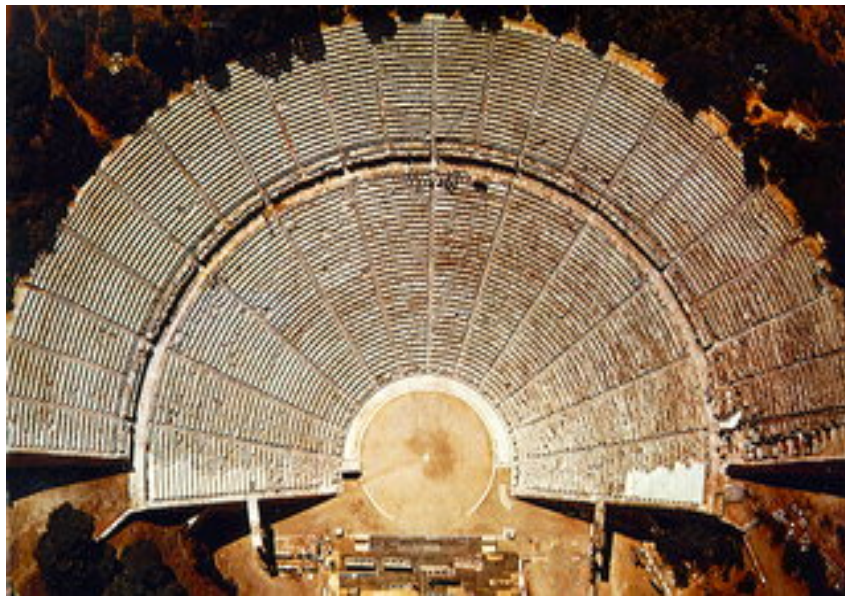


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΟΥ ΑΡΧΑΙΟΥ ΘΕΑΤΡΟΥ ΤΗΣ ΕΠΙΔΑΥΡΟΥ



Μελέτη

**Γκιόκας Αθανάσιος - Παγώνης Βασίλειος - Σηφάκης Μανώλης**

Επίβλεψη

Οκτώβριος 2011

**ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΟΥ ΑΡΧΑΙΟΥ ΘΕΑΤΡΟΥ ΤΗΣ  
ΕΠΙΔΑΥΡΟΥ**

Copyright © 2011 Παγώνης Βασίλειος -Γκιόκας Αθανάσιος -Σηφάκης Μανώλης

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν αποκλειστικά τους συγγραφείς και δεν αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του ΤΕΙ Πειραιά

## Περιεχόμενα

Πρόλογος .....	6
1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΗΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ .....	8
Εισαγωγή .....	8
1.1 Χαρακτηριστικά Τοπογραφικής Μεθόδου .....	9
1.2 Μέθοδοι Μέτρησης Αποστάσεων .....	10
1.2.1 Μετροταινίες .....	11
1.2.2 Οπτικά Τηλέμετρα .....	12
1.2.3 Ηλεκτρομαγνητικά Όργανα Μέτρησης Μήκους .....	14
1.3.3.1 Αρχές λειτουργίας .....	14
1.2.4 Μετρήσεις laser προς Γεωδαιτικούς Δορυφόρους .....	16
1.2.5 Ψηφιακοί Ολοκληρωμένοι Γεωδαιτικοί Σταθμοί .....	18
1.3.5.1 Πλεονεκτήματα Γεωδαιτικών Σταθμών .....	21
1.3.5.2 Κριτήρια Επιλογής Γεωδαιτικού Σταθμού .....	22
1.2.6 Όργανα Αποτύπωσης Επιφανειών με Σάρωση .....	22
1.2.7 Συστήματα Δορυφορικού Εντοπισμού .....	24
1.4 Βασική Τοπογραφική Ορολογία .....	25
1.5 Αποτυπώσεις .....	27
1.5.1 Οριζόντια Αποτύπωση Γηπέδου .....	28
1.5.1.1 Ανάλυση Έκτασης σε Τρίγωνα .....	29
1.5.1.2 Πολικές Συντεταγμένες .....	33
1.5.1.3 Πολυγωνική Όδευση .....	34
1.5.2 Ταχυμετρική Αποτύπωση .....	35
3.6 Σύνταξη Τοπογραφικού Σχεδίου .....	36
2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ – ΑΡΧΑΙΟ ΘΕΑΤΡΟ ΤΗΣ ΕΠΙΔΑΥΡΟΥ .....	38
2.1 Επίδαυρος .....	38
2.2 Ασκληπιείο Επιδαύρου .....	39

2.3	Ο Ναός του Ασκληπιού.....	40
2.4	Η Θόλος.....	41
2.5	Το Εγκοιμητήριο ή Άβατο.....	43
2.6	Το Γυμνάσιο .....	45
2.7	Το Καταγώγιο .....	47
2.8	Το Στάδιο.....	47
2.9	Αρχαίο Θέατρο Επιδαύρου .....	49
3.	ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	53
	Εισαγωγή .....	53
3.1	Έκταση Μελέτης .....	53
3.2	Όργανο Μετρήσεων GTS-502E.....	54
3.3	Στάδια Μελέτης.....	56
3.3.1	Αναγνώριση της Περιοχής Μελέτης .....	56
3.3.2	Συλλογή Απαιτούμενων Στοιχείων .....	57
3.3.3	Τοπογραφική Αποτύπωση .....	58
3.3.4	Γωνιομετρήσεις.....	59
	Πρόγραμμα Επίλυσης Όδευσης .....	61
3.4	Αποτύπωση Αρχαίου Θεάτρου Επιδαύρου.....	62
3.5	Αποτύπωση Μουσείου Επιδαύρου.....	63
	Επίλογος .....	67
	Βιβλιογραφία .....	87

## Πρόλογος

Οι σύγχρονες αντιλήψεις στο χώρο της αρχαίας κληρονομιάς απαιτούν την προβολή των έργων πολιτισμού και την ανάπτυξη στρατηγικών ανάδειξης των χώρων. Η ανάπτυξη και εξέλιξη της κοινωνίας επιβάλλει την προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς καθώς πλέον γίνεται ζήτημα μείζονος σημασίας με διεθνείς συμβάσεις για την προστασία των μνημείων, οι οποίες διαμορφώνουν το γενικότερο πλαίσιο δεοντολογίας που διέπει τις αρχές μελέτης και προστασίας της. (1)

Κρίνεται επομένως ως υποχρέωση κάθε χώρας η καλλιέργεια ενός πνεύματος πολιτιστικής ανάτασης, όπου δύναται να αναπτυχθεί με τη συντήρηση, την αναστήλωση, την τεκμηρίωση και την εν γένει προβολή του μνημειακού της πλούτου ή των σύγχρονων τεχνικών έργων της. Για τη διατήρηση και την εξέλιξή τους απαιτείται η πλήρης γνώση της κατάστασής τους σε δεδομένη χρονική στιγμή. Η γεωμετρική τεκμηρίωση παρέχει τα απαραίτητα στοιχεία και αποτελεί την υποδομή για την εκτέλεση εργασιών που καθιστούν δυνατή την ένταξη των μνημείων σε οποιοδήποτε επίπεδο χωροταξικού, αναπτυξιακού, περιβαλλοντικού και πολεοδομικού σχεδιασμού.

Στην περίπτωση της Ελλάδας, είναι γεγονός ότι σε ολόκληρη την έκτασή της διασώζεται πλήθος μνημειακών συνόλων διαφόρων εποχών και τεχνοτροπιών, με αριθμητική υπεροχή των λατρευτικών μνημείων, από τους αρχαίους ναούς μέχρι τις χριστιανικές εκκλησίες που αποτελούν νεώτερα μνημεία. Η σύνταξη μέτρων διαχείρισης της εθνικής κληρονομιάς είναι ανάγκη επιτακτική.

Το άρθρο 24 του Συντάγματος του 1975 προστατεύει τα μνημεία και επίσης αναφέρεται στην ανάμειξη και αποδοχή ευθυνών από τη χώρα μας για την προστασία του φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος. Η Ελλάδα έχει επιπλέον συνυπογράψει, το 1981, τη Συνθήκη της UNESCO για την διαφύλαξη των μνημείων και περιοχών παγκόσμιας κληρονομιάς. Στόχος είναι η προστασία τους από τυχόν φθορές και καταστροφές, προκειμένου αυτά να κληροδοτηθούν στις επόμενες γενιές της πατρίδας μας. Η πλήρης γνώση της κατάστασής τους κάθε στιγμή είναι απαραίτητο εφόδιο για την εξέλιξη και τη συντήρησή τους. Στις περισσότερες των περιπτώσεων, όμως, δεν έχουμε πληροφορίες, καθώς δεν έχουν συνταχθεί ή δεν έχουν διασωθεί τα αρχικά σχέδια του εκάστοτε μνημείου. Ακόμα και στη περίπτωση όπου έχουμε τα σχέδια αυτά, η ταύτισή τους με τα πραγματικά δεν είναι πάντα όσο εφικτή θέλουμε να είναι καθώς η υλοποίηση των τεχνικών έργων δεν περιέχει σιγουριά και επιπλέον, κάθε

τεχνικό έργο είναι αντιμετωπίζει διαφόρους κινδύνους όπως λάθος μελέτη, κακοτεχνία, ελαττωματικά υλικά, ανθρώπινη αμέλεια, φυσικά φαινόμενα (σεισμό, πλημμύρα, κατολισθήσεις, παγετό κτλ.), αστοχίες κατασκευής, κ.ά.

Συγκεκριμένα, η κατασκευή ενός έργου προϋποθέτει την πραγματοποίηση μελέτης, η οποία καταλήγει σε σχέδια που συνταιριάζει ο εκάστοτε κατασκευαστής. Το ακριβώς αντίθετο πρόβλημα εμφανίζεται κατά την αποτύπωση μιας υπαρκτής τεχνικής κατασκευής, όπου υφίσταται το κτίσμα και τα ζητούμενα είναι τα κατασκευαστικά σχέδια. Τέτοιες περιπτώσεις είναι τα πιο πολλά μνημεία των αρχαιοελληνικών ετών, όπως η Ακρόπολη των Αθηνών, οι Δελφοί, η Επίδαυρος, η Ολυμπία Αρχική προϋπόθεση για τη μελέτη και υλοποίηση οποιας επέμβασης σε ένα έργο, είναι η αποτύπωση της κατάστασης της στον υπάρχον χρόνο. Κατά κύριο λόγο, το ίδιο ισχύει στην τεκμηρίωσή της. (2)

Συνεπάγεται δηλαδή ότι είναι απαραίτητο να καταγράψουμε συστηματικά και να απεικονίζουμε τα στοιχεία που ορίζουν σε αξιόπιστη μορφή τη γεωμετρική εικόνα και τη θέση στο χώρο των κάθε τμημάτων της, σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Η διαδικασία αυτή είναι ιδιαίτερα αναγκαία και επιβεβλημένη στις περιπτώσεις που έχουμε να κάνουμε με μνημεία, όπου η επιστημονική έρευνα βρίσκεται σε εξέλιξη, τα διάφορα επίπεδα της οποίας πρέπει να είναι πλήρως τεκμηριωμένα. Για το λόγο αυτό η τοπογραφική απεικόνιση μνημείων όπως ο αρχαιολογικός χώρος της Επιδαύρου είναι αναγκαία διαδικασία για την εκπόνηση οποιασδήποτε μελέτης που τα αφορούν και επιπλέον βοηθά στην κατάλληλη παρουσίασή τους, και κατά συνέπεια στην προβολή και διατήρηση της εθνικής κληρονομιάς.

# 1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΗΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ

---

## Εισαγωγή

Η επιστήμη που ασχολείται με την απεικόνιση των τμημάτων της γήινης επιφάνειας συμπεριλαμβανομένων και των ανθρωπινων κατασκευών είναι η επιστήμη της Τοπογραφίας. Η τεχνολογική ανάπτυξη και εξέλιξη των τοπογραφικών οργάνων καθώς και των προγραμμάτων επεξεργασίας των μετρήσεων του πεδίου αύξησε σε μεγάλο βαθμό την αξιοπιστία και ακρίβεια τόσο των μετρήσεων όσο και των αποτελεσμάτων. Η τοπογραφία <sup>(1)</sup> χρησιμοποιείται για σκοπούς όπως

- Μέτρηση εμβαδών
- Ετοιμασία χαρτών για στρατιωτικούς, γεωγραφικούς, γεωλογικούς, τουριστικούς κ.α. σκοπούς
- Κατασκευή σχεδίων, τομέων για πολεοδόμους, πολιτικούς μηχανικούς,
- αρχιτέκτονες, εργολάβους κ.α.

Η χρήση τοπογραφικών οργάνων και συγκεκριμένα θεοδόλιχων και αποστασιομέτρων για αποτύπωση σημείων του τρισδιάστατου χώρου έχει ξεκινήσει από τα πολύ παλιά χρόνια και θα λέγαμε ότι η σημερινή τεχνολογία των οργάνων μέτρησης είναι ικανοποιητική ώστε να είναι σε θέση να αποτυπώνει με σημαντική λεπτομέρεια μετρήσεις σε αρχαιολογικά και αρχιτεκτονικά μνημεία.



## 1.1 Χαρακτηριστικά Τοπογραφικής Μεθόδου

Κύρια χαρακτηριστικά της τοπογραφικής μεθόδου καταγράφονται ως εξής:

- Η τοπογραφική αποτύπωση είναι αντικειμενική. Ορίζει ένα σύστημα αναφοράς βάσει του οποίου γίνεται ο προσδιορισμός των μετρήσεων στο χώρο.
- Η ανακατασκευή γεωμετριών στην αναπαράσταση γίνεται μέσω συγκεκριμένων σημείων, που προσδιορίζονται αυστηρά.
- Υπάρχει δυνατότητα επιστημονικού ελέγχου του αποτελέσματος και ικανοποίηση των απαιτήσεων ακρίβειας και αξιοπιστίας.
- Υπάρχει δυνατότητα και έμμεσων μετρήσεων, ως παράγωγων των πρωτογενών άμεσων μετρήσεων.
- Λόγω της πεπερασμένης ικανότητας για ικανοποίηση συνθηκών πυκνότητας, υπάρχει δυσκολία παρακολούθησης της συνέχειας γεωμετρικών στοιχείων (π.χ., γραμμές και κυρίως επιφάνειες).
- Το μέγεθος της πυκνότητας, που επηρεάζει την πιστότητα της αναπαράστασης, συναρτάται από τον χρόνο παραμονής στο πεδίο.
- Είναι δυνατή η τοποθέτηση, στην αναπαράσταση, περισσότερων αντικειμένων σε αμοιβαία σχέση μεταξύ τους.
- Υπάρχει ανάγκη για στοιχειώδη σχεδιαστική ικανότητα στο πεδίο, για τη σύνταξη σκαριφημάτων, κλπ.)
- Αντιμετωπίζονται δύσκολα και μόνο μετά από κατάλληλη μαθηματική στατιστική επεξεργασία (στο γραφείο), περιπτώσεις μη-επιπεδότητας.
- Υπάρχει σημαντικό πρόβλημα χρόνου και κόστους εργασιών πεδίου, που εξαρτάται από την πολυπλοκότητα του αντικειμένου.
- Ο εξοπλισμός πεδίου είναι, κατ' αρχήν, μέτριου κόστους.
- Ο απαραίτητος εξοπλισμός για τις επεξεργασίες γραφείου είναι ο συνηθισμένος των τοπογραφικών εφαρμογών.
- Η αλγοριθμική επεξεργασία των δεδομένων είναι εύκολη.
- Δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν λεπτομέρειες και πολύπλοκα αρχιτεκτονικά (κυρίως μη-γραμμικά) ή δύσκολα προσπελάσιμα στοιχεία του προς αποτύπωση αντικειμένου.

- Υπάρχει ανάγκη για πρόσθετες εργασίες, που χρησιμοποιούνται στην εμπειρική μέθοδο, όπως είναι π.χ. μετρήσεις με μετροταινία, ερασιτεχνικές φωτογραφίες κ.α.
- Η στερεομετρία του αντικειμένου ανακατασκευάζεται έμμεσα.

## 1.2 Μέθοδοι Μέτρησης Αποστάσεων

Μέχρι την δεκαετία του 1970, η επιστήμη της γεωδαισίας, παρά την θεαματική εξέλιξή της, είχε τον περιορισμό της δυσκολίας με την οποία γίνονταν οι μετρήσεις σε μακρινών αποστάσεων, ιδιαίτερα σε εργασίες όπου η ακρίβεια έπρεπε να είναι υψηλή, όπως τα τριγωνομετρικά δίκτυα κλπ., όπου για την μέτρηση ενός μήκους χιλιομέτρων απαιτούνταν εργασία μεγάλης διάρκειας και μεγάλου κόπου. Η δυσκολία αυτή είχε σαν αποτέλεσμα τον προσανατολισμό της γεωδαισίας σε διαφορετικές μεθόδους, οι οποίες, για αυτές τις εργασίες, χρησιμοποιούσαν κυρίως μετρήσεις διευθύνσεων και λίγες μετρήσεις μηκών, όπως π.χ. η μέτρηση της βάσης τριγωνομετρικού δικτύου για να βρούμε την κλίμακά του. Έτσι, οι μετρήσεις μηκών, στις μεν συνηθισμένες τοπογραφικές εργασίες γίνονταν κυρίως με μετροταινίες ή ταχυμετρικά, στις μετρήσεις όμως με απαιτήσεις υψηλής ακριβείας, γίνονταν με διαφορετικές μεθόδους και όργανα που απαιτούσαν επίπονες και μεγάλες σε χρόνο διαδικασίες, όπως, συνήθως, με σύρματα invar.

Η μέθοδος και τα όργανα τα οποία θα χρειαστούν για τη μέτρηση μίας απόστασης μεταξύ δύο σημείων ποικίλουν και είναι εξαρτούμενα κυρίως από την ακρίβεια που απαιτείται, την μορφολογία του εδάφους, τις δυσκολίες που παρουσιάζει γενικά ο χώρος μέτρησης, καθώς και το κόστος της διαδικασίας.

Οι μετρήσεις μηκών, ανάλογα με τη μέθοδο και τα όργανα που χρησιμοποιούμε την εκάστοτε φορά, διακρίνονται σε άμεσες και έμμεσες. Τα όργανα μέτρησης μηκών, σε γενικές γραμμές, μπορούν να διαχωριστούν στις εξής κατηγορίες:

- Μετροταινίες
- Οπτικά τηλέμετρα
- Ηλεκτρομαγνητικά όργανα μέτρησης αποστάσεων
- Σύγχρονα εξελιγμένα συστήματα

### 1.2.1 Μετροταινίες

Οι μετροταινίες είναι χαλύβδινες, λινές ή κατασκευασμένες από υλικό Fiberglass. Γύρω στο 1995 κυκλοφόρησαν στην αγορά και ηλεκτρονικές μετροταινίες, οι οποίες εμφανίζουν τα αποτελέσματα της μέτρησης σε ψηφιακή οθόνη. Οι μετροταινίες χρησιμοποιήθηκαν για την άμεση μέτρηση μικρών μηκών καθ' όλη τη διάρκεια του 20ου αιώνα και χρησιμοποιούνται ακόμη και σήμερα σε απλές τοπογραφικές εργασίες.

Οι μετρήσεις μηκών που γίνονται με μετροταινίες, για να είναι αξιόπιστες, πρέπει να διορθωθούν. Οι διορθώσεις αυτές (5) εξαρτώνται από τη κατηγορία της μετροταινίας, από τις συνθήκες της μέτρησης και από την ακρίβεια που ζητείται, είναι οι εξής:

- Διόρθωση για διαφορά από το πρότυπο.
- Αναγωγή στη θερμοκρασία ελέγχου.
- Αναγωγή στη τάση ελέγχου.
- Διόρθωση για βέλος κάμψης.
- Διόρθωση για κλίση.
- Αναγωγή στη μέση στάθμη θαλάσσης.
- Διόρθωση λόγω χαρτογραφικής προβολής.

Επίσης, οι μετρήσεις μηκών με μετροταινίες πρέπει να πραγματοποιούνται σε μετάβαση και επιστροφή (aller – retour), και να υπολογίζεται ο μέσος όρος των δύο μετρήσεων.



**Εικόνα 1** Ένα από το πιο απλά όργανα Τοπογραφίας είναι η μετροταινία, που χρησιμεύει στην μέτρηση μηκών

## 1.2.2 Οπτικά Τηλέμετρα

Η έμμεση μέτρηση μηκών με τα οπτικά τηλέμετρα, εφαρμόζεται χάρις στην απλή τριγωνομετρική λύση των στοιχείων ενός ορθογωνίου τριγώνου, του οποίου υπολογίζεται η μεγαλύτερη κάθετη πλευρά του (ζητούμενο μήκος  $L$ ) από δύο άλλα στοιχεία του, την μικρότερη του κάθετη πλευρά ( $b$ ) και την απέναντί της οξεία γωνία του (παραλλακτική γωνία  $\gamma$ ), εκ των οποίων το ένα είναι σταθερό ενώ το άλλο μετράται.

Ανάλογα με το ποίο ακριβώς στοιχείο του (κάθετη πλευρά ( $b$ ) ή παραλλακτική γωνία ( $\gamma$ )) είναι γνωστό και ποίο μετρούμε, την θέση των δύο αυτών στοιχείων ως προς τον παρατηρητή και την θέση του μήκους  $b$  στον χώρο (δηλαδή εάν αυτό είναι οριζόντιο, κατακόρυφο ή βρίσκεται σε πλάγια θέση) διακρίνουμε διάφορες μεθόδους οπτικού έμμεσου προσδιορισμού του μήκους. Οι κύριες, από αυτές τις μεθόδους, είναι:

- Με θεοδόλιχο και βοηθητικά όργανα (κατακόρυφη βάση)
- Με τη μέθοδο της οριζόντιας βάσης
- Με ερευνητές αποστάσεων και μικρά τηλέμετρα

Για να μπορούμε να μετρήσουμε τα σημεία στο χώρο είναι απαραίτητο να χρησιμοποιήσουμε ακριβή όργανα μετρήσεων. Το πλέον κοινό όργανο που χρησιμοποιούμε στην τοπογραφία τόσο για την αποτύπωση μεσαίας αλλά και μικρής κλίμακας πραγμάτων είναι ο θεοδόλιχος ή ταχύμετρο. Ο θεοδόλιχος είναι σε θέση να μετράει με μεγάλη ακρίβεια την οριζόντια και κατακόρυφη γωνία που σχηματίζεται από τη νοητή οπτική γραμμή που συνδέει ένα χαρακτηριστικό σημείο του οργάνου (κέντρο σκόπευσης) και το σημείο λεπτομέρειας (σημείο σκόπευσης) επί του αντικειμένου που παρατηρείται μέσω του οπτικού συστήματός του.



Εικόνα 2 Γεωδαιτικός Σταθμός

Με χρησιμοποίηση των εξισώσεων τριγωνομετρίας και της μέτρησης των κατακόρυφων γωνιών μπορούν να μετρηθούν και οι κατακόρυφες αποστάσεις μεταξύ σημείων στον τρισδιάστατο χώρο.

Με την λύση των θεμελιωδών θεωρημάτων της τοπογραφίας όλες οι μετρήσεις των γωνιών που πραγματοποιούνται μέσω του θεοδόλιχου μπορούν να οδηγήσουν σε υπολογισμό των τρισδιάστατων συντεταγμένων των παρατηρούμενων σημείων στο επίγειο καρτεσιανό τρισσορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων.

Αν και οι θεοδόλιχοι αρχικά κατασκευάστηκαν μόνο για κάνουν μετρήσεις γωνιών, τα σύγχρονα όργανα συνοδεύονται από αποστασιόμετρα οπότε ονομάζονται Γεωδαιτικοί Σταθμοί (Total Station) και επιτρέπουν με μία μόνο σκόπευση (δηλαδή μέτρηση της οριζόντιας και κατακόρυφης γωνίας) και την ταυτόχρονη μέτρηση της απόστασης του σημείου λεπτομέρειας από το θεοδόλιχο να παράγουν τις απ' ευθείας τρισδιάστατες συντεταγμένες σημείων στο χώρο εφόσον είναι απόλυτα προσδιορισμένη η θέση (ονομάζεται και στάση του οργάνου στην τοπογραφική ορολογία) του τοπογραφικού οργάνου σε ένα τρισσορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων.



**Εικόνα 3** Ο χαρτογράφος του πρωσικού στρατού Ντένεκε εν ώρα εργασίας σε αρχαίο οχυρό στο ύψωμα Πλακωτό της περιοχής των Δερβενοχωρίων (4)

### 1.2.3 Ηλεκτρομαγνητικά Όργανα Μέτρησης Μήκους

Η δημιουργία συστημάτων μέτρησης μήκους με ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ήταν η επανάσταση στις γεωδαιτικές μετρήσεις, καθώς αυτά, με την ραγδαία πρόοδο της τεχνολογίας στις τελευταίες δεκαετίες, από τα βαριά, δύσχρηστα και χωρίς ακρίβεια όργανα της πρώτης εποχής, εξελίχθηκαν γρήγορα σε πολύ εύχρηστα και με πολύ ακριβείς όργανα EDM, όπως είναι διεθνώς γνωστά, από τα αρχικά των λέξεων Electromagnetic Distance Measurement, τα οποία χρησιμοποιούνταν στα συμβατικά θεοδόλιχα και, όπως περιγράφεται σε επόμενη παράγραφο, ενσωματώθηκαν τελικώς σε αυτά.

#### 1.3.3.1 Αρχές λειτουργίας

Η μέτρηση μήκους με τη χρήση EDM πραγματοποιείται μέσω της διάδοσης ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, στηριζόμενη, σε γενικές γραμμές, στην αρχή της Φυσικής ότι η απόσταση μεταξύ δύο σημείων είναι ίση με την ταχύτητα του μέσου μεταφοράς επί τον απαιτούμενο χρόνο μετάβασης. Εάν λοιπόν είναι γνωστή η συχνότητα - περίοδος της ακτινοβολίας και το μήκος κύματος της ώστε να βρίσκεται ανά πάσα στιγμή η ταχύτητα του εκπεμπόμενου σήματος μέσα στην ατμόσφαιρα, είναι απαραίτητο να υπολογισθεί με πολύ μεγάλη ακρίβεια ο χρόνος που χρειάζεται ένα σήμα (ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία) για να καλύψει τη μετρούμενη απόσταση. Ενδεικτικά μπορούμε να πούμε, ότι αν επιδιώκεται ακρίβεια στη μέτρηση ενός μήκους της τάξης των  $\pm 3\text{mm}$ , τότε πρέπει ο χρόνος να μετράται με ακρίβεια της τάξης των  $\pm 10\text{ nsec}$ .

Η μέτρηση του χρόνου με τόσο μεγάλη ακρίβεια είναι πολύ δύσκολη και δημιουργεί προβλήματα, τα οποία μπορούν να λυθούν από τους κατασκευαστές των οργάνων, που στηρίζονται σε αυτή την αρχή και την εξειδικεύουν ανάλογα με ποιιά από τις παρακάτω μεθόδους χρειάζονται, ανάλογα τη περίπτωση.

Οι δύο αυτές μέθοδοι είναι :

- Η μέθοδος μέτρησης της διαφοράς φάσης συνεχούς διαμορφωμένης ακτινοβολίας. Με τη μέθοδο αυτή, το διαμορφωμένο φως εκπέμπεται από το όργανο (πομπός). Μετά την ολοκληρωμένη διαδρομή μετάβασης στον δέκτη (κάτοπτρο) και την επιστροφή του, η ακτινοβολία λαμβάνεται πάλι από το

κυρίως όργανο. Κατά τη μέθοδο αυτή, μετράμε έμμεσα ή άμεσα η διαφορά φάσης μεταξύ των σημάτων εκπομπής και λήψης (ποσότητα  $\Delta\phi$ ), οπότε υπολογίζουμε τη απόσταση μεταξύ οργάνου και κατόπτρου.

- Η μέθοδος μέτρησης με τη διαμόρφωση του φωτός σε παλμούς. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην εκπομπή συγκεντρωμένης φωτεινής ενέργειας σε τακτά χρονικά διαστήματα με ορισμένη χρονική διάρκεια. Με το παραπάνω τρόπο το μήκος υπολογίζεται έμμεσα, από τη μέτρηση του χρόνου  $\Delta t$  μετάβασης – επιστροφής ενός παλμού.

Γενικά, τα στάδια της διαδικασίας μέτρησης μίας απόστασης με κάποιο όργανο EDM, μπορούν να περιγραφούν ως εξής:

- παράγεται το φως που θα χρησιμοποιηθεί σαν φέρουσα ακτινοβολία διαμορφώνεται η φέρουσα ακτινοβολία
- μετατρέπεται η διαμορφωμένη φωτεινή ακτινοβολία σε ηλεκτρικό σήμα της ίδιας συχνότητας και φάσης
- γίνεται μια ετεροδυναμική μίξη του ηλεκτρικού σήματος και άλλων σημάτων με μικρότερη συχνότητα
- με κατάλληλο τρόπο μετριέται η διαφορά φάσης ( $\Delta\phi$ ) ή η διαφορά του χρόνου ( $\Delta t$ ), από την στιγμή της εκπομπής μέχρι την στιγμή της λήψης.
- 

Στα παλιά χρόνια ο παρατηρητής έπρεπε να κάνει υπολογισμούς για να βρεί την απόσταση. Σήμερα υπάρχουν μικροϋπολογιστές ενσωματωμένοι στα EDM που βρίσκουν αυτόματα το μήκος και η μέτρηση της φάσης γίνεται ψηφιακά.

## 1.2.4 Μετρήσεις laser προς Γεωδαιτικούς Δορυφόρους

Τα τελευταία χρόνια η ανάπτυξη και εξέλιξη των αποστασιόμετρων **laser** και των οργάνων μέτρησης απόστασης με χρήση της τεχνολογίας των **υπέρυθρων ακτίνων** έδωσε τη δυνατότητα να γίνονται οι μετρήσεις χωρίς να είναι απαραίτητη η χρήση ανακλαστήρα (πρίσμα ή κάτοπτρο). (6)

Η τεχνική των συστημάτων (τηλέμετρων) laser (Satellite Laser System, SLR) συνίσταται στην εκπομπή ενός παλμού λέιζερ, εξαιρετικά μικρής διάρκειας (μερικών nsec), ο οποίος, αφού ανακλαστεί από ειδικά κατάφωτα (ανακλαστήρες) σε κατάλληλα εξοπλισμένους δορυφόρους επιστρέφει στο

σταθμό. Με ένα χρονόμετρο μεγάλης ακρίβειας, μετράται ο χρόνος  $\tau$  της διπλής διαδρομής και γνωρίζοντας τη ταχύτητα του φωτός  $c$  υπολογίζεται η απόσταση σταθμού – δορυφόρου ως  $\rho = c\tau/2$ . Από την ανάλυση των μετρήσεων SLR μπορούν να καθοριστούν όχι μόνο η δορυφορική τροχιά αλλά και πολλές γεωδαιτικές παράμετροι όπως οι συντεταγμένες των σταθμών. Τα πρώτα συστήματα SLR λειτούργησαν στις αρχές της δεκαετίας του '60. Τα παλαιότερα συστήματα είχαν συνήθως ένα λέιζερ ρουβιδίου (με αντίστοιχο μήκος κύματος περίπου 700nm), με παλμούς διάρκειας 10-30 nsec, με εκπεμπόμενη ενέργεια 1-10 Joules και με επαναληπτικότητα 2-60 παλμούς ανά λεπτό.

Τα πιο πολλά σύγχρονα γεωδαιτικά συστήματα SLR χρησιμοποιούσαν τα πράσινα laser, τύπου Nd:YAG, με κρύσταλλο νεοδυμίου βαπτισμένου σε μίγμα Yttrium Aluminum Garnet (YAG). Τα laser Nd:YAG εκπέμπουν στο υπέρυθρο τμήμα του φάσματος και με μια διαδικασία διπλασιασμού της συχνότητας εκπομπής τους λειτουργούν στο πράσινο χρώμα, με μήκος κύματος περίπου 532nm. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημά τους είναι η δυνατότητά τους να εκπέμπουν σε πολύ μικρούς παλμούς, διάρκειας 50-200 picosec και με επαναληπτικότητα μετρήσεων μέχρι 20 Hz.

Τα συστήματα SLR για δέκτη χρησιμοποιούν ένα κατοπτρικό τηλεσκόπιο, με άνοιγμα τουλάχιστον 28cm, στην άκρη του οποίου υπάρχει ένας υπερευαίσθητος φωτοπολλαπλασιαστής (photomultiplier), που το ηλεκτρικό του σήμα σταματάει το χρονομετρητή του συστήματος. Ο αριθμός των φωτονίων που επιστρέφουν είναι αντίστροφα ανάλογος της τέταρτης δύναμης της απόστασης του δορυφόρου από το σταθμό. Άρα το φως, που επιστρέφει από το δορυφόρο, είναι πάρα πολύ μικρό. Τα χρησιμοποιούμενα συστήματα laser συνήθως δέχονται από 1 μέχρι 100 φωτόνια. Με



άλλα λόγια η τεχνική SLR μετρά τον απόλυτο χρόνο της πτήσης των φωτονίων έτσι ώστε η γεωμετρία του δορυφόρου και των σταθμών λέιζερ μπορεί να σημειωθεί ακριβώς εφόσον τα σφάλματα των συστημάτων λέιζερ διατηρούνται και ελέγχονται σε ένα αμελητέο επίπεδο. Αυτό είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί σήμερα με ακρίβεια  $\pm 50$  picosec ή και καλύτερα, που είναι ισοδύναμο με ακρίβεια  $\pm 1$  cm ή λιγότερο σε μια παρατήρηση laser. Τυπικά οι αντίστοιχες εφικτές ακρίβειες των μετρούμενων αποστάσεων (συνήθως διηπειρωτικού μήκους), μεταξύ σταθμών SLR, είναι της τάξης  $\pm(1-3)$  cm.

Στις μέρες μας λειτουργούν, σε παγκόσμια κλίμακα, περίπου 40 μόνιμα συστήματα SLR. Επιπλέον η NASA έχει αναπτύξει 4 κινητά συστήματα laser τύπου MOBILAS (Mobile Laser Systems) και 4 τύπου TLRs (Transportable Laser Ranging System). Επίσης δύο ευρωπαϊκά συστήματα, τα MTLRS-1 και MTLRS-2, χρησιμοποιούνται κυρίως για τη συνεχείς μελέτη των σεισμογενών περιοχών της Μεσογείου. Από το 1999, στον γερμανικό δορυφορικό σταθμό Wettzell είναι σε λειτουργία πειραματικά ο τελευταίος τύπος κινητού σταθμού SLR που αποτελεί τμήμα των κινητών

ολοκληρωμένων Γεωδαιτικών Παρατηρητηρίων (Transportable Integrated Geodetic Observatories, TIGO)

Στις μέρες μας τα συστήματα SLR που χρησιμοποιούνται είναι κατά κανόνα πολύπλοκα, πολυδάπανα και γενικά πολυέξοδα για τη λειτουργία τους. Τα παραπάνω είναι και ο κύριος λόγος που τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται μόνο σε ένα πολύ μικρό αριθμό εξειδικευμένων σταθμών και για ειδικά επιστημονικά προγράμματα. Αξίζει επίσης να πούμε, ότι ειδικά τηλέμετρα laser, χρησιμοποιούνται και για τις μετρήσεις αποστάσεων της Σελήνης, με τη βοήθεια κάποιων ανακλαστήρων, που έχουν τοποθετηθεί στην επιφάνειά της από τους αστροναύτες των διαστημικών πτήσεων του προγράμματος Apollo στις αρχές της δεκαετίας του 1970. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν ένα μεγάλο τηλεσκόπιο για την εκπομπή των παλμών laser (και το ίδιο τηλεσκόπιο για την επιστροφή τους), ώστε η διασπορά της δέσμης να περιορίζεται σε μερικά arcsec για μεγαλύτερη συγκέντρωση της ενέργειας laser. Στα συστήματα αυτά οι απαιτήσεις, για την «καλή» σκόπευση των κατάφωτων στην επιφάνεια της Σελήνης, είναι ιδιαίτερα αυστηρές.

Οι εξελίξεις της τεχνολογίας laser τα τελευταία χρόνια, έχουν δημιουργήσει τις προϋποθέσεις για τη σκοπιμότητα κατασκευής καθαρά διαστημικών ή «αντίστροφων» συστημάτων laser, όπου ολόκληρο το σύστημα λειτουργίας θα είναι

τοποθετημένο σε δορυφόρο, ενώ τα κατάφωτα θα τοποθετούνται στην επιφάνεια της Γης.

Το κύριο πλεονέκτημα τέτοιων συστημάτων είναι ότι, για το ίδιο κόστος λειτουργίας, πολλαπλασιάζεται απεριόριστα ο αριθμός των κατάφωτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μετρήσεις, αφού το κόστος των κατάφωτων αποτελεί ένα πολύ μικρό ποσοστό του συνολικού κόστους λειτουργίας ενός laser.

Ένα τέτοιο σύστημα τηλεμετρίας Laser λειτούργησε για αρκετά χρόνια στο Κέντρο Παρακολούθησης Τεχνητών Δορυφόρων (Κ.Π.Τ.Δ.) του ΕΜΠ στο Διόνυσο. Ήταν ένα laser παλμών ρουβιδίου σε συνδυασμό με ένα τηλεσκόπιο τύπου Cassegrain και ένα ηλεκτρονικό σύστημα χρονομέτρου και απαριθμητή χρόνου. Το σύστημα αυτό, χρησιμοποιήθηκε και ως EDM μεγάλου βεληνεκούς για μετρήσεις αποστάσεων μεταξύ σημείων της φ.γ.ε., στη γεωδαιτική καμπάνια για την ένωση των γεωδαιτικών δικτύων Ελλάδας και Ιταλίας (1977). Αυτό έγινε εφικτό με τη δημιουργία μιας όδευσης υψηλής ακρίβειας μεταξύ του ιταλικού τριγωνομετρικού σημείου 'Specchia – Cristi' και του ελληνικού 'Παντοκράτωρ' (Κέρκυρα) με ένα ενδιάμεσο νέο σημείο που ιδρύθηκε στο νησί των Οθωνών. Οι δύο πλευρές της όδευσης είχαν μήκη 82km και 44km αντίστοιχα και γωνία θλάσης περίπου 180°.

### **1.2.5 Ψηφιακοί Ολοκληρωμένοι Γεωδαιτικοί Σταθμοί**

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας, τα παλαιά μηχανικά θεοδόλιχα αντικαταστάθηκαν από τα ψηφιακά και σε αυτά ενσωματώθηκαν τα όργανα EDM, με αποτέλεσμα την δημιουργία των ολοκληρωμένων ψηφιακών γεωδαιτικών σταθμών (total stations). Τα όργανα αυτά είναι τώρα τα κατ' εξοχήν χρησιμοποιούμενα τοπογραφικά όργανα, με μεγάλες απαιτήσεις αυτοματοποιημένης χρήσης και ακρίβειας, καθώς συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα των ψηφιακών θεοδόλιχων με εκείνα των EDM και εκμεταλλεύονται την τεράστια πρόοδο της ηλεκτρονικής και της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Το γεωδίμετρο 700 της εταιρείας AGA, με εξωτερική καταγραφική μονάδα, που κατασκευάστηκε γύρω στο 1970, ήταν το πρώτο όργανο αυτής της λογικής. Ακολουθούν το TC1 της εταιρείας Wild και το EOT της Zeiss, ενώ στη συνέχεια, ιδίως από το 1990 και μετά, αυτά εξελίσσονται και παράγονται με ραγδαίους ρυθμούς.

Τόσο οι μετρήσεις των οριζοντίων και κατακόρυφων γωνιών, όσο και οι μετρήσεις των μηκών εντοπίζονται στο κέντρο του οργάνου, καθώς το αποστασιόμετρο είναι ομοαξονικά τοποθετημένο στο τηλεσκόπιό του. Η μέτρηση της απόστασης, από το κέντρο του σκοπευτικού άξονα ενός ψηφιακού ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού έως το κέντρο του ανακλαστήρα, σε γενικές γραμμές, ακολουθεί την εξής πορεία :

Με την ενεργοποίηση από τον παρατηρητή ενός πλήκτρου του πληκτρολογίου του γεωδαιτικού σταθμού, εκπέμπεται μια διαμορφωμένη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, γνωστής συχνότητας και μήκους κύματος, η οποία, αφού διανύσει την απόσταση ως τον ανακλαστήρα, που είναι στο άλλο άκρο της προς μέτρηση απόστασης, ανακλάται και έπειτα επιστρέφει στον γεωδαιτικό σταθμό. Καθώς η ταχύτητα διάδοσής του σήματος μέσα στην ατμόσφαιρα είναι γνωστή, προκειμένου να υπολογιστεί η απόσταση, αρκεί, σε γενικές γραμμές, να μετρηθεί ο χρόνος που απαιτήθηκε για να διανύσει το σήμα αυτή την απόσταση. Επειδή η ταχύτητά της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι διαφορετική μέσα στο σώμα του ανακλαστήρα από αυτή στην ατμόσφαιρα, πρέπει κατά την μέτρηση να λαμβάνεται υπόψη τόσο η καθυστέρηση διάδοσης της στην ατμόσφαιρα, όσο και στον ανακλαστήρα. Ο χρόνος αυτός μεταφραζόμενος σε μήκος είναι γνωστός σαν σταθερά του ανακλαστήρα, εξαρτάται από το υλικό και τον τρόπο κατασκευής του και δίνεται από την κατασκευάστρια εταιρία.

Οι εξελίξεις των ψηφιακών θεοδόλιχων εφαρμόζονται και στους ψηφιακούς ολοκληρωμένους γεωδαιτικούς σταθμούς. Για παράδειγμα, η ανάγνωση των γωνιών δεν παίρνεται πια από τον παρατηρητή οπτικά, αλλά εμφανίζεται σε ειδική ψηφιακή οθόνη, καθώς υπάρχουν ειδικοί αισθητήρες που διαβάζουν τους ραβδοκώδικες (barcodes), που είναι ενσωματωμένοι, με πολύ καλή ακρίβεια, στον οριζόντιο και στον κατακόρυφο δίσκο τους. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται και το σφάλμα βαθμονόμησης των μηχανικών δίσκων, που είχαν τα παλαιότερα γωνιομετρικά όργανα. Έτσι, δεν χρειάζεται πλέον η μέτρηση κάθε μίας από τις πολλές περιόδους μέτρησης μιας γωνίας να γίνεται από διαφορετική αφετηρία, αλλά μπορεί να γίνεται πάντα από την ίδια, καθώς εστιάζει μόνον στην ελαχιστοποίηση του τυχαίου σφάλματος της σκόπευσης του παρατηρητή, το οποίο είναι και το μόνο σφάλμα που εξακολουθεί να εισέρχεται στις μετρήσεις γωνιών. Με την εξέλιξη αυτή, σε συνδυασμό και με την δυνατότητα αυτόματης καταγραφής και αποθήκευσης των μετρήσεων του γεωδαιτικού σταθμού σε ειδική καταγραφική μονάδα, από την οποία μεταφέρονται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή με πολύ εύκολο τρόπο, εκτός από την

ευκολία και την ταχύτητα των μετρήσεων, που παρέχεται στον παρατηρητή, αποφεύγονται εντελώς τα σφάλματα εκτίμησης, ανάγνωσης, γραφής και πληκτρολόγησης. Σημαντική εξέλιξη είναι και η ενσωμάτωση του ισοσταθμιστή, στον γεωδαιτικό σταθμό, με σκοπό την παρακολούθηση, τον έλεγχο και την διόρθωση, σε πραγματικό χρόνο, των βασικών συνθηκών λειτουργίας τους. (κέντρωση, οριζοντίωση, κλπ.).

**Πίνακας 1** Βασικά χαρακτηριστικά ψηφιακών γεωδαιτικών σταθμών

Εργοστάσιο κατασκευής	τύπος οργάνου	σημαντικά χαρακτηριστικά	έτος	με ανακλαστήρα		χωρίς ανακλαστήρα		ακρίβεια μέτρησης γωνιών
				ακρίβεια μέτρησης μηκών	Βεληνεκές	ακρίβεια μέτρησης μηκών	Βεληνεκές	
Leica	TCRP1200 + R1000	και ρομποτικό /δυνατότητα ενσωμάτωσης σε GPS	2007	±1mm ±1.5ppm	έως 12km	±2mm ±2ppm	έως 1km	1", 2", 3", 5"
Leica	TS30/ TM30	total station	2009	±0.6mm ±1ppm	έως 12km	±2mm ±2ppm	έως 1km	0.5", 1"
SOKKIA	NET05X	total station	2009	±0.8mm ±1ppm	έως 3.5km	±1mm ±1ppm	έως 100m	0.5"
Spectra Precision	Focus 30	ρομποτικό	2009	±2mm ±2ppm	έως 7km	±3mm ±2ppm	έως 800m	1", 3", 5"
Topcon	IS01/IS03	total station	2007	±2mm ±2ppm	έως 4km		έως 2km	1", 3"
Topcon	MS05A	total station	2010	±0.8mm ±1ppm	έως 3.5km	±1mm ±1ppm	έως 100m	0.5", 1"
Trimble	S6	total station	2005	±1mm ±2ppm	έως 5.5km	±2mm ±2ppm	έως 2.2km	2", 3", 5"
Trimble	S3	total station	2009	±1.5mm ±2ppm	έως 5km	±3mm ±2ppm	έως 400m	2", 5"

Για να λειτουργήσουν οι σταθμοί απαιτείται μπαταρία τροφοδοσίας, γεγονός που δημιουργεί μερικές δεσμεύσεις στην λειτουργία τους, οι οποίες βέβαια αντιμετωπίζονται με την κατασκευή εύχρηστων και εξελιγμένων μπαταριών μεγάλης χωρητικότητας.

Οι ψηφιακοί ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί ακριβείας είναι πολύ εύχρηστα όργανα, παρέχουν ανάγνωση των γωνιακών μεγεθών, από 0.1<sup>cc</sup> έως 3<sup>cc</sup>, η εμβέλειά τους στην μέτρηση μηκών, ανάλογα και με τους χρησιμοποιούμενους ανακλαστήρες, είναι από μερικά μέτρα έως μερικά χιλιόμετρα, με ακρίβεια, που μπορεί να φθάσει το  $\pm 1 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm}$ . (6)

### **1.3.5.1 Πλεονεκτήματα Γεωδαιτικών Σταθμών**

1. Σε ένα εύχρηστο και ελαφρύ όργανο συνδυάζονται οι δυνατότητες του ψηφιακού θεοδόλιχου και του EDM.
2. Με τη σκόπευση και το πάτημα ενός πλήκτρου εμφανίζονται σε οθόνη άμεσα το μήκος, η ένδειξη του οριζόντιου κύκλου και η κατακόρυφη γωνία και έμμεσα το υψόμετρο, και οι συντεταγμένες του σημείου που σκοπεύεται, ενώ αν το επιθυμεί ο χειριστής, υπάρχει η δυνατότητα αυτόματης καταγραφής αυτών των στοιχείων.
3. Διαθέτουν υπολογιστή και κατάλληλο λογισμικό, που διευκολύνουν τις εργασίες υπαίθρου επιλύοντας, την ώρα των μετρήσεων, διάφορα βασικά τοπογραφικά προβλήματα.
4. Μπορούν άμεσα να συνδεθούν και να επικοινωνήσουν με ηλεκτρονικό υπολογιστή, με συνέπεια την άμεση μεταφορά και επεξεργασία των μετρήσεων και την εξαγωγή των αποτελεσμάτων, ακόμα και στο ύπαιθρο, κάτι που μερικές φορές είναι απαραίτητο για ορισμένες, εξειδικευμένες, τοπογραφικές εργασίες, ενώ παράλληλα αποφεύγονται διάφορα χονδροειδή σφάλματα (ανάγνωσης, αντιγραφής κλπ.).

### 1.3.5.2 Κριτήρια Επιλογής Γεωδαιτικού Σταθμού

Τα σημαντικότερα κριτήρια στην επιλογή του κατάλληλου ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού σε γεωδαιτικές εργασίες και ειδικά σε μετρήσεις ακριβείας, είναι :

- η παρεχομένη ακρίβεια στη μέτρηση γωνιών και μηκών ( $\pm a \text{ mm} \pm b \text{ ppm}$ ).
- το βεληγεκές του για τη μέτρηση μήκους
- Το πλήθος και η ποιότητα (γυαλί, πλαστικό, φωσφορίζουσα ταινία) των κατάφωτων για τη μέτρηση του μήκους
- η διάρκεια της μοναδιαίας μέτρησης ενός μήκους
- το βάρος και ο όγκος του
- η δυνατότητα προσαρμογής άλλων παρελκόμενων
- οι διάφορες υπολογιστικές του ικανότητες (π.χ. η άμεση εξαγωγή μέσου όρου μετρήσεων και άλλων στατιστικών μεγεθών)
- ο τρόπος αποθήκευσης και διαχείρισης των μετρήσεων (σε καταγραφική μονάδα, απευθείας σύνδεση με H/Y, κλπ)
- το λογισμικό (software) που διαθέτει.

### 1.2.6 Όργανα Αποτύπωσης Επιφανειών με Σάρωση

Μία άλλη σύγχρονη εξέλιξη των γεωδαιτικών οργάνων είναι τα όργανα που αποτυπώνουν επιφάνειες με σάρωση (Laser Scanners). Αυτά έχουν τη δυνατότητα να αποτυπώνουν επιφάνειες, σαρώνοντάς τις και φτιάχνοντας το τρισδιάστατο μοντέλο τους, ακολουθώντας σε γενικές γραμμές την παρακάτω διαδικασία:

Ορίζονται, κατ' αρχάς, τα όρια της επιφάνειας που πρόκειται να αποτυπωθεί και η πυκνότητα σάρωσης. Στη συνέχεια, ο συνδεδεμένος ηλεκτρονικός υπολογιστής, αφού λάβει με τη βοήθεια της κάμερας CCD του σαρωτή, την εικόνα της επιφάνειας και την επεξεργαστεί, ξεκινά την εκπομπή παλμού laser, που στην πράξη είναι ένα πλήθος μοναδιαίων παλμών, προς αυτή. Ο παλμός αυτός, αφού ανακλαστεί στην επιφάνεια, που αποτυπώνεται, επιστρέφει στον σαρωτή, όπου ολοκληρωμένοι οπτικοί κωδικοποιητές αφού μετρήσουν το χρόνο μετάβασης και επιστροφής και τις γωνίες ανάκλασης της δέσμης, μεταφέρουν τις πληροφορίες αυτές, σε πραγματικό χρόνο,

στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, που δημιουργεί το τρισδιάστατο ανάγλυφο της επιφάνειας.

Σύμφωνα με το πλήθος των μοναδιαίων παλμών laser, που εκπέμπονται, λαμβάνεται ένα πλήθος απο μετρήσεις προς σημεία της επιφάνειας, που αποτυπώνεται. Με τον τρόπο αυτό τπολογίζονται 1000 έως 100000 σημεία ανά δευτερόλεπτο, για το καθένα από αυτά προσδιορίζονται οι συντεταγμένες του (X, Y, Z) και στις τρεις διαστάσεις, ως προς το σύστημα αναφοράς, που έχει αρχικά οριστεί, δημιουργώντας μια αντίστοιχης ακρίβειας τρισδιάστατη εικόνα της επιφάνειας.

Οι χαρακτηριστικές ιδιότητες του Laser Scanner, για το λόγο ότι η αρχή λειτουργίας του, περιέχει και την αρχή λειτουργίας του γεωδαιτικού σταθμού που δε χρησιμοποιεί κατάφωτο για τις μετρήσεις μηκών, επηρεάζεται από τις αντίστοιχες χαρακτηριστικές ιδιότητες αυτού του σταθμού. Έτσι, η ακρίβεια προσδιορισμού των συντεταγμένων εξαρτάται εκτός από:

- τη μέθοδο σάρωσης που κάθε σύστημα χρησιμοποιεί και
- την ταχύτητα σάρωσης,

και από:

- την απόσταση από το αντικείμενο και
- το υλικό της επιφάνειας που μετράται και στην οποία προσπίπτουν οι δέσμες.

Το βεληνεκές μέτρησης των σαρωτών κυμαίνεται από 1.5m έως 1500m και η ακρίβεια προσδιορισμού των συντεταγμένων από  $\pm 6\text{mm}$  έως  $\pm 45\text{mm}$ . Ομοίως και σαν μειονεκτήματα των οργάνων αυτών μπορούν να αναφερθούν εκτός:

- της μικρής ταχύτητας σάρωσης της επιφάνειας, όταν η επιφάνεια έχει πολλές λεπτομέρειες και το βήμα σάρωσης είναι μικρό,
- του μεγάλου σχετικά βάρους τους, που κυμαίνεται από 10kg έως 30kg, το οποίο αυξάνεται από το βάρος των απαραίτητων παρελκόμενων, (όπως ειδικού τρίποδα, ηλεκτρονικού υπολογιστή, μπαταρίας, κ.ά.), με συνέπεια τη δυσκολία στη μεταφορά και την εγκατάσταση στο σημείο μέτρησης,
- του περιορισμένου οπτικού πεδίου, που έχουν την δυνατότητα να καλύψουν, ειδικά κατά την κατακόρυφη διεύθυνση, που έχει σαν συνέπεια, αν η προς

αποτύπωση επιφάνεια εκτίνεται σε μεγάλο ύψος, την αναγκαστική τοποθέτησή τους σε μεγάλη απόσταση από αυτήν και:

- το υψηλό κόστος αγοράς
- το μέγεθος της μοναδιαίας κουκίδας παλμού λέιζερ που εκπέμπουν, η οποία εξαρτάται από την απόσταση και σε σχετικά μεγάλες αποστάσεις μειώνει την διακριτική ικανότητα του.

Οι προσπάθειες, τώρα των δημιουργών αυτών των οργάνων έχουν προσανατολιστεί στο να εξάλειφθούν αυτά τα μειονεκτημάτα, με την απαραίτητη βέβαια προϋπόθεση την ασφαλή λειτουργία τους για τον άνθρωπο αλλά και το περιβάλλον, κυρίως σε ότι έχει σχέση με την ένταση κλπ. της ακτινοβολίας laser.

Έτσι, υπάρχει προσπάθεια εντοπισμού και αποφυγής μη επιθυμητών δεδομένων (αποτύπωση περιττών σημείων), συνεχόμενος έλεγχος και διακρίβωση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων αυτών των οργάνων ανάλογα της υφής και του υλικού της προς αποτύπωση επιφάνειας, της απόστασης κλπ. και προσπάθεια βελτίωσης αυτών των ιδιοτήτων τους.

Στο εμπόριο υπάρχουν αρκετοί τύποι σαρωτών, οι οποίοι όμως έχουν διαφορές ως προς τα χαρακτηριστικά τους, οι βασικότερες των οποίων είναι η εμβέλεια, η ακρίβεια, η διακριτική ικανότητα, η πληρότητα του παραγόμενου τρισδιάστατου ανάγλυφου, η ταχύτητα, το κόστος αγοράς τους, κλπ..

### **1.2.7 Συστήματα Δορυφορικού Εντοπισμού**

Η κλασική γεωδαιτική και τοπογραφική μέθοδος άλλαξε ολοκληρωτικά από τα τέλη του 20ου αιώνα, με τη χρήση των δορυφορικών συστημάτων πλοήγησης GNSS (Global Navigation Satellite Systems). Με τη χρήση των συστημάτων αυτών, για την εύρεση της θέσης (συντεταγμένων) ενός σημείου δεν είναι αναγκαίο να είναι αυτό αμοιβαία ορατό με άλλα σημεία, ούτε να υπάρχουν καλές καιρικές συνθήκες, ενώ οι μετρήσεις μεταξύ των σημείων που μπορεί να έχουν απόσταση εκατοντάδες χιλιόμετρα γίνονται και τις νυχτερινές ώρες. Η μόνη προϋπόθεση είναι η ορατότητα μεταξύ δέκτη και πομπών / δορυφόρων (τουλάχιστον με 4 δορυφόρους). Με τα συστήματα αυτά, με ταυτόχρονες μετρήσεις αποστάσεων προς τέσσερις, το λιγότερο, δορυφόρους, είναι δυνατός οποιαδήποτε στιγμή, υπό οποιοσδήποτε καιρικές



συνθήκες και οπουδήποτε στο πλανήτη, ο προσδιορισμός στον χώρο, συναρτήσει του χρόνου, της θέσης και της ταχύτητας απείρου πλήθους χρηστών.

Στις γεωδαιτικές τους εφαρμογές, η ακρίβεια αυτού του προσδιορισμού μπορεί να φθάσει τα λίγα mm.

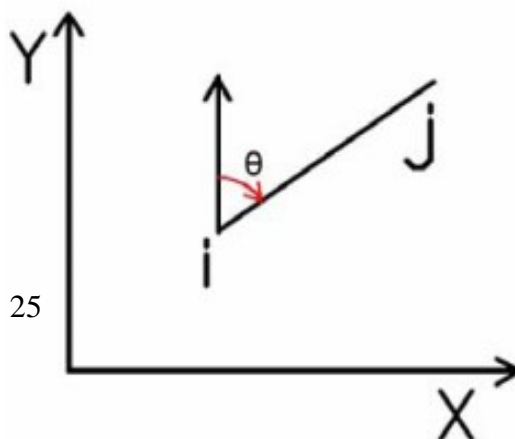
Τα δορυφορικά συστήματα εντοπισμού δεν μπορούν να αντικαστήσουν τα κλασικά γεωδαιτικά – τοπογραφικά όργανα (θεοδόλιχα, EDM, total station), αλλά αποτελούν ισχυρότατο συμπλήρωμα, σε αυτά, μέσω της σύγχρονης τεχνολογίας. Βέβαια, στις περισσότερες εφαρμογές, όπως σε μετρήσεις δικτύων αλλά και σε περιπτώσεις προσδιορισμού συντεταγμένων, κλπ., προτιμάται η χρήση δορυφορικών συστημάτων εντοπισμού. Όλα τα συστήματα συνοδεύονται από κατάλληλα λογισμικά, διαφορετικά για κάθε τύπο δεκτών και κάθε εταιρία, για την επεξεργασία και διαχείριση των δεδομένων. Έχουν δυνατότητα σύνδεσης με Η/Υ προκειμένου να μεταφερθούν κάποια στοιχεία, συντεταγμένες κλπ., αμφίδρομα από και προς αυτά.

## 1.4 Βασική Τοπογραφική Ορολογία

Σημαντική παράμετρος στην κατανόηση της επιστήμης της τοπογραφίας αποτελεί η κατανόηση των παρακάτω όρων

**Μονάδα μέτρησης γωνιών grad:** Η μονάδα μέτρησης των γωνιών σε προβλήματα τοπογραφίας είναι ο βαθμός (grad=1g) όπου ο πλήρης κύκλος αποτελείται από 400g και οι υποδιαίρεσεις του είναι το c και το cc. 1g αποτελείται από 100c και ένα 1c από 100cc. Η μεγάλη ακρίβεια και το ισχυρό πλεονέκτημα της Τοπογραφίας σε σχέσεις με τις υπόλοιπες μεθόδους μετρήσεων οφείλεται στην υψηλή ακρίβεια μετρήσεων των γωνιών με χρήση των τοπογραφικών οργάνων και μπορεί να αγγίζει τα μερικά cc.

**Γωνία διεύθυνσης G:** Η γωνία που λαμβάνεται με αφετηρία τη διεύθυνση του βορρά (που συμπίπτει συνήθως με τον θετικό ημιάξονα Y του συστήματος αναφοράς καρτεσιανών συντεταγμένων) και καταλήγει μέχρι τη διεύθυνση(i->j) που

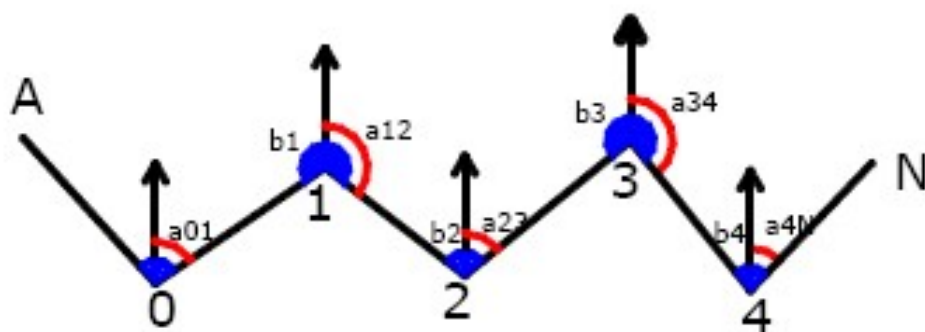


συνδέει δύο σημεία στο επίπεδο (Εικόνα 3). Η φορά διαγραφής της γωνίας διεύθυνσης είναι δεξιόστροφη δηλαδή σύμφωνα με την κίνηση των δεικτών του ρολογιού και παίρνει τιμές από 0ο μέχρι 400g.

Εικόνα 4 Ορισμός της γωνίας διεύθυνσης

**Πολυγωνική Όδευση:** Η όδευση αποτελείται από μια σειρά διαδοχικών σημείων που σχηματίζουν στην οριζόντια προβολή τους μια τεθλασμένη γραμμή (ανοικτή ή κλειστή). Η επίλυση της όδευσης οδηγεί στον προσδιορισμό των συντεταγμένων όλων των σημείων που την αποτελούν (κορυφών της οδευσης) σε ένα καρτεσιανό σύστημα αναφοράς που μπορεί να είναι το Εθνικό Γεωγραφικό Σύστημα Αναφοράς (ΕΓΣΑ) ή ένα ανεξάρτητο τοπικό σύστημα αναφοράς ανάλογα με τα σημεία εξάρτησης και προσανατολισμού. Η διαδικασία προσδιορισμού των συντεταγμένων των κορυφών της όδευσης ονομάζεται πολυγωνομετρία. Μια ανοιχτή πολυγωνική όδευση μπορεί να είναι:

- Εξαρτημένη και προσανατολισμένη και από τα δύο άκρα.
- Εξαρτημένη από τα 2 άκρα, χωρίς προσανατολισμό
- Εξαρτημένη και προσανατολισμένη μόνο από το 1 άκρο το οποίο προσανατολίζεται από τριγωνομετρικό σημείο.
- Εξαρτημένη μόνο από το 1 άκρο της το οποίο είναι και τριγωνομετρικό.
- Ανεξάρτητη



Εικόνα 5 Πολυγωνική όδευση

**Γωνίες θλάσεως:** Είναι οι γωνίες μεταξύ των πλευρών της όδευσης που βρίσκονται στα αριστερά κατά την πορεία επίλυσης.

**Είδη οδεύσεων:** Ανάλογα με το είδος του πολυγώνου που σχηματίζουν οι τεθλασμένες γραμμές της όδευσης διακρίνονται οι οδεύσεις σε ανοικτές και κλειστές. Ανεξάρτητες ονομάζονται οι οδεύσεις που δεν συνδέονται οι συντεταγμένες των κορυφών τους με ένα τοπικό ή εθνικό γεωγραφικό σύστημα αναφοράς. Διαφορετικά, αν η θέση τουλάχιστον μιας κορυφής της όδευσης είναι δεδομένη σε ένα τοπικό εθνικό σύστημα γεωγραφικής αναφοράς ονομάζεται **εξαρτημένη**. Υπάρχει περίπτωση η όδευση να συνοδεύεται από μια εξάρτηση που αφορά στον προσανατολισμό οπότε η εξαρτημένη όδευση ονομάζεται **προσανατολισμένη** κατά το ένα ή κατά τα δύο άκρα της.

## 1.5 Αποτυπώσεις

Με τον όρο «αποτύπωση γηπέδου» εννοούμε όλες τις ενέργειες που γίνονται στην ύπαιθρο και τσεργασίες γραφείου, που πρέπει να γίνουν για την απεικόνιση μιας έκτασης γης.

Η επιφάνεια της γης δεν είναι επίπεδη. Δεν είναι ούτε καν σφαιρική επιφάνεια. Κανονικά δεν υπάρχει συνάρτηση, που να μπορεί να περιγράψει τη γήινη επιφάνεια. Επί πλέον η επιφάνεια της γης διαρκώς αλλάζει κατά το πέρασ του χρόνου. Ρυάκια παρασύρουν εδαφικό υλικό και το τοποθετούν σε άλλα σημεία. Ο άνεμος με τα ρεύματά του αλλάζει την επιφάνεια της γης. Φωτίες καταστρέφουν τη βλάστηση, με αποτέλεσμα τη αλλαγή του ανάγλυφου του εδάφους. Ο βασικότερος, όμως, λόγος της διαμόρφωσης της επιφάνειας της γης είναι ο άνθρωπος παράγοντας. Αυτός διαμορφώνει συνεχώς με τη χρήση μηχανημάτων το ανάγλυφο του εδάφους, για την εκπλήρωση των αναγκών του. Διανοίξεις δρόμων, ανέγερση τοίχων αντιστήριξης, ισοπεδώσεις εκτάσεων είναι μερικά δείγματα ανθρώπινης επέμβασης στα εδάφη.

Πρέπει, λοιπόν, κατά την αποτύπωση εκτάσεων γης να χρησιμοποιήσουμε τους κανόνες της Προβολικής Γεωμετρίας. Εδώ γίνεται περισσότερο επιτακτική η ανάγκη

χρήσης διάφορων όψεων, αφού πρέπει να περιγράψουμε τη μορφή του εδάφους πριν την παρέμβαση του ανθρώπου και την εικόνα που θα πάρει μετά την κατασκευή των έργων, ώστε να έχουμε τη δυνατότητα των μετρήσεων που πρέπει να γίνουν για τους υπολογισμούς του κόστους των έργων. Με τις κατάλληλες μετρήσεις στο έδαφος μπορούμε ακόμη να υπολογίσουμε τις επιπτώσεις των έργων στο περιβάλλον.

Παρά τις αλλαγές στο ανάγλυφο των εδαφών, ένα χαρακτηριστικό, που μένει αναλλοίωτο μέσα στο χρόνο, είναι η κατακόρυφος του τόπου. Όσες μεταβολές και αν υπάρξουν στην επιφάνεια, το κάθε σημείο του εδάφους θα παραμείνει στην ίδια κατακόρυφη. Αυτό, που παραμένει, επομένως, χωρίς αλλαγή είναι η προβολή της επιφάνειας σε ένα οριζόντιο επίπεδο, αφού οι προβολές γίνονται πάντοτε με τη χρήση της σταθερής κατακορύφου των σημείων.

### **1.5.1 Οριζόντια Αποτύπωση Γηπέδου**

Οριζόντια αποτύπωση γηπέδου ονομάζεται η προβολή του γηπέδου σε ένα οριζόντιο επίπεδο, το οποίο λέμε επίπεδο αναφοράς.

Τις περισσότερες φορές σαν επίπεδο αναφοράς λαμβάνεται το επίπεδο της επιφάνειας της θαλάσσειας. Η οριζόντια αποτύπωση μιας έκτασης είναι σε αναλογία ίδια με την κάτοψη μιας κατασκευής.

Ιδανική εικόνα οριζόντιας αποτύπωσης έχουμε με μια αεροφωτογραφία. Οι αεροφωτογραφίες χρησιμοποιούνται συνήθως για την έρευνα μεταβολής της δασοκάλυψης εκτάσεων γης, αλλαγής της χρήσης γης κ.λπ. κατά το πέρασμα των χρόνων. Οι αεροφωτογραφίες παρέχουν πολύ έγκυρες πληροφορίες σχετικά με την φωτογραφιζόμενη περιοχή. Υπάρχει, όμως, η περίπτωση της παραμόρφωσης της φωτογραφίας, επειδή οι οπτικές ακτίνες, που τελειώνουν στο φιλμ δεν είναι παράλληλες, αλλά συγκλίνουσες, ανάλογα με το εύρος της οπτικής γωνίας. Για το λόγο αυτό οι αεροφωτογραφίες λαμβάνονται από μερικά αεροσκάφη, που πετούν σε μεγάλο ύψος, ώστε η οπτική γωνία του φακού να είναι μικρότερη, εξαφανίζοντας την παραμόρφωση.

Οι σύγχρονες μέθοδοι έχουν στραφεί στην τηλεπισκόπηση. Ο όρος αυτός παρουσιάζει τη φωτογράφιση εκτάσεων γης από δορυφόρους, οι οποίοι βρίσκονται σε τέτοιο ύψος, ώστε να θεωρούνται περίπου παράλληλες οι οπτικές ακτίνες, που

καταλήγουν στο φιλμ. Οι φωτογραφίες αυτές εισέρχονται με κατάλληλες συσκευές σε Ηλεκτρονικούς Υπολογιστές, οι οποίοι, με τη βοήθεια κάποιων προγραμμάτων, αναλύουν τις πληροφορίες και εξάγουν χρήσιμα συμπεράσματα.

Κάθε Τοπογραφική αποτύπωση αποτελεί ένα μόνο μέρος μιας γενικής μελέτης. Με την αποτύπωση της οριζόντιας προβολής μιας περιοχής, μπορούμε να σχεδιάσουμε την έκταση και στη συνέχεια να μετρήσουμε τα μεγέθη που χρειάζονται για τη γενική μελέτη. Για να πετύχουμε αυτούς τους στόχους, πρέπει να ιδανικεύσουμε τα περιγράμματα των εκτάσεων σε γραμμές, που μπορούν να περιγραφούν από μαθηματικές συναρτήσεις (ευθείες, τόξα, παραβολές κ.λπ). Έτσι θα έχουμε τη δυνατότητα να τα σχεδιάσουμε και να μετρήσουμε τις εκτάσεις, που είναι μέσα σε αυτά.

Αφού ορίσουμε τους τύπους γραμμών, που αποτελούν το περίγραμμα των εκτάσεων, στη συνέχεια πρέπει να εντοπίσουμε τα καθοριστικά σημεία αυτών των γραμμών, από τα οποία υπάρχει δυνατότητα να τα σχεδιάσουμε και να τα μετρήσουμε. Π.χ. σε ένα ευθύγραμμο τμήμα, καθοριστικά σημεία είναι τα άκρα του. Σε ένα τόξο κύκλου καθοριστικά σημεία είναι το κέντρο του κύκλου και τα σημεία αρχής και τέλους.

Αφού βρούμε τα σημεία, που ορίζουν τις πλευρές της έκτασης, το πρόβλημα της οριζόντιας αποτύπωσης ενός γηπέδου βρίσκεται πλέον στην αποτύπωση των σημείων αυτών.

Υπάρχουν πολλοί μέθοδοι για να πραγματοποιηθεί μια οριζόντια αποτύπωση. Κάθε μέθοδος ανταποκρίνεται στις ιδιαίτερες συνθήκες της κάθε περιοχής, που πρόκειται να μετρηθεί. Οι μέθοδοι εξαρτώνται επίσης από τον Τοπογραφικό εξοπλισμό του συνεργείου αποτύπωσης. Όλες, όμως, εκμεταλλεύονται θεωρήματα της Ευκλείδειας και της Αναλυτικής Γεωμετρίας. Στις επόμενες παραγράφους θα γίνει περιγραφή για τις μεθόδους αυτές.

### **1.5.1.1 Ανάλυση Έκτασης σε Τρίγωνα**

Ένα τυχόν τρίγωνο δημιουργείται πάντα, αν είναι γνώστα σε εμάς τα μήκη των πλευρών και τη διάταξη των κορυφών του. Όταν αποτυπώνουμε μια έκταση, λοιπόν, φροντίζουμε να αναλύθει μια πολυγωνική έκταση σε τρίγωνα και να μετρηθούν όλες οι πλευρές, που θα προκύψουν. Έτσι μπορεί στο σχεδιαστήριο να σχεδιαστούν όλα τα τρίγωνα, όπως φαίνονται στο σκαρίφημα, που συνοδεύουν τα στοιχεία υπαίθρου. Τα

τρίγωνα αυτά έχουν κάποιες κοινές πλευρές. Αυτές, θα είναι κοινές και στο σχέδιο, που θα παράχθει, ώστε τελικά να προκύψει το πολύγωνο, που περιβάλλει την έκταση.

Τη μέθοδο αυτή τη προτιμούμε συνήθως όταν υπάρχουν σχετικά μικρές εκτάσεις ή όταν δεν έχουμε ευχέρια χρήσης μεγάλων Τοπογραφικών οργάνων. Μοναδικό όργανο, που χρειάζόμαστε για αυτή τη μέθοδο είναι η μετροταινία (μέτρηση αποστάσεων).

Τα **πλεονεκτήματα**, που παρέχει η μέθοδος είναι τα εξής:

1. Δεν απαιτεί χρήση δυσκίνητων Τοπογραφικών οργάνων (ταχύμετρο, σταδία, θεοδόλιχος).
2. Δεν απαιτεί μεγάλο οπτικό ορίζοντα για την εκτέλεση των μετρήσεων, σε αντίθεση με το ταχύμετρο. Συνεπώς μπορεί να εφαρμοσθεί σε περιοχές με δασοκάλυψη. Μοναδική απαίτηση της μεθόδου είναι η οριζοντίωση της μετροταινίας σε κάθε μέτρηση. Επομένως, μπορούμε να ορίσουμε πρόσθετες κορυφές σε ευθυγραμμίες, που δεν μπορούμε να μετρήσουμε απ' ευθείας.
3. Παρέχει μεγάλη ακρίβεια μετρήσεων, αφού η μετροταινία έχει πιθανότητα σφάλματος μικρότερη από 0,5mm.

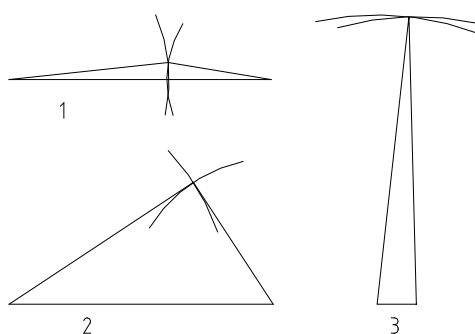
**Μειονεκτήματα** της μεθόδου είναι:

1. Εφαρμόζεται μόνο σε εκτάσεις με σχετικά μικρές διαστάσεις.
2. Απαιτεί πολλές πρόσθετες μετρήσεις, με κίνδυνο σφάλματος ανάγνωσης, καταγραφής ή μεταφοράς ενός στοιχείου.
3. Δεν μπορεί να εφαρμοσθεί σε περιοχές, όπου υπάρχει εμπόδιο διάβασης, π.χ. χείμαρρος, χαράδρα, λίμνη.
4. Δεν μπορεί επίσης να εφαρμοσθεί σε περιοχές με αδιαπέραστα οπτικά εμπόδια, π.χ. κτίρια, βράχοι.
5. Σε αποστάσεις μεγαλύτερες από το μήκος της μετροταινίας χρειάζεται πύκνωση της ευθυγραμμίας, με επακόλουθο την χρονική καθυστέρηση της εργασίας.
6. Εφαρμόζεται μόνο σε κλειστές πολυγωνικές εκτάσεις. Δεν επιτρέπονται γραμμές άλλες εκτός από ευθείες.

Κάτι δύσκολο στη σχεδίαση τριγώνου από τα μήκη των πλευρών του είναι στην εκτίμηση της ακριβούς τομής των τόξων, που σχεδιάζονται με κέντρα τα άκρα της βάσης του τριγώνου (βλέπε Σχήμα 1).

Συμπεράνουμε ότι όταν η γωνία της κορυφής του τριγώνου είναι πολύ **αμβλεία** (σχέδιο 6) ή πολύ **οξεία** (σχέδιο 8), είναι αρκετά δύσκολο να βρεθεί με ακρίβεια το σημείο τομής των τόξων.

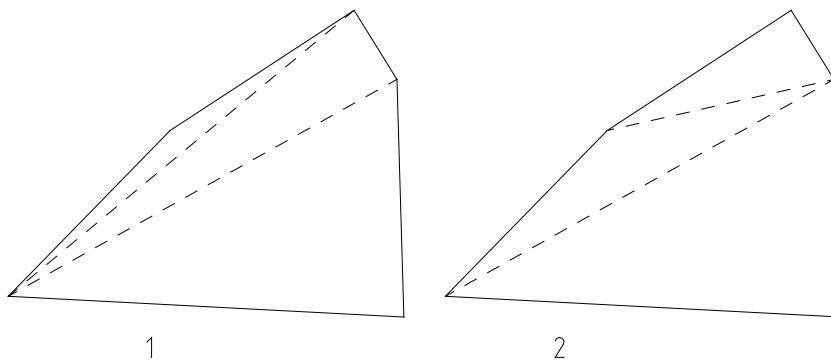
Στην περίπτωση κάθετης τομής των τόξων (δηλαδή όταν η γωνία κορυφής του τριγώνου είναι **ορθή** (σχέδιο 2) ο εντοπισμός του σημείου τομής είναι απλοϊκός.



Εικόνα 6 Σημείο τομής τόξων

Αυτή η επισύμανση μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι όταν επιλέγουμε τα τρίγωνα, στα οποία θα πρέπει να αναλύσουμε την έκταση, πρέπει να διαλέξουμε εκείνα, που πλησιάζουν περισσότερο σε ορθογώνια.

Στο σχήμα 2 φαίνεται ότι υπάρχουν δύο τρόποι να αναλύσουμε την έκταση σε τρίγωνα. Καλύτερος είναι ο τρόπος (2), διότι τα τρίγωνα τείνουν προς ορθογώνια, άρα είναι πιο εύκολο να κατασκευασθούν.



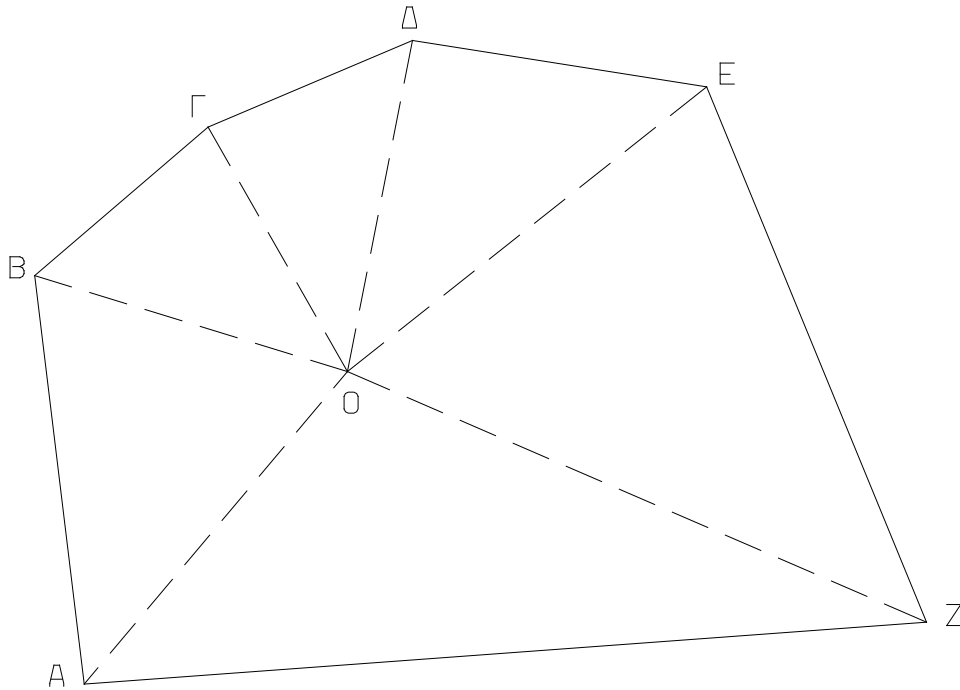
**Εικόνα 7** Επιλογή τριγώνων διανομής

Μερικές φορές δεν είναι δυνατόν να μοιράσουμε την έκταση σε τρίγωνα που να έχουν μια γωνία τους κοντά στους 100 βαθμούς (ορθές). Σ' αυτή την περίπτωση, υπάρχει ένας διαφορετικός τρόπος διανομής:

Θεωρούμε ένα σημείο στο εσωτερικό της έκτασης και διαλέγουμε όλα τα τρίγωνα, που έχουν σαν κορυφή αυτό το σημείο και σαν βάσεις τις πλευρές της έκτασης (βλέπε Σχήμα 3).

Με αυτή τη διαδικασία, και με τη σωστή επιλογή εσωτερικού σημείου, έχουμε δυνατότητα να ορίσουμε τρίγωνα, κοντά σε ορθογώνια. Παρατηρείτε στο Σχήμα 3, ότι οποιοσδήποτε διαφορετική διαδικασία δεν θα είχε αυτό το αποτέλεσμα.





**Εικόνα 8** Ανάλυση έκτασης από εσωτερικό σημείο

### 1.5.1.2 Πολικές Συντεταγμένες

Η αποτύπωση μιας έκτασης χρησιμοποιώντας πολικές συντεταγμένες των σημείων της αποτελεί την πιο εύκολη και την πιο πλατιά διαδεδομένη μέθοδο αποτύπωσης. Ο λόγος είναι απλός: τα συνήθη Τοπογραφικά όργανα (Θεοδόλιχοι, Ταχύμετρα) μετρούν με εύκολα και με αρκετά μεγάλη ακρίβεια τις οριζόντιες γωνίες. Με τη χρήση **Ταχύμέτρου** μπορούμε να έχουμε ταυτόχρονα και την απόσταση του σημείου, που σκοπεύουμε, αν δεν χρειάζεται μεγάλη ακρίβεια μετρήσεων κατά την αποτύπωσή μας. Αν, όμως, απαιτείται πιο μεγάλη ακρίβεια στις μετρήσεις, πρέπει να χρησιμοποιηθεί η μετροταινία για τη μέτρηση των αποστάσεων των σημείων από τον πόλο του συστήματος. Για πιο μεγάλη ταχύτητα στη λήψη στοιχείων υπαίθρου, και όταν δεν είναι επιθυμητή μεγάλη ακρίβεια στη μέτρηση των γωνιών, μπορούμε να μετρήσουμε τις οριζόντιες γωνίες με τη χρήση **πυξίδας**. Η χρησιμοποίηση αυτού του

οργάνου έχει το μειονέκτημα της μικρής ακρίβειας μέτρησης γωνιών. Έχει, όμως, και πλεονεκτήματα: Σε μια δασώδη έκταση μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ευελιξία και ταχύτητα. Επίσης, μας δίνει απ' ευθείας τις **αξιμούθιες** γωνίες των ευθυγραμμίων, καθιστώντας ταυτόχρονα **προσανατολισμένο** το τελικό σχέδιο.

### 1.5.1.3 Πολυγωνική Όδευση

Πολλές φορές δεν επαρκεί ένα μόνο σημείο, από το οποίο θα μπορέσουμε να κάνουμε όλες τις μετρήσεις μιας έκτασης παίρνοντας τις Πολικές Συντεταγμένες των σημείων της. Για παράδειγμα, κατά την αποτύπωση ενός **δρόμου** μεγάλου μήκους, δεν είναι δυνατό να φαίνονται όλα τα σημεία του από μια και μοναδική στάση Τοπογραφικού οργάνου. Στις περιπτώσεις αυτές είναι υποχρεωτική η εγκατάσταση **Πολυγωνικής Όδευσης**. Η Πολυγωνική Όδευση θα έχει τόσες κορυφές όσες κρίνουμε απαραίτητο για την μέτρηση των πολικών συντεταγμένων όλων των καθοριστικών σημείων του δρόμου.

Από κάθε κορυφή της Όδευσης θα σκοπεύσουμε την προηγούμενη και την επόμενη κορυφή, ώστε να μπορέσουμε να κάνουμε επίλυση της Όδευσης και υπολογισμό των γενικών συντεταγμένων κάθε κορυφής.

Η επίλυση της Όδευσης είναι απαραίτητη και κατά την σχεδίαση των σημείων, που έχουν σκοπευθεί από κάθε στάση της Όδευσης. Από τις μετρήσεις των σημείων, όπως έγιναν από την κάθεμια στάση, θα υπολογισθούν οι γενικές συντεταγμένες του καθενός, μόνο αν είναι γνώστες οι συντεταγμένες του πόλου, από τον οποίο μετρήθηκαν.

Η Πολυγωνική Όδευση είναι πολύ χρήσιμη στις περιπτώσεις που έχουμε μικρές εκτάσεις, στις οποίες, όμως, περιορίζεται η ορατότητα όχι λόγω απόστασης, αλλά λόγω οπτικών εμποδίων. Παραδείγμα αποτελούν όλες οι **δασικές εκτάσεις**. Λόγω της δασοκάλυψης, δεν υπάρχει ορατότητα όλων των κορυφών μιας έκτασης από κανένα σημείο, που να θεωρηθεί αρχή των πολικών συντεταγμένων. Έτσι, αναπόφευκτα εγκαθιστούμε πολυγωνική όδευση - κατά κανόνα κλειστή - ώστε να μπορέσουμε να αποτυπώσουμε τα σημεία που μας ενδιαφέρουν. Η επιλογή **κλειστής** πολυγωνικής όδευσης μας δίνει τη δυνατότητα διόρθωσης σφαλμάτων μέτρησης που ίσως έχουν προκύψει λόγω αποκοπής δεκαδικών ψηφίων (ακρίβεια του οργάνου), απόκλισης από την κατακόρυφο κ.λπ.

## 1.5.2 Ταχυμετρική Αποτύπωση

Μέχρι τώρα έχουμε ασχοληθεί μόνο με την οριζόντια αποτύπωση εκτάσεων. Οι εκτάσεις έχουν αναλυθεί σε απλά γεωμετρικά σχήματα. Με τις μεθόδους που περιγράφηκαν, μετρήθηκαν τα απαραίτητα μεγέθη, που θα βοηθήσουν στη σχεδίαση της προβολής τους σε ένα οριζόντιο επίπεδο.

Από ένα σχέδιο οριζόντιας αποτύπωσης δεν έχουμε καμιά πληροφορία σχετικά με τα υψόμετρα των σημείων. Ούτε υπάρχει καμιά πληροφορία που έχει να κάνει σχέση με τις κλίσεις του εδάφους. Συνεπώς, αν χρειαζόμαστε αυτά τα στοιχεία, προκειμένου να κάνουμε υπολογισμούς μεταφοράς όγκων γαιών, πρέπει να προβούμε και μέτρηση των κατακόρυφων αποστάσεων των σημείων. Αυτή η Τοπογραφική εργασία λέγεται **χωροστάθμιση**.

Η ταχυμετρική μέθοδος έχει μικρή ακρίβεια και είναι κατάλληλη για κλίμακες τοπογραφικών διαγραμμάτων 1:500 έως 1:1000. Πλεονέκτημά της είναι η ταχύτητα με την οποία αποδίδει ταυτόχρονα στοιχεία οριζοντιογραφικού και υψομετρικού προσδιορισμού, των χαρακτηριστικών λεπτομερειών του ανάγλυφου. Τα κυριότερα

σφάλματα που επηρεάζουν την ακρίβεια της απόστασης και της υψομετρικής διαφοράς, μεταξύ δύο σημείων με την ταχυμετρική μέθοδο οφείλεται στο σφάλμα κατακορυφότητας της σταδίας και στο σφάλμα μέτρησης των σταδιομετρικών ενδείξεων. Η ταχυμετρική αποτύπωση των σημείων λεπτομέρειας πραγματοποιείται με τα εξής όργανα:

- Ηλεκτρονικό όργανο μέτρησης αποστάσεων και υψομέτρων με καταγραφικό
- Τρίποδας, πάνω στον οποίο τοποθετείτε το όργανο
- Ανακλαστήρας
- Μετροταινία (για ειδικές περιπτώσεις όπως για τη μέτρηση του ύψους οργάνου).

### 3.6 Σύνταξη Τοπογραφικού Σχεδίου


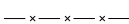

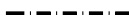
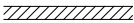

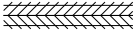

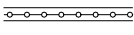

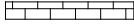
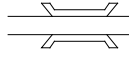
Το **Τοπογραφικό Σχέδιο** είναι η οριζόντια αποτύπωση ενός γηπέδου. Σε ένα Τοπογραφικό Σχέδιο βασικό στοιχείο είναι η χρησιμοποιούμενη κλίμακα σχεδίασης. Η επιλογή της κλίμακας είναι αυθαίρετη και εξαρτάται μόνο από την επιφάνεια της έκτασης σε συνδυασμό με τις διαστάσεις του χρησιμοποιούμενου χαρτιού. Επίσης, απαραίτητο στοιχείο ενός Τοπογραφικού Σχεδίου είναι ο προσανατολισμός του. Αυτός επιτυγχάνεται με την ένδειξη της διεύθυνσης του βορρά. (7)

Σε ένα Τοπογραφικό Σχέδιο τοποθετούνται όλα τα σημεία με χρήση των συντεταγμένων τους. Συνδέονται ανάλογα με το σκαρίφημα υπαίθρου και δημιουργούνται έτσι τα περιγράμματα των σχημάτων, στα οποία είχε αναλυθεί η έκταση κατά τη μέτρησή της. Σε ένα Τοπογραφικό Σχέδιο υπάρχουν οι διαστάσεις όλων των πλευρών των διάφορων σχημάτων. Είναι χρήσιμο να εμφανίζονται και οι διαστάσεις των βοηθητικών γραμμών, που έχουν χρησιμοποιηθεί. Για παράδειγμα, αν η έκταση έχει αποτυπωθεί με τη μέθοδο της διανομής σε απλά γεωμετρικά σχήματα, πρέπει να φαίνονται όλες οι διαστάσεις αυτών των σχημάτων.

Η εμφάνιση της θέσης ειδικών αντικειμένων, που βοηθούν στην πορεία μιας μελέτης, όπως ηλεκτρικοί στύλοι, μανδρότοιχοι, δένδρα κ.ο.κ., είναι επιτακτική. Για τη σχεδίαση, όμως, τέτοιων αντικειμένων δεν είναι δυνατό να τηρηθεί ίδια κλίμακα σχεδίασης με αυτή του κυρίως σχεδίου. Π.χ. έστω ότι επιλέγεται κλίμακα σχεδίασης 1:500. Τότε για να σχεδιασθεί ένας μανδρότοιχος πάχους 10cm με την ίδια κλίμακα

πρέπει να σχεδιασθούν δύο παράλληλες γραμμές με απόσταση  $10/500=0.02\text{cm}=0.2\text{mm}$ . Αυτή είναι μια εξαιρετικά μικρή απόσταση, που δεν είναι δυνατό να αποδοθεί με δύο γραμμές, αφού το πάχος της πέννας είναι μεγαλύτερο (συνήθως 0.5mm). Η σχεδίαση υλικών κατασκευών ή φυσικών αντικειμένων σε ένα Τοπογραφικό Σχέδιο γίνεται με την εισαγωγή ενός Τοπογραφικού συμβόλου.

Τα Τοπογραφικά σύμβολα είναι απλά σχήματα, που έχουν το περίγραμμα ή τη μορφή του αντικειμένου, που θέλουμε να εισάγουμε. Τοποθετούνται μέσα στο σχέδιο στη θέση, που βρίσκεται το πραγματικό αντικείμενο.

	Κτίσμα		Συρματοπλέγμα
	Υπόστεχο		Όριο ιδιοκτησίας
	Μανδρότοιχος		Πηγάδι
	Μανδρότοιχος (μεσοτοιχία)		Μεμονωμένο δένδρο
	Μανδρότοιχος με κιγκλίδωμα		Στύλος
	Πέτρινος τοίχος		Γέφυρα δρόμου

**Εικόνα 9** Τοπογραφικά σύμβολα

## **2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ – ΑΡΧΑΙΟ ΘΕΑΤΡΟ ΤΗΣ ΕΠΙΔΑΥΡΟΥ**

---

### **2.1 Επίδαυρος**

Η **Επίδαυρος** είναι ιστορική πόλη του νομού Αργολίδας στην ανατολική του πλευρά. Είναι κτισμένη στους πρόποδες των ορέων Αραχναίο, Κορυφαίο και Τίθιο, όπου, σύμφωνα με τη μυθολογία, γεννήθηκε ο Ασκληπιός. Η στρατηγική της θέση, αλλά, κυρίως, το Ασκληπιείο της, συντέλεσαν, ώστε η πόλη να γνωρίσει πρωτοφανή ανάπτυξη. Οι κάτοικοί της ασχολούνταν κυρίως με τη ναυτιλία. Ο πρώτος οικισμός της ανήκει στην προϊστορική εποχή. Στα όρια του Δήμου Ασκληπιείου βρίσκεται ένας από τους σημαντικότερους αρχαιολογικούς χώρους της Ελλάδας, το «Ασκληπιείο Επιδαύρου». Το Ασκληπιείο έφθασε στη μεγαλύτερη ακμή του περί τον 4ο αιώνα π.Χ. Η εισβολή των Γόθων το 395 μ.Χ., σήμανε και την ραγδαία παρακμή του, που ολοκληρώθηκε με τους καταστροφικούς σεισμούς που έγιναν τα έτη 522 και 551 μ.Χ.



Εικόνα 10 Χάρτης Ασκληπιείου Επιδαύρου

## 2.2 Ασκληπιείο Επιδαύρου

Ο χώρος του Ασκληπιείου απαρτίζεται από ένα σύνολο μνημείων τα οποία συγκροτούσαν τον ιερό χώρο, κυριότερα των οποίων είναι τα ακόλουθα:



Εικόνα 11 Σήμανση των χώρων του Ασκληπιείου της Επιδαύρου

1. Κτίριο τελετουργικών γευμάτων (4ος π.Χ. αι.)
2. Λουτρική εγκατάσταση (3ος π.Χ. αι.)
3. Κρήνες (3ος π. Χ. αι.)
4. Επιδότειον
5. Στοά του Κότυος, 3ος π.Χ. αι.
6. Ναός της Αρτέμιδος (4ος π.Χ. αι.)
7. Κτίριο αρχαϊκής λατρείας Απόλλωνα και Ασκληπιού
8. Στάδιο 5ος - 3ος π.Χ. αι.
9. Θόλος (Θυμέλη, 360-330 π.Χ.)
10. Ναός Ασκληπιού (375-370 π.Χ.)
11. Εγκομητήριο (Αβατον, 4ος π.Χ. αι.)
12. Οίκοι – βοηθητικά κτίσματα (4ος π.Χ. αι.)
13. Ναός Θέμιδος (4ος π.Χ. αι.)
14. Προπύλαια του ιερού (300 π.Χ.)

### **2.3 Ο Ναός του Ασκληπιού**

Ο ναός του Ασκληπιού αποτελεί το κεντρικό οικοδόμημα του Ιερού. Με την κατασκευή του, το διάστημα 380-370 π. Χ., ξεκίνησε το μεγάλο οικοδομικό πρόγραμμα του Ασκληπιείου. Από επιγραφικές μαρτυρίες μαθαίνουμε ότι ο αρχιτέκτονας του ναού λεγόταν Θεόδοτος.

Η πρόσβαση στο κτίριο γινόταν μέσω μιας αναβάθρας στα ανατολικά. Ο ναός αποτελούνταν από πρόναο και σηκό με εσωτερική κορινθιακή κιονοστοιχία σε σχήμα Π. Η κορινθιακή κιονοστοιχία περιέβαλε το χρυσελεφάντινο άγαλμα του Θεού, έργο του Πάριου γλύπτη Θρασυμήδη. Η μορφή του αγάλματος μας είναι γνωστή από την περιγραφή του περιηγητή Πausανία, από νομίσματα της πόλης της Επιδαύρου και πιθανόν από 2 μαρμάρινα ανάγλυφα. Ο εξωτερικός διάκοσμος περιελάμβανε μετόπες διακοσμημένες με ρόδακες, αετωματικές συνθέσεις και ολόγλυφα ακρωτήρια. Στο ανατολικό αέτωμα εικονιζόταν η άλωση της Τροίας και δυτικό σκηνές μάχης Ελλήνων και Αμαζόνων. Νίκες, έφιππες Αύρες και σύμπλεγμα ανδρικής και γυναικείας μορφής (ίσως Απόλλων και Κορωνίς, οι γονείς του Ασκληπιού) κοσμούσαν τα ακρωτήρια.





**Εικόνα 12** Ο ναός ήταν περίπτερος με 6 x 11 δωρικούς κίονες στην περίσταση ενώ 2 επιπλέον δωρικοί κίονες βρίσκονταν ανάμεσα στις παραστάδες, στην είσοδο του προνάου.

Στοιχεία για την κατασκευή του ναού γνωρίζουμε από την οικοδομική επιγραφή που τον αφορά και βρίσκεται στο Αρχαιολογικό Μουσείο Επιδαύρου. Η επιγραφή αναφέρει τα ονόματα όσων εργάστηκαν, το είδος της εργασίας τους και την αμοιβή τους. Ο ναός πιθανότατα καταστράφηκε μετά τον 5ο αι. μ. Χ. Μετά την εγκατάλειψή του και εξαιτίας του εύθρυπτου υλικού κατασκευής (μαλακός πωρόλιθος), το μνημείο διαλύθηκε ταχύτατα. Μετά την ανασκαφή του ναού από τον Π. Καββαδία, μέλη από την ανωδομή του χρησιμοποιήθηκαν στη μερική αποκατάσταση του αρχιτεκτονικού του διακόσμου στο Αρχαιολογικό Μουσείο Επιδαύρου. Από τον άλλοτε μεγαλοπρεπή ναό της Ύστερης Κλασικής Εποχής, σήμερα είναι ορατά μόνο λίγα λείψανα. Το τελευταίο διάστημα, η Επιτροπή Συντήρησης Μνημείων Επιδαύρου εφαρμόζει πρόγραμμα συντήρησης των θεμελίων του.

## 2.4 Η Θόλος

Η Θόλος του Ασκληπιείου της Επιδαύρου ή Θυμέλη σύμφωνα με τη σχετική οικοδομική επιγραφή, οικοδομήθηκε μεταξύ των ετών 365 και του 335 π.Χ., στο πλαίσιο του μεγάλου οικοδομικού προγράμματος του Ιερού, αμέσως μετά την ολοκλήρωση κατασκευής του ναού του Ασκληπιού. Ο Πausanias, περιηγητής του

2ου αιώνα μ.Χ., αναφέρει ότι αρχιτέκτονας της Θόλου ήταν ο Πολύκλειτος από το Άργος. (1)

Η Θόλος της Επιδαύρου έχει έως σήμερα τη φήμη του τελειότερου κυκλικού οικοδομήματος της αρχαίας ελληνικής αρχιτεκτονικής. Το κτίριο χαρακτηρίζεται από διατάξεις αρχιτεκτονικών στοιχείων σε τριμερή οργάνωση. Η ανωδομή του αποτελείτο από τρεις ομόκεντρους κυκλικούς δακτυλίους. Εξωτερικά υπήρχε πώρινη περίσταση από 26 δωρικούς κίονες, η οποία περιέβαλε έναν πώρινο σηκό. Μια δεύτερη κυκλική κιονοστοιχία από 14 μαρμάρινους κίονες με κορινθιακό κιονόκρανο διακοσμούσε το εσωτερικό του σηκού. Το δάπεδο στο εσωτερικό της κορινθιακής κιονοστοιχίας διαμορφωνόταν από λευκές και μαύρες ρομβοειδείς πλάκες σε ένα μοναδικής σύλληψης γεωμετρικό σχέδιο. Σύμφωνα με τον Πausανία, στο εσωτερικό του σηκού υπήρχαν ζωγραφικές παραστάσεις του ζωγράφου Πausία. Τόσο το δωρικό πτερό όσο και το κορινθιακό περιστύλιο στήριζαν οροφή με μαρμάρινα φατνώματα φυτικής διακόσμησης. Το κτίριο στεγαζόταν από κωνική ξύλινη στέγη καλυμμένη με ένα πολύπλοκο σύστημα μαρμάρινων κεραμίδων ενώ στην κορυφή της στέγης είχε τοποθετηθεί ένα περίτεχνο κεντρικό φυτικό ακρωτήριο.

Κάτω από το περίπλοκο δάπεδο υπήρχε ένας τριμερής υπόγειος χώρος. Οι κυκλικοί διάδρομοι που τον αποτελούσαν επικοινωνούσαν μεταξύ τους με ανοίγματα ενώ φράγματα στις κατάλληλες θέσεις ανάγκαζαν τον εισερχόμενο να ακολουθήσει μαιανδροειδή πορεία. Το κυκλικό σχήμα του κτιρίου, που συνήθως χαρακτηρίζει ταφικά οικοδομήματα, καθώς και η λαβυρινθώδης μορφή του υπογείου με τους σκοτεινούς διαδρόμους παραπέμπει στο χθόνιο χαρακτήρα του Ασκληπιού, επιτρέποντας την ερμηνεία της Θόλου ως κτίριο που στέγαζε την υπόγεια κατοικία του Θεού. Εξάλλου, σύμφωνα με το μύθο, ο Θεός θεράπευε τους πιστούς του μέσα από τη γη.



**Εικόνα 13** Η Θόλος του Ασκληπιείου της Επιδαύρου

## **2.5 Το Εγκοιμητήριο ή Άβατο**

Η σύνθετη στοά του Αβάτου αποτελεί το μυστηριακό αλλά και ταυτόχρονα λειτουργικό χώρο, όπου επιτυγγανόταν η ίαση του ασθενούς μέσω της εγκοίμησης και κατά συνέπεια μέσω της επαφής του με το θείο. Το Άβατο ή Εγκοιμητήριο κατασκευάστηκε σε δύο οικοδομικές φάσεις, στις αρχές και στο τέλος του 4ου αι π. Χ. Κατά τη δεύτερη, διπλασιάστηκε το μήκος του κτιρίου, ανταποκρινόμενο στη συνεχώς αυξανόμενη φήμη της λατρείας του Ασκληπιού. Σύμφωνα με μια επιγραφή, αρχιτέκτονας του Αβάτου αναφέρεται ο Πέριλλος.

Πρόκειται για ένα μεγάλο, επίμηκες οικοδόμημα στα Βόρεια του ναού του Ασκληπιού, το οποίο αντικατέστησε μια μικρότερη στοά αρχαϊκών χρόνων που εντοπίστηκε σε χαμηλότερο επίπεδο κατά τις πρόσφατες εργασίες. Στο κτίριο των

αρχών του 4ου αιώνα ενσωματώθηκε και το ιερό πηγάδι, καθώς το νερό αποτελούσε πάντα σημαντικό στοιχείο της ίασης. Η στοά της α΄ φάσης κατελάμβανε μόνο το ανατολικό ήμισυ του τελικού μήκους της, το οποίο χωριζόταν με ισχυρό τοίχο σε 2 μέρη κατά μήκος. Στα τέλη του 4ου αι π.Χ., η μονώροφη στοά επεκτάθηκε προς τα δυτικά. Εδώ, η κατωφέρεια του εδάφους οδήγησε τον αρχιτέκτονα στην κατασκευή διώροφης στοάς. Το ισόγειο της δυτικής πτέρυγας είχε κτιστή πρόσοψη με εντοιχισμένους πεσσούς και μερικώς ανεπτυγμένο δωρικό θριγικό ενώ εσωτερικά κεντρική πεσσοστοιχία από 6 δωρικούς πεσσούς στήριζε το ξύλινο δάπεδο του πρώτου ορόφου. Η μεγάλη υψομετρική διαφορά καλύφθηκε με τη μνημειώδη κλίμακα στο σημείο ένωσης των 2 πτερύγων. Πλέον, η πρόσοψη του κτιρίου αποτελούνταν από 31 κίονες ιωνικού ρυθμού, οι οποίοι είχαν μεταξύ τους λίθινα κιγκλιδώματα.<sup>1</sup>

Το Άβατο, ως βασικό άλλωστε οικοδόμημα στην άσκηση λατρείας του Ασκληπιού, παρέμεινε σε χρήση έως τους ύστερους ρωμαϊκούς χρόνους και ενσωματώθηκε στην περιμετρική στοά του 4ου αιώνα μ.Χ., η οποία αναδιοργάνωσε το Ιερό, περιλαμβάνοντας τα πιο σημαντικά οικοδομήματα. Μετά το διάταγμα του Θεοδοσίου το 426 μ.Χ περί απαγόρευσης της αρχαίας λατρείας, το Άβατο, ακολουθώντας τη μοίρα του υπόλοιπου Ιερού, εγκαταλείφθηκε. (3)

---

<sup>1</sup> Στην στοά του Αβάτου πραγματοποιούνταν η ίαση των ασθενών που προσέρχονταν στο Ιερό του Θεού - Θεραπευτή. Εδώ, μακριά από αδιάκριτα μάτια, ο ασθενής προσδοκούσε τη θεραπεία του, η οποία επιτυγχανόταν μέσω της εγκοίμησης και κατά συνέπεια μέσω της επαφής του πιστού με το Θείο. Ο ασθενής, αφού είχε εξαγιστεί με νερό από το «ιερό πηγάδι», κοιμόταν στο έδαφος, σε επαφή δηλαδή με τη χθόνια κατοικία του Θεού, και ο Θεός, ο ίδιος ή τα ιερά του ζώα, εμφανιζόταν στον ύπνο του και τον θεράπευε ή του υπεδείκνυε τον τρόπο θεραπείας. Η εγκοίμηση ελάμβανε χώρα στο βόρειο κλειστό τμήμα της μονώροφης στοάς και στο ισόγειο της διώροφης στοάς, όπου υπήρχαν σειρές από λίθινα θρανία. Στο εσωτερικό του Αβάτου είχαν επιπλέον αναρτηθεί λίθινες επιγραφές («ιάματα»), οι οποίες εξιστορούσαν τα θαύματα του θεού. Ορισμένες από αυτές βρίσκονται σήμερα στο Αρχαιολογικό Μουσείο Επιδαύρου.

Το μνημείο ήρθε στο φως στα τέλη του 19ου αιώνα από τον Π. Καββαδία. Τα τελευταία χρόνια πραγματοποιήθηκε από την Επιτροπή Συντήρησης Μνημείων Επιδαύρου πρόγραμμα μερικής αποκατάστασης του κτιρίου.



**Εικόνα 14** Η σύνθετη στοά του Αβάτου

## **2.6 Το Γυμνάσιο**

Το συγκρότημα του Τελετουργικού Εστιατορίου, στα νότια του αρχαιολογικού χώρου, αποτελείται από το κυρίως κτίριο του Εστιατορίου, το μνημειώδες Πρόπυλο του στα βορειοδυτικά και το Ωδείο στο χώρο της περίστυλης αυλής. Οικοδομήθηκε στα τέλη του 4ου ή στις αρχές του 3ου αιώνα π. Χ., με εξαίρεση το Ωδείο, το οποίο αποτελεί κατασκευή του 2ου ή του πρώιμου 3ου αιώνα μ. Χ. Την ίδια εποχή θεωρείται ότι το Πρόπυλο μετατράπηκε σε ναό της Υγείας. Από τις εργασίες των τελευταίων χρόνων ήρθε στο φως Κρήνη απέναντι από την παράπλευρη είσοδο στα νοτιοανατολικά του κτιρίου, που χρονολογείται το 2ο αιώνα π.Χ.

Το κυρίως Εστιατόριο απαρτίζεται από μια εσωτερική περίστυλη αυλή με δωρική κιονοστοιχία. Γύρω από την αυλή διατάσσονταν αίθουσες διαφόρων διαστάσεων ενώ στα Βόρεια υπήρχε δεύτερη κιονοστοιχία ιωνικού ρυθμού. Ιωνικού ρυθμού ήταν και οι κίονες που υπήρχαν στο εσωτερικό των αιθουσών. Η κύρια είσοδος στο κτίριο γινόταν μέσω αναβάθρας από τα Βορειοδυτικά. Εδώ, οικοδομήθηκε ένα μνημειώδες πρόπυλο με 6 κίονες και θριγκό δωρικού ρυθμού στην πρόσοψη. Το Ωδείο των ρωμαϊκών χρόνων αποτελείτο από ορθογώνιο κοίλο με 9

σειρές καθισμάτων, ορχήστρα με ψηφιδωτό δάπεδο γεωμετρικής διακόσμησης, λογείο ή προσκήνιο, σκηνή, παρόδους και βοηθητικούς χώρους.



**Εικόνα 15** Το συγκρότημα του Τελετουργικού Εστιατορίου

Το Εστιατόριο καταστράφηκε μερικώς από επιδρομές πειρατών τον 1ο αιώνα π. Χ. Το 2ο αιώνα μ. Χ κτίστηκε το Ωδείο στην εσωτερική αυλή, χρησιμοποιώντας υλικό σε δεύτερη χρήση, πιθανότατα για την τέλεση ωδικών και δραματικών παραστάσεων σχετιζομένων με τα τελετουργικά γεύματα. Το συγκρότημα του Εστιατορίου ήρθε στο φως από τον Π. Καββαδία το 1884 και 1891.

Τα τελευταία χρόνια, από το 1984 και εξής, εφαρμόζεται από την Επιτροπή Συντήρησης Μνημείων Επιδαύρου πρόγραμμα μερικής αποκατάστασης του Τελετουργικού Εστιατορίου, με σκοπό την κατανόηση της μορφής και της χρήσης του μνημείου.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Το μνημείο είχε θεωρηθεί από τον ανασκαφέα και τους μετέπειτα ερευνητές ως Γυμνάσιο, χώρος δηλαδή που συνδέεται με αθλητικές και παιδαγωγικές δραστηριότητες. Η σύγχρονη έρευνα ωστόσο απέδειξε πως πρόκειται για ένα Εστιατόριο, προοριζόμενο για τα τελετουργικά γεύματα, στα οποία, σύμφωνα με τη λατρεία, ελάμβανε μέρος και ο θεός, προσφέροντας δύναμη και υγεία στους πιστούς. Η ταύτιση του οικοδομήματος τεκμηριώνεται από την ύπαρξη κλινών στις αίθουσες και από την αποκάλυψη υπολειμμάτων φωτιάς και γευμάτων στην περιοχή της αυλής.

## 2.7 Το Καταγώγιο

Το Καταγώγιο, στα νοτιοανατολικά του Ιερού και στο δρόμο προς το Θέατρο, είναι το μεγαλύτερο οικοδόμημα του Ασκληπιείου. Πρόκειται για ένα κτίριο με χρηστικό ρόλο, το οποίο λειτουργούσε ως μεγάλος ξενώνας. Κτίστηκε στο τέλος του 4ου ή στις αρχές του 3ου αιώνα π.Χ.

Το κτίριο του Καταγωγίου ήταν ένα μεγάλο τετράγωνο οικοδόμημα πλευράς 76,30μ., το οποίο χωριζόταν σε τέσσερα ίσου μεγέθους μικρότερα τετράγωνα. Το κάθε τμήμα διέθετε εσωτερική κεντρική, περίστυλη αυλή με κίονες δωρικού ρυθμού. Δωμάτια διαφόρων διαστάσεων διατάσσονταν γύρω από κάθε αυλή. Είσοδοι υπήρχαν στην ανατολική και δυτική πλευρά του κτιρίου, μία για κάθε τετράγωνο. Η εσωτερική επικοινωνία ήταν εφικτή μόνο μεταξύ των 2 βόρειων και των 2 νότιων τετραγώνων, ίσως για να υπάρχει η δυνατότητα απομόνωσης των τμημάτων του καταλύματος σε περιόδους με μειωμένη κίνηση ή για ιατρικούς λόγους. Το κτίριο ήταν διώροφο με συνολικά περίπου 160 δωμάτια.

Το Καταγώγιο υπέστη επισκευές και μετατροπές κατά τους ρωμαϊκούς χρόνους, ιδίως στο Ανατολικό του τμήμα. Μέλη της ανωδομής του επαναχρησιμοποιήθηκαν κατά την κατασκευή της περιμετρικής στοάς της ύστερης αρχαιότητας, η οποία φρόντισε για την αναδιοργάνωση του κεντρικού τμήματος του Ιερού. Το Καταγώγιο αποκαλύφθηκε το 1893 κατά τις ανασκαφές της Αρχαιολογικής Εταιρείας.

Το οικοδόμημα του Καταγωγίου, σχετικά απομακρυσμένο από το κυρίως τμήμα του Ιερού, παρείχε στέγη στους πολυάριθμους επισκέπτες, ασθενείς, συνοδούς και προσκυνητές. Η λειτουργία του ήταν απαραίτητη δεδομένης της διαρκώς αυξανόμενης προσέλευσης επισκεπτών, ιδιαίτερα κατά τις ημέρες του εορτασμού των Ασκληπιείων, αλλά και της απόστασης του Ιερού από την πόλη της Επιδαύρου.

## 2.8 Το Στάδιο

Το Στάδιο του Ιερού του Ασκληπιείου της Επιδαύρου αποτελεί οικοδόμημα συνδεδεμένο με το τελετουργικό της λατρείας του Ασκληπιού, καθώς εδώ τελούνταν οι αθλητικοί αγώνες προς τιμήν του Ασκληπιού. Η πρωιμότερη φάση κατασκευής του οικοδομήματος, η οποία διαπιστώθηκε κάτω από τα λίθινα εδώλια αλλά και στο

ανατολικό πρανάς, χρονολογείται στον πρώιμο 5ο αιώνα π. Χ. Τα λίθινα εδώλια άρχισαν να τοποθετούνται από τον 3ο αιώνα π.Χ. και εξής.<sup>3</sup>



**Εικόνα 16** Το Στάδιο του Ιερού του Ασκληπιείου της Επιδαύρου

Το Στάδιο διαμορφώθηκε αρχικά σε μια φυσική κοιλότητα του εδάφους, στην κοίτη ενός ρέματος, το οποίο διέσχισε το χώρο του Ιερού. Από αυτή τη φάση σώζονται καθίσματα από πηλό και μικρούς λίθους, τα οποία εντοπίστηκαν κάτω από τα μεταγενέστερα ασβεστολιθικά εδώλια των μακρών πλευρών και την ανατολική πλευρά. Τα λίθινα εδώλια άρχισαν να τοποθετούνται από το μέσο των μακρών πλευρών και προς τα άκρα, καλύπτοντας ωστόσο μόνο το κεντρικό τμήμα των πρανάων. Ο στίβος για τα αγωνίσματα του δρόμου ήταν χωρισμένος κατά μήκος με

---

<sup>3</sup> Ο Πίνδαρος αναφέρει την τέλεση γυμνικών αγώνων στο Ασκληπιείο της Επιδαύρου ήδη από τον πρώιμο 5ο αιώνα. Αθλητικοί αγώνες αλλά και αγώνες ραψωδίας, μουσικής και δράματος αποτελούσαν τμήμα του τελετουργικού που ελάμβανε χώρα κατά τη διάρκεια της γιορτής προς τιμήν του Ασκληπιού που διοργανωνόταν κάθε 4 χρόνια, των Μεγάλων Ασκληπιείων. Το Στάδιο της Επιδαύρου, όπως και τα υπόλοιπα στάδια που βρίσκονται σε μεγάλα ιερά, προοριζόταν για την τέλεση των αθλητικών αγώνων προσελκύοντας πλήθος επισκεπτών.

Τα τελευταία χρόνια ολοκληρώθηκε από την Επιτροπή Συντήρησης Μνημείων Επιδαύρου η διαμόρφωση του στίβου και η αποκατάσταση των εδωλίων στη νότια πλευρά του Σταδίου. Σε εξέλιξη βρίσκεται η αποκατάσταση της θολωτής διόδου της Βόρειας πλευράς.



χαμηλές στήλες σε 6 ίσα μέρη («πλέθρα»), τα οποία συνολικά είχαν μήκος 181.30μ., δηλαδή ένα «στάδιον». Τις στενές πλευρές ο δρόμος κατέληγε στη γραμμή εκκίνησης ή τερματισμού, όπου υπήρχαν κιονίσκοι που οριοθετούσαν τις θέσεις των αγωνιζομένων. Για τους αγώνες της πάλης, της πυγμαχίας και του άλματος προοριζόταν ο χώρος πίσω από τη γραμμή εκκίνησης / τερματισμού, μήκους περ. 15μ. Πώρινος αγωγός περιέβαλε τον στίβο. Στη βόρεια πλευρά του Σταδίου υπήρχε υπόγεια θολωτή διάδοος, η οποία συνέδεε το στίβο με την παλαιίστρα, όπου προπονούσαν οι αθλητές πριν τους αγώνες. Από τη θολωτή διάοδο εισέρχονταν εντυπωσιακά οι αθλητές στον στίβο. (4)

## 2.9 Αρχαίο Θέατρο Επιδαύρου

Σε μια χαράδρα, το 340 π.Χ., ο αργεῖος αρχιτέκτονας Πολύκλειτος ο Νεότερος έκτισε, σύμφωνα με τον Πausανία, το θέατρο της Επιδαύρου. Το αρχαίο Θέατρο της Επιδαύρου, στον αρχαιολογικό χώρο του Ασκληπιείου. Το Ασκληπιείο της Επιδαύρου ήταν από τα μεγάλα πανελλήνια ιερά της αρχαιότητας. Ανήκε στην Επίδαυρο, μια μικρή πόλη-κράτος των κλασικών χρόνων που βρισκόταν στην κοντινή, δυτική ακτή του Σαρωνικού, στη θέση του σημερινού οικισμού της Παλαιάς Επιδαύρου. Τα οικοδομήματα του Ασκληπιείου -ναοί, αθλητικές εγκαταστάσεις, θέατρο, λουτρά κλπ- απλώνονταν σε μια στενή, ορεινή κοιλάδα περιβαλλόμενη από βουνά που αφήνουν μόνον μία διέξοδο προς την θάλασσα. Από όλα τα αρχαία θέατρα το θέατρο της Επιδαύρου είναι το ωραιότερο και το καλύτερα διατηρημένο. Προορισμένο για τη διασκέδαση των ασθενών είχε χωρητικότητα 13.000 θεατών. Χωρίζεται σε δύο μέρη. Ένα των 21 σειρών καθισμάτων για το λαό και το κάτω, από 34 σειρές καθισμάτων, για τους ιερείς και τους άρχοντες.

Το Θέατρο του Ασκληπιείου της Επιδαύρου οικοδομήθηκε στη δυτική πλευρά του Κυνορτίου όρους, στα τέλη της Κλασικής εποχής, γύρω στο 340-330 π.Χ., στο πλαίσιο της γενικής ανοικοδόμησης του ιερού και χρησιμοποιήθηκε τουλάχιστον έως τον 3ο αι. μ.Χ. Το μοναδικό αυτό μνημείο, το τελειότερο και διασημότερο αρχαίο ελληνικό Θέατρο, το οποίο συνδυάζει την κομψότητα με την τέλεια ακουστική, είναι κατά τον Pausanία, έργο του Πολύκλειτου (του Νεώτερου), του δημιουργού της Θόλου στο ίδιο ιερό.







### 3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

---

#### Εισαγωγή

#### 3.1 Έκταση Μελέτης

Η περιοχή στην οποία εκτελέστηκε η τοπογραφική αποτύπωση είναι η θέση του αρχαίου θεάτρου της Επιδαύρου με τις υψομετρικές διαφορές να φτάνουν τα **36μ.** περίπου. Τα υψόμετρα κυμαίνονται από **43,76μ. έως και 7μ.** Το γήπεδο συνολικού εμβαδού **180** στρεμμάτων φαίνεται και στις φωτογραφίες που επισυνάπτονται.



Εικόνα 17 Η ευρύτερη περιοχή του Ασκληπιείου της Επιδαύρου

### 3.2 Όργανο Μετρήσεων GTS-502E



Εικόνα 18



Εικόνα 19

Κατά τη διαδικασία της τοπογραφικής αποτύπωσης χρησιμοποιήθηκαν:

- Ηλεκτρονικό όργανο μέτρησης αποστάσεων GTS-502E με καταγραφικό.
- Τρίποδας, πάνω στον οποίο τοποθετήθηκε το όργανό μας.
- Ανακλαστήρας (στόχος)
- Μετροταινία, η οποία χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση του ύψους του οργάνου.

Συγκεκριμένα, για την αποτύπωση το όργανο που χρησιμοποιήθηκε είναι ένα GTS-502E Το GTS-502E είναι ένας εξελιγμένος γεωδαιτικός σταθμός με τη δυνατότητα μετρήσεων γωνιών, αποστάσεων, υψομέτρων και απευθείας ένδειξη των συντεταγμένων x,y,z του σημείου που σκοπεύουμε. Τα κύρια μέρη του οργάνου είναι τα εξής .

1. Μοντέλο GTS-500 Total station
2. Κατασκευαστής Topcon Ttribrach
3. Τύπος Μπαταρίας 2X BT-30Q Handle battery
4. Ανάλυση Magnification: 30X
5. Image: Erect
6. Ελάχιστη Απόσταση Εστίασης Minimum focusing distance: 1.3m/4.3'
7. Angle accuracy: 1"/0.3 mgon
8. Angle minimum display reading: 1" / 0.5"
9. Angle units: Switchable between meter or feet, angle degrees or gon
10. Μέτρηση Απόστασης: 1 Prism: 8,900', 3Prism: 11,800', 9 Prism: 14,400'
11. Ακρίβεια Μέτρησης Απόστασης :2mm 2pmm)
12. Χρόνος Μέτρησης Απόστασης : 5s Single (N-time) mode
13. Χρόνος Μέτρησης Απόστασης : 2.5s Continuous mode
14. Distance measuring time: 0.67s Tracking/Coarse mode
15. Distance minimum display: 1mm/0.005ft
16. Display: Dual
17. Εσωτερική Μνήμη: Surveying data coordinates data total 5000 points
18. Data input/output: RS-232C
19. Compensator: Liquid dual axis
20. Optical plummet: Erect 3X
21. Βάρος: 6.9kg, with handle battery

### 3.3 Στάδια Μελέτης

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε σε δύο στάδια, τις εργασίες πεδίου (υπαίθρου), όπου γίνονται όλες οι επί τόπου αναγνώρισεις, μετρήσεις και εφαρμογές και τις εργασίες γραφείου, όπου γίνονται όλοι οι απαραίτητοι υπολογισμοί και οι τοπογραφικές σχεδιάσεις.

#### 3.3.1 Αναγνώριση της Περιοχής Μελέτης

Ξεκινώντας λοιπόν από τις εργασίες πεδίου κάναμε την αναγνώριση της περιοχής μας, διαδικασία κατά την οποία δημιουργήθηκε ένα γενικό πλάνο της εργασίας, βρέθηκαν τα απαραίτητα πολυγωνομετρικά σημεία εξάρτησης και πάρθηκαν αποφάσεις για την επιλογή των θέσεων, των κορυφών της όδευσης και την κατεύθυνση που αυτή θα ακολουθήσει.





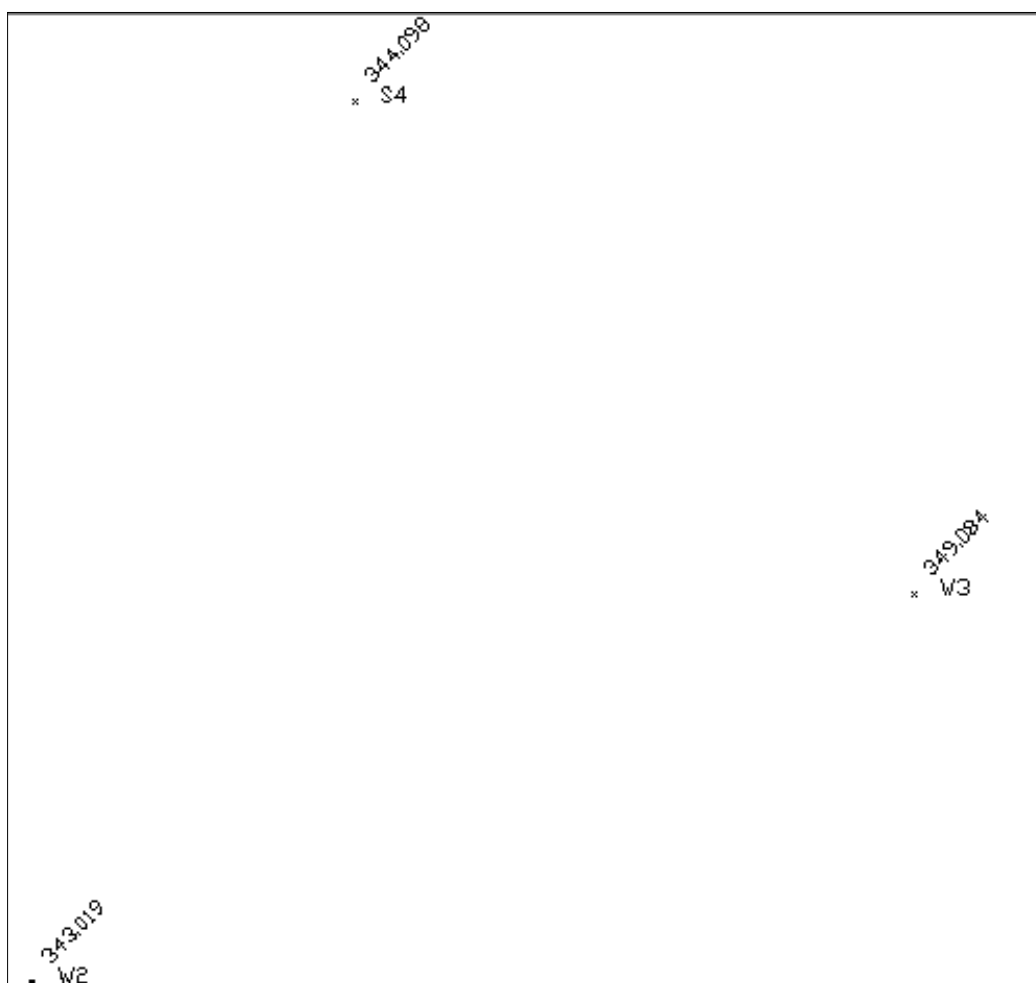
### 3.3.2 Συλλογή Απαιτούμενων Στοιχείων

Για την έναρξη της εργασίας μας, κρίθηκε απαραίτητη η επίσκεψη σε σχετική τοπογραφική υπηρεσία. Έτσι, επισκεφτήκαμε για τη συλλογή στοιχείων την Διεύθυνση Πολεοδομίας της αρχαιολογικής περιοχής.

Δόθηκαν λοιπόν οι συντεταγμένες τριγωνομετρικών σημείων της περιοχής για την εξάρτηση και τον προσανατολισμό της όδουσής μας. Συγκεκριμένα, πρόκειται για τα σημεία:

**Πίνακας 2** Συντεταγμένες ΕΓΣΑ

W2:	418556,259	4161121,320	343,019
W3:	418588,680	4161135,584	349,084
Σ4:	418568,123	4161153,701	344,098



### 3.3.3 Τοπογραφική Αποτύπωση

Ξεκινώντας θα πρέπει να αναφερθεί πως οι ημέρες κατά τις οποίες έγιναν οι μετρήσεις ήταν ηλιόλουστες οπότε και αποφύγαμε τυχόν σφάλματα λόγω οργάνου. Η έναρξη της εργασίας γίνεται με την τοποθέτηση και κέντρωση του οργάνου στο

Με τη βοήθεια των κοχλιών φέραμε τη κυκλική αεροστάθμη στο κέντρο οπότε τελειώνει η κεντρωση και συνεχίζουμε με την οριζοντίωση.

Κατά την αναγνώριση της περιοχής λοιπόν, αποφασίστηκε η χάραξη της πορείας των οδεύσεων με βάση τα τριγωνομετρικά σημεία που βρίσκονταν κοντά σε αυτή.



### 3.3.4 Γωνιομετρήσεις

Οι γωνιομετρήσεις έγιναν σε **δύο** θέσεις τηλεσκοπίου. Κατά τη διαδικασία της επεξεργασίας των γωνιομετρήσεων υπολογίστηκαν η μέση ανηγμένη τιμή και ο γενικός μέσος όρος που αποτελεί και την τελική τιμή της οριζόντιας γωνίας. Οι αναγνώσεις που ελήφθησαν κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, καθώς και τα αποτελέσματα των γωνιών θλάσης όπως αυτά προέκυψαν μετά από επεξεργασία, παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Οι μετρήσεις στο πεδίο έγιναν με την μέθοδο των πολικών συντεταγμένων

Τα σημεία λεπτομέρειας επεξεργάστηκαν σε ειδικά φύλλα excel και μετατράπηκαν σε x και y. Αυτά στη συνέχεια με την εφαρμογή του προγράμματος επίλυσης ΑΠΟΔΟΣΗΣ εισήχθησαν στο σχεδιαστικό πρόγραμμα Autocad για την περαιτέρω επεξεργασία τους.

Επιλέξαμε ένα σημείο Σ, από το οποίο μπορούμε να σκοπεύσουμε όλες τις κορυφές της έκτασης. Το σημείο αυτό θεωρούμε Πόλο του Συστήματος Πολικών Συντεταγμένων. Εγκαθιστούμε **Θεοδόλιχο**, κεντρώνοντας το όργανο πάνω από το σημείο Σ.

Μετρούμε από το σημείο Σ όλες τις αποστάσεις των κορυφών της έκτασης, ήτοι **L<sub>A</sub>, L<sub>B</sub>, L<sub>Γ</sub>, L<sub>Δ</sub>, L<sub>Ε</sub>**. Για **ακριβή μέτρηση** των αποστάσεων χρησιμοποιήσαμε **μετροταινία και ακόντια**.

Μετρούμε τις γωνίες διεύθυνσεως όλων των ευθυγραμμίων, που ορίζονται από το σημείο Σ και κάθε μια κορυφή της έκτασης (διευθύνσεις κορυφών). Οι γωνίες **α<sub>A</sub>, α<sub>B</sub>, α<sub>Γ</sub>, α<sub>Δ</sub>, α<sub>Ε</sub>**, μετρούνται δεξιόστροφα με αρχή τη μηδενική διεύθυνση του οριζόντιου δίσκου του οργάνου (0). Εναλλακτικά, για τη μέτρηση των αζιμουθίων, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την

**πυξίδα.** Με τη χρήση πυξίδας, η μηδενική διεύθυνση ταυτίζεται με τη διεύθυνση του βορρά.

1. Καταγράψαμε όλα τα στοιχεία, που μετρήσαμε, σε ένα τεύχος, που θα αποτελέσει αναπόσπαστο τμήμα του σκαριφήματος υπαίθρου, για να το έχουμε σαν οδηγό, κατά την εργασία σχεδίασης της έκτασης.

Στο τέλος συνδέσαμε τα σημεία ανάλογα με το σκαρίφημα και τις φωτογραφίες που ελήφθησαν στην περιοχή και ολοκληρώσαμε το σχέδιο.

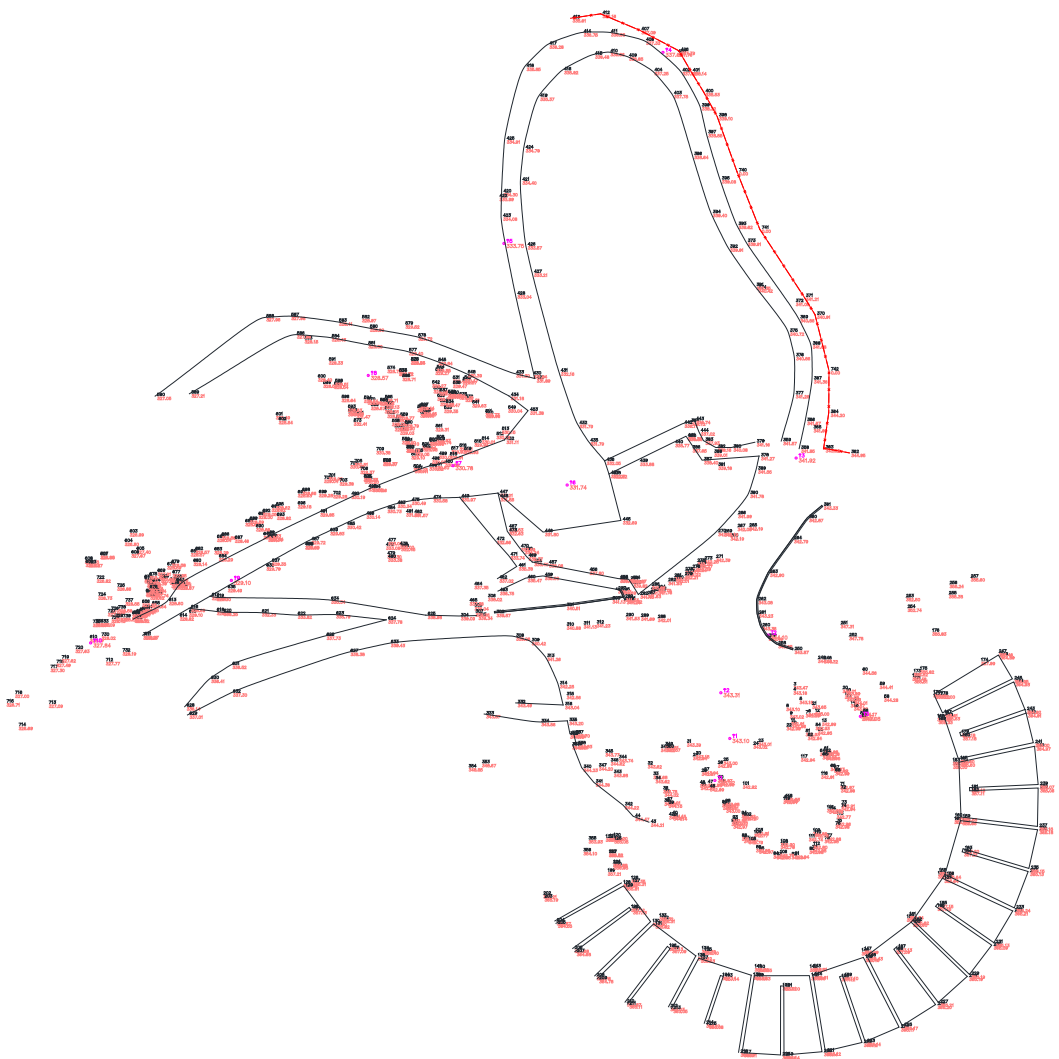
## Πρόγραμμα Επίλυσης Όδευσης

Τα σημεία λεπτομέρειας επεξεργάστηκαν σε ειδικά φύλλα excel και μετατράπηκαν σε x και y. Αυτά στη συνέχεια με την εφαρμογή του προγράμματος επίλυσης ΑΠΟΔΟΣΗΣ εισήχθησαν στο σχεδιαστικό πρόγραμμα Autocad για την περαιτέρω επεξεργασία τους.

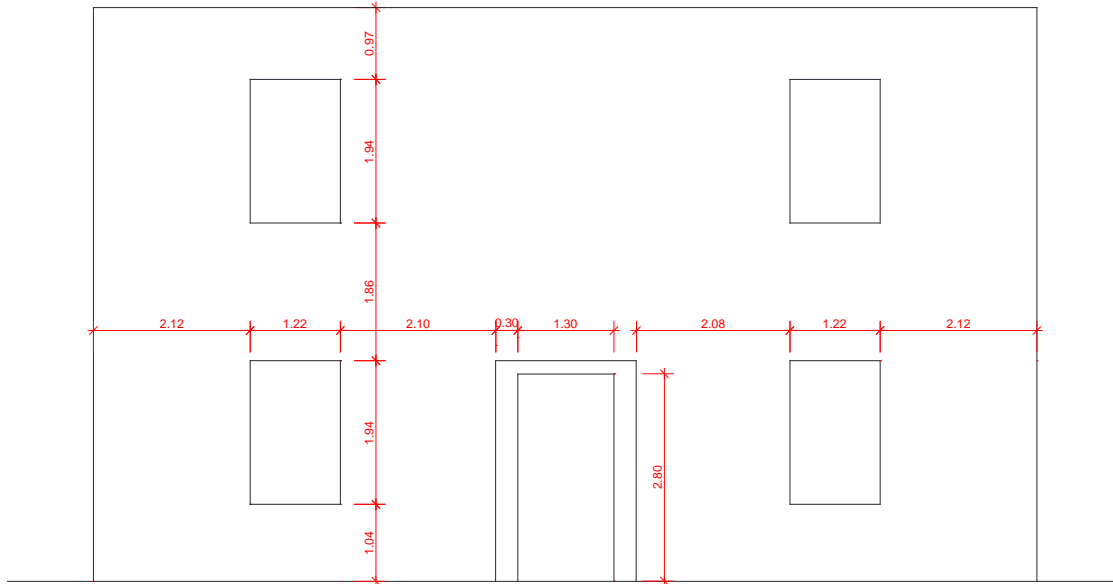


Εικόνα 20

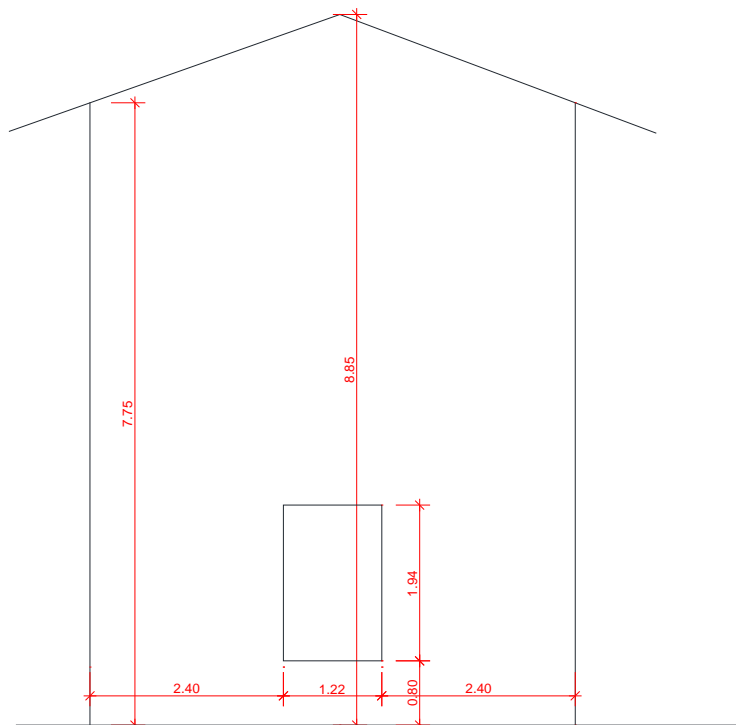
### 3.4 Αποτύπωση Αρχαίου Θεάτρου Επιδαύρου



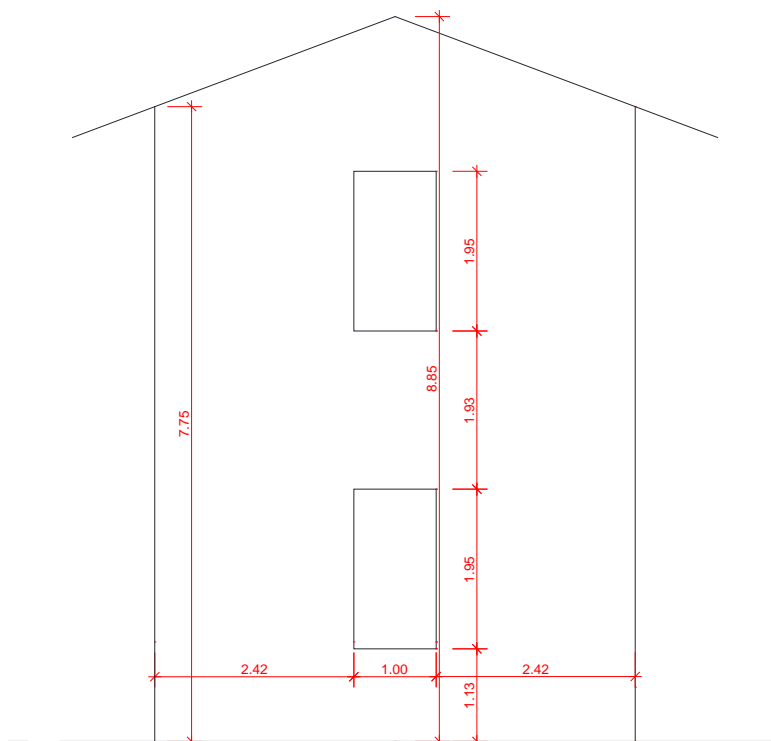
### 3.5 Αποτύπωση Μουσείου Επιδαύρου



NOTIA OPSI

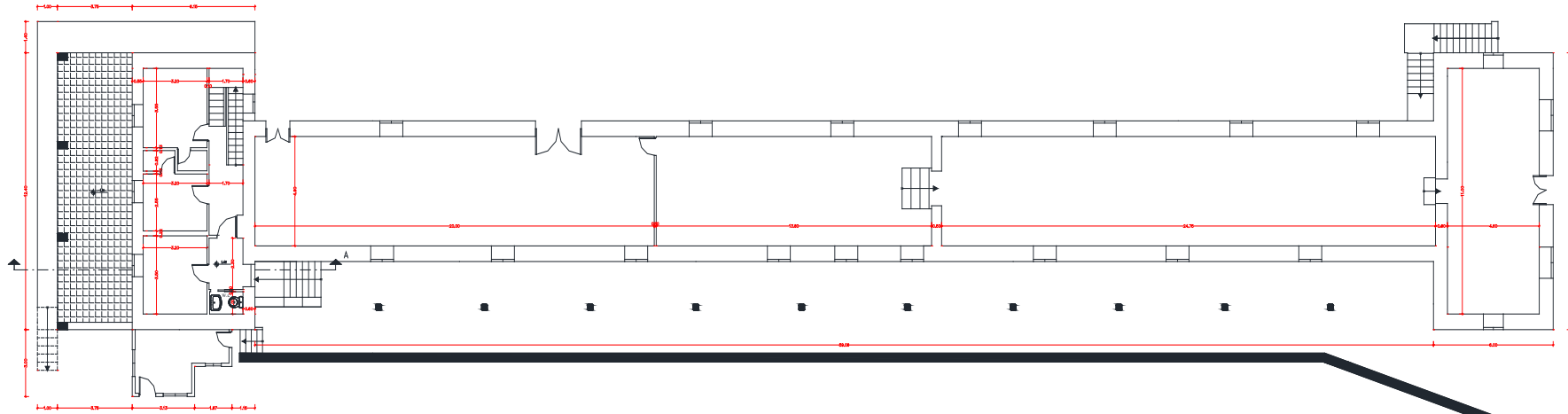


BOREIA OPSI









**ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΥΨΟΜΕΤΡΩΝ  
ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΥΓΩΝΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ**

<b>ΣΗΜΕΙΟ</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>H</b>
<b>ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΝΤΑ ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ</b>			
T1	418556,259	4161121,320	343,019
T2	418568,123	4161153,701	344,098
T3	418588,680	4161135,584	349,084
<b>ΙΔΡΥΘΕΝΤΑ ΠΟΛΥΓΩΝΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ</b>			
<b>ΣΗΜΕΙΟ</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>H</b>
S1	418559,586	4161130,665	343,10
S2	418557,591	4161140,852	343,31
S3	418574,367	4161193,131	341,92
S4	418544,685	4161283,489	337,65
S5	418509,228	4161240,919	333,75
S6	418523,325	4161187,115	331,74
S7	418497,874	4161191,429	330,78
S8	418478,983	4161211,524	328,57
S9	418448,471	4161165,877	329,10
S10	418417,095	4161151,940	327,84

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΗΜΕΙΩΝ

ΣΗΜΕΙΟ	X	Y	H
3	418.573.377	4.161.142.643	343.475
4	418.573.326	4.161.141.473	343.183
5	418.574.693	4.161.139.382	343.183
6	418.576.648	4.161.136.630	343.108
7	418.576.058	4.161.136.404	343.094
8	418.571.726	4.161.137.828	343.099
9	418.572.546	4.161.136.158	343.023
10	418.572.994	4.161.134.035	342.963
11	418.572.794	4.161.134.617	342.912
12	418.578.167	4.161.136.811	343.003
13	418.579.690	4.161.134.520	342.987
14	418.586.088	4.161.138.640	343.569
15	418.586.819	4.161.137.932	343.992
16	418.586.887	4.161.139.262	344.008
17	418.585.226	4.161.140.004	343.985
18	418.584.770	4.161.140.539	344.056
19	418.585.081	4.161.141.323	343.989
20	418.584.302	4.161.141.852	344.014
21	418.577.519	4.161.138.331	343.654
22	418.571.795	4.161.133.522	342.993
23	418.565.508	4.161.130.057	343.009
24	418.564.403	4.161.129.443	343.017
25	418.557.720	4.161.125.845	343.000
26	418.556.489	4.161.125.200	342.994
27	418.553.416	4.161.123.669	343.041
28	418.552.858	4.161.123.407	342.874
29	418.550.936	4.161.126.893	342.939
30	418.551.574	4.161.127.265	343.150
31	418.549.586	4.161.129.870	343.391
32	418.540.851	4.161.125.033	343.622
33	418.542.096	4.161.122.681	343.684
34	418.542.597	4.161.121.736	343.617
35	418.544.600	4.161.118.750	344.022
36	418.544.287	4.161.119.480	343.776
37	418.545.168	4.161.116.983	344.014
38	418.544.555	4.161.116.724	344.014
39	418.545.521	4.161.116.278	344.154
40	418.546.359	4.161.113.978	344.150
41	418.546.595	4.161.113.440	344.138

42	418.545.606	4.161.113.670	344.142
43	418.541.550	4.161.112.024	344.211
44	418.538.055	4.161.113.324	344.472
45	418.552.673	4.161.120.249	342.971
46	418.552.504	4.161.120.776	342.902
47	418.554.242	4.161.120.886	342.985
48	418.554.722	4.161.119.923	342.988
49	418.557.012	4.161.121.052	342.960
50	418.556.571	4.161.121.923	342.973
51	418.576.052	4.161.132.205	342.930
52	418.576.530	4.161.131.350	342.940
53	418.578.799	4.161.132.533	342.948
54	418.578.262	4.161.133.564	342.933
55	418.588.227	4.161.136.178	344.167
56	418.588.900	4.161.136.697	344.168
57	418.588.618	4.161.135.637	344.129
58	418.593.541	4.161.139.885	344.276
59	418.592.568	4.161.142.720	344.410
60	418.588.744	4.161.145.906	344.564
61	418.580.151	4.161.128.329	342.980
62	418.580.515	4.161.127.834	343.263
63	418.580.625	4.161.126.875	342.951
64	418.579.240	4.161.127.803	342.927
65	418.579.823	4.161.127.033	342.879
66	418.581.605	4.161.124.455	342.872
67	418.582.381	4.161.124.106	342.988
68	418.582.666	4.161.123.476	342.985
71	418.583.752	4.161.120.397	342.968
72	418.583.914	4.161.119.665	342.965
73	418.584.068	4.161.116.281	342.914
74	418.583.964	4.161.115.573	342.940
75	418.582.985	4.161.112.234	342.965
76	418.582.673	4.161.111.625	342.980
77	418.580.803	4.161.108.908	342.979
78	418.580.264	4.161.108.383	342.979
79	418.577.523	4.161.106.344	342.980
80	418.576.887	4.161.106.000	342.981
81	418.573.661	4.161.104.921	342.937
82	418.572.923	4.161.104.798	342.942
83	418.569.592	4.161.104.780	342.950
84	418.568.847	4.161.104.914	342.953
85	418.565.679	4.161.106.036	342.974
86	418.564.994	4.161.106.336	342.953
87	418.562.305	4.161.108.405	342.970
88	418.561.822	4.161.108.922	342.974

89	418.559.929	4.161.111.609	342.972
90	418.559.512	4.161.112.227	342.974
91	418.560.005	4.161.112.447	342.732
92	418.561.906	4.161.113.448	342.718
93	418.559.763	4.161.112.995	342.857
94	418.561.760	4.161.113.947	342.921
95	418.558.333	4.161.115.162	343.004
96	418.558.127	4.161.115.843	343.009
97	418.557.620	4.161.115.801	343.210
98	418.558.147	4.161.116.635	342.976
99	418.557.408	4.161.116.382	342.987
100	418.571.306	4.161.117.441	342.843
101	418.562.036	4.161.120.494	342.916
102	418.562.363	4.161.113.624	342.905
103	418.564.913	4.161.110.115	342.915
104	418.564.547	4.161.109.690	342.771
105	418.563.392	4.161.108.161	342.795
106	418.570.337	4.161.105.262	342.788
107	418.570.473	4.161.107.109	342.780
108	418.570.487	4.161.107.656	342.903
109	418.577.687	4.161.110.073	342.884
110	418.578.014	4.161.109.670	342.781
111	418.576.773	4.161.108.774	342.736
112	418.577.755	4.161.107.081	342.801
113	418.582.975	4.161.113.827	342.767
114	418.581.288	4.161.114.924	342.760
115	418.580.808	4.161.115.217	342.892
116	418.579.496	4.161.122.707	342.911
117	418.574.977	4.161.126.520	342.941
118	418.571.603	4.161.117.722	342.830
119	418.571.061	4.161.117.132	342.843
120	418.533.210	4.161.108.998	355.195
121	418.532.251	4.161.108.786	355.456
122	418.531.473	4.161.108.690	355.336
123	418.532.202	4.161.105.310	355.520
124	418.533.184	4.161.103.018	355.583
125	418.533.400	4.161.108.285	355.050
126	418.537.155	4.161.099.488	355.350
127	418.537.510	4.161.098.850	355.308
128	418.535.425	4.161.098.482	355.835
129	418.535.930	4.161.097.838	355.808
130	418.541.926	4.161.089.859	355.605
131	418.542.586	4.161.089.345	355.616
132	418.543.943	4.161.090.555	355.306
133	418.543.414	4.161.091.079	355.317

134	418.552.889	4.161.083.815	355.392
135	418.553.529	4.161.083.506	355.405
136	418.552.016	4.161.082.252	355.622
137	418.552.687	4.161.081.726	355.632
138	418.564.373	4.161.077.923	355.620
139	418.565.062	4.161.077.809	355.633
140	418.565.394	4.161.079.660	355.353
141	418.564.687	4.161.079.781	355.356
142	418.576.973	4.161.079.720	355.273
143	418.577.825	4.161.079.825	355.313
144	418.578.110	4.161.078.044	355.610
145	418.577.325	4.161.077.838	355.602
146	418.588.533	4.161.083.356	355.084
147	418.589.128	4.161.083.672	355.093
148	418.590.106	4.161.082.248	355.431
149	418.589.364	4.161.081.902	355.457
150	418.598.595	4.161.090.860	355.328
151	418.599.178	4.161.091.370	355.339
152	418.600.396	4.161.090.180	355.617
153	418.600.024	4.161.089.745	355.603
154	418.605.534	4.161.100.503	355.363
155	418.605.811	4.161.101.172	355.334
156	418.607.545	4.161.100.386	355.640
157	418.606.991	4.161.099.518	355.641
158	418.611.021	4.161.112.362	355.660
159	418.611.138	4.161.113.184	355.651
160	418.609.369	4.161.113.404	355.416
161	418.609.207	4.161.112.647	355.369
162	418.608.922	4.161.124.912	355.301
163	418.608.847	4.161.125.710	355.291
164	418.610.676	4.161.125.386	355.603
165	418.610.538	4.161.126.146	355.602
166	418.607.324	4.161.135.704	355.626
167	418.606.988	4.161.136.378	355.613
168	418.605.408	4.161.135.501	355.342
169	418.605.680	4.161.134.882	355.333
170	418.604.531	4.161.140.818	355.609
171	418.600.266	4.161.143.948	355.508
172	418.599.830	4.161.144.519	355.478
173	418.600.156	4.161.145.518	355.817
174	418.615.149	4.161.147.989	357.992
175	418.601.564	4.161.146.086	355.819
176	418.604.264	4.161.154.560	355.834
177	418.605.061	4.161.140.499	357.018
178	418.606.207	4.161.140.534	357.002

179	418.610.851	4.161.131.999	357.178
180	418.611.105	4.161.131.246	357.183
181	418.613.048	4.161.119.731	357.123
182	418.613.064	4.161.119.018	357.109
183	418.611.585	4.161.106.123	357.197
184	418.611.394	4.161.105.407	357.207
185	418.605.949	4.161.093.864	357.150
186	418.605.458	4.161.093.271	357.148
187	418.596.738	4.161.084.171	357.133
188	418.596.167	4.161.083.713	357.092
189	418.584.764	4.161.077.851	357.102
190	418.584.057	4.161.077.598	357.115
191	418.571.623	4.161.075.517	356.996
192	418.570.915	4.161.075.549	357.006
193	418.558.155	4.161.077.700	357.141
194	418.557.501	4.161.077.853	357.138
195	418.546.304	4.161.083.850	357.090
196	418.545.666	4.161.084.356	357.132
197	418.537.584	4.161.092.491	357.127
198	418.537.167	4.161.093.025	357.121
199	418.531.933	4.161.101.095	357.207
200	418.533.331	4.161.102.470	356.953
201	418.533.145	4.161.102.972	356.952
202	418.517.580	4.161.096.012	365.205
203	418.517.852	4.161.095.325	365.191
204	418.520.581	4.161.090.024	364.565
205	418.520.838	4.161.089.491	364.551
206	418.524.572	4.161.083.892	364.680
207	418.525.036	4.161.083.181	364.679
208	418.529.475	4.161.077.805	364.763
209	418.530.036	4.161.077.145	364.778
210	418.536.234	4.161.071.950	364.871
211	418.536.778	4.161.071.499	365.109
212	418.545.920	4.161.070.919	363.031
213	418.546.580	4.161.070.502	363.047
214	418.553.902	4.161.067.233	363.097
215	418.554.567	4.161.066.988	363.077
216	418.561.551	4.161.060.776	365.091
217	418.562.315	4.161.060.677	365.111
218	418.570.889	4.161.060.183	365.144
219	418.571.681	4.161.060.156	365.141
220	418.580.158	4.161.060.886	365.143
221	418.580.886	4.161.061.007	365.118
222	418.589.050	4.161.062.943	365.121
223	418.589.770	4.161.063.140	365.138



224	418.597.324	4.161.066.369	365.167
225	418.598.051	4.161.066.723	365.171
226	418.605.470	4.161.071.401	365.204
227	418.606.080	4.161.071.870	365.206
228	418.612.521	4.161.077.651	365.193
229	418.613.017	4.161.078.127	365.186
230	418.617.981	4.161.084.625	365.092
231	418.618.470	4.161.085.182	365.130
232	418.622.666	4.161.092.238	365.211
233	418.623.000	4.161.092.925	365.242
234	418.626.106	4.161.101.028	365.128
235	418.626.281	4.161.101.715	365.145
236	418.628.209	4.161.110.348	365.182
237	418.628.177	4.161.111.077	365.148
238	418.628.344	4.161.119.633	365.062
239	418.628.331	4.161.120.417	365.069
240	418.627.537	4.161.128.932	364.971
241	418.627.254	4.161.129.736	365.003
242	418.625.639	4.161.136.319	364.906
243	418.625.399	4.161.137.102	364.917
244	418.622.893	4.161.143.269	364.926
245	418.622.591	4.161.143.940	364.950
246	418.619.479	4.161.149.250	364.885
247	418.619.126	4.161.149.890	365.457
248	418.580.124	4.161.148.374	344.320
249	418.578.805	4.161.148.456	344.080
250	418.573.598	4.161.150.446	343.874
251	418.583.872	4.161.156.193	347.310
252	418.585.769	4.161.153.519	347.778
253	418.598.442	4.161.162.204	352.495
254	418.598.782	4.161.159.839	352.739
255	418.607.986	4.161.162.860	355.381
256	418.608.150	4.161.165.132	355.236
257	418.612.871	4.161.166.598	355.598
258	418.569.965	4.161.151.723	343.655
259	418.567.816	4.161.153.409	343.488
260	418.566.413	4.161.155.723	343.365
261	418.565.662	4.161.158.540	343.227
262	418.565.553	4.161.161.538	343.080
263	418.568.120	4.161.167.622	342.900
264	418.573.476	4.161.175.115	342.789
265	418.563.495	4.161.177.963	342.195
266	418.561.009	4.161.180.698	341.986
267	418.560.886	4.161.177.828	342.077
268	418.559.300	4.161.175.720	342.192

269	418.557.949	4.161.176.634	342.187
270	418.556.567	4.161.176.697	342.183
271	418.556.106	4.161.170.967	342.386
272	418.551.759	4.161.168.939	342.291
273	418.553.536	4.161.170.607	342.246
274	418.552.181	4.161.169.637	342.271
275	418.551.933	4.161.170.097	342.254
276	418.550.838	4.161.168.730	342.240
277	418.549.542	4.161.167.746	342.218
278	418.549.219	4.161.168.191	342.169
279	418.549.138	4.161.167.097	342.208
280	418.547.117	4.161.166.330	342.008
281	418.546.808	4.161.166.779	342.008
282	418.545.430	4.161.165.782	341.927
283	418.543.267	4.161.163.731	341.759
284	418.543.071	4.161.164.210	341.787
285	418.541.549	4.161.163.624	341.710
286	418.541.780	4.161.164.790	341.665
287	418.540.789	4.161.162.876	341.627
288	418.543.115	4.161.157.574	342.007
289	418.539.357	4.161.157.847	341.695
290	418.536.021	4.161.157.966	341.532
291	418.536.586	4.161.161.662	341.322
292	418.539.194	4.161.162.751	341.450
293	418.537.649	4.161.165.217	339.824
294	418.537.040	4.161.166.136	339.626
295	418.535.129	4.161.163.650	339.690
296	418.534.730	4.161.166.276	339.483
297	418.534.257	4.161.163.913	339.706
298	418.536.186	4.161.161.534	341.240
299	418.535.849	4.161.162.111	341.343
300	418.532.980	4.161.161.660	341.131
301	418.522.819	4.161.160.211	340.513
302	418.507.139	4.161.158.649	339.568
303	418.503.110	4.161.158.034	339.340
304	418.499.199	4.161.157.931	339.086
305	418.502.227	4.161.160.114	338.036
306	418.505.238	4.161.162.196	338.020
307	418.502.456	4.161.158.751	339.057
308	418.511.514	4.161.153.384	339.064
309	418.515.005	4.161.152.371	340.421
310	418.522.791	4.161.155.839	340.884
311	418.526.569	4.161.156.101	341.128
312	418.529.487	4.161.156.339	341.233
313	418.518.441	4.161.148.861	341.263

314	418.521.288	4.161.142.789	342.252
315	418.522.785	4.161.140.359	342.561
316	418.522.426	4.161.138.125	343.035
332	418.511.863	4.161.138.583	343.485
333	418.504.845	4.161.136.094	343.872
334	418.517.140	4.161.134.342	343.563
335	418.523.370	4.161.134.588	343.204
336	418.523.952	4.161.131.711	343.943
337	418.524.797	4.161.131.816	343.704
338	418.525.315	4.161.129.443	343.825
339	418.524.553	4.161.129.204	344.150
340	418.526.559	4.161.124.168	344.228
341	418.529.271	4.161.120.887	344.361
342	418.535.777	4.161.115.823	344.220
343	418.533.301	4.161.123.003	343.981
344	418.534.448	4.161.126.304	343.741
345	418.531.407	4.161.127.591	343.772
346	418.532.612	4.161.125.591	344.623
347	418.529.960	4.161.124.451	344.195
348	418.543.767	4.161.128.595	343.520
349	418.544.749	4.161.129.196	343.508
350	418.544.989	4.161.128.658	343.567
351	418.524.039	4.161.129.167	344.646
352	418.523.548	4.161.131.552	344.656
353	418.503.904	4.161.125.203	348.671
354	418.500.929	4.161.124.268	348.848
355	418.527.669	4.161.108.228	353.929
356	418.526.519	4.161.105.588	354.100
357	418.532.211	4.161.105.187	355.519
358	418.575.053	4.161.195.220	341.847
359	418.571.055	4.161.196.918	341.565
360	418.576.839	4.161.179.789	342.873
361	418.580.106	4.161.182.541	343.325
362	418.586.226	4.161.194.282	344.950
363	418.580.525	4.161.195.307	343.622
364	418.581.651	4.161.203.200	344.198
365	418.577.828	4.161.199.757	341.994
366	418.576.402	4.161.201.408	341.674
367	418.577.908	4.161.210.650	341.362
368	418.577.636	4.161.218.423	341.079
369	418.574.872	4.161.224.278	340.865
370	418.578.594	4.161.225.062	340.906
371	418.576.122	4.161.229.056	341.209
372	418.573.866	4.161.227.911	341.047
373	418.563.161	4.161.241.308	339.912

374	418.565.581	4.161.230.899	340.415
375	418.572.572	4.161.221.278	340.719
376	418.573.938	4.161.215.831	340.855
377	418.573.847	4.161.207.348	341.256
378	418.566.112	4.161.193.554	341.271
379	418.565.164	4.161.196.631	341.165
380	418.559.966	4.161.195.472	340.075
381	418.556.572	4.161.191.431	339.185
382	418.556.461	4.161.195.465	339.162
383	418.553.713	4.161.197.004	337.930
384	418.550.554	4.161.201.235	336.718
385	418.549.927	4.161.197.841	336.558
386	418.550.860	4.161.195.285	337.648
387	418.553.410	4.161.192.647	338.401
388	418.555.673	4.161.194.332	339.013
389	418.565.459	4.161.190.576	341.553
390	418.563.713	4.161.185.149	341.784
391	418.565.101	4.161.231.494	340.354
392	418.559.208	4.161.239.998	339.907
393	418.561.104	4.161.245.070	339.624
394	418.555.384	4.161.247.709	339.396
395	418.557.386	4.161.255.200	339.083
396	418.551.225	4.161.260.639	338.638
397	418.554.350	4.161.265.490	338.548
398	418.556.754	4.161.269.265	339.098
399	418.552.922	4.161.271.469	338.320
400	418.553.751	4.161.274.635	338.534
401	418.550.920	4.161.279.271	338.137
402	418.548.595	4.161.279.282	337.875
403	418.546.706	4.161.274.184	337.749
404	418.542.354	4.161.279.317	337.252
405	418.547.648	4.161.283.471	337.763
406	418.548.247	4.161.283.824	337.788
407	418.539.451	4.161.288.434	337.091
408	418.540.493	4.161.286.075	337.329
409	418.536.698	4.161.282.554	336.851
410	418.532.548	4.161.283.536	336.657
411	418.532.671	4.161.287.944	336.976
412	418.530.782	4.161.292.050	336.155
413	418.524.100	4.161.291.065	335.610
414	418.526.584	4.161.287.909	336.751
415	418.529.120	4.161.282.994	336.484
416	418.522.218	4.161.279.513	335.923
417	418.518.938	4.161.285.207	336.279
418	418.513.843	4.161.280.247	335.845

419	418.516.883	4.161.273.588	335.367
420	418.508.708	4.161.252.324	334.305
421	418.512.913	4.161.254.929	334.401
422	418.507.818	4.161.251.267	333.985
423	418.508.608	4.161.246.890	334.082
424	418.513.644	4.161.262.110	334.791
425	418.509.405	4.161.264.061	334.908
426	418.514.110	4.161.240.485	333.571
427	418.515.514	4.161.234.395	333.210
428	418.511.796	4.161.229.550	333.036
429	418.516.102	4.161.210.840	331.893
430	418.515.378	4.161.211.766	331.945
431	418.521.472	4.161.212.373	332.165
432	418.525.620	4.161.200.697	331.791
433	418.511.532	4.161.211.963	331.302
434	418.510.346	4.161.206.954	331.179
435	418.528.076	4.161.196.816	331.793
436	418.531.692	4.161.192.501	332.054
437	418.532.658	4.161.189.568	332.065
438	418.533.125	4.161.189.525	332.521
439	418.539.142	4.161.192.271	333.878
440	418.546.986	4.161.196.434	335.773
441	418.549.811	4.161.197.957	336.298
442	418.549.049	4.161.200.769	336.107
443	418.551.660	4.161.201.585	336.736
444	418.552.686	4.161.199.019	337.021
445	418.535.306	4.161.179.235	332.691
446	418.517.954	4.161.176.629	331.796
447	418.507.910	4.161.185.314	331.210
448	418.508.035	4.161.184.386	331.547
449	418.499.334	4.161.184.375	330.972
450	418.495.666	4.161.192.082	330.664
451	418.493.420	4.161.191.514	330.601
452	418.509.348	4.161.197.168	331.113
453	418.514.628	4.161.203.667	331.383
454	418.537.423	4.161.166.201	339.868
455	418.534.741	4.161.166.333	339.608
456	418.527.904	4.161.168.003	337.798
457	418.518.855	4.161.169.647	336.057
458	418.515.566	4.161.169.954	335.402
459	418.517.926	4.161.166.852	335.997
460	418.514.101	4.161.166.373	335.471
461	418.512.091	4.161.168.972	335.384
462	418.507.793	4.161.166.274	337.018
463	418.507.916	4.161.163.480	336.753

464	418.502.210	4.161.164.814	337.354
465	418.501.137	4.161.161.174	337.360
466	418.485.890	4.161.173.295	332.453
467	418.509.965	4.161.177.646	332.530
468	418.513.459	4.161.172.618	334.242
469	418.514.307	4.161.171.153	335.367
470	418.512.612	4.161.173.240	333.687
471	418.510.281	4.161.171.406	333.737
472	418.507.204	4.161.174.846	332.657
473	418.509.989	4.161.176.808	332.626
474	418.493.075	4.161.184.144	330.578
475	418.488.261	4.161.183.576	330.488
476	418.482.513	4.161.173.574	333.084
477	418.482.977	4.161.174.575	333.005
478	418.485.617	4.161.173.749	333.000
479	418.482.817	4.161.171.636	333.298
480	418.482.968	4.161.170.919	333.383
481	418.486.988	4.161.180.972	331.877
482	418.488.843	4.161.180.877	331.570
483	418.485.100	4.161.182.910	330.341
484	418.482.828	4.161.181.768	330.735
485	418.473.857	4.161.178.215	330.425
486	418.478.153	4.161.180.498	330.137
487	418.465.882	4.161.174.805	329.725
488	418.464.484	4.161.173.663	329.887
489	418.455.929	4.161.176.268	329.332
490	418.456.484	4.161.175.530	329.341
491	418.467.833	4.161.180.978	329.854
492	418.474.811	4.161.184.904	330.191
493	418.478.624	4.161.186.564	330.279
494	418.479.559	4.161.186.432	330.259
495	418.477.746	4.161.188.324	330.204
496	418.492.150	4.161.191.224	330.522
497	418.488.922	4.161.190.653	330.408
498	418.492.773	4.161.192.743	330.021
499	418.494.356	4.161.193.816	330.011
500	418.492.153	4.161.196.976	328.931
501	418.490.518	4.161.195.914	328.944
502	418.490.826	4.161.195.501	328.977
503	418.488.135	4.161.193.716	329.103
504	418.488.605	4.161.191.028	329.231
505	418.477.555	4.161.188.753	329.380
506	418.481.846	4.161.192.255	329.374
507	418.492.302	4.161.196.772	328.929
508	418.493.766	4.161.197.534	328.968

509	418.493.934	4.161.197.094	329.741
510	418.504.825	4.161.202.932	329.960
511	418.504.650	4.161.203.268	329.728
512	418.507.129	4.161.198.218	330.105
513	418.508.332	4.161.199.381	330.154
514	418.503.854	4.161.197.197	330.011
515	418.502.191	4.161.196.559	329.944
516	418.498.866	4.161.195.628	329.812
517	418.497.056	4.161.195.006	329.831
518	418.496.742	4.161.193.706	329.908
519	418.499.939	4.161.194.900	329.929
520	418.490.613	4.161.203.251	328.810
521	418.490.129	4.161.203.036	328.799
522	418.489.513	4.161.204.273	328.758
523	418.489.915	4.161.204.522	328.784
524	418.485.402	4.161.212.283	328.722
525	418.488.055	4.161.214.795	328.839
526	418.490.798	4.161.203.484	329.149
527	418.490.237	4.161.204.705	329.144
528	418.494.575	4.161.205.601	329.352
529	418.493.922	4.161.206.754	329.342
530	418.493.101	4.161.208.407	329.283
531	418.497.381	4.161.210.745	329.427
532	418.500.206	4.161.206.509	329.484
533	418.495.447	4.161.204.047	329.350
534	418.495.868	4.161.205.394	329.475
535	418.498.852	4.161.207.052	329.460
536	418.497.421	4.161.209.605	329.467
537	418.494.472	4.161.207.965	329.444
538	418.496.541	4.161.207.218	329.988
539	418.496.327	4.161.207.572	329.986
540	418.497.016	4.161.207.425	329.996
541	418.501.723	4.161.205.269	329.627
542	418.492.779	4.161.209.692	329.268
543	418.493.506	4.161.212.525	329.266
544	418.493.782	4.161.213.113	329.852
545	418.494.176	4.161.214.682	329.843
546	418.499.597	4.161.210.417	329.570
547	418.499.967	4.161.210.797	330.171
548	418.500.736	4.161.211.964	330.395
549	418.509.732	4.161.204.098	330.044
550	418.487.086	4.161.195.216	329.117
551	418.486.858	4.161.196.771	329.098
552	418.486.062	4.161.197.067	329.095
553	418.485.645	4.161.199.171	329.029

554	418.484.469	4.161.199.960	329.051
555	418.489.040	4.161.194.474	329.046
556	418.485.756	4.161.200.165	328.902
557	418.484.766	4.161.202.000	328.871
558	418.483.811	4.161.201.111	329.061
559	418.485.676	4.161.202.517	328.772
560	418.486.697	4.161.200.765	328.791
561	418.493.551	4.161.199.940	329.305
562	418.482.777	4.161.202.923	328.988
563	418.482.216	4.161.203.949	329.054
564	418.481.174	4.161.205.750	328.676
565	418.482.249	4.161.206.410	328.710
566	418.482.454	4.161.204.977	329.126
567	418.487.075	4.161.195.242	329.124
568	418.481.189	4.161.205.732	329.055
569	418.479.150	4.161.204.671	328.671
570	418.478.399	4.161.205.895	328.676
571	418.475.951	4.161.202.790	331.472
572	418.474.039	4.161.203.287	331.486
573	418.475.303	4.161.201.197	332.414
574	418.482.799	4.161.212.909	328.723
575	418.485.476	4.161.212.350	328.718
576	418.488.075	4.161.214.833	328.847
577	418.487.630	4.161.216.868	329.403
578	418.489.695	4.161.220.150	329.720
579	418.486.825	4.161.222.811	329.518
580	418.478.915	4.161.222.103	328.897
581	418.478.576	4.161.218.420	328.795
582	418.477.151	4.161.224.224	328.974
583	418.472.017	4.161.223.456	328.410
584	418.470.407	4.161.219.961	328.434
585	418.464.358	4.161.219.508	328.150
586	418.462.631	4.161.220.592	327.965
587	418.461.379	4.161.224.728	327.981
588	418.455.813	4.161.224.419	327.957
589	418.439.119	4.161.207.445	327.206
590	418.431.472	4.161.206.906	327.053
591	418.469.748	4.161.214.793	328.334
592	418.474.402	4.161.203.453	328.882
593	418.474.022	4.161.204.256	328.631
594	418.477.572	4.161.206.265	328.542
595	418.486.162	4.161.211.131	328.710
596	418.472.596	4.161.206.438	328.635
597	418.470.944	4.161.209.385	328.543
598	418.471.151	4.161.210.018	328.510



599	418.468.513	4.161.209.612	328.528
600	418.467.315	4.161.211.012	328.403
601	418.457.950	4.161.202.588	328.494
602	418.458.574	4.161.201.507	328.544
603	418.425.373	4.161.176.505	326.989
604	418.424.257	4.161.174.406	326.803
605	418.426.899	4.161.172.653	327.402
606	418.425.726	4.161.171.819	327.674
607	418.418.830	4.161.171.454	326.904
608	418.415.387	4.161.170.438	326.747
609	418.415.546	4.161.169.711	326.522
610	418.416.487	4.161.152.948	328.195
611	418.428.690	4.161.153.643	328.275
612	418.426.606	4.161.157.259	328.319
613	418.434.131	4.161.161.204	328.603
614	418.436.525	4.161.157.757	328.816
615	418.438.590	4.161.158.642	329.096
616	418.439.033	4.161.159.651	328.685
617	418.443.675	4.161.162.327	328.859
618	418.444.788	4.161.158.996	329.339
619	418.444.754	4.161.162.130	329.300
620	418.446.326	4.161.158.803	330.252
621	418.454.835	4.161.158.691	332.325
622	418.462.841	4.161.158.156	333.823
623	418.471.397	4.161.158.255	335.789
624	418.482.992	4.161.157.087	337.781
625	418.491.813	4.161.158.119	338.979
626	418.469.261	4.161.153.469	337.729
627	418.474.596	4.161.149.879	338.380
628	418.438.063	4.161.137.722	336.144
629	418.438.689	4.161.135.899	337.011
630	418.443.537	4.161.143.864	336.405
631	418.448.269	4.161.146.985	336.525
632	418.448.389	4.161.140.816	337.300
633	418.483.591	4.161.151.856	339.428
634	418.470.272	4.161.161.512	335.344
635	418.447.244	4.161.164.083	329.495
636	418.455.842	4.161.168.890	329.786
637	418.457.080	4.161.169.974	329.345
638	418.464.597	4.161.173.667	330.133
639	418.470.061	4.161.176.768	329.832
640	418.456.215	4.161.175.328	329.338
641	418.455.177	4.161.175.897	329.335
642	418.436.617	4.161.164.624	328.666
643	418.435.959	4.161.165.225	328.730

644	418.434.948	4.161.164.703	328.702
645	418.434.323	4.161.165.757	327.923
646	418.435.294	4.161.166.395	327.960
647	418.435.770	4.161.165.666	327.977
648	418.434.660	4.161.165.046	327.955
649	418.425.926	4.161.158.244	328.532
650	418.426.232	4.161.158.397	328.540
651	418.426.835	4.161.158.699	328.556
652	418.427.593	4.161.159.057	328.640
653	418.428.138	4.161.159.361	328.653
654	418.428.692	4.161.159.651	328.646
655	418.430.359	4.161.160.491	328.644
656	418.428.116	4.161.160.809	327.267
659	418.429.069	4.161.163.006	328.624
660	418.428.954	4.161.163.233	328.636
661	418.429.936	4.161.162.420	328.625
662	418.429.577	4.161.163.393	328.631
663	418.430.338	4.161.163.925	327.738
664	418.430.872	4.161.162.929	327.736
665	418.430.051	4.161.163.699	328.110
666	418.429.624	4.161.164.564	327.790
667	418.432.394	4.161.166.163	327.894
668	418.432.159	4.161.166.535	327.895
669	418.431.563	4.161.167.713	327.908
670	418.428.651	4.161.166.338	328.710
671	418.429.374	4.161.164.986	329.414
672	418.429.189	4.161.165.232	329.418
673	418.428.700	4.161.166.047	329.436
674	418.430.473	4.161.165.600	329.388
675	418.429.764	4.161.166.941	329.401
676	418.429.848	4.161.164.077	327.752
677	418.434.896	4.161.167.374	327.951
678	418.433.709	4.161.169.154	328.590
679	418.434.697	4.161.169.706	328.581
680	418.439.568	4.161.169.938	328.142
681	418.438.970	4.161.172.043	328.573
682	418.440.006	4.161.172.581	328.572
683	418.444.232	4.161.172.488	328.290
684	418.445.252	4.161.170.931	328.286
685	418.444.831	4.161.175.264	328.545
686	418.445.846	4.161.175.785	328.582
687	418.448.806	4.161.175.070	328.462
688	418.451.115	4.161.178.760	328.574
689	418.452.117	4.161.179.308	328.587
690	418.453.512	4.161.177.618	328.659

691	418.454.075	4.161.180.390	329.000
692	418.454.999	4.161.181.029	329.046
693	418.458.178	4.161.180.171	328.921
694	418.456.987	4.161.181.997	328.620
695	418.457.979	4.161.182.505	328.622
696	418.462.837	4.161.182.722	329.179
697	418.462.824	4.161.185.197	328.634
698	418.463.822	4.161.185.715	328.656
699	418.467.528	4.161.185.231	329.283
700	418.468.689	4.161.188.397	329.039
701	418.469.676	4.161.188.922	328.957
702	418.470.701	4.161.184.982	329.277
703	418.472.151	4.161.187.809	329.385
704	418.474.509	4.161.191.599	330.486
705	418.475.475	4.161.192.105	330.515
706	418.476.784	4.161.190.386	329.375
707	418.477.548	4.161.188.758	329.372
708	418.481.892	4.161.192.289	329.366
709	418.480.343	4.161.194.756	330.378
710	418.487.061	4.161.195.233	329.108
711	418.428.374	4.161.153.493	328.259
712	418.420.037	4.161.147.782	327.774
713	418.407.319	4.161.138.305	327.091
714	418.400.603	4.161.133.348	326.688
715	418.397.907	4.161.138.592	326.715
716	418.399.803	4.161.140.516	327.003
717	418.407.711	4.161.146.268	327.304
718	418.409.039	4.161.147.395	327.492
719	418.410.216	4.161.148.409	327.620
720	418.413.249	4.161.150.532	327.630
721	418.418.879	4.161.171.411	326.852
722	418.417.996	4.161.166.166	326.823
723	418.416.172	4.161.169.610	325.870
724	418.418.316	4.161.162.374	326.727
725	418.422.553	4.161.164.391	326.861
726	418.421.219	4.161.159.236	327.280
727	418.420.471	4.161.158.691	327.280
728	418.421.272	4.161.157.224	328.430
729	418.422.161	4.161.157.624	328.509
730	418.419.069	4.161.153.450	328.017
731	418.426.418	4.161.157.304	328.514
732	418.423.774	4.161.149.940	328.192
733	418.418.911	4.161.156.382	328.094
734	418.417.748	4.161.156.442	328.048
735	418.417.138	4.161.156.306	328.067

736	418.425.945	4.161.158.267	328.525
737	418.424.393	4.161.161.080	328.548
738	418.422.784	4.161.159.539	328.561
739	418.423.854	4.161.157.567	328.524

## Επίλογος

Στην εργασία αυτή έγινε μια προσπάθεια καταγραφής και ανάλυσης των μεθόδων και των οργάνων μέτρησης μήκους, μέσω μιας ιστορικής αναδρομής της εξέλιξης τους, έως την σημερινή εποχή.

Ο πρωτόγονος άνθρωπος, έχοντας ως ισχυρά όπλα την λογική και την φαντασία του και προσπαθώντας να καλύψει ανάγκες, που του δημιουργούσε η δίψα του για διερεύνηση του περιβάλλοντός του και ο κοινωνικός τρόπος διαβίωσής του, αντιλήφθηκε την αναγκαιότητα των μετρήσεων μεγεθών και προσπάθησε να καλύψει την ανάγκη αυτή με την εύρεση μεθόδων και την κατασκευή οργάνων.

Σημαντικότατο ρόλο σε αυτή την εξέλιξη, που συμβάδιζε πάντα με την ανάπτυξη της επιστήμης και της τεχνολογίας, έπαιξε και η αρχαία Ελληνική σκέψη, που και στον τομέα αυτό, πρωτοστάτησε, δημιουργώντας τις απαραίτητες βάσεις.

Ένας μεγάλος σταθμός στην ανάπτυξη των γεωδαιτικών οργάνων και της αντίστοιχης μεθοδολογίας, η εφαρμογή δηλαδή της μέτρησης αποστάσεων με τη βοήθεια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, έχει τις ρίζες της στον 2<sup>ο</sup> παγκόσμιο πόλεμο.

Έκτοτε, οι εξελίξεις είναι ραγδαίες και θεαματικές. Σε αυτό συνέβαλε ουσιαστικά η αλματώδης ανάπτυξη της ηλεκτρονικής και της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Τα όργανα και οι μέθοδοι μέτρησης μηκών αντικαταστάθηκαν, στην πράξη, από ηλεκτρονικά όργανα μέτρησης μεγάλων μεσαίων και μικρών αποστάσεων, με τη χρήση, αντίστοιχα, μικροκυμάτων και ακτινών laser ή υπέρυθρης ακτινοβολίας και από τις μεθόδους, που αυτά επέφεραν. Αυτά στη συνέχεια, συνδυάστηκαν, με τα ψηφιακά θεοδόλιχα, που είχαν ήδη αντικαταστήσει τα μηχανικά, για την κατασκευή των ολοκληρωμένων γεωδαιτικών σταθμών, οι οποίοι συνεχώς εξελίσσονται και συμπληρώνονται με καινοτομίες. Καταλυτική ήταν και η δημιουργία και ανάπτυξη του δορυφορικού συστήματος εντοπισμού θέσεων και η εφαρμογή του σε πλήθος γεωδαιτικών εφαρμογών.

Σήμερα, ο τοπογράφος έχει στη διάθεσή του ολοκληρωμένους ψηφιακούς γεωδαιτικούς σταθμούς, που μπορούν να μετρήσουν με πολύ μεγάλη ακρίβεια διευθύνσεις και μικρές ή μεγάλες αποστάσεις, με ή χωρίς ανακλαστήρα, με αυτόματη ή μη αναγνώριση στόχου, καθώς ακόμα και ρομποτικούς, εικονογεωδαιτικούς, χωροεικονογεωδαιτικούς, έξυπνους γεωδαιτικούς σταθμούς, οι οποίοι συνδυάζονται και συνεργάζονται με συστήματα δορυφορικού εντοπισμού, καθώς και όργανα αποτύπωσης επιφανειών με σάρωση. Οι σταθμοί αυτοί διαθέτουν μικροεπεξεργαστές

και λειτουργικό σύστημα MS-DOS ή Windows, ώστε να είναι συμβατό με το αντίστοιχο των ηλεκτρονικών υπολογιστών, κατάλληλο λογισμικό για την εκτέλεση πλήθους χρήσιμων υπολογισμών και εργασιών στο πεδίο, ενώ έχουν και τη δυνατότητα αποθήκευσης μεγάλης ποσότητας δεδομένων και άμεσης σύνδεσης και επικοινωνίας με ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Στην πορεία της εργασίας μάθαμε τον θεωρητικό τρόπο που πάrouμε να καταγράψουμε τον χώρο. Η πρακτική διαδικασία είναι δύσκολη και χρειάζεται πολύ χρόνο και αρκετή εμπειρία ώστε να την μάθεις. Επίσης μάθημα την χρήση νέων τεχνολογιών και καταφέραμε να δείξουμε τον τρόπο μετατροπής συντεταγμένων σε διαφορετικά συστήματα αναφοράς. ,μέσα από την εργασία καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι η ακρίβεια των δορυφορικών εικόνων είναι πάρα πολύ καλή αν και δεν φαίνεται από τις οριζόντιες αποστάσεις μεταξύ των ίδιων των σημείων.

## Βιβλιογραφία

1. **Ε., Τριάντου.** *Γεωμετρική τεκμηρίωση του Ι. Ν. Γέννησης του Χριστού – Διερεύνηση δυνατοτήτων του εικονογεωδαιτικού σταθμού GPT-7003i της TOPCON.* Αθήνα : Ε.Μ.Π., 2009.
2. **Ε. Κοντού, Σ. Τατάκη.** *Μνημεία του Αρχαίου Ελληνικού Κόσμου.* Αθήνα : s.n., 2010.
3. **Κ., Βακαλφώτης.** *Μαθήματα Τοπογραφίας.* Θεσσαλονίκη : s.n., 2005.
4. **Μπαλοδήμος Δ.-Δ., Σταθάς Δ.** *Γεωδαιτικά όργανα και μέθοδοι μέτρησης γωνιών και μηκών.* Αθήνα : Ε.Μ.Π., 2002.
5. <http://www.arxaiologia.gr/site/content.php?artid=4615>. [Ηλεκτρονικό]
6. **Κασκουρα, Β.** *Μέτρηση αποστάσεων: Ιστορική αναδρομή, σύγχρονες δυνατότητες, προοπτικές και τάσεις.* Αθήνα : Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2010.
7. **Δανιήλ, Γ.** *Τοπογραφία II Σημειώσεις Μαθήματος.* Καρπενήσι : Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Λαμίας, 2010.
8. **Καββαδίας, Παναγής.** *Το ιερόν του Ασκληπιού εν Επιδαύρω και η θεραπεία των ασθενών.* Αθήνα : s.n., 1900.
9. **Επιτροπή Συντήρησης Μνημείων Επιδαύρου.** Στοά Αβάτου Ασκληπιείου Επιδαύρου , Αργολίδα. [www.yougles.com](http://www.yougles.com). [Ηλεκτρονικό]
10. **Διεπιστημονική Ομάδα Κατάρτισης Επιχειρησιακού Προγράμματος.** *Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Ασκληπιείου 2007-2010.* 2008.