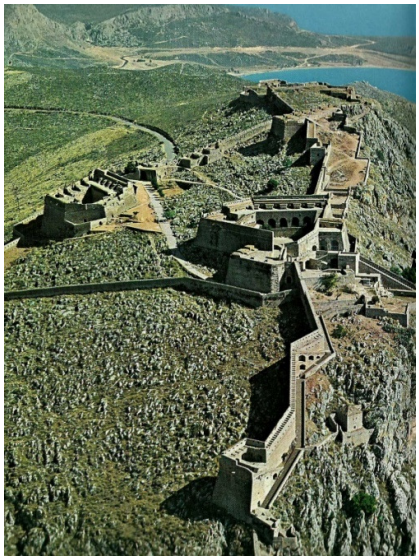
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ Γ: ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟΥ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΜΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

"ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΙΣΤΟΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ ΠΑΛΑΜΗΔΙΟΥ ΣΤΟ ΝΑΥΠΛΙΟ. ΕΜΒΑΔΟΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΜΕ AUTOCAD"



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ
ΣΤΑΜΑΔΙΑΝΟΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ Α.Μ. 29138
ΜΠΟΥΖΙΑΝΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ Α.Μ. 27373
ΑΤΣΙΔΑΚΟΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ Α.Μ. 34667

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ
ΓΡΑΙΚΟΥΣΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΛΑΓΟΣ ΑΙΜΙΛΙΟΣ

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2011

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ 01-06

2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ 07-47

2.1 Το αντικείμενο της τοπογραφίας

2.2 Τοπογραφικές αποτυπώσεις

2.2.1 Ορισμοί και εισαγωγικές έννοιες

2.2.2 Είδη αποτυπώσεων

2.2.3 Η σχεδίαση των τοπογραφικών διαγραμμάτων

2.3 Όργανα και μέθοδοι μέτρησης

2.3.1 Μηχανική μέτρηση μηκών-μετροταινία

2.3.2 Ηλεκτρομαγνητική μέτρηση αποστάσεων

2.3.3 Ο θεοδόλιχος

2.3.4 Το δορυφορικό σύστημα εντοπισμού GPS

2.3.4.1 Γενικά χαρακτηριστικά-ορολογία

2.3.4.2 Τα τμήματα του GPS

2.3.4.3 Τεχνικές προσδιορισμού θέσης

2.3.4.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια του GPS

2.3.4.5 Εφαρμογή των δορυφορικών συστημάτων εντοπισμού θέσης

2.4 Δίκτυα σημείων για τοπογραφικές μετρήσεις

2.5 Γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς και προβολικά συστήματα που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα

2.6 Στοιχεία μηχανήματος

2.6.1 Χαρακτηριστικά μηχανήματος

2.6.2 Ακρίβειες συστήματος

2.6.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά δεκτών HIPER PRO

2.6.4 Χειριστήριο πεδίου

3. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ 48-69

3.1 Συντεταγμένες κορυφών

3.2 Υπολογισμός Εμβαδού

3.2.1.1 Εμβαδόν από ανάλυση σε βαδικά σχήματα και εφαρμογή γεωμετρικών τύπων
3.2.1.2 Εμβαδόν με το τετράγωνο εκτίμησης (διαφανές μιλιμετρέ)
3.2.1.3 Εμβαδόν με τη βοήθεια εμβαδόμετρου (μηχανική μέθοδος)
3.2.1.4 Εμβαδόν από τις συντεταγμένες των κορυφών του γηπέδου

4. ΠΡΟΜΑΧΩΝΕΣ 70-89

4.1 Ο προμαχώνας του Ρόμπερ
4.2 Ο προμαχώνας του Άγιου Ανδρέα
4.3 Ο προμαχώνας του Φωκίωνα
4.4 Ο προμαχώνας του Μιλτιάδη
4.5 Ο προμαχώνας του Επαμεινώνδα
4.6 Ο προμαχώνας του Θεμιστοκλή

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 90

1. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το σπουδαιότερο οχυρωματικό έργο που κατασκευάστηκε για την προστασία του Ναυπλίου ιδρύθηκε την εποχή της δεύτερης Βενετοκρατίας (1686-1715) πάνω στην κορυφή του μεγάλου πέτρινου όγκου, του ψηλού λόφου του Παλαμηδίου, που σκιάζει από τα ανατολικά την πόλη.

Το αξιοθαύμαστο αυτό έργο πληροί τις προδιαγραφές της οχυρωματικής τέχνης της εποχής των μεγάλων τηλεβόλων και πυροβόλων και η σύλληψη της κατασκευής ενός τέτοιου φρουριακού συγκροτήματος πάνω στο ψηλότερο σημείο του λόφου (216 μ.), οφείλεται αρχικά στον βενετό αρχιστράτηγο Μοροζίνι, που μεταχειρίστηκε το πέτρινο αυτό ύψωμα, για πρώτη φορά κατά την διάρκεια της πολιορκίας της πόλης το 1686.

Οι Βενετοί αμέσως μετά την κατάκτηση του Ναυπλίου εκτιμώντας την θέση του και την χρησιμότητα του, για να εξασφαλίσουν την κυριαρχία της θαλασσοκράτειρας πατρίδας τους, προσπάθησαν να το μετατρέψουν σε απόρθητο φρούριο, το οχυρώτερο απ' όσα υπήρχαν ως τότε στην Ελλάδα. Άρχισαν αμέσως μετά την συνθήκη του Κάρλοβιτς (1699) νέα οχυρωματικά έργα στην Ακρο-ναυπλία και στην κάτω πόλη, αλλά και για πρώτη φορά στο απόκρημνο Παλαμήδι.

Ο πρώτος προβλεπτής του Μωριά, Ιάκωβος Κορνέρ, το 1690 αποχωρώντας από την θέση του έγραφε προς την Γερουσία των Βενετών ότι είχε την πρόνοια να καταλάβει και να οχυρώσει την κορυφή του Παλαμηδίου που καθώς δεσπόζει πάνω από την πόλη την απειλούσε «δεινά». Σε όλη την διάρκεια της δεύτερης Βενετοκρατίας το μέχρι τότε ανοχύρωτο και ακατοίκητο Παλαμήδι τειχίζεται σταδιακά με εξαιρετική ταχύτητα και επιμέλεια και συμπληρώνεται με ιδιαίτερο ζήλο.

Ο ιδιοφυής σχεδιασμός του φρουριακού συγκροτήματος οφείλεται στο δαλματό Giaxich και στο γάλλο μηχανικό *La Salle*, ο οποίος μαζί με τον συμπατριώτη του Λεβασέρ επιβλέπει και την κατασκευή του όλου έργου (1711-1714). Είναι απίστευτο ότι μέσα σε τόσο μικρό χρονικό διάστημα ολοκληρώθηκε ένα τόσο μεγάλο έργο. Μεγάλος ήταν ο αριθμός των στρατιωτών και των εργατών που ασχολήθηκαν καθημερινά για την κατασκευή του, ώστε κατά την νέα επιδρομή των Τούρκων ο αρχιστράτηγος των βενετών

Αυγουστίνος Σαγρέδος και ο γενικός προβλεπτής Ιερώνυμος Δολφίνος έσπευσαν να καθησυχάσουν την Βενετία ότι συντελέστηκαν τα αναγκαία οχυρωματικά έργα για τα φρούρια του Ναυπλίου, που πλέον έγιναν απόρθητα.

Σπάνια δημιουργήθηκε ένα τόσο θαυμαστό σε μέγεθος και μεγαλοπρέπεια οχυρό που να ταιριάζει απόλυτα με το φυσικό τοπίο, και τον όγκο του απόκρημνου λόφου.

Νοτιοανατολική πλευρά του Παλαμιδίου

Το κάστρο του Παλαμηδίου αποτελείται από οκτώ προμαχώνες αυτοτελείς, οι οποίοι αναπτύσσονται κλιμακωτά πάνω σ' ένα κεντρικό άξονα από δυτικά προς τα ανατολικά, διανύοντας την κορυφογραμμή του λόφου. Τοποθετημένοι σε διαφορετικά ανισοϋψή επίπεδα βρίσκονται σε τέτοια σχέση μεταξύ τους ώστε να υπάρχει αυτοτέλεια του καθενός, αλλά και αλληλοϋποστήριξη, ή ακόμα και δυνατότητα προσβολής τους. Όλοι προστατεύονται εξωτερικά από ισχυρό τείχος, που άλλοτε εντάσσονται σ' αυτό κι άλλοτε πορεύεται μόνο του, ενισχυμένο με δυνατούς πύργους. Στους μεγάλους προμαχώνες υπήρχαν διαμορφωμένοι χώροι για καταλύματα στρατιωτών καθώς και για την συγκέντρωση

πολεμοφοδίων και τροφών και δεξαμενές για το βρόχινο νερό. Οι περισσότεροι ήταν εφοδιασμένοι με ορειχάλκινα πυροβόλα τελευταίας τεχνολογίας που προέρχονταν από την Βενετία, από το ονομαστό εργοστάσιο του Ι. Φραγκίσκου Αλμπεργέτη, ενώ στις επάλξεις όλων υπήρχαν πολεμίστρες για πολυάριθμους υπερασπιστές.

Βόρεο τμήμα Παλαμηδίου

Οι προμαχώνες πήραν αρχικά τα ονόματα των Βενετών Προβλεπτών με τα οικόσημά τους εντοιχισμένα στις προσόψεις των πυλών τους. Έτσι συναντάμε τα ονόματα του Μοροζίνι, του Σαγρέδου, του Δολφίνου, του Γριμάνι. Αργότερα, όταν οι Τούρκοι κατέλαβαν το κάστρο και την πόλη οι προμαχώνες πήραν τουρκικά ονόματα και τέλος, όταν οι Έλληνες κατέκτησαν το Παλαμήδι τους έδωσαν αρχαία ελληνικά ονόματα ή ονόματα Αγίων, τα οποία διατηρούνται ακόμα και σήμερα.
Η ανάβαση στο Παλαμήδι μπορεί να γίνει από δύο προσβάσεις. Με τα πόδια από την δυτική πλευρά του, όπου η ονομαστή κλίμακα,

αλλά και από ασφαλτοστρωμένο δρόμο, που φθάνει ως την ανατολική πύλη του κάστρου.

Νοτιοανατολική πύλη με πρόσβαση από ασφαλτοστρωμένο δρόμο

Όψη νοτιοανατολικής πύλης Παλαμηδίου

Στην δυτική πλευρά του λόφου, προς την πόλη, μια ανηφορική άνοδος από 857 σκαλοπάτια οδηγούσε πάνω στο Φρούριο. Στο ξεκίνημα της στις υπώρειες του λόφου, συνδεόταν με τον προμαχώνα Γριμάνι. Αρχικά, χαμηλότερα, ήταν σκεπασμένη με θολωτή στέγη κατά διαστήματα, για να μπορεί να φωτίζεται από το φως του ήλιου, και ενισχυμένη με πολεμίστρες για την υπεράσπιση της. Ψηλότερα, ήταν ελεύθερη γιατί δεν απορούσαν να την προσβάλουν σε τέτοιο ύφος και παράλληλα την υπερασπίζονταν από το κάστρο.

Βορειοδυτική είσοδος Παλαμηδίου με πρόσβαση από τα σκαλοπάτια

Τα σκαλοπάτια που οδηγούν στην βορειοδυτική είσοδο

2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1 ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ

Η Τοπογραφία είναι η επιστήμη, που διδάσκει τις μεθόδους με τη βοήθεια των οποίων απεικονίζουμε την επιφάνεια του εδάφους επάνω σε ένα επίπεδο (χαρτί). Με βάση το συγκεκριμένο αυτό αντικείμενο πρέπει να τοποθετήσουμε την Τοπογραφία ανάμεσα στις συγγενικές της επιστήμες που ασχολούνται με τη μελέτη της Γης (Γεωγραφία, Γεωλογία, Γεωφυσική κ.λ.π.). Το έργο της διαφοροποιείται από εκείνο της Ανωτέρας Γεωδαισίας ως προς το ότι ασχολείται με τη λεπτομερή απεικόνιση, την αποτύπωση όπως συνήθως λέγεται, περιορισμένων εκτάσεων στην επιφάνεια της Γης. Η Ανωτέρα Γεωδαισία έχει ως αντικείμενο να προσδιορίσει ποσοτικά το σχήμα και τις διαστάσεις ολοκλήρου της Γης. Ο σκοπός της Τοπογραφίας επιτυγχάνεται με τον προσδιορισμό της θέσεως (δηλ. τον προσδιορισμό των συντεταγμένων) των φυσικών ή τεχνητών χαρακτηριστικών σημείων του εδάφους, ως προς ορισμένο σύστημα αναφοράς. Το αποτέλεσμα της εργασίας αυτής παρουσιάζεται, στις περισσότερες περιπτώσεις, γραφικά, υπό μορφή ενός διαγράμματος ή ενός χάρτου. Είναι δυνατόν όμως το αποτέλεσμα αυτό να δοθεί και αριθμητικά υπό μορφή πίνακος, ο οποίος περιέχει τις περιγραφές και τις συντεταγμένες των διαφόρων σημείων.

2.2 ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΕΙΣ

2.2.1 Ορισμοί και εισαγωγικές έννοιες

- **Αποτύπωση** ενός τμήματος της φυσικής επιφάνειας της Γης ονομάζεται ο προσδιορισμός κατά το μέγεθος και τη μορφή του τμήματος.

- **Οριζόντια** ονομάζεται η αποτύπωση εκείνη η οποία περιορίζεται στο να προσδιορίσει το μέγεθος και τη μορφή της οριζόντιας προβολής ενός τμήματος της φυσικής γήινης επιφάνειας. Το αντίστοιχο διάγραμμα ονομάζεται Οριζοντιογραφία και ο αντίστοιχος κλάδος της Κατωτέρας Γεωδαισίας Οριζοντιομετρία.
- **Κατακόρυφη** ονομάζεται η αποτύπωση εκείνη η οποία περιορίζεται μόνο στον υψομετρικό προσδιορισμό του αντίστοιχου τμήματος της φυσικής γήινης επιφάνειας.
- **Τοπογραφική ή ταχυμετρική** αποτύπωση ονομάζεται η αποτύπωση εκείνη στην οποία γίνεται ταυτόχρονα προσδιορισμός και της οριζόντιας προβολής και των υψομέτρων του τμήματος της γήινης φυσικής επιφάνειας. Τα αντίστοιχα διαγράμματα που περιλαμβάνουν και **σημεία λεπτομεριών** και **ισοϋψείς καμπύλες** και **τοπογραφικά διαγράμματα.**

2.2.2 Είδη αποτυπώσεων

- **Ανεξάρτητη ή αυτοτελής** ονομάζεται μια αποτύπωση, όταν το τοπογραφικό διάγραμμα που κατασκευάζουμε τελικά αναφέρεται σε ένα αυθαίρετο σύστημα συντεταγμλενων. Πάνω στο τοπογραφικό διάγραμμα πρέπει στην περίπτωση αυτή απαραίτητα να σημειώνουμε την, έστω και κατά προσέγγιση, διεύθυνση του Γεωγραφικού Βορρά.
- **Εξαρτημένη** ονομάζεται μια αποτύπωση όταν χρησιμοποιούμε ως σύστημα αναφοράς το κρατικό σύστημα συντεταγμένων. Στην περίπτωση αυτή ο άξονας των Υ είναι συνήθως ο Γεωγραφικός Βορράς.

Η οριζοντιογραφική αποτύπωση μικρών οικοπέδων-γηπέδων

Όταν λέμε μικρό γήπεδο, εννοούμε ένα τμήμα της γήινης επιφάνειας που οι διαστάσεις του είναι μικρότερες από ορισμένα όρια. Ας σημειωθεί ότι τα όρια αυτά δεν είναι απόλυτα καθορισμένα, γιατί παίζει μεγάλο ρόλο η μορφή του εδάφους. Γενικά η έκταση των μικρών γηπέδων που μπορούν να αποτυπωθούν με μεθόδους οριζόντιας αποτύπωσης είναι μεγαλύτερη στα πεδινά εδάφη

παρά στα ορεινά. Κατά την αποτύπωση ενός μικρού γηπέδου ενδιαφερόμαστε κυρίως ν' αποτυπώσουμε τα όρια του. Τα όρια αυτά είναι συνήθως τεθλασμένες και σπάνια καμπύλες γραμμές. Στην πρώτη περίπτωση αποτυπώνουμε όλες τις κορυφές της τεθλασμένης γραμμής. Στη δεύτερη περίπτωση αποτυπώνουμε τόσα σημεία της καμπύλης όσα χρειάζονται για ν' αποδοθεί στο τοπογραφικό διάγραμμα η πραγματική μορφή της. Επίσης, μέσα στα όρια του γηπέδου μπορούμε να αποτυπώσουμε κι έναν αριθμό χαρακτηριστικών σημείων λεπτομερειών (π.χ. μεμονωμένα μεγάλα δέντρα, πηγάδια, κολώνες ΟΤΕ, ΔΕΗ κ.ά.), για να παραστήσουμε καλύτερα το γήπεδο. Γενικά κατά την αποτύπωση του γηπέδου μετρούμε πάνω στο έδαφος τόσα μεγέθη (μήκη και γωνίες), όσα είναι απαραίτητα, για να συντάξουμε το τοπογραφικό διάγραμμα του γηπέδου με κάποια κλίμακα.

Οι κυριότερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την οριζοντιογραφικη αποτύπωση μικρών γηπέδων είναι:

α. Η μέθοδος των τριγώνων ή των πλευρομετρήσεων

β. Η μέθοδος των ορθογωνίων συντεταγμένων

γ. Η μέθοδος των πολικών συντεταγμένων

Από τις παραπάνω μεθόδους, οι δύο πρώτες μπορούν να εφαρμοστούν μόνο με απλά τοπογραφικά όργανα (π.χ. μετροταινίες, ακόντια και ορθόγωνοι). 'Ηταν μέθοδοι που κατά το παρελθόν χρησιμοποιούνταν αρκετά για πολλές εφαρμογές. Σήμερα χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά η μέθοδος των πολικών συντεταγμένων με τη χρησιμοποίηση σύγχρονων ηλεκτρονικών θεοδόλιχων και μετροταινίας (ή το συνηθέστερο όργανο EDM) ή γεωδαιτικών σταθμών. Ωστόσο αν υπάρχει ανάγκη μέτρησης ενός μικρού γηπέδου και δεν υπάρχει διαθέσιμος θεοδόλιχος ή ταχύμετρο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος των τριγώνων. Σε άλλες δε εφαρμογές μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος των ορθογωνίων συντεταγμένων. Έτσι στη συνέχεια θα περιγραφούν συνοπτικά οι δύο αυτές

απλές μέθοδοι αποτύπωσης μικρών γηπέδων, ενώ η μέθοδος των πολικών συντεταγμένων θα αναφερθεί αναλυτικά σε επόμενη παραγραφο.

Η μέθοδος των τριγώνων ή των πλευρομετρήσεων

Τη μέθοδο αυτή την εφαρμόζουμε για αποτυπώσεις μικρών ιδιοκτησιών ή μικρών γηπέδων που έχουν μικρό αριθμο πλευρών. Κατά τη μέθοδο αυτή χωρίζουμε το γήπεδο σε τρίγωνα με διαγώνιες τις οποίες φέρουμε από μια κορυφή του.

Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι χρησιμοποιούμε μόνο μήκη και όχι γωνίες,άρα δε χρειάζεται θεοδόλιχος. Τα απαραίτητα όργανα είναι μόνο η μετροταινία και τα ακόντια.

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι τα παρακάτω:

α.Κάποιο σφάλμα στη μέτρηση ενός μήκους ή τη σχεδίαση, επηρεάζει και τα υπόλοιπα στοιχεία του γηπέδου

β.Ο υπολογισμός των διαφόρων στοιχείων του γηπέδου (γωνίες, εμβαδόν) γίνεται με τη βοήθεια πολύπλοκων τύπων.

γ.Για να εφαρμοστεί η παραπάνω μέθοδος πρέπει η περίμετρος του γηπέδου να είναι κλειστή πολυγωνική γραμμή.

δ.Η αποτύπωση τυχόντων άλλων χαρακτηριστικών σημείων (εκτός από τις κορυφές) τα οποία βρίσκονται μέσα στο γήπεδο με την παραπάνω μέθοδο γίνεται πολύπλοκη και επίμονη.

Η μέθοδος των ορθογωνίων συντεταγμένων

Η μέθοδος των ορθογωνίων συντεταγμένων είναι μια μέθοδος αποτύπωσης υψηλής ακρίβειας,η οποία χρησιμοποιήθηκε κυρίως στις αποτυπώσεις μέσα σε πόλεις και στη σύνταξη του κτηματολογίου. Η μέθοδος συνίσταται στην κατάλληλη εκλογή μιας ευθείας γραμμής, που ονομάζεται άξονας των μετρήσεων, πάνω στον οποίο προσδιορίζουμε τις κορυφές του γηπέδου με

ορθοφώνιες συντεταγμένες,φέρνοντας καθέτους από αυτές στον άξονα.

Ως άξονα των μετρήσεων λαμβάνουμε μια από τις πλευρές του γηπέδου ή μια γραμμή που συνδέει τα δύο πιο απομακρυσμένα σημεία του γηπέδου ή τέλος μια οποιαδήποτε γραμμή που διέρχεται μέσα από το γήπεδο. Οι συντεταγμένες μετρούνται από ένα οποιοδήποτε σημείο που εκλέγεται κατάλληλα ως σημείο αρχής.

Η μέθοδος αυτή είναι ιδιαίτερα κοπιαστική και χρονοβόρα. Παρά τη μεγάλη ακρίβεια που εξασφαλίζει, δεν χρησιμοποιείται πλέον. Αντίθετα, η μέθοδος αποτύπωσης που ακολουθείται είναι η μέθοδος των πολικών συντεταγμένων με τη χρήση γεωδαιτικού σταθμού, οπότε και πάλι εξασφαλίζεται ικανοποιητική ακρίβεια μετρήσεων.

Η αποτύπωση μεγαλύτερων περιοχών

Όταν πρόκειται για αποτύπωση μικρών και στοιχειωδών κτημάτων-γηπέδων, τα χρησιμοποιούμενα όργανα και μέθοδοι για τον προσδιορισμό των σημείων που χρειάζονται γι'αυτό το σκοπό είναι απλά. Όταν όμως η αποτύπωση αφορά μεγαλύτερες εκτάσεις, τότε πρέπει προηγουμένως να καλύψουμε την περιοχή που πρόκειται να αποτυπωθεί με έναν αριθμό σταθερών σημείων, τα οποία συσχετίζονται αμοιβαία και προσδιορίζονται οριζοντιογραφικά και υψομετρικά. Τα σταθερά αυτά σημεία είναι τα γνωστά **τριγωνομετρικά σημεία** και το σύνολο τους αποτελεί το **τριγωνομετρικό δίκτυο.**

Στη συνέχεια προσδιορίζουμε τα γνωστά **πολυγωνομετρικά σημεία**, που το σύνολό τους αποτελεί το **πολυγωνομετρικό δίκτυο.** Τέλος, για τη δυνατότητα σύνταξης τοπογραφικών διαγραμμάτων δημιουργείται στην περιοχή που πρόκειται να αποτυπωθεί και το υψομετρικό ή χωροσταθμικό δίκτυο, ένα σύνολο δηλαδή σημείων γνωστού υψομέτρου, τα γνωστά υψομετρικά σημεία ή Reper .Από τα παραπάνω γνωστά (σταθερά) σημεία θα εξαρτηθεί και θα γίνει η αποτύπωση.Η αποτύπωση αποτελεί ένα είδος ψηφιοποίησης

του πραγματικού κόσμου, όπου προσπαθούμε να απεικονίσουμε την επιφάνεια του εδάφους και των επικειμένων με τη μέτρηση χαρακτηριστικών σημείων.

Τα **σημεία λεπτομερειών** είναι τα σημεία που απαιτούνται για την αποτύπωση και τα οποία πρέπει να προσδιορίσουμε διακρίνονται:

- σε χαρακτηριστικά υψομετρικά σημεία, που χρησιμεύουν στο να παραστήσουμε τη μορφή της επιφάνειας του εδάφους
- σε ειδικά σημεία, που η εκλογή τους εξαρτάται από το σκοπό για τον οποίο προορίζεται η αποτύπωση και βοηθούν στην απεικόνιση των οποιωνδήποτε κατασκευών ή έργων που βρίσκονται στην επιφάνεια του εδάφους.

Για να αποτυπώσουμε μια μεγαλύτερη περιοχή χρησιμοποιούμε κυρίως τη μέθοδο των πολικών συντεταγμένων. Οι άλλες μέθοδοι που αναφέρθηκαν παραπάνω δεν χρησιμοποιούνται σήμερα σε αποτυπώσεις μεγάλων εκτάσεων. Για την αποτύπωση λοιπόν με τη μέθοδο των πολικών συντεταγμένων τοποθετείται το όργανο μέτρησης -συνήθως ένας γεωδαιτικός σταθμός- στα γνωστά σημεία που προήλθαν από την πύκνωση του τριγωνομετρικού δικτύου της περιοχής και την ίδρυση πολυγωνομετρικού δικτύου και από εκεί μετρώνται όλα τα σημεία λεπτομερειών.

Η αποτύπωση μιας περιοχής με γεωδαιτικό σταθμό

Οι προκαταρκτικές εργασίες που γίνονται για την αποτύπωση μιας περιοχής με γαιωδετικό σταθμό και με τη μέθοδο των πολικών συντεταγμένων είναι:

- Κέντρωση και οριζοντίωση του οργάνου σε κάθε πολυγωνομετρικό σημείο άπο το οποίο θα γίνει η αποτύπωση.
- Μέτρηση του ύψους του οργάνου από τον δευτερεύοντα άξονα μέχρι την πάνω επιφάνεια του πολυγωνομετρικού σημείου με

ακρίβεια εκατοστού με ένα δίμερο ή μια μετροταινία.

- Μηδενισμός του οριζοντίου δίσκου του οργάνου και σκόπευση του προηγουμένου πολυγωνομετρικού σημείου (προσανατολισμός).

Μετά τις προκαταρκτικές εργασίες, η διαδικασία της αποτύπωσης είναι η εξή. Σε κάθε σημείο λεπτομέρειας τοποθετείται η ράβδος με τον ανακλαστήρα. Ο ανακλαστήρας σκοπεύεται με το σταυρόνημα του τηλεσκοπίου του οργάνου και μετρούνται η κεκλιμένη απόσταση μεταξύ οργάνου - ανακλαστήρα και οι ενδείξεις του οριζόντιου και του κατακόρυφου δίσκου. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για όλα τα σημεία λεπτομερειών. Από τις παραπάνω μετρήσεις υπολογίζονται οι συντεταγμένες των σημείων λεπτομερειών από τις γνωστές συντεταγμένες των σημείων αποτύπωσης.

Θα πρέπει να τονίσουμε ότι με τη χρήση ηλεκτρονικών οργάνων έχουμε πολύ μεγαλύτερη εμβέλεια και πολύ καλύτερη ακρίβεια απ' ότι με την κλασική ταχυμετρια.

Ολες οι αναγνώσεις στο όργανο μπορούν να γραφούν σε ταχυμετρικό σημειωματάριο. Η ηλεκτρονική τεχνολογία επιτρέπει όμως την αυτόματη καταγραφή των μετρήσεων σε καταγραφικά συστήματα με τα οποία είναι εφοδιασμένοι οι γεωδαιτικοί σταθμοί. Μετά τη σκόπευση προς τον ανακλαστήρα, ο παρατηρητής δίνει με το πληκτρολόγιο του οργάνου εντολή μέτρησης και αποθήκευσης των στοιχείων.

Εκτός από τη συμπλήρωση του εντύπου μετρήσεων ή την καταγραφή στη μνήμη, είναι αναγκαίο να κατασκευάσουμε και ένα σκαρίφημα της περιοχής που αποτυπώνουμε. Στο **σκαρίφημα** ή **κροκί** δίνουμε τη θέση των σημείων περίπου με αύξοντα αριθμό, όπως και στο έντυπο της ταχυμετρίας, προσέχοντας περισσότερο την οριζοντιογραφική θέση τους.

Σπουδαίες λεπτομέρειες που πρέπει να σημειώνονται στο σκαρίφημα είναι οι δρόμοι,όρια ιδιοκτησιών,φράκτες,κλίσεις του εδάφους κ.ά. Η εκλογή των σημείων χρειάζεται ανάλογη πείρα. Από τη εκλογή αυτή εξαρτάται η οικονομία της εργασίας και η εύκολη διαξαγωγή της.Τα

σπουδαιότερα σημεία είναι στις μισγάγγειες και στις κορυφογραμμές, καθως και στις αλλαγές των κλίσεων.

Η εργασία υπαίθρου γίνεται από ένα συνεργείο συνήθως τριών ατόμων. Ο **προϊστάμενος** του συνεργείου είναι υπεύθυνος για την όλη διεξαγωγή της εργασίας. Αυτός δείχνει στο στοχοφόρο τα σημεία λεπτομέρειας και κατασκευάζει το κροκί. Ο **παρατηρητής** εκτελεί τις διάφορες σκοπεύσεις και αναγνώσεις και γράφει στο έντυπο της ταχυμετρίας τις αναγνώσεις του οργάνου. Ο **στοχοφόρος** τοποθετεί τον ανακλαστήρα στα σημεία λεπτομερειών.

2.2.3 Η σχεδίαση των τοπογραφικών διαγραμμάτων

Ο αντικειμενικός σκοπός των περισσότερων τοπογραφικών εργασιών είναι η **σχεδίαση** χαρτών και διαγραμμάτων. Οι χάρτες και τα διαγράμματα αυτά είναι σχεδιαστικές παραστάσεις των διαφόρων αποτυπώσεων, παραστάσεις με τις οποίες αποδίδεται πιστά υπό **κλίμακα** η κάτοψη του εδάφους.

Είναι φανερό ότι το σχήμα που λαμβάνουμε με τη σχεδίαση είναι όμοιο με το πραγματικό,αλλά όχι ίσο με αυτό.Η σταθερή σχέση μεταξύ των γραμμών του σχεδίου και των ομόλογων με αυτές γραμμών του εδάφους, δηλαδή ο λόγος ομοιότητας ανάμεσα στην εικόνα και στο εικονιζόμενο ονομάζεται κλίμακα.Αυτή παριστάνεται με το κλάσμα 1/Κ στο οποίο ο παρονομαστής Κ είναι πολλαπλάσιο ή δύναμη του 10.

Μια κλίμακα γίνεται τόσο μικρότερη όσο αυξάνεται ο παρονομαστής του κλάσματος και μεγαλύτερη όσο αυτός ελαττώνεται. Έτσι η κλίμακα 1:5000 είναι μεγαλύτερη από την κλίμακα 1:10000 και μικρότερη από την κλίμακα 1:2000.

Διακρίνουμε τις εξής κατηγορίες κλιμάκων ανάλογα με το σκοπό της αποτύπωσης και την επιζητούμενη ακρίβεια.

- Κλίμακες κτηματογραφικές. Επειδή οι απεικονίσεις των κτημάτων έχουν μεγάλη σπουδαιότητα, χρειάζεται μεγάλη ακρίβεια.Οι

κτηματογραφικές κλίμακες, γι'αυτό ακριβώς το λόγο, είναι οι μεγαλύτερες απ'όλες τις άλλες και τα σχήματα παριστάνονται σε μεγάλο μέγεθος.Τέτοιες κλίμακες είναι: 1: 200, 1: 500 για αστικά οικόπεδα (Αστικό Κτηματολόγιο) 1: 1000, 1: 2000 και 1:5000 για αγροτικά ή δασικά κτήματα (Αγροτικό Κτηματολόγιο).

- Κλίμακες τεχνικών έργων. Τέτοιες κλίμακες είναι: 1: 1000, 1: 2000, 1: 5000 και 1: 10000. Χρησιμοποιούνται κυρίως στις μελέτες των διαφόρων τεχνικών έργων. Επίσης οι κλίμακες 1: 50, 1: 100 και 1: 200 χρησιμοποιούνται κυρίως στις διάφορες κατασκευές.
- Κλίμακες στρατιωτικών χαρτών. Στους στρατιωτικούς χάρτες παριστάνονται όλες οι ανωμαλίες του εδάφους, καθώς και οι οριζοντιογραφικές λεπτομέρειες. Τέτοιες κλίμακες είναι: 1: 50000, 1: 100000, 1: 250000 και 1: 500000.

Η σχεδίαση των τοπογραφικών διαγραμμάτων με τον κλασικό τρόπο

Προκειμένου να σχεδιαστεί μια οριζοντιογραφία με σχεδίαση στο χέρι, πριν από κάθε άλλη εργασία ,χαράσσεται πάνω στο χαρτί σχεδίασης (σέλερ, οθόνη) ένα δίκτυο καθέτως τεμνόμενων ευθειών που ονομάζεται **κάναβος**. Ο κάναβος αποτελεί χαρακτηριστικό των τοπογραφικών διαγραμμάτων και χαρτών γιατί ορίζει το σύστημα αναφοράς και την κλίμακα.

Το δίκτυο γραμμών του κανάβου παριστάνει ευθείες παράλληλες προς τους άξονες του συστήματος συντεταγμένων που απέχουν μεταξύ τους 10 cm. Ο κάναβος φέρει αρίθμηση που διαφέρει ανάλογα με την κλίμακα στην οποία θα συνταχθούν τα σχέδια και η οποία αντιστοιχεί κάθε φορά στις συντεταγμένες της περιοχής που αφορά η αποτύπωση.

Για τη σχεδίαση μιας οριζοντιογραφίας μεταφέρονται πρώτα πάνω στο σχέδιο με τις συντεταγμένες τους Χ, Υ όλα τα πολυγωνομετρικά σημεία από τα οποία έγινε η αποτύπωση και στη συνέχεια, τοποθετούνται τα σημεία λεπτομερειών. Στη συνέχεια ενώνουμε τα σημεία σύμφωνα με το κροκί και την αρίθμηση τους και σημειώνουμε τους κατάλληλους τοπογραφικούς συμβολισμούς, ώστε να προκύψει η οριζοντιογραφία της περιοχής που αποτυπώθηκε.

Με τον κάναβο απλοποιείται και γίνεται ακριβέστερη η σχεδίαση των διαφόρων σημείων με τις συντεταγμένες τους. Η ακρίβεια σχεδίασης των διαφόρων σημείων εξαρτάται προφανώς από την ακρίβεια της σχεδίασης του κανάβου. Πρέπει επομένως να δίνεται μεγάλη προσοχή στην κατασκευή του κανάβου. Η διαδικασία σχεδίασης κάθε σημείου με τη βοήθεια του κανάβου και των συντεταγμένων του λέγεται ραπορτάρισμα και απαιτεί επίσης τη χρήση ενός δεκάποντου κανόνα.

2.3 ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

2.3.1 Μηχανική μέτρηση μηκών – Μετροταινία

Το κυριότερο όργανο άμμεσης μηχανικής μέτρησης μηκών είναι η μετροταινία. Οι μετροταινίες διακρίνονται σε μεταλλικές και λινές ή πλαστικές. Οι μεταλλικές μετροταινίες χρησιμοποιούνται σε μετρήσεις μηκών μεγάλης ακρίβειας. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι μεταλλικών ή λινών ή πλαστικών μετροταινιών είναι οι περιστρεφόμενες με χειρολαβή και οι περιστρεφόμενες χωρίς χειρολαβή που περιτυλίσσονται μέσα σε δερμάτινη (πλαστική) θήκη . Τα μήκη των μετροταινιών είναι συνήθως 20, 25, 30 και 50 m. Παρέχουν ακρίβεια της τάξης των ±2-3 cm/100 m, με κανονική δύναμη έλξης που αναγράφεται συνήθως πάνω στη μετροταινία και θερμοκρασία περιβάλλοντος 20° C. Οι μετροταινίες των δύο τύπων που αναφέρθηκαν πιο πάνω φέρουν στο ένα άκρο τους μεταλλικό κρίκο και η αρχή των διαιρέσεων ποικίλει.

Τα μήκη που μετρούνται στην Τοπογραφία ποικίλλουν από πλευράς μεγέθους, κυμαίνονται δε από λίγα εκατοστά μέχρι μερικές εκατοντάδες μέτρα στις συνηθισμένες εργασίες και πολλές χιλιάδες μέτρα στις ειδικές εργασίες (π.χ. τριγωνισμός). Συνήθως τα μήκη που μετρούνται για τις διάφορες εργασίες είναι γενικά μεγαλύτερα από το μήκος της μετροταινίας.

Οι μετρήσεις μηκών με μετροταινία υπόκεινται σε μια σειρά σφαλμάτων, όπως συστηματικά σφάλματα (σφάλμα λόγω διαφοράς από το πρότυπο (δηλαδή μια μόνιμη παραμόρφωση - μεταβολή από το θεωρητικό μήκος της μετροταινίας), σφάλμα λόγω θερμοκρασίας, σφάλμα λόγω μη κατάλληλης τάσης που εφαρμόζεται στα άκρα της μετροταινίας κατά τη μέτρηση, σφάλμα λόγω βέλους κάμψης που οφείλεται στο βάρος της μετροταινίας κατά τη μέτρηση) και τυχαία (σφάλμα λόγω απόκλισης από την ευθυγραμμία, σφάλμα λόγω απόκλισης από την οριζόντια θέση, σφάλμα λόγω λανθασμένης καταγραφής αναγνώσεων κ.λπ.).

2.3.2 Ηλεκτρομαγνητική μέτρηση αποστάσεων

Η χρήση των ηλεκτρομαγνητικών οργάνων και μεθόδων για τη μέτρηση αποστάσεων σε διάφορες εφαρμογές (οδοποιία, υδραυλικά έργα, χαράξεις κ.λπ.) οδήγησε σταδιακά στην αντικατάσταση των κλασικών οργάνων και μεθόδων μέτρησης για την ακριβή μέτρηση των αποστάσεων. Η πρώτη προσπάθεια προς την Ηλεκτρομαγνητική Μέτρηση των Αποστάσεων (Electromagnetic Distance Measurement - EDM), και βέβαια προς τα αντίστοιχα όργανα, πρέπει να αποδοθεί στους γνωστούς φυσικούς Maxwell και Hertz. Σήμερα, τα όργανα EDM χρησιμοποιούν κατά κανόνα υπέρυθρη ακτινοβολία ή -σπανιότερα- δέσμη ακτινών Laser.

Κατά την ηλεκτρομαγνητική μέτρηση αποστάσεων ισχύει η παρακάτω αρχή:

- Από ένα όργανο που τοποθετείται στο αρχικό σημείο της απόστασης που πρόκειται να μετρηθεί, εκπέμπονται ηλεκτρομαγνητικά κύματα, τα οποία αφού ανακλαστούν σε έναν

ανακλαστήρα που βρίσκεται στο άλλο σημείο της ευθυγραμμίας (περίπτωση υπερύθρων ακτινοβολιών και laser), επιστρέφουν πάλι στον πομπό. Έτσι υπολογίζεται ο χρόνος που χρειάστηκε η ακτινοβολία να κινηθεί από το όργανο στον ανακλαστήρα και να επιστρέψει πίσω.

- Επομένως,είναι γνωστός ο χρόνος διαδρομής t των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων και η ταχύτητα διάδοσης τους c μέσα στον αέρα(ταχύτητα του φώτος),οπότε η κεκλιμένη απόσταση S ανάμεσα στο αρχικό και το τελικό σημείο μπορεί επίσης να υπολογισθεί.

Τα όργανα που χρησιμοποιούν ως φέρον κύμα υπέρυθρη ακτινοβολία (ηλεκτροοπτικά όργανα) έχουν αρκετά υψηλή ακρίβεια και εμβέλεια που σε ορισμένους ξεπερνά τα 20 km. Τα μήκη κύματος που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως το 900 nm. Οι ιδιότητες διάδοσης της υπέρυθρης ακτινοβολίας δεν διαφέρουν σημαντικά από εκείνες της ορατής ακτινοβολίας. Ο κυριότερος παράγοντας που επιδρά στα μήκη κύματος αυτής της περιοχής του φάσματος είναι η απορρόφηση της ατμόσφαιρας. Ως πηγή ενέργειας χρησιμεύει συνήθως μια φωτοδίοδος Γαλλίου-Αρσενικού (Ga-As). Τα όργανα της κατηγορίας αυτής χρησιμοποιήθηκαν κατά τις δεκαετίες του 1970 και 1980 σε συνδυασμό με κλασικό ή ηλεκτρονικό θεοδόλιχο(ηλεκτρονικά ταχύμετρα) για την εκτέλεση αποτυπώσεων για τοπογραφικούς ή κτηματολογικούς σκοπούς και τη σύνταξη των σχετικών τοπογραφικών διαγραμμάτων και χαρτών. Από τη δεκαετία του 1990 όμως, τη θέση των ηλεκτρονικών ταχυμέτρων πήραν οι **γεωδαιτικοί σταθμοί** (Total Station), που είναι ολοκληρωμένα όργανα μέτρησης συγχρόνως μηκών και γωνιών με ηλεκτρονικό τρόπο. Στα όργανα αυτά έχουν πλέον ενσωματωθεί τα όργανα EDM με διάφορες βελτιώσεις. Απαραίτητο συμπλήρωμα για την εκτέλεση μετρήσεων με τα όργανα αυτά αποτελεί η χρήση ανακλαστήρα.

Οι μετρήσεις μηκών με ηλεκτρομαγνητικά όργανα υπόκεινται επίσης σε μια σειρά σφαλμάτων, όπως εσωτερικά σφάλματα (που οφείλονται στο όργανο) και εξωτερικά σφάλματα (που οφείλονται κυρίως στο περιβάλλον των μετρήσεων, δηλαδή τη γήινη ατμόσφαιρα μέσα στην οποία γίνεται η διάδοση της

ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, π.χ. διάθλαση). Η ακρίβεια που επιτυγχάνεται μπορεί να είναι περίπου της τάξης του ± 1 cm / Km.

2.3.3 Ο θεοδόλιχος

Ο θεοδόλιχος είναι όργανο μέτρησης οριζόντιων και κατακόρυφων γωνιών. Χρησιμοποιείται τόσο σε γεωδαιτικές, όσο και σε αστρονομικές εργασίες. Η λέξη θεοδόλιχος είναι ελληνική και προέρχεται από τις λέξεις *θεώμαι* και *δόλιχος*. Ο όρος απαντά για πρώτη φορά στην εργασία *phantomefria* του Άγγλου Leonard Digges που δημοσιεύτηκε το 1571. Εκεί περιγράφεται ένα όργανο που χρησιμοποιόταν για τη μέτρηση γωνιών και ονομαζόταν Theodelitus. Ο θεοδόλιχος μπορεί να είναι κλασικός (αποτελείται από οπτικομηχανικά στοιχεία) ή ηλεκτρονικός (αποτελείται από οπτικομηχανικά και ηλεκτρονικά στοιχεία).

Στους ηλεκτρονικούς θεοδολίχους η μέτρηση των γωνιών γίνεται με αυτόματο ηλεκτρονικό τρόπο και η τελική τιμή της γωνίας αναγράφεται σε ψηφιακή οθόνη αναγνώσεων. Τα υπόλοιπα στοιχεία των ηλεκτρονικών θεοδολιχων (σύστημα σκόπευσης - τηλεσκόπιο, άξονες) καθώς και οι βασικές αρχές λειτουργίας είναι παρόμοια με αυτά των κλασσικών θεοδολιχων.

Οι ηλεκτρονικοί θεοδόλιχοι χρησιμοποιούνται είτε ως αυτοτελή όργανα γωνιομετρήσεων, είτε σε συνδυασμό με ηλεκτρομαγνητικά όργανα μέτρησης αποστάσεων είτε ως ολοκληρωμένα όργανα γωνιομετρήσεων και μηκομετρήσεων ή γεωδαιτικοί σταθμοί. Το κόστος των ηλεκτρονικών θεοδολιχων είναι σήμερα χαμηλό, όσο και των οπτικών, παρέχουν δε διάφορα πλεονεκτήματα, όπως αυτόματη καταγραφή των μετρήσεων, απευθείας σύνδεση με ηλεκτρονικό υπολογιστή κ.ά.

Κάθε θεοδόλιχος, μπορεί δε να χωρισθεί σε δύο τμήματα:

- Το ακίνητο κάτω τμήμα, το οποίο φέρει τον οριζόντιο διαιρεμένο δίσκο αναγνώσεων οριζόντιων γωνιών.

- Το κινητό άνω τμήμα, το οποίο φέρει το τηλεσκόπιο και τα βοηθητικά μέσα αναγνώσεων και κινείται γύρω από τους άξονες του θεοδόλιχου.

Η εξωτερική όψη των θεοδόλιχων διαφέρει ανάλογα με την κατασκευή του κάθε εργοστασίου, αλλά σε κάθε όργανο διακρίνουμε πάντοτε τα ίδια γενικά χαρακτηριστικά μέρη.Ένας θεοδόλιχος πρέπει να ανταποκρίνεται σε ορισμένες συνθήκες, για να μπορέσουμε να μετρήσουμε μια γωνία με ακρίβεια.

Οι κύριοι μηχανισμοί των γωνιομετρικών οργάνων

Για να μπορέσουμε να χρησιμοποιήσουμε τα γωνιομετρικά όργανα πρέπει να γνωρίζουμε απαραίτητα τους λεγόμενους κύριους μηχανισμούς τους.Οι μηχανισμοί κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- Οι μηχανισμοί σκόπευσης

- Οι μηχανισμοί οριζοντίωσης και κατακορύφωσης

- Οι μηχανισμοί αναγνώσεως των κλασικών και των ηλεκτρονικών γωνιομετρικών οργάνων.

Οι μηχανισμοί σκόπευσης-Τηλεσκόπιο

Κάθε όργανο διαθέτει τηλεσκόπιο με το οποίο γίνεται η σκόπευση των σημείων για τη μέτρηση γωνιών. Παράλληλα, υπάρχει ένας εξωτερικός μηχανισμός χονδρικής σκόπευσης:

- Ο εξωτερικός μηχανισμός σκόπευσης χρησιμοποιείται για πρόχειρη (χοντρική) σκόπευση, προσαρμόζεται συνήθως πάνω στο τηλεσκόπιο του γωνιομετρικού οργάνου και χρησιμεύει για να σκοπεύουμε κατά προσέγγιση, δηλαδή να φέρνουμε το αντικείμενο που παρατηρούμε μέσα στο οπτικό πεδίο του τηλεσκοπίου.
- Το τηλεσκόπιο είναι γενικά μια σκοπευτική διάταξη που προσαρμόζεται στο θεοδόλιχο, καθώς και σε άλλα γεωδαιτικά όργανα. Με το τηλεσκόπιο γίνεται η ακριβής σκόπευση του

αντικειμένου, απαραίτητη προϋπόθεση για να αρχίσει μετά από αυτό οποιαδήποτε μέτρηση. Με το τηλεσκόπιο πετυχαίνουμε να βλέπουμε τα αντικείμενα με γωνία πολύ μεγαλύτερη από εκείνη που τα βλέπουμε με γυμνό μάτι. Κάθε τηλεσκόπιο αποτελείται από δύο συστήματα φακών, το αντικειμενικό και το προσοφθάλμιο. Τα τηλεσκόπια των θεοδολίχων διαθέτουν σταυρόνημα για τη διευκόλυνση της ακριβούς σκόπευσης. Λέγοντας σκόπευση ενός σημείου εννοούμε την τοποθέτηση του ειδώλου του πάνω στο κέντρο του σταυρονήματος.

Έτσι, για να κάνουμε μια σκόπευση με το τηλεσκόπιο:

- σκοπεύουμε αρχικά το σημείο με τον εξωτερικό μηχανισμό σκόπευσης

- σκοπεύουμε μέσα απο το προσοφθάλμιο, ρυθμίζοντας τον συγχρόνως

- ρυθμίζουμε το σταυρόνημα,για να φαίνεται και αυτό με ευκρίνεια

- με τη βοήθεια κατάλληλων κοχλιών φέρνουμε το σκοπευόμενο σημείο ακριβώς στο κέντρο του σταυρονήματος

Οι μηχανισμοί οριζοντίωσης και κατακορύφωσης

Στους μηχανισμούς οριζοντίωσης και κατακορύφωσης των γωνιομετρικών οργάνων ανήκουν οι αεροστάθμες. Διακρίνουμε δύο είδη αεροσταθμών: τις σφαιρικές για χοντρική οριζοντίωση και κατακορύφωση και τις σωληνωτές ή κυλινδρικές για ακριβή οριζοντίωση και κατακορύφωση.

Οι μηχανισμοί αναγνώσεων των γωνιομετρικών οργάνων

Χαρακτηριστικό γνώρισμα των κλασσικών γωνιομετρικών οργάνων είναι ο διαιρεμένος κύκλος ή δίσκος, που η εξέλιξη του βοήθησε πολύ στην αύξηση της ακριβείας τους. Πάνω στο δίσκο είναι χαραγμένες οι διαιρέσεις. Στα σύγχρονα όργανα ο δίσκος είναι γυάλινος με τις διαιρέσεις τοποθετημένες απευθείας πάνω στην

περιφέρεια του. Τα όργανα που κυκλοφορούν σήμερα έχουν διαιρεμένους δίσκους με διάμετρο από 6 cm μέχρι 25 cm. Οι δίσκοι αυτοί είναι διαιρεμένοι σε 400 gon και οι διαιρέσεις αυξάνουν σύμφωνα με τη φορά των δεικτών του ωρολογίου. Σε κάθε όργανο υπάρχει ένας δίσκος για τη μέτρηση των οριζόντιων γωνιών και ένας για τη μέτρηση των κατακόρυφων. Για τις αναγνώσεις πάνω στους δίσκους με ακρίβεια χρησιμοποιούνται οι μηχανισμοί ανάγνωσης, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι το μικροσκόπιο, το οπτικό μικρόμετρο και ο βερνιέρος. Ο παρατηρητής βλέπει τις ενδείξεις των δίσκων μέσω ενός προσοφθαλμίου αναγνώσεων.

Στα ηλεκτρονικά γωνιομετρικά όργανα η μέτρηση των γωνιών γίνεται με ηλεκτρονικά συστήματα. Κάθε κατασκευαστική εταιρεία χρησιμοποιεί δικό της σύστημα. Πάντως τα διάφορα συστήματα μέτρησης βασίζονται στις ίδιες βασικές αρχές. Στο πιο διαδεδομένο από τα συστήματα αυτά, η μέτρηση οριζόντιων και κατακόρυφων γωνιών γίνεται με τη χρησιμοποίηση δύο λυχνιών LED που φωτίζουν το βασικό δίσκο (οριζόντιο ή κατακόρυφο). Ο δίσκος έχει χαραγές σε κανονικά διαστήματα. Μια πλάκα με πυκνότερες χαραγές παρεμβάλλεται ανάμεσα στα LED και στο δίσκο. Κάτω από το δίσκο υπάρχουν φωτοανιχνευτές που μετρούν τη συνολική ένταση του φωτός που διέρχεται από το δίσκο κατά την επιστροφή του. Η τιμή της γωνίας προκύπτει ακριβώς από την τιμή αυτής της έντασης με μετατροπή του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό. Τα αποτελέσματα των ενδείξεων εμφανίζονται σε ειδική οθόνη αναγνώσεων σε ψηφιακή μορφή.

Έτσι, οι μηχανισμοί αναγνώσεων στους ηλεκτρονικούς θεοδόλιχους είναι οθόνες υγρών κρυστάλλων (LCD) πάνω στα όργανα (συνήθως στις πλευρές των οργάνων). Στις οθόνες αυτές παρουσιάζονται απευθείας οι ενδείξεις των δίσκων. Υπάρχουν επίσης και πλήκτρα ελέγχου της λειτουργίας των οργάνων.

2.3.4 Το Δορυφορικό Σύστημα Εντοπισμού Θέσης GPS

2.3.4.1 Γενικά χαρακτηριστικά - ορολογία

Ο προσδιορισμός θέσεων στη φυσική γήινη επιφάνεια και η ένταξη τους σε ένα κατάλληλο σύστημα αναφοράς είναι ό κύριος σκοπός του εφαρμοσμένου μέρους της Γεωδαισίας. Οι κλασικές τεχνικές που εφαρμόζονται είναι ο τριγωνισμός, ο τριπλευρισμός, ή συνήθως ο συνδυασμός των δύο αυτών μεθόδων, που παρέχουν τις επιφανειακές ελλειψοειδείς συντεταγμένες και η υψομετρία, που παρέχει την τρίτη παράμετρο, τα υψόμετρα. Η χρήση των τεχνητών δορυφόρων αλλά και η ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών έχουν αλλάξει την κατάσταση τελείως, ώστε ο τρισδιάστατος εντοπισμός μεγάλης ακρίβειας να είναι ένα εύκολο αποτέλεσμα με σύντομες εργασίες υπαίθρου.

Με τον όρο δορυφορικός εντοπισμός θέσης εννοείται ο προσδιορισμός των απόλυτων και σχετικών συντεταγμένων σημείων (επί της Γης, στην ξηρά, στη θάλασσα ή επάνω από τη Γη) με την επεξεργασία μετρήσεων προς ή και από τεχνητούς δορυφόρους.

Οι πρώτες σχετικές εφαρμογές εμφανίστηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1960 με προβλήματα λόγω του εξαιρετικά μεγάλου χρόνου παρατηρήσεων και της χαμηλής ακριβείας. Παρόλα τα προβλήματα, οι εφαρμογές αυτές σε γεωδαιτικές εργασίες μεγάλης κλίμακας, κατόρθωσαν να δώσουν λύσεις σε θέματα σχετικά με τη σύνθεση εθνικών τριγωνομετρικών δικτύων και με τον προσδιορισμό της, θέσης, της κλίμακας και του προσανατολισμού εθνικών συστημάτων αναφοράς.

Η χρήση των δορυφόρων (σε σχέση με τις παραδοσιακές επίγειες μεθόδους) προσφέρει δύο πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα:

- Οι προσδιορισμοί θέσης είναι αυθεντικά τρισδιάστατοι.
- Δεν υπάρχει καμιά απαίτηση αμοιβαίας ορατότητας μεταξύ των εμπλεκόμενων σε μετρήσεις σταθμών.

Σήμερα, υπάρχουν σε χρήση δύο δορυφορικά συστήματα, τα οποία κατασκευάσθηκαν και, συντηρούνται από τις Η.Π.Α. το

παλαιότερο που δεν προσφέρεται ,για γεωδαιτικές εφαρμογές σύστημα TRANSIT και το νεότερο GPS που χρησιμοποιείται πλέον για καθημερινές εργασίες. Ένα αντίστοιχο σύστημα αναπτύχθηκε από την πρώην Σοβιετική Ένωση και είναι γνωστό με το όνομα GLONASS. Τέλος, λαμβάνοντας υπόψη τη σπουδαιότητα που έχει ένα τέτοιο σύστημα, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ξεκινήσει τις διαδικασίες για τη δημιουργία ενός ευρωπαϊκού δορυφορικού συστήματος εντοπισμού θέσης με το όνομα GALILEO. Τα δορυφορικά συστήματα εντοπισμού θέσης είναι γνωστά ως Global Navigation Satellite Systems, GNSS.

Το GPS (Global Navigation Satellite System - Παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης) είναι ένα δορυφορικό σύστημα εντοπισμού θέσης, ταχύτητας και διανομής χρόνου. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί ραδιοσήματα από δορυφόρους που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη Γη. Ο βασικός προορισμός του συστήματος αυτού από το 1978, οπότε έγινε η εκτόξευση του πρώτου δορυφόρου, ήταν ο έλεγχος της κίνησης οχημάτων, πλοίων και αεροπλάνων σε παγκόσμια κλίμακα και αρχικά για στρατιωτικούς σκοπούς. Με την πάροδο του χρόνου όμως και με τη βελτίωση της ακριβείας του συστήματος, οι εφαρμογές του επεκτάθηκαν ή επεκτείνονται και σε άλλους τομείς, όπως η παρακολούθηση μετακινήσεων του στερεού φλοιού της Γης (Γεωδυναμική), η παρακολούθηση μικρομετακινήσεων μεγάλων τεχνικών έργων (Γεωδαισία), υδρογραφικές εφαρμογές, εφαρμογές στις διαστημικές επιστήμες, εφαρμογές στις μεταφορές κλπ.

Το GPS αναπτύσσεται και λειτουργεί με τη συμβολή του Υπουργείου Αμύνης των Η.Π.Α. και τέθηκε σε πλήρη λειτουργία το 1995.

2.3.4.2 Τα τμήματα του GPS

Το GPS αποτελείται από τρία τμήματα: το δορυφορικό τμήμα, το τμήμα ελέγχου και το τμήμα χρήσης

α. Το δορυφορικό τμήμα αποτελείται από 24 δορυφόρους που είναι κατανεμημένοι σε 6 τροχιακά επίπεδα δορυφόρους σε κάθε

επίπεδο. Στις αρχές του 1990 υπήρχαν 6 πειραματικοί δορυφόροι (Block I) και 5 δορυφόροι δεύτερης γενιάς (Block II) που εκπέμπουν σήματα GPS και ήταν κατανεμημένοι σε δύο τροχιακά επίπεδα. Προβλέπεται η κατασκευή 28 δορυφόρων δεύτερης γενιάς, μερικοί από τους οποίους θα είναι εφοδιασμένοι με αισθητήρα πυρηνικών καταλοίπων. Οι δορυφόροι αυτοί θα αντικαταστήσουν τους πειραματικούς δορυφόρους, θα έχουν χρόνο ζωής 7.5 περίπου έτη και θα αντικατασταθούν με δορυφόρους τρίτης γενιάς (Block III) που ήδη βρίσκονται υπό κατασκευή.

Η κλίση των τροχιακών επιπέδων των δορυφόρων είναι 55° ως προς τον Ισημερινό. Η περίοδος περιστροφής των δορυφόρων είναι 12ω. Οι τροχιές τους είναι κυκλικές και βρίσκονται σε ύψος περίπου 20000 κμ. Ο παραπάνω τροχιακός σχηματισμός παρέχει σχεδόν πλήρη κάλυψη 24 ώρες την ημέρα σε όλο τον κόσμο (4 τουλάχιστον και συνήθως 7 δορυφόροι ορατοί από έναν τόπο) περίπου από τα μέσα του 1993.

β. Το τμήμα ελέγχου αποτελείται από τους σταθμούς παρακολούθησης των δορυφόρων τους σταθμούς εκπομπής πληροφορίας προς τους δορυφόρους, που είναι κατανεμημένοι σε όλο τον κόσμο και τον κύριο σταθμό ελέγχου που βρίσκεται στο Colorado στις ΗΠΑ. Εκεί γίνεται επεξεργασία όλων των παρατηρήσεων, που στέλνονται από τους σταθμούς παρακολούθησης και καθορίζονται (προβλέπονται) οι δορυφορικές τροχιές και η συμπεριφορά των δορυφορικών χρονομέτρων. Η πληροφορία αυτή διαβιβάζεται στους δορυφόρους και αποθηκεύεται στη μνήμη των υπολογιστών τους. Στη συνέχεια εκπέμπεται με τον Ο - κώδικα προς τους χρήστες, για να κάνουν τους υπολογισμούς και τις αναγωγές για τον καθορισμό του στίγματος τους.

γ. Το τμήμα χρήσης αποτελείται από τους δέκτες. Κάθε δέκτης αποτελείται από την κεραία, τον προενισχυτή, τον κυρίως δέκτη και διάφορες μονάδες επεξεργασίας των σημάτων και των δεδομένων GPS.

Μετά από κάποια αποκωδικοποίηση των σημάτων GPS, που λαμβάνονται αυτόματα από τους δέκτες, μετράται η απόσταση που αντιστοιχεί από το δορυφόρο μέχρι το δέκτη και η ταχύτητα

μεταβολής της. Πρέπει να σημειωθεί ότι η απόσταση αυτή δεν είναι η καθαρή γεωμετρική απόσταση δορυφόρου - δέκτη, αλλά μια απόσταση που, ονομάζεται ψευδοαπόσταση, προσδιορίζεται από τα ηλεκτρονικά κυκλώματα του δέκτη και περιλαμβάνει καθυστερήσεις λόγω ατμόσφαιρας (ιονόσφαιρα, τροποσφαιρα κ.λπ.) καθώς και χρονικές καθυστερήσεις των χρονομέτρων δορυφόρων και δέκτη.

Εσωτερικά στο δεκτή παράγεται ένα ακριβές αντίγραφο του κώδικα P ή C/A. Στη συνέχεια ο δέκτης προσπαθεί να συσχετίσει τον δικό του εσωτερικό κώδικα με τον κώδικα (σήμα) που λαμβάνει από το δορυφόρο. Έτσι μετράται ο χρόνος άφιξης του σήματος του δορυφόρου. Με την ανάγνωση και αποκωδικοποίηση του D - κώδικα ο δέκτης μπορεί να αναγνωρίσει και τη στιγμή εκπομπής του σήματος από το δορυφόρο. Η διαφορά του χρόνου άφιξης και του χρόνου εκπομπής καθορίζει το χρόνο που χρειάζεται το σήμα διανύσει την απόσταση δορυφόρου - δέκτη. Πολλαπλασιάζοντας το χρόνο αυτό με την ταχύτητα του φωτός μπορούμε να υπολογίσουμε την απόσταση δορυφόρου-, - δέκτη, μια ψευδοαπόσταση που περιλαμβάνει πολλών ειδών καθυστερήσεις του σήματος, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως. Οι θέσεις των δορυφόρων όμως είναι γνωστές (από τον D - κώδικα) σε χώρο και χρόνο, μπορούμε συνεπώς να καθορίσουμε τη θέση ενός δέκτη αν μετρήσουμε ταυτοχρόνως τέσσερις ψευδοαποστάσεις προς τέσσερις διαφορετικούς δορυφόρους. Έτσι μπορεί να προσδιοριστεί η τρισδιάστατη θέση του δέκτη (x y z ή φ λ h) σε ένα ελλειψοειδές αναφοράς, π.χ. το γεωκεντρικό, γεωσταθερό σύστημα αναφοράς World Geodetic System – 84 (WGS84), καθώς και η χρονική καθυστέρηση dT του χρονομέτρου του δέκτη. Επιλύοντας ένα σύστημα 4 εξισώσεων με 4 αγνώστους (x y z dT) προκύπτει η λύση του προβλήματος. Περισσότερες μετρήσεις ψευδοαποστάσεων μας επιτρέπουν τον προσδιορισμό θέσης με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων και προτιμούνται.

Οι δέκτες χωρίζονται σε αυτούς που μετρούν μόνο τη μια συχνότητα L1 (δέκτες μιας συχνότητας) και σε αυτούς που μετρούν και τις δύο συχνότητες L1 και L2 (δέκτες δύο συχνοτήτων). Οι δέκτες

της δεύτερης-κατηγορίας χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπου απαιτείται υψηλή ακρίβεια.

2.3.4.3 Τεχνικές προσδιορισμού θέσης

Η απόσταση ανάμεσα στον κινητό και τον ακίνητο δέκτη μπορεί να είναι μέχρι 10km για δέκτες που μετρούν μόνο C/A κώδικα στη συχνότητα L1 και μέχρι 50 – 60km για δέκτες που μετρούν C/A κώδικα στη συχνότητα L1 και φάση στη συχνότητα L2. Οι τελευταίοι αυτοί δέκτες έχουν κανάλια συσχέτισης ή τετραγωνισμού στη συχνότητα L1 και κανάλια τετραγωνισμού στην L2. Οι δέκτες που μετρούν και τον P - κώδικα μπορούν να μετρήσουν αποστάσεις μέχρι 200 – 300km και γενικά οι χρόνοι παρατήρησης είναι μικρότεροι από τους άλλους δέκτες.

Υπάρχουν δύο τρόποι προσδιορισμού θέσης ο απόλυτος και ο σχετικός προσδιορισμός θέσης:

-Ο απόλυτος εντοπισμός αναφέρεται στον προσδιορισμό θέσης ενός σημείου με το GPS στο κοινά αποδεκτό σύστημα αναφοράς του WGS84. Στην περίπτωση αυτή, η επεξεργασία των δεδομένων παρατήρησης γίνεται κατευθείαν στο δέκτη και καθορίζονται οι συντεταγμένες του. Η ακρίβεια εντοπισμού των 100m (SA On) αλλά ακόμα και εκείνη των 15 m (SA Off) είναι αρκετή για πολλές από τις πολιτικές εφαρμογές.

-Ο σχετικός εντοπισμός (διαφορικός εντοπισμός) αφορά τον καθορισμό των συντεταγμένων ενός δέκτη σε σχέση με κάποιον άλλον που συνήθως είναι σταθερός και βρίσκεται σε γνωστή θέση. Στην περίπτωση αυτή οι δύο ή περισσότεροι δέκτες παρατηρούνται ταυτοχρόνως τους ίδιους δορυφόρους. Συνεπώς, κοινά σφάλματα που οφείλονται στους δορυφόρους, στην ατμόσφαιρα κ.λπ. όπως παρατηρούνται από τους δέκτες, αν αφαιρεθούν, μπορούν να εξαλειφθούν και να βελτιωθεί η ακρίβεια εντοπισμού.

Ο απόλυτος εντοπισμός δεν ενδιαφέρει ιδιαίτερα τις γεωδαιτικές εφαρμογές, αφού η ακρίβεια είναι της τάξης των 15 – 100 m. Με τις εφαρμογές του σχετικού εντοπισμού θέσης είναι δυνατό να

προκύψουν ακρίβειες προσδιορισμού του διανύσματος ανάμεσα στους δύο δέκτες της τάξης του ± (5-10mm)

Ο σχετικός στατικός προσδιορισμός αφορά κύρια γεωδαιτικές εφαρμογές. Στην περίπτωση αυτή ένας δέκτης (σταθμός αναφοράς) παραμένει σταθερός σε κάποιο σημείο π.χ. τριγωνομετρικό σημείο. Ένας δεύτερος δέκτης, ή και περισσότεροι δέκτες, μετακινούνται γύρω από το σταθμό αναφοράς σε σταθμούς των οποίων η θέση ζητείται να προσδιοριστεί. Έτσι, προσδιορίζονται τα διανύσματα βάσης μεταξύ των δύο δεκτών. Οι προσδιοριζόμενες συντεταγμένες των σημείων αναφέρονται στο ελλειψοειδές αναφοράς WGS84, όπως και τα υψόμετρα τους. Γνωρίζοντας τα υψόμετρα του γεωειδούς μπορούμε να υπολογίσουμε και τα ορθομετρικά υψόμετρα τους (σε σχέση δηλαδή προς τη μέση στάθμη της θάλασσας). Στη συνέχεια οι συντεταγμένες μπορούν να μετασχηματιστούν σε άλλο datum ή προβολικό σύστημα με τη βοήθεια των κατάλληλων μαθηματικών σχέσεων. Δεν απαιτείται οπτική επαφή ανάμεσα στους δέκτες και οι μετρήσεις μπορούν να γίνουν οποιαδήποτε ώρα και με οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές σχετικού εντοπισμού, όπως ο σχετικός στατικός εντοπισμός (static), ο γρήγορος στατικός εντοπισμός (rapid static), ο ψευδοκινηματικός (pseudokinematic), ο stop and go και ο κινηματικός σχετικός προσδιορισμός:

1. Όταν θέλουμε να μετρήσουμε ένα νέο τριγωνομετρικό δίκτυο ή να κάνουμε πύκνωση ενός υφιστάμενου δικτύου, τότε ο πρώτος δέκτης[1] τοποθετείται (σε ένα από τα νέα ή υπάρχοντα) τριγωνομετρικά σημεία και ο δεύτερος τοποθετείται σε κάποιο άλλο, όπου παραμένει και μετράει συγχρόνως με τον πρώτο για όσο χρονικό διάστημα απαιτείται (στατικός υπολογισμός, static). Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται μέχρι να μετρηθούν όλες οι πλευρές του δικτύου. Σε περιπτώσεις όπως αυτή, όπου απαιτείται υψηλή ακρίβεια, εφαρμόζεται η στατική μέθοδος μέτρησης για χρονικό διάστημα που προτείνει ο κατασκευαστής των δεκτών που χρησιμοποιούνται.

2. Για τον ίδιο σκοπό της μέτρησης ενός νέου τριγωνομετρικού δικτύου ή της πύκνωσης ενός υφιστάμενου δικτύου, θα

μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και η ψευτοκινηματική μέθοδος μέτρησης (pseudokinematic ή re-occupetation) κατά την οποία ο πρώτος δέκτης τοποθετείται σε ένα γνωστό τριγωνομετρικό και ο δεύτερος περιφέρεται σε άλλα σημεία,, όπου. μετράει για χρονικό διάστημα 5-10 min για να επανέλθει στα σημεία αυτά μετά από την πάροδο μιας τουλάχιστον ώρας, για να επαναληφθούν οι μετρήσεις για άλλα 5-10min με διαφορετική γεωμετρία δορυφόρων. Οι επιττυγχάνόμενες ακρίβειες είναι σχεδόν ταυτόσημες με τη στατική μέθοδο.

3. Όταν θέλουμε να μετρήσουμε σημεία για να χρησιμοποιηθούν ως στάσεις αποτύπωσης, υποκαθιστώντας έτσι την πολυγωνομετρία, τότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν η ψευτοκινηματική μέθοδος που περιγράφηκε παραπάνω, καθώς και η γρήγορη στατική (rapid static) με δέκτες δύο συχνοτήτων. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή ο πρώτος δέκτης τοποθετείται σε ένα (γνωστό) τριγωνομετρικό σημείο, ενώ ο δεύτερος μετρά άλλα σημεία για χρονικό διάστημα 5-10 min (τα σημεία που μετρώνται δεν πρέπει να απέχουν περισσότερο από 15 km από το σταθερό δέκτη).

4. Όταν θέλουμε να αποτυπώσουμε μια περιοχή (π.χ. για ψηφιακό υπόβαθρο GPS, κτηματογράφηση, αποτύπωση ζώνης οδοποιίας, αποτύπωση υφιστάμενου οδικού δικτύου κτλ.) μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη μέθοδο stop and go ή την κινηματική μέθοδο που είναι παραπλήσιες. Κατά τη χρησιμοποίηση της μεθόδου stop and go είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται δέκτες δύο συχνοτήτων για αυξημένη ακρίβεια και μέγιστη απόδοση. Ο πρώτος δέκτης τοποθετείται σε γνωστό τριγωνομετρικό σημείο, ενώ ο δεύτερος τοποθετείται σε ένα άλλο σημείο (γνωστό ή όχι) κοντά συνήθως στον πρώτο. Οι δύο δέκτες μετρούν τα σήματα των δορυφόρων για περίπου 10min (δέκτες δύο συχνοτήτων) ή 20 – 30 min (δέκτες μιας συχνότητας) με σκοπό τον προσδιορισμό των ασαφειών φάσης. Στη συνέχεια ο δεύτερος δέκτης μετακινείται πάνω σε ράβδο και τοποθετείται σε σημεία που πρέπει να αποτυπωθούν, όπου παραμένει καταγράφοντας 2-10 μετρήσεις σημάτων των δορυφόρων (epochs).

Οι δέκτες είναι κατά τη μέθοδο αυτή ρυθμισμένοι να καταγράφουν μετρήσεις συνήθως ανά 5 sec, οπότε ο χρόνος που απαιτείται για τη μέτρηση ενός σημείου (λεπτομερειών) είναι από 10 - 50 sec. Αυτά ισχύουν για δέκτες δύο συχνοτήτων και η τελικώς επιτυγχανόμενη ακρίβεια μπορεί να είναι της τάξεως των ± 1 - 3 cm ή και καλύτερη. Για δέκτες μιας συχνότητας οι χρόνοι μέτρησης αυξάνουν και η ακρίβεια μπορεί να είναι της τάξεως των ±2-10 cm. Κατά την εφαρμογή της μεθόδου stop and go είναι απαραίτητο να διατηρείται συνεχής επαφή με τέσσερις τουλάχιστον δορυφόρους, τόσο από τον σταθερό, όσο και από τον κινητό δέκτη. Αν αυτό κάποια στιγμή δεν τηρείται, τότε είναι απαραίτητο ο κινητός δέκτης να σταματήσει σε ένα σημείο και να μετρήσει για 10 min περίπου συγχρόνως με τον σταθερό κάνοντας επανέναρξη των μετρήσεων. Στη συνέχεια συνεχίζονται οι μετρήσεις, όπως περιγράφηκαν παραπάνω. Πάντως συνιστάται σε κάθε περίπτωση κατά την εφαρμογή της μεθόδου να σταματούμε κατά διαστήματα σε κάποιο σημείο και να κάνουμε εκεί ένα γρήγορο στατικό υπολογισμό, γεγονός που βελτιώνει την ακρίβεια των παρατηρήσεων. Αυτό μπορεί να γίνεται κάθε 2 περίπου ώρες μετρήσεων ή κάθε 200 m περίπου, εάν κάνουμε αποτύπωση μηκοτομών ή κατά πλάτος διατομών για αποτύπωση ζώνης οδοποιίας. 5. Παρόμοια μέθοδος μέτρησης είναι και η κινηματική (kinematic), όπου όμως γίνεται συνεχής καταγραφή της θέσης του δεύτερου (κινητού) δέκτη ανά χρονικό διάστημα που ορίζεται από τον χρήστη (πχ 1 sec). Έτσι μπορεί να γίνει παρακολούθηση της κίνησης οχήματος, αποτύπωση οδικού δικτύου, υδρογραφικές αποτυπώσεις κ.λπ. μέθοδος προβλέπει πάλι μια σύγχρονη γρήγορη στατική μέτρηση των δύο δεκτών, και στη συνέχεια τη μετακίνηση του δεύτερου δέκτη. Σε μία παραλλαγή της μεθόδου ο υπολογισμός της θέσης του κινούμενου δέκτη μπορεί να γίνεται σε πραγματικό χρόνο (Real time). Η μέθοδος αυτή έχει μεγάλη εφαρμογή για την παρακολούθηση της κίνησης κάθε είδους μεταφορικού μέσου και θα αποτελέσει αντικείμενο ιδιαίτερης παραγράφου.

Διαφορικός εντοπισμός θέσης σε πραγματικό χρόνο

(χρησιμοποιήθηκε στην αποτύπωσή που κάναμε με τη μορφή του διαφορικού, κινηματικού εντοπισμού σε πραγματικό χρόνο που θα δούμε παρακάτω αναλυτικά.

Ο διάφορος εντοπισμός "θέσης (Differential GPS, DGPS) χρησιμοποιεί δύο τουλάχιστον δέκτες, από τους οποίους ο ένας παραμένει σταθερός και κεντρώνεται σε σημείο με γνωστές συντεταγμένες και ο άλλος ή οι άλλοι περιφέρονται για τις μετρήσεις. Αυτός ο σταθερός-δέκτης είναι το κλειδί στην ακρίβεια του DGPS και λέγεται σταθμός αναφοράς ή βάσης (base station). Με τη βοήθεια του, όλες οι μετρήσεις που γίνονται από τους κινητούς δέκτες (Rover Stations) διορθώνονται και υπολογίζονται οι συντεταγμένες της τροχιάς τους σε πραγματικό χρόνο.

Οι δορυφόροι είναι τόσο μακριά στο διάστημα που οι μικρές αποστάσεις πάνω στη γη είναι ασήμαντες. Αυτό σημαίνει ότι αν δύο δέκτες είναι αρκετά κοντά μεταξύ τους, π.χ. μερικές εκατοντάδες χιλιόμετρα, τα σήματα που φθάνουν και στους δύο, στην πραγματικότητα θα έχουν ταξιδέψει μέσα από την ίδια περιοχή της ατμόσφαιρας και θα έχουν τις ίδιες καθυστερήσεις, δηλαδή σφάλματα. Έτσι, αφού και οι δύο δέκτες στην πραγματικότητα θα έχουν τα ίδια σφάλματα, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον ένα δέκτη για να προσδιορίζει αυτά τα σφάλματα και να παρέχει αυτές τις πληροφορίες των σφαλμάτων στον άλλο δέκτη. Για το σκοπό αυτό ο δέκτης αναφοράς πρέπει να τοποθετηθεί σε ένα σημείο, του οποίου οι συντεταγμένες έχουν μετρηθεί με πολύ μεγάλη ακρίβεια με τοπογραφικές μεθόδους. Αυτός ο σταθμός αναφοράς δέχεται τα ίδια σήματα του GPS, όπως και ο περιφερόμενος δέκτης, αλλά, αντί να δουλεύει όπως ένα κανονικός δέκτης GPS, εκτελεί τους υπολογισμούς με αντίστροφο τρόπο. Αντί να χρησιμοποιεί σήματα χρόνου για να υπολογίσει τις συντεταγμένες του, χρησιμοποιεί τις γνωστές συντεταγμένες του για να υπολογίσει τους χρόνους.

Η λογική του συστήματος είναι απλή: Αφού ο σταθμός αναφοράς γνωρίζει που υποτίθεται ότι βρίσκονται οι δορυφόροι στο διάστημα και γνωρίζει την ακριβή θέση του, μπορεί να υπολογίσει μία θεωρητική απόσταση μεταξύ του εαυτού του και κάθε δορυφόρου.

Κατόπιν διαιρεί αυτή την απόσταση με την ταχύτητα του φωτός και παίρνει ένα χρόνο. Αυτός ο χρόνος είναι το χρονικό διάστημα που έπρεπε να ταξιδέψουν τα σήματα για να φτάσουν στον σταθμό αναφοράς. Έπειτα συγκρίνει αυτόν τον θεωρητικό χρόνο με το χρόνο που πραγματικά χρειάστηκαν τα σήματα για να φθάσουν σ' αυτόν. Η οποιαδήποτε διαφορά είναι το σφάλμα (ή καθυστέρηση) στο σήμα των δορυφόρων. Ο δέκτης αναφοράς υπολογίζει τέτοιες καθυστερήσεις για όλους τους δορυφόρους από τους οποίους δέχεται σήματα. Στην πραγματικότητα δεν υπολογίζει μόνο τα σφάλματα χρόνου για κάθε δορυφόρο, αλλά υπολογίζει και μεταδίδει επίσης και το ρυθμό μεταβολής αυτών των σφαλμάτων. Με αυτόν τον τρόπο ο περιφερόμενος δέκτης μπορεί να κάνει παρεμβολή για να βρει τη θέση του μέχρι την επόμενη φορά που ο δέκτης αναφοράς θα του δώσει καινούργια στοιχεία.

Το επόμενο στάδιο είναι η αποστολή αυτών των σφαλμάτων ή διορθώσεων (που λέγονται διαφορικές διορθώσεις) προς τους κινητούς δέκτες σε ένα τυποποιημένο format ηλεκτρονικού μηνύματος που λέγεται RTCM. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές, αλλά η περισσότερο πρακτική είναι η εγκατάσταση και λειτουργία ενός ραδιοδικτύου. Άλλες μέθοδοι περιλαμβάνουν τη χρήση της κινητής τηλεφωνίας και. τη μετάδοση προς τηλεπικοινωνιακούς δορυφόρους προς επαναμετάδοση στη Γη. Αυτό σημαίνει ότι ο δέκτης αναφοράς συνδέεται με έναν ράδιοπομπό ενώ οι κινούμενοι δέκτες GPS συνδέονται με έναν ραδιοδέκτη ή συνήθως, πομπόδέκτη. Η εμπειρία έχει δείξει ότι ένας ρυθμός ανανέωσης (εκπομπής) των διορθώσεων μία φορά ανά πέντε (5) δευτερόλεπτα είναι πολύ καλός, ειδικά αν είναι, ενεργοποιημένη η Επιλεκτική Διαθεσιμότητα. Σε πολλές περιπτώσεις, όπως και στα συστήματα διαχείρισης στόλου οχημάτων, οι διορθωμένες συντεταγμένες, που υπολογίζει ο κινητός δέκτης εκπέμπονται με ειδικό format (NMEA) προς ένα, κέντρο ελέγχου.

Βέβαια, όλες οι εφαρμογές του, DGPS δε χρειάζονται αυτή τη ραδιοζεύξη αφού, μερικές εργασίες δεν απαιτούν διορθώσεις σε πραγματικό χρόνο. Άλλη υπόθεση είναι να προσπαθείς να τοποθετήσεις ένα γεωτρύπανο με ελάχιστη απόκλιση σε ένα συγκεκριμένο σημείο του πυθμένα του ωκεανού από ένα πλοίο που κλυδωνίζεται από τα κύματα και τελείως διαφορετική, εάν

απλά γίνεται αποτύπωση ενός νέου δρόμου για να συμπεριληφθεί σε ένα χάρτη. Οι εφαρμογές όπως η τελευταία ο κινητός δέκτης χρειάζεται μόνο να καταγράψει όλες τις μετρημένες θέσεις και τον ακριβή χρόνο που έγινε κάθε μέτρηση. Αργότερα αυτά τα στοιχεία μπορούν να συγκριθούν με τις διορθώσεις που καταγράφηκαν στο δέκτη αναφοράς για έναν τελικό υπολογισμό των συντεταγμένων. Αυτή η μέθοδος είναι γνωστή σαν DGPS με επεξεργασία στο γραφείο (Post – Processed DGPS)

Η μεθοδολογία DGPS βασίζεται στις μετρήσεις των αποστάσεων προς τους δορυφόρους με χρήση του κώδικα του φέροντος κύματος. Οι μετρήσεις με χρήση του κώδικα είναι σαν μια μετροταινία η οποία έχει διαβαθμίσεις μέτρου και μόνο. Οι διαβαθμίσεις εμφανίζονται αυτόματα, όταν εγκλωβίσουμε το σήμα των δορυφόρων με τον δέκτη μας, επομένως μπορούμε να υπολογίσουμε τις αποστάσεις ως προς τους δορυφόρους άμεσα, αλλά όχι με μεγάλη ακρίβεια. Η ακρίβεια στην περίπτωση αυτής της μεθόδου ανέρχεται στα 1 έως 3 m (SA off).

Στην περίπτωση που ο διαφορικός εντοπισμός γίνεται με τη χρήση της φάσης του φέροντος κύματος σε πραγματικό χρόνο η ακρίβεια βελτιώνεται σημαντικά. Η μέθοδος αυτή λέγεται **διαφορικός κινηματικός εντοπισμός σε πραγματικό χρόνο (Real Time Kinematic DGPS, RTK DGPS)** Οι μετρήσεις με χρήση της φάσης του φέροντος κύματος είναι σαν μια μετροταινία με διαβαθμίσεις χιλιοστού. Σε αυτή την μετροταινία οι διαβαθμίσεις των μέτρων δεν φαίνονται άμεσα όταν λαμβάνουμε το σήμα των δορυφόρων με τον δέκτη μας. Πρέπει να περιμένουμε κάποιο χρονικό διάστημα για να εμφανιστούν οι διαβαθμίσεις των μέτρων και να ολοκληρώσουμε τις μετρήσεις. Αυτός είναι ο χρόνος που απαιτείται για να επιλυθεί η **ασάφεια φάσης.** Όσο περισσότερο χρόνο περιμένουμε τόσο και πιο καθαρές γίνονται οι διαβαθμίσεις των μέτρων. Όταν οι διαβαθμίσεις των μέτρων εμφανιστούν, παραμένουν ξεκάθαρες και μπορούμε να κάνουμε άμεσες μετρήσεις ασταμάτητα, όσο ο δέκτης μας λαμβάνει σήματα από τους δορυφόρους. Όταν χαθεί η επαφή με τους δορυφόρους οι διαβαθμίσεις των μέτρων εξαφανίζονται και χρειάζεται να περιμένουμε πάλι για να επιλυθεί η ασάφεια φάσης και να εμφανιστούν οι διαβαθμίσεις των μέτρων. Σε περίπτωση που η

επαφή με τους δορυφόρους διακόπτεται για μικρό χρονικό διάστημα, ο δέκτης μπορεί να βασιστεί στον υπολογισμό των ακεραίων κύκλων από τις προηγούμενες μετρήσεις.

Όταν ένας δέκτης έχει επιλύσει την ασάφεια φάσης, η ακρίβεια στον υπολογισμό της θέσης είναι μεταξύ 0.5 cm και 2cm οριζοντιογραφικά και μεταξύ 1 cm με 5 cm υψομετρικά.

Το RTK DGPS είναι ένα σύστημα αξιόπιστο και υψηλής ακριβείας, αποτελεί δε τη βάση πολλών συστημάτων AVL και IVHS. Το κρίσιμο στοιχείο της μεθόδου είναι η χωρίς πρόβλημα εκπομπή και λήψη των διαφορικών διορθώσεων που εκπέμπει ο σταθμός αναφοράς με τη βοήθεια ενός κατάλληλου συστήματος τηλεμετάδοσης. Ακόμη, σε πολλές εφαρμογές το ίδιο σύστημα τηλεμετάδοσης χρησιμοποιείται από το όχημα για να εκπέμψει τη δική του διορθωμένη θέση προς το σταθμό ελέγχου. Υπάρχουν διάφορες δυνατότητες χρησιμοποίησης συστημάτων τηλεμετάδοσης δεδομένων των οποίων η αποτελεσματικότητα και το κόστος διαφέρουν.

2.3.4.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια του GPS

Όπως κάθε μετρητικό σύστημα, το GPS παρουσιάζει περιορισμούς στη χρησιμοποίηση του και σφάλματα που οφείλονται σε διάφορους παράγοντες οι οποίοι προκαλούν τελικά μείωση της απόδοσης του. Τέτοιοι παράγοντες είναι:

1. Η όχι καλή λήψη των σημάτων από τους δορυφόρους στο δέκτη. Η επιτυχής μέτρηση της απόστασης δορυφόρου - δέκτη προϋποθέτει ορατότητα μεταξύ τους και απρόσκοπτη λήψη των σημάτων. Εμπόδια, όπως κτίρια, πυκνά δέντρα κ.λπ. είναι δυνατόν να προκαλέσουν σημαντικά προβλήματα, μεταξύ των οποίων και σφάλματα που προκαλούνται από ανεπιθύμητες ανακλάσεις εδάφους των σημάτων των δορυφόρων (MULTIPATH ERRORS).
2. Λάθη στον κώδικα προσδιορισμού της θέσης του δορυφόρου. Πρόκειται για τον D - κώδικα που περιλαμβάνει πληροφορίες για τη θέση του δορυφόρου κάθε χρονική

στιγμή και εκπέμπεται από κάθε δορυφόρο συγχρόνως με τις συχνότητες μετρήσεων, Ο έλεγχος για την αποφυγή σφαλμάτων από την πηγή αυτή γίνεται είτε με τοποθέτηση του δέκτη σε σημεία γνωστά από πριν, οπότε ελέγχεται η ακρίβεια των δεδομένων θέσης του δορυφόρου, είτε με τη χρησιμοποίηση περισσοτέρων από τέσσερις δορυφόρους για τον προσδιορισμούς θέσης κάθε σημείου μέτρησης, οπότε υπάρχει δυνατότητα ελέγχων.

3. Η ακρίβεια των εκπεμπόμενων σημάτων. Το GPS μετρά το χρόνο που παρέρχεται από την εκπομπή του σήματος από το δορυφόρο μέχρι τη λήψη του από το δέκτη. Από τη μέτρηση αυτή προκύπτει η απόσταση δορυφόρου - δέκτη. Στη διαδικασία της μέτρησης αυτής όμως υπεισέρχονται διάφορα σφάλματα που τελικά μειώνουν την ακρίβεια του συστήματος. Η όχι τελείως ακριβής πρόγνωση της θέσης του δορυφόρου, μικρά σφάλματα μέτρησης του χρόνου στα χρονόμετρα των δορυφόρων, σφάλματα διάδοσης των σημάτων μέσα στην ιονόσφαιρα και την τροπόσφαιρα, μεγαλύτερα σφάλματα μέτρησης του χρόνου στο χρονόμετρο του δέκτη και η γεωμετρία του σχήματος δορυφόρων - σημείου μέτρησης είναι μερικοί παράγοντες που επιφέρουν σημαντικά, κατά περίπτωση σφάλματα.

Η βελτίωση της ακριβείας του συστήματος GPS μπορεί να γίνει τόσο με βελτίωση των συσκευών όσο και με βελτίωση των μεθόδων μέτρησης και επεξεργασίας. Για γεωδαιτικές εφαρμογές όπου απαιτείται μεγάλη ακρίβεια, χρησιμοποιείται κατά κανόνα ο σχετικός στατικός υπολογισμός θέσης ανάμεσα σε διάφορα σημεία όπου τοποθετούνται οι δέκτες GPS. Η μέθοδος επεξεργασίας περιλαμβάνει χρησιμοποίηση διαφόρων μετρήσεων που μπορεί να είναι απλές, διπλές ή τριπλές. Οι απλές διαφορές αναφέρονται παρατηρήσεις από δύο σημεία προς κοινό δορυφόρο. Έτσι ελαχιστοποιούνται τα σφάλματα του δορυφόρου.

Οι διπλές διαφορές αναφέρονται σε κοινές μετρήσεις από δύο σημεία προς δύο δορυφόρους, οπότε εξαλείφονται και σφάλματα των δεκτών. Τέλος, οι τριπλές διαφορές αναφέρονται σε κοινές μετρήσεις από δύο σημεία προς δύο διαφορετικούς δορυφόρους σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, οπότε πετυχαίνεται ακόμη

μεγαλύτερη ακρίβεια με την απαλοιφή περισσότερων πηγών σφάλματος.

Μία παράμετρος που παρέχει την αναμενόμενη ακρίβεια του προσδιορισμού της θέσης ενός σημείου είναι το DOP (Dilution of Precicion), το οποίο βασίζεται στη γεωμετρία των δορυφόρων. Το DOP παρέχεται από τους δέκτες κατά τη διάρκεια των μετρήσεων ή από το λογισμικό κατά τη διάρκεια του προγραμματισμού των μετρήσεων.

Εμφανίζεται με διάφορες μορφές:

- GDOP για τη γεωμετρία
- PDOP για την ακρίβεια θέσης στο χώρο
- TDOP για την ακρίβεια στη μέτρηση του χρόνου
- HDOP για την ακρίβεια οριζόντιας θέσης
- VDOP για την ακρίβεια των υψομέτρων

Το DOP θα πρέπει να χρησιμοποιείται ενδεικτικά δεν καλύπτει όλες τις πιθανές πηγές σφαλμάτων, οπότε μπορεί να δώσει κάποια υπερεκτίμηση της ακριβείας. Οι τιμές του DOP (στις διάφορες παραλλαγές του) θα πρέπει να βρίσκονται κάτω από την τιμή 5, ενώ η εμφάνιση υψηλών τιμών κατά τον προγραμματισμό της εκτέλεσης μετρήσεων θα πρέπει να μας οδηγήσει σε αλλαγές των χρονικών περιόδων παρατήρησης.

2.3.4.5 Εφαρμογές των δορυφορικών συστημάτων εντοπισμού θέσης

Ένα βασικό πλεονέκτημα του GPS είναι το γεγονός ότι παρέχει τρισδιάστατη πληροφορία (x y z) για τα σημεία μέτρησης. Το χαρακτηριστικό αυτό σε συνδυασμό με την ικανοποιητική ακρίβεια καθιστούν το σύστημα κατάλληλο και για την εφαρμογή του σε παρακολούθηση παραμορφώσεων τεχνικών έργων και εδαφών. Έτσι σε περίπτωση παρακολούθησης μεγάλων τεχνικών έργων, όπως π.χ. τα υδροηλεκτρικά φράγματα, η ακρίβεια λίγων mm για 1 km ή πολύ λίγων cm για δεκάδες km που παρέχει το GPS κρίνονται

γενικά κατάλληλες για την εκτέλεση μετρήσεων. Ένα ακόμη πλεονέκτημα του GPS είναι η δυνατότητα μόνιμης εγκατάστασης δέκτη ή δεκτών σε επιλεγμένα σημεία του έργου τα οποία θα εκτελούν συνεχή καταγραφή της θέσης με τηλεχειρισμό και on – line σύνδεση με κεντρικό υπολογιστή.

Τέλος, με τις διάφορες μεθόδους σχετικού προσδιορισμού είναι δυνατή σήμερα και η εκτέλεση απλών σχετικά τοπογραφικών εργασιών, όπως η μέτρηση των στάσεων για την αποτύπωση μιας περιοχής, αντί για τις κλασσικές μεθόδους της πολυγωνομετρίας, αλλά και η κτηματογράφηση, δηλαδή η αποτύπωση ορίων ιδιοκτησιών. Θα πρέπει όμως εδώ να γίνει η παρατήρηση ότι το GPS παρέχει είτε διανύσματα στο χώρο, είτε τρισδιάστατες διαφορές συντεταγμένων που αναφέρονται στο WGS-84. Για την χρησιμοποίηση των στοιχείων αυτών στον ελλαδικό χώρο, θα πρέπει να γίνονται κατάλληλες αλλαγές datum και προβολικών συστημάτων, ώστε το τελικό αποτέλεσμα των μετρήσεων να είναι συντεταγμένες στα ελληνικά συστήματα αναφοράς.

2.4 ΔΙΚΤΥΑ ΣΗΜΕΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Ο προσδιορισμός κατά μέγεθος και μορφή ενός τμήματος της φυσικής γήινης επιφάνειας με τις φυσικές και τεχνητές λεπτομέρειες του γίνεται κατά σημεία, δηλαδή με το να καθορίσουμε στο χώρο τη σχετική θέση ορισμένων (περισσότερων ή λιγότερων) χαρακτηριστικών σημείων του. Τα σημεία που μετρώνται θα πρέπει να αποκτούν συντεταγμένες σε ένα ενιαίο σύστημα αναφοράς. Για το σκοπό αυτό πρέπει να ιδρύονται στο έδαφος σημεία τα οποία θα έχουν γνωστές συντεταγμένες και υψόμετρα και από τα οποία θα μετρηθούν τα σημεία που προσδιορίζουν την επιφάνεια του εδάφους. Έτσι:

Για τον καθορισμό της σχετικής θέσης των διαφόρων περιοχών αποτύπωσης τοποθετείται, σε όλη την έκταση που θα αποτυπώσουμε, ένα δίκτυο σταθερών βοηθητικών σημείων και καθορίζεται με μεγάλη ακρίβεια η θέση τους στο χώρο.Το δίκτυο

αυτό ονομάζεται **τριγωνομετρικό δίκτυο** και τα σημεία **τριγωνομετρικά σημεία.**

Η εξάρτηση μιας αποτύπωσης από τα σημεία αυτά γίνεται είτε απευθείας είτε με την παρεμβολή δευτερευόντων σημείων που η θέση τους καθορίζεται από τα τριγωνομετρικά σημεία. Τα σημεία αυτά λέγονται **πολυγωνομετρικά** και το σύνολο αυτών σε μια περιοχή αποτελεί το **πολυγωνομετρικό δίκτυο.**

Εκτός από τα δίκτυα αυτά (τριγωνομετρικό και πολυγωνομετρικό) δημιουργείται ακόμη σε όλη την έκταση την οποία θα αποτυπώσουμε ένα δίκτυο ειδικών **υψομετρικών** σταθερών σημείων (Reperes), που η υψομετρική τους θέση καθορίζεται με μεγάλη ακρίβεια. Τα σημεία αυτά συνθέτουν το υψομετρικό ή χωροσταθμικό δίκτυο και χρησιμοποιούνται για την υψομετρική εξάρτηση κάθε εκτεταμένης αποτύπωσης και για την εύρεση των υψομέτρων των σημείων ενός τριγωνομετρικού ή πολυγωνικού δικτύου.

Για την εξυπηρέτηση των κάθε λογής αποτυπώσεων και για έναν ομοιόμορφο και αρμονΙκό καθορισμό των σημείων των δικτύων (τριγωνομετρικού, πολυγωνο-μετρικού και χωροσταθμικού) ο προσδιορισμός τους σε όλη την κρατική επιφάνεια γίνεται από ειδικές κρατικές υπηρεσίες. Η σημαντικότερη γι αυτό το σκοπό υπηρεσία στην Ελλάδα είναι η Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (ΓΥΣ).

Τριγωνομετρικός προσδιορισμός σημείων

Αν στην ευρύτερη περιοχή των εργασιών υπάρχουν σημεία των οποίων η θέση ορίζεται επακριβώς σε ένα γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς, τότε είναι δυνατόν στην περιοχή μας να προσδιοριστούν οι συντεταγμένες νέων σημείων. Ο υπολογισμός των συντεταγμένων των νέων σημείων μπορεί να γίνει, είτε ανά σημείο χωριστά είτε για ένα δίκτυο σημείων σε μια περιοχή.
Για τη μέτρηση ενός τριγωνομετρικού δικτύου μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω κύριες τεχνικές.

α. Ο τριγωνισμός, όπου μετρούνται όλες οι γωνίες των διαδοχικών τριγώνων που σχηματίζουν τα σημεία, αν αυτό είναι δυνατό, μαζί με τον επακριβή προσδιορισμό του μήκους μεταξύ δύο σημείων.

β. Ο τριπλευρισμός, όπου μετρούνται αντί για τις γωνίες οι πλευρές των τριγώνων που σχηματίζουν τα σημεία.

γ. Ο συνδυασμός των δύο παραπάνω τεχνικών.Στην περίπτωση αυτή μετρούνται οι γωνίες και οι πλευρές των τριγώνων που σχηματίζουν τα σημεία έτσι,ώστε να είναι δυνατή η επίλυση αυτών.

δ. Οι δορυφορικές τεχνικές (GPS),όπου χρησιμοποιούνται τεχνητοί δορυφόροι σε σταθερές τροχιές γύτω από τη γη για τον προσδιορισμό σημείων. Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις προηγούμενες, γιατί παρακάμπτει το πρόβλημα της αμοιβαίας ορατότητας των σημείων που προσδιορίζονται.

Τα τριγωνομετρικά σημεία που συνθέτουν ένα δίκτυο τα διακρίνουμε σε διάφορες τάξεις ανάλογα με τη μεταξύ τους απόσταση. Έτσι έχουμε:

- Τριγωνομετρικά δίκτυα 1 τάξης με πλευρές τριγώνων μεγαλύτερες των 30 km.
- Τριγωνομετρικά δίκτυα ΙΙ τάξης με πλευρές τριγώνων από 15-30 km.
- Τριγωνομετρικά δίκτυα ΙΙΙ τάξης με πλευρές τριγώνων από 5-15 km.
- Τριγωνομετρικά δίκτυα IV τάξης με πλευρές τριγώνων μικρότερες των 5 km.

Με μια τέτοια δομή στο τριγωνομετρικό δίκτυο προκύπτει ότι τελικά το έδαφος καλύπτεται από τριγωνομετρικά σημεία, που έχουν μια μέση απόσταση μεταξύ τους 2-3 km, πράγμα που σημαίνει ότι για οποιοδήποτε τεχνικό έργο υπάρχει δυνατότητα εξάρτησης του από τριγωνομετρικά σημεία.

Σε όλες τις περιοχές της Ελλάδος, με τη φροντίδα της ΓΥΣ, έχουν εγκατασταθεί και υπολογισθεί τριγωνομετρικά σημεία μέχρι IV τάξης και επομένως η εξάρτηση μιας αποτύπωσης μπορεί να γίνει, είτε απευθείας από τα τριγωνομετρικά σημεία της περιοχής, είτε από

σημεία που προκύπτουν μετά από πύκνωση του υπάρχοντος δικτύου της περιοχής.

Οι σημάνσεις των τριγωνομετρικών σημείων είναι τέτοιες, ώστε να εξασφαλίζεται όσο το δυνατό η μεγαλύτερη διάρκεια ζωής τους και σε περίπτωση απώλειας να υπάρχει δυνατότητα για την επανεύρεσή τους.

Η πύκνωση του τριγωνομετρικού δικτύου

Επειδή τα σημεία του τριγωνομετρικού δικτύου μιας περιοχής συνήθως δεν επαρκούν για την τοπογραφική εργασία που θέλουμε να κάνουμε, πυκνώνουμε το δίκτυο, δηλαδή εγκαθιστούμε ένα αριθμό νέων σταθερών σημείων. Για την πύκνωση ενός τριγωνομετρικού δικτύου μιας περιοχής και ανάλογα με την απαιτούμενη ακρίβεια στον προσδιορισμό των νέων σημείων, χρησιμοποιούμε τις παρακάτω μεθόδους:

- Τη μέθοδο της απλής εμπροσθοτομίας
- Τη μέθοδο της πλευρικής εμπροσθοτομίας
- Τη μέθοδο της απλής οπισθοτομίας
- Τη μέτρηση των πολικών συντεταγμένων
- Το συνδυασμό γωνιακών και γραμμικών μετρήσεων, με τη μέτρηση των δύο αποστάσεων από γνωστά σημεία και της περιεχόμενης γωνίας
- Τη μέθοδο της όδευσης, μετρώντας διαδοχικές γωνίες
- Την ίδρυση ενός δικτύου οδεύσεων
- Τη μέθοδο του καταβιβασμού προσιτού ή απρόσιτου τριγωνομετρικού σημείου.

Το τριγωνομετρικο το οποίο βρίσκεται στον Προμαχώνα Φωκίωνα.
Τις συντεταγμένες προμηθευτήκαμε από τη Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού

2.5 ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΟΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται σήμερα διάφορα Γαιωδετικά Συστήματα Αναφοράς σε συνδυασμό με διάφορα προβολικά συστήματα. Μέχρι πριν λίγα χρόνια υπήρχαν σε χρήση δύο κυρίως συστήματα αναφοράς, το (παλιό) Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς ή (παλιό) Ελληνικό DATUM και το Ευρωπαϊκό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς ED50. Διάφορες βελτιώσεις του παλιού ελληνικού DATUM οδήγησαν στον επαναϋπολογισμό του ως Νέο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς ή Νέο Ελληνικό DATUM, που όμως δε χρησιμοποιήθηκε ιδιαίτερα. Ο ορισμός των παραπάνω συστημάτων έγινε με επίγειες μεθόδους και μετρήσεις.

Τα προβολικά συστήματα που κύρια χρησιμοποιούνται σήμερα στην Ελλάδα είναι:

1. Η αζιμουθιακή ισαπέχουσα προβολή του ΗΑΤΤ
2. Τα δύο συστήματα Εγκάρσιας Μερκατορικής Προβολής (ΤΜ3 και UTM)
3. Το τρίτο και πλέον πρόσφατο σύστημα Εγκάρσιας Μερκατορικής Προβολής (ΕΓΣΑ 87)

Προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ87

Χρησιμοποιεί το ελλειψοειδές GPS 80 και τοποθετήθηκε με παράλληλη μετάθεση ως προς το Παγκόσμιο σύστημα BTS 87 έτσι, ώστε να προσαρμόζεται καλύτερα στο γεωειδές που καλύπτει τον ηπειρωτικό χώρο της Ελλάδος. Ως προβολικό σύστημα εδώ χρησιμοποιείται η εγκάρσια Μερκατορική Προβολή σε μια ζώνη με κεντρικό μεσημβρινό $\lambda=24^{o}$ και συντελεστή κλίμακας κατά μήκος του κεντρικού μεσημβρινού ίσο με 0.9996. Το ΕΓΣΑ 87, ορίσθηκε με βάση τα πλέον πρόσφατα γεωδαιτικά στοιχεία και παρέχει ένα ενιαίο και μοναδικό σύστημα συντεταγμένων για όλο τον ελλαδικό χώρο. Το προφανές πλεονέκτημα του γεγονότος αυτού είναι η δυνατότητα ενιαίας αναλυτικής έκφρασης των κάθε είδους πληροφοριών που σχετίζονται με το χώρο για όλη την Ελλάδα,

χωρίς μετασχηματισμούς που είναι απαραίτητοι στα άλλα συστήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω. Ακόμη το ΕΓΣΑ 87 δίνει τη δυνατότητα άμεσης εφαρμογής του δορυφορικού συστήματος εντοπισμού θέσης GPS, αφού είναι απόλυτα συμβατό με το Παγκόσμιο Σύστημα WGS84 που χορηγείται από το GPS. Το σύστημα χρησιμοποιείται για τη σύνταξη του Εθνικού Κτηματολογίου. Γενικά έχει γινει το επίσημο προβολικό σύστημα για την Ελλάδα καθώς προσφέρει ενιαία αναφορά για το σύνολο της χώρας. Έχει ήδη υιοθετηθεί από τις περισσότερες δημόσιες υπηρεσίες και οργανισμούς.

Τα πολλά Γεωδαιτικά Συστήματα Αναφοράς και τα διάφορα είδη γεωδαιτικών απεικονήσεων που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα δημιουργούν προβλήματα. Τα προβλήματα αυτά ξεκινούν από το γεγονός ότι οι διάφορες γεωδαιτικές εργασίες (αποτυπώσεις, διανομές, κτηματογραφήσεις κτλ) έχουν γίνει κατά καιρούς σε διαφορετικά συστήματα. Για να γίνει συνεπώς σύνδεση ή συσχέτιση μεταξύ τους, απαιτούνται αρκετά πολύπλοκοι μετασχηματισμοί μεταξύ DATUM και προβολικών συστημάτων.

2.6 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ

2.6.1 Χαρακτηριστικά μηχανηματος

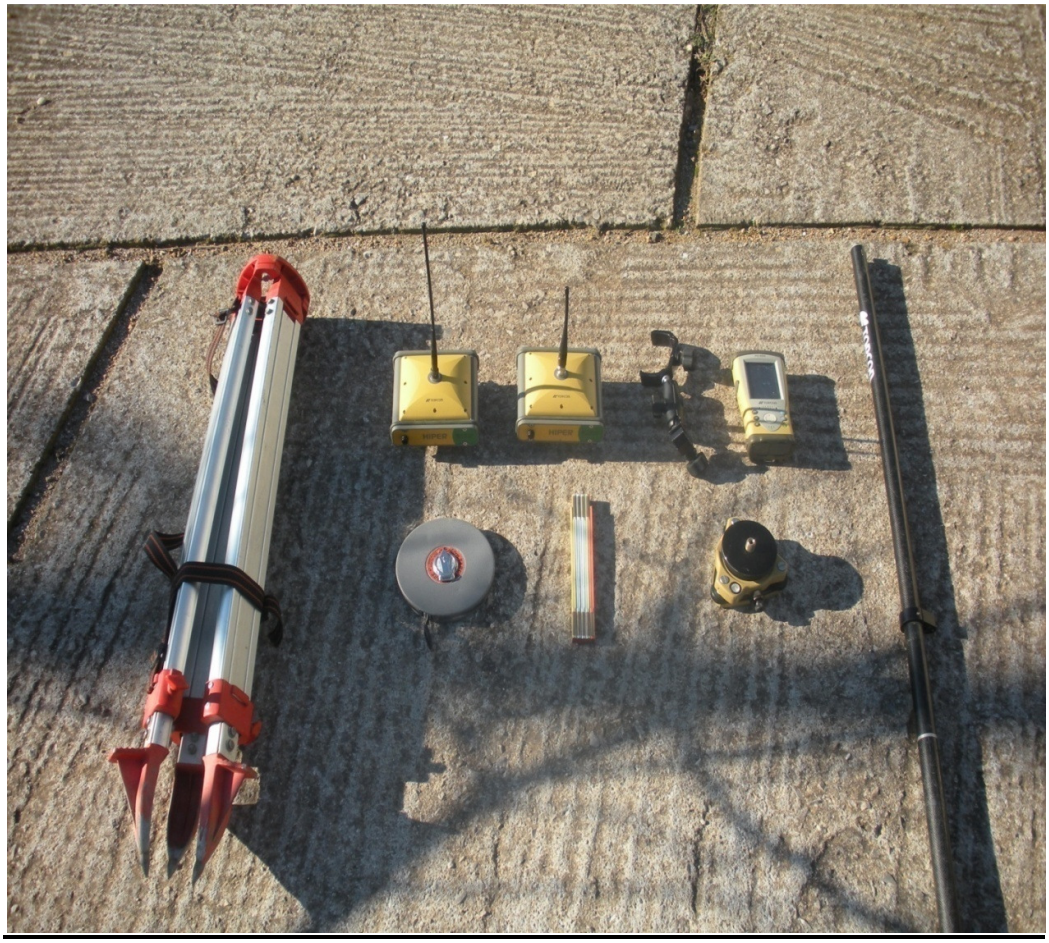
Για την εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο της TOPCON HIPER PRO L1/L2 RTK.

Το σύστημα αυτό αποτελείται από τα εξής εξαρτήματα:

- Ένα σταθμό βάσης (base) και έναν κινητό σταθμό (rover) GPS Hiper Pro εφοδιασμένους με:
  1. Δυνατότητα παρακολούθησης των συχνοτήτων L1+L2 των δορυφόρων GPS με 40 ανεξάρτητα κανάλια παρακολούθησης.
  2. Δυνατότητα εφαρμογών πραγματικού χρόνου RTK με ρυθμό καταγραφής των μετρήσεων 3Hz.

3. 96Mb εσωτερική μνήμη για την καταγραφή στατικών μετρήσεων.
4. Τεχνολογία Co-Op Tracking και Multipath Reduction για την εξάλειψη ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών και του σφάλματος πολλαπλών διαδρομών.

- Ένα χειριστήριο πεδίου FC-200 με το λογισμικό TopSURV, απαραίτητο για την εκτέλεση των RTK εφαρμογών.
- Όλα τα απαραίτητα παρελκόμενα για τη σωστή και απαραίτητη λειτουργιά του συστήματος, τα όποια είναι ένας τρίποδας, ένας στειλεός 2 μέτρων και ένα τρίκοχο.



Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις. (από αριστερά προς δεξιά: τρίποδας, δέκτες BASE-ROVER, χειριστήριο FC200, στυλαιός, μετροταινία, δίμετρο, τρικόχλιο)

2.6.2 Ακρίβειες συστηματος

Το σύστημα υποστηρίζει με τον πιο αξιόπιστο τρόπο όλες τις τεχνικές μετρήσεις με το δορυφορικό σύστημα GPS, ενώ οι αντίστοιχες πιστοποιημένες ακρίβειες είναι οι ακόλουθες:

- Στατικός Ταχύς Στατικός Εντοπισμός, με οριζοντιογραφικη ακρίβεια 3mm.
- Κινηματογραφικός Εντοπισμός Πραγματικού Χρόνου (RTK), με οριζοντιογραφικη ακρίβεια 10mm και υψομετρική ακρίβεια 15mm με τον οποίο έγινε η αποτύπωση.την όποια μέθοδο χρησιμοποιήσαμε κι εμείς στην αποτύπωση.

2.6.3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Δεκτών HIPER PRO

Η λειτουργιά των δεκτών Hiper Pro βασίζεται καινοτόμα τεχνολογία του Paradigm Chip, που επιτρέπει την παρακολούθηση του συστήματος των δορυφόρων GPS στις συχνότητες L_1 και L_2 με σαράντα ανεξάρτητα κανάλια παρακολούθησης, με αποτέλεσμα ο εγκλωβισμός (lock) των δορυφόρων να απαιτεί ελάχιστο χρόνο (<60sec), ενώ σε περίπτωση απώλειας του σήματος η επανάκτηση του επιτυγχάνεται σε λιγότερο από 1sec.
Το όλο σύστημα είναι εργονομικά σχεδιασμένο, ανθεκτικό ακόμα και σε αντίξοες συνθήκες πεδίου, πλήρως αδιάβροχο και αδιαπέραστο από σκόνη, ενώ λειτούργει σε θερμοκρασίες από -30C έως και +55C.
Οι δέκτες Hiper Pro είναι μικρού βάρους (ζυγίζουν μόλις 1.65Kgr), ενώ την κεραία και 2 μπαταριές Li-Ion διαρκείας 14 ωρών συνεχούς λειτουργιάς.
Τόσο ο σταθμός της βάσης (base) όσο και ο κινητός δεκτής(rover) διαθέτουν ενσωματωμένο UHF radio modem, με αποτέλεσμα την πλήρη απαλλαγή από καλώδια.

Ο σταθμός βάσης (BASE) στημένος στο τριγωνομετρικό με τη βοήθεια του τρίποδα και του τρικοχλίου πάνω στον Προμαχώνα Φωκίωνα

Αυτά τα modem είναι σχεδιασμένα βάση της μοναδικής εξελιγμένης τεχνολογίας "Free Channel Scan", βαση της οποιας αντοπιζονται οι πηγες παρεμβολων και γινεται αυτομαται η εναλλαγη σε ελευθερο καναλι.
Η εσωτερικη μνημη των δεκτων (Compact Flash Card) είναι χωρητικοτητας 96Mb (με δυνατοτητα αναβαθμισης μεχρι 1Gb), που για την αποθήκευση των μετρησεων με ρυθμο καταγραφης ανα 10sec από 10 δορυφορους, αρκει για περιπου 150 ωρες. Η δε μεγιστη συχνοτητα καταγραφης των μετρησεων ανερχεται στα 20 Α (20 φορές το δευτερόλεπτο).
Οι δέκτες διαθέτουν επίσης θύρα για εξωτερική τροφοδοσία από συνεχές ρεύμα (DC) με τάση από 6V έως 28V, μια USB θύρα για την ταχεία αποφόρτιση των αρχείων των δεκτών και 2 σειριακές RS-232 θύρες.

Στην πρόσοψη των δεκτών υπάρχει ένα πολύ απλό αλλά παράλληλα ισχυρό χειριστήριο (MINimum interface), το όποιο αποτελείται από 2 κουμπιά και τέσσερεις λαμπτήρες και μπορεί να εκτελέσει τις παρακάτω διαδικασίες:

- Ξεκίνα, σταμάτα τη λειτουργία του δέκτη
- Ξεκίνα, στάματα την καταγραφή των αρχείων μετρήσεων
- Δείχνει τον αριθμό των δορυφόρων GPS + GLONASS που παρακολουθούνται
- Δείχνει το ρυθμό των μετρήσεων που αποθηκεύονται στη μνήμη του δέκτη
- Δείχνει την επάρκεια της μπαταριάς του δέκτη
- Δείχνει τη σωστή λειτουργιά του modem

Οι προσφερόμενοι δέκτες διαθέτουν εξελιγμένα ειδικά φίλτρα anti-jammining και στις δυο συχνότητες L1 και L2, βασισμένα στην τεχνολογία Interference/Jamming Suppression, χάρη στην όποια μπορούν να απαλειφθούν ταυτόχρονα έως και έξι πήγες ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών.
Επιπλέον διαθέτουν την πρωτοποριακή τεχνολογία της Topcon Co-Op Tracking για την αξιόπιστη και αποτελεσματική λήψη του σήματος κάτω από δέντρα.

Τέλος , οι προσφερόμενοι δέκτες είναι εφοδιασμένοι με την ειδική τεχνολογία Multipath Reduction, χάρη στην όποια ελαχιστοποιείται το σφάλμα πολλαπλών διαδρομών του συστήματος σε μεταλλικές επιφάνειες, ενώ παράλληλα μειώνονται σημαντικά οι απώλειες σήματος ανεξάρτητα από το ανάγλυφο της περιοχής.

2.6.4 Χειριστήριο Πεδίου

Το παραπάνω σύστημα περιλαμβάνει και το Pocket-PC χειριστήριο πεδίου FC-200, ενώ εναλλακτικά με το σύστημα προσφέρεται και το χειριστήριο πεδίου FC-2000 με πλήρες αλφαριθμητικό πληκτρολόγιο.

Το χειριστήριο πεδίου προσφέρει τη δυνατότητα της απόδοσης χαρακτηρισμού και περιγραφής του σημείου την εισαγωγή ύψους κεραίας κ.λ.π. απευθείας στο πεδίο, ενώ είναι ιδανικό και για τη χρήση για καταγραφή ως Total Station. Είναι απαραίτητο για την εφαρμογή και την αποθήκευση των μετρήσεων RTK, ενώ η ασύρματη επικοινωνία του χειριστηρίου με τους δέκτες βασίζεται στην εξελιγμένη τεχνολογία Bluetooth.

Το χειριστήριο FC-200 είναι ιδιαιτέρα ελαφρύ και ανθεκτικό και έχει τα παρακάτω τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Περιβάλλον windows CE.Net ver 5.0
- Επεξεργαστής Intel 520MgHz
- Ενσωματωμένο Bluetooth
- Υποδοχή για SD Media Card
- Έγχρωμη οθόνη 320x240 TFT
- Θύρες RS-232C serial, USB A (για Memory Stick), USB mini B
- 1 Αποσπώμενη μπαταρία Li Ion διάρκειας 20+ ωρών λειτουργίας

3. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΚΟΡΥΦΩΝ

Οι συντεταγμένες την σημείων που αποτυπώνονται στο τοπογραφικό διάγραμμα είναι οι εξής:

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ
ΣΕ ΕΓΣΑ 1987

ΣΗΜΕΙΟ	ΤΕΤΜΗΜ. −Χ	ΤΕΤΑΓΜ. −Υ
ΤΡΙΓΩΝ	394198.194	4157467.004
1	394262.396	4157545.024
2	394264.681	4157549.963
3	394268.052	4157549.888
4	394268.852	4157549.724
5	394267.531	4157545.690
6	394267.862	4157545.575
7	394273.196	4157547.774
8	394282.726	4157551.702
9	394285.471	4157552.377
10	394293.520	4157554.008
11	394292.797	4157565.421
12	394293.497	4157565.431
13	394293.404	4157571.849
14	394291.579	4157625.216
15	394288.063	4157629.542
16	394284.767	4157631.750
17	394274.922	4157636.070
18	394273.610	4157677.448
19	394288.875	4157695.162
20	394271.902	4157708.118
21	394278.955	4157725.890
22	394272.529	4157731.903
23	394252.529	4157724.973
24	394252.908	4157717.922
25	394249.734	4157703.616
26	394239.003	4157695.962
27	394229.642	4157692.862
28	394210.676	4157687.697

ΣΗΜΕΙΟ	ΤΕΤΜΗΜ. −Χ	ΤΕΤΑΓΜ. −Υ
29	394147.352	4157672.319
30	394106.358	4157677.113
31	394104.073	4157677.263
32	394102.042	4157676.234
33	394091.433	4157669.362
34	394083.735	4157676.765
35	394068.084	4157660.791
36	394065.596	4157663.103
37	394064.050	4157665.029
38	394048.603	4157659.727
39	394054.239	4157646.773
40	394053.370	4157641.272
41	394053.240	4157639.033
42	394058.958	4157627.543
43	394082.829	4157637.092
44	394089.332	4157629.112
45	394095.651	4157617.024
46	394096.079	4157616.438
47	394096.984	4157615.793
48	394098.676	4157615.292
49	394103.682	4157614.260
50	394105.581	4157610.043
51	394106.459	4157610.573
52	394109.651	4157604.807
53	394125.905	4157570.426
54	394122.903	4157567.424
55	394124.530	4157564.290
56	394123.493	4157563.589
57	394122.978	4157563.090
58	394122.670	4157562.610
59	394122.523	4157562.036
60	394122.589	4157561.487

ΣΗΜΕΙΟ	ΤΕΤΜΗΜ. -Χ	ΤΕΤΑΓΜ. -Υ
61	394135.545	4157533.984
62	394135.946	4157533.358
63	394136.513	4157532.874
64	394137.332	4157532.544
65	394138.338	4157532.688
66	394142.410	4157534.679
67	394151.318	4157515.585
68	394157.464	4157504.477
69	394158.169	4157502.485
70	394169.409	4157499.998
71	394173.408	4157492.091
72	394170.567	4157480.065
73	394180.538	4157478.950
74	394190.010	4157460.318
75	394194.767	4157452.126
76	394195.531	4157452.637
77	394198.360	4157447.667
78	394192.222	4157435.834
79	394192.026	4157432.317
80	394205.927	4157413.547
81	394216.460	4157412.172
82	394240.566	4157371.813
83	394235.718	4157366.984
84	394241.535	4157351.164
85	394237.424	4157349.021
86	394241.548	4157340.692
87	394248.001	4157326.692
88	394255.489	4157303.847
89	394265.768	4157291.796
90	394276.089	4157277.074
91	394284.775	4157278.264
92	394287.016	4157278.743

ΣΗΜΕΙΟ	ΤΕΤΜΗΜ. −Χ	ΤΕΤΑΓΜ. −Υ
93	394297.993	4157278.685
94	394311.446	4157279.453
95	394330.126	4157284.470
96	394342.353	4157295.116
97	394347.439	4157288.386
98	394355.957	4157281.447
99	394364.301	4157275.058
100	394365.412	4157276.883
101	394369.123	4157292.664
102	394358.226	4157313.131
103	394364.654	4157318.907
104	394365.020	4157319.311
105	394365.131	4157320.174
106	394364.888	4157321.267
107	394364.192	4157322.339
108	394362.669	4157322.856
109	394353.372	4157341.923
110	394331.802	4157362.463
111	394314.040	4157378.734
112	394305.553	4157387.421
113	394303.239	4157386.041
114	394299.317	4157385.345
115	394288.158	4157397.682
116	394260.551	4157428.065
117	394221.843	4157470.711
118	394221.031	4157471.490
119	394220.869	4157473.652
120	394224.161	4157480.579
121	394225.300	4157482.175
122	394237.212	4157505.814
123	394242.243	4157513.749
124	394244.405	4157516.198

ΣΗΜΕΙΟ	ΤΕΤΜΗΜ. −Χ	ΤΕΤΑΓΜ. −Υ
125	394255.763	4157533.889
126	394261.370	4157543.046
127	394256.103	4157546.671
128	394255.932	4157556.629
129	394262.449	4157556.919
130	394265.994	4157557.579
131	394268.165	4157558.431
132	394276.584	4157577.596
133	394275.673	4157623.473
134	394249.711	4157635.149
135	394228.895	4157625.741
136	394229.749	4157602.828
137	394161.650	4157645.945
138	394146.726	4157645.430
139	394128.350	4157650.719
140	394128.064	4157669.380
141	394103.775	4157671.864
142	394101.304	4157669.272
143	394103.287	4157666.991
144	394102.556	4157663.412
145	394099.346	4157661.501
146	394091.978	4157668.523
147	394078.118	4157653.980
148	394079.102	4157653.137
149	394077.125	4157650.961
150	394080.938	4157647.057
151	394081.602	4157647.742
152	394083.615	4157644.174
153	394081.303	4157643.138
154	394088.705	4157639.504
155	394090.590	4157636.161
156	394096.360	4157621.798

ΣΗΜΕΙΟ	ΤΕΤΜΗΜ. −Χ	ΤΕΤΑΓΜ. −Υ
157	394105.401	4157627.506
158	394114.684	4157605.372
159	394148.830	4157619.882
160	394192.365	4157513.014
161	394198.406	4157517.092
162	394214.337	4157505.527
163	394199.966	4157459.964
164	394198.774	4157459.937
165	394195.706	4157465.368
166	394190.525	4157470.175
167	394191.073	4157471.877
168	394195.779	4157487.242
169	394193.562	4157487.857
170	394199.687	4157507.737
171	394242.366	4157366.665
172	394246.920	4157357.571
173	394260.480	4157364.213
174	394278.804	4157352.953
175	394280.107	4157374.272
176	394271.488	4157387.785
177	394274.285	4157382.913
178	394255.259	4157373.777
179	394253.192	4157378.133
180	394355.605	4157282.486
181	394364.163	4157275.794
182	394364.943	4157277.075
183	394368.592	4157292.592
184	394363.558	4157301.765
185	394358.603	4157295.970
186	394057.192	4157742.390
187	394066.561	4157742.962
188	394069.513	4157753.693
189	394055.163	4157755.236
190	394055.276	4157748.252
191	394056.997	4157748.400

3.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΜΒΑΔΩΝ

Εμβαδόν μιας επιφάνειας στη Γεωδαισία ονομάζεται το εμβαδόν της οριζόντιας προβολής της πάνω στο Γεωειδές. Στην περίπτωση ενός γηπέδου, εμβαδόν ονομάζεται το εμβαδόν της προβολής του πάνω στο οριζόντιο επίπεδο.

Η γνώση του εμβαδού μιας ιδιοκτησίας ή μιας περιοχής εξυπηρετεί διάφορους σκοπούς. Μετά την καταμέτρηση ενός γηπέδου ακολουθεί συνήθως η σχεδίαση του με κλίμακα και τέλος ο υπολογισμός του εμβαδού. Έτσι, στις εργασίες κτηματολογίου αμέσως μετά τη σχεδίαση ακολουθεί ο υπολογισμός του εμβαδού των ιδιοκτησιών. Από το εμβαδόν επίσης ενός οικοπέδου αρχίζει η δομική του εκμετάλλευση (μέγιστη επιτρεπόμενη δομήσιμη επιφάνεια). Στα σχέδια, όλες οι επιφάνειες που αναφέρονται είναι οριζόντιες προβολές γι' αυτό και η πώληση και η διανομή επιφανειών υπολογίζονται πάντα οριζόντια.

Μέθοδοι υπολογισμού του εμβαδού μιας επιφανείας

Στην Τοπογραφία ο υπολογισμός του εμβαδού μιας επιφάνειας μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους, από τις οποίες οι πιο σημαντικές είναι:

1. Με ανάλυση σε βασικά σχήματα και εφαρμογή γεωμετρικών τύπων
2. Με το τετράγωνο εκτίμησης (διαφανές μιλιμετρέ)
3. Με εμβαδόμετρο (μηχανική μέθοδος)
4. Από τις συντεταγμένες των κορυφών του γηπέδου

3.2.1 Εμβαδόν από ανάλυση σε βασικά σχήματα και εφαρμογή γεωμετρικών τύπων

Όταν το σχήμα της επιφάνειας είναι απλό γεωμετρικό ή μπορεί να διαιρεθεί με βοηθητικές γραμμές σε απλά γεωμετρικά σχήματα, εφαρμόζουμε τους γνωστούς γεωμετρικούς και τριγωνομετρικούς τύπους για τον υπολογισμό του εμβαδού. Απλά γεωμετρικά

σχήματα θεωρούνται το τρίγωνο, το παραλληλόγραμμο, το ορθογώνιο παραλληλόγραμμο, το τραπέζιο, ο κυκλικός τομέας, ο κυκλικός δακτύλιος και το κυκλικό τμήμα.

Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί και στο πεδίο για την επιτόπου μέτρηση του εμβαδού ενός γηπέδου αλλά και για τον υπολογισμό του εμβαδού ενός γηπέδου που είναι σχεδιασμένο στο χαρτί. Για την εργασία στο πεδίο χρειάζονται ακόντια, νήματα στάθμης, μετροταινία, ενώ για την εργασία σε σχεδιασμένο οικόπεδο χρειάζονται τρίγωνα και κλιμακόμετρο.

3.2.2 Εμβαδόν με το τετράγωνο εκτίμησης (διαφανές μιλιμετρέ)

Το τετράγωνο εκτίμησης είναι μια γυάλινη πλάκα (ή ένα μιλιμετρέ) πάνω στην οποία, ή στο οποίο έχει χαραχθεί ένα δίκτυο τετραγώνων. Ανάλογα με την κλίμακα σχεδίασης, κάθε τετράγωνο ισοδυναμεί με 1 τμ, 10 τμ, κλπ. Για να βρούμε το εμβαδόν μίας επιφάνειας τοποθετούμε την πλάκα πάνω σε αυτή και μετρούμε τον αριθμό των ακέραιων τετραγώνων που περιέχονται μέσα σε αυτή, ενώ εκτιμάται το εμβαδόν των τετραγώνων που αποκόπτονται.

3.2.3 Εμβαδόν με τη βοήθεια εμβαδόμετρου (μηχανική μέθοδος)

Η μηχανική μέθοδος για τον υπολογισμό του εμβαδού μιας επιφάνειας είναι, μετά τη μέθοδο με τις συνταταγμένες, η πιο εύχρηστη μέθοδος. Με τη μέθοδο αυτή, ο υπολογισμός του εμβαδού μιας επιφάνειας που υπάρχει σχεδιασμένη πάνω σε ένα σχέδιο με ορισμένη κλίμακα γίνεται με τη βοήθεια ενός οργάνου που ονομάζεται εμβαδόμετρο. Με το εμβαδόμετρο βρίσκουμε εύκολα και γρήγορα το εμβαδόν ενός σχήματος, αφού περιτρέξουμε την περίμετρό του. Υπάρχουν εμβαδόμετρα πολλών ειδών, όπως μηχανικά και ηλεκτρονικά, πολικά και τυμπάνου.

3.2.4 Εμβαδόν από τις συνταταγμένες των κορυφών του γηπέδου

Όταν σε μία επιφάνεια είναι γνωστές (από αποτύπωση ή υπολογισμούς) οι συντεταγμένες Xi, Yi των κορυφών της, τότε για τον υπολογισμό του εμβαδού της μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι τύποι του Gauss. Πιο αναλυτικά:

$$2E = \sum_{i=1}^{n} [Xi(Yi+1 - Yi-1)] \quad \text{ή} \quad 2E = \sum_{i=1}^{n} [Yi(Xi-1 - Xi+1)]$$

όπου Ε είναι το εμβαδόν της επιφάνειας, n ο αριθμός των κορυφών της, Xi, Yi οι συντεταγμένες της i-ης κορυφής της και με το +1 ή -1 εννοείται η συντεταγμένη της επόμενης ή της προηγούμενης κορυφής αντίστοιχα.
Η μέθοδος αυτή είναι η ακριβέστερη των υπολοίπων διότι χρησιμοποιεί απευθείας τις συντεταγμένες των κορυφών του γηπέδου και δεν κάνει γραφικές προσεγγίσεις.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε στον υπολογισμό του εμβαδού του Κάστρου του Παλαμηδίου. Παρακάτω βλέπουμε τους πίνακες με τα αποτελέσματα για τον υπολογισμό του εμβαδού.

ΣΗΜΕΙΟ	Xi	Yi	Yi+1 − Yi−1	Xi (Yi+1 − Yi−1)	
				+	−
120	394224.161	4157480.579	−8.522		3359578.300
119	394220.869	4157473.652	−9.089		3583073.478
118	394221.031	4157471.490	−2.942		1159798.273
117	394221.843	4157470.711	−43.425		17119083.530
116	394260.551	4157428.065	−73.029		28792453.780
115	394288.158	4157397.682	−42.721		16844384.400
114	394299.317	4157385.345	−11.641		4590038.349
113	394303.239	4157386.041	2.076	818573.524	
112	394305.553	4157387.421	−7.306		2880796.370
111	394314.040	4157378.734	−24.958		9841289.810
110	394331.802	4157362.463	−36.811		14515747.96
109	394353.372	4157341.923	−39.607		15619154.000
108	394362.669	4157322.856	−19.584		7723198.510
107	394364.192	4157322.339	−1.589		626644.701
106	394364.888	4157321.267	−2.165		853799.983
105	394365.131	4157320.174	−1.956		771378.196
104	394365.020	4157319.311	−1.267		499660.480
103	394364.654	4157318.907	−6.180		2437173.562
102	394358.226	4157313.131	−26.243		10349142.920
101	394369.123	4157292.664	−36.248		14295091.970
100	394365.412	4157276.883	−17.606		6943197.444
99	394364.301	4157275.058	4.564	1799878.670	
98	394355.957	4157281.447	13.327	5255581.839	
97	394347.439	4157288.386	13.669	5390335.144	
96	394342.353	4157295.116	−3.915		1543850.312
95	394330.126	4157284.470	−15.663		6176392.764
94	394311.446	4157279.453	−5.785		2281091.715
93	394297.993	4157278.685	−0.710		279951.575
92	394287.016	4157278.743	−0.421		165994.834
91	394284.775	4157278.264	−1.669		658061.290
90	394276.089	4157277.074	13.532	5335344.036	
89	394265.768	4157291.796	26.772	10555283.140	
88	394255.489	4157303.847	34.896	13757939.540	
87	394248.001	4157326.692	36.845	14526067.60	
86	394241.548	4157340.692	22.329	8803019.525	
85	394237.424	4157349.021	10.473	4128848.542	
84	394241.535	4157351.164	17.963	7081760.693	
83	394235.718	4157366.984	20.648	8140179.105	
82	394240.566	4157371.813	45.188	17814942.700	
81	394216.460	4157412.172	41.734	16452229.740	
80	394205.927	4157413.547	20.144	7940884.193	

ΣΗΜΕΙΟ	Xi	Yi	Yi+1 − Yi−1	Xi (Yi+1 − Yi−1)	
				+	−
79	394192.026	4157432.317	22.288	8785751.875	
78	394192.222	4157435.834	15.351	6051244.800	
77	394198.360	4157447.667	16.803	6623715.043	
76	394195.531	4157452.637	4.459	1757717.873	
75	394194.767	4157452.126	7.681	3027810.005	
74	394190.010	4157460.318	26.824	10573752.830	
73	394180.538	4157478.950	19.747	7783883.084	
72	394170.567	4157480.065	13.141	5179795.421	
71	394173.408	4157492.091	19.933	7857058.542	
70	394169.409	4157499.998	10.394	4096996.837	
69	394158.169	4157502.485	4.479	1765434.439	
68	394157.464	4157504.477	13.100	5163462.778	
67	394151.318	4157515.585	30.203	11904552.260	
66	394142.410	4157534.679	17.103	6741017.638	
65	394138.338	4157532.688	−2.135		841485.352
64	394137.332	4157532.544	0.186	73309.544	
63	394136.513	4157532.874	0.813	320432.985	
62	394135.946	4157533.358	1.111	437885.036	
61	394135.545	4157533.984	28.130	11087032.880	
60	394122.589	4157561.487	28.052	11055926.870	
59	394122.523	4157562.036	1.123	442599.593	
58	394122.670	4157562.610	1.054	415405.294	
57	394122.978	4157563.090	0.979	385846.395	
56	394123.493	4157563.589	1.200	472948.191	
55	394124.530	4157564.290	3.834	1511073.448	
54	394122.903	4157567.424	6.136	2418338.133	
53	394125.905	4157570.426	37.383	14733608.71	
52	394109.651	4157604.807	40.147	15822320.16	
51	394106.459	4157610.573	5.236	2063541.419	
50	394105.581	4157610.043	3.687	1453067.277	
49	394103.682	4157614.260	5.250	2069044.331	
48	394098.676	4157615.292	1.533	604153.270	
47	394096.984	4157615.793	1.145	451241.046	
46	394096.079	4157616.438	1.230	484738.177	
45	394095.651	4157617.024	12.675	4995162.376	
44	394089.332	4157629.112	20.068	7908584.715	
43	394082.829	4157637.092	−1.569		618315.958
42	394058.958	4157627.543	1.941	764868.437	
41	394053.240	4157639.033	13.729	5409956.935	
40	394053.370	4157641.272	7.741	3050367.137	
39	394054.239	4157646.773	18.455	7272270.981	
38	394048.603	4157659.727	18.256	7193751.296	
37	394064.050	4157665.029	3.376	1330360.233	
36	394065.596	4157663.103	−4.238		1670049.996

ΣΗΜΕΙΟ	Xi	Yi	Yi+1 − Yi−1	Xi (Yi+1 − Yi−1)	
				+	−
35	394068.084	4157660.791	13.662	5383758.164	
34	394083.735	4157676.765	8.571	3377691.693	
33	394091.433	4157669.362	−0.531		209262.551
32	394102.042	4157676.234	7.902	3114194.336	
31	394104.073	4157677.263	0.879	346417.480	
30	394106.358	4157677.113	−4.945		1948855.94
29	394147.352	4157672.319	10.585	4172049.721	
28	394210.676	4157687.697	20.543	8098269.917	
27	394229.642	4157692.862	8.265	3258307.991	
26	394239.003	4157695.962	10.755	4240040.477	
25	394249.734	4157703.616	21.961	8658118.408	
24	394252.908	4157717.922	21.356	8419665.103	
23	394252.529	4157724.973	13.981	5512044.608	
22	394272.529	4157731.903	0.917	361547.9091	
21	394278.955	4157725.890	−23.785		9377924.945
20	394271.902	4157708.118	−30.728		12115187.01
19	394288.875	4157695.162	−30.670		12092839.8
18	394273.610	4157677.448	−59.091		23298021.89
17	394274.922	4157636.070	−45.699		18017969.66
16	394284.767	4157631.750	−6.528		2573890.959
15	394288.063	4157629.542	−6.534		2576278.204
14	394291.579	4157625.216	−57.693		22747864.07
13	394293.404	4157571.849	−59.785		23572831.16
12	394293.497	4157565.431	−6.429		2534912.892
11	394292.797	4157565.421	−11.422		4503612.327
10	394293.520	4157554.008	−13.044		5143164.675
9	394285.471	4157552.377	−2.307		909616.5816
8	394282.726	4157551.702	−4.603		1814883.388
7	394273.196	4157547.774	−6.126		2415317.599
6	394267.862	4157545.575	−2.084		821654.224
5	394267.531	4157545.690	4.149	1635815.986	
4	394268.852	4157549.724	4.198	1655140.641	
3	394268.052	4157549.888	0.238	93835.7964	
2	394264.681	4157549.963	−4.864		1917703.408
1	394262.396	4157545.024	−6.916		2726718.731
126	394261.370	4157543.046	−11.134		4389706.094
125	394255.763	4157533.889	−26.848		10584978.73
124	394244.405	4157516.198	−20.141		7940468.404
123	394242.243	4157513.749	−10.384		4093811.451
122	394237.212	4157505.814	−31.574		12447645.73
121	394225.300	4157482.175	−25.235		9948275.446
				377666618.681	377763684.417
				2Ε = 97065.736	
				Ε = 48532.868	

Το εμβαδόν του Κάστρου του Παλαμηδίου ορίζεται από τα σημεία (1,2,3,4,.....,125,126,1) και είναι Ε= 48.532,87 τμ

Η περίμετρός του, ορισμένη από τα ίδια σημεία είναι Π= 1.481,50 μ

Τα τοιχεία του Παλαμηδίου τα οποία χρησιμοποιήσαμε σαν περίμετρο για τον υπολογισμό του εμβαδού ποικίλουν σε σχήμα ύψος και πάχος.
Παρακάτω βλέπουμε μερικές γενικές φωτογραφίες από τα τοιχεία, και τον τρόπο που είναι περιμετρικά διαμορφωμένο το Παλαμήδι.

Τμήμα νοτιοανατολικου τοιχειου. Διακρίνεται η νοτιοανατολική πύλη

.

Νοτιοανατολικο τμημα του τοιχειου (λήψη από τον Προμαχωνα του Φωκιωνα)

Το νοτιοανατολικο τοιχειο. Διακρίνεται ο προμαχωνας του Φωκιωνα

Νότιο τμήμα τοιχείου (λήψη από τον προμαχωνα του Θεμιστοκλη)

Συνεχίζοντας δεξιόστροφα συναντάμε το νοτιοδυτικό τμήμα του τοιχείου.
Το σημείο είναι απόκρημνο και έχει θέα τη θάλασσα.

Βορειοδυτικό τοιχείο, λίγο πριν συναντήσουμε τη βόρεια είσοδο.

Προχωρώντας συναντάμε το βόρειο τμήμα του τοιχείου, εκεί υπάρχει και η δεύτερη είσοδος με πρόσβαση από τα σκαλοπάτια.

Συνέχεια του βορειου τοιχιου (λήψη από τον προμαχωνα του Μιλτιαδη)

Εσωτερικο μονοπατι το οποιο οδηγει στους κατω προμαχώνες (Μιλτιαδη και Αγιου Ανδρεα).

Το δευτερο μονοπατι το οποιο οδηγει στους ανω προμαχωνες, (Φωκιωνα και Θεμιστοκλη)

Τμημα εσωτερικου τοιχειου (λήψη από τον προμαχωνα του Αγίου Ανδρέα, διακρίνεται ο προμαχωνας του Φωκίωνα)

4. ΠΡΟΜΑΧΩΝΕΣ

4.1 Ο ΠΡΟΜΑΧΩΝΑΣ ΤΟΥ ΡΟΜΠΕΡ

Το πρώτο οχυρό που συναντά κάποιος που ανεβαίνει από την κλιμακωτή άνοδο του Παλαμηδίου είναι ο μικρός προμαχώνας «Ρομπέρ» (Ντενίζ-τάπια στα Τούρκικα) που βρίσκεται στα μισά της ανόδου προς την δυτική κορυφή του λόφου. Πήρε το όνομα του από τον ηρωικό ομώνυμο γάλλο ταγματάρχη που έπεσε κατά την πολιορκία της Ακρόπολης των Αθηνών.

Ο προμαχώνας του Ρομπερ και τμήμα του μονοπατιού με τα σκαλοπάτια που οδηγεί στην βόρεια είσοδο.

Οι εξωτερικές διαστάσεις και η επιφάνεια του **ΠΡΟΜΑΧΩΝΑ ΡΟΜΠΕΡ** σύμφωνα με το τοπογραφικό διάγραμμα είναι τα παρακάτω:

(186,187)=9.39
(187,188)=11.13
(188,189)=14.43
(189,190)=6.98
(190,191)=1.73
(191,186)=6.01 **E= 141.20 ΤΜ**

4.2 Ο ΠΡΟΜΑΧΩΝΑΣ ΤΟΥ ΑΓΙΟΥ ΑΝΔΡΕΑ

Φθάνοντας στην κορυφή συναντά ο επισκέπτης τον πρώτο μεγάλο προμαχώνα που έχει την ονομασία «Άγιος Ανδρέας». Έφερε αρχικά το όνομα του προβλεπτή Αυγουστίνου Σαγρέδων, όπως μας γίνεται γνωστό από την επιγραφή που σώζεται στην εντοιχισμένη πλάκα με το ανάγλυφο πτερωτό λιοντάρι της Βενετίας, πάνω από την μεγάλη πύλη του προμαχώνα. Στον προμαχώνα αυτόν που οικοδομήθηκε το 1712 σύμφωνα με την λατινική επιγραφή, υπήρχε το Φρουραρχείο, γι' αυτό και κατά την δεύτερη Τουρκοκρατία πήρε το όνομα Τζιδάρ-τάπια, μια και η έδρα του διοικητή στεγαζόταν σ' αυτόν. Επίσης, υπήρχαν ειδικά διαρρυθμισμένοι χώροι για την παραμονή στρατιωτών. Στο εσωτερικό του βρισκόταν αρχικά το εκκλησάκι του Αγίου Αυγουστίνου, και αργότερα ο σημερινός ναΐσκος του Αγίου Ανδρέα του Πρωτοκλήτου. Από μια μεγάλη αναβάθρα φθάνει κανείς στην κορυφή του προμαχώνα απ' όπου αντικρίζει την πανέμορφη θέα της πόλης του Ναυπλίου και του αργολικού κόλπου.

Ο προμαχώνας του Άγιου Ανδρέα
στη πρώτη φωτογραφία λήψη από τον προμαχώνα του Μιλτιάδη
και στη δεύτερη λήψη από τον προμαχώνα του Φωκίωνα.

Η είσοδος για τον προμαχώνα του Αγίου Ανδρέα.

Δυο φωτογραφίες από το εσωτερικό του προμαχώνα του Άγιου Ανδρέα.
Στη δεύτερη φωτογραφία φαίνεται το εκκλησάκι του Αγίου Ανδρέα δεξιά από το όποιο βρισκόταν και η φυλακή του Κολοκοτρώνη.

Άλλη μια φωτογραφία από το εσωτερικό του αγίου Ανδρέα.
Διακρίνεται η αναβάθρα που οδηγεί στο άνω επίπεδο του προμαχώνα.

Οι εξωτερικές διαστάσεις και η επιφάνεια του **ΠΡΟΜΑΧΩΝΑ ΑΓ.ΑΝΔΡΕΑ** σύμφωνα με το τοπογραφικό διάγραμμα είναι τα παρακάτω:

(137,138)=14.93	(149,150)=5.46	
(138,139)=19.12	(150,151)=0.95	
(139,140)=18.66	(151,152)=4.10	
(140,141)=24.42	(152,153)=2.53	
(141,142)=3.58	(153,43)=6.24	
(142,143)=3.02	(43,154)=6.35	
(143,144)=3.65	(154,155)=3.84	
(144,145)=3.74	(155,156)=15.48	
(145,146)=10.18	(156,157)=10.69	
(146,147)=20.09	(157,158)=24.00	
(147,148)=1.30	(158,159)=37.10	
(148,149)=2.94	(159,137)=29.05	**E=3000.05 ΤΜ**

4.3 Ο ΠΡΟΜΑΧΩΝΑΣ ΤΟΥ ΦΩΚΙΩΝΑ

Αφήνοντας τον προμαχώνα του Αγίου Ανδρέα ο επισκέπτης συναντά στα βόρεια του τον προμαχώνα του Φωκίωνα που οι Τούρκοι τον ονόμαζαν Τομπράκ-τάπια. Έχει τραπέζιο σχήμα σε κάτοψη και τα τείχη του υψώνονται σε μεγάλο ύψος. Από δω κάποιος μπορεί ν' αντικρύσει χαμηλά την συνοικία της Πρόνοιας και μακρύτερα το δρόμο που οδηγεί στην Τίρυνθα και το Αργός.

Δυο φωτογραφίες του προμαχώνα του Φωκίωνα.
η πρώτη με λήψη από τον προμαχώνα του Επαμεινώνδα
και η δεύτερη με λήψη από τον προμαχώνα του Αγίου Ανδρέα.

Ο προμαχώνας του Φωκίωνα, πάνω στον οποίο βρίσκεται και το τριγωνομετρικό της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού.

Οι εξωτερικές διαστάσεις και η επιφάνεια του **ΠΡΟΜΑΧΩΝΑ ΦΩΚΙΩΝΑ** σύμφωνα με το τοπογραφικό διάγραμμα είναι τα παρακάτω:

(160,161)=7.29
(161,162)=19.69
(162,163)=47.78
(163,164)=1.19
(164,165)=6.24
(165,166)=7.07
(166,167)=1.79
(167,168)=16.07
(168,169)=2.30
(169,170)=20.80
(170,160)=9.03

Ε= 674.44 ΤΜ

4.4 Ο ΠΡΟΜΑΧΩΝΑΣ ΤΟΥ ΜΙΛΤΙΑΔΗ

Ο προμαχώνας του «Μιλτιάδη» (Μπαζιριάν -τάπια κατά τους Τούρκους), ο πιο μεγάλος και αυτοτελής προμαχώνας από τους οκτώ, βρίσκεται στα βορειοανατολικά του προηγουμένου. Αποτελεί ανεξάρτητο οχυρό σε σχήμα τετράπλευρο και τα τείχη του υψώνονται σε 22 μ. Πάνω σ' αυτά υπάρχουν πολλές κανονιοθυρίδες και πολεμίστρες, από τις οποίες οι υπερασπιστές είχαν την δυνατότητα να βάλλουν προς όλα τα γύρω οχυρά καθώς και προς όσα βρίσκονταν χαμηλότερα. Διαθέτει μια τεράστια δεξαμενή για βρόχινο νερό και επτά θολωτούς χώρους-κελιά που χρησιμοποιήθηκαν ως φυλακές και τόπος εκτέλεσης βαρυποινιτών μέχρι τα νεότερα χρόνια (1840-1920).

Η είσοδος του προμαχώνα Μιλτιάδη

Δυο εικόνες από τον προμαχώνα του Μιλτιάδη, η πρώτη με λήψη από τον Άγιο Ανδρέα και η δεύτερη στο εσωτερικό του οπού διακρίνουμε και τα κελιά για τους φυλακισμένους.

Στον προμαχώνα του Μιλτιάδη φυλακίστηκε ο Κολοκοτρώνης, ο αρχιστράτηγος των Ελλήνων κατά τον Αγώνα της Ανεξαρτησίας τους μαζί με τον οπλαρχηγό του Πλαπούτα, από τους Αντιβασιλείς του ανήλικου βασιλιά Όθωνα, με την κατηγορία της εσχάτης προδοσίας και την καταδίκη σε θάνατο, επειδή ο «Γέρος του Μωριά», ήταν φίλος των Ρωσικών Δυνάμεων κατά την διάρκεια του Αγώνα και επομένως αντίπαλος τους.

Το εσωτερικό του προμαχώνα του Μιλτιάδη.

Ο προμαχώνας του Μιλτιάδη από δυο διαφορετικές οπτικές γωνίες.

Οι εξωτερικές διαστάσεις και η επιφάνεια του **ΠΡΟΜΑΧΩΝΑ ΜΙΛΤΙΑΔΗ** σύμφωνα με το τοπογραφικό διάγραμμα είναι τα παρακάτω:

(132,133)=45.89
(133,134)=28.47
(134,135)=22.84
(135,136)=22.93
(136,132)=53.20 **E= 1841.40 ΤΜ**

4.5 Ο ΠΡΟΜΑΧΩΝΑΣ ΤΟΥ ΕΠΑΜΕΙΝΩΝΔΑ

Στο σημείο που υψώνεται ο προμαχώνας «Μιλτιάδης» το ισχυρό τείχος που περιβάλλει την κορυφή του λόφου και περικλείει τους προμαχώνες κάμπτεται προς τα βόρεια σχηματίζοντας ένα τριγωνικό πλάτωμα που στην βορειοανατολική γωνία του, κοντά στον προμαχώνα «Επαμεινώνδας» βρίσκεται η πύλη στην οποία καταλήγει ο αμαξιτός ασφαλτοστρωμένος δρόμος, η δεύτερη πρόσβαση στο κάστρο. Στον μικρό προμαχώνα του « Επαμεινώνδα» πάνω από την σιδερόφρακτη πύλη του υπάρχει εντοιχισμένη πλάκα με σκαλισμένα τα τουρκικά εμβλήματα, ένα σαρίκι, ένα κεφαλοθραυστη και ένα αραβικό γιαταγάνι. Οι Τούρκοι ονόμαζαν τον προμαχώνα «Σαϊτάν-τάπια», δηλαδή «διαβολοπρομαχώνα».

Ο προμαχώνας του Επαμεινώνδα.

Ο προμαχώνας του Επαμεινώνδα από δυο Διαφορετικές οπτικές γωνίες.

Ο προμαχώνας του Επαμεινώνδα (λήψη από τον προμαχώνα του Μιλτιάδη)

Οι εξωτερικές διαστάσεις και η επιφάνεια του **ΠΡΟΜΑΧΩΝΑ ΕΠΑΜΕΙΝΩΝΔΑ** σύμφωνα με το τοπογραφικό διάγραμμα είναι τα παρακάτω:

(1,2)=5.44	(7,131)=11.79
(2,3)=3.37	(131,130)=3.33
(3,4)=0.82	(129,128)=3.61
(4,5)=4.25	(128,127)=9.96
(5,6)=0.35	(127,1)=6.50
(6,7)=5.77	**E= 150.98 ΤΜ**

4.6 Ο ΠΡΟΜΑΧΩΝΑΣ ΤΟΥ ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΗ

Ακόμη ψηλότερα, στη νοτιοανατολική πλευρά του μεγάλου αυτού τριγωνικού πλατώματος υψώνεται ο προμαχώνας «Θεμιστοκλής» ή «Καρά-τάπια», όπως τον ονόμαζαν οι Τούρκοι. Στα νοτιά του, στα ριζά του οχυρού, ανοίγεται απότομος, κατακόρυφος ο γκρεμός προς την παραλία της Αρβανιτιάς που πήρε το όνομα της από το αιματηρό επεισόδιο της άγριας δολοφονίας των Αλβανών πολεμιστών από τους Τούρκους ομόθρησκους τους, οι οποίοι τους είχαν καλέσει για βοήθεια εναντίον των Ελλήνων που είχαν ξεσηκωθεί κατά τα Ορλωφικά (1779). Η ανταμοιβή των εκατοντάδων συμπολεμιστών ήταν η θανάτωση τους με ρίξιμο στο γκρεμό από τον προμαχώνα του «Θεμιστοκλή».

Ὁ προμαχώνας του Θεμιστοκλή.

Οι εξωτερικές διαστάσεις και η επιφάνεια του **ΠΡΟΜΑΧΩΝΑ ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΗ** σύμφωνα με το τοπογραφικό διάγραμμα είναι τα παρακάτω:

(82,171)=5.45	(114,115)=16.64	
(171,172)=10.17	(115,176)=19.39	
(172,173)=15.10	(176,177)=5.62	
(173,174)=21.51	(177,178)=21.11	
(174,175)=21.36	(178,179)=4.82	
(175,114)=22.17	(179,82)=14.12	**Ε = 999.86 ΤΜ**

Ακολουθώντας την πορεία του τείχους προς τα ανατολικά συναντά ο επισκέπτης τον προμαχώνα «Αχιλλέα» που ονομάστηκε από τους Τούρκους «Γιουρούς-τάπια» γιατί από αυτόν οι Τούρκοι κατέλαβαν το 1715 το Παλαμήδι. Αυτός κλείνει στα ανατολικά του με μια βαθειά τεχνητή τάφρο που σηματοδοτεί και το τέλος της βενετσιάνικης οχύρωσης. Ο προμαχώνας «Αχιλλέας», όπως και ο «Μιλτιάδης» αποτελούσε ανεξάρτητο οχυρό. Το τείχος του δεν είχε μεγάλο ύψος, έφθανε μόλις τα 6 μέτρα. Από τον προμαχώνα αυτό τη νύχτα της 29ης Νοεμβρίου 1822 ο αρχηγός της πολιορκίας του κάστρου παρότρυνε τους αγωνιστές που μάχονταν για την κατάληψη του να τελέσουν τη γιορτή του Αγίου Ανδρέα «δια της αλώσεως του ισχυρότερου φρουρίου των εχθρών του χριστιανικού ονόματος» και διέταξε έφοδο. Πρώτος ανέβηκε με σκάλα ο Δημήτρης Μοσχονησιώτης και ακολούθησε ο Στάϊκος Σταϊκόπουλος με 50 επίλεκτους. Μετά τις καταλήψεις των άλλων προμαχώνων η μέρα της 30ης Νοεμβρίου 1822 βρήκε τους Έλληνες κύριους του Παλαμηδίου να τελούν δοξολογία στο εκκλησάκι του Αγίου Ανδρέα. Γεμάτοι από χαρά και συγκίνηση πυροβολώντας έψαλλαν «όλα τα κάστρα κι αν χαθούν κι όλα κι αν ρημάξουν το Παλαμήδι το όμορφο θεός να το φυλάξει».

Η άλωση του Παλαμηδίου, του «Γιβραλτάρ της Ελλάδας», γέμισε με θάρρος τους έλληνες πολεμιστές που το κράτησαν σ' όλη τη διάρκεια του αγώνα για την ανεξαρτησία τους ως προπύργιο τους και το υπερασπίστηκαν με όλες τους τις δυνάμεις, ώστε ούτε ο Ιμπραήμ να τολμήσει να το πολιορκήσει.
Συνεχίζοντας κανείς την πορεία του προς τα ανατολικά μετά την τάφρο συναντά τον τελευταίο προμαχώνα με την ονομασία «Φωκίων». Αυτός οικοδομήθηκε κατά τη δεύτερη τουρκοκρατία μετά το 1715. Στη νότια πλευρά του είχαν κατασκευαστεί στρατώνες που σήμερα δεν υπάρχουν πια.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ***Ναύπλιο, Παλαμήδι_Ιστορικός και Αρχαιολογικός Οδηγός,*** Σπαθάρη Ελισάβετ, Εκδόσεις Έσπερος 2000

- ***Τοπογραφικές Εφαρμογές,*** Ντίνης Ορέστης-Θωμάς, Εκδόσεις Ζήτη 2009

- ***Μαθήματα Τοπογραφίας, τόμοι Α-Β,*** Βλάχος Δημήτριος, Εκδόσεις Μέλισσα 1983

- ***Μαθήματα Τοπογραφίας,*** Κοφιτσας Ιωάννης, Εκδόσεις Ιων

- ***Ιστότοπος_Τοπογραφία και Θεματική Χαρτογραφία,*** Σαββαΐδης Π, Υφαντής Ι, Λακάκης Κ

Σημείωση: Οι φωτογραφίες προέρχονται από προσωπικό αρχείο, με εξαίρεση αυτή του εξωφύλλου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να πούμε ένα μεγάλο ευχαριστώ στους καθηγητές μας στο μάθημα της Τοπογραφίας κ. Λαγό Αιμίλιο και κ. Γραικούση Γεώργιο για την ανάθεση αυτού του θέματος και τη βοήθειά τους κατά την εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας.
Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όλους όσους συνέβαλαν από την 25η Εφορεία Βυζαντινών Αρχαιοτήτων για την έκδοση της απαραίτητης άδειας ώστε να μπορέσουμε ελευθέρα να κάνουμε τις απαραίτητες μετρήσεις για την τοπογραφική αποτύπωση του Αρχαιολογικού χώρου του Παλαμηδίου.