπώσεις αρχαιολογικών χώρων με κατασκευές κάποιου ύψους	169
5.5.1 Όψεις	169
5.6 Αποτυπώσεις μνημείων	182
5.7 Αποτυπώσεις φθορών, βλαβών, παραμορφώσεων, υγρασίας, κ.τ.λ	182
5.7.1 Οι παραμορφώσεις του φορέα	185
5.8 Τρισδιάστατα μοντέλα. Μακέτες	185
5.8.1 Τρισδιάστατα μοντέλα	185
5.8.2 Μακέτες	185
5.9 Η αποκατάσταση των μνημείων και των έργων τέχνης και οι αποτυπώσεις	189
Ανάθεση ατομικής εργασίας	
6. Αποτυπώσεις με τη μέθοδο της φωτογραμμετρίας	199
6.1 Γενικά	199
6.2 Φωτογραφική μηχανή	200
6.2.1 Μετρική φωτογραφική μηχανή	202
6.2.2 Απλή φωτογραφική μηχανή	203
6.2.3 Ημιμετρικές φωτογραφικές μηχανές	204
6.3 Μέθοδοι φωτογραμμετρικών αποτυπώσεων	204
6.4 Μονοεικονική φωτογραμμετρία	204
6.4.1 Λήψη	218
6.4.2 Επεξεργασία εικόνας απόδοση	232
6.5 Διεικονική φωτογραμμετρία	233
6.5.1 Σχετικός και απόλυτος προσανατολισμός	233
6.5.2 Λήψη στερεοζευγών	237
6.5.3 Απόδοση στερεοζευγών	

1

Βασικές Έννοιες και
Γενικές Γνώσεις

Στόχοι

Στο κεφάλαιο αυτό θα γνωρίσετε βασικές έννοιες και θα αποκτήσετε τις γενικές γνώσεις που είναι απαραίτητες για το μάθημα των αποτυπώσεων.
Στο τέλος της ενότητας αυτής θα πρέπει να μπορείτε:

1. να κατανοείτε την ανάγκη της αποτύπωσης.
2. να γνωρίζετε τις μεθόδους της αποτύπωσης.
3. να διακρίνετε τις κλίμακες σχεδίασης.
4. να ορίζετε σημεία στο ορθογώνιο και τρισσορθογώνιο σύστημα.
5. να βρίσκετε τη θέση σημείων στο επίπεδο και στο χώρο.

1.1 Τι ονομάζουμε αποτύπωση

Αποτύπωση καλείται η αναπαραγωγή της εικόνας ενός αντικειμένου στο χαρτί, με τρόπο ώστε ένας περιορισμένος αριθμός απεικονίσεων να μας παρέχει μία όσον το δυνατόν πληρέστερη εικόνα της μορφής και του μεγέθους του αντικειμένου.

Το αντικείμενο αυτό μπορεί να είναι από πολύ μεγάλο έως αρκετά μικρό.

Σ' αυτό το βιβλίο θα μας απασχολήσει η αποτύπωση αντικειμένων περιορισμένων σχετικά διαστάσεων, όπως π.χ. ενός κινητού αρχαίου αντικειμένου, ενός αγάλματος, ενός αρχιτεκτονικού μέλους, ενός μνημείου, κάποιου αρχαιολογικού χώρου, κ.τ.λ.

Η διαδικασία μίας αποτύπωσης ανεξάρτητα από τη μέθοδο που πρέπει να ακολουθείται, απαιτεί μία καθορισμένη σειρά εργασιών, που είναι η ακόλουθη:

- Συλλογή των απαραίτητων για την απόδοση του αντικειμένου στοιχείων, που μπορεί να είναι σκίτσα, μετρήσεις, φωτογραφίες κ.ά., τα οποία συγκεντρώνουμε κατά την επαφή μας με το αντικείμενο.
- Επεξεργασία των στοιχείων αυτών, ώστε να εξασφαλίζονται όλες οι προϋποθέσεις για την μετρητική αξιοποίησή τους.
- Απόδοση της εικόνας του αντικειμένου, που μπορεί να είναι σχεδιαστική ή φωτογραφική, και ορισμένες φορές συνδυασμός και των δύο.

Κατά τη διαδικασία της αποτύπωσης (σχεδίαση ηρόχειρων σκαριφημάτων χωρίς κλίμακα μέτρησης) προκύπτει έμμεσα ένα μέγιστο κέρδος για τον τεχνικό. Πραγματοποιείται η εξοικείωσή του με το συγκεκριμένο έργο, δηλαδή ουσιαστικά η ανάλυσή του.

Όταν είναι κανείς υποχρεωμένος να μετρήσει και τη μικρότερη λεπτομέρεια, πρέπει να την προσέξει και να την καταλάβει. Με άλλα λόγια, όπως ένας αρχαιολόγος ή ιστορικός αναλύει περιγράφοντας, ένας τεχνικός αναλύει σχεδιάζοντας σκαριφήματα και τελικά σχέδια αποτύπωσης. Η γλώσσα του είναι το σχέδιο.



Δε νοείται τεκμηρίωση αρχιτεκτονικού έργου χωρίς ακριβείς αποτυπώσεις

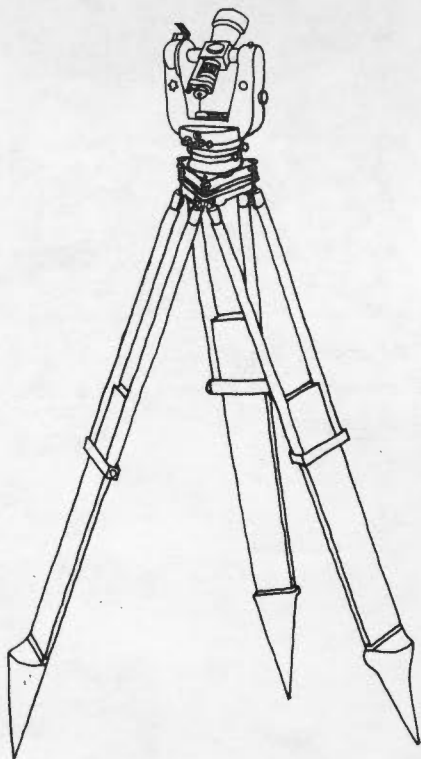
Η αποτύπωση είναι μια υπεύθυνη δουλειά

1.2 Μέθοδοι αποτύπωσης

Οι βασικές μέθοδοι που εφαρμόζονται στις αποτυπώσεις είναι οι εξής:

I. Τοπομετρικές

Οι μέθοδοι αυτές στηρίζονται σε ένα σύνολο μετρήσεων επί του αντικειμένου, με απλά μέσα και με βοήθεια μερικών τριγώνων. Η βασική αρχή της τεχνικής είναι αυτή των τομών και του διαδοχικού προσδιορισμού σημείων. Οι τεχνικές απόδοσης των αποτυπώσεων στηρίζονται συνήθως σε παραδοσιακούς τρόπους, κυρίως στον προσδιορισμό σημείων με μέτρηση αποστάσεων και στη δημιουργία τριγώνων στον προσδιορισμό της εξάρτησης των αποτυπώσεων. Οι μέθοδοι αυτές έχουν περιορισμένη εφαρμογή και μικρή ακρίβεια.



Τοπογραφικό όργανο

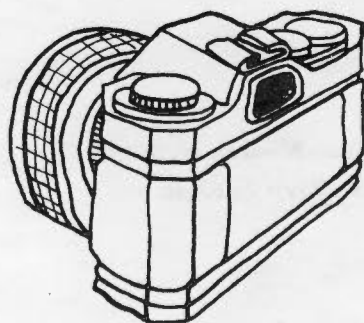
II. Τοπογραφικές

Οι μέθοδοι αυτές συνίστανται στη μέτρηση και στον υπολογισμό συντεταγμένων σημείων στο χώρο με σύγχρονα μέσα και όργανα και την προβολή τους σε κατάλληλα επίπεδα και σε άλλες κατάλληλες επιφάνειες, που καλύπτουν τις ανάγκες πολύπλοκων αντικειμένων. Οι μέθοδοι αυτές έχουν εφαρμογή και σε μεγάλης έκτασης εργασίες, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμη και στην αποτύπωση λεπτομερειών. Έχουν μεγάλη ακρίβεια. Με τις μεθόδους αυτές προσδιορίζεται ένας πεπερασμένος αριθμός σημείων και πρέπει να συνδυάζονται με άλλες μεθόδους τοπομετρικές και φωτογραμμετρικές, προκειμένου να υπάρχει ολοκληρωμένη απόδοση. Ο βαθμός συμμετοχής των άλλων μεθόδων εξαρτάται από την φύση του αντικειμένου.

III. Φωτογραμμετρικές

Οι μέθοδοι αυτές συνίστανται στη μετρητική αξιοποίηση φωτογραφιών και στον προσδιορισμό ενός μεγάλου αριθμού σημείων, είτε με απευθείας σχεδίαση του αντικειμένου, είτε με την παραγωγή φωτογραφιών στην κατάλληλη κλίμακα (αναλογική μέθοδος), είτε με τον προσδιορισμό ενός αρκετά μεγάλου αλλά πεπερασμένου αριθμού σημείων με τις συντεταγμένες τους και εν συνεχεία, μέσω της χρήσης ηλεκτρονικών υπολογιστών, την απόδοση του αντικειμένου. Η φωτογραμμετρία για να στηριχθεί έχει ανάγκη χρήσης τοπογραφικών μεθόδων στον έναν ή στον άλλο βαθμό. Έχει πολύ μεγάλη ακρίβεια, ποιότητα και ταχύτητα.

Η εκτεταμένη χρήση Η/Υ και άλλου κατάλληλου εξοπλισμού για τον υπολογισμό τοπογραφικών στοιχείων και για την επίλυση των φωτογραμμετρικών στοιχείων μας παρέχει τη δυνατότητα γρήγορης πραγματοποίησης των εργασιών και σχετικά φτηνής απόδοσης των σχεδίων.



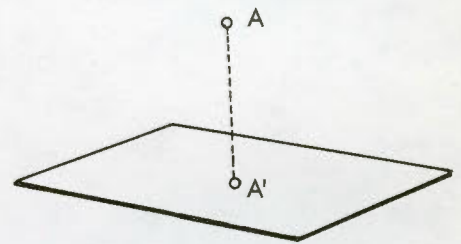
Φωτογραφική μηχανή

1.3 Αποτυπώσεις μικρής έκτασης

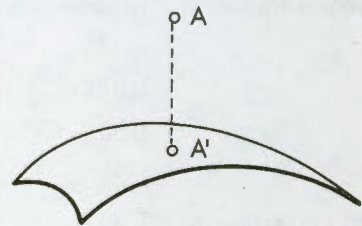
Σε κάθε αποτύπωση, είτε αυτή είναι μεγάλη και γίνεται με αναφορά στο γεωειδές ή ελλειψοειδές, δηλαδή αφορά χαρτογραφικές ή τοπογραφικές αποτυπώσεις, είτε αναφέρεται στο επίπεδο του ορίζοντος και αφορά περιορισμένες τοπογραφικές και αρχιτεκτονικές αποτυπώσεις, είναι απαραίτητο να αντιστοιχίσουμε το προς αποτύπωση αντικείμενο με το επίπεδο χαρτί της σχεδίασης. Στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιούμε ειδικές μεθόδους, τις οποίες καλούμε προβολές και με τις οποίες ασχολούνται οι επιστήμες της Χαρτογραφίας και της Γεωδαισίας. Στη δεύτερη χρησιμοποιούμε τα οριζόντια μεγέθη όπως μετρώνται και τα υψόμετρα τα οποία υπολογίζουμε βάσει των διαφορών τους από το οριζόντιο επίπεδο, διατηρώντας τις αρχές των ορθών προβολών στο σύνολο του αντικειμένου.

Είναι φανερό ότι για να μπορέσουμε να απεικονίσουμε ένα σημείο, μας είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την ορθή προβολή του και το υψόμετρό του.

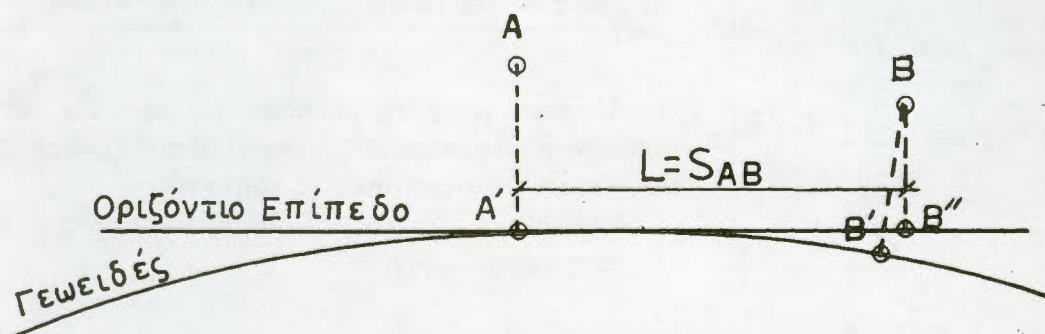
Στις τοπογραφικές αποτυπώσεις πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το σχήμα της Γης. Η καμπυλότητά της μας δίνει περίπου 1 εκατοστό διαφορά υψομέτρου μεταξύ του πραγματικού υψομέτρου, που αναφέρεται στο γεωειδές (B-B'), και αυτού που αναφέρεται στο οριζόντιο επίπεδο (B-B''), για μία απόσταση του σημείου από τη θέση επαφής του οριζόντιου επιπέδου 350 μ. ($L=S_{AB}$). Πολύ μικρότερη είναι η διαφορά μεταξύ των αντίστοιχων μηκών επί του γεωειδούς (A'B'), και του οριζόντιου επιπέδου (A'B''). Όταν η απόσταση γίνει 1 χλμ., η διαφορά των υψομέτρων είναι 8 εκατοστά και, όταν η απόσταση είναι 10 χλμ, η διαφορά γίνεται 7 μ. Έτσι, για μικρές επιφάνειες, δηλαδή μικρότερες από μία έκταση διαμέτρου 700-800 μ. μπορούμε να αντικαταστήσουμε το γεωειδές με ένα επίπεδο, το επίπεδο του ορίζοντος, αφού στην μικρή αυτή έκταση το γεωειδές θεωρούμε ότι είναι επίπεδο, τις διευθύνσεις της βαρύτητας, δηλαδή τις κατακορύφους, τις θεωρούμε παράλληλες μεταξύ τους.



Ορθή προβολή σημείου σε επίπεδο



Ορθή προβολή σημείου σε επιφάνεια με καμπυλότητα



Εάν μας είναι γνωστό ένα υψόμετρο του εθνικού δικτύου στην περιοχή της αποτύπωσής μας, κάνουμε χρήση αυτού του υψομέτρου.

Ορισμένες φορές, όμως, η αποτύπωση μας μπορεί να είναι ανεξάρτητη από το απόλυτο αυτό υψόμετρο, οπότε μπορούμε να δώσουμε εμείς μία αφετηρία υψομέτρων.

1.4 Κλίμακες

Συναφής με την έννοια της αποτύπωσης είναι και η έννοια της κλίμακας, που αφορά τη σχέση διαστάσεων μεταξύ του αντικειμένου και της απεικόνισής του στο χαρτί.

Σε κάθε αποτύπωση είναι αναγκαίο η εικόνα του αντικειμένου να παρουσιαστεί στις κατάλληλες κλίμακες.

Η κλίμακα ορίζεται ως η αναλογία (ηπλίκο) που έχει ένα μήκος στο χαρτί της αποτύπωσης σε σχέση με το πραγματικό του μέγεθος. Π.χ., όταν μήκος 500 μ. απεικονίζεται με μήκος 1 μ. στο χαρτί, η κλίμακα είναι 1:500, όταν τα 1000 μ. μήκους απεικονίζονται με 1 μ. μήκους στο χαρτί, η κλίμακα είναι 1:1000. Στη δεύτερη περίπτωση η κλίμακα είναι μικρότερη. Δηλαδή, όσο μεγαλύτερος είναι ο παρανομαστής του κλάσματος της κλίμακας, τόσο αυτή είναι μικρότερη και το σχέδιο πιο μικρό.

Η επιλογή των κλιμάκων σε κάθε περίπτωση είναι συνάρτηση του επιδιωκόμενου στόχου της αποτύπωσης. Οι κυριότερες σε χρήση κλίμακες είναι οι εξής:

Τύποι κλιμάκων	Τυποποίηση
για σμίκρυνση	1:100
	1:50
	1:25
	1:20
	1:10
	1:5
	1:2,5
φυσικό μέγεθος	1:1
	2:1
	5:1
	10:1
	20:1
για μεγένθυση	50:1

Χαρτογραφικές κλίμακες:	1:1.000.000, 1:500.000, 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000, 1:20.000, 1:10.000, 1:5.000
Τοπογραφικές κλίμακες:	1:5.000, 1:2.000, 1:1.000, 1:500, 1:200, 1:100
Αρχιτεκτονικές κλίμακες:	1:200, 1:100, 1:50, 1:20, 1:10
Κλίμακες λεπτομερειών:	1:20, 1:10, 1:5, 1:2, 1:1

Οι χαρτογραφικές μέθοδοι, που αφορούν μεγάλα τμήματα της γήινης επιφάνειας, δεν εξασφαλίζουν σε ολόκληρη την έκταση του χάρτη την ίδια κλίμακα.

Αυτό γίνεται όλο και περισσότερο κατορθωτό, καθώς οι κλίμακες μεγαλώνουν.

Όλες οι παραπάνω κλίμακες αποτελούν σμικρύνσεις. Σε πολύ μικρά αντικείμενα είναι συχνά αναγκαίο να χρησιμοποιούμε μεγεθύνσεις, οπότε μπορούμε να αναφερόμαστε αντίστοιχα με την αναλογία και με τον όρο μεγέθυνση ή με τη χρήση του X (π.χ. $X2$, $X10$, κ.τ.λ.).

1.5 Προσδιορισμός των τριών διαστάσεων

- Ένα σημείο ορίζει απλώς μία θέση στο χώρο, έχει υπόσταση σε σχέση με άλλα γεωμετρικά στοιχεία (άκρο ευθείας, τομή ευθειών, τομή τριών επιπέδων, κ.τ.λ.) και δεν έχει καμία διάσταση (αδιάστατο μέγεθος).
- Μία γραμμή, όπως π.χ. η ευθεία γραμμή, έχει μία διάσταση (μονοδιάστατο μέγεθος ή 1D), την οποία ονομάζουμε μήκος.
- Ένα σχήμα το οποίο αναπτύσσεται σε ένα επίπεδο και καταλαμβάνει τμήμα του, που μπορεί να απλώνεται μέχρι το άπειρο και δεν αποτελείται από μία γραμμή θεωρούμε ότι αναπτύσσεται σε δύο διαστάσεις (δισδιάστατο 2D). Χαρακτηριστικά στοιχεία του σχήματος αυτού είναι η επιφάνεια και η περίμετρός του, δηλαδή το μέρος του επιπέδου που καταλαμβάνει και η εξωτερική γραμμή που το ορίζει αντίστοιχα.
- Ένα στερεό αντικείμενο, που αναπτύσσεται στο χώρο καταλαμβάνοντας ένα τμήμα του είναι ένα μέγεθος σε τρεις διαστάσεις (τρισδιάστατο 3D). Χαρακτηριστικά στοιχεία του αντικειμένου αυτού είναι ο όγκος και η επιφάνειά του, δηλαδή το μέρος του χώρου που καταλαμβάνει, και η εξωτερική επιφάνεια, που το ορίζει.

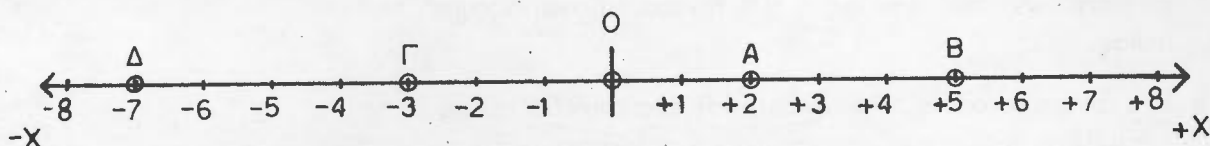
1.6 Συντεταγμένες

Κάθε αντικείμενο μπορεί να αντιστοιχηθεί με ένα γεωμετρικό σχήμα. Αυτό ορίζεται από το σύνολο των άπειρων σημείων του. Το σύνολο αυτό αναλύεται σε έναν πεπερασμένο αριθμό στοιχείων (σημείων, γραμμών ή επιφανειών) που μας παρέχουν μία ολοκληρωμένη εικόνα του αντικειμένου.

Τα στοιχεία αυτά εξαρτώνται από έναν ορισμένο αριθμό σημείων. Η θέση των σημείων αυτών ορίζεται με τη χρήση τριών ειδών συντεταγμένων.

1.6.1 Συντεταγμένες ενός σημείου σε έναν άξονα

Η θέση ενός σημείου σε έναν ευθύγραμμο άξονα (άξονας X) προσδιορίζεται σε σχέση με μία αφετηρία (κέντρο συντεταγμένων) στην οποία μπορούμε να δώσουμε συνήθως την αριθμητική θέση 0 (μηδέν) το κέντρο συντεταγμένων διαιρεί τον άξονα σε δύο ημιάξονες τον θετικό με φορά συνήθως προς τα δεξιά, θεωρώντας ότι αυτή εκτείνεται μέχρι το άπειρο και τον αρνητικό με φορά προς τα αριστερά. Η θέση του σημείου ορίζεται με έναν αριθμό που αντιστοιχεί στην απόστασή του από την αρχή και ονομάζεται τετμημένη. Οι αριθμοί των συντεταγμένων στον θετικό ημιάξονα είναι θετικοί και στον αρνητικό αρνητικοί.



σχήμα 1.1

Συντεταγμένες σημείου σε άξονα

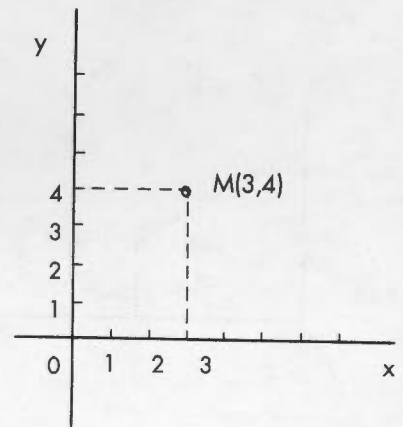
Το μήκος ενός ευθύγραμμου τμήματος προκύπτει από τη διαφορά της δεξιάς τετμημένης του από την αριστερή τετμημένη. Π.χ. στο σχ.1.1 το μήκος (ΔX) του ευθύγραμμου τμήματος AB είναι $(AB)=5-2=3$, το μήκος $(A\Gamma)=2-(-3)=2+3=5$, το μήκος $(\Delta\Gamma)=(-3)-(-7)=-3+7=4$.

1.6.2 Συντεταγμένες ενός σημείου σε δύο άξονες

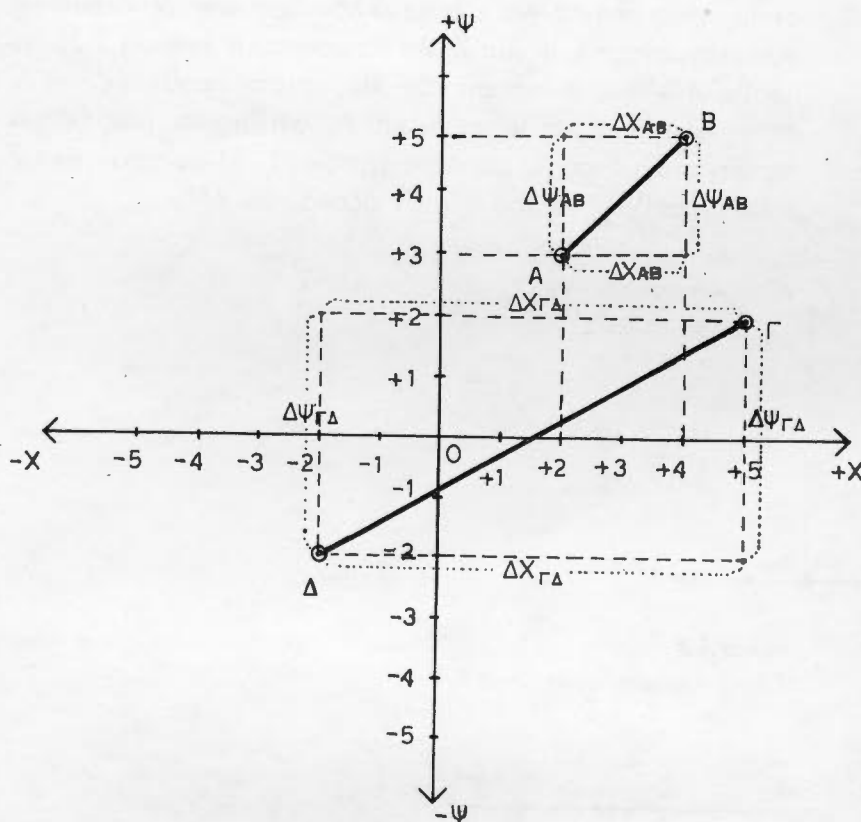
Σε ένα επίπεδο, προκειμένου να προσδιορίσουμε τη θέση σημείων, χρησιμοποιούμε δύο άξονες που τέμνονται κάθετα μεταξύ τους. Το σημείο της τομής O των δύο αξόνων είναι το κέντρο των συντεταγμένων $(0,0)$. Τον παράλληλο στη γραμμή των δύο ματιών μας συνήθως ορίζουμε ως άξονα των X (άξονα τετμημένων) και τον κάθετο προς αυτόν ως άξονα των Y (άξονα τεταγμένων). Το κοινό σημείο τομής των δύο αξόνων (κέντρο συντεταγμένων) O χωρίζει σε δύο ημιάξονες τον καθένα. Στον μεν άξονα των X ορίζεται ως θετικός ο δεξιός ημιάξονας και ως αρνητικός ο αριστερός, ενώ στον άξονα των Y ως θετικός ημιάξονας ορίζεται ο προς τα επάνω και ως αρνητικός ο προς τα κάτω.

Οι συντεταγμένες ενός σημείου ορίζονται από τις προβολές του στους δύο άξονες. Κάθε σημείο λοιπόν έχει δύο συντεταγμένες, μία τετμημένη (X) και μία τεταγμένη (Y). Π.χ. οι συντεταγμένες του σημείου A στο σχήμα 1.2 είναι $X_A=2$, $Y_A=3$.

Δύο σημεία μας ορίζουν ένα ευθύγραμμο τμήμα. Το μήκος ενός ευθύγραμμου τμήματος ορίζεται ως εξής: Οι διαφορές των συντεταγμένων των άκρων του ευθύγραμμου τμήματος, ΔX και $\Delta \Psi$, που μας προσδιορίζουν και τα μήκη των αντιστοίχων προβολών του τμήματος, ορίζονται επί των δύο αξόνων σύμφωνα με όσα αναφέραμε παραπάνω για τον ένα άξονα.



Οι συντεταγμένες του σημείου M είναι $X_{M1}=3, Y_{M2}=4$

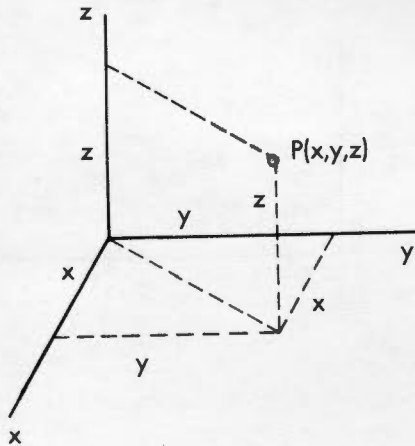


σχήμα 1.2

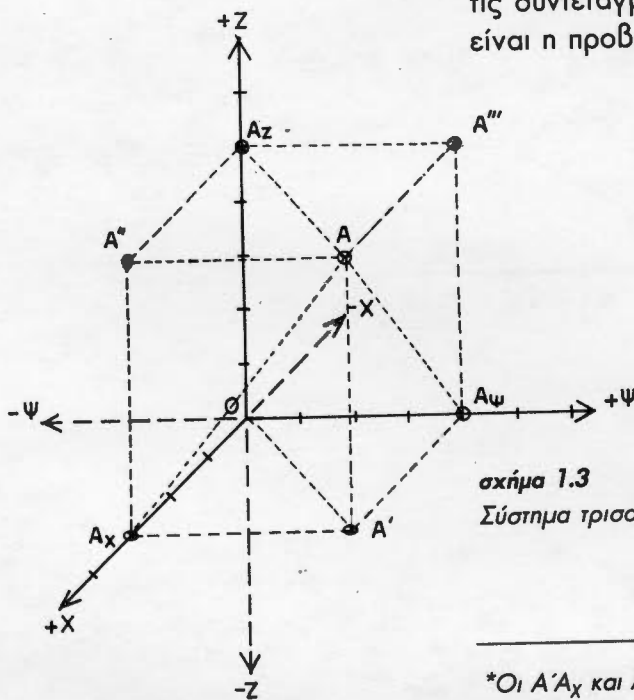
Σύστημα καρτεσιανών συντεταγμένων

Με βάση το πυθαγόρειο θεώρημα έχουμε (σχ.1.2):
 $(S_{AB})^2 = (\Delta X_{AB})^2 + (\Delta \Psi_{AB})^2$ και $S_{AB} = \sqrt{[(\Delta X_{AB})^2 + (\Delta \Psi_{AB})^2]}$.

1.6.3 Συντεταγμένες ενός σημείου σε τρεις άξονες



Η θέση ενός σημείου στο χώρο προσδιορίζεται γενικά από τις συντεταγμένες του σε τρεις άξονες. Οι δύο από αυτούς, οι X και Ψ , ορίζουν ένα επίπεδο και είναι όμοιοι με αυτούς που περιγράψαμε. Τέμνονται κάθετα μεταξύ τους και το σημείο της τομής O είναι το κέντρο των συντεταγμένων $(0,0)$. Ένας τρίτος άξονας (άξονας των Z) κάθετος στο κέντρο O , που ο θετικός ημιάξονάς του $(+Z)$ προχωρεί προς τα επάνω και ο αρνητικός $(-Z)$ προς τα κάτω σε σχέση με το επίπεδο $X\Psi$. Ο θετικός δηλαδή ημιάξονας έχει φορά τη φορά που ακολουθεί μία βίδα, έτσι ώστε ο άξονας των X να στραφεί δεξιόστροφα. Ο άξονας Z ορίζει δύο πρόσθετα επίπεδα με τις ευθείες X και Ψ τα XZ και ΨZ . Οι τρεις συντεταγμένες ενός σημείου ορίζονται από τις προβολές του στους τρεις άξονες. Κάθε σημείο λοιπόν στο χώρο έχει τρεις συντεταγμένες, X , Ψ και Z . Αν θεωρήσουμε (σχήμα 1.3) την προβολή A' του A στο επίπεδο $X\Psi$, τότε οι προβολές του A' στους άξονες X και Ψ , οι A_x και A_Ψ αντίστοιχα, μας δίνουν τις συντεταγμένες A_x και A_Ψ αντίστοιχα*. Η συντεταγμένη Z είναι η προβολή A_z του A στον άξονα των Z **.

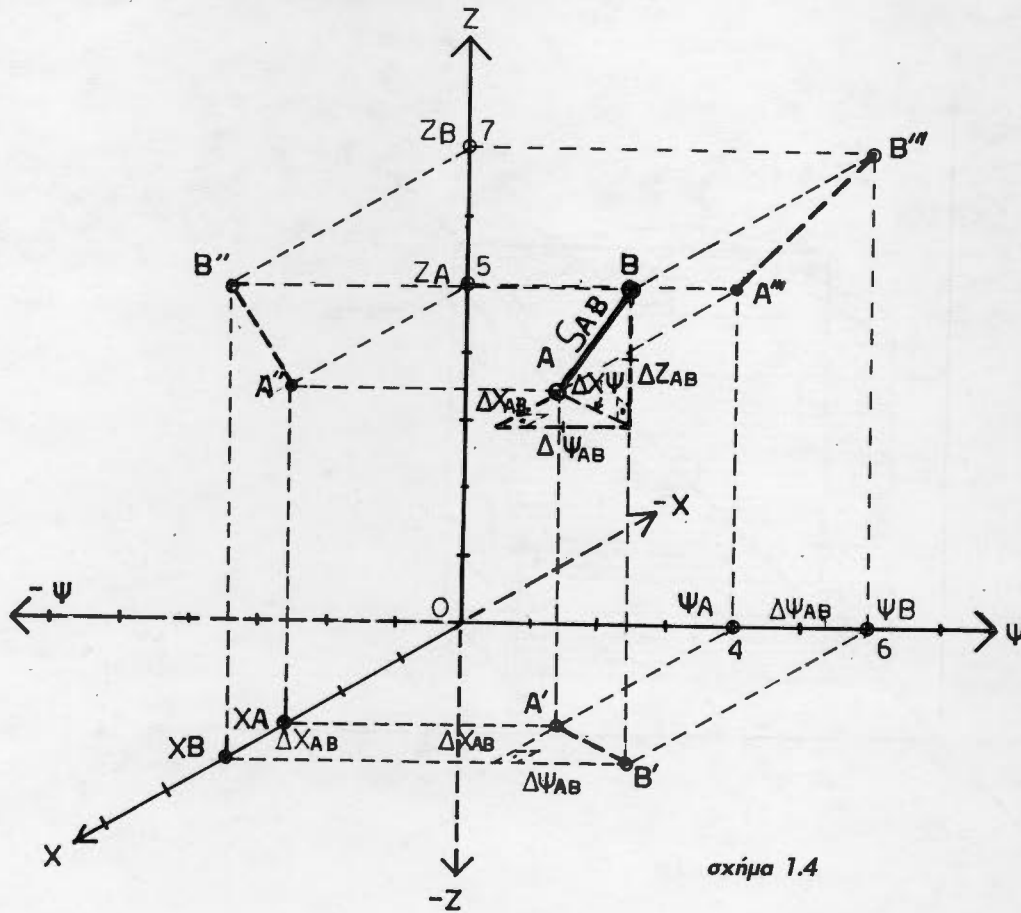


σχήμα 1.3
Σύστημα τρισσορθογωνίων αξόνων

*Οι $A'A_x$ και $A'A_\Psi$ είναι κάθετες αντίστοιχα στους άξονες X και Ψ . Αν A'' και A''' είναι οι προβολές στα επίπεδα XZ και ΨZ αντίστοιχα, τα επίπεδα που ορίζονται από τα σημεία A, A', A_x, A'' και A, A', A_Ψ, A''' είναι επίσης κάθετα στους άξονες X και Ψ αντίστοιχα. Συνεπώς, και οι A_x και A_Ψ είναι κάθετες στους άξονες X και Ψ αντίστοιχα.

**Η συντεταγμένη Z προκύπτει από την τομή του παράλληλου επιπέδου από το A προς το επίπεδο των $X\Psi$, ή από την παράλληλο AA_z προς την $A'O$, αφού οι $AA', A'O, OZ$ βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο. Η AA_z είναι κάθετη στον άξονα των Z . Μπορεί επίσης η συντεταγμένη Z να προκύψει από τις προβολές του A στα επίπεδα XZ και ΨZ , A'' και A''' αντίστοιχα, οι οποίες με τη σειρά τους προβάλλονται στον Z στο A_z .

Στο παράδειγμα του σχήματος 1.4 οι συντεταγμένες του σημείου A είναι $X_A=3$, $\Psi_A=4$, $Z_A=5$.



σχήμα 1.4

Το μήκος ενός ευθύγραμμου τμήματος με βάση τις συντεταγμένες των άκρων του ορίζεται ως εξής: Οι διαφορές των συντεταγμένων των άκρων του ευθύγραμμου τμήματος, ΔX , $\Delta \Psi$ και ΔZ , που μας προσδιορίζουν και τα μήκη των αντιστοίχων προβολών του τμήματος, ορίζονται επί των τριών αξόνων όμοια με όσα αναφέραμε παραπάνω για τον ένα άξονα. Με βάση το πυθαγόρειο θεώρημα, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.4, έχουμε:

$$(\Delta X \Psi_{AB})^2 = (\Delta X_{AB})^2 + (\Delta \Psi_{AB})^2$$

$$(S_{AB})^2 = (\Delta X \Psi_{AB})^2 + (\Delta Z_{AB})^2 = (\Delta X_{AB})^2 + (\Delta \Psi_{AB})^2 + (\Delta Z_{AB})^2 \text{ και}$$

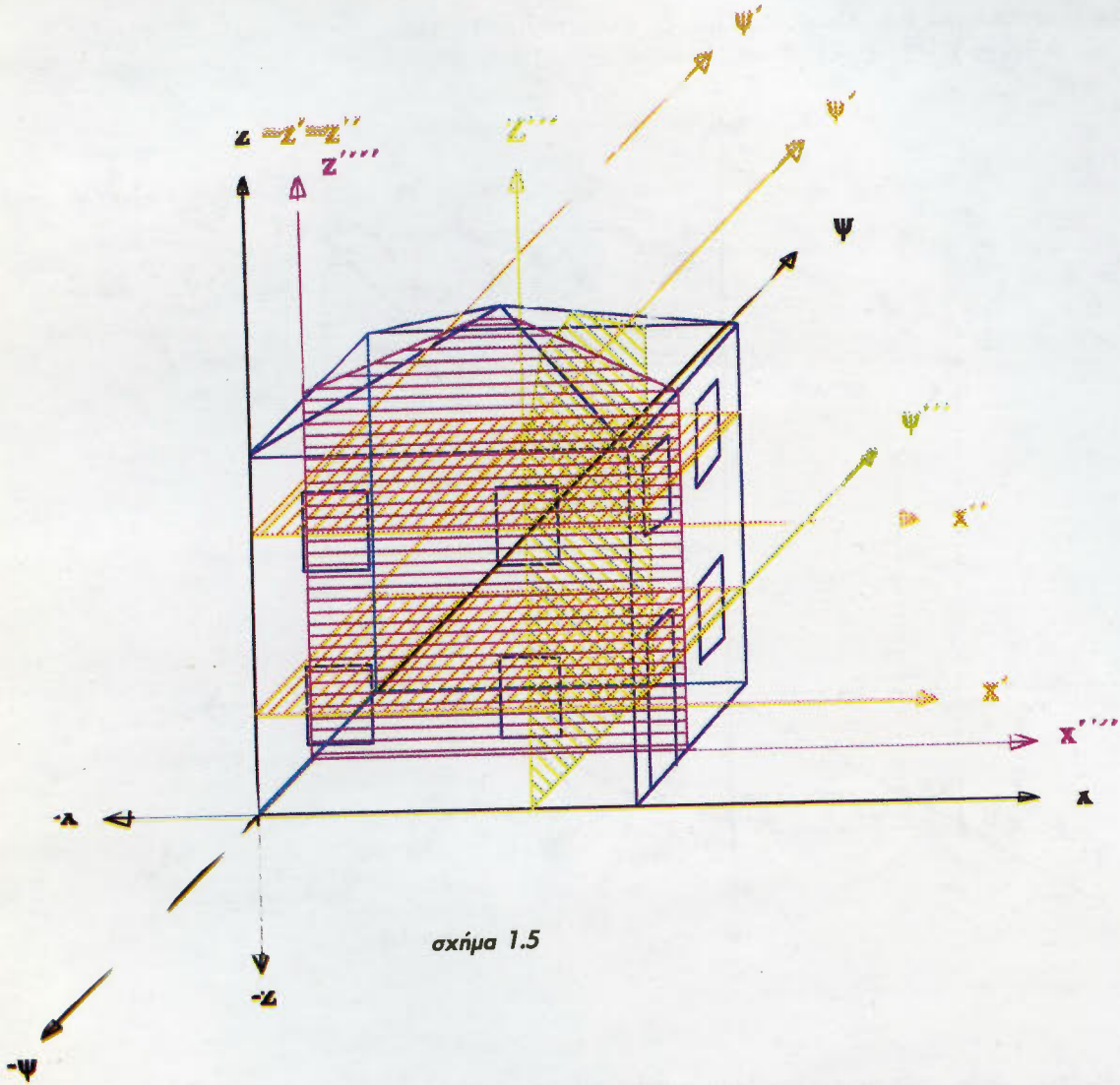
$$S_{AB} = \sqrt{(\Delta X_{AB})^2 + (\Delta \Psi_{AB})^2 + (\Delta Z_{AB})^2}.$$

Έτσι στα παραδείγματα έχουμε: $\Delta X_{AB} = X_B - X_A = 4 - 3 = 1$,

$$\Delta \Psi_{AB} = \Psi_B - \Psi_A = 6 - 4 = 2 \text{ και}$$

$$\Delta Z_{AB} = 7 - 5 = 2$$

$$(S_{AB})^2 = (1)^2 + (2)^2 + (2)^2 = 9 \text{ και } S_{AB} = 3$$



σχήμα 1.5

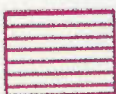
1.7 Μέθοδοι απεικόνισης δισδιάστατων (2D) και τρισδιάστατων (3D) αντικειμένων



Επίπεδο παράλληλο στο ZY



Επίπεδο παράλληλο στο XY



Επίπεδο παράλληλο στο XZ

1.7.1 Η προβολή στους δύο άξονες X, Y

Η προβολή στους δύο άξονες X, Y, όπως περιγράφηκε παραπάνω, ενδείκνυται για την απεικόνιση σχημάτων, που το σύνολο των στοιχείων τους βρίσκεται σε ένα επίπεδο.

Είναι φανερό ότι υπάρχει μία αντιστοιχία μεταξύ ενός σημείου και ενός ζεύγους συντεταγμένων. Έτσι, αρκεί η διαδικασία προσδιορισμού των συντεταγμένων του συνόλου των σημείων του σχήματος, ώστε να προσδιορίσουμε το σχήμα από τις συντεταγμένες του στο χαρτί. Με δεδομένη όμως την απειρία των σημείων του, δεν είναι δυνατόν να υπολογιστούν όλες οι συντεταγμένες. Για το λόγο αυτό το σχήμα αναλύε-

ται στα επί μέρους στοιχεία του, τα οποία έχουν όσο το δυνατόν μικρότερο αριθμό, και μελετάται η διαδικασία αναπαραγωγής του σχεδίου με αναφορά στα χαρακτηριστικά σημεία των στοιχείων του. Το σύνολο αυτών των σημείων καλείται αναλυτικό δίκτυο.

Ως παράδειγμα αναφέρουμε ένα τετράγωνο, στο οποίο αρκεί μόνο να προσδιορίσουμε τις συντεταγμένες των κορυφών του. Εάν ωστόσο θέλαμε να προσδιορίσουμε το σχήμα με ακόμη μεγαλύτερη οικονομία σημείων, θα μπορούσαμε να περιοριστούμε στα δύο άκρα, της μίας πλευράς ή της διαγωνίου, αφού από αυτά μπορούμε εύκολα να αναπαραγάγουμε το τετράγωνο. Ένας κύκλος, για να προσδιοριστεί πλήρως αρκεί να είναι γνωστό το κέντρο του και ένα σημείο της περιφέρειάς του, το οποίο θα μας προσδιορίσει και την ακτίνα του. Επειδή όμως στην πράξη δύσκολα θα μπορούσαμε να αναγνωρίσουμε το κέντρο του κύκλου (π.χ. στον τρούλο μιας εκκλησίας), τρία σημεία είναι αρκετά, για να προσδιορίσουμε τον κύκλο ως περιγραμμένο στο τρίγωνο που προκύπτει. Στην πράξη συνήθως, για να υπάρχει έλεγχος και ασφάλεια, χρησιμοποιούμε τουλάχιστον ένα στοιχείο περισσότερο από τα απολύτως αναγκαία.

1.7.2 Απεικόνιση της τρίτης διάστασης

Για την απεικόνιση της τρίτης διάστασης θα μπορούσαμε να κάνουμε μία διάκριση ανάλογα με τον χαρακτήρα του αντικειμένου, ο οποίος τελικά υπαγορεύει την επιλογή της μεθοδολογίας που θα ακολουθηθεί τόσο στη λήψη των αναγκαίων στοιχείων όσο και στον τρόπο απεικόνισης.

1.7.3 Αποτύπωση αντικειμένων σε ένα επίπεδο προβολής

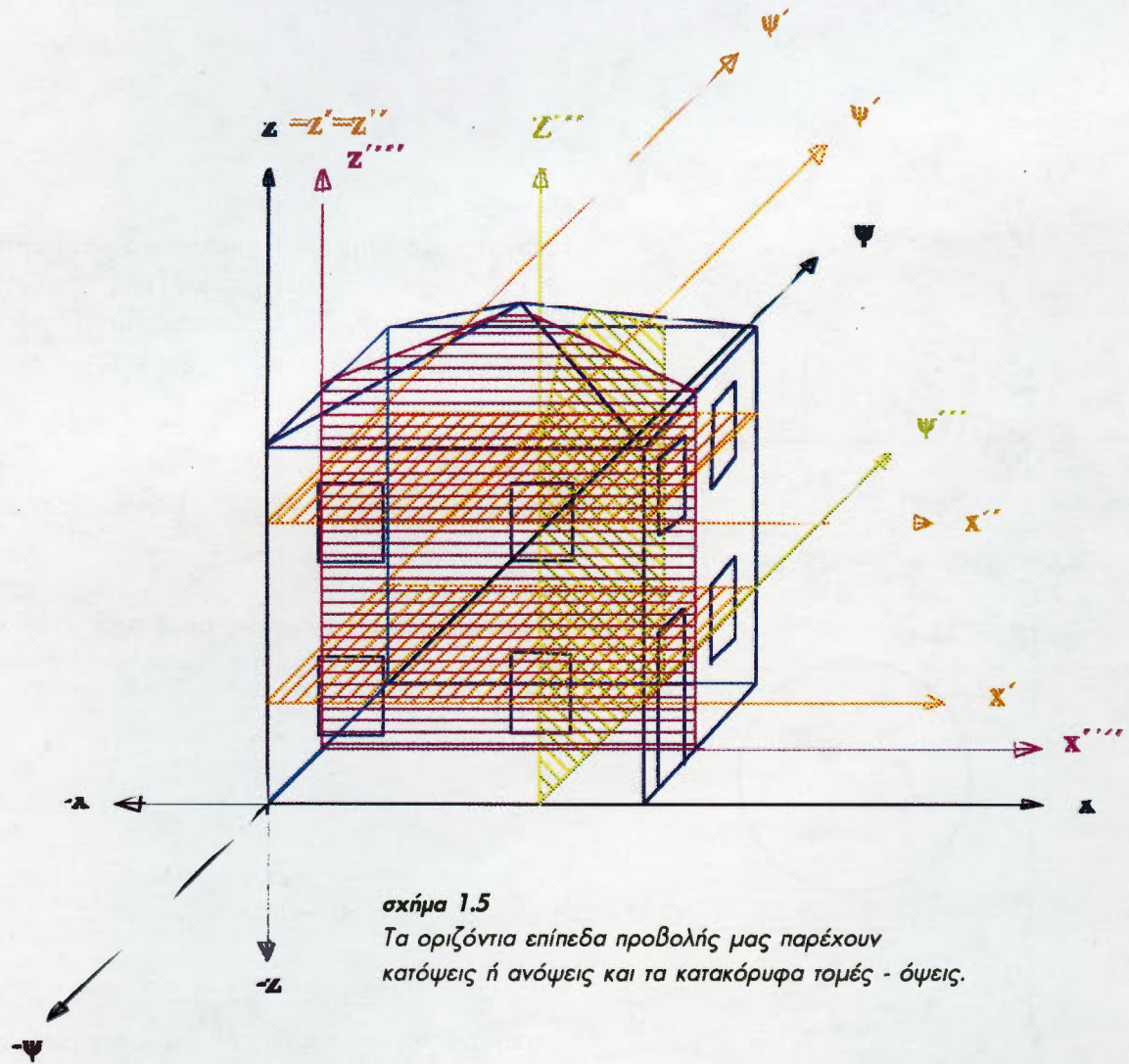
Πρόκειται για αντικείμενα αποτύπωσης των οποίων η προβολή σε ένα επίπεδο αρκεί ανεξάρτητα από το χαρακτήρα του σχήματος, π.χ. τοπογραφική αποτύπωση μιας έκτασης. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει πράγματι μία μονοσήμαντη αντιστοιχία μεταξύ ζεύγους συντεταγμένων (X, Y) και σημείων, δηλαδή οι τελευταίες αντιστοιχούν σε κάθε περίπτωση σε ένα σημείο. Στη διαμόρφωση αυτή θα θεωρήσουμε ότι αρκεί μία προβολή του αντικειμένου σε ένα οριζόντιο επίπεδο (**οριζοντιογραφία**), δηλαδή στο επίπεδο XY ενώ η τρίτη διάσταση Z , που αντιστοιχεί στο **υψόμετρο** του σημείου, δηλαδή η υψομετρική διαφορά του από μία σαφώς προσδιορισμένη υψομετρική αφετηρία, αναγράφεται επί του σχεδίου ή αποδίδεται με την παρουσίαση της μορφής του αναγλύφου (υψομετρικές καμπύλες).

1.7.4 Αποτύπωση στερεού αντικειμένου

Εάν όμως το αντικείμενο είναι ένα στερεό και όχι μία επιφάνεια αναπτυγμένη στην οποία μπορεί να αντιστοιχηθεί ένα ζεύγος συντεταγμένων (x, ψ) σε ένα και μόνο σημείο, αλλά σε μεγάλο αριθμό σημείων οριζόντιων προβολών αντιστοιχούν περισσότερα του ενός σημεία, τότε πέραν της προβολής του στο ένα επίπεδο $(X\psi)$, είναι απαραίτητη η χρήση και του τρίτου άξονα και συνεπώς και των δύο άλλων επιπέδων που αυτός ορίζει με τους άξονες των X και ψ . Ο τρισδιάστατος αυτός καθορισμός του χώρου παρέχει τη δυνατότητα επακριβούς προσδιορισμού κάθε σημείου, αφού πλέον υπάρχει η αναγκαία μονοσήμαντη αντιστοιχία των σημείων και των τριών συντεταγμένων (X, ψ, Z) , οι οποίες, σε κάθε περίπτωση, ορίζουν ένα σημείο στο χώρο.

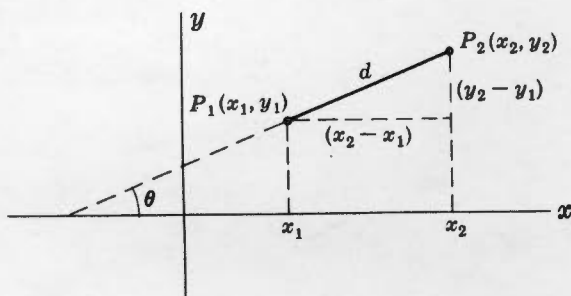
Ο προσανατολισμός του τριαξονικού συστήματος στο χώρο εξαρτάται από τη φύση του αντικειμένου. Στην Τοπογραφία ο θετικός ημιάξονας των ψ βλέπει το βορρά, ο θετικός ημιάξονας των X την ανατολή και ο θετικός των Z το Ζενίθ του τόπου. Στις αρχιτεκτονικές αποτυπώσεις ο προσανατολισμός μπορεί να διαφοροποιείται, σε κάθε περίπτωση όμως το επίπεδο των $X\psi$ διατηρείται οριζόντιο και ο άξονας των Z κατακόρυφος.

- Ο προσανατολισμός των επιπέδων XZ , και ψZ μπορεί να ακολουθεί την προηγούμενη αρχή, μπορεί ωστόσο να διαφοροποιηθεί ανάλογα με τον προσανατολισμό του αντικειμένου της αποτύπωσης.
- Η μονοσήμαντη αντιστοιχία, που παρέχει η μέθοδος των τριών αξόνων δεν είναι ικανή να εξασφαλίσει την απεικόνιση όλων των στοιχείων του αντικειμένου, παρά μόνο αυτών που έχουν άμεση οπτική επαφή με τα τρία επίπεδα προβολής, δηλαδή των πρώτων επιφανειών που συναντούν οι κάθετες στα σημεία των επιπέδων προβολής. Για την πληρέστερη απεικόνιση μπορεί να γίνει χρήση περισσότερων επιπέδων παραλλήλων στο $X\psi$, ή στα XZ και ψZ , τα οποία είτε τέμνοντας το αντικείμενο, είτε όχι, χρησιμοποιούνται για την προβολή άλλων στοιχείων στα επίπεδα αυτά. Τα αλληπάλληλα οριζόντια επίπεδα προβολής μας παρέχουν κατόψεις ή ανόψεις και τα κατακόρυφα τομές - όψεις (σχ. 1.5).



σχήμα 1.5

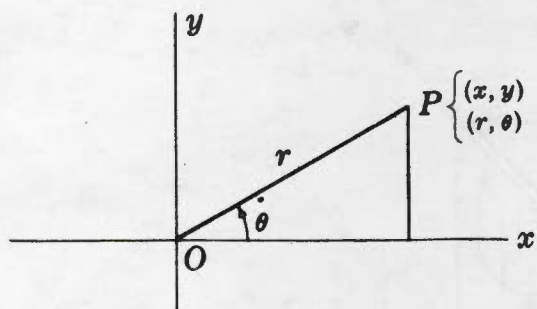
Τα οριζόντια επίπεδα προβολής μας παρέχουν
κατόψεις ή ανόψεις και τα κατακόρυφα τομές - όψεις.



1.8 Χρήσιμοι μαθηματικοί τύποι

1. Η απόσταση d μεταξύ των σημείων $P_1(x_1, y_1)$ και $P_2(x_2, y_2)$ δίνεται από τη σχέση:

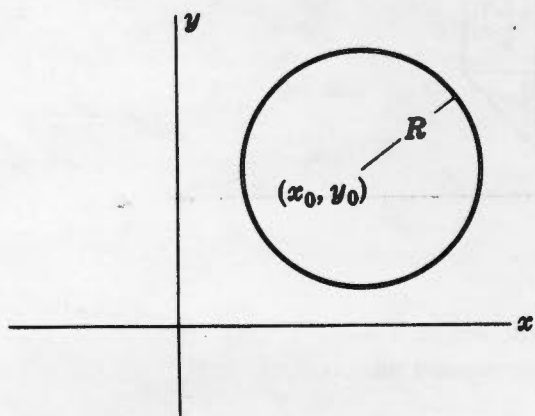
$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$



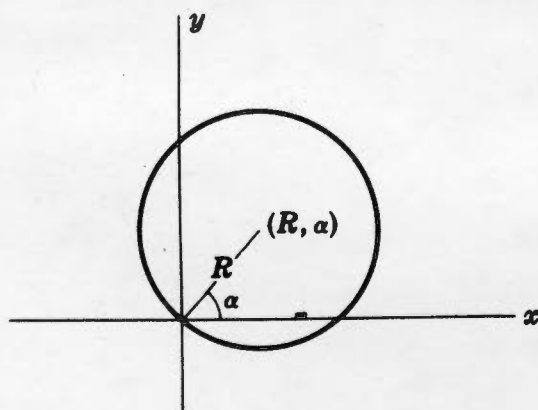
2. Πολικές συντεταγμένες (r, θ)
 Η θέση ενός σημείου P μπορεί να καθοριστεί με καρτεσιανές συντεταγμένες (x, y) ή πολικές συντεταγμένες (r, θ) . Τα δύο συστήματα συντεταγμένων συνδέονται με τις σχέσεις:

$$x = r \cos \theta \quad \text{ή} \quad r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$y = r \sin \theta \quad \text{ή} \quad \theta = \arcsin\left(\frac{y}{r}\right)$$



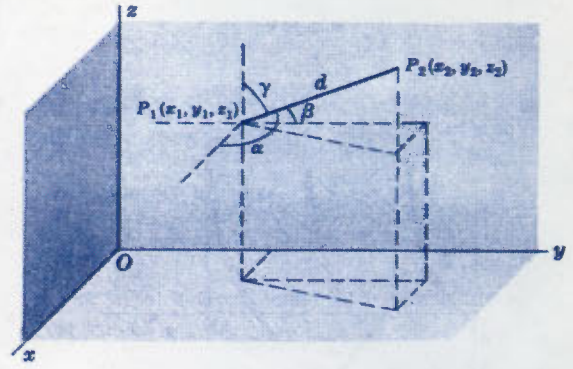
3. Σχεδίαση κύκλου γνωστής ακτίνας R όταν δίνονται οι συντεταγμένες του κέντρου του (x_0, y_0) .



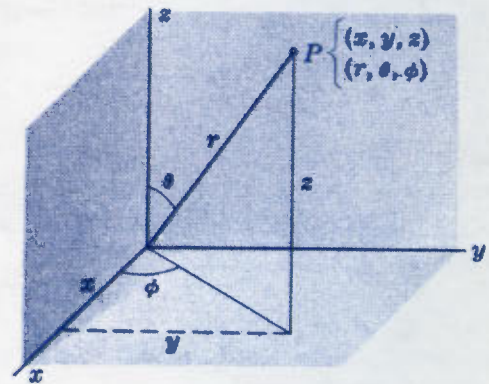
4. Σχεδίαση κύκλου ακτίνας R , που περνάει από την αρχή των αξόνων x, y , με πολικές συντεταγμένες (R, α) .

5. Η απόσταση d μεταξύ δύο σημείων $P_1(x_1, y_1, z_1)$ και $P_2(x_2, y_2, z_2)$ δίνεται από τη σχέση:

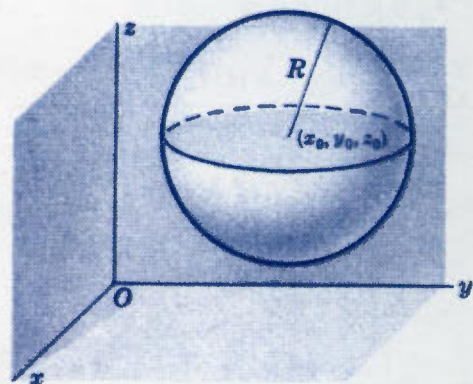
$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$



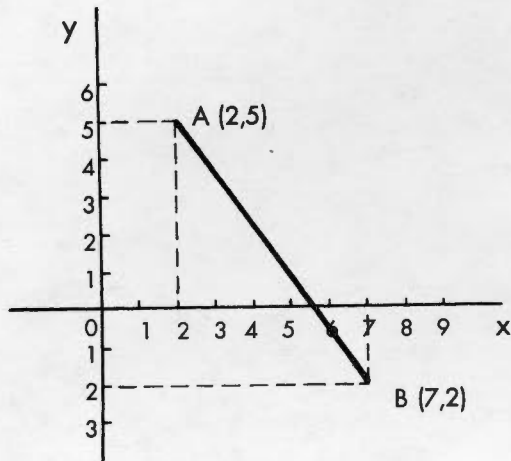
6. Ένα σημείο P μπορεί να καθοριστεί στο χώρο με σφαιρικές συντεταγμένες (r, θ, ϕ) , όπως και με καρτεσιανές συντεταγμένες (x, y, z) .



7. Σχεδίαση σφαίρας ακτίνας R , όταν δίνονται οι συντεταγμένες του κέντρου της (x_0, y_0, z_0) .



1.9 Ασκήσεις εφαρμογής



1. Να βρεθεί το μήκος ενός ευθύγραμμου τμήματος, που οι συντεταγμένες των άκρων του A και B είναι:

$$A(2,5) \quad B(7,-2)$$

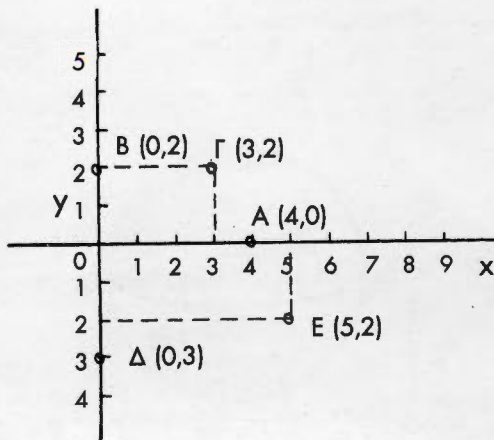
Λύση:

Η σχέση που μας δίνει το μήκος ενός ευθύγραμμου τμήματος με βάση τις καρτεσιανές συντεταγμένες είναι η:

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Έτσι, έχουμε:

$$\begin{aligned} AB &= \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2} \\ &= \sqrt{(7 - 2)^2 + (-2 - 5)^2} \\ &= \sqrt{5^2 + 7^2} = \sqrt{74} = 8,602 \end{aligned}$$

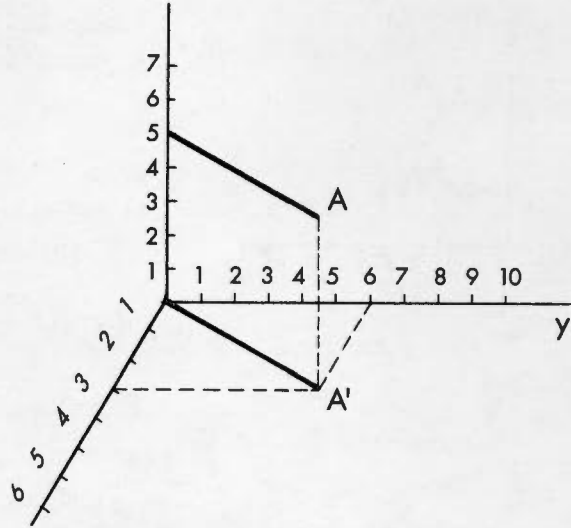


2. Να βρεθούν οι συντεταγμένες των σημείων: A, B, Γ, Δ και E.

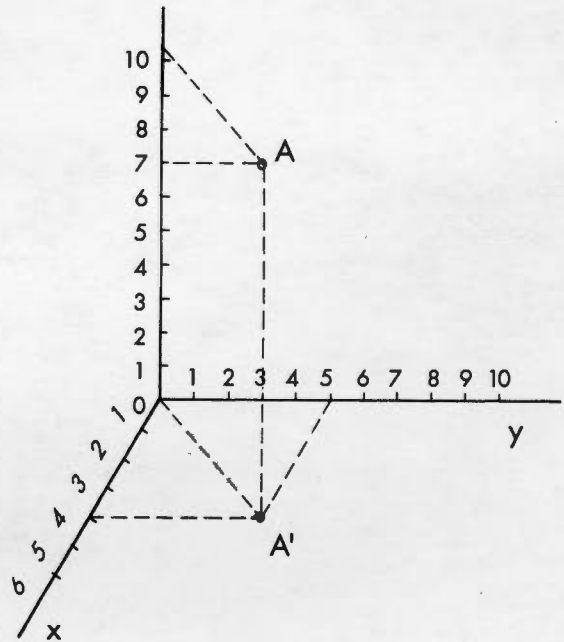
3. Να τοποθετηθούν σε σύστημα ορθογώνιων αξόνων (x,y) τα σημεία:

$$A(-2,5) \quad B(0,0) \quad \Gamma(-3,0) \quad \Delta(4,-1)$$

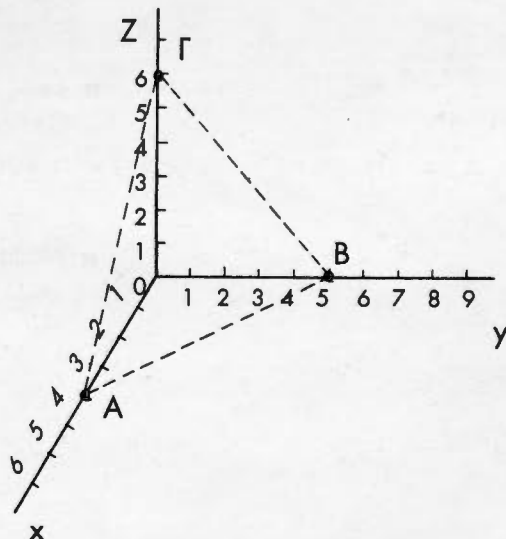
4. Να τοποθετηθεί στο καρτεσιανό σύστημα τρισσορθογώνιο αξόνων (x, y, z) το σημείο: $A(3,6,5)$.

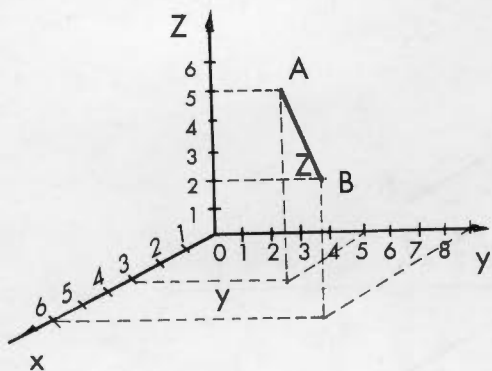


5. Να βρεθούν οι συντεταγμένες του σημείου A στο τρισσορθογώνιο σύστημα αξόνων.



6. Να βρεθούν οι συντεταγμένες των σημείων A, B και Γ.





7. Να βρεθεί το μήκος του ευθύγραμμου τμήματος AB, όταν τα άκρα του έχουν συντεταγμένες:

$$A(3,5,5) \quad B(6,9,2)$$

Λύση:

Η σχέση που δίνει το μήκος ενός ευθύγραμμου τμήματος στο καρτεσιανό σύστημα αξόνων είναι:

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

Επομένως, έχουμε:

$$\begin{aligned} AB &= \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} \\ &= \sqrt{(6 - 3)^2 + (9 - 5)^2 + (2 - 5)^2} \\ &= \sqrt{3^2 + 4^2 + (-3)^2} = \sqrt{34} = 5,83 \end{aligned}$$

8. Να σχεδιαστούν τα ευθύγραμμα τμήματα υπό κλίμακα:

15 cm	σε κλίμακα	1 : 2
50 cm	σε κλίμακα	1 : 5
1,2 cm	σε κλίμακα	1 : 10
3,25 cm	σε κλίμακα	1 : 50
3,25 cm	σε κλίμακα	1 : 100
5,65 cm	σε κλίμακα	1 : 500
11,24 cm	σε κλίμακα	1 : 1000

9. Να αποδοθούν σχεδιαστικά οι προβολές στα τρία επίπεδα ενός τριαξονικού συστήματος συντεταγμένων:

- Ενός κύβου με πλευρά 3m, κορυφή $x=5$, $y=5$, $z=0$ με έδραση στο επίπεδο xy και κλίση ως προς τον άξονα των x κατά 45°. Κλίμακα αξόνων και αντικειμένου: 1 : 100.
- Μιας σφαίρας ακτίνας 3m και συντεταγμένες κέντρου $x=4$, $y=5$. Κλίμακα αξόνων και αντικειμένου: 1 : 100.

2

Μέθοδοι Προσδιορισμού της Θέσης Ενός Σημείου σε Σχέση με Άλλα Σημεία

Στόχοι

Στο κεφάλαιο αυτό θα μάθετε για τις μεθόδους προσδιορισμού της θέσης ενός σημείου σε σχέση με άλλα σημεία. Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου θα πρέπει να μπορείτε:

1. να μετράτε μικρές αποστάσεις με απλά μέσα,
2. να διακρίνετε τα τοπογραφικά όργανα,
3. να επιλέγετε τα απαραίτητα όργανα για μια απλή μέτρηση. Επίσης να αναφέρετε τη διαδικασία μέτρησης σύνθετων περιπτώσεων,
4. να χειρίζεσθε τοπογραφικά όργανα, ώστε να γίνει πιο εύκολη η δουλειά σας,
5. να χρησιμοποιείτε με ακρίβεια όργανα - συσκευές ώστε να έχετε αξιόπιστα αποτελέσματα, ακόμα και σε σύνθετες περιπτώσεις.

2.1 Προσδιορισμός της θέσης ενός σημείου σε σχέση με ένα άλλο σημείο (ευθεία)

2.1.1 Γενικά

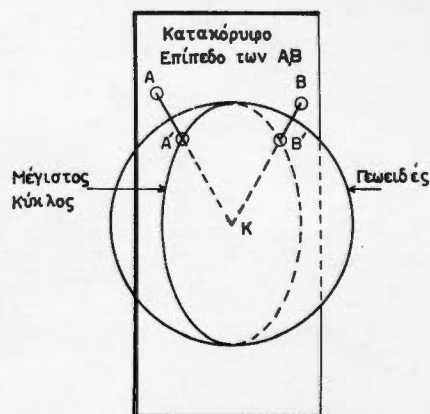
Ένας τρόπος για τον καθορισμό της θέσης ενός σημείου είναι ο συσχετισμός του με ένα άλλο, το οποίο θεωρούμε σταθερό. Αναγκαίος είναι ο προσδιορισμός της απόστασης μεταξύ των δύο σημείων.

Η έννοια του μήκους συνίσταται στον προσδιορισμό του μεγέθους ενός τμήματος γραμμής. Το μήκος αυτό μπορεί να εκφραστεί με έναν αριθμό που αντιστοιχεί στην αναλογία εάν συγκριθεί με μία μονάδα μέτρησης. Βασική μονάδα μέτρησης είναι το μέτρο, το οποίο ισούται με το 1/40.000.000 του αναπύγματος του μεσημβρινού που διέρχεται από το Παρίσι. Από αυτό απορρέουν υποδιαιρέσεις (δέκατο, εκατοστό, χιλιοστό) και πολλαπλάσια (Χιλιόμετρο) κατά το δεκαδικό σύστημα.

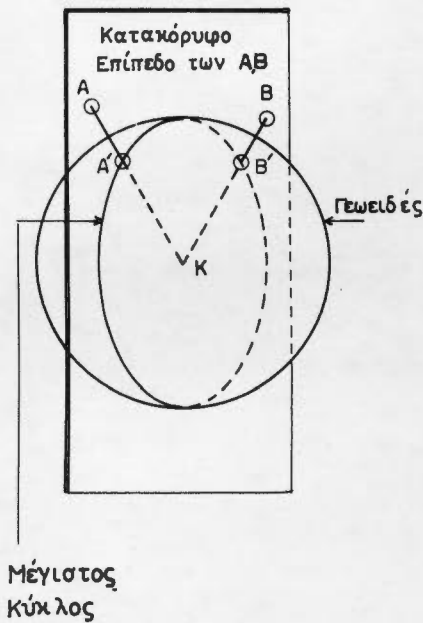
- **Απόσταση** μεταξύ δύο σημείων στη σφαιρική κατά προσέγγιση επιφάνεια της Γης θεωρούμε το ανάπτυγμα του τόξου του μέγιστου κύκλου, δηλαδή αυτού που διέρχεται από το κέντρο της σφαίρας, και τα δύο συγκεκριμένα σημεία.

- **Ευθυγραμμία** δύο σημείων στην επιφάνεια του εδάφους είναι η τομή του κατακόρυφου επιπέδου που ορίζουν τα σημεία αυτά (δηλαδή οι δύο κατακόρυφοί τους, οι οποίες διέρχονται δια του κέντρου της Γης) με την επιφάνεια του εδάφους.

- **Οριζόντια απόσταση** μεταξύ των δύο σημείων A και B της επιφάνειας του εδάφους καλείται η απόσταση μεταξύ των δύο προβολών των σημείων αυτών (A',B') επί του γεωειδούς, δηλαδή το ανάπτυγμα του A'-B' (σχήμα 2.1), το οποίο, είναι τμήμα μέγιστου κύκλου εφόσον θεωρούμε κατά προσέγγιση τη Γη σφαιρική.



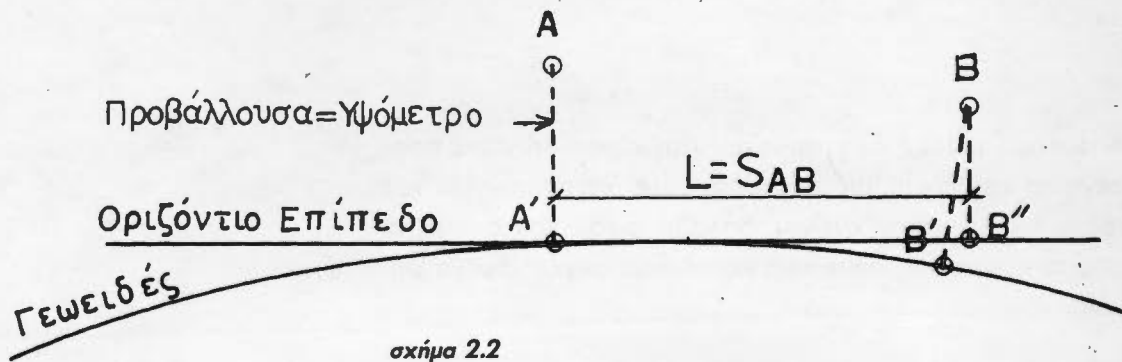
σχήμα 2.1



Εφόσον η απόσταση μεταξύ των δύο θέσεων είναι μικρή (<300 μ.), μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η απόσταση μεταξύ των δύο σημείων είναι ευθεία. Η απόσταση μπορεί να θεωρηθεί οριζόντια, όταν στο μέσον της ελέγχεται η οριζοντίωση με μία αεροστάθμη.

2.1.2 Διαδικασίες μέτρησης μήκους

Οι μέθοδοι αποτύπωσης μεγάλων επιφανειών της γήινης επιφάνειας είναι τέτοιες, που τελικά να μην απαιτούνται μετρήσεις μεγάλων μηκών, αφού αυτές εξαρτώνται από ένα πλέγμα δικτύων σημείων επί του εδάφους, των οποίων έχουν προσδιοριστεί συντεταγμένες Χ,Ψ,Ζ (τριγωνομετρικό, και πολυγωνομετρικό δίκτυο), αλλά και από υψομετρικές αφετηρίες (Reper), δηλαδή ένα δίκτυο γνωστών υψομέτρων. Έτσι οι αποτυπώσεις με μετρήσεις αποστάσεων περιορίζονται μέσα σε όρια ανεκτών σφαλμάτων.



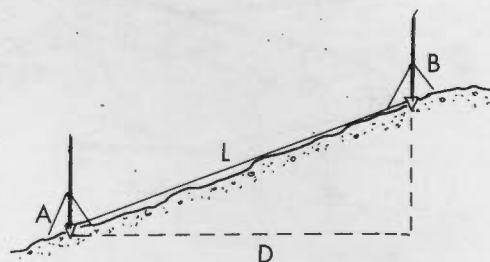
σχήμα 2.2

Τα σφάλματα προέρχονται (σχήμα 2.2) είτε από την μεγάλη απόσταση μεταξύ γεωειδούς και μετρούμενης οριζόντιας απόστασης, είτε λόγω της έλλειψης παραλληλίας των κατακόρυφων στα σημεία των άκρων της μετρούμενης απόστασης. Το σφάλμα στη μέτρηση μιας οριζόντιας απόστασης μεταξύ δύο σημείων μπορεί να περιοριστεί, όταν η μετρούμενη απόσταση μεταξύ των δύο σημείων μειωθεί με τη διαίρεση ενός τμήματος σε μικρότερα, έτσι ώστε να έχουμε καλύτερη προσέγγιση στην επί του γεωειδούς απόσταση των προβολών τους. Στην πράξη αυτό είναι απαραίτητο είτε λόγω κλίσεως, είτε επειδή αυτό μπορεί να επιβάλλεται από τα χρησιμοποιούμενα μέσα (π.χ. το μεγαλύτερο μήκος μίας μετροταινίας είναι 50 μ.).

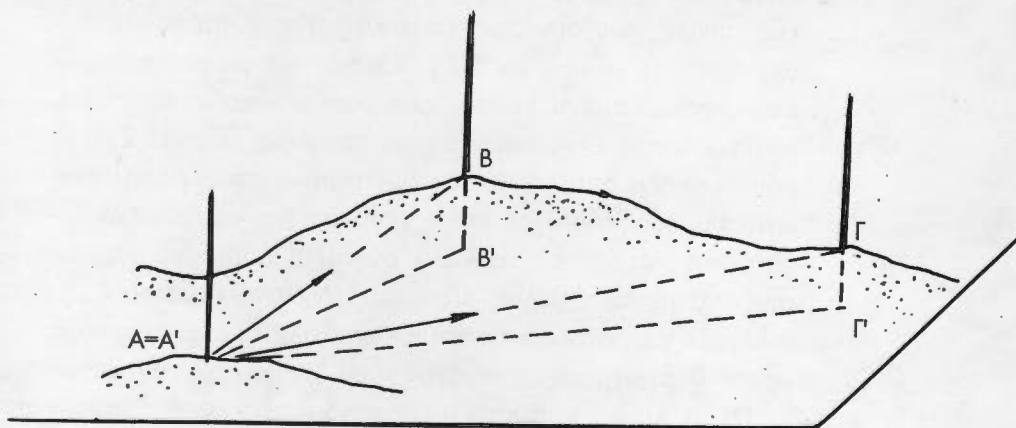
► Κεκλιμένη και οριζόντια απόσταση

Θα πρέπει να διακρίνουμε γενικά δύο ειδών αποστάσεις μεταξύ δύο σημείων :

- Την **κεκλιμένη απόσταση**, που είναι η απόσταση μεταξύ των δύο σημείων μετρούμενη επί της ευθείας, η οποία ενώνει τα σημεία αυτά. Η κεκλιμένη απόσταση είναι δυνατόν να μας προσδιορίσει τη θέση του ενός σημείου σε σχέση με το άλλο και είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί η διεύθυνση της απόστασης στο χώρο καθώς και η θέση του ενός σημείου.
- Η **οριζόντια απόσταση**, αντιστοιχεί στην απόσταση των προβολών των δύο σημείων επί του γεωειδούς, δηλαδή στην οριζόντια απόσταση μεταξύ των κατακορύφων που διέρχονται από τα δύο αυτά σημεία. Προκειμένου να διασαφηνισθεί πλήρως η πραγματική θέση μεταξύ των δύο σημείων, πέρα από τη σχετική θέση τους που αναφέρεται στο οριζόντιο επίπεδο, είναι απαραίτητο να είναι γνωστή και η υψομετρική διαφορά των δύο σημείων.



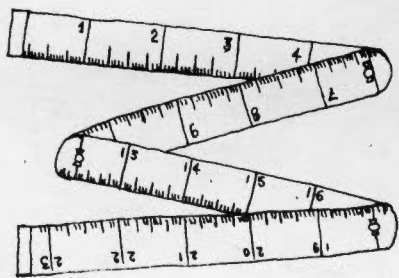
Αν μετρηθεί το κεκλιμένο μήκος L και η υψομετρική διαφορά ΔH , η οριζόντια απόσταση βρίσκεται από τη σχέση $D = \sqrt{L^2 - \Delta H^2}$



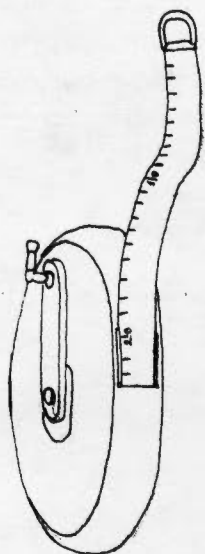
Κεκλιμένα μήκη AB και $A\Gamma$
 Οριζόντια μήκη $A'B'$ και $A\Gamma'$

► Μέθοδοι άμεσες ή έμμεσες μέτρησης απόστασης

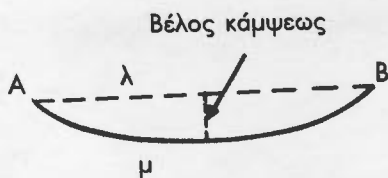
Διακρίνουμε τις βασικές μεθόδους μέτρησης απόστασης σε άμεσες ή έμμεσες.



Πασσέτο



Μετροταινία



Βέλος κάμψεως που δημιουργείται όταν μετράμε με μετροταινία

- Άμεσες είναι οι μετρήσεις, που γίνονται επί της ευθείας, γενικά επί της γραμμής που συνδέει δύο σημεία.
- Έμμεσες είναι οι μετρήσεις, που προκύπτουν από τον προσδιορισμό της θέσης των σημείων στο χώρο (στους 3 άξονες) και κατόπιν τούτου προσδιορίζεται η απόσταση μεταξύ των δύο σημείων. Στα παραδείγματα του προηγούμενου κεφαλαίου στις παραγράφους 1.7.2 και 1.7.3 φαίνεται ο έμμεσος τρόπος υπολογισμού της απόστασης δύο σημείων. Η κεκλιμένη απόσταση των δύο σημείων (1.7.3), υπολογίζεται από τις συντεταγμένες στο τριαξονικό σύστημα. Η οριζόντια απόσταση υπολογίζεται από τις προβολές των σημείων επί του οριζόντιου επιπέδου (επίπεδο ΧΨ), όπως στο παράδειγμα της παραγράφου 1.7.2. Παρακάτω αναφερόμαστε και σε άλλες μεθόδους έμμεσων μετρήσεων αποστάσεων.

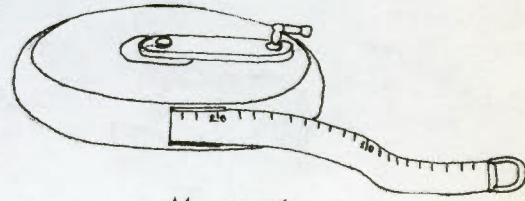
2.1.3 Όργανα μέτρησης αποστάσεων

Σήμερα, χρησιμοποιούμε διάφορα μέσα για τη μέτρηση ενός μήκους μεταξύ δύο σημείων. Τα κυριότερα από αυτά είναι:

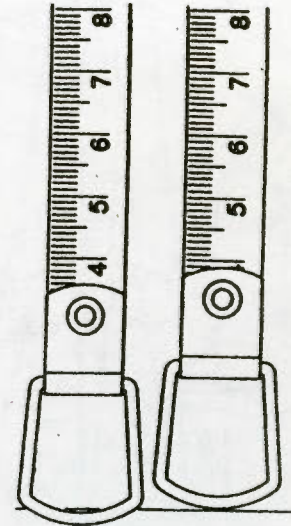
- **Μετροταινία.** Πρόκειται για πάνινες, πλαστικές ή μεταλλικές ταινίες, που συνήθως το μήκος τους είναι πολλαπλάσιο των 5 μ. μέχρι των 50 μ. Οι πάνινες μετροταινίες έχουν περιορισμένη χρήση, φθείρονται εύκολα και παραμορφώνονται. Οι μεταλλικές μετροταινίες (Σχήμα 2.3) έχουν μεγάλη αντοχή, έχουν δυνατότητα σταθεροποίησης κατά την έξοδο από τη θήκη, γεγονός που παρέχει τη δυνατότητα να ασκηθεί μεγάλη δύναμη, χωρίς να παρουσιάζεται μεγάλο βέλος κάμψεως. Μειονέκτημα των μεταλλικών μετροταινιών είναι η μεταβολή του μήκους τους με τη θερμοκρασία, γεγονός που μπορεί να αντιμετωπιστεί με ειδικά κράματα ή με συνδυασμό διαφορετικών συντελεστών διαστολής υλικών.

Χαρακτηριστικό των μετροταινιών και ειδικότερα των μεταλλικών είναι το βέλος κάμψεως, το οποίο παρουσιάζεται κατά τη διάρκεια μιας μέτρησης. Το βέλος αυτό δεν είναι σταθερό, αλλά μεταβάλλεται ανάλογα με τις δυνάμεις που εφαρμόζονται κάθε φορά στα άκρα του. Σε μετρήσεις που απαιτούν μεγάλη ακρίβεια, παλαιότερα ακολουθούσαν διαδικασίες υπολογιστικά ελεγχόμενου βέλους, αφού οι δυνάμεις που εφαρμόζονταν στα άκρα της μετροταινίας ήταν καθορισμένες.

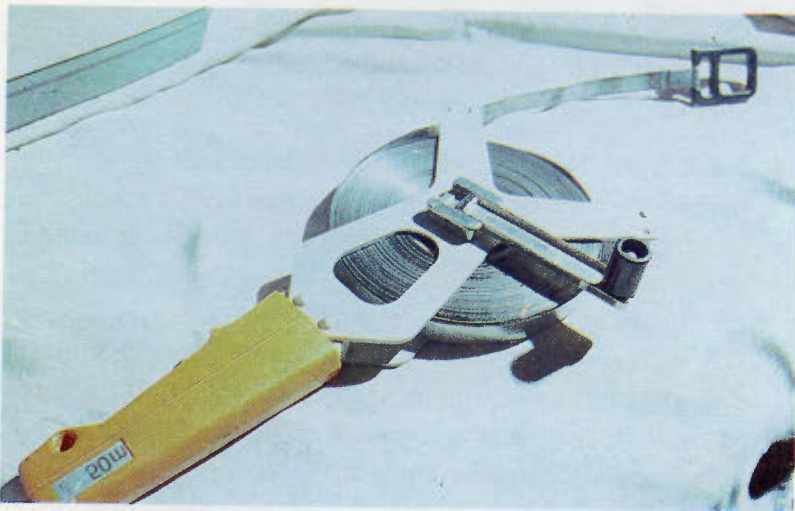
Οι μετροταινίες μετρούν κεκλιμένες αποστάσεις και, εφόσον εξασφαλίζεται η ελεγχόμενη οριζοντίωσή τους, και οριζόντιες. Είναι φανερό ότι όσο μεγαλώνει η κλίση του εδάφους, τόσο μικρότερα είναι τα οριζόντια ευθύγραμμα τμήματα, που μπορούν να μετρηθούν με μία μετροταινία. Έτσι, η όλη απόσταση πρέπει να διαιρείται σε τμήματα. Τα άκρα των μετρούμενων τμημάτων προβάλλονται επί του εδάφους συνήθως με μία λιναίη και η θέση διατηρείται με ακρίβεια μέχρι να τοποθετηθεί σ' αυτήν το άλλο άκρο της μετροταινίας για την επόμενη μέτρηση. Οι μετρήσεις με μετροταινίες έχουν ακρίβεια που κυμαίνεται από 2-5 εκατοστά περίπου ανά 100 μ. για τις συνήθεις μετρήσεις, ενώ για μετρήσεις μεγάλης ακριβείας (με ελεγχόμενη ένταση και βέλη) μπορεί να φτάσει το 1 εκατοστό. Για το λόγο αυτό, προκειμένου να περιορίζεται το σφάλμα των μετρήσεων πρέπει να περιορίζεται το μετρούμενο μήκος. Έτσι, για μία απόσταση τοπογραφικών στάσεων (πολυγωνικά σημεία), από τις οποίες εξαρτάται η αποτύπωση ανά 100 μ., θεωρείται ότι η χρήση της μετροταινίας ανταποκρίνεται σε ικανοποιητική ακρίβεια. Για μικρού μήκους αποστάσεις χρησιμοποιούνται μεταλλικές ταινίες μήκους 1-10 μ.



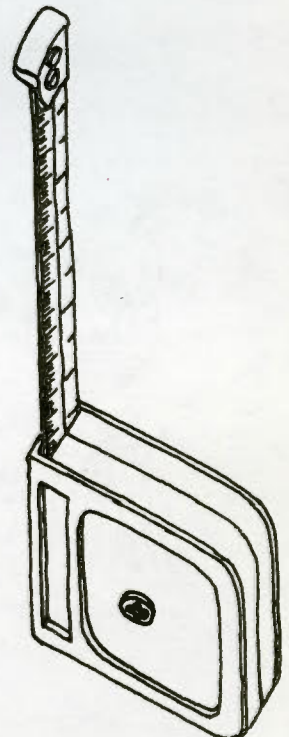
Μετροταινία

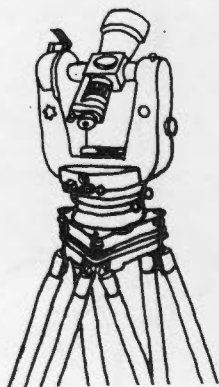
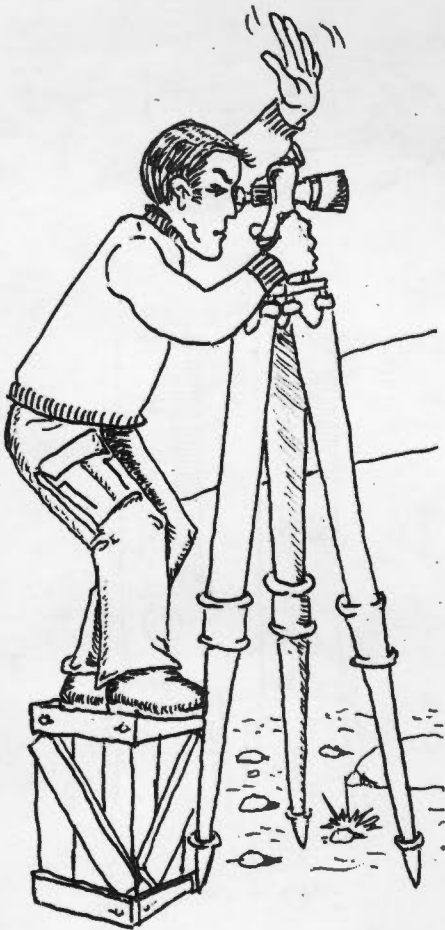


Άκρα Μετροταινιών



σχήμα 2.3 Μετροταινία και μεταλλικό μέτρο





Τοπογραφικό όργανο

Για σχεδιαστικούς σκοπούς χρησιμοποιούνται υποδιαιρέσεις του μέτρου, συνήθως με κανόνες, ορισμένοι από τους οποίους φέρουν ενδείξεις σε διάφορες κλίμακες.

- **Όργανα, που χρησιμοποιούν ηλεκτρομαγνητικά κύματα** γνωστού μήκους, τα οποία ανακλώνται επί ειδικών ανακλαστικών στόχων (κατάφωτα). Τα όργανα αυτά μπορούν και υπολογίζουν την απόσταση μεταξύ των σημείων εκπομπής και ανάκλασης (E.D.M). Η μετρούμενη απόσταση είναι κεκλιμένη. Η ακρίβεια αυτών των οργάνων, ανεξάρτητα από το μετρούμενο μήκος, είναι πολύ μεγάλη, αφού σφάλματα μέτρησης είναι μικρότερα από $\pm 0,5$ εκατοστά και τα μετρούμενα μήκη ανέρχονται σε μερικά χιλιόμετρα. Ορισμένα όργανα, τα οποία λειτουργούν με εκπομπή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, δεν απαιτούν ειδικούς στόχους και τα κύματα ανακλώνται επάνω στην επιφάνεια των αντικειμένων.
- **Όργανα τα οποία χρησιμοποιούν ακτίνες Λέιζερ** μπορούν να μετρήσουν αποστάσεις που, προς το παρόν, περιορίζονται σε σχετικά μικρά μήκη (μέχρι 100 μ.).
- **Με τοπογραφικά όργανα** οι αποστάσεις μετρώνται με πολλούς τρόπους.
- **Με όργανα που μετρούν αποστάσεις με ηλεκτρομαγνητικά κύματα.** Σήμερα, γίνεται εκτενής συσχέτισμός τοπογραφικών οργάνων μέτρησης γωνιών (θεοδόλιχοι). Οι μηχανισμοί εκπομπής άλλοτε είναι ενσωματωμένοι στο μηχανήμα, οπότε η εκπομπή γίνεται μέσα από το τηλεσκόπιο, άλλοτε προσαρτώνται πάνω στο τηλεσκόπιο και εκπέμπουν παράλληλα προς αυτό (επιβατικά).
- **Ταχυμετρία.** Παλαιότερα, οι χρησιμοποιούμενες μέθοδοι μέτρησης αποστάσεων, που συνδυάζονταν με τοπογραφικά όργανα, στηρίζονταν στις σταδίες, δηλαδή σε πλατειές άκαμπτες, πτυσσόμενες ταινίες μήκους 3-8 μ., που έφεραν υποδιαιρέσεις ανά εκατοστό ή και χιλιοστό και έδιναν τη δυνατότητα εκτίμησης της απόστασης από το μήκος της σταδίας, το οποίο οριζόταν μεταξύ δύο χαραγών (αποκοπτόμενο), που φαινόταν στο οπτικό πεδίο του τηλεσκοπίου. Πολλαπλασιάζοντας το αποκοπτόμενο μήκος με το 100 (δηλαδή 1 εκατοστό = 1 μέτρο) είχαμε την απόσταση. Η ακρίβεια της μεθόδου στην εκτίμηση των α-

ποστάσεων ήταν σχετικά μικρή (συνήθως 10-20 εκατοστών). Η μέθοδος λεγόταν **ταχυμετρία** και τα ειδικά όργανα με τις σχετικές χαράξεις **ταχύμετρα**. Οι μετρούμενες αποστάσεις είναι κεκλιμένες. Ειδικοί πίνακες, (ταχυμετρικοί) μας δίνουν σε συνάρτηση με την κατακόρυφη γωνία και το αποκοπόμενο τμήμα της σταδίας, την οριζόντια απόσταση και την υψομετρική διαφορά. Νεότερη εξέλιξη της μεθόδου αυτής είναι η κατασκευή σταδίων με χάραξη αντίστοιχη με αυτή των κωδικών αριθμών των καταναλωτικών προϊόντων, με τέτοιο τρόπο, που η ανάγνωση της απόστασης να δίνεται ψηφιακά αυτόματα με τη σκόπευση της σταδίας.

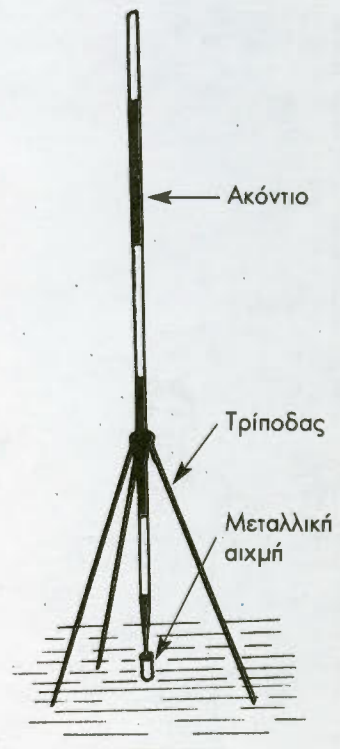
Εκτίμηση αποστάσεων με ικανοποιητική ακρίβεια γίνονται παλαιότερα με τη σκόπευση μιας βάσης **δίμετρης** με σταθερό το μήκος δύο μέτρων, που το εξασφάλιζε η ειδική μεταλλική κατασκευή τους, ώστε να μη μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία. Η οριζόντια γωνία σκόπευσης στα άκρα της, που απείχαν 2 μ., μπορεί να δώσει την απόσταση, εφόσον έχει εξασφαλιστεί η καθετοποίηση της βάσης στη γραμμή η οποία ενώνει το όργανο με το κέντρο της, που εξασφαλίζεται με σκόπευση του οργάνου μέτρησης από το μέσον της βάσης. Το τρίγωνο που δημιουργείται είναι ισοσκελές και έχει γνωστή την απέναντι από τη βάση γωνία της κορυφής και συνεπώς, και τις γωνίες παρά τη δίμετρη βάση του. Η κατακόρυφη γωνία δίνει και την κεκλιμένη απόσταση.

2.2 Τρόποι χάραξης ευθυγραμμίας

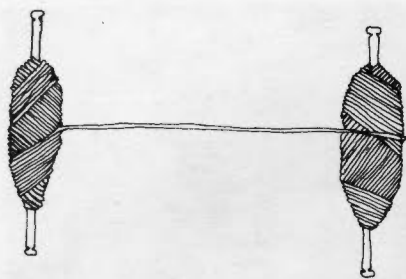
Ένα πρόβλημα που συχνά συναντάμε στις εργασίες των αποτυπώσεων είναι η χάραξη μιας ευθυγραμμίας στο έδαφος. Οι λόγοι για τους οποίους συνιστάται η πύκνωση ενός ευθύγραμμου τμήματος είναι αυτοί που επιβάλλουν και τη μέθοδο της πύκνωσης που μπορεί να ακολουθήσουμε. Εδώ, θα αναφερθούμε σε εφαρμογή μεθόδων πύκνωσης σημείων ευθυγραμμίας, που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε κάθε περίπτωση. Μία τέτοια πύκνωση θα μπορούσε π.χ. να συμβάλει στην καλύτερη μέτρηση μιας απόστασης με μετροταινία, όταν είναι αναγκαίο να μετρηθεί τμηματικά.



Ψηφιακό Θεοδόλιχο



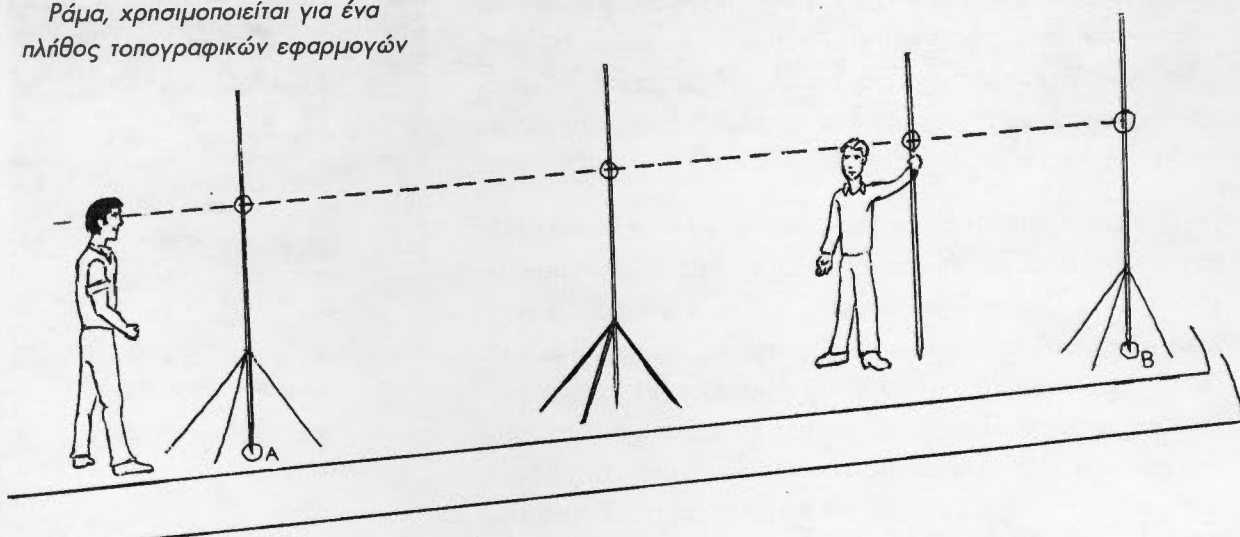
Ακόντιο με τον τριποδίσκο στήριξης



Ράμα, χρησιμοποιείται για ένα πλήθος τοπογραφικών εφαρμογών

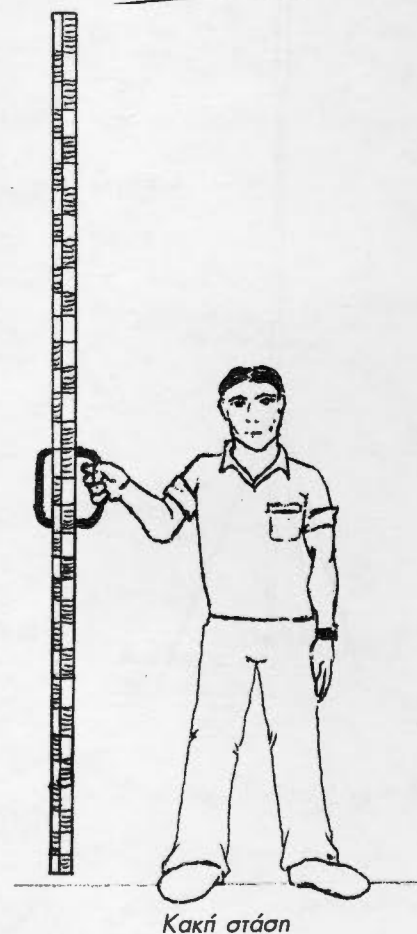
2.2.1 Πύκνωση ευθυγραμμίας μεταξύ δύο σημείων αμοιβαία ορατών, σε σχετικά επίπεδο έδαφος ή με σταθερή σχετικά κλίση

Στην περίπτωση που τα δύο σημεία είναι αμοιβαία ορατά και το έδαφος είναι σχετικά επίπεδο, αλλά και όταν η κλίση είναι ομαλή χωρίς έντονες διακυμάνσεις, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε κάποια από τις παρακάτω μεθόδους:



σχήμα 2.4

Τοποθέτηση τέταρτου ακοντίου στην ευθυγραμμία AB



Κακή στάση

■ Τοποθέτηση ενός νήματος

Αυτό στερεώνεται στις δύο άκρες, αλλά κατά περίπτωση θα μπορούσε να στερεωθεί και σε ενδιάμεσες θέσεις. Η μέθοδος παρέχει το πλεονέκτημα ότι η ευθεία είναι υλοποιημένη σε όλο το μήκος της.

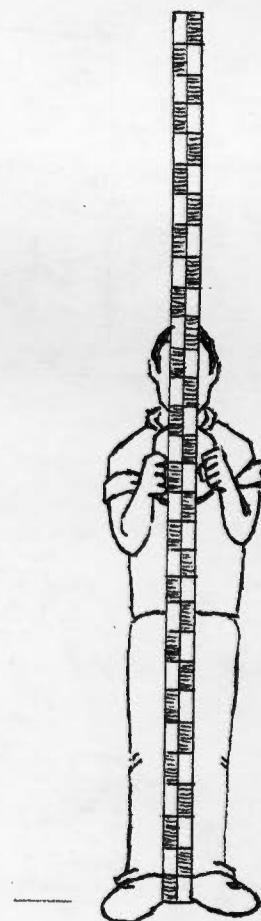
■ Χρήση ειδικών μεταλλικών ράβδων (κοντάρια)

Εφόσον τα σημεία των άκρων του ευθύγραμμου τμήματος είναι προσιτά από την έξω πλευρά τους, ώστε να μπορεί κάποιος να τα δει και τα δύο μαζί, τότε η πύκνωση μπορεί να γίνει με την τοποθέτηση ενδιάμεσων σημείων. Συνήθως, τα ακραία σημεία υλοποιούνται με ειδικά κοντάρια, τα οποία στερεώνονται με τριποδίσκους.

Τα κοντάρια αυτά είναι συνήθως μεταλλικά, δίμετρα, βαμμένα άσπρα και κόκκινα εναλλάξ ανά 0,50 μ., με μία σιδερένια κωνική, αιχμηρή απόληξη στο κάτω τμήμα τους, ώστε να μπορούν να διεισδύουν στο έδαφος και να σταθεροποιούνται εύκολα.

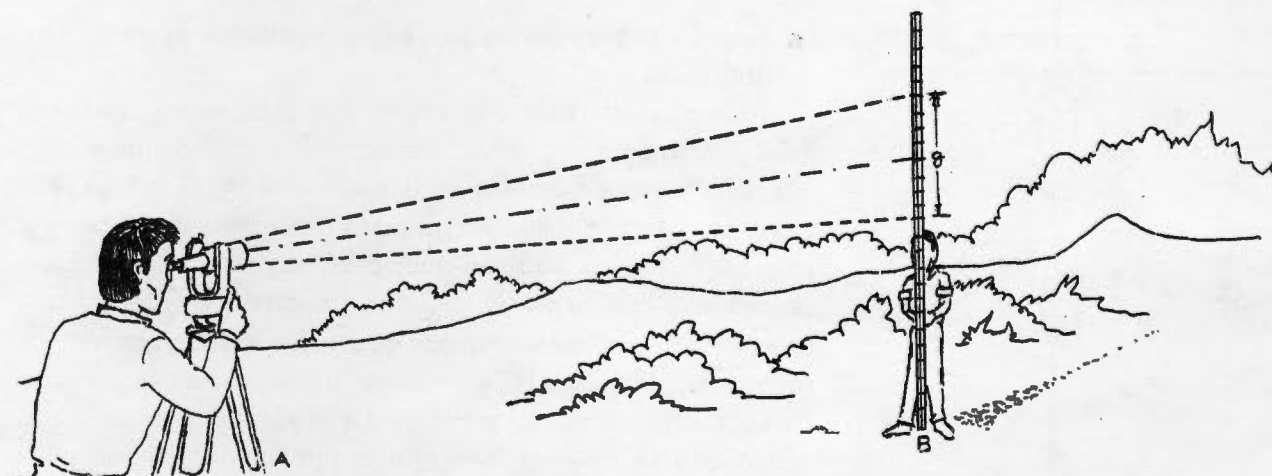
Οι τριποδίσκοι έχουν ένα μεταλλικό κολάρο, στο οποίο προσαρμόζονται τρεις αιχμηρές μεταλλικές ράβδοι, που μπορούν να διεισδύσουν εύκολα στο χώμα ή και να στερεωθούν σε σχετικά σκληρό έδαφος, καθώς και μία βίδα, η οποία μπορεί να σφίξει και να σταθεροποιήσει το κοντάρι.

Τα κοντάρια στα άκρα του ευθύγραμμου τμήματος κατακορυφώνονται με τη βοήθεια ενός νήματος της στάθμης από δύο κάθετες διευθύνσεις. Η εργασία επαναλαμβάνεται μέχρις ότου το κάθε κοντάρι πάρει την κατακόρυφη θέση, δηλαδή ταυτιστεί με την κατεύθυνση του νήματος της στάθμης (σχήμα 2.4). Ενδιάμεσα σημεία κατά μήκος της ευθυγραμμίας τοποθετούνται από έναν άνθρωπο που κρατάει ένα τρίτο ακόντιο, όσο το δυνατόν ψηλότερα, ώστε να κατακορυφώνεται με το βάρος του. Ένας παρατηρητής στην προέκταση του ευθύγραμμου τμήματος, που βλέπει τα δύο κοντάρια, κατευθύνει με νοήματα το άτομο με το τρίτο κοντάρι, μέχρις ότου το κοντάρι βρεθεί στην ευθυγραμμία και τα τρία κοντάρια φανούν σαν ένα (σχήμα 2.4). Στο ενδιάμεσο σημείο μπορεί να παραμείνει το ακόντιο με τρεις τρόπους: α) το μπήγουμε στο έδαφος, β) το στερεώνουμε με τριποδίσκο, γ) σημειώνεται πάνω στο έδαφος με τρόπο, που να εξασφαλίζεται η παραμονή του για όσο χρόνο θα χρειαστεί. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να πυκνώσουμε την ευθυγραμμία, ώστε να εξασφαλίσουμε όσα σημεία μας είναι απαραίτητα. Μεταξύ των σημείων αυτών μπορούμε να τοποθετήσουμε και νήματα εφόσον απαιτείται.



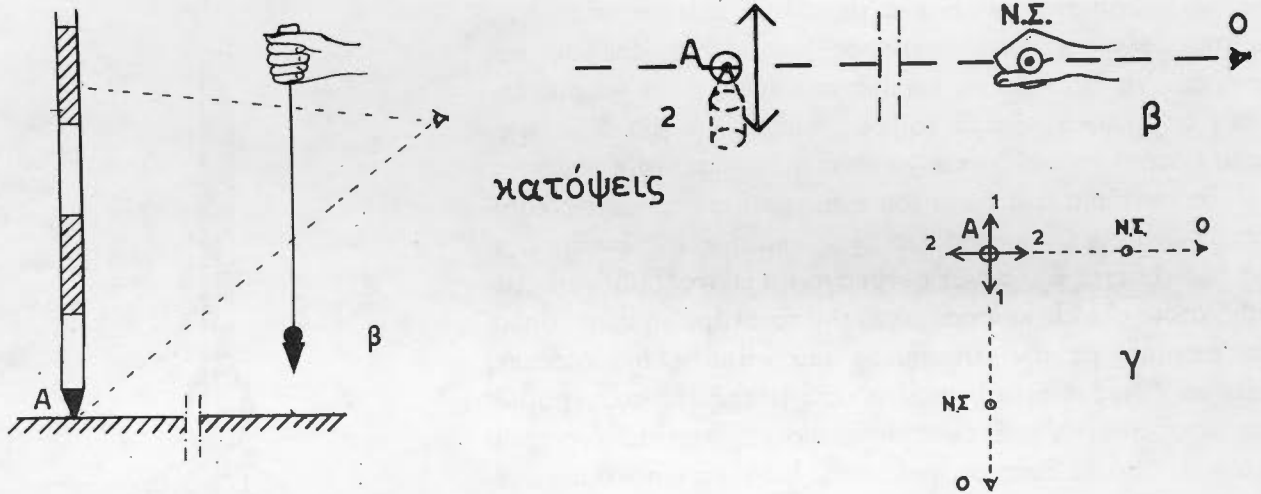
Σωστή στάση

Τη μέθοδο αυτή μπορούμε να την εφαρμόσουμε και σε περίπτωση που δε διαθέτουμε ακόντια, αφού μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε νήματα της στάθμης ή οποιοδήποτε ευθύγραμμο ξύλο.



σχήμα 2.5

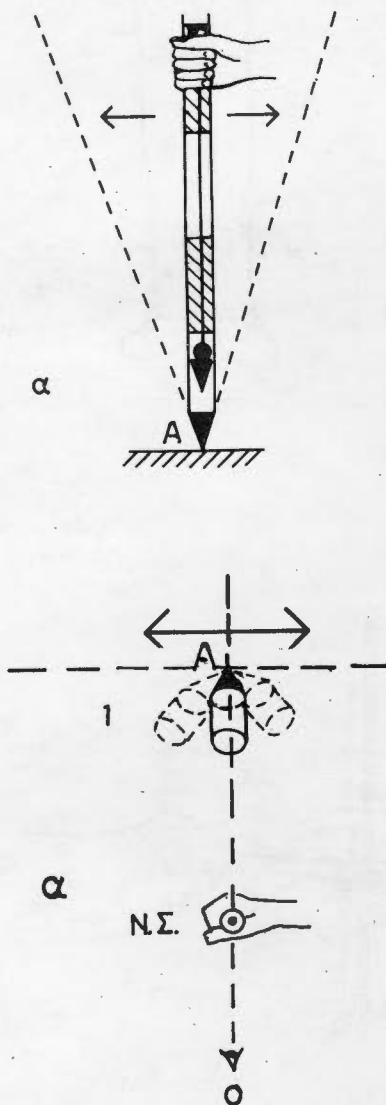
Ταχυμετρική αποτύπωση με θεοδόλιχο και σταδία



κατόψεις

σχήμα 2.6

Κατακόρυφωση κονταριού με τη βοήθεια νήματος της στάθμης



■ Ευθυγραμμία χαράζουμε με τη χρήση ορθογώνων

Με τα όργανα αυτά, τα οποία θα περιγράψουμε παρακάτω μαζί με τους τρόπους χρήσης τους, μπορούμε να βλέπουμε ταυτόχρονα τα σημεία των δύο άκρων. Πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι αυτή μπορεί να εφαρμοστεί από ένα άτομο, καθώς και σε περιπτώσεις, που δεν εξασφαλίζεται κατάλληλος χώρος πίσω από το ένα τουλάχιστον σημείο του άκρου, ώστε να μπορούμε να δούμε ταυτόχρονα και τα δύο, π.χ. όταν πρόκειται για δύο γωνίες σπιτιών. Ταυτόχρονα με την χάραξη αυτή μπορούμε να προβάλλουμε στην ευθυγραμμία όσα σημεία θέλουμε. Κατάλληλα (διοπτρικά) ορθόγωνα μπορεί να μας εξασφαλίσουν την εφαρμογή της μεθόδου και σε κεκλιμένα εδάφη, αλλά αυτά είναι αρκετά δύσχρηστα.

■ Χάραξη ευθυγραμμίας με ένα τοπογραφικό όργανο, τον θεοδόλιχο

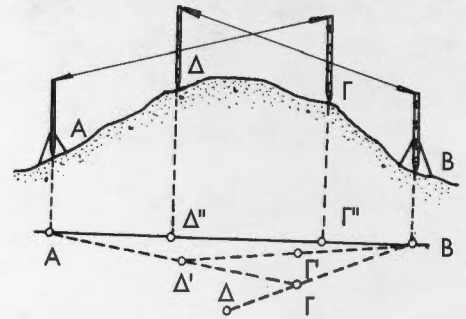
Αυτός τοποθετείται στο σημείο της μίας άκρης και σκοπεύει στο σημείο της άλλης. Αφού σταθεροποιήσουμε το θεοδόλιχο στην οριζόντια αυτή θέση, κινώντας το τηλεσκόπιο μόνο κατά το υλοποιημένο με αυτόν τον τρόπο κατακόρυφο επίπεδο, ορίζουμε όσα νέα σημεία θέλουμε επί του εδάφους μεταξύ των δύο ακραίων σημείων, τα οποία θα βρίσκονται στο σύνολό τους στην τομή του φυσικού εδάφους και του κατακόρυφου επιπέδου. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε περίπτωση που η ευθυγραμμία είναι στο σύνολό της ορατή από το όργανο, ανεξάρτητα από τη μορφή του εδάφους και το μέγεθος της κλίσης του.

2.2.2 Πύκνωση ευθυγραμμίας μεταξύ δύο σημείων μη αμοιβαία ορατών, σε ανώμαλο έδαφος

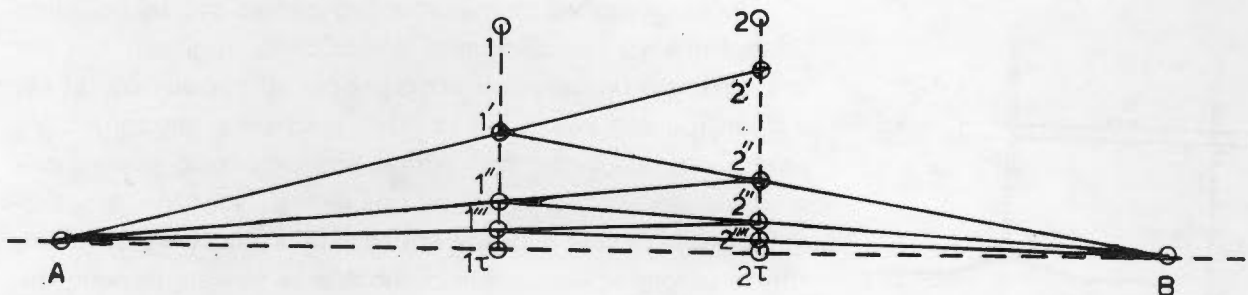
Είναι πιθανόν μεταξύ των δύο σημείων των άκρων της ευθυγραμμίας να μεσολαβεί σχετικά βαθιά κοιλότητα ή μεγάλο ύψωμα, έτσι που να είναι δύσκολο να δει κάποιος ταυτόχρονα τα δύο άκρα και τα ενδιάμεσα σημεία ή είναι επίσης πιθανόν τα δύο άκρα να μην είναι, λόγω της κυρτότητας του εδάφους, αμοιβαία ορατά.

α. Με χρήση ακοντίων. Στην περίπτωση αυτή μπορεί να εφαρμοστεί μία πύκνωση με διαδοχικές προσεγγίσεις, γεγονός που απαιτεί την ταυτόχρονη παρουσία δύο ή τριών ανθρώπων που θα κινούν τα κοντάρια.

Στο σχήμα 2.7 φαίνεται η περίπτωση κατά την οποία μεταξύ των δύο άκρων της ευθυγραμμίας μεσολαβούν δύο σημεία, ενώ στο σχήμα 2.8 εικονίζεται η περίπτωση κατά την οποία μεσολαβούν τρία σημεία και οι θέσεις πρέπει να είναι ορατές αμοιβαία ανά τρεις. Η αριθμηση φανερώνει μία σειρά κίνησης, και η εργασία τελειώνει, όταν όλες οι αμοιβαία ορατές θέσεις βρίσκονται σε ευθυγραμμία.

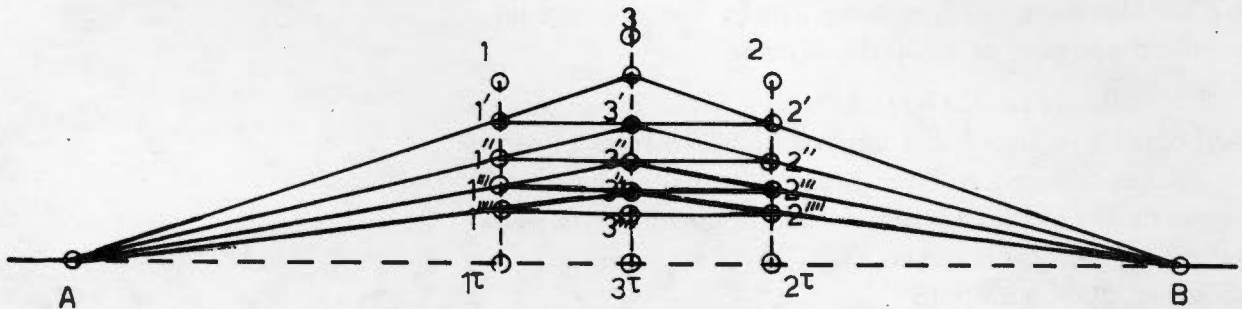


Πύκνωση ευθυγραμμίας μεταξύ δύο σημείων που είναι αμοιβαία ορατά



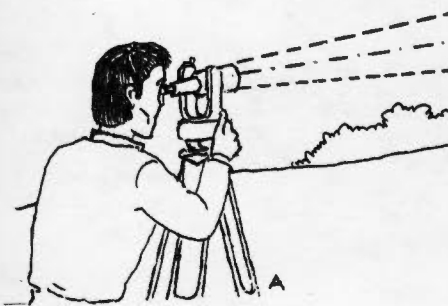
σχήμα 2.7

Τοποθέτηση δυο σημείων στην ευθυγραμμία AB



σχήμα 2.8

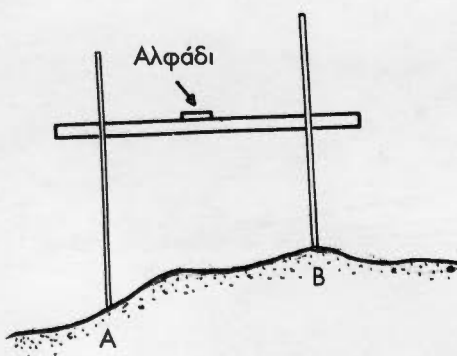
Τοποθέτηση τριών σημείων στην ευθυγραμμία AB



Β. Με χρήση τοπογραφικών οργάνων. Πύκνωση ευθυγραμμίας μπορεί να γίνει με ορθόγωνα, κυρίως διοπτρικά, αλλά και κατοπτρικά και πρισματικά, εφόσον οι θέσεις είναι αμοιβαία ορατές, εάν γίνει οριζόντια σκόπευση του ορθογώνου ή αν χρησιμοποιηθεί αυτό με τον άξονα κεκλιμένο. Με θεοδολίχο η χάραξη είναι ευχερής, αφού οι δύο θέσεις είναι αμοιβαία ορατές, διαφορετικά απαιτείται το όργανο να προσανατολιστεί προς το άλλο άκρο με υπολογιστική μέθοδο, εφόσον υλοποιηθεί η γωνία της διεύθυνσης της ευθείας.

2.2.3 Οριζόντιο επίπεδο, οριζόντια ευθεία, οριζόντια απόσταση

Προκειμένου να αποτυπωθεί ένα σχήμα στο χώρο, είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί η οριζόντια προβολή του και στη συνέχεια με διάφορα μέσα μπορεί να προσδιοριστεί και η θέση του στο χώρο. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο να μετρούνται οριζόντιες αποστάσεις ή οι μετρήσεις κεκλιμένων αποστάσεων να ανάγονται σε οριζόντιες. Παράλληλα η υλοποίηση οριζόντιων ευθειών και επιπέδων μας δίνει τη δυνατότητα μέτρησης υψομετρικών διαφορών των επί μέρους σημείων, αφού μπορούμε να υλοποιήσουμε κατακόρυφες ευθείες και να τις μετρήσουμε απευθείας. Επίσης μέσω υπολογισμών μπορούμε να αναχθούμε από τις κεκλιμένες αποστάσεις στις οριζόντιες.



Πρακτικός τρόπος προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών

2.3 Τρόποι και μέσα υλοποίησης οριζόντιας ευθείας και οριζοντίου επιπέδου

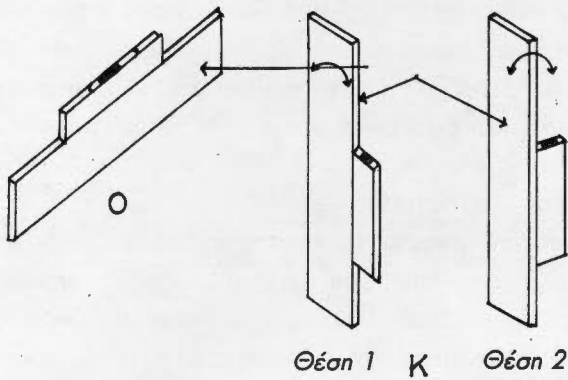
■ Αλφάδι

Η μέτρηση οριζόντιων αποστάσεων με μετροταινία μπορεί να γίνει με τη βοήθεια ενός εργαλείου που αποτελείται από επίμπικες ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο (σανίδας) ξύλινο ή πλαστικό, εφοδιασμένο με σωληνωτή αεροστάθμη (σχήμα 2.9), το οποίο καλείται αλφάδι. Το αλφάδι απαιτεί πολύ καλό έλεγχο, ώστε η θέση της φυσαλίδας της αεροστάθμης να εξασφαλίζει την οριζόντια θέση του. Όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος του τόσο καλύτερη είναι η οριζοντίωση. Για πληρέστερη εξασφάλιση της αρχής αυτής σε αποτυπώσεις με περιορισμένο μήκος πλευρών (π.χ. οικοδομές) χρησιμοποιείται μία καλά ευθυγραμμισμένη σανίδα.



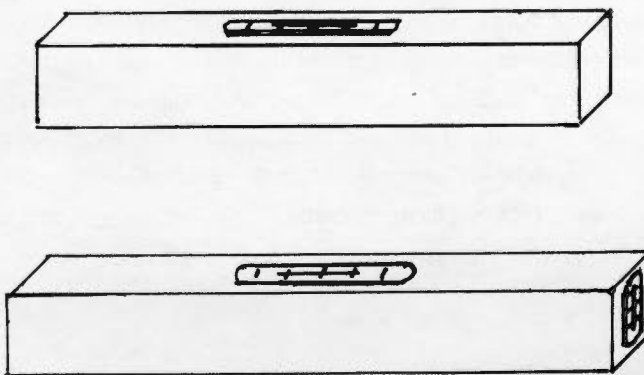
σχήμα 2.9α

Οριζοντίωση σανίδας με τη βοήθεια αλφαδιού



σχήμα 2.9α

Οριζοντίωση και κατακορύφωση σανίδας



σχήμα 2.9

Οριζόντια και κατακόρυφα αλφάδια

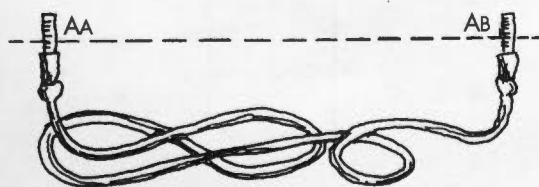
Λόγω του βέλους της μετροταινίας, τόσο της πάνινης, όσο και της μεταλλικής δεν είναι ευχερής η επαφή του αλφαδιού με τη μετροταινία. Αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί αφ' ενός με την αύξηση του μήκους του αλφαδιού, αφετέρου με ειδικά αλφάδια ανάρτησης, τα οποία αναρτώνται στη μετροταινία και η οριζοντίωσή τους ελέγχεται στο κέντρο του μετρούμενου μήκους, όπου η κλίση του βέλους κάμψης είναι συμμετρική σε σχέση με τις δύο πλευρές του κέντρου.

■ Αλφαδολάστιχο

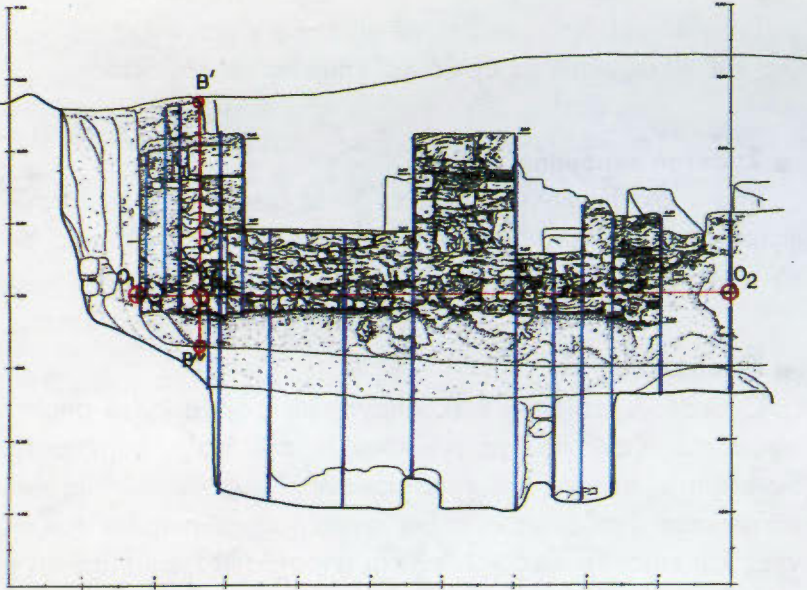
Ένα απλό μέσο με το οποίο, μπορεί να ελέγχεται η στάθμη σε κάθε σημείο της μετρούμενης απόστασης είναι το αλφαδολάστιχο. Πρόκειται για ένα διαφανές λάστιχο στο οποίο τοποθετείται νερό, το οποίο όταν ισορροπεί, έχει την ίδια στάθμη και στις δύο επιφάνειές του. Όσο μεγαλύτερο είναι το λάστιχο τόσο περισσότερο επιτυχημένη γίνεται η οριζοντίωση, αφού αυτή τόσο περισσότερο εξασφαλίζεται, όσο πλησιέστερα στα δύο άκρα της μετροταινίας βρίσκονται οι επιφάνειες του νερού, και όσο είναι δυνατόν η οριζοντιότητα να ελέγχεται συμμετρικά, ως προς το κέντρο της μετρούμενης απόστασης, με την μετροταινία.

Το αλφαδολάστιχο μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης στη χάραξη ενός οριζόντιου επιπέδου και στην τοποθέτηση της ίδιας στάθμης σε όποια θέση θέλουμε, αρκεί η μία άκρη του νερού να κρατιέται σταθερά σε ένα σημείο, τότε τα σημεία που ορίζονται από την άλλη άκρη του αλφαδολάστιχου βρίσκονται στην ίδια στάθμη.

Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να πάρουμε πολλά σημεία, τα οποία να συνδέσουμε με γραμμές, πιθανόν υλοποιούμενες με νήματα και έτσι να έχουμε εξασφαλίσει τη μία οριζόντια γραμμή, από την οποία μπορούμε να μετρήσουμε και τις συντεταγμένες μίας όψης (π.χ. ενός αρχαίου τοίχου), μπορούμε να προσδιορίσουμε με την προβολή κάθε σημείου, με τη χρήση μιας λιναίης (νήμα της στάθμης), η οποία μπορεί να μετρηθεί από μία αφετηρία οι υψομετρικές διαφορές των σημείων μπορούν να μετρηθούν στην προβάλλουσα, από την υλοποιημένη στάθμη (σχήμα 2.10).



Χρήση αλφαδολάστιχου



σχήμα 2.10

■ Κλισίμετρο

Ένα άλλο απλό όργανο οριζοντίωσης μιας ευθείας είναι το κλισίμετρο. Αυτό δείχνει με μία σκοπευτική διάταξη την κλίση μίας γραμμής σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο. Η κλίση μετράται σε γωνία (σε μοίρες ή σε βαθμούς) και σε κλίση επί τοις εκατό (%). Εφόσον σκοπεύουμε από τη μία άκρη της μετροταινίας στην άλλη ή σε όμοια διαφορά ύψους (π.χ. 1 μ. πιο πάνω) και στα δύο άκρα, και η ανάγνωσή μας είναι 0 σε γωνία και κλίση, τότε η μετροταινία είναι οριζόντια.

Εφόσον μετριέται κεκλιμένη απόσταση, μπορούμε να μετρήσουμε τη γωνία ή την κλίση με το κλισίμετρο, και να υπολογίσουμε από την κλίση αυτή και την κεκλιμένη απόσταση, την υψομετρική διαφορά και την οριζόντια απόσταση, πολλαπλασιάζοντας την κεκλιμένη απόσταση επί το ημίτονο και συνημίτονο της γωνίας αντίστοιχα.. Π.χ. αν έχουμε μετρήσει μία κατακόρυφη γωνία 23° και μία κεκλιμένη απόσταση $32,25\mu.$, τότε έχουμε: οριζόντια απόσταση $S=32,25\chi\sigma\upsilon\nu 23^\circ=30,17 \mu.$ και υψομετρική διαφορά $\Delta H=32,25\chi\eta\mu 23^\circ=11,40 \mu.$

■ Χωροβάτης

Ο χωροβάτης είναι ένα τοπογραφικό όργανο το οποίο, εφόσον οριζοντιωθεί με κατάλληλη διάταξη, υλοποιεί με τον άξονα του τηλεσκοπίου του ένα οριζόντιο επίπεδο. Με το όργανο αυτό συνεπώς μπορούμε να χαράξουμε ένα οριζόντιο επίπεδο με όσα σημεία ή οριζόντιες γραμμές είναι αναγκαίο.



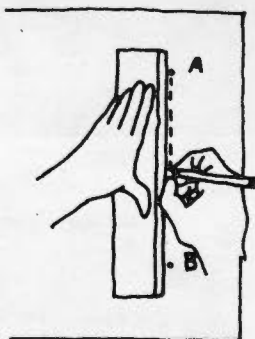
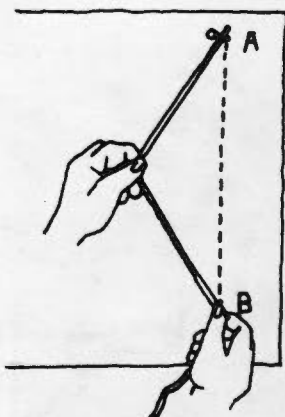
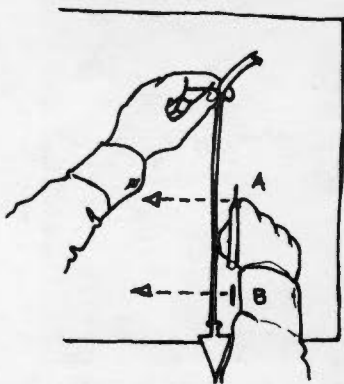
Κλισίμετρο



Χωροβάτης ευθύγραμμης σκοπευτικής γραμμής



Χωροβάτης ευθύγραμμης σκοπευτικής γραμμής από δύο ορθογώνιες ανακλάσεις



Σημάδεμα πάνω στον τοίχο

Ένας χωροβάτης μπορεί να είναι εφοδιασμένος με λείζερ και να υλοποιεί το οριζόντιο επίπεδο σε κάθε θέση.

■ Συσσκευή εκπομπής λείζερ

Μία συσκευή εκπομπής λείζερ είναι δυνατόν να περιστρέφεται γύρω από έναν κατακόρυφο άξονα και να υλοποιεί ένα οριζόντιο επίπεδο.

■ Θεοδόλιχος

Ο θεοδόλιχος είναι ένα τοπογραφικό όργανο, το οποίο, εφόσον οριζοντιωθεί με την κατάλληλη διάταξη, παρέχει τη δυνατότητα, αφενός να χρησιμοποιηθεί ως χωροβάτης και να υλοποιεί οριζόντια επίπεδα, αφετέρου να μετράει οριζόντιες και κατακόρυφες γωνίες και αποστάσεις, που παρέχουν τη δυνατότητα αναλυτικού προσδιορισμού της θέσης των σημείων, ή ακόμα να μετράει κεκλιμένες αποστάσεις που ανάγονται σε οριζόντιες.

2.4 Τρόποι και μέσα υλοποίησης κατακόρυφης ευθείας

Η κατακόρυφη ενός σημείου της γήινης επιφάνειας, όπως είδαμε, ορίζεται από την κατεύθυνση της βαρύτητας και υλοποιείται από την κατεύθυνση του νήματος της στάθμης.

Η κατεύθυνση αυτή είναι κάθετη στο γεωειδές και προβάλλει κάθε σημείο πάνω σ' αυτό. Το οριζόντιο επίπεδο, για μία έκταση ακτίνας 350 μ. περίπου γύρω από το σημείο, μπορεί να υποκαταστήσει με ικανοποιητική προσέγγιση το γεωειδές. Κάθε επίπεδο που διέρχεται δια της κατακόρυφου ενός σημείου είναι κατακόρυφο. Έτσι είναι φανερό ότι έχουμε άπειρα κατακόρυφα επίπεδα διερχόμενα από ένα σημείο. Για τις μικρές αυτές αποστάσεις που προαναφέραμε, θεωρούμε ότι αρκεί, προκειμένου να οριστεί το κατακόρυφο επίπεδο μεταξύ δύο σημείων, να οριστεί η κατακόρυφη στο ένα σημείο.

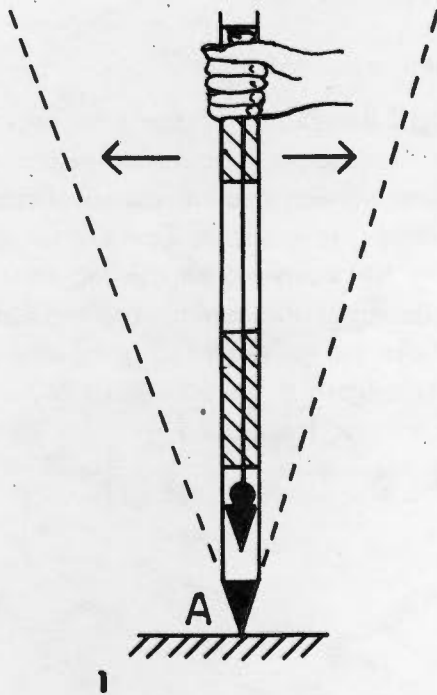
2.4.1 Το νήμα της στάθμης

Το νήμα της στάθμης (σχήμα 2.11) μας εξασφαλίζει την κατακόρυφη ευθεία σε μία θέση. Μία οποιαδήποτε ευθεία, που μπορεί να υλοποιηθεί, π.χ. με ένα ακόντιο, με την ακμή μιας σανίδας, κ.τ.λ. μπορεί να κατακορυφωθεί, εάν γίνει παραλληλισμός της με το νήμα της στάθμης, σε δύο κάθετες διευθύνσεις (σχήμα 2.12). Αυτό απαιτείται, επειδή την πρώτη φορά η ταύτιση νήματος και ευθείας δε σημαίνει απαραίτητα

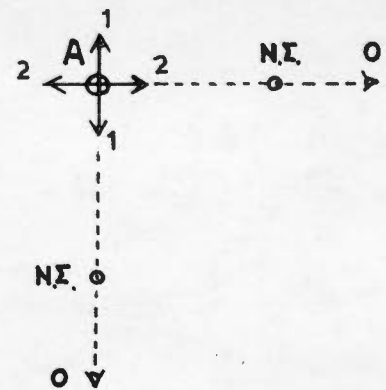
ότι πετύχαμε την κατακόρυφωση, αλλά ότι νήμα και ευθεία βρίσκονται στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο. Πετυχαίνοντας τη δεύτερη φορά τη σύμπτωση νήματος και γραμμής, έχουμε καταφέρει να την φέρουμε και σε ένα άλλο επίπεδο, σχεδόν κάθετο του πρώτου. Αρκεί η κίνηση της ευθείας, τη δεύτερη φορά να γίνεται προσεγγιστικά τουλάχιστον πάνω στο πρώτο επίπεδο. Επειδή οι κάθετες διευθύνσεις είναι προσεγγιστικές και η κίνηση τη δεύτερη φορά μπορεί να χαλάσει την καθετότητα, θα πρέπει η κίνηση να επαναληφθεί, μέχρις ότου το νήμα συμπίπτει με την προς κατακόρυφωση ευθεία. Αν το νήμα της στάθμης συμπίπτει οπτικά με τη γραμμή σε δύο κάθετες διευθύνσεις, τότε θα συμπίπτει και από κάθε άλλη πλευρά. Με τη διαδικασία αυτή η κατακόρυφη υλοποιείται ως τομή δύο κατακόρυφων επιπέδων.



Κατακόρυφωση ακοντίου με τη βοήθεια νήματος της στάθμης

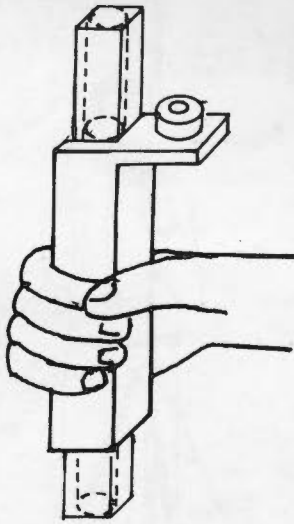


σχήμα 2.11
Νήμα της στάθμης



σχήμα 2.12
Κατακόρυφωση ακοντίου με νήμα της στάθμης
ο= Οφθαλμός
NΣ= Νήμα της στάθμης
A= Θέση ακοντίου 1-1
2-2= Επιφάνειες κίνησης

2.4.2 Τα ειδικά αλφάδια



Σφαιρική αεροστάθμη

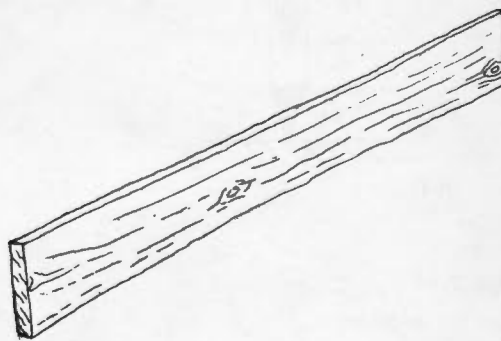
Τα ειδικά αλφάδια, τα οποία περιγράψαμε στο σχήμα 2.9 μπορούν να μας δώσουν την κατακόρυφωση μιας γραμμής, που μπορεί να είναι, για παράδειγμα, η ακμή μίας ίσιας σανίδας. Η σωληνωτή αεροστάθμη του σχήματος 2.9 τοποθετείται στη μικρή πλευρά του ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου, στο οποίο προσαρτάται κάθετα στη μεγάλη διάστασή του, και έτσι, όταν αυτή ισορροπεί με τη φυσαλίδα στο κανονικό σημείο, μπορεί ο σωλήνας της αεροστάθμης να είναι οριζόντιος, αλλά η μεγάλη πλευρά του φορέα προσάρτησής της να βρίσκεται απλώς στο κατακόρυφο επίπεδο και να είναι κεκλιμένη (θέση 1). Για το λόγο αυτό απαιτείται η τοποθέτηση του αλφαδιού σε κάθετη κατεύθυνση (θέση 2). Έτσι η ευθεία, την οποία θέλουμε να κατακορυφώσουμε θα περιστρέφεται, κινούμενη επάνω στο ήδη πραγματοποιημένο επίπεδο της πρώτης θέσης, μέχρι να έλθει στην κατακόρυφη θέση. Επειδή κατά την περιστροφή είναι πιθανόν να έφυγε η ευθεία από το πρώτο κατακόρυφο επίπεδο, είναι αναγκαίο να επαναληφθεί η διαδικασία. Και στην περίπτωση αυτή η κατακόρυφη ευθεία ορίζεται ως τομή δύο κατακόρυφων επιπέδων.

2.4.3 Σφαιρική αεροστάθμη

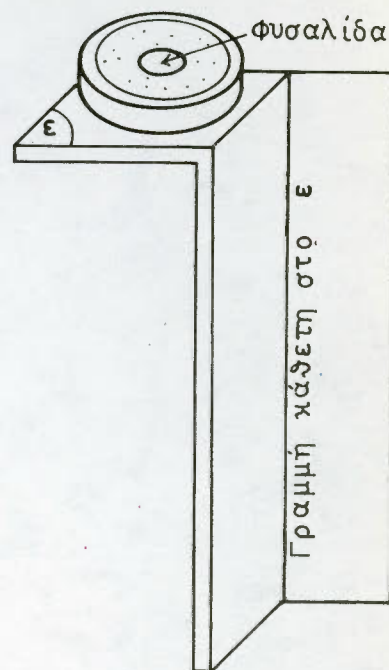
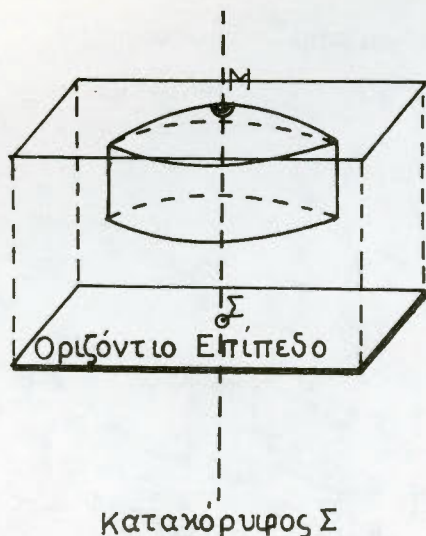
Στο σχήμα 2.13 βλέπουμε τη διάταξη της σφαιρικής αεροστάθμης και τη δημιουργία μιας κατακόρυφης ευθείας, ως ακμή μιας δίεδρης γωνίας δύο επιπέδων κάθετων στο επίπεδο της αεροστάθμης, το οποίο οριζοντιώνεται, όταν η αεροστάθμη βρίσκεται στο κανονικό σημείο της. Μία σανίδα ίσια μπορεί να τοποθετηθεί έτσι, ώστε η ακμή της δίεδρης ορθής γωνίας να ταυτιστεί με την ακμή της σανίδας ή με ένα ακόντιο, που η κυκλική διατομή του να εφάπτεται των εδρών της ορθής δίεδρης γωνίας (σχήμα 2.13)



Οριζοντίωση πύχεως με τη βοήθεια αλφαδιού



Πύχης χρησιμοποιείται για την εξακρίβωση οριζόντιων και κατακόρυφων επιφανειών



σχήμα 2.13
Σφαιρική αεροστάθμη

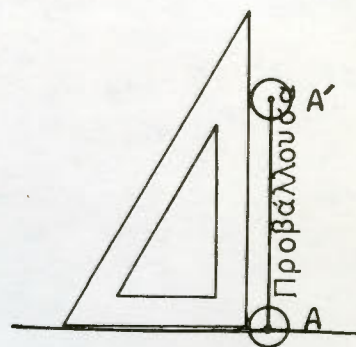
2.5 Τρόποι και μέσα υλοποίησης κατακόρυφου επιπέδου

Γενικά παρατηρούμε, ότι μία κατακόρυφη ευθεία μπορεί να υλοποιηθεί ως τομή δύο κατακόρυφων επιπέδων.

Κατακόρυφα επίπεδα μπορεί να υλοποιηθούν με τα μέσα και τις τεχνικές, που αναφέραμε παραπάνω, αφού έτσι μπορεί να ορίσουμε οποιοδήποτε κατακόρυφο επίπεδο ως διερχόμενο από μία κατακόρυφη ευθεία, υλοποιημένη όπως περιγράψαμε.

Με την ίδια αρχή μπορεί να γίνει ο ορισμός ενός επιπέδου με ένα θεοδόλιχο, αφού το όργανο από τη λειτουργία του ορίζει μία κατακόρυφη ευθεία και ο άξονάς του διαγράφει ένα κατακόρυφο επίπεδο. Έτσι, με βάση την αρχή που προαναφέραμε, δύο κατακόρυφα επίπεδα που ορίζονται από δύο στάσεις του οργάνου μπορούν να μας δώσουν μία κατακόρυφο.

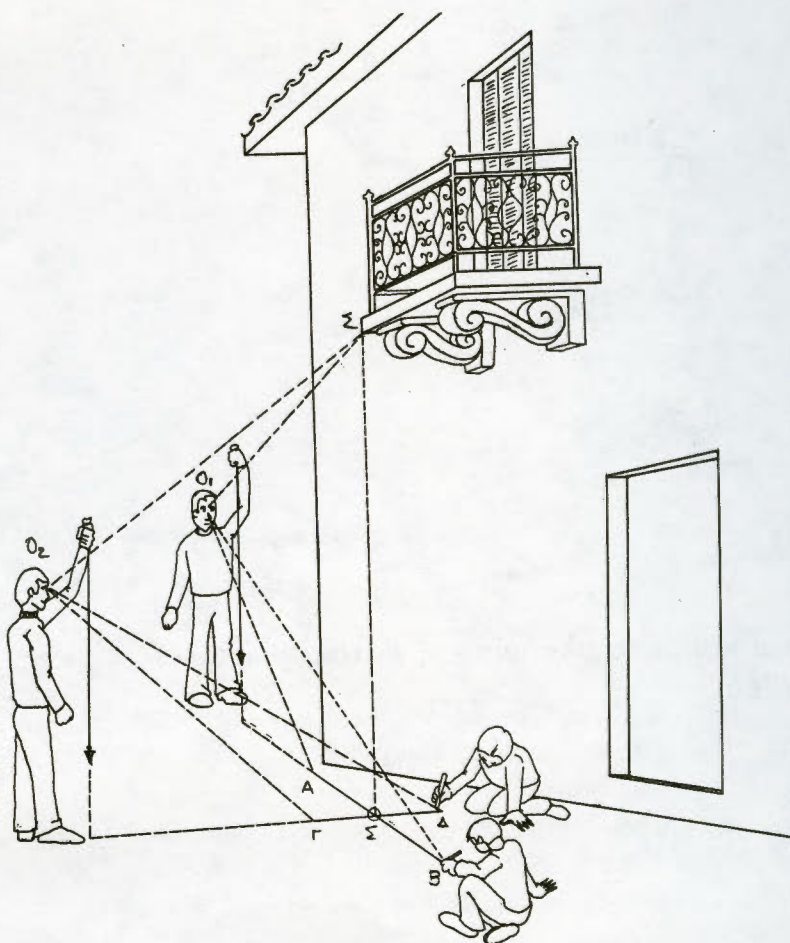
Ένα κατακόρυφο επίπεδο μπορεί να υλοποιηθεί από μία συσκευή εκπομπής ακτίνας λέιζερ, η οποία προσαρτάται σε έναν άξονα περιστροφής, έτσι ώστε ο άξονας περιστροφής να είναι οριζόντιος και αυτός της εκπομπής κάθετος σ' αυτόν.



Χάραξη καθέτου σε ευθεία με τη χρήση τριγώνων

2.6 Κατέβασμα απρόσιτου σημείου

Ένα πρόβλημα το οποίο συναντάμε συχνά στις αποτυπώσεις μνημείων είναι να "κατεβάσουμε" στο έδαφος ένα απρόσιτο σημείο (σχήμα 2.14).



σχήμα 2.14

Κατέβασμα απρόσιτου σημείου

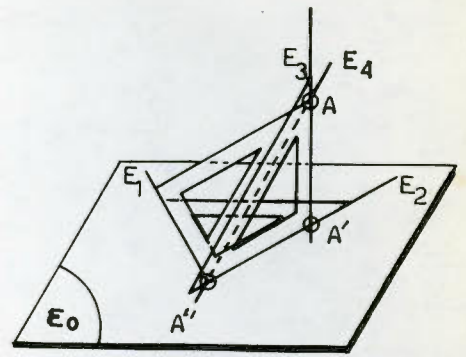
Αυτό μπορεί να γίνει με την υλοποίηση δύο κατακόρυφων επιπέδων, που ορίζονται από το σημείο το οποίο πρέπει να κατεβάσουμε και δύο κατακόρυφες ευθείες, που μπορούν να υλοποιηθούν με έναν από τους τρόπους που προαναφέραμε. Για παράδειγμα, υλοποιούνται με ένα θεοδόλιχο, που εξασφαλίζει μεγάλη ακρίβεια, ή πιο απλά αλλά με μειωμένη ακρίβεια με ένα νήμα της στάθμης (σχήμα 2.14). Τα νήματα της στάθμης στο παράδειγμα του σχήματος 2.14 μπορούν να αντικατασταθούν με κάποιο από τα άλλα μέσα που προαναφέραμε, όπως π.χ. ο θεοδόλιχος. Τα νήματα του σχήματος 2.14 αναρτώνται έτσι, ώστε ή να παρεμβάλλονται στην ευθεία, που διέρχεται από το μάτι του παρατηρητή και από το σημείο Σ που πρέπει να κατέβει και με την παρακολούθηση του νήμα-

τος ορίζονται τα ευθύγραμμα τμήματα AB και $\Gamma\Delta$ τουλάχιστον από δύο σημεία τους, ενώ η τομή τους Σ' αποτελεί την προβολή του σημείου Σ .

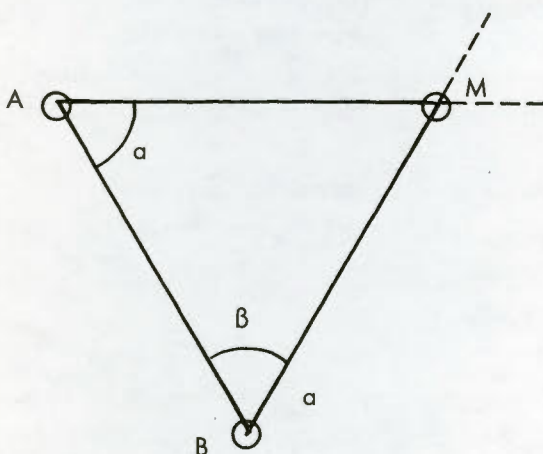
2.7 Προσδιορισμός θέσης σημείου σε σχέση με δύο άλλα σημεία

Είναι γνωστό ότι τρία σημεία ορίζουν τη θέση ενός και μόνο επιπέδου. Σε ένα οποιοδήποτε επίπεδο ένα σημείο ορίζεται από δύο άλλα γνωστά σημεία με δύο βασικούς τρόπους:

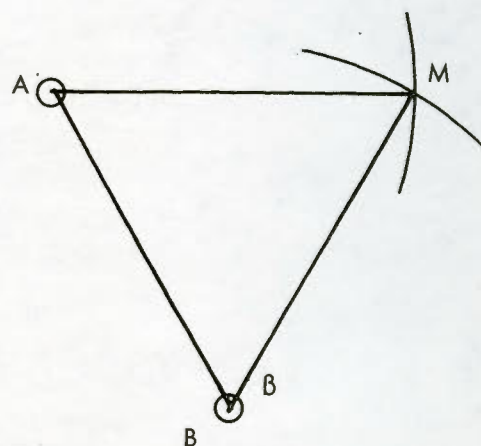
- **Ως τομή δύο ευθειών** που ορίζουν τις διευθύνσεις από τα γνωστά σημεία προς αυτό του οποίου ζητείται η θέση. Στην πράξη αυτό σημαίνει ότι πρέπει να ορίσουμε τις γωνίες, που σχηματίζουν οι ευθείες από τα γνωστά στο προς τοποθέτηση σημείο με την ευθεία μεταξύ των δύο γνωστών σημείων (σχήμα 2.15).
- **Ως τομή δύο κύκλων** που φέρονται με κέντρα τα γνωστά σημεία και ακτίνες τις αποστάσεις μεταξύ αυτού του οποίου ζητείται η θέση από των γνωστών σημείων. Για να εφαρμοστεί αυτή η μέθοδος, είναι αναγκαίο να προσδιοριστούν οι αποστάσεις του προς τοποθέτηση σημείου από τα δύο γνωστά σημεία (σχήμα 2.16).



Χάραξη καθέτων σε επίπεδο με τη χρήση τριγώνων



σχήμα 2.15
Προσδιορισμός σημείου ως τομή δύο ευθειών



σχήμα 2.16
Προσδιορισμός σημείου ως τομή δύο κύκλων

Η ακρίβεια στον προσδιορισμό του σημείου, ανεξάρτητα από τη μέθοδο μέτρησης και απόδοσης, που ακολουθείται, (δηλαδή αν αυτή είναι υπολογιστική ή αν είναι κατασκευαστική με τα γεωμετρικά στοιχεία των τριγώνων) είναι μεγαλύτερη, όσο τα τρίγωνα πλησιάζουν τα ισόπλευρα.

2.7.1 Στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο

Στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο οι κατευθύνσεις των ευθειών από τα σταθερά προς το ζητούμενο σημείο μπορεί να προσδιοριστούν με τη μέτρηση των γωνιών μεταξύ της ευθείας των δύο γνωστών σημείων και αυτών των γωνιών από τα σταθερά σημεία προς το ζητούμενο. Μέσα μπορεί να είναι τοπογραφικά όργανα, όπως ο θεοδόλιχος, και, με μικρότερη ακρίβεια, η πυξίδα. Άλλος τρόπος είναι η μέτρηση των οριζόντιων αποστάσεων μεταξύ των δύο γνωστών και, του προς τοποθέτηση σημείου.

2.7.2 Σε τυχαίο επίπεδο

Σε τυχαίο επίπεδο είναι ανάγκη προκειμένου να ορίσουμε τη θέση ενός σημείου σε σχέση με δύο άλλα γνωστά, πρέπει να προβούμε στις ακόλουθες ενέργειες:

- Να προσδιορίσουμε τη θέση της οριζόντιας προβολής, που ορίζεται ως εξής:

α) Με τις οριζόντιες γωνίες των κατευθύνσεων των ευθειών από τα σταθερά σημεία προς το ζητούμενο, μπορεί να προσδιοριστούν με τη μέτρηση γωνιών μεταξύ της ευθείας των δύο γνωστών σημείων και αυτών από τα σταθερά σημεία προς το ζητούμενο. Μέσα μπορεί να είναι τοπογραφικά όργανα όπως ο θεοδόλιχος και, με μικρότερη ακρίβεια, η πυξίδα.

β) Με τη μέτρηση των οριζόντιων αποστάσεων από τα δύο γνωστά προς το προς τοποθέτηση σημείο, που η τομή τους μας ορίζει την κατακόρυφη προβολή του σημείου στο οριζόντιο επίπεδο.

- Να ορίσουμε το υψόμετρο του σημείου, που στην πράξη σημαίνει να προσδιορίσουμε τις υψομετρικές διαφορές του σημείου από τα δύο άλλα γνωστά σημεία.



3

Αποτυπώσεις Επίπεδων Πολυγωνικών Σχημάτων

Στόχοι

Στο κεφάλαιο αυτό θα μάθετε να αποτυπώνετε μεγάλες επιφάνειες εδάφους χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους. Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου θα πρέπει να μπορείτε:

1. να μετράτε μεγάλες επιφάνειες και με απλά αλλά και με σύνθετα μέσα.
2. να υπολογίζετε το εμβαδόν μεγάλων επιφανειών.
3. να χειρίζεσθε τα εργαλεία και τα τοπογραφικά όργανα, ώστε να επιταχύνετε τους ρυθμούς της εργασίας σας.
4. να διακρίνετε την κατάλληλη μέθοδο την οποία και θα επιλέξετε, για να εργασθείτε με μεγαλύτερη ταχύτητα και ακρίβεια.

3.1 Γενικά

Αναφερθήκαμε παραπάνω στα μέσα και στις μεθόδους μέτρησης οριζόντιων αποστάσεων, καθώς και στις μεθόδους προσδιορισμού ενός σημείου από δύο άλλα γνωστά σημεία. Αναφερθήκαμε επίσης και στους τρόπους προβολής στους άξονες συντεταγμένων. Οι μεθοδολογίες αυτές ακολουθούνται σε περιπτώσεις αποτυπώσεων μικρής έκτασης με τοπομετρικές και τοπογραφικές μεθόδους. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί, αν θεωρήσουμε ότι το σύνολο των σημείων σχηματίζει πολύγωνα, των οποίων το σχήμα προσδιορίζεται με κάποια από τις μεθόδους που θα περιγράψουμε παρακάτω και οι οποίες συνίστανται:

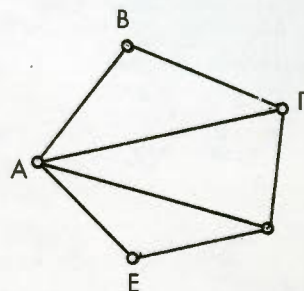
1. στον επιμερισμό του σχήματος σε τρίγωνα, των οποίων μετρώνται οι τρεις πλευρές,
2. στη χάραξη ενός άξονα επί του οποίου μετρώνται οι προβολές και οι προβάλλουσες των σημείων.

Θα πρέπει να επισημάνουμε εδώ ότι οι διαδικασίες αυτές μπορούν να εφαρμοστούν στη μέτρηση και στην αποτύπωση επίπεδων μικρών σχημάτων, όπως π.χ. ένα σχέδιο τοπογραφικό ή αρχιτεκτονικό, το σχέδιο ενός αντικειμένου κ.τ.λ., εφόσον οριστούν τα βασικά σημεία, των οποίων η θέση θα προσδιοριστεί με τις μεθόδους αυτές και από τα οποία θα εξαρτηθούν άλλα σημεία, ώστε τελικά να καλυφθεί το σύνολο.

Για αποτύπωση που θα γίνει στο έδαφος θα πρέπει να επιλεγούν τα κατάλληλα σημεία. Αυτά πρέπει να είναι προσιτά. Είναι δυνατόν να επιλεγεί ένας σχετικά μικρός αριθμός σημείων και τα υπόλοιπα να εξαρτώνται από αυτά.

3.2 Αποτύπωση με επιμερισμό του σχήματος σε τρίγωνα

Εάν χρησιμοποιηθεί η μέθοδος αυτή, θα πρέπει να αποφεύγεται ο μεγάλος αριθμός τριγώνων, δεδομένου ότι τα σφάλματα είναι αθροιστικά. Θα αναφερθούμε εδώ σε δύο περιπτώσεις. Η μία αφορά ένα επίπεδο πολυγωνικό σχήμα, που μπορεί να είναι ένα γήπεδο, ή ακόμη και ένα τυχαίο πολυγωνικό σχήμα σε οποιοδήποτε αντικείμενο, και η δεύτερη ένα οποιοδήποτε σχήμα που προκύπτει ως ένα σύνολο σημείων και γραμμών.

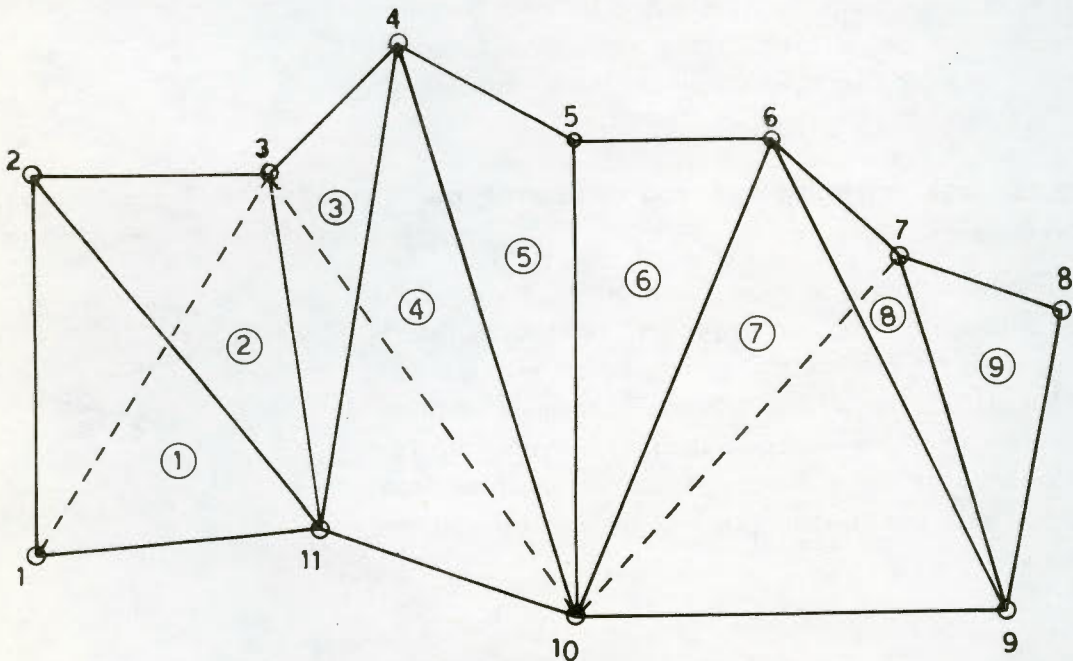


Επιμερισμός σχήματος σε τρίγωνα

α. Μέθοδοι αποτύπωσης με διαίρεση ενός πολυγώνου σε τρίγωνα

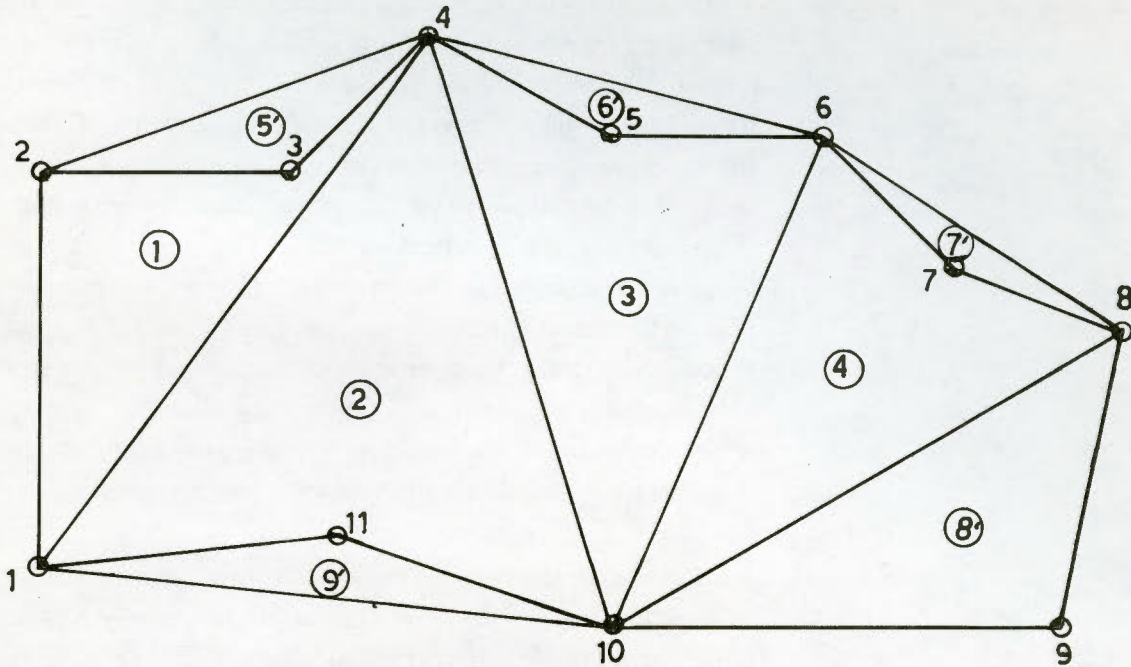
Ένα δεδομένο πολύγωνο, όπως π.χ. αυτό που εμφανίζεται στα σχήματα 3.1 και 3.2 (1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11), διαιρείται σε τρίγωνα.

Προκειμένου να μετρηθεί το σύνολο του πολυγωνικού σχήματος, είναι απαραίτητο να καθοριστούν όλα τα αναγκαία τρίγωνα, ώστε όλα τα σημεία να προσδιοριστούν από την κατασκευή τριγώνων. Θα πρέπει να προσδιοριστεί ότι η μέθοδος εφαρμόζεται στο έδαφος, όταν δεν διατίθεται θεοδόλικος, αλλά μόνο μετροταινία, και οι αποστάσεις μετρώνται οριζόντιες, οπότε η προσφορότερη μέθοδος για την κατασκευή των τριγώνων είναι αυτή της τομής δύο περιφερειών κύκλων. Ο αριθμός των τριγώνων (T) στα οποία διαιρείται ένα πολύγωνο δίνεται από τον τύπο $T=K-2$, όπου K είναι ο αριθμός των κορυφών του πολυγώνου. Στο παράδειγμα του σχ. 3.1 μας δίνεται ένα πολύγωνο με 11 κορυφές και διαιρείται σε 9 τρίγωνα (σχήμα 3.1, 1-9). Μετρώνται όλες οι πλευρές (Π) των τριγώνων, που προκύπτουν από την διαίρεση αυτή, οι οποίες είναι $\Pi=2T+1$, δηλαδή η αρχική βάση πλευρά (σχήμα 3.1, 1-2) και 2 πλευρές ανά τρίγωνο, που ορίζουν με τομές κύκλων τα υπόλοιπα σημεία (σχήμα 3.1, 3 έως 11). Στο παράδειγμά μας, συνεπώς, για τον προσδιορισμό του τελικού σημείου 8 μεσολαβούν οι κατασκευές 9 τριγώνων.



σχήμα 3.1

Αποτύπωση πολυγωνικού σχήματος με τη μέθοδο χωρισμού του σχήματος σε τρίγωνα



σχήμα 3.2

Αποτύπωση πολυγωνικού σχήματος με τη μέθοδο χωρισμού του σχήματος σε τρίγωνα

Θα πρέπει να αναφέρουμε εδώ ότι στην τελική κατασκευή ή κάθε τριγώνου, και συνεπώς κάθε σημείου, μεσολαβεί ένα σφάλμα, που εξαρτάται από: α) το σφάλμα των μετρήσεων των πλευρών, που προκύπτει κυρίως από το σφάλμα στην τοποθέτηση της μετροταινίας και από το σφάλμα στη μέτρηση του μήκους (βέλος και ανάγνωση), β) το σφάλμα στη σχεδίαση, που προκύπτει από τη μέτρηση και την ακρίβεια στον προσδιορισμό του σημείου τομής των δύο κύκλων. Γίνεται, λοιπόν, φανερό ότι όσο λιγότερα τρίγωνα μεσολαβούν για τον προσδιορισμό της θέσης ενός σημείου, τόσο μεγαλύτερη είναι η ακρίβεια στον προσδιορισμό του σημείου αυτού. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι στον προσδιορισμό της θέσης του τελευταίου σημείου (σχήμα 3.1, το 8) έχουμε μία τελική ακρίβεια του σχεδίου. Π.χ. εάν θεωρήσουμε ως αρχική ευθεία εκκίνησης της εργασίας αποτύπωσης την πλευρά 1-2, ως τελική ακρίβεια μπορούμε να ορίσουμε αυτή με την οποία υπολογίζεται το σημείο 8.

Για το λόγο αυτό επιδίωξη μας πρέπει να είναι να ορίζουμε έτσι τα τρίγωνα, ώστε για τον προσδιορισμό κάθε σημείου να μεσολαβούν όσο το δυνατόν λιγότερες κατασκευές τριγώνων. Η επιλογή που θα κάνουμε εξαρτάται από το σχήμα του πολυγώνου, τη δυνατότητα μέτρησης πλευρών (π.χ. να μπορεί να μετρηθούν μεγαλύτερες αποστάσεις από αυτές δύο διαδοχικών κορυφών) και το σχήμα των παραγόμενων τριγώνων. Στο σχήμα 3.2, δίνουμε μία επιλογή τριγώνων τέτοια, που να εξασφαλίζει μικρό αριθμό τριγώνων για τον προσδιορισμό του τελικού σημείου (που σημαίνει και μικρότερο τελικό σφάλμα) που στην περίπτωση αυτή είναι 4 τρίγωνα για τον προσδιορισμό του σημείου 8. Αλλά και στον προσδιορισμό του κάθε σημείου μεσολαβούν λιγότερα τρίγωνα (από 2 έως 5).

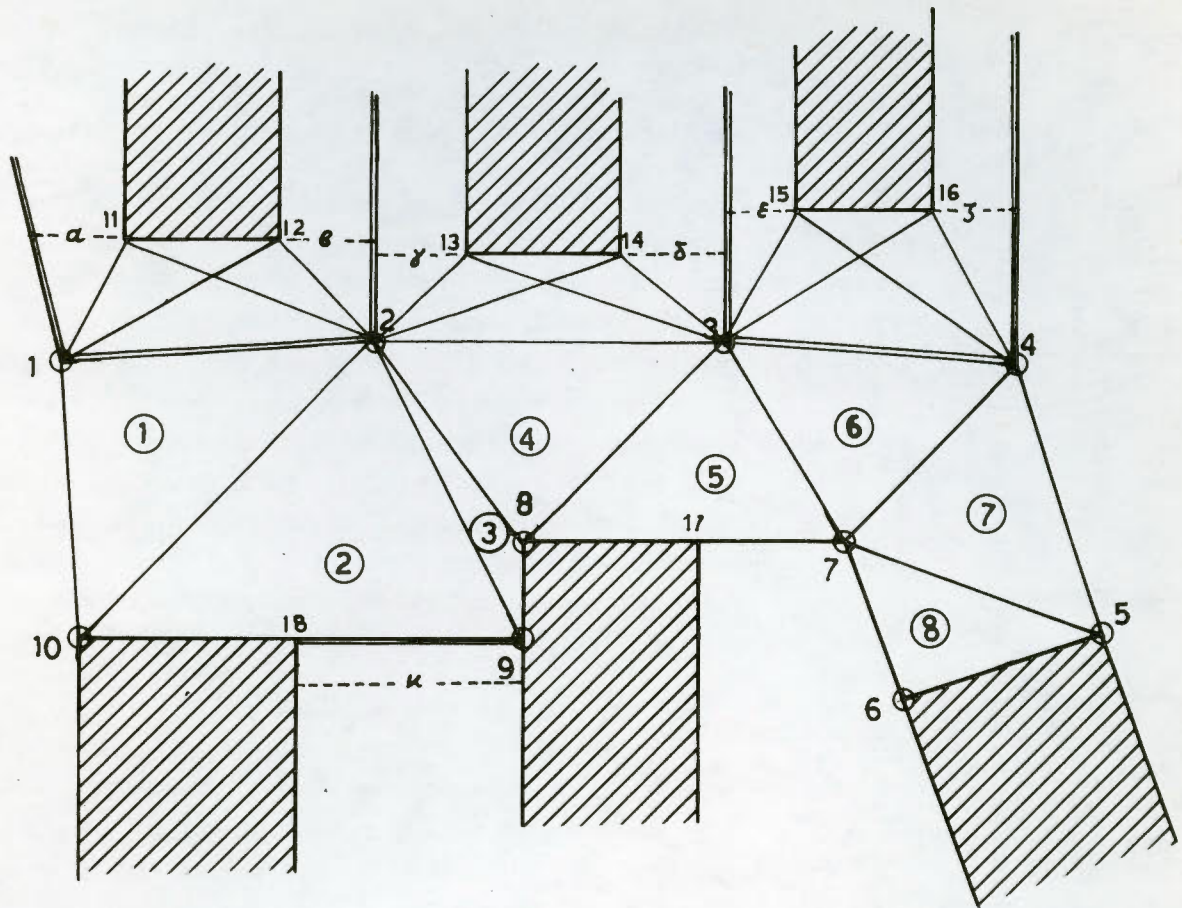
Θα πρέπει ωστόσο να επιδιώκουμε τη μέτρηση των πλευρών με μία, αν είναι δυνατόν, τοποθέτηση της ταινίας, για να αποφύγουμε μεγαλύτερο σφάλμα με τις πολλές τμηματικές μετρήσεις και, συνεπώς, τις πολλές τοποθετήσεις της μετροταινίας.

Εάν θέλουμε να έχουμε μεγαλύτερη ακρίβεια στις αποτυπώσεις μας, χρήσιμο είναι ανά δύο διαδοχικά τρίγωνα, που απαρτίζουν ένα τετράπλευρο του οποίου έχουμε μετρήσει μόνο τη μία διαγώνιο, να μετράμε και την άλλη (βλ. σχήμα 3.1 με τη διακεκομμένη γραμμή).

β. Μέθοδοι αποτύπωσης με καθορισμό τριγώνων σε οποιοδήποτε σχήμα που προκύπτει ως ένα σύνολο σημείων και γραμμών.

Αντίστοιχες παρατηρήσεις θα μπορούσαμε να κάνουμε στην αποτύπωση ενός συνόλου σημείων και γραμμών, όπως π.χ. ενός τοπογραφικού, όπως αυτό παρουσιάζεται στο σχήμα 3.3. Στην περιοχή μεταξύ των προς αποτύπωση σημείων (18) αναπτύσσεται ένα σύνολο 8 τριγώνων, τα οποία διαμορφώνουν μία αλυσίδα, ενώ τα υπόλοιπα σημεία τοποθετούνται, με εξάρτηση από αυτά, είτε ως κορυφές νέων τριγώνων (11-17) είτε με απευθείας μετρήσεις επί μέρους ευθύγραμμων τμημάτων (18). Το σχέδιο συμπληρώνεται με επιπλέον μετρήσεις.

Αντίστοιχη είναι η τεχνική και στην αποτύπωση κατόψεων κτιρίων και αρχαιολογικών χώρων.

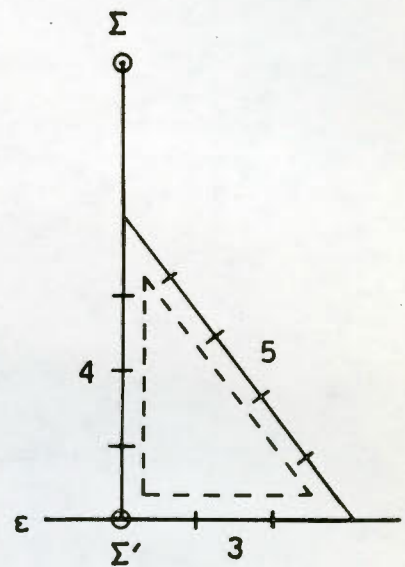


σχήμα 3.3

Αποτύπωση τοπογραφικού με τη μέθοδο των τριγώνων

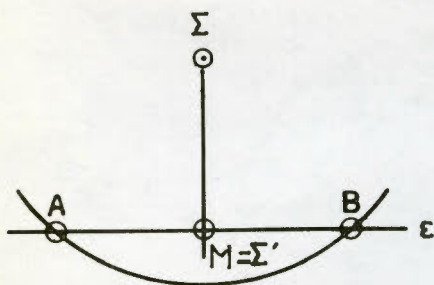
3.3 Αποτύπωση σχημάτων με τη μέθοδο των προβολών

Η μέθοδος αυτή συνίσταται στην προβολή σειράς σημείων σε έναν ή περισσότερους άξονες και μπορεί να εφαρμοστεί στην αποτύπωση οποιουδήποτε επίπεδου σχήματος. Επιλέγονται πρώτα οι άξονες, που μπορούν να καλύψουν το σύνολο της περιοχής, "βλέποντας" όσο το δυνατόν μεγαλύτερο αριθμό σημείων. Η αποτύπωση των υπόλοιπων γίνεται με εξάρτηση από αυτά και με κάποια από τις γνωστές μεθόδους. Σημαντικό πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής έναντι της προηγούμενης είναι ότι κάθε σημείο προσδιορίζεται στη θέση του με μετρήσεις δύο μόνο μηκών και η τοποθέτηση του ενός σημείου δεν επηρεάζει αυτή του άλλου. Είναι λοιπόν απαραίτητο, πριν αναφερθούμε σε ορισμένες περιπτώσεις εφαρμογής της μεθόδου, να δώσουμε στοιχεία για τα όργανα και τις μεθόδους χάραξης καθέτων.

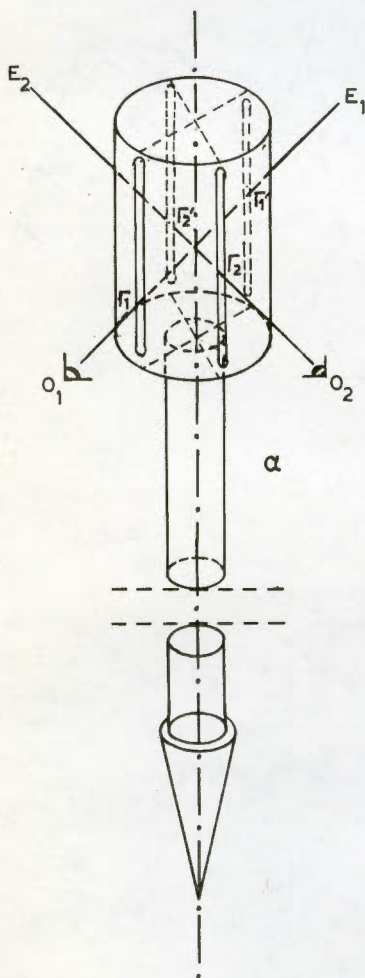


3.3.1 Μέθοδοι και όργανα χάραξης καθέτων

■ Μέθοδοι στηριζόμενες σε γεωμετρικές κατασκευές



α) Μία μέθοδος στηρίζεται στη γεωμετρική ιδιότητα ότι: η κάθετη από το κέντρο ενός κύκλου σε μία χορδή του διέρχεται από το μέσον της χορδής. Και αντιστρόφως, η ευθεία που διέρχεται από το κέντρο ενός κύκλου και από το μέσον μιας χορδής του είναι κάθετη στη χορδή. Έτσι, αν από το σημείο Σ, το οποίο θέλουμε να προβάλουμε, χρησιμοποιώντας μια μετροταινία ή ένα νήμα στο οποίο έχουμε προσαρμόσει σταθερά μία πρόκα, χαράζουμε έναν κύκλο, ο οποίος τέμνει τον άξονα στον οποίο θέλουμε να προβάλουμε το σημείο στα σημεία Α και Β, τότε το μέσον Μ του ευθύγραμμου τμήματος ΑΒ μας δίνει την προβολή του Σ στον άξονα αυτό.



Διοπτρικό ορθόγωνο

β) Ένας άλλος τρόπος στηρίζεται στο Πυθαγόρειο θεώρημα. Σύμφωνα με αυτό: το τετράγωνο της υποτεινουσας ενός ορθογωνίου τριγώνου ισούται με το άθροισμα των τετραγώνων των δύο κάθετων πλευρών. Και αντιστρόφως: αν το τετράγωνο μίας πλευράς ενός τριγώνου ισούται με το άθροισμα των τετραγώνων των δύο άλλων πλευρών του, τότε η γωνία απέναντι από την πρώτη πλευρά είναι ορθή. Με βάση το θεώρημα αυτό ένα τρίγωνο με πλευρές μήκους 3,4,5 μέτρων, ή εκατοστών ή άλλων μονάδων είναι ορθογώνιο, αφού $5^2=3^2+4^2=9+16=25$. Έτσι, αν κατασκευάσουμε ένα τέτοιο τρίγωνο, π.χ. με μία μετροταινία την οποία κρατάμε στην αρχή (στο 0), στα 3 μ., στα 7 (3+4) και στα 12 (7+5), τότε, αν φέρουμε την ένδειξη 12 μ. ώστε να συμπέσει με το 0 και τεντώσουμε τη μετροταινία, έτσι ώστε τα μεταξύ των σημείων που κρατάμε τμήματα να γίνουν ευθύγραμμα, τότε έχουμε κατασκευάσει ένα ορθογώνιο τρίγωνο. Είναι δυνατόν το τρίγωνο να κατασκευαστεί από νήμα ή από περισσότερο ανθεκτικό και σταθερό υλικό (ξύλο ή άλλο), μόνιμης η ρυθμιζόμενης σύνδεσης. Είναι φανερό ότι η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί και με οποιαδήποτε τριάδα αριθμών, που όλοι αποτελούν το ίδιο πολλαπλάσιο ή υποπολλαπλάσιο των αριθμών 3,4,5, π.χ. 18 (3Χ6), 24(4Χ6), 30(5Χ6).

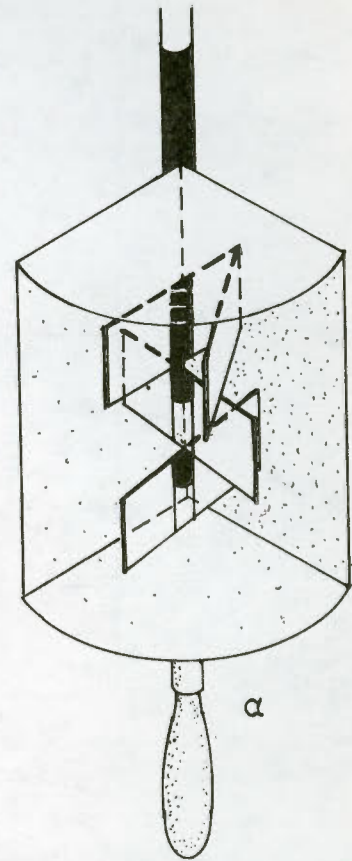
■ Χάραξη καθέτων με ορθόγωνα

Ένα βασικό όργανο, με το οποίο φέρουμε καθέτους είναι το ορθόγωνο. Έχουμε τρία είδη ορθογώνων, τα διοπτρικά, τα κατοπτρικά και τα πρισματικά. Οι θέσεις των ορθογώνων προβάλλονται στο έδαφος με νήματα της στάθμης ή με μεταλλικές ράβδους που φέρουν βαριά αιχμή στο κάτω μέρος, όπως αυτή του νήματος της στάθμης (στειλεούς), ώστε να μπορούν να κατακορυφώνονται εύκολα και να κρατώνται ακριβώς κάτω από το ορθόγωνο, να μπορούν δηλαδή να κατακορυφώνονται με το βάρος τους· ορισμένες φορές φέρουν ειδική διάταξη για το σκοπό αυτό.

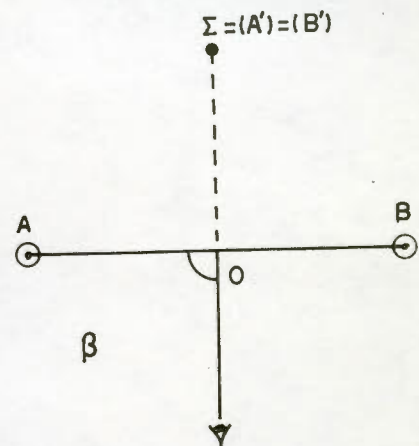
3.3.2 Μέθοδοι αποτύπωσης πολυγώνων με τη μέθοδο των προβολών

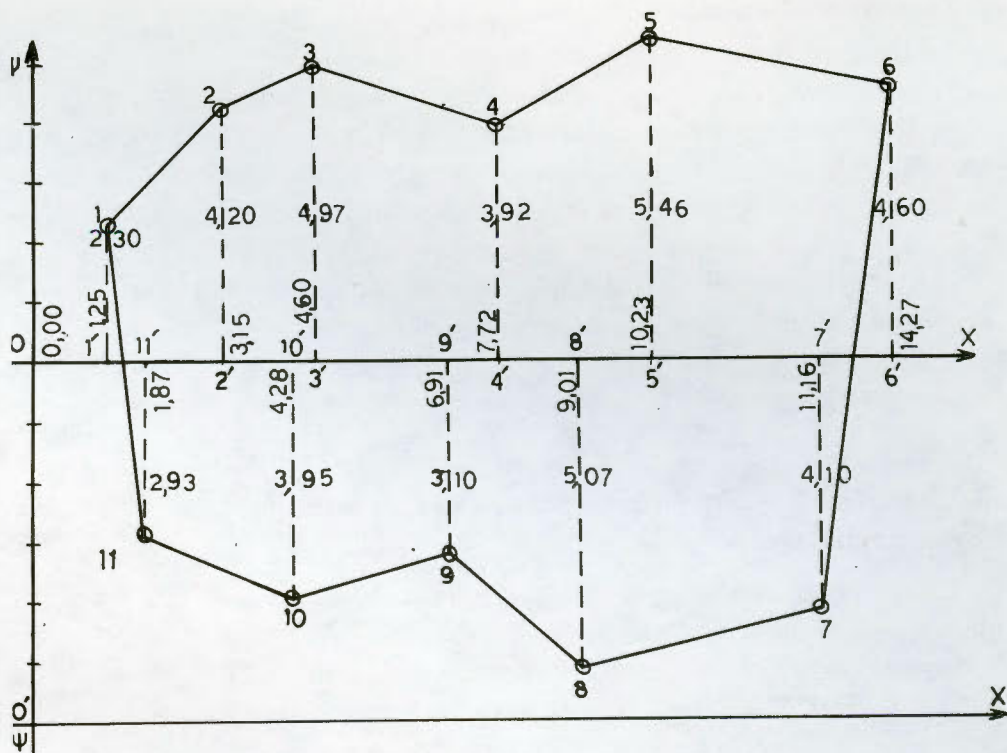
Είδαμε παραπάνω τη χρήση της μεθόδου των διαδοχικών τριγώνων στην αποτύπωση πολυγωνικών σχημάτων. Τώρα θα δούμε πώς χρησιμοποιούμε τη μέθοδο των προβολών, προκειμένου να ορίσουμε τις κορυφές ενός πολυγώνου με τις συντεταγμένες τους. Η μέθοδος αυτή αναφέρεται και ως μέθοδος ορθογώνιων συντεταγμένων.

Έστω ότι έχουμε προς αποτύπωση το πολύγωνο του σχήματος 3.4 το οποίο έχει 11 γωνίες. Ορίζουμε στο έδαφος έναν άξονα ΟΧ επί του οποίου προβάλλουμε όλα τα σημεία των κορυφών χρησιμοποιώντας έναν από τους τρόπους που αναφέραμε παραπάνω. Έστω ότι 1 έως 11 είναι οι κορυφές του πολυγώνου και αντίστοιχα 1' έως 11' οι προβολές τους στον υπόψη άξονα. Τότε το σχήμα προσδιορίζεται, αν μετρηθούν όλες οι αποστάσεις των κορυφών από τις προβολές τους (προβάλλουσες), δηλαδή οι 1-1', 2-2' έως 11-11', καθώς και οι αποστάσεις των προβολών 1', 2' έως 11' από μία αφετηρία, π.χ. το Ο στην περίπτωση μας. Οι αποστάσεις των προβολών καλό είναι να μετρώνται όλες από την αφετηρία Ο και όχι τμηματικά, δηλαδή, Ο-1', 1'-11', 11'-2', κ.τ.λ., διότι στην τμηματική μέτρηση το σφάλμα αθροίζεται στην επόμενη, ενώ όταν μετράμε από την αφετηρία, το σφάλμα στη μέτρηση της κάθε προβολής από την αφετηρία επηρεάζει μόνο την τοποθέτηση του σημείου αυτού και όχι και τα επόμενά του. Έτσι, κάθε κορυφή προσδιορίζεται με δύο μετρήσεις, μία αυτή της απόστασης της προβολής της από την αφετηρία των μετρήσεων (τετμημένη) και μία αυτή της απόστασης της κορυφής από τον άξονα (προβάλλουσα = τεταγμένη).



Διπλό κατοπτρικό ορθόγωνο





σχήμα 3.4

Αποτύπωση πολυγωνικού σχήματος με τη μέθοδο των προβολών

Ταυτίζουμε τον άξονα ΟΧ με τον άξονα των Χ και θεωρούμε ως άξονα των Ψ τον κάθετο στο Ο επί της ΟΧ. Αν θεωρήσουμε τον ΟΧ ως το θετικό ημιάξονα των Χ και τον ΟΨ ως τον θετικό ημιάξονα των Ψ, τότε οι αναγνώσεις στις θέσεις των προβολών αποτελούν τις τετμημένες (τα Χ) των κορυφών και τα μήκη των προβολών τις τεταγμένες (τα Ψ) των κορυφών. Εάν θεωρήσουμε ότι και το Ψ=0 βρίσκεται στο Ο, τότε είναι φανερό ότι οι τεταγμένες των 7, 8, 9, 10, 11 θα είναι αρνητικές, δηλαδή θα έχουν απόλυτη τιμή το μήκος της προβάλλουσας και πρόσημο αρνητικό (-). Αυτό μπορεί να αποφευχθεί, αν στο Ο δε δώσουμε Ψ=0, αλλά έναν άλλο αριθμό, μεγαλύτερο της μεγαλύτερης απόστασης των σημείων με αρνητική τεταγμένη (5,96 μ.), π.χ. την τεταγμένη Ψ=6 μ., οπότε οι μεν θετικές τεταγμένες των 1, 2, 3, 4, 5, 6 θα προκύψουν, ως προς τους νέους άξονες Ο'Χ' και Ο'Ψ (σχ. 3.4), από την πρόσθεση στο 6 των αποστάσεων από τον αρχικό άξονα (ΟΧ), οι δε τεταγμένες των 7, 8, 9, 10, 11 θα προκύψουν από την αφαίρεση από το 6 των αντίστοιχων αποστάσεων των σημείων από τον αρχικό άξονα. Στην πράξη δε διαφοροποιείται σε τίποτε η εργασία, είτε γίνει με τον ένα είτε με τον άλλο τρόπο, πέραν του ότι δεν έχουμε αρνητικούς αριθμούς.

Με το κέντρο όμως των συντεταγμένων ($X=0$ και $\Psi=0$) στο O τις μετράμε απευθείας στο σύνολό τους.

Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι είναι συχνά επιθυμητό να ορίζουμε τον άξονα από δύο σημεία του πολυγώνου που είναι απομακρυσμένα μεταξύ τους (π.χ. τα 1 και 7 ή τα 6 και 11) και πάνω σ' αυτόν να προβάλλουμε τα σημεία, ώστε το σχήμα να κατανέμεται εκατέρωθεν του άξονα και να μειώνονται τα μήκη των καθέτων. Έτσι αποφεύγουμε τη μέτρηση των προβολών των δύο σημείων των κορυφών επί του άξονα, αφού αυτές θα είναι 0.

Οι αποστάσεις σε όλες τις περιπτώσεις μετρώνται οριζόντιες ή, εφόσον για κάποιες αυτό δεν είναι δυνατόν, μπορεί να μετρηθούν κεκλιμένες και να αναχθούν σε οριζόντιες, αφού ληφθεί υπόψη η κλίση τους, μετρημένη π.χ. με ένα κλισίμετρο. Γενικά όμως η χάραξη καθέτων με ορθόγωνα δεν είναι εύκολη σε κεκλιμένα εδάφη. Είναι φανερό ότι και τη μέθοδο αυτή μπορούμε να την χρησιμοποιήσουμε στην αντιγραφή ενός σχήματος, αφού κάνουμε όλες τις εργασίες στο χαρτί.

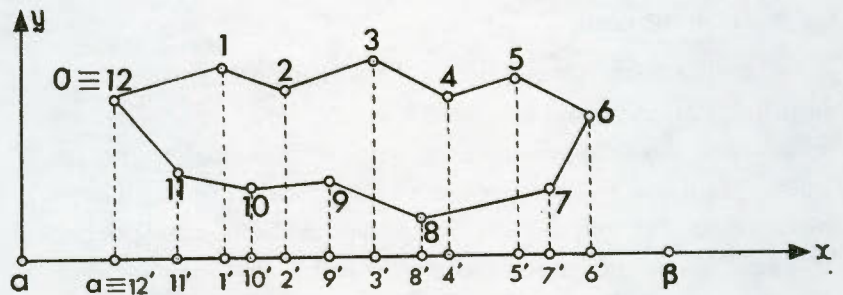
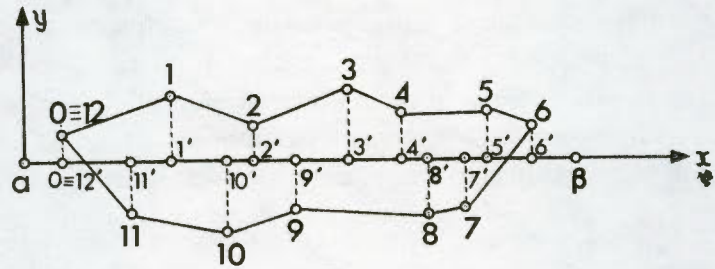
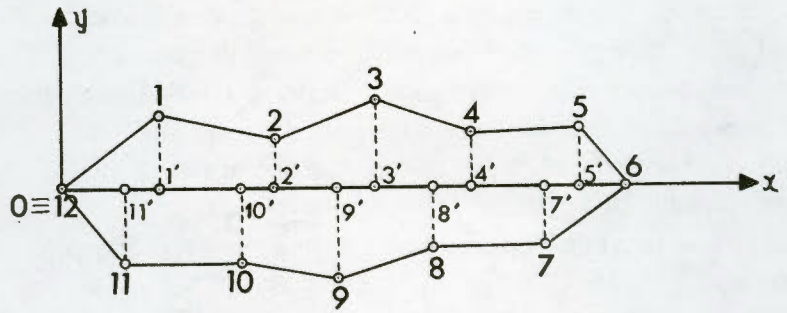
3.3.3 Σύγκριση των μεθόδων πλεονεκτήματα και επισημάνσεις

Θα πρέπει να αναφερθούμε εδώ στα βασικά πλεονεκτήματα της μεθόδου των προβολών, που είναι τα εξής: Πρώτον το γεγονός ότι τα σφάλματα που προκύπτουν είτε από τις μετρήσεις είτε από την διαδικασία της σχεδίασης περιορίζονται σε μεμονωμένα σημεία και δε μεταφέρεται το σφάλμα από το ένα σημείο στο άλλο, ώστε να έχουμε αθροιστική συσσώρευση σφαλμάτων από το πρώτο σημείο προς το τελευταίο. Δεύτερον η σταθερότητα των σημείων μπορεί κατά τη διάρκεια της απόδοσης να εντοπίσει τυχόν σφάλμα σε κάποιο σημείο, αφού οι συμπληρωματικές μετρήσεις, δεδομένης της σταθερότητας των σημείων, αποτελούν και στοιχεία ελέγχου.

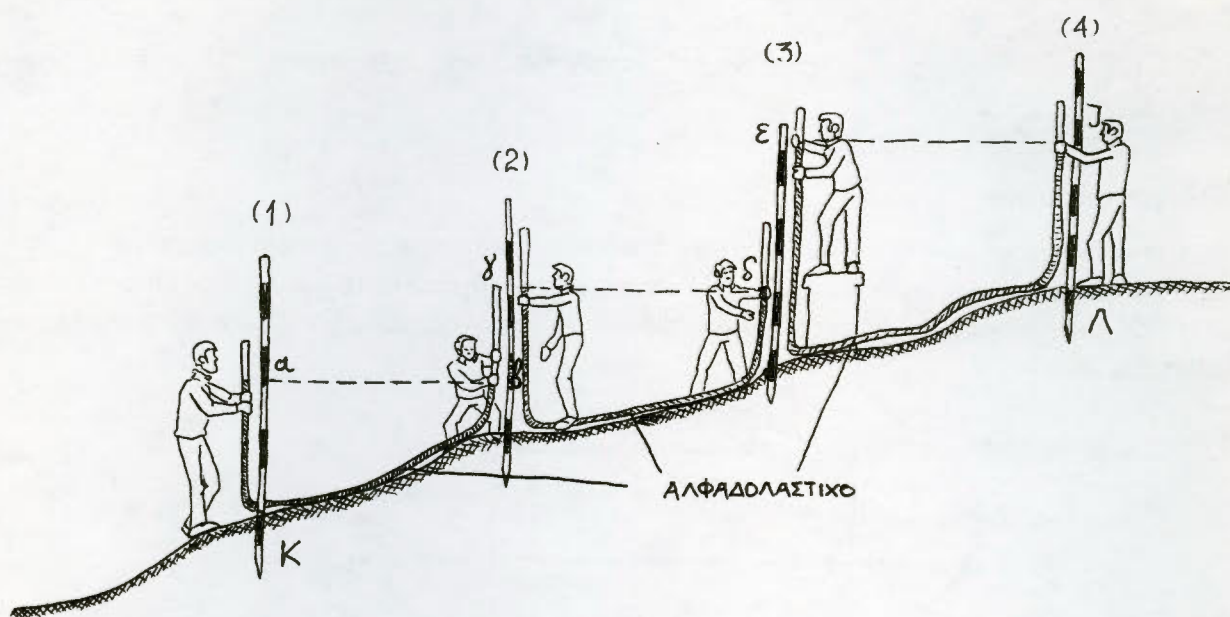
3.3.4 Μέθοδος αποτύπωσης με προβολές σε οποιοδήποτε σχήμα, που προκύπτει ως ένα σύνολο σημείων και γραμμών

Με ανάλογο τρόπο αντιμετωπίζουμε την αποτύπωση οποιουδήποτε σχήματος, που αποτελείται από ένα σύνολο σημείων και γραμμών, προκειμένου να αποδώσουμε την οριζοντιογραφία του (ή την κάτοψή του προκειμένου για κτίρια).

3.4 Ερωτήσεις



Τα παραπάνω διαγράμματα δείχνουν την αποτύπωση ενός γπέδου με τη μέθοδο των ορθογωνίων συντεταγμένων. Να σχολιάσετε τα διαγράμματα αυτά.



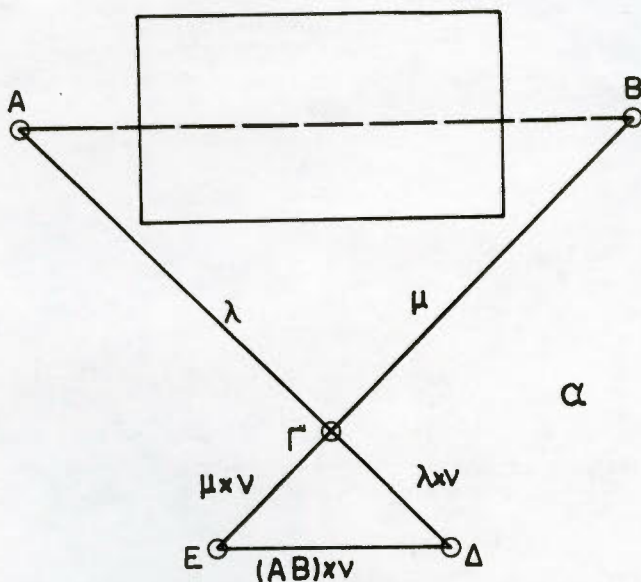
Αν η θεωρία είναι σημαντικότερο στοιχείο για τη γνώση, η πρακτική στο χώρο εργασίας είναι το μοναδικό μέσο για την ουσιαστική κατανόηση, αφομοίωση και εμπέδωση της θεωρίας.

Εργαστηριακές ασκήσεις

ΘΕΜΑ 1 Έμμεση μέτρηση μιας απόστασης με χρήση τριγώνων

I. Θεωρητικό μέρος

Με την εφαρμογή των τριγώνων και των προβολών μπορούμε να υπολογίσουμε μήκη ευθύγραμμων τμημάτων, τα οποία δεν μπορούν να μετρηθούν άμεσα, είτε επειδή δεν είναι προσιτά είτε επειδή δεν μπορούμε να τεντώσουμε μετροταινία (όταν παρεμβάλλεται μεταξύ τους ένα εμπόδιο, π.χ. ένα σπίτι).



Η μέθοδος των τριγώνων συνίσταται, συνήθως, στην κατασκευή όμοιων τριγώνων. Δύο τρίγωνα είναι όμοια, όταν έχουν όλες τις γωνίες τους ίσες μία προς μία, οπότε οι πλευρές που βρίσκονται απέναντι στις ίσες γωνίες είναι ανάλογες, δηλαδή ο λόγος των πλευρών τους (το πηλίκο των μηκών τους) είναι ίδιο. Ισχύει και το αντίστροφο· δηλαδή, αν οι πλευρές δύο τριγώνων είναι ανάλογες, τότε τα τρίγωνα είναι όμοια. Όλα τα ισόπλευρά τρίγωνα συνεπώς είναι όμοια, αφού όλες οι γωνίες τους είναι ίσες με 60° , ενώ τα ισοσκελή είναι ίσα, όταν έχουν τις γωνίες της κορυφής ίσες, π.χ. ως κατά κορυφήν.

Ένα παράδειγμα χρήσης όμοιων τριγώνων μας δίνει το παραπάνω σχήμα όπου μεταξύ των σημείων A και B παρεμβάλλεται ένα σπίτι. Κατασκευάζουμε ένα τρίγωνο με την κορυφή Γ σε τέτοια θέση, που να είναι δυνατόν να μετρηθούν οι ΑΓ και ΒΓ, αν στις προεκτάσεις των ΑΓ και ΒΓ προς το μέρος του Γ λάβουμε μήκη ΓΔ και ΓΕ αντίστοιχα τόσα, ώστε, αν $A\Gamma = \lambda$ και $B\Gamma = \mu$, να ισχύουν αντίστοιχα $\Gamma\Delta = \lambda\chi\nu$ και $\Gamma\epsilon = \mu\chi\nu$, όπου ν ο ίδιος αριθμός δεκαδικός (κατά προτίμηση για να είναι μικρό το μήκος, π.χ. 0,5) ή ακέραιος. Τότε, μετρώντας το μήκος της ΕΔ υπολογίζουμε το μήκος της ΑΒ $(E\Delta) = (A\B)\chi\nu \Rightarrow (A\B) = (E\Delta) / \nu$. Αν οι ΑΓ και ΒΓ είναι ίσες, τότε και οι ΕΓ και ΓΔ είναι μεταξύ τους ίσες. Τότε η αναλογία των ΕΓ και ΒΓ μας δίνει το λόγο $(E\Gamma) / (B\Gamma) = \nu$, με τον οποίο διαιρούμε το μήκος ΕΔ, για να βρούμε το μήκος της ΑΒ.

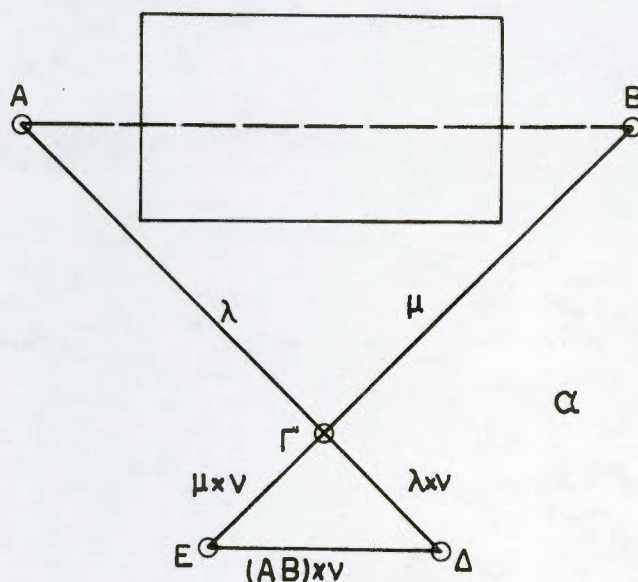
II. Πρακτικό μέρος

➤ Στόχος

Η απόκτηση ικανότητας:

- Στην επιλογή μεθόδου για την μέτρηση μιας απόστασης AB με χρήση τριγώνων.
- Στον προσδιορισμό της απόστασης AB από τις μετρήσεις.

➤ Σχέδιο έργου



➤ Όργανα και συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν

1. Πέντε ακόντια
2. Τέσσερα τρίποδα
3. Μία μετροταινία 30 μέτρων
4. Νήμα της στάθμης εφόσον τα ακόντια δε φέρουν σφαιρική αεροστάθμη.

➤ Πορεία εργασίας

Για να επιτευχθούν οι παραπάνω στόχοι, πρέπει:

- να πάρετε τα όργανα - υλικά και τις συσκευές από την αποθήκη του εργαστηρίου,
- να ορίσετε το σημείο Γ, ώστε να μπορούν να μετρηθούν οι αποστάσεις ΑΓ και ΒΓ,
- να μετρήσετε τις αποστάσεις ΑΓ και ΒΓ,
- στις προεκτάσεις των ΑΓ και ΒΓ προς το μέρος του Γ να πάρετε μήκη: ΓΔ=λxν και ΓΕ =μxν αντίστοιχα.

II. Υπολογιστικό μέρος

■ Γεωμετρική λύση

Ισχύει ότι:

$$\frac{ΕΓ}{ΒΓ} = \nu \quad \text{και} \quad ΕΔ = ΑΒ \cdot \nu$$

άρα προκύπτει:

$$\boxed{ΑΒ = \frac{ΕΔ}{\nu}}$$

■ Τριγωνομετρική λύση

Μετράμε την οριζόντια γωνία ΑΓΒ, χρησιμοποιώντας την τριγωνομετρική σχέση (νόμος των συνημιτόνων):

$$ΑΒ^2 = ΑΓ^2 + ΒΓ^2 - 2ΑΓ \cdot ΒΓ \cdot \text{συν}\Gamma$$

και βρίσκουμε ότι:

$$ΑΒ = \sqrt{ΑΓ^2 + ΒΓ^2 - 2ΑΓ \cdot ΒΓ \cdot \text{συν}\Gamma}$$

Έμμεση μέτρηση γωνιών

Μία γωνία μπορεί να μετρηθεί έμμεσα, αρκεί να σχηματίσουμε ένα τρίγωνο παίρνοντας από την κορυφή της στις πλευρές της δύο ευθύγραμμα τμήματα και κατασκευάζοντας έτσι ένα τρίγωνο. Εάν π.χ. η γωνία έχει κορυφή το Α και λάβουμε δύο τμήματα ΑΒ=γ και ΑΓ=β επί των πλευρών της και ακολούθως μετρήσουμε το τμήμα ΒΓ=α, τότε έχουμε τη σχέση:

$$\alpha^2 = \beta^2 + \gamma^2 \pm 2\beta\gamma \text{συν}A \quad (1),$$

όπου το + για Α αμβλεία και το - για Α οξεία. Από την σχέση (1) υπολογίζουμε το $\text{συν}A$ και συνεπώς την Α, αφού έχουμε μετρήσει τις τρεις πλευρές. Είναι φανερό ότι μπορούμε να κατασκευάσουμε το τρίγωνο από τις τρεις πλευρές του και να έχουμε γραφικά τη γωνία, την οποία μπορούμε και να μετρήσουμε.

III. Ερωτήσεις - Απαντήσεις

1. Ερώτηση:

Σε ποιες περιπτώσεις χρησιμοποιείται η έμμεση μέτρηση γωνιών;

Απάντηση:

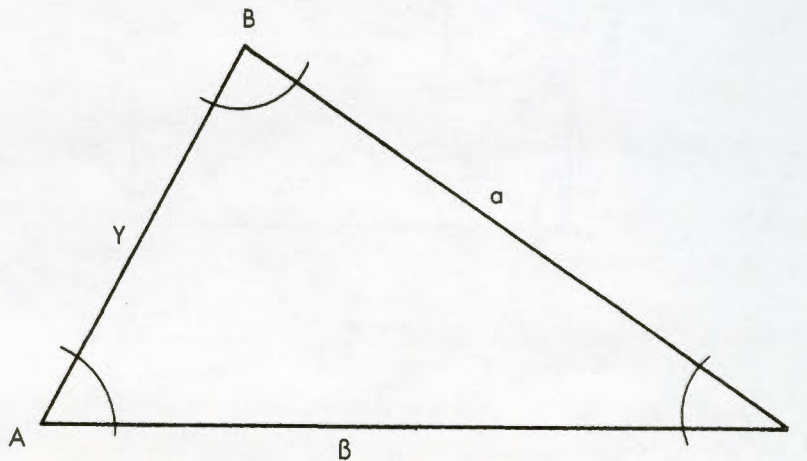
Η έμμεση μέτρηση χρησιμοποιείται εκεί όπου είναι αδύνατη η άμεση μέτρηση.

2. Ερώτηση:

Σε ένα οποιοδήποτε τρίγωνο ποιες σχέσεις ισχύουν; (Βασικές σχέσεις)

Απάντηση:

Σε ένα οποιοδήποτε τρίγωνο ισχύουν οι δύο παρακάτω βασικές σχέσεις:



1. Νόμος συνημιτόνων

$$\alpha^2 = \beta^2 + \gamma^2 - 2 \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \text{συν}A$$

$$\beta^2 = \alpha^2 + \gamma^2 - 2 \cdot \alpha \cdot \gamma \cdot \text{συν}B$$

$$\gamma^2 = \alpha^2 + \beta^2 - 2 \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \text{συν}Γ$$

2. Νόμος ημιτόνων

$$\frac{\alpha}{\eta\mu A} = \frac{\beta}{\eta\mu B} = \frac{\gamma}{\eta\mu \Gamma}$$

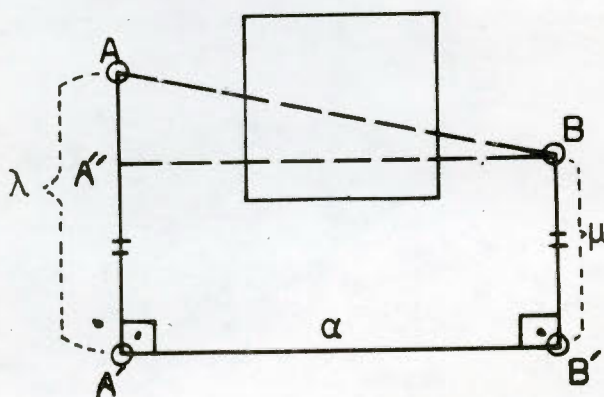
Σημείωση: Μια ειδική περίπτωση του νόμου των συνημιτόνων, που ισχύει όταν η γωνία A του τριγώνου ABΓ είναι 90° είναι το πυθαγόρειο θεώρημα,

$$\text{επειδή } \text{συν}90^\circ = 0 \quad \alpha^2 = \beta^2 + \gamma^2$$

ΘΕΜΑ 2 Έμμεση μέτρηση μιας απόστασης με χρήση προβολών

I. Θεωρητικό μέρος

Η μέτρηση μιας απόστασης με χρήση προβολών στηρίζεται στον υπολογισμό του μήκους από τις προβολές των A και B σε μία ευθυγραμμία, και στα μήκη των προβαλλουσών, τις οποίες μπορούμε να μετρήσουμε στο σύνολό τους. Το ακόλουθο σχήμα μας δίνει ένα παράδειγμα χρήσης των προβολών για τη μέτρηση μιας απόστασης.



Χρήση προβολών για τη μέτρηση μιας απόστασης

Αν A' και B' οι προβολές των A και B, και $A'B' = \alpha$, $AA' = \lambda$ και $BB' = \mu$. Αν πάρουμε $AA'' = B''B$, τότε το $A''A'B'B$ είναι ορθογώνιο παραλληλόγραμμο, η γωνία $AA''B$ ορθή και $A'B' = A''B$, οπότε από το πυθαγόρειο θεώρημα υπολογίζουμε την υποτείνουσα AB:

$$(AB)^2 = (A'B')^2 + (A''A)^2 \quad \text{ή} \quad (AB)^2 = (\alpha)^2 + (\lambda - \mu)^2$$

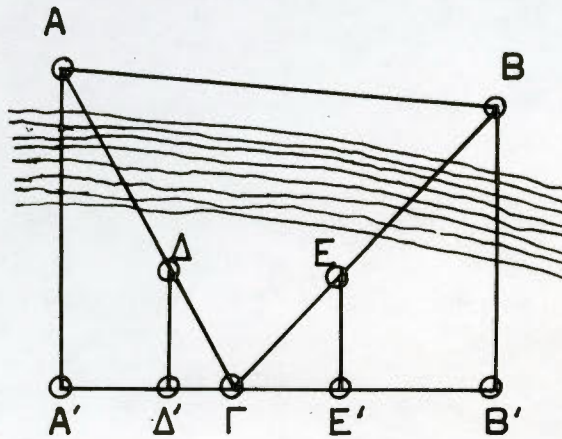
$$AB = \sqrt{(A'B')^2 + (A''A)^2} \quad \text{ή} \quad AB = \sqrt{\alpha^2 + (\lambda - \mu)^2}$$

Διευκρίνιση:

Μεταξύ των σημείων A και B μεσολαβεί εμπόδιο που είναι αδιάβατο και δεν υπάρχει αμοιβαία ορατότητα.

Μία σύνθετη περίπτωση βλέπουμε στο επόμενο σχήμα, όπου η AB υπολογίζεται από τις AA' και BB' και την $A'B'$, όπως αναφέραμε στο προηγούμενο παράδειγμα. Οι πλευρές όμως AA' και BB' δεν είναι δυνατόν να μετρηθούν λόγω εμποδίων και για το λόγο αυτό κατασκευάζονται και μετρώνται τα στοιχεία των όμοιων ορθογώνιων τριγώνων $\Gamma\Delta\Delta'$ και $\Gamma\epsilon\epsilon'$. Τα μετρηθέντα μήκη $\Delta\Delta'$ και $\epsilon\epsilon'$ μας δίνουν τα AA' και BB' με πολλαπλασιασμό τους επί τους λόγους $(\Gamma A')/(\Delta\Gamma) = \lambda_1$ και

$(\Gamma B)/(\Gamma E)=\lambda_2$ αντίστοιχα, αφού, λόγω της παραλληλίας των AA' , BB' με τις $\Delta\Delta'$ και EE' , τα τρίγωνα $\Gamma\Delta\Delta'$ και $\Gamma E E'$ είναι όμοια με τα $\Gamma A A'$ και $\Gamma B B'$ αντίστοιχα.



Χρήση προβολών για τη μέτρηση μιας απόστασης (σύνθετη περίπτωση)

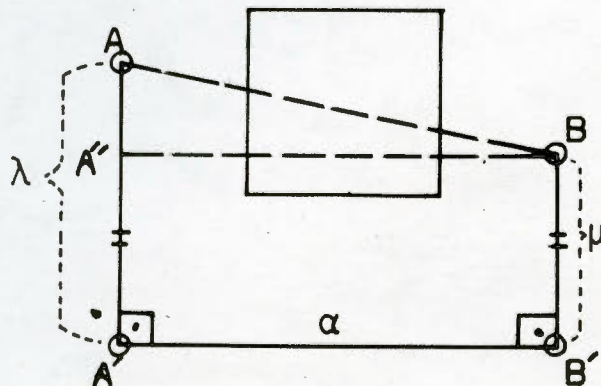
II. Πρακτικό μέρος

➤ Στόχος

Η απόκτηση ικανότητας:

- στην επιλογή μεθόδου για τη μέτρηση μιας απόστασης AB (μέθοδος προβολών),
- στη χρήση εργαλείων,
- στον προσδιορισμό της απόστασης AB από τις μετρήσεις.

➤ Σχέδιο έργου



➤ **Όργανα και συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν**

1. Πέντε ακόντια με τρίποδες
2. Ένα ορθόγωνο
3. Μια μετροταινία 30 μέτρων

➤ **Πορεία εργασίας**

Για να επιτευχθούν οι παραπάνω στόχοι, πρέπει:

- να πάρετε τα όργανα - υλικά και τις συσκευές από την αποθήκη του εργαστηρίου,
- να χαράζετε πάνω στο έδαφος την ευθυγραμμία $A'B'$,
- να φέρετε καθέτους AA' και BB' ως προς την ευθυγραμμία $A'B'$,
- να μετρήσετε τις αποστάσεις: AA' , BB' και $A'B'$.

II. Υπολογιστικό μέρος

Από το τρίγωνο ABA'' , που είναι ορθογώνιο, έχουμε:

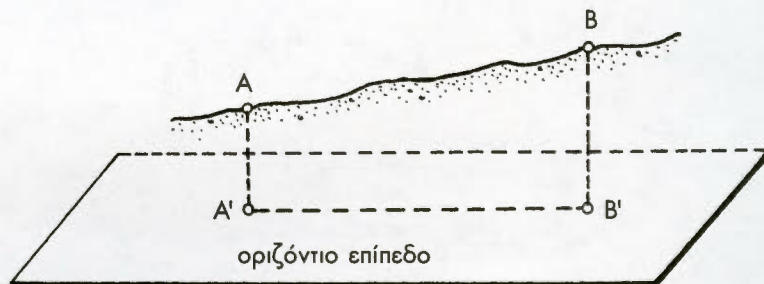
$$AB = \sqrt{\alpha^2 + (\lambda - \mu)^2}$$

ΘΕΜΑ 3 Πύκνωση - επέκταση ευθυγραμμίας με απλά μέσα (οπτική πύκνωση - επέκταση)

I. Θεωρητικό μέρος

Με τον όρο ευθυγραμμία εννοούμε την ευθεία που ορίζεται από δύο σημεία, δηλαδή τη Φ.Γ.Ε. Αν τα σημεία αυτά προβληθούν στο οριζόντιο επίπεδο, όπως έχουμε πει, οι προβολές τους ορίζουν την προβολή της ευθείας στο οριζόντιο επίπεδο (ορθή προβολή).

Στο σχήμα 3.1 φαίνονται δύο τέτοια σημεία A και B.



σχήμα 3.1

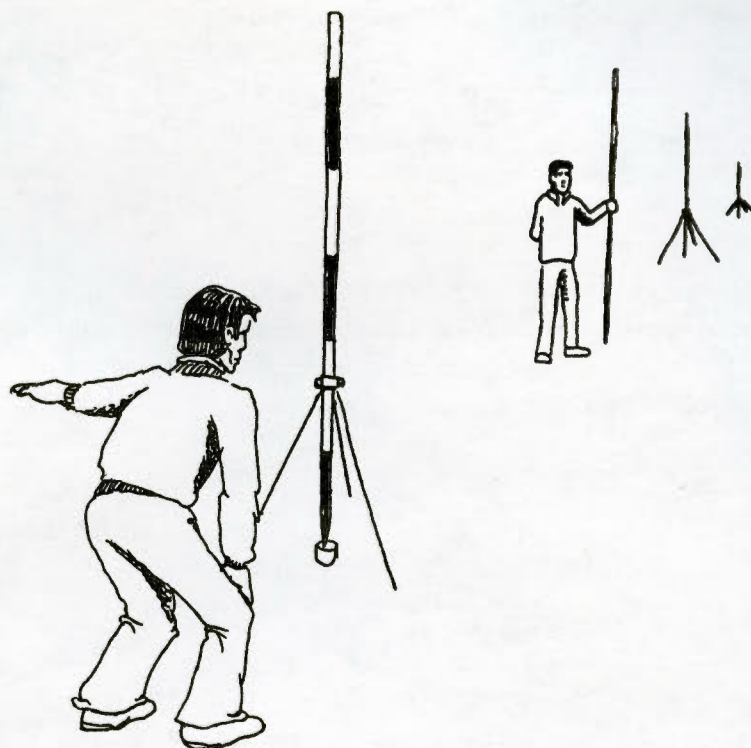
Ορθή προβολή των σημείων μιας ευθυγραμμίας

Λέμε ότι ένα άλλο σημείο βρίσκεται στην ευθυγραμμία AB, όταν η προβολή του στο οριζόντιο επίπεδο ανήκει στην οριζόντια προβολή της ευθείας AB.

Η τοποθέτηση του τρίτου σημείου μέσα στην ευθυγραμμία, μεταξύ δηλαδή των δύο αρχικών σημείων, λέγεται πύκνωση της ευθυγραμμίας, ενώ η τοποθέτησή του εκτός αυτής λέγεται επέκταση της ευθυγραμμίας.

Στην περίπτωση αυτή θα πραγματοποιήσουμε την πύκνωση της ευθυγραμμίας με οπτική τοποθέτηση σημείων. Η μέθοδος αυτή είναι πολύ απλή, όχι όμως και ακριβής. Είναι εύκολη η εφαρμογή της σε επίπεδα σχετικά εδάφη με μικρές κλίσεις.

Σ' αυτή την περίπτωση τα δύο σημεία που ορίζουν την ευθυγραμμία υλοποιούνται (επισημαίνονται) στο έδαφος με δύο ακόντια. Τα ακόντια τοποθετούνται κατακόρυφα με τη βοήθεια του νήματός της στάθμης, ή με τη βοήθεια μιας ειδικής σφαιρικής αεροστάθμης που μπορεί να προσαρμοστεί πάνω σε αυτά.



σχήμα 3.2
Πύκνωση ευθυγραμμίας



σχήμα 3.3
Κατακορύφωση ακοντίου

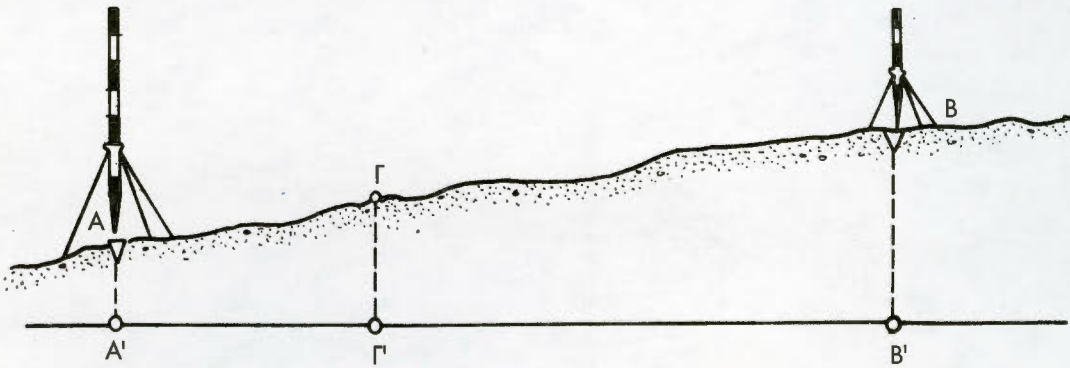
II. Πρακτικό μέρος

➤ Στόχος

Η απόκτηση ικανότητας:

- α. στο χειρισμό οργάνων και συσκευών,
- β. στην οπτική πύκνωση ευθυγραμμίας

➤ Σχέδιο έργου (οπτική πύκνωση ευθυγραμμίας)



➤ Όργανα και συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν

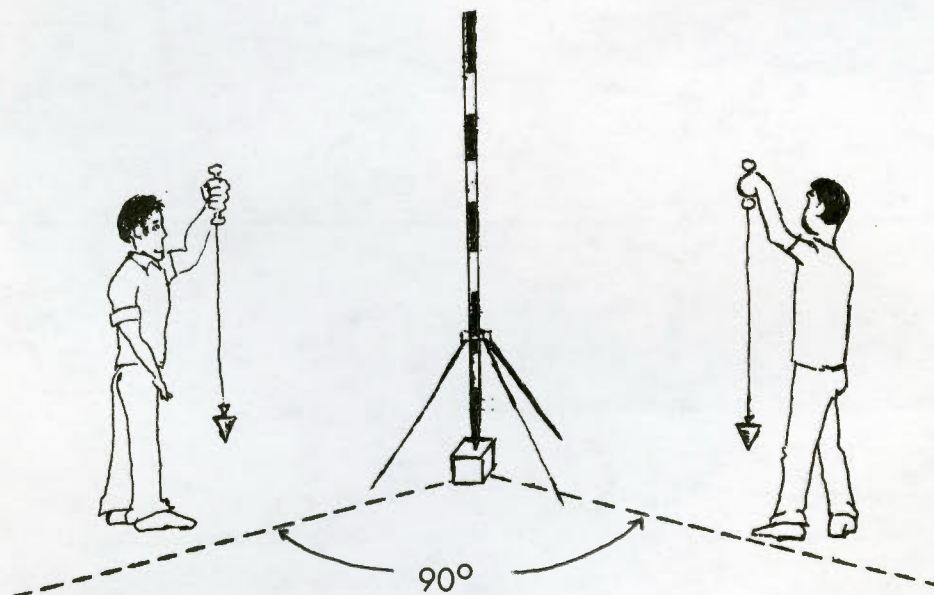
1. Τρία ακόντια με τρίποδα
2. Μια μετροταινία μήκους 25 μέτρων
3. Το νήμα της στάθμης εφόσον τα ακόντια δε φέρουν σφαιρική αεροστάθμη.

➤ Πορεία εργασίας

Για να πετύχετε τον παραπάνω στόχο πρέπει:

- Να συγκεντρώσετε τα όργανα και υλικά στο χώρο εργασίας.
- Ένας από τους παρατηρητές να τοποθετηθεί στο σημείο Β, το οποίο απέχει από το Α 3 - 5 m, και με τη βοήθεια του ματιού του να προσπαθεί, μετακινούμενος δεξιά ή αριστερά, να φέρει σε σύμπτωση τα δύο ακόντια, οπότε και τα δύο ακόντια θα βρίσκονται στην ίδια ευθεία με το μάτι του.

- Ένας δεύτερος παρατηρητής, κρατώντας κατακόρυφα ένα τρίτο ακόντιο, μετακινείται δεξιά - αριστερά σε σχέση με την ευθυγραμμία, μέχρις ότου ο πρώτος παρατηρητής διαπιστώσει ότι το τρίτο ακόντιο συμπίπτει με τα άλλα δύο. Έτσι, σημειώνεται στο έδαφος το νέο σημείο Γ.
- Σε περίπτωση που θέλουμε να απέχει το τρίτο σημείο Γ ορισμένη απόσταση από το Α, απλώνουμε τη μετροταινία από το Α μέχρι το Γ υλοποιώντας την ευθυγραμμία ΑΓ στο έδαφος, μετράμε το μήκος που θέλουμε και τοποθετούμε το σημείο Γ στη νέα θέση.



Ένα ακόντιο είναι κατακόρυφο όταν ταυτίζεται με τη λιναία

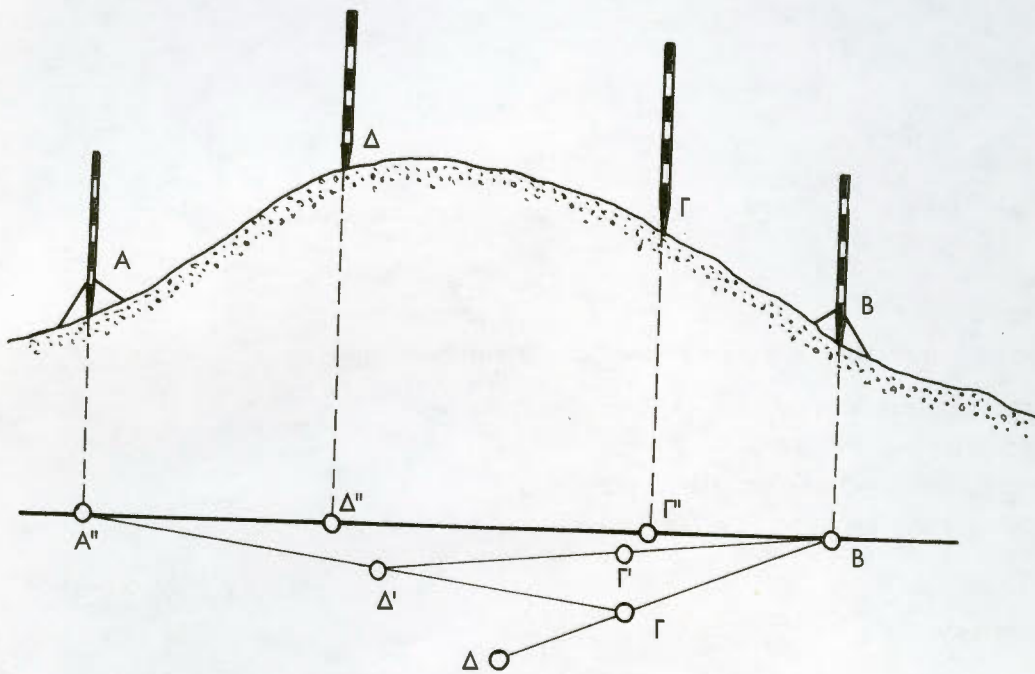
Σημείωση:

Με τον ίδιο τρόπο γίνεται η επέκταση της ευθυγραμμίας προς το Β ή το Α.

ΘΕΜΑ 4 Πύκνωση - επέκταση ευθυγραμμίας με ακόντια και διαδοχικές προσεγγίσεις

I. Θεωρητικό μέρος

Έστω ότι θέλουμε να πραγματοποιήσουμε πύκνωση ευθυγραμμίας και τα σημεία A και B δεν είναι ορατά μεταξύ τους επειδή παρεμβάλλεται κάποιο εμπόδιο ή επειδή είναι γωνίες δύο κτιρίων. Αφού δεν είναι δυνατόν να τοποθετηθεί κάποιος σε τέτοια θέση, ώστε να πετύχει την πύκνωση με τον τρόπο περιγράφεται στο προηγούμενο θέμα, εφαρμόζεται εδώ η μέθοδος των διαδοχικών προσεγγίσεων.



σχήμα 4.1

Μέθοδος πύκνωσης ευθυγραμμίας σε περίπτωση που παρεμβάλλεται εμπόδιο

Στο θέμα αυτό θα πραγματοποιήσουμε πύκνωση ευθυγραμμίας, σε περίπτωση που τα άκρα της είναι γωνίες κτιρίων.

II. Πρακτικό μέρος

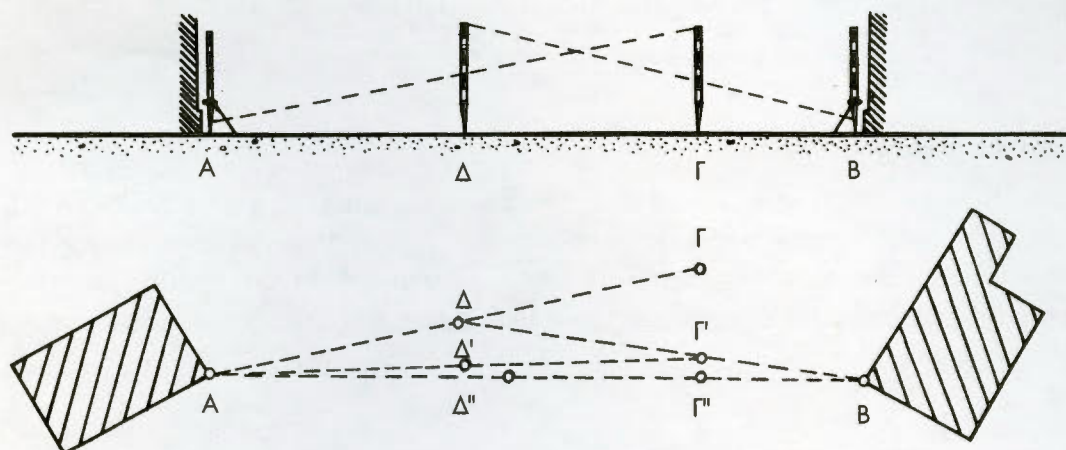
➤ Στόχος

Η απόκτηση ικανότητας:

α. στο χειρισμό οργάνων και συσκευών,

β. στην εκλογή της κατάλληλης μεθόδου σε κάθε περίπτωση.

➤ Σχέδιο έργου



Μέθοδος πύκνωσης σε περίπτωση που τα άκρα της ευθυγραμμίας είναι γωνίες κτιρίων

➤ Όργανα - συσκευές και υλικά που θα χρησιμοποιηθούν

1. Τέσσερα κοντάρια με τους τρίποδές τους
2. Ένα ράμμα
3. Μια μετροταινία μήκους 20 μέτρων
4. Το νήμα της στάθμης (2 τεμ.)

➤ Πορεία εργασίας

Για να πετύχετε τον παραπάνω στόχο πρέπει:

- Να συγκεντρώσετε τα όργανα και υλικά στο χώρο του εργαστηρίου
- Να τοποθετήσετε το ακόντιο Γ σε τυχαίο σημείο.
- Να τοποθετήσετε το τέταρτο ακόντιο στο σημείο Δ μέσα στην ευθυγραμμία ΑΓ με τον τρόπο που περιγράψαμε προηγουμένως, κοιτάζοντας από πίσω από το Γ.
- Να μετακινήσετε το ακόντιο Γ σε νέα θέση Γ' μέσα στην ευθυγραμμία ΒΔ ελέγχοντας συγχρόνως με το μάτι την ευθυγραμμία πίσω από το σημείο Δ.
- Να μετακινήσετε το Δ σε νέα θέση Δ' μέσα στην ευθυγραμμία ΑΓ' και να συνεχίσετε, μέχρις ότου τα σημεία λάβουν τελικά τις θέσεις Δ'' και Γ''.

- Να διαπιστώσετε ότι τα σημεία Γ'' , Δ'' και A είναι σε ευθυγραμμία (εάν κοιτάζουμε από το Γ'' προς το A), αλλά και τα σημεία Δ'' , Γ'' και B είναι σε ευθυγραμμία (εάν κοιτάζουμε από το Δ'' προς το B). Αν αυτό συμβαίνει ταυτόχρονα για τις παραπάνω τριάδες των σημείων, τότε και τα τέσσερα σημεία είναι στην ίδια ευθεία.

III. Ερωτήσεις - Απαντήσεις

ΕΡ: Πώς μπορούμε να υλοποιήσουμε πύκνωση μιας ευθυγραμμίας με τη βοήθεια ράμματος ή μετροταινίας;

ΑΠ: Η τοποθέτηση ενός σημείου ανάμεσα στα σημεία A και B μιας ευθυγραμμίας μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη βοήθεια μιας μετροταινίας, όταν το μήκος της επαρκεί για να καλύψει την απόσταση AB. Αντίθετα, με ένα λεπτό σπάγκο (ράμμα). Χρησιμοποιώντας αυτά τα μέσα έχουμε άμεση υλοποίηση της ευθυγραμμίας στο έδαφος, είναι δηλαδή ορατή η ευθεία που δημιουργούν τα δύο σημεία.

Έτσι, μετακινούμενοι κατά μήκος της μετροταινίας ή του ράμματος, τοποθετούμε το σημείο στην επιθυμητή θέση και σε δεδομένη απόσταση από το A.

ΕΡ: Πώς πραγματοποιείται η επέκταση μιας ευθυγραμμίας με τη βοήθεια ράμματος;

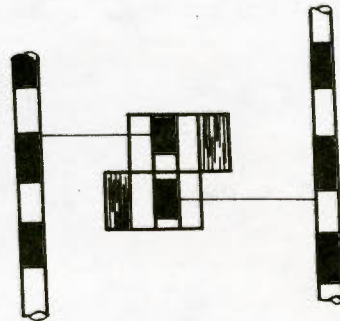
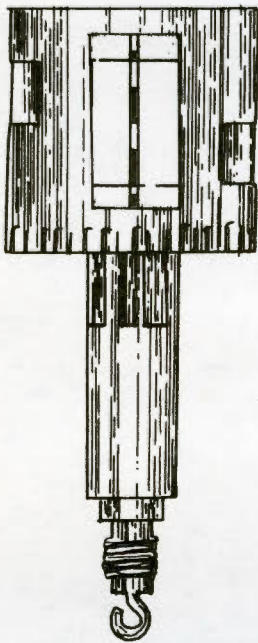
ΑΠ: Τοποθετούμε το ράμμα ή τη μετροταινία, έτσι ώστε να περνά από τα A και B και την προεκτείνουμε προς την πλευρά προς την οποία θέλουμε να πετύχουμε την επέκταση. Ο τρόπος αυτός εφαρμόζεται σε εδάφη που δεν παρουσιάζουν εμπόδια όπως δέντρα, θάμνοι, κ.τ.λ.

ΘΕΜΑ 5 Πύκνωση ευθυγραμμίας με ορθόγωνο

I. Θεωρητικό μέρος

Το ορθόγωνο είναι ένα βασικό τοπογραφικό όργανο, το οποίο για πολλά χρόνια χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση ευθυγραμμιών πύκνωσης ή επέκτασης.

Ένα διπλό ορθόγωνο, φαίνεται στο σχήμα 5.1. Αποτελείται από δύο πρίσματα, τοποθετημένα το ένα πάνω στο άλλο. Τα πρίσματα αυτά λόγω της κατασκευής τους έχουν τη ιδιότητα να εκτρέπουν την ακτίνα φωτός που εισέρχεται σ' αυτά κατά 90° . Η όλη κατασκευή είναι τοποθετημένη σε θήκη. Στο κάτω μέρος της θήκης υπάρχει ένα ειδικό ακόντιο (στυλαιός) με αεροστάθμη, ή νήμα της στάθμης (λιναίη), ώστε να είναι δυνατή η προβολή του σημείου στο έδαφος κατά τη διεύθυνση της κατακόρυφου.



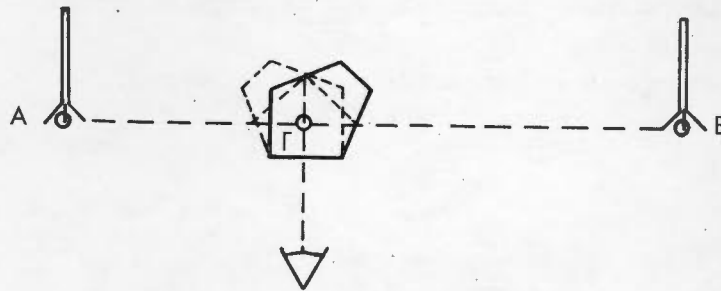
σχήμα 5.1
Το διπλό ορθόγωνο

II. Πρακτικό μέρος

➤ Στόχος

- Η απόκτηση ικανότητας:
- στη χρήση του ορθογώνου.
 - στην πύκνωση ευθυγραμμίας.

➤ Σχέδιο έργου



➤ Όργανα - συσκευές και υλικά που θα χρησιμοποιηθούν

1. Δύο ακόντια με τρίποδα
2. Ένα διπλό ορθόγωνο
3. Ένα νήμα της στάθμης

➤ Πορεία εργασίας

Για να πετύχετε τον παραπάνω στόχο πρέπει:

- Να συγκεντρώσετε τα όργανα και τα υλικά στο χώρο εργασίας.
- Να υλοποιήσετε τα σημεία A και B με ακόντια τοποθετημένα κατακόρυφα.
- Ο παρατηρητής που κρατάει το ορθόγωνο να μετακινείται κάθετα προς την AB (εμπρός-πίσω) μέχρις ότου να δει μέσα στο ορθόγωνο τα ακόντια σε σύμπτωση.
- Στη θέση αυτή, με τη βοήθεια του στυλαιοῦ ή του νήματος της στάθμης, να σημειώσετε επάνω στο έδαφος το σημείο που βρίσκεται ανάμεσα στα A και B.

III. Ερωτήσεις:

- 1) Σε ποιες περιπτώσεις μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ορθόγωνο και σε ποιες όχι;
- 2) Το ορθόγωνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επέκταση ευθυγραμμίας;
- 3) Μπορούμε να χαράξουμε κάθετες ευθείες με το ορθόγωνο;

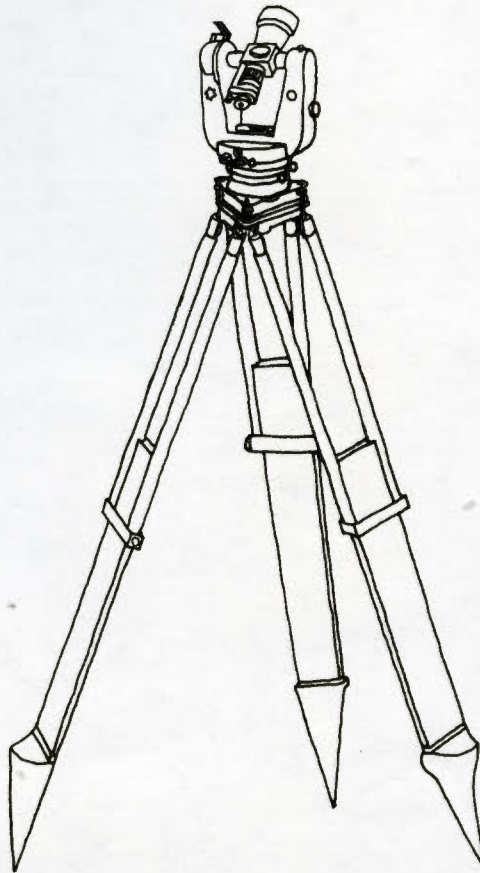


Διπλό πρισματικό ορθόγωνο

ΘΕΜΑ 6 Πύκνωση - επέκταση ευθυγραμμίας με το θεοδόλιχο

I. Θεωρητικό μέρος

Η πύκνωση και η επέκταση μιας ευθυγραμμίας με το θεοδόλιχο είναι μέθοδος εύκολη στην εφαρμογή της και τα αποτελέσματά της είναι πιο ασφαλή από εκείνα των προηγούμενων μεθόδων.



Το θεοδόλιχο πριν από κάθε εργασία πρέπει:

1. Να τοποθετείται στη σωστή του θέση.
2. Ο πρωτεύοντας άξονας να γίνει κατακόρυφος, ανεξάρτητα από το είδος του θεοδολιχου, οπτικό - μηχανικό ή ηλεκτρονικό.

Η πρώτη ενέργεια δηλαδή η τοποθέτηση του θεοδολιχου στη σωστή του θέση, σημαίνει ότι τοποθετείται σε τέτοια θέση ώστε αν ο πρωτεύοντας άξονας νοητά προεκταθεί προς το έδαφος, πρέπει να περνά από το σημείο του εδάφους που πρόκειται να γίνει η μέτρηση.

Η διαδικασία αυτή ονομάζεται κέντρωση του θεοδολιχου και επιτυγχάνεται με ειδικά σκοπευτικά συστήματα που έχει το θεοδολιχο, είτε στο κύριο μέρος, είτε στο τρικόχλιο, μπορεί επίσης να γίνει, όχι με καλή ακρίβεια, με τη χρήση του νήματος της στάθμης που αναρτάται σε ειδική θέση στον τρίποδα.

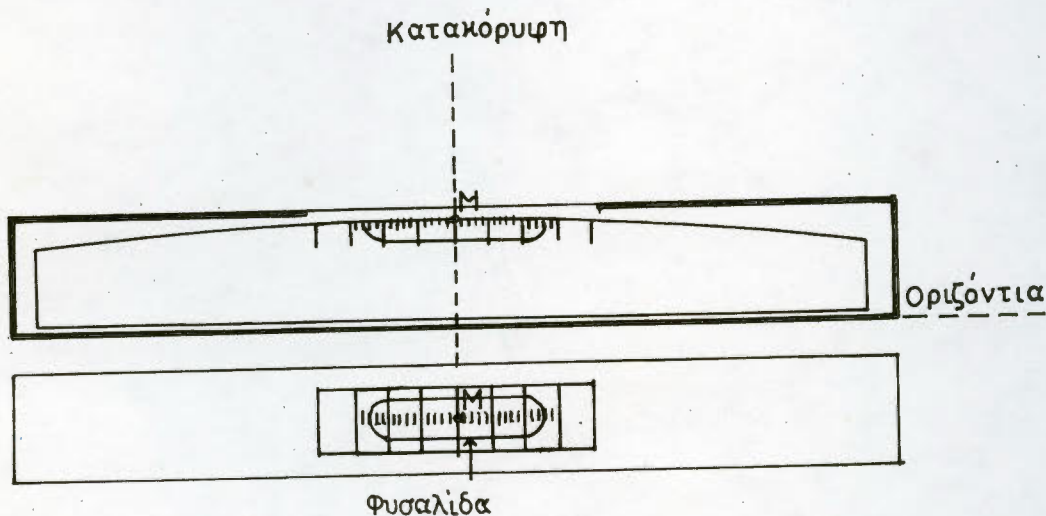
Πολλά σημερινά ηλεκτρονικά θεοδολιχα εκπέμπουν από τη βάση τους ακτίνες laser με τη βοήθεια των οποίων γίνεται η κέντρωση.

Η δεύτερη ενέργεια, δηλαδή να γίνει ο πρωτεύοντας άξονας κατακόρυφος, επιτυγχάνεται με τη βοήθεια της αεροστάθμης και του τρικόχλιου και λέγεται οριζοντίωση του θεοδόλιχου.

Η αεροστάθμη είναι ένας μικρός σωλήνας με υγρό σχεδόν γεμάτος με μια φυσαλίδα αέρα. Είναι τοποθετημένη στο κύριο σώμα του θεοδόλιχου, παράλληλα με τον δευτερεύοντα άξονα.

Όταν η φυσαλίδα βρίσκεται στη θέση που φαίνεται στο σχήμα 6.1, ο πρωτεύοντας άξονας είναι κατακόρυφος και ο δεύτερος οριζόντιος. Τότε η φυσαλίδα βρίσκεται στο κανονικό σημείο της αεροστάθμης.

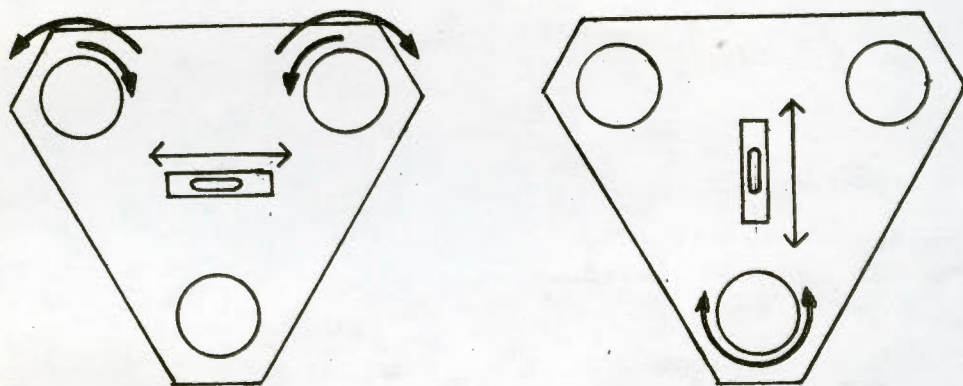
Φέρουμε τη φυσαλίδα στο κανονικό σημείο, χρησιμοποιώντας τις βίδες (κοχλίες) που βρίσκονται πάνω στο τρικόχλιο.



σχήμα 6.1

Τομή και κάτοψη αεροστάθμης

Το τρικόχλιο έχει τρεις κοχλίες που σχηματίζουν μεταξύ τους ένα ισόπλευρο τρίγωνο. Βλέπε σχήμα 6.2



σχήμα 6.2

Τρικόχλιο και αεροστάθμη στις δύο φάσεις οριζοντίωσης

Στην αρχή στρέφεται το σώμα του θεοδόλιχου ώστε να γίνει η αεροστάθμη παράλληλη με τους δύο κοχλίες, περιστρέφοντάς τους ταυτόχρονα και με αντίθετη φορά, φέρουμε τη φυσαλίδα στο κανονικό σημείο. Μετά περιστρέφουμε πάλι το θεοδόλιχο και φέρουμε την αεροστάθμη παράλληλη προς τον τρίτο κοχλία και με τη βοήθεια αυτού φέρουμε τη φυσαλίδα στο κανονικό σημείο.

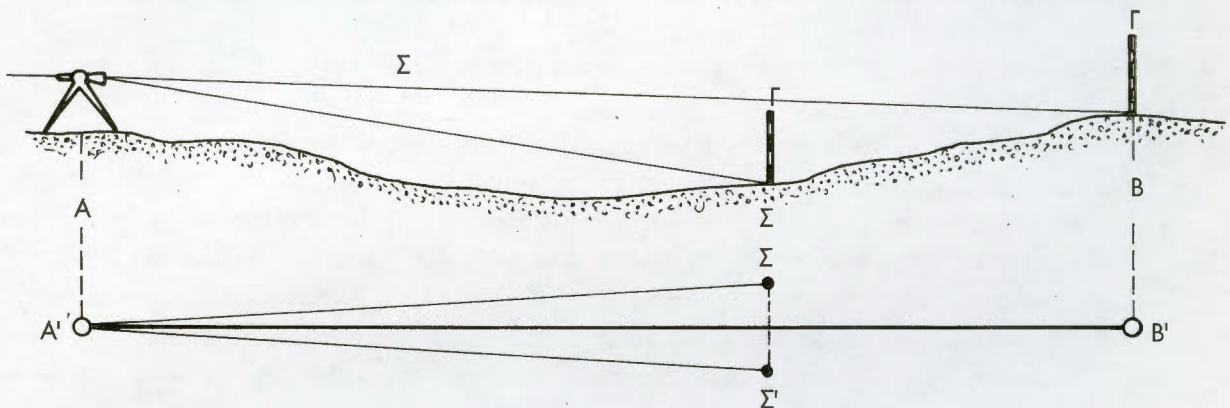
II. Πρακτικό μέρος

➤ Στόχος

Η απόκτηση ικανότητας:

- α. στο χειρισμό οργάνων - συσκευών.
- β. στην εξοικείωση με το θεοδόλιχο.

➤ Σχέδιο έργου



➤ Όργανα - συσκευές και υλικά που θα χρησιμοποιηθούν

1. Ένα θεοδόλιχο
2. Ένας στόχος (μπορεί να είναι ανακλαστήρας ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων για ηλεκτρονικά όργανα).
3. Πάσσαλοι για την υλοποίηση των ενδιάμεσων σημείων

Σε περίπτωση χρήσης θεοδολιχου με Leizer αρκεί η παρακολούθηση της υλοποιούμενης κόκκινης κουκίδας.

➤ Πορεία εργασίας

Για να πετύχετε τον παραπάνω στόχο πρέπει:

- Να συγκεντρώσετε τα όργανα και τα υλικά στο χώρο εργασίας.
- Να τοποθετήσετε το θεοδόλιχο μαζί με τον τρίποδα στο σημείο A.
- Να κάνετε την κέντρωση και την οριζοντίωση του θεοδολιχου.
- Να τοποθετήσετε στο σημείο B κατακόρυφο ακόντιο.

- Να σκοπεύσετε με το τηλεσκόπιο του θεοδόλιχου το ακόντιο Β, έτσι ώστε το κατακόρυφο νήμα του σταυρονήματος να συμπέσει με το ακόντιο.
- Να σταθεροποιήσετε το θεοδόλιχο σ' αυτή τη θέση, έτσι ώστε να μην περιστρέφεται γύρω από τον κατακόρυφο άξονά του.
- Ο στοχοφόρος, κρατώντας κατακόρυφα ένα ακόντιο, πρέπει να κινηθεί κάθετα προς την ευθυγραμμία ΑΒ (δεξιά-αριστερά ως προς τον παρατηρητή). Όταν το ακόντιο του στοχοφόρου συμπέσει με το κατακόρυφο νήμα του σταυρονήματος, βρίσκεται μέσα στην ευθυγραμμία.
- Στη θέση αυτή τοποθετείται το σημείο Σ επάνω στο έδαφος.
- Να κάνετε έλεγχο όλων των προηγούμενων ενεργειών ως εξής:
 - Να σκοπεύσετε το ακόντιο που βρίσκεται στο σημείο Β, φέρνοντας το τηλεσκόπιο σε δεύτερη θέση και διχοτομώντας με το κατακόρυφο νήμα το ακόντιο.
 - Να κινείτε μόνο το τηλεσκόπιο γύρω από τον άξονα ΔΔ', με σταθεροποιημένο το θεοδόλιχο και να παρακολουθείτε την κίνησή του αυτή. Αν βλέπει το κέντρο του σταυρονήματος, περνά από το σημείο Σ. Αν αυτό συμβαίνει όλη η διαδικασία θεωρείται σωστή και μένει σταθερή η θέση του σημείου Σ. Αν όχι, τότε ορίζεται κοντά στο Σ ένα δεύτερο σημείο το Σ'. Ως τελικό σημείο της ευθυγραμμίας λαμβάνεται το μέσο του ευθύγραμμου τμήματος ΣΣ'. Επειδή το μήκος ΣΣ' είναι λίγα εκατοστά του μέτρου, εύκολα μπορούμε να βρούμε το μέσο του ΣΣ' χρησιμοποιώντας μια μετροταινία ή ένα υποδεκάμετρο.

III. Ερωτήσεις - Απαντήσεις

ΕΡ: Εάν πρόκειται να πραγματοποιήσετε επέκταση ευθυγραμμίας του θέματος ό, να περιγράψετε τον τρόπο με το οποίο θα το πετύχετε.

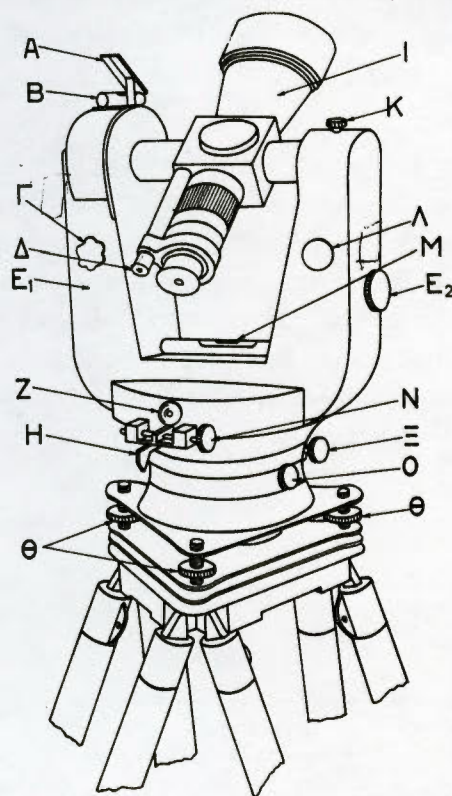
ΑΠ: Πρόκειται να γίνει επέκταση της ευθυγραμμίας προς το μέρος του σημείου Α και για το σκοπό αυτό:

1. Κεντρώνουμε και οριζοντιώνουμε το θεοδόλιχο στο σημείο Α.
2. Τοποθετούμε κατακόρυφο ακόντιο στο σημείο Β.
3. Σκοπεύουμε το ακόντιο στο Β.
4. Σταθεροποιούμε το θεοδόλιχο (όπως στην πύκνωση).
5. Περιστρέφουμε το τηλεσκόπιο μόνο γύρω από το δευτερεύοντα άξονα ΔΔ'.
6. Κοιτάζουμε προς την πλευρά που θα γίνει η επέκταση της ευθυγραμμίας.
7. Ο στοχοφόρος κινείται μέχρι να επιτευχθεί η σύμπτωση ακοντίου - σταυρονήματος (όπως στην πύκνωση).
8. Ορίζουμε προσωρινά το σημείο στο έδαφος.
9. Κάνουμε τον τελικό έλεγχο των εργασιών μας, όπως γίνεται και στην πύκνωση της ευθυγραμμίας.

ΕΡ: Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένα τοπογραφικό όργανο.

1. Να αναγνωρίσετε το όργανο αυτό.

2. Να δώσετε την ονομασία καθενός από τα αριθμημένα μέρη του στον πίνακα.



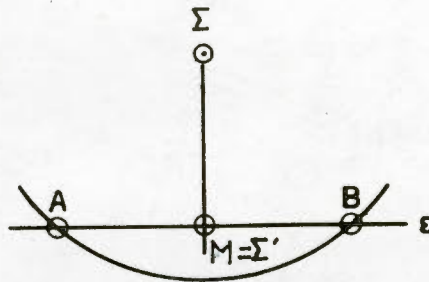
ΑΠ:

Ονομασίες αριθμημένων μερών	Αριθμός
Κάτοπτρο αεροστάθμης δείκτη κατακόρυφων γωνιών	1
Αεροστάθμη δείκτη κατακόρυφων γωνιών	2
Διορθωτικός κοχλίας δείκτη κατακόρυφων γωνιών	3
Μικροσκόπιο ανάγνωσης οριζόντιων και κατακόρυφων γωνιών	4
Κοχλίας χειρισμού οπτικού μικρόμετρου κατακόρυφων γωνιών	5
Κοχλίας χειρισμού οπτικού μικρόμετρου οριζόντιων γωνιών	6
Προσοφθάλμιο σύστημα ελέγχου κέντρωσης θεοδόλιχου	7
Ανασταλτικός κοχλίας περιστροφής δείκτη οριζόντιων γωνιών	8
Ρυθμιστικοί κοχλίες οριζοντίωσης θεοδόλιχου	9
Τηλεσκόπιο	10
Ανασταλτικός κοχλίας περιστροφής τηλεσκοπίου	11
Μικροκινητήριος κοχλίας περιστροφής τηλεσκοπίου	12
Αεροστάθμη οριζοντίωσης οργάνου	13
Μικροκινητήριος κοχλίας περιστροφής δείκτη οριζόντιων γωνιών	14
Μικροκινητήριος κοχλίας περιστροφής οριζόντιου δίσκου	15
Ανασταλτικός κοχλίας περιστροφής οριζόντιου δίσκου	16

ΘΕΜΑ 7 Χάραξη γραμμών κάθετων στο έδαφος με τη βοήθεια μετροταινίας

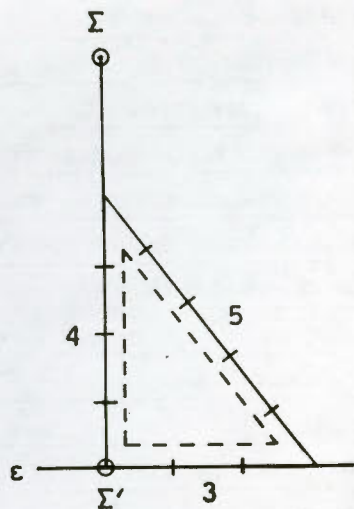
I. Θεωρητικό μέρος

Από το μάθημα της Γεωμετρίας γνωρίζουμε ότι η κάθετη από το κέντρο ενός κύκλου σε μια χορδή του διέρχεται από το μέσον της χορδής αυτής. Και αντιστρόφως, η ευθεία, που διέρχεται από το κέντρο ενός κύκλου και το μέσον μιας χορδής του, είναι κάθετη στη χορδή αυτή. Έτσι, αν από το σημείο Σ (σχ. 7.1), το οποίο θέλουμε να προβάλλουμε, με μια μετροταινία ή ένα νήμα στο οποίο έχουμε προσαρμόσει σταθερά μια πρόκα χαράζουμε έναν κύκλο, ο οποίος τέμνει τον άξονα στον οποίο θέλουμε να προβάλλουμε το σημείο Σ στα σημεία A και B, τότε το μέσον M του ευθύγραμμου τμήματος AB μας δίνει την προβολή του Σ στον άξονα αυτό.



σχήμα 7.1

Χάραξη καθέτου σε μία ευθεία που ορίζεται από δύο σημεία (A-B)



σχήμα 7.2

Χάραξη καθέτου με βάση το Πυθαγόρειο θεώρημα

Ένας άλλος τρόπος χάραξης κάθετων γραμμών στηρίζεται στο Πυθαγόρειο θεώρημα. Σύμφωνα με αυτό: το τετράγωνο της υποτεινουσας ενός ορθογωνίου τριγώνου ισούται με το άθροισμα των τετραγώνων των δύο κάθετων πλευρών. Και αντιστρόφως: αν το τετράγωνο της μίας

πλευράς ενός τριγώνου ισούται με το άθροισμα των τετραγώνων των δύο άλλων πλευρών του, τότε η γωνία απέναντι από την πρώτη πλευρά είναι ορθή. Με βάση το θεώρημα αυτό ένα τρίγωνο με πλευρές μήκους 3,4,5 μέτρων ή εκατοστών, ή άλλων μονάδων είναι ορθογώνιο, αφού $5^2=3^2+4^2=9+16=25$.

Έτσι, αν κατασκευάσουμε ένα τέτοιο τρίγωνο, π.χ. με μια μετροταινία την οποία κρατάμε στην αρχή (στο 0), στα 3 μ., στα 7 (3+4) και στα 12 (7+5), τότε, αν η ένδειξη 12 μ. συμπέσει με το 0 και τεντώσουμε τη μετροταινία, έτσι ώστε τα μεταξύ των σημείων τμήματα να γίνουν ευθύγραμμα, έχουμε κατασκευάσει ένα ορθογώνιο τρίγωνο. Είναι δυνατόν το τρίγωνο να κατασκευαστεί από νήμα ή από κάποιο περισσότερο ανθεκτικό και πιο σταθερό υλικό π.χ. ξύλο ή άλλο υλικό, μόνη ή ρυθμιζόμενης σύνδεσης. Είναι φανερό ότι η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί και με οποιαδήποτε τριάδα αριθμών, που όλοι αποτελούν το ίδιο πολλαπλάσιο ή υποπολλαπλάσιο των αριθμών 3,4,5, π.χ. το 18 (3x6), το 24 (4x6), το 30 (5x6).

Στην πράξη σε εργασίες αποτύπωσης, πολλές φορές είναι ανάγκη να χαράξουμε (να υλοποιήσουμε) πάνω στο έδαφος ευθείες γραμμές κάθετες μεταξύ τους.

Τέτοιου είδους εργασίες συναντάμε συχνά στη χάραξη των θεμελίων μιας οικοδομής, στην κατασκευή πλατειών, στην οριοθέτηση οικοπέδων, στη χάραξη αξόνων οδών κ.τ.λ.

Συχνά δε διαθέτουμε αρκετά τεχνικά μέσα για να κάνουμε αυτές τις εργασίες. Άλλοτε πάλι η έκταση, στην οποία θα γίνουν οι εργασίες αυτές είναι μικρή και δεν συμφέρει από άποψη χρόνου να διαθέσουμε έναν άρτιο εξοπλισμό ο οποίος πρέπει να χρησιμοποιηθεί σε άλλες, πιο πολύπλοκες εργασίες.

Στο θέμα αυτό θα ασχοληθούμε με τη χάραξη κάθετων γραμμών πάνω στο έδαφος, με τη χρήση μετροταινίας.

Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι μπορούμε να χαράξουμε ορθή γωνία με τη μέθοδο του ισόπλευρου τριγώνου. Προκειμένου να χαράξουμε ορθή γωνία με αυτή τη μέθοδο χρειάζονται τρεις πάσσαλοι και μια μετροταινία.

Επίσης μπορούμε να χαράξουμε μια ορθή γωνία στο έδαφος με τη μέθοδο του ίσοσκελούς τριγώνου. Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στις ιδιότητες των ίσοσκελών τριγώνων.

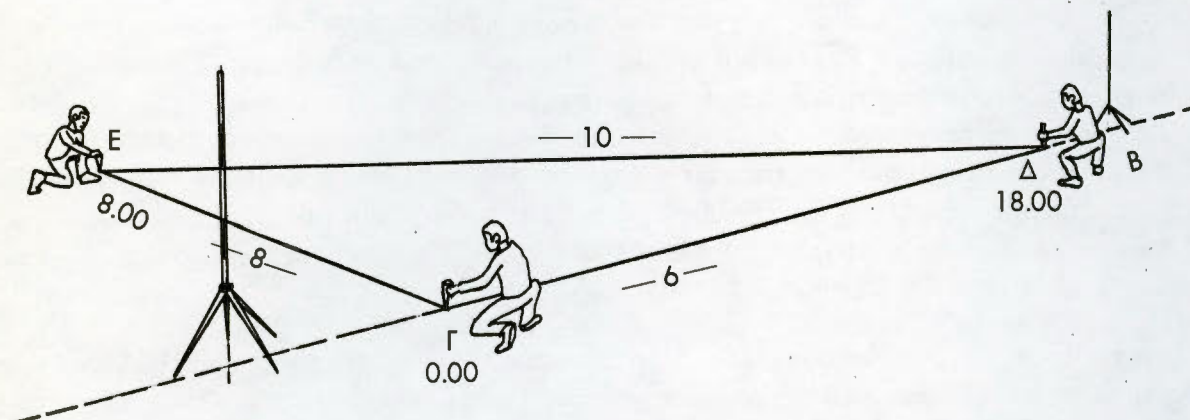
II. Πρακτικό μέρος

► Στόχος

Η απόκτηση ικανότητας:

- α. στο χειρισμό οργάνων.
- β. στις μετρήσεις με μετροταινία.
- γ. στη χάραξη καθέτων στο έδαφος.

➤ Σχέδιο έργου



Στην ευθυγραμμία AB θέλουμε να φέρουμε κάθετη στο σημείο Γ που είναι μέσα σ' αυτή.
Τουλάχιστον μία κάθετη πλευρά πρέπει να είναι οριζόντια.

➤ Όργανα - συσκευές και υλικά που θα χρησιμοποιηθούν

1. Δύο ακόντια με τρίποδες
2. Μια μετροταινία 25 μέτρων μήκους

➤ Πορεία εργασίας

Για να πετύχετε τον παραπάνω στόχο πρέπει:

- Να συγκεντρώσετε τα όργανα και τα υλικά στο χώρο εργασίας.
- Να τοποθετήσετε τη μετροταινία τεντωμένη στο έδαφος με την αρχή της στο σημείο Γ και την ένδειξη 18 m στο Δ.
- Ο τρίτος μαθητής της ομάδας κρατώντας τη μετροταινία στην ένδειξη 8 m να κινηθεί προς το μέρος προς το οποίο θέλουμε να φέρουμε την κάθετη.
- Από τον τρίτο της ομάδας, να σημειωθεί στο έδαφος το σημείο E, όταν και τα δύο τμήματα της μετροταινίας θα είναι τεντωμένα.

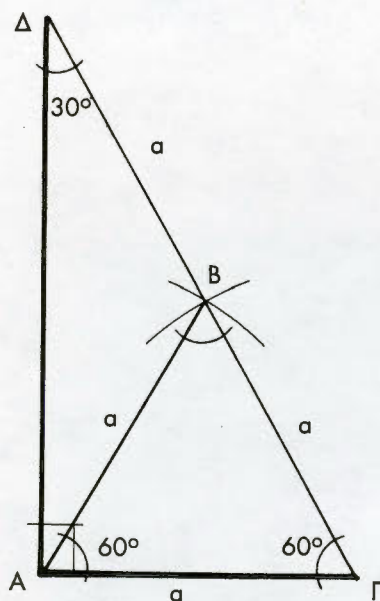
III. Ερωτήσεις - Απαντήσεις

ΕΡ: Μπορούμε να χαράξουμε στο έδαφος μια ορθή γωνία με τη μέθοδο του ισόπλευρου τριγώνου; Αν ναι, πώς επιτυγχάνεται η χάραξη αυτή;

ΑΠ: Μπορούμε να χαράξουμε μια ορθή γωνία με τη μέθοδο του ισόπλευρου τριγώνου. Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στις ιδιότητες που έχουν τα ισόπλευρα τρίγωνα.

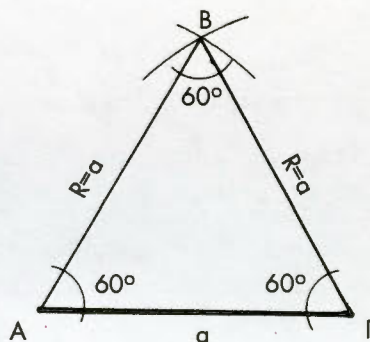
Η χάραξη της ορθής γωνίας στο έδαφος πραγματοποιείται όπως περιγράφεται παρακάτω: Χαράζουμε στο έδαφος ένα ισόπλευρο τρίγωνο με τη βοήθεια τριών πασσάλων και μιας μετροταινίας ως εξής:

- 1) Ορίζεται το μήκος της πλευράς a του ισόπλευρου τριγώνου.
- 2) Το μήκος αυτό επαναλαμβάνεται τρεις φορές μεταξύ των τριών πασσάλων ωσότου η αρχή της μετροταινίας να συμπέσει με την ένδειξη που εκφράζει το τριπλάσιο της πλευράς του ισόπλευρου τριγώνου.



σχήμα 7.4

Το τρίγωνο $AD\Gamma$ είναι ορθογώνιο κατά την γωνία A

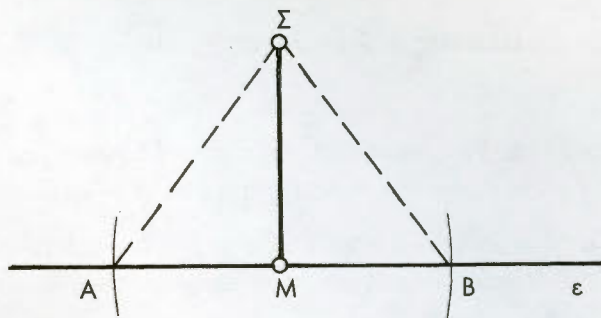


σχήμα 7.3
Ισόπλευρο τρίγωνο

- 3) Προεκτείνοντας την πλευρά $B\Gamma$ σε απόσταση ίση με το μήκος της πλευράς του ισόπλευρου τριγώνου έχουμε:

$$B\Delta = B\Gamma$$

- 4) Ενώστε το σημείο Δ με την κατακόρυφη A . Το τρίγωνο $AD\Gamma$ που προκύπτει είναι ορθογώνιο κατά τη γωνία A .



σχήμα 7.5

Χάραξη καθέτου με τη μέθοδο του ισοσκελούς τριγώνου

ΕΡ: Μπορούμε να χαράζουμε στο έδαφος, ή στο χαρτί μια ορθή γωνία με την μέθοδο του ισοσκελούς τριγώνου;

ΑΠ: Έστω ότι έχουμε την ευθυγραμμία ϵ και θέλουμε να υψώσουμε κάθετη στο σημείο M . Ορίζουμε τα σημεία A και B έτσι ώστε $AM=MB$.

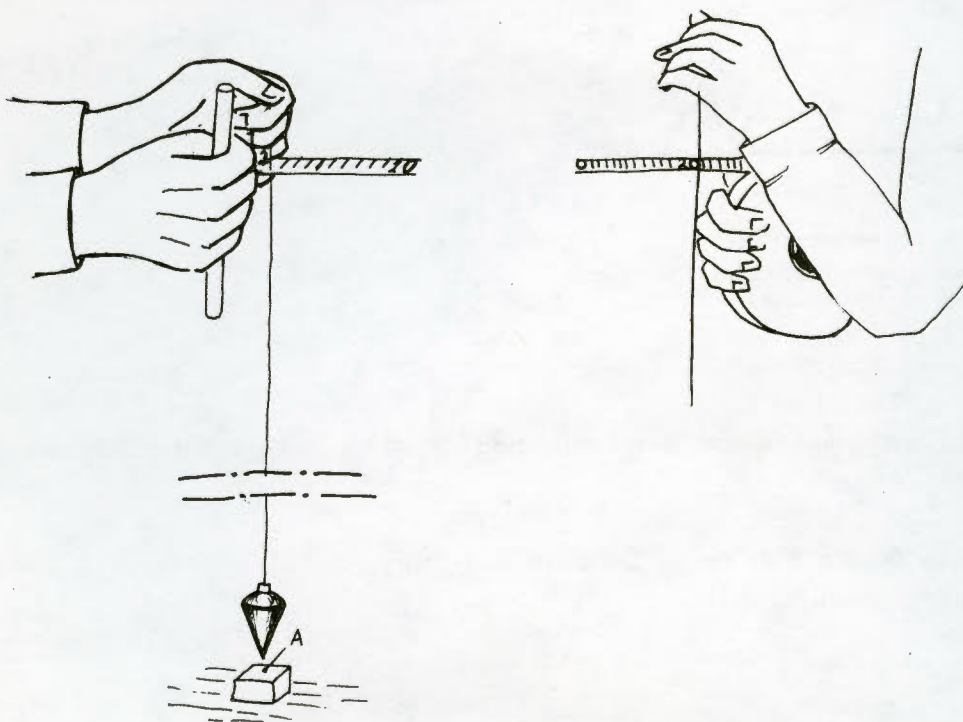
Ύστερα στερεώνουμε τα άκρα ενός ράμματος στα σημεία A και B , τεντώνουμε το ράμμα κρατώντας το στο μέσον $\Sigma' = M$.

Είναι φανερό ότι μετά το τέντωμα του ράμματος τα $A\Sigma'$ και $\Sigma'B$ θα είναι ίσα. Λόγω αυτής της ισότητας η διάμεσος ΣM είναι συγχρόνως και ύψος του ισοσκελούς τριγώνου $A\Sigma B$. Άρα $\Sigma M \perp AB$.

ΕΡ: Πώς πραγματοποιείται η άμεση μέτρηση απόστασης AB με μετροταινία;

ΑΠ: Η μέτρηση μιας απόστασης AB με μετροταινία πραγματοποιείται από δύο μετρητές. Ο κάθε μετρητής πρέπει να έχει ένα νήμα της στάθμης.

Ο πρώτος κρατάει το ελεύθερο άκρο της ταινίας και ο δεύτερος τη θήκη της μετροταινίας και συγχρόνως κινείται στην ευθυγραμμία.



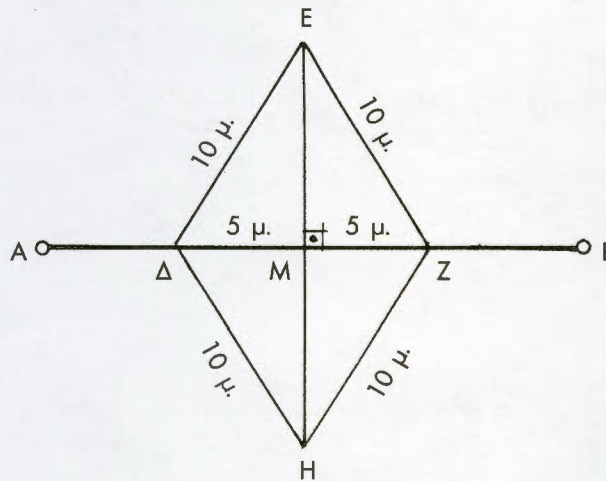
ΕΡ: Τι πρέπει να προσέχουμε όταν μετράμε μια απόσταση με μετροταινία, ώστε να εξασφαλίσουμε μεγαλύτερη ακρίβεια στη μέτρηση;

ΑΠ: Για να εξασφαλίζεται μεγαλύτερη ακρίβεια στις μετρήσεις με μετροταινία πρέπει:

- 1) Να τεντώνεται η μετροταινία όσο το δυνατόν περισσότερο. Αυτό δεν είναι τόσο εύκολο όσο φαίνεται αρχικά, ειδικά όταν φυσάει άνεμος.
- 2) Να εξασφαλίζεται οριζοντιότητα της μετροταινίας.
- 3) Οι μετρητές να είναι εξοικειωμένοι στην ανάγνωση των αποτελεσμάτων.

Ερωτήσεις

Το παρακάτω σχήμα δίνει μια τοπογραφική εργασία. Να δώσετε τίτλο στην εργασία αυτή και να περιγράψετε τον τρόπο με τον οποίο αυτή πραγματοποιείται.



Υπόδειξη

Να θυμηθείτε τις ιδιότητες των ισόπλευρων τριγώνων



ΘΕΜΑ 8 Χάραξη κάθετων ευθειών με το ορθόγωνο

I. Θεωρητικό μέρος

Το διπλό ορθόγωνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη χάραξη κάθετων ευθειών ή ορθών γωνιών. Στο θέμα αυτό θα χαράξουμε κάθετη σε ευθεία AB από σημείο Γ που βρίσκεται πάνω σ' αυτή.

II. Πρακτικό μέρος

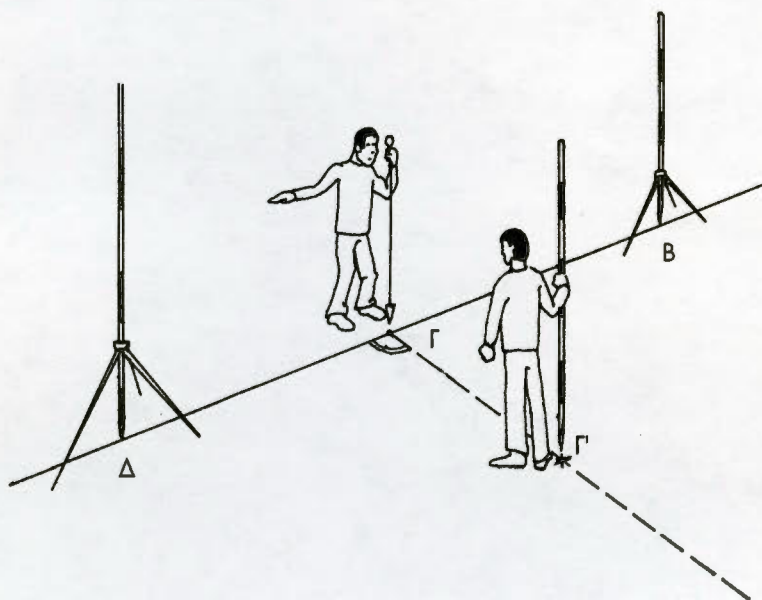
➤ Στόχος

Η απόκτηση ικανότητας:

α. στο χειρισμό οργάνων και συσκευών

β. στη χάραξη κάθετων ευθειών

➤ Σχέδιο έργου



► **Όργανα και συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν**

1. Δύο ακόντια με τρίποδες
2. Ένα ακόντιο
3. Ένα διπλό ορθόγωνο

► **Πορεία εργασίας**

Για να πετύχετε τον παραπάνω στόχο πρέπει:

- Να συγκεντρώσετε τα όργανα και τα υλικά στο χώρο εργασίας.
- Στα άκρα της ευθυγραμμίας AB να τοποθετήσετε τα ακόντια κατακόρυφα.
- Ο παρατηρητής με το διπλό ορθόγωνο, το οποίο φέρει νήμα της στάθμης ή ειδικό στυλαίο, να κινηθεί μέσα στην ευθυγραμμία ωσότου βρεθεί πάνω από υλοποιημένο σημείο Γ.
- Ο στοχοφόρος με ακόντιο να κινείται απέναντι από τον παρατηρητή και τη στιγμή που ο παρατηρητής δει στο ορθόγωνο, να ταυτίζεται το ακόντιο του στοχοφόρου με τα άλλα ακόντια, έχει πραγματοποιηθεί η χάραξη της καθέτου από το σημείο Γ πάνω στην AB.

III. Ερωτήσεις - Απαντήσεις

ΕΡ: Σε ποιες περιπτώσεις μπορεί να εφαρμοστεί η μέθοδος χάραξης κάθετης γραμμής σε ευθεία πάνω στο έδαφος;

ΑΠ: Για να εφαρμοστεί η μέθοδος αυτή το έδαφος πρέπει:

- 1) Να είναι σχετικά επίπεδο.
- 2) Να έχει μικρές κλίσεις δηλαδή να είναι σχεδόν οριζόντιο.
- 3) Να μην υπάρχουν εμπόδια μεταξύ των σημείων, δηλαδή να είναι αυτά αμοιβαία ορατά.

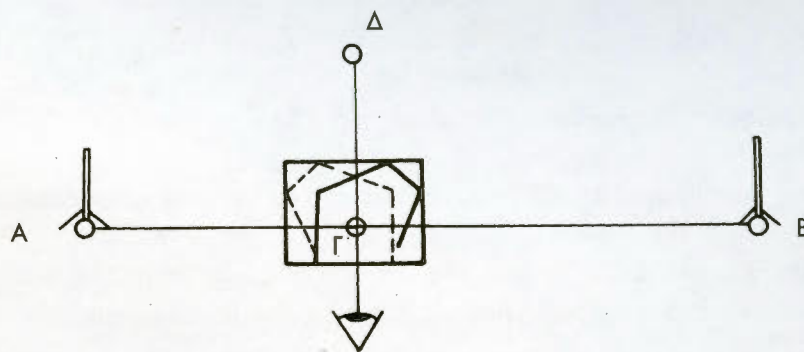
Επίσης, πρέπει να αναφερθεί ότι οι χαράξεις κάθετων γραμμών με τη βοήθεια του ορθογώνου είναι χρονοβόρες, απαιτούν εμπειρία και, βέβαια, στη σημερινή εποχή με την εξέλιξη των τοπογραφικών οργάνων, σπάνια χρησιμοποιούνται.

Εφόσον υπάρχουν οι παραπάνω προϋποθέσεις είναι καλύτερο να χρησιμοποιείται η μέθοδος χάραξης κάθετων ευθειών με μετροταινία.

IV. Ερωτήσεις

ΕΡ: Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η χάραξη κάθετης με το ορθόγωνο σε ευθυγραμμία από σημείο που βρίσκεται εκτός αυτής.

Να κάνετε αυτή τη χάραξη και να περιγράψετε τον τρόπο με τον οποίο εργαστήκατε.



Χάραξη κάθετης σε ευθυγραμμία από σημείο εκτός αυτής με το ορθόγωνο



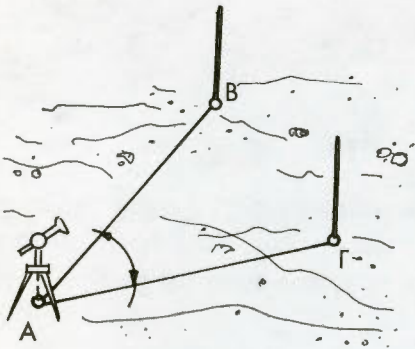
Διπλό πρισματικό ορθόγωνο

ΘΕΜΑ 9 Μέτρηση γωνιών με το θεοδόλιχο

I. Θεωρητικό μέρος

Για να γίνει η μέτρηση των γωνιών, πρέπει τα σημεία πάνω στο έδαφος, στα οποία θα τοποθετηθεί το θεοδόλιχο, να υλοποιούνται (σημαίνονται) με μόνιμο τρόπο π.χ. πάσσαλος, καρφή, κ.λ.π, ταυτόχρονα τα σημεία που θα σκοπευθούν με το θεοδόλιχο, αν δεν είναι χαρακτηριστικά και σαφώς διακριτά σημεία, θα πρέπει να επισημανθούν με ακόντιο ή άλλο στόχο για να είναι ορατά από μακριά.

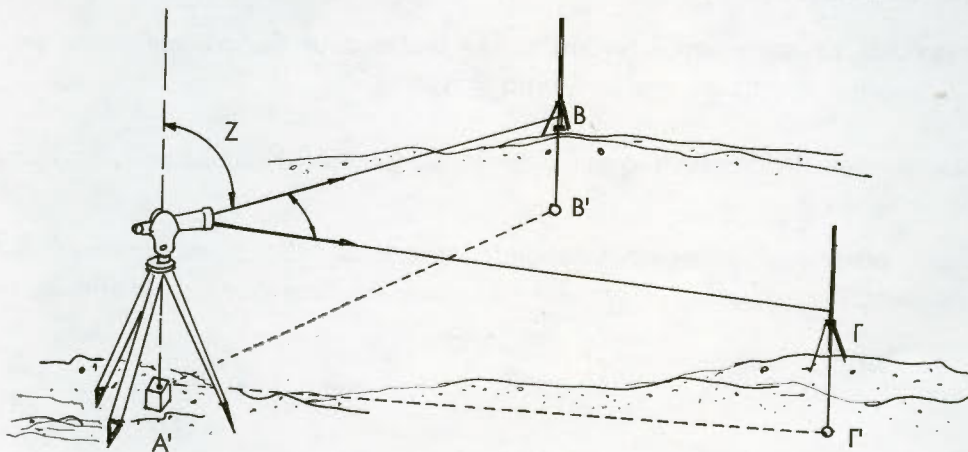
Έστω, ότι θέλουμε να μετρήσουμε μια οριζόντια γωνία που έχει κορυφή το σημείο A και πλευρές τις AB και AG, βλ. σχήμα 9.1. Στο σημείο A τοποθετείται ο τρίποδας με το θεοδόλιχο και στα σημεία B και Γ τοποθετούνται κατακόρυφα ακόντια. Η κατακόρυφη θέση των ακοντίων επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του νήματος της στάθμης.



σχήμα 9.1

Μέτρηση οριζόντιας γωνίας με το θεοδόλιχο

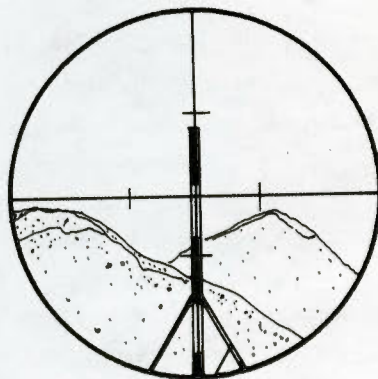
Τα τρία σημεία A, B, Γ όπως γνωρίζουμε από τη γεωμετρία ορίζουν ένα επίπεδο, πάνω σε αυτό σχηματίζεται η γωνία BΑΓ η οποία δεν μπορεί να μετρηθεί με το θεοδόλιχο αφού αυτό μετράει μόνο οριζόντιες και κατακόρυφες γωνίες. Κατά συνέπεια η οριζόντια γωνία που θα μετρηθεί, είναι αυτή που δημιουργείται, όπως έχουμε αναφέρει από τις προβολές των σημείων πάνω στο οριζόντιο επίπεδο δηλαδή η B'Α'Γ', ενώ η κατακόρυφη γωνία προς το B, θα είναι αυτή που σχηματίζεται από τον κατακόρυφο πρωτεύοντα άξονα και το σκοπευτικό άξονα του θεοδόλιχου βλ. σχ. 9.2.



σχήμα 9.2

Τοποθέτηση θεοδόλιχου στο σημείο A για να μετρήσουμε οριζόντιες και κατακόρυφες γωνίες

Η σκόπευση με το τηλεσκόπιο γίνεται με τη βοήθεια του σταυρονήματος, το οποίο επίσης πρέπει προηγουμένως να εστιαστεί. Η μορφή του σταυρονήματος φαίνεται στο σχήμα 9.3. Οι δύο κάθετες μεταξύ τους, γραμμές που το δημιουργούν παίρνουν την κατακόρυφη και οριζόντια διεύθυνση αντίστοιχα, ύστερα από την οριζοντίωση του θεοδολιχου.



σχήμα 9.3

Σταυρόνημα όπως φαίνεται μέσα από το τηλεσκόπιο την ώρα της σκόπευσης

Το σημείο που σκοπεύουμε ταυτίζεται με το κέντρο του σταυρονήματος. Η μορφή του σταυρονήματος είναι σχεδόν ίδια σε όλα τα θεοδολίχα. Οι δύο μικρές, παράλληλες προς την οριζόντια κεντρική γραμμή, ονομάζονται σταδιομετρικά νήματα και τη χρήση τους θα τη δούμε παρακάτω.

Μετά τη σκόπευση, μέσα από ειδικές οπτικές διατάξεις ή σε φωτεινό πίνακα, αν πρόκειται για ηλεκτρονικό θεοδολίχο, διαβάζουμε την ένδειξη του οριζόντιου δίσκου. Έστω ότι η προς τα αριστερά σκόπευση, σημείο Γ, δίνει την ένδειξη α_1 και η προς τα δεξιά, σημείο Γ, σκόπευση δίνει την ένδειξη α_2 .

Το μέτρο της ζητούμενης οριζόντιας γωνίας είναι, $\gamma = \alpha_2 - \alpha_1$

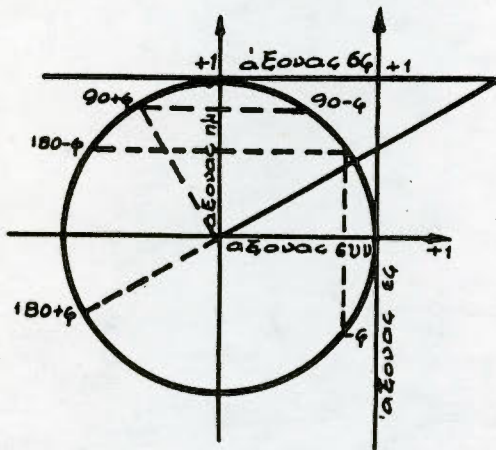
Σημείωση:

Πρέπει να τονιστεί, ότι στον οριζόντιο κύκλο δεν διαβάζουμε άμεσα οριζόντιες γωνίες, αλλά τιμές που η διαφορά τους δίνει την οριζόντια γωνία.

Οι τιμές των γωνιών στα θεοδολίχα αυξάνουν καθώς αυτά περιστρέφονται δεξιόστροφα. Δηλαδή $\alpha_2 > \alpha_1$.

Πολλές φορές για λόγους ευκολίας, μπορούμε την αρχική ένδειξη του δίσκου, δηλαδή, την α_1 να την επιλέξουμε ίση με μηδέν. Η γωνία γ σε αυτή την περίπτωση είναι ίση με την ένδειξη α_2 .

Πρέπει να θυμηθείτε ότι:



Η σχέση που συνδέει τις μονάδες μέτρησης γωνιών είναι:

$$\frac{\beta}{200} = \frac{\mu}{180} = \frac{\alpha}{n}$$



Θεοδόλιχο απλό



Θεοδόλιχο εφοδιασμένο με συσκευή laser

II. Πρακτικό μέρος

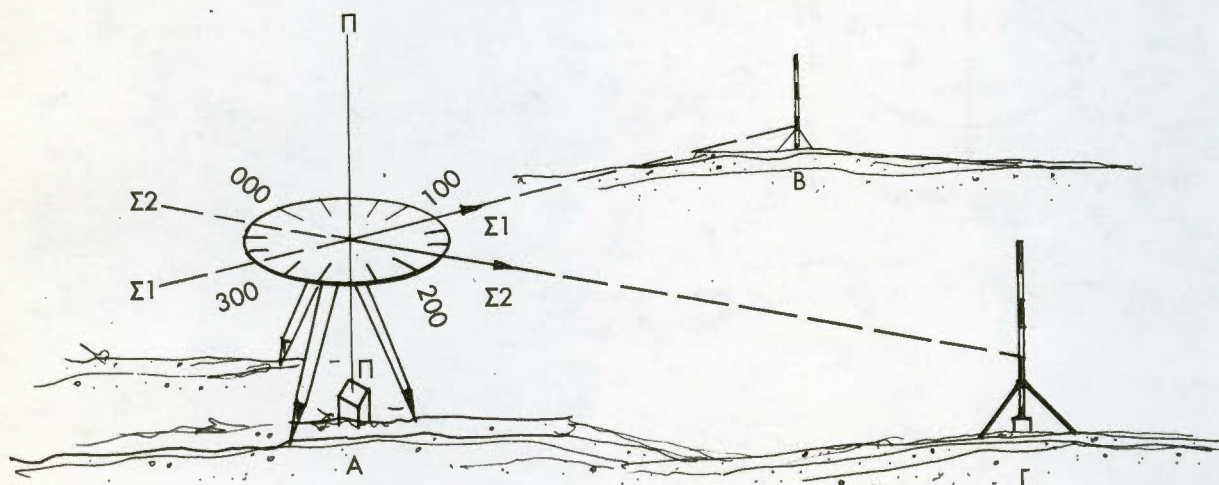
➤ Στόχος

Η απόκτηση ικανότητας:

α. στην κέντρωση και οριζοντίωση του οργάνου.

β. στη λήψη τιμών για τη μέτρηση οριζόντιας γωνίας.

➤ Σχέδιο έργου



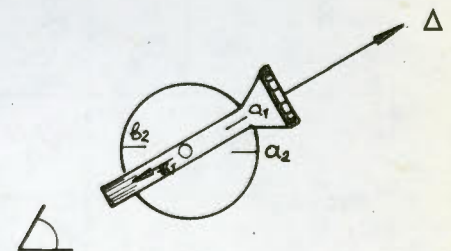
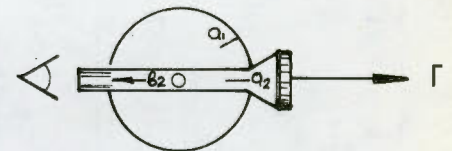
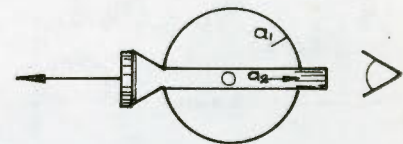
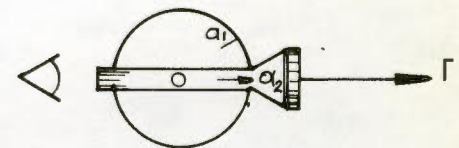
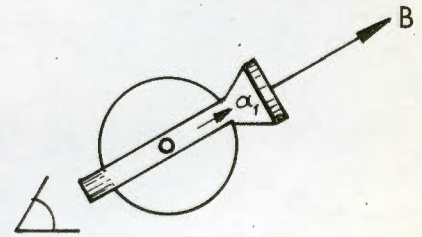
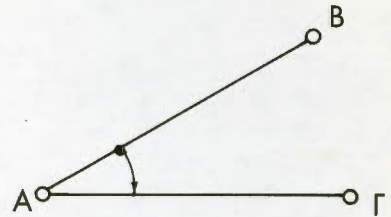
➤ Όργανα - υλικά και συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν

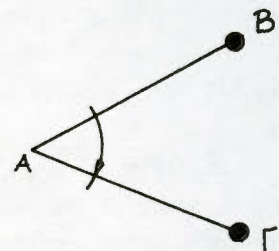
1. Ένας θεοδόλιχος με τον τρίποδα στήριξης
2. Ένα ακόντιο με τους τριποδίσκους στήριξης
3. Ένα νήμα της στάθμης (λιναίη)

► Πορεία εργασίας

Για να πετύχετε τον παραπάνω στόχο πρέπει:

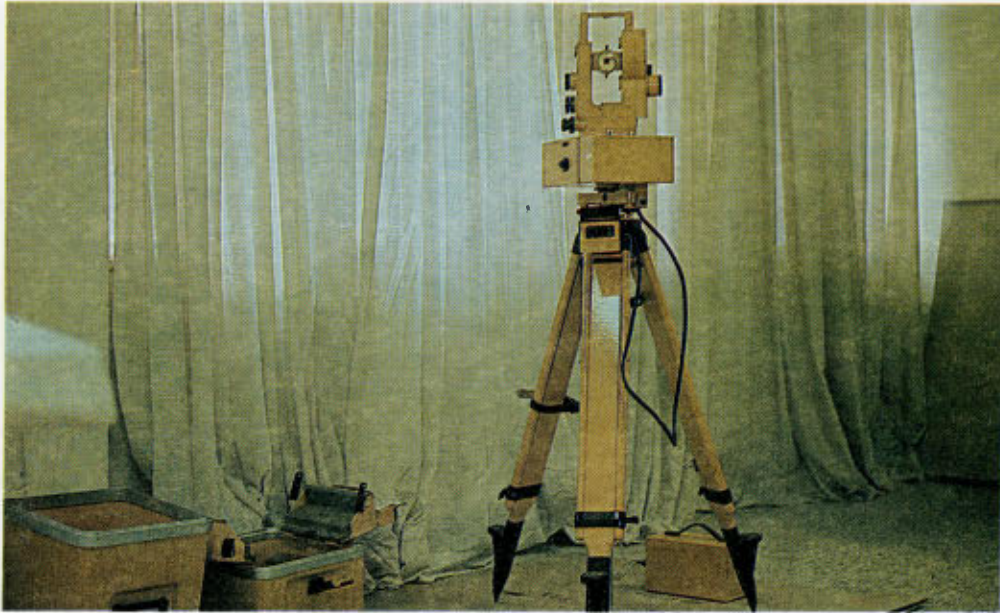
- Να συγκεντρώσετε τα όργανα και υλικά στο χώρο εργασίας.
- Να κεντρώσετε και να οριζοντιώσετε το θεοδόλιχο πάνω από την κορυφή της γωνίας που πρόκειται να μετρηθεί.
- Να σκοπεύσετε με το τηλεσκόπιο το σημείο που βρίσκεται αριστερά, δηλαδή το Β και να σταθεροποιήσετε το στρεφόμενο μέρος του οργάνου.
 - Να διαβάσετε την ένδειξη του δείκτη πάνω στο δίσκο μέτρησης οριζόντιων γωνιών.
 - Να καταγράψετε την ένδειξη α_1 στον πίνακα.
- Να στρέψετε το κύριο μέρος του οργάνου δεξιά και να σκοπεύσετε το σημείο Γ. Ο δείκτης δείχνει την ένδειξη α_2 γιατί ο δίσκος οριζόντιων γωνιών έχει παραμείνει ακίνητος.
 - Να γράψετε την ένδειξη α_2 στον πίνακα.
- Συνέχεια της σκόπευσης του σημείου Γ, χωρίς να κινήσετε το όργανο, να αναστρέψετε το τηλεσκόπιο όπως δείχνει το διπλανό σχήμα.
 - Να περιστρέψετε το όργανο κατά 200° (μισή περιφέρεια) και να σκοπεύσετε πάλι το σημείο Γ αλλά από τη θέση II του τηλεσκοπίου, γιατί έχει προηγηθεί αναστροφή.
 - Να διαβάσετε και να γράψετε την ένδειξη β_2 σκοπεύοντας το σημείο Γ από τη θέση II του τηλεσκοπίου.
- Να περιστρέψετε το όργανο και πάντα από τη θέση II του τηλεσκοπίου να σκοπεύσετε πάλι το σημείο Β.
 - Να διαβάσετε στο δίσκο οριζόντιων γωνιών τη νέα ένδειξη β_1 και να τη γράψετε στον πίνακα.
- Να επιστρέψετε τα όργανα και υλικά στην αποθήκη του εργαστηρίου.





III. Υπολογιστικό μέρος

Ημερομηνία:				Όργανο:	Παρατηρήσεις:	
Κορυφή	Σημεία Εκόπησης	I θέση τηλεβ.	II θέση τηλεσκ.	Μέση τιμή των I κ II	Μέση αυξημένη τιμή	Γενικός μέσος όρος
1η περίοδος	B	a_1	b_1	$\frac{a_1 + b_1 + 200}{2} = \gamma_1$		
	Γ	a_2	b_2	$\frac{a_2 + b_2 + 200}{2} = \gamma_2$	$\gamma_2 - \gamma_1 = \delta_1$	
2η περίοδος	B	a_1'	b_1'	$\frac{a_1' + b_1' + 200}{2} = \gamma_1'$		$\frac{\delta_1 + \delta_1' + \delta_1''}{3} = \delta$
	Γ	a_2'	b_2'	$\frac{a_2' + b_2' + 200}{2} = \gamma_2'$	$\gamma_2' - \gamma_1' = \delta_1'$	
3η περίοδος	B	a_1''	b_1''	$\frac{a_1'' + b_1'' + 200}{2} = \gamma_1''$		
	Γ	a_2''	b_2''	$\frac{a_2'' + b_2'' + 200}{2} = \gamma_2''$	$\gamma_2'' - \gamma_1'' = \delta_1''$	



Ηλεκτρονικό θεοδόλιχο με εκπομπή από το τηλεσκόπιο

Πρακτική εφαρμογή

Σκοπεύθηκαν από το σημείο Α δύο άλλα σημεία, τα Β και Γ για να μετρηθεί η οριζόντια γωνία ΒΑΓ με μία περίοδο. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων γράφτηκαν στον παρακάτω πίνακα.

Να γίνουν οι απαραίτητοι υπολογισμοί για να βρεθεί η γωνία. Οι μονάδες μέτρησης είναι βαθμοί.

κορυφή Α	σημείο επίπεδης εξοπτικής	οριζ. ανάγνωση I θέση	οριζ. ανάγνωση II θέση	μέση τιμή των I & II	μέση ανηγμένη τιμή
μ	Β	15.345 (α_1)	215.365 (β_1)	; = γ_1	; = δ_1
Περίοδος	Γ	124.028 (α_2)	324.030 (β_2)	; = γ_2	; = δ_2

Το μέτρο της οριζόντιας γωνίας είναι η διαφορά,

$$\delta_1 = \gamma_2 - \gamma_1$$

Άρα η ανηγμένη τιμή της γωνίας γ είναι:

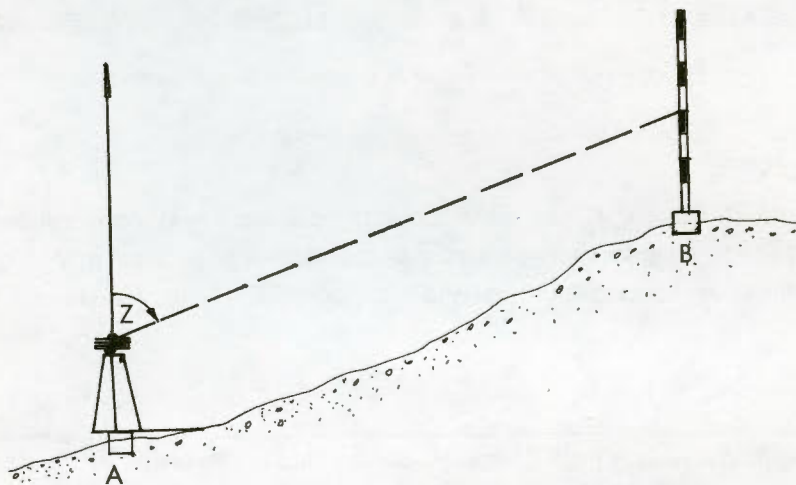
$$\gamma = 124.029 - 15.355 = 108.674$$

ΘΕΜΑ 10 Μέτρηση κατακόρυφης γωνίας με το θεοδόλιχο

I. Θεωρητικό μέρος

Οι κατακόρυφες γωνίες μετριοούνται σ' ένα κατακόρυφο επίπεδο.

Στο σχήμα 10.1 φαίνεται μια τομή εδάφους, με ένα κατακόρυφο επίπεδο που ορίζεται από την κατακόρυφη που περνάει από το σημείο Β και σημαίνεται με το ακόντιο και από την κατακόρυφη που περνάει από το Α και ταυτίζεται με τον άξονα του θεοδολίχου, ύστερα από την οριζόντιωση του οργάνου.



Οι κατακόρυφες γωνίες πρέπει να μετριοούνται δύο φορές σε δύο θέσεις τηλεσκοπίου όπως οι οριζόντιες.

Κατά συνέπεια για κάθε σημείο που σκοπεύονται, υπάρχουν δύο τιμές για την κατακόρυφη γωνία z_1 και z_2 .

Ο έλεγχος ότι έγιναν σωστά οι μετρήσεις είναι:

$$z_1 + z_2 = 400^\circ$$

Η τελική τιμή της κατακόρυφης γωνίας δίνεται από τη σχέση:

$$Z = \frac{z_1 + (400^\circ - z_2)}{2}$$

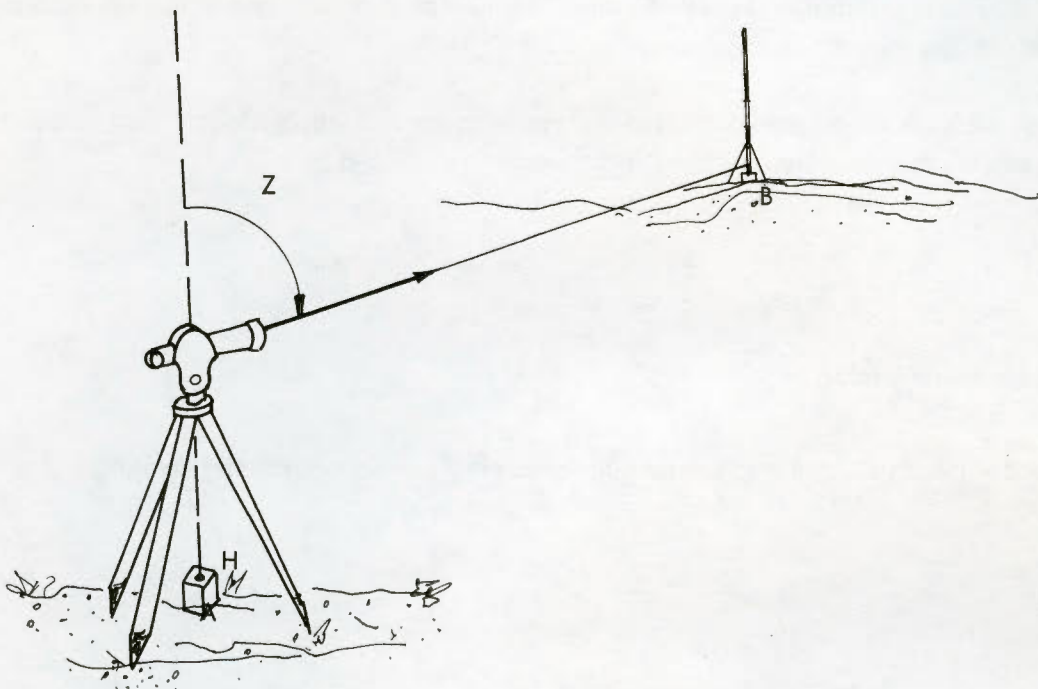
II. Πρακτικό μέρος

➤ Στόχος

Η απόκτηση ικανότητας:

- α. στην κέντρωση και οριζοντίωση του οργάνου
- β. στη λήψη τιμών για τη μέτρηση κατακόρυφης γωνίας

➤ Σχέδιο έργου



➤ Όργανα και υλικά που θα χρησιμοποιηθούν

1. Ένας θεοδόλιχος με τον τρίποδα στήριξης
2. Ένα ακόντιο με τον τριποδίσκο στήριξης
3. Ένα νήμα της στάθμης (λαιίνη)

► Πορεία εργασίας

Για να πετύχετε τον παραπάνω στόχο πρέπει:

- Να συγκεντρώσετε τα όργανα και υλικά στο χώρο εργασίας.
- Να κεντρώσετε και να οριζοντιώσετε το θεοδόλιχο πάνω στο σημείο Α.
- Να σκοπεύσετε το ακόντιο που βρίσκεται στο σημείο Β σε κάποιο σημείο του και να διαβάσετε άμεσα την τιμή της γωνίας z , αφού σταθερά η κατακόρυφη δείχνει το 0 (μηδέν) στον κατακόρυφο δίσκο του θεοδόλιχου.

Σημείωση

Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να σκοπεύσουμε οποιοδήποτε σημείο στο χώρο και να διαβάσουμε την κατακόρυφη γωνία που αντιστοιχεί σ' αυτό.

- Να σκοπεύσετε διαφορετικά σημεία και για κάθε σημείο να διαβάζετε δύο τιμές ώστε να γίνεται έλεγχος ότι έγιναν σωστά οι μετρήσεις.

III. Υπολογιστικό μέρος

Να βρείτε την τελική τιμή της κατακόρυφης γωνίας με τη βοήθεια της σχέσης :

$$Z = \frac{Z_1 + (400^G - Z_2)}{2}$$

Παρατήρηση

Αντίθετα με ότι συμβαίνει με τις οριζόντιες γωνίες, η τιμή της κατακόρυφης γωνίας διαβάζεται άμεσα στον κατακόρυφο κύκλο του θεοδόλιχου.

Πρακτική εφαρμογή

Από το σημείο Α σκοπεύθηκε το Β και μετρήθηκε η κατακόρυφη γωνία z σε δύο θέσεις τηλεσκοπίου και βρέθηκε:

$$z_1 = 93,451^{\text{G}} \text{ και } z_2 = 306,530^{\text{G}}$$

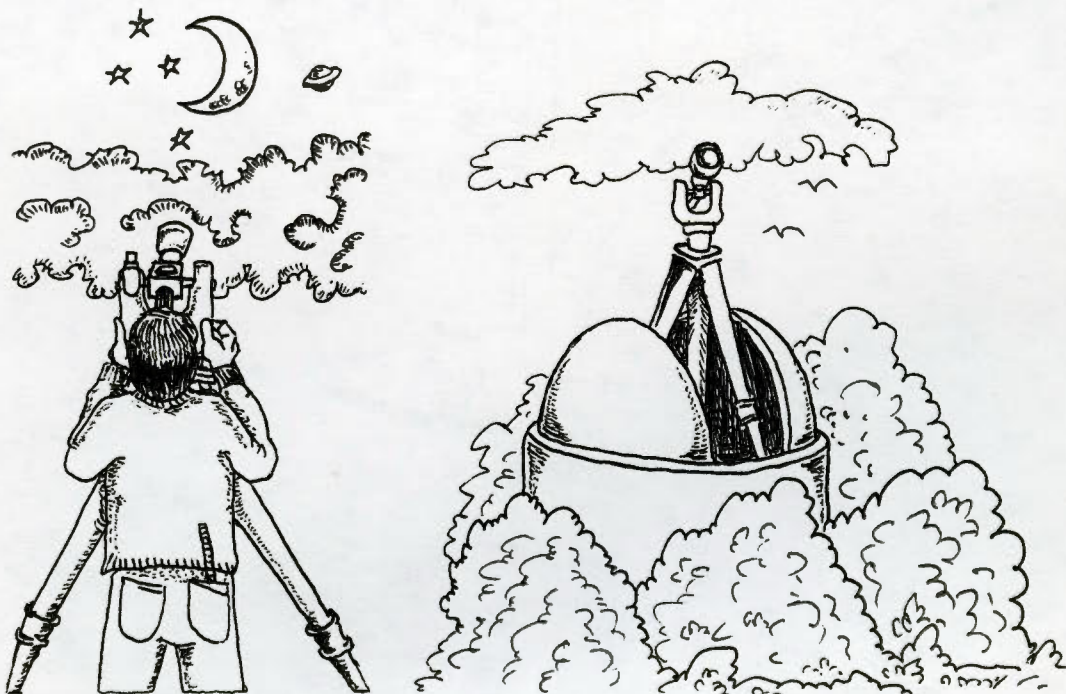
Να βρείτε την τελική τιμή της γωνίας z .

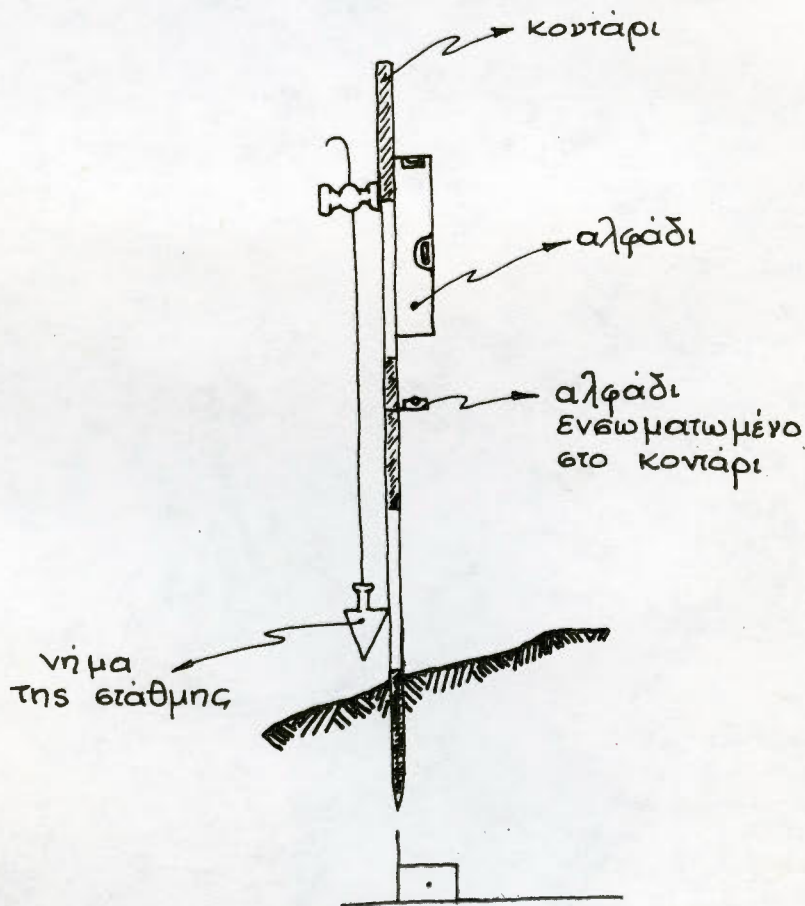
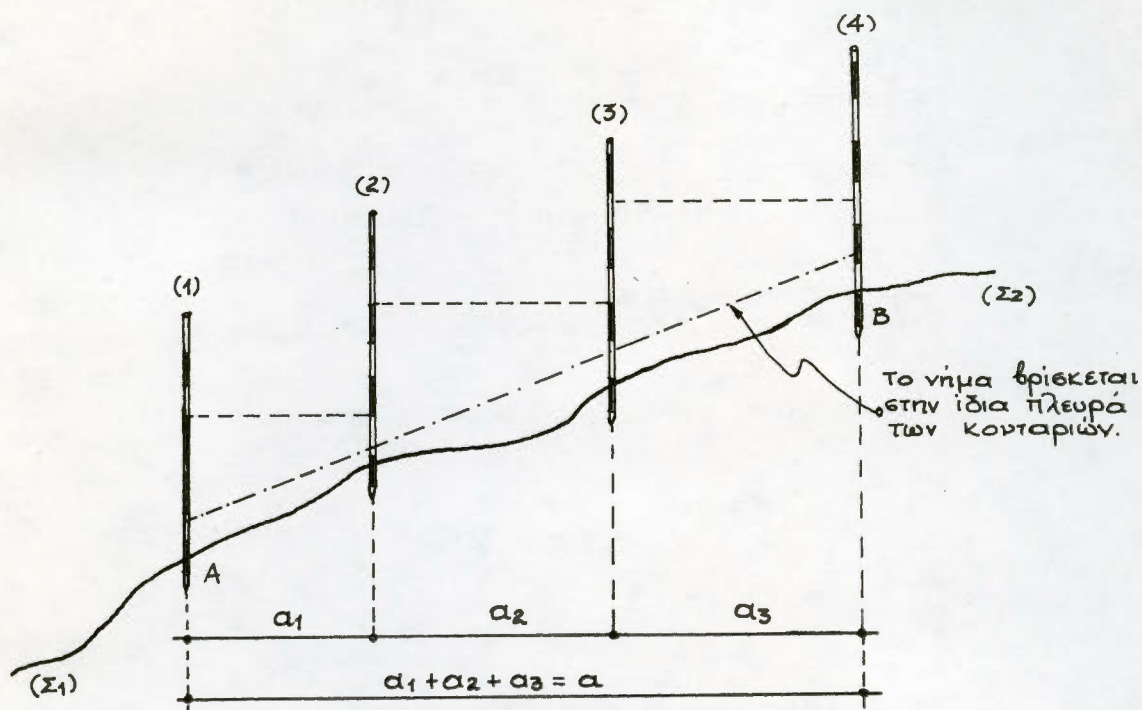
Η τελική τιμή της κατακόρυφης γωνίας βρίσκεται από τη σχέση:

$$Z = \frac{Z_1 + (400^{\text{G}} - Z_2)}{2}$$

$$\text{Άρα } Z = \frac{Z_1 + (400^{\text{G}} - Z_2)}{2} = \frac{93,451 + (400 - 306,530)}{2}$$

$$= \frac{93,451 + 93,470}{2} = 93,460^{\text{G}}$$







Ανάθεση ομαδικής εργασίας

Τρόπος εργασίας

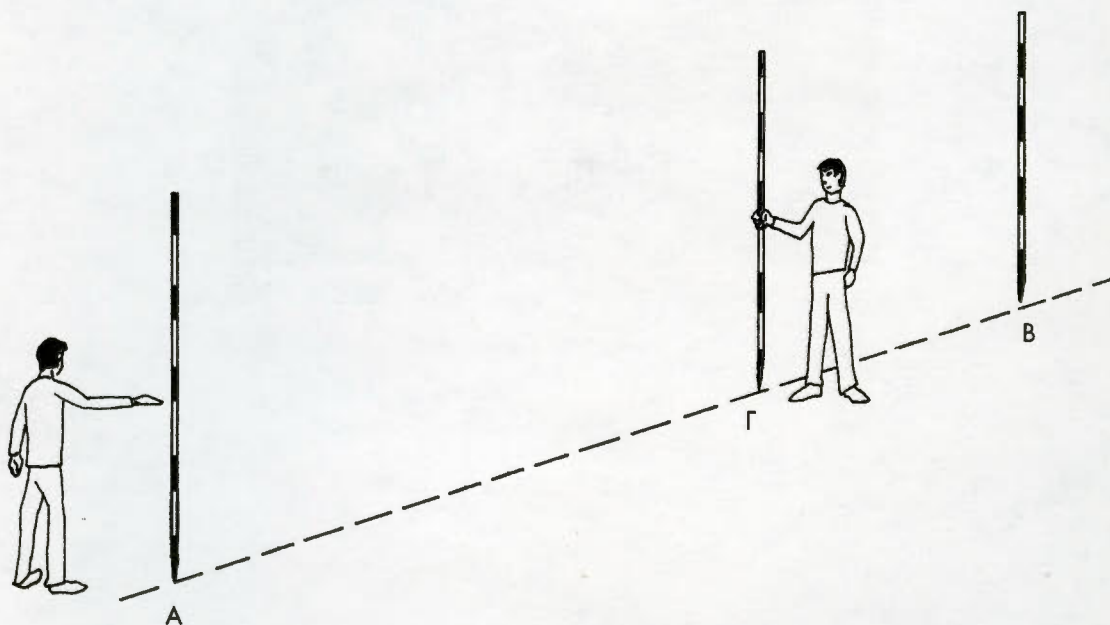
Μετρήσεις στο υπαίθρο, πιθανός χώρος η αυλή σπιτιού τους, ή ο δρόμος της γειτονιάς τους.

Τρόπος παράδοσης

Σκαριφήματα, μετρήσεις, γραπτή περιγραφή των εργασιών που πραγματοποιήθηκαν στο υπαίθρο. Τελικά σχέδια.

ΘΕΜΑ : Ανακεφαλαίωση

1. Να εφαρμόσετε τη μέθοδο χάραξης ορθής γωνίας με τη μετροταινία στην αυλή του σχολείου σας.
2. Να φέρετε κάθετη σε ευθυγραμμία από το σημείο που βρίσκεται εκτός αυλής χρησιμοποιώντας τη μετροταινία.
3. Να κάνετε πύκνωση της ίδιας ευθυγραμμίας με το μάτι, με ορθόγωνο και με θεοδόλιχο, σε ίδια απόσταση από ένα άκρο της, και να συγκρίνετε τα αποτελέσματα.
4. Να χαράξετε στο έδαφος ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο διαστάσεων 15x10 μέτρων με τη μετροταινία, με ορθόγωνο και μετά με θεοδόλιχο. Να θεωρήσετε δεδομένη τη μια κορυφή του, π.χ. την Α. Πώς θα ελέγξετε αν αυτό είναι το ζητούμενο ορθογώνιο;
5. Αν έπρεπε να επιλέξετε ένα όργανο, για να κάνετε όλες τις παραπάνω εργασίες, ποιο θα επιλέγατε; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.
6. Το παρακάτω σχήμα δείχνει μια τοπογραφική εργασία, την πύκνωση της ευθυγραμμίας. Να την πραγματοποιήσετε στην αυλή του σχολείου σας. Πόσα άτομα απαιτούνται για την εργασία αυτή και πόσα ακόντια κατ' ελάχιστον.





Ηλεκτρονικό θεοδόλιχο με επιβατικό EDM



Αποτυπώσεις Μεγάλων
Εκτάσεων, Κατόψεων,
Όψεων, Τομών

Στόχοι

Στο κεφάλαιο αυτό θα μάθετε να αποτυπώνετε οικόπεδα, κατόψεις, όψεις, τομές. Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου θα πρέπει να μπορείτε:

1. να αποτυπώνετε απλά οικόπεδα.
2. να σχεδιάζετε απλές κατόψεις υπαίθριων και κλειστών χώρων στη σωστή κλίμακα με βάση τα στοιχεία: σκαριφήματα, μετρήσεις και οικοδομικές παρατηρήσεις που έχουν προκύψει από δική σας δουλειά, ή από εργασία άλλου συμμαθητή σας.
3. να επιλέγετε την κατάλληλη μέθοδο για την αποτύπωση ενός απλού χώρου.
4. να σχεδιάζετε σκαριφήματα του χώρου που πρόκειται να αποτυπώσετε.
5. να πραγματοποιείτε μετρήσεις με απλά μέσα και να τις καταγράφετε, ώστε να τις χρησιμοποιήσετε για συγκεκριμένη εργασία.
6. να σχεδιάζετε σκαριφήματα με βάση τις μετρήσεις που πραγματοποιήσατε εσείς ή άλλοι συνάδελφοί σας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1		Τοπογραφικά σύμβολα που χρησιμοποιούνται στις αποτυπώσεις	
Τριγωνικό σημείο σε βάθρο Τριγωνικό σημείο σε κτίσμα Τριγωνικό σημείο σε κωδωνοστάσιο Δευτερεύον τριγωνικό σημείο σε βάθρο Υψομετρική αφετηρία (Reper)		Πολυγωνικό σημείο σε πάσσαλο Πολυγωνικό σημείο σε βράχο Πολυγωνικό σημείο σε ορόσημο Ορόσημο Ταχυμετρικό σημείο	
Εκκλησία		Εικονοστάσιο	
Κτίσμα με κεκλιμένη σκεπή		Κτίσμα με επίπεδη σκεπή	
Κτίσμα με πρόβολο		Κτίσμα με ανοιχτές πλευρές	
Πηγάδι άκτιστο Πηγάδι κτιστό		Δεξαμενή σιδερένια Δεξαμενή κτιστή	
Όρια κτήματος		Όρια καλλιεργιών	
Φράχτης (συρματοπλεγμα) Φράχτης (κιγκλίδωμα)		Φράχτης από θάμνους Φράχτης από ξερολιθιά	
Γέφυρα		Μαντρότοικος και είσοδος	
Ποτάμι με μόνιμο νερό		Χείμαρρος	
Ρέμα με μόνιμο νερό		Ξερόρεμα	
Βράχοι		Άμμος με χαλίκια	
Ανάχωμα (στέψη)		Ορυγμα (κοίτη)	
Δρόμος αμαξωτός		Δρόμος καρποίσιτος (αγροτικός)	
Σιδηροδρομική γραμμή (απλή) Σιδηροδρομική γραμμή (διπλή)		Μονοπάτι	
Τάφρος επενδεδυμένη		Τάφρος μη επενδεδυμένη	
Τηλεφωνική γραμμή		Γραμμή ηλεκτρικού ρεύματος	
Φυλλοβόλα δένδρα		Οπωρώνας	
Δάσος		Αειθαλή δένδρα	
Βάλτος ή έλος		Χαμηλή βλάστηση	

4.1 Τοπογραφικά διαγράμματα μεγάλων εκτάσεων

Στον πίνακα 4.1, δίνονται στοιχεία τοπογραφικών συμβόλων.

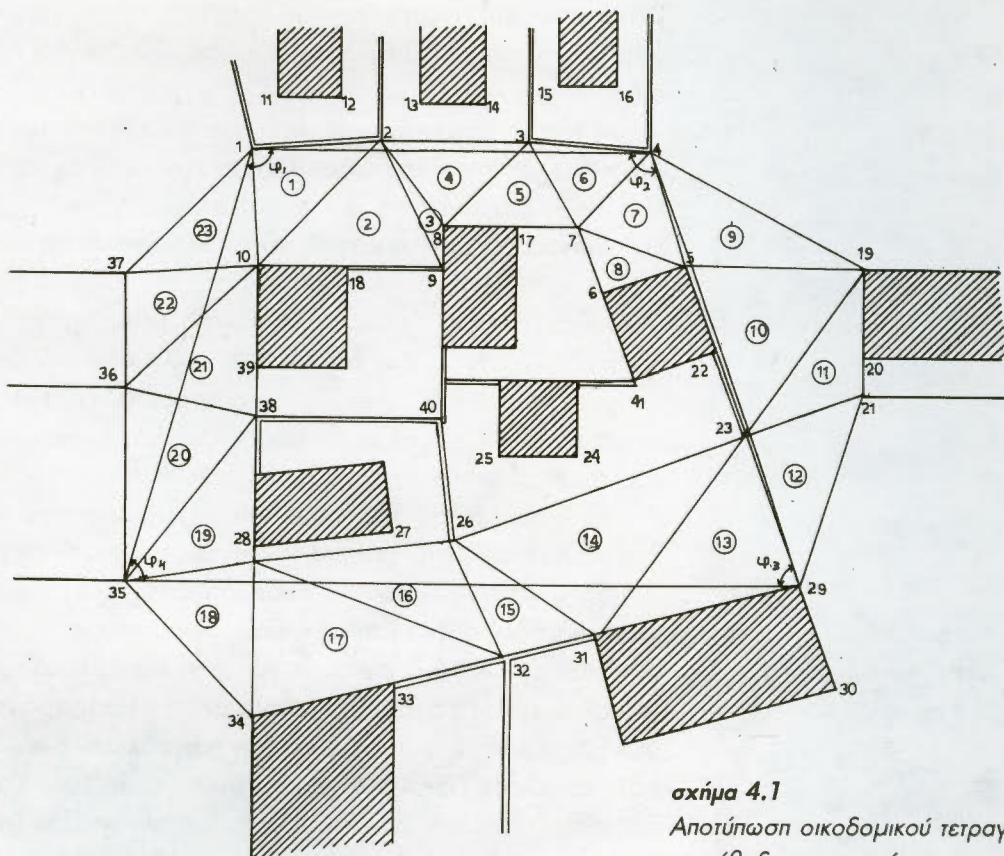
Με βάση τα όσα έχουμε πει έως τώρα μπορούμε να εφαρμόσουμε τις διάφορες μεθόδους, προκειμένου να πραγματοποιήσουμε περιορισμένης σχετικά έκτασης τοπογραφικές αποτυπώσεις. Μπορούμε να συντάξουμε ένα τοπογραφικό διάγραμμα με τις μεθόδους των τριγώνων, των ορθών προβολών, καθώς και των πολικών συντεταγμένων, όπως είδαμε παραπάνω. Ορισμένα παραδείγματα τα οποία αποτελούν εφαρμογές τέτοιων μεθόδων μας δείχνουν τα σχ. 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, που αντιμετωπίζουν ορισμένες ενότητες με τις μεθόδους των τριγώνων (σχ. 4.1, 4.2), των ορθών προβολών (σχ. 4.3), καθώς και των πολικών συντεταγμένων (σχ. 4.4).

Οι τοπογραφικές οντότητες, αποτελούμενες από σημεία και γραμμές, αντιμετωπίζονται, εάν επιμεριστούν σε μικρές ενότητες από τμήματα τα οποία με την κατάλληλη σύνδεση μπορεί να αποτελέσουν ένα σύνολο.

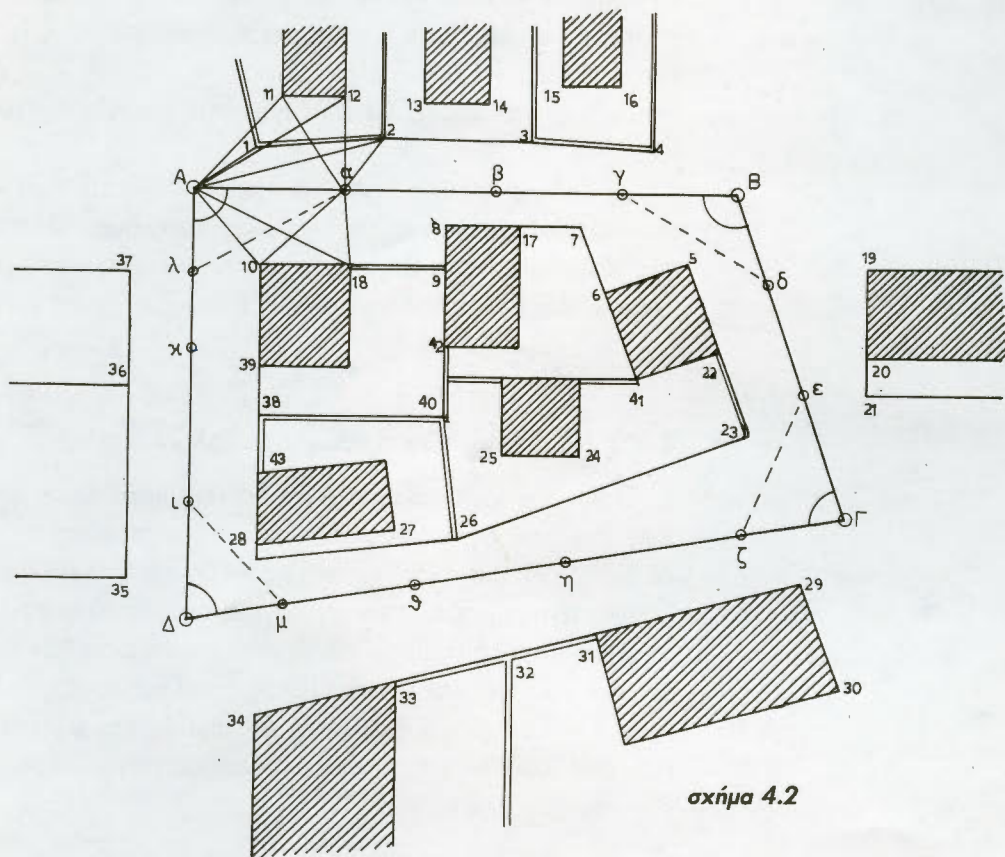
4.1.1 Μέθοδος των τριγώνων.

Στο σχ. 4.1 βλέπουμε αλληπάλληλα τρίγωνα να καλύπτουν ένα οικοδομικό τετράγωνο, όπως είδαμε και στο παράδειγμα του τμήματος του δρόμου στο σχ. 3.3. Ξεκινώντας από την πλευρά 1-10 και ακολουθώντας την ίδια φορά φθάνουμε πάλι στην ίδια πλευρά. Δεν είναι εύκολο, λόγω του μεγάλου αριθμού των τριγώνων, και των σφαλμάτων στις μετρήσεις και στις κατασκευές των τριγώνων αυτών στο χαρτί, να επιτύχουμε αυτή τη σύμπτωση. Είναι ευκολότερο αν έχουμε και ορισμένες συνολικές διαστάσεις, όπως π.χ. οι 1-4, 4-29, 29-35, 35-1, οπότε εξασφαλίζουμε και τμηματικούς ελέγχους.

Στην περίπτωση που διαθέτουμε ένα βασικό τετράπλευρο ΑΒΓΔ (σχ. 4.2), από σημεία των ευθυγραμμίων των πλευρών του μπορούμε να τοποθετήσουμε επιμέρους σημεία, δημιουργώντας τρίγωνα με σταθερά, μετρημένα και επισημασμένα σημεία των ευθυγραμμίων αυτών α,β,γ,δ, ...ι,κ,λ (σχ. 4.2). Τα σημεία Α, Β, Γ, Δ στην περίπτωση αυτή μπορεί να είναι και κορυφές οποιουδήποτε τετραπλεύρου, που αναπτύσσεται στους 4 βασικούς άξονες της αποτύπωσης. Η μέθοδος αυτή υπερτερεί, σε σχέση με την προηγούμενη των αλληπάλληλων τριγώνων στο ότι η κατασκευή των τριγώνων γίνεται για ένα και μόνο σημείο κάθε φορά και ως εκ τούτου δεν επηρεάζει τα άλλα τρίγωνα.



σχήμα 4.1
Αποτύπωση οικοδομικού τετραγώνου με τη μέθοδο των τριγώνων



σχήμα 4.2

Το πρόβλημα στην προκειμένη περίπτωση ανάγεται στην κατασκευή του τετραπλεύρου (π.χ. σχ. 4.3, το ΑΒΓΔ). Αυτό γίνεται:

α) Με τη μέτρηση των πλευρών του και της μίας τουλάχιστον διαγωνίου του, εφόσον είναι εύκολο να μετρηθεί αυτή, ενώ αν η μέτρησή της δεν είναι δυνατή λόγω της παρεμβολής εμποδίων (π.χ. σπιτιών), τότε μετράμε τη διαγώνιο όπως και στην περίπτωση του σχήματος της σελίδας όο, κατασκευάζοντας ένα όμοιο τρίγωνο σε μία κορυφή του, όπου αυτό είναι εφικτό, π.χ. στην Β (σχ. 4.3), από την οποία παίρνουμε τμήματα ΒΑ'' και ΒΓ'' στις προεκτάσεις των ΑΒ και ΒΒ αντίστοιχα, τα οποία είναι υποπολλαπλάσια των τελευταίων, π.χ. το $1/3$ αυτών.

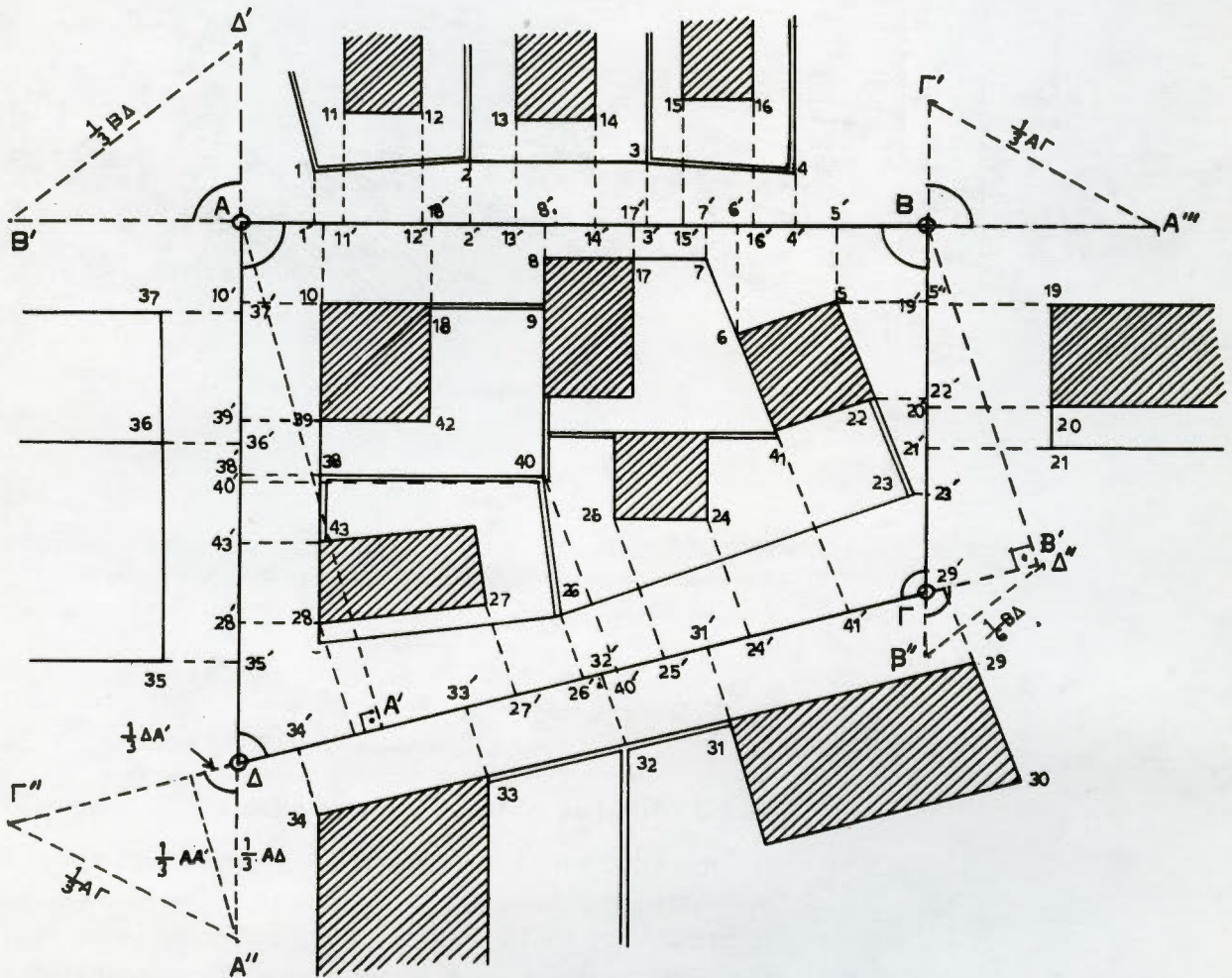
β) Ένας άλλος τρόπος είναι να μετρήσουμε τις γωνίες στα Α, Β, Γ, Δ. Αυτό μπορεί να γίνει με κάποιο όργανο, αλλά επειδή συνήθως δε διαθέτουμε όργανο, όταν εφαρμόζουμε αυτή τη μέθοδο, μπορούμε να προχωρήσουμε σε υπολογισμό των γωνιών. Αυτό μπορεί να γίνει, αν κατασκευάσουμε όμοια τρίγωνα, όπως κάναμε προηγουμένως, (ταυτόχρονη μέτρηση, γωνιών και διαγωνίων) ή με την κατασκευή ενός οποιουδήποτε τριγώνου με τη μία γωνία του να είναι κατά κορυφήν ως προς τη ζητούμενη ή να ταυτίζεται με αυτήν. Π.χ. (σχ. 4.2), αν λάβουμε από το Α επί των πλευρών ΑΒ και ΑΔ δύο μετρημένα τμήματα Αα και Αλ και μετρήσουμε και την αλ, τότε μπορούμε να επιλύσουμε ή να κατασκευάσουμε το τρίγωνο Ααλ και συνεπώς να έχουμε το μέτρο της γωνίας Α ή την κατασκευή της στο χαρτί. Το ίδιο κάνουμε και για τις άλλες γωνίες.

γ) Τρίτος τρόπος είναι να προβάλουμε τις δύο κορυφές του τετραπλεύρου επί της ευθείας των δύο άλλων και να προσδιορίσουμε τη θέση τους με τη μέθοδο των προβολών. Στο σχ. 4.3 η προβάλλουσα ΑΑ', επειδή υπήρχαν εμπίδια μετρήθηκε έμμεσα.

4.1.2 Μέθοδος των ορθών προβολών

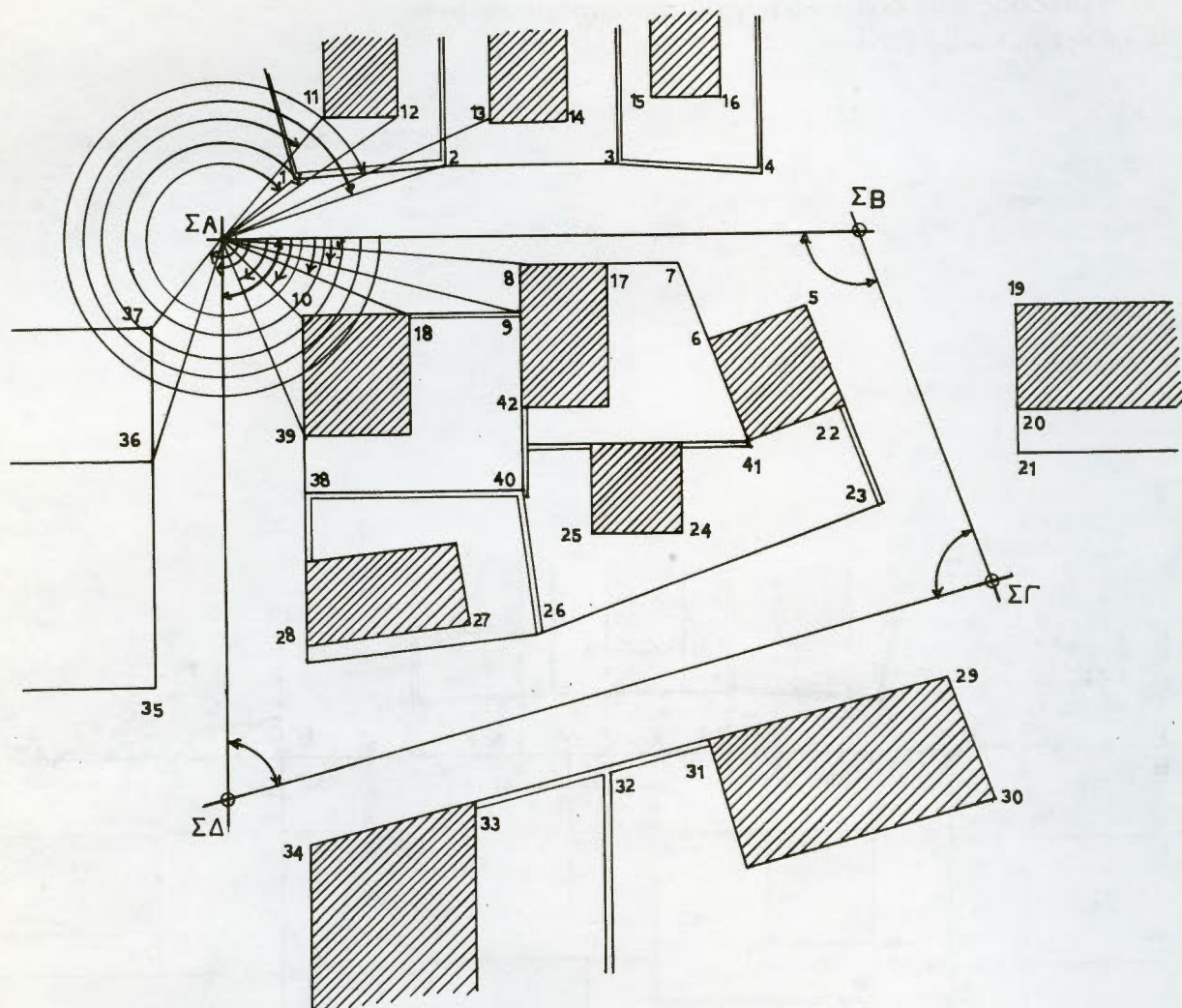
Όπως εφαρμόσαμε τη μέθοδο των προβολών στο σχήμα 3.4, έτσι την εφαρμόζουμε και στην περίπτωση του σχ. 4.3 σε κάθε πλευρά ενός κατασκευαζόμενου πολυγώνου (ΑΒΓΔ). Όπως αναφέραμε στην προηγούμενη παράγραφο η κατασκευή του τετραπλεύρου ΑΒΓΔ στην περίπτωση των προβολών μπορεί να γίνει και με προβολές στο ίδιο το τετράπλευρο, όπως π.χ. των Α και Β επί της ΔΓ στα Α' και Β', και μέτρηση των ΔΑ' και ΓΒ' και, εφόσον θέλουμε μεγαλύτερη ακρίβεια, και των ΑΑ' και ΒΒ'.

Η μέθοδος αυτή έχει πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια σε σχέση με εκείνη των τριγώνων.



σχήμα 4.3

Αποτύπωση οικοδομικού τετραγώνου με τη μέθοδο των ορθών προβολών



σχήμα 4.4

Αποτύπωση οικοδομικού τετραγώνου με τη μέθοδο των πολικών συντεταγμένων

4.1.3 Μέθοδος πολικών συντεταγμένων

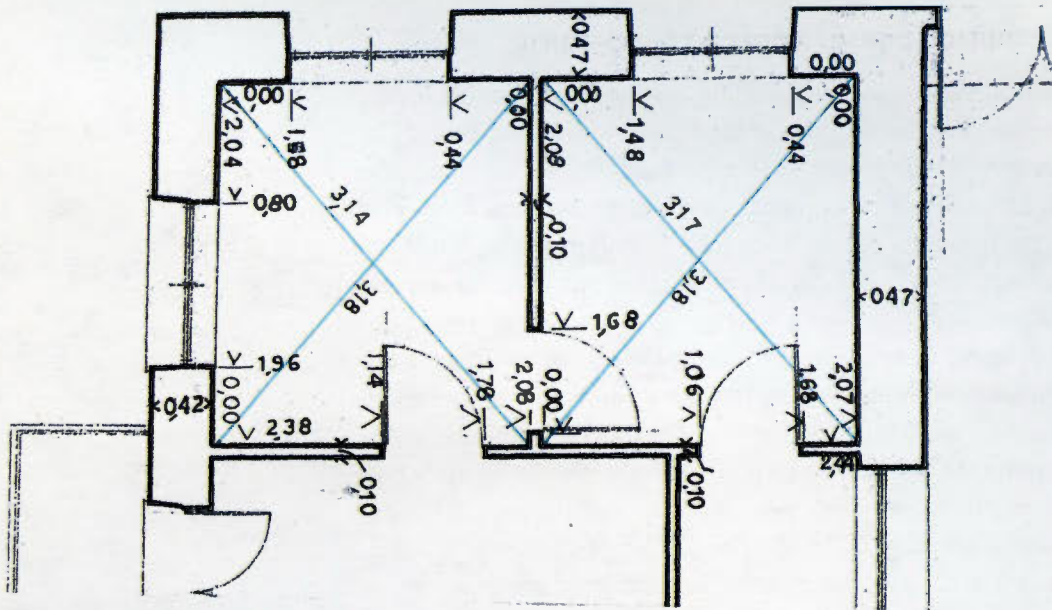
Στη μέθοδο αυτή οι κορυφές του τετραπλεύρου χρησιμοποιούνται ως στάσεις για το όργανο μέτρησης γωνιών (π.χ. το θεοδόλιχο) και τα σημεία 1,2,3,... ορίζονται με τη γωνία τους από σταθερές διευθύνσεις, που εξυπηρετεί να είναι οι πλευρές του τετραπλεύρου. Οι γωνίες του τετραπλεύρου μετριοούνται με το ίδιο όργανο. Οι γωνίες προς τα επί μέρους σημεία λεπτομερειών μετριοούνται με αφειρητά μία σταθερή πλευρά (π.χ. την ΑΒ) και οι αποστάσεις από τη στάση οριζόντιες ή κεκλιμένες αναγόμενες σε οριζόντιες.

4.2 Κατόψεις, όψεις, τομές, τομές-όψεις.

Οι κατόψεις ή ανόψεις, καθώς και οι όψεις και οι τομές που συνήθως συνδυάζονται μεταξύ τους ως τομές-όψεις, αποτελούν στο σύνολό τους τομές με οριζόντια ή κατακόρυφα επίπεδα επί των οποίων προβάλλονται οι κατασκευές που βρίσκονται προς το μέρος το οποίο βλέπει η κάτοψη ή η τομή-όψη. Έτσι, θα μπορούσαμε να διακρίνουμε ουσιαστικά κατόψεις ή ανόψεις και τομές-όψεις.

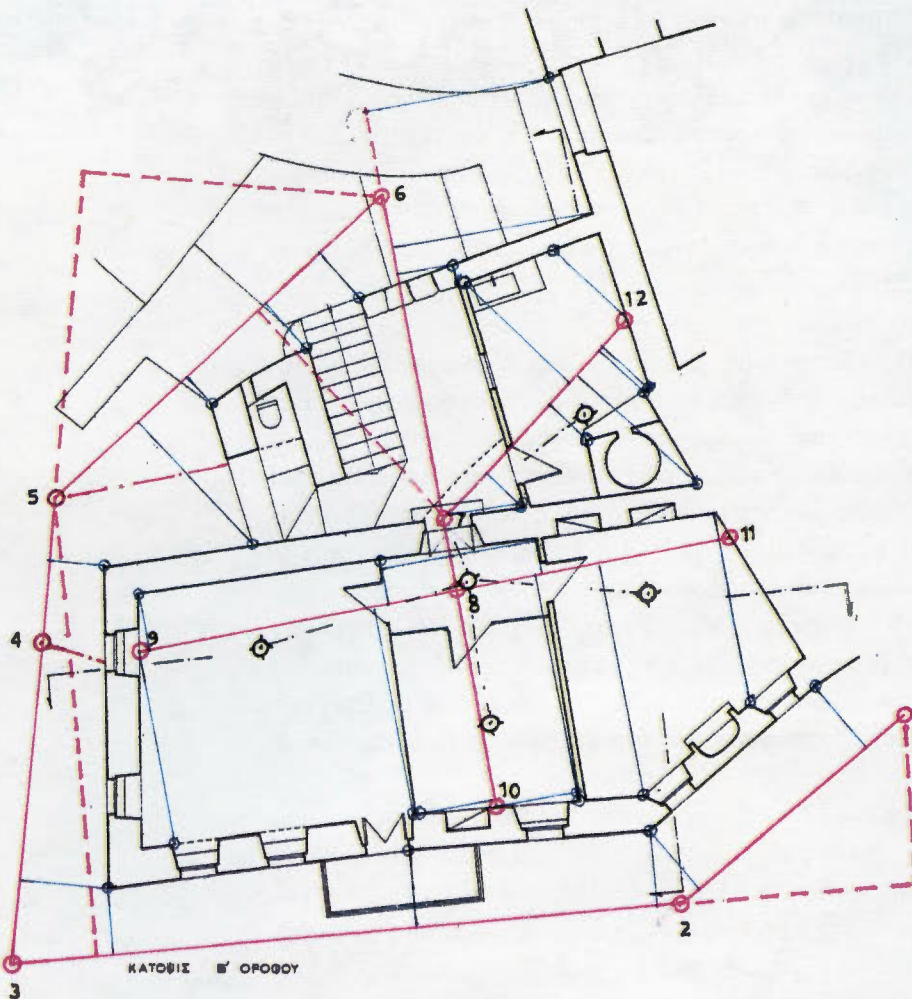
α) **Κατόψεις ή ανόψεις.** Οι κατόψεις και οι ανόψεις υλοποιούνται με οριζόντιες τομές του αντικειμένου, π.χ. ενός κτιρίου με οριζόντια επίπεδα. Τα επίπεδα αυτά υλοποιούνται και κατά τη μέτρηση του αντικειμένου με έναν από τους τρόπους που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση οριζόντιων επιπέδων, δηλαδή με αλφάδι, αλφαδολάστιχο, χωροβάτη, θεοδόλιχο, λείζερ κ.τ.λ. Οι αποστάσεις μετριοούνται οριζόντιες, αφού έχουν βρεθεί τα σημεία που μας ενδιαφέρουν για την απόδοση των οριζόντιων τομών. Ένα κτίριο αποτελείται από έναν αριθμό χώρων, οι οποίοι βρίσκονται ο ένας πλάι στον άλλον και μετριοούνται συνήθως ξεχωριστά, ενώ μετρώνται οι μεταξύ των χώρων κατασκευές, π.χ. διαχωριστικοί τοίχοι, κ.τ.λ. Οι μέθοδοι που εφαρμόζονται είναι αυτές που είδαμε παραπάνω, δηλαδή των τριγώνων (σχ. 4.5 και 4.8), των ορθών προβολών (σχ. 4.6, 4.7 και 4.9) και των πολικών συντεταγμένων (σχ. 4.6, 4.7 και 4.9). Αυτές εφαρμόζονται, προκειμένου να ορίσουμε τον αναγκαίο αριθμό σημείων από τα οποία θα εξαρτήσουμε την αποτύπωσή μας και θα τοποθετήσουμε το σύνολο των σημείων της τομής του οριζόντιου επιπέδου και της κατασκευής. Η κάτοψη και η άνοψη διαφοροποιούνται από τον τρόπο με τον οποίο βλέπει κάποιος την κατασκευή, όταν βρίσκεται στο επίπεδο της οριζόντιας τομής. Αν δηλαδή βλέπει από πάνω προς τα κάτω, τότε πρόκειται για κάτοψη, αν όμως βλέπει από κάτω προς τα επάνω πρόκειται για άνοψη. Τα σχ. 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 και 4.9 δείχνουν τις μεθόδους αποτύπωσης, όπως εφαρμόζονται σε ένα απλό σπίτι και σε ένα ναό. Επισημαίνουμε ότι στη μέθοδο των τριγώνων συνήθως σε έναν χώρο κάτοψης τετραπλεύρου μετράμε για μεγαλύτερη ακρίβεια και τις δύο διαγωνίους του, μολονότι η μία από αυτές θα αρκούσε για την κατασκευή του τετραπλεύρου από τις πλευρές των δύο τριγώνων.

Είναι σκόπιμο, λόγω της μικρής σχετικά ακρίβειας που παρουσιάζει κυρίως η μέθοδος των τριγώνων αλλά και η σύνθετη εφαρμογή των άλλων μεθόδων, να έχουμε ένα καλό περίγραμμα του σχήματος της κάτοψης, το οποίο μπορούμε να αποκτήσουμε με μία από τις μεθόδους, που αναφέραμε παραπάνω, κάνοντας έτσι σχετικά πιο εύκολη την απόδοση των σχεδίων.



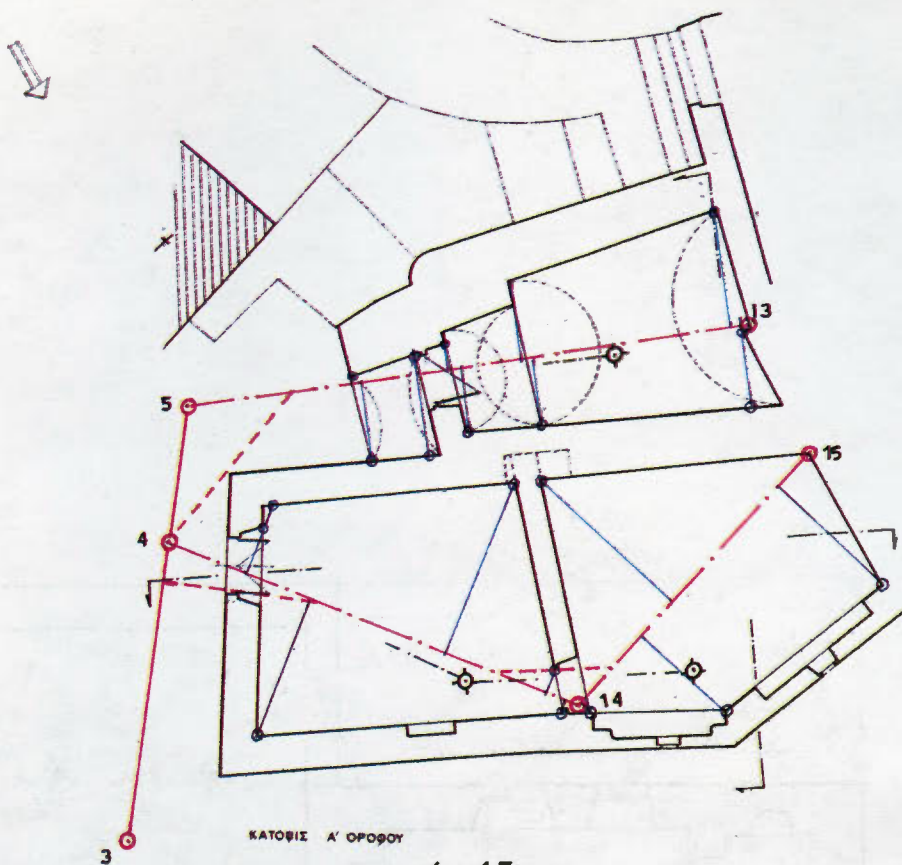
σχήμα 4.5

Αποτύπωση κάτοψης με τη μέθοδο των τριγώνων



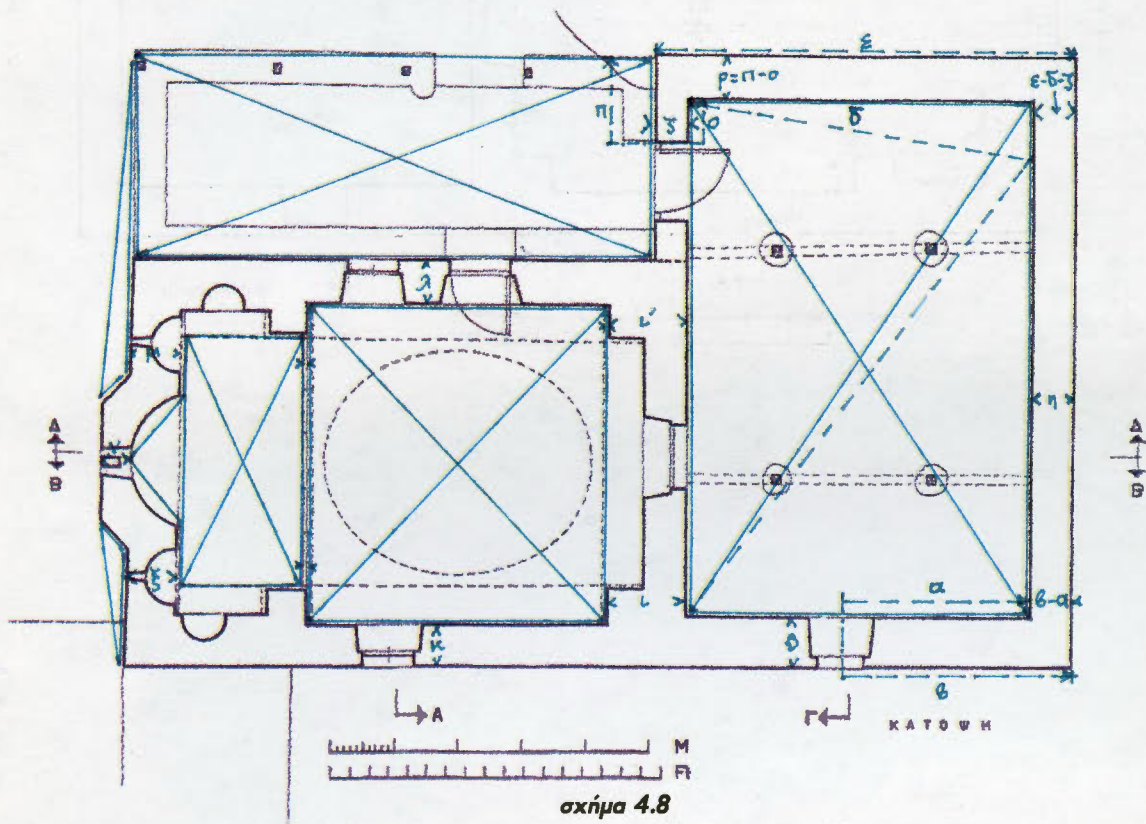
σχήμα 4.6

Αποτύπωση κάτοψης με τη μέθοδο των ορθών προβολών - πολικών συντεταγμένων



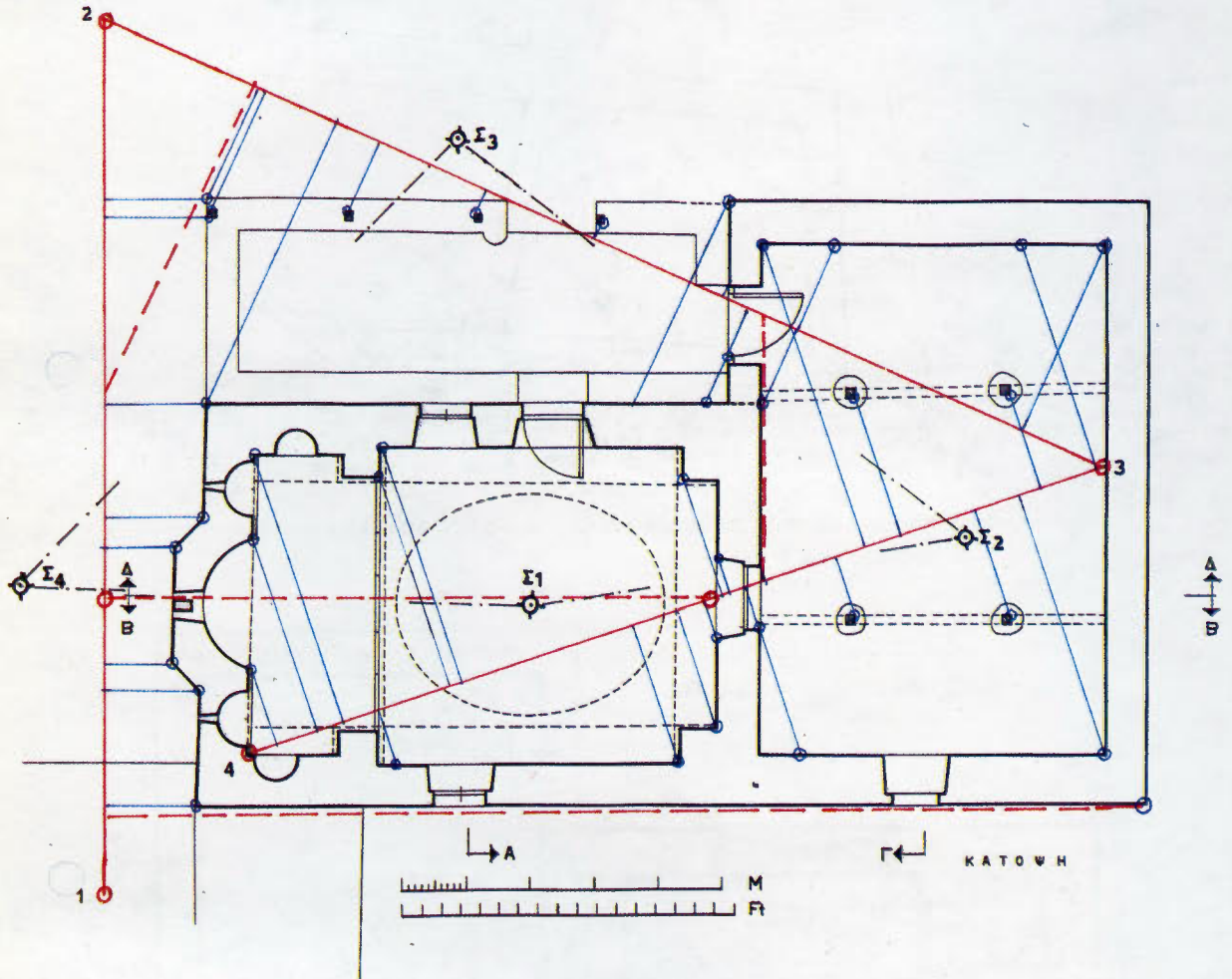
σχήμα 4.7

Αποτύπωση κάτοψης με τη μέθοδο των ορθών προβολών - πολικών συντεταγμένων



σχήμα 4.8

Αποτύπωση κάτοψης με τη μέθοδο των τριγώνων



σχήμα 4.9

Αποτύπωση κάτοψης με τη μέθοδο των ορθών προβολών - πολικών συντεταγμένων

Τα στοιχεία των κατασκευών που βρίσκονται μεταξύ δύο διαδοχικών σημείων των οποίων η θέση προσδιορίζεται στην οριζόντια τομή, π.χ. παράθυρα, πόρτες μετριοούνται με συνεταγμένες τους από μία αρχή (0,000) που συμπίπτει με ένα σημείο γνωστό, προς ένα άλλο, και όχι τμηματικά. Αποφεύγεται έτσι να σωρεύονται λάθη (σχ. 4.5).

Ο τρόπος με τον οποίο αποτυπώνονται οι κατασκευές που προβάλλονται στην οριζόντια τομή είναι αντίστοιχος με την κατασκευή τομών-όψεων. Εφόσον πρόκειται για κάτοψη, αφού επιμερίσουμε το σχήμα σε επί μέρους τμήματα, τα οποία συνήθως είναι επίπεδα και των οποίων τα σημεία των ορίων αποτυπώνουμε, στα πλαίσια της αποτύπωσης της οριζόντιας τομής, ακολουθούμε για κάθε τμήμα τις μεθόδους αποτύπωσης των επίπεδων επιφανειών, στις οποίες αναφερόμαστε αναλυτικότερα παρακάτω. Γενικά, σημειώνουμε ότι τα σημεία του πατώματος, ή άλλων κατασκευών, που φαίνονται στην κάτοψη μπορούν να προβληθούν στο επίπεδο της οριζόντιας τομής με ένα νήμα της στάθμης. Αν πρόκειται για άνοψη την οποία αποτυπώνουμε, εφόσον η κατασκευή παρουσιάζει ενδιαφέρον, αν υπάρχουν δηλαδή σε κάποιο κτίριο αξιολογες οροφές, ή αν πρόκειται για ένα ναό κ.τ.λ., απαιτούνται ειδικές διαδικασίες. Ειδικά στους ναούς, και σε ορισμένες συναφείς κατασκευές, χρησιμοποιούμε συμβολισμούς σε μία κάτοψη της οποίας η οριζόντια τομή βλέπει προς τα κάτω, οι οποίοι φανερώνουν ταυτόχρονα σε γενικές γραμμές τη μορφή και το είδος των κατασκευών κάλυψης (σχ. 4.8, 4.9). Εάν η οριζόντια τομή βλέπει προς τα επάνω, δηλαδή πρόκειται για άνοψη, τότε, ανάλογα με τη μορφή της οροφής, αφού επιμερίσουμε το σχήμα σε τμήματα, επίπεδα ή όχι, των οποίων τα όρια αποτυπώνουμε, στα πλαίσια της αποτύπωσης της οριζόντιας τομής, ακολουθούμε για κάθε τμήμα τις κατάλληλες μεθόδους αποτύπωσης των επιφανειών επίπεδων ή καμπύλων κ.τ.λ., στις οποίες αναφερόμαστε παρακάτω και οι οποίες εξαρτώνται από τη μορφή των επιφανειών και τις λεπτομέρειες που αυτές ενσωματώνουν.

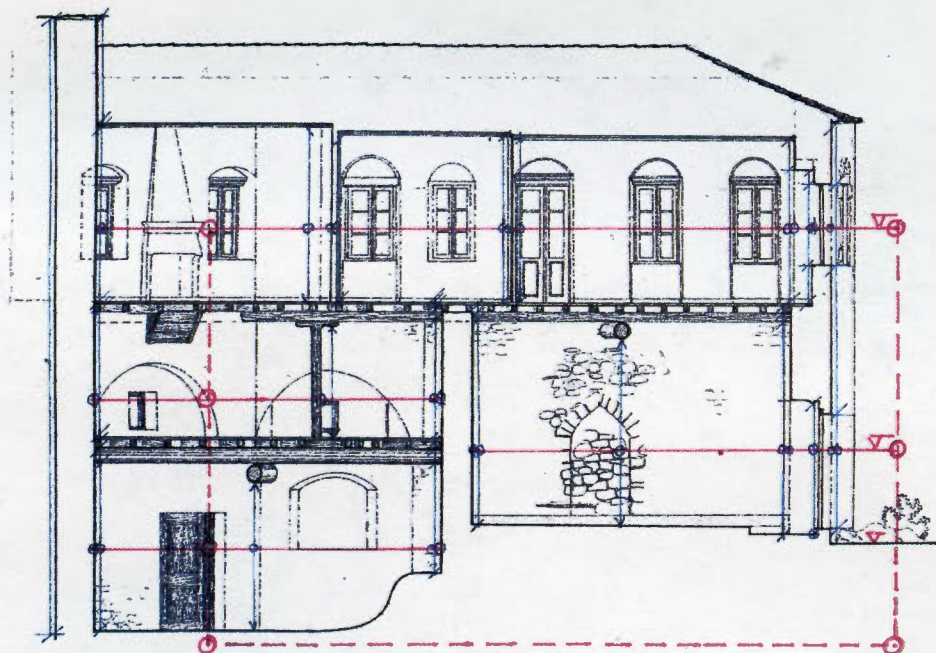
Εφόσον υφίσταται ανάγκη, κατασκευάζεται και δεύτερη ή και άλλες οριζόντιες τομές στον ίδιο ή σε μέρος του ίδιου χώρου, προκειμένου να δείξουμε το σύνολο των κατασκευών και να έχουμε πληρέστερη εικόνα, όπως π.χ. σε ένα ναό με γυναικωνίτη, ο οποίος καταλαμβάνει συνήθως ένα μικρό τμήμα του ναού. Τα σημεία των επάνω επιφανειών αποτυπώνονται, αφού προβληθούν σε οριζόντιο επίπεδο, με τους τρόπους, τους οποίους χρησιμοποιούμε για το κατέβασμα των σημείων.

β) Τομές-όψεις. Οι τομές, όψεις και τομές - όψεις κατασκευάζονται με υλοποίηση μίας τομής με κατακόρυφο επίπεδο και προβολή στο επίπεδο αυτό των όψεων ή όσων τμημάτων της βλέπουν οι τομές, αντίστοιχα, όπως έχουμε στις κατόψεις και ανόψεις (σχ. 4.10, 4.11). Οι όψεις δεν είναι παρά προβολή των εξωτερικών όψεων σε κατακόρυφο επίπεδο, το οποίο βρίσκεται εξωτερικά του αντικειμένου της αποτύπωσης. Και στις τομές έχουμε την υλοποίηση ενός κατακόρυφου επιπέδου με μία από τις μεθόδους, τις σχετικές με την υλοποίηση κατακόρυφων επιπέδων, που γίνονται με χρήση νήματος στάθμης, κατακόρυφου επιπέδου με τοπογραφικά όργανα (θεοδόλιχο), λείζερ κ.τ.λ. Συχνά, είναι δυνατόν οι τομές να αποδίδονται, αφού έχουν πρώτα αποτυπωθεί οι κατόψεις και είναι δυνατόν να οριστούν οι θέσεις του επιπέδου της τομής σε κάθε στάθμη. Διαφορετικά πρέπει να υλοποιείται σε κάθε στάθμη το κατακόρυφο επίπεδο της τομής στην ίδια θέση σε κάθε επίπεδο.

Η σύνδεση των υψών εσωτερικά και εξωτερικά (σχ. 4.10, 4.11), μπορεί να μας δώσει το πάχος κατασκευής των δαπέδων. Το ίδιο και η απευθείας μέτρηση της στάθμης στα κλιμακοστάσια. Σε κάθε αποτύπωση τομών ή όψεων υπάρχει υψομετρική αφετηρία με την οποία τελικά συσχετίζεται κάθε σημείο της τομής ή της όψης. Τα ύψη μπορεί να μετρηθούν με μία μικρή άκαμπτη μετροταινία, με πλατιά συνήθως μεταλλική διατομή και μήκος 3,5 μ., 5 μ. κ.τ.λ. ή και με ένα πτυσσόμενο ακόντιο. Το ακόντιο αυτό προχωρεί μέχρι να συναντήσει την οροφή ή ένα ψηλό σημείο, εκτυλίσσοντας συγχρόνως μία εσωτερική μετροταινία, και μας επιτρέπει την ανάγνωση των ενδείξεων σε χαμπλή στάθμη, ή με όργανο χειρός το οποίο μετράει αποστάσεις με ηλεκτρομαγνητικά κύματα ή ακτίνες λείζερ.

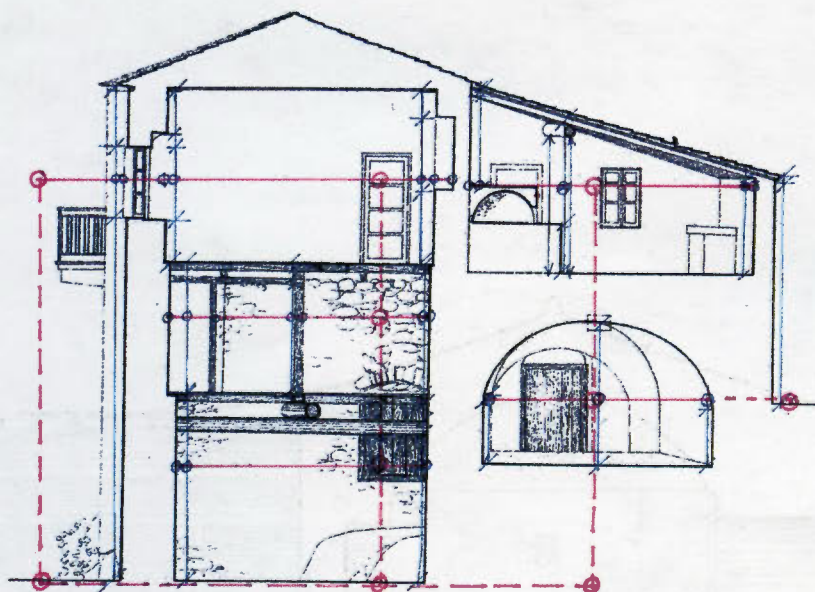
Η θέση του κατακόρυφου επιπέδου της τομής, καθώς και η κατεύθυνση προς την οποία αυτή βλέπει, σημειώνονται επί των κατόψεων. Επίσης επάνω στις τομές σημειώνεται η θέση των οριζόντιων επιπέδων των κατόψεων και η φορά προς την οποία αυτές βλέπουν (πάνω ή κάτω).

Αφού αποτυπωθεί η τομή με όλα τα στοιχεία που το κατακόρυφο επίπεδο της τέμνει, προβάλλονται στο επίπεδο αυτό, το οποίο μπορεί να υλοποιείται σε κάθε χώρο, επιμέρους σημεία με τις γνωστές μεθόδους των κάθετων προβολών σημείων.



ΤΟΜΗ Α-Α

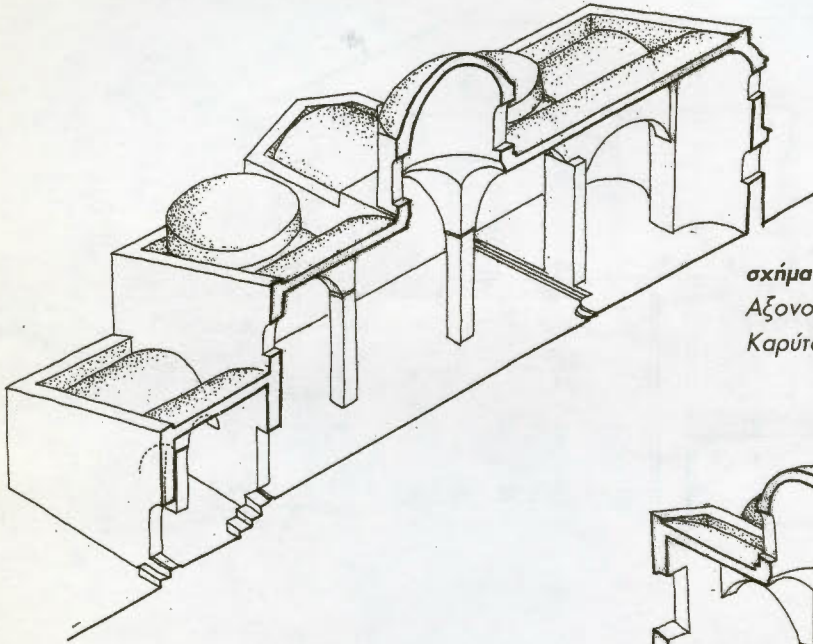
σχήμα 4.10
Αποτύπωση τομής κτιρίου



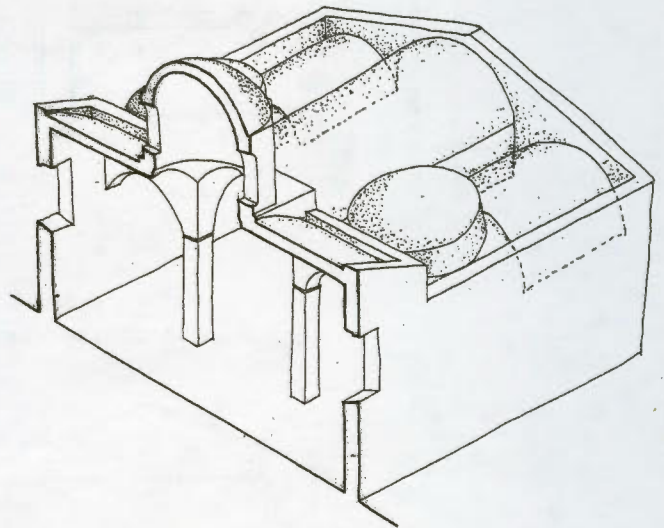
ΤΟΜΗ Β-Β

○ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΙ ΣΤΑΘΜΩΝ
+ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΙ ΜΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ
ΤΗΣ ΚΑΘΕ ΣΤΑΘΜΗΣ ΚΑΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΚΟΙ
ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΙ

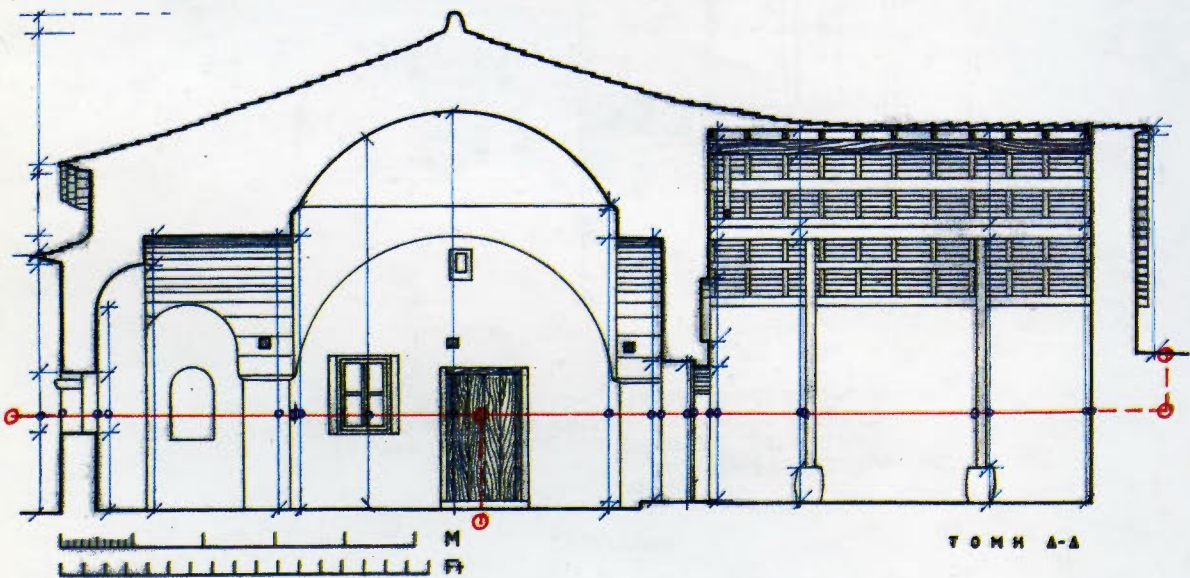
σχήμα 4.11



σχήμα 4.12
Αξονομετρική τομή διαμήκης, Αγίου Νικολάου
Καρύταινας



σχήμα 4.13
Αξονομετρική τομή εγκάρσια Αγίου Νικολάου
Καρύταινας



σχήμα 4.14
Τομή Αγίου Νικολάου Χορευτού Πηλίου

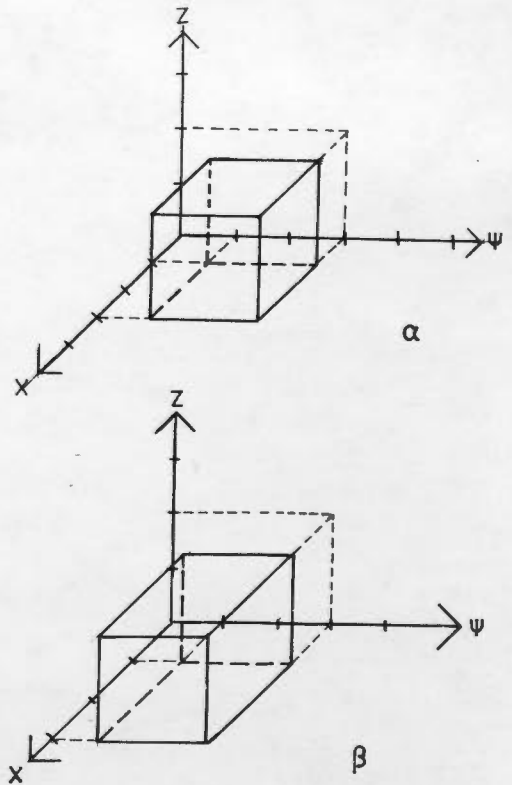
Τα αντικείμενα τα οποία βλέπει η τομή, δηλαδή αυτά που βρίσκονται σε όψεις της πρώτης επιφάνειας προς την πλευρά που προσανατολίζεται η τομή, προβάλλονται επί του επιπέδου της τομής, με έναν από τους τρόπους στους οποίους αναφερθήκαμε, όταν μιλήσαμε για τις προβολές σημείων, π.χ. γεωμετρικές μεθόδους (ως ύψος ισοσκελούς τριγώνου, με τρίγωνο πλευρών 3,4,5) ή με ορθόγωνο κ.τ.λ. Με τον τρόπο αυτό προβάλλουμε έναν ορισμένο αριθμό χαρακτηριστικών σημείων, που οριοθετούν επιφάνειες με ομοιογενή χαρακτήρα (π.χ. τοίχοι, όρια θυρών, παραθύρων κ.τ.λ.), οι οποίες αποτυπώνονται, εφόσον παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

Το επίπεδο των τομών μπορεί να μετατίθεται παράλληλα προκειμένου να φανούν περισσότερο ενδιαφέροντα στοιχεία του κτιρίου, π.χ. μία κλίμακα. Τα σημεία αλλαγής επιπέδου σημειώνονται επί των κατόψεων. Σε ορισμένες θέσεις είναι δυνατόν να γίνονται και ειδικές τοπικές τομές, ώστε να συμπληρώνεται η συνολική παρουσίαση του αντικειμένου. Τα σχ. 4.10, 4.11, 4.14, δείχνουν τομές του σπιτιού και του ναού (Αγ. Νικόλαος Χορευτού Πηλίου).

4.3 Αξονομετρικά, προοπτικά.

Ένα αντικείμενο αποτύπωσης, το οποίο έχει προσδιοριστεί τελικά με τις κατόψεις και τις τομές-όψεις του, μας δίνει τα στοιχεία για να προσδιορίσουμε το σύνολο των σημείων του στο χώρο. Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι με τους οποίους μπορούμε να έχουμε εποπτεία σε περισσότερες από δύο διαστάσεις, τα αξονομετρικά και τα προοπτικά σχέδια.

Στα **αξονομετρικά σχέδια** παρουσιάζεται και η τρίτη διάσταση των αντικειμένων σχεδιασμένη με μία κλίμακα, προκειμένου για τον άξονα των Χ. Η τρίτη διάσταση σχεδιάζεται με κλίμακα ίδια ή μικρότερη από τις άλλες (η μικρότερη έχει καλύτερη παρουσίαση του αντικειμένου) και σε λοξή διάταξη, π.χ. 30°, 45°, 60°, που ευνοούνται και από τα τρίγωνα σχεδίασης. Στο σχ. 4.15 α,β, βλέπουμε το αξονομετρικό ενός κύβου πλευράς 2 cm. Στο σχ. 4.15 α τα μήκη στον άξονα των Χ έχουν ληφθεί με διαφορετική κλίμακα (περίπου 0,7 αυτής των Ψ και Ζ) από ό,τι στους άξονες των Ψ και Ζ, ενώ στο σχ. 4.15 β τα μήκη έχουν την ίδια κλίμακα σε όλους τους άξονες. Η αξονομετρική απεικόνιση στην πρώτη περίπτωση είναι περισσότερο ρεαλιστική. Στα σχ. 4.12 και 4.13 βλέπουμε αξονομετρικά τμήματος του Ι. Ναού Αγίου Νικολάου Καρύταινας, συνδυασμένα με τομές που μας επιτρέπουν να κατανοήσουμε πληρέστερα την αρχιτεκτονική του, καθώς και την ειδική διαμόρφωση της κάλυψής του.



σχήμα 4.15
Αξονομετρική παρουσίαση κύβου

Στα προοπτικά σχέδια παρουσιάζεται η εικόνα την οποία δίνει ένα αντικείμενο, όπως αυτό φαίνεται από μία συγκεκριμένη θέση O (σχ. 4.16), που βρίσκεται σε οριζόντιο επίπεδο, τον ορίζοντα, ύψους h , η οποία καλείται **οπτικό κέντρο** ή **θέση του παρατηρητή** και η κατασκευή του γίνεται, όπως εάν το αντικείμενο στηριζόταν σε ένα οριζόντιο επίπεδο E_0 και προβαλλόταν σε ένα κατακόρυφο επίπεδο E_k , το οποίο καλείται πίνακας. Το σχήμα 4.16 μας δείχνει την κατασκευή του προοπτικού ενός κύβου, ο οποίος εδράζεται επί του επιπέδου E_0 , στη θέση $ΑΒΓΔ$.

Τα σύγχρονα προγράμματα ηλεκτρονικών υπολογιστών (H/Y) παρέχουν τη δυνατότητα, με την ενημέρωση όλων των στοιχείων μίας κατασκευής, να βλέπουμε ένα αντικείμενο από διάφορες θέσεις και να επιλέγουμε αυτές, που είναι περισσότερο χαρακτηριστικές.

4.4 Κλίμακες σχεδίασης.

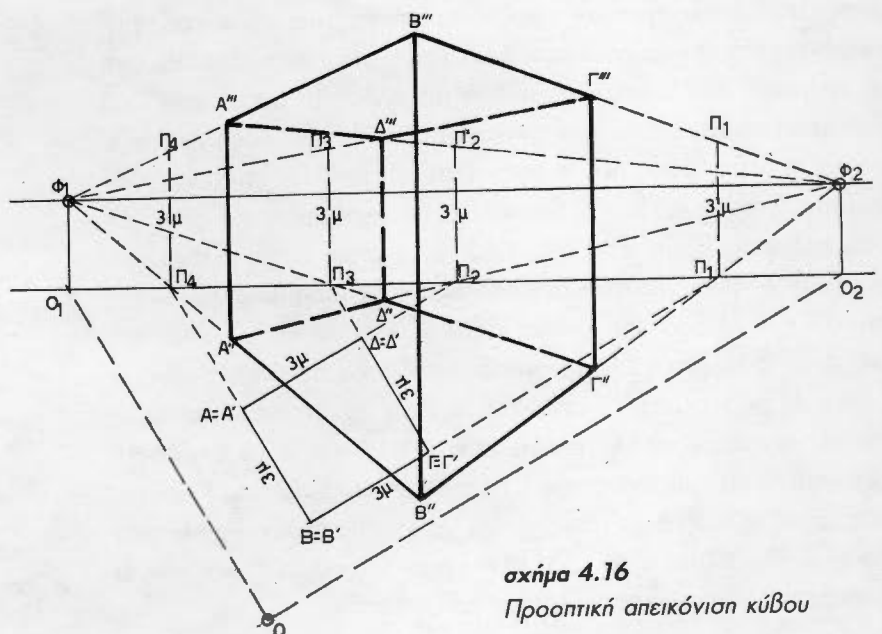
Οι κλίμακες στις αποτυπώσεις αρχιτεκτονικών μνημείων είναι ανάλογες με τις ανάγκες της εργασίας.

Χρησιμοποιούνται:

α) για μελέτες γενικών σχεδίων, διαρρύθμισης, διαμόρφωσης, τοπογραφικών διαγραμμάτων, οριζοντιογραφιών, κατόψεων, όψεων, τομών 1:200, 1:100,

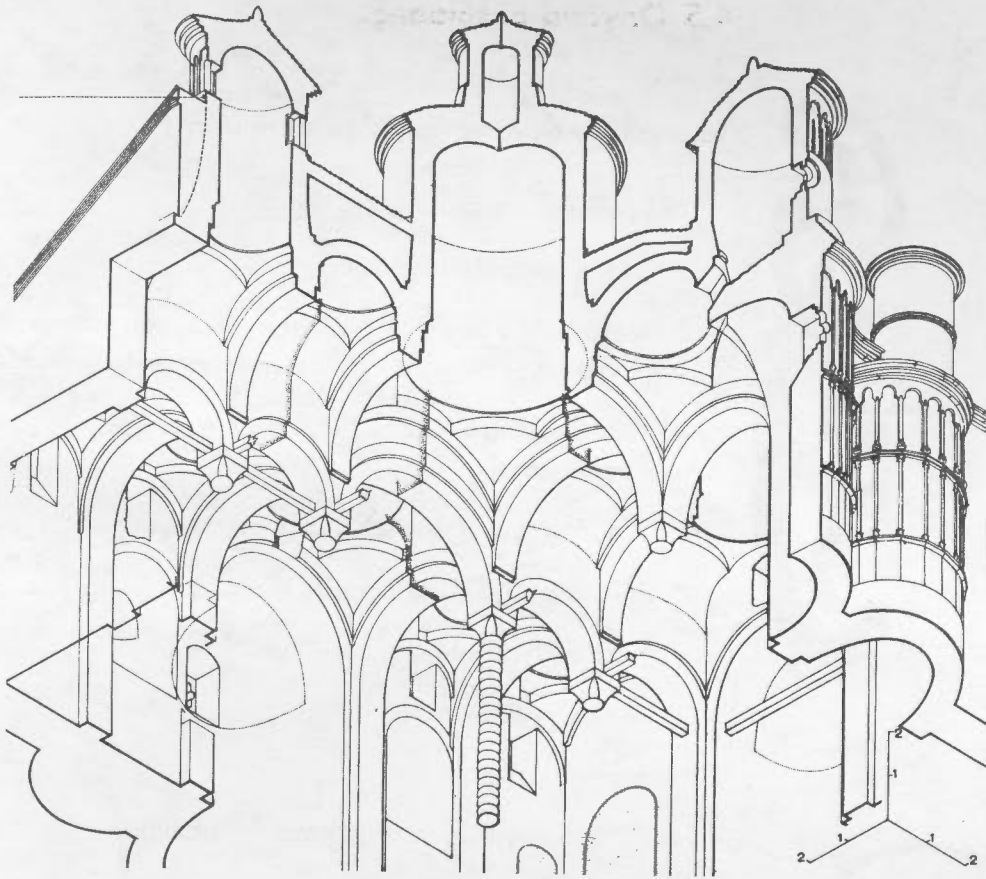
β) για αποτυπώσεις γενικών σχεδίων κατόψεων, όψεων, τομών, με στόχο τη μελέτη της αρχιτεκτονικής, της στερέωσης, της αναστήλωσης και της ανάδειξης των μνημείων 1:100, 1:50, 1:20, 1:10.

Κλίμακες λεπτομερειών: 1:20, 1:10, 1:5, 1:2, 1:1.



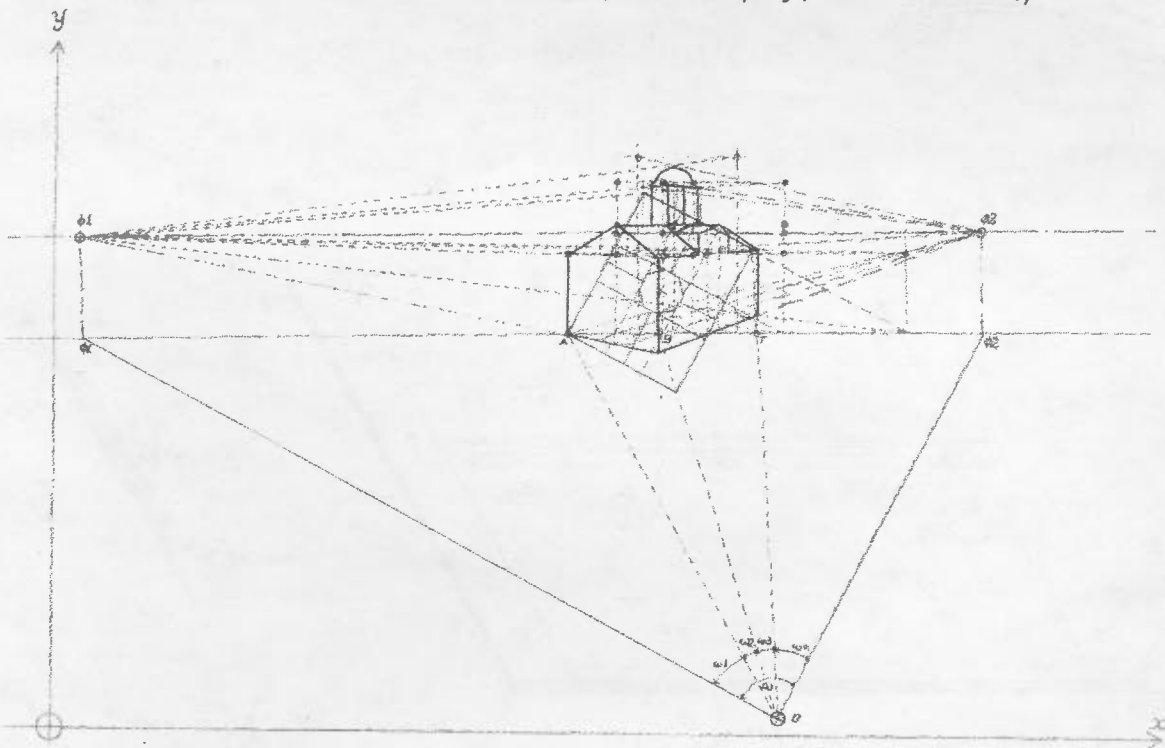
σχήμα 4.16

Προοπτική απεικόνιση κύβου



σχήμα 4.17

Ναός του Τιμίου Σταυρού. Αξονομετρικό θολοδομίας (Παύλου Μ. Μιλωνά)



σχήμα 4.18

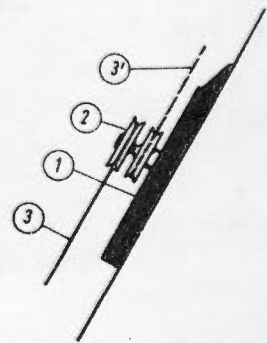
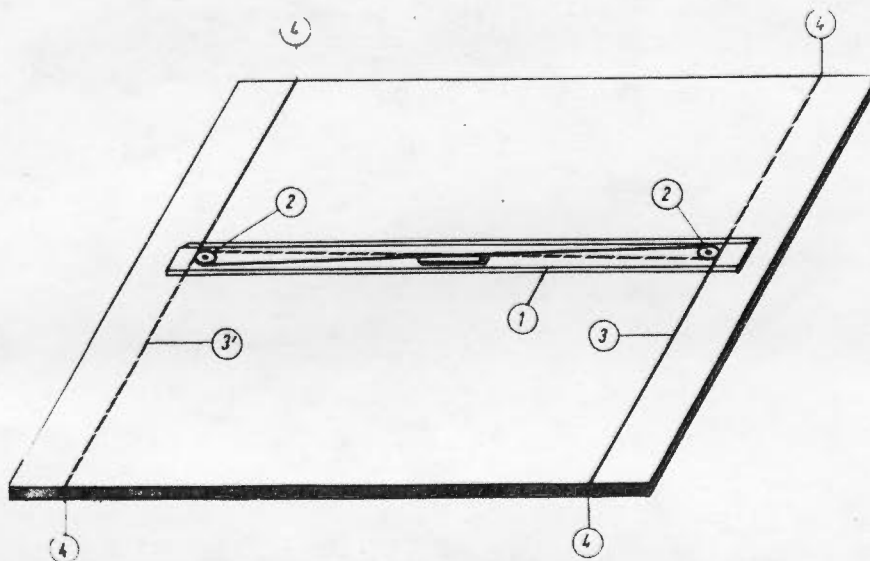
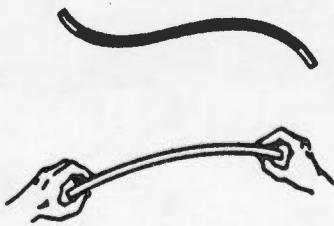
Αρχές μερπτικής αξιοποίησης με Αντίστροφη Προοπτική

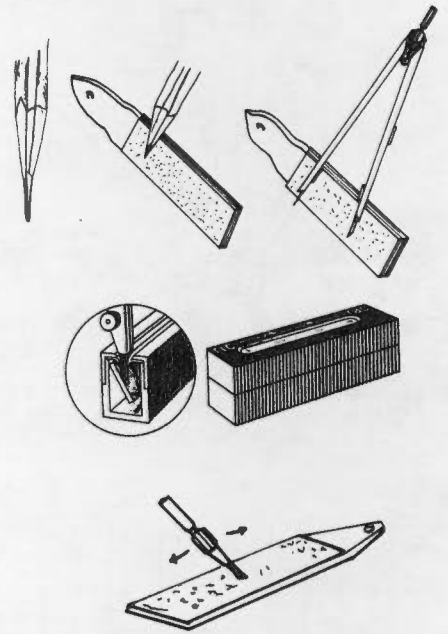
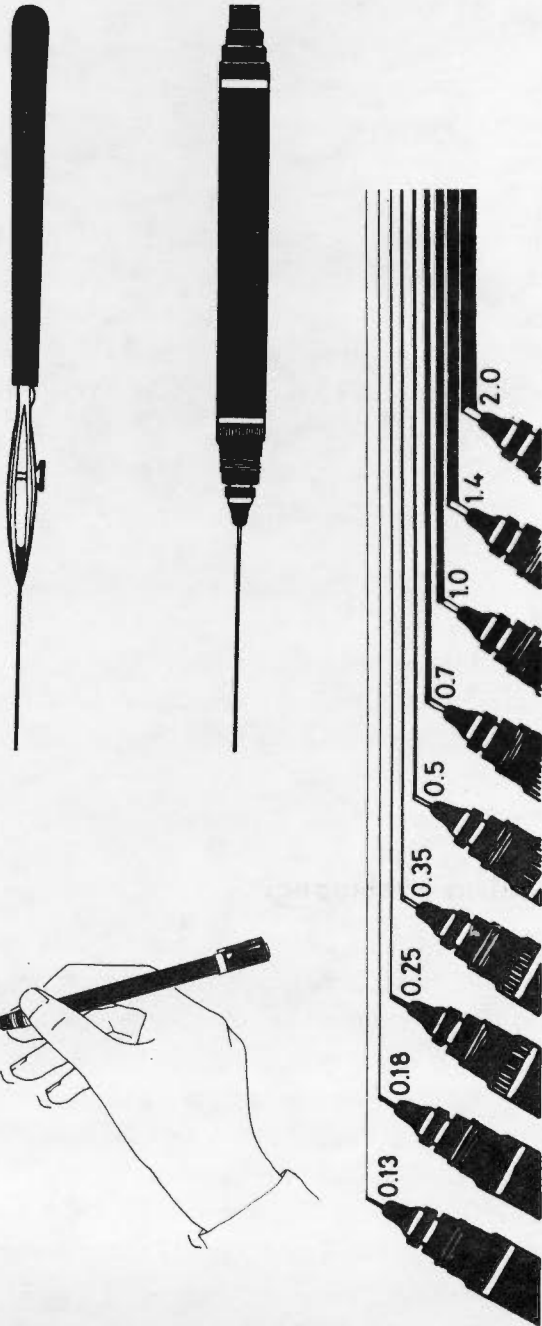
4.5 Όργανα σχεδίασης.



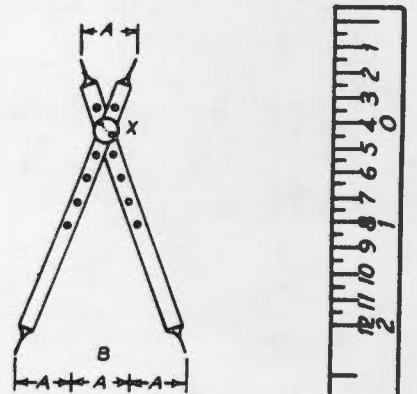
Τα απαραίτητα όργανα για το σχεδιαστή :

1. Πινακίδα σχεδίασης
2. Ταφ ή παραλληλογράφος
3. Τρίγωνα 45° - 30° - 60° (μεγάλου και μικρού μεγέθους)
4. Υποδεκάμετρα (μήκους 30cm με λαβή, μικρό 10cm πλακέ)
5. Διαβήτης με εξάρτημα για ραπιντογράφο
6. Μπόμπα (διαβήτης μικρών κύκλων)
7. Καμπυλόγραμμο
8. Μοιρογνωμόνιο
9. Ραπιντογράφοι
10. "Ψαράκι" για ξύσιμο μηχανικών μολυβιών
11. Μηχανικά μολύβια
12. Γομολάστιχες
13. Μελάνη σχεδίου (σινική)



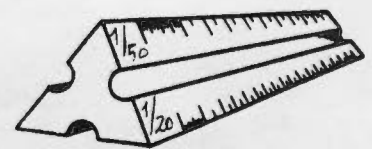
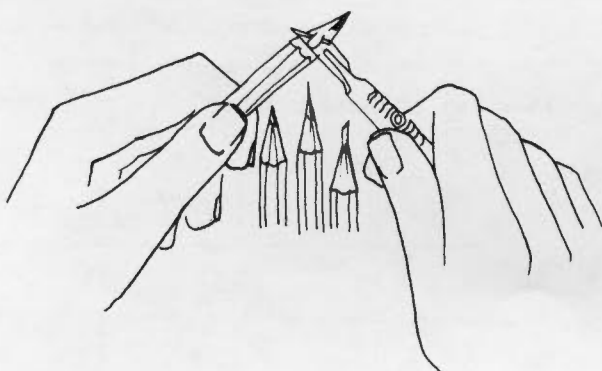


Διαμόρφωση μύτες μολυβιού του διαβήτη



Αναλογικό διαστημόμετρο

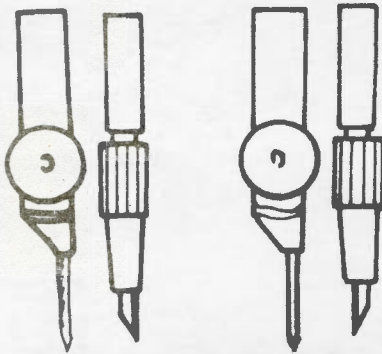
Μεγεθυντικός κανόνας



Κανόνας αρχιτέκτονα (κλιμακόμετρο)



λάθος



λάθος

σωστό



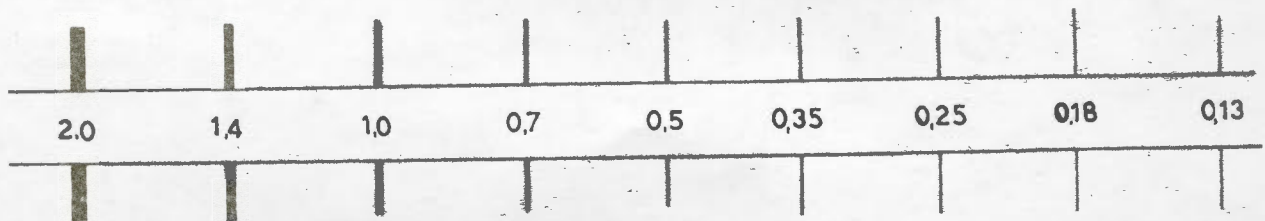
Τα όργανα σχεδίασης διακρίνονται: α) σ' αυτά με τα οποία σχεδιάζουμε και είναι οι γραμμοσύρτες, οι ραπιδογράφοι (rapidograph), το γραφός (graphos), οι διαβήτες, οι μπόμπες, αλλά και σύγχρονα συστήματα σχεδίασεως μέσω Η/Υ, οι εκτυπωτές (printers, plotters), β) Σ' αυτά που μας υποβοηθούν στη σχεδίαση, που είναι κλιμακόμετρα, τρίγωνα, κυκλάκια, ελλείψεις, stensyl με τυποποιημένα σχέδια διάφορων ειδικών κατασκευών (π.χ. έπιπλα) και γραμμάτων, καμπυλόγραμμο, κ.τ.λ. Έτσι, στην πράξη μία γραμμή η οποία, όπως αναφέραμε, έχει μόνο μία διάσταση δηλαδή το μήκος και το πλάτος της είναι πρακτικά 0,00, κατά τη διαδικασία της σχεδίασης έχει κάποιο πάχος.

Το πάχος της γραμμής σχεδίασης κυμαίνεται ανάλογα με το είδος της απεικόνισης από 0,1 χιλιοστά έως 1,2 χιλιοστά. Οι γραμμές των στοιχείων που τέμνονται γίνονται με χοντρές γραμμές, και, ανάλογα με την κλίμακα, το πλάτος τους κυμαίνεται από 0,3 χιλιοστά έως 1,2 χιλιοστά. Οι γραμμές που προβάλλονται σε όψεις έχουν πάχος, που μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με την κλίμακα αλλά και την ποσότητα των επιπέδων, και κυμαίνεται συνήθως από 0,1 χιλιοστά έως 0,3 χιλιοστά.

4.6 Ακρίβεια σχεδίασης.

Αν δεχθούμε ότι το μέσο πάχος της απλής προβαλλόμενης γραμμής είναι 0,2 χιλιοστά, ανάλογα με την κλίμακα θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε ότι το σφάλμα της σχεδίασης μίας γραμμής είναι το πάχος της επί την κλίμακα. Το σφάλμα αυτό το οποίο καλείται γραφικό σφάλμα είναι: Για κλίμακα 1:100 ίσο με 0,2 χιλιοστά ή $0,0002 \times 100 = 0,02 \mu.$, για 1:50 ίσο με $0,0002 \times 50 = 0,01 \mu.$, για 1:20 ίσο με $0,0002 \times 20 = 0,004 \mu.$ Η ίδια αντιστοιχία ισχύει και για τις μικρότερες κλίμακες των λεπτομερειών ή τις μεγαλύτερες, των τοπογραφικών κ.τ.λ.

Το σφάλμα που διαπιστώνεται κατά τη μέτρηση μιας απόστασης μεταξύ δύο σημείων με τη μετροταινία καλείται **σχετικό σφάλμα**, ενώ το σφάλμα που υπάρχει στον υπολογισμό των συντεταγμένων ενός σημείου στο χώρο των τριών διαστάσεων (x, ψ, z) καλείται **απόλυτο σφάλμα**, είναι μεμονωμένο και

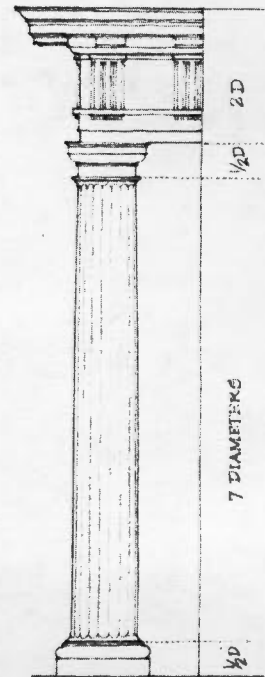


δεν επηρεάζει τη θέση άλλων σημείων εκτός αυτών των οποίων έτη θέση έχουμε ενδεχομένως εξαρτήσει από αυτό.

Στόχος είναι τα σφάλματα αυτά στις αποτυπώσεις να κρατούνται κάτω του γραφικού. Για το λόγο αυτό θεωρούμε ως όριο για τα σφάλματα των αποτυπώσεων μνημείων ανάλογα με τις κλίμακες των αποτυπώσεων τα νούμερα, που δώσαμε παραπάνω για το γραφικό σφάλμα.

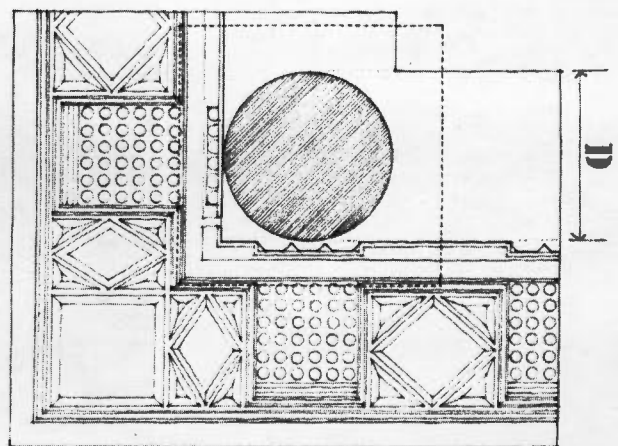
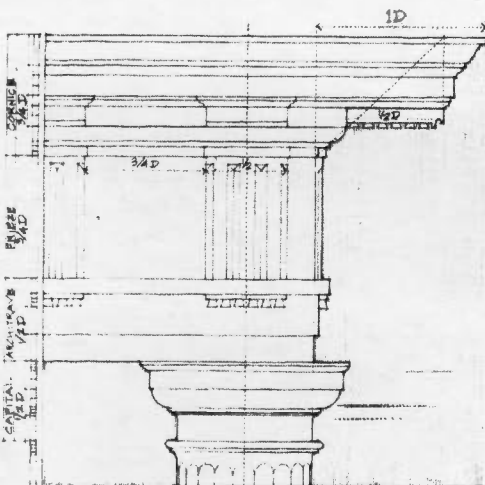
4.7 Σκαριφήματα αποτυπώσεων.

Προκειμένου να προχωρήσουμε στη λήψη μετρήσεων και στη γνώση άλλων στοιχείων του αντικειμένου με στόχο την αποτύπωση, συντάσσουμε σκαριφήματα. Τα σκαριφήματα, που συντάσσονται κατά τις εργασίες στο ύπαιθρο τόσο για τοπογραφικά όσο και για αρχιτεκτονικά και άλλα παρεμφερή σχέδια, είναι περιεκτικά και καταγράφουν όλα τα αναγκαία στοιχεία για την απόδοση των σχεδίων ή τις άλλες εργασίες απόδοσης που ακολουθούνται. Θα πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους, εφόσον αποτελούν συνέχεια του ίδιου σχεδίου σε διαφορετικά φύλλα. Η σύνδεση γίνεται με την επανάληψη τμήματος του σχεδίου και την επανάληψη αριθμών και ονομάτων σημείων, καθώς και άλλων στοιχείων. Σε πολλές θέσεις, που είναι αναγκαίο να γίνουν λεπτομερέστερες αποτυπώσεις, συντάσσονται χωριστά σχέδια. Τα σχέδια γίνονται γενικά με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι σαφή και επομένως εύκολα κατανοητά. Θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι το σχέδιο ενδεχομένως θα το αποδώσει άλλο άτομο. Συνήθως, τα στοιχεία τα οποία λαμβάνονται είναι περισσότερα από τα απολύτως αναγκαία. Σε περίπτωση που έχουμε περισσότερες από μία μετρήσεις του ίδιου στοιχείου, λαμβάνουμε το μέσο όρο των μετρήσεων, ο οποίος προκύπτει από το άθροισμα όλων των μετρήσεων δια του πλήθους τους.

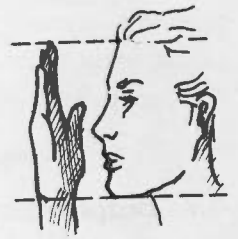


σχήμα 4.18

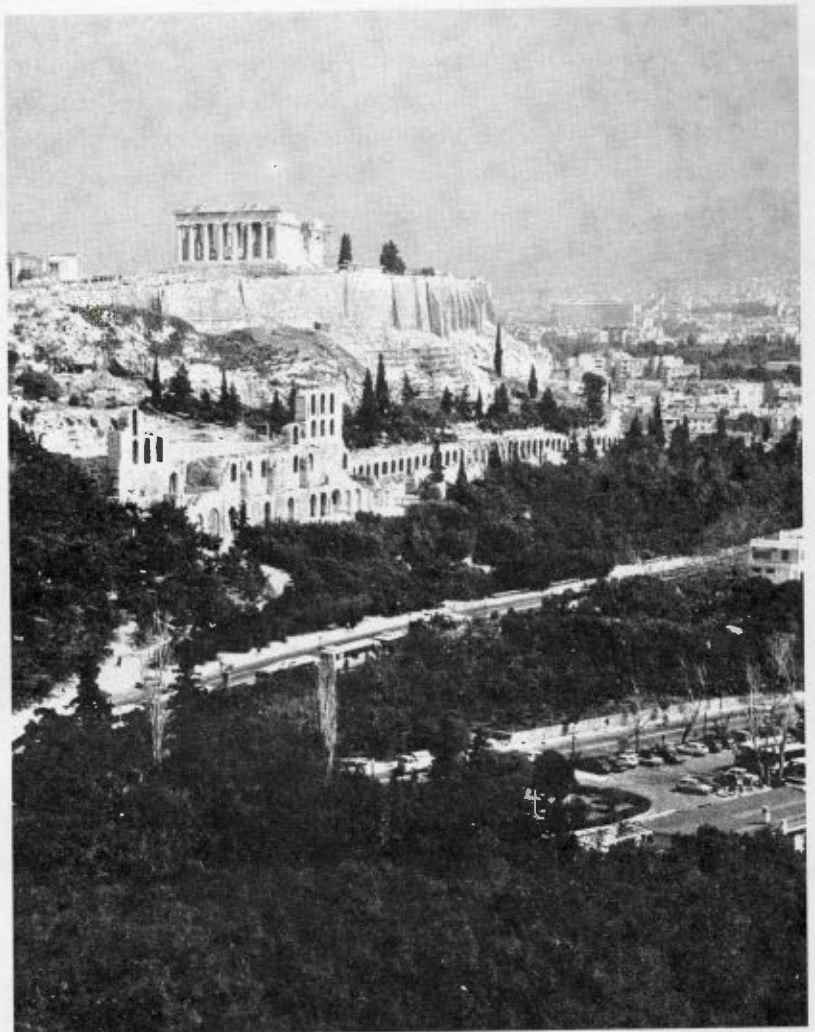
Ενδεικτικά σκαριφήματα αρχιτεκτονικών μελών



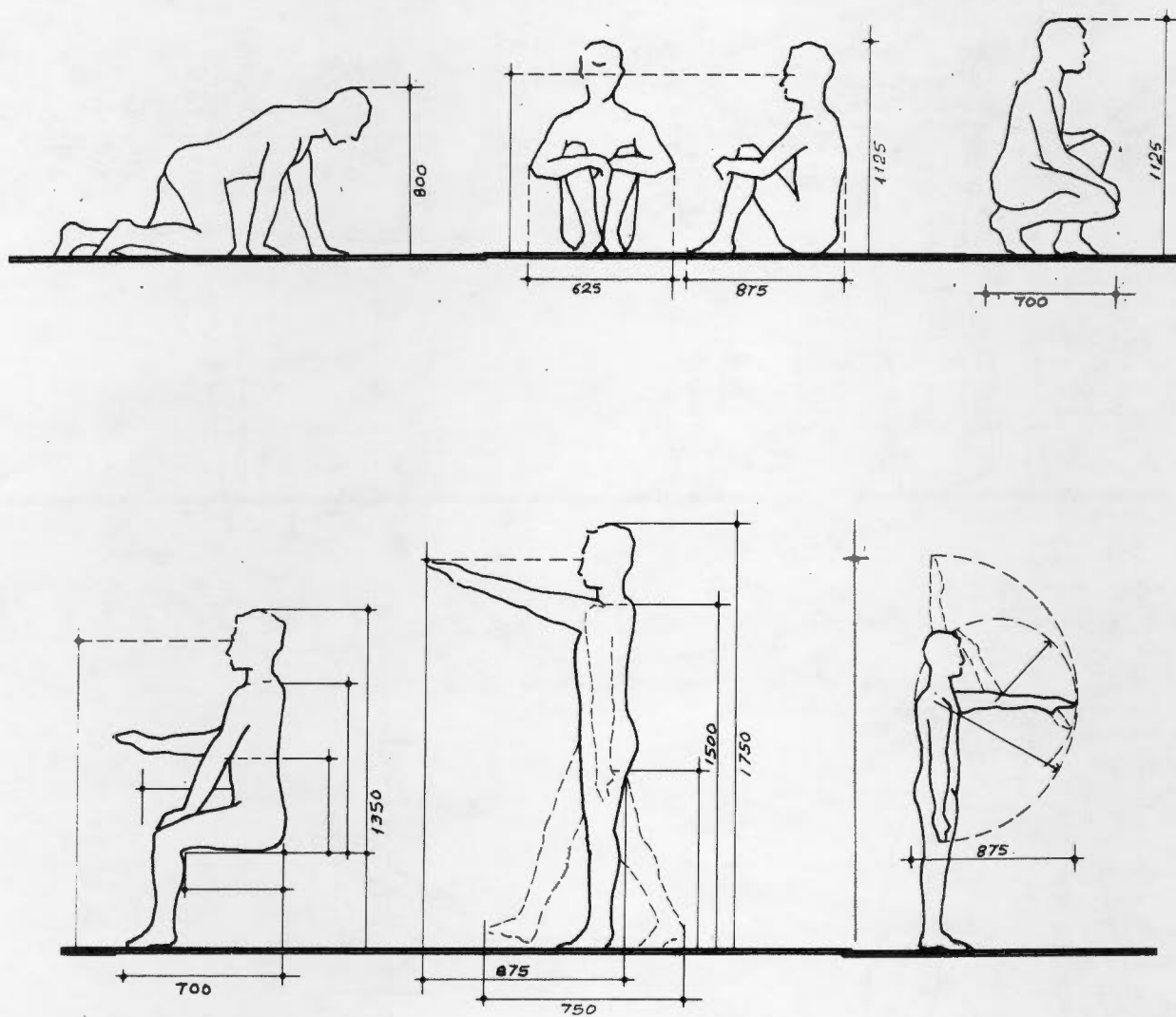
**Το ανθρώπινο σώμα αιώνιο και πολύτιμο εργαλείο μέτρησης.
Μετρώ σημαίνει γνωρίζω.**



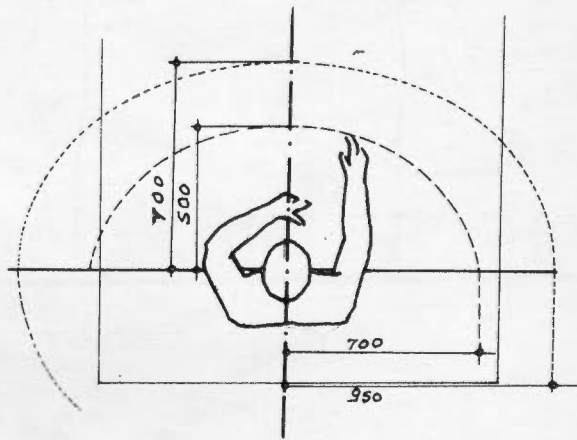
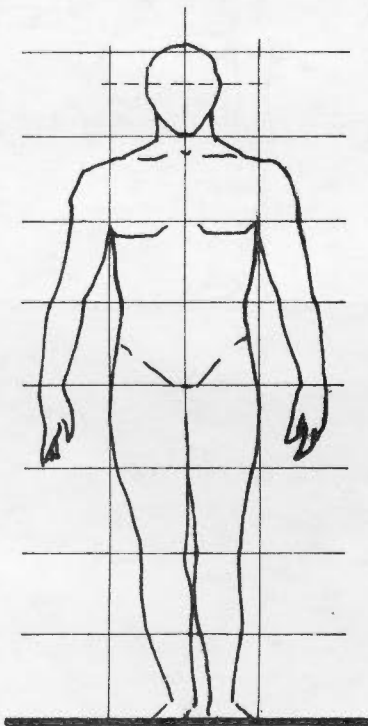
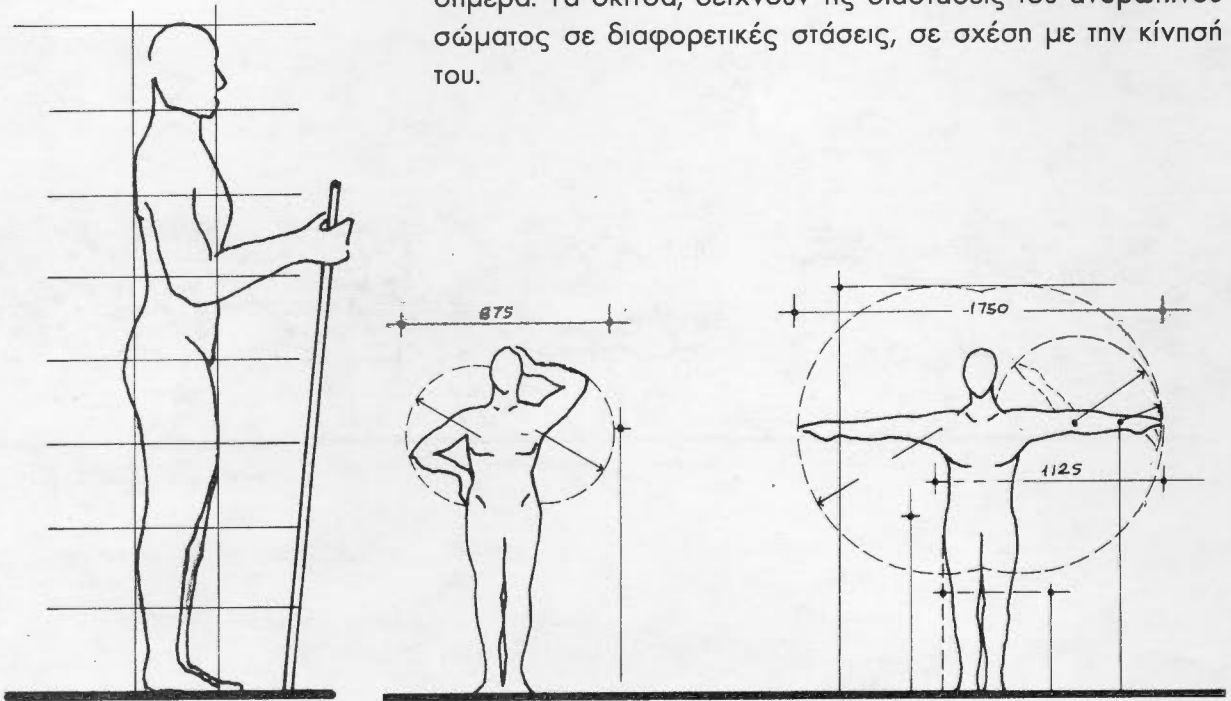
Ο Παρθενώνας, οι ινδικοί ναοί, οι καθεδρικοί ναοί χτίστηκαν με ακριβείς μετρήσεις, δηλαδή με έναν κώδικα μέτρησης. Οι πρωτόγονοι, οι Αιγύπτιοι, οι Χαλδαίοι, οι Έλληνες έχτισαν, κατά συνέπεια, μέτρησαν.



4.8 Εργονομικοί και ανθρωπομετρικοί πίνακες - Διαστάσεις τυπικών αντικειμένων

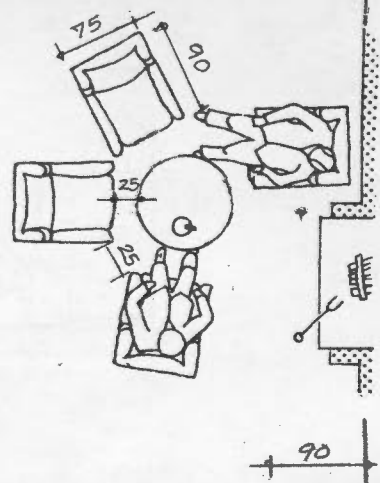
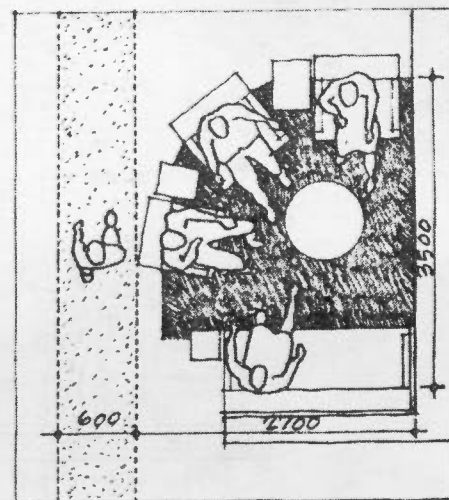
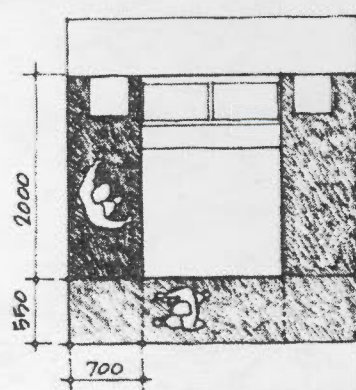
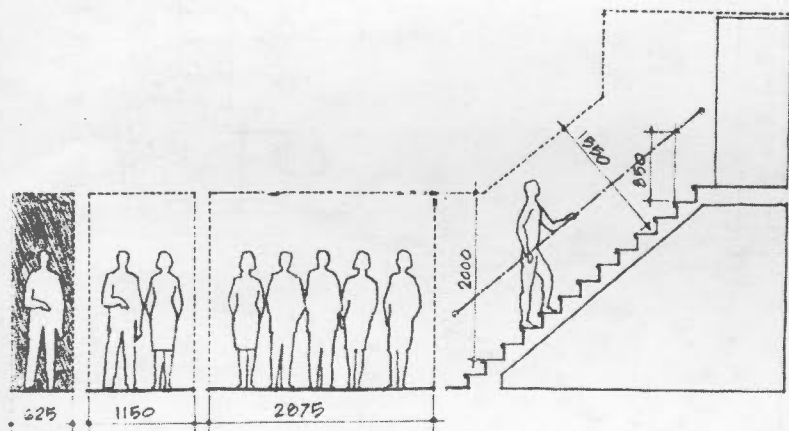


Ο ανθρώπινος πίκυς, το ανθρώπινο βήμα, το πόδι, ο αντίχειρας είναι από τα πιο παλιά εργαλεία μέτρησης που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος, τα οποία όμως χρησιμοποιεί και σήμερα. Τα σκίτσα, δείχνουν τις διαστάσεις του ανθρώπινου σώματος σε διαφορετικές στάσεις, σε σχέση με την κίνησή του.



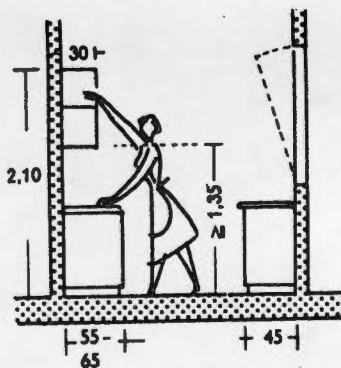
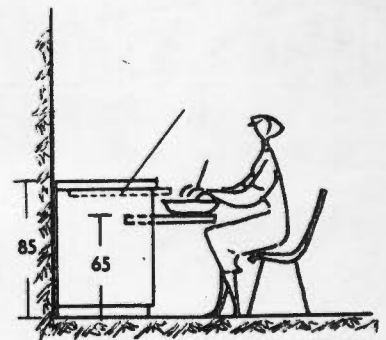
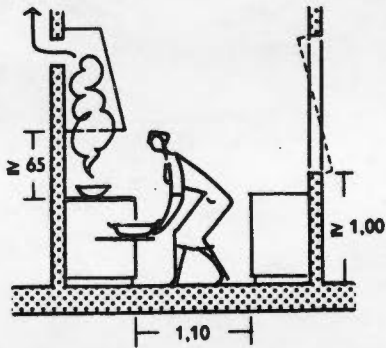
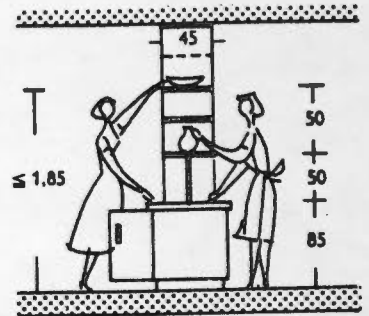
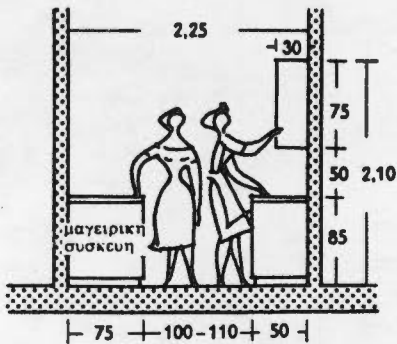
Οι αρχιτέκτονες της Αναγέννησης μελέτησαν τις αναλογίες του ανθρώπινου σώματος σε σχέση με τις αρμονικές αναλογίες μεγεθών και διατύπωσαν τη θεωρία ότι οι διαστάσεις στην αρχιτεκτονική συνδέονται στενά με τις αναλογίες του ανθρώπινου σώματος.

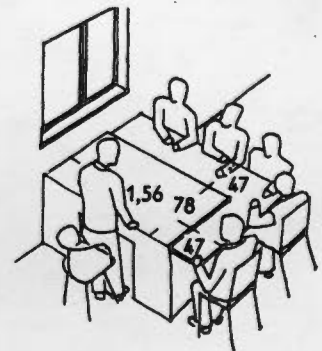
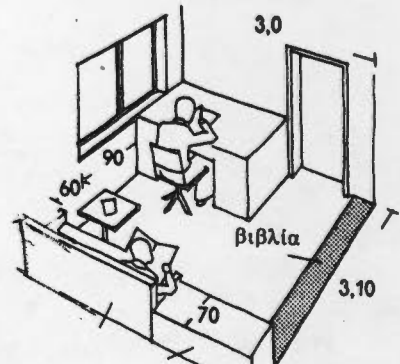
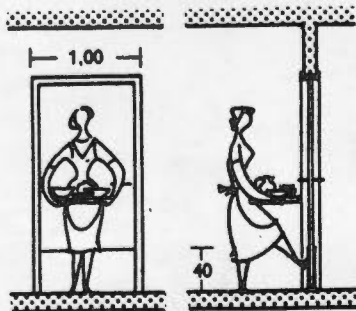
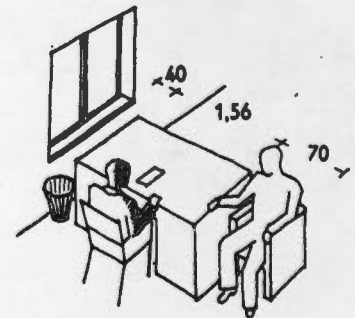
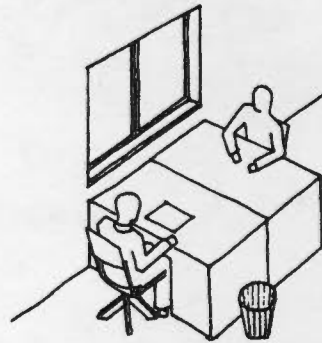
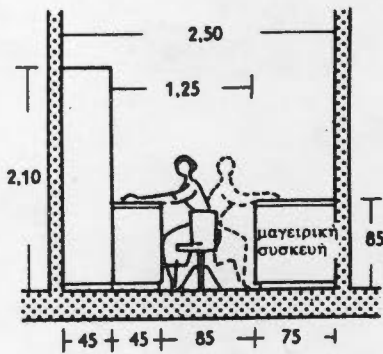
Αναγκαίες διαστάσεις χώρων που λειτουργεί ο άνθρωπος



Οι διαστάσεις και οι αναλογίες του ανθρώπινου σώματος μας καθορίζουν και τις διαστάσεις των κτιρίων μας, ώστε μέσα σ' αυτά μπορούμε να κυκλοφορήσουμε, να δράσουμε, να ξεκουραστούμε. Όταν αναφερόμαστε στις διαστάσεις του ανθρώπινου σώματος, ασφαλώς λαμβάνουμε υπόψη μας την ηλικία, το φύλο, τη φυλή.

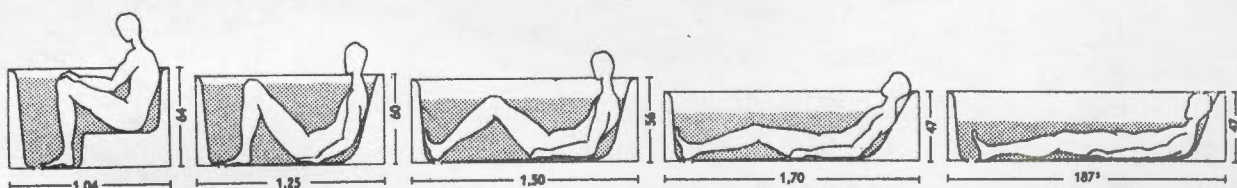
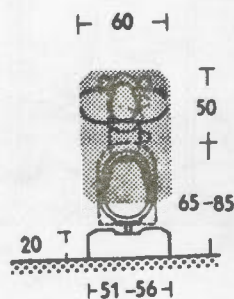
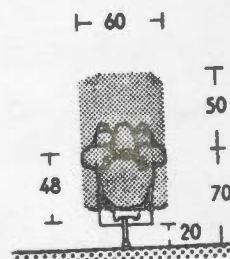
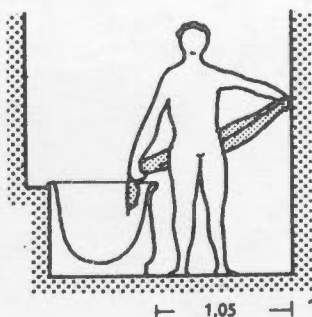
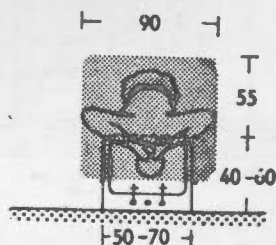
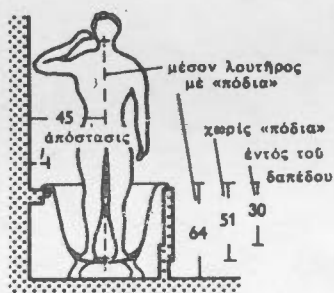
Για να μην είναι αποπροσανατολισμένη η αρχιτεκτονική πρέπει να έχει ως μέτρο το ανθρώπινο σώμα δηλαδή, η σχεδίαση χώρων και αντικειμένων πρέπει να λαμβάνει υπόψη της τα ανθρωπομετρικά δεδομένα. Οι διαστάσεις και οι αναλογίες του ανθρώπινου σώματος μας προσδιορίζουν τις διαστάσεις των αντικειμένων που θέλουμε να φτάσουμε, να πιάσουμε, να προσεγγίσουμε. Τις διαστάσεις των επίπλων στα οποία θέλουμε να καθίσουμε, να εργαστούμε, να δειπνήσουμε, να κοιμηθούμε.



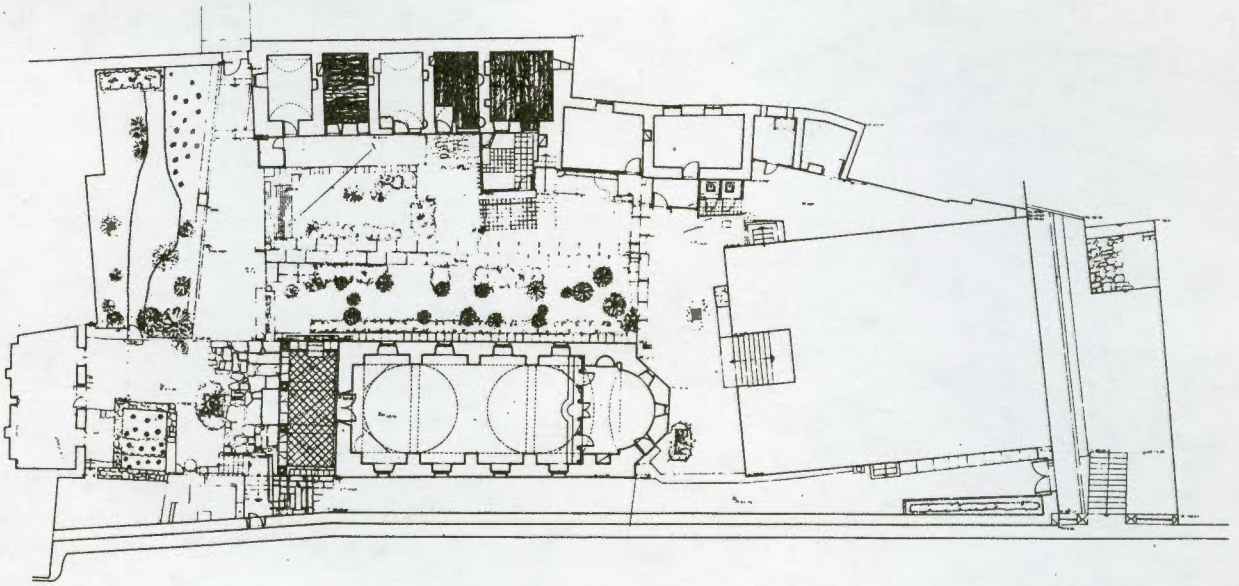


Για τους λόγους αυτούς στα αρχιτεκτονικά σχέδια των κτιρίων είναι αναγκαίο να τοποθετούνται τα έπιπλα, και άλλα λειτουργικά στοιχεία του, ανάλογα με τη χρήση τους, π.χ. τα μηχανήματα σε ένα εργοστάσιο να είναι σε τέτοιες διαστάσεις, ώστε να παρέχουν τους αναγκαίους και επαρκείς χώρους, οι οποίοι θα παρέχουν ικανοποιητικές διαστάσεις για την διαβίωση και την εργασία των ανθρώπων.

Οι ορθές διαστάσεις των επίπλων και η θέση τους στο χώρο εργασίας είναι παράγοντας άνεσης και αναβαθμισμένης απόδοσης των εργαζομένων, δεδομένου ότι η άνεση και η αποδοτικότητα είναι έννοιες συυφασμένες.



Οι σωστές διαστάσεις στο χώρο της κατοικίας παρέχουν αναβαθμισμένη ποιότητα ζωής. Στο χώρο της κουζίνας δημιουργούν καλύτερες συνθήκες εργασίας, ενώ στο λουτρό παρέχουν άνεση και ασφάλεια.

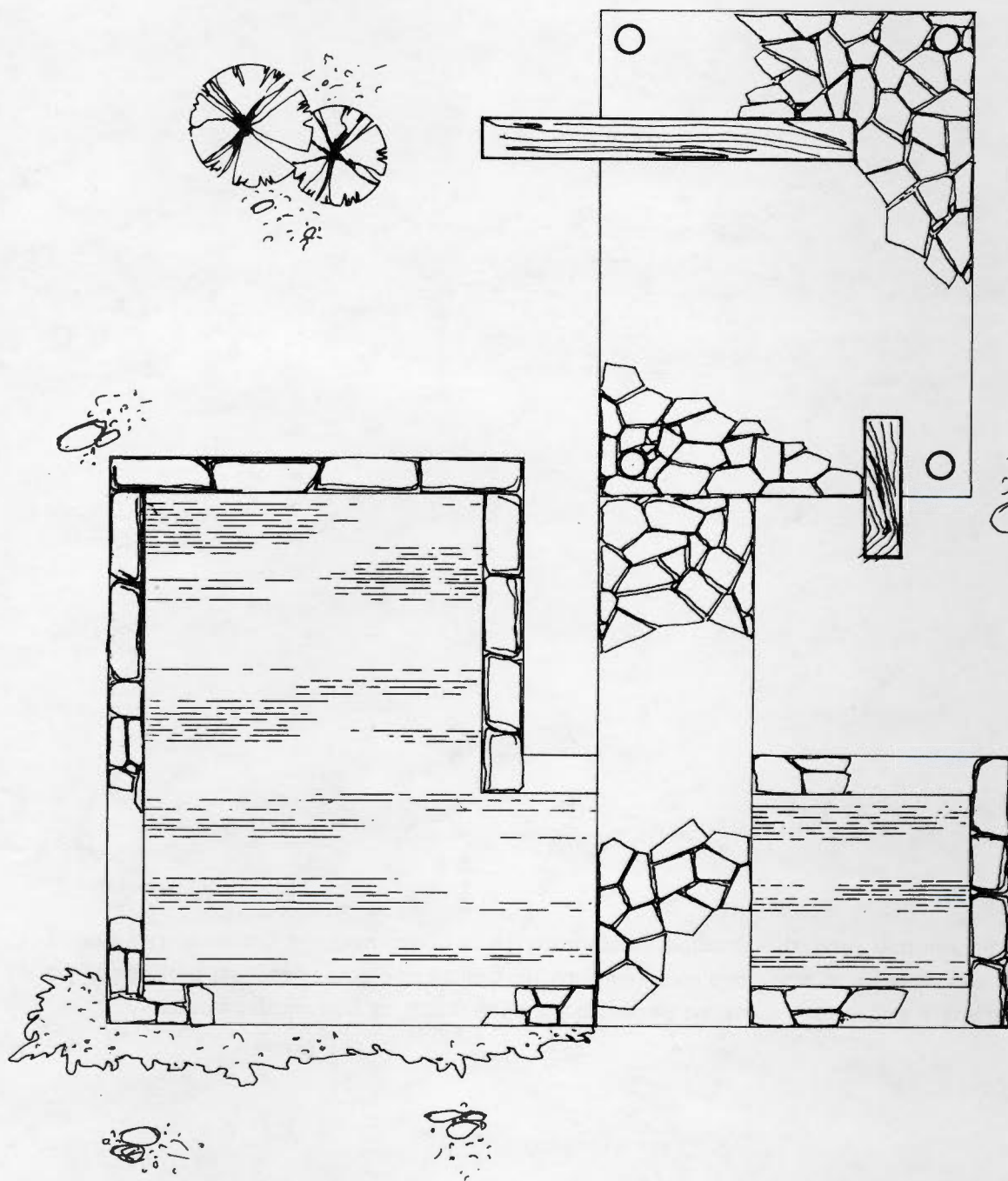


Μετόχι Παναγίου Τάφου. - Πλάκα - Κάτοψη συγκροτήματος Β' στάθμη

Ανάθεση ατομικής εργασίας

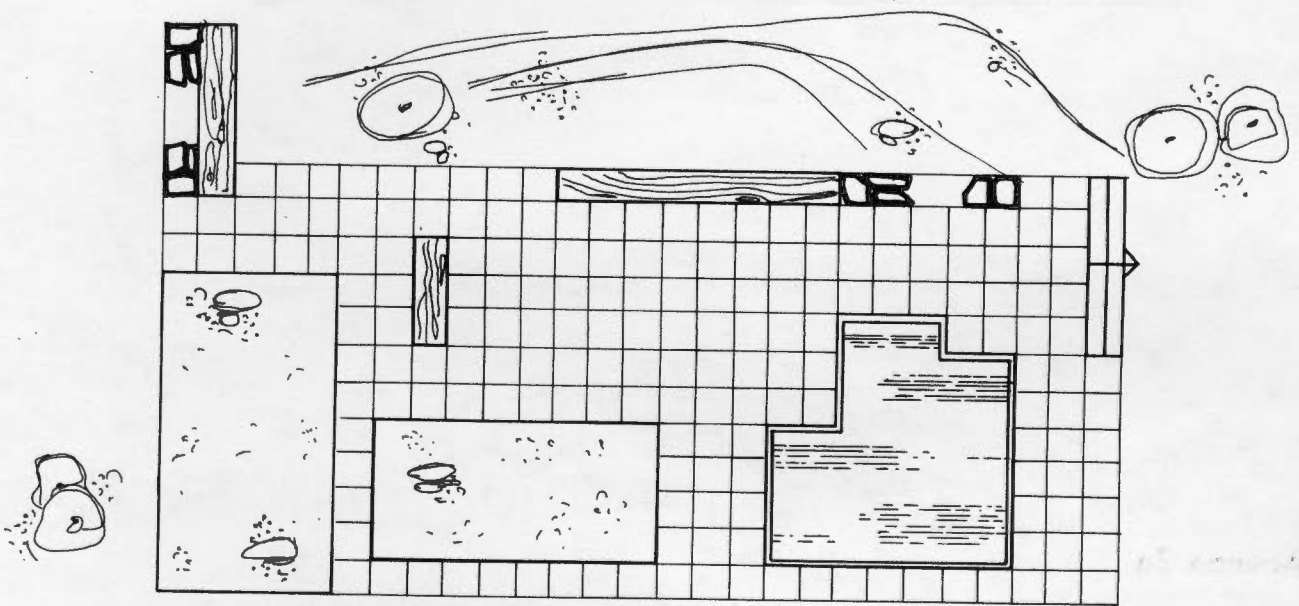
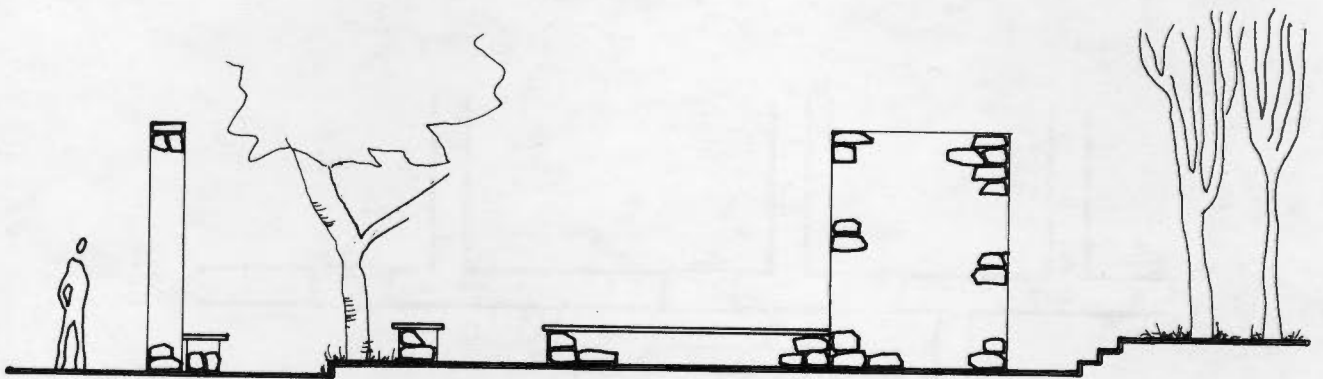
Άσκηση 1η

Πραγματοποιήσατε την αποτύπωση της κάτοψης μικρού υπαίθριου καθιστικού που βρίσκεται μέσα σε πάρκο. Έχετε το σκαρίφημα που φαίνεται στην απέναντι σελίδα με μετρήσεις και πληροφορίες για την κατασκευή του και σας ζητείται να το σχεδιάσετε σε κλίμακα 1:50 μετρώντας τις απαραίτητες διαστάσεις από το σκαρίφημα.

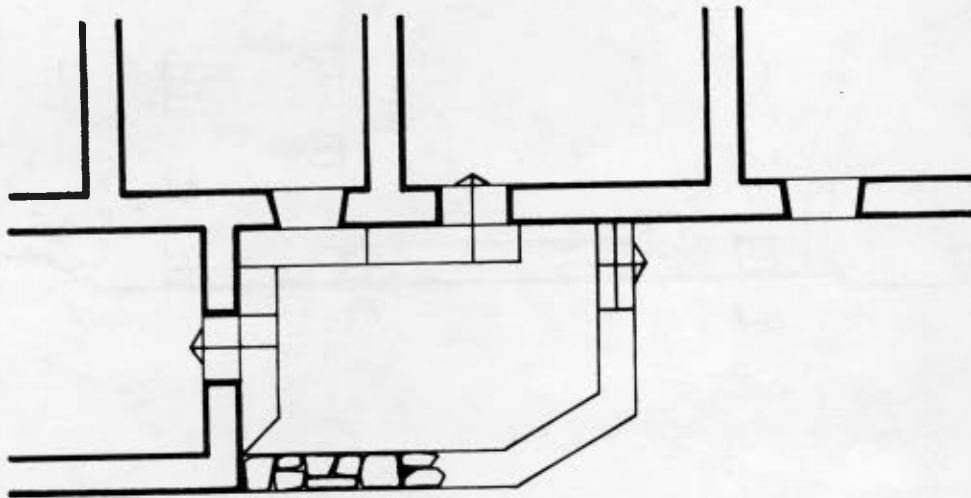


Άσκηση 2η

Σε αποτύπωση που έγινε στο ύπαιθρο σχεδιάσατε τα σκαριφήματα της διπλανής σελίδας. Σας ζητείται να σημειώσετε πάνω στα σκαριφήματα τις διαστάσεις που πρέπει να μετρήσετε για να είναι πλήρης η αποτύπωση ώστε να μπορείτε να σχεδιάσετε τα δύο σκαριφήματα.



Πλάκες (0,50 x 0,50)



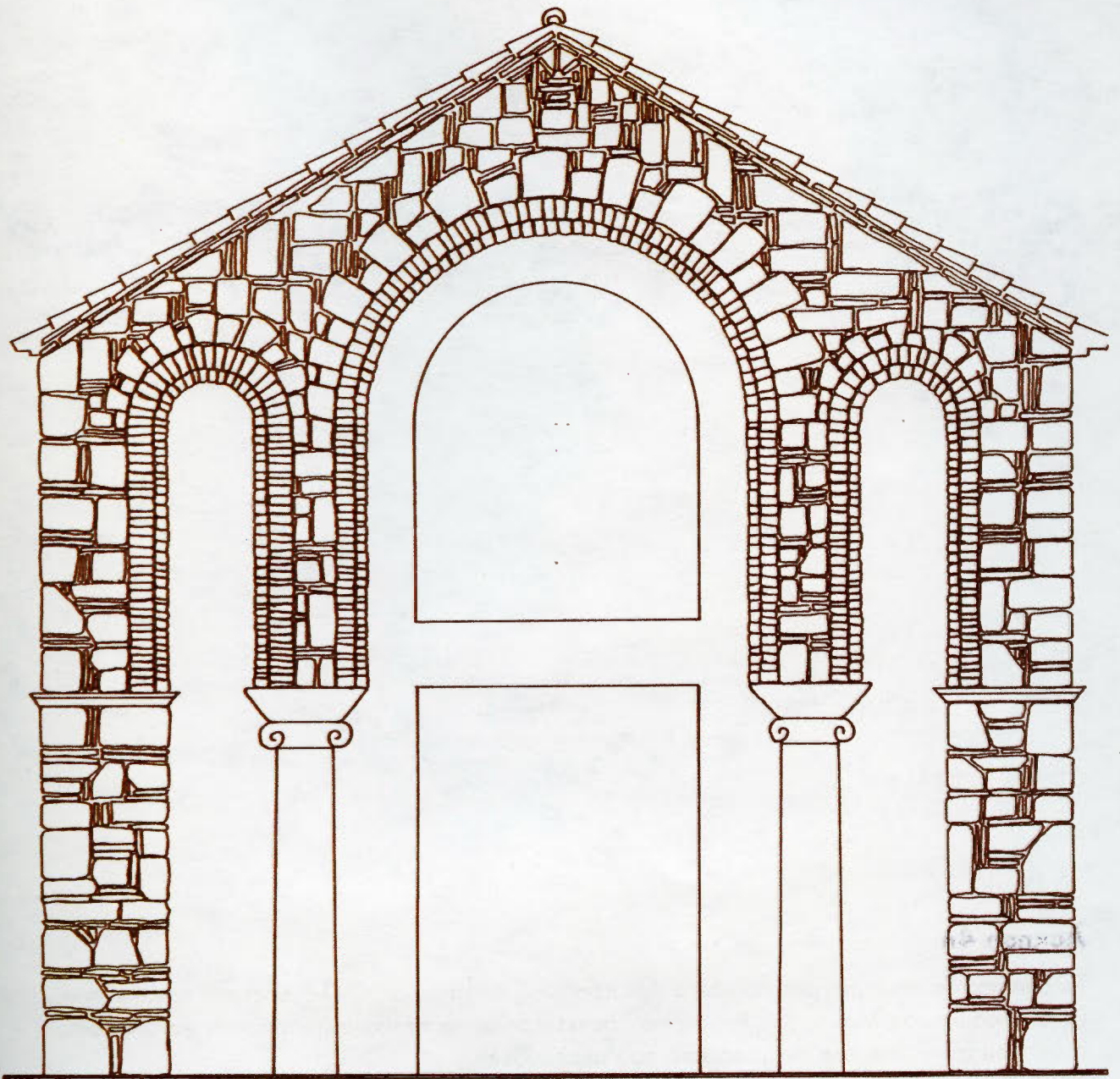
Άσκηση 3η

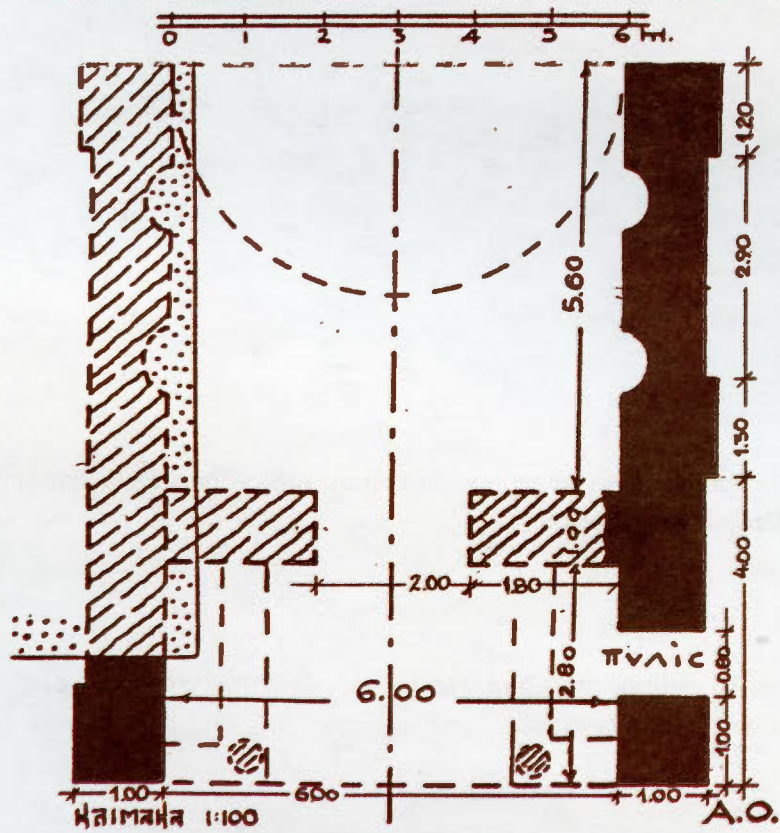
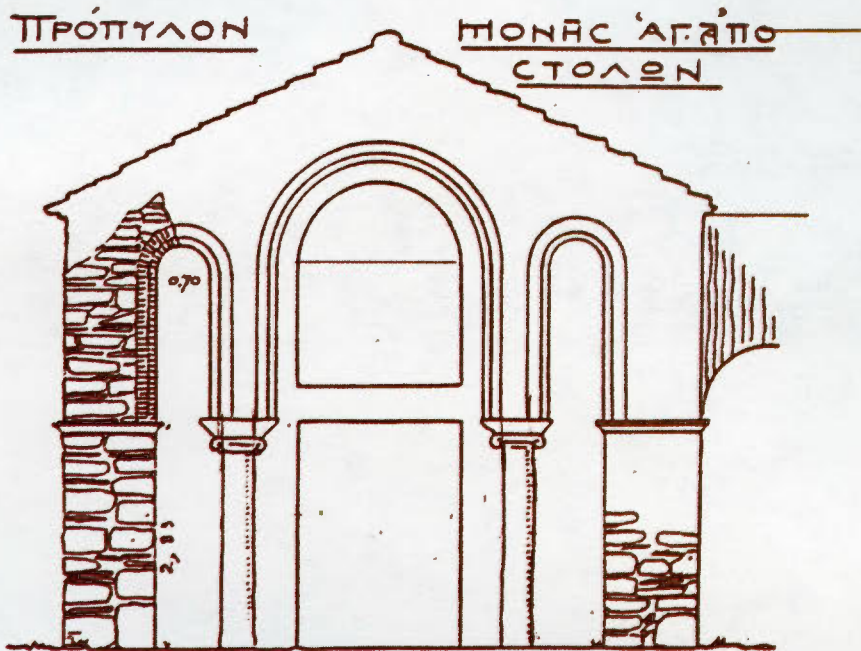
Έχετε αποτυπώσει μικρή οικία στη Σέριφο. Να σημειώσετε στο σκαρίφημα τις διαστάσεις που είναι αναγκαίο να μετρηθούν, ώστε να έχετε τη δυνατότητα να σχεδιάσετε το τμήμα της κάτοψης. Το σκαρίφημα είναι σχεδιασμένο σε κλίμακα 1:10.

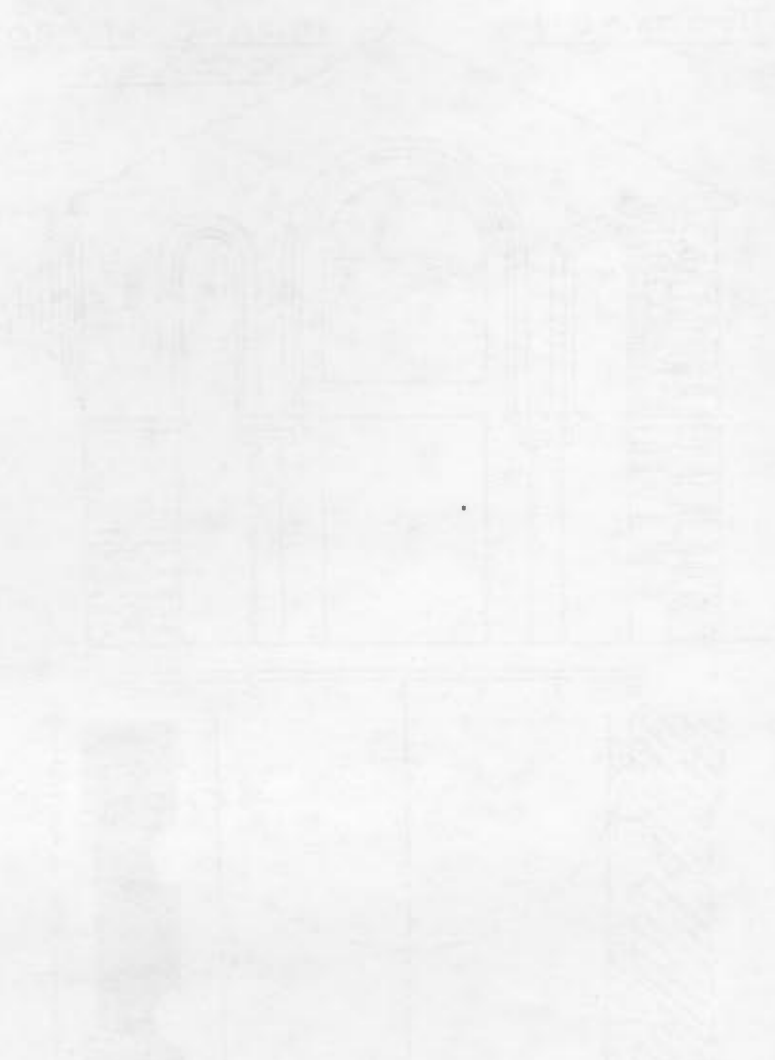
Άσκηση 4η

Σε αποτύπωση που πραγματοποίησε ο Αρχιτέκτονας Αναστάσιος Ορλάνδος στο ημικατεστραμμένο πρόπυλο της Μονής Αγ. Αποστόλων συγκέντρωσε τα στοιχεία (μετρήσεων και πληροφοριών) που φαίνονται στα σκαριφήματα που ακολουθούν.

Σας ζητείται να ορίσετε τα γεωμετρικά σχήματα που είναι αναγκαίο να μετρηθούν κατά την αποτύπωση της κάτοψης και της όψης του προπύλου Αγ. Αποστόλων.







Άσκηση 5η

Να αποτυπώσετε με τα πιο απλά μέσα που διαθέτετε την αίθουσα του σχολείου σας και να τη σχεδιάσετε στην κατάλληλη κλίμακα.

Άσκηση 6η

Να αποτυπώσετε με τα απαραίτητα εργαλεία το προαύλιο του σχολείου σας και να το σχεδιάσετε στην κλίμακα η οποία απαιτείται.

Άσκηση 7η

Να επισκεφθείτε παραδοσιακή μικρή κατοικία της περιοχής σας, να αποτυπώσετε την κάτοψή της και να τη σχεδιάσετε.



Αποτυπώσεις Μικρών
Αντικειμένων, Μνημείων
και Αρχαιολογικών Χώρων

Στόχοι

Στο κεφάλαιο αυτό θα μάθετε για τις εφαρμογές των μεθόδων αποτύπωσης σε μικρά αντικείμενα, μνημεία και λεπτομέρειες. Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου θα πρέπει να μπορείτε:

1. να επιλέγετε τη μέθοδο που θα χρησιμοποιήσετε για την αποτύπωση μικρών αντικειμένων.
2. να πραγματοποιείτε αποτυπώσεις μικρών αντικειμένων με απλά μέσα.
3. να καταγράφετε στα σκαριφήματα της αποτύπωσης τις φθορές και τις ζημιές των αντικειμένων.
4. να επιλέγετε την κατάλληλη μέθοδο αποτύπωσης μνημείων.
5. να σχεδιάζετε αντικείμενα στα οποία πρόκειται να γίνει αποκατάσταση φθορών ή ζημιών.

5.1 Γενικά

Η συντήρηση και επισκευή των μνημείων, πέρα από την απλή διατήρησή τους, αποσκοπεί στη μελέτη και βαθύτερη γνωριμία μας με αυτά, γιατί αποτελούν ανεξάντλητες, άμεσες και συχνά αποκλειστικές πηγές ιστορικής γνώσης σε πολλούς τομείς όπως της αρχιτεκτονικής, της τέχνης, της δημόσιας και καθημερινής ζωής αλλά και της ιδιαίτερης ιστορίας κάθε τόπου.

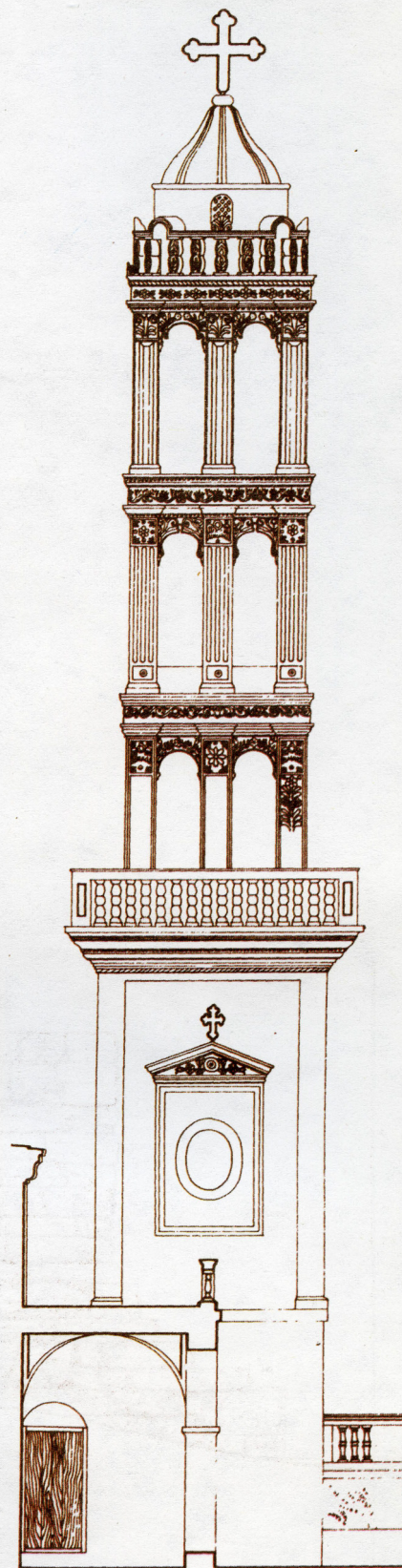
Το γεγονός ότι κάθε επέμβαση σε ένα μνημείο, είτε μικρή είτε μεγάλη, αφαιρεί αναπόφευκτα ένα μέρος της αυθεντικότητάς του καταστρέφοντας τα στοιχεία εκείνα που θα μας οδηγήσουν στην ιστορική γνώση, κάνουν απαραίτητη τη λεπτομερή έρευνα και τεκμηρίωση του κτιρίου πριν από τις εργασίες, αλλά και κατά τη διάρκειά τους, δεδομένου ότι, στη διαδικασία της αναστήλωσης, προκύπτουν συνεχώς νέα στοιχεία.

Παράλληλα, απαιτείται ακριβής γνώση των προβλημάτων τους και των αιτιών που τα προκάλεσαν, δηλαδή μια σωστή διάγνωση, ώστε η επέμβαση σε αυτά να είναι αποτελεσματική, να μην προκαλέσει η ίδια προβλήματα στο μνημείο μελλοντικά και να έχει τόση έκταση, όση είναι αναγκαία. Αυτό οδηγεί σε ένα κύκλο ερευνών, τεκμηρίωσης και μελέτης με χαρακτηριστικά επιστημονικοτεχνικό.

Στη μελέτη αναστήλωσης οι δυο τομείς διαρκώς αλληλοτροφοδοτούνται με πληροφορίες που οδηγούν τόσο στη σωστότερη διάγνωση των προβλημάτων όσο και στην πληρέστερη διατήρηση και απόδοση των αξιών του μνημείου. Οι τελικές λύσεις προκύπτουν ως αποτέλεσμα του καλύτερου δυνατού συνδυασμού όλων των απαιτήσεων και των επιπτώσεων πάνω στις αξίες που αντιπροσωπεύει το μνημείο, με στόχο την ικανοποίηση όλων ή τη θυσία των λιγότερων, εφόσον σε τελική ανάλυση, κάθε επέμβαση είναι ένας τραυματισμός της αυθεντικότητας του μνημείου.

Η αρχιτεκτονική τεκμηρίωση αποτελεί τη βάση πάνω στην οποία καταγράφονται οι περισσότερες πληροφορίες. Η σχεδιαστική τεκμηρίωση συνοδεύεται απαραίτητα από τη φωτογραφική.

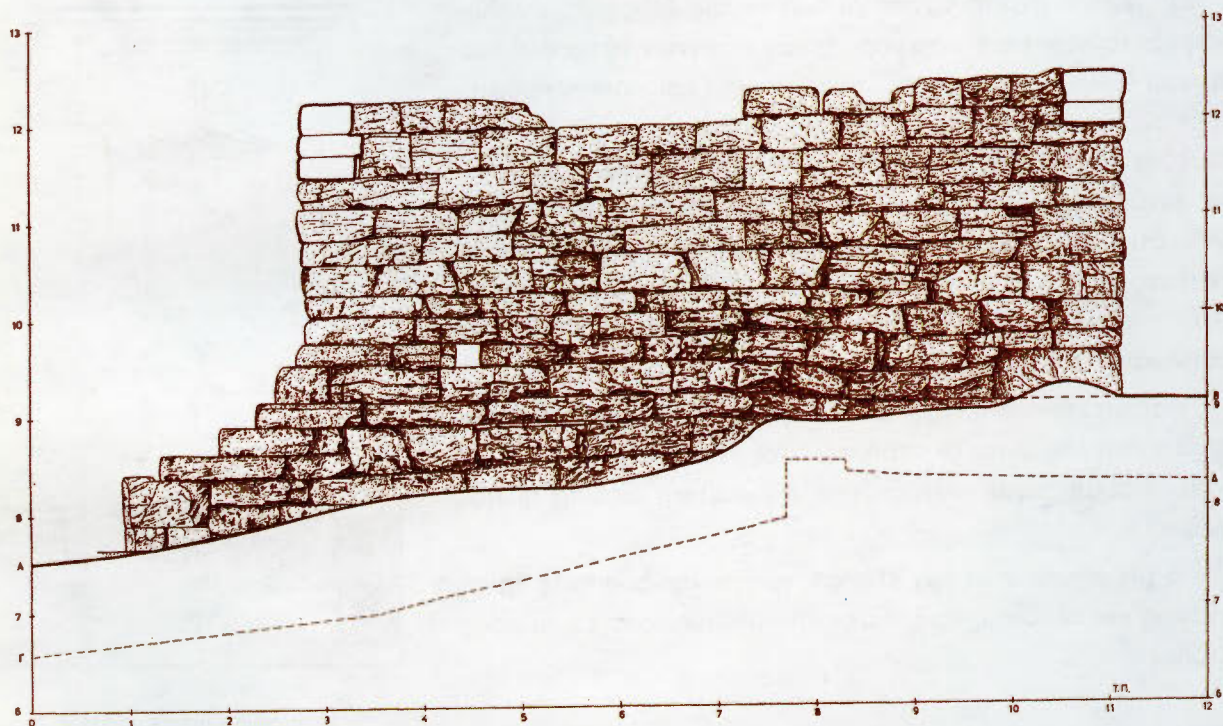
Για την αποτύπωση των κτιρίων γίνεται συνδυασμός ταχυμετρικής και κλασικής αρχιτεκτονικής αποτύπωσης με άμεσες μετρήσεις.



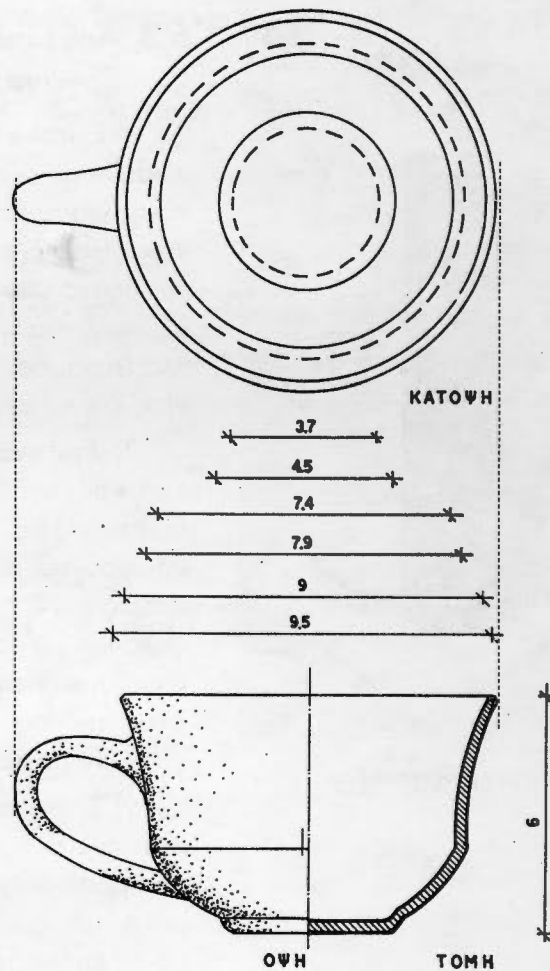
Μονή Μυρτιδίων Κυθήρων,
καμπαναριό

Τα σχέδια, ανάλογα με το μέγεθος και τα προβλήματα του κάθε συγκεκριμένου, αποδίδονται σε κλίμακα 1:50 ή 1:20 με επιμέρους λεπτομέρειες, όπου απαιτείται. Συνήθως, στα κτίρια γίνεται ιδιαίτερη σειρά σχεδίων, όπου συνοδεύονται από πίνακες συντεταγμένων.

Η αποτύπωση είναι λεπτομερειακή τόσο στις μορφολογικές και κατασκευαστικές λεπτομέρειες, όσο και στις διάφορες καταστροφές, παραμορφώσεις, κ.τ.λ. και συνεχώς συμπληρώνεται με όλα τα νέα στοιχεία που προκύπτουν από την ανασκαφή (δηλαδή στα στάδια έρευνας και εργασιών).



Αρχαία Ακρόπολη παραβόλας, εσωτερικό ημικυκλικού πύργου (Α. Πορτελάνος)



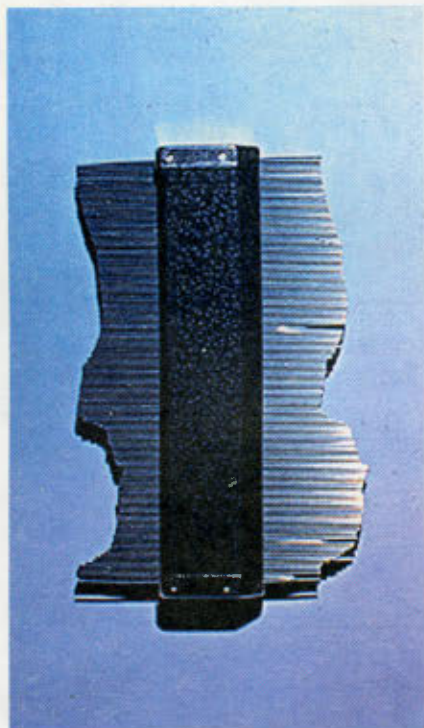
Εφαρμογές των μεθόδων που αναπτύξαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο με συγκεκριμένα παραδείγματα, θα δούμε τώρα σε:

- α) μικρά αντικείμενα - μνημεία,
- β) αρχαιολογικούς χώρους,
- γ) μνημεία,

5.2 Κατηγορίες αποτύπωσης μικρών αντικειμένων

Τα μικρά αντικείμενα που αποτυπώνονται μπορούν να χωριστούν ανάλογα με το είδος τους:

- α) σε επίπεδα ή σχεδόν επίπεδα,
- β) σε αντικείμενα με ανάγλυφο,
- γ) σε περίοπτα με έντονο ανάγλυφο.



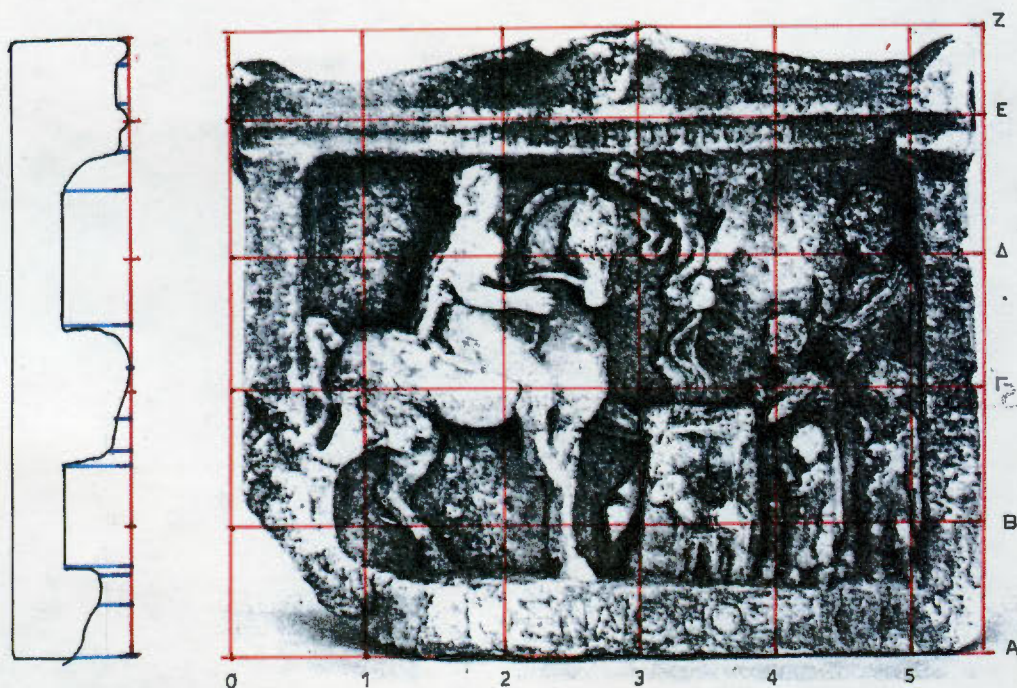
Προφιλόμετρο ενός επιπέδου

5.3 Αποτύπωση με παραδοσιακά μέσα (μέθοδοι και όργανα)

α) Επίπεδα ή σχεδόν επίπεδα σχήματα μπορούν να αποτυπωθούν με άξονες 1-3, ή ακόμη περισσότερους, που θα δώσουν ένα πολυγωνικό σχήμα. Επί των αξόνων αυτών μετριοούνται συντεταγμένες από την αρχή καθενός με X κατά μήκος του άξονα και Ψ κάθετα. Με την κατασκευή του σχήματος των αξόνων, για το οποίο μπορεί οι γωνίες να μετρηθούν με απλά μέσα, όπως π.χ. η κατασκευή ενός τριγώνου από τις γωνίες και τις πλευρές του.

β) Στα ανάγλυφα αντικείμενα η χρήση παράλληλων αξόνων και κανάβων σε ένα ή περισσότερα επίπεδα μπορεί να δώσει λύσεις. Σ' αυτούς στηρίζεται η μέτρηση οποιουδήποτε σημείου σε συντεταγμένες X, Ψ στο συγκεκριμένο επίπεδο, καθώς και Z σε κάθετη κατεύθυνση. Στη μέθοδο βοηθάνε μεγάλα και μικρά ελαφρά τρίγωνα με διαιρέσεις μέτρησης μήκους, παχύμετρα, προφιλόμετρα κ.τ.λ. (παράδειγμα σχ. 5.1). Ένας τρόπος αποτύπωσης θεωρείται και η παραγωγή αντιγράφων (εκμαγείων).

γ) Σε περίοπτα με έντονο ανάγλυφο αντικείμενα (σχ. 5.2) ενδείκνυται η χρήση των προηγούμενων μεθόδων με την παρατήρηση ότι οι όψεις που μπορεί να αποτυπωθούν μεμονωμένα, όπως είναι τα ανάγλυφα, θα πρέπει να συσχετιστούν με τη χρήση των κανάβων και των άλλων στοιχείων εξάρτησης της αποτύπωσης.



σχήμα 5.1



σχήμα 5.2

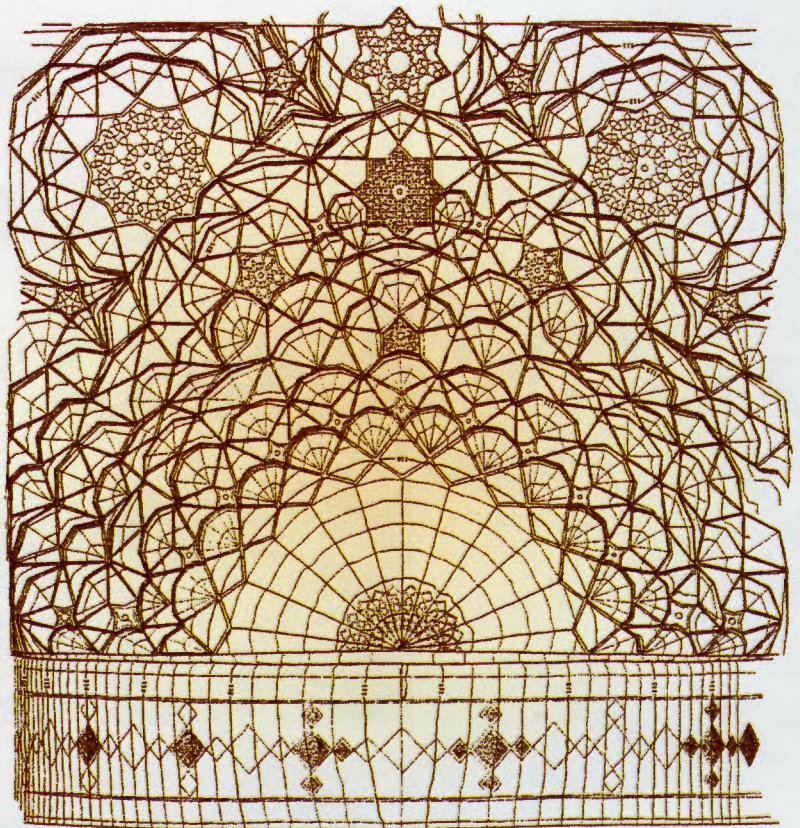
Περίοπτο με έντονο ανάγλυφο αντικείμενο

5.3.1 Αποτύπωση με τοπογραφικά και ηλεκτρονικά μέσα

α) Τα τοπογραφικά όργανα προορίζονται κυρίως για τη μέτρηση των περιγραμμάτων επίπεδων επιφανειών και ορισμένων χαρακτηριστικών σημείων τους. Στα μικρά επίπεδα κινητά αντικείμενα οι σαρωτές δύο ή και τριών διαστάσεων (γραφείου, 3D λέιζερ) μπορεί να δώσουν απευθείας λύσεις.

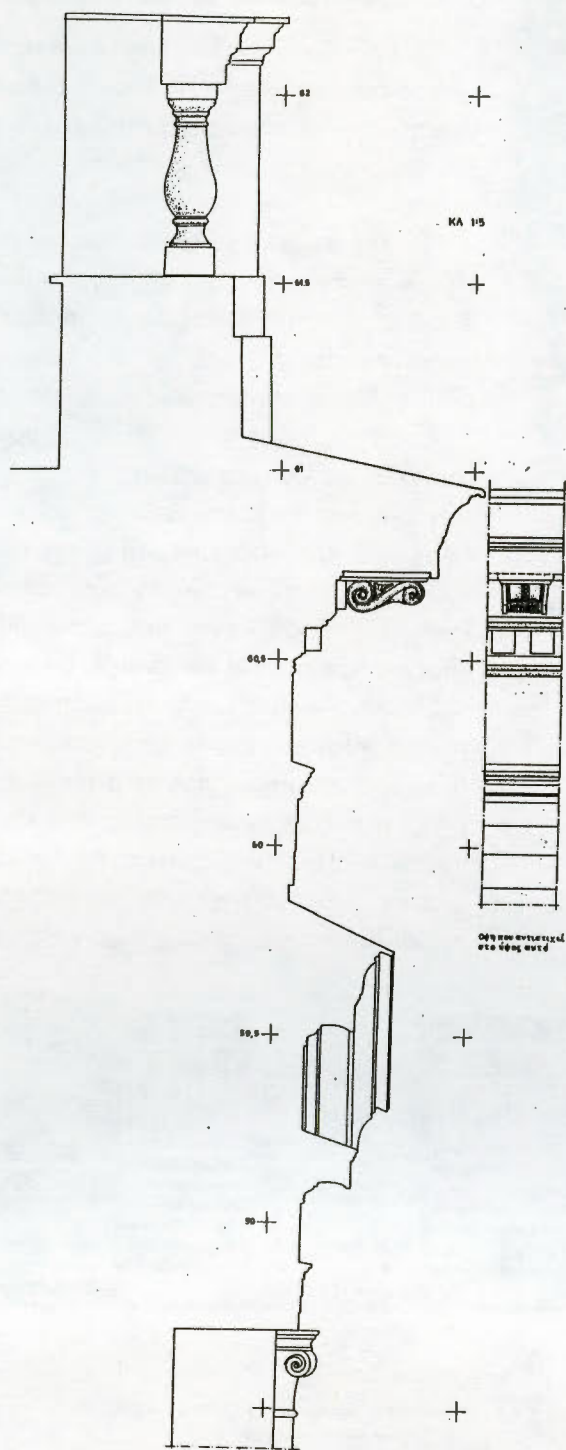
β) Στην περίπτωση ανάγλυφων μπορούμε να λάβουμε πολλά χαρακτηριστικά σημεία, τα οποία να προσδιορίσουμε με τις συντεταγμένες τους (τοποσταθερά ή φωτοσταθερά) και από τα οποία θα εξαρτήσουμε μετρήσεις ή αποδόσεις σε σχέση με άλλα τοπομετρικά και φωτογραμμετρικά μέσα.

γ) Στην περίπτωση έντονων ανάγλυφων, όπως π.χ. αρχιτεκτονικών μελών η τοπογραφία μπορεί να δώσει λύσεις μόνη της ή σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους. Το σχήμα 5.3 δείχνει λεπτομέρειες, που έχουν κατασκευαστεί με σκοπεύσεις σημείων από δύο όργανα, με παραγωγή συντεταγμένων και προβολή τους σε κάθετο επίπεδο, που συμπίπτει με το επίπεδο ΧΖ του κτιρίου.



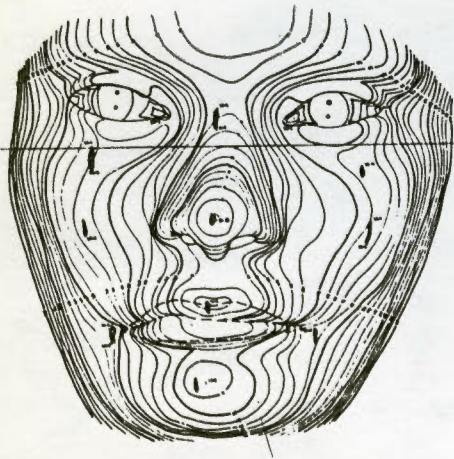
σχήμα 5.2

Αποτύπωση πολύπλοκης επιφάνειας κάλυψης τζαμιού, συντάχθηκε σε κλ. 1:50



σχήμα 5.3

Λεπτομέρειες που προέκυψαν από σκοπεύσεις σημείων με δύο όργανα



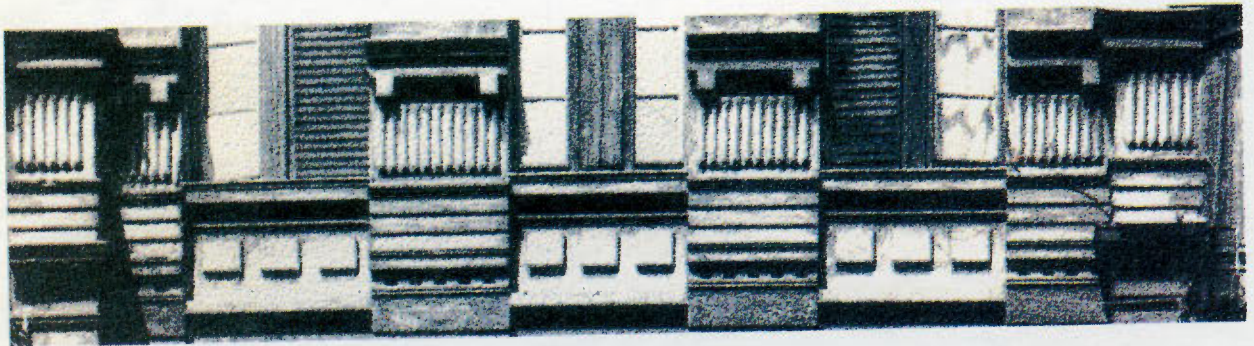
σχήμα 5.4

Απόδοση με ισοσταθμικές καμπύλες

5.3.2 Αποτύπωση με φωτογραμμετρικά μέσα.

α) Επίπεδα η σχεδόν επίπεδα σχήματα αντιμετωπίζονται με μονοεικονικές λήψεις (σχ. 5.5, 5.6). Εφόσον αυτές είναι κάθετες στην επιφάνεια του αντικειμένου, η φωτογραφία μπορεί να αποδοθεί στην κατάλληλη κλίμακα και αποτελεί αποτύπωση.

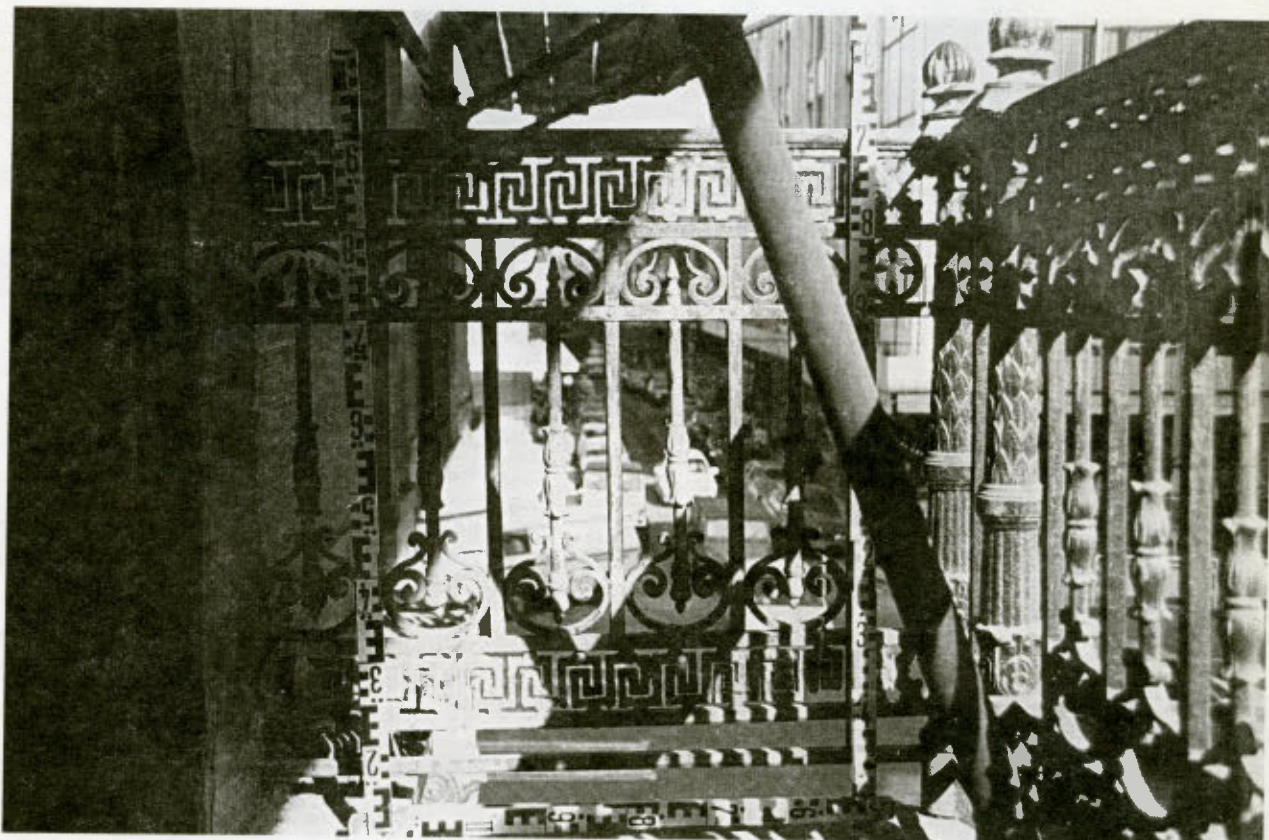
β) Στο ανάγλυφο μπορούμε να έχουμε καλά αποτελέσματα, ιδίως στην περίπτωση του χαμηλού αναγλύφου, εφόσον έχουμε χρησιμοποιήσει τηλεφακό, ή οξυγώνιο φακό και η φωτογραφία έχει ληφθεί από μεγάλη απόσταση, οπότε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μονοεικονική αναγωγή (σχ. 5.6). Εάν έχουμε στην εικόνα προοπτικές παραμορφώσεις (σχ. 5.2), αυτές διατηρούνται και στη φωτογραφία κατά την αναγωγή. Για το λόγο αυτό πρέπει να φροντίζουμε να μην υπάρχουν. Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί στην περίπτωση του σχ. 5.2, αν η μηχανή είχε τοποθετηθεί στο επίπεδο του κύκλου, δηλαδή κοντά στη μέση του αντικειμένου και η απόσταση ήταν αρκετά μεγάλη. Όσο απομακρυνόμαστε από ένα κυλινδρικό αντικείμενο, τόσο οι ακραίες ακτίνες πλησιάζουν την εφαπτομένη και τόσο πληρέστερη γίνεται η απεικόνιση. Η διαφορά κλίμακας που παρουσιάζεται σε ένα μικρό αντικείμενο μεταξύ των επιμέρους τμημάτων του μειώνεται όσο απομακρυνόμαστε από το αντικείμενο*. Αν το ανάγλυφο είναι έντονο ή δεν συντρέχουν οι παραπάνω προϋποθέσεις, τότε χρησιμοποιούμε στεροαναγωγή με φωτοζεύγος.



σχήμα 5.5

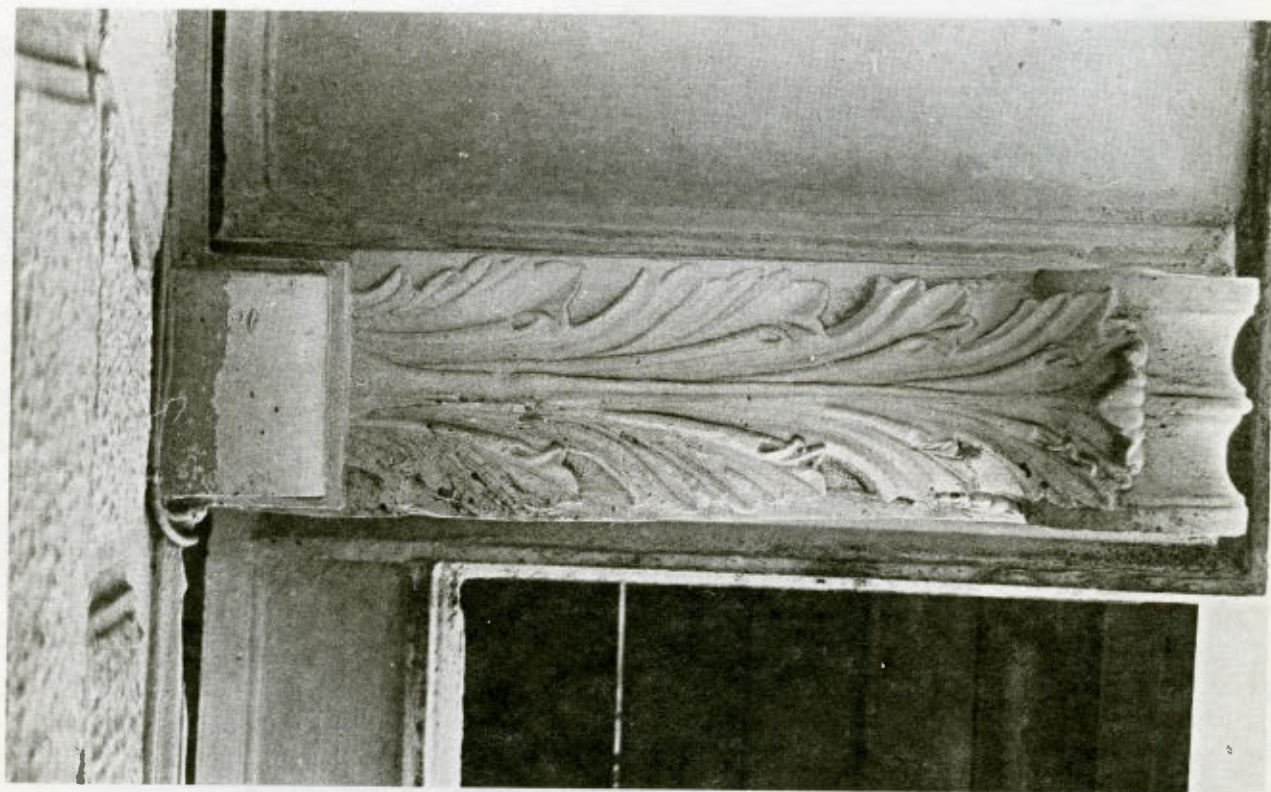
Χρήση μονοεικονικής αναγωγής

* Ένα αντικείμενο με βάθος 1 μ., αν φωτογραφηθεί, με φακό εστιακής απόστασης $f=50$ mm, από 2 μ. οι κλίμακες στα άκρα του είναι $K_1=(0,05/2)=1/40$ και $K_2=(0,05/3)=1/60$, ($K_1/K_2 \Rightarrow 66\%$) αν η απόσταση γίνει 10 μ. τότε $K_1'=(0,05/10)=1/200$ και $K_2'=(0,05/11)=1/220$ ($K_1'/K_2' \Rightarrow 91\%$).



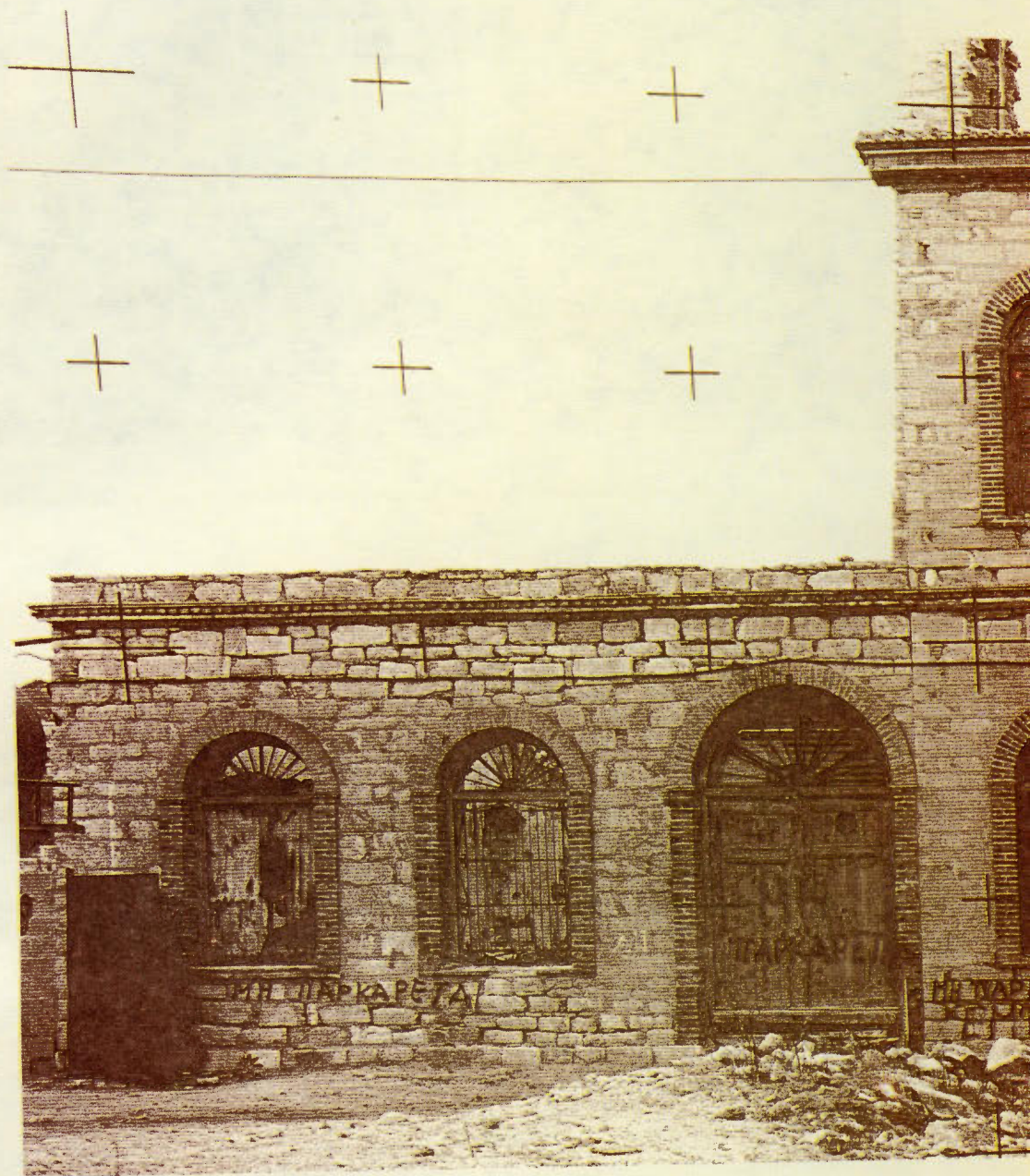
σχήμα 5.6

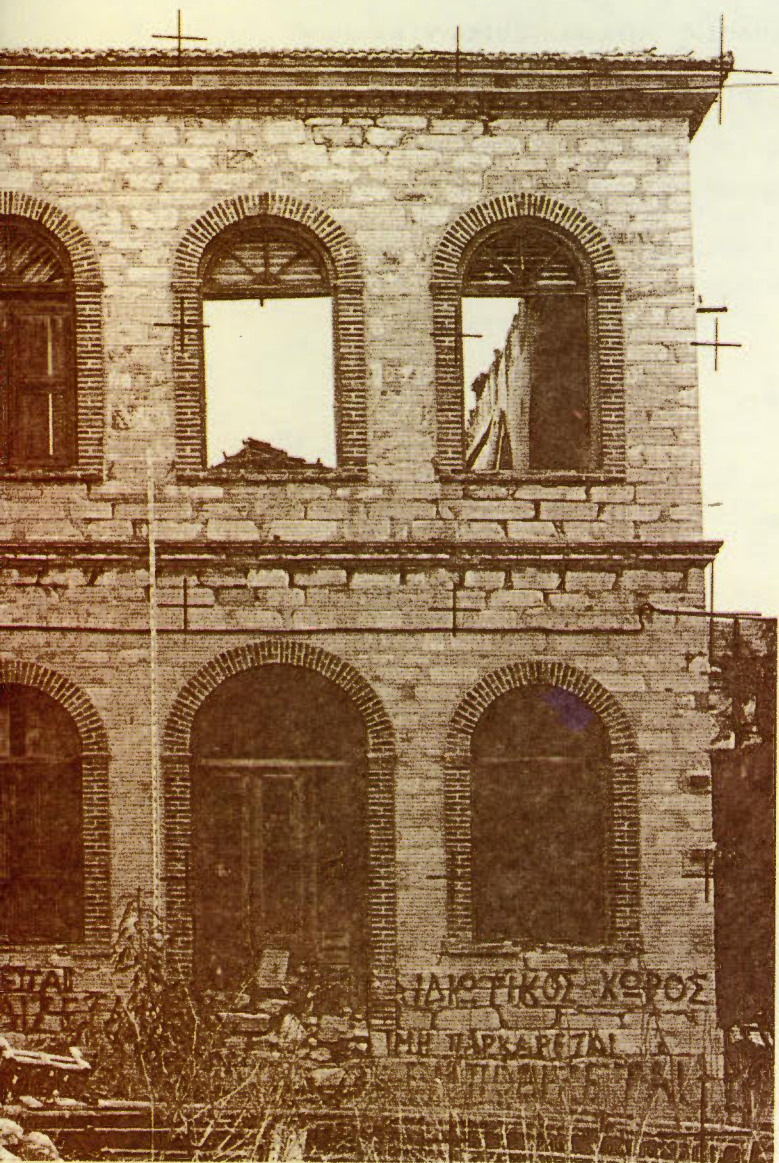
Με μονοεικονική λήψη αντιμετωπίζονται επίπεδα ή σχεδόν επίπεδα σχήματα



σχήμα 5.7

Χρήση μονοεικονικής αναγωγής





σχήμα 5.8

γ) **Περίοπτα αντικείμενα** με έντονο ανάγλυφο απαιτούν διεικονική φωτογραμμετρία, όπως την περιγράφουμε παρακάτω (σχ. 5.4). Προσπαθούμε να είναι καθορισμένη η βάση και εξασφαλισμένα τα στοιχεία του εξωτερικού προσανατολισμού. Οριζόντιες ή κατακόρυφες λήψεις με προσαρμογή σε βάση και παραλληλία με το μέσο επίπεδο του αντικειμένου είναι η καλύτερη επιλογή.

Συχνά, τα αντικείμενα είναι σύνθετα και απαιτούν συνδυασμό των παραπάνω μεθόδων.

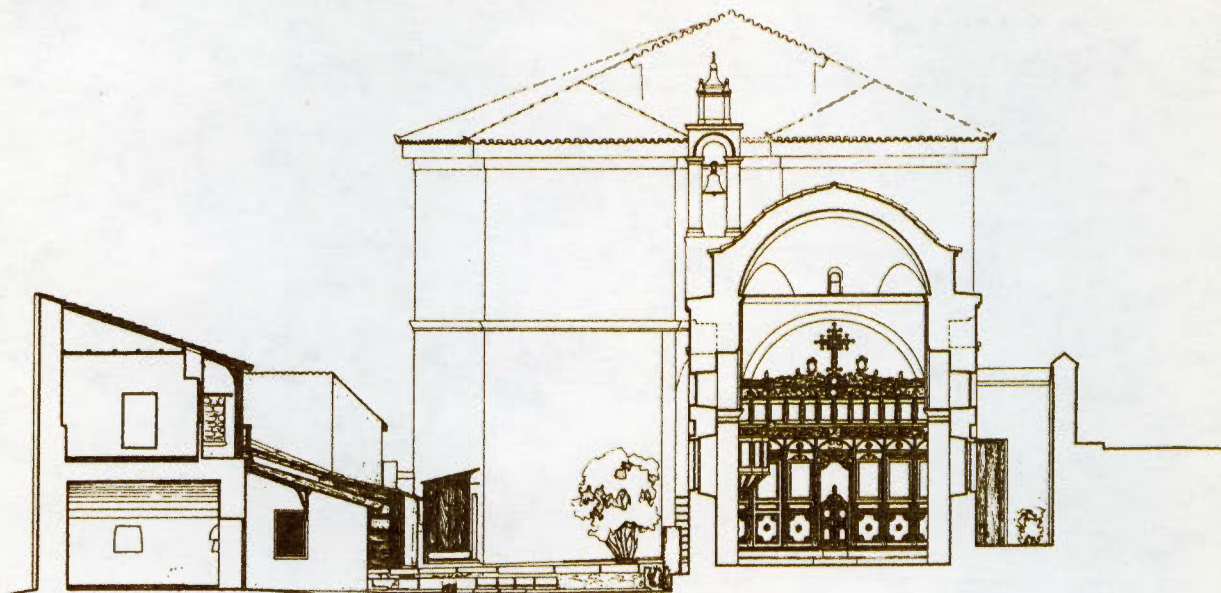
5.4 Αποτυπώσεις Αρχαιολογικών χώρων

5.4.1 Επιφάνειες σχεδόν επίπεδες (επίπεδοι χώροι, τοιχογραφίες, ψηφιδωτά, εικόνες, κ.τ.λ.).

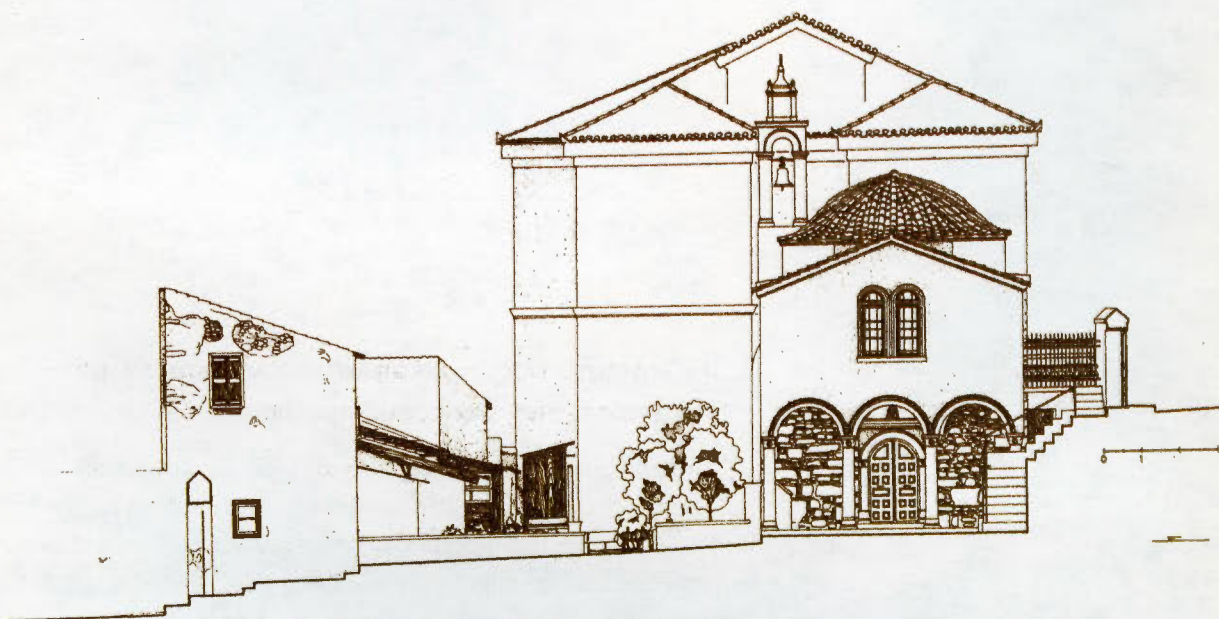
Οι αρχαιολογικοί χώροι των ανασκαφών έχουν συχνά χαμηλό ύψος και αναπτύσσονται σε ένα ή περισσότερα επίπεδα, γεγονός, που επιτρέπει τη χρήση μεθόδων ανταποκρινόμενων σε επίπεδα κυρίως σχήματα. Όσα αναφέρουμε εδώ ανταποκρίνονται σε κατασκευές κατόψεων.

Οι τοπομετρικές μέθοδοι μπορούν εύκολα να χρησιμοποιηθούν εδώ, δεδομένου του επιπέδου χαρακτήρα του αντικειμένου. Έτσι οι μέθοδοι των τριγώνων και ιδίως των ορθών προβολών είναι ενδεδειγμένες. Επίσης, χρήσιμη και για την ανασκαφική έρευνα είναι η κατασκευή ενός ορθογώνιου κανάβου. Όλα αυτά εξασφαλίζουν την ορθή τοποθέτηση του βασικού σχήματος (περιγράμματα τοίχων, δαπέδων, φρεάτων κ.τ.λ.). Τα επιμέρους στοιχεία λεπτομερειών (πέτρες κ.τ.λ.) μετριοούνται τοπομετρικά επί τόπου και εξαρτώνται από το βασικό σχήμα, ή εφαρμόζονται σ' αυτά φωτογραμμετρικές μέθοδοι.

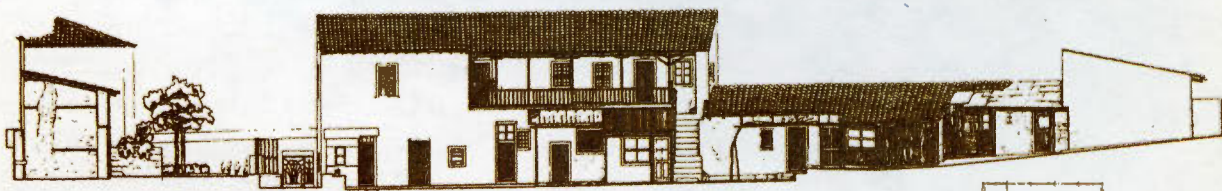
Τοπογραφικές μέθοδοι. Ενδείκνυται η μέθοδος των πολικών συντεταγμένων, με προσανατολισμό ανάλογο της σημασίας και ανάλογο με το αν ο χώρος αυτός αποτελεί τμήμα μεγαλύτερης ενότητας, οπότε ο συσχετισμός απαιτεί σύνδεση σε ενιαίο δίκτυο εξαρτημένο ή ανεξάρτητο. Στην πρώτη περίπτωση, αν δεν έχουμε κοντά τριγωνομετρικά ή πολυγωνομετρικά σημεία, απαιτείται τριγωνισμός, στην δεύτερη οδευση (κατά προτίμηση κλειστή). Η αποτύπωση με τοπογραφικές μεθόδους στοχεύει πάλι στην απόδοση του βασικού σχήματος, όπως και παραπάνω, και οι πληρώσεις συντελούνται με τοπομετρικές ή φωτογραμμετρικές μεθόδους.



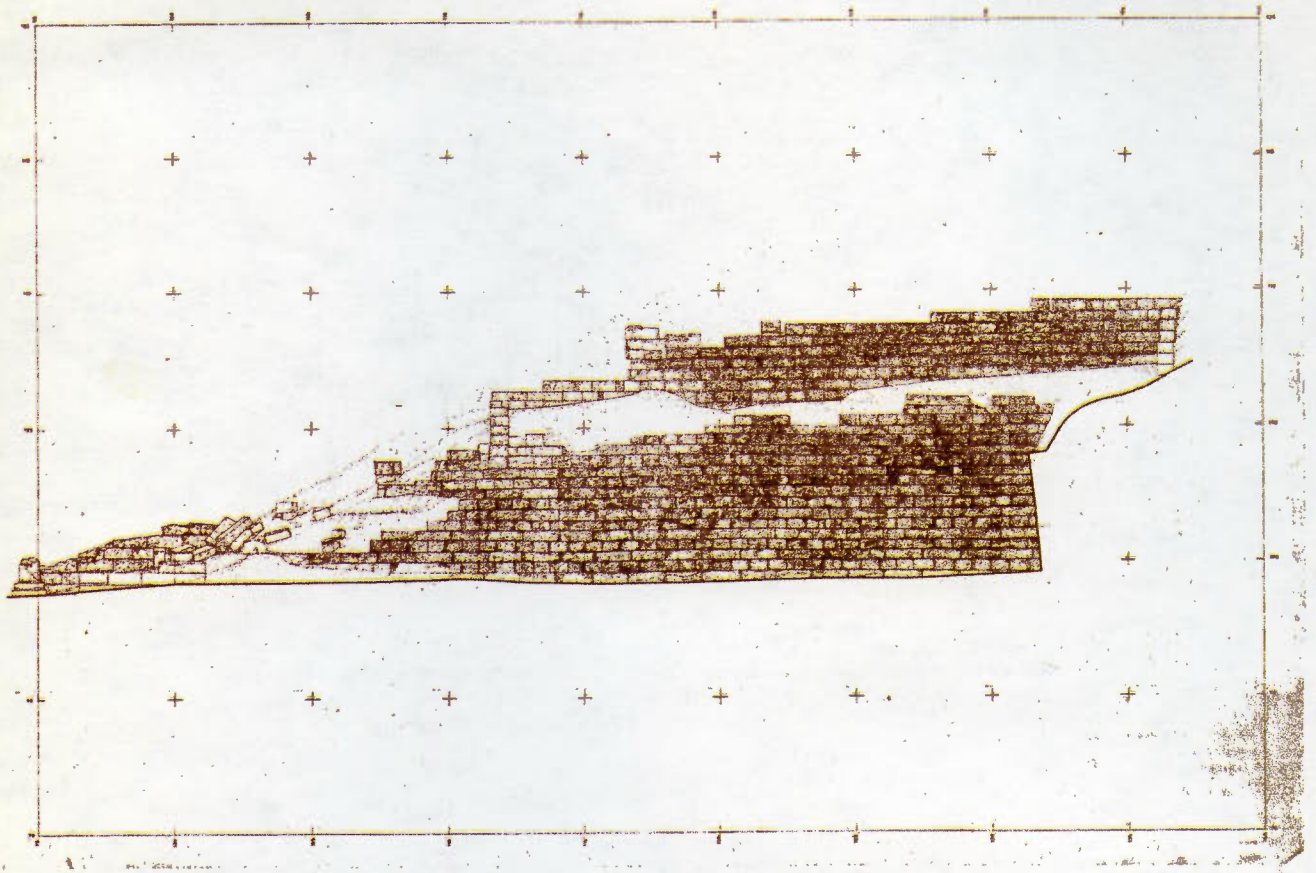
Μετόχι Παναγίου Τάφου, Πλάκα. Τομή - Όψη (Αποτύπωση Α. Πορτελάνος)



Μετόχι Παναγίου Τάφου, Πλάκα. Τομή - Όψη (Αποτύπωση Α. Πορτελάνος)



Μετόχι Παναγίου Τάφου, Πλάκα. Τομή - Όψη (Αποτύπωση Α. Πορτελάνος)



σχήμα 5.9

Όψη αναλήματος θεάτρου. Μεγαλόπολη, Πορτελάνος (1993)

5.5 Αποτυπώσεις αρχαιολογικών χώρων με κατασκευές κάποιου ύψους

Οι **Κατόψεις** των αρχαιολογικών χώρων αποτυπώνονται με μικτή μεθοδολογία. Οι τοπομετρικές και οι τοπογραφικές μέθοδοι, όπως τις περιγράψαμε, μπορούν να δώσουν λύσεις. Σε περιοχές, όπου οι τοίχοι είναι ψηλοί και σώζονται σε διαφορετικά ύψη είναι πιθανόν να απαιτείται απόδοση με στερεοζεύγη. Αυτό καθίσταται αναγκαίο στην περίπτωση, που δεν είναι εύκολη η πρόσβαση στην επάνω επιφάνεια των τοίχων. Σε μεγάλο ύψους κατασκευές οι μετρήσεις και αποδόσεις κατόψεων μπορούν να ακολουθήσουν μικτή μεθοδολογία.

Τομές, Τομές - Όψεις. Οι τομές λαμβάνονται με τοπομετρικές μεθόδους, όπως η υλοποίηση ενός οριζόντιου άξονα, υλοποιημένου με νήμα ή με έλεγχο των σημείων της ευθυγραμμίας του με ένα αλφαδολάστιχο. Έτσι, μετρώντας βάθη και ύψη σε κάθε χαρακτηριστικό σημείο της τομής, με τη βο-

ήθεια του νήματος της στάθμης, υλοποιούμε ένα κατακόρυφο επίπεδο. Τα χαρακτηριστικά σημεία μετρώνται επί του κατακόρυφου αυτού επιπέδου, με τη μέθοδο των ορθών προβολών, όπως την περιγράψαμε για τις οριζόντιες αποτυπώσεις. Η αφετηρία μέτρησης κατά μήκος του άξονα είναι κοινή για όλα τα σημεία (0,00 μ.). Αντίστοιχα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ο χωροβάτης για την υλοποίηση του οριζόντιου επιπέδου. Λαμβάνονται επίσης τομές με τοπογραφικές μεθόδους, εφόσον έχουμε στήσει το θεοδόλιχο επί της τομής και παίρνουμε σημεία με τη μέθοδο των πολικών συντεταγμένων, μόνο που εδώ μπορεί να θεωρήσουμε τη μέθοδο σε κατακόρυφο επίπεδο. Είναι δυνατόν, εφόσον έχει υλοποιηθεί ο άξονας της τομής, π.χ. με ένα νήμα, να πάρουμε τα σημεία της τομής με το όργανο σε οποιαδήποτε θέση.

Η φωτογραμμετρία, αναλογική, αναλυτική και ψηφιακή, μπορεί να μας δώσει τομές του αντικειμένου, εφόσον έχει αποκατασταθεί η διαδικασία παραγωγής συντεταγμένων αντικειμένου, οπότε και μπορούμε να έχουμε τα υψόμετρα και την οριζόντια θέση σε όποιο σημείο θέλουμε.

Επί των τομών προβάλλονται συνήθως τα χαρακτηριστικά σημεία των όψεων (όρια, τοποσταθερά, φωτοσταθερά κ.τ.λ.) και αυτές ενσωματώνονται στις τομές.

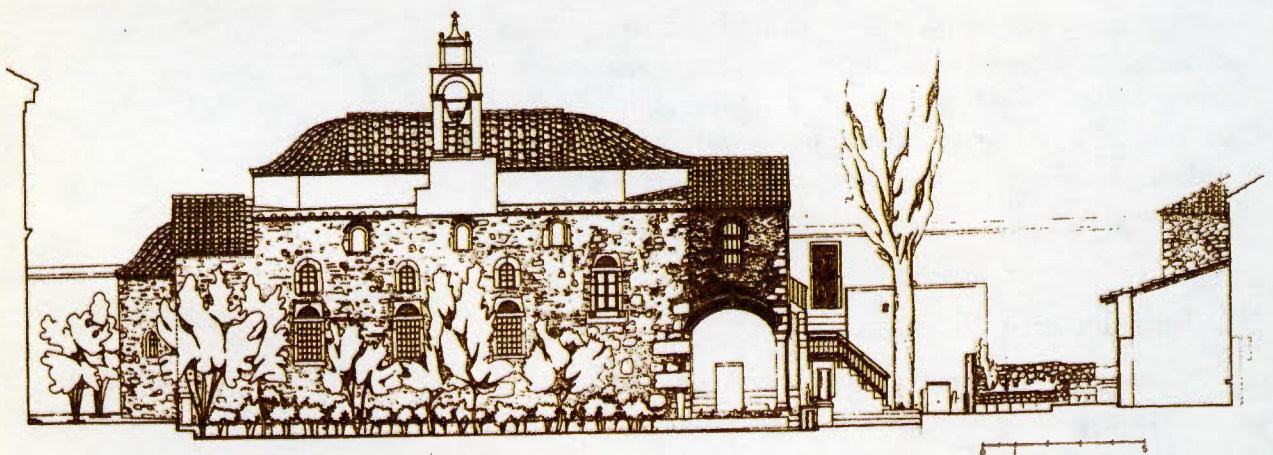
5.5.1 Όψεις

Οι όψεις όπως ήδη έχουμε αναφέρει είναι δυνατόν να αποτυπωθούν με τη μέθοδο των ορθών προβολών, με την υλοποίηση ενός ή περισσότερων οριζόντιων αξόνων, με σύνδεση μεταξύ τους (π.χ. κοινή κατακόρυφη στην αρχή ή σε άλλη θέση) και με μέτρηση των αποστάσεων από την αρχή και από τον άξονα κατά μήκος των κατακορύφων. Τοπογραφικά μπορούμε να πάρουμε οριζόντιους άξονες, σημεία αναλυτικού δικτύου (τοποσταθερά και φωτοσταθερά), κατακόρυφες προβολές κ.ά. Η αποτύπωση, όπως ήδη αναφέραμε, συνήθως συμπληρώνεται με τοπομετρικές ή φωτογραμμετρικές μεθόδους (σχ. 5.2), ανάλογα με το χαρακτήρα των επιφανειών. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μονοεικονικές αναγωγές ή στερεοαναγωγές.

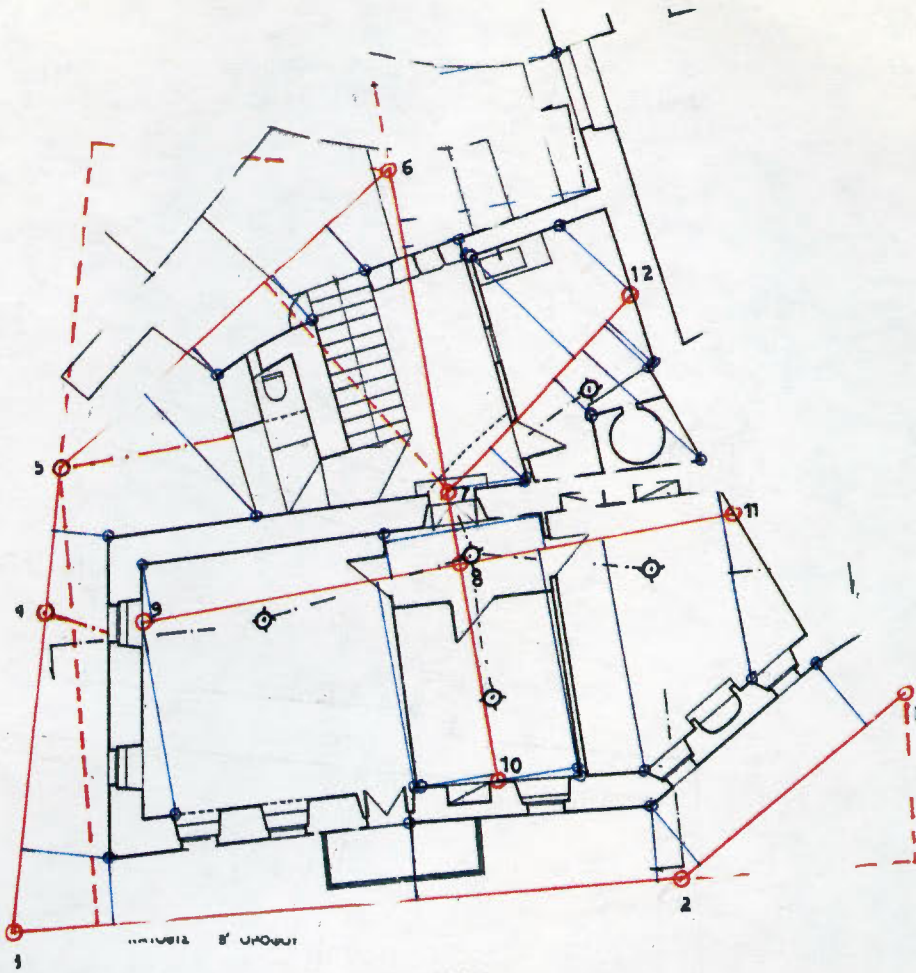
5.6 Αποτυπώσεις Μνημείων

Οι Κατόψεις μνημείων μεγάλου όγκου μετρώνται κυρίως με τοπομετρικές και τοπογραφικές μεθόδους. Οι μέθοδοι που εφαρμόζονται είναι των τριγώνων (σχ.5.11, 5.13), των ορθών προβολών (σχ. 5.10, 5.12 και 5.14) και των πολικών

συντεταγμένων (σχ. 5.10, 5.12 και 5.14). Σχετικά με την τελευταία μέθοδο, αναφέρουμε, ότι στα σχ. 5.10 και 5.12 σημειώνονται μόνο οι εσωτερικές στάσεις των τοπογραφικών οδεύσεων, αφού οι εξωτερικές μπορεί να συμπίπτουν με τις κορυφές των αξόνων των ορθών προβολών. Στο σχ. 5.14 έχουν σημειωθεί 4 στάσεις, που μπορεί να αποτελέσουν μία κλειστή όδευση. Σε πολύπλοκα μνημεία με δύσκολες επιφάνειες, όπου έχουμε εφαρμόσει τοπογραφικές και φωτογραμμετρικές μεθόδους σε ολόκληρο τον όγκο τους και έχουμε λάβει συντεταγμένες Χ, Ψ, Ζ σε ολόκληρο το μνημείο, (3D) είναι πιθανή η απόδοση των κατόψεων με αποκλειστικά φωτογραμμετρικές μεθόδους, αφού έχουμε δυνατότητα να λάβουμε οποιαδήποτε τομή, και συνεπώς και οριζόντια. Η απόδοση των κατόψεων απαιτεί καλή αποτύπωση του περιγράμματος, κι αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τοπογραφικές μεθόδους και συνδυάζεται με την αποτύπωση των όψεων και τομών. Θα πρέπει πάντοτε να καθορίζονται τα οριζόντια επίπεδα των τομών.

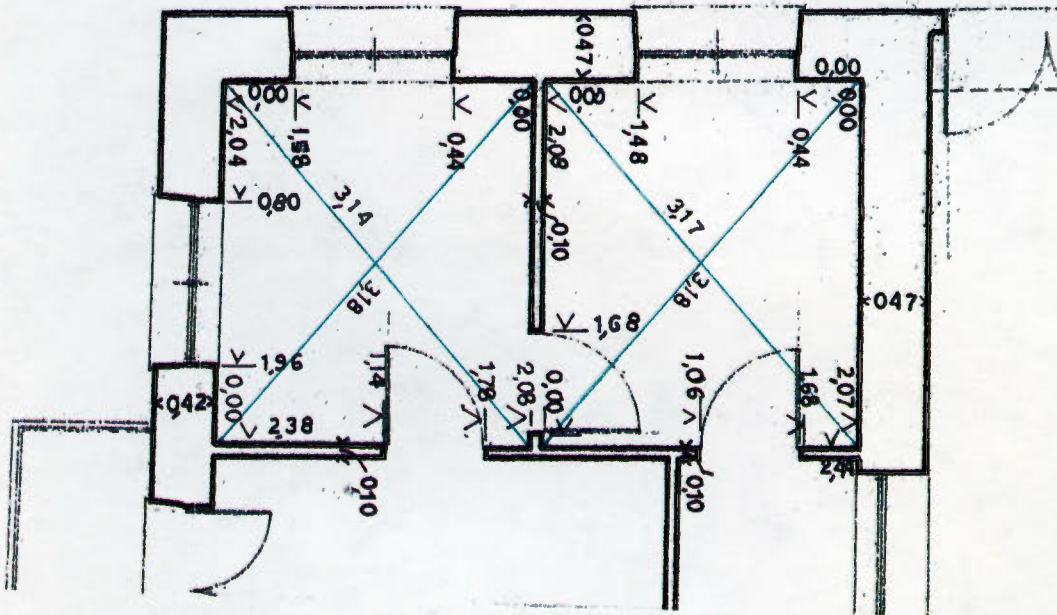


Μετόχι Παναγίου Τάφου, Πλάκα. Τομή - Όψη (Αποτύπωση Α. Πορτελάνος)



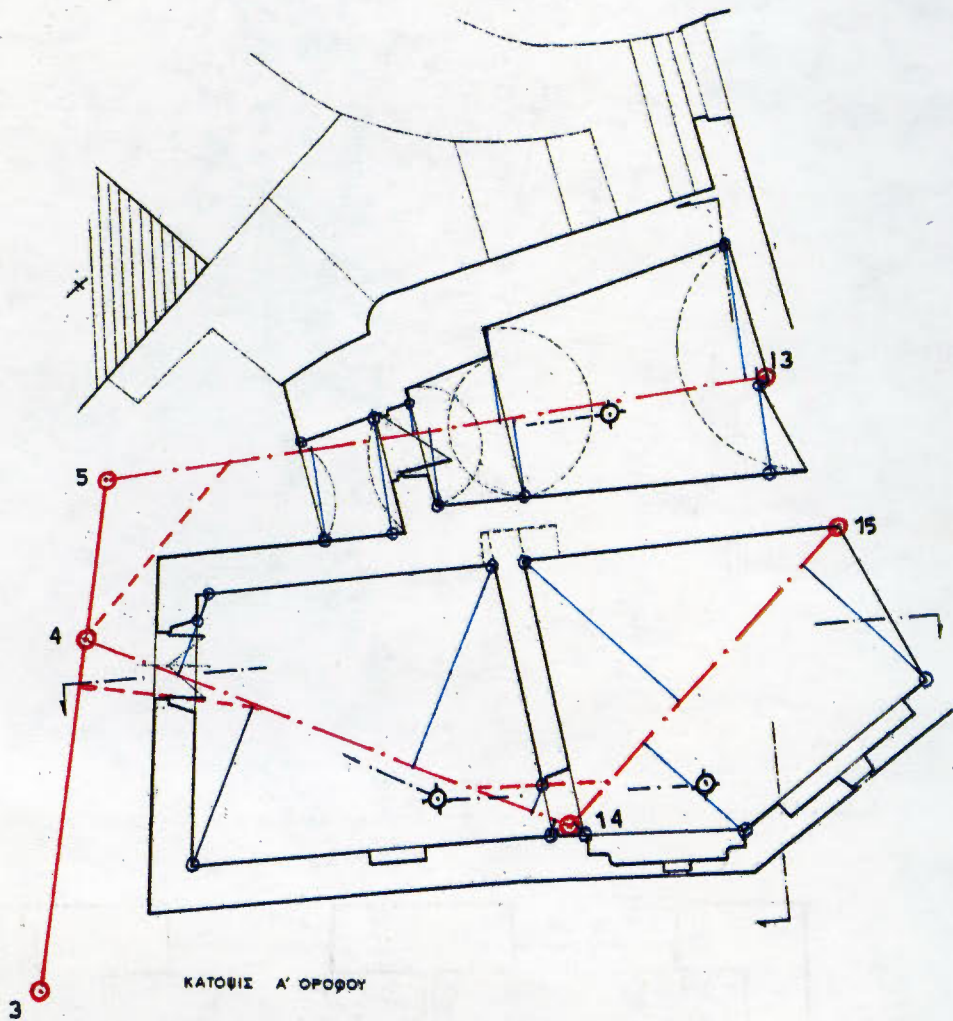
σχήμα 5.10

Αποτύπωση κάτοψης με τη μέθοδο των ορθών προβολών πολικών συτεταγμένων



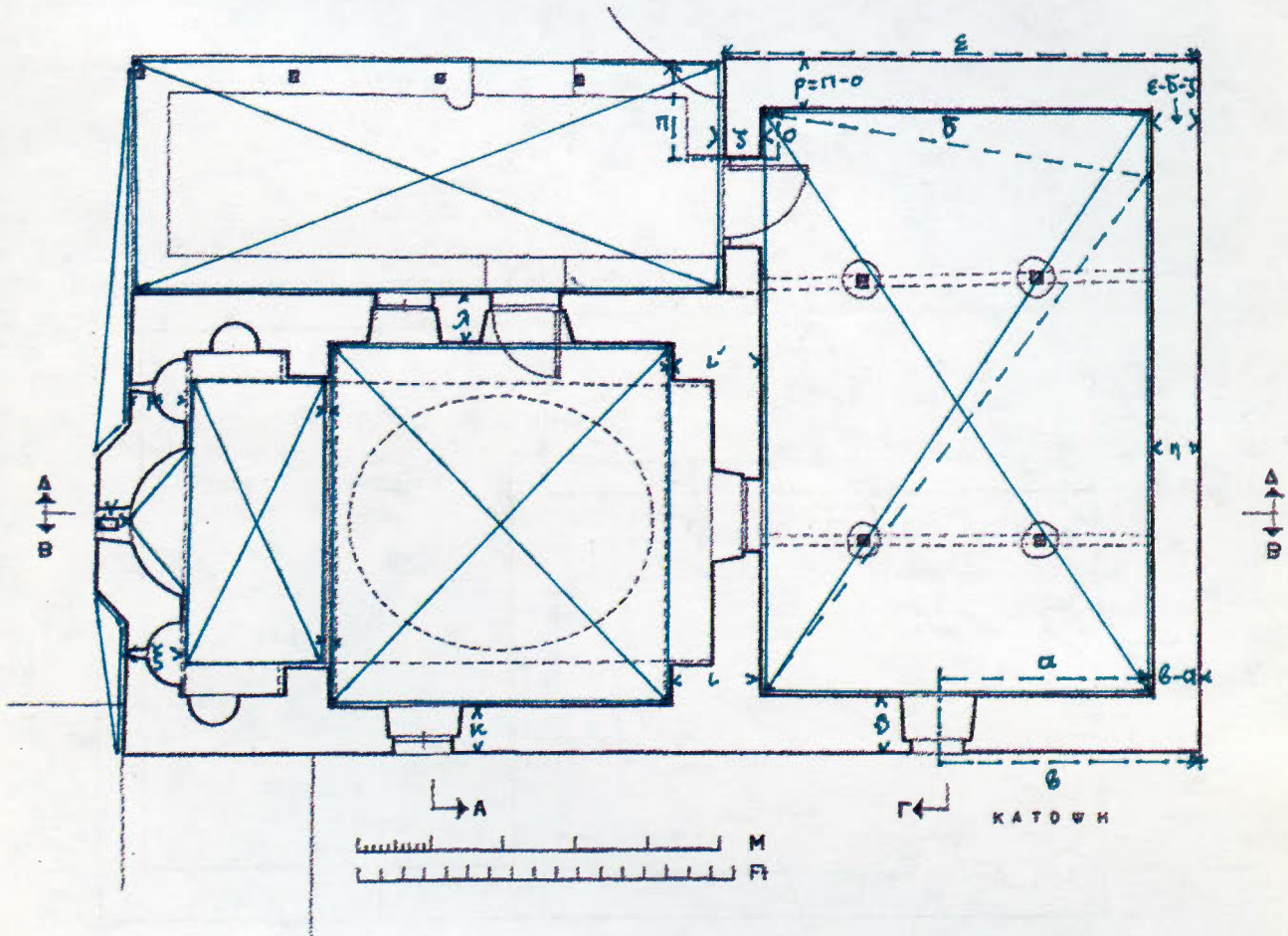
σχήμα 5.11

Αποτύπωση κάτοψης με τη μέθοδο των τριγώνων

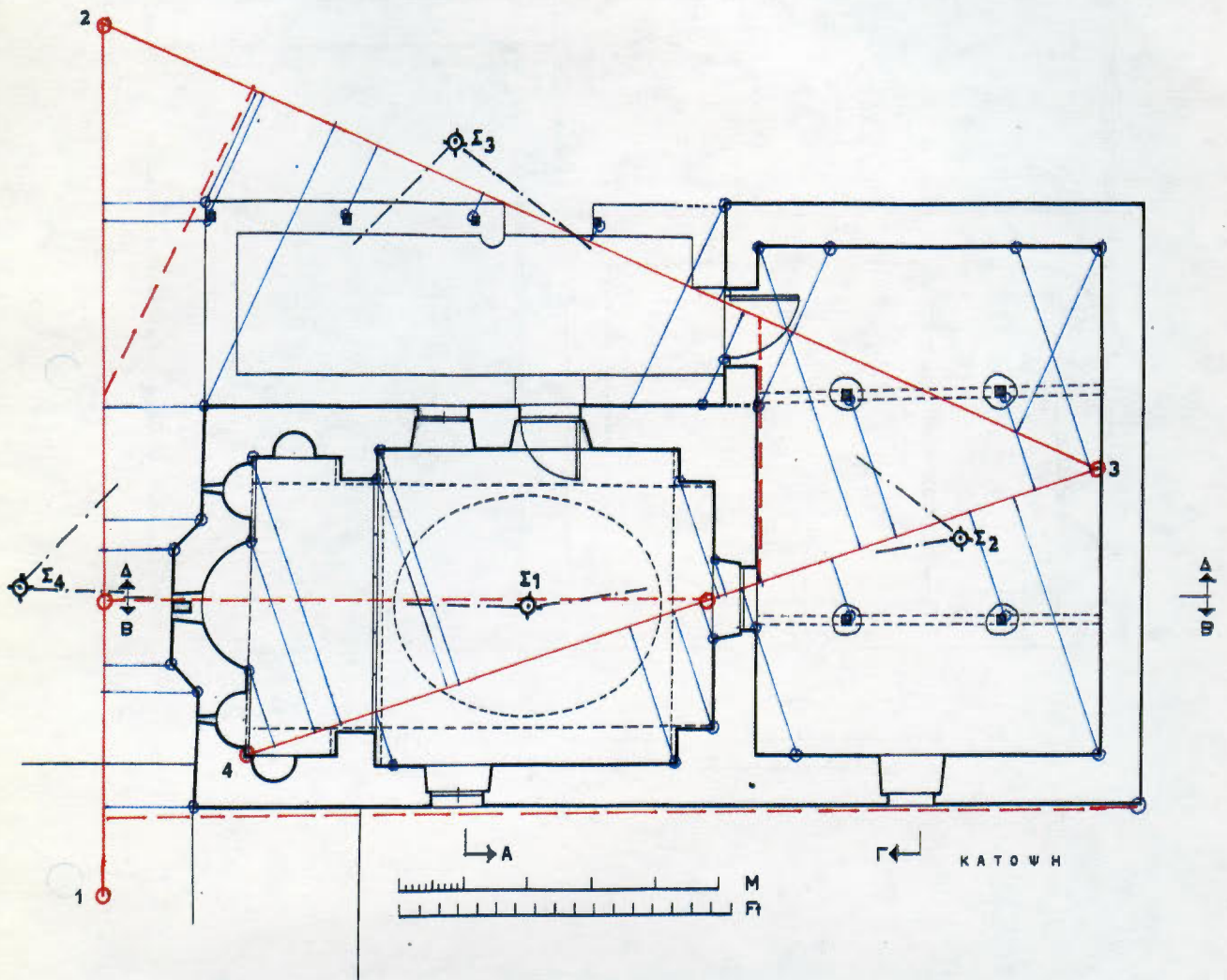


σχήμα 5.12

Αποτύπωση κάτοψης με τη μέθοδο των ορθών προβολών πολικών συντεταγμένων

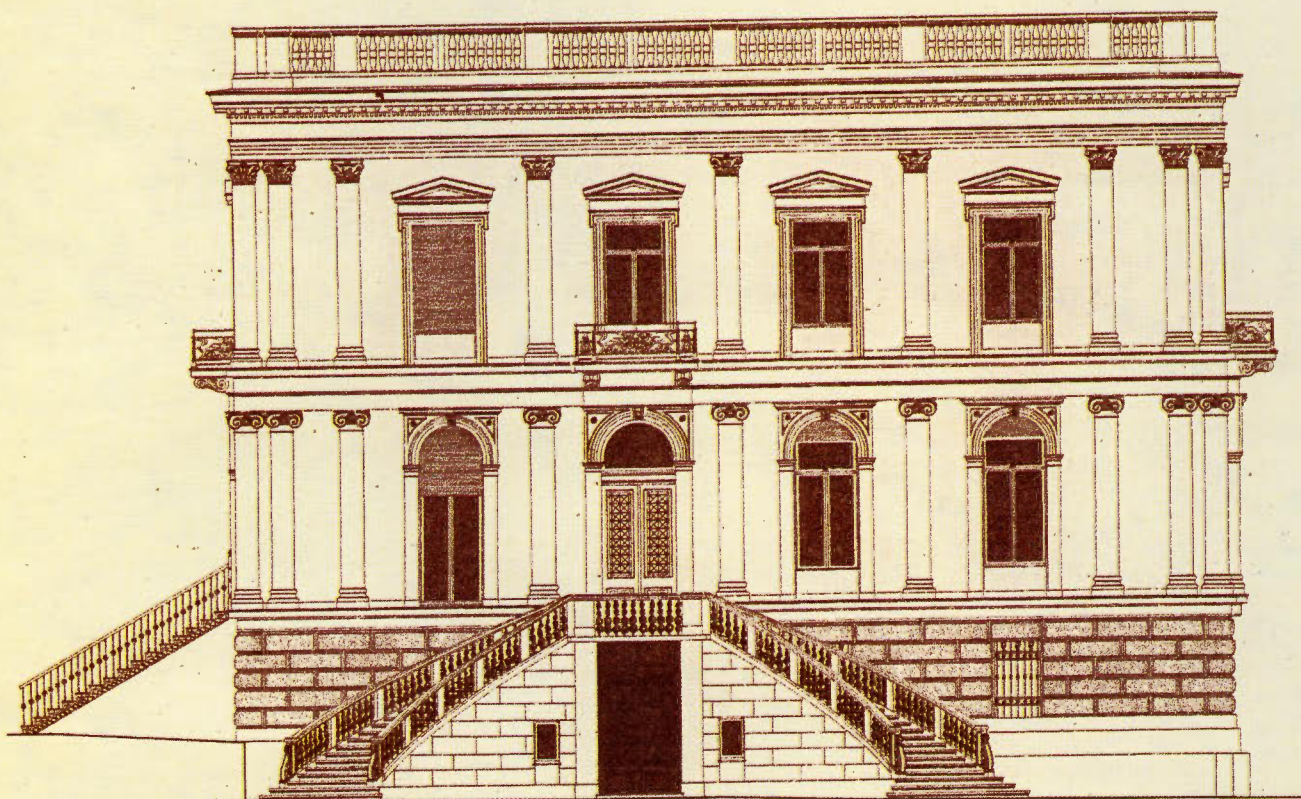


σχήμα 5.13
Αποτύπωση κάτοψης με τη μέθοδο των τριγώνων



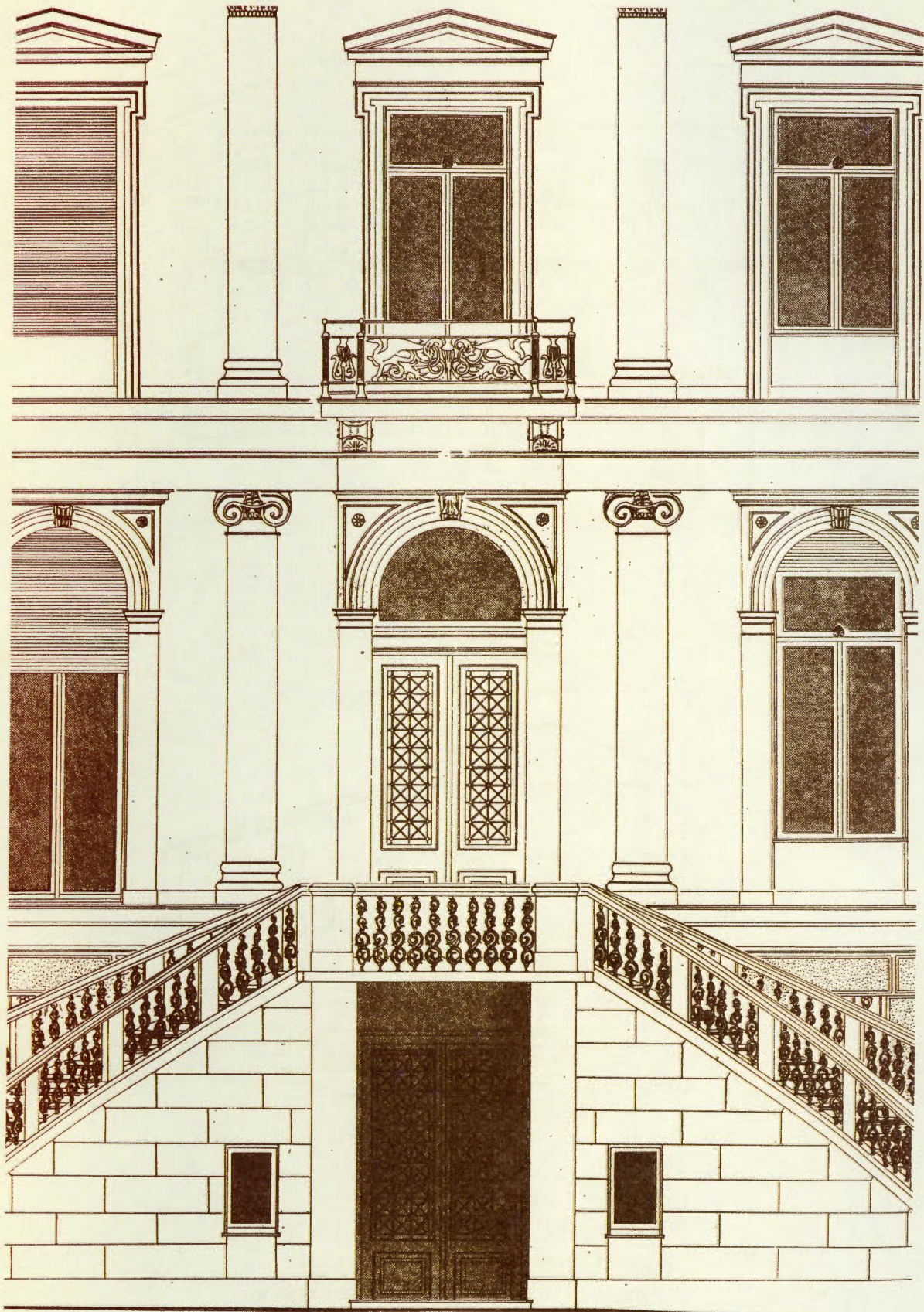
σχήμα 5.14

Αποτύπωση κάτοψης με τη μέθοδο των ορθών προβολών πολικών συντεταγμένων



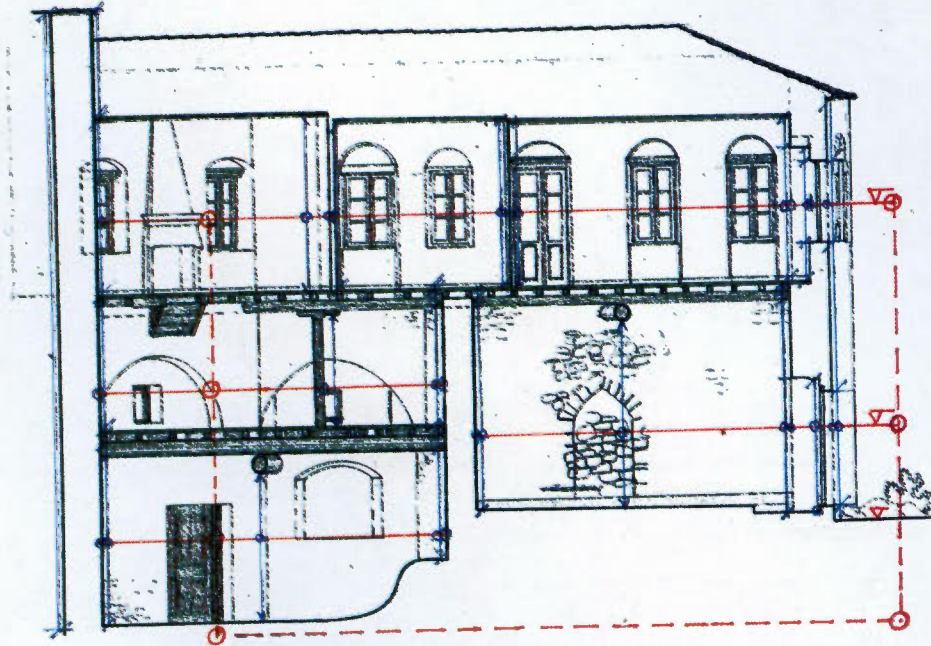
σχήμα 5.15

Ιλίου Μέλαθρον, όψη εισόδου, έχει αποτυπωθεί σχεδόν εξολοκλήρου με τοπογραφικές μεθόδους



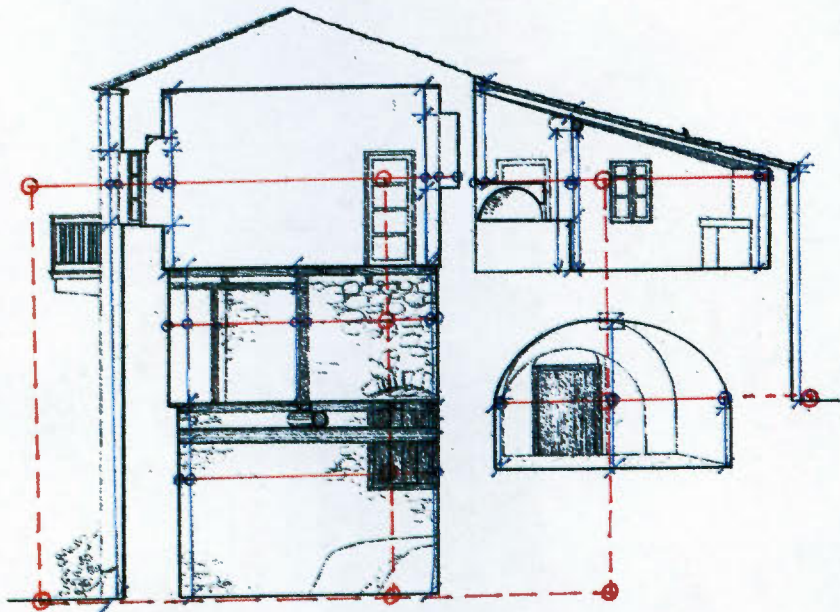
σχήμα 5.16

Λεπτομέρεια της όψης της εισόδου του Ιλίου Μέλαθρον



ΤΟΜΗ Α-Α

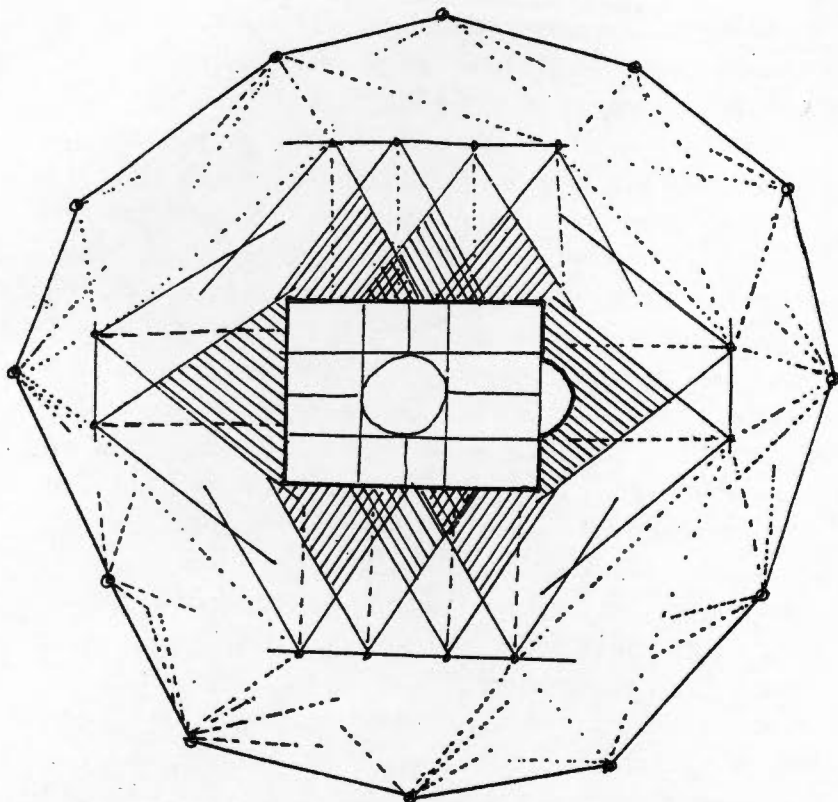
σχήμα 5.17
Αποτύπωση τομής κτηρίου



ΤΟΜΗ Β-Β

⊙ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΙ ΣΤΑΘΜΩΝ
+ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΙ ΜΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ
ΤΗΣ ΚΑΘΕ ΣΤΑΘΜΗΣ ΚΑΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΚΟΙ
ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΙ

σχήμα 5.18
Αποτύπωση τομής κτηρίου

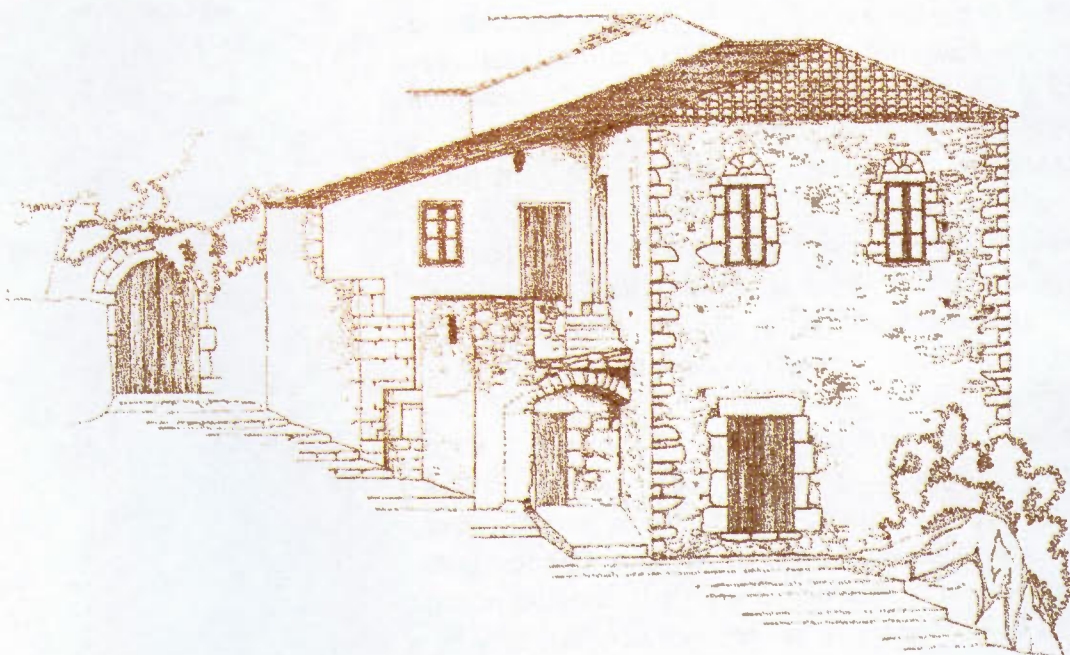


σχήμα 5.19

Αποτύπωση με ταυτόχρονη λήψη στοιχείων

Οι τομές υλοποιούνται πάντοτε ως τομή του αντικειμένου με επίπεδα και, προκειμένου περί κτιρίων κατακόρυφα (σχ. 5.17 και 5.18). Οι μέθοδοι που ακολουθούμε είναι αυτές που περιγράψαμε όταν κάναμε αναφορά στους αρχαιολογικούς χώρους. Δηλαδή τοπομετρικές, τοπογραφικές και φωτογραμμετρικές, εφόσον έχουμε αποκαταστήσει το αντικείμενο με συντεταγμένες εδάφους. Ένα σημαντικό θέμα, που αφορά πολύωροφες κατασκευές, είναι ο τρόπος, με τον οποίο συνδέονται από στάθμη σε στάθμη αποτύπωσης, τόσο τα κατακόρυφα επίπεδα των τομών όσο και τα υψόμετρα. Η πρώτη περίπτωση μπορεί να λυθεί, εφόσον γνωρίζουμε τις θέσεις του επιπέδου τομής τουλάχιστον σε 2 σημεία ή ένα σημείο και τη διεύθυνση της τομής υλοποιούμενη με πυξίδα ή τη γωνία διεύθυνσης, με τοπογραφικές μεθόδους. Ο κατακόρυφος συσχετισμός (υψομετρική διαφορά) μπορεί να γίνει χωροσταθμώντας τις 2 στάθμες από το ίδιο σημείο, π.χ. βλέποντας τη στάθμη στην ίδια θέση. Υπάρχουν ψηλές σταδίες μέχρι 8 μ. που μπορούν να ανταποκριθούν σ' αυτήν την ανάγκη. Για να μετράμε μεγάλα ύψη, διαθέτουμε πτυσσόμενα κοντάρια με ενσωματωμένη μετροταινία, που φτάνουν μέχρι τα 12 μ.

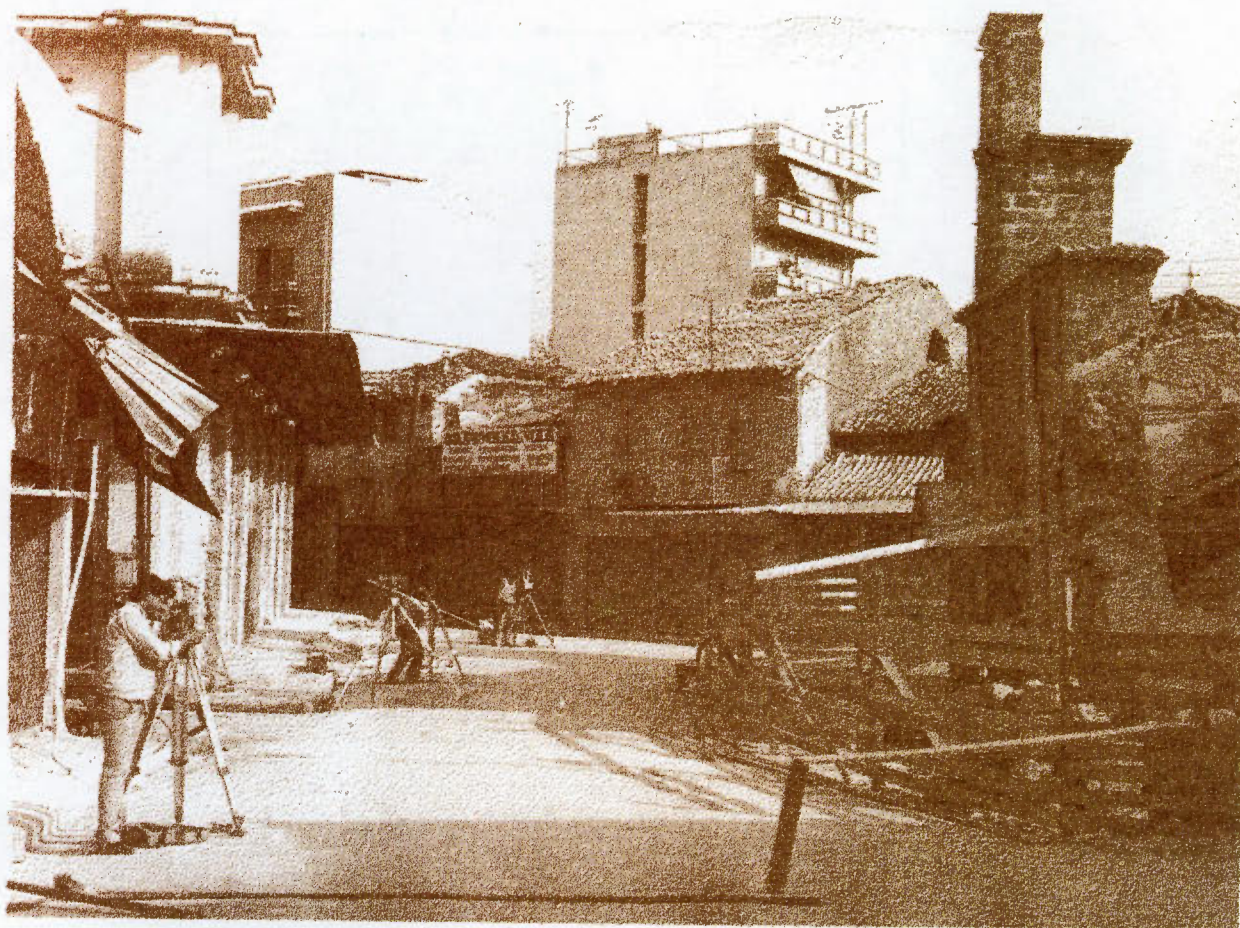
Οι όψεις μετρώνται με τοπομετρικές, τοπογραφικές και φωτογραμμετρικές μεθόδους, όπως περιγράψαμε όταν αναφερόμαστε στους αρχαιολογικούς χώρους. Στην περίπτωση των μνημείων συνήθως ακολουθούνται μεικτές μέθοδοι. Με τις τοπογραφικές μεθόδους είναι δυνατόν να αποτυπωθούν σε ικανοποιητικό βαθμό τα μνημεία αφού, όπως είπαμε, μπορούν να αποτυπωθούν και λεπτομέρειες. Στην πράξη όμως συνεπικουρούνται σε κάποιο βαθμό από τοπομετρικές και φωτογραμμετρικές μεθόδους. Τα σχήματα 5.15 και 5.16 δείχνουν το Ιλίου Μέλαθρον, επί της οδού Πανεπιστημίου, το οποίο έχει αποτυπωθεί σχεδόν εξ ολοκλήρου με τοπογραφικές μεθόδους. Το σχ.5.20 είναι η αποτύπωση όψης του σπιτιού των σχημάτων 5.17 και 5.18 με τοπογραφικές και τοπομετρικές μεθόδους. Το σχ. 5.19 δείχνει τη διαδικασία που μπορεί να ακολουθηθεί στην ταυτόχρονη λήψη στοιχείων με τοπογραφική μέθοδο (τοποσταθερά, φωτοσταθερά) και τη μέθοδο φωτογραμμετρικών φωτογραφιών (στερεοζευγών) για φωτογραμμετρική απόδοση. Το σχ. 5.21 μας δείχνει την ταυτόχρονη λήψη αναγνώσεων στο ίδιο σημείο από τρία θεοδόλιχα, από τα οποία το μεσαίο είναι εφοδιασμένο με λείζερ. Η εφαρμογή έγινε στην εκκλησία των Αγίων Αποστόλων Καλαμάτας το 1985. Διακρίνονται κοντά στο μεσαίο όργανο οι φωτογραμμετρικές κάμερες σε δίμετρη βάση. Το σχ. 5.24 μας δείχνει μία όψη της εκκλησίας των Αγίων Αποστόλων Καλαμάτας που έχει αποδοθεί φωτογραμμετρικά.



ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΟΨΗ

σχήμα 5.20

Αποτύπωση όψης σπιτιού με τοπογραφικές και τοπομετρικές μεθόδους



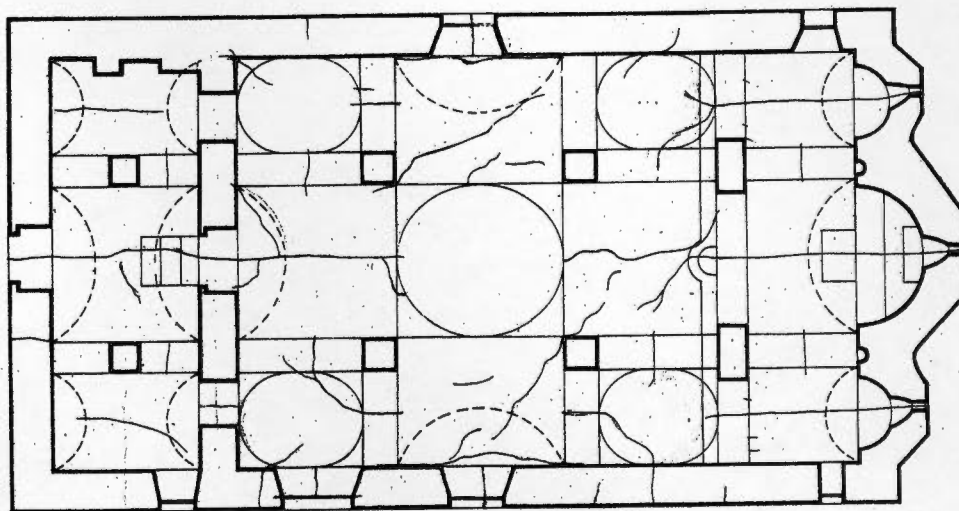
σχήμα 5.21

Άγιοι Απόστολοι Καλαμάτας, Τρεις Θεόλιχοι ταυτόχρονα δίνουν λήψεις αναγνώσεων του ίδιου σημείου, το μεσαίο είναι εφοδιασμένο με λείζερ

5.7 Αποτυπώσεις φθορών, βλαβών, παραμορφώσεων, υγρασίας, κ.τ.λ.

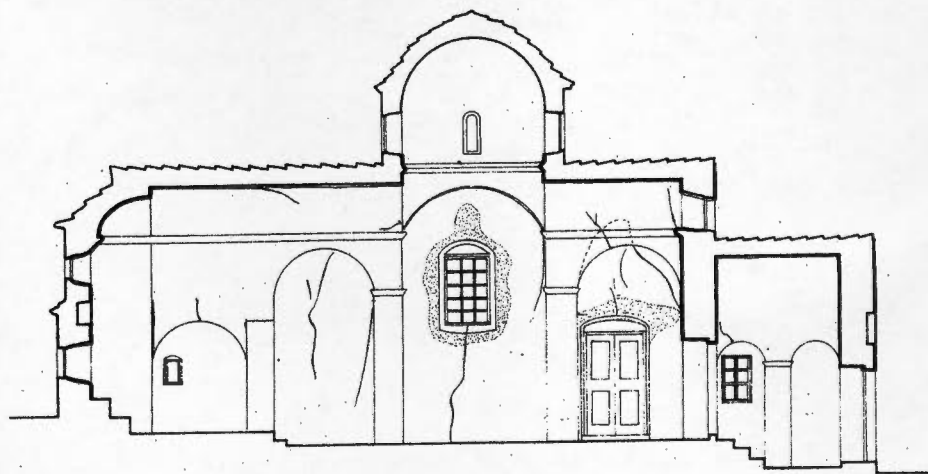
5.7.1. Οι παραμορφώσεις του φορέα

Οι παραμορφώσεις του φορέα (τοίχων, αναλημμάτων κ.τ.λ.) αποτυπώνονται ταυτόχρονα με την αποτύπωση του μνημείου (σχ. 5.22, 5.23). Πρέπει να δίνεται η ακριβής θέση τους στο χώρο, με όλα τα στοιχεία της γεωμετρίας τους. Είναι αναγκαίο να σημειώνονται καμπύλες ίσων αποκλίσεων (αντίστοιχες των ισοϋψών).



σχήμα 5.22

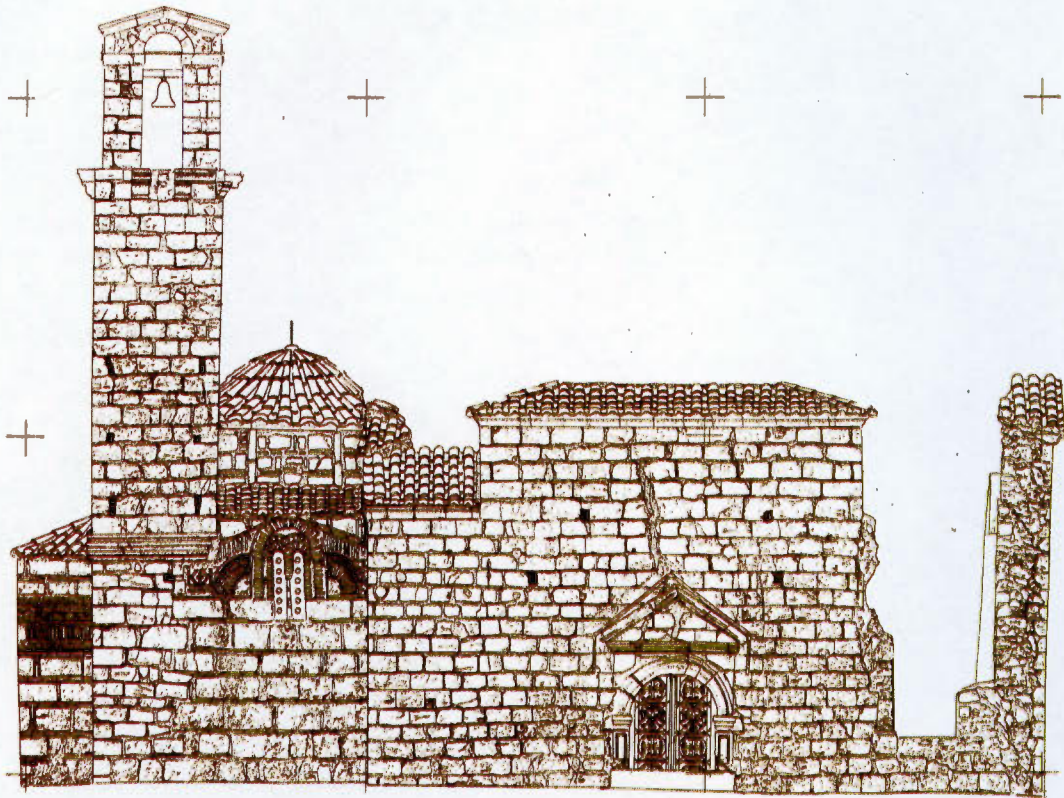
Κάτοψη. Αποτύπωση βλαβών Αγίου Νικολάου Καρύταινας



σχήμα 5.23

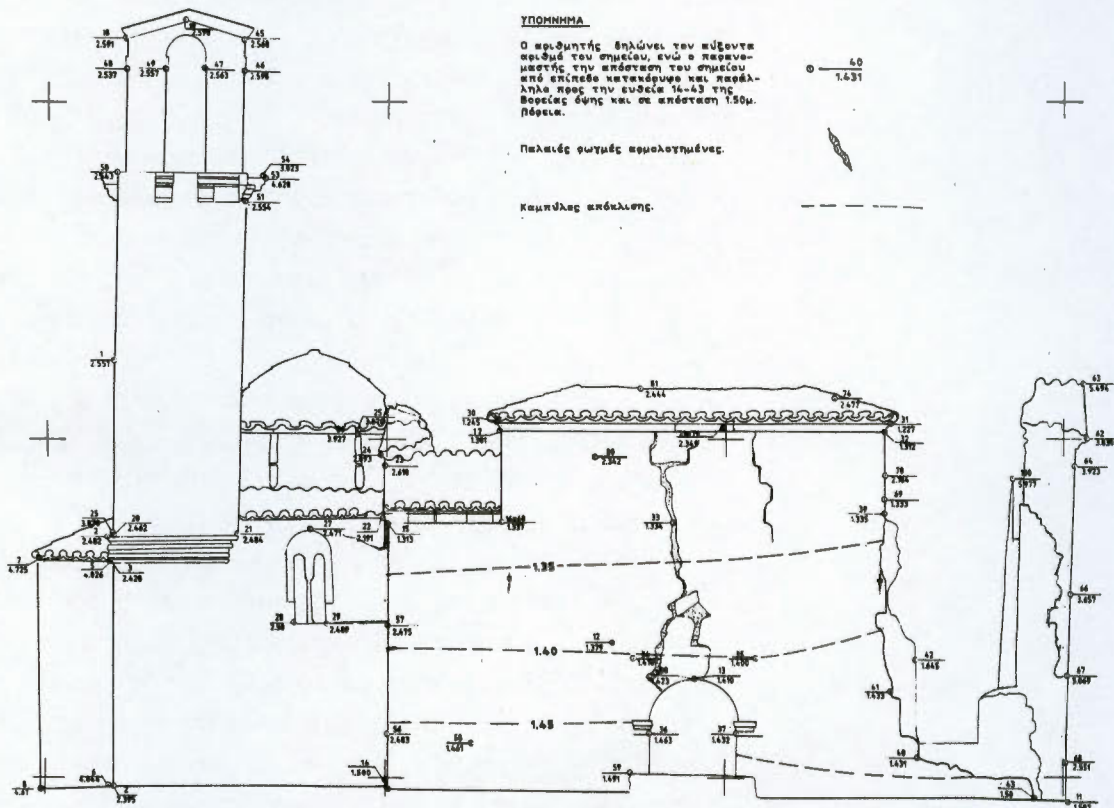
Τομή. Αποτύπωση βλαβών Αγίου Νικολάου Καρύταινας

Το σχ. 5.25 μας δίνει τις παραμορφώσεις σε μία όψη των Αγίων Αποστόλων Καλαμάτας, που αποτυπώθηκαν σε χωριστή σειρά σχεδίων από αυτή των όψεων (σχ. 5.24).



σχήμα 5.24

Αποτύπωση όψης Αγίων Αποστόλων Καλαμάτας (Α. Πορτελάνος)



σχήμα 5.25

Αποτύπωση ζημιών όψης Αγίων Αποστόλων Καλαμάτας σε ξεχωριστή σειρά σχεδίων (Α. Πορτελάνος)

Παράλληλα με την αποτύπωση των παραμορφώσεων γίνεται και η αποτύπωση των πάσης φύσεως φθορών (καταρρεύσεις αποσθρώσεις, ετοιμορροπίες κ.τ.λ.), καθώς και βλαβών (ρωγμές, κοιλάνσεις, κ.λ.π.). Όλα αυτά τα στοιχεία προσδιορίζουν την παθολογία των μνημείων και υποβοηθούν στη διάγνωση, δηλαδή στον προσδιορισμό των αιτίων που δημιούργησαν τα προβλήματα. Είναι αναγκαίο να παρακολουθούνται διαχρονικά τα μνημεία και για το λόγο αυτό επιβάλλεται να εγκαθίστανται δίκτυα παρακολούθησης μικρομετακινήσεων, δηλαδή τοπογραφικά δίκτυα, οδεύσεων και αναλυτικού δικτύου, μεγάλης ακριβείας, η οποία θα προκύπτει από τις πολλές μετρήσεις, την καλή κέντρωση των οργάνων (εξαναγκασμένη) και την καλή γεωμετρία του δικτύου. Τα στοιχεία των δικτύων αυτών μετριοούνται περιοδικά και οι μετρήσεις συγκρίνονται. Παράλληλα η διαχρονική παρακολούθηση συνοδεύεται από την εγκατάσταση κλισιομέτρων, που τοποθετούνται μέσα και έξω από το έδαφος και μετρούν ενδεχόμενες διαχρονικές μικρομετακινήσεις του εδάφους.

Στα μέσα διάγνωσης θα πρέπει να προσθέσουμε τις ακτίνες Χ με τις οποίες μπορούμε να διαπιστώσουμε εσωτερικές κατασκευές (π.χ. την παρουσία σιδήρων μέσα στην τοικοποιία). Οι λήψεις με ακτίνες Χ, ιδίως όταν γίνονται από δύο τουλάχιστον θέσεις, μπορούν με χρήση φωτογραμμετρικών μεθόδων να μας δώσουν την ακριβή θέση των εσωτερικών ευρημάτων.

Άλλος τρόπος μελέτης της εσωτερικής δομής των κατασκευών είναι οι μαγνητομετρικές και ηλεκτρικές διασκοπήσεις. Αυτές, με τη βοήθεια εκπομπής ηλεκτρομαγνητικών ή ηλεκτρικών κυμάτων, τη λήψη σχετικών αναγνώσεων που εξαρτώνται από την δομή των αντικειμένων (γης, κατασκευών κ.τ.λ.) και την κατάλληλη επεξεργασία των δεδομένων μέσω Η/Υ, μπορούν να προσδιορίσουν τη μορφή των αντικειμένων. Οι μέθοδοι αυτές χρησιμοποιούνται εκτενώς και στον εντοπισμό αρχαίων κάτω από το έδαφος.

Επίσης, αναφέρουμε, σε σχέση με τη φθορά του υλικού και την παρουσία υγρασίας στα μνημεία και ειδικότερα στην πέτρα, στις τοιχογραφίες και στα ψηφιδωτά, ορισμένες οπτικοφυσικές μεθόδους: α) Τη χρησιμοποίηση υπέρυθρης φωτογραφίας για τον προσδιορισμό θέσεων συσσώρευσης αλάτων, β) Λήψεις με υπεριώδεις ακτίνες, που προσδιορίζουν την ποικιλομορφία της ύλης, τη δομή και τη διαφορά της υγρασίας, γ) Λήψεις με θερμοοπτική μηχανή, που παρέχουν πληροφορίες για τα παραπάνω και βοηθούν στην κατανόηση της κατασκευής.

5.8 Τρισδιάστατα μοντέλα. Μακέτες

5.8.1 Τρισδιάστατα μοντέλα.

Με τις διαδικασίες αποτύπωσης που περιγράψαμε, οι οποίες παράγουν και συντεταγμένες του αντικειμένου, είναι δυνατόν να παράγουμε τρισδιάστατα σχέδια. Η σύγχρονη τεχνολογία με τις δυνατότητες των Η/Υ και τα computer graphics και modeling, μπορούν να συμβάλουν στην παραγωγή τρισδιάστατων μοντέλων, φωτορεαλιστικών απεικονίσεων, καθώς και κίνησης μέσα στο χώρο (animation), που να παρέχει μία ξενάγηση στο μνημείο. Είναι δυνατή η αναπαραγωγή έργων τέχνης (ανάγλυφων κ.τ.λ.) από το τρισδιάστατο μοντέλο. Η επεξεργασία των 3D μοντέλων σε συστήματα CAD μπορεί να μας δώσει όλα τα στοιχεία κατόψεων, τομών και όψεων που είναι αναγκαία για την κατασκευή μακετών.

5.8.2 Μακέτες.

Μία μακέτα απαιτεί μία πλήρη αποτύπωση, που να ανταποκρίνεται στις ανάγκες για τις οποίες αυτή φτιάχνεται, ανάγκες που συνδέονται άμεσα με την κλίμακα κατασκευής της. Ένα κτίριο απαιτεί μία πλήρη σειρά σχεδίων, κατόψεων, τομών και όψεων.

Οι ισοσταθμικές καμπύλες μπορούν να αποδοθούν με την κατασκευή φύλλων ισοϋψών υλικών (φελλών, μαλακών ξύλων, κ.τ.λ.), πάχους ίσου με την ισοδιάσταση των σχεδίων. Το περίγραμμα των φύλλων διαμορφώνεται έτσι, ώστε να ακολουθεί την πορεία των ισοσταθμικών καμπυλών. Έτσι μπορεί να αποδοθεί με αλληλοεπίθεση η μορφολογία του ανάγλυφου, είτε πρόκειται για το έδαφος είτε για ένα, οποιοδήποτε, αντικείμενο που έχει αποδοθεί με ισοσταθμικές καμπύλες, όπως π.χ. το κεφάλι του σχ. 5.4.

5.9 Η αποκατάσταση των μνημείων και των έργων τέχνης και οι αποτυπώσεις.

Η χάρτα της Βενετίας στο άρθρο 9 αναφέρει:

"Η διαδικασία της αποκατάστασης είναι μία επέμβαση υψηλής εξειδίκευσης που επιβάλλεται να γίνεται κατ' εξαίρεση. Έχει ως στόχο να διατηρήσει και να αποκαλύψει τις αισθητικές και ιστορικές αξίες του μνημείου και βασίζεται στο σεβασμό προς την αρχική του υπόσταση και τα αυθεντικά του στοιχεία. Σταματάει στο σημείο που αρχίζουν να υπάρχουν υποθέσεις. Πέρα από αυτό το σημείο, οποιαδήποτε εργασία,

που ενδεχομένως θα θεωρηθεί απαραίτητη για αισθητικούς ή τεχνικούς λόγους, θα πρέπει να διαχωρίζεται από την (αρχική) αρχιτεκτονική σύνθεση και να φέρει τη σφραγίδα της εποχής μας."

Οι αρχές αυτές συζητούνται διεθνώς από τους ειδικούς και αντίστοιχες ισχύουν για κάθε μνημείο της τέχνης.

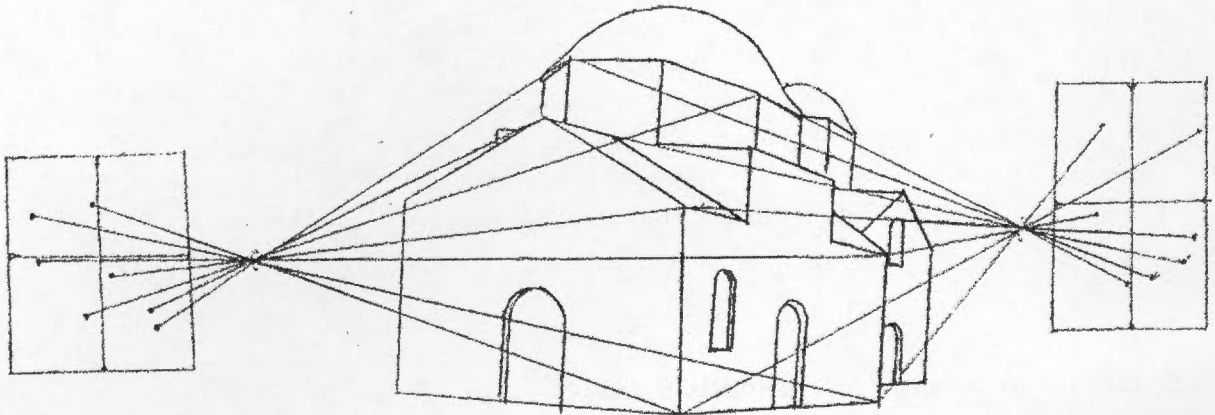
Εκείνο που απασχολεί σημαντικά την αποτύπωση είναι ο συσχετισμός της σημερινής φάσης ενός ερειπωμένου ή ενός μερικά κατεστραμμένου μνημείου με την προηγούμενη, όταν υπάρχουν φωτογραφίες οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν μετρικά.

Εφόσον υπάρχουν σχετικά επίπεδες επιφάνειες, είναι συχνά δυνατόν από μία φωτογραφία να προσδιορίσουμε γραφικές αποκαταστάσεις στοιχείων.

Εάν το μνημείο έχει έντονο ανάγλυφο, τότε έχουμε ανάγκη από δύο φωτογραφίες της προηγούμενης κατάστασης.

Αυτό έγινε στην περίπτωση των Αγίων Αποστόλων Καλαμάτας, όπου υπήρχαν δύο διαφορετικές φωτογραφίες τραβηγμένες με διαφορετικές μηχανές, από άλλη θέση και σε άλλη κλίμακα. Χρησιμοποιώντας αυτές τις φωτογραφίες έγινε η γραφική αποκατάσταση του μνημείου και ακολούθησε η εργασία αποκατάστασης (σχ. 5.27).

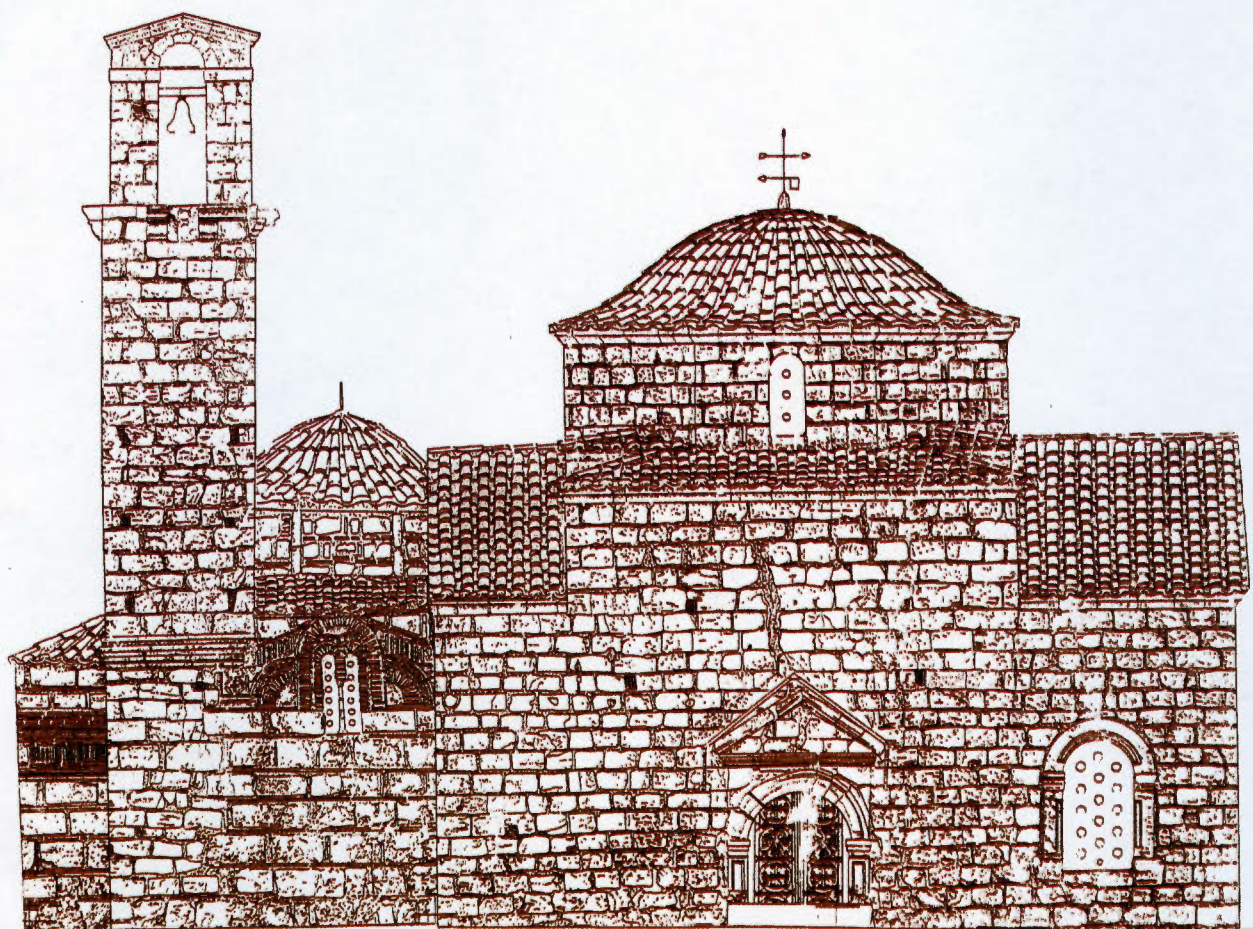
Οποιαδήποτε από τις μεθόδους διεικονικής φωτογραμμετρίας και αν ακολουθηθεί, είναι απαραίτητο να προηγηθεί λεπτομερής αποτύπωση της υπάρχουσας κατάστασης με μεγάλη ακρίβεια (σχ. 5.21).



Σχήμα 5.26

Οι εικονοσυντεταγμένες δίνουν τα στοιχεία της δέσμης σε κάθε φωτογραφία

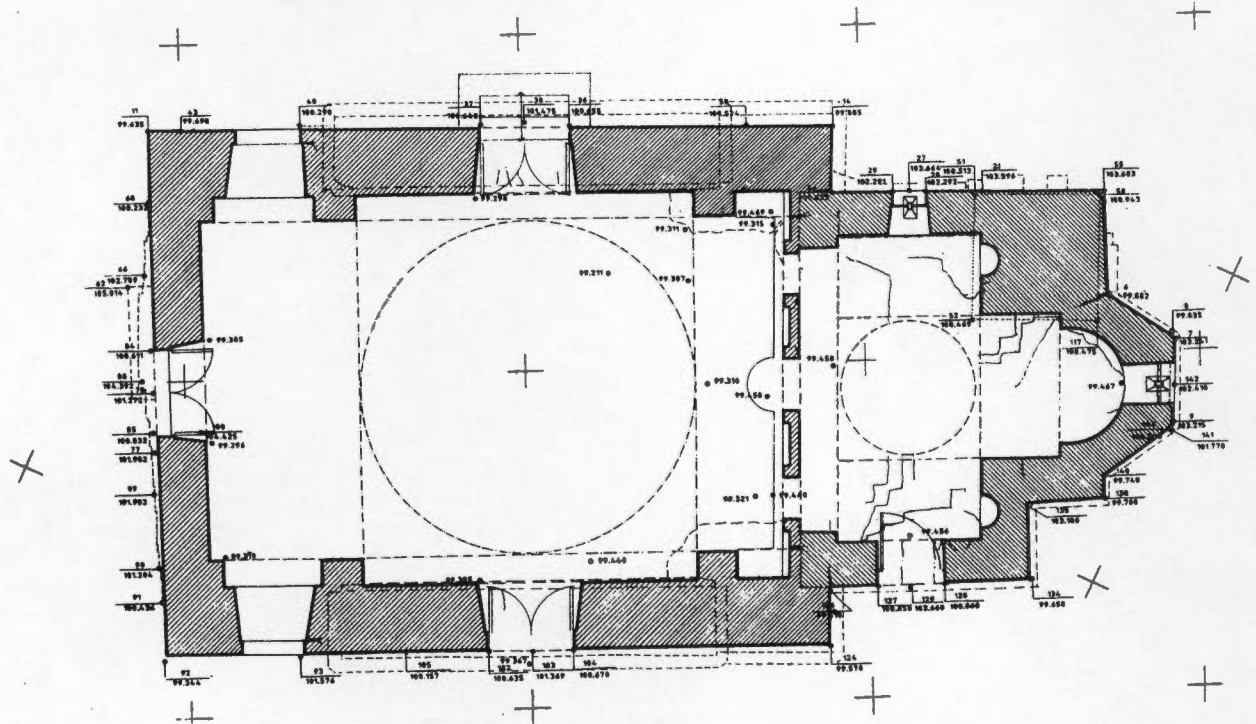
Ο συσχετισμός των συντεταγμένων εδάφους στις παλιές φωτογραφίες, αφού αυτές έχουν υποστεί τις ανάλογες διορθώσεις λόγω των παραμορφώσεων που ενδεχομένως έχει υποστεί το μνημείο (σχ. 5.25), με τις εικονοσυντεταγμένες μας δίνει τα στοιχεία της δέσμης σε κάθε φωτογραφία (σχ. 5.26).



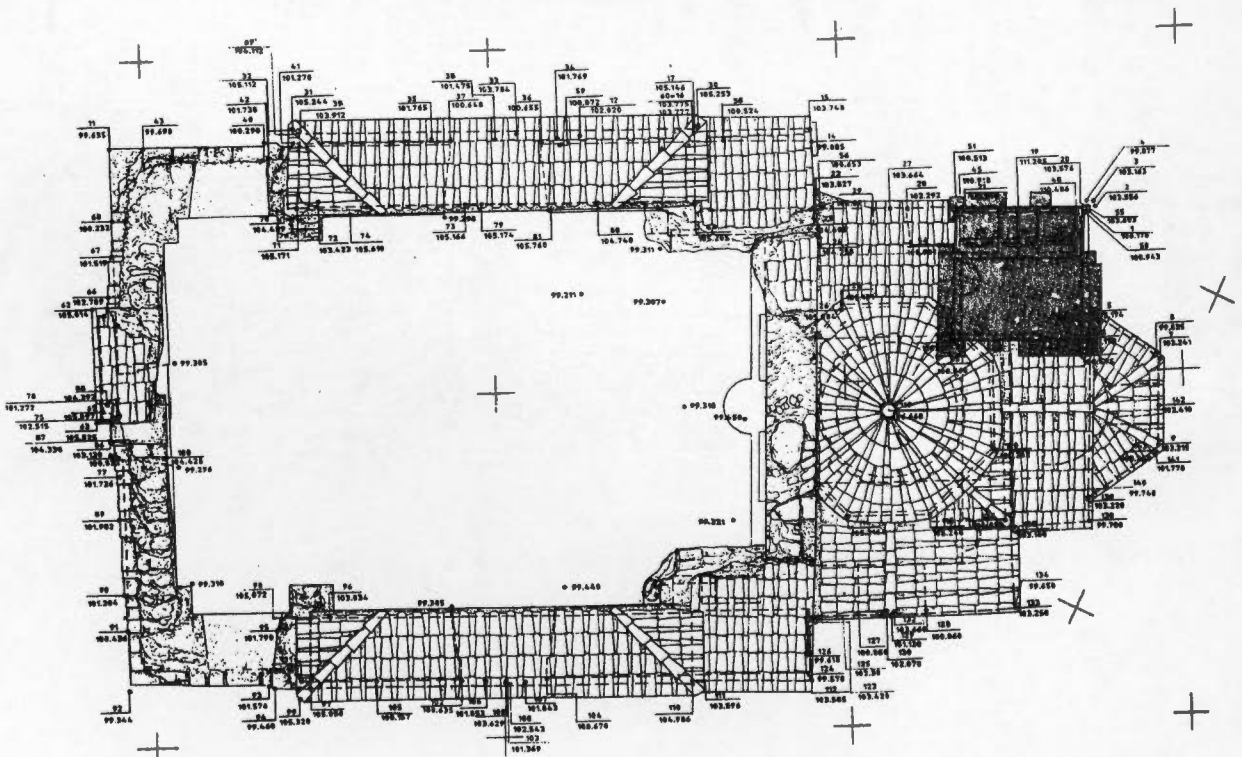
Σχήμα 5.27

Γραφική απεικόνιση, Άγιοι Απόστολοι Καλαμάτας, για να ακολουθήσει η αποκατάσταση (Α. Πορτελάνος)

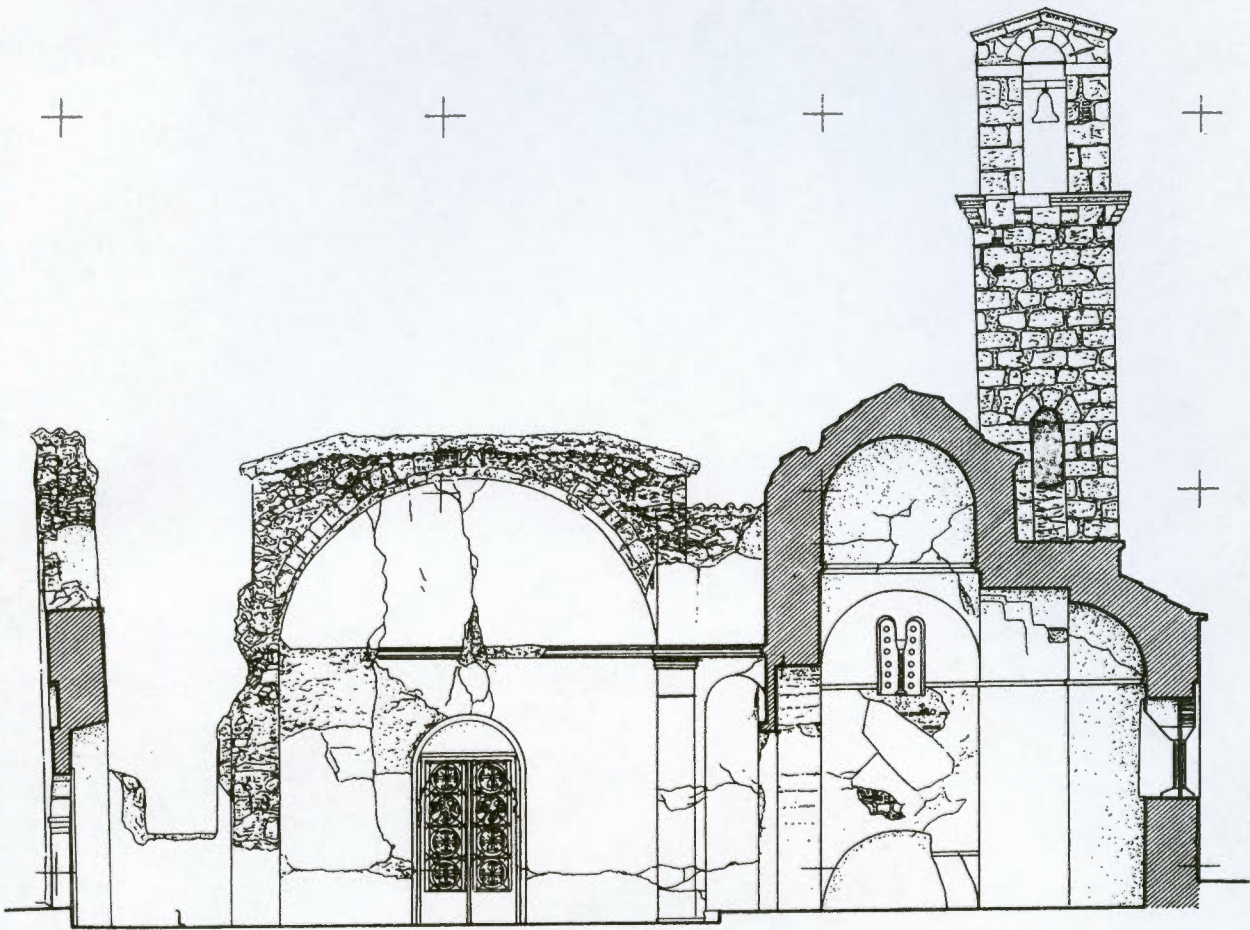
Μελέτη αποτύπωσης και αποκατάστασης Αγίων Αποστόλων Καλαμάτας.
(Α. Πορτελάνος, Α. Καμπουράκης, Γ. Μαϊστάλης, Γ. Κιάσσης)



Άγιοι Απόστολοι Καλαμάτας. Κατάσταση μετά τους σεισμούς.
Κάτοψη



Άγιοι Απόστολοι Καλαμάτας. Κατάσταση μετά τους σεισμούς.
Κάτοψη

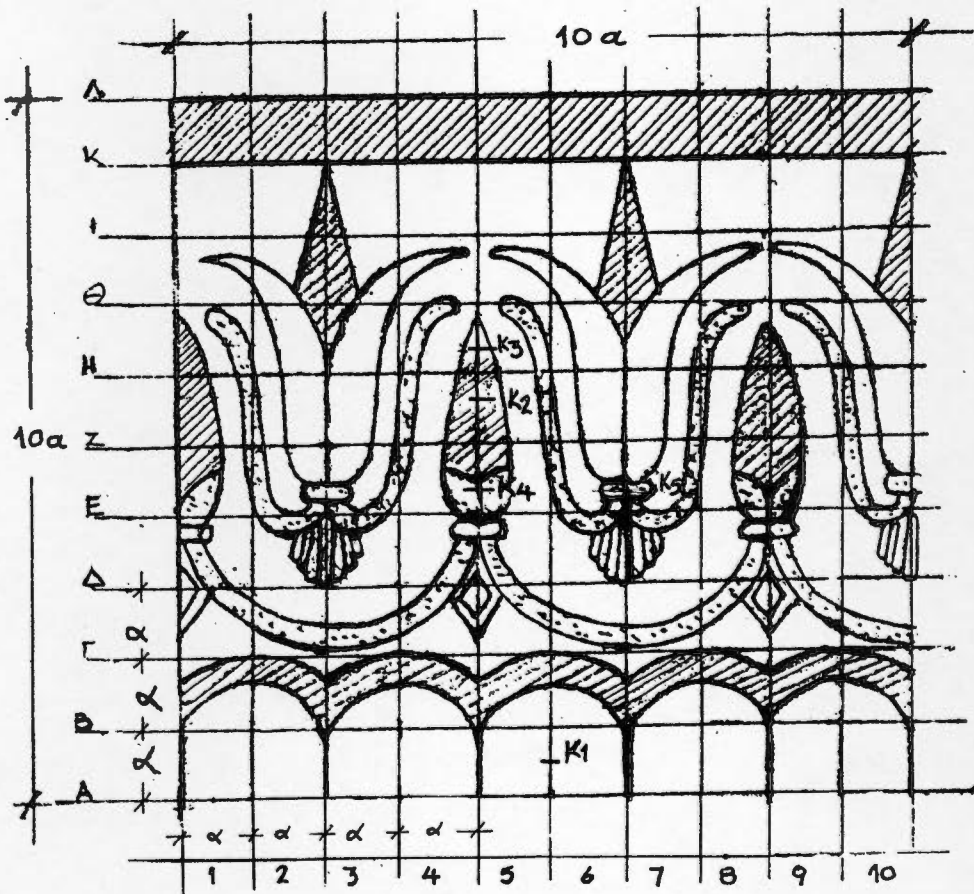


Άγιοι Απόστολοι Καλαμάτας. Κατάσταση μετά τους σεισμούς.
Τομή

Ανάθεση ατομικής εργασίας

Άσκηση 1η

Σας δίνεται το σκαρίφημα αρχιτεκτονικής λεπτομέρειας που προέκυψε από αποτύπωση και σας ζητείται να το σχεδιάσετε σε κλίμακα 1:10



ΛΩΤΟΜΟΡΦΟ ΑΝΘΕΜΙΟ - ΟΨΙΣ

$\sigma = 24$ xλ.

K_1 $R_1 = 24$ xλ. $R'_1 = 35$ xλ.

K_2 $R_2 = 48$ xλ.

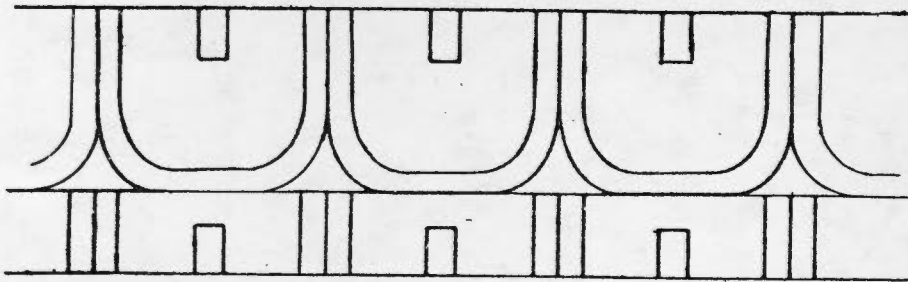
K_3 $R_3 = 50$ xλ.

K_4 $R_4 = 10$ xλ.

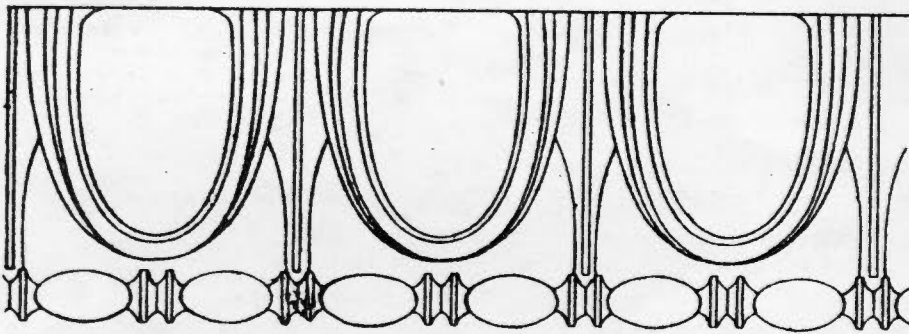
K_5 $R_5 = 39$ xλ. $R'_5 = 48$ xλ.

Άσκηση 2η

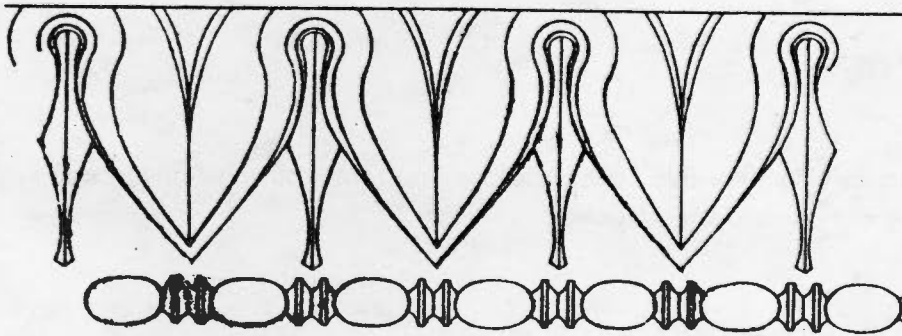
Σας δίνονται τα σκαριφήματα όψεων και τομών κυματίων και σας ζητείται να χαράξετε τον κάναβο που απαιτείται να ακολουθήσετε για την αποτύπωση και σχεδίαση των κυματίων. Επίσης να αναφέρετε τα όργανα που απαιτούνται για την αποτύπωση των κυματίων.



Δωρικό κυμάτιο



Ιωνικό κυμάτιο

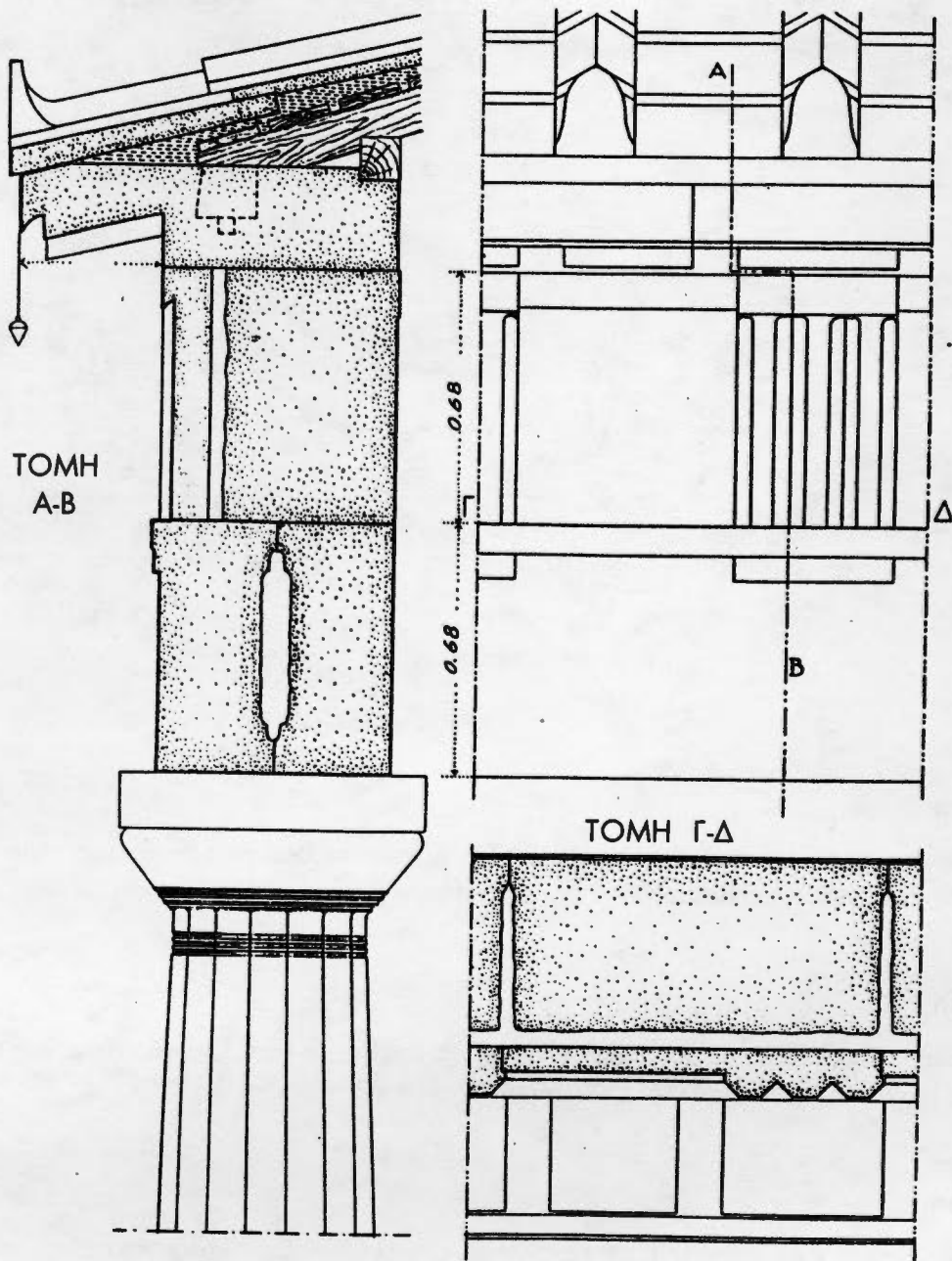


Λεσβιακό κυμάτιο



Άσκηση 3η

Σας δίνονται σε σκαρίφημα η όψη και δύο τομές του θριγκού του ναού της Αθηνάς και σας ζητείται να τα σχεδιάσετε στην κατάλληλη κλίμακα.



Όψη και τομές του θριγκού του ναού της Αθηνάς

Άσκηση 4η

Να αποτυπώσετε μικρό πήλινο αντικείμενο που θα δανιστείτε από το εργαστήριο συντήρησης του σχολείου σας. Να σχεδιάσετε την όψη, την κάτοψη ή μια τομή του αντικειμένου.

Άσκηση 5η

Να αποτυπώσετε τη βάση κολώνας, που πιθανόν θα βρείτε σε νεοκλασικό κτίριο της περιοχής σας, και να σχεδιάσετε σε κατάλληλη κλίμακα την όψη και την κάτοψη.

Άσκηση 6η

Να αποτυπώσετε και να σχεδιάσετε σε κατάλληλη κλίμακα την όψη κιγκλειδώματος σύνθετης μορφής από το σπίτι σας ή το σχολείο σας.

Άσκηση 7η

Να αποτυπώσετε και να σχεδιάσετε ξύλινη ταμπλαδωτή πόρτα από νεοκλασικό κτίριο.



Αποτυπώσεις με τη
Μέθοδο της
Φωτογραμμετρίας

Στόχοι

Στο κεφάλαιο αυτό θα μάθετε για τις μεθόδους φωτογραμμετρίας. Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου θα πρέπει να μπορείτε:

1. να αναφέρετε τις διάφορες μεθόδους φωτογραμμετρίας που χρησιμοποιούνται για την αποτύπωση διαφόρων αντικειμένων.
2. να αναγνωρίζετε τα όργανα που χρησιμοποιούνται στη φωτογραμμετρία.

6.1 Γενικά

Φωτογραμμετρικές είναι οι αποτυπώσεις οι οποίες χρησιμοποιούν φωτογραφίες σε οποιαδήποτε μορφή, π.χ. διαφάνειες, διαθετικά (αντιστροφή αρνητικών), αρνητικά, φωτογραφίες σε χαρτί κ.τ.λ. Η επιστήμη της Φωτογραμμετρίας ασχολείται με μεθόδους και μηχανήματα μετρτικής αξιοποίησης των φωτογραφιών. Η διαδικασία των αποτυπώσεων με φωτογραμμετρικές μεθόδους συνίσταται: α) στην οργάνωση και λήψη των φωτογραφιών β) στην λήψη των αναγκαίων στοιχείων τα οποία είτε υποβοηθούν την απόδοση των φωτογραφιών είτε συμπληρώνουν τα στοιχεία που μας παρέχουν αυτές. Χρήσιμο είναι να συνδυάζονται οι λήψεις όλων των αναγκαίων αυτών στοιχείων.

Η Φωτογραμμετρία χρησιμοποιεί φωτογραφικές λήψεις εναέριες (αεροφωτογραφίες), κυρίως για απόδοση τοπογραφικών σχεδίων, καθώς και επίγειες ή χαμηλού ύψους, προκειμένου για αποτυπώσεις μνημείων και αρχαιολογικών χώρων.

6.2 Φωτογραφική μηχανή

Η Φωτογραμμετρία για την επίτευξη του σκοπού της χρησιμοποιεί, τόσο ειδικές φωτογραμμετρικές μετρτικές μηχανές, όσο απλές φωτογραφικές μηχανές, δεδομένου μάλιστα ότι οι τελευταίες έχουν χρησιμοποιηθεί σε παλιές αρχειακές φωτογραφίες, οι οποίες παρέχουν σημαντικά στοιχεία σε σχέση με τη διαχρονική εξέλιξη των μνημείων.

Το παραγόμενο προϊόν από τις φωτογραμμετρικές μεθόδους είναι είτε σχεδιαστικό είτε φωτογραφικό. Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει το πλεονέκτημα ότι εξασφαλίζει και φωτογραφική τεκμηρίωση των μνημείων.

Δύο είναι τα στοιχεία, η γνώση των οποίων είναι σημαντική στην απόδοση των φωτογραφιών:

α) Ο **εσωτερικός προσανατολισμός**. Αυτός μας εξασφαλίζει τη γνώση των στοιχείων των φωτογραφικών μηχανών που χρησιμοποιούμε, τα οποία είναι σταθερά και αμετάβλητα για κάθε συγκεκριμένη μηχανή, και συνίστανται στην εστιακή της απόσταση, στη θέση προβολής του κέντρου του φακού επί της φωτογραφικής πλάκας και στις παραμορφώσεις που προκαλεί ο φακός με την εκτροπή των εισερχόμενων ακτίνων από την ευθύγραμμη πορεία τους (διαστροφή του φακού), γεγονός που προκαλεί παραμορφώσεις στην εικόνα του αντικειμένου ο προσδιορισμός των οποίων είναι απαραίτητος για την ακριβή μετρτική αξιοποίηση των φωτογραφιών και την απόδοση τους.



Απλή φωτογραφική μηχανή ρεφλέξ (με όραση μέσα από το φακό)



Ψηφιακή φωτογραφική μηχανή πολύ μεγάλης ανάλυσης



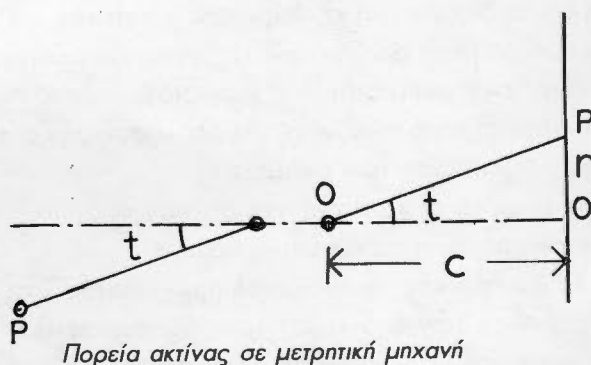
Ψηφιακή φωτογραφική μηχανή πολύ μεγάλης ανάλυσης με κίνηση φακού

β) Ο εξωτερικός προσανατολισμός. Αυτός μας παρέχει τα στοιχεία που προσδιορίζουν τη θέση των φωτογραφιών στο χώρο. Ειδικότερα τη θέση του άξονα λήψεως των φωτογραφιών, δηλαδή της γραμμής που διέρχεται από το δεσμικό κέντρο του φακού και καταλήγει στην προβολή τους επί του ορθογώνιου της φωτογραφικής πλάκας, σε σχέση με τους τρεις άξονες του χώρου. Εφόσον πρόκειται για ζευγάρι φωτογραφιών ο εξωτερικός προσανατολισμός καθορίζει και τη σχετική θέση των δύο φωτογραφιών του, που προσδιορίζεται και πάλι από τη διαφορά της θέσης των αξόνων των δύο φωτογραφιών σε σχέση με τους τρεις άξονες. Η γνώση των στοιχείων του εξωτερικού προσανατολισμού μας παρέχει τη δυνατότητα απόδοσης των φωτογραφιών, είτε αυτή στηρίζεται στην μονοεικονική μέθοδο είτε στη διεικονική.

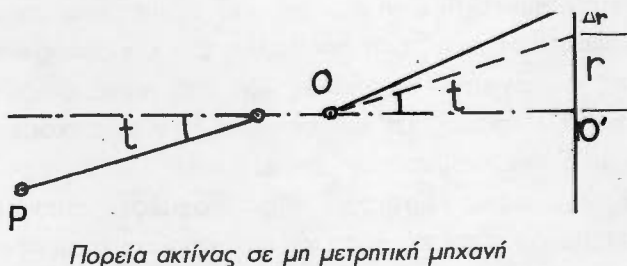
6.2.1 Μετρική φωτογραφική μηχανή.

Στις μετρικές, δηλαδή στις φωτογραμμετρικές μηχανές έχουν εξαλειφθεί τα σφάλματα των φακών και μεταξύ άλλων και αυτά, που οφείλονται στις παραμορφώσεις που αυτά προκαλούν στην απεικόνιση του αντικειμένου, με την μετατόπιση του ειδώλου των αντικειμένων. Τρία είναι τα βασικά χαρακτηριστικά των μηχανών αυτών, που σχετίζονται με τον εσωτερικό προσανατολισμό τους.

σχήμα 6.1

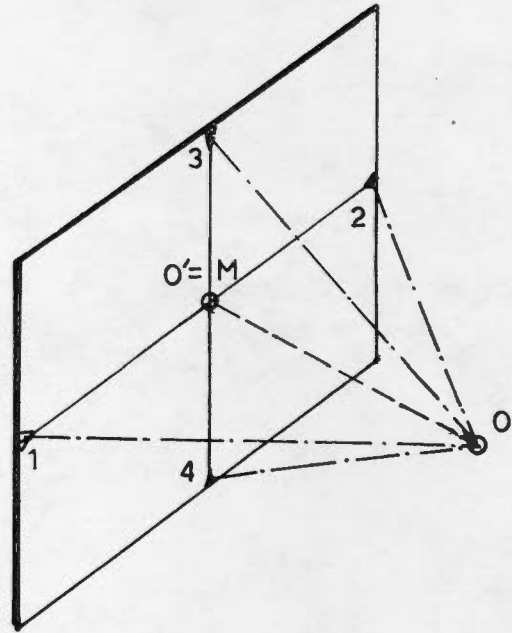


σχήμα 6.2

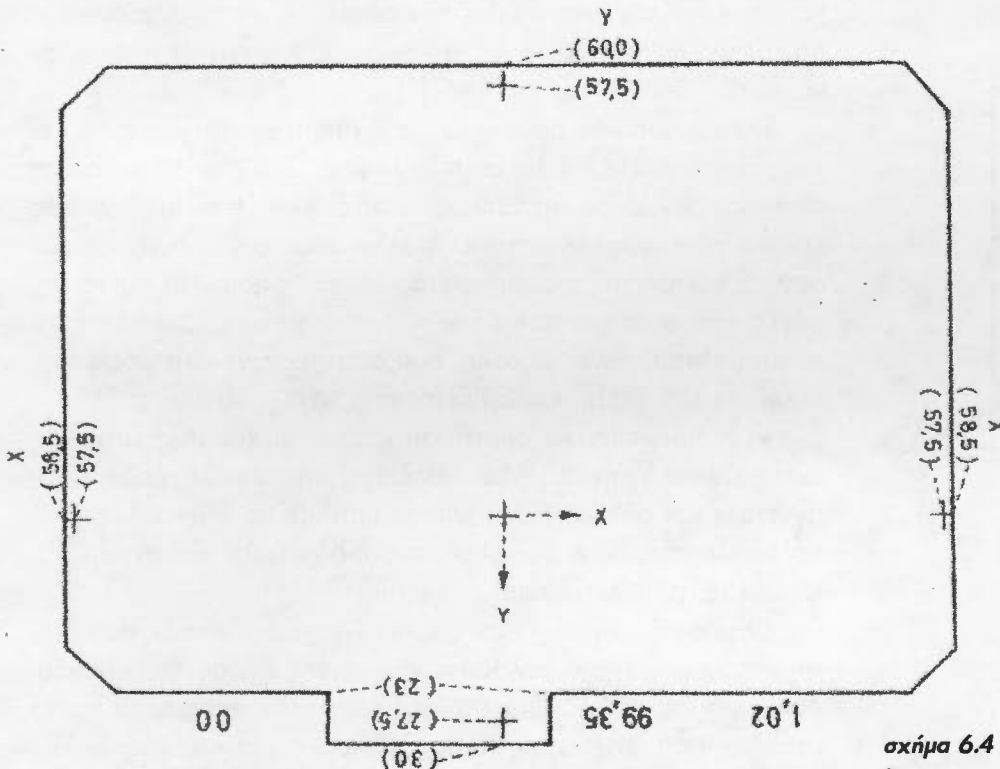


α) Στις μετρικές μηχανές η προβολή είναι κεντρική στο εσωτερικό δεσμικό σημείο O της μηχανής (σχ 6.1). Η διαστροφή του φακού έχει εξαλειφθεί και η ακτίνα, που εισέρχεται έχει την ίδια πορεία, που είχε εκτός (σχ 6.1).

β) Το σημείο στο οποίο προβάλλεται το κέντρο προβολής O στο επίπεδο της εικόνας, καλούμενο πρωτεύον σημείο της φωτογραφίας O' , είναι επακριβώς καθορισμένο πάνω στην εικόνα και ορίζεται με ειδικά σήματα (εικονοσήματα), τα οποία εμφανίζονται πάνω στην εικόνα στα μέσα των τεσσάρων πλευρών του ορθογωνίου και ορίζουν ένα σύστημα αξόνων συντεταγμένων πάνω στη φωτογραφία με άξονες τις ευθείες, που ορίζουν τα εικονοσήματα στις απέναντι πλευρές της (σχ. 6.3, 1-2 και 3-4) και $x=\psi=0,00$ στο σημείο τομής M των ευθειών αυτών $M=O'$. Σε ορισμένες φωτομηχανές λήψεων επίγειας φωτογραμμετρίας, δεδομένου ότι ο άξονας λήψης τοποθετείται συνήθως οριζόντιος και στην περίπτωση των αποτυπώσεων κτιρίων στις λήψεις από τη στάθμη του εδάφους έχουμε μεγάλο χαμένο τμήμα εικόνας, οι θέσεις των εικονοσημάτων τοποθετούνται έκκεντρα κατά τη μικρή διάσταση του format, έτσι ώστε το επάνω τμήμα να είναι μεγαλύτερο και συνεπώς να αυξάνεται η ωφέλιμη επιφάνεια (σχ. 6.4).



σχήμα 6.3
Εσωτερικός προσανατολισμός μετρικών φωτομηχανών



σχήμα 6.4
Έκκεντρα τοποθέτηση εικονοσημάτων

γ) Η πρωτεύουσα απόσταση c , δηλαδή η απόσταση του εσωτερικού δεσμικού σημείου από το πρωτεύον σημείο ισούται με την εστιακή απόσταση $c=f$, η οποία στις μετρικές μηχανές είναι κάθε φορά γνωστή και είτε, εφόσον εστιάζει σε οποιαδήποτε θέση, αναγράφεται επί της φωτογραφίας είτε, εφόσον εστιάζει σε επιλεγμένες θέσεις, π.χ. με την προσθήκη δακτυλίων, είναι κάθε φορά γνωστή.

Οι διαστάσεις του αρνητικού (format, φορμάτ) στις φωτογραφικές μηχανές είναι $0,13 \times 0,09 \mu$, $0,13 \times 0,18 \mu$, $0,23 \times 0,23 \mu$. Η τελευταία διάσταση αφορά κυρίως τις αεροφωτογραφίες. Οι μηχανές χρησιμοποιούν είτε γυάλινες πλάκες είτε φωτογραφικό φιλμ του οποίου ειδικές διατάξεις επιτρέπουν την καλή επιπέδωση.

Οι μετρικές φωτογραφικές μηχανές είναι εφοδιασμένες με μηχανισμό μέτρησης των στοιχείων του εξωτερικού προσανατολισμού τους. Για το λόγο αυτό καλούνται και φωτοθεοδόλιχοι. Μπορούν να οριζοντιώνονται με τη χρήση τρικόχλιου και να μετρούν οριζόντια και κατακόρυφη γωνία.

6.2.2 Απλή φωτογραφική μηχανή

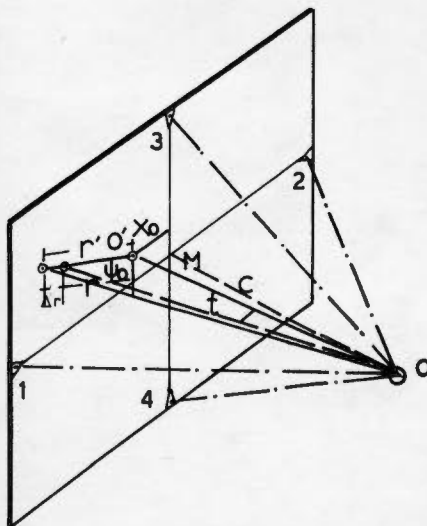
Ο εσωτερικός προσανατολισμός των απλών ερασιτεχνικών φωτογραφικών μηχανών προσδιορίζεται από τρία σημεία:

α) Το μέγεθος της παρασχεδίασης του σημείου κατά Ar' , που οφείλεται στη διαστρόφη (σχ. 6.2, 6.5). Ένα σημείο αντί να απεικονίζεται στη σωστή του προβολή, σε απόσταση r από το πρωτεύον σημείο O' , απεικονίζεται σε απόσταση r' από το O' , όπου $r' = cx \text{ εφ}t + Ar'$ (1).

β) Το πρωτεύον σημείο O' , στο οποίο προβάλλεται το κέντρο προβολής O ή το σημείο λήψης ($\Sigma\Lambda$) στο επίπεδο της εικόνας, δεν είναι επακριβώς καθορισμένο επί της εικόνας και συχνά προβάλλεται σε ένα άλλο σημείο O' , διαφορετικό από το κέντρο της φωτογραφίας M , του οποίου οι συντεταγμένες στο σύστημα των εικονοσυντεταγμένων, (δηλαδή αυτό το οποίο ορίζουν οι άξονες, που αντιστοιχούν στα μέσα των πλευρών του φιλμ), καθορίζεται από τα X_o, Ψ_o (σχ. 6.5).

γ) Η πρωτεύουσα απόσταση c ισούται και στις μηχανές αυτές με την εστιακή απόσταση $c=f$, η οποία κάθε φορά είναι άγνωστη και αποτελεί ένα από τα ζητούμενα στις απλές φωτογραφίες, αφού η αναφερόμενη ως εστιακή απόσταση του φακού μεταβάλλεται κατά την εστίαση.

Ο προσδιορισμός των παραπάνω γεωμετρικών παραμέτρων των μηχανών, δηλαδή η γνώση της θέσης του πρωτεύοντος σημείου (X_o, Ψ_o), η εστιακή απόσταση του φακού και το μαθηματικό μοντέλο της παραμόρφωσης της εικόνας, καλείται βαθμονόμηση ή καλιμπράρισμα της μηχανής.



σχήμα 6.5

Προβολή πρωτεύοντος σημείου εικόνας

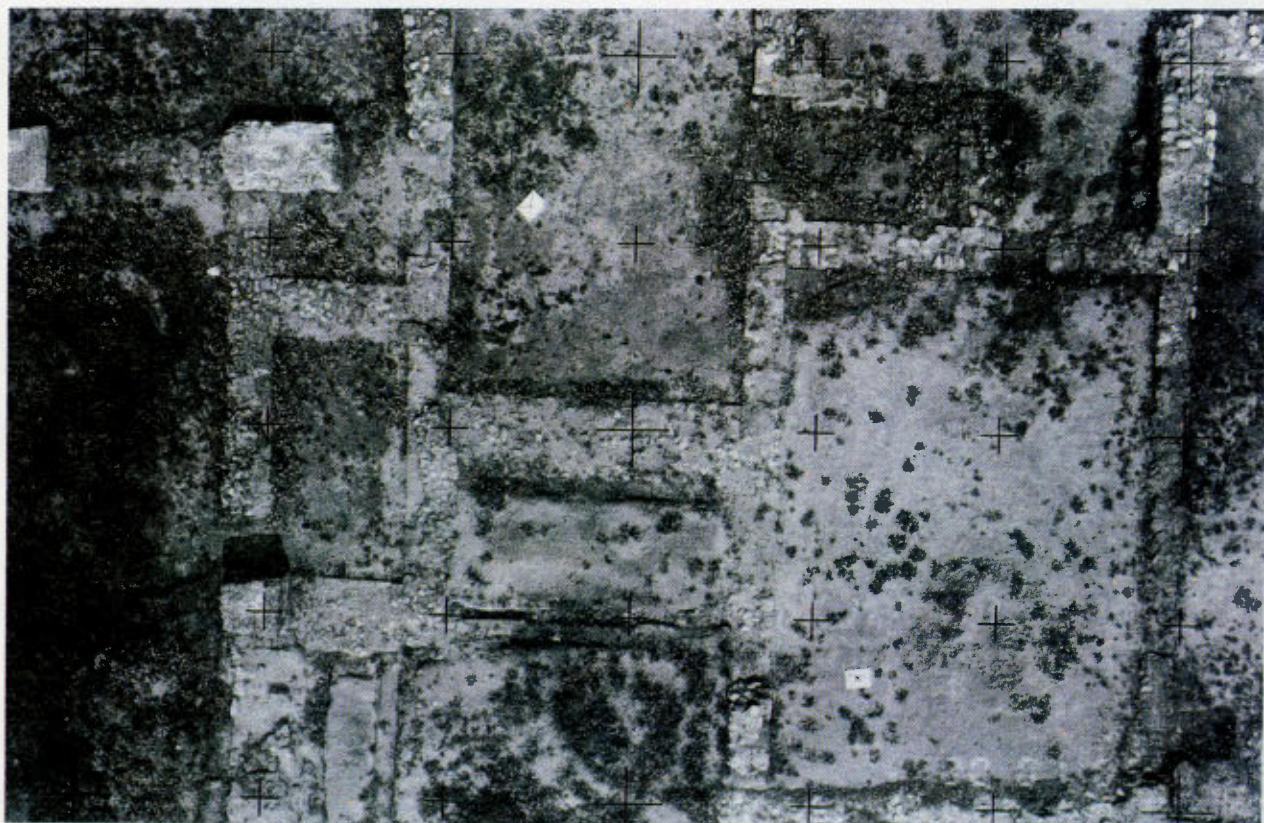
Οι διαστάσεις του αρνητικού (φορμάτ) στις κοινές μηχανές είναι 0,035Χ0,025 μ. 0,06Χ0,06 μ. 0,06Χ0,09 μ.. Οι μηχανές χρησιμοποιούν φωτογραφικό φιλμ, χωρίς να διαθέτουν ειδική διάταξη επιπέδωσης.

6.2.3 Ημιμετρικές φωτογραφικές μηχανές

Αυτές ανήκουν σ' έναν τύπο μηχανής, ενδιάμεσο μεταξύ των δύο προηγούμενων, αλλά πλησιάζουν περισσότερο τις απλές φωτομηχανές. Συχνά έχουν μεγαλύτερο φορμάτ από αυτές. Ορισμένες από αυτές διαθέτουν μία επίπεδη γυάλινη πλάκα σε επαφή με το εστιακό επίπεδο του φακού, στην οποία είναι χαραγμένος ένας κανάβος, ο οποίος φωτογραφίζεται σε κάθε λήψη (σχ. 6.6). Τα σημεία αυτά του κανάβου ονομάζονται σημεία δικτύου (reseau) και οι συντεταγμένες τους ορίζουν το σύστημα των συντεταγμένων της εικόνας. Αυτά είναι γνωστά στον κατασκευαστή, ο οποίος έχει βαθμονομήσει (καλιμπράρει) τις μηχανές με βάση τα σημεία αυτά, τα οποία προσδιορίζουν και τη γεωμετρία της παραμόρφωσης, λαμβάνονται δε υπόψη κατά τη διαδικασία απόδοσης των φωτογραφιών, αφού συνήθως οι φωτογραφικές αυτές μηχανές συνοδεύονται από προγράμματα απόδοσης.

σχήμα 6.6

Αεροφωτογράφιση αρχαιολογικού χώρου



6.3 Μέθοδοι φωτογραμμετρικών αποτυπώσεων

Στόχος της φωτογραμμετρίας είναι να επιτυγχάνει την απόδοση σχεδίων, φωτογραφιών, ορθοφωτογραφιών, δηλαδή φωτογραφιών που έχουν αποδοθεί ως ορθή προβολή υπό κλίμακα, και φωτομωσαϊκών, δηλαδή μίας σειράς φωτογραφιών οι οποίες έχουν συναρμολογηθεί κατάλληλα, ώστε να αποτελούν τη συνέχεια, στοιχείων που εξασφαλίζουν μορφολογική και μετρική τεκμηρίωση των αντικειμένων της αποτύπωσης.

Εδώ, θα ασχοληθούμε κυρίως με την επίγεια φωτογραμμετρία που περιλαμβάνει λήψεις από τη γη ή από τον αέρα σε χαμηλό ύψος.

6.4 Μονοεικονική φωτογραμμετρία

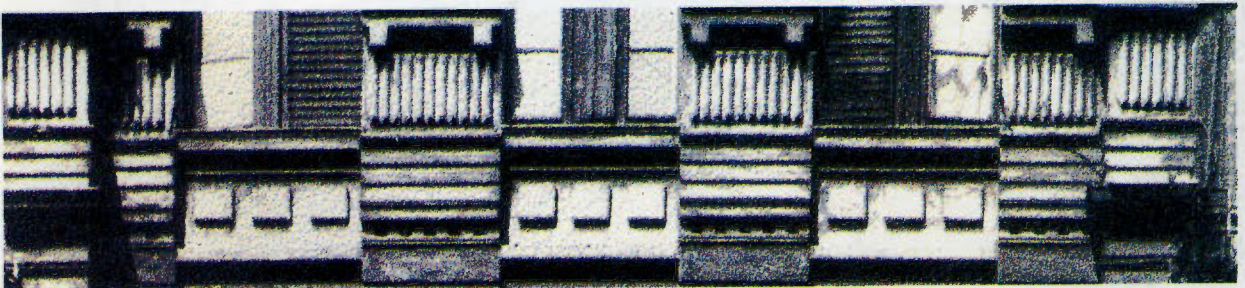
Η μονοεικονική φωτογραμμετρία κάνει χρήση μίας φωτογραφίας στην απόδοση των σχεδίων, φωτογραφιών και φωτομωσαϊκών, χρησιμοποιώντας την κατάλληλη κεντρική προβολή. Η μέθοδος ενδείκνυται για σχετικά επίπεδες επιφάνειες, χωρίς έντονο ανάγλυφο. Συνήθως συνδυάζεται με τοπογραφική ή τοπομετρική αποτύπωση. Έτσι, μπορούμε να έχουμε τα στοιχεία, τα οποία θα μας επιτρέψουν να αναλύσουμε μία πολύπλοκη επιφάνεια σε πολλές μικρότερες, επίπεδες ή σχεδόν επίπεδες.

6.4.1 Λήψη

Για τη λήψη φωτογραφιών για μονοεικονική απόδοση θα πρέπει να χρησιμοποιούνται φωτογραμμετρικές κάμερες, ή απλές μηχανές χωρίς μεγάλη διαστρόφη, και για τούτο θα πρέπει να αποφεύγονται ευρυγώνιοι φακοί. Όσο το επίπεδο της φωτογραφικής πλάκας προσεγγίζει την παραλληλία με το επίπεδο του προς αποτύπωση αντικείμενου, τόσο ευκολότερη είναι η εργασία και καλύτερα είναι τα αποτελέσματα. Ένας τηλεφακός σε κάποια απόσταση από το αντικείμενο, εφόσον τοποθετηθεί μετωπικά, μπορεί να μας δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα ακόμη και σε περιπτώσεις ελαφρού ανάγλυφου λεπτομερειών (σχ. 6.7).

σχήμα 6.7

Μονοεικονική αναγωγή.
Μετωπική φωτογράφιση με τη
βοήθεια τηλεφακού



Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η απόδοση των φωτογραφιών, είναι απαραίτητο να προσδιορίζεται ένας αριθμός σημείων με τις συντεταγμένες τους, τα φωτοσταθερά, από τα οποία θα εξαρτήσουμε την όλη αποτύπωση. Ο αριθμός τους πρέπει να είναι κατ' ελάχιστον 3 ανά φωτογραφία και ένα τέταρτο σημείο εξασφαλίζει τον έλεγχο. Ορισμένες φορές μπορεί να χρησιμοποιηθούν στη φωτογραφία και σταδίες, ευκρινείς μετροταινίες, που τοποθετούνται έτσι, ώστε σε κάθε φωτογραφία να βρίσκονται δύο σε σχεδόν κάθετες μεταξύ τους θέσεις. Αυτό υποκαθιστά σε ικανοποιητικό συχνά βαθμό την απουσία συντεταγμένων, αφού στην ουσία αυτές προσδιορίζονται έμμεσα.

● Κλίμακα του αρνητικού.

Η κλίμακα του αρνητικού μίας φωτογραφίας K_a , προκειμένου για φωτογραφία η οποία έχει ληφθεί με τον άξονα κάθετο στο φωτογραφιζόμενο αντικείμενο, είναι ο λόγος της εστιακής απόστασης $f=c$ προς την απόσταση L του σημείου λήψης από το αντικείμενο. Εφόσον έχουμε αεροφωτογραφίες, προκειμένου για κατακόρυφες λήψεις, η κλίμακα ορίζεται αντίστοιχα ως ο λόγος της εστιακής απόστασης $f=c$ προς το ύψος του σημείου λήψης H , δηλαδή της απόστασης του σημείου λήψης από το μέσο οριζόντιο επίπεδο του εδάφους. Είναι φανερό ότι, εφόσον έχουμε αντικείμενα, π.χ. όψεις κτιρίων που αναπτύσσονται σε περισσότερα του ενός επίπεδα, οι κλίμακες σε κάθε επίπεδο είναι διαφορετικές. Π.χ. στο σχ. 6.8 η κλίμακα για το τμήμα $\Delta'E'$ είναι $K_2=(E'\Delta'/E\Delta)=C/L_2$. Επίσης, $K_1=(H'Z'/HZ)=(B'\Gamma'/B\Gamma)=C/L_1$. Παρατηρούμε ότι οι κλίμακες για τα ισάπεχοντα επίπεδα $B\Gamma$ και ZH είναι ίδιες και αυτό εξασφαλίζεται, λόγω της παραλληλίας του αρνητικού και των τοίχων του παραδείγματος. Επειδή όμως $L_2 > L_1$, έπεται ότι $K_1 > K_2$, δηλαδή οι μακρύτερες περιοχές φωτογραφίζονται σε μικρότερη κλίμακα. Είναι φανερό ότι τα παραπάνω ισχύουν ανεξάρτητα από την μέθοδο λήψης και απόδοσης που ακολουθείται. Εφόσον ο άξονας της λήψης παρουσιάζει κλίση σε σχέση με το επίπεδο του αντικειμένου, η κλίμακα του αρνητικού είναι μεταβαλλόμενη από σημείου σε σημείο και μικραίνει όσο η απεικονιζόμενη θέση απομακρύνεται.

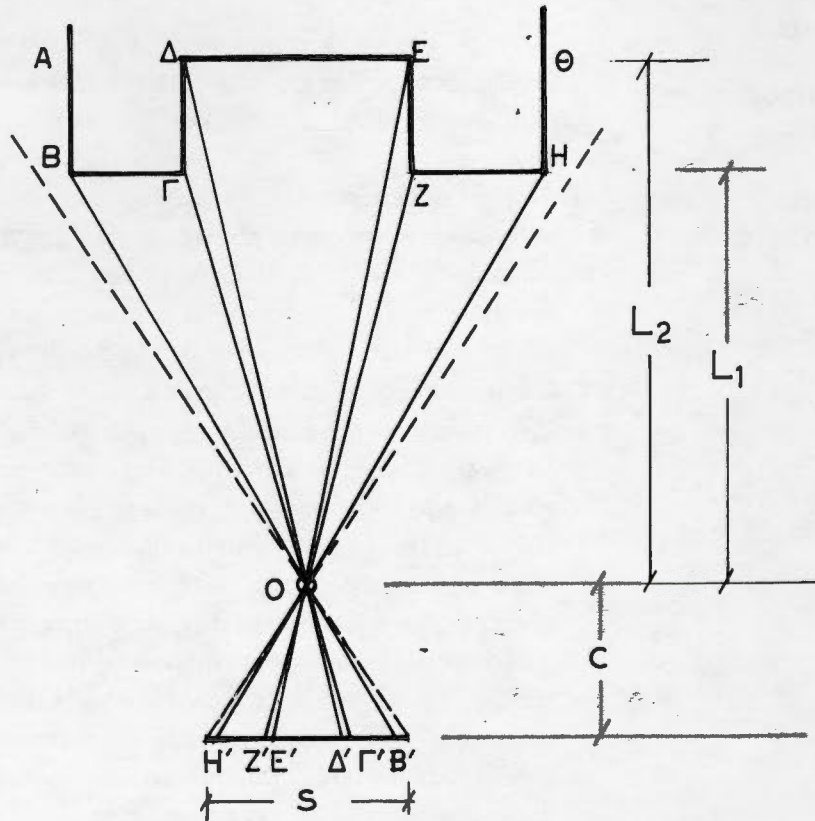
Η απόσταση της φωτογραφικής λήψης από το αντικείμενο της φωτογράφισης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Μεταξύ αυτών είναι η ευκρίνεια του παραγόμενου αρνητικού, αφού η ευκρίνεια του θετικού εξαρτάται από αυτό, ή η ανάλυση μιας ψηφιακής μηχανής, από το όργανο με το οποίο μετρούμε εικονοσυντεταγμένες κ.τ.λ.

Παράλληλα ο αριθμός των εικόνων θα πρέπει να είναι τέτοιος που να εξασφαλίζει την οικονομικότητα της εργασίας, αφού είναι φανερό ότι όσο μικρότερες είναι οι κλίμακες, τόσο λιγότερες είναι οι φωτογραφίες και τόσο οικονομικότερη και ευκολότερη γίνεται η εργασία. Είναι γενικότερα παραδεκτό, ότι ο λόγος της κλίμακας απόδοσης προς την κλίμακα του αρνητικού δεν πρέπει να υπερβαίνει το 6. Δηλαδή, για κλίμακα απόδοσης 1:50 τα αρνητικά θα έχουν μία ελάχιστη κλίμακα 1:300 ($1:50/1:300=6$). Είναι καλό να προσεγγίζουμε αυτήν τη σχέση για να μην έχουμε μεγάλο αριθμό φωτογραφιών.

● Σχέση φωτογραφίας και αντικειμένου

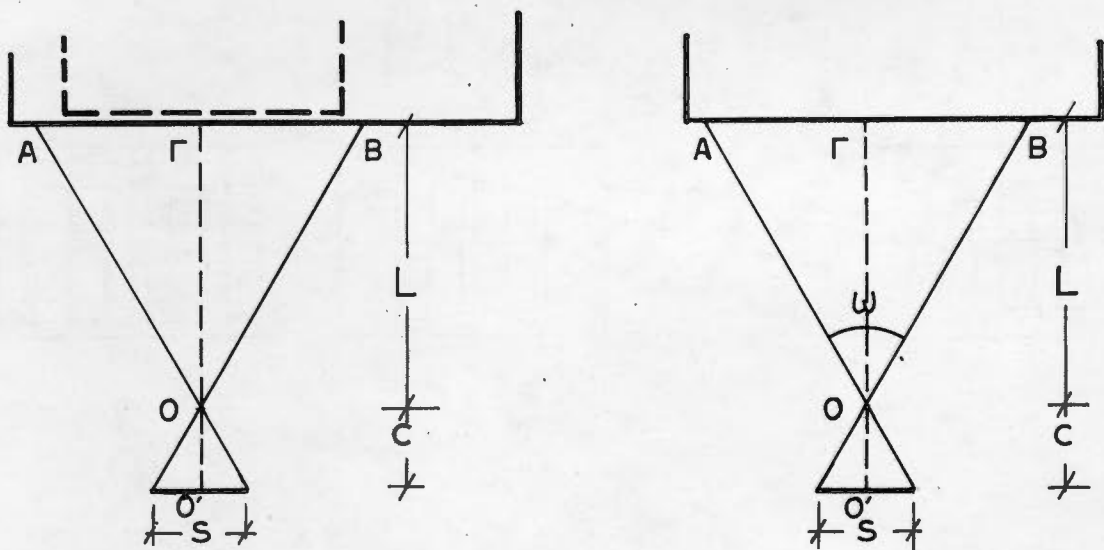
α) Επίπεδο αρνητικού και επίπεδο αντικειμένου παράλληλα

Όπως είδαμε, οι μετρητικές φωτογραμμετρικές μηχανές μπορούν να προσανατολίζονται σε σχέση με το χώρο. Συνεπώς, είναι εύκολο να προσδιοριστεί η θέση τους έτσι, ώστε να εξασφαλίζεται η παραλληλία του αρνητικού με το βασικό επίπεδο του αντικειμένου. Αυτό μπορεί π.χ. να επιτευχθεί όταν στήσουμε το όργανο σε ένα σημείο (σχ. 6.9α, το Ο) και έχουμε προβάλει το σημείο αυτό επί του επιπέδου της όψεως (σχ. 6.9α, στο σημείο Γ), με έναν από τους τρόπους που είδαμε. Την κατακόρυφο στο σημείο προβολής (Γ) μπορούμε να υλοποιήσουμε και, εφόσον το πρωτεύον σημείο της μηχανής προβάλλεται επί της κατακόρυφου αυτής, τότε η επιφάνεια του αρνητικού είναι παράλληλη στο επίπεδο του αντικειμένου. Η αντίστοιχη εργασία στις απλές φωτογραφικές μηχανές και τις ημιμετρητικές είναι πολύ δύσκολη, αφού δεν είναι σαφές πού βρίσκεται το πρωτεύον σημείο τους και η οριζοντίωσή τους είναι δύσκολη. Μπορούμε ωστόσο με κάποια ικανοποιητική προσέγγιση να προσδιορίσουμε τη θέση του, κι αυτό μπορεί να επιτευχθεί, εφόσον επιλύσουμε γεωμετρικά το πρόβλημα, εάν γνωρίζουμε τη γωνία λήψης της μηχανής, (σχ. 6.9β) η ω , και έχουμε προβάλει το γνωστό εκ των προτέρων σημείο λήψης σε ένα σημείο του επιπέδου του αντικειμένου, (σχ. 6.9β στο Γ) και έχουμε προσδιορίσει τη θέση των Α και Β, αφού $\Gamma A = \Gamma B = L \cdot \epsilon \cdot \varphi(\omega/2)$. Είναι όμως δύσκολο να ορίσουμε και κατά την άλλη διάσταση τη θέση των ορίων της φωτογραφικής μηχανής, αφού εάν πάρουμε με το μισό του εύρους λήψης επί του επιπέδου του αντικειμένου είναι πολύ πιθανόν το προς τα κάτω όριο να βρίσκεται επί του εδάφους.



σχήμα 6.8

Το αντικείμενο αναπτύσσεται σε διαφορετικά επίπεδα. Η κλίμακα σε κάθε επίπεδο είναι διαφορετική.

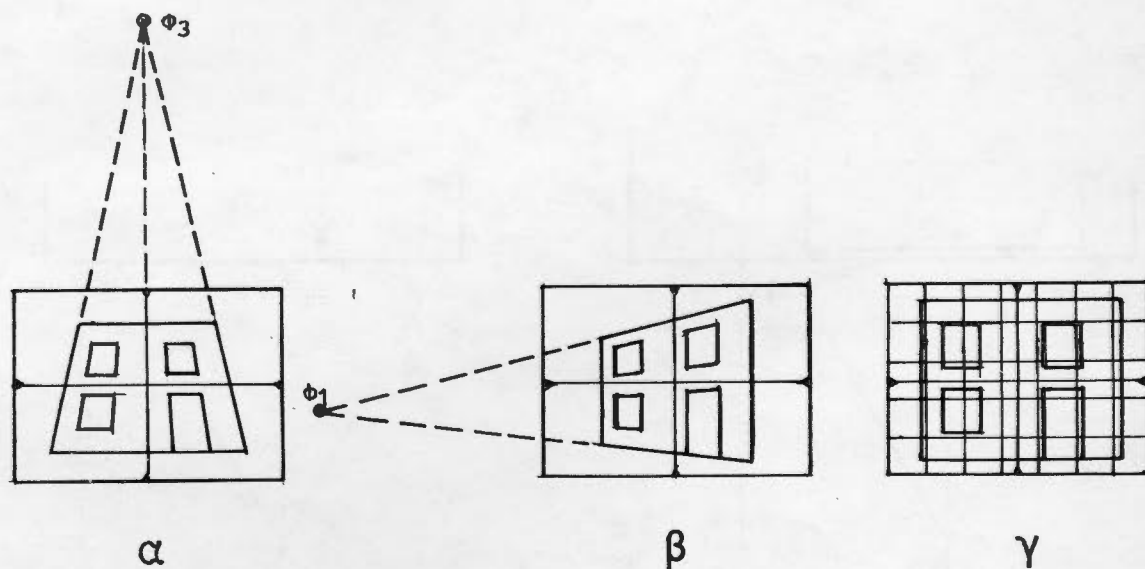


σχήμα 6.9

Εξασφάλιση παραλληλίας αρνητικού με το βασικό επίπεδο του αντικειμένου.

Έτσι, για τις μηχανές αυτές στην καλύτερη περίπτωση θα έχουμε τον άξονα επί του καθέτου μεν επιπέδου από το σημείο λήψης (Σ.Λ.) στο επίπεδο του αντικειμένου, αλλά κεκλιμένο.

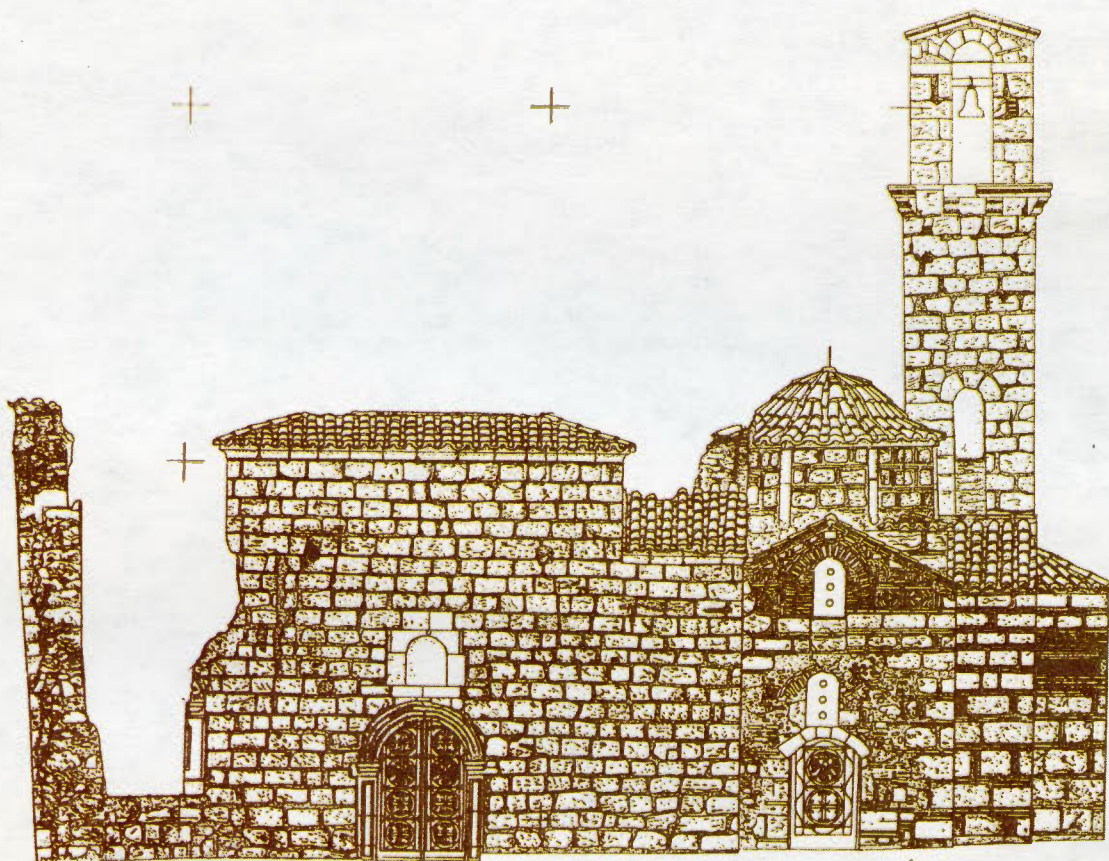
Κάτι αντίστοιχο μπορούμε να παρατηρήσουμε, όταν οι λήψεις γίνονται προς τα επάνω με τον άξονα κατακόρυφο (ζενιθιακές λήψεις), όταν φωτογραφίζουμε ταβάνια και άλλα στοιχεία οροφών ή όταν οι φωτογραφίες λαμβάνονται με τον άξονα κατακόρυφο και οι λήψεις γίνονται προς τα κάτω. Οι μετρτικές μηχανές έχουν μεγάλη ευκολία στη λήψη κατακόρυφων φωτογραφιών προς τα επάνω, ενώ είναι δύσκολη η χρήση τους σε κατακόρυφες λήψεις από επάνω προς τα κάτω, αφού το βάρος τους είναι μεγάλο και δύσκολα ανυψώνονται με απλά μέσα. Έτσι, μπορούν να χρησιμοποιούνται και μέσα από αεροπλάνα ή ελικόπτερα πάνω σε κατάλληλες βάσεις, εφοδιασμένες συνήθως με σύστημα καρντάνο, το οποίο εξασφαλίζει την οριζοντίωση της ράχης τους και συνεπώς καθιστά τον άξονά τους κατακόρυφο. Οι απλές ή ημιμετρτικές μηχανές είναι ελαφρύτερες και η ανύψωσή τους είναι ευκολότερη. Μια τέτοια μηχανή μπορεί να προσαρμόζεται σε αερόστατα (σχ. 6.12), σε ειδική βάση που βρίσκεται στο κάτω μέρος του καλαθιού και εφοδιασμένη με ένα σύστημα καρντάνο να οριζοντιώνεται, ενώ με τηλεχειρισμό μπορεί να στρέφεται και να προσανατολίζεται σωστά.



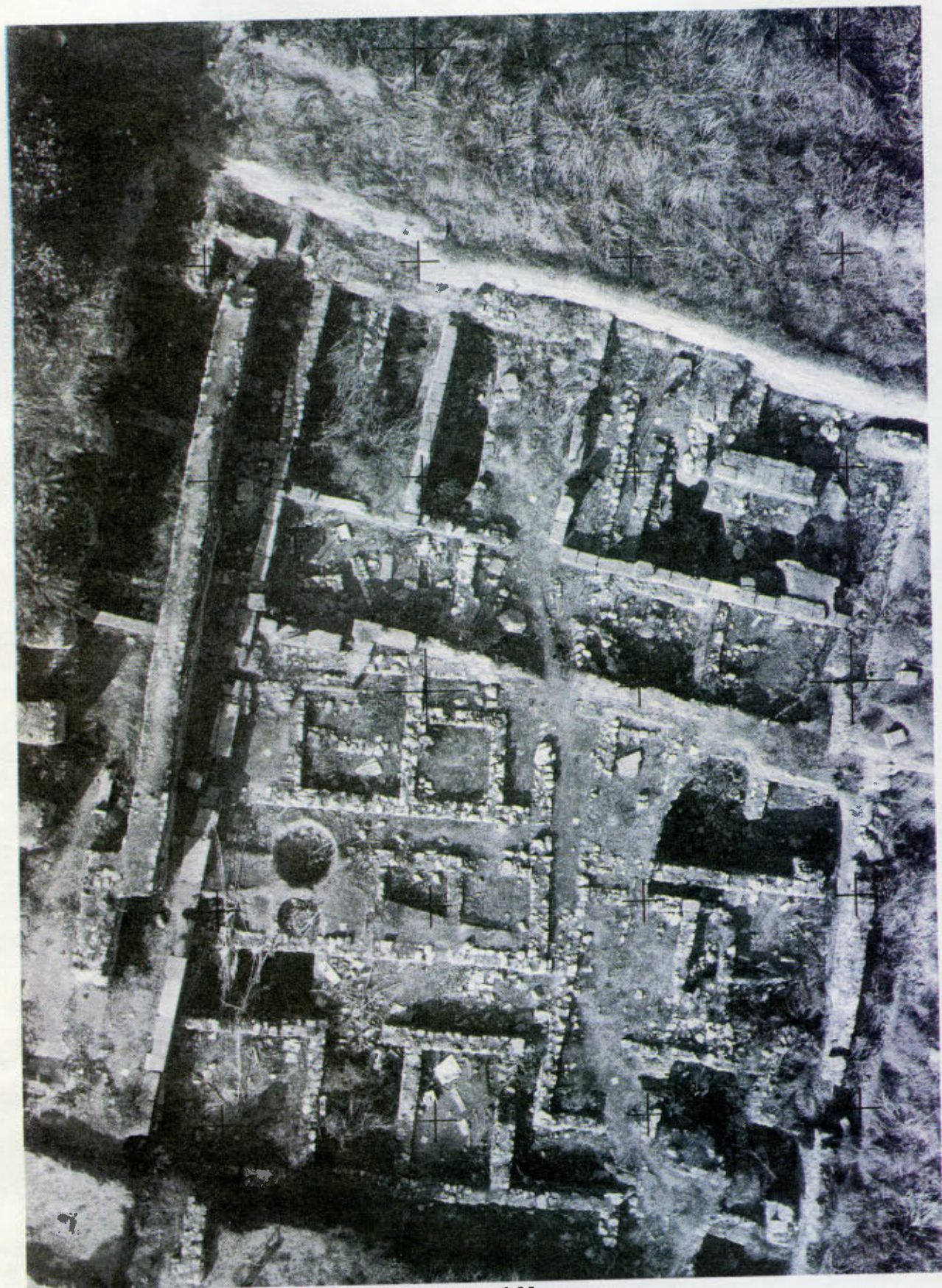
σχήμα 6.10

Κλίση άξονα μετρτικής μηχανής

Φωτογραμμετρικές ή ψηφιακές μέθοδοι μονοεικονικής λήψης και απόδοσης. Αυτές, συνήθως, συνδυάζονται με τοπογραφικές μεθόδους, τουλάχιστον για τη λήψη των φωτοσταθερών σημείων. Το σχ. 6.11 δείχνει μια αεροφωτογραφία χαμηλού ύψους, που έχει ληφθεί με αερόστατο (σχ. 6.12) και το σχ. 6.14 δείχνει τμήμα του χώρου που έχει αποδοθεί, με βάση την αναγωγή και παραγωγή του βασικού σχεδίου, με τοπογραφικές μεθόδους. Το σχ. 6.16 δείχνει έναν άλλο αρχαιολογικό χώρο που έχει αποδοθεί με την ίδια μέθοδο. Η αναγωγή γίνεται πάντα για το επίπεδο που σχεδιάζεται. Διαφορετικά επίπεδα απαιτούν διαφορετικές αναγωγές. Η σχεδίαση μπορεί να γίνει είτε με αντιγραφή της φωτογραφίας είτε με εικονομετασχεδιαστή (σχ. 6.13).



Άγιοι Απόστολοι Καλαμάτας. Κατάσταση μετά τους σεισμούς. Νότια όψη. (Α. Πορτελάνος)

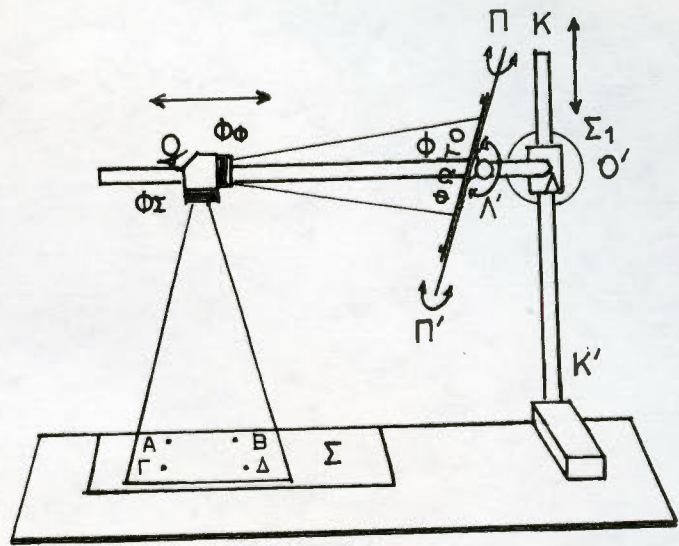


σχήμα 6.11
Αεροφωτογραφία από χαμηλό ύψος

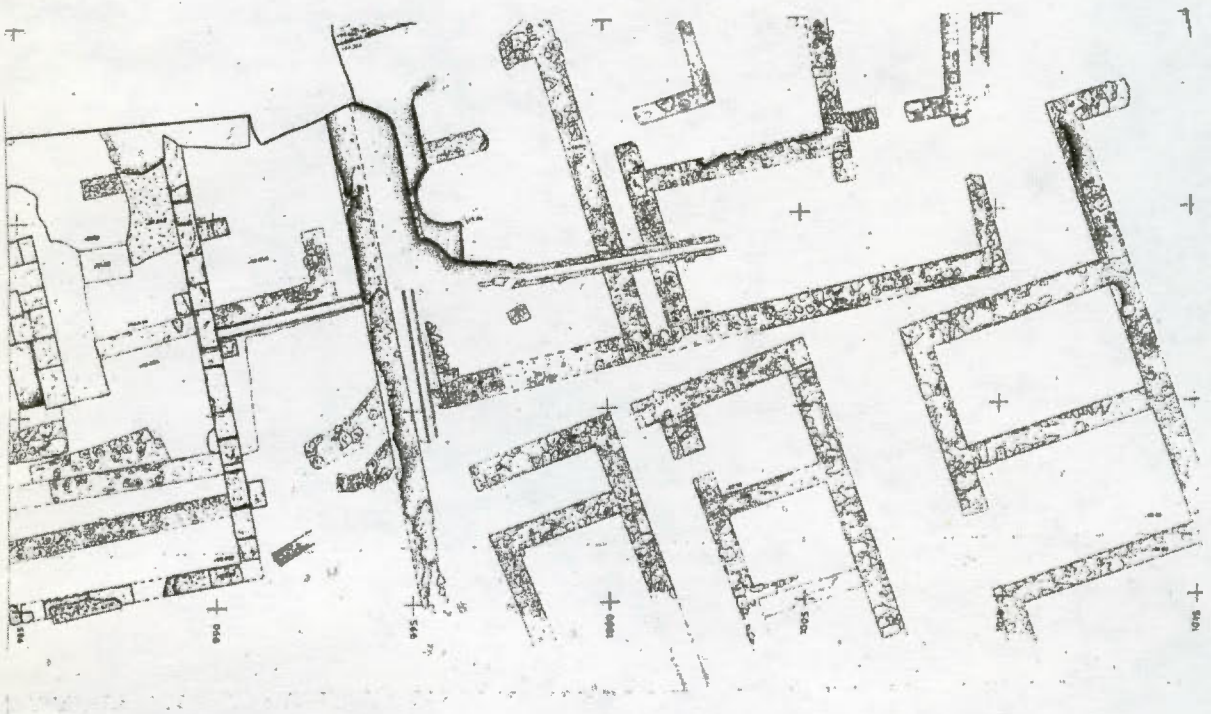


σχήμα 6.12

Αερόστατο χρησιμοποιείται για τη λήψη φωτογραφιών από χαμηλό ύψος



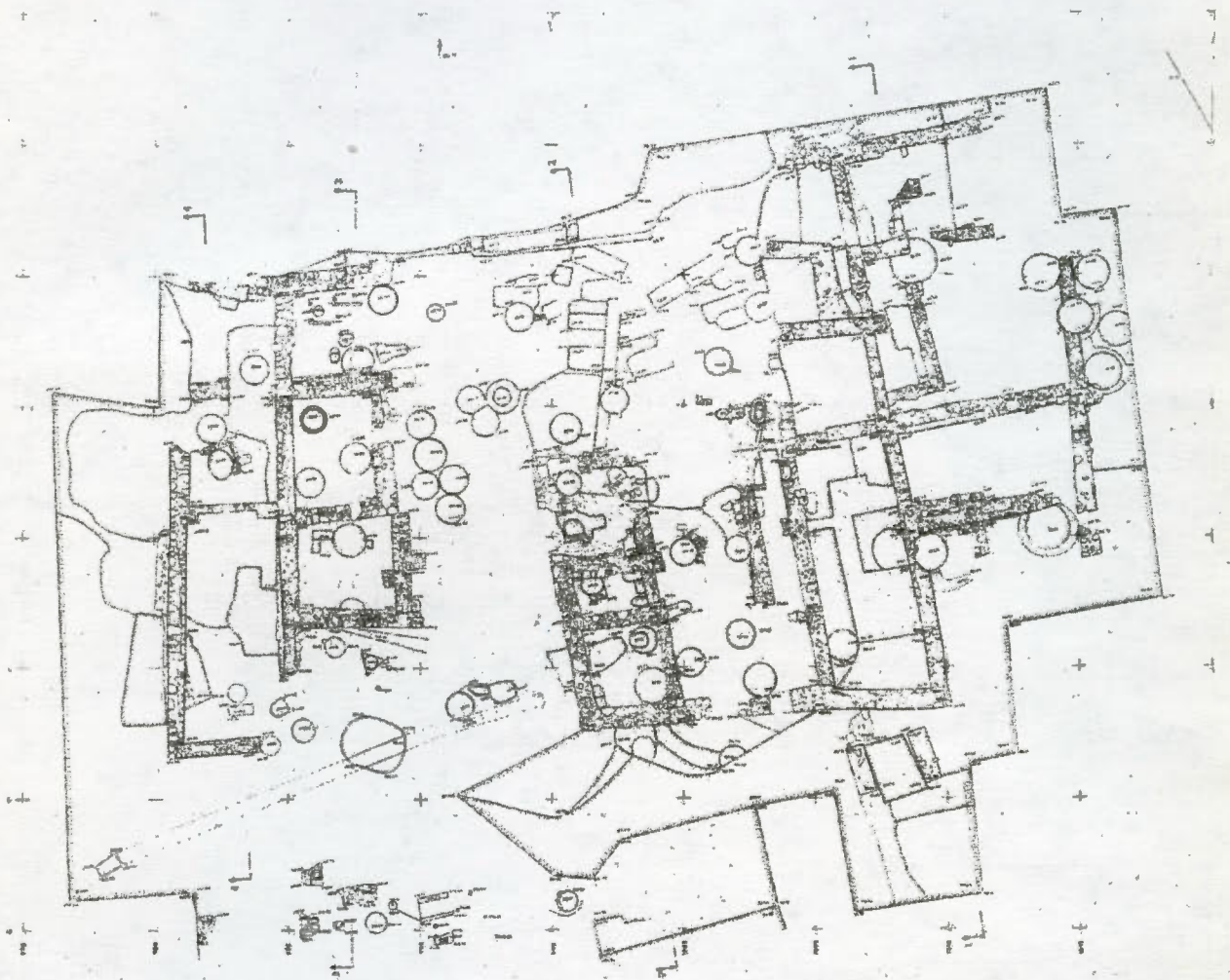
σχήμα 6.13
Εικονομετασχεδιαστής



α

σχήμα 6.14

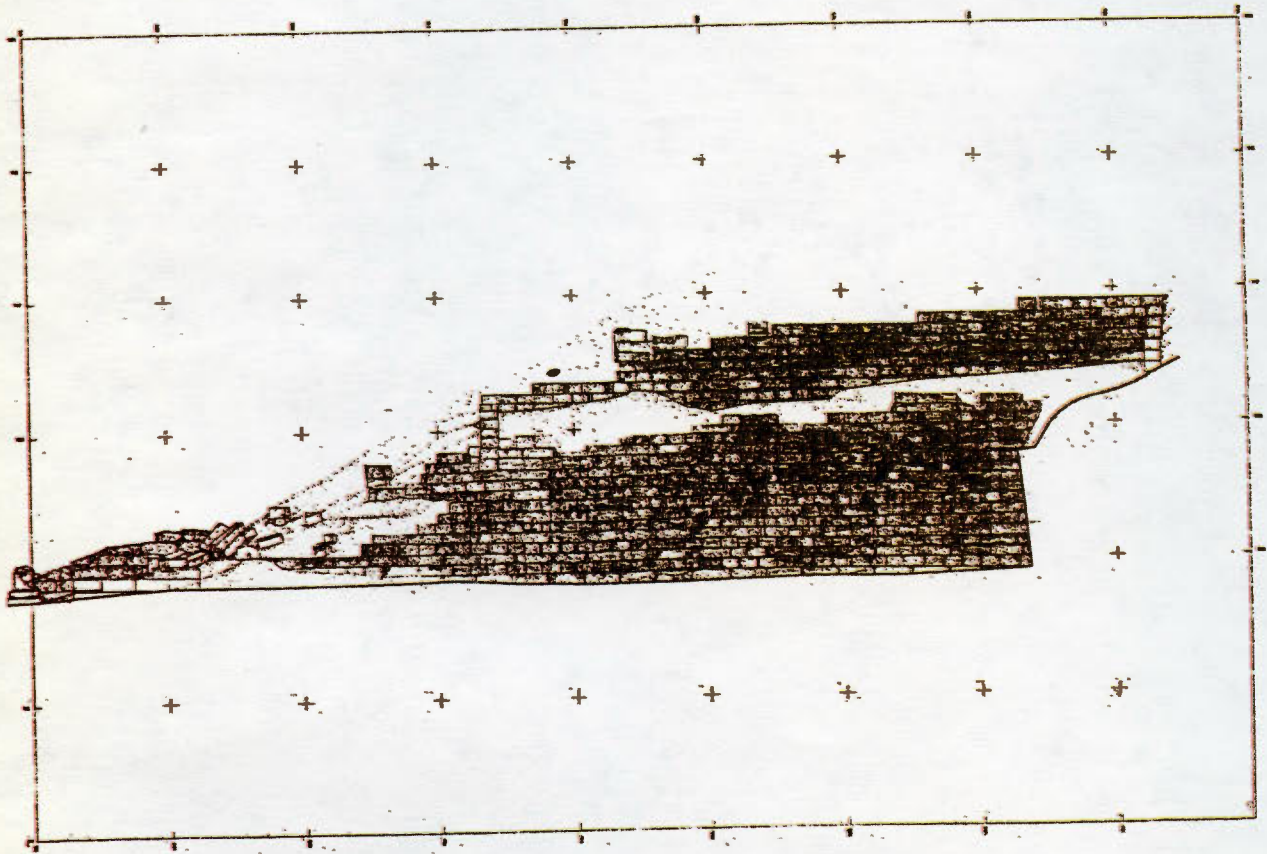
Τμήμα αρχαιολογικού χώρου που έχει αποδοθεί με βάση την αναγωγή και παραγωγή του βασικού σχεδίου με τοπογραφικές μεθόδους



β

σχήμα 6.15

Τμήμα αρχαιολογικού χώρου που έχει αποδοθεί, με περόμοια μέθοδο με αυτή του σχήματος 6.11

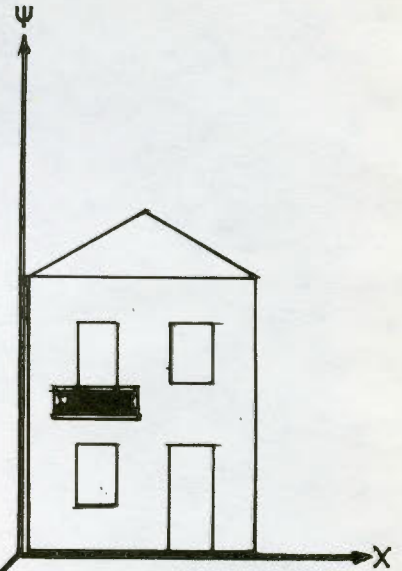


σχήμα 6.16

Αρχαιολογικός χώρος που έχει αποδοθεί με βάση την αναγωγή.

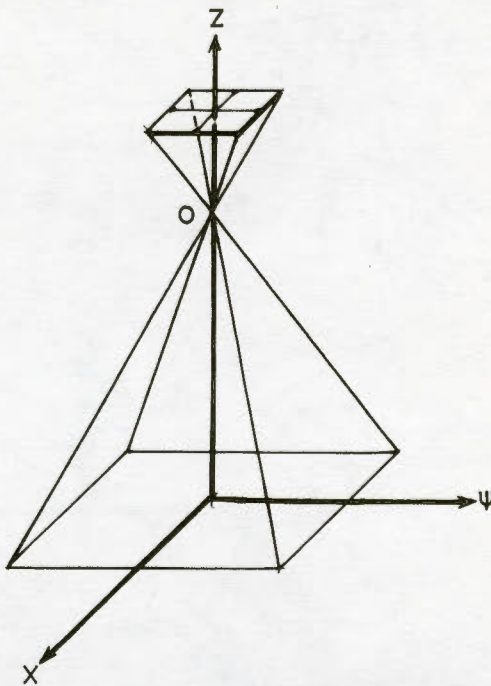
β) Ο άξονας λήψης σχηματίζει κλίση σε σχέση με τον ένα άξονα εκ των X και Ψ .

Στις μετρικές μηχανές είναι εύκολο να γνωρίζουμε την κλίση του άξονα σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο. Μία τέτοια φωτογραφία παρουσιάζει μία σύγκλιση προς τα επάνω ή προς τα κάτω ανάλογα με το αν η κλίση του φακού είναι προς τα επάνω ή προς τα κάτω (σχ. 6.10α). Αλλά και εάν είναι οριζόντιος ο άξονας μπορεί να παρουσιάζει κλίση ως προς το επίπεδο του αντικειμένου (σχ. 6.10β). Ορισμένες απλές μηχανές είναι εφοδιασμένες με ειδικούς φακούς, οι οποίοι κάνουν μία αναγωγή της φωτογραφίας. Οι φακοί αυτοί είναι εφοδιασμένοι με ένα γυαλί, στο οποίο είναι χαραγμένος ένας τετραγωνικός κάναβος, και μπορεί το αντικειμενικό τμήμα του φακού να μετακινείται παράλληλα προς τη ράχη της μηχανής. Αυτό μπορεί να μας εξασφαλίσει την αναγωγή της φωτογραφίας και τη διόρθωση της σύγκλισης (σχ. 6.10γ).



σχήμα 6.17

Άξονες φωτογραφικής μηχανής για επίγειες λήψεις

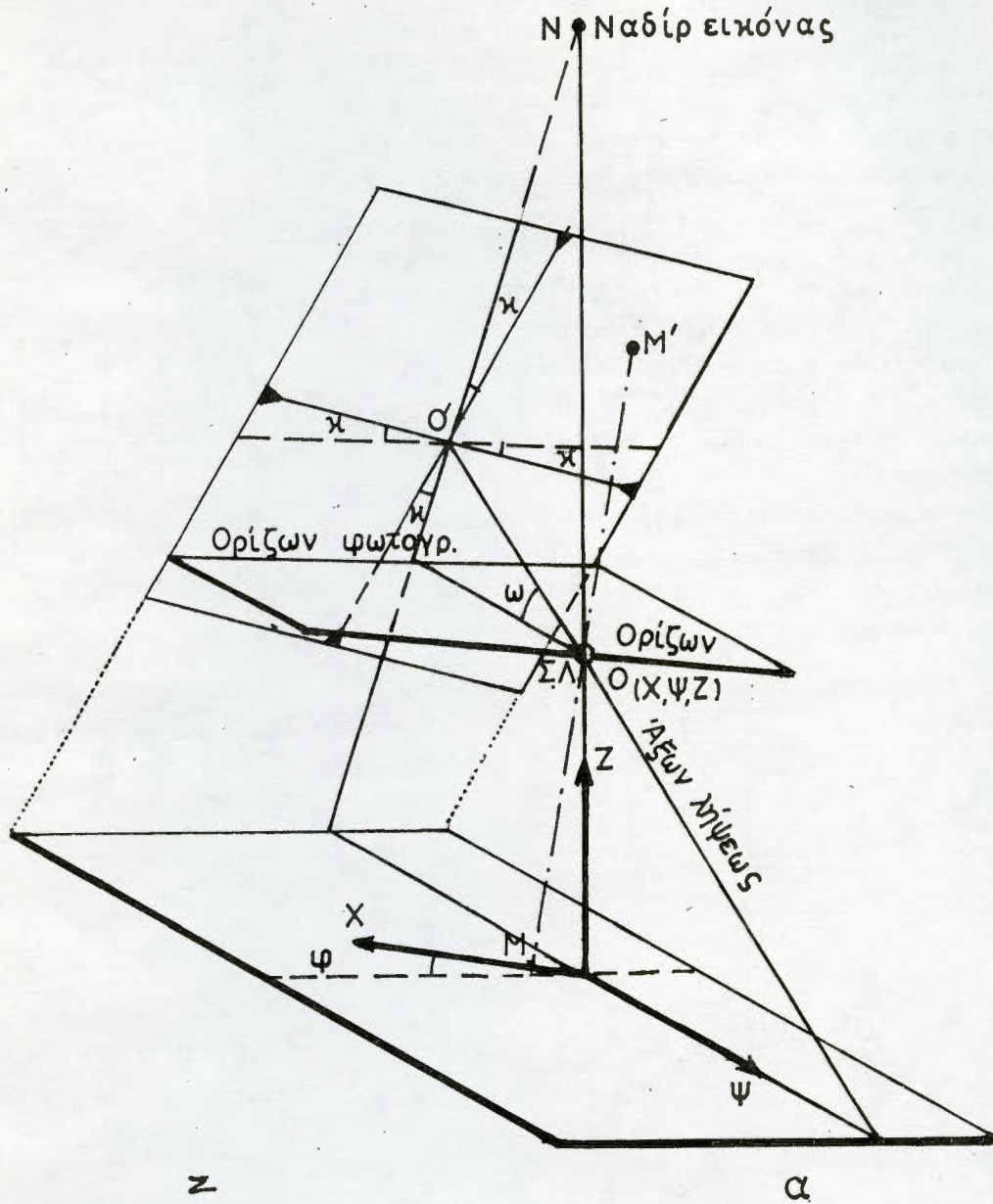


σχήμα 6.18

Άξονες φωτογραφικής μηχανής για αεροφωτογραφήσεις

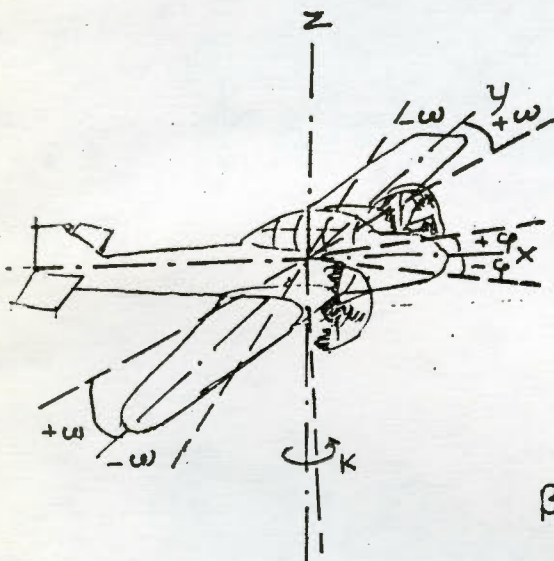
γ) Γενικά ο άξονας της μηχανής πρέπει να στρέφεται ως προς τους τρεις άξονες του χώρου.

Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι οι άξονες συντεταγμένων ορίζονται στις αεροφωτογραφήσεις όπως και στα τοπογραφικά σχέδια, δηλαδή τα X , Ψ , επί του οριζόντιου επιπέδου και ο άξονας Z ορίζεται κατακόρυφος (σχ. 6.18). Ενώ στις επίγειες λήψεις λαμβάνονται όπως στις αποτυπώσεις όψεων, δηλαδή με $X\Psi$ επί του βασικού επιπέδου της όψης (X οριζόντιος και Ψ κατακόρυφος) και ο Z κάθετος στο επίπεδο της όψης (σχ. 6.17).



σχήμα 6.19

Άξονες φωτογραφικής μηχανής για κατακόρυφες φωτογραφίες



β

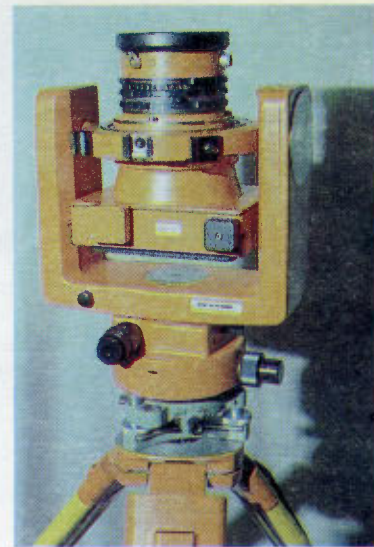
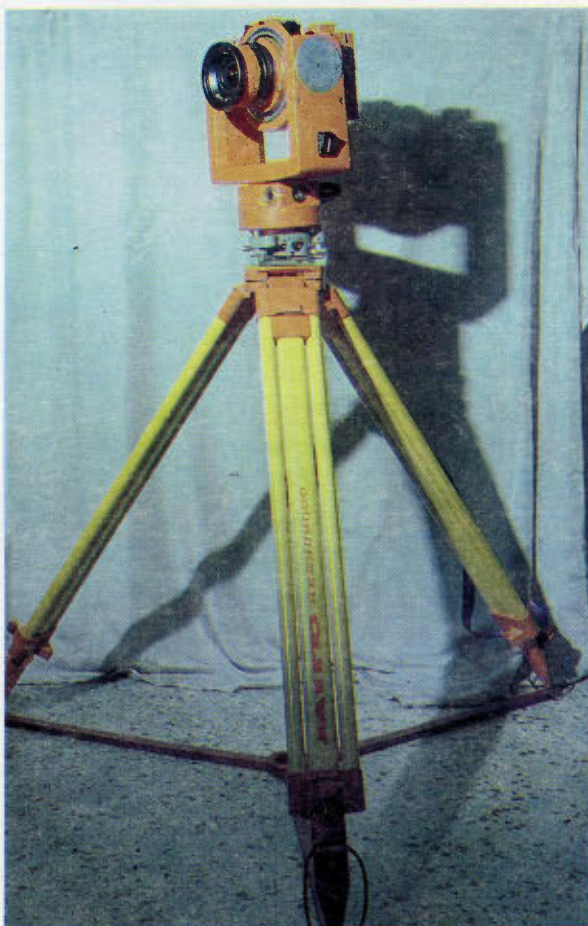
σχήμα 6.20

Αεροπλάνο που κάνει λήψεις αεροφωτογραφιών

α) Προκειμένου τώρα για κατακόρυφες αεροφωτογραφίες, ο άξονας μπορεί να παρουσιάζει στροφές (κλίσεις) (σχ. 6.19) ως προς το οριζόντιο επίπεδο, η γωνία που σχηματίζεται καλείται ω , συνιστά την απόκλιση από τον άξονα των Ψ και μετριέται πάνω στο κατακόρυφο επίπεδο ΕΚ. Επίσης, παρουσιάζει κλίση ως προς τον άξονα των X κατά γωνία φ , η οποία μετράται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο, αλλά και ως προς το κατακόρυφο επίπεδο, που περνάει από το σημείο λήψης (Σ.Λ.) και το πρωτεύον σημείο (τον άξονα λήψεως), κατά κ , η οποία μετριέται επί του επιπέδου της εικόνας. Για ένα αεροπλάνο το οποίο κάνει λήψεις αεροφωτογραφιών οι στροφές αυτές αντιπροσωπεύουν τις στροφές που φαίνονται στο σχ. 6.20.

β) Αντίστοιχα είναι τα στοιχεία για τις επίγειες φωτογραφίες. Για ένα φωτοθεοδολίχο (σχ. 6.21), που μετράει γωνίες μπορεί να αντιστοιχίσουμε την οριζόντια γωνία με τη φ και την κατακόρυφη με την ω . Το όργανο, εφόσον οριζοντιώνεται, δεν παρουσιάζει γωνία κ .

Οι γωνίες ω , φ , κ χρησιμοποιούνται σε όλα σχεδόν τα όργανα φωτογραμμετρικής απόδοσης και μπορούν να οριστούν ως προς οποιοδήποτε σύστημα συντεταγμένων.



σχήμα 6.21
Φωτοθεοδολίχο

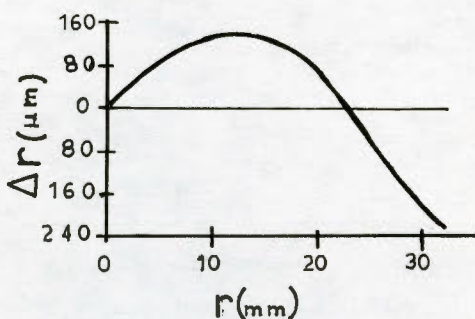
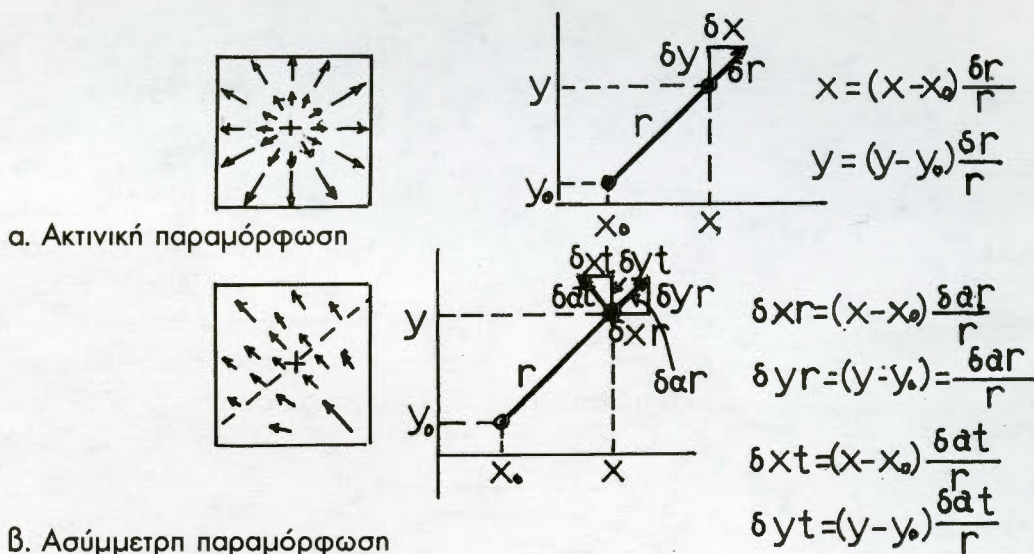
- Αναγκαία για την απόδοση στοιχεία όσον αφορά την τυχαία θέση της μηχανής είναι τα φωτοσταθερά. Πρόκειται για τρία τουλάχιστον σημεία σε κάθε φωτογραφία, τα οποία είναι γνωστά με τις συντεταγμένες τους στο έδαφος και εύκολα διακριτά πάνω σ' αυτήν. Για το λόγο αυτό, ως φωτοσταθερά είτε επιλέγονται γεωμετρικά καθορισμένα σημεία (κορυφές τριέδρων γωνιών) είτε επισημαίνονται με κατάλληλους στόχους εμφανείς στη φωτογραφία.

6.4.2 Επεξεργασία εικόνας. Απόδοση.

Το πρόβλημα της απόδοσης μιας φωτογραφίας απαιτεί τη γνώση του εξωτερικού προσανατολισμού, δηλαδή της θέσης λήψης, και της θέσης του άξονα λήψης στο χώρο, σε σχέση με τους τρεις άξονες. Κατά συνέπεια, θα πρέπει να αποκατασταθεί η γεωμετρία της λήψης, που στηρίζεται στην κεντρική προβολή. Η δέσμη από το σημείο λήψης προς τα επί μέρους σημεία του αντικειμένου αποτελεί συνέχεια αυτής από το σημείο λήψης προς τα αντίστοιχα είδωλά τους επί της φωτογραφίας. Όπως αναφέραμε παραπάνω, στις απλές φωτογραφικές μηχανές η διαστροφή του φακού εκτρέπει την ακτίνα στο εσωτερικό της μηχανής. Είναι φανερό ότι οι μετρητικές μηχανές πλεονεκτούν σημαντικά σε περίπτωση αναλογικής απόδοσης της φωτογραφίας, δηλαδή αποδίδουν ικανοποιητικά στις σχετικά επίπεδες επιφάνειες. Οι κοινές μηχανές μπορούν να επιλύσουν το πρόβλημα, εφόσον γνωρίζουμε την κατανομή της διαστροφής στη φωτογραφία. Ωστόσο, θα πρέπει να επισημάνουμε ότι και με τις απλές φωτογραφικές μηχανές, για συνήθεις αποτυπώσεις μνημείων και ειδικά σε μεγάλες κλίμακες, μπορούμε να έχουμε αναλογική απόδοση, αφού το σφάλμα της ακτινικής διαστροφής γίνεται αντιληπτό και συνεπώς έχει νόημα ο προσδιορισμός του, μόνο εφόσον αυτό είναι μεγαλύτερο από την μετρητική ακρίβεια επί της εικόνας. Ο έλεγχος της μηχανής μπορεί να γίνει εργαστηριακά (π.χ. με τη φωτογράφιση κανάβου), μπορεί όμως να γίνει και με την εκτέλεση μίας εργασίας, κατά την οποία επισημαίνονται οι διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των συντεταγμένων του αντικειμένου και αυτών που προκύπτουν από την απόδοση των στοιχείων με βάση τις φωτογραφίες.

Οι παραμορφώσεις της εικόνας είναι δύο ειδών, η ακτινική και η ασύμμετρη.

Το σφάλμα της ακτινικής παραμόρφωσης μεταβάλλεται από το κέντρο της φωτογραφίας προς τα άκρα της (σχ. 6.22α).

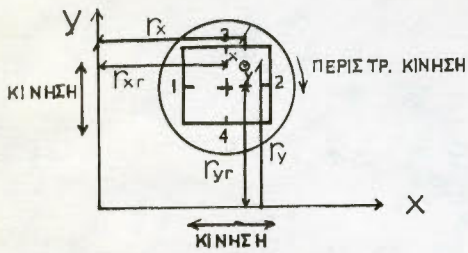


σχήμα 6.22
Παραμορφώσεις εικόνας

Το σφάλμα δr μπορεί να αναλυθεί σε δύο συνιστώσες, μία κατά τον άξονα των X και μία κατά τον άξονα των Ψ των εικοσυντεταγμένων.

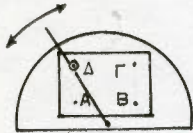
Το σφάλμα της ασύμμετρης παραμόρφωσης δεν παρουσιάζει κανονικότητα και γενικά θα μπορούσε να αναλυθεί σε δύο συνιστώσες (σχ. 6.22β), μία κατά την κατεύθυνση της ακτίνας, την δa_r , και μία κατά κάθετη σ' αυτήν κατεύθυνση, την δa_t . Αυτές με τη σειρά τους δίνουν αντίστοιχα συνιστώσες στους άξονες των X και Ψ δx_r , δy_r και δx_t , δy_t .

Η διαδικασία του προσδιορισμού της κατανομής του σφάλματος αυτού, καθώς και ο προσδιορισμός της εστιακής απόστασης και της θέσης του πρωτεύοντος σημείου καλείται βαθμονόμηση ή καλιμπράρισμα της μηχανής. Το σχ. 6.22γ μας δείχνει βαθμονομημένη καμπύλη ακτινικής διαστρόφης δr συναρτήσεως της r , δηλαδή της ακτίνας από το πρωτεύον σημείο, για μία μηχανή φορμάτ 45X60 mm². Εστίαση στα 5 m. Ευρυγώνιος φακός $f=45$ mm, βαθμονομημένη τιμή $c=44,944$ mm.



α. Μονοσυγκριτής

ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ ΑΠΟ 4 ΣΗΜΕΙΑ



β. Πολυπλευρικός μονοσυγκριτής

σχήμα 6.23

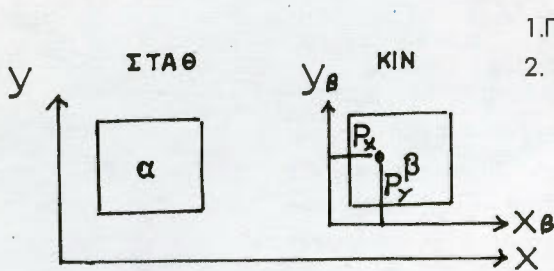
Διάφοροι συγκριτές

• Μετρήσεις εικονοσυντεταγμένων

Η ανάγκη μέτρησης εικονοσυντεταγμένων αντιμετωπίζεται με διάφορους τρόπους στην μονοεικονική φωτογραμμετρία. Τα σημεία μετρώνται μεμονωμένα σε κάθε φωτογραφία, ενώ στην περίπτωση στερεοζεύγους οι συντεταγμένες μετρώνται ταυτόχρονα στις δύο φωτογραφίες, αφού έχει αποκατασταθεί στερεοσκοπική όραση. Τα συνθέστερα όργανα μέτρησης συντεταγμένων είναι οι συγκριτές και ειδικότερα οι μονοσυγκριτές και οι στερεοσυγκριτές που είναι ακριβείς (ελάχιστη ανάγνωση 0,001 mm) και συνήθως χρησιμοποιούνται σε εργασίες μεγάλης ακριβείας, όπως είναι οι εφαρμογές σε εναέριες λήψεις. Επίσης οι ψηφιοποιητές χειρός (digitizers) και οι σαρωτές.

Οι μονοσυγκριτές διακρίνονται σε δύο κυρίως είδη. Ένας τύπος μονοσυγκριτή (σχ. 6.23α) μετράει συντεταγμένες σε δύο κάθετους άξονες, οι οποίοι όμως δεν έχουν κέντρο που να συμπίπτει με το πρωτεύον σημείο, οι συντεταγμένες του οποίου πρέπει να μετρηθούν και όταν μετρηθούν, να αναχθούν. Ένα άλλο είδος μονοσυγκριτή, ο λεγόμενος πολυπλευρικός μονοσυγκριτής (σχ. 6.23β), μετράει συντεταγμένες με βάση τις αποστάσεις από 4 σημεία (απαραίτητα είναι 2).

Ο στερεοσυγκριτής μετράει συντεταγμένες για κάθε σημείο που διακρίνεται και στις δύο φωτογραφίες του ζεύγους (σχ. 6.23γ), εφόσον έχει αποκατασταθεί στερεοσκοπική όραση, λαμβάνοντας αναγνώσεις τόσο σε ένα κοινό σύστημα (x, ψ) όσο και στο σύστημα της μιας (δεξιάς) φωτογραφίας (P_x, P_ψ), αυτής η οποία είναι κινητή, ώστε να επιτυγχάνεται η στερεοσκοπική όραση. Έτσι για κάθε φωτογραφία λαμβάνουμε τις συντεταγμένες σε χωριστό σύστημα.

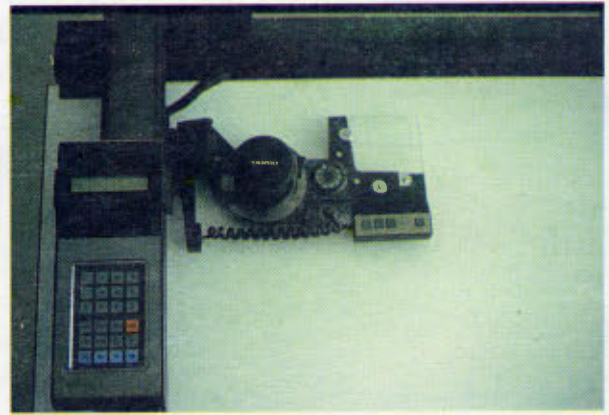
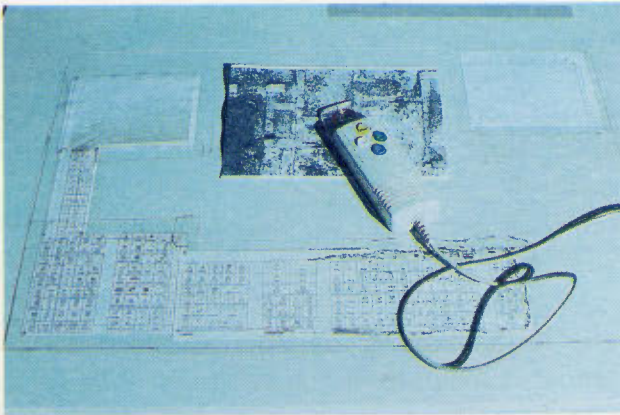


$x_1 y_1$ ΑΝΑΓΝΩΣΕΙΣ ΚΟΙΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
 $P_x P_y$ ΑΝΑΓΝΩΣΕΙΣ ΔΕΞΙΑΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑΣ

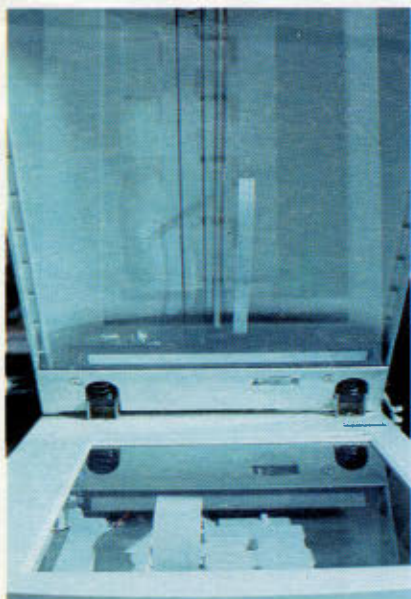
γ. Στερεοσυγκριτής

Μονοεικονική αναγωγή

Οι ψηφιοποιητές χειρός (digitizers) είναι απλά και φτηνά όργανα τα οποία συνδέονται με ηλεκτρονικό υπολογιστή και μας επιτρέπουν να μετράμε συντεταγμένες όχι μόνο σε φωτογραφίες αλλά και σε σχέδια, χάρτες κ.τ.λ. Υπάρχουν διάφοροι τύποι και διαστάσεις από A4 έως A0 (σχ. 6.24α, 6.24β). Η διάσταση A4 είναι μικρή για αεροφωτογραφίες αλλά επαρκής για τις επίγειες εφαρμογές. Τα σημεία σκοπεύονται με ένα σταυρόνημα σε διαφανές, προσαρμοσμένο σε ένα σύστημα (ποντίκι) μετακινούμενο κατά άξονες ή ελεύθερα στο επίπεδο. Λαμβάνουμε έτσι x' και y' σε ένα αυθαίρετο σύστημα του οργάνου, το οποίο ωστόσο μπορεί να μετατραπεί σε σύστημα εικονοσυντεταγμένων. Η ανάλυση των ψηφιοποιητών είναι μικρή, μετριέται σε γραμμές ανά ίντσα l/in , και είναι συνήθως 1000 l/in , που ισοδυναμεί με 0,025 mm. Η ακρίβεια αυτή ωστόσο είναι μικρή για εργασίες μεγάλης ακριβείας αλλά επαρκής για τις εφαρμογές σε επίγειες λήψεις μνημείων και άλλων αντικειμένων τέχνης, όπου οι κλίμακες είναι μεγάλες. Ωστόσο όμως, η ανάλυσή τους δεν προσφέρεται για μετρήσεις σε μικρά αρνητικά ή κοντάκι του μεγέθους 35 ή 60 mm και θα πρέπει να εργαζόμαστε από φωτογραφίες στην μεγαλύτερη δυνατή ανάλυση. Σφάλματα φακών λήψεως και εκτυπωτών διορθώνονται με κατάλληλες αναλυτικές υπολογιστικές μεθόδους.



σχήμα 6.24
Ψηφιοποιητές χειρός



σχήμα 6.25
Σαρωτής (Scanner)

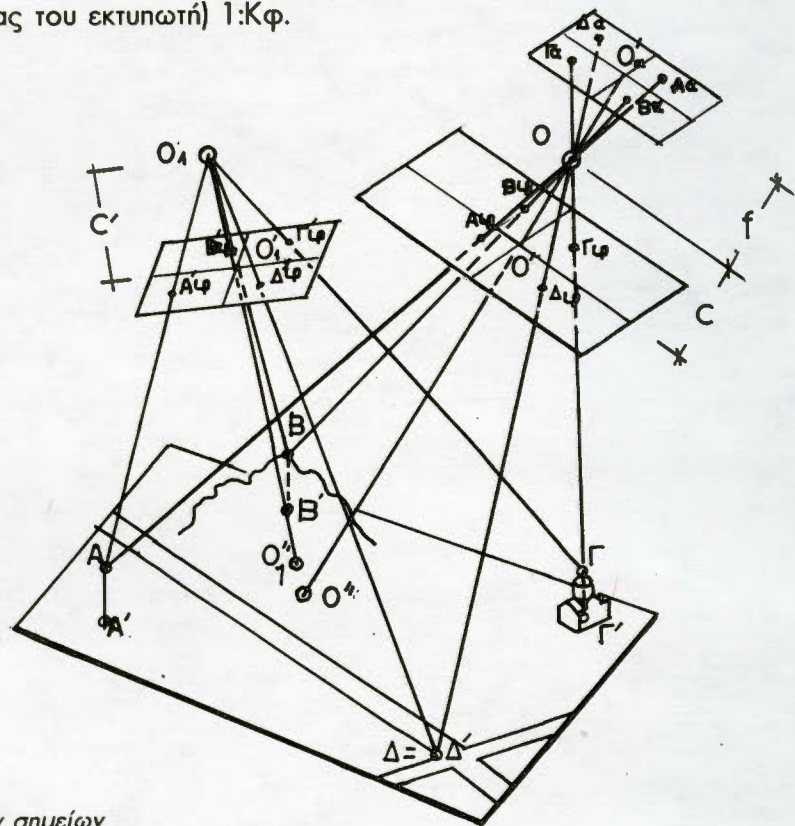
Οι σαρωτές (scanners) είναι μηχανήματα τα οποία συνοδεύουν τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές (σχ. 6.25), μετατρέπουν τις αναλογικές φωτογραφίες σε ψηφιακές και μας παρέχουν ψηφιακές εικόνες, τις οποίες μπορούμε να δούμε στην οθόνη τους. Αυτές είναι ουσιαστικά σύνολο αριθμών και για το λόγο αυτό η επεξεργασία τους από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή είναι εύκολη. Τα επιμέρους στοιχεία, στα οποία αναλύεται η εικόνα, είναι τα εικονοστοιχεία ή ρixel (από τα αγγλικά picture element). Από μετρητική άποψη η βασική παράμετρος, που μας καθορίζει και την ποιότητα του παραγόμενου αποτελέσματος, είναι το μέγεθος των εικονοστοιχείων, που αυτοί παρέχουν. Το μέγεθος αυτό μετράται σε στιγμές ανά ίντσα ή dpi (dots per inch). Ο αριθμός αυτός καθορίζει το μέγεθος των εικονοστοιχείων που χωράνε σε μία ίντσα, που είναι 25,4 mm. Οι αναλύσεις των 300-600 dpi των σαρωτών γραφείου, που κυμαίνονται μεταξύ 300-600 dpi, είναι επαρκείς για εφαρμογές επίγειας φωτογραμμετρίας και αντιστοιχούν σε μεγέθη $p=0,085-0,042$. Π.χ. για κλίμακα αρνητικού 1:300, που προορίζεται για απόδοση σε 1:50 και σάρωση στα 600 dpi, το ρixel ισοδυναμεί με 1,3 cm στο αντικείμενο. Το μέγεθος αυτό αντιστοιχεί περίπου στην ακρίβεια της εικόνας. Αν έχουμε σαρώσει φωτογραφίες που έχουν μεγεθυνθεί, η ακρίβεια γίνεται μεγαλύτερη. Π.χ. για μεγέθυνση $M=4$ και σάρωση σε 400 dpi, το μέγεθος του ρixel είναι 5 mm στο αντικείμενο. Μέγιστο επιτρεπόμενο ρixel στο αντικείμενο θεωρείται το 0,3ΚΣ, όπου 1:ΚΣ η κλίμακα του σχεδίου.

Οι ψηφιακοί σαρωτές μπορούν να σαρώσουν αρνητικά, διαθετικά, φωτογραφίες, διαφάνειες, σχέδια σε χαρτί, κάρτες, έγχρωμα και ασπρόμαυρα, κ.τ.λ. Υπάρχουν σε μεγέθη που ανταποκρίνονται σε A4 έως A0 και χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές. Υπάρχει δυνατότητα να σαρώσουν και αντικείμενα σε δύο και οι πιο σύγχρονοι σε τρεις διαστάσεις. Σ' αυτή την τελευταία κατηγορία σαρωτών χρησιμοποιούνται λέιζερ, που έχουν την ικανότητα να μετρούν την απόσταση από το αντικείμενο. Έτσι, σε ένα αντικείμενο μπορεί να μας δώσουν αμέσως ένα μοντέλο τριών διαστάσεων (3D). Το κόστος τους όμως είναι ακόμη αρκετά υψηλό.

Ειδικά προγράμματα μετατρέπουν τη σάρωση από raster, δηλαδή πληροφορία σε ρixel, σε vector, δηλαδή σε διανύσματα, που μας παρέχουν την εικόνα με γραμμές.

● Σχέση δέσμης με το αντικείμενο. Αρνητικά, διαθετικά, φωτογραφίες

Στο σχ. 6.26 βλέπουμε την πορεία της δέσμης τεσσάρων χαρακτηριστικών σημείων Α, Β, Γ, Δ δια του σημείου λήψης Ο προς το αρνητικό. Τα είδωλά τους μέσα στη μηχανή υφίστανται αντιστροφή και απεικονίζονται στα Αα, Βα, Γα, Δα. Η εστιακή απόσταση $f=c$, η οποία τελικά προσδιορίζει και την κλίμακα της εικόνας του αντικειμένου, ισχύει για τη λήψη του αρνητικού. Όταν όμως από το αρνητικό λάβουμε φωτογραφία ή θετικό σε διαφάνεια κ.τ.λ., η δέσμη αναπαράγεται και τα νέα είδωλα Αφ, Βφ, Γφ, Δφ έχουν μία κλίμακα ως προς το αρνητικό, εφόσον η φωτογραφία έχει εκτυπωθεί με κάθετη προβολή (κάθετος άξονας του εκτυπωτή) 1:Κφ.



σχήμα 6.26
Πορεία δέσμης χαρακτηριστικών σημείων

Στη φωτογραφία της κλίμακας αυτής αντιστοιχεί μία άλλη σταθερά της φωτογραφίας αντίστοιχη της εστιακής απόστασης C, που είναι ανάλογη της f του αρνητικού της φωτογραφίας και της κλίμακας της φωτογραφίας. Είναι λοιπόν $C=f \times (K\phi / K\alpha)$. Εάν λοιπόν $f=100$ mm, $K\alpha=1:300$ και $K\phi=1:200$, έχουμε: $C=100 \times (1:200 / 1:300) = 100 \times (300/200) = 150$ mm. Εφόσον η εκτύπωση της φωτογραφίας γίνεται contact (δηλαδή εξ επαφής) η κλίμακα παραμένει ίδια.

Η φωτογραφία δεν είναι αντεστραμμένη σε σχέση με την πραγματική θέση των σημείων, αφού έχει υποστεί νέα αντιστροφή κατά την εκτύπωση και κάθε σημείο του αντικειμένου αντιστοιχεί στην ίδια δέσμη με τα σημεία της φωτογραφίας με κέντρο προβολής το σημείο λήψης O . Οι σχέσεις προβολικότητας δε μεταβάλλονται.

● Αποκατάσταση της δέσμης και απόδοση

Από το σχ. 6.26, βλέπουμε ότι τα σημεία A, B, Γ, Δ θα πρέπει να απεικονιστούν στη σωστή τους θέση σε σχέση με το επίπεδο προβολής του σχεδίου ή της μετρητικής εικόνας. Έτσι λοιπόν, τα τελικώς ζητούμενα σημεία είναι τα A', B', Γ', Δ' . Για τις περιπτώσεις που αναφέραμε παραπάνω, σε σχέση με τον τρόπο λήψης της φωτογραφίας, θα διακρίνουμε διάφορους τρόπους απόδοσης των μονοεικονικών λήψεων.

α) Επίπεδο αρνητικού και επίπεδο αντικειμένου παράλληλα.

Η περίπτωση αυτή είναι η πιο απλή. Ουσιαστικά η απόδοσή της φωτογραφίας έγκειται στην παραγωγή μίας φωτογραφίας στη σωστή κλίμακα. Πρόκειται δηλαδή για αλλαγή κλίμακας (σχ. 6.8, 6.9, 6.10). Αυτή επιτυγχάνεται με την εκτύπωση της φωτογραφίας σε έναν απλό εκτυπωτή φωτογραφιών. Αυτό γίνεται αφού προσδιορίσουμε την απόσταση μεταξύ δύο σημείων και τη σημειώσουμε σε ένα χαρτί, φέρουμε τον εκτυπωτή στην κατάλληλη θέση, ώστε στο προβαλλόμενο αντικείμενο τα σημεία αυτά να έχουν τη σωστή απόσταση σύμφωνα με την κλίμακα και ακολούθως αντικαταστήσουμε το χαρτί με φωτογραφικό. Έτσι πετυχαίνουμε τη σωστή κλίμακα της φωτογραφίας. Αν θέλουμε σχέδιο δεν έχουμε παρά να αντιγράψουμε τη φωτογραφία. Για το σκοπό αυτό θα βοηθούσε να έχουμε εκτύπωση σε διαφάνεια και να χρησιμοποιηθεί φωτοτράπεζα, που είναι ένα σχεδιαστήριο με φωτιζόμενη σχεδιαστική επιφάνεια.

Αντίστοιχα μπορούμε να εργαστούμε σε ένα σαρωτή (scanner) και να φέρουμε το αντικείμενο στη σωστή του κλίμακα. Η εργασία μπορεί να γίνει τόσο με αρνητικό, όσο και με διαθετικό ή φωτογραφία. Το αποτέλεσμα μπορεί να είναι φωτογραφική εκτύπωση μέσω του ηλεκτρονικού υπολογιστή ή σχέδιο με κατάλληλη επεξεργασία της εικόνας.

Η περίπτωση αυτή μπορεί να αφορά ένα τμήμα της συνολικής εργασίας. Εφόσον έχουμε διάφορα επίπεδα με διαφορετικές κλίμακες στις φωτογραφίες, όπως π.χ. στο παράδειγμα του σχ. 6.9, τα τμήματα με τις ίδιες κλίμακες αποδίδονται ομαδικά χωριστά. Η αρχή αυτή ακολουθείται και στις

άλλες περιπτώσεις εφαρμογής της μονοεικονικής φωτογραμμετρίας που ακολουθούν.

β) Ο άξονας λήψεως να σχηματίζει κλίση σε σχέση με τον έναν άξονα εκ των Χ και Ψ.

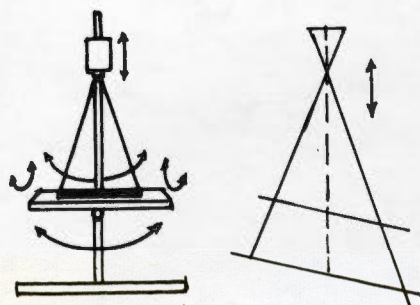
Στην περίπτωση, που ο άξονας την φωτογραφικής μηχανής παρουσιάζει μία κλίση σε σχέση με έναν από τους άξονες των Χ και Ψ (σχ. 6.10). Γεγονός που σημαίνει, ότι στις αεροφωτογραφίες θα έχουμε μόνο ω ή ϕ , και στις επίγειες ότι ο άξονας της μηχανής ή κινείται στο κατακόρυφο επίπεδο, που διέρχεται από το σημείο λήψεως (Σ.Λ.) και είναι κάθετο στην φωτογραφιζόμενη επιφάνεια (μεταβολή του ω) ή ότι ο φωτογραφικός άξονας κινείται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο παρουσιάζοντας όμως κλίση σε σχέση με την φωτογραφιζόμενη επιφάνεια (μεταβολή του ϕ). Η περίπτωση αυτή μπορεί να επιλυθεί είτε με απλή φωτογραφική εκτύπωση με τον άξονα του εκτυπωτή σε λοξή διάταξη, η οποία είναι γνωστή εφόσον έχει χρησιμοποιηθεί φωτοθεοδόλιχο. Εφόσον όμως δεν την γνωρίζουμε, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την προηγούμενη τεχνική εκτύπωσης, φέροντας όμως τώρα σε σύμπτωση δύο κάθετα, αν είναι δυνατόν, σχεδιασμένα τμήματα, στο χαρτί πρώτα και ακολούθως τυπώνοντας. Μπορούμε όμως στην περίπτωση αυτή να ακολουθήσουμε τις τεχνικές, που περιγράφονται στην επόμενη γενικότερη περίπτωση.

γ) Ο άξονας της μηχανής παρουσιάζει στροφές ως προς τους δύο ή και τους τρεις άξονες του χώρου.

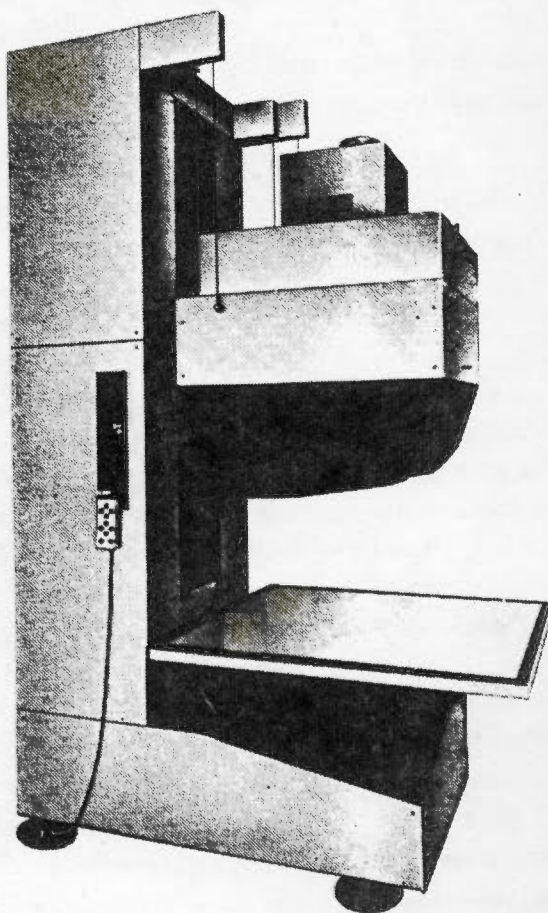
Είναι φανερό ότι η περίπτωση αυτή εμπεριέχει όλες τις προηγούμενες. Ο άξονας λοιπόν των φωτογραφιών παρουσιάζει ω , ϕ , κ . Η μέθοδος αυτή όπως και όλες οι άλλες που αναφέρουμε στην μονοεικονική φωτογραμμετρία, εφαρμόζεται σε επίπεδες ή σχεδόν επίπεδες επιφάνειες. Από το σχ. 6.26 είδαμε ότι τα σημεία Α, Β, Γ, Δ πρέπει να απεικονιστούν στη σωστή τους θέση σε σχέση με το επίπεδο προβολής του σχεδίου ή της μετρητικής εικόνας, δηλαδή στα Α', Β', Γ', Δ'. Συνεπώς, δεν έχουμε παρά να διαθέτουμε μια απεικόνιση τεσσάρων σημείων του αντικειμένου που έχουμε φωτογραφίσει. Τρία σημεία είναι αρκετά για την απόδοση ενώ το τέταρτο λαμβάνεται πάντα για έλεγχο. Στην πράξη μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και περισσότερα σημεία. Τα σημεία αυτά έχουν υπολογιστεί ή με συντεταγμένες εδάφους, εφόσον πρόκειται για εναέριες λήψεις ή λήψεις από χαμηλό ύψος, ή με συντεταγμένες που αναφέρονται στην προς αποτύπωση επιφάνεια (σχ. 6.17, 6.18).

Οι τρόποι που μπορούν να εφαρμοστούν στην περίπτωση αυτή είναι οι παρακάτω:

1) **Φωτογραφική αναγωγή.** Τα σημεία που έχουμε γνωστά με τις συντεταγμένες τους τοποθετούνται επάνω σε ένα χαρτί με την κλίμακα της αποτύπωσης. Η βάση του εκτυπωτή είναι επίπεδη και μπορεί να πραγματοποιήσει όλες τις κινήσεις, γεγονός που επιτυγχάνεται αν π.χ. υπάρχει κάτω στη στήριξή της, (που γίνεται στο μέσον της προβολής) σφαιρική άρθρωση, με σφαίρα προσαρμοσμένη στην κινητή βάση, μέσα σε κενή σφαιρική κοιλότητα. Αυτή επιτρέπει όλες τις κινήσεις, δηλαδή στροφή περί τον X (φ), στροφή περί τον Ψ (ω), καθώς και στροφή περί τον Z (κ). Σε πιο ακριβή φωτογραμμετρικά μηχανήματα αναγωγής (σχ. 6.28) ο μηχανισμός κίνησης είναι περισσότερο πολύπλοκος, ωστόσο το μεγάλο κόστος τους και η εξέλιξη της τεχνολογίας των Η/Υ τα έχουν εκτοπίσει. Η διαδικασία της αναγωγής ακολουθεί τα επόμενα βήματα και είναι κοινή, είτε χρησιμοποιούμε ακριβούς φωτογραμμετρικούς αναγωγείς είτε απλούς φωτογραφικούς εκτυπωτές με βάση τις ιδιότητες που περιγράψαμε (σχ. 6.27 και 6.28).

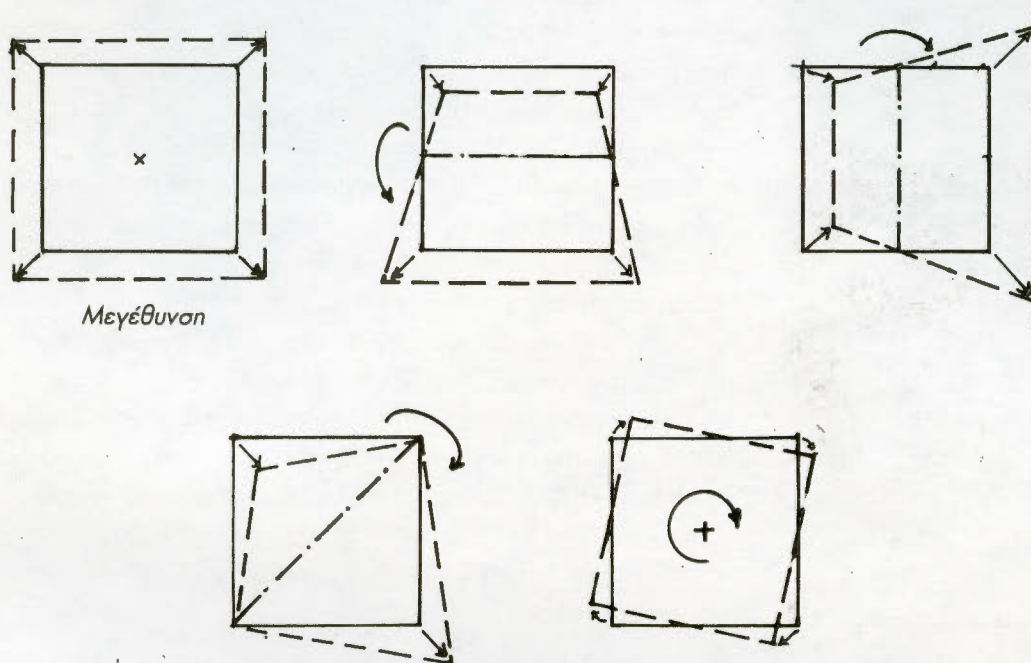


σχήμα 6.27 Αλλαγή κλίμακας



σχήμα 6.28
Φωτογραμμετρικό μηχανήμα αναγωγής

- Το αρνητικό εισάγεται στον εκτυπωτή (αναγωγέα).
- Στο επίπεδο της βάσης στην οποία θα γίνει η αναγωγή της εικόνας εισάγεται ένα χαρτί στο οποίο έχουν τοποθετηθεί τουλάχιστον 4 σταθερά σημεία (φωτοσταθερά 1, 2, 3, 4). Προβολές στο επίπεδο της αποτύπωσης (οριζόντιο ή κάθετο).



σχήμα 6.28

Παραμορφώσεις των εικόνων τεσσάρων σημείων

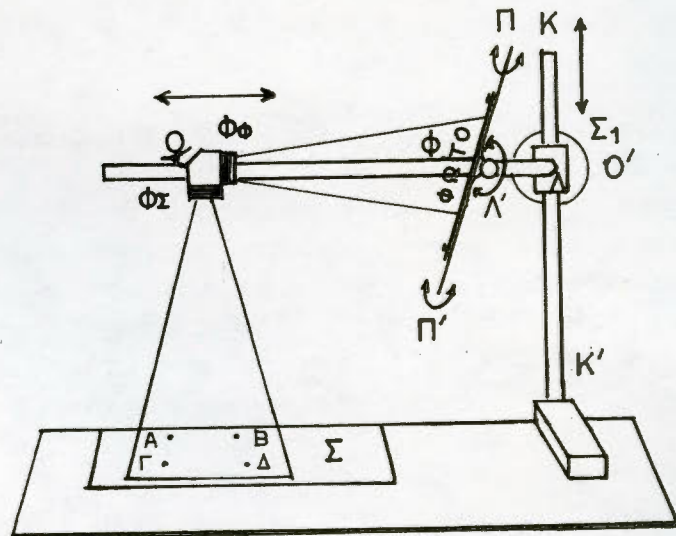
- Ο αναγωγέας- εκτυπωτής κινείται, ώστε να πετύχουμε τη σωστή κλίμακα απόδοσης.
- Χωρίς να σταματήσουμε την προσαρμογή της κλίμακας, στην οποία επιφέρουμε συνεχείς διορθώσεις, προχωράμε σε κινήσεις της βάσης, ώστε να πετύχουμε σύμπτωση των εικόνων των σταθερών σημείων ($1', 2', 3', 4'$) και των σχεδιασμένων σημείων (1, 2, 3, 4). Οι παραμορφώσεις των προβολών των εικόνων τεσσάρων σημείων, ανάλογα με τις κινήσεις της βάσης, φαίνονται στο σχ. 6.29. Συνδυασμός αυτών βοηθάει στην σύμπτωση των $1', 2', 3', 4'$ με τα 1, 2, 3, 4.
- Αντικαθιστούμε το χαρτί με τα φωτοσταθερά και τυπώνουμε τη φωτογραφία που έχει αναχθεί.

Μία σειρά από τέτοιες φωτογραφίες συναρμολογημένες με ένα μικρό κοινό τμήμα τους μπορούν να μας δώσουν ένα φωτομωσαϊκό.



σχήμα 6.30
Εικονομετασχεδιαστής

2) **Οπτική αναγωγή.** Αυτή γίνεται με απλό όργανο, το οποίο καλούμε εικονομετασχεδιαστή (sketch master). Το όργανο αυτό (σχ. 6.30 και 6.31) αποτελείται από δύο κάθετους μεταξύ τους άξονες, έναν κατακόρυφο (ΚΚ') και έναν οριζόντιο (ΟΟ'). Ο δεύτερος κινείται προς τα επάνω και προς τα κάτω με οδηγό τον πρώτο, και με τη βοήθεια ενός κυκλικού εξαρτήματος με γρανάζια Σ1. Επί του σημείου της στήριξης ένας άλλος άξονας Μ', κάθετος προς τον οριζόντιο και τον κατακόρυφο άξονα, στηρίζει μία μεταλλική επίπεδη πλάκα (ΠΠ'), η οποία έχει τη δυνατότητα να περιστρέφεται με τη βοήθεια μίας σφαιρικής άρθρωσης και η οποία θα "φιλοξενήσει" τη φωτογραφία. Επί του οριζόντιου άξονα ΟΟ' ολισθαίνει ένα πενταγωνικό σύστημα, το οποίο σταθεροποιείται σε συγκεκριμένη θέση, και με τη βοήθεια και πρόσθετων φακών ΦΦ και ΦΣ μας επιτρέπει να παρατηρούμε ταυτόχρονα μία φωτογραφία επί της μεταλλικής πλάκας ΠΠ' και ένα σχέδιο επί του σχεδιαστηρίου. Με την κατάλληλη σχέση μήκους κατακόρυφου και οριζοντίου βραχίονα, στους άξονες ΚΚ' και ΟΟ', καθώς και του συστήματος φακών προς τη φωτογραφία ΦΦ και το σχέδιο ΦΣ, ανάλογα με τη σχέση των κλιμάκων της φωτογραφίας και του σχεδίου, που δίνονται από πίνακες που συνοδεύουν το όργανο, πετυχαίνουμε εύκολα την προσαρμογή της κλίμακας.



σχήμα 6.31
Σχηματική παρουσίαση λειτουργίας εικονομετασχεδιαστή

Εάν, ακολουθώντας τις αρχές των κινήσεων που περιγράψαμε στο σχ. 6.29, φέρουμε σε σύμπτωση τέσσερα φωτοσταθερά σημεία της εικόνας με τα αντίστοιχα σημεία τα οποία έχουμε τοποθετήσει επί του σχεδίου, έχουμε πετύχει την οπτική αναγωγή και μπορούμε να σχεδιάσουμε το αντικείμενο.

3) Αναλυτική αναγωγή. Η προβολική σχέση που συνδέει τις συντεταγμένες των αντίστοιχων σημείων δύο επιπέδων, δηλαδή των δισδιάστατων σχημάτων του αρνητικού, ή φωτογραφίας και επίπεδου φωτογραφιζόμενου σχήματος, δίνεται από τις εξής εξισώσεις:

$$X=(L_1X+L_2\Psi+L_3)/(L_7X+L_8\Psi+1) \quad \text{και}$$

$$\Psi=(L_4X+L_5\Psi+L_6)/(L_7X+L_8\Psi+1) \quad (1)$$

$$X=(A_1x+A_2\psi+A_3)/(A_7x+A_8\psi+1) \quad \text{και}$$

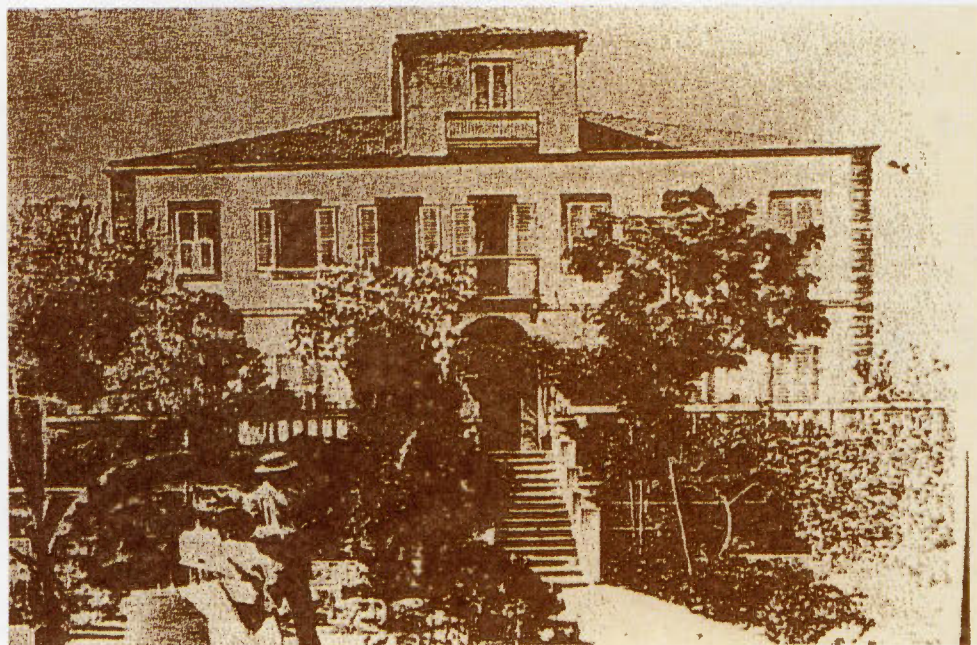
$$\Psi=(A_4x+A_5\psi+A_6)/(A_7x+A_8\psi+1) \quad (2)$$

όπου x, ψ οι εικονοσυντεταγμένες και X, Ψ οι συντεταγμένες στο δισδιάστατο σύστημα του επιπέδου του αντικειμένου, που είναι π.χ. ο οριζώντιος και ο κατακόρυφος άξονας μιας επίπεδης όψης. Με τους συντελεστές L_i και A_i συμβολίζονται οι οκτώ συντελεστές των ισοδύναμων εκφράσεων της προβολικότητας εικόνας επιπέδου. Από τη μια οκτάδα συντελεστών μπορούμε εύκολα να υπολογίσουμε την άλλη.

Επειδή, ωστόσο, δε μπορούμε να γνωρίζουμε όλους τους συντελεστές L_i και A_i , αλλά είναι εύκολο να γνωρίζουμε τις συντεταγμένες στο έδαφος και τη φωτογραφία ομόλογων σημείων, μπορούμε να ακολουθήσουμε αντίστροφη πορεία και να προσδιορίσουμε κατ' αρχάς τους συντελεστές L_i και A_i και ακολούθως, με βάση τις εξισώσεις γνωστών συντελεστών, από τις εικονοσυντεταγμένες οποιουδήποτε σημείου, να προσδιορίζουμε τις συντεταγμένες στο σύστημα αναφοράς της όψης του αντικειμένου. Καθεμία από τις ομάδες των εξισώσεων (1) και (2) έχει 8 συντελεστές L_i ή A_i αντίστοιχα. Έτσι, χρησιμοποιώντας τη μία σειρά, μπορούμε να υπολογίσουμε τους 8 συντελεστές με 4 ζευγάρια σημείων εικονοσυντεταγμένων και συντεταγμένων όψης, αφού για κάθε σημείο θα έχουμε δύο εξισώσεις της σειράς (1) ή (2).

Παράδειγμα

Στο παράδειγμα της όψεως της παλιάς φωτογραφίας του σχ. 6.32 έχουν δοθεί εικονοσυντεταγμένες και συντεταγμένες όψης σε 5 σημεία, αλλά και τα 4 από αυτά (1,5,3,4) είναι αρκετά. Ζητούνται οι συντεταγμένες των σημείων 6 και 7 της στέψης της σοφίτας που έχει καταστραφεί.



Είναι σε cm $x_1=0,95$ $\psi_1=0,70$, $x_5=2,72$ $\psi_5=3,30$, $x_3=12,30$ $\psi_3=0,74$, $x_4=12,20$ $\psi_4=3,40$. Οι αντίστοιχες συντεταγμένες της όψεως είναι σε m $X_1=1,45$ $\Psi_1=1,45$, $X_3=17,36$ $\Psi_3=0,885$, $X_4=17,56$ $\Psi_4=4,64$, $X_5=4,09$ $\Psi_5=4,64$.

Οι σχέσεις (1) με τα παραπάνω στοιχεία μας δίνουν για τα αντίστοιχα ζευγάρια:

$$145L_1+88,5L_2+L_3-137,75L_7-84,0L_8=0,95$$

$$145L_4+88,5L_5+L_6-101,5L_7-61,95L_8=0,70$$

$$400L_1+464L_2+L_3-1088L_7-1266,08L_8=2,72$$

$$400L_4+464L_5+L_6-1320L_7-1531,2L_8=3,30$$

$$1756L_1+88,5L_2+L_3-21598,8L_7-1088,55L_8=12,30$$

$$1756L_4+88,5L_5+L_6-1299,44L_7-65,49L_8=0,74$$

$$1756L_1+464L_2+L_3-21423,2L_7-5660,8L_8=12,20$$

$$1756L_4+464L_5+L_6-5970,4L_7-1577,6L_8=3,40$$

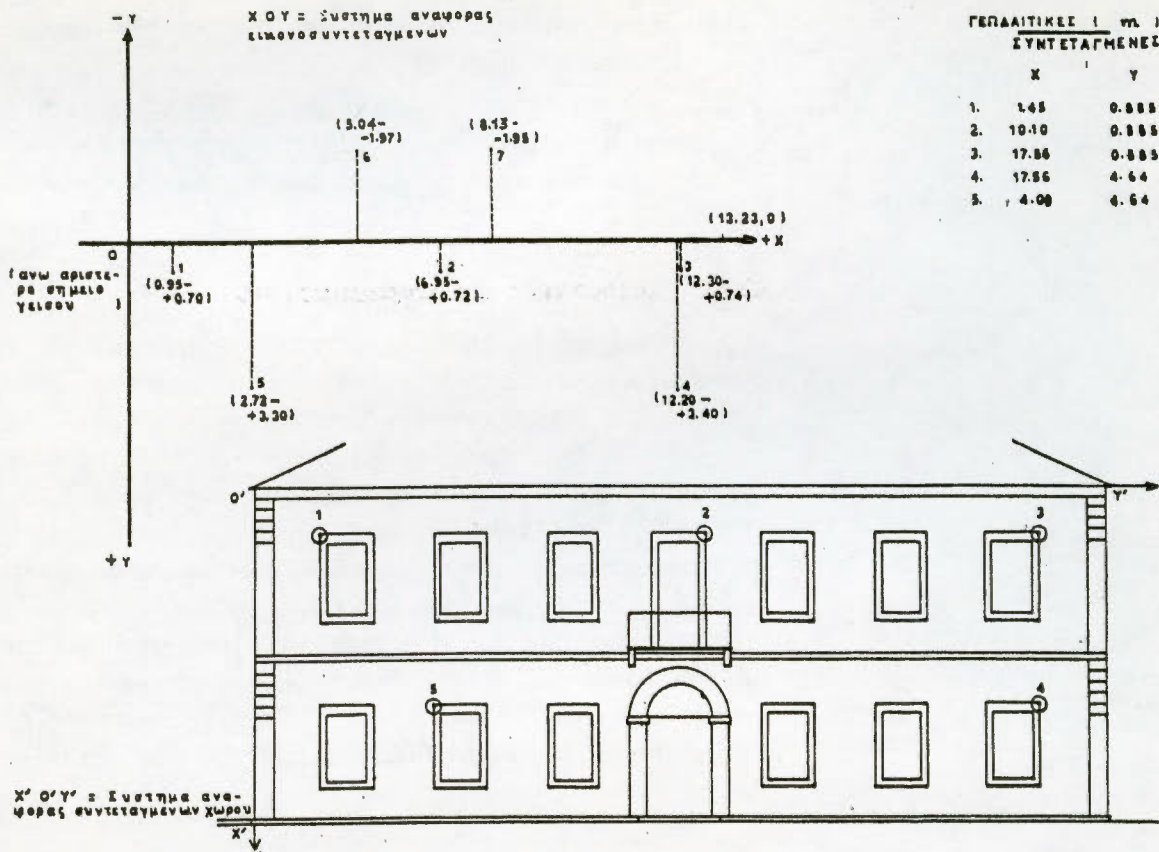
Επιλύοντας αυτό το σύστημα των 8 εξισώσεων με τους 8 αγνώστους έχουμε:

$$L_1=0,0068178409 \quad L_2=0,0001392897$$

$$L_3=0,0507357051 \quad L_4=0,0000110691$$

$$L_5=0,006983643 \quad L_6=0,0804631383$$

$$L_7= - 0,000186011 \quad L_8=0,000032596$$



σχήμα 6.33

Παρουσίαση εικονοσυντεταγμένων της εικόνας

Οι συντελεστές αυτοί δίνουν τα στοιχεία προσανατολισμού της δέσμης των ακτίνων. Από τις εξισώσεις (1) έχουμε:

$X(L1-xL7)+\Psi(L2-xL8)=x-L3$ και $X(L4-\psi L7)+\Psi(L5-\psi L8)=\psi-L6$ (3) και για εικονοσυντεταγμένες των σημείων 6 και 7 $x_6=5,04$ cm $\psi_6= - 1,97$ cm (αριστερό σημείο στέψης της σοφίτας) προκύπτει από τις εξισώσεις (3) $X_6=7,36$ m και $\Psi_6= - 2,85$ m και $x_7=7,36$ 8,13 cm και $\psi_7= - 1,95$ cm (δεξιό σημείο στέψης) προκύπτει: $X_7=11,70$ m και $\Psi_7= - 2,83$ m.

Έναν απλούστερο τρόπο υπολογισμού των συντεταγμένων εδάφους αναφέρουμε παρακάτω, στην παράγραφο (σχ. 6.33), όμως η διαδικασία αυτή απαιτεί τη γνώση της θέσης, από την οποία ελήφθη η φωτογραφία, και παραλληλία των επιπέδων φωτογραφίας και αντικειμένου. Πρόκειται, συνεπώς, για μία ειδική περίπτωση.

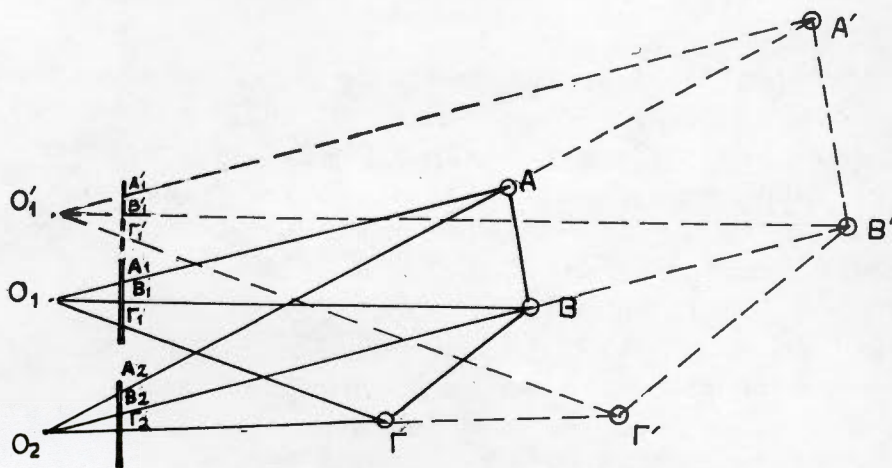
4) Ψηφιακή αναγωγή. Η ψηφιακή αναγωγή χρησιμοποιεί είτε φωτογραφίες που έχουν σαρωθεί είτε φωτογραφίες που έχουν ληφθεί με ψηφιακή κάμερα. Τα δεδομένα περνάνε σε έναν υπολογιστή και με κατάλληλα προγράμματα, τα οποία στηρίζονται ουσιαστικά στην επίλυση του παραπάνω προβλήματος, μας δίνουν, με τον συσχετισμό των συντεταγμένων 4 σημείων στην εικόνα και των αντίστοιχων συντεταγμένων των σημείων αυτών στο επίπεδο της όψης, την αναγωγή της φωτογραφίας, δηλαδή του συνόλου των άλλων σημείων

(pixel). Έτσι μπορούμε να πάρουμε εκτύπωση της φωτογραφίας σε όποια κλίμακα θέλουμε.

Οι φωτογραφίες που έχουν αναχθεί μπορούν να συνδεθούν στον υπολογιστή με γειτονικές τους που επίσης έχουν αναχθεί, και να αποτελέσουν φωτομωσαϊκά.

6.5 Διεικονική φωτογραμμετρία

Σε αντίθεση με την μονοεικονική φωτογραμμετρία, που αντιμετωπίζει επίπεδες ή σχετικά επίπεδες επιφάνειες, τα τρισδιάστατα αντικείμενα, που δεν αποτελούνται αποκλειστικά από επίπεδες επιφάνειες, αντιμετωπίζονται με την εφαρμογή διεικονικής φωτογραμμετρίας. Τα αντικείμενα φωτογραφίζονται σε δύο τουλάχιστον εικόνες, που έχουν ληφθεί από διαφορετικά σημεία λήψης και απεικονίζουν με επικάλυψη το ίδιο τμήμα. Οι δύο αυτές φωτογραφίες αποτελούν στερεοζεύγος και εξασφαλίζουν τα αναγκαία στοιχεία για την αναπαραγωγή του στερεού, που απεικονίζουν. Η διεικονική φωτογραμμετρία στηρίζεται στην αρχή της στερεοσκοπικής όρασης. Δηλαδή, το είδωλο δύο σημείων από δύο οπτικές θέσεις σχηματίζεται στο χώρο.



Έτσι, και η αποκατάσταση των συνθηκών λήψης δύο φωτογραφιών μας δίνει τη θέση των σημείων στο χώρο (σχ. 6.34). Η σχέση της βάσης αναπαραγωγής των δεσμών των φωτογραφιών με τη βάση λήψης των φωτογραφιών του ζεύγους καθορίζει και την κλίμακα της απόδοσης. Όσο διευρύνεται η βάση της απόδοσης τόσο η κλίμακα γίνεται μεγαλύτερη (σχ. 6.34). Η διαφορά της θέσης των σημείων στην πρώτη και στη δεύτερη εικόνα καλείται παράλλαξη και γενικά διακρίνεται σε οριζόντια παράλλαξη $\Pi\chi=x-x'$, και κάθετη παράλλαξη $\Pi\psi=\psi-\psi'$, εφόσον έχουμε αποκαταστήσει τη σχετική τους θέση (δημιουργία στερεοσκοπικού μοντέλου) ανεξάρτητα από τη βάση.

6.5.1 Σχετικός και απόλυτος προσανατολισμός

Αν ω , ϕ , κ είναι οι γωνίες στροφής της αριστερής φωτογραφίας, τότε χ_a , ψ_a , z_a είναι οι συντεταγμένες του σημείου λήψης αυτής (εξωτερικός προσανατολισμός αριστερής φωτογραφίας). Οι διαφορές των στοιχείων του εξωτερικού προσανατολισμού της δεξιάς φωτογραφίας μας προσδιορίζουν τη θέση και της δεύτερης φωτογραφίας στο χώρο και είναι: $\Delta\omega$, $\Delta\phi$, $\Delta\kappa$ και $\Delta\chi_a=B\chi$, $\Delta\psi_a=B\psi$, $\Delta z_a=Bz$. Ο σχετικός προσανατολισμός καθορίζει το στερεοσκοπικό μοντέλο, που μας παρέχει το σχήμα του, ενώ ένα στοιχείο από τα προαναφερθέντα το $\Delta\chi_a=B\chi$, προσδιορίζει, όπως είδαμε και παραπάνω, το μέγεθος της βάσης του μοντέλου και επομένως και την κλίμακά του. Κατά συνέπεια, θα λέγαμε ότι ο σχετικός προσανατολισμός προσδιορίζεται από τα $\Delta\omega$, $\Delta\phi$, $\Delta\kappa$ και $\Delta\chi_a=B\chi$, $\Delta\psi_a=B\psi$, $\Delta z_a=Bz$ και, αν θεωρήσουμε ότι το $\Delta\chi_a=B\chi$ σχετίζεται με την κλίμακα, τα 5 στοιχεία αρκούν για τον προσδιορισμό του. Ο **σχετικός προσανατολισμός** είναι ισοδύναμος με τη δημιουργία στερεοσκοπικού μοντέλου, δηλαδή εξασφαλίζει την τοποθέτηση των δύο ομόλογων δεσμών, αυτών που αντιστοιχούν στα ίδια σημεία του αντικειμένου, σε μία θέση όμοια με αυτή που είχαν κατά τη στιγμή της λήψης των φωτογραφιών. Αυτό αποτελεί προϋπόθεση για την παραγωγή του στερεομοντέλου. Το μοντέλο όμως το οποίο παράγεται δεν έχει ούτε την κλίμακα του πραγματικού αλλά ούτε και τη θέση του στο χώρο.

Ο **απόλυτος προσανατολισμός** απαιτεί τη γνώση και την αποκατάσταση και των άλλων στοιχείων, που είναι συνολικά 12, και προσδιορίζει τη θέση του μοντέλου στο χώρο και με τη δεδομένη κλίμακα, δηλαδή στο πραγματικό του μέγεθος. Κατά συνέπεια, μπορούμε να μετρήσουμε επ' αυτού και να έχουμε τα στοιχεία του εδάφους.

6.5.2 Λήψη στερεοζευγών

Η λήψη των στερεοζευγών μπορεί να αποτελεί μία μεθοδική και προσεγμένη εργασία, αλλά μπορεί να αποτελεί και τυχαία διαδικασία, όπως είναι δυνατόν να συμβαίνει με δύο τυχαίες φωτογραφίες αρχείου, οι οποίες όμως μπορεί να είναι και οι μόνες διαθέσιμες. Διακρίνουμε μία σειρά περιπτώσεων:

Οι άξονες των λήψεων είναι παράλληλοι μεταξύ τους, κάθετοι στην παράλληλη στο αντικείμενο βάση. Η πιο απλή περίπτωση είναι όταν οι άξονες των λήψεων είναι παράλληλοι μεταξύ τους και κάθετοι στη βάση.



σχήμα 6.35

Βάση τοποθέτησης δύο
φωτογραμμετρικών μηχανών

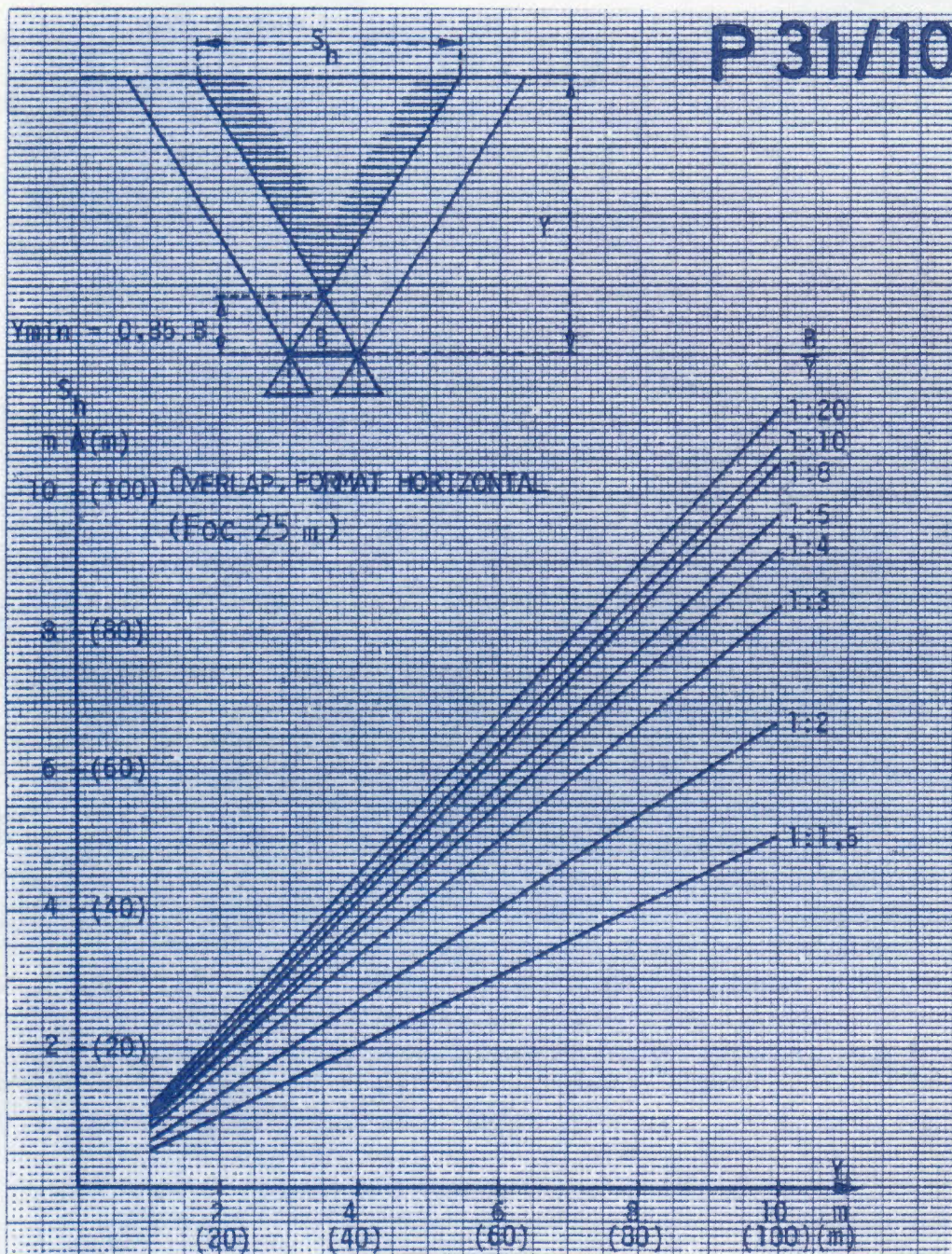
Η διαδικασία είναι σχετικά εύκολη, εφόσον χρησιμοποιούμε μετρητικές μηχανές (φωτοθεοδόλιχοι). Μία σκοπευτική διάταξη μας επιτρέπει να βλέπουμε από την μία φωτογραφική μηχανή την άλλη και έτσι να εξασφαλίζεται η καθετότητα στη βάση των αξόνων, που είναι κάθετοι στην κατεύθυνση που ορίζουν οι σκοπευτικές γραμμές της διάταξης. Μπορούμε να έχουμε άξονες οριζόντιους ή κεκλιμένους κατά γνωστές γωνίες, που συνεπώς θα συνεχίζουν να είναι παράλληλοι, εφόσον έχουν την ίδια κλίση. Επιδιώκουμε η βάση αυτή να είναι παράλληλη προς τη μέση επιφάνεια του προς φωτογράφηση αντικειμένου. Αυτό εξασφαλίζει τις ίδιες σχεδόν κλίμακες, άξονες κάθετους στην βάση αλλά και κάθετους στην προς φωτογράφηση επιφάνεια.

Σημεία που έχουν την ίδια παράλλαξη βρίσκονται στην ίδια απόσταση από τη βάση του ζεύγους. Στο σχ. 6.34 αν $A1A2=B1B2$ τότε και $A1B1=A2B2$. Βλέπουμε ότι το $A1B1$ είναι με το $A2B2$, εφόσον το AB είναι παράλληλο στη βάση και συνεπώς και στα επίπεδα των φωτογραφιών, επειδή $(A1B1/AB)=(A2B2/AB)=c/Y$ και συνεπώς $A1B1=A2B2$. Ισχύει και το αντίστροφο: εφόσον $A1B1=A2B2$, τότε και $YA=YB$. Άρα, τα σημεία που απέχουν ίσα από τη βάση έχουν την ίδια παράλλαξη.

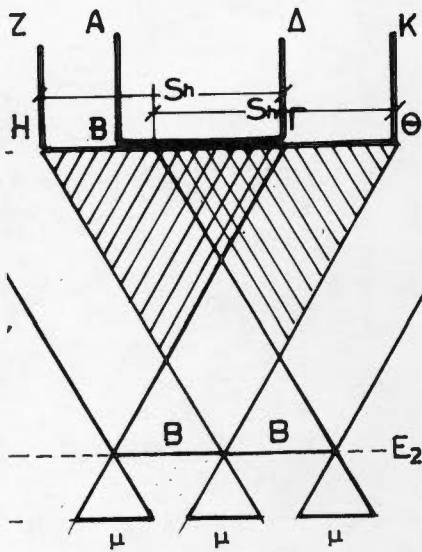
Η βάση μπορεί να κατασκευαστεί έτσι, ώστε να είναι παράλληλη στην όψη. Φέρουμε την $E1E2$, παράλληλη σε απόσταση Y (σχ. 6.37). Η απόσταση αυτή είναι συνάρτηση αφενός της επιθυμητής κλίμακας των φωτογραφιών, αφετέρου της επιθυμητής επικάλυψης του ζεύγους, η οποία θεωρείται καλή όταν είναι σε ένα ποσοστό γύρω στο 60%. Συνήθως ειδικοί πίνακες των μετρητικών μηχανών μας επιτρέπουν τον προγραμματισμό των λήψεων και την δημιουργία των βάσεων. Ειδικά νομογραφήματα (σχ. 6.36) προσδιορίζουν τη σχέση βάσης προς απόσταση B/Y συναρτήσει του μήκους του αντικειμένου που θέλουμε να φωτογραφήσουμε και της απόστασης από αυτό, και κατά συνέπεια, μας δίνουν το μήκος της βάσης.

Παράδειγμα.

Προκειμένου για μηχανή με: $f=100$ mm, format $102,4 \times 127,2$ mm, προκειμένου να καλύψουμε με ένα ζευγάρι ένα μήκος όψης $Sh=10$ μ. από απόσταση Y 10 μ., λαμβάνουμε από το αντίστοιχο διάγραμμα της μηχανής $B/Y=1/6,5$, άρα χρειαζόμαστε μία βάση $B=10 \cdot (1/6,5)=1,54$ μ.



σχήμα 6.36
Νομογράφημα

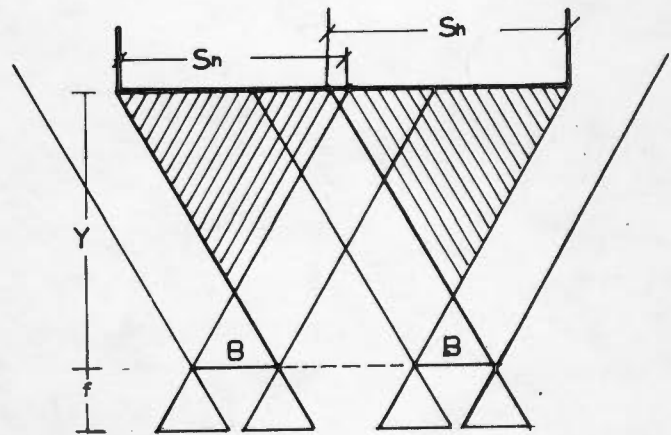


σχήμα 6.37

Φωτογραφική κάλυψη όψης κτιρίου με στερεοζεύγη, που δημιουργούνται από σειρά λήψεων με παράλληλη προς την όψη τοποθέτηση της μηχανής

σχήμα 6.38

Φωτογραφική κάλυψη όψης κτιρίου με στερεοζεύγη (με δύο βάσεις)



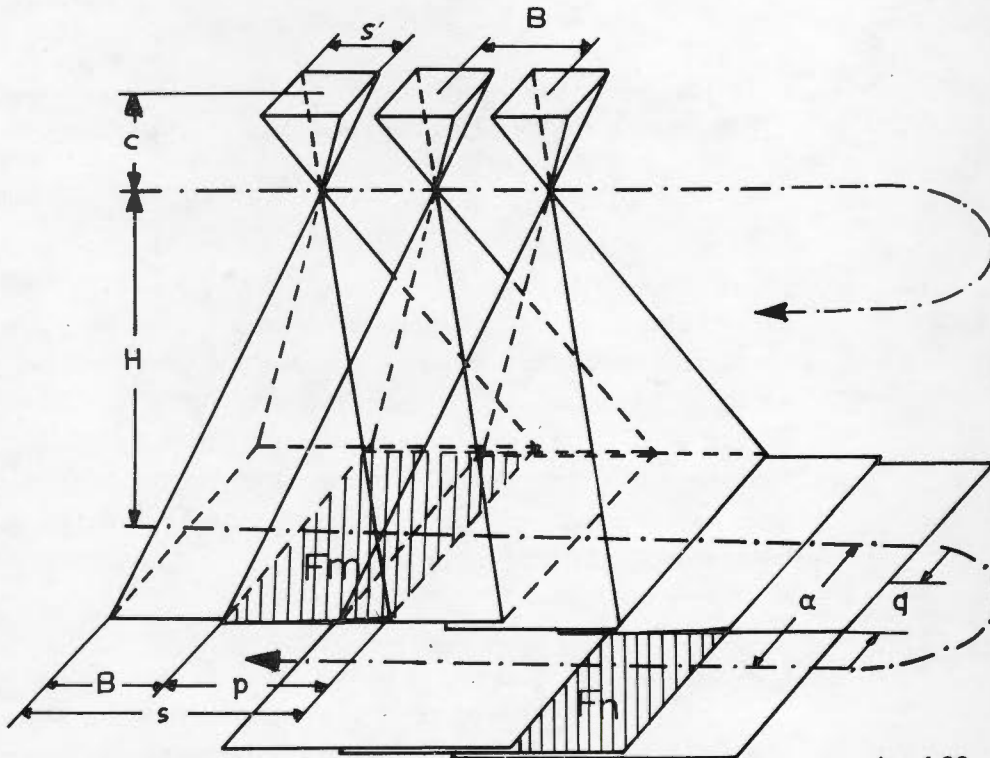
Προκειμένου να απλουστευτεί η διαδικασία κατασκευής βάσεων και εφόσον διαθέτουμε δύο φωτογραφικές κάμερες, μπορούμε να τις τοποθετήσουμε σε ειδική βάση, η οποία θα τοποθετηθεί με οριζόντιο (σχ. 6.35) ή κατακόρυφο προσανατολισμό (για φωτογράφιση οροφών). Οι μηχανές στερεώνονται πάνω σ' αυτήν έχοντας τους άξονες οριζόντιους ή κατακόρυφους (προκειμένου για φωτογράφιση οροφών) και έτσι εξασφαλίζεται η πλήρης παραλληλία των αξόνων. Εάν καταστήσουμε την βάση αυτή παράλληλη με την επιφάνεια της προς αποτύπωση όψης, έχουμε πετύχει και την κάθετη φωτογράφιση. Τα μήκη των βάσεων είναι συνήθως 2, 3, 4 μ. Με δεδομένη τη διάμετρον βάση το προηγούμενο πρόβλημα, που απαιτεί βάση 1,54 μ., θα είχε μικρότερη επικάλυψη και δε θα επαρκούσε για την κάλυψη της όψης με ένα ζευγάρι. Βλέπουμε ότι η βάση των 2 μ. για απόσταση 10 μ. (1:5) θα κάλυπτε 9,70 μ. όψης, που δεν είναι αρκετό. Αν η βάση απομακρυνόταν στα 11 μ. (1:5,5), τότε θα κάλυπτε 10,60 μ. μήκους όψης S_h , που επαρκεί.

Είναι πιθανόν να απαιτηθεί και άλλο ζευγάρι, προκειμένου να ολοκληρωθεί η κάλυψη της όψης. Για λόγους οικονομίας και ευκολίας στην απόδοση θα πρέπει η νέα βάση να είναι συνέχεια της προηγούμενης και η μία φωτογραφία να αποτελέσει τη δεύτερη του επόμενου ζεύγους. Έτσι η δεξιά του προηγούμενου θα είναι η αριστερή του επόμενου (σχ. 6.37). Η εργασία θα συνεχιστεί με τον ίδιο τρόπο μέχρι να καλυφθεί όλη η επιφάνεια με φωτογραφίες στερεοζευγών. Εφόσον χρησιμοποιούμε την ίδια βάση με την προηγούμενη, θα πρέπει να εξασφαλιστούν:

- α) Η τοποθέτηση της νέας βάσης στην ίδια απόσταση από την όψη και παράλληλα με αυτήν, δηλαδή στη συνέχεια της ευθυγραμμίας της προηγούμενης. β) Το επικαλυπτόμενο τμήμα (S_h) στα δύο ζευγάρια να έχει επικάλυψη (σχ. 6.38).

6.5.3 Απόδοση στερεοζευγών

Αντίστοιχα στις αεροφωτογραφίες επιδιώκεται να είναι σταθερό το ύψος πτήσης, η ταχύτητα επίσης σταθερή και οι φωτογραφίες να λαμβάνονται κατά κανονικά διαστήματα, έτσι ώστε η βάση να είναι τέτοια, που να εξασφαλίζει ικανοποιητική επικάλυψη (σχ. 6.39, p , F_m). Κάθε φωτογραφία αποτελεί ζευγάρι με την επόμενη της και το σύνολο της έκτασης καλύπτεται με πρόσθετες σειρές παράλληλων πτήσεων σε απόσταση τέτοια, ώστε να εξασφαλίζεται μία πλάγια επικάλυψη (q) μεταξύ 10% και 30%.



σχήμα 6.39

Σχηματική λήψη αεροφωτογραφιών

Στις επίγειες φωτογραφίες, εφόσον απαιτείται και δεύτερη καθ' ύψος σειρά, η απόδοση μπορεί να γίνει με κεκλιμένους άξονες ίσης γωνίας κλίσης ή μπορεί να υπερυψωθεί η μηχανή με διάφορους μηχανισμούς και να ληφθεί πρόσθετη σειρά, επίσης με οριζόντιους άξονες. Στις φωτογραφίες χαμηλού ύψους είναι δύσκολος ο έλεγχος των βάσεων. Μπορεί όμως να επιτευχθεί, εάν δε φυσάει δυνατός αέρας και εάν υπάρχει σωστός προγραμματισμός.

Στις μη μετρικές μηχανές δεν είναι εύκολο να ακολουθηθούν οι διατάξεις αυτές. Μπορεί ωστόσο να επιδιωχθεί να ακολουθηθούν, όσο είναι δυνατόν, χωρίς συνήθως να βρισκουμε στοιχεία που να τις στηρίζουν. Για το λόγο αυτό συνήθως ακολουθούμε τις αποδόσεις της επόμενης περίπτωσης.

Ένα στερεοζεύγος που κατασκευάζεται με τους παραπάνω τρόπους παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα: α) Γνωστό σχετικό προσανατολισμό, δηλαδή τη σχετική θέση των δύο αξόνων της φωτογραφίας. β) Γνωστό απόλυτο προσανατολισμό, δηλαδή τη θέση του αντικειμένου στο χώρο.

Για την περίπτωση την οποία αναφέραμε οι διαφορές στα στοιχεία του σχετικού προσανατολισμού Δω, Δφ, Δκ είναι θεωρητικά μηδενικές, ενώ, εφόσον αναφερόμαστε σε ίσης απόστασης θέσεις των βάσεων, και τα στοιχεία Βψ, και Βζ έχουν μηδενικές τιμές. Έτσι, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι τα συστήματα συντεταγμένων εδάφους και εικόνας είναι παράλληλα.

- **Στερεοζεύγος, που οι άξονες των φωτογραφιών παρουσιάζουν αποκλίσεις μεταξύ τους τόσο, όσο και η βάση του σε σχέση με το επίπεδο του αντικειμένου.**

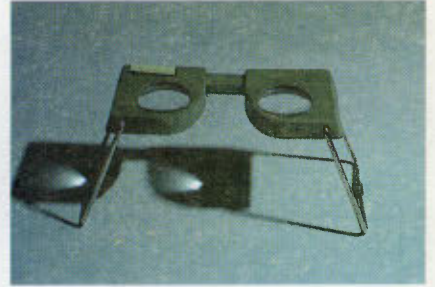
Στην περίπτωση αυτή θα κατατάσσαμε όλα τα στερεοζεύγη, τα οποία παρουσιάζουν στοιχεία στροφών που έχουν σχέση τόσο με το σχετικό προσανατολισμό του ζεύγους όσο και με τα στοιχεία που έχουν οι στρόφες της βάσης σε σχέση με το σύστημα των συντεταγμένων, το οποίο σχετίζεται φυσικά με τη θέση του αντικειμένου. Όσα αναφέρονται στην περίπτωση αυτή για την απόδοση καλύπτουν και την προηγούμενη, ωστόσο η απλούστερη αναπαραγωγή αναλογικά και αναλυτικά του μοντέλου είναι πολύ πιο εύκολα πραγματοποιήσιμη στην προηγούμενη περίπτωση.

- **Απόδοση στερεοζεύγους οι άξονες των λήψεων του οποίου είναι παράλληλοι μεταξύ τους, κάθετοι στην παράλληλη στο αντικείμενο βάση (κανονική περίπτωση)**

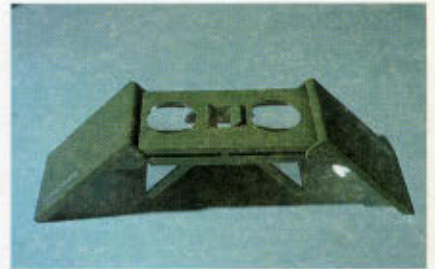
Στην περίπτωση αυτή η απόδοση απλουστεύει τόσο τους μαθηματικούς υπολογισμούς για την επίλυση των προβλημάτων, όσο και την προετοιμασία για την απόδοση του ζεύγους στα όργανα. Η στερεοσκοπική παρατήρηση του ζεύγους είναι απλούστερη. Όπως απλούστερη είναι και η μέτρηση των παραλλάξεων επί των φωτογραφιών. Θα δώσουμε εδώ ορισμένες διευκρινήσεις πάνω στις δύο αυτές έννοιες.

● **Μέσα και τρόποι στερεοσκοπικής όρασης**

Τα μάτια μας μέσα στον τρισδιάστατο χώρο που ζούμε μας δίνουν μία τρισδιάστατη εικόνα, αφού οι εισερχόμενες ακτίνες προέρχονται από διαφορετικό βάθος. Έτσι, η εικόνα που έχουμε, όταν βλέπουμε με τα δύο μάτια, διαφέρει σημαντικά από αυτήν που έχουμε, όταν βλέπουμε με το ένα. Αυτό θα το αντιληφθούμε, αν κλείσουμε το ένα μάτι και στη συνέχεια το άλλο. Θα διαπιστώσουμε τότε, ότι η θέση των αντικειμένων μεταβάλλεται από τη μία στην άλλη εικόνα. Τελικά, η θέση στην οποία βλέπουμε το αντικείμενο είναι αυτή της τομής των ακτίνων, που αντιστοιχούν στις δύο θέσεις του αντικειμένου, μία από το κάθε μάτι. Αντίστοιχο είναι και το φαινόμενο που παρατηρούμε στο σχ. 6.41, όπου αν τα δύο κυκλικά σχήματα παρατηρηθούν δια γυμνού οφθαλμού ή με τη βοήθεια ενός στερεοσκοπίου τσέπης, δίνουν διαφορετικά βάθη για τα είδωλα των επί μέρους σχημάτων.

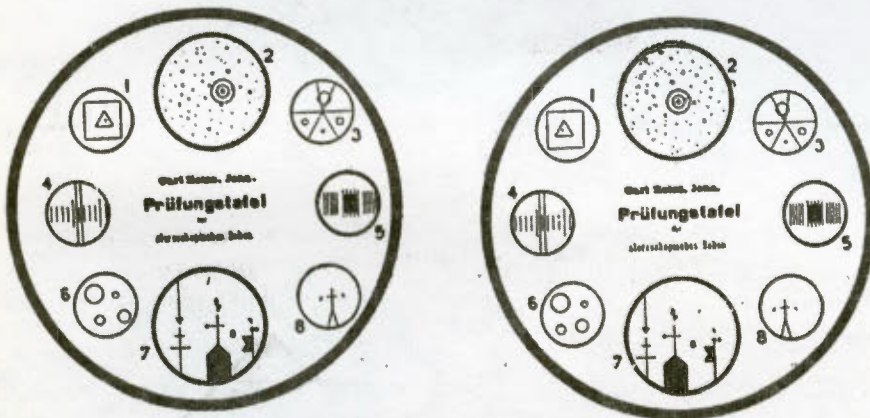


σχήμα 6.40
Στερεοσκόπιο τσέπης



σχήμα 6.42
Στερεοσκόπιο κατοπτρικό

Τα στερεοσκόπια είναι όργανα τα οποία μας παρέχουν τη δυνατότητα να αποκαθιστούμε απλά και γρήγορα τον σχετικό προσανατολισμό δύο φωτογραφιών και συνεπώς να έχουμε τομή στο χώρο των ομόλογων δεσμών και να βλέπουμε στερεοσκοπικά. Τα σχήματα 6.41, 6.42, 6.43, 6.44 δείχνουν τέσσερις τύπους στερεοσκοπιών.



σχήμα 6.41



σχήμα 6.43

Σtereοσκόπιο με ράβδο μέτρησης
παραλλάξεων με γραφίδα

Το σχήμα 6.40 δείχνει ένα απλό στερεοσκόπιο τσέπης. Η μεγέθυνση που κάνει το στερεοσκόπιο αυτό είναι της τάξεως του $2X$ και η απόσταση στην οποία μπορούμε να τοποθετήσουμε τις φωτογραφίες είναι δεσμευτική και εξαρτάται από την απόσταση των οφθαλμών του παρατηρητή.

Το σχήμα 6.42 δείχνει ένα κατοπτρικό στερεοσκόπιο, το οποίο δε βλέπει άμεσα τις φωτογραφίες, αλλά αφού η εικόνα τους ανακλαστεί σε δύο παράλληλους καθρέφτες τοποθετημένους με κλίση 45° . Η μεγέθυνση είναι αντίστοιχη του προηγούμενου, αλλά η παρουσία των καθρεφτών επιτρέπει την απομάκρυνση των φωτογραφιών και, συνεπώς, την ανετότερη παρατήρηση.

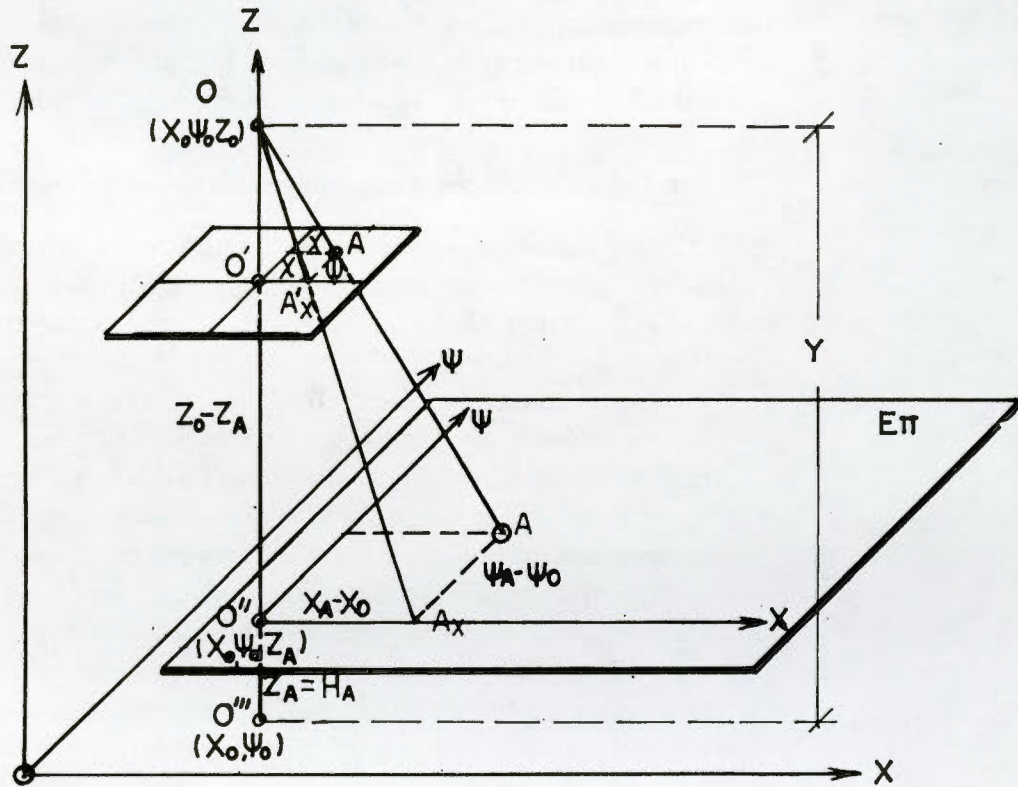
Το σχήμα 6.43 δείχνει ένα κατοπτρικό στερεοσκόπιο εφοδιασμένο με διόπτρες, έχει μεγαλύτερη μεγέθυνση, διπλούς καθρέφτες, όπως το προηγούμενο, αλλά η απόσταση μεταξύ των φωτογραφιών είναι μεγαλύτερη. Επιπλέον το στερεοσκόπιο αυτό είναι εφοδιασμένο με ράβδο μέτρησης παραλλάξεων και γραφίδα προσαρμοσμένη στο μέσον της για να γράφει το σχήμα του αντικειμένου που περιγράφεις στο στερεόγραμμα.



σχήμα 6.44

Σtereοσκόπιο με ράβδο μέτρησης

Όμοιο με το προηγούμενο είναι και το στερεοσκόπιο του σχ. 6.44, του οποίου όμως η γραφίδα είναι απομακρυσμένη από τη ράβδο παράλληλης και το όλο σύστημα κινείται επάνω σε δύο βαρείς μεταλλικούς τροχούς που του δίνουν αδράνεια και σταθερή θέση τόσο κατά τη μέτρηση των παραλλάξεων όσο και κατά τη σχεδίαση.



σχήμα 6.45

Προσδιορισμός συντεταγμένων αντικειμένου

• Η **ράβδος μέτρησης** των παραλλάξεων μπορεί να μας δίνει τις παραλλάξεις των ομόλογων σημείων, γεγονός που βοηθάει σε υπολογισμούς απόδοσης των φωτογραφιών. Η ράβδος αυτή είναι εφοδιασμένη με ορθογώνια γυαλάκια στη θέση των σημείων που είναι χαραγμένα με σημεία σε σχήμα σταυρού ή κουκκίδων και φέρουν ενδείξεις ανάγνωσης του μήκους μεταξύ των σημείων, που ταυτίζονται οι χαραγές στα γυαλάκια. Παραλλάξεις μετράνε και οι συγκριτές, τα φωτογραμμετρικά όργανα και τα συστήματα φωτογραμμετρικής απόδοσης. Με την επίτευξη επαφής με το αντικείμενο στο στερεόγραμμα, μπορούμε να χαράξουμε μορφολογικές καμπύλες του αντικειμένου. Όχι υψομετρικές, διότι αυτό απαιτεί απόλυτα και όχι απλά σχετικά προσανατολισμένα ζευγάρια.

• Τρόποι απόδοσης κανονικής περίπτωσης

Στην περίπτωση αυτή έχουμε: α) παραλληλία αξόνων εδάφους και εικονοσυντεταγμένων, β) τα ομόλογα σημεία παρουσιάζουν παράλλαξη μόνο ως προς X , ενώ οι παραλλάξεις τους προς Ψ είναι 0,00

Υπό τις συνθήκες αυτές και μόνο από μία φωτογραφία, αν γνωρίζουμε την c της φωτογραφίας ή την f του αρνητικού, είναι εύκολο να προσδιοριστούν οι συντεταγμένες του αντικειμένου με βάση τα ακόλουθα: (βλ. σχ. 6.45). Εάν είναι ένα σημείο A σε ύψος $Z_A=H$ από την επιφάνεια του αντικειμένου (μέσο επίπεδο, κατακόρυφο για επίγειες, οριζόντιο για εναέριες). Αν x, ψ οι εικονοσυντεταγμένες, X_0, Ψ_0, Z_0 οι συντεταγμένες του κέντρου λήψης. Φέρουμε ένα επίπεδο E_n παράλληλο προς την επιφάνεια του αντικειμένου. Λόγω της παραλληλίας της φωτογραφίας, από τα όμοια τρίγωνα $OO'A_X'$ και $OO''A_X$ έπεται:

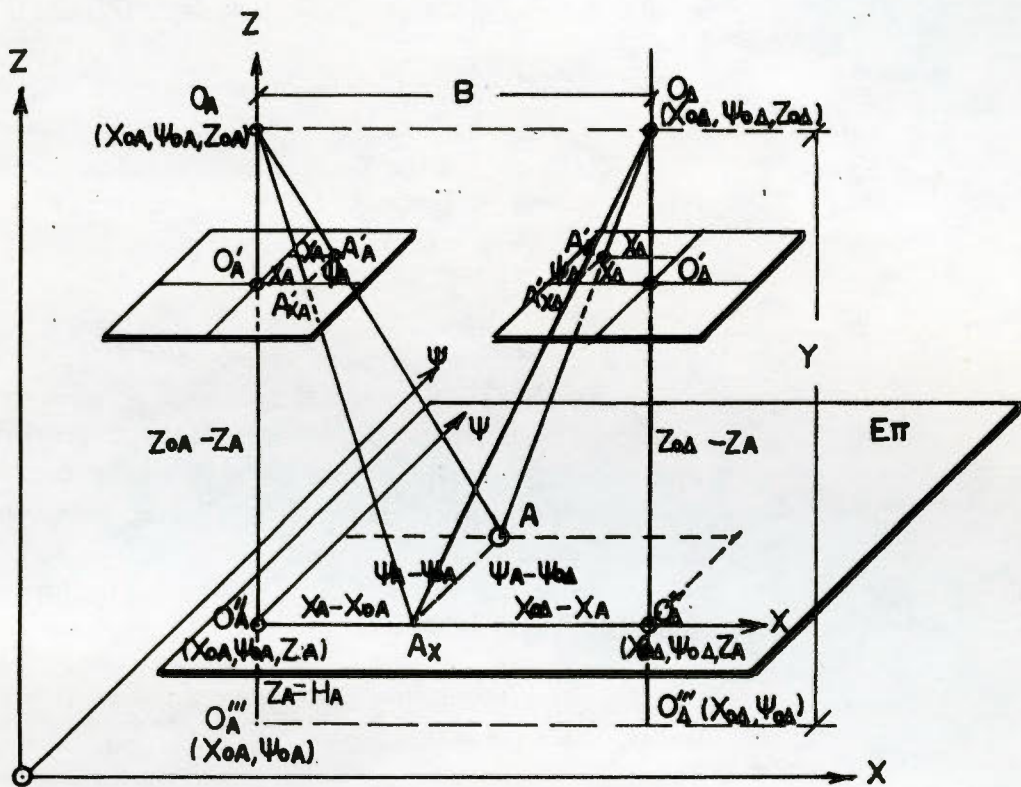
$[(X_A - X_0)/x] = (Z_0 - Z_A)/c$ (1) και από τα τρίγωνα $OAX'A'$ και $OAXA$ έχουμε:

$[(\Psi_A - \Psi_0)/\psi] = OAx/OAx' = (Z_0 - Z_A)/c$ (2). Οι (1) και (2) δίνουν:

$$[(X_A - X_0)/x] = [(\Psi_A - \Psi_0)/\psi] = (Z_0 - Z_A)/c \quad (3).$$

Οι 2 εξισώσεις, που απορρέουν από τις σχέσεις (3) έχουν 3 αγνώστους και για το λόγο αυτό θα πρέπει να μην υπάρχει ένας άγνωστος. Αν το επίπεδο του αντικειμένου δεν παρουσιάζει ανάγλυφο $Z_A=0$ και η σχέση (3) γίνεται: $[(X_A - X_0)/x] = [(\Psi_A - \Psi_0)/\psi] = Z_0/c$ (4) με 2 αγνώστους τα X_A, Ψ_A .

Έστω ότι η συντεταγμένη Z του σημείου μπορεί να προσδιοριστεί, π.χ. πρόκειται για σημεία των οποίων η απόσταση από την επιφάνεια του αντικειμένου είναι γνωστή, (μπαλκόνι, εξοχή κ.τ.λ.) και έστω ότι αυτή είναι HA .



σχήμα 6.46

Προσδιορισμός συντεταγμένων αντικειμένου

Οι εξισώσεις (3) δίνουν:

$$\chi_A = \chi_O + [(Z_O - H_A)/c] \times x \quad (5) \quad \text{και} \quad \psi_A = \psi_O + [(Z_O - H_A)/c] \times \psi \quad (6).$$

Αν διαθέτουμε ζευγάρι. Στο σχ. 6.46 η προηγούμενη εικόνα έχει θεωρηθεί αριστερή και έχει προστεθεί μία δεύτερη, ως δεξιά, με την κανονική διάταξη. Αν στις συντεταγμένες του τύπου (3) θεωρήσουμε τα χ_A , ψ_A και χ_D , ψ_D εικονοσυντεταγμένες του Α στην αριστερή και δεξιά εικόνα αντίστοιχα και $O_A(\chi_{OA}, \psi_{OA}, Z_{OA})$ και $O_D(\chi_{OD}, \psi_{OD}, Z_{OD})$ σημεία λήψης των δύο φωτογραφιών και συντεταγμένες τους, έχουμε:

Από τη φωτογραφία της αριστερής λήψης τις σχέσεις:

$$[(\chi_A - \chi_{OA})/\chi_A] = [(\psi_A - \psi_{OA})/\psi_A] = (Z_{OA} - Z_A)/c \quad (7), \quad \text{που δίνουν 2 εξισώσεις.}$$

Από τη δεξιά λήψη, από τα όμοια τρίγωνα $O_D O_A' A \chi_A'$ και $O_D O_D'' A \chi$ έχουμε $[(\chi_{OD} - \chi_A)/\chi_D] = (Z_{OD} - Z_A)/c$ (8). Επίσης από $O_D A' \Delta A \chi_A'$ και $O_D A A \chi$ έχουμε $[(\psi_A - \psi_{OD})/\psi_D] = (Z_{OD} - Z_A)/c$ (9), που δίνουν 2 εξισώσεις. Επειδή $Z_{OA} = Z_{OD} = Z_O = Y$, οι σχέσεις (7), (8), (9) γίνονται:

$$[(\chi_A - \chi_{OA})/\chi_A] = [(\psi_A - \psi_{OA})/\psi_A] = [(\chi_{OD} - \chi_A)/\chi_D] = [(\psi_A - \psi_{OD})/\psi_D] = (Z_O - Z_A)/c \quad (10)$$

Από την παραπάνω σχέση προκύπτουν 4 εξισώσεις από τις οποίες μπορούμε να προσδιορίσουμε τις τρεις συντεταγμένες και είναι φανερό ότι, εφόσον θέλουμε 3 στοιχεία, όπως π.χ. οι συντεταγμένες των σημείων λήψης (6 άγνωστοι), θα πρέπει να γνωρίζουμε τις συντεταγμένες εδάφους και εικόνας 2 σημείων.

Με τα δεδομένα που έχουμε δεχθεί για τη συγκεκριμένη διάταξη έχουμε:

$$\psi_{OA} = \psi_{OD} = \psi_O, \quad \chi_{OD} = \chi_{OA} + B = \chi_O + B, \quad \psi_A = \psi_D = \psi$$

$$[(\chi_A - \chi_O)/\chi_A] = [(\psi_A - \psi_O)/\psi_A] = [(\chi_O + B - \chi_A)/\chi_D] = (Z_O - Z_A)/c =$$

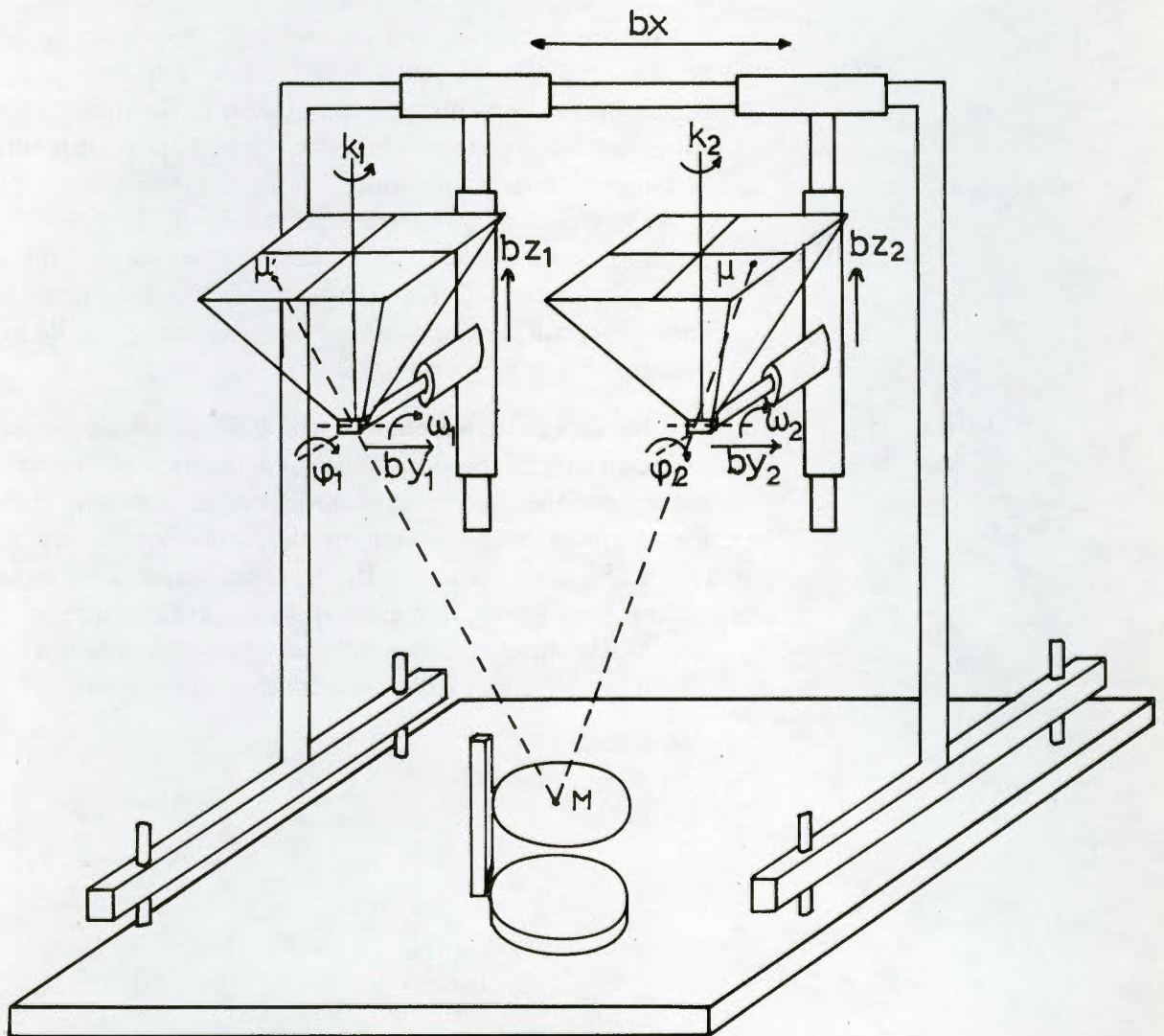
$$(\chi_A - \chi_O + \chi_O + B - \chi_A)/(\chi_A + \chi_D) = B/\Pi\chi_A \quad (11), \quad \text{με πρόσθεση αριθμητών και παρανομαστών του 1ου και 3ου μέλους της αναλογίας, όπου } \Pi\chi_A \text{ η παράλλαξη κατά } \chi \text{ του } A \text{ στις δύο εικόνες,}^* \text{ και συνεπώς:}$$

$$(\chi_A - \chi_O)/\chi_A = B/\Pi\chi_A \quad \text{και} \quad \chi_A = \chi_O + (B/\Pi\chi_A) \times \chi_A \quad (12)$$

$$[(\psi_A - \psi_O)/\psi_A] = B/\Pi\chi_A \quad \text{και} \quad \psi_A = \psi_O + (B/\Pi\chi_A) \times \psi_A \quad (13)$$

$$(Z_O - Z_A)/c = B/\Pi\chi_A \quad \text{και} \quad Z_A = Z_O - (B/\Pi\chi_A) \times c \quad (14)$$

*Υπενθυμίζουμε ότι η παράλλαξη ισούται με τη διαφορά των συντεταγμένων κατά χ και κατά ψ , δηλαδή η κατά χ παράλλαξη $\Pi\chi = \chi_A - \chi_D$ και $\Pi\psi = \psi_A - \psi_D$. Στην προκειμένη περίπτωση αθροίστηκαν οι απόλυτες τιμές των χ_A και χ_D , αφού η συντεταγμένη χ_D , όπως προέκυψε από το σχήμα, είχε αρνητική τιμή.



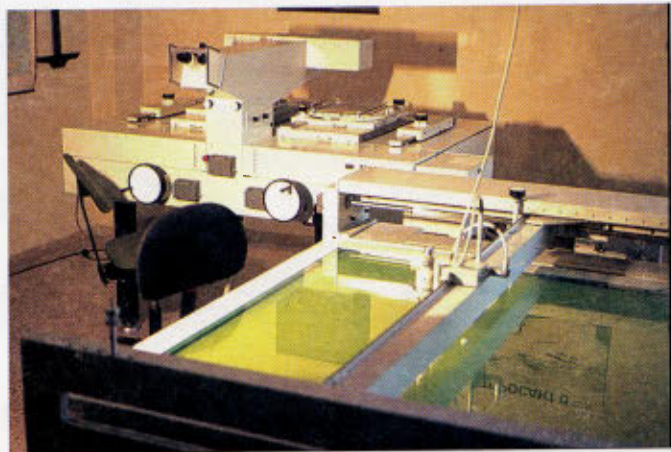
σχήμα 6.47

Μοντέλο λειτουργίας αναλογικού στερεοαναγωγικού οργάνου

● Απόδοση στερεοζεύγους, που τόσο οι άξονες των φωτογραφιών παρουσιάζουν αποκλίσεις μεταξύ τους, όσο και η βάση του σε σχέση με το επίπεδο του αντικειμένου (γενική περίπτωση)

Η γενική αυτή περίπτωση αντιμετωπίζεται με μία σειρά από μεθόδους και φωτογραμμετρικά μηχανήματα, όπως τα αναλογικά στεροαναγωγικά μηχανήματα, οι αναλυτικές μέθοδοι και τα αναλυτικά μηχανήματα και οι ψηφιακές μέθοδοι. Η επίλυση του προβλήματος στην ουσία συνίσταται στην αποκατάσταση του σχετικού και του απόλυτου προσανατολισμού. Ο σχετικός προσανατολισμός επιτυγχάνεται με την αλληλοτομία των ομόλογων ακτίνων, με την οποία επιτυγχάνεται το στερεοσκοπικό μοντέλο. Ο απόλυτος προσανατολισμός αντιμετωπίζει και τις 12 παραμέτρους του προβλήματος, όπως προαναφέραμε, και αποκαθιστά την κλίμακα και τη θέση του αντικειμένου στο χώρο.

● Με τα αναλογικά όργανα (σχ. 6.47) η στεροαναγωγική απόδοση γίνεται σε δύο φάσεις επιτυγχάνοντας το σχετικό και τον απόλυτο προσανατολισμό. Παρέχουν επίσης τη δυνατότητα τριών στροφών και τριών μετατοπίσεων στο χώρο (σχ. 6.48), ώστε να επιτευχθεί το αποτέλεσμα. Στην αρχή γίνεται η τοποθέτηση των φωτογραφιών στο όργανο, σε ειδικές θέσεις, τους εικονοφορείς, και εισάγεται η εστιακή απόσταση με την οποία έχουν ληφθεί οι φωτογραφίες.



σχήμα 6.48
Αναλογικό όργανο

Στη συνέχεια αποκαθίσταται ο σχετικός προσανατολισμός των φωτογραφιών, δηλαδή επιτυγχάνεται μεταξύ των δύο φωτογραφιών η σχετική θέση που είχαν οι κάμερες κατά τη στιγμή της λήψης. Ο προσανατολισμός αυτός επιτυγχάνεται, εμπειρικά με την εξάλειψη των παραλλάξεων κατά Χ (ο-

ριζόντια PX) και Ψ (κατακόρυφη $P\Psi$) και με τη διόρθωση των γωνιών ω , ϕ , κ , που αναφέρονται στις μεταξύ των φωτογραφιών του ζεύγους αποκλίσεις, Τα στοιχεία της βάσης bX , $b\Psi$, bZ , όπως και οι ω , ϕ , κ ρυθμίζονται με ειδικά κομβία του οργάνου, ενώ η κίνηση κατά X και Ψ γίνεται με χειροστροφάλους και του Z με ποδοστρόφαλο. Η αποκατάσταση του σχετικού προσανατολισμού μας παρέχει στερεοσκοπική όραση. Ακολουθεί ο απόλυτος προσανατολισμός του οργάνου, με προσδιορισμό της κλίμακας του μοντέλου, καθώς και της κλίμακας σχεδίασης. Ακολουθεί οριζοντίωση του μοντέλου, με υπολογιστικό ή εμπειρικό τρόπο, με τη βοήθεια 4 και 6 φωτοσταθερών, καθώς και διαγράμματος. Μετά την αποκατάσταση και του απόλυτου προσανατολισμού αποδίδεται σχεδιαστικά το αντικείμενο, με περιφορά στα σημεία λεπτομερειών μίας μάρκας (ιπτάμενη μάρκα) ενσωματωμένης στο οπτικό σύστημα του οργάνου, δηλαδή ενός σημείου, που το κινεί ο χειριστής με κινήσεις των X και Ψ (με τους χειροστροφάλους), καθώς και του Z (με τον ποδοστρόφαλο). Με τη μεταφορά της κίνησης με μηχανικό τρόπο σε μία τράπεζα σχεδίασης έχουμε την απόδοση του σχεδίου. Ένας ορθοφωτογράφος ενσωματωμένος, στο όργανο μπορεί να μας δώσει ορθοφωτογραφία υπό κλίμακα, πραγματοποιώντας διαφορικές, (σε μικρά τμήματα) αναγωγές της εικόνας.

Είναι δυνατόν με την ενσωμάτωση καταγραφικών μονάδων στο όργανο να έχουμε, με χρήση κατάλληλων προγραμμάτων, το σχέδιο σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Αυτό μπορεί να γίνει μετά την αποκατάσταση του σχετικού προσανατολισμού του μοντέλου ή μετά και την ολοκλήρωση και του απόλυτου. Με τον καθορισμό μέσω της ιπτάμενης μάρκας ενός αριθμού σημείων, συνήθως 6, και την ηλεκτρολόγηση στον υπολογιστή των συντεταγμένων εδάφους, επιτυγχάνεται ο αυτόματος οπτικομηχανικός σχετικός προσανατολισμός του ζεύγους. Στη συνέχεια, μπορούμε να έχουμε στον υπολογιστή τις συντεταγμένες εδάφους για κάθε σημείο του μοντέλου, αρκεί να το παρατηρήσουμε, να τοποθετήσουμε σ' αυτό τη μάρκα και να πατήσουμε ένα ειδικό πλήκτρο. Εφόσον δεν έχουμε πραγματοποιήσει τον απόλυτο προσανατολισμό, το πρόγραμμα μας δίνει στοιχεία για την αποκατάστασή του, χωρίς αυτό να είναι απαραίτητο για την αναλυτική λήψη των δεδομένων. Γίνεται όμως εύκολος ο απόλυτος προσανατολισμός για μία αναλογική απόδοση (π.χ. χάραξη καμπυλών). Με τη διαδικασία αυτή μπορούμε να έχουμε ψηφιακή καταγραφή του αντικειμένου (DTM Digital Terrain Model), και περαιτέρω επεξεργασία του με λήψη όψεων, κατόψεων, τομών, καθώς και εμπλουτισμό τους μέσω περιφερειακών μονάδων. Η επέμβαση αυτή στα αναλογικά όργανα αποτελεί μία εξέλιξη

τους, που επιτρέπει τον εκσυγχρονισμό τους. Πρόσφατα έχουν μετατραπεί πολλά από τα παλιά αυτά όργανα σε αναλυτικά.

Ένα μειονέκτημα των αναλογικών στερεοαναγωγικών οργάνων είναι ότι δεσμεύονται ως προς τη διάταξη των λήψεων των φωτογραφιών από μικρές αποκλίσεις μεταξύ των στοιχείων τους, αλλά και σε σχέση με το αντικείμενο (κλίση άξονα λήψης ή βάσης), δηλαδή με μικρές τιμές γωνιών της τάξης των 5G. Στις κατακόρυφες γωνίες η κατάσταση βελτιώνεται με διορθωτές κλίσης.

● Με αναλυτική και ψηφιακή μέθοδο

Η προβολική γεωμετρία αναφέρει ότι, όταν 5 από τα άπειρα ζεύγη δύο προβολικών δεσμών στο χώρο τέμνονται, τότε τέμνονται και τα υπόλοιπα. Η σχέση προβολικότητας στο χώρο δίνεται από τις εξισώσεις του άμεσου γραμμικού μετασχηματισμού:

$$x = (L_1X + L_2\Psi + L_3Z + L_4) / (L_9X + L_{10}\Psi + L_{11}Z + 1) \quad (1) \quad \text{και} \\ \psi = (L_5X + L_6\Psi + L_7Z + L_8) / (L_9X + L_{10}\Psi + L_{11}Z + 1) \quad (2)$$

Οι 11 προβολικοί συντελεστές ($L_i, i=1-11$) απαιτούν για τον υπολογισμό τους 6 τουλάχιστον φωτοσταθερά τα οποία εξασφαλίζουν 12 εξισώσεις*.

Στα αναλυτικά και ψηφιακά όργανα απόδοσης, για τον υπολογισμό της παράλλαξης εφαρμόζεται ο ίδιος αλγόριθμος. Πληκτρολογούνται 5 σημεία σε κάθε φωτογραφία από το ζευγάρι και το σύστημα υπολογίζει τις 5 παραμέτρους του σχετικού προσανατολισμού. Έτσι, παρουσιάζεται το στερεοσκοπικό μοντέλο. Η σκόπευση των 5 σημείων κατά τον προσδιορισμό του εσωτερικού προσανατολισμού μπορεί να γίνεται με στερεοσκοπική όραση αλλά και σε πολλά, κυρίως ψηφιακά συστήματα, με διαφορετική πληκτρολόγηση ομόλογων σημείων σε κάθε φωτογραφία.

*Εάν θέλουμε να συμπεριλάβουμε στη γενική επίλυση και έναν συντελεστή που ανταποκρίνεται στην ακτινική διαστρόφη του φακού μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αντί των (1) και (2) τις εξής:
 $x + x'K_1r = (L_1X + L_2\Psi + L_3Z + L_4) / (L_9X + L_{10}\Psi + L_{11}Z + 1) \quad (3) \quad \text{και}$
 $\psi + \psi'K_1r = (L_5X + L_6\Psi + L_7Z + L_8) / (L_9X + L_{10}\Psi + L_{11}Z + 1) \quad (4), \quad \text{όπου } x' = x - x_0$
 $, \psi' = \psi - \psi_0, \quad r^2 = x'^2 + \psi'^2 \quad \text{και } K_1 \text{ πρόσθετος συντελεστής διαστρόφης.}$
 Οι 12 αυτοί συντελεστές ικανοποιούνται με τα 6 σημεία φωτοσταθερών. Ωστόσο για τις αρχιτεκτονικές και αρχαιολογικές εφαρμογές οι σχέσεις (1) και (2) κρίνονται επαρκείς.

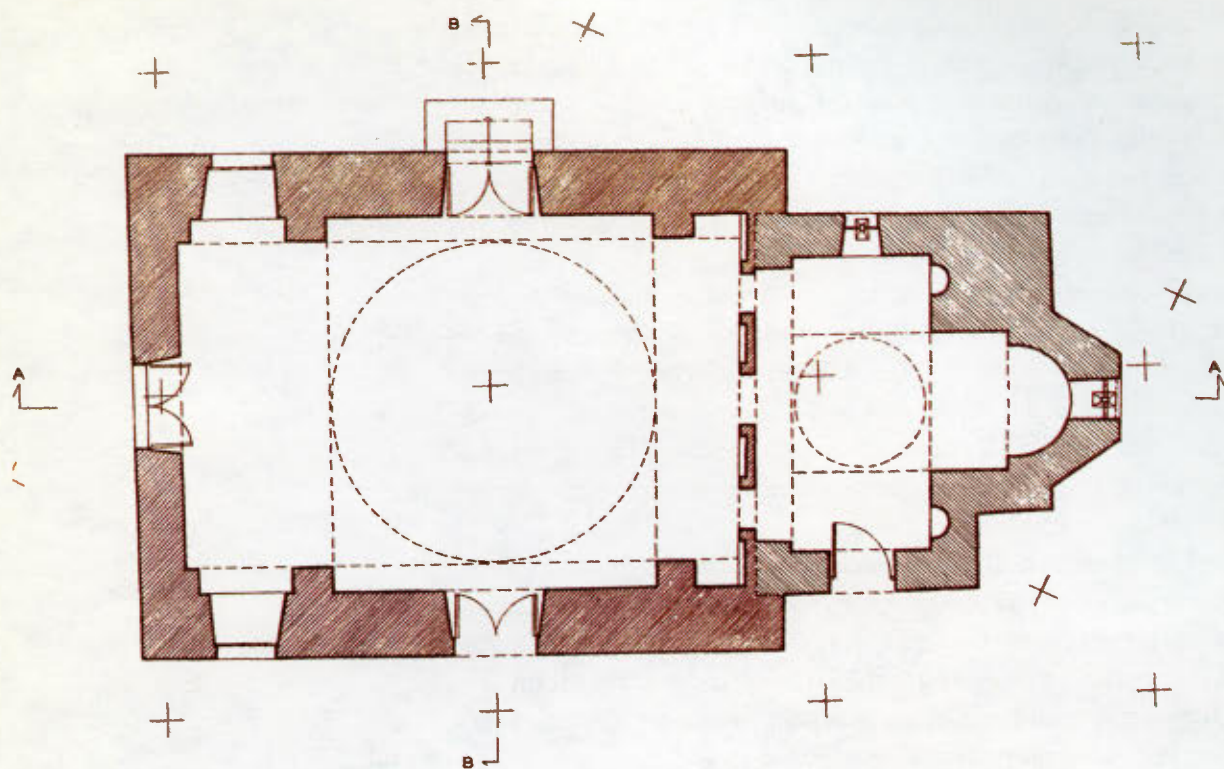
Ο βαθμός ελευθερίας διαφέρει από σύστημα σε σύστημα και φτάνει μέχρι τη χρήση φωτογραφιών άλλης κλίμακας και διαφορετικών στοιχείων λήψης (μηχανής κ.λ.τ.). Το αποτέλεσμα είναι ένας σχετικός προσανατολισμός και η χορήγηση των στοιχείων μετατόπισης, ήτοι των $\Delta\chi$, $\Delta\psi$, ΔZ και των στροφών και $\Delta\omega$, $\Delta\phi$, $\Delta\kappa$ της αριστερής φωτογραφίας σε σχέση με τη δεξιά.

Ο σχετικός προσανατολισμός κάνοντας χρήση των 5 από τους 12 συνολικά βαθμούς ελευθερίας, αποκαθιστά το σχήμα του αντικειμένου. Ο απόλυτος προσανατολισμός απαιτεί τον προσδιορισμό και των υπόλοιπων 7 στοιχείων. Προσδιορίζεται έτσι το μέγεθος και η θέση του σχήματος, αποκαθιστώντας τη σχέση των δύο τρισδιάστατων συστημάτων, του μοντέλου και του αντικειμένου.

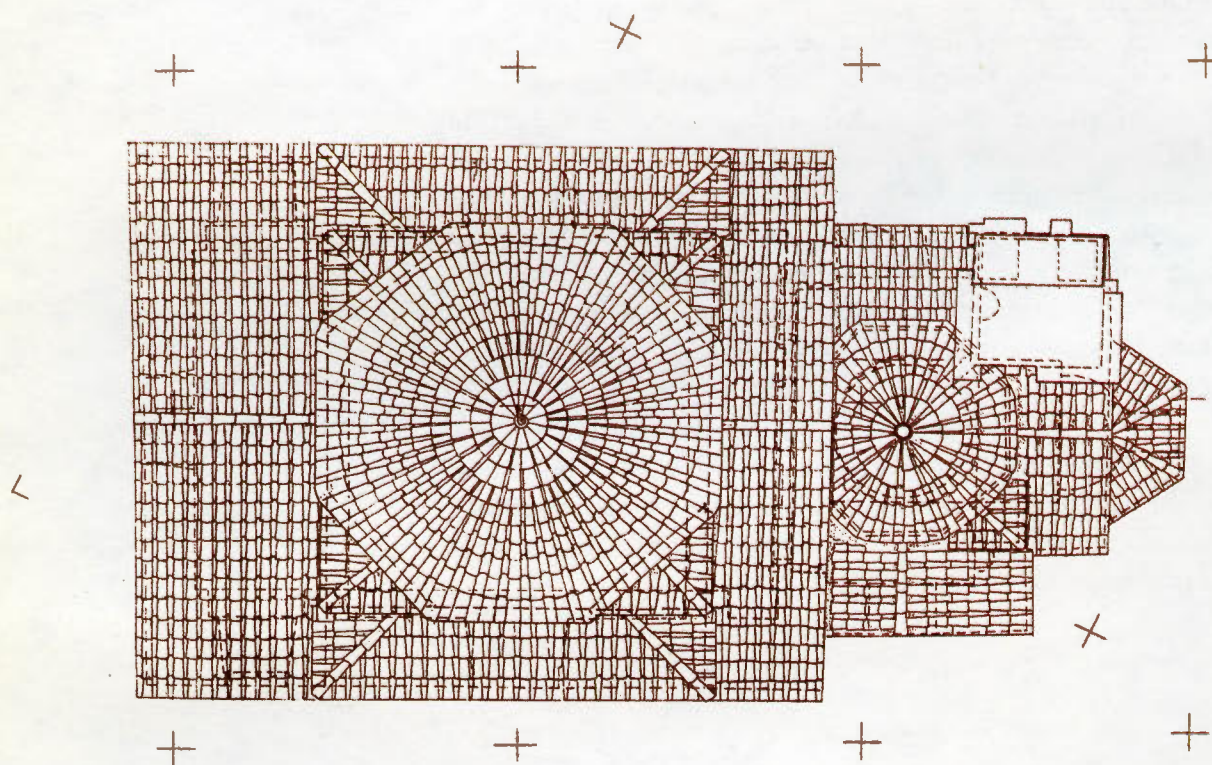
Στα αναλυτικά και ψηφιακά όργανα στερεοσκοπικής απόδοσης δε μεσολαβεί, συνήθως, το σύστημα συντεταγμένων μοντέλου και οι υπολογισμοί γίνονται με την ταύτιση εξαρχής με τις συντεταγμένες του αντικειμένου, με την σκόπευση στο όργανο των φωτοσταθερών και με τη χορήγηση σ' αυτό συντεταγμένων τους επί του αντικειμένου.

● Ορθοφωτογραφίες

Οι ορθοφωτογραφίες είναι φωτογραφίες που έχουν τυπωθεί με κάθετη προβολή. Για να επιτευχθεί αυτό, πρέπει η αρχική εικόνα να διαιρεθεί σε μικρά τμήματα και σε κάθε τμήμα να γίνει χωριστή αναγωγή (διαφορική αναγωγή). Η διαδικασία ενδείκνυται για ακανόνιστες και καμπύλες επιφάνειες, που δεν είναι δυνατόν να χωριστούν σε επίπεδες. Στα αναλογικά όργανα, όπως είδαμε, αυτό γίνεται με ένα πρόσθετο μηχανήμα, που προσαρτάται στη βασική μονάδα και μπορεί να ενεργοποιηθεί, εφόσον έχουμε αποκαταστήσει απόλυτο προσανατολισμό. Αντίστοιχα ισχύουν και στα αναλυτικά όργανα. Στις αποτυπώσεις μνημείων για την παραγωγή ορθοφωτογραφίας απαιτείται η παραγωγή τρισδιάστατου μοντέλου. Τα ψηφιακά συστήματα παρέχουν μεγάλες δυνατότητες "οπτικοποίησης" των αποτελεσμάτων, μέσω των συστημάτων CAD και με την παραγωγή ωραίων, τρισδιάστατων προοπτικών και άλλων παρουσιάσεων.



Άγιοι Απόστολοι Καλαμάτας. Πρόταση αποκατάστασης. Κάτοψη. (Α. Πορτελάνος)



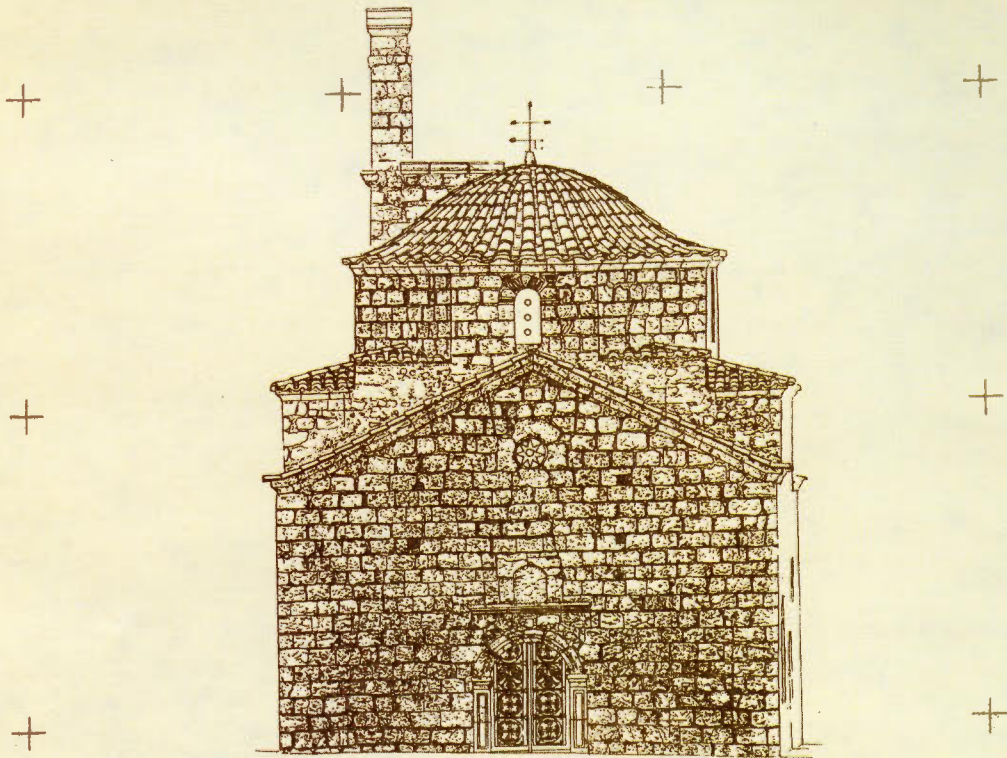
Άγιοι Απόστολοι Καλαμάτας. Πρόταση αποκατάστασης. Κάτοψη στεγών. (Α. Πορτελάνος)



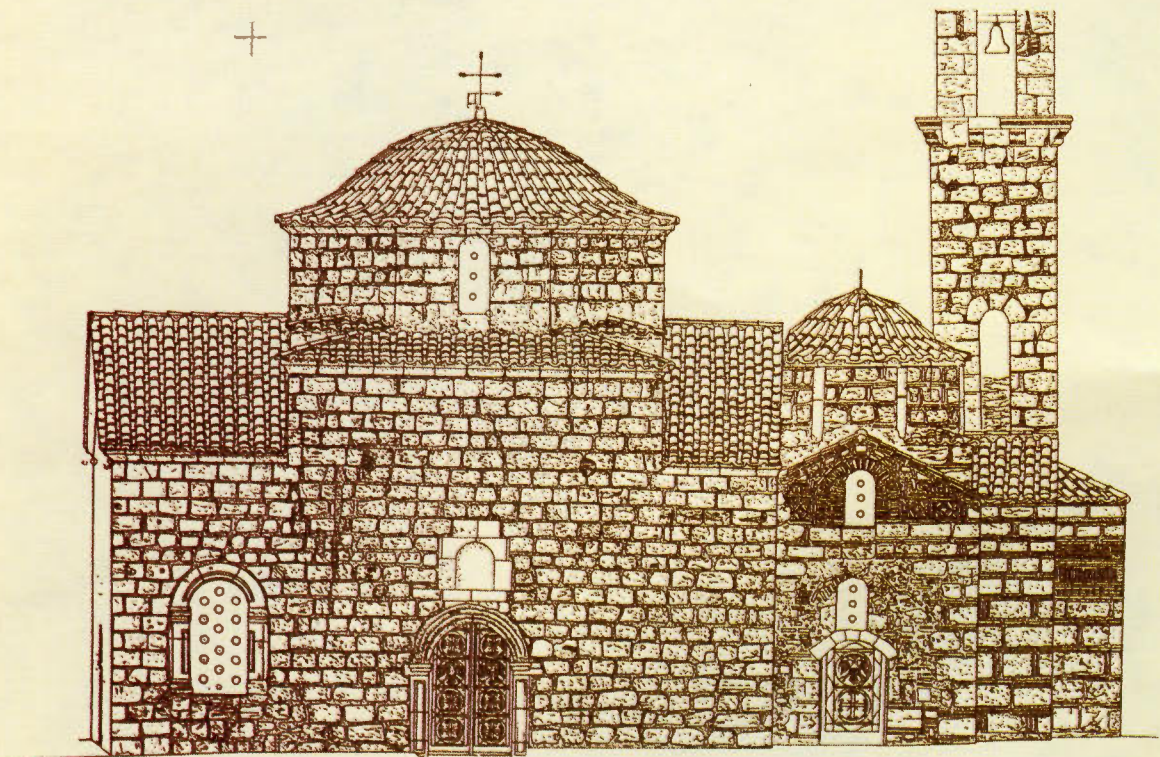
Άγιοι Απόστολοι Καλαμάτας. Πρόταση αποκατάστασης. Τομή. (Α. Πορτελάνος)



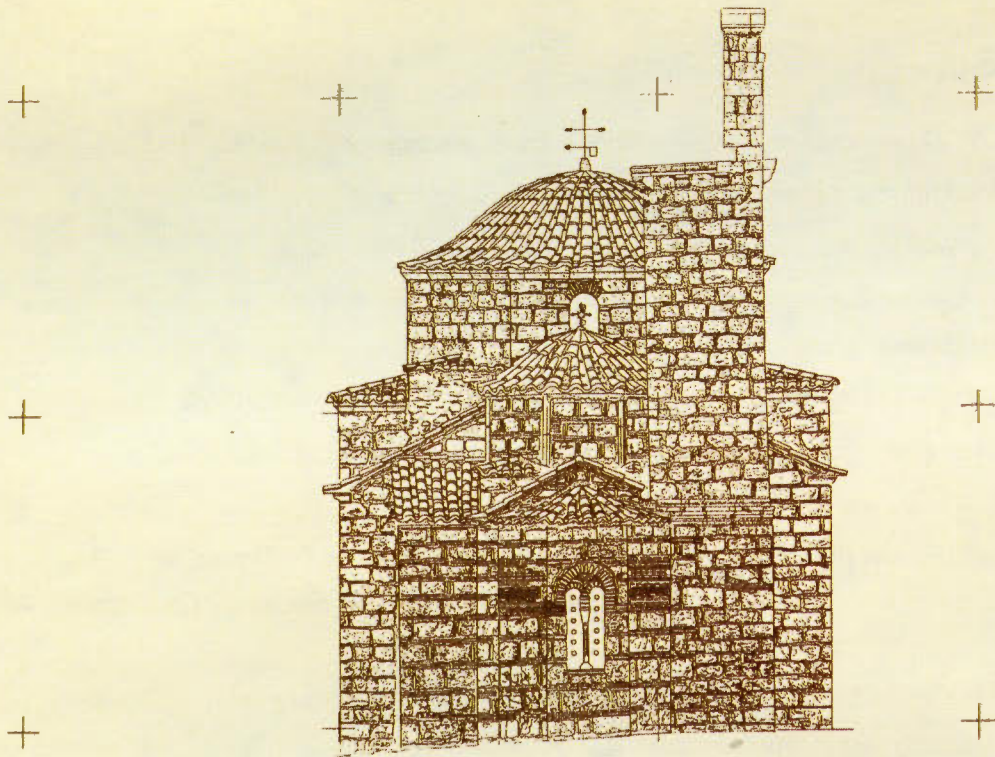
Άγιοι Απόστολοι Καλαμάτας. Πρόταση αποκατάστασης. Τομή. (Α. Πορτελάνος)



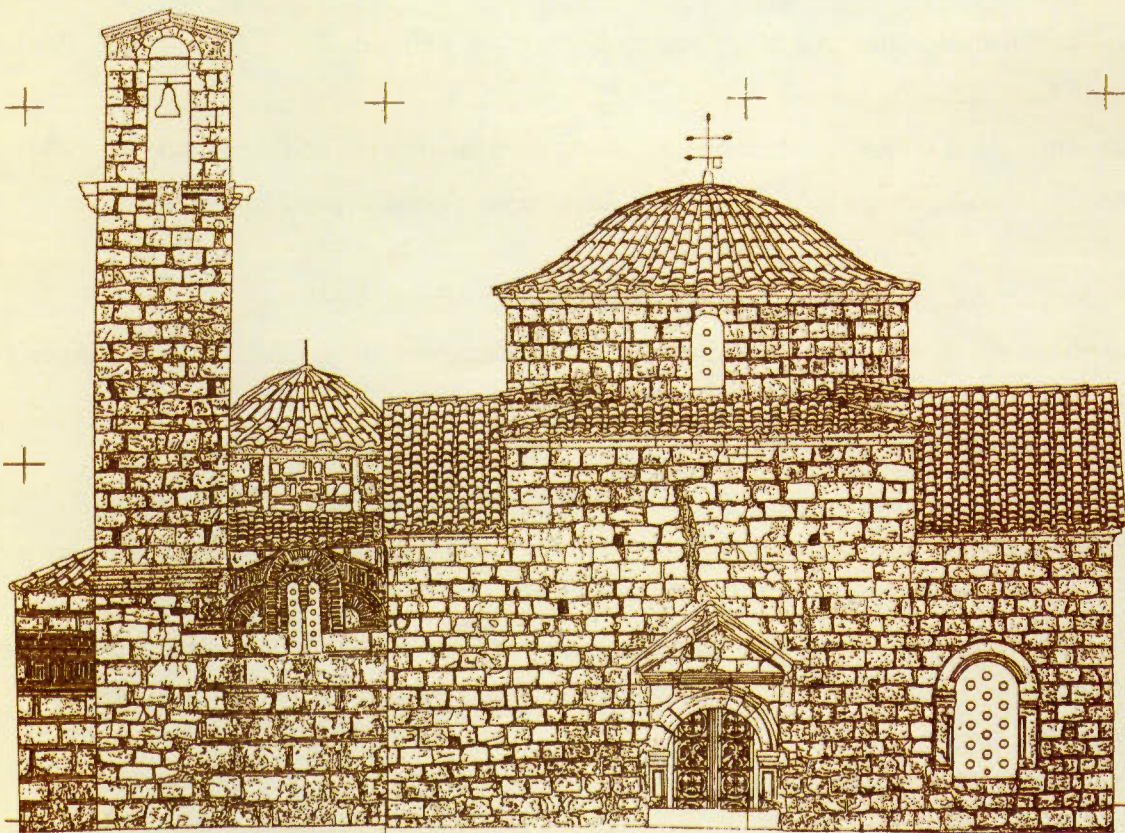
Άγιοι Απόστολοι Καλαμάτας. Πρόταση αποκατάστασης. Δυτική όψη. (Α. Πορτελάνος)



Άγιοι Απόστολοι Καλαμάτας. Πρόταση αποκατάστασης. Νότια όψη. (Α. Πορτελάνος)



Άγιοι Απόστολοι Καλαμάτας. Πρόταση αποκατάστασης. Ανατολική όψη. (Α. Πορτελάνος)



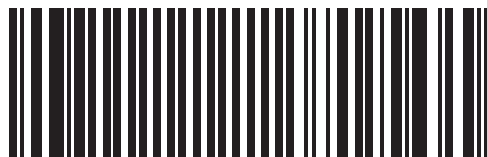
Άγιοι Απόστολοι Καλαμάτας. Πρόταση αποκατάστασης. Βόρεια όψη. (Α. Πορτελάνος)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Atkinson K.B., *Developments in Close Range Photogrammetry-1*, London, 1980.
2. Βέης Γ., Μπιλλήρης Χ., Παπαζήση Κ., *Ανώτερη Γεωδαισία*, Αθήνα, 1992.
3. Βλάχος Δ.Γ., *Μαθήματα Τοπογραφίας*, Θεσσαλονίκη, 1983.
4. Carbonnel M., *Quelques aspects du releve photogrammetrique des monuments et des Centres Historiques*, Roma, 1974.
5. Γεωργόπουλος Α., *Ψηφιακή Φωτογραμμετρία, Σημειώσεις*, Αθήνα, 1998.
6. Foramiti H., *La Photogrammetrie au Service des Conservateurs*, Roma, 1973.
7. Ζέρβας Δ., *Μαθήματα Φωτογραμμετρίας*, ΓΥΣ, 1974.
8. Καράμπελας Ι., Αραμπατζή Ο., Γκουγκουτούδης Ι.Α., Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., Μπίδας Α., Σιούλης Α., Αγατζά -Μπαλοδήμου Α.Μ., *Σημειώσεις Ειδικών Θεμάτων Γεωδαισίας*, Αθήνα, 1994.
9. Καρράς Γ.Η., Πέτσα Ε., *Η χρήση της προοπτικής σε μη μετρητικές φωτογραφίες αγνώστου προσανατολισμού για την τεκμηρίωση προσόψεων ιστορικών κτιρίων χωρίς φωτοσταθερά*. Πρακτικά Σεμιναρίου: "Επίγεια Φωτογραμμετρία και Συστήματα Πληροφοριών Χώρου για την Τεκμηρίωση του Μνημειακού Πλούτου της Χώρας", Θεσσαλονίκη, 23-24 Νοεμβρίου, 1992, 199-212.
10. Karl Kraus, *Φωτογραμμετρία*, τ.1, *Βασικές έννοιες και μέθοδοι*, έκδ. Τ.Ε.Ε., Αθήνα, 1991.
11. Μπαλοδήμος Δ.Δ., *Υψομετρία*, Αθήνα, 1982.
12. Μπαλοδήμος Δ.Δ., Αγατζά Μπαλοδήμου Δ.Μ., *Εισαγωγή στη Γεωδαισία*, Αθήνα, 1991.
13. Μπαλοδήμος Δ.Δ., Σταθάς Δ., *Γεωδαιτικά όργανα και μέθοδοι μέτρησης γωνιών και μηκών*, Αθήνα, 1993.
14. Μπαλοδήμος Δ.Δ., *Ειδικές Γεωδαιτικές Αποτυπώσεις*, Αθήνα, 1993.
15. Μπαλοδήμος Δ.Δ., Μακρής Γ.Ν., Δογκούρης Σ.Ν., Γεωργόπουλος Γ.Δ., Σταθάς Δ., Αγατζά -Μπαλοδήμου Δ.Μ., *Σημειώσεις Τεχνικής Γεωδαισίας*, Αθήνα, 1991.
16. Μπαντέκας Ι., *Φωτογραμμετρία*, τ.1, Αθήνα, 1980.
17. Παναγιωτίδης Δ., Δημανίδης Π., *Ο συνδυασμός κλασικής τοπογραφίας και απλής φωτογραμμετρίας στην αποτύπωση ενός μνημείου: το παλιό Δημοτικό Σχολείο στο χωριό Αδάμ*, Κατασκευαστής, 25, Νοέμβριος-Δεκέμβριος, 1993.
18. Παναγιωτίδης Δ., *Η μέθοδος DLT με πρόσθετες Παραμέτρους, Εσωτερικές Δεσμεύσεις και συνδυασμένη Συνόρθωση. Εφαρμογή σε αποτυπώσεις μνημείων*. Διδακτορική Διατριβή, ΤΑΤΜ-ΑΠΘ, 1994.
19. Παπαμαθαίου Π.Γ., *Τοπογραφία*, Έκδ. Ιδρύματος Ευγενίδου, Αθήνα, 1976.
20. Πατιάς Π., *Εισαγωγή στην Φωτογραμμετρία*, Θεσσαλονίκη, 1994.

21. Πατιάς Π., -Καρράς Γ., *Σύγχρονες Φωτογραμμετρικές Πρακτικές σε εφαρμογές Αρχιτεκτονικής και Αρχαιολογίας*, Θεσσαλονίκη, 1995.
22. Πατιάς Π., Παρασχάκης Ι., Μαρούκης Γ., *Ψηφιακή τεκμηρίωση διατηρητέων κτηρίων*, Δήμος Βόλου, Θεσσαλονίκη, 1995.
23. Πορτελάνος Α.Κ., *Αποτυπώσεις Αρχαιολογικών Χώρων Μνημείων και Συνόλων. Συμβολή στη μελέτη της παθολογίας των κτηρίων. Διαχρονική Παρακολούθηση. Πρακτικά Συνεδρίου: Σύγχρονες μέθοδοι αποτύπωσης και τεκμηρίωσης μνημείων και Αρχαιολογικών Χώρων*, ΚεΔΑΚ- ΤΕΕ Κ.Μ.- ΣΑΤΜΒΕ, Θεσσαλονίκη, 1986, σελ. 56-74, και εικ.1-21
24. Πορτελάνος Α.Κ., *Αποτυπώσεις Αρχαιολογικών Χώρων Μνημείων και Συνόλων, Συμβολή στη μελέτη της παθολογίας των κτηρίων- Διαχρονική Παρακολούθηση, Αναστήλωση - Συντήρηση- Προστασία Μνημείων και Συνόλων*, τ.Α', Έκδ. ΥΠ.ΠΟ., Αθήνα, 1987, 335-371.
25. Πορτελάνος Α.Κ., *Αποτυπώσεις Μνημείων και Συνόλων*, Αρχαιολογία, Τευχ.23, Ιούνιος 1987. σελ. 60-69.
26. Πορτελάνος Α.Κ., *Οι καταγραφές ενός Σύγχρονου Αρχείου Μνημείων και η Συμβολή τους στην Προστασία Προβολή και Αξιοποίηση των Μνημείων*, Πρακτικά Α' Αρχαιολογικού και Ιστορικού Συνεδρίου Αιτωλοακαρνανίας, Αγρίνιο, 1988. σελ. 550-566, πιν. 104-111.
27. Πορτελάνος Α.Κ., *Συμβολή της Φωτογραμμετρίας στην Αναστήλωση των μνημείων. Παράδειγμα γραφικής αποκατάστασης Αγίων Αποστόλων Καλαμάτας*, Αναστήλωση Συντήρηση Προστασία Μνημείων και Συνόλων, τ.Γ', Έκδ. ΥΠ.ΠΟ., Αθήνα, 1992, σελ.443-462.
28. Σώκος Α., *Φωτοτοπογραφία*, Αθήνα, 1961-62.

Κωδικός βιβλίου: 0-24-0172
ISBN 978-960-06-2951-4



(01) 000000 0 24 0172 0