



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧ. ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ & ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

2022



# ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΟΥ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ ΣΤΥΛΩΝ ΟΛΥΜΠΙΟΥ ΔΙΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΑΣΧΑΛΗΣ ΛΑΜΠΡΟΥ

Αρ. Μητρώου 509130340227

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ

ΙΟΥΛΙΟΣ 2022



UNIVERSITY OF WEST ATTICA  
SCHOOL OF ENGINEERING  
DEPARTMENT OF SURVEYING ENGINEERING AND  
GEOINFORMATICS

2022



# **THE SURVEY OF THE ARCHAEOLOGICAL SITE OF THE COLUMNS OF OLYMPIAN ZEUS**

**DIPLOMA THESIS**

**Pashalis Lambrou**

**Student ID Number 509130340227**

**Supervisor: Emmanouil Oikonomou**

**July 2022**

Η διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

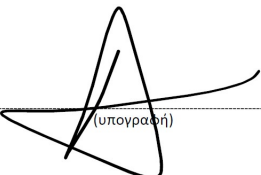
α/α	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ	ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	
2	ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΑΝΔΡΙΤΣΑΝΟΣ	ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	
3	ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΝΤΖΟΥΡΟΠΙΑΝΟΣ	ΕΔΙΠ	

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Πασχάλης Λάμπρου του Αθανασίου, με αριθμό μητρώου 509130340227 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών



(υπογραφή)



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<i>Περίληψη</i> .....	4
<i>Abstract</i> .....	5
<i>Εισαγωγή</i> .....	6
<i>1. Ιστορική αναδρομή</i> .....	7
<i>1.1 Τοποθεσία αρχαιολογικού χώρου</i> .....	12
<i>2. Εξάρτηση τοπογραφικού στο ΕΓΣΑ 87</i> .....	17
<i>2.1 Το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς '87</i> .....	17
<i>2.2 GPS</i> .....	19
<i>2.2.2 Δορυφορικό Σύστημα GLONASS</i> .....	20
<i>2.2.3 Δορυφορικό Σύστημα GALILEO</i> .....	20
<i>2.2.4 Δορυφορικό Σύστημα BEIDOU</i> .....	21
<i>2.2.5 Δορυφορικό σύστημα QZSS</i> .....	21
<i>2.2.6 Δορυφορικό σύστημα IRNSS</i> .....	21
<i>2.3 Σφάλματα δορυφορικού εντοπισμού</i> .....	22
<i>2.4 Η ένταξη του αρχαιολογικού χώρου στο Ε.Γ.Σ.Α. 87</i> .....	24
<i>2.4.1 Χαρακτηριστικά Δέκτη JAVAD GNSS Triumph-1</i> .....	24

2.4.2 Μετρήσεις πεδίου – Επιλύσεις βάσεις GNNS.....	26
2.5 Σύγκριση τριγωνομετρικών.....	37
3. Όδευση.....	36
3.1 Εξασφαλίσεις.....	36
3.2 Πολυγωνική όδευση.....	39
3.3 Είδη πολυγωνικών οδεύσεων.....	39
3.4 Οριζοντίωση και κατακορύφωση του οργάνου.....	43
3.5 Σφάλματα μετρήσεων.....	45
3.6 Προδιαγραφές σφαλμάτων στην Ελλάδα.....	46
3.7 1 <sup>η</sup> και 2 <sup>η</sup> θέση τηλεσκοπίου σε περιόδους.....	47
3.8 Επίλυση οδεύσεων.....	47
3.9 Σκαριφήματα οδεύσεων.....	50
4. Μέθοδοι αποτύπωσης.....	53
4.1 Φωτογραμμετρική αποτύπωση.....	53
4.2 Αποτύπωση με laser scanner.....	54
4.3 Τοπομετρική αποτύπωση.....	55
4.4 Τοπογραφική αποτύπωση.....	55
5. Χωροσταθμική όδευση.....	55

<i>5.1 Η Γεωμετρική Χωροστάθμιση .....</i>	<i>58</i>
<i>5.2 Σφάλματα γεωμετρικής χωροστάθμισης.....</i>	<i>59</i>
<i>5.2.1 Σφάλματα που οφείλονται στην κατασκευή του χωροβάτη.....</i>	<i>59</i>
<i>5.3 Σφάλματα σταδίας.....</i>	<i>61</i>
<i>5.4 Μέτρηση χωροσταθμικής όδευσης αρχαιολογικού χώρου.....</i>	<i>63</i>
<i>5.5 Ταχυμετρία.....</i>	<i>69</i>
<i>6. Τοπογραφικό σχέδιο.....</i>	<i>71</i>
<i>6.1 Σχεδίαση τοπογραφικού αρχαιολογικού χώρου.....</i>	<i>73</i>
<i>6.2 Βασικά στοιχεία τοπογραφικού.....</i>	<i>76</i>
<i>6.3 Ισοΰψείς καμπύλες.....</i>	<i>79</i>
<i>7. Συμπεράσματα-Προτάσεις.....</i>	<i>81</i>
<i>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</i>	<i>82</i>
<i>Πίνακες πινάκων και εικόνων .....</i>	<i>83</i>
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΑΥΤΟΣΧΕΔΙΩΝ ΚΡΟΚΙ.....</i>	<i>86</i>

## Περίληψη

*Η πολιτισμική κληρονομιά για κάθε χώρα αποτελεί σημαντική περιουσία και αξίζει να συντηρείται στο μέγιστο βαθμό ώστε να παραδίδεται στις επόμενες γενιές αναλλοίωτη. Όσον αφορά την Ελλάδα, είναι μια από τις χώρες με τον πλουσιότερο και αρχαιότερο πολιτισμό. Κάθε κομμάτι γης της έχει ιστορική αξία. Τα μνημεία της αποτελούν ένδειξη του αρχαίου πολιτισμού της. Εκτός όμως από τους αρχαιολογικούς χώρους, μια άλλη πτυχή του πολιτισμού της Ελλάδας είναι και οι επιστήμες από τις οποίες επηρεάστηκαν και άλλοι λαοί. Σύμφωνα με την αρχιτεκτονική επιστήμη η οποία διαιρείται σε τρεις ρυθμούς τον Δωρικό, τον Ιωνικό και τον Κορινθιακό (στήλες του Ολυπίου Διός), όπου αυτό είχε μια επιρροή και στον δυτικό κόσμο. Όσον αφορά την επιστήμη της γεωμετρίας οι αρχαίοι Έλληνες γεωμέτρους αποτύπωναν με όργανα της τότε εποχής όπως ήταν η διόπτρα που εφηύρε ο Ήρωνας (αντίστοιχα σήμερα το θεοδόλιχο και γεωδαιτικός σταθμός), όργανο το οποίο μετρούσε οριζόντιες και κατακόρυφες γωνίες με ακρίβεια σχετικά καλή για εκείνη την εποχή και στην συνέχεια κατασκεύαζαν χάρτες με κανόνα και διαβήτη. Σήμερα οι αποτυπώσεις πραγματοποιούνται με όργανα υψηλής τεχνολογίας όπως σαρωτής λέιζερ, γεωδαιτικός σταθμός, αποστασιόμετρο με λέιζερ, χωροβάτης για υψόμετρα υψηλής ακρίβειας, με δορυφορικό εντοπισμό GPS και η σχεδίαση σε σύγκριση με τα αρχαία χρόνια γίνεται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή αντί απευθείας σε χαρτί.*

*Η γεωμετρική τεκμηρίωση των αρχαιολογικών χώρων είναι μείζονος σημασίας λόγω της πολιτισμικής αξίας που έχουν. Είναι σαφές ότι η αποτύπωση τέτοιων χώρων απαιτεί υψηλές ακρίβειες της τάξης του εκατοστού ή μερικές φορές και καλύτερη. Η αποτύπωση ενός ναού όπως είναι οι στήλες του Ολυπίου Διός, μπορεί να χρησιμεύσει σε έναν αρχαιολόγο ή έναν αρχιτέκτονα ώστε να κάνει την απαιτούμενη μελέτη, όπως είναι η συντήρηση και η αναστύλωση. Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στα βήματα και την μεθοδολογία που ακολουθούνται στις εν γένει περιπτώσεις τοπογραφικής αποτύπωσης αρχαιολογικών χώρων με γεωδαιτικά όργανα.*

## **Abstract**

*Today, cultural heritage is of great value and is an important property for every country. However, Greece is one of the countries with the richest and oldest culture. Every piece of land has a historical value. Its monuments are a part of its ancient civilization. Apart from its archaeological sites, another part of Greece's ancient culture is the "birth" of the positive sciences, which also influenced other cultures of other peoples. According to architectural science, which is divided into three rhythms and Corinthian (Olympian Zeus columns) it had the effect of influencing the Western world. As far as the science of geometry is concerned, ancient Greek geometries reflected with organs of the time as was the dioptra was invented by the Herona (respectively the Theodolus and Geodetic Station), an instrument that measured horizontal and vertical angles accurately good for that time. and then made maps with rule and diabetes. Nowadays, the imprints are made with high -tech instruments such as Laser Scanner, Geodetic Station, Laser distances, high -precision altitudes, with GPS satellite location and design compared to ancient times.*

*Geometric documentation of archaeological sites is of major importance because of their cultural value. It is clear that imprinting such spaces requires high precisions in the order of centimeter or sometimes even better. The imprinting of a temple such as the Olympian Zeus columns can serve as an archaeologist or architect to do the required study it needs, such as maintenance and renovation. This bachelor's thesis focuses on the steps and methodology followed in the general cases of topographic depiction of archaeological sites with geodetic instruments.*

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η πτυχιακή εργασία που ακολουθεί αναφέρεται στο τοπογραφικό που πραγματοποιήθηκε στον αρχαιολογικό χώρο των στηλών του ναού του Ολυμπίου Διός. Χωρίζεται σε 6 κεφάλαια που έχουν ως στόχο να δώσουν μια γενικευμένη άποψη για το χώρο αλλά και για τη δημιουργία του τοπογραφικού και πως αυτό υλοποιήθηκε ακολουθώντας τη μέθοδο της κλασικής τοπογραφίας. Αρχικά ερευνήθηκαν ιστορικές πηγές σχετικά με το ναό του Ολυμπίου Διός, εστιάζοντας στα στάδια απ' τα οποία πέρασε μέχρι να τελειοποιηθεί μέσα στους αιώνες. Επίσης σημειώνονται μέθοδοι αποτύπωσης που σύμφωνα με την εξέλιξη της τεχνολογίας και με σύγχρονα μηχανήματα αποδίδουν εξίσου ικανοποιητικά αποτελέσματα με αυτά της κλασικής τοπογραφίας.

Όσον αφορά τη μελέτη του τοπογραφικού προκειμένου να περατωθεί το σχέδιο ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία. Κάθε στάδιο αυτής της διαδικασίας αναλύεται σε μεμονωμένο κεφάλαιο στην εργασία και συνοδεύεται από το απαραίτητο φωτογραφικό υλικό με σκοπό να γίνει κατανοητή η διαδικασία επίλυσης των προβλημάτων.

- Εξάρτηση στο ΕΓΣΑ 87
- Όδευση
- Χωροστάθμηση
- Ταχυμετρία
- Απόδοση σχεδίου

Η πτυχιακή εργασία προσέφερε γνώσεις και εξοικείωση με το αντικείμενο της τοπογραφίας αλλά και σε ότι αφορά τον αρχαιολογικό χώρο που μελετήθηκε και σύμφωνα με τα στοιχεία που δοθήκαν από την Εφορεία Αρχαιοτήτων.

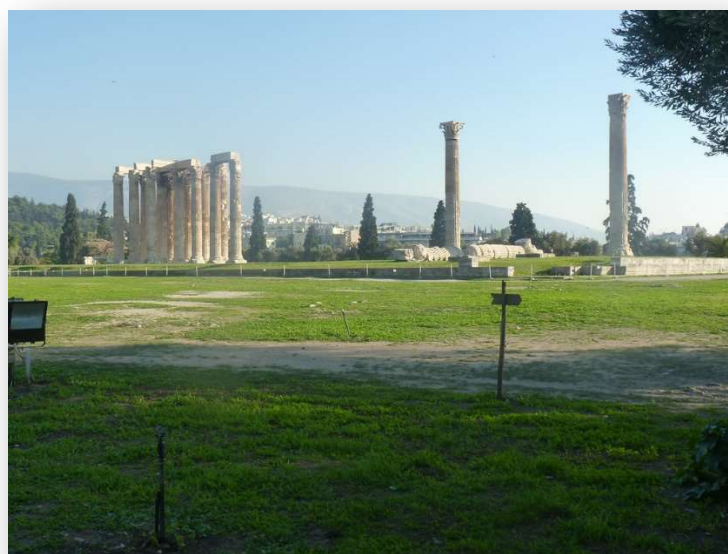


## 1. Ιστορική αναδρομή

Οι Στήλες του Ολυμπίου Διός προέρχονται από τα ερείπια του μεγαλύτερου ναού της αρχαιότητας, ο οποίος ήταν αφιερωμένος στον επικεφαλής των θεών τον Δία. Πρόκειται για ένα σπουδαίο αρχαιολογικό χώρο τον οποίο διαχειρίζεται η εφορεία αρχαιοτήτων. Σώζονται 15 κίονες οι οποίοι παραμένουν όρθιοι ενώ ο 16<sup>ος</sup> βρίσκεται στο έδαφος στην ίδια θέση που έπεσε εξαιτίας μιας καταιγίδας ή ενός δυνατού ανέμου το 1852. Όσον αφορά το άγαλμα του Δία που βρισκόταν στο εσωτερικό του ναού δεν έχει διασωθεί τίποτα. Σήμερα ο χώρος είναι επισκέψιμος ως υπαίθριο μουσείο. Στις **εικόνες 1 και 2** παρουσιάζονται διαφορετικές οπτικές από τις Στήλες όπως είναι σήμερα. Στην **εικόνα 3** φαίνεται ο πεσμένος κίονας.



*Εικόνα 1. Πρώτη οπτική από τις στήλες του ναού.*



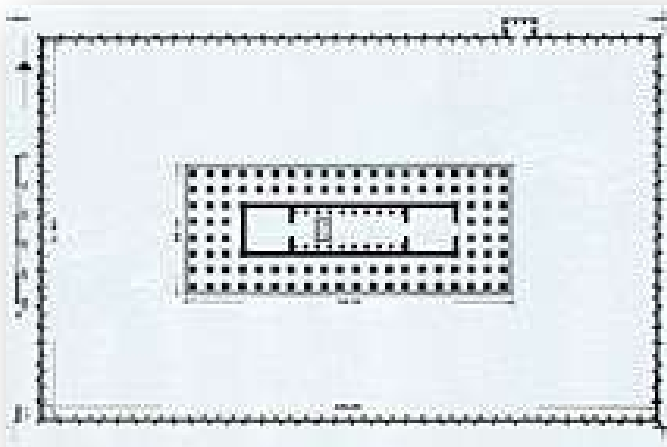
*Εικόνα 2. Δεύτερη οπτική από τις στήλες του ναού.*



*Εικόνα 3. Φωτογραφία από τον πεσμένο στύλο.*

Ο ναός κατασκευάστηκε από πεντελικό μάρμαρο, το οποίο είναι περίφημο και γνωστό από την αρχαιότητα. Είναι λευκό και διακρίνεται από πρασινίζουσες και γκρίζες γραμμές. Είχε 96 μέτρα μήκος στις άκρες του και 40 μέτρα στην ανατολική και δυτική πρόσοψη. Είχε 104 κίονες κορινθιακού ρυθμού, ο καθένας είχε 17 μέτρα ύψος, 2.6 μέτρα διάμετρο και βάρος 364 τόνους περίπου, ο κάθε σπόνδυλος ζυγίζει 15 τόνους.

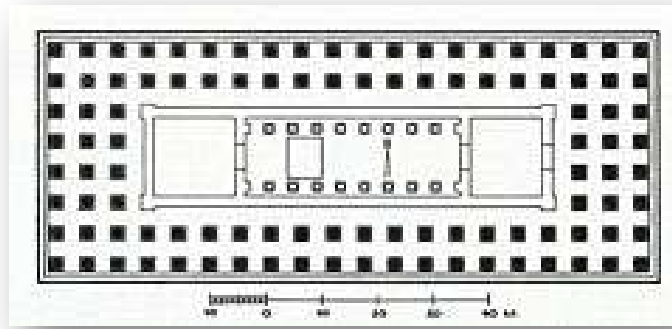
Σε τριπλή σειρά κάτω από τα αετώματα στεκόταν 48 κίονες και 56 κίονες σε διπλή σειρά στα άκρα. Τα αετώματα ήταν διακοσμημένα με πολλά αγάλματα όπως και σε άλλα σημεία του ναού υπήρχαν προτομές και αγάλματα ανδρών που είχαν φήμη εκείνη την εποχή. Το χρυσελεφάντινο άγαλμα του Δια ήταν



*Εικόνα 4. Σχέδιο ολόκληρου του αρχαιολογικού χώρου.*

τοποθετημένο στον σηκό του ναού. Ο ναός αποπερατώθηκε την εποχή του Ανδριανού. Οι Αθηναίοι προς τιμήν του έστησαν το άγαλμα του στο πίσω μέρος του ναού. Η χρονική στιγμή που καταστράφηκε ο ναός δεν είναι γνωστή. Θεωρείται ότι οφείλεται σε σεισμό κατά τη βυζαντινή εποχή και προφανώς τα ερείπια χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή μεταγενέστερων έργων. Στις **εικόνες 4 και 5** παρουσιάζονται παλαιότερα σχέδια ολόκληρου του αρχαιολογικού χώρου αλλά και του ναού αντίστοιχα.

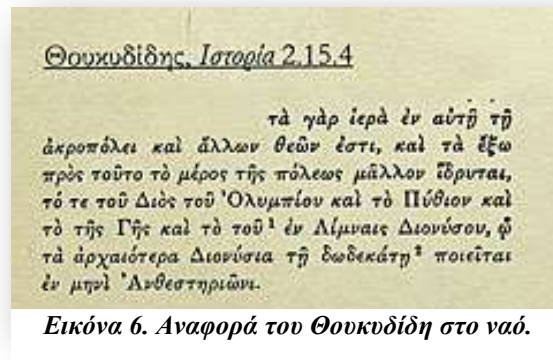
Η ύπαρξη του ναού αναφέρεται από το 14<sup>ο</sup> ή και το 15<sup>ο</sup> αιώνα, χωρίς όμως να ονομάζεται σαν ναός του Ολυμπίου Διός. Η πρώτη ταύτιση και αναφορά έγινε τον 18<sup>ο</sup> αιώνα από τους περιηγητές Stuart και Revett οι οποίοι



Εικόνα 5. Σχέδιο από το εσωτερικό του ναού.

μελέτησαν και σχεδίασαν το ναό. Ανασκαφές στην περιοχή του ναού ξεκίνησαν το 1861, όπου ο Γ. Νικολαΐδης ερεύνησε σε πολύ περιορισμένη κλίμακα το ναό. Η επόμενη σπουδαία έρευνα που πραγματοποιήθηκε ήταν το 1883 έως το 1886 από τον Άγγλο F. Penrose. Ακόμα μια σημαντική ανασκαφή έγινε το 1921 έως το 1922 από το Γερμανό G. Welter.

Το ιερό ονομάστηκε Ολυμπείο ή Ολυμπίον ή Ιερών του Διός Ολυμπίου. Ο Θουκυδίδης, ο Αριστοτέλης, ο Πausanias όπως και άλλοι αρχαίοι συγγραφείς και ιστορικοί αναφέρουν στα έργα τους τον σπουδαίο αυτό ναό. Στην **εικόνα 6** φαίνεται μια από τις αναφορές που έχουν γίνει για ναό από τον αρχαίο Έλληνα ιστορικό Θουκυδίδη. Από τα έργα αυτά όπως και



Εικόνα 6. Αναφορά του Θουκυδίδη στο ναό.

από τις ανασκαφές ήρθαν στο φως πληροφορίες για την ιστορία και τις φάσεις από τις οποίες πέρασε μέχρι να τελειοποιηθεί. Ο Δευκαλίωνας γενάρχης των Ελλήνων θεωρείται ο ιδρυτής του ναού, ο οποίος επέλεξε και την τοποθεσία δημιουργίας του. Σύμφωνα με τον Pausanias το ιερό του Ολυμπίου Διός ιδρύθηκε από τον Δευκαλίωνα προς τιμήν του Δια ως αντάλλαγμα για τη σωτήρια του μετά τον κατακλυσμό. Η ιστορία αναφέρει ότι το σημείο που δημιουργήθηκε ο ναός ήταν κοντά σε ένα χάσμα της γης όπου χάθηκαν τα νερά του κατακλυσμού, αργότερα εκεί έγινε και ο τάφος του Δευκαλίωνα. Τα θεμέλια του είχαν βάλει οι Πεισιστρατίδες τον 6<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ.. Με τον όρο Πεισιστρατίδες εννοούνται οι απόγονοι και συγγενείς του Πεισίστρατου, κυρίως όμως οι δύο γιοί του, ο Ίππαρχος και ο Ιππίας.

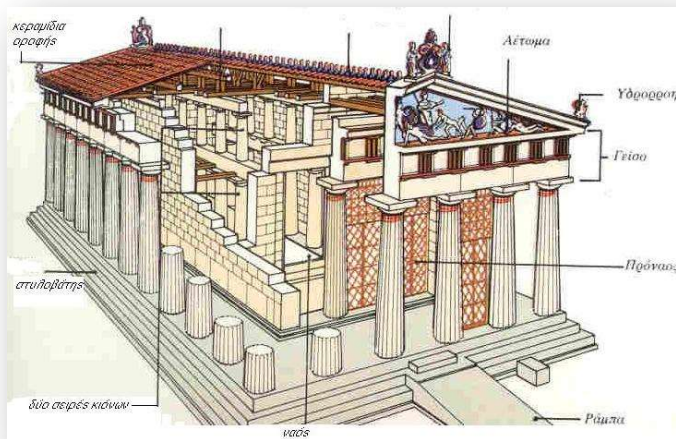
Ο Πεισίστρατος υπήρξε τύραννος στην αρχαία Αθήνα για περίπου 20 χρόνια κατά την περίοδο 561-527 π.Χ. Τα χαρακτηριστικά της τυραννίας εκείνη την εποχή ήταν η μεγάλη φορολογία ως προς τους πολίτες, η πτώχευση των πολιτών, συντήρηση της φρουράς καθεστώτος, απασχόληση των πολιτών με αποτέλεσμα να μην έχουν χρόνο για επιβουλές (εχθρικές ενέργειες) και η απόκτηση εξουσίας με βία. Επίσης ένα άλλο χαρακτηριστικό των τυράννων ήταν η κατασκευή μεγάλων έργων όπως για παράδειγμα μεγάλοι ναοί και υδραγωγεία με σκοπό να τιμήσουν κάποιο Θεό

ή και να αναδείξουν την «δύναμή» τους ως προς την κυριαρχία και εξουσία αποκτώντας με αυτόν τον τρόπο δόξα.

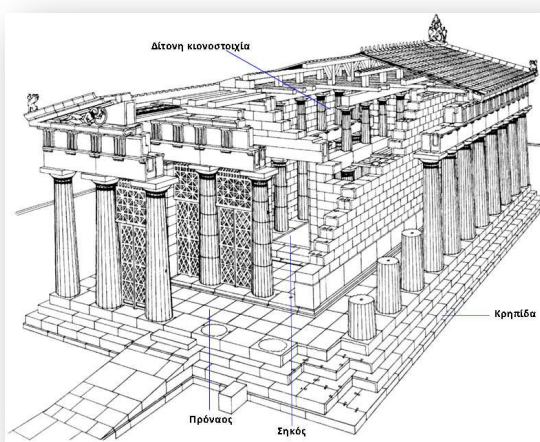
Η κατασκευή του ναού άρχισε τον 6<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ., όπου κατασκευάζεται ναός πολύ μεγαλύτερος από τον προηγούμενο, ήταν δωρικού ρυθμού, επιβλητικός δίπτερος, όμως δεν ολοκληρώθηκε με αποτέλεσμα να μείνει επί αιώνες ημιτελής. Οι αρχιτέκτονες ήταν επί τυράννου Πεισίστρατου ο Κάλλαισχος, ο Αντιστάτης, ο Αντιμαχίδης και ο Φόρμος ή Πωρίνος. Πιθανόν περισσότερο από 600 χρόνια, λόγω της κατάργησης της τυραννίας περί το 510 π.Χ., όπου διεκόπει και το έργο, αφού η δημοκρατία που την διαδέχτηκε δεν επιθυμούσε να αποπερατώσει το ναό. Μέχρι τότε ολοκληρώθηκαν μόνο η πλατφόρμα και μερικές στήλες. Η αρχιτεκτονική του ναού παρουσιάζεται στις εικόνες 7 και 8.

Οικοδομικά υλικά από τον εγκαταλελειμμένο ναό χρησιμοποιήθηκαν εκείνη την εποχή για την κατασκευή του Θεμιστόκλειου τείχους. Ο Αριστοτέλης αναφέρεται στο ναό για να δείξει πως η τυραννία εκμεταλλεύεται τους πολίτες σε τεράστια έργα ώστε να μην έχουν το χρόνο και τη δύναμη να επαναστατήσουν εναντίον της. Για περισσότερο από 300 χρόνια ο ναός είχε εγκαταλειφθεί. Το 174π.Χ. ο βασιλιάς της Συρίας

Αντίοχος ο Δ΄ ο Επιφανής ξεκίνησε να χτίζει το ναό πάνω στα παλιά θεμέλια. Το έργο ανατέθηκε στο Ρωμαίο αρχιτέκτονα Κοσσούτιο ο οποίος σχεδίασε έναν ναό όμοιο με αυτόν της υστεροαρχαϊκής περιόδου, παρόλα αυτά ο ναός και πάλι έμεινε ατέλειωτος με τον θάνατο του Αντίοχου. Το 86 π.Χ. κατά την επιδρομή του Σύλλα στην Αθήνα μεταφέρθηκαν στην Ρώμη μερικά κιονόκρανα και μονόλιθοι στύλοι οι οποίοι προορίζονταν για το σηκό και εν τέλει χρησιμοποιήθηκαν για τη διακόσμηση του ναού στο Καπιτώλιο καθώς η επίδραση τους στην ρωμαϊκή τέχνη ήταν μεγάλη. Στα χρόνια του Αυγούστου έγινε προσπάθεια να συνεχιστούν οι εργασίες αλλά η αποπεράτωση του ναού συντελέστηκε κατά την αυτοκρατορία του Αδριανού το 132 μ.Χ.. Μέσα στο ναό στήθηκε ένα πελώριο χρυσελεφάντινο άγαλμα του Δια, σύμφωνα με τα τελευταία



Εικόνα 7. Αρχιτεκτονική του ναού.



Εικόνα 8. Αρχιτεκτονική του ναού.



σχέδια ο ναός ήταν τρίπτερος με 8 κίονες στις στενές πλευρές και δίπτερος με 20 κίονες στις μακρές, το μήκος του ήταν 108 μέτρα και το πλάτος του 41, το εκάστοτε επιστήλιο είχε περίπου 6 μέτρα και η απόσταση μεταξύ των στηλών κυμαίνεται περίπου στα 2,8 μέτρα δηλαδή το κάθε επιστήλιο ενώνει δυο κίονες μεταξύ τους σύμφωνα με αυτές τις διαστάσεις, τέλος είναι πιθανό να είχε στέγη. Εγκαινιάστηκε από τον ίδιο και δόθηκε εντολή να κατασκευαστεί και τεράστια πλατεία με ισχυρό περίβολο. Μέχρι τα μέσα του 3<sup>ου</sup> αιώνα και μέχρι την οικοδόμηση του Βαλεριάνειου τείχους δεν υπάρχουν πληροφορίες για το ιερό του Ολυμπίου Διός. Πιθανόν να οικοδομήθηκε το βαλεριάνειο τείχος πάνω στη διαδρομή του κλασικού θεμιστόκλειου τείχους τον 3<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ. την εποχή του Ρωμαίου αυτοκράτορα Βαλέριου. Φαίνεται όμως πως η κατασκευή αυτού του τείχους κατέστρεψε μεγάλο μέρος του περιβόλου του ναού. Και στους επόμενους αιώνες έγιναν καταστροφές είτε από φυσικά αίτια είτε από ανθρώπινες επεμβάσεις όπως και κατά τη διάρκεια της τουρκοκρατίας. Υπάρχουν αναφορές ότι Τούρκος διοικητής της Αθήνας Χατχη-Αλης-Χασεκης θρυμμάτισε κίονα προκειμένου να χρησιμοποιηθούν τα υλικά ώστε να χτιστεί κάποιο τζαμί. Ο ναός πέρασε από τέσσερις οικοδομικές περιόδους α) ο αρχαιότερος ναός, β) πεισιστράτειος ναός, γ) ο ελληνιστικός και δ) ο αδριάνειος. Στην **εικόνα 9** φαίνεται από μια ακόμη οπτική γωνία ο αρχαιολογικός χώρος.



*Εικόνα 9. Φωτογραφία από τον αρχαιολογικό χώρο.*

Μια ιστορία ή μύθος; Άρθρα αναφέρονται σε έρευνες του Άγγλου αρχαιολόγου Paul Cooper ο οποίος παρατηρώντας φωτογραφίες του 19<sup>ου</sup> αιώνα εντόπισε μια διαφορά σε φωτογραφία 100 χρόνων πριν. Η διαφορά αυτή βρέθηκε στο πάνω μέρος ενός στύλου, δηλαδή μια προεξοχή η οποία δεν ταίριαζε με το υπόλοιπο του ναού αρχιτεκτονικά. Ο ίδιος ανέφερε ότι πρόκειται για ένα αρχιτεκτονικό μυστήριο. Ερευνώντας την ιστορία κατέληξε στο συμπέρασμα ότι από την καταστροφή του ναού τον 3<sup>ο</sup> αιώνα μέχρι και την ανασκαφή του από τους αρχαιολόγους το 19<sup>ο</sup> αιώνα είχε κτιστεί μια μικρή πέτρινη καλύβα πάνω στους στύλους του ναού την οποία χρησιμοποιούσαν χριστιανοί ασκητές

γνωστοί και ως στηλίτες. Οι στηλίτες ήταν άνθρωποι που πίστευαν ότι η ζωή σε μεγάλα ύψη τους έφερνε πιο κοντά στο θεό και επίσης τους πρόσφερε εξαγνισμό από τις αμαρτίες τους. Επιπροσθέτως η ίδια ιστορία αναφέρεται από τον Αμερικανό διπλωμάτη Alexander Wilburn το 1922 ο οποίος επικαλείται μαρτυρίες ντόπιων που μιλούσαν για στηλίτες οι οποίοι ζούσαν πάνω στον ερειπωμένο ναό και τους έδιναν τρόφιμα και νερό με σχοινιά και κουβάδες. Στην **εικόνα 10** διακρίνεται η καλύβα που είχε τοποθετηθεί πάνω στους κίονες του ναού.



*Εικόνα 10. Καλύβα των στηλιτών πάνω στις στήλες του ναού.*

### **1.1 Τοποθεσία αρχαιολογικού χώρου**

Ο αρχαιολογικός χώρος των στηλών του Ολυμπίου Διός βρίσκεται νοτιοανατολικά της Ακροπόλεως, στο νότιο τμήμα της πόλης στην περιοχή του Ιλισσού στην **εικόνα 11** παρουσιάζεται ένα παλιό τοπογραφικό διάγραμμα της πόλης με τις σημαντικότερες θέσεις και με ισουΰφείς καμπύλες.



*Εικόνα 11. Τοπογραφικό διάγραμμα με τις σημαντικότερες θέσεις της αρχαίας Αθήνας. Στην νοτιοανατολική πλευρά της πόλης διακρίνεται το Ολυμπείον*



Βορείως του τεμένους διερχόταν δρόμος με γεωμετρικούς τάφους,

ενώ στα νότια του ιερού ανακαλύφθηκαν προϊστορικά όστρακα καθώς και κεραμική των αρχαϊκών και κλασικών χρόνων. Σήμερα εντοπίζεται μεταξύ των λεωφόρων Βασιλίσσης Αμαλίας, Ανδρέα Συγγρού, Αθανάσιου Διάκου, Αρδηττού και Βασιλίσσης Όλγας. Στην ευρύτερη περιοχή βρίσκονται το Καλλιμάρμαρο ή Παναθηναϊκό στάδιο, ο εθνικός κήπος, η πλατεία Συντάγματος, η βουλή των Ελλήνων και πλησίον του αρχαιολογικού χώρου βρίσκεται η πύλη του Αδριανού.

Η είσοδος στον ενιαίο χώρο του ολυμπίου γίνεται μόνο από το φυλάκιο της λεωφόρου Βασιλίσσης Όλγας. Από τον Σεπτέμβριο του 1999 έως και τον Ιούνιο του 2004 διενεργήθηκαν συστηματικές αρχαιολογικές ανασκαφικές εργασίες στο χώρο νοτίως του ολυμπίου, υπό την εποπτεία της Γ' ΕΠΚΑ, στο πλαίσιο της ενοποίησης των αρχαιολογικών χώρων της Αθήνας. Σκοπός της επέμβασης ήταν η προβολή, η ανάδειξη και η αποκατάσταση των μνημείων αλλά και η ανάπλαση του χώρου.

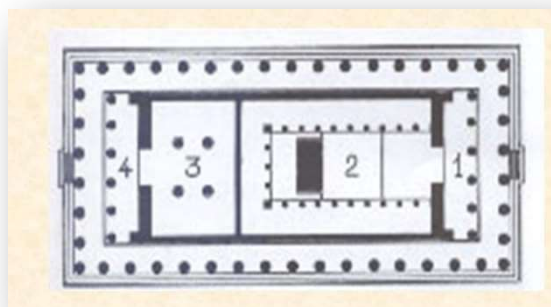
Σε αυτό το σημείο είναι απαραίτητο να γίνει μια μικρή αναφορά σχετικά με τη πύλη του Αδριανού αφού ήταν και ο άνθρωπος όπου ολοκλήρωσε το ναό όπως έχει αναφερθεί παραπάνω. Η πύλη του Αδριανού είναι μνημειώδης πύλη που μοιάζει σύμφωνα με ορισμένες απόψεις με ρωμαϊκή θριαμβική αψίδα. Κάλυπτε έναν αρχαίο δρόμο από το κέντρο της Αθήνας προς ένα συγκρότημα οικημάτων στην ανατολική πλευρά της πόλης στο οποίο συμπεριλαμβανόταν ο ναός του Ολυμπίου Διός. Το 131-132 μ.Χ. ιδρύθηκε από τους Αθηναίους έξω από τον περίβολο του Ολυμπίου στα βορειοδυτικά σε ένδειξη ευγνωμοσύνης προς τον αυτοκράτορα Αδριανό για τα πολυάριθμα έργα του στην Αθήνα. Στην *εικόνα 12* φαίνεται η θέση της πύλης του Αδριανού σε σχέση με το ναό του Ολυμπίου Διός.



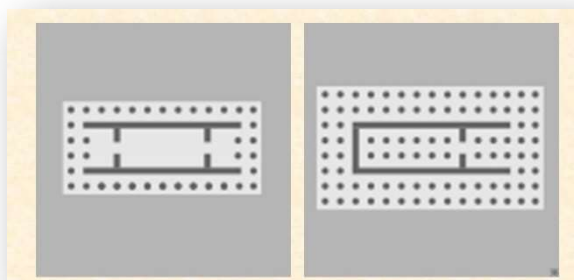
*Εικόνα 12. Πύλη του Αδριανού.*

Ο ναός χωρίζεται σε τρία μέρη:

- 1) Ο **πρόναος**. Είναι ένας μικρός χώρος που το συναντάμε στο μπροστινό μέρος του ναού
- 2) Ο **σηκός**. Είναι το κυρίως μέρος του ναού. Εδώ ήταν τοποθετημένο το άγαλμα του θεού.
- 3) Ο **οπισθόδομος**. Είναι ένας χώρος που βρίσκεται στο πίσω μέρος του ναού.
- 4) Σε μερικούς ναούς, όπως στον Παρθενώνα, υπάρχει και ένας τέταρτος χώρος πίσω από τον οπισθόδομο που λέγεται **οπισθόναος**

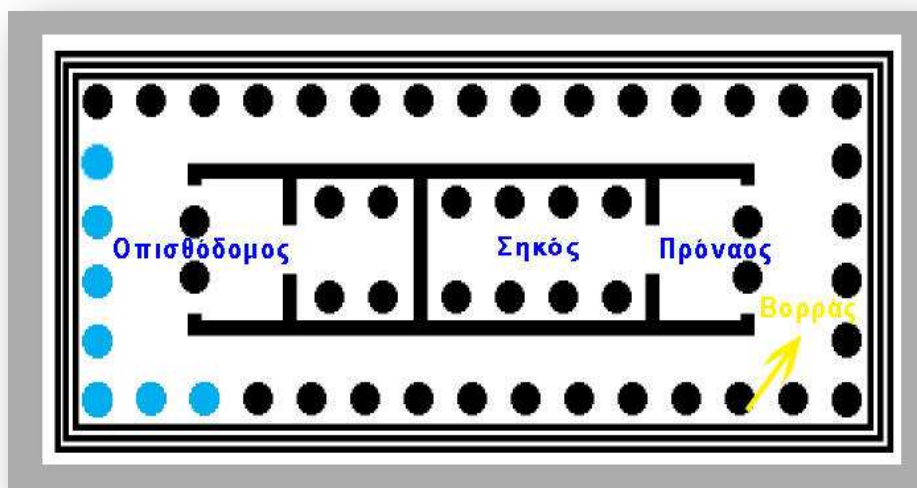


Εικόνα 13. Χώροι του ναού.



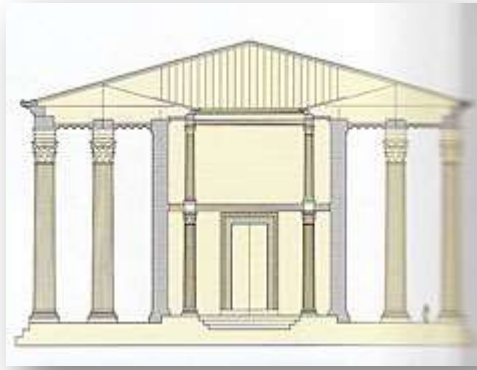
Εικόνα 14. Διαφορά περίπτερου και δίπτερου ναού.

Σειρές κίωνων, που ονομάζονται πτερόν, περιβάλλουν το σηκό απ' όλες τις πλευρές. Σ' αυτή την περίπτωση ο ναός ονομάζεται περίπτερος. Αν ο ναός περιβάλλεται από διπλό πτερόν τότε ονομάζεται δίπτερος. Στις εικόνες 13, 14 και 15 απεικονίζονται οι χώροι του ναού και η διαφορά δίπτερου και περιπτέρου ναού αντίστοιχα.

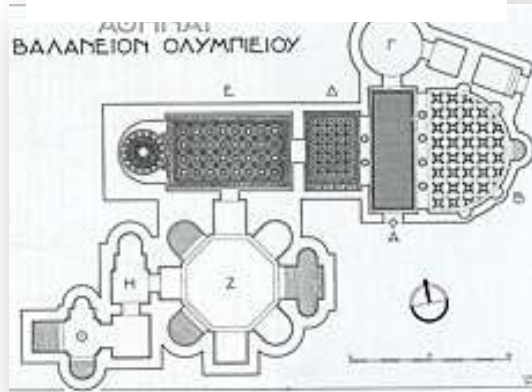


Εικόνα 15. Χώροι του ναού σύμφωνα με το βορά.

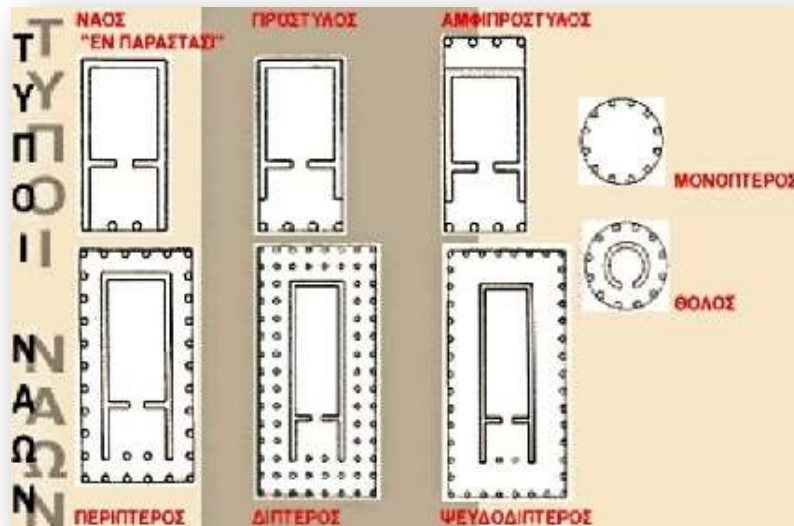
Ένα ρωμαϊκό βαλανείο το 131 μ.Χ. κτίστηκε πλησίον του ναού, που είναι γνωστό ως το Βαλανείο του Ολυμπίου, τμήμα του οποίου διατηρείται σε πολύ καλή κατάσταση μέχρι και σήμερα. Υπάρχει δε χώρος του βαλανείου και των βοηθητικών χώρων που κοσμούνται από ψηφιδωτές και μαρμάρινες πλάκες που σώζονται μέχρι και σήμερα. Στις **εικόνες 16 και 17** παρατηρείται μια τομή του ναού και η κάτοψη του βαλανείου αντίστοιχα. Έπειτα ενδεικτικά παρουσιάζονται κατόψεις από διάφορους τύπους ναών κορινθιακού ιωνικού ή δωρικού ρυθμού στην **εικόνα 19**. Τέλος, ανάλογα με τον αριθμό των σειρών από κίονες που περιστοιχίζουν το σηκό παίρνει και την αντίστοιχη ονομασία στην **εικόνα 18** φαίνονται αυτά τα είδη ναών.



**Εικόνα 16. Τομή του ναού.**



**Εικόνα 17. Κάτοψη του Βαλανείου.**

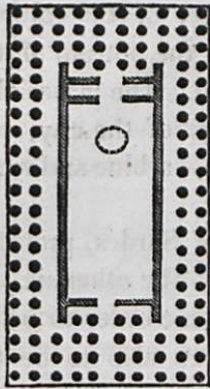


**Εικόνα 18. Τύποι ναών ανάλογα με τις σειρές των κίωνων.**

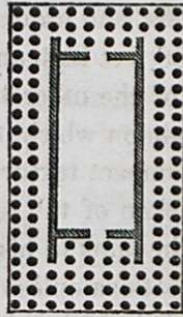


PLANS OF TEMPLES AT

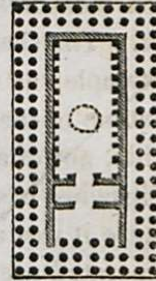
1. EPHEBUS, Ionic.  
425 feet long, 220 broad.



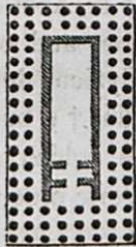
2. SAMUS, Ionic.  
346 x 189.



3. BRANCHIDÆ, Ionic.  
304 x 65.



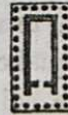
4. SARDES, Ionic.  
251 x 144.



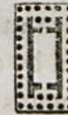
5. MAGNESIA, Ionic.  
198 x 105.



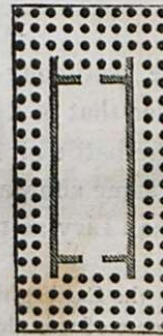
6. TEOS, Ionic.  
122 x 64.



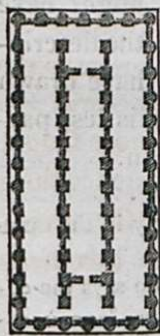
7. PRIENE, Ionic.  
122 x 63.



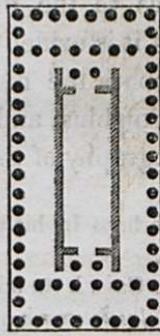
8. ATHENS (Olympium),  
Corinthian.  
354 x 171.



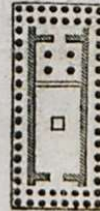
1. AGRIDENTUM,  
Doric.  
358 x 172.



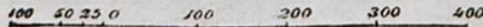
2. SELINUS,  
Doric.  
358 x 164.



4. ATHENS (Parthenon), Doric.



Scale.



Εικόνα 19. Τύποι ναών ανάλογα με τον ρυθμό.

## 2. Εξάρτηση τοπογραφικού στο ΕΓΣΑ 87

Μία από τις βασικές εργασίες που πρέπει να ακολουθηθεί όσον αφορά τις μετρήσεις πεδίου είναι η εξάρτηση του τοπογραφικού στο κρατικό σύστημα αναφοράς, όπου η αποτύπωση εξαρτάται απ' αυτό. Τα παλιότερα τοπογραφικά σχέδια μικρών εκτάσεων π.χ. αποτύπωση οικοπέδων εντάσσονταν σε αυθαίρετο σύστημα συντεταγμένων, για παράδειγμα έθεταν μια από τις στάσεις σε συντεταγμένες  $X=1000, Y=1000, Z=0$ . Τον αριθμό 1000 τον χρησιμοποιούσαν για να μην υπάρχουν αρνητικές τιμές στα  $X, Y$ . Ενώ για σχέδια μικρής κλίμακας δηλαδή μεγάλης έκτασης όπως τα ρυμοτομικά σχέδια πόλεως, κλίμακας 1:1000 ήταν ενταγμένα σε TM3. Η TM3 χρησιμοποιεί την εγκάρσια Μερκατορική προβολή των 3 μοιρών ενώ το σύστημα Hatt χρησιμοποιεί την πλάγια αζιμουθιακή προβολή του παλαιού Ελληνικού συστήματος με ελλειψοειδές του Bessel 1841. Η οποία χωριζόταν σε 130 φύλλα χάρτη κλίμακας 1:100.000 και την διαχειριζόταν η ΓΥΣ όμως δεν χρησιμοποιείται πλέον λόγω των παραμορφώσεων σε μεγάλες εκτάσεις. Σήμερα όπου το ισχύον κρατικό γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς είναι το ΕΓΣΑ '87 χρειάζεται για κάθε εφαρμογή ρυμοτομικού να γίνεται ένας μετασχηματισμός των συντεταγμένων από το παλιό σύστημα στο νέο (συνήθως χρησιμοποιείται ένας μετασχηματισμός ομοιότητας με κοινές κορυφές και στα δύο συστήματα) με σκοπό την σύνταξη τοπογραφικού σχεδίου.

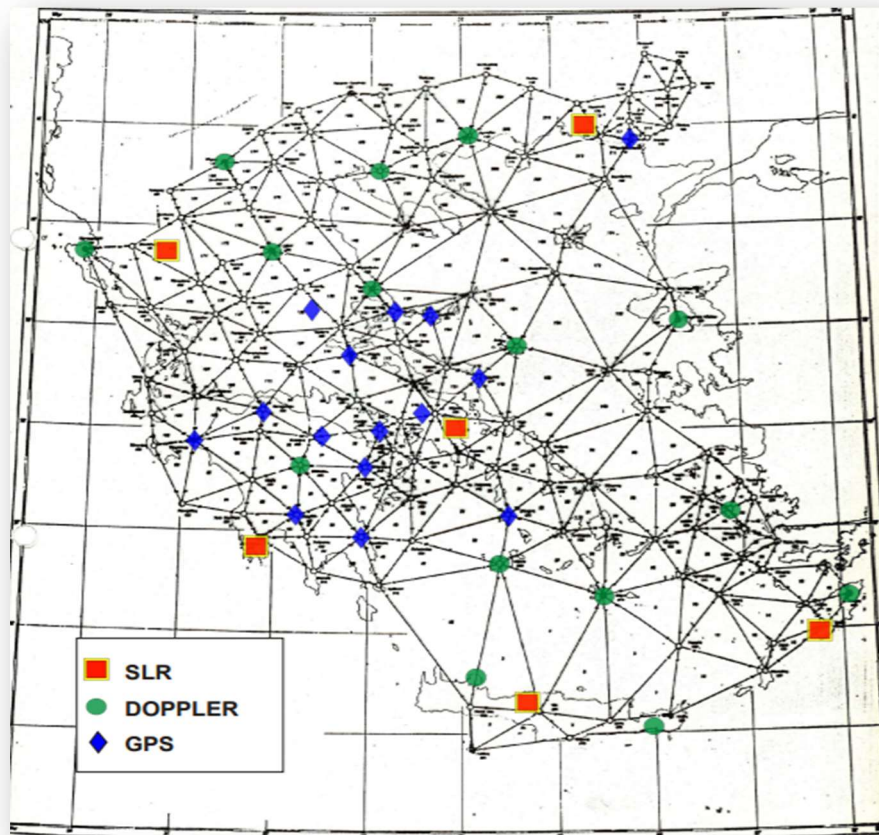
Γενικά ορθό είναι να υπάρχει ένα ενιαίο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς για ολόκληρο τον Ελλαδικό χώρο ώστε να γίνεται συσχέτιση για κάθε γεωγραφική οντότητα όπως για παράδειγμα είναι τα γεωτεμάχια στο κτηματολόγιο ή η κατασκευή μιας εθνικής οδού η οποία περιλαμβάνει μεγάλες εκτάσεις αποτύπωσης – χάραξης. Ένα “ζωντανό” παράδειγμα χρησιμότητας ενιαίου συστήματος αναφοράς είναι το κτηματολόγιο, όπου στην φάση της ανάρτησης για να δηλώσει (π.χ. δήλωση κτηματολογίου Δ.1 – Δ.2) ένα φυσικό ή νομικό πρόσωπο την ιδιοκτησία του στο σύστημα κτηματολογίου χρειάζεται απαραίτητα ένα τοπογραφικό σχέδιο. Το τοπογραφικό μπορεί να είναι είτε σε αυθαίρετο σύστημα όπως τα παλαιότερα τοπογραφικά, είτε στο ΕΓΣΑ '87. Το κτηματολόγιο σήμερα χρησιμοποιεί ως σύστημα αναφοράς το ΕΓΣΑ 87. Στο ίδιο σύστημα πρέπει να είναι και τα τοπογραφικά διαγράμματα που παραδίδουν στην υπηρεσία του Κτηματολογίου οι πολίτες ώστε να κατοχυρώνονται τα δικαιώματά τους. Στις περιπτώσεις που δεν υπάρχουν όρια περιφράξεις όπως για παράδειγμα σε αγροτεμάχια εκτός σχεδίου, με βάση τις συντεταγμένες και τα συμβόλαια με τις αντίστοιχες πλευρές των ορίων υπάρχει η δυνατότητα να εντοπιστούν.

### 2.1 Το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς '87

Σύμφωνα με τον καθηγητή Γ. Βέη ένα Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΓΣΑ) στην κλασική γεωδαισία αποτελείται από 3 βασικά στοιχεία:

1. Την επιλογή ενός γεωδαιτικού **datum** που δίνει αρχικές συντεταγμένες σε ένα θεμελιώδες σημείο και τις διαστάσεις ενός ελλειψοειδούς εκ περιστροφής και ο προσανατολισμός επιτυγχάνεται με αστρονομικές μεθόδους.
2. Την υλοποίηση του **γεωδαιτικού δικτύου** με μετρήσεις γωνιών και αποστάσεων και την συνόρθωση αυτού για τον υπολογισμό των κορυφών με συντεταγμένες  $\varphi, \lambda$  στο νέο datum.

3. Εφαρμογή με μια απεικόνιση του ελλειψοειδούς σε ένα επίπεδο που δίνει συντεταγμένες  $x,y$ , δηλαδή το **προβολικό σύστημα**



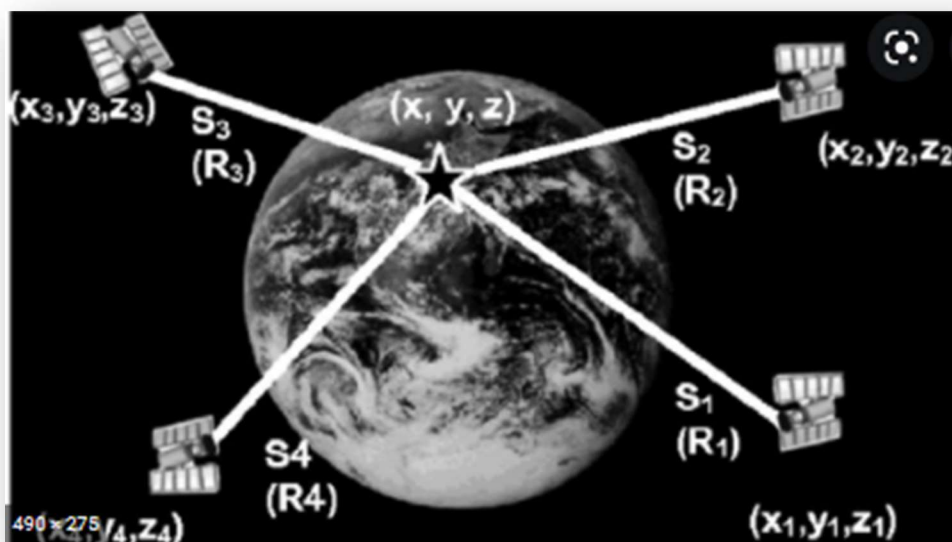
*Εικόνα 20. Δίκτυο του Herpos.*

Το ΕΓΣΑ '87 είναι το γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιείται σήμερα για κάθε τοπογραφική εργασία, χαρτογράφηση, κατασκευή δημοσίων και ιδιωτικών έργων, τακτοποίηση αυθαιρέτων, κτηματολόγιο κ.λπ. στον Ελλαδικό χώρο. Το θεμελιώδες σημείο είναι το τριγωνομετρικό βάθρο στον Διόνυσο Αττικής με συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ '87  $38^{\circ}4'33.8000''$  North,  $23^{\circ}55'51.00000''$  East,  $N=+7$  μ. (αποχή του γεωειδούς). Το Ε.Γ.Σ.Α. '87 ως Ελλειψοειδές Εκ Περιστροφής (ΕΕΠ) χρησιμοποιεί το GRS80 ίδιο με αυτό του WGS84, αλλά το καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων, με το ελλειψοειδές είναι παράλληλο μετατοπισμένο ως προς παγκόσμιο γεωκεντρικό σύστημα BTS87 ή και ως προς τα σύγχρονα ITRF πλαίσια αναφοράς, έτσι ώστε να προσαρμόζεται καλύτερα ως προς το γεωειδές του ελληνικού χώρου. Η προβολή που χρησιμοποιεί είναι η εγκάρσια Μερκατορική TM87 μιας ζώνης των 9 μοιρών με κάλυψη όλης της Ελλάδας, με κεντρικό μεσημβρινό  $\lambda=24^{\circ}$  ως προς τον μεσημβρινό του Greenwich, άξονα τετμημένων τον ισημερινό με τιμή σε αυτό  $\varphi=0^{\circ}$ , προσθετική σταθερά στις τεταγμένες  $X=500000$  ώστε να μην υπάρχουν αρνητικές τιμές (ως False Easting) και συντελεστή κλίμακας  $mo. = 0.9996$ , στην ουσία δέχεται μια μικρή παραμόρφωση με τον συντελεστή κλίμακας διότι από μια μη μαθηματική επιφάνεια όπως το γεωειδές διερχόμεστε σε μια μαθηματική όπως είναι το ΕΕΠ. Το σύστημα αυτό υλοποιείται από τις συντεταγμένες όλων των σημείων των κρατικών δικτύων Α', Β', Γ', και Δ' τάξης με περίπου 2500 σημεία σε όλη τη χώρα)



και μπορεί να συνδέεται με ικανοποιητική ακρίβεια με τα παγκόσμια συστήματα αναφοράς (ακρίβεια μερικών εκατοστών σε μικρές εκτάσεις της τάξης των μερικών χιλιομέτρων).

## 2.2 Το GPS



*Εικόνα 21. Δίκτυο δορυφόρων.*

Το GPS όπως φαίνεται και στην **εικόνα 21** (Global Positioning System) είναι ένα παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα προσδιορισμού θέσης συντεταγμένων, χρόνου και ταχύτητας. Λειτουργεί στην επιφάνεια της γης (ξηρά, θάλασσα, αέρα) όλο το 24ωρο και στο εγγύς διάστημα, ανεξάρτητα από καιρικές συνθήκες π.χ. έντονες βροχοπτώσεις και η μόνη δέσμευση είναι να υπάρχει ανοιχτός ορίζοντας ώστε να λαμβάνονται τα σήματα στο δέκτη από τους δορυφόρους. Το σύστημα σχεδιάστηκε την δεκαετία του 1970 από το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ, αναπτύχθηκε το 1980, έγινε επιχειρησιακό από τις αρχές του 1990. Εδώ και μερικά χρόνια η Αμερικανική Αεροπορία (USAF) έχει αναλάβει την ευθύνη για την πλήρη λειτουργία και υποστήριξη του συστήματος. Στα τέλη της δεκαετίας του 1990 ανακοινώθηκε η ουσιαστική βελτίωση και ο εκσυγχρονισμός του συστήματος. Πρόκειται για ένα στρατιωτικό και ταυτόχρονα πολιτικό σύστημα με πρωταρχικό σκοπό την κάλυψη των στρατιωτικών και πολιτικών αναγκών της πλοήγησης. Η πολιτική χρήση του GPS, όπως είναι οι τοπογραφικές και γεωδαιτικές εφαρμογές υψηλής ακρίβειας ή οι χαμηλής ακρίβειας εφαρμογές GIS αλλά και οι μαζικές εφαρμογές πλοήγησης και διαχείρισης στόλου οχημάτων, έγινε δυνατή ύστερα από έγκαιρη απόφαση των ΗΠΑ το 1983 με αφορμή ένα αεροπορικό δυστύχημα. Η αρχή λειτουργίας του δορυφορικού εντοπισμού είναι ίδια με αυτήν της οπισθοτομίας στην κλασική γεωδαισία, δηλαδή ως γνωστά σημεία αντί για τριγωνομετρικά βάρη χρησιμοποιούνται τουλάχιστον τέσσερις δορυφόροι, ενώ ως άγνωστη στάση χρησιμοποιείται ο γεωδαιτικός δέκτης GPS. Για την επίλυση χρειάζονται τουλάχιστον 4 δορυφόροι διότι οι άγνωστοι παράμετροι είναι οι τρεις συντεταγμένες X,Y,Z του αγνώστου σημείου και το σφάλμα χρονομέτρου του δέκτη

dt. Όμως για να υπάρχει μια βέλτιστη λύση σύμφωνα με την **Μέθοδο Ελαχίστων Τετραγώνων (MET)** ποτέ δεν αρκούν μόνον τέσσερις δορυφόροι. Το GPS ανήκει στην κατηγορία των GNSS που αποτελείται από τρία βασικά τμήματα:

- Τμήμα διαστήματος, δηλαδή τους 24 δορυφόρους που μοιράζονται σε έξι τροχιακά επίπεδα με την κάθε τροχιά να διαφέρει από την άλλη περίπου 60 μοίρες περιέχοντας 4 δορυφόρους σε απόσταση από την γη περίπου 20000 χιλιόμετρα.
- Το κέντρο ελέγχου, σταθμοί εδάφους οι οποίοι παρακολουθούν συνεχώς τους δορυφόρους και στέλνουν διορθώσεις π.χ. διόρθωση χρονομέτρου δορυφόρου σε εφημερίδες almanac.
- Τμήμα χρηστών, δηλαδή περιλαμβάνει τους δέκτες GPS που χρησιμοποιεί ο στρατός ή οι πολίτες.

### **2.2.2 Δορυφορικό σύστημα GLONASS**

Το Glonass είναι Ρωσικό δορυφορικό σύστημα πλοήγησης το οποίο αναπτύχθηκε το 1976 και ξεκίνησε η λειτουργία του το 1982 με πρωταρχικό σκοπό την ενίσχυση του Σοβιετικού στρατού. Αποτελείται από 24 συνολικά δορυφόρους με τους (21+3 εφεδρικούς) με τον εκάστοτε δορυφόρο να εκπέμπει τις δικιές του συχνότητες με ακρίβεια μέτρησης 2.8 m και 7.38 m. Αποτελείται από 3 τροχιές MEO (Medium Earth Orbit) με ύψος τροχιάς 19.130 km και κλίση 64.8° ως προς το ισημερινό επίπεδο και περίοδο περιστροφής 11h 15min. Θεωρείται 2° παγκοσμίως ευρέως δορυφορικό σύστημα πλοήγησης με παγκόσμια κάλυψη όπως και το αμερικανικό GPS. Οι περισσότεροι δέκτες GNSS λαμβάνουν δορυφόρους ταυτοχρόνως από δύο ή τρία συστήματα με αποτέλεσμα την λήψη σήματος από περισσότερους δορυφόρους και βελτίωση της ακρίβειας σε περιπτώσεις που υπάρχει δυσκολία στην ορατότητα μεταξύ δέκτη και δορυφόρου εξαιτίας εμποδίων (όπως κτίρια). Για παράδειγμα τα συστήματα αυτά μπορεί να είναι GPS, GLONASS και GALILEO.

### **2.2.3 Δορυφορικό Σύστημα GALILEO**

Το Galileo είναι Ευρωπαϊκό δορυφορικό σύστημα πλοήγησης το οποίο ξεκίνησε να λειτουργεί το 2011. Το σύστημα αυτό δημιουργήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση δια μέσου της Ευρωπαϊκής διαστημικής υπηρεσίας ESA (European Space Agency) με πολιτικό και εμπορικό σκοπό με ακρίβεια για πολιτικό κώδικα C/A της τάξης 1 m και για κρυπτογραφημένο κώδικα P ακρίβεια 1 cm. Συνολικά σχηματίζεται από 30 δορυφόρους με τους 27 από αυτούς να είναι ενεργοί και οι υπόλοιποι 3 να χρησιμεύουν ως ανταλλακτικά σε περίπτωση κάποιας βλάβης. Το ύψος των δορυφόρων φτάνει στα 23.222 km και κατανέμονται σε τρία τροχιακά επίπεδα τύπου MEO με 9 δορυφόρους η κάθε τροχιά και γωνία κλίσης 56° ως προς το ισημερινό επίπεδο. Το σύστημα αυτό καλύπτει με μεγάλη ακρίβεια το 99% της γήινης επιφάνειας και έχει σχεδιαστεί με σκοπό να εξυπηρετεί ακόμη και στις πιο δύσκολες συνθήκες ορατότητα. Η περίοδος περιστροφής είναι 14 ώρες, αποτελείται από είκοσι επίγειους σταθμούς παρακολούθησης και δυο κέντρα ελέγχου. Το ύψος των δορυφόρων φτάνει στα 23.600 km με φέροντες συχνότητες L1=1575,42 MHz (ίδια συχνότητα με την αντίστοιχη του GPS για λόγους συμβατότητας), E5= 1207,14 MHz και E6=1278,75 MHz. Ο συνδυασμός του Galileo με το σύστημα GPS αναμένεται να προσφέρει κάλυψη σε

αστικές περιοχές της τάξης 95% βελτιώνοντας σημαντικά την πλοήγηση σε περιβάλλον πόλης. Το σύστημα Galileo έχει το δικό του σύστημα ελέγχου και το δικό του πλαίσιο αναφοράς (GTRF Galileo Terrestrial Reference Frame) το οποίο είναι μια υλοποίηση του συστήματος ITRS της IERS. Διαφέρει από το WGS84 και τα άλλα ITRF πλαίσια κατά λίγα εκατοστά του μέτρου το οποίο θεωρείται αμελητέο για μαζικές εφαρμογές πλοήγησης. Για το χρόνο υπάρχει το σύστημα GST ( Galileo System Time) με συνεχή κλίμακα χρόνου και με διαφορά από τον χρόνο ΤΑΙ μικρότερη από περίπου 50 nanoseconds.

#### **2.2.4 Δορυφορικό σύστημα BEIDOU**

Το Beidou είναι κινέζικο δορυφορικό σύστημα πλοήγησης το οποίο ιδρύθηκε το έτος 2000 και η πρώτη φάση του συστήματος ολοκληρώθηκε το 2003 με κάλυψη την Κίνα και τις γειτονικές χώρες. Η ακρίβειά του φτάνει στα 3,6 m με παγκόσμια κάλυψη, στις χώρες της Ασίας και τον Ειρηνικό ωκεανό φτάνει τα 2,6 m, ενώ το κρυπτογραφημένο σήμα φτάνει έως και 10 cm. Συγκροτείται από συνολικά 37 δορυφόρους, οι 5 από αυτούς είναι γεωστατικοί και οι υπόλοιποι 32 είναι μη γεωστατικοί. Το μέσο ύψος τροχιάς των δορυφόρων φτάνει 21.500 km και αποτελείται από τροχιές τύπου GEO (Geosynchronous Equatorial Orbit) και MEO. Το Beidou έχει το δικό του σύστημα ελέγχου αποτελούμενο από ένα κεντρικό ελέγχου, δύο σταθμούς τηλεπικοινωνιών και τριάντα σταθμούς παρακολούθησης (monitor stations). Χρησιμοποιεί το γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς CGS2000 (China Geodetic Coordinate System 2000) το οποίο ταυτίζεται με το αντίστοιχο ITRF με μια ακρίβεια καλύτερη από 10 cm. Ο χρόνος Beidou ταυτίστηκε με τον χρόνο UTC (Universal Time Coordinated) στις 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2006.

#### **2.2.5 Δορυφορικό σύστημα QZSS**

Το QZSS (Quasi Zenith Satellite System) αφορά το Ιαπωνικό δορυφορικό σύστημα πλοήγησης το οποίο αναπτύχθηκε το 2002 με πολιτικό χαρακτήρα. Η έναρξη του ξεκίνησε στις 11 Σεπτεμβρίου του 2010. Αναπτύχθηκε από την Ιαπωνική κυβέρνηση με σκοπό την κάλυψη τοπικά για την χώρα της Ιαπωνίας και τις γύρω κοντινές περιοχές του Ειρηνικού Ωκεανού. Ένας άλλος σκοπός ήταν για να ενισχύσει το GPS στα συγκεκριμένα γύρω μήκη και πλάτη της Ιαπωνίας, αλλά παράλληλα να είναι και συμβατό με αυτό. Αποτελείται μόνο από 5 δορυφόρους και 3 τροχιές τύπου GSO (Geosynchronous Orbit) δηλαδή οι δορυφόροι περιστρέφονται με την ίδια γωνιακή ταχύτητα όπως και η Γη. Η ακρίβεια του φτάνει περίπου το 1 m.

#### **2.2.6 Δορυφορικό σύστημα IRNSS**

Το IRNSS (Indian Regional Navigation Satellite System) αποτελεί το Ινδικό δορυφορικό σύστημα πλοήγησης με πρώτη εκτόξευση το 2013. Το συγκεκριμένο σύστημα καλύπτει το κράτος της Ινδίας και την γύρω επεκτεινόμενη περιοχή κατά 1500 km από τα όρια. Ιδρύθηκε για στρατιωτικό αλλά παράλληλα και για πολιτικό. Περιέχει σε τροχιά GSO 8 συνολικά δορυφόρους σε ύψος 35.786 km. Η ακρίβεια του αγγίζει το 1 m για πολιτικό σήμα και 10 cm σε κρυπτογραφημένο.

### 2.3 Σφάλματα δορυφορικού εντοπισμού

Γενικά κάθε όργανο μετρήσεων που χρησιμοποιείται στην τοπογραφία επηρεάζεται από ένα συστηματικό σφάλμα έστω κι αν αυτό είναι πολύ μικρό (απειροελάχιστο σφάλμα) και δεν γίνεται αντιληπτό εμπειρικά με το μάτι του παρατηρητή. Τα σφάλματα σε γενικά πλαίσια κατηγοριοποιούνται σε χονδροειδή, συστηματικά και τυχαία.

- **Χονδροειδή:** τα σφάλματα που οφείλονται σε λάθος καταγραφή μέτρησης ή λάθος σκόπευση σημείου, λανθασμένη μέτρηση ύψους κεραίας κλπ.
- **Συστηματικά:** τα σφάλματα που επαναλαμβάνονται με την ίδια τιμή σε κάθε παρατήρηση, απαλείφονται εύκολα με διάφορες τεχνικές (π.χ. μετρήσεις με γεωδαιτικό σταθμό σε περιόδους για απαλοιφή σφάλματος διαίρεσης του κύκλου). Μερικά συστηματικά σφάλματα στις δορυφορικές παρατηρήσεις είναι το σφάλμα ολίσθησης κύκλων και σφάλμα πολυανάκλασης το οποίο αποφεύγεται με τον συνδυασμό κεραίας με διάταξη choke ring σπειροειδών δακτυλίων, αλλά χρησιμοποιείται κυρίως σε μόνιμους σταθμούς.
- **Τυχαία:** είναι τα σφάλματα που δεν μπορούν να εξαλειφθούν εκ των προτέρων, ωστόσο είναι δυνατή η μελέτη και η περιγραφή τους της συνολικής συμπεριφοράς τους με τα μαθηματικά εργαλεία της θεωρίας πιθανοτήτων και της στατιστικής και εκτιμώνται με βαθμούς εμπιστοσύνης όπως π.χ. 99% για  $\pm 3\sigma$  ή 95% για  $\pm 2\sigma$  μετρήσεις, όπου  $\sigma$  είναι η τυπική απόκλιση των παρατηρήσεων.

Οι πηγές σφαλμάτων του δορυφορικού εντοπισμού είναι πολλές, όμως οι τρεις βασικές κατηγορίες είναι τα σφάλματα που σχετίζονται με τους δορυφόρους, αυτά που αφορούν τους δέκτες και τα σφάλματα που οφείλονται στην διάδοση του σήματος, παρακάτω αναλύονται ορισμένα απ' αυτά:

- **Σφάλμα τροχιάς δορυφόρων**, οφείλεται στο σφάλμα της τροχιάς, θέσης και ταχύτητας του δορυφόρου από την πραγματική του θέση, δηλαδή την θέση με βάση τις παρατηρήσεις για τον υπολογισμό των τροχιών και των μαθηματικών μοντέλων που χρησιμοποιούνται.
- **Σφάλμα ρολογιού δορυφόρου**, οφείλεται στον μη συγχρονισμό του ατομικού ρολογιού του δορυφόρου με το χρόνο GPS. Στον διαφορικό εντοπισμό το σφάλμα αυτό απαλείφεται από παρατηρήσεις με χρήση κατάλληλων γραμμικών συνδυασμών.
- **Σφάλμα ρολογιού δέκτη**, είναι ο μη συγχρονισμός του ρολογιού του δέκτη με την κλίμακα χρόνου του GPS.
- **Μεταβολές κέντρων φάσης της κεραίας**, είναι το σφάλμα που οφείλεται στο σημείο αναφοράς της κεραίας (Antenna Reference Point ARP) ως προς το οποίο προσδιορίζεται και το ύψος κεραίας. Το ηλεκτρικό κέντρο της κεραίας ή αλλιώς το κέντρο φάσης κεραίας (Antenna Phase Center APC) είναι το σημείο όπου γίνεται η λήψη των δορυφορικών σημάτων στο οποίο αναφέρονται οι μετρήσεις. Το κέντρο φάσης δεν ταυτίζεται με το σημείο ARP. Στην πραγματικότητα είναι διαφορετικό για κάθε φορέα L1, L2 και μεταβάλλεται

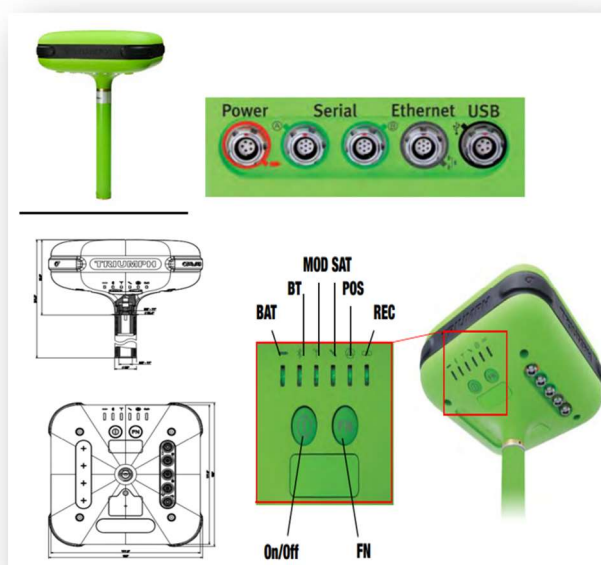
συναρτήσει της κατεύθυνσης του δορυφορικού σήματος (αζιμούθιο και γωνία ύψους).

- **Τυχαίο σφάλμα παρατήρησης**, είναι το αναπόφευκτο σφάλμα, ο όρος τυχαίος αντανακλά το σφάλμα που κατά μέσο όρο τείνει προς το μηδέν όσο αυξάνονται οι επαναλήψεις της μέτρησης, κάτω από τις ίδιες συνθήκες.
- **Σφάλμα αβεβαιότητας του γνωστού σημείου**, δηλαδή οποιοδήποτε σφάλμα στη θέση του σημείου που διατηρείται σταθερό κατά την επίλυση μιας βάσης GPS (σχετικός ή αλλιώς διαφορικός εντοπισμός). Επηρεάζει συστηματικά τις εκτιμήσεις των συνιστωσών ( $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ ). Γενικά η αβεβαιότητα των προσεγγιστικών τιμών του σημείου αναφοράς δεν πρέπει να ξεπερνά στη χειρότερη περίπτωση τα 10 μ.
- **Τροποσφαιρικό σφάλμα**, το σφάλμα αυτό οφείλεται στην στρώση της τροπόσφαιρας και επηρεάζει την διάδοση του σήματος, δηλαδή διαθλά το σήμα με συνέπεια αυτό να καθυστερήσει να φθάσει στο σημείο κέντρου φάσης της κεραίας. Μια πολύ μικρή καθυστέρηση της τάξης του 1 milli second σημαίνει σφάλμα περίπου 299.792 μέτρα δηλαδή στρογγυλοποιημένα περίπου 300 km, οπότε είναι προφανές ότι τα χρονόμετρα θα πρέπει να είναι πολύ υψηλής ακρίβειας. Για την μείωση των ατμοσφαιρικών σφαλμάτων γίνονται αποδεκτοί δορυφόροι που έχουν γωνία ύψους πάνω από ένα όριο, συνήθως πάνω από 15° αποκοπτόμενη γωνία ύψους. Η τροποσφαιρική καθυστέρηση εξαρτάται από την θερμοκρασία, την πίεση και την υγρασία της ατμόσφαιρας. Δεν μπορεί να απαλειφθεί με δέκτες δύο συχνοτήτων όπως και το σφάλμα της ιονόσφαιρας, αλλά μπορεί να υπολογισθεί σε ικανοποιητικό βαθμό από γνωστά τυπικά μοντέλα για μικρές βάσεις. Επίσης όσο αυξάνεται το υψόμετρο του δέκτη μειώνεται το σφάλμα, είναι απαραίτητο να σημειωθεί ότι με τις “διπλές διαφορές” το τροποσφαιρικό σφάλμα σχεδόν απαλείφεται. Μερικά από τα γνωστά μοντέλα που έχουν χρησιμοποιηθεί για την μείωση της επίδρασης του είναι το μοντέλο Hopfield το οποίο χρησιμοποιείται σε αρκετά λογισμικά επεξεργασίας μετρήσεων GPS και υπολογίζει την τροποσφαιρική επίδραση για κάθε δορυφόρο ως άθροισμα ξηρού και υγρού παράγοντα. Άλλα μοντέλα συνόρθωσης τροποσφαιρικού σφάλματος είναι το Saastamoinen, συνάρτηση απεικόνισης VMF (Vienna Mapping Function) κλπ.
- **Ιονοσφαιρικό σφάλμα**, η ιονόσφαιρα είναι το τμήμα της ατμόσφαιρας που επεκτείνεται από 50 km έως 1000 km πάνω από την γη και χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη ιονίζοντων αερίων ( $O_2, H_2, He, N_2$ ), κυρίως ελεύθερων ηλεκτρονίων και θετικών ιόντων. Η ιονόσφαιρα αποτελεί μέσο διασποράς του σήματος GPS, και ο δείκτης διάθλασης εξαρτάται από τη συχνότητα του σήματος για αυτό και οι μετρήσεις για την απαλοιφή του θα πρέπει να γίνονται σε δύο συχνότητες L1, L2. Η ιονοσφαιρική καθυστέρηση είναι ανάλογη της πυκνότητας των ηλεκτρονίων TEC (Total Electron Content) ανά  $m^2$  και αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της συχνότητας  $f$  του φορέα L1 ή L2, δηλαδή σε υψηλές συχνότητες το σφάλμα μειώνεται.

## 2.4 Η ένταξη του αρχαιολογικού χώρου στο Ε.Γ.Σ.Α. 87

Η εξάρτηση του τοπογραφικού διαγράμματος αρχαιολογικού χώρου έγινε μέσω δορυφορικού εντοπισμού με σύστημα GNSS (Global Navigation Satellite Systems). Τα συστήματα τα οποία ανήκουν σε αυτή την κατηγορία του GNSS είναι το GPS (Global Positioning System), Galileo (Ευρωπαϊκό σύστημα εντοπισμού θέσης), Beidou / Compass (Κινέζικο σύστημα ), Glonass (το Ρωσικό σύστημα ), QZSS (Ιαπωνικό ) και το IRNSS (Ινδικό). Το σύστημα όμως που χρησιμοποιήθηκε για την εξάρτηση δηλαδή την ένταξη των πολυγωνικών σημείων (στάσεις) ή αλλιώς της πύκνωσης του δικτύου στο ΕΓΣΑ '87 (Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς ) ήταν το GPS. Η μέθοδος που ακολουθήθηκε για την εξάρτηση ήταν ο **στατικός σχετικός εντοπισμός**. Η μέθοδος αυτή ακολουθείται για τοπογραφικές και γεωδαιτικές εφαρμογές, όπως και στα δίκτυα GPS χρησιμοποιείται η ίδια μέθοδος επειδή προσφέρει υψηλές ακρίβειες (π.χ. του 1cm ενδεχομένως και καλύτερη όταν πραγματοποιούνται μετρήσεις σε πολλές περιόδους). Ενώ ο απόλυτο εντοπισμός παρέχει χαμηλές ακρίβειες για αυτό και δεν χρησιμοποιείται σε γεωδαιτικές μετρήσεις. Στη στατική μέθοδο παραμένουν ακίνητοι οι δέκτες καθ' όλη την διάρκεια των παρατηρήσεων. Στον σχετικό εντοπισμό για την επίλυση της βάσης παρατηρούνται ταυτόχρονα μεταξύ δύο δεκτών (base – rover) οι δορυφόροι οπότε οι παρατηρήσεις θεωρούνται και ισοβαρείς μέχρι για δεκάδες χιλιόμετρα, αυτό όμως που υπολογίζεται με μεγάλη ακρίβεια μεταξύ των δεκτών είναι οι συνιστώσες της βάσης  $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$  στο σύστημα WGS84 του GPS το οποίο στην συνέχεια με έναν 3Δ ή 2Δ μετασχηματισμό ομοιότητας μετατρέπεται μετασχηματισμού στο τοπικό σύστημα αναφοράς το Ε.Γ.Σ.Α '87 με τουλάχιστον 3 κοινά σημεία και στα δύο συστήματα ώστε να βρεθούν οι άγνωστοι συντελεστές της εξίσωσης.

### 2.4.1 Χαρακτηριστικά Δέκτη JAVAD GNSS Triumph-1



Εικόνα 22. Γεωδαιτικός δέκτης Javad GNSS Triumph - 1



Πριν περιγραφεί η διαδικασία συλλογής δεδομένων και οι επιλύσεις των βάσεων, αναλύονται σε πρώτο βήμα τα χαρακτηριστικά του δέκτη Javad GNSS Triumph-1 (εικόνα 22). Ο συγκεκριμένος δέκτης μπορεί να λάβει και να επεξεργαστεί πολλαπλά σήματα όπως *GPS L1, L2, L2C, L5, Glonass L1, L2 και Galileo σήματα*, προσφέροντας έτσι βελτιωμένη ακρίβεια ακόμη και σε δύσβατα σημεία. Ο δέκτης φαίνεται στην *εικόνα 22*. Αποτελείται από **216 κανάλια** για τον εγκλωβισμό των δορυφορικών σημάτων, φέρει εσωτερικές μπαταρίες με ισχύ **4400 mAh**, έχει δύο θύρες δεδομένων, έλεγχο για καταγραφή δεδομένων (MinPad), εσωτερικό μόντεμ ραδιοφώνου, ασύρματο, Bluetooth και μονάδα GSM για εισαγωγή κάρτας SIM σε περίπτωση επικοινωνίας base- rover σε πραγματικό χρόνο (RTK μετρήσεις) για αποστολή διορθώσεων από τον base προς τον rover με τύπο μηνύματος **RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Service)** πρωτόκολλο επικοινωνίας. Ενώ για εφαρμογές μετεπεξεργασίας (post-processing) όπως και στις μετρήσεις που έγιναν για τον αρχαιολογικό χώρο, οι δέκτες καταγράφουν τη φάση του κώδικα ή την φέρουσα συχνότητα χωριστά από κοινούς δορυφόρους και κατά το ίδιο χρονικό διάστημα, όπου αυτά στην συνέχεια μεταφέρονται με καλώδιο usb ή μέσω σειριακής θύρας στον υπολογιστή για μετεπεξεργασία μέσω κατάλληλου λογισμικού. Μερικά από τα χαρακτηριστικά του δέκτη Javad Triumph-1 περιγράφονται παρακάτω αναλυτικά από το εγχειρίδιο χρήστη του δέκτη στην *εικόνα 23*.

Latency	Delay mode – 20 msec to 20 sec (depends on latency which receives corrections data from base receiver) Extrapolation – 20 to 30 msec
Raw Data logging	The receiver can record raw data at another interval during RTK operation
Status	Fix, Float, DOP, Data Link Status, Receiver Latency, Common satellites, Percentage of fixing
Results	RTK coordinates, HRMS, VRMS, Covariance Matrix
Ambiguity fixing level	Selectable thresholds Low: 95%; Medium: 99.5%; High: 99.9%
<b>Survey Modes</b>	
Base or Rover	Static, Fast Static Kinematic (Stop and Go) RTK (Real-time Kinematic) DGPS (Differential GPS) SBAS DGPS
<b>Survey Accuracy</b>	
Autonomous	< 2m
Static, Fast Static	Horizontal: $0.3 \text{ cm} + 0.5 \text{ ppm} * \text{base\_line\_length}^2$ Vertical: $0.5 \text{ cm} + 0.5 \text{ ppm} * \text{base\_line\_length}$
Kinematic, RTK	Horizontal: $1 \text{ cm} + 1 \text{ ppm} * \text{base\_line\_length}$ Vertical: $1.5 \text{ cm} + 1 \text{ ppm} * \text{base\_line\_length}$
RTK (OTF)	Horizontal: $1 \text{ cm} + 1 \text{ ppm} * \text{base\_line\_length}$ Vertical: $1.5 \text{ cm} + 1 \text{ ppm} * \text{base\_line\_length}$
DGPS	< 0.25 m Post Processing, < 0.5 m Real Time
Cold Start	< 35 sec
Warm Start	< 5 sec
Reacquisition	< 1 sec

*Εικόνα 23. Χαρακτηριστικά δέκτη GPS*

Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά που πρέπει να παρατηρηθούν στο εγχειρίδιο χρήστη του δέκτη είναι η ακρίβεια της μεθόδου σχετικού προσδιορισμού θέσης (*survey accuracy*). Η ακρίβεια εντοπισμού θέσης με στατικό εντοπισμό είναι της τάξης του  $\pm 3\text{mm} + 0,5 \text{ ppm} \times \text{μῆκος βᾶσης}$  οριζοντιογραφικά και  $\pm 5\text{mm} + 0,5 \text{ ppm} \times \text{μῆκος βᾶσης}$  για κατακόρυφα, ενώ για τη μέθοδο εντοπισμού σε πραγματικό χρόνο

χαμηλώνει η ακρίβεια ίσα με  $\pm 10\text{mm} + 1\text{ppm} \times \text{μήκος βάσης οριζοντιογραφικά}$  και  $\pm 15\text{mm} + 1\text{ppm} \times \text{μήκος βάσης κατακόρυφα}$ . Οπότε όσο αυξάνεται η βάση άλλο τόσο μειώνεται η ακρίβεια εντοπισμού, δηλαδή είναι ανάλογα ποσά η βάση με το σφάλμα. Όσο μεγαλύτερη απόσταση έχουν οι δέκτες (base-rover) μεταξύ τους τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η επίδραση των ατμοσφαιρικών σφαλμάτων, σε αντίθετη περίπτωση δηλαδή οι δέκτες βρίσκονται σε απόσταση έως 5km τότε η ατμόσφαιρα θεωρείται σχεδόν ίδια για αυτό το λόγο η ακρίβεια είναι η βέλτιστη. Ένα άλλο πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό είναι το *latency*, δηλαδή η καθυστέρηση της λήψης των διορθώσεων μεταξύ του rover και του base, η οποία κυμαίνεται από **20 msec** έως και **20 sec**. Το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος βάσης είναι 50 km, παρόλα αυτά μπορεί να επιτευχθεί καλύτερη ακρίβεια και με μεγαλύτερη βάση, αλλά η συγκεκριμένη τιμή θεωρείται ιδανική σε περίπτωση σχεδιασμού δικτύου. Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης του δέκτη με δίκτυα GNSS όπως το Hepos (Hellenic Positioning System) κ.α.

#### **2.4.2 Μετρήσεις πεδίου – Επιλύσεις βάσεις GNNS**

Ο αρχαιολογικός χώρος του ναού του Ολυμπίου Διός προκειμένου να αποτυπωθεί πρέπει σε πρώτο στάδιο να δημιουργηθούν βασικά σημεία αναφοράς τα οποία ονομάζονται τριγωνομετρικά. Σε αυτά τα σημεία θα στηριχτεί η όδευση και ολόκληρη η αποτύπωση αφού θα εξαρτηθούν στο Ε.Γ.Σ.Α. 87. Το πλήθος που ήταν απαραίτητο να προσδιοριστούν ήταν 4 τουλάχιστον, ώστε να υπάρχουν όλες οι δυνατότητες σχεδιασμού οδεύσεων. Οι οδεύσεις που έχουν τη δυνατότητα σχεδιασμού με αυτόν τον αριθμό τριγωνομετρικών είναι η ανοικτή εξαρτημένη όδευση και με προσανατολισμό από τα δύο άκρα στην οποία απαιτούνται τέσσερα τριγωνομετρικά σημεία, είτε κλειστή όδευση εξαρτημένη και με προσανατολισμό στην οποία απαιτούνται δύο τριγωνομετρικά σημεία. οπότε με τέσσερα σημεία υπάρχουν όλα τα ενδεχόμενα και ταυτόχρονα με δυνατότητα ελέγχου όταν είναι και από τα δύο άκρα. Όμως στον αρχαιολογικό χώρο υπήρχαν είδη υλοποιημένα τέσσερα τριγωνομετρικά σημεία T1, T2, T3, T4 στο έδαφος από τοπογράφο μηχανικό της εφορείας αρχαιοτήτων, αυτά φαίνονται στις παρακάτω *εικόνες 24, 25, 26 και 27* που ακολουθούν.



*Εικόνα 24. Τριγωνομετρικό σημείο 1*



*Εικόνα 25. Τριγωνομετρικό σημείο T2*



*Εικόνα 26. Τριγωνομετρικό σημείο T4*





*Εικόνα 27. Τριγωνομετρικό T3 με εγκατάσταση του οργάνου.*

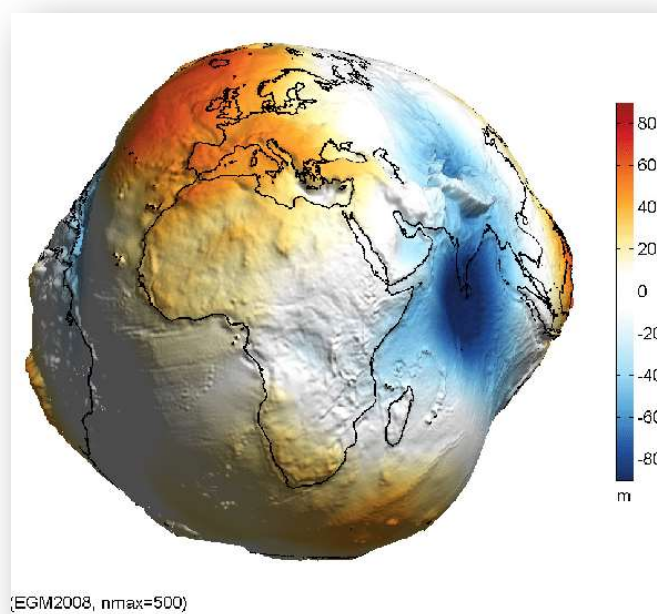
Στην *εικόνα 28* παρατηρείται σε κοντινή όψη ένα από τα τριγωνομετρικά που βρίσκονται εντός του αρχαιολογικού χώρου. Έχει δημιουργηθεί από την Εφορεία Αρχαιοτήτων με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ευδιάκριτο και σταθερά τοποθετημένο με σκοπό να μη χαθεί. Όπως φαίνεται γύρω από το μπουλόνι έχει ξύλινο περίβλημα, στο εσωτερικό του ξύλου υπάρχει σκυρόδεμα και στο κέντρο ένα μπρούτζινο μπουλόνι με μια μικρή οπή όπου σε αυτή οριζοντιώνεται και κεντρώνεται ο γεωδαιτικός σταθμός.



*Εικόνα 28. Τριγωνομετρικό σημείο T3 σε κοντινή όψη.*

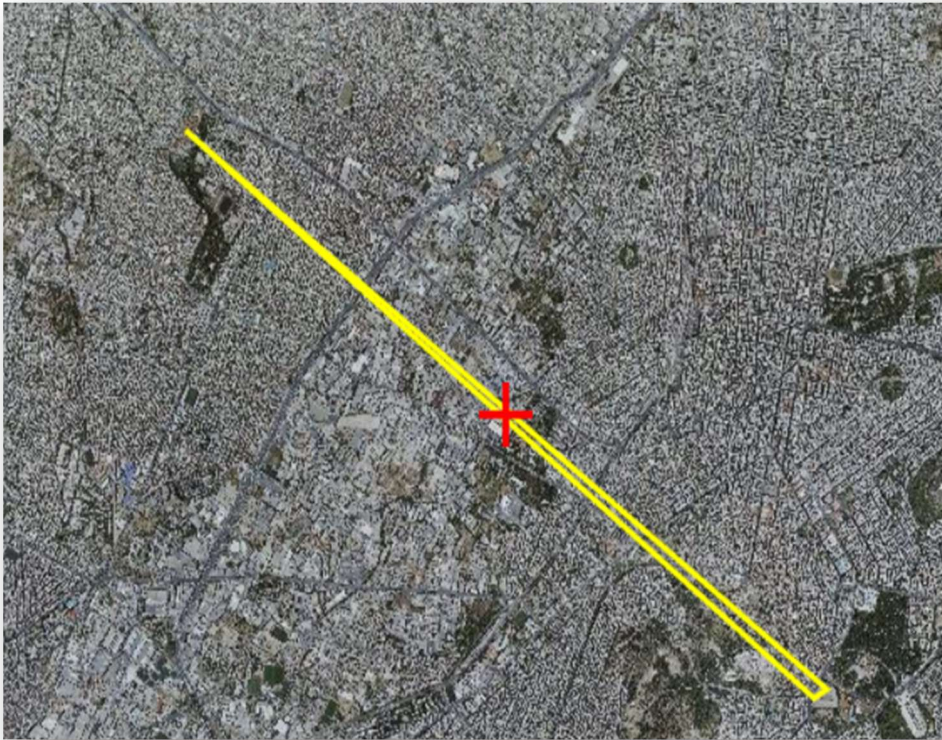
Μολονότι υπάρχουν ήδη τα σημεία αυτά από την Εφορεία Αρχαιοτήτων Αθηνών τα οποία αναφέρονται στο Ε.Γ.Σ.Α. '87, επαναλήφθηκαν μετρήσεις ώστε να συγκριθούν οι τελικές συντεταγμένες GNSS με τις ήδη προϋπάρχουσες του τοπογράφου μηχανικού της υπηρεσίας. Ο σχεδιασμός των μετρήσεων περιέχει τους δύο τριγωνισμούς με σταθερό σημείο τον μόνιμο σταθμό του Π.Α.Δ.Α. που απέχει απόσταση 6,23 χιλιόμετρα από τα τριγωνομετρικά του αρχαιολογικού χώρου. Θεωρείται ως γνωστό τριγωνομετρικό με συντεταγμένες  $X=471362.041 \mu$ ,  $Y=4205885.376 \mu$ ,  $H=69.638 \mu$ , στην Προβολή TM87 του Ε.Γ.Σ.Α.'87 για τις οριζοντιογραφικές συντεταγμένες, ενώ το ορθομετρικό υψόμετρο αναφέρεται στο γεωειδές μοντέλο *EGM08 (Earth Gravitational Model 2008)* όπως φαίνεται και στην *εικόνα 29*. Στις *εικόνες 30, 31 και 32* παρουσιάζονται οι τριγωνισμοί μέσω των σημείων όπως αυτά εισήχθησαν στην ιστοσελίδα του κτηματολογίου.

Ο σταθμός ονομάζεται ΤΕΙΑΤΗ1 και βρίσκεται εγκατεστημένος στο κτίριο της Σχολής Μηχανικών στην Πανεπιστημιούπολη του Άλσους Αιγάλεω. Ο σταθμός αυτός συλλέγει δεδομένα του δορυφορικού συστήματος εντοπισμού και σύντομα θα μπορεί να υποστηρίξει και τα συστήματα GLONASS, GALILEO και BEIDOU. Ο σταθμός βρίσκεται σε πλήρη λειτουργία και είναι έτοιμος άμεσα να διαθέσει δεδομένα σε όλους τους χρήστες δεκτών GPS ανεξαρτήτως κατασκευαστή, αρκεί να έχουν τη δυνατότητα να συνδεθούν στο Internet. Ο ρυθμός καταγραφής των δεδομένων είναι 30 second και η γωνία αποκοπής των δορυφορικών σημάτων  $10^\circ$ . Τα δεδομένα καταγράφονται σε ημερήσια αρχεία.

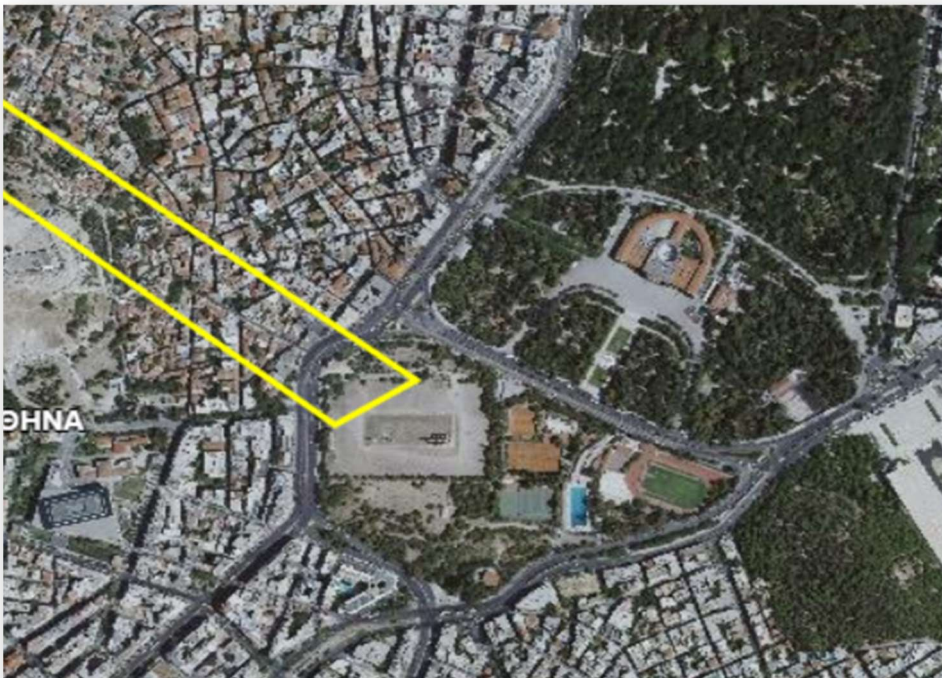


*Εικόνα 29. Γεωειδές μοντέλο EGM08.*





*Εικόνα 30. Τριγωνισμός μόνιμου σταθμού ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ με τα τριγωνομετρικά T1 και T2*



*Εικόνα 31. Ο τριγωνισμός T1 - T2 σε μεγαλύτερη κλίμακα*





*Εικόνα 32. Τριγωνισμός T3 - T4 σε μεγαλύτερη κλίμακα.*

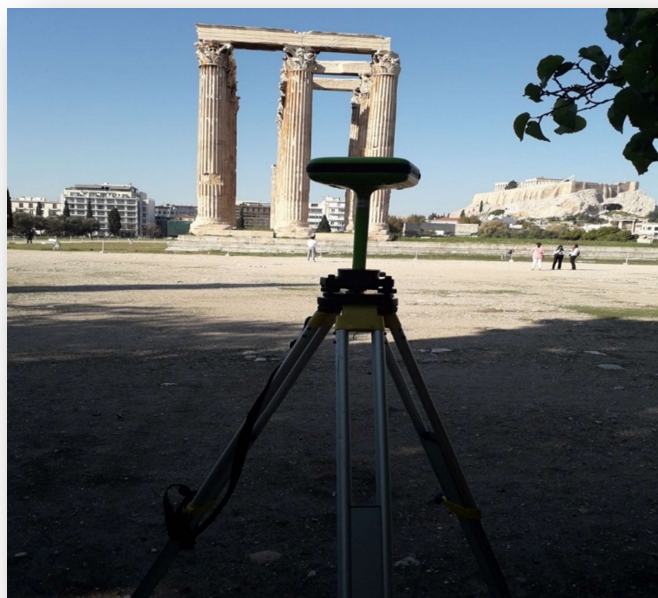
Τα δύο τρίγωνα μετρήθηκαν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές διότι υπήρχαν διαθέσιμοι μόνο δύο δέκτες GNSS της εταιρείας JAVAD, ένας base και ένας rover με τύπο κεραίας **JAV-TRIUMPH\_1+NONE**. Το πρώτο τρίγωνο που μετρήθηκε ήταν ο μόνιμος σταθμός teiath-T3-T4 με τον base δέκτη στημένο στο T3 και τον rover στο T4 με διάστημα χρόνου μέτρησης **10:23 (έναρξη) – 11:26 (λήξη) συνολικός χρόνος 1 ώρα και 3 λεπτά**. Ο δεύτερος τριγωνισμός ήταν ο teiath-T1-T2 με διάστημα χρόνου μέτρησης **11:57(έναρξη) – 12:58 (λήξη) με συνολικό χρόνο 1 ώρα, με ημερομηνία μετρήσεων 6-11-2018**. Οι δέκτες τοποθετήθηκαν σε τρίποδα ώστε να οριζοντιωθούν-κεντρωθούν στα τέσσερα τριγωνομετρικά που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Στις **εικόνες 33, 34, 35 και 36** απεικονίζεται ο δέκτης GPS τοποθετημένος στα τριγωνομετρικά.



*Εικόνα 33. Τοποθέτηση δέκτη GPS σε τριγωνομετρικό σημείο.*



*Εικόνα 34. Ενδείξεις δέκτη GPS.*



*Εικόνα 35. Οριζοντίωση - Κατακορύφωση δέκτη GPS.*



*Εικόνα 36. Τρικόγλιο με σφαιρική αεροστάθμη και οπτική κέντρωση.*

Με την ολοκλήρωση των μετρήσεων GPS στο πεδίο τα δεδομένα εισήχθησαν στο πρόγραμμα Topcon-tools για τις επιλύσεις βάσεων. Τα δεδομένα του μόνιμου σταθμού λήφθηκαν από την διεύθυνση [http://gpsmet.tg.teiath.gr/gps\\_station/](http://gpsmet.tg.teiath.gr/gps_station/) σε μορφή **RINEX (Receiver Independent Exchange)** ουδέτερου αρχείου, αναζητώντας την χρονική περίοδο των παρατηρήσεων με βάση την ημερομηνία εκτέλεσής τους όπως φαίνεται στην *εικόνα 37*.



**Index of /gps\_station/2018/11**

Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory		-	
01/	2018-11-02 03:00	-	
02/	2018-11-03 03:00	-	
03/	2018-11-04 02:59	-	
04/	2018-11-05 02:59	-	
05/	2018-11-06 02:59	-	
06/	2018-11-07 02:59	-	
07/	2018-11-08 02:59	-	
08/	2018-11-09 03:00	-	
09/	2018-11-10 03:00	-	
10/	2018-11-11 03:00	-	
11/	2018-11-12 03:00	-	
12/	2018-11-13 03:00	-	
13/	2018-11-14 03:00	-	
14/	2018-11-15 02:59	-	
15/	2018-11-16 03:00	-	
16/	2018-11-17 03:00	-	
17/	2018-11-18 03:00	-	
18/	2018-11-19 03:00	-	
19/	2018-11-20 03:00	-	
20/	2018-11-21 03:00	-	

Εικόνα 37. Λήψη παρατηρήσεων για το μόνιμο σταθμό με ημερομηνία εκτέλεσης 6-11-2018.

Το αρχείο Rinex που φαίνεται στις εικόνες 38, 39 και 40 είναι σε format ascii file και έχει γίνει διεθνώς αποδεκτό με σκοπό τη δυνατότητα επεξεργασίας παρατηρήσεων από δέκτες διαφορετικών εταιρειών σε οποιοδήποτε λογισμικό GPS, όμως κάθε εταιρεία χρησιμοποιεί το δικό της format για επεξεργασία στο δικό της λογισμικό, όμως το rinex είναι ουδέτερο αρχείο και λειτουργεί σε όλα προγράμματα κατασκευαστών δεκτών GPS. Οι παρατηρήσεις των μετρήσεων GPS βρίσκονται στο αρχείο με κατάληξη «.o»

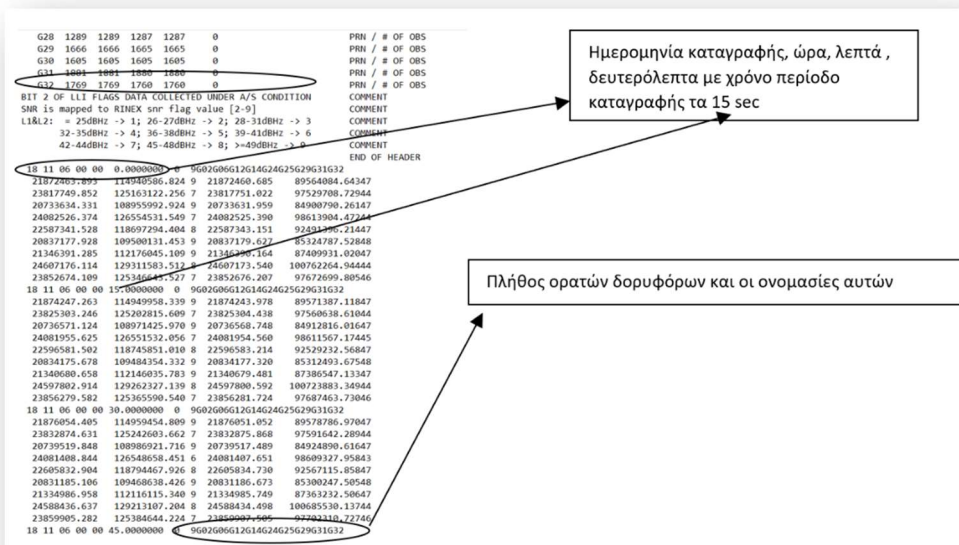
2.11		OBSERVATION DATA		G		RINEX VERSION / TYPE	
Spider V2,2,0,2470		2018 11 06 23:59		PGM / RUN BY / DATE			
TEIATH1				MARKER NAME			
TEIA				MARKER NUMBER			
464756		LEICA GRX1200PRO		OBSERVER / AGENCY			
		LEIAX1202GG		REC # / TYPE / VERS			
		8.10/3.54		ANT # / TYPE			
4608775.4884		2020762.0737		3905753.0884		APPROX POSITION XYZ	
0.5490		0.0000		0.0000		ANTENNA: DELTA H/E/N	
1		1				WAVELENGTH FACT L1/2	
5		C1		L1		# / TYPES OF OBSERV	
15.000		P2		L2		INTERVAL	
2018		11		06		00 00 0.0000000	
2018		11		06		23 59 45.0000000	
18						GPS	
31						GPS	
G 1		1454		1454		1454 1454 0	
G 2		1834		1834		1812 1812 0	
G 3		1661		1661		1661 1661 0	
G 5		1805		1805		1798 1798 0	
G 6		1871		1871		1870 1870 0	
G 7		1518		1518		1517 1517 0	
G 8		1297		1297		1297 1297 0	
G 9		1670		1670		1670 1670 0	
G10		1372		1372		1371 1371 0	
G11		1342		1342		1342 1342 0	
G12		1681		1681		1680 1680 0	

Ημερομηνία καταγραφής μετρήσεων

Τύπος κεράσιας

Προσεγγιστικές καρτεσιανές συντεταγμένες X,Y,Z στο WGS84

Εικόνα 38. Αρχείο RINEX



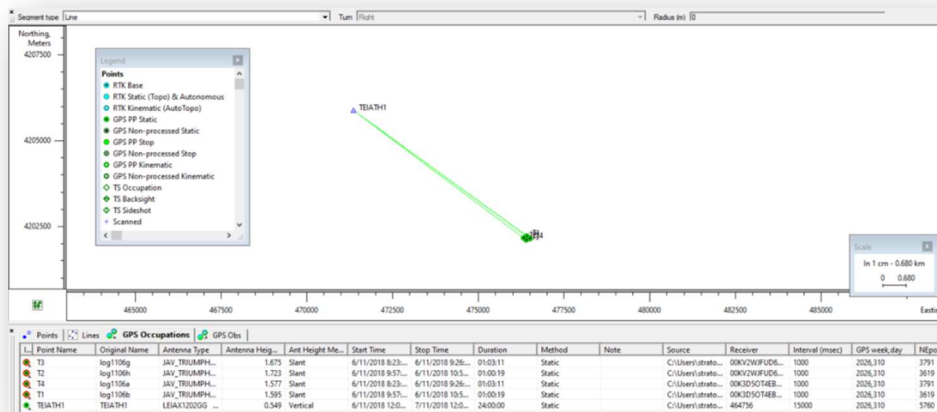
Εικόνα 39. Αρχείο RINEX με δεδομένα για το μόνιμο σταθμό teiath.

log1106g	30/10/2018 6:06 μμ	Αρχείο 18N	10 KB
log1106g.18o	30/10/2018 6:06 μμ	Αρχείο 18O	7,513 KB
log1106g.jps	30/10/2018 5:44 μμ	Αρχείο JPS	4,760 KB
log1106h.18G	30/10/2018 6:06 μμ	Αρχείο 18G	6 KB
log1106h	30/10/2018 6:06 μμ	Αρχείο 18N	18 KB
log1106h.18o	30/10/2018 6:06 μμ	Αρχείο 18O	9,245 KB
log1106h.jps	30/10/2018 5:44 μμ	Αρχείο JPS	5,667 KB
sthles.job_options.jff	30/10/2018 6:22 μμ	Αρχείο JFF	6 KB
sthles.settings.jff	30/10/2018 6:13 μμ	Αρχείο JFF	7 KB
sthles.ttp	30/10/2018 6:13 μμ	Αρχείο TTP	20 KB

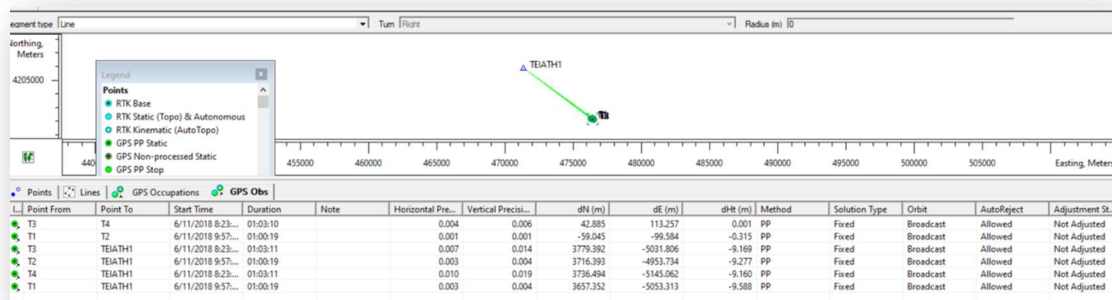
Εικόνα 40. Δεδομένα δέκτη ως base.

Προκειμένου να επιλυθούν οι βάσεις των τριγωνισμών έπρεπε αρχικά να εισαχθούν στο Topcon-tools τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, ο τύπος κεραίας για κάθε δέκτη, το ύψος της κεραίας, η μέθοδος μέτρησης ύψους (κεκλιμένα ή κατακόρυφα) και να οριστούν οι συντεταγμένες του μόνιμου σταθμού teiath ως γνωστές σταθερές συντεταγμένες. Τα αποτελέσματα των συνιστωσών και γενικότερα των επιλύσεων των τριγωνισμών των GPS φαίνονται στην **εικόνα 41**. Ο τύπος κεραίας για τον μόνιμο σταθμό είναι LEIAX1220GG με ύψος κεραίας 0.549 μετρημένο κατακόρυφα (vertical), ενώ για τα τριγωνομετρικά το ύψος κεραίας μετρήθηκε κεκλιμένα (slant) ως σημείο αναφοράς την κεραία **APR (Antenna Reference Point)**. Είναι απαραίτητο να δηλωθεί οπωσδήποτε στο πρόγραμμα ώστε ανάλογα με τον τύπο κεραίας να κάνει και τις απαραίτητες αναγωγές στο ηλεκτρικό κέντρο της κεραίας ή αλλιώς το κέντρο φάσης κεραίας **APC (Antenna Phase Center)**. Στην παρακάτω **εικόνα 42** φαίνονται τα ονόματα σημείων (point name), το αυθεντικό όνομα σημείου (original name), ο τύπος κεραίας (antenna type), το ύψος κεραίας (antenna height), η μέθοδος μέτρησης ύψους

κεραίας (antenna height method), η έναρξη των μετρήσεων (start time), η λήξη των μετρήσεων (stop time), η διάρκεια των μετρήσεων (duration), η μέθοδος προσδιορισμού θέσης (method), το διάστημα μέτρησης (interval msec), η εβδομάδα GPS( GPS week, day) και η εποχή (Nepoch). Επίσης παρατηρείται ότι οι ακρίβειες είναι σχετικά καλές με μέση τιμή 6 mm οριζοντιογραφικά και 10 mm υψομετρικά. Επισημαίνεται ότι μεγάλη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στο occupation view και να ελεγχθούν αν οι δέκτες παρατηρούν ταυτόχρονα το ίδιο χρονικό διάστημα.



Εικόνα 41. Συνιστώσες από τις επιλύσεις των βάσεων.



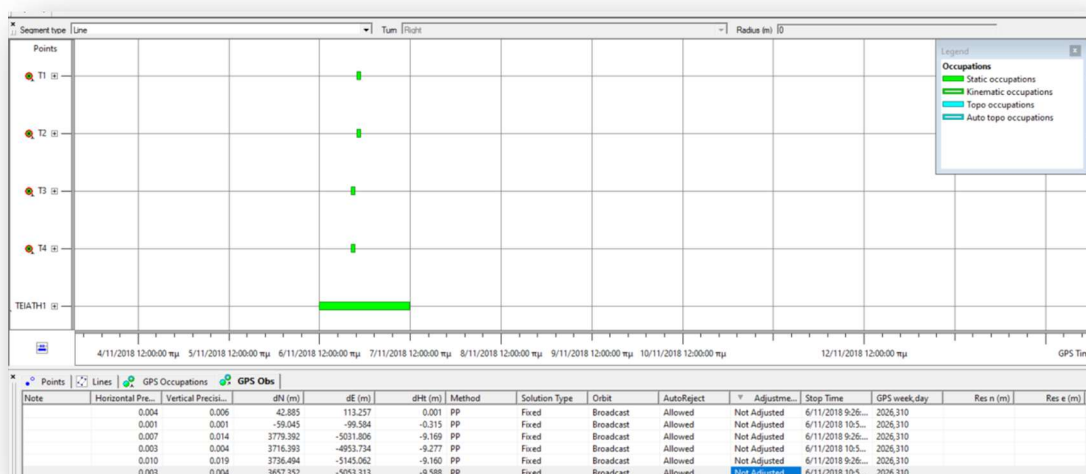
Εικόνα 42. Στοιχεία συνιστωσών από τις επιλύσεις των βάσεων.

Το πρόγραμμα που πραγματοποιήθηκαν οι επιλύσεις των βάσεων του GPS έχει τη δυνατότητα ο χρήστης να παρατηρήσει τις οριζοντιογραφικές και υψομετρικές ακρίβειες. Στην εικόνα 43 παρατηρούνται οι τελικές συντεταγμένες των τριγωνομετρικών. Συνολικά επιλυθήκαν έξι βάσεις οι οποίες είναι οι T3-T4, T1-T2, T3-teiath1, T2-teiath1, T1-teiath1 και T4-teiath1. Οι δυο τριγωνισμοί αυτοί υλοποιήθηκαν σε διαφορετικές

Name	Grid Northing ...	Grid Easting (m)	Elevation (m)
T3	4202105,997	476393,845	78,797
T2	4202168,983	476315,775	78,915
T4	4202148,882	476507,103	78,798
T1	4202228,029	476415,359	79,230
TEIATH1	4205885,376	471362,041	69,638

Εικόνα 43. Τελικές συντεταγμένες (X,Y,Z) για τα 4 τριγωνομετρικά

χρονικές περιόδους. Παρατηρείται ότι η καλύτερη οριζοντιογραφικά ακρίβεια εντοπίστηκε στη βάση T1-T2 ίση με 1mm λόγω του ότι η βάση είναι μικρή οπότε έχουν περίπου ίδια ατμοσφαιρική διόρθωση. Αν και η βάση T3-T4 έχουν σχεδόν την ίδια απόσταση με την T1-T2 και είναι κοντινά σημεία άρα έχουν και αυτά τις ίδιες ατμοσφαιρικές διορθώσεις, λόγω εμποδίων (δέντρων) στο τριγωνομετρικό T4 δεν υπήρχε μεγάλη ορατότητα δορυφόρων και είχαν ακρίβεια 4mm οριζοντιογραφικά αλλά θεωρείται εξίσου ικανοποιητική. Τα σφάλματα διακρίνονται στην **εικόνα 44**. Η μικρότερη ακρίβεια φαίνεται στην βάση T4-TEIATH η οποία είναι 6mm που οφείλεται στη μεγάλη απόσταση αλλά και στη μη καλή ορατότητα του T4 από τους δορυφόρους όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Στην **εικόνα 45** φαίνεται ένα σημειωματάριο του υπολογιστή που εμπεριέχει τα αποτελέσματα των συνιστωσών dE, dH, dN των επιλυμένων βάσεων. Τέλος, στην **εικόνα 46** παρατηρείται η ορατότητα των δορυφόρων από το δέκτη.



**Εικόνα 44. Σφάλματα μετρήσεων από τις βάσεις GPS.**

```

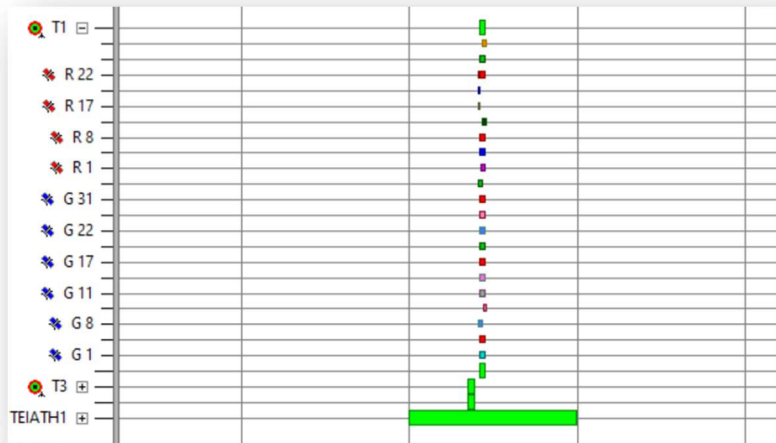
GPS Observations - Σημειωματάριο
Αρχείο Επεξεργασία Μορφή Προβολή Βοήθεια
GPS Observations

Project Summary

Project name: sthles_1.ttp
Surveyor:
Comment:
Linear unit: Meters
GPS ObservationsName dN (m) dE (m) dH (m) Horizontal Precision (m)
Vertical Precision (m)
T1-T2 -59,045 -99,584 -0,315 0,001 0,001
T1-TEIATH1 3657,352 -5053,313 -9,588 0,003 0,004
T2-TEIATH1 3716,393 -4953,734 -9,277 0,003 0,004
T3-T4 42,885 113,257 0,001 0,004 0,006
T3-TEIATH1 3779,392 -5031,806 -9,169 0,007 0,014
T4-TEIATH1 3736,494 -5145,062 -9,160 0,010 0,019

```

**Εικόνα 45. Αποτελέσματα συνιστωσών dE,dN,dH, HorPre,VerPre των επιλυμένων βάσεων GPS σε μέτρα.**



Εικόνα 46. Ορατότητα δορυφόρων από το δέκτη στο τριγωνομετρικό T1.

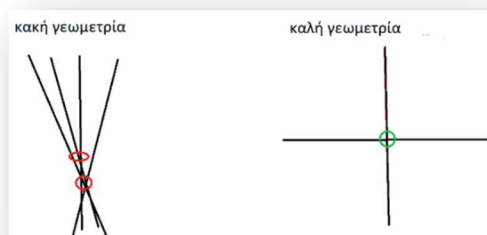
## 2.5 Σύγκριση τριγωνομετρικών

Σύμφωνα με την θεωρία σφαλμάτων όσες φορές και να μετρηθεί το ίδιο σημείο σε κάθε επαναλαμβανόμενη μέτρηση πάντα θα υπάρχει μικρή απόκλιση, η οποία είναι αναμενόμενη. Οι συντεταγμένες των τριγωνομετρικών T1, T2, T3, T4 οι οποίες προέκυψαν ως αποτέλεσμα των επιλύσεων των τριγωνισμών, συγκρίθηκαν με αυτές του τοπογράφου μηχανικού της Εφορείας Αρχαιοτήτων οι οποίες απεικονίζονται στην *εικόνα 47*, ώστε να διαπιστωθεί αν υπάρχουν τυχόν αποκλίσεις ως προς τις συντεταγμένες X,Y,Z. Στον *πίνακα 1* παρατηρούνται οι διαφορές που προέκυψαν από τον τύπο: **συντεταγμένη εφορείας αρχαιοτήτων – συντεταγμένη επιλύσεων**. Διακρίνονται σχετικά μικρές διαφορές, οι οποίες κυμαίνονται με μέση τιμή  $\delta X = \pm 0,037$  m,  $\delta Y = \pm 0,021$  m,  $\delta Z = \pm 0,142$  m.

Ήταν αναμενόμενο η μεγαλύτερη τιμή να εντοπίζεται στη συνιστώσα  $\delta Z$  εξαιτίας της **γεωμετρίας (PDOP, Position Dilution Of Precision)** όπως φαίνεται στην *εικόνα 48*, ο λόγος είναι ότι η τομή των ακτινών των δορυφόρων δεν είναι ποτέ κάθετες  $90^\circ$  με το δέκτη GPS. Η μεγαλύτερη διαφορά οριζοντιογραφικά προέκυψε στο T2 περίπου **6 cm** κατά X και **4 cm** κατά Y. Αποκλίσεις τέτοιας τάξης των  $\pm 3$  cm οριζοντιογραφικά είναι

Αρχείο	Επεξεργασία	Μορφή	Προβολή	Βαθμεία
T1	476415.405	4202228.020	79.008	
T2	476315.836	4202169.022	78.810	
T3	476393.884	4202105.983	78.686	
T4	476507.145	4202148.861	78.669	
T5	476395.683	4202143.771	79.738	
T6	476352.290	4202143.424	78.988	
S1	476352.291	4202143.420	79.008	
S2	476423.060	4202149.698	80.907	
S3	476395.677	4202143.770	79.747	
S4	476462.656	4202142.862	79.017	
S5	476406.220	4202148.308	80.713	
S6	476462.729	4202186.423	79.050	
S7	476421.949	4202177.484	80.488	
S10	476352.562	4202186.871	79.023	
S11	476344.054	4202202.198	78.634	

Εικόνα 47. Συντεταγμένες τριγωνομετρικών Εφορείας Αρχαιοτήτων Αθηνών



Εικόνα 48. Γεωμετρία ακτινών.



αναμενόμενο να υπάρχουν όταν οι παρατηρήσεις διαφέρουν ως προς τις εποχές, δηλαδή οι παρατηρήσεις της εφορείας αρχαιοτήτων έγιναν πριν κάποια χρόνια σε σχέση με τις τωρινές μετρήσεις GPS, οπότε ενδεχομένως να υπάρχουν και μικρομετακινήσεις εδάφους, εκτός αυτού δεν θεωρούνται και ισοβαρείς οι παρατηρήσεις διότι είναι διαφορετικός ο παρατηρητής, διαφορετικός ο χρόνος μέτρησης των περιόδων και διαφορετική η εποχή των μετρήσεων. Παρόλα αυτά τα αποτελέσματα και των δύο επιλύσεων είναι αποδεκτά. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι διαφορές στις συντεταγμένες της Εφορείας Αρχαιοτήτων με αυτές της εργασίας.

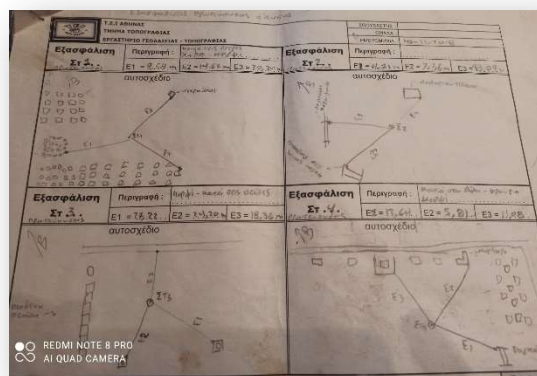
<i>Τριγωνομετρικό</i>	<i><math>\delta X</math> (m)</i>	<i><math>\delta Y</math> (m)</i>	<i><math>\delta Z</math> (m)</i>
<b>T1</b>	0,006	-0,009	-0,222
<b>T2</b>	0,061	0,039	-0,105
<b>T3</b>	0,039	-0,014	-0,111
<b>T4</b>	0,042	-0,021	-0,129

*Πίνακας 1. Διαφορές συντεταγμένων τριγωνομετρικών*

### **3. ΟΔΕΥΣΗ**

#### **3.1 Εξασφαλίσεις**

Με τον όρο εξασφάλιση ενός πολυγωνικού σημείου νοείται η μέτρηση και καταγραφή τριών αποστάσεων από σταθερά ή φυσικά σημεία (π.χ. κτίρια, παγκάκια, δέντρα κλπ.) με αφετηρία το σημείο τοποθέτησης του καρφιού. Η εξασφάλιση είναι μια διαδικασία που πραγματοποιείται για κάθε σημείο της όδευσης με σκοπό την ανεύρεση των καρφιών και πιθανόν την επαναχρησιμοποίησή τους για επιπλέον μετρήσεις στο ύπαιθρο. Όσον αφορά τις εργασίες που έγιναν προκειμένου να δημιουργηθεί το τοπογραφικό στις στήλες του Ολυμπίου Διός, μια απ' αυτές ήταν η εξασφάλιση των στάσεων της όδευσης οι οποίες αποτυπώθηκαν σε αυτοσχέδιο κροκί, ένα απ' αυτά φαίνεται στην **εικόνα 49**. Με τη χρήση μετροταινίας σε κάθε καρφί πραγματοποιούνταν τρεις μετρήσεις απ' αυτό προς σταθερά ή φυσικά σημεία. Συνήθως οι μόνιμες κατασκευές ήταν παγκάκια ή ως φυσικά σημεία χρησιμοποιούνταν τα δέντρα που βρίσκονται στις άκρες του αρχαιολογικού χώρου. Επειδή το έδαφος ήταν χώμα η εγκατάσταση των στάσεων έγινε με 45mm πρόκα. Η σήμανση των στάσεων έγινε με σπρέι. Το σπρέι στην περίπτωση ασφάλτου είναι χρήσιμο αλλά σε χωμάτινο έδαφος είναι εύκολο να σβήσει κυρίως από τις βροχές. Η καλύτερη λύση σε αυτό είναι η χρήση πλαστικής κορδέλας δεμένης στο καρφί. Στις τοπογραφικές εργασίες του υπαίθρου αυτό αποτέλεσε πρόβλημα στην εύρεση των σημείων.



**Εικόνα 49. Έντοπο εξασφαλίσεων.**

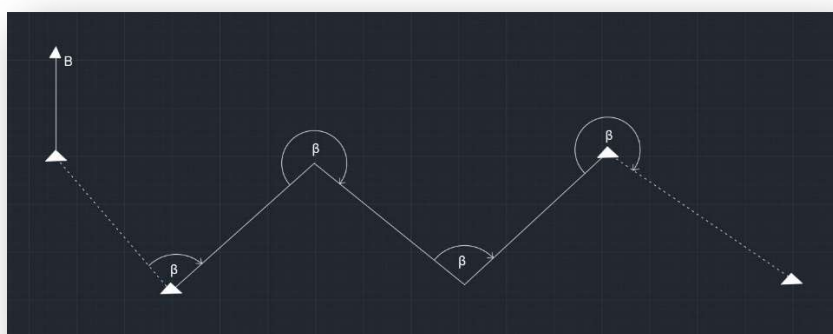
### 3.2 Πολυγωνική όδευση

Η πολυγωνική όδευση είναι μια μέθοδος μέτρησης και απόδοσης συντεταγμένων σημείων. Υπάρχουν διάφορα είδη πολυγωνικών οδεύσεων που χωρίζονται σε ανοιχτές και κλειστές. Οι πολυγωνικές οδεύσεις χρησιμοποιούνται για τοπογραφικές εργασίες όπως είναι οι αποτυπώσεις (π.χ. ακινήτων, μνημείων κ.λπ.), εφαρμογές ρυμοτομικών σχεδίων, πράξεις τακτοποιήσεως κ.λπ.. Οι οδεύσεις χρησιμοποιούνται για αποστάσεις μικρότερες των μερικών χιλιάδων μέτρων και ενδείκνυται για δεκάδες και εκατοντάδες μετρά. Είναι η διαδικασία με την οποία προσδιορίζονται τα πολυγωνικά και τα ταχυμετρικά σημεία οριζοντιογραφικά και υψομετρικά. Οι συντεταγμένες που δίνονται στις κορυφές των πολυγωνικών οδεύσεων συνήθως αναφέρονται σε κάποιο κρατικό ή παγκόσμιο σύστημα αναφοράς και αυτό πραγματοποιείται μέσω της εξάρτησης.

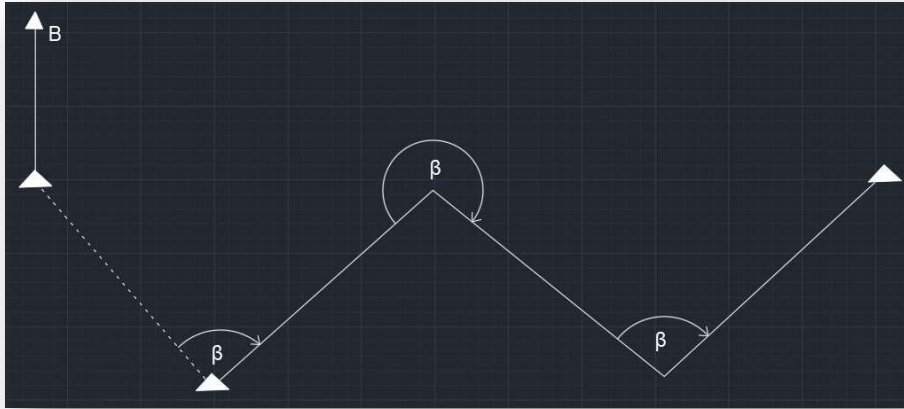
### 3.3 Είδη πολυγωνικών οδεύσεων

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω οι πολυγωνικές οδεύσεις χωρίζονται σε δυο κατηγορίες αυτές των ανοιχτών αλλά και των κλειστών οδεύσεων. Ανοιχτές είναι οι οδεύσεις που δεν καταλήγουν στο αρχικό τους σημείο ενώ το αντίθετο ισχύει με τις κλειστές. Παρακάτω αναφέρονται και εμφανίζονται στις *εικόνες 50, 51, 52 και 53* τα είδη των ανοιχτών οδεύσεων:

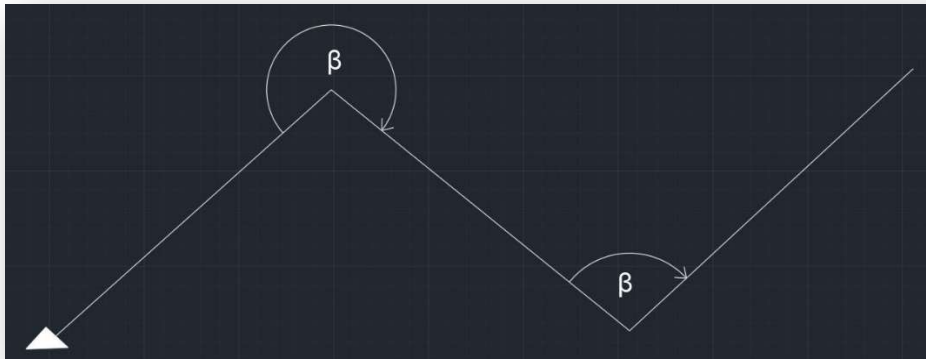
- **Πλήρως εξαρτημένη με προσανατολισμό.** Σε αυτή την περίπτωση η όδευση στα άκρα της έχει γνωστές συντεταγμένες γι' αυτό και ονομάζεται εξαρτημένη. Στη συνέχεια αυτά τα άκρα προσανατολίζονται αντίστοιχα σε αλλά δυο σημεία με γνωστές συντεταγμένες. Με τον όρο προσανατολισμός νοείται η μέτρηση της γωνίας και της απόστασης προς αυτά τα σημεία.
- **Πλήρως εξαρτημένη με προσανατολισμό στο ένα άκρο.** Πρόκειται για την ακριβώς ίδια διαδικασία με την παραπάνω απλά στην περίπτωση αυτή πραγματοποιείται ο προσανατολισμός σε ένα από τα δυο άκρα της όδευσης.
- **Εξαρτημένη στο ένα άκρο.** Όσον αφορά αυτή την όδευση αποδίδονται συντεταγμένες στα άκρα της.
- **Ανεξάρτητη.** Σε αυτή την όδευση δεν ισχύει τίποτα απ' τα παραπάνω και δεν αναφέρεται σε κάποιο σύστημα αναφοράς.



*Εικόνα 50. Πλήρως εξαρτημένη με προσανατολισμό.*



*Εικόνα 51. Πλήρως εξαρτημένη με προσανατολισμό στο ένα άκρο.*



*Εικόνα 52. Εξαρτημένη στο ένα άκρο*

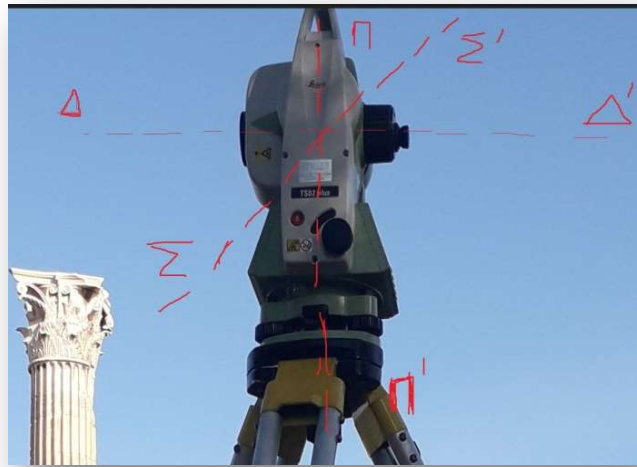


*Εικόνα 53. Ανεξάρτητη*

Τα είδη των κλειστών οδεύσεων παρουσιάζονται παρακάτω:

- **Πλήρως εξαρτημένη με προσανατολισμό.** Λέγεται η όδευση η οποία αρχίζει και τελειώνει στην ίδια κορυφή με γνωστές συντεταγμένες εφ' όσον είναι εξαρτημένη και προσανατολισμένη σε ένα εξωτερικό σημείο (με γνωστές συντεταγμένες) απ' αυτήν.
- **Εξαρτημένη.** Σε αυτή την όδευση το αρχικό πολυγωνικό σημείο είναι και το τελικό αλλά και εξαρτημένο δηλαδή έχει γνωστές συντεταγμένες σε κάποιο σύστημα αναφοράς.
- **Ανεξάρτητη.** Η όδευση αυτή συσχετίζει τα σημεία μεταξύ τους μέσω των μετρήσεων των αποστάσεων και των γωνιών αλλά σε ένα αυθαίρετο σύστημα.

Ο γεωδαιτικός σταθμός που χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση αποστάσεων και γωνιών (οριζόντιες και κατακόρυφες) ήταν το **Leica TS02 plus**. Τα βασικά μέρη του οργάνου είναι το τηλεσκόπιο περιλαμβάνοντας τον αντικειμενικό και προσοφθάλμιο φακό, το κινητό μέρος του οργάνου το οποίο ονομάζεται άντυγα,



*Εικόνα 54. Άξονες οργάνου.*

τους μικροκινητήριους κοχλίες, την βάση και το σημαντικότερο είναι οι κύκλοι που φέρει οι οποίοι αποτελούνται συνήθως από γυαλί. Ένα άλλο πολύ βασικό μέρος γενικά του θεοδόλιχου (όργανο που μετρά μόνο γωνίες) είναι οι άξονες, όπως φαίνεται και στην παραπάνω **εικόνα 54** οι άξονες είναι συνολικά τρεις, ο πρωτεύον (Π-Π') ο οποίος είναι νοητός, ο κατακόρυφος άξονας που διέρχεται από το κέντρο του οριζόντιου κύκλου, ο δευτερεύον άξονας (Δ-Δ') ο οποίος είναι κάθετος στον πρωτεύον άξονα και διέρχεται από το κέντρο του κατακόρυφου κύκλου και τέλος ο σκοπευτικός άξονας (Σ-Σ') ο οποίος συμπληρώνει το σύστημα. Το συγκεκριμένο όργανο της εταιρείας Leica θεωρείται αρκετά καλό για αποτυπώσεις και χαράξεις όπως παρατηρείται στις **εικόνες 55, 56 και 57** οι ακρίβειες του κατασκευαστή έχουν ως εξής:

- Γωνιακό σφάλμα έως και  $\pm 1''$  δευτερόλεπτο
- Μέτρηση απόστασης με τυπικό πρίσμα ακρίβειας  $\pm 1.5 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$  με χρόνο λήψης 2.4 sec
- Μέτρηση απόστασης χωρίς πρίσμα  $2 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm}$  για εύρος απόστασης 0 m έως 500 m και  $4 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm}$  για απόσταση μεγαλύτερη από 500 m

### Angle Measurement

Available angular accuracies	Standard deviation Hz, V, ISO 17123-3	Display resolution			
		["]	[°]	[mgon]	[mil]
1	0.3	1	0.0001	0.1	0.01
2	0.6	1	0.0001	0.1	0.01
3	1.0	1	0.0001	0.1	0.01
5	1.5	1	0.0001	0.1	0.01
7	2	1	0.0001	0.1	0.01

Εικόνα 55. Γωνιακές ακρίβειες οργάνου.

Standard measuring	Standard deviation ISO 17123-4	Measure time, typical [s]	Measure time, maximum [s]
0 m - 500 m	2 mm + 2 ppm	3 - 6	12
>500 m	4 mm + 2 ppm	3 - 6	12

Εικόνα 56. Ακρίβειες αποστάσεων χωρίς πρίσμα.

EDM measuring mode	Standard deviation ISO 17123-4		Measurement time, typical [s]
	<b>TS02 / TS06</b>	<b>TS09</b>	
Prism-Standard	1.5 mm + 2 ppm	1 mm + 1.5 ppm	2.4
Prism-Fast	3 mm + 2 ppm	3 mm + 1.5 ppm	0.8
Prism-Tracking	3 mm + 2 ppm	3 mm + 1.5 ppm	<0.15
Tape	5 mm + 2 ppm	5 mm + 1.5 ppm	2.4

Εικόνα 57. Ακρίβειες αποστάσεων με πρίσμα.



### 3.4 Οριζοντίωση και κατακορύφωση του οργάνου

Όσον αφορά το πρακτικό κομμάτι των οδεύσεων για το τοπογραφικό στον αρχαιολογικό χώρο του ναού του Ολυμπίου Διός θα αναφερθούν αναλυτικά τα στάδια και η διαδικασία των μετρήσεων. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω αρχικά τοποθετήθηκαν οι στάσεις (μπετονόκαρφα) της πολυγωνικής όδευσης. Στην **εικόνα 58** παρουσιάζεται η τοποθέτηση του πρίσματος στον τρίποδα. Έπειτα έγινε η τοποθέτηση του οργάνου κατά την οποία πραγματοποιείται οριζοντίωση και κατακορύφωση αυτού σύμφωνα με το καρφί που βρίσκεται στο έδαφος. Η οριζοντίωση με την κατακορύφωση είναι δυο διαδικασίες που γίνονται παράλληλα ώστε να υπάρξει το επιθυμητό αποτέλεσμα, δηλαδή η σωληνωτή φυσαλίδα που βρίσκεται πάνω στο θεοδόλιχο να είναι ακριβώς στο κέντρο αλλά και το σταυρόνημα που υπάρχει στο προσοφθάλμιο της οπτικής κέντρωσης να είναι ακριβώς πάνω στο καρφί. Εν ολίγης η τοποθέτηση του οργάνου γίνεται σε δυο στάδια δηλαδή την "χονδρική" και την "οριστική" οριζοντίωση και κατακορύφωση του. Ο χειρίστης τοποθετεί τα πόδια του τρίποδά ενώ ταυτόχρονα παρατηρεί και από το προσοφθάλμιο να είναι το σταυρόνημα περίπου πάνω στο καρφί, και ρυθμίζει το ύψος των ποδιών ώστε η σφαιρική αεροστάθμη του οριζοντίου άξονα να είναι και αυτή περίπου στο κέντρο. Το επόμενο βήμα είναι η οριστική οριζοντίωση και κατακορύφωση του θεοδόλιχου όπου πραγματοποιείται με την ταυτόχρονη ρύθμιση των κοχλιών ώστε να είναι κεντραρισμένη η σωληνωτή φυσαλίδα. Επίσης το σταυρόνημα που παρουσιάζεται από το προσοφθάλμιο του αντικειμενικού φακού να είναι κεντραρισμένο στο καρφί που βρίσκεται στο έδαφος, αυτή η διαδικασία γίνεται μετακινώντας προσεκτικά το όργανο πάνω στην πλακά του τρίποδά. Η τοποθέτηση του οργάνου γίνεται με τον ίδιο τρόπο σε όλες τις στάσεις.



*Εικόνα 58. Πρίσμα τοποθετημένο στον τρίποδα.*



*Εικόνα 59. LEICA TS 02 PLUS*

Ένα άλλο σημαντικό κεφάλαιο της όδευσης είναι ο μηδενισμός ο οποίος πραγματοποιείται σε κάθε στάση που εγκαθίσταται το όργανο (εικόνα 59). Με το μηδενισμό ουσιαστικά προσανατολίζεται σε μια συγκεκριμένη διεύθυνση ο οριζόντιος κύκλος του οργάνου. Αυτό γίνεται για να υπάρχει μια αφετηρία για τα υπόλοιπα ταχυμετρικά σημεία αλλά και για τις επόμενες στάσεις που θα ιδρυθούν από εκείνη τη στάση. Η διαδικασία του μηδενισμού απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή λόγω του ότι επηρεάζει την ακρίβεια των υπολοίπων στάσεων άρα και των ταχυμετρικών σημείων. Σύμφωνα με το νόμο μετάδοσης σφαλμάτων, σε περίπτωση λανθασμένου μηδενισμού το σφάλμα μεταδίδεται και στις υπόλοιπες παρατηρήσεις. Όσον αφορά τη μέθοδο αρχικά πρέπει ο χειριστής του οργάνου αφού έχει ολοκληρώσει την οριζοντίωση – κατακορύφωση να στοχεύσει όσο το δυνατό πιο χαμηλά και να διχοτομήσει το στυλεό και στη συνέχεια να σηκώσει το σταυρόνημα στο κάτοπτρο και να λάβει μέτρηση

απόστασης. Αυτή είναι η σωστή διαδικασία μηδενισμού ώστε το γωνιακό σφάλμα να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο γίνεται.

### **3.5 Σφάλματα μετρήσεων**

Πάντοτε στις μετρήσεις των τοπογραφικών αποτυπώσεων υπάρχουν σφάλματα και ποτέ ο παρατηρητής δεν γνωρίζει την πραγματική τιμή της μέτρησης. Τα σφάλματα μπορεί οφείλονται σε πολλούς παράγοντες όπως για παράδειγμα στην παλαιότητα του οργάνου, σε λάθη του παρατηρητή και στην επίδραση των ατμοσφαιρικών συνθηκών κατά τη διάρκεια μιας μέτρησης. Επομένως χρειάζεται ένας σύγχρονος εξοπλισμός και μεγαλύτερη προσοχή από τον χειρίστη του οργάνου προκειμένου να περιοριστούν σε μικρότερο βαθμό οι τιμές των σφαλμάτων. Στην τοπογραφία στόχος είναι η ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων και η αυξημένη ακρίβεια των μετρήσεων, αυτό επιτυγχάνεται με πολλαπλές επαναλήψεις των μετρήσεων σε γωνίες (οριζόντιες και κατακόρυφες) αλλά και αποστάσεις. Ως σφάλμα ορίζεται η διαφορά της μέτρησης από την πραγματική τιμή της. Επειδή όμως δεν είναι ποτέ γνωστή η πραγματική τιμή γίνεται μια εκτίμησή της, όπως επίσης γίνεται και μια εκτίμηση του σφάλματος. Επομένως ο τύπος που ισχύει είναι ο παρακάτω:

$$(\text{εκτίμηση σφάλματος}) = (\text{μέτρηση}) - (\text{εκτίμηση της πραγματικής τιμής})$$

Τα σφάλματα μετρήσεων χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες όπως φαίνονται παρακάτω:

- i.* **Χονδροειδή σφάλματα.** Τα οποία ονομάζονται και λάθη. Πρόκειται για σφάλματα που προέρχονται από τον παρατηρητή είτε σκόπευση σε λάθος σημείο είτε και σε λάθος πληκτρολόγηση δεδομένων. Σε αυτή την περίπτωση τα σφάλματα διορθώνονται ευκολά ή απαλείφονται με επανάληψη της μέτρησης.
- ii.* **Συστηματικά σφάλματα.** Παρουσιάζουν σταθερότητα ή και περιοδικότητα. Είναι δύσκολη η απαλοιφή τους αλλά με την κατάλληλη μεθοδολογία στις μετρήσεις είναι εφικτό. Ένα παράδειγμα τέτοιου σφάλματος είναι η κακή βαθμονόμηση του οργάνου.
- iii.* **Τυχαία σφάλματα.** Είναι εκείνα τα οποία δεν ανήκουν σε κάποια από τις προηγούμενες κατηγορίες. Η αντιμετώπιση τέτοιου είδους σφαλμάτων γίνεται με μεθόδους στατιστικής. Δεν προβλέπονται μόνο σε περιπτώσεις μεγάλου αριθμού σφαλμάτων εντοπίζονται και ενδεχομένως περιορίζονται. Μέσω της στατιστικής και πιο συγκεκριμένα με τη χρήση της κατανομής Gauss αλλά και με ιστογράμματα ή ραβδογράμματα υπάρχει η δυνατότητα να υπολογιστεί το τυχαίο σφάλμα των μετρήσεων.

Συμπερασματικά και σύμφωνα με όσα έχουν αναφερθεί παραπάνω τα τυχαία σφάλματα δείχνουν την ακρίβεια των μετρήσεων. Τα χονδροειδή και τα συστηματικά σφάλματα αντικατοπτρίζουν την αξιοπιστία των παρατηρήσεων. Η ακρίβεια και η αξιοπιστία φέρουν την ποιότητα. Με τον ορό ακρίβεια νοείται η σχέση μεταξύ των μετρήσεων. Με τον ορό ορθότητα των μετρήσεων εκφράζεται η σχέση μεταξύ των μετρήσεων και της πραγματικής τιμής. Η εκτίμηση όμως της

πραγματικής τιμής δεν μπορεί να αποδοθεί αν υπάρχει ο ίδιος συνδυασμός “ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ – ΟΡΓΑΝΟ – ΣΥΝΘΗΚΕΣ”. Με την αλλαγή του συνδυασμού αυτού πιθανώς να γίνει μια μικρή προσέγγιση.

### **3.6 Προδιαγραφές σφαλμάτων στην Ελλάδα**

Όσον αφορά τις πολυγωνικές οδεύσεις όπως αναφέρεται και σε προηγούμενο κεφάλαιο λόγω των σφαλμάτων και την ποιότητα των οδεύσεων υπάρχουν προδιαγραφές στον ελλαδικό χώρο. Παρακάτω γίνεται μια μικρή περιγραφή των τριών πινάκων. Ο πρώτος παρουσιάζει τα μέγιστα επιτρεπόμενα μήκη οδεύσεων αλλά και πλευρών ανάλογα με το έδαφος αν είναι ορεινό ή πεδινό και την κλίμακα. Ο δεύτερος απεικονίζει τα μέγιστα όρια γωνιακού σφάλματος κλεισίματος ( $w$ ) σε πρωτεύουσα όδευση αλλά και δευτερεύουσα, όμως σε αυτή την περίπτωση οι προδιαγραφές ορίζονται σύμφωνα με το έδαφος αν είναι ομαλό ή κεκλιμένο και ανάλογα με την κλίμακα. Στον τρίτο και τελευταίο πίνακα περιέχονται τα μέγιστα όρια ολικού γραμμικού σφάλματος κλεισίματος ξανά διαχωρίζοντας τις οδεύσεις σε πρωτεύουσες και δευτερεύουσες σε ομαλό ή κεκλιμένο έδαφος και ανάλογα με την κλίμακα. Έπειτα παρουσιάζονται οι πίνακες με τις αντίστοιχες προδιαγραφές που ισχύουν στην Ελλάδα ακόμα και σήμερα.

<b>ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΑ ΜΗΚΗ ΟΔΕΥΣΕΩΝ ΚΑΙ ΜΗΚΗ ΠΛΕΥΡΩΝ ΜΙΑΣ ΟΔΕΥΣΗΣ</b>				
<b>κλίμακα</b>	<b>ΜΕΓΙΣΤΑ ΜΗΚΗ ΟΔΕΥΣΕΩΝ (m)</b>		<b>ΜΕΓΙΣΤΑ ΜΗΚΗ ΠΛΕΥΡΩΝ (m)</b>	
	<b>Πεδινό</b>	<b>Ορεινό</b>	<b>Πεδινό</b>	<b>Ορεινό</b>
<i>1:200</i>	<i>750</i>	<i>1000</i>	<i>50</i>	<i>75</i>
<i>1:500</i>	<i>900</i>	<i>1000</i>	<i>75</i>	<i>100</i>
<i>1:1000</i>	<i>1000</i>	<i>1300</i>	<i>100</i>	<i>150</i>
<i>1:2000</i>	<i>1500</i>	<i>2200</i>	<i>150</i>	<i>200</i>
<i>1:5000</i>	<i>2500</i>	<i>3000</i>	<i>250</i>	<i>300</i>
<i>1:10000</i>	<i>3500</i>	<i>4500</i>	<i>400</i>	<i>500</i>

*Πίνακας 2. Επιτρεπόμενα μήκη οδεύσεων και μήκη πλευρών μιας όδευσης*

<b>ΜΕΓΙΣΤΑ ΟΡΙΑ ΤΟΥ ΓΩΝΙΑΚΟΥ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΚΛΕΙΣΙΜΑΤΟΣ (<math>w</math>)</b>				
<b>κλίμακα</b>	<b>Έδαφος ομαλό</b>		<b>Έδαφος κεκλιμένο</b>	
	<b>Πρωτεύουσα</b>	<b>Δευτερεύουσα</b>	<b>Πρωτεύουσα</b>	<b>Δευτερεύουσα</b>
<i>1:200</i>	$\sqrt{n}$	$1.5\sqrt{n}$	$2\sqrt{n}$	$3\sqrt{n}$
<i>1:500</i>	$\sqrt{n}$	$3\sqrt{n}$	$3\sqrt{n}$	$5\sqrt{n}$
<i>1:1000</i>	$2\sqrt{n}$	$5\sqrt{n}$	$5\sqrt{n}$	$8\sqrt{n}$
<i>1:2000</i>	$2\sqrt{n}$	$5\sqrt{n}$	$5\sqrt{n}$	$8\sqrt{n}$
<i>1:5000</i>	$3\sqrt{n}$	$5\sqrt{n}$	$5\sqrt{n}$	$8\sqrt{n}$
<i>1:10000</i>	$3\sqrt{n}$	$5\sqrt{n}$	$5\sqrt{n}$	$8\sqrt{n}$

*Πίνακας 3. Μέγιστα όρια γωνιακού σφάλματος κλεισίματος ( $w$ )*

ΜΕΓΙΣΤΑ ΟΡΙΑ ΤΟΥ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΚΛΕΙΣΙΜΑΤΟΣ (δs)				
κλίμακα	Έδαφος ομαλό		Έδαφος κεκλιμένο	
	Πρωτεύουσα	Δευτερεύουσα	Πρωτεύουσα	Δευτερεύουσα
1:200	$0.005\sqrt{s} + 0.05$	$0.01\sqrt{s} + 0.05$	$0.01\sqrt{s} + 0.10$	$0.02\sqrt{s} + 0.10$
1:500	$0.005\sqrt{s} + 0.05$	$0.01\sqrt{s} + 0.05$	$0.01\sqrt{s} + 0.10$	$0.02\sqrt{s} + 0.10$
1:1000	$0.01\sqrt{s} + 0.10$	$0.02\sqrt{s} + 0.10$	$0.02\sqrt{s} + 0.20$	$0.04\sqrt{s} + 0.20$
1:2000	$0.02\sqrt{s} + 0.10$	$0.04\sqrt{s} + 0.10$	$0.04\sqrt{s} + 0.20$	$0.08\sqrt{s} + 0.20$
1:5000	$0.04\sqrt{s} + 0.20$	$0.06\sqrt{s} + 0.20$	$0.06\sqrt{s} + 0.40$	$0.10\sqrt{s} + 0.40$
1:10000	$0.10\sqrt{s} + 0.30$	$0.15\sqrt{s} + 0.30$	$0.15\sqrt{s} + 0.30$	$0.20\sqrt{s} + 0.30$

Πίνακας 4. Μέγιστα όρια του γραμμικού σφάλματος κλεισίματος (δs)

### 3.7 1<sup>η</sup> και 2<sup>η</sup> θέση τηλεσκοπίου σε περιόδους

Έγιναν μετρήσεις σε 1<sup>η</sup> και 2<sup>η</sup> θέση τηλεσκοπίου και σε 4 περιόδους. Η θέση τηλεσκοπίου πρακτικά είναι η αναστροφή του τηλεσκοπίου δηλαδή του κατακόρυφου και του οριζοντίου κύκλου κατά 180°. Όσον αφορά τις περιόδους διαιρείται ο κύκλος  $200/n = 50^{\text{grad}}$  ανά κάθε περίοδο, όπου n ο αριθμός των περιόδων.

Οι περίοδοι απαλείφουν το σφάλμα βαθμονόμησης του οριζοντίου κύκλου. Παράλληλα με τις περιόδους ελήφθησαν και οι αντίστοιχες αποστάσεις οπότε και από κει προκύπτουν μέσω των μέσων ορών καλύτερη εκτίμηση για κάθε απόσταση και γωνιά. Ο γενικός μέσος ορός για κάθε γωνιά και απόσταση χρησιμοποιούνται στις επιλύσεις των οδεύσεων.

### 3.8 Επίλυση οδεύσεων

Η παράγραφος αυτή αφορά την επίλυση των οδεύσεων με σκοπό να δοθούν συντεταγμένες στις πολυγωνικές στάσεις. Οι επιλύσεις πραγματοποιήθηκαν σε υπολογιστικά φύλλα (excel) οι οποίες στηρίζονται στο τυπολόγιο των θεμελιωδών προβλημάτων της τοπογραφίας. Τα θεμελιώδη προβλήματα είναι τρία, το πρώτο υπολογίζει συντεταγμένες (X,Y) των στάσεων, το δεύτερο υπολογίζει γωνιά διεύθυνσης και ευκλείδεια απόσταση με γνωστές συντεταγμένες των τριγωνομετρικών σημείων και το τρίτο θεμελιώδες πρόβλημα υπολογίζει γωνίες διεύθυνσης σύμφωνα με την γνωστή αρχική γωνιά διεύθυνσης (2<sup>ο</sup> θεμελιώδες) της οδεύσεως και τις υπόλοιπες γωνίες θλάσεις.

Ως παράδειγμα θα αναλυθεί η πρωτεύουσα όδευση της εργασίας με γνωστά τριγωνομετρικά το T3 και T4 και με 5 πολυγωνικές στάσεις (STP1, STP2, STP3, STP4, STP5). Πρώτα απ' όλα υπολογίζεται η αρχική γωνιά διεύθυνσης μεταξύ των δυο τριγωνομετρικών T3 και T4 τα οποία ορίζουν το σύστημα αναφοράς σε σχέση με το βορά. Η αρχική γωνιά διεύθυνσης (αT3T4) υπολογίζεται σύμφωνα με το 2<sup>ο</sup> θεμελιώδες ως εξής :

$$\text{Για υπολογισμό αρχικής γωνίας διεύθυνσης } \alpha_{T3T4} = \arctan \frac{|X_{T3} - X_{T4}|}{|Y_{T3} - Y_{T4}|} \quad (1.1)$$

**2<sup>ο</sup> θεμελιώδες πρόβλημα** για υπολογισμό



$$\text{Για απόσταση } St3st1 = \sqrt{(Xst1 - Xt3)^2 + (Yst1 - Yt3)^2} \quad (1.2)$$

Διερεύνηση γωνίας διεύθυνσης:

$$\text{Av } \theta = \arctan \frac{|Xt3-Xt4|}{|Yt3-Yt4|} = \frac{+}{+}, \text{ τότε } \alpha t4t3 = \theta \quad (1.3)$$

$$\text{Av } \theta = \arctan \frac{|Xt3-Xt4|}{|Yt3-Yt4|} = \frac{+}{-}, \text{ τότε } \alpha t4t3 = 200^g - \theta \quad (1.4)$$

$$\text{Av } \theta = \arctan \frac{|Xt3-Xt4|}{|Yt3-Yt4|} = \frac{-}{-}, \text{ τότε } \alpha t4t3 = 200^g + \theta \quad (1.5)$$

$$\text{Av } \theta = \arctan \frac{|Xt3-Xt4|}{|Yt3-Yt4|} = \frac{-}{+}, \text{ τότε } \alpha t4t3 = 400^g - \theta \quad (1.6)$$

$$\text{Av } \theta = \arctan \frac{|Xt3-Xt4|}{|Yt3-Yt4|} = \frac{+}{0}, \text{ τότε } \alpha t4t3 = 100^g \quad (1.7)$$

$$\text{Av } \theta = \arctan \frac{|Xt3-Xt4|}{|Yt3-Yt4|} = \frac{-}{0}, \text{ τότε } \alpha t4t3 = 300^g \quad (1.8)$$

$$\text{Av } \theta = \arctan \frac{|Xt3-Xt4|}{|Yt3-Yt4|} = \frac{0}{+}, \text{ τότε } \alpha t4t3 = 0^g \quad (1.9)$$

$$\text{Av } \theta = \arctan \frac{|Xt3-Xt4|}{|Yt3-Yt4|} = \frac{0}{-}, \text{ τότε } \alpha t4t3 = 200^g \quad (1.10)$$

Στη συνέχεια υπολογίζονται οι υπόλοιπες γωνίες διεύθυνσης με βάση το 3<sup>ο</sup> θεμελιώδες έχοντας ως γνωστές την αρχική γωνία διεύθυνσης αλλά και τις υπόλοιπες γωνίες θλάσης που εμπεριέχονται σε κάθε πολυγωνική στάση.

**3<sup>ο</sup> θεμελιώδες πρόβλημα** για υπόλοιπες γωνίες διεύθυνσης, όπως παράδειγμα η γωνία διεύθυνσης :

$$\alpha st2st3 = \alpha t4t3 + \sum_i^n \beta_i + n * 200^g - k * 400^g \quad (1.11)$$

Όπου

$$\sum_i^n \beta_i = \beta t3 + \beta st1 + \beta st2 \quad (1.12)$$

Σε επόμενο βήμα υπολογίζονται τα συνημίτονα και τα ημίτονα των γωνιών διεύθυνσης ώστε να προκύψουν οι διαφορές κατά Δx και Δy μεταξύ προηγούμενης και επομένης στάσης. Έπειτα υπολογίζεται το γωνιακό σφάλμα της όδευσης σύμφωνα με τη διαφορά **πρέπει – είναι**. Το πρέπει προκύπτει από το 2<sup>ο</sup> θεμελιώδες και το είναι προκύπτει από το 3<sup>ο</sup> θεμελιώδες με βάση την αρχική γωνία διεύθυνσης και τις υπόλοιπες γωνίες θλάσης. Παρατηρήθηκε ότι το γωνιακό σφάλμα κλεισίματος (wg) στην πρωτεύουσα όδευση ήταν 0<sup>g</sup>,0037 το οποίο σύμφωνα με τις προδιαγραφές είναι εντός του επιτρεπόμενου γωνιακού σφάλματος που είναι 0<sup>g</sup>,0265 σύμφωνα με το πίνακα των προδιαγραφών όπου n=7 στάσεις. Η κλίμακα είναι 1:500 η όδευση πραγματοποιήθηκε σε ομαλό έδαφος και περιέχει 7 πολυγωνικές στάσεις.

Στη συνέχεια υπολογίστηκε το γραμμικό σφάλμα κλεισίματος **πρέπει – είναι** κατά x και y. Το πρέπει ισούται με 0 διότι η όδευση είναι κλειστή και το είναι υπολογίστηκε από το άθροισμα των Δx και Δy αντίστοιχα. Από αυτά τα αποτελέσματα προκύπτει ότι το γραμμικό σφάλμα κατά x (wx) είναι 0,025 m και κατά y (wy) είναι 0,022 m. Το συνολικό γραμμικό σφάλμα (ws) προκύπτει από τον τύπο  $w_s = \sqrt{w_x^2 + w_y^2}$  και είναι 0,034m όπου κι αυτό είναι μέσα στα όρια των προδιαγραφών δηλαδή μικρότερο από 0,171m. Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα το s είναι το συνολικό μήκος της όδευσης και ο τύπος είναι  $0.005\sqrt{s} + 0.05$ . Στη συνέχεια υπολογίζονται οι διορθώσεις των Δx και Δy ως βάρη δηλαδή διαιρώντας την κάθε απόσταση προς το συνολικό μήκος της όδευσης το οποίο είναι ίσο με 581,614m. Τέλος πραγματοποιείται ο υπολογισμός των τελικών συντεταγμένων κάθε κορυφής της πολυγωνικής όδευσης σύμφωνα με το πρώτο θεμελιώδες.

**1<sup>ο</sup> θεμελιώδες πρόβλημα** της τοπογραφίας για τον υπολογισμό συντεταγμένων της στάσης st1 (εκτός για τον υπολογισμό των στάσεων χρησιμοποιείται επίσης και για τα ταχυμετρικά):

$$X_{st1} = X_{t3} + \sin(at3st1) \times St3st1 \quad (1.13)$$

$$Y_{st1} = Y_{t3} + \cos(at3st1) \times St3st1 \quad (1.14)$$

Το ίδιο γίνεται για όλες τις υπόλοιπες κλειστές εξαρτημένες δευτερεύουσες οδεύσεις με τις αντίστοιχες προδιάγραφες. Στις **εικόνες 60 και 61** φαίνονται οι επιλύσεις των οδεύσεων σε φύλλα excel.

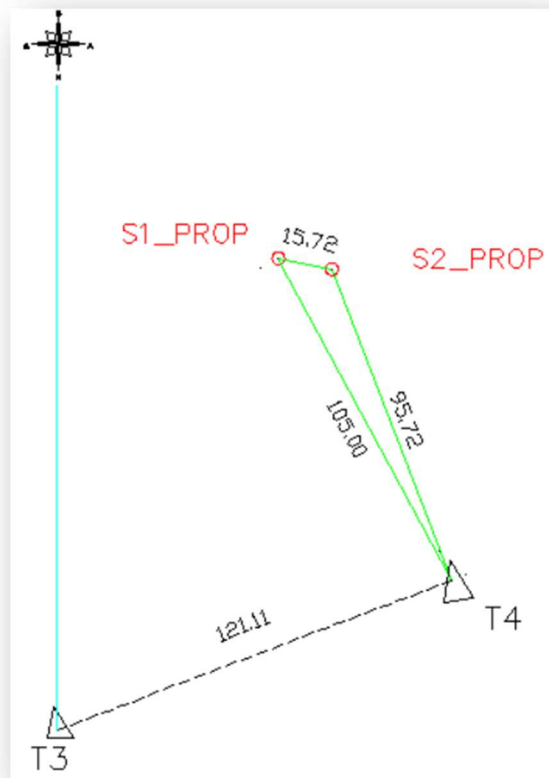
1η ΠΡΟΤΥΠΟΥΣΑ ΟΔΕΥΣΗ											
ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΣΗΜΕΙΟ ΣΤΑΣΗΣ	ΣΗΜΕΙΟ ΕΚΟΠΕΥΣΗΣ	ΘΕΣΗ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΟΥ		ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	ΓΩΝΙΑ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ		ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΓΕΝΙΚΟΣ Μ.Ο.
			I	II				I	II		
1H	T3	T4	0,0000	199,9952	0,0024	232,2019	232,2044	121,188	121,188	121,188	121,190
	T3	St1	232,2050	32,2036	232,2043			72,836	72,836	72,836	72,836
2H	T3	T4	50,0000	250,0044	50,0022	232,2051		121,188	121,187		98,764
	T3	St1	282,2059	82,2087	282,2073			72,835	72,836		90,137
3H	T3	T4	100,0001	300,0010	100,0006	232,2066		121,188	121,187		103,875
	T3	St1	332,2071	132,2072	332,2072			72,836	72,836		112,623
4H	T3	T4	149,9996	349,9976	149,9986	232,2041		121,188	121,188		
	T3	St1	382,2010	182,2043	382,2027			72,836	72,836		
1H	St1	T3	0,0001	200,0014	0,0007	297,0489	297,0463	72,837	72,837		72,837
	St1	St2	297,0488	97,0505	297,0497			98,767	98,767		98,768
2H	St1	T3	50,0000	249,9993	49,9997	297,0464		72,836	72,836		
	St1	St2	347,0443	147,0478	347,0461			98,768	98,768		
3H	St1	T3	100,0005	300,0006	100,0006	297,0445		72,837	72,837		
	St1	St2	397,0421	197,0479	397,0450			98,768	98,767		
4H	St1	T3	150,0002	349,9971	149,9987	297,0453		72,837	72,836		
	St1	St2	47,0435	247,0443	47,0439			98,767	98,768		
1H	St2	St1	399,9998	200,0013	400,0006	328,6895	328,6895	98,760	98,759		98,760
	St2	St3	328,6904	128,6897	328,6901			90,142	90,142		90,142
2H	St2	St1	50,0000	250,0019	50,0010	328,6901					98,760
	St2	St3	378,6912	178,6909	378,6911			90,142	90,142		90,142

**Εικόνα 60. Επιλύσεις οδεύσεων σε φύλλα excel**

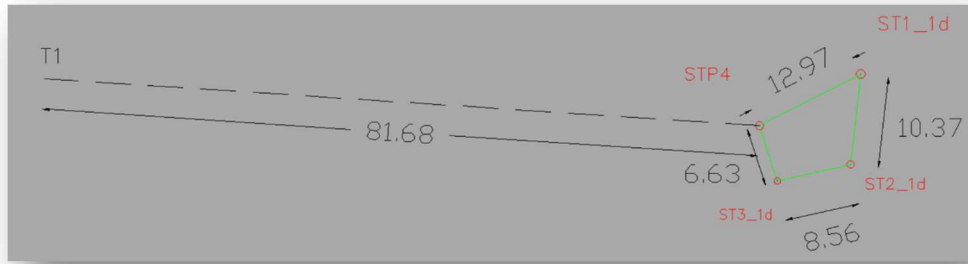
ΣΗΜΕΙΟ	ΓΩΝΙΑ	ΑΖΙΜΟΥΘΙΟ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ	ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ			ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΣ		
	$\gamma$			$a$	$S$	$\sin(a)$	$\cos(a)$	$\Delta x$	$\Delta y$
T4		276,9565						476507,103	4202148,882
T3	232,205	309,1615	72,807	-0,9896631	0,1434121	-72,05451259	10,4414	476393,845	4202105,997
ST1	297,047	6,2083	98,724	0,0973647	0,9952488	-0,003136677	-0,0028	476321,787	4202116,4356
ST2	328,690	134,8983	90,101	0,8534738	-0,5211357	-0,004253231	-0,0038	476331,395	4202214,687
ST3	130,398	65,2965	103,875	0,8550647	0,0020734	76,89890409	-46,9549	476408,290	4202167,728
ST4	334,571	199,8680	112,578	0,5185213	-0,9999979	-0,003881735	-0,00347	476497,106	4202221,586
ST5	298,285	298,1529	103,529	0,0020734	-0,9995791	0,233421622	-112,577	476497,334	4202109,004
T3	378,804	76,9565		-0,0290096		-0,004850068	-0,00433	476393,845	4202105,997
T4						-103,4850001	-3,00333	476507,103	4202148,882
ΣΥΝΟΛΟ	2000,000		581,614						

Εικόνα 61. Επιλύσεις οδεύσεων σε φύλλα excel

### 3.9 Σκαριφήματα οδεύσεων



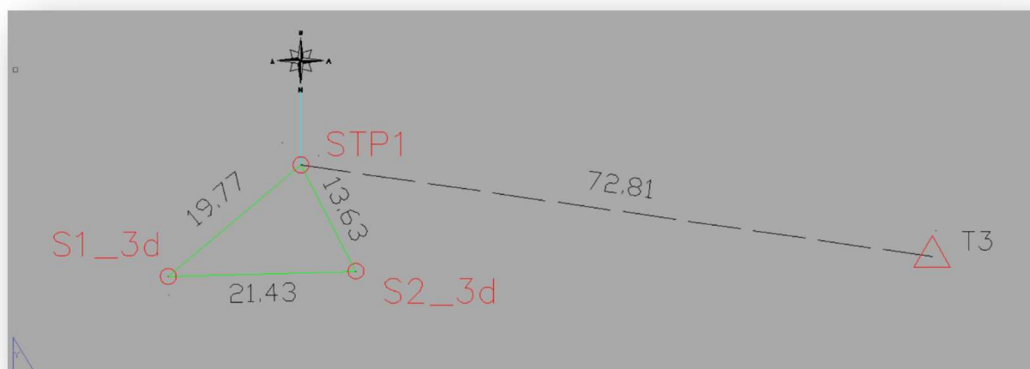
Εικόνα 62. Κλειστή οδευση στο χώρο του πρόβλου



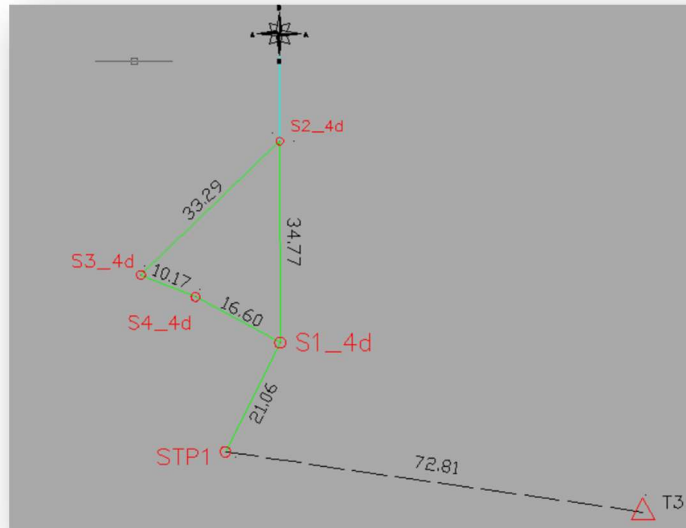
**Εικόνα 63. Πρώτη δευτερεύουσα εξαρτημένη όδευση στη στάση STP4 με προσανατολισμό στο τριγωνομετρικό T1.**



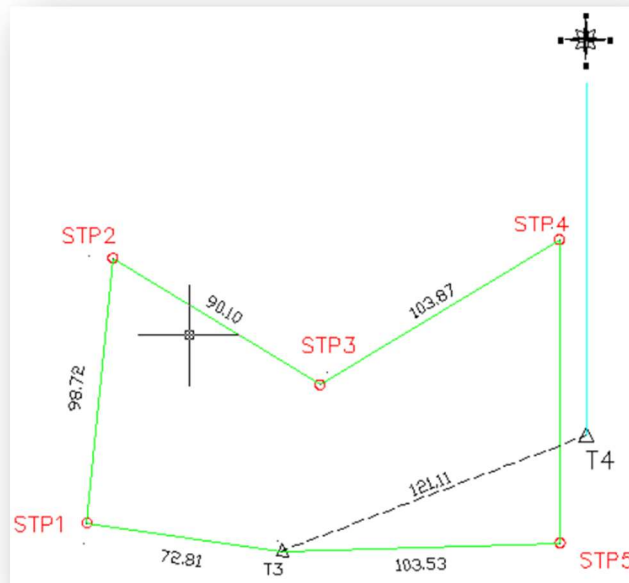
**Εικόνα 64. Δεύτερη δευτερεύουσα όδευση.**



**Εικόνα 65. Τρίτη δευτερεύουσα όδευση.**



**Εικόνα 66. Τέταρτη δευτερεύουσα όδευση.**



**Εικόνα 67. Πρωτεύουσα όδευση εξαρτημένη στο τριγωνομετρικό T3 και με προσανατολισμό στο T4.**



## **4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ**

Με την πάροδο του χρόνου έχουν δημιουργηθεί περισσότερες από μια μέθοδοι αποτύπωσης ενός αντικειμένου, αγροτεμάχιου ή και ενός αρχαιολογικού χώρου. Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας παρέχει εργαλεία και μηχανήματα στους επαγγελματίες με σκοπό να πραγματοποιούνται μετρήσεις ακρίβειας στον πραγματικό χώρο σε μικρό χρονικό διάστημα. Σε γενικό πλαίσιο οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σήμερα για την αποτύπωση είτε ενός μικρού αντικειμένου είτε μιας μεγαλύτερης σε έκταση περιοχής είναι η τοπογραφική, η φωτογραμμετρική, η αποτύπωση με laser scanner όπως επίσης και η τηλεπισκόπηση. Παρόλα αυτά ο συνδυασμός μεταξύ τους επιφέρει αξιοπιστία και ακρίβεια στις μετρήσεις.

### **4.1 Φωτογραμμετρική αποτύπωση**

Η φωτογραμμετρία παρέχει μετρητικές ικανότητες με αποτελέσματα μεγάλης ακρίβειας. Η συλλογή πολλαπλών λήψεων με τη χρήση φωτογραφικής μηχανής, ονομάζεται επίγεια φωτογραμμετρία η οποία εστιάζει σε ένα συγκεκριμένο σημείο ενδιαφέροντος. Ως σημείο ενδιαφέροντος στην επίγεια φωτογραμμετρία θεωρείται η όψη και το εσωτερικό ενός κτιρίου, αντικείμενα που εκτίθενται σε ένα μουσείο ακόμη και αγάλματα. Μια άλλη κατηγορία αυτής της επιστήμης είναι η εναέρια φωτογραμμετρία η οποία πραγματοποιείται με τα drones λαμβάνοντας φωτογραφίες. Το ύψος και η έκταση της λήψης των φωτογραφιών προγραμματίζονται από το χρήστη. Η πληροφορία που αποκτάται από αυτές τις εργασίες πέρα από την αξιοπιστία είναι οι συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ ή όποιο άλλο γεωδαιτικό σύστημα επιθυμεί ο ενδιαφερόμενος, η αίσθηση του χώρου διότι έχει εικόνα σε αυτόν, υψομετρικές διαφορές αλλά και έναν ορθοφωτοχάρτη.

Στη συνέχεια πραγματοποιείται επεξεργασία των δεδομένων δηλαδή των φωτογραφιών σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Οι φωτογραφίες δίνουν ένα νέφος σημείων από το οποίο δημιουργείται ένα 3D μοντέλο στο οποίο εμπεριέχεται μετρητική πληροφορία. Αν γίνεται λόγος για μια μεγάλη έκταση το αποτέλεσμα που παίρνει ο χρήστης είναι ένας ορθοφωτοχάρτης (*εικόνα 68*) που πάλι σε αυτή την περίπτωση με την τοποθέτηση φωτοσταθερών υπάρχει μετρητική πληροφορία του εδάφους. Με την επεξεργασία των δεδομένων δημιουργείται ακόμα και ανάγλυφο στο αντικείμενο προς αποτύπωση.



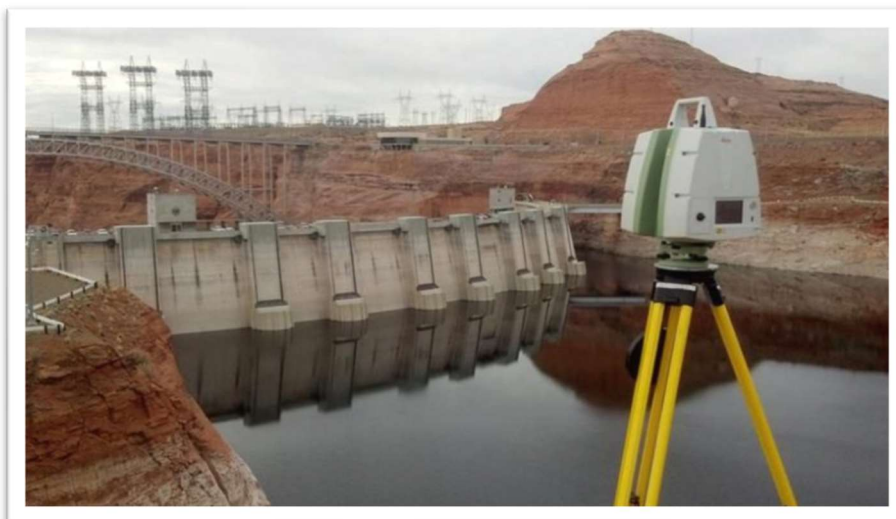
*Εικόνα 68. Παράδειγμα ορθοφωτοχάρτη μιας περιοχής.*

## 4.2 Αποτύπωση με laser scanner

Τις τελευταίες δεκαετίες είναι διαδεδομένη η χρήση laser scanner για την αποτύπωση εσωτερικών και εξωτερικών χώρων, μικρών αντικειμένων, μνημείων και αρχαιολογικών χώρων, δύσκολων γεωμετρικά κατασκευών κλπ. όπου δίνεται έμφαση στη λεπτομέρεια. Οι επίγειοι σαρωτές παρέχουν αξιοπιστία και ακρίβεια στις μετρήσεις τους που ανέρχεται στην τάξη των 3mm – 3cm. Οι επίγειοι σαρωτές (laser scanner) προσφέρουν ένα εξαιρετικό αποτέλεσμα σε γρήγορο χρονικό διάστημα και με σχετικά μικρό οικονομικό κόστος.

Η λειτουργία των σαρωτών laser βασίζεται στην οπτική ακτινοβολία, ουσιαστικά το κύριο αντικείμενο ενός σαρωτή είναι η αποστολή μεγάλου αριθμού ακτινών laser από το laser scanner προς το αντικείμενο με σκοπό τη δημιουργία ενός πυκνού νέφους σημείων όπου κάθε σημείο έχει x,y,z συντεταγμένες στο χώρο σε ένα αυθαίρετο σύστημα με στόχο την πλήρη αναπαράσταση του. Οι προϋποθέσεις για να υπάρξει ένα πιστό αντίγραφο εξαρτάται από πολλούς παράγοντες αλλά οι κύριοι είναι το χρώμα και η υφή του αντικειμένου που αποτυπώνεται. Μετά τη σάρωση στο ύπαιθρο ακολουθεί η ψηφιακή επεξεργασία του 3D μοντέλου στον υπολογιστή όπου ως πρώτη ύλη δίνεται το πυκνό νέφος σημείων του αντικειμένου, αν έχουν ληφθεί πολύ πυκνά σημεία τότε εκ πρώτης όψεως θα παρουσιάζεται το αντικείμενο. Έπειτα δημιουργούνται επιφάνειες σύμφωνα με τη χρήση ειδικών παραμέτρων αλλά και αλγορίθμων για τη δημιουργία του καλύτερου δυνατού αποτελέσματος.

Οι σαρωτές laser (*εικόνα 69*) διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες η πρώτη είναι οι σαρωτές τριγωνισμού όπου χωρίζονται σε αυτούς με μονή ή με διπλή κάμερα. Η δεύτερη κατηγορία είναι οι σαρωτές μέτρησης απόστασης όπου η μέτρηση πραγματοποιείται με δυο τρόπους. Ο πρώτος είναι αυτός του χρόνου πτήσης της ακτίνας laser (time of flight measurement) ενώ ο δεύτερος είναι αυτός της σύγκρισης φάσης (phase shift measurement).



*Εικόνα 69. Laser scanner (σαρωτής σημείων).*

Μια άποψη ακόμα είναι ο συνδυασμός των δυο αυτών μεθόδων δηλαδή να υπάρχει η υφή του μοντέλου μέσω φωτογραμμετρίας και από την άλλη μέθοδο δηλαδή μέσω του

laser scanner να ληφθεί το τριγωνισμένο μοντέλο και πιο συγκεκριμένα το ανάγλυφο του αντικειμένου προς αποτύπωση. Με την ένωση αυτών των δυο μεθόδων ολοκληρώνεται η αποτύπωση ενός αντικειμένου αφού φέρει την υφή μέσω της φωτογραφίας και το ανάγλυφο μέσω των σημείων από το σαρωτή laser.

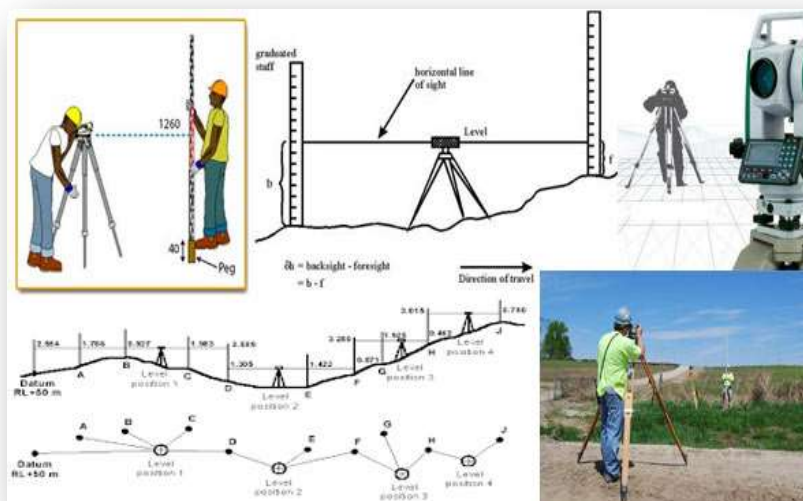
### **4.3 Τοπομετρική αποτύπωση**

Η τοπομετρική αποτύπωση ουσιαστικά αφορά σχέδια μεγάλης κλίμακας που πραγματοποιείται με απλά όργανα όπως το αποστασιόμετρο (EDM) και η μετροταινία. Συνηθίζεται σε εσωτερικούς χώρους για την σχεδίαση κατόψεων και καταγραφή αποστάσεων ή χρησιμοποιείται ακόμα και για μικρά αντικείμενα που έχουν απλό σχήμα. Η καταγραφή των δεδομένων γίνεται σε μικρό σκαρίφημα (κροκί) και έπειτα ακολουθεί η σχεδίαση σε AutoCAD στον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

### **4.4 Τοπογραφική αποτύπωση**

Αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται για πιο σύνθετες εργασίες που απαιτούν μεγαλύτερη ακρίβεια. Οι μετρήσεις γίνονται με όργανα total stations αλλά και με μετροταινία σε περιπτώσεις μικρών αποστάσεων. Συνδυάζεται με εφαρμογές δορυφορικού εντοπισμού αν είναι αναγκαίο για παράδειγμα οι μετρήσεις να ενταχθούν σε κάποιο γεωδαιτικό σύστημα συντεταγμένων χρησιμοποιείται ο δορυφορικός εντοπισμός (gps) που λαμβάνονται μετρήσεις μέσω των δορυφόρων και δίνεται η θέση του σημείου. Με αυτό τον τρόπο εντάσσεται για παράδειγμα ένα σχέδιο στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΕΓΣΑ 87'). Επίσης οι εφαρμογές gps χρησιμεύουν για αποτυπώσεις αγροτεμάτων ή για άλλες τέτοιου είδους απλές εργασίες.

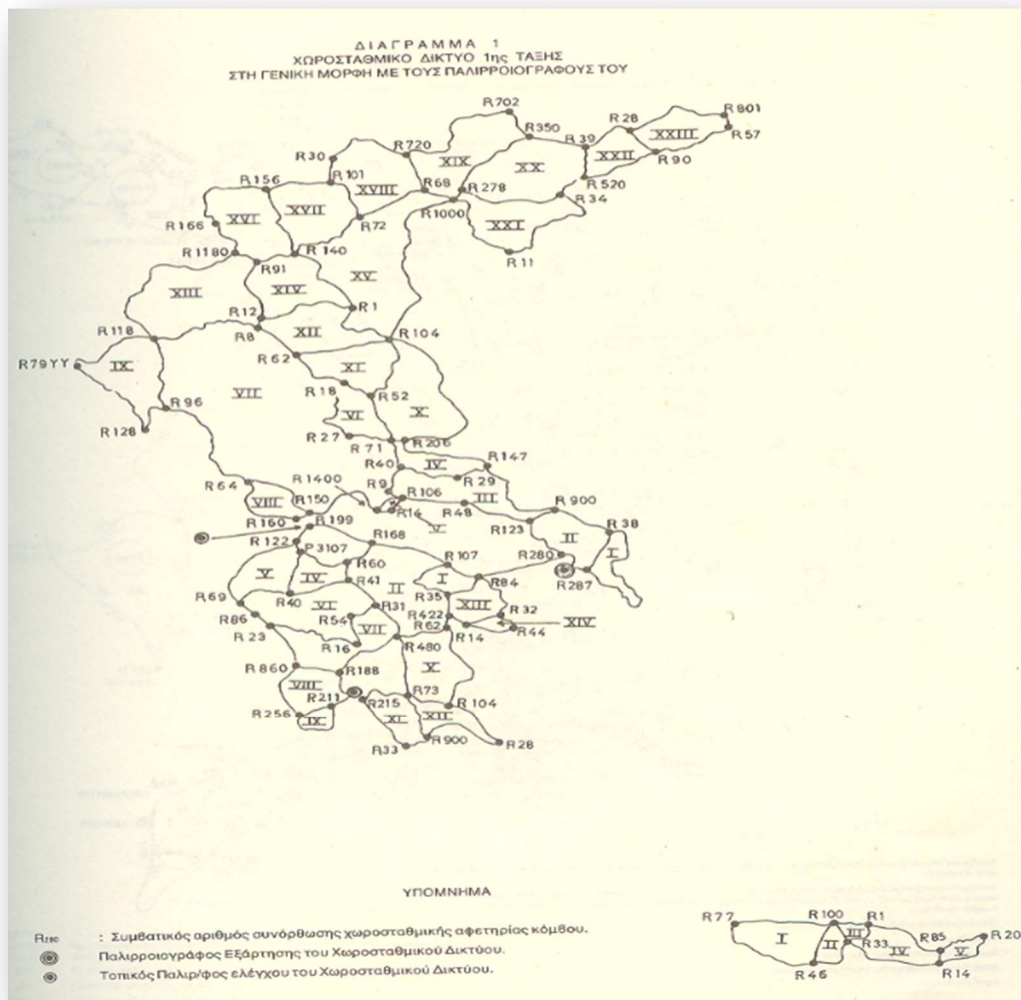
## **5. ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΙΚΗ ΟΔΕΥΣΗ**



*Εικόνα 70. Μέθοδος χωροστάθμισης.*

Εκτός από τον οριζοντιογραφικό προσδιορισμό των σημείων (πολυγωνικά και ταχυμετρικά σημεία) θα πρέπει να προσδιορισθεί και ο κατακόρυφος ή αλλιώς

υψομετρικός. Κατά συνέπεια πρέπει να γίνει πύκνωση του κατακόρυφου δικτύου ώστε να είναι πλήρης η απόδοση του σχεδίου, συμπεριλαμβανομένου και του ανάγλυφου του αρχαιολογικού χώρου με την δημιουργία ισοϋψών καμπυλών. Με αυτόν τον τρόπο παρέχεται ολοκληρωμένη πληροφορία για τον τρισδιάστατο χώρο. Το κατακόρυφο δίκτυο είναι μονοδιάστατο, σε αντίθεση με το οριζοντιογραφικό δίκτυο που είναι δισδιάστατο κατά X και Y. Οι κορυφές γνωστών απόλυτων υψομέτρων (terpers) είναι κατανομημένες σε όλο τον Ελλαδικό χώρο δημιουργώντας μεταξύ τους βρόγχους που χωρίζονται σε 4 τάξεις, (1<sup>ης</sup>, 2<sup>ης</sup>, 3<sup>ης</sup> και 4<sup>ης</sup>, σε ορισμένες περιπτώσεις και 5<sup>ης</sup> τάξης). Το χωροσταθμικό δίκτυο της πρώτης τάξης έχει ως σταθερό βασικό σημείο αναφοράς ή αλλιώς σημείο αναφοράς του δικτύου τον **παλιρροιογράφο του Πειραιά** ο οποίος βρίσκεται κοντά στην Σχολή Ναυτιών Δοκίμων (ΣΝΔ). Στον παλιρροιογράφο αυτό υπολογίζεται με μακροχρόνιες μετρήσεις περίοδοι περίπου 18,5 έτη η **Μέση Στάθμη Θάλασσας (ΜΣΘ)** που προσεγγίζει το γεωειδές και η οποία αποτελεί την επιφάνεια αναφοράς των ορθομετρικών υψομέτρων (H).



Εικόνα 71. Διάγραμμα χωροσταθμικού δικτύου 1ης τάξης

Το γεωειδές είναι μια ισοδυναμική επιφάνεια του γήινου βαρυτικού πεδίου, το οποίο πλησιάζει περισσότερο προς την Μέση Στάθμη της Θάλασσας. Ο προσδιορισμός του



ορθομετρικού υψομέτρου εκτός από τις κλασικές μεθόδους μπορεί να γίνει και με δορυφορικές μετρήσεις. Εισάγοντας ένα τοπικό μοντέλο γεωειδούς που παρέχει ικανοποιητική ακρίβεια για αποτύπωση σημείων λεπτομερειών με μέθοδο RTK ακρίβειας  $\pm 3 - 4$  cm. Το υψόμετρο δεν είναι μεγίστης σημασίας σε ορισμένες εργασίες (απλή οριοθέτηση αγροτεμαχίου) όσο η οριζοντιογραφική αποτύπωση. Το GPS μετράει το γεωμετρικό υψόμετρο  $h$  για αυτό τον λόγο είναι απαραίτητη η χρήση του **γεωειδούς μοντέλου**. Το μοντέλο αυτό ανάγει τα γεωμετρικά σε ορθομετρικά υψόμετρα σύμφωνα με τον τύπο  $H=h-N$ . Σε περιπτώσεις που η υψομετρική ακρίβεια είναι ελάχιστος σημασίας δημιουργείται ένα εφαπτόμενο επίπεδο στο γεωειδές (με πολυωνυμικούς συντελεστές) με αποτέλεσμα την εξομάλυνσή του, όμως σε περίπτωση δημιουργίας ενός κατακόρυφου δικτύου ή ενός δικτύου μικρό-μετακινήσεων δεν θα θεωρούνταν αποτελεσματική η χρήση GPS. Αντί για αυτή τη μέθοδο το καλύτερο αποτέλεσμα θα δινόταν με την γεωμετρική χωροστάθμιση το οποίο παρέχει ακρίβεια  $\pm 1$ mm έως και δεκάδες χιλιόμετρα. Ορισμένες από τις μεθόδους προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών αναφέρονται παρακάτω με φθίνουσα σειρά ως προς την αποδιδόμενη ακρίβειά τους:

- Γεωμετρική χωροστάθμιση, με χρήση χωροβάτη και δύο σταδίων .
- Υδροστατική χωροστάθμιση, με χρήση αλφαδολάστιχου στηριζόμενη στην αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων, χρησιμοποιείται κυρίως στην οικοδομή με αρκετή καλή ακρίβεια αλλά χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή ώστε να μην υπάρξει αέρας μέσα στον διαφανή σωλήνα.
- Τριγωνομετρική χωροστάθμιση, με χρήση γεωδαιτικού σταθμού, υπολογίζοντας με βάση την κεκλιμένη απόσταση, ζενίθια γωνία, ύψος σκόπευσης, ύψος οργάνου, χρησιμοποιείται κυρίως για υψομετρικές διαφορές που δεν είναι δυνατή η χρήση χωροβάτη δηλαδή σε έδαφος με έντονη και απότομη κλίση.
- Βαρομετρική χωροστάθμιση, με χρήση βαρομετρικών οργάνων .

Η γνώση υψομετρικών σημείων εδάφους είναι χρήσιμη για διάφορες πρακτικές εφαρμογές που αντιμετωπίζει ένας τοπογράφος μηχανικός, όπως μερικές από αυτές είναι οι παρακάτω:

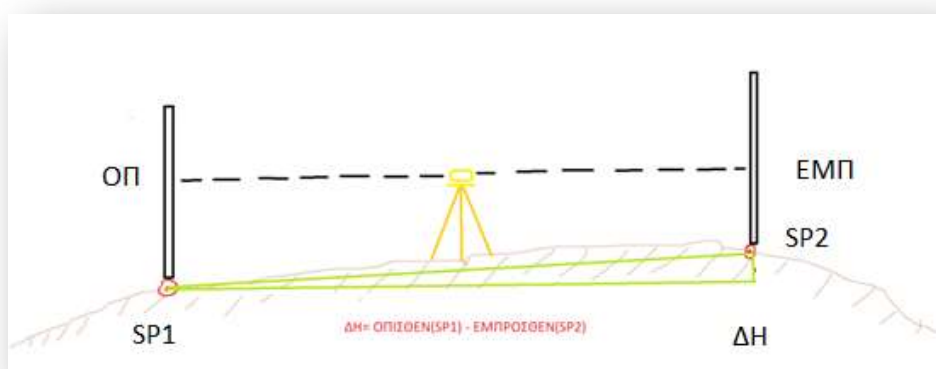
- Απόδοση τοπογραφικού ανάγλυφου με την δημιουργία ισοϋψών καμπυλών
- Υδραυλικά έργα και έργα οδοποιίας - συγκοινωνιακά, όπως υδραγωγεία, εθνικοί οδοί, διώρυγες, κατασκευή σηράγγων κ.α.
- Δίκτυα μικρό-μετακινήσεων , όπως για εγκατάσταση μηχανών σε βιομηχανίες

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι εκτός από τα απόλυτα υψόμετρα μερικές φορές χρησιμοποιούνται και σχετικά υψόμετρα όπως για παράδειγμα για την αρχιτεκτονική σχεδίαση όψης ενός κτιρίου. Στην περίπτωση αυτή δεν ενδιαφέρει ιδιαίτερα το απόλυτο υψόμετρο και ως μηδέν λαμβάνεται συνήθως η ασφαλτος του δρόμου ή το κράσπεδο επί του προσώπου του οικοπέδου, με άξονα  $X$  παράλληλο με τον δρόμο και άξονα  $Z$  κατακόρυφο στον δρόμο.



## 5.1 Η Γεωμετρική Χωροστάθμιση

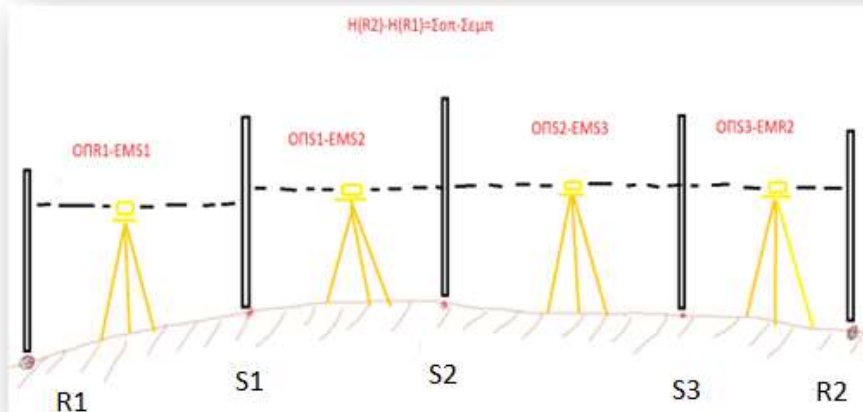
Η γεωμετρική χωροστάθμιση (εικόνες 72 και 73) είναι η μέθοδος προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών που χρησιμοποιείται κατά κόρον στην τοπογραφία. Η αρχή της βασίζεται στην υλοποίηση ενός οριζόντιου οπτικού άξονα ο οποίος τέμνει δύο κατακόρυφες σταδίες κατά όπισθεν και κατά έμπροσθεν, με την διαφορά (οπισθοσκόπευση – εμπροσθοσκόπευση) των ενδείξεών τους να ορίζει την υψομετρική διαφορά μεταξύ δύο σημείων.



Εικόνα 72. Γεωμετρική χωροστάθμιση.

Το τοπογραφικό όργανο που δημιουργεί έναν σταθερό κατακόρυφο άξονα χωρίς να τον μεταβάλλει είναι ο χωροβάτης. Ο χωροβάτης μπορεί να είναι αναλογικός ή ηλεκτρονικός, στους ηλεκτρονικούς χωροβάτες χρησιμοποιούνται σταδίες με barcode για τον αυτόματο προσδιορισμό της ένδειξης στη σταδία. Ο χωροβάτης συνήθως δεν κεντρώνεται σε κάποιο σημείο αλλά μόνο οριζοντιώνεται, διότι αναφέρεται μόνο στην υψομετρική διαφορά των σημείων κατά την διαδικασία των μετρήσεων χωροστάθμισης. Συνήθως τοποθετείται στην μέση περίπου της απόστασης μεταξύ των κορυφών ώστε να απαλειφθεί το σφάλμα της σφαιρικότητας και της διάθλασης (*σφάλμα φαινόμενης στάθμης*). Κάτω από συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και σε περιπτώσεις που χρειάζεται μεγάλη ακρίβεια τοποθετείται ομπρέλα για τη σκίαση του οργάνου ώστε να αποφευχθούν συστολές - διαστολές των εξαρτημάτων του αλλά και η απαλοιφή σφαλμάτων των μετρήσεων. Οι σταδίες είναι απαραίτητο να είναι κατακόρυφες κατά τη διάρκεια των μετρήσεων για αυτό το λόγο τοποθετείται σφαιρική αεροστάθμη στο πίσω μέρος της.

Η χωροσταθμική όδευση συνήθως έχει ως αφετηρία σημείο που φέρει γνωστό υψόμετρο και κλείνει σε ένα αντίστοιχο με διαφορετικό υψόμετρο. Προκειμένου να ελεγχθούν οι μετρήσεις η χωροστάθμιση ξεκινά για παράδειγμα από το R1 (refer 1 με γνωστό απόλυτο υψόμετρο) και τερματίζει στο R2 (refer 2 με γνωστό απόλυτο υψόμετρο), εάν η ακρίβεια για την εκάστοτε εργασία είναι σημαντική πραγματοποιείται η μέθοδος μετάβασης και επιστροφής (Aller-retour).



Εικόνα 73. Γεωμετρική χωροστάθμιση.

## 5.2 Σφάλματα γεωμετρικής χωροστάθμισης

Ορισμένα σφάλματα που εμφανίζονται στην γεωμετρική χωροστάθμιση είναι τα συστηματικά σφάλματα που οφείλονται στο όργανο, τα χονδροειδή που εξαρτώνται από τον παρατηρητή π.χ. λάθος καταγραφή μέτρησης και τα τυχαία. Τα συστηματικά σφάλματα της γεωμετρικής χωροστάθμισης αναλύονται στις παρακάτω παραγράφους:

### 5.2.1 Σφάλματα που οφείλονται στην κατασκευή του χωροβάτη

- **Σφάλμα λόγω γεωδαιτικής διάθλασης:** οφείλονται στην καμπυλότητα της φωτεινής ακτίνας, ενώ κανονικά θα έπρεπε να είναι μια ευθεία γραμμή. Αυτό το σφάλμα δημιουργείται λόγω των στρωμάτων μεγάλης πυκνότητας της ατμόσφαιρας με αποτέλεσμα ο παρατηρητής να καταγράψει λανθασμένη ένδειξη στην σταδία σε σχέση με την πραγματική. Η μέγιστη τιμή του είναι συνήθως τις πρωινές ώρες και η ελάχιστη τιμή το μεσημέρι. Το σφάλμα αυτό είναι εντονότερο σε υψηλές θερμοκρασίες (όπως για παράδειγμα θερμοκρασίες στα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα που αγγίζουν και τους 49 με 50 βαθμούς κελσίου) για αυτό και οι σταδίες καλό θα είναι να στοχεύονται όσο ψηλότερα και όχι χαμηλά λόγω της διάθλασης.
- **Σφάλμα λόγω σφαιρικότητας:** σε περίπτωση μεγάλων αποστάσεων της τάξης του ενός χιλιομέτρου αυτό μπορεί να επηρεάζει σημαντικά τις μετρήσεις δηλαδή μπορεί να φθάσει και τα 8 cm.

$$C = \frac{D^2}{2R} - k \frac{D^2}{2R} = (1 - k) \frac{D^2}{2R} \quad (1.15)$$

$$C = qD^2 \quad (1.16)$$

$$q = \frac{1-k}{2R} \quad (1.17)$$

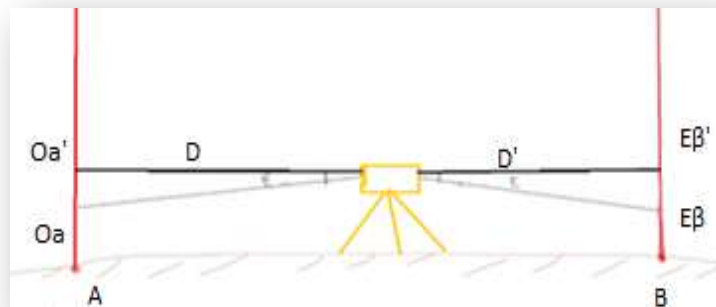
D(m)	20	50	100	200	500	1000	2000
$qD^2$	0.03	0.17	0.68	2.73	17.1	68.3	273.2

Πίνακας 5. Σφάλμα διάθλασης και σφαιρικότητας

Όπου C είναι το σφάλμα λόγω διάθλασης και σφαιρικότητας, D είναι η οριζόντια απόσταση, k είναι ο συντελεστής γεωδαιτικής διάθλασης ο οποίος ισούται με R/R' (R' είναι η ακτίνα του τόξου κύκλου καμπυλότητας). Από το παραπάνω πινακάκι παρατηρείται ότι η διόρθωση C είναι ανάλογη προς το τετράγωνο της οριζόντιας απόστασης και για αυτό αυξάνεται εκθετικά, η παραπάνω διόρθωση είναι γνωστή και ως *σφάλμα φαινόμενης στάθμης*. Το σφάλμα αυτό απαλείφεται ή σχεδόν ελαχιστοποιείται τοποθετώντας τον χωροβάτη όσο το δυνατόν στην μέση της απόστασης μεταξύ σημείου οπισθοσκόπευσης και εμπροσθοσκόπευσης, και πραγματοποιώντας τις μετρήσεις σε σύντομο χρονικό διάστημα ώστε ο συντελεστής k να θεωρηθεί σταθερός, δηλαδή να υπάρχουν ισοβαρείς παρατηρήσεις.

- **Σφάλμα σκοπευτικού άξονα:** το σφάλμα αυτό οφείλεται στην μη παραλληλία του κανονικού άξονα της αεροστάθμης με εκείνον του σκοπευτικού άξονα. Δηλαδή η φυσαλίδα της αεροστάθμης μπορεί μεν να είναι ακριβώς στο κέντρο αλλά ο σκοπευτικός άξονα να αποκλίνει από την οριζόντια θέση του. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μην είναι κάθετος με τον πρωτεύον άξονα ο οποίος ταυτίζεται με την κατακόρυφο που διέρχεται από το κέντρο του οργάνου. Γενικά υπάρχουν τρεις τρόποι απαλοιφής αυτού του σφάλματος:

#### 1) μέθοδος των ίσων αποστάσεων (εικόνα 74)



Εικόνα 74. Μέθοδος των ίσων αποστάσεων.

$$\Delta H = Oa' - E\beta' = (Oa + D \tan \epsilon) - (E\beta + D \tan \epsilon) \quad (1.18)$$

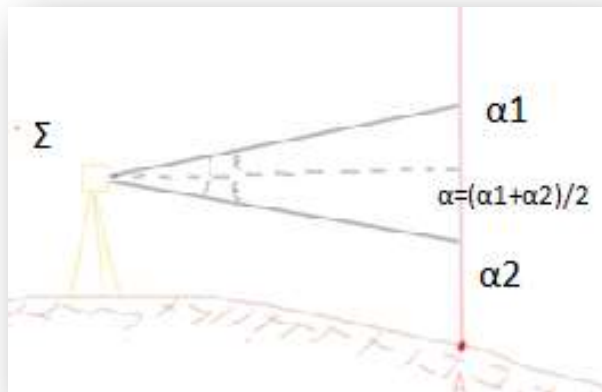
$$\Delta H = Oa - E\beta + (D - D') \tan \epsilon \quad (1.19)$$

$$\text{Έαν υποθεθεί ότι } D = D' \text{ τότε } \Delta H = Oa - E\beta \quad (1.20)$$

Ο χωροβάτης τοποθετείται στο μέσο της απόστασης ώστε το σφάλμα του οπτικού άξονα να είναι κοινό αμοιβαία και στην οπισθοσκόπευση αλλά και στην εμπροσθοσκόπευση.

#### 2) μέθοδος της διπλής σκόπευσης

Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται σε χωροβάτες όπου το τηλεσκόπιο περιστρέφεται κατά 200g οπότε το σφάλμα απαλείφεται με τον μέσο όρο των δύο σκοπεύσεων όπως φαίνεται και στην παρακάτω **εικόνα 75**.



*Εικόνα 75. Μέθοδος διπλής σκόπευσης.*

### 3) μέθοδος των αμοιβαίων σκοπεύσεων

Γενικά αυτή η μέθοδος είναι χρονοβόρα και δεν χρησιμοποιείται τόσο συχνά όσον οι προηγούμενες μέθοδοι. Συνήθως χρησιμεύει σε περίπτωση που η χωροσταθμική όδευση διέρχεται από ποτάμια ή ρέματα.

$$(\Sigma 1A) \tan \varepsilon - (\Sigma 1A + D) \tan \varepsilon = -D \tan \varepsilon \quad (1.21)$$

$$(\Sigma 2B) \tan \varepsilon - (\Sigma 2B + D) \tan \varepsilon = +D \tan \varepsilon \quad (1.22)$$

Από τις παραπάνω εξισώσεις παρατηρείται ότι τα σφάλματα στο σημείο A και στο σημείο B είναι ίσα με αντίθετο πρόσημο, οπότε απαλείφονται μεταξύ τους.

## 5.3 Σφάλματα σταδίας

Μια γεωμετρική χωροστάθμιση εκτός από τα σφάλματα του χωροβάτη επηρεάζεται και από τα σφάλματα της σταδίας. Τα σφάλματα αυτά μπορεί να οφείλονται είτε στην κατασκευή της, είτε με τον τρόπο που τοποθετείται στο σημείο στάσης κατά την εκτέλεση των μετρήσεων. Στην παράγραφο αυτή αναλύονται συνολικά έξι σφάλματα που οφείλονται στη σταδία, δηλαδή το σφάλμα μηδενός της σταδίας, σφάλμα διαίρεσης σταδίας, σφάλμα διαστολής, σφάλμα κάμψης, σφάλμα κατακορυφότητας και σφάλμα ανάγνωσης σταδίας. Τα συγκεκριμένα σφάλματα αναλύονται παρακάτω.

- **Το σφάλμα μηδενός της σταδίας:** το σφάλμα αυτό οφείλεται στις φθορές που υπάρχουν στο σημείο στήριξης της σταδίας, οπότε αντί η ένδειξη της σκόπευσης να αναφέρεται στην πραγματική τιμή της χαραγής της σταδίας, αναφέρεται σε άλλη ένδειξη κατά +d. Το σφάλμα αυτό απαλείφεται αν κατά την εμπροσθοσκόπευση και οπισθοσκόπευση χρησιμοποιηθεί η ίδια σταδία. Αυτή η μέθοδος ακολουθήθηκε κατά την εκτέλεση μετρήσεων χωροστάθμισης

στις στήλες Ολυμπίου Διός, όπου υπήρχε μόνο μια σταδία για χρήση. Σε περίπτωση όμως που υπήρχαν δύο σταδίες, η κάθε μια από αυτές θα είχε διαφορετικό σφάλμα μηδενός. Στην περίπτωση αυτή για να απαλειφθεί το σφάλμα η σταδία η οποία ήταν στην πρώτη στάση ως οπισθοσκόπευση +d γίνεται στην επόμενη στάση εμπροσθοσκόπευση -d.

- **Σφάλμα διαίρεσης σταδίας**, πρόκειται για σφάλμα που οφείλεται στις υποδιαιρέσεις της σταδίας κατά την κατασκευή της. Αυτό μπορεί να ελεγχθεί και να συγκριθεί για τυχόν αποκλίσεις με ένα κοινό υποδεκάμετρο χάρακα. Για να αποφευχθεί το σφάλμα αυτό πρέπει πριν από κάθε χωροστάθμιση να ελέγχονται οι σταδίες με έναν χάρακα ή μεταλλική μετροταινία ώστε να συγκριθούν οι μεταξύ τους υποδιαιρέσεις.
- **Σφάλμα διαστολής σταδίας**, συναντάται κυρίως στις παλιές ξύλινες σταδίες οι οποίες λόγω υγρασίας ή αλλαγής θερμοκρασίας διογκώνονταν με αποτέλεσμα σε μεγάλες χωροσταθμίσεις να εισάγουν συστηματικό σφάλμα. Αυτό είναι δυνατόν να αποφευχθεί χρησιμοποιώντας τρίμετρες σταδίες invar.
- **Σφάλμα κάμψης της σταδίας (εικόνα 76)**, είναι το σφάλμα που εισάγεται λόγω της μεταβολής του μήκους σταδίας και η ανάγνωση η οποία λαμβάνεται είναι μεγαλύτερη από την πραγματική τιμή. Αυτό το σφάλμα προκύπτει λόγω του ότι η σταδία αντί να είναι μια ευθεία κατακόρυφη γραμμή είναι λόγω κάμψης μια καμπύλη η οποία ακολουθεί την εξίσωση παραβολής αντί για εξίσωση ευθείας. Το σφάλμα αυτό μπορεί να φθάσει και τιμές ίσα με 0.3 mm το οποίο είναι απαραίτητο να λαμβάνεται υπόψη σε χωροσταθμίσεις ακριβείας.

$$\Delta\alpha = \alpha - \alpha_0 = \frac{2\chi^2}{3\alpha} \quad (1.23)$$

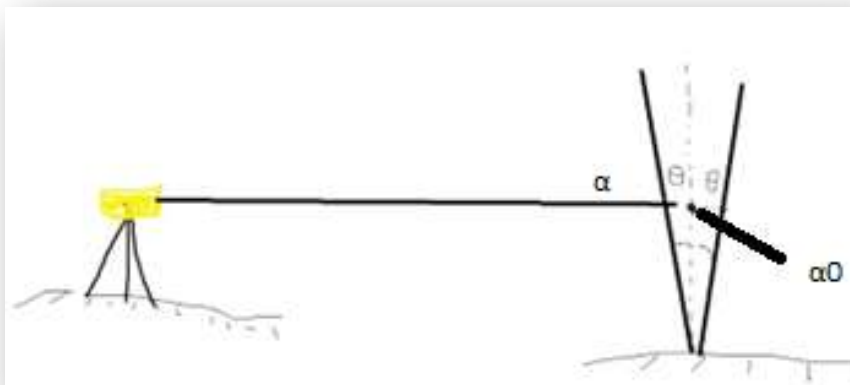


Εικόνα 76. Σφάλμα κάμψης σταδίας.

**Σφάλμα κατακορυφότητας σταδίας (εικόνα 77)**, το σφάλμα αυτό εισάγεται λόγω της μη κατακορυφότητας της σταδίας επάνω στην στάση. Όταν η σταδία δεν είναι κατακόρυφη, η ανάγνωση  $\alpha$  που λαμβάνεται είναι μεγαλύτερη της πραγματικής ανεξάρτητα από την κατεύθυνση προς την οποία παρουσιάζεται η κλίση. Οι σταδίες συνήθως φέρουν επάνω τους μια αεροστάθμη (αλφάδι) ώστε να επιτευχθεί η κατακορυφότητα, σε περίπτωση όμως που δεν υπάρχει αεροστάθμη, ταλαντεύεται η

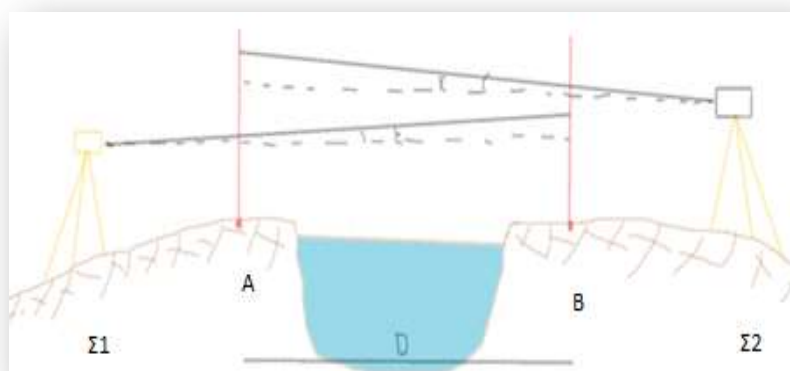


σταδία μπρος πίσω από τον σταδιοφόρο μέχρι το οριζόντιο νήμα να δείξει την μικρότερη ένδειξη.



Εικόνα 77. Σφάλμα κατακορυφότητας.

**Σφάλμα ανάγνωσης σταδίας**, το σφάλμα αυτό εξαρτάται από την μεγέθυνση του κάθε χωροβάτη, που είναι  $100^c/M$ , όπου  $M$  είναι η μεγέθυνση του χωροβάτη. Γίνεται σαφές ότι η μεγέθυνση παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στις μετρήσεις διότι, αν η μεγέθυνση είναι αρκετά μικρή τότε είναι εύκολο να προκύψει σφάλμα ανάγνωσης.



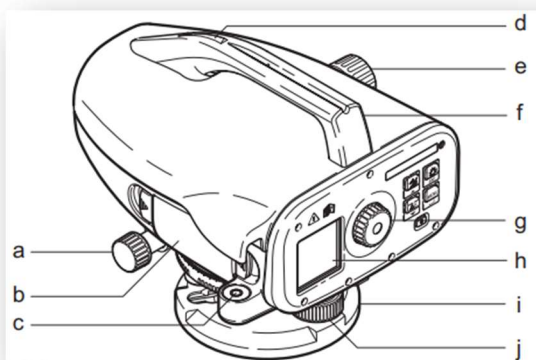
Εικόνα 78. Απαλοιφή σφάλματος σκοπευτικού άξονα με την μέθοδο αμοιβαίων σκοπεύσεων.

## **5.4 Μέτρηση χωροσταθμικής όδευσης αρχαιολογικού χώρου**

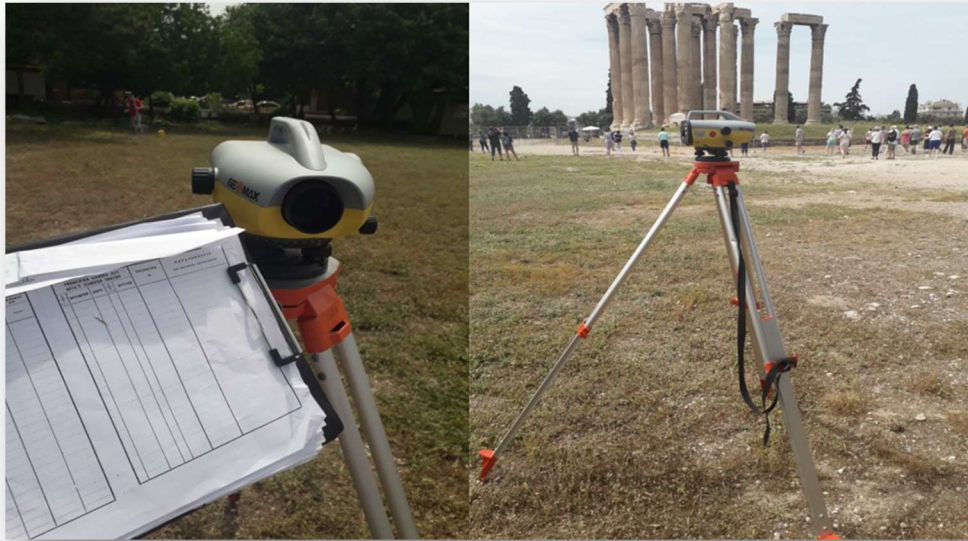
Η διαδικασία προτού ξεκινήσουν οι χωροσταθμικές μετρήσεις ήταν να επιλεγθεί ο κατάλληλος τύπος της χωροσταθμικής όδευσης, τα *reper* (γνωστά σημεία ορθομετρικού υψομέτρου τα οποία χρησιμοποιούνται ως υψομετρικές αφετηρίες) που θα χρησιμοποιηθούν και η σειρά με την οποία θα πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις. Επειδή δεν υπήρχε κοντά στην περιοχή *reper* της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού έγινε η εξής παραδοχή, να θεωρηθεί ως σημείο αφετηρίας υψομέτρων (*reper*) ένα από

τα τέσσερα μετρημένα τριγωνομετρικά σημεία. Το τριγωνομετρικό σημείο που επιλέχθηκε ως refer ήταν το T2 επειδή είχε το ελάχιστο υψομετρικά σφάλμα ίσο με **4 mm τυπική απόκλιση**. Αντίστοιχα το ίδιο σφάλμα παρατηρήθηκε και στο T1, αφού οι παρατηρήσεις της βάσης T1-T2 θεωρούνται σχεδόν ισοβαρείς λόγω της μικρής απόστασης μεταξύ τους. Επίσης υπάρχει κοινή ατμοσφαιρική επίδραση με αποτέλεσμα αυτό να δίνει και το μικρότερο σφάλμα οριζοντιογραφικά αλλά και υψομετρικά μεταξύ των βάσεων GPS. Ο λόγος που επιλέχθηκε το T2 και όχι το T1 είχε σκοπό η όδευση να είναι δεξιόστροφη και με αύξουσα σειρά ως προς τις στάσεις κατά την μετάβαση. Θα μπορούσε όμως να είχε επιλεγθεί και το T1 χωρίς να αλλάζει κάτι ως προς την ακρίβεια μέτρησης εφόσον είχαν και τα δύο τριγωνομετρικά σημεία κοινές τυπικές αποκλίσεις. Το επόμενο βήμα ήταν η συλλογή των απαιτούμενων εντύπων (καρνέ) καταγραφής σκοπεύσεων χωροστάθμησης (4 αντίγραφα) και των οργάνων μαζί με τα υπόλοιπα εργαλεία. Τα όργανα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την διεξαγωγή των μετρήσεων στο πεδίο ήταν ένας χωροβάτης **ZDL 700 Geomax με ακρίβεια μέτρησης υψομέτρου  $\pm 0,7 \text{ mm/km}$  για αυτόματη ανάγνωση με barcode σταδία**, και για ανάγνωση σε απλή κλασική σταδία χωρίς barcode  $\pm 2,5 \text{ mm/km}$ , 2 σταδίες αλουμινίου με barcode, 2 χελώνες, 2 μετροταινίες, και ένας τρίποδας. Στην **εικόνα 79** φαίνονται τα εξαρτήματα σε τεχνικό σχέδιο για τον συγκεκριμένο χωροβάτη και επίσης στις **εικόνες 80 και 81** διακρίνονται ο χωροβάτης και τεχνικά χαρακτηριστικά αυτού.

- a) μικροκινητήριος κοχλίας οριζόντιας κίνησης
- b) θάλαμος μπαταρίας
- c) κυκλική αεροστάθμη
- d) Χονδρική σκόπευση
- e) Κοχλίας εστίασης
- f) Χειρολαβή
- g) Προσοφθάλμιος φακός
- h) Οθόνη LCD
- i) Πλάκα βάσης
- j) Τρικόχλιο



**Εικόνα 79. Σχέδιο εξαρτημάτων χωροβάτη ZDL 700 GEOMAX.**



*Εικόνα 80. Χωροβάτης που έγιναν οι μετρήσεις.*

<b>Height measurements</b>	Standard deviation per km double run (ISO 17123-2): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Electronic measurement with ZDL700 barcode staff: 0.7 mm</li> <li>• Optical measurement with standard aluminum E-scale/Numeral staff: 2.5 mm</li> </ul>
<b>Distance Accuracy (Standard Deviation)</b>	10 mm for D<= 10 m Distance in m x 0.001 for D>10 m
<b>Range</b>	Distance measuring range for electronic measurements with barcode staff: 2 m to 105 m.
<b>Optical - Shortest focusing distance</b>	50 cm
<b>Measuring time single measure (Electronic)</b>	Typically 3 seconds and less in normal daylight condition; needs longer measuring time in uniform dim light condition (20 lux).
<b>Circular Bubble</b>	Circular Bubble Sensitivity: 10"/2 mm
<b>Compensator</b>	Magnet damped pendulum compensator with electronic range monitoring <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tilt Warning Range (Electronically): ± 10'</li> <li>• Compensator range (Mechanically): ± 10'</li> <li>• Setting accuracy: 0.35" max. (Standard Deviation)</li> <li>• Magnetic field sensitivity: &lt; 10" (Line-of-sight difference in horizontal constant magnetic field at a field strength of up to 5 Gauss)</li> </ul>
<b>RS232 Port</b>	For communication to PC / data collector via RS232 data transfer cable.
<b>Internal Memory Storage</b>	Capacity: up to 2000 points.
<b>Data Transfer Programs</b>	To PC via RS232 using GeoMax PC-Tools and HyperTerminal via RS232 on PC, using a Windows® application
<b>Battery Power</b>	AA dry cells 4 x 1.5 V
<b>LCD</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Type: Monochrome display with backlight capability</li> <li>• Dimensions: 128 x 104 pixels</li> </ul>
<b>Telescope</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Magnification (Optical): 24 x</li> <li>• Free objective diameter: 36 mm</li> <li>• Clear Objective Aperture: 2 °</li> <li>• Multiplication constant: 100</li> <li>• Addition constant: 0</li> </ul>
<b>Hz Circle</b>	Circle Engraving: Plastic horizontal circle of 360° (400 gon). Graduation and numerals scale resolution at 1" (upper scale) and at 50 gon intervals (lower scale)
<b>Side Drive</b>	Movement & Play in side drive: Continuous horizontal dual drive
<b>System</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MMI capability</li> <li>• Measuring / applications</li> <li>• Keyboard: 5 rubber keys</li> </ul>
<b>Temperature Range</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operating Temperature: -10°C to +50°C</li> <li>• Storage Temperature: -40°C to +70°C</li> </ul>
<b>Environmental Specifications</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protection against water, dust and sand: IP55 (IEC 60529)</li> <li>• Protection against Humidity: Up to 95% humidity no condensation. The effects of condensation are to be effectively counteracted by periodically drying out the product.</li> </ul>

*Εικόνα 81. Χαρακτηριστικά χωροβάτη.*

Πριν ξεκινήσουν οι μετρήσεις, σχεδιάστηκε κροκί της όδευσης όπως φαίνεται στην **εικόνα 86**. Σε αυτό αναγράφονται οι στάσεις, η γραμμή που ακολουθεί η όδευση και οι χονδρικές αποστάσεις με βηματισμούς με σκοπό ο χωροβάτης να οριζοντιωθεί περίπου στο μέσον της απόστασης μεταξύ των στάσεων για την αποφυγή του σφάλματος φαινόμενης στάθμης. Οι μετρήσεις των υψομετρικών διαφορών ξεκίνησαν από το T2, αυτό ισχύει για την μετάβαση αλλά και για την επιστροφή (aller – retour) διότι η χωροσταθμική όδευση ήταν κλειστή εξαρτημένη, οπότε σύγκλινε στο ίδιο σημείο αλλά με διαφορετική φορά κατά την επιστροφή. Υποτίθεται ότι η υψομετρική διαφορά σε μια κλειστή όδευση θα πρέπει να είναι μηδέν (μηδενικό διάνυσμα) αλλά ποτέ δεν ισχύει αυτό λόγω των αναπόφευκτων συστηματικών και τυχαίων σφαλμάτων. Όλες οι σκοπεύσεις (οπισθοσκοπέυση – εμπροσθοσκοπέυση) και αποστάσεις σε μέτρα καταγράφηκαν σε ειδικά σχεδιασμένο έντυπο χωροστάθμησης όπως φαίνεται στις **εικόνες 82 και 83**, για μετάβαση και επιστροφή. Για να αποφευχθούν χονδροειδή λάθη ελέγχθηκαν επί τόπου οι υψομετρικές διαφορές ώστε να ταυτίζονται περίπου με την πραγματική κλίση προκειμένου να μην επαναληφθεί μέτρηση στο ύπαιθρο. Το πλήθος των στάσεων στο οποίο θα αποδιδόταν τελική τιμή υψομέτρου από την μέση στάθμη της θάλασσας ήταν 16 στάσεις. Οι στάσεις είναι οι εξής:

ΣΤΗΜΙΑ	ΜΗΚΟΣ ΣΤΑΘΜΩΝ ΕΙΣ ΜΗΤΡΑ & ΜΜ.	ΑΝΑΠΟΔΕΙΞΕΙΣ ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΤΟΚΟΥ			ΜΕΤΡΑΙ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΤΩΝ	
		ΕΜΠΡΟΣΘΗ	ΟΠΙΣΘΗ	ΜΕΤΑΤ.	+	-
T2	2550		1,1590			
T1	25,300	1,2057	1,3895			
Σ1	25,300	1,0880	1,3376			
Σ2	25,300	1,0624	1,3370			
Σ3	25,300	1,0251	1,3921			
Σ4	25,300	1,0458	1,3059			
Σ5	25,300	1,2353	1,4722			
Σ6	25,300	1,6145	1,6604			
Σ7	25,300	1,0247	1,3294			
Σ8	25,300	1,0503	1,4007			
Σ9	25,300	1,0490	1,4636			
Σ10	25,300	1,0369	1,3769			
Σ11	25,300	1,0422	1,3459			
Σ12	25,300	1,0479	1,4473			
Σ13	25,300	1,0438	1,6191			
Σ14	25,300	1,0358	1,4033			
Σ15	25,300	1,6034	1,6301			
Σ16	25,300	1,4668	1,6886			
Σ17	25,300	1,6416	1,4390			
Σ18	25,300	1,3099	1,3073			
Σ19	25,300	1,4054	1,4251			
Σ20	25,300	1,4711	1,5670			
Σ21	25,300	1,5528				

**Εικόνα 82. Έντυπο καταγραφής μετρήσεων υψομετρικών διαφορών κατά την μετάβαση.**

Σ2Π (Πρωτεύουσα όδευσης), T1, Σ1 πρόπυλου, Σ2 πρόπυλου, Σ4Π (Πρωτεύουσα όδευσης), Σ1 (1<sup>η</sup> Δευτερεύουσα όδευσης), Σ2 (1<sup>η</sup> Δευτερεύουσα όδευση), Σ3 (1<sup>η</sup> Δευτερεύουσα όδευση), T4, Σ5 (Πρωτεύουσα όδευσης), Σ1 (2<sup>η</sup> Δευτερεύουσα όδευση), Σ3 (Πρωτεύουσα όδευση), T3, Σ2 (3<sup>η</sup> Δευτερεύουσα όδευση), Σ1 (3<sup>η</sup> Δευτερεύουσα όδευση), Σ1 (Πρωτεύουσα όδευσης).

Παρόλα αυτά 4 από τις στάσεις της πολυγωνικής όδευσης δεν βρέθηκαν λόγω κακής σήμανσης αν και είχαν γίνει οι εξασφαλίσεις αυτών. Ήταν αναγκαίο εκτός από ατσαλόκαρφο και σπρέι να τοποθετηθεί και κορδέλα. Οι στάσεις αυτές ήταν Σ2 (2<sup>η</sup> Δευτερεύουσα όδευσης), Σ1 (4<sup>η</sup> Δευτερεύουσα όδευσης), Σ2 (4<sup>η</sup> Δευτερεύουσα όδευσης), Σ3 (4<sup>η</sup> Δευτερεύουσα όδευσης), και Σ4 (4<sup>η</sup> Δευτερεύουσα όδευσης).

Σύμφωνα με τους ελληνικούς κανονισμούς εκτέλεσης τοπογραφικών εργασιών, οι υψομετρικές διαφορές στην γεωμετρική χωροστάθμηση μεταξύ δύο αφετηριών θα πρέπει να προσδιορίζονται με διπλές οδεύσεις (μετάβαση-επιστροφή) για την μέτρηση των οποίων χρησιμοποιείται χωροβάτης τουλάχιστον μεγέθυνσης 20× και ευαισθησίας αεροστάθμης 30"/2mm. Η υψομετρική διαφορά μετάβαση και επιστροφή δεν πρέπει να ξεπερνά τα παρακάτω όρια:



Τάξη Δικτύου	Όριο
1 <sup>η</sup> Τάξη	$\delta h = 1 + \sqrt{D}$
2 <sup>η</sup> Τάξη	$\delta h = 2 + 3\sqrt{D}$
3 <sup>η</sup> Τάξη	$\delta h = 8 + 6\sqrt{D}$

Πίνακας 6. Τάξεις και όρια δικτύων χωροστάθμησης

Όπου **D** είναι το συνολικό μήκος της χωροστάθμησης σε km το οποίο για τις στήλες Ολυμπίου Διός ήταν ίσο με 779,321 m (υπολογιζόμενη ως μέση τιμή από μετάβαση και επιστροφή) και ως δίκτυο επιλέχθηκε η 3<sup>η</sup> τάξη. Στις εικόνες 84 και 85 απεικονίζονται οι επιλύσεις των χωροσταθμίσεων σε φύλλα excel.

(Πιστοποίηση)

Ημερομηνία: 21-5-2019 Χωροστάθμησης { από T2  
 1-06-2019 { εις T2

ΣΗΜΕΙΑ	ΜΙΚΡΟΙ ΕΚΟΠΕΥΤΗΡΙΟΥ ΕΙΣ ΒΗΜΑΤΑ Η ΜΕΤΡΑ	ΑΝΑΤΗΛΕΙΞΙΣ ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΤΟΧΟΥ			ΜΕΡΙΚΑΙ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΑΙ ΔΙΗ	
		ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ	ΟΠΙΣΘΕΝ	ΜΕΤΑΞΥ	+	-
T2 (Refer)	76,285		1,7199			
Σ1.0	73,043	1,239	1,6284	1,4643		
Σ1 (2 <sup>ο</sup> Δεμ.)	8,736	1,239	1,5059	1,4099		
Σ2 (2 <sup>ο</sup> Δεμ.)	10,187	33,835	1,5071	1,3899		
T3	37,009	27,203	1,4790	1,6199		
* (Χ22.0)	20,976	15,518	0,5590	2,4331		
Σ3.0	10,088	11,497	1,6075	1,6549		
* (Χ22.0)	13,823	95,890	2,4863	0,4286		
Σ1 (1 <sup>ο</sup> Δεμ.)	5,964	2,976	1,6297	1,5431		
Σ5.0	3,725	19,132	1,4996	1,5432		
T4	21,951	5,265	1,4593	1,4950		
* (Χ22.0)	3,532	10,089	1,4791	1,5028		
Σ4. (Χ22.0)	10,906	31,844	1,4615	1,5073		
Σ3 (1 <sup>ο</sup> Δεμ.)	27,04	4,002	1,5515	1,5406		
Σ2 (1 <sup>ο</sup> Δεμ.)	4,642	4,977	1,5988	1,5602		
Σ1 (1 <sup>ο</sup> Δεμ.)	5,454	5,927	1,3309	1,4553		
Σ14.0	7,055	15,052	1,5887	1,6024		
* (Χ22.0)	12,809	6,817	1,4659	1,2762		
Σ2 (0.00.0)	8,399	7,902	1,2462	1,4072		
Σ1 (0.00.0)	7,919	8,371	1,2829	1,6422		
* (0.00.0)	8,951	27,211	1,2899	1,6491		
T1	23,720	41,165	1,4193	1,0906		
Σ2.0	43,827	21,978	1,9910	1,7460		
T2	26,482		1,1582			

Εικόνα 83. Έντυπο καταγραφής μετρήσεων υψομετρικών διαφορών κατά την επιστροφή.



Σημεία	Αποστάσεις χωροστ.δευσης	Αναγνώσεις		Μερικές υψομετρικές		Υψομετρική διαφορά ΔΗ μεταξύ σταθερών σημείων			Τελικά υψόμετρα H(m)	
		Οπισθεν	Εμπροσθεν	+	-	Προσωματ.	Διόρθωση	Οριστική		
T2(reper)	25.301		1.159						78.915	
Σ2Π	45.28	23	1.9895	1.7457		-0.587	-0.587	0.000	-0.587	78.328
T1	26.552	39.859	1.4396	1.0880	0.902		0.901	0.000	0.901	79.229
*	7.597	25.677	1.2320	1.6624		-0.223				79.229
Σ1(προπ)	7.1	8.924	1.2991	1.5951		-0.363	-0.584	0.001	-0.583	78.646
Σ2(προπ)	7.922	8.705	1.7039	1.4158		-0.117	-0.118	0.000	-0.118	78.528
*	15.131	6.937	1.4714	1.2253	0.479					78.528
Σ4Π	6.69	17.715	1.5684	1.6145		-0.143	0.335	0.000	0.335	78.862
Σ1(1η δευτ.)	4.692	6.328	1.3214	1.4347	0.134		0.134	0.000	0.134	78.996
Σ2(1η δευτ.)	4.629	5.699	1.5481	1.5503		-0.229	-0.229	0.000	-0.229	78.767
Σ3(1η δευτ.)	22.899	4.044	1.4636	1.4910	0.057		0.058	0.000	0.058	78.824
*	12.395	20.003	1.3269	1.3968	0.067					78.824
T4	18.338	11.798	1.9359	1.4472		-0.120	-0.058	0.004	-0.054	78.770
Σ5Π	3.546	22.795	1.4497	1.4791		-0.083	-0.084	0.000	-0.084	78.687
Σ1(2η δευτ.)	39.908	4.165	1.6291	1.4930		-0.043	-0.043	0.000	-0.043	78.643
*	16.472	48.758	2.4423	0.4358	1.193					78.643
Σ3Π	14.622	12.864	1.6281	1.6034	0.839		2.032	0.000	2.032	80.675
*	24.08	14.694	0.5886	2.4668		-0.839				80.675
T3	32.009	24.421	1.4790	1.6416		-1.053	-1.892	0.000	-1.892	78.784
Σ2(3η δευτ.)	10.039	33.835	1.5092	1.3899	0.089		0.089	0.000	0.089	78.873
Σ1(3η δευτ.)	8.776	11.461	1.4711	1.4154	0.094		0.093	0.000	0.093	78.966
Σ1Π	28.169	11.744	1.5670	1.4351		0.036	0.039	0.002	0.041	79.007
T2(reper)		25.446		1.6588		-0.092	-0.092	0.000	-0.092	78.915
			[ο]	[Ε]						
	382.147	388.872	32.683	32.686	3.853	-3.856	-0.007	0.007	0.000	
		Σ[Ο]-Σ[Ε]	-0.003			-0.003				

ΠΡΕΠΕΙ	0.000 m
ΕΙΝΑΙ	-0.007 m
W	0.007 m
L	779.321 m
Wmax	0.013 m

ΧΑΜΕΝΕΣ ΣΤΑΣΕΙΣ

Σ2 (2η δευτ.)	78.67
Σ1(4η δευτ.)	79.017
Σ2(4η δευτ.)	78.637
Σ3(4η δευτ.)	79.147
Σ4(4η δευτ.)	79.073

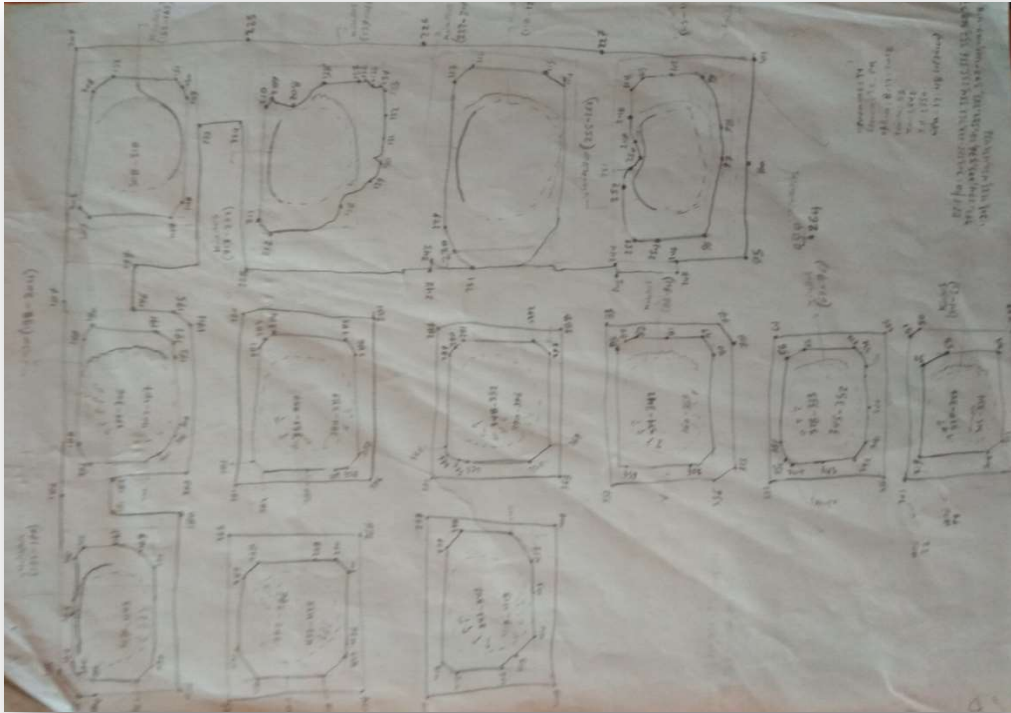
Εικόνα 84. Επιλύσεις χωροστάθμησης σε φύλλα excel.

T2(reper)	26.785			1.7199			
Σ1Π	11.239	27.043	1.4643	1.6284	0.091		
Σ1(3η δευτ.)	11.279	8.736	1.4099	1.5059		-0.042	
Σ2(3η δευτ.)	33.835	10.182	1.3899	1.5021		-0.092	
T3	22.703	32.009	1.6199	1.4790		-0.089	
*	15.512	20.976	2.4331	0.5590	1.061		
Σ3Π	11.497	10.088	1.6549	1.6025	0.831		
*	45.89	13.833	0.4286	2.4863		-0.831	
Σ1(2η δευτ.)	3.996	50.674	1.5431	1.6297		-1.201	
Σ5Π	19.132	3.725	1.5432	1.4996	0.043		
T4	5.265	21.951	1.4950	1.4593	0.084		
*	10.089	3.673	1.5028	1.4291	0.066		
*	31.844	10.906	1.5073	1.4615	0.041		
Σ3(1η δευτ.)	4.003	27.014	1.5406	1.5515		-0.044	
Σ2(1η δευτ.)	4.970	4.643	1.5602	1.5988		-0.058	
Σ1(1η δευτ.)	5.927	5.454	1.4553	1.3309	0.229		
Σ4Π	15.052	7.055	1.6024	1.5887		-0.133	
*	6.817	17.809	1.2762	1.4659	0.137		
Σ2(προπ)	7.902	8.399	1.4022	1.7462		-0.470	
Σ1(προπ)	8.371	7.919	1.6422	1.2829	0.119		
*	27.211	8.951	1.6491	1.2899	0.352		
T1	41.165	23.77	1.0906	1.4193	0.230		
Σ2Π	21.998	43.879	1.7460	1.9910		-0.900	
T2(reper)		26.452		1.1582	0.588		
			[ο]	[Ε]			
	392.482	395.141	34.6767	34.6657	3.873	-3.862	
		Σ[Ο]-Σ[Ε]	0.011		0.011		
	S	787.623					

Εικόνα 85. Επιλύσεις χωροστάθμησης σε φύλλα excel.

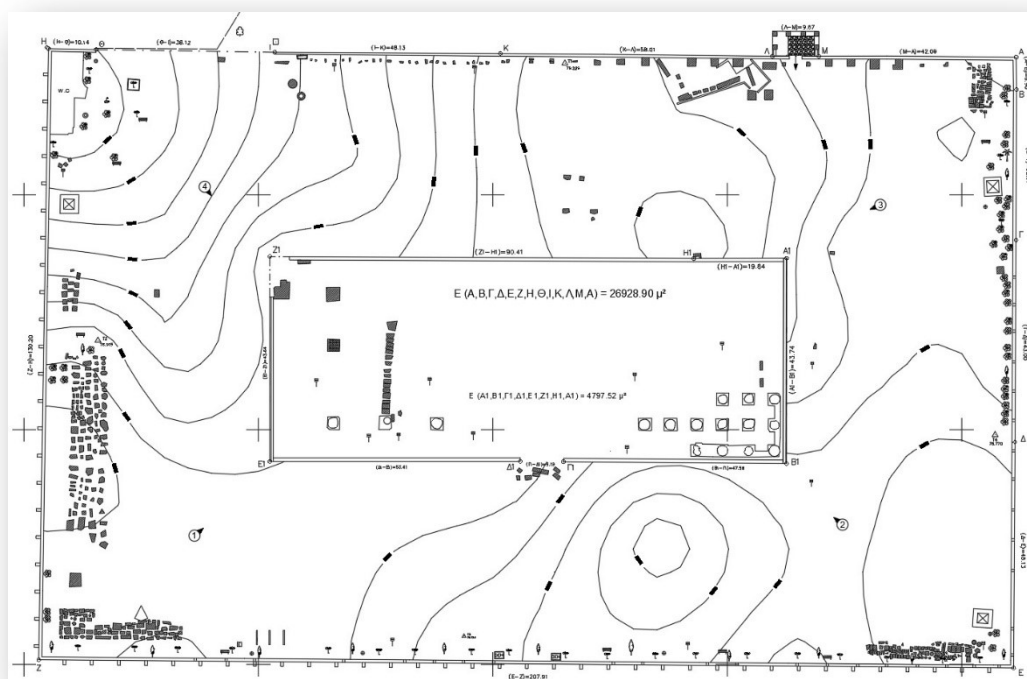


στο αντικείμενο που θα έχει καλύτερη ακρίβεια θέσης. Βέβαια όλα αυτά ισχύουν με τη χρήση των χειρόγραφων σχεδίων (κροκί) που σημειώνονται ο αριθμός του κάθε σημείου και που αυτό αντιστοιχεί στον περιβάλλοντα χώρο. Ένα από τα κροκί που σχεδιάστηκαν κατά τη διάρκεια αυτής της εργασίας παρουσιάζεται στην **εικόνα 87**.



**Εικόνα 87. Κροκί από την εργασία της ταχυμετρίας.**

## 6. ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ



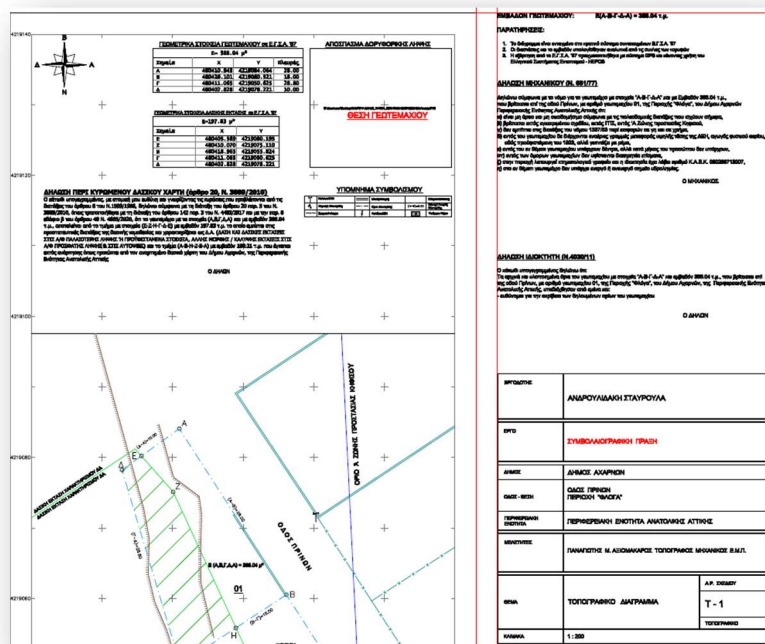
*Εικόνα 88. Τοπογραφικό σχέδιο του αρχαιολογικού χώρου <<Στήλες του Ολυμπίου Διός>>.*

Το αποτέλεσμα από όλα όσα αναφέρθηκαν στις προηγούμενες ενότητες, δηλαδή τις μετρήσεις πεδίου, τις επιλύσεις οδεύσεων, τη χωροσταθμική όδευση και την ταχυμετρία είναι το τοπογραφικό διάγραμμα ή το τοπογραφικό σχέδιο (*εικόνα 88*). Ενδέχεται να ονομάζονται και τοπογραφικοί χάρτες όταν βρίσκονται σε κλίμακες 1:5000 ή 1:50000 της Γ.Υ.Σ. (*εικόνα 90*). Πριν από μερικές δεκαετίες η σχεδίαση ήταν μια δύσκολη και χρονοβόρα διαδικασία, διότι σε περίπτωση λάθους το σχέδιο θα έπρεπε να επαναληφθεί από την αρχή με μολύβι, κανόνα, τρίγωνο, μοιρογνωμόνιο και διαβήτη, εφόσον είχαν περαστεί οι γραμμές με μελάνι ραπιντογράφων. Πλέον με την εξέλιξη της τεχνολογίας των υπολογιστών και των προγραμμάτων σχεδίασης, όπως το AutoCAD οι διορθώσεις αυτές διαρκούν λίγα δευτερόλεπτα με αποτέλεσμα να εξοικονομείται χρόνος εργασίας, οπότε αυτό μεταφράζεται και σε μικρότερο κόστος. Αυτό το οποίο παρέχει ένα τοπογραφικό είναι η γεωμετρική αναπαράσταση σε 2 διαστάσεις ή 2,5 διαστάσεις (σε περίπτωση απόδοσης ισοϋψών καμπυλών) για κάθε φυσική ή τεχνητή οντότητα που υπάρχει ή συνδέεται στην Φυσική Γήινη Επιφάνεια (Φ.Γ.Ε.). Το τοπογραφικό σχέδιο συντάσσεται για διάφορα θέματα, όπως:

- Σύνταξη συμβολαίου για μεταβίβαση ακίνητης περιουσίας
- Έκδοση άδειας δόμησης
- Αντίρρηση δασικού χάρτη
- Σύνταξη εγκεκριμένου ρυμοτομικού σχεδίου όταν μια περιοχή εντάσσεται στο σχέδιο πόλεως

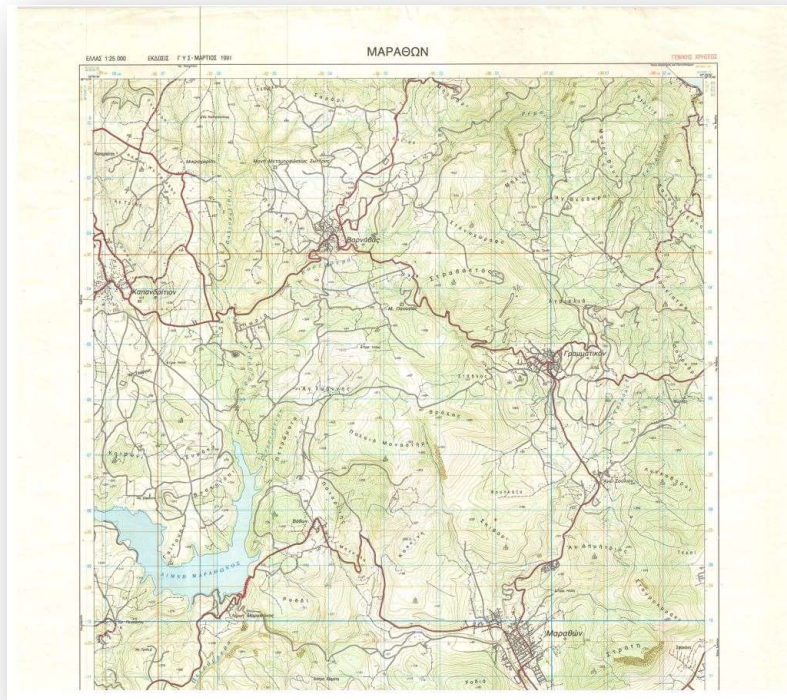
- Κτηματογράφηση περιοχής, δηλαδή κτηματογραφικό διάγραμμα
- Καθορισμός αγιαλού - παραλίας
- Διευθέτηση ρέματος
- Τοπογραφικό για τακτοποίηση αυθαίρετων
- Κτηματογραφική πράξη, δηλαδή για δήλωση ακινήτου στο κτηματολόγιο, ως συμπληρωματικό έγγραφο
- Διάγραμμα γεωμετρικών μεταβολών, δηλαδή όταν υπάρχει διαφορά ως προς το σχήμα, μέγεθος και εμβαδόν. Σε αυτό που συντάσσεται σε αντίθεση με αυτό που αποδίδει το κτηματολόγιο, μπορεί να χρησιμεύει σε κατάτμηση και συνένωση γεωτεμαχίων.

Το τοπογραφικό σχέδιο δεν είναι μόνο ένα απλό σχέδιο ή ένα απλό νομικό έγγραφο π.χ. για μια απαλλοτρίωση, μια κτηματογράφηση ή μια πράξη οικοδομησιμότητας, αλλά είναι μια ολοκληρωμένη μελέτη που αποτελείται από το τεχνικό (αποτύπωση, σχεδίαση, μετρήσεις κλπ.) και το νομικό μέρος (δήλωση μηχανικού Ν.651/77, δήλωση ιδιοκτητή, δήλωση δασικού χάρτη, τίτλος ιδιοκτησίας, εισφορά σε γη και χρήμα Ν.1337/83, χρήση γης κλπ.) της εργασίας. Ενδεικτικό παράδειγμα τοπογραφικού σχεδίου για σύνταξη συμβολαίου φαίνεται στην **εικόνα 89**.



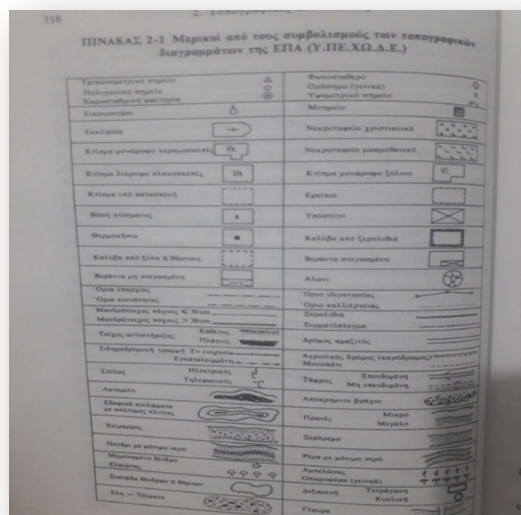
**Εικόνα 89.** Τοπογραφικό σχέδιο για σύνταξη συμβολαίου εντός δασικής έκτασης.





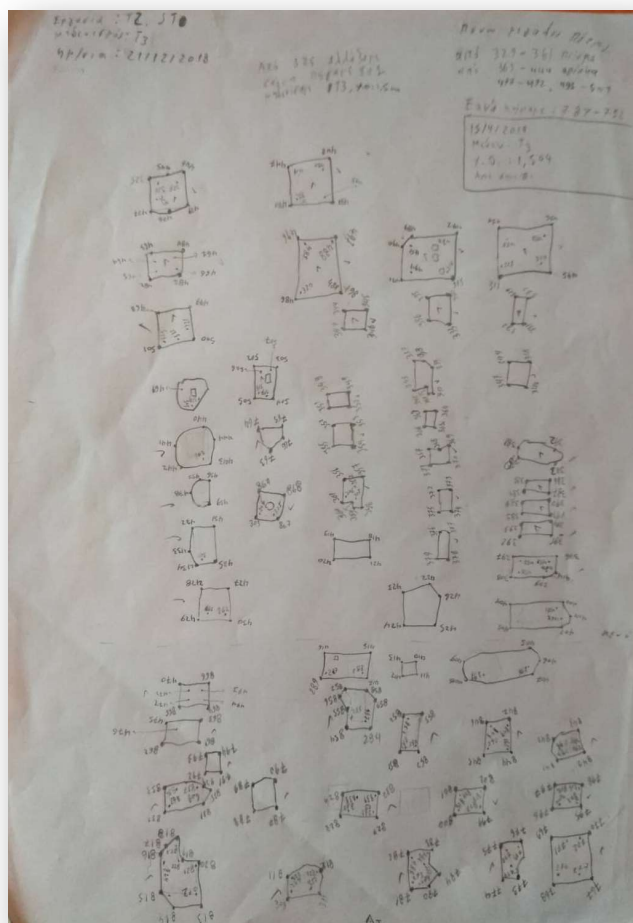
Εικόνα 90. Τοπογραφικός χάρτης της Γ.Υ.Σ. κλίμακας 1:25000

## 6.1 Σχεδίαση τοπογραφικού αρχαιολογικού χώρου



Εικόνα 91. Συμβολισμοί τοπογραφικών διαγραμμάτων, πηγή: Τοπογραφικές Χαρτογραφίες, Βλάχος Δημήτριος

Αυτό που χρήζει μεγάλης προσοχής σε κάθε τοπογραφική αποτύπωση είναι το αυτοσχέδιο (κροκί), από αυτό εξαρτάται το αποτέλεσμα του τοπογραφικού διαγράμματος. Επάνω στο αυτοσχέδιο σημειώνονται τα απαραίτητα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει κάθε τοπογραφικό όπως π.χ. κράσπεδα, δρόμοι, κτίσματα, κολόνες ΔΕΗ, κολόνες ΟΤΕ, φρύδι ρέματος, πόδι ρέματος, φωτιστική κολόνα, φρεάτια, στοά, πυλώνες υψηλής τάσης, χαντάκια, κεραίες, πηγή, πηγάδι, όρια γεωτεμαχίων όπως μάντρες, συρματόπλεγμα, κιγκλίδωμα, ξερολιθιά και άλλα τεχνητά ή φυσικά χαρακτηριστικά. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά από τα κροκί που σχεδιάστηκαν για τις στήλες του Ολυμπίου Διός.



**Εικόνα 92. Κροκί από τις στήλες του Ολυμπίου Διός.**

Στα παραπάνω κροκί εκτός από τις στήλες και τα όρια του αρχαιολογικού χώρου, σχεδιάστηκαν και τα αποσπώμενα μάρμαρα των στηλών τα οποία ήταν στις άκρες κάθε γωνίας του αρχαιολογικού χώρου, επίσης εκτός από αυτά σχεδιάστηκαν και άλλες χαρακτηριστικές οντότητες, όπως δέντρα (π.χ. ελιές, κυπαρίσσια), προβολείς, παγκάκια, βρύση, καφάο ΔΕΗ, φρεάτια και υδρορροές. Σε κάθε φύλλο Α4 του κροκί αναγράφονταν η ημερομηνία, οι στάσεις, η στάση μηδενισμού, σημεία τα οποία

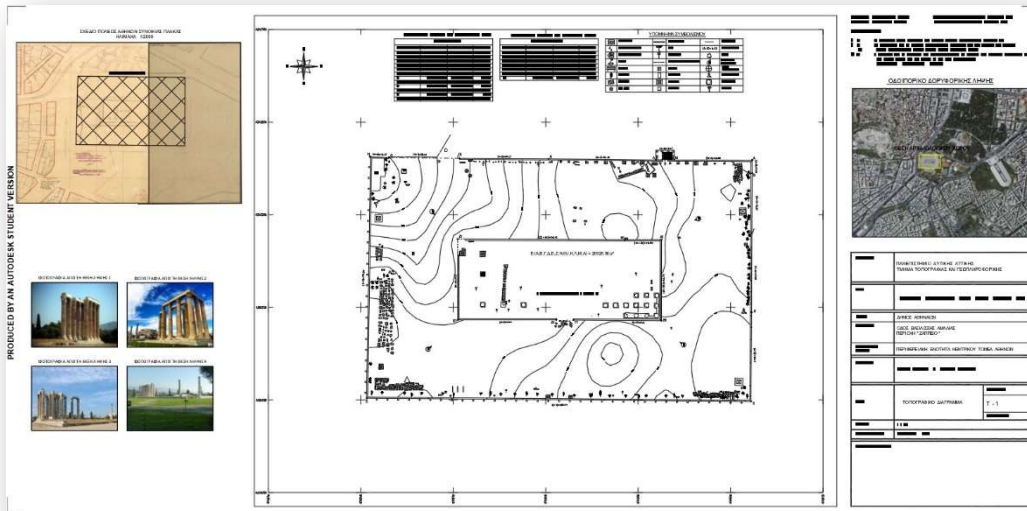
πάρθηκαν με λέιζερ, υψομετρικά σημεία για την δημιουργία ισοϋψών καμπυλών και άλλες τυχόν παρατηρήσεις που χρειάζονταν.



*Εικόνα 93. Μάρμαρα αρχαιολογικού χώρου.*

Η συνέχεια μετά την σχεδίαση όλων των απαραίτητων κροκί ήταν το ραπορτάρισμα των ταχυμετρικών σημείων και των στάσεων στο AutoCAD, ώστε τα σημεία να ενωθούν μεταξύ τους όπως υποδεικνύει ακριβώς το κροκί. Ένα λάθος που παρατηρήθηκε και το οποίο θα μπορούσε να αποφευχθεί εξ' αρχής, ήταν η δημιουργία πολλών έργων στον γεωδαιτικό σταθμό με βάση τις στάσεις του οργάνου, με συνέπεια η αρίθμηση των σημείων να μην είναι συνεχόμενη αλλά να αλλάζει και να αρχίζει ξανά από το σημείο 1 για την εκάστοτε στάση. Θα ήταν προτιμότερο η αρίθμηση να είναι ενιαία για όλο το σχέδιο ώστε να μην υπάρχει παρερμηνευση μεταξύ των σημείων. Μια πολλή βασική παράμετρος του σχεδίου ήταν ο καθορισμός της κλίμακας. Η κλίμακα ορίστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε το σχέδιο να μπορεί να εκτυπωθεί σε χαρτί τυπικών διαστάσεων A1 (841 mm × 594 mm), η κλίμακα απόδοσης που επιλέχθηκε τελικά είναι 1:500, που σημαίνει ότι 1 mm στο χαρτί αντιστοιχεί σε 500 mm στην πραγματικότητα, δηλαδή ίσο με 0,5 μ. Η γραφική ακρίβεια είναι ίση με το  $\frac{1}{4}$  του χιλιοστού, δηλαδή ± 12,5 cm, ενώ αν ήταν σε 1:200 το ανεκτό σφάλμα θα ήταν ± 5 cm, αυτό προκύπτει με βάση την μέση διακριτική ικανότητα του ανθρώπινου ματιού όπου μικρότερη διάσταση του  $\frac{1}{4}$  του χιλιοστού δεν μπορεί να γίνει ευδιάκριτο με το ανθρώπινο μάτι. Στην **εικόνα 94** φαίνεται το τελικό σχέδιο σε κλίμακα 1:500 που εκτυπώθηκε ως παραδοτέο.





Εικόνα 94. Τοπογραφικό σχέδιο αρχαιολογικού χώρου σε κλίμακα 1:500.

## 6.2 Βασικά στοιχεία τοπογραφικού

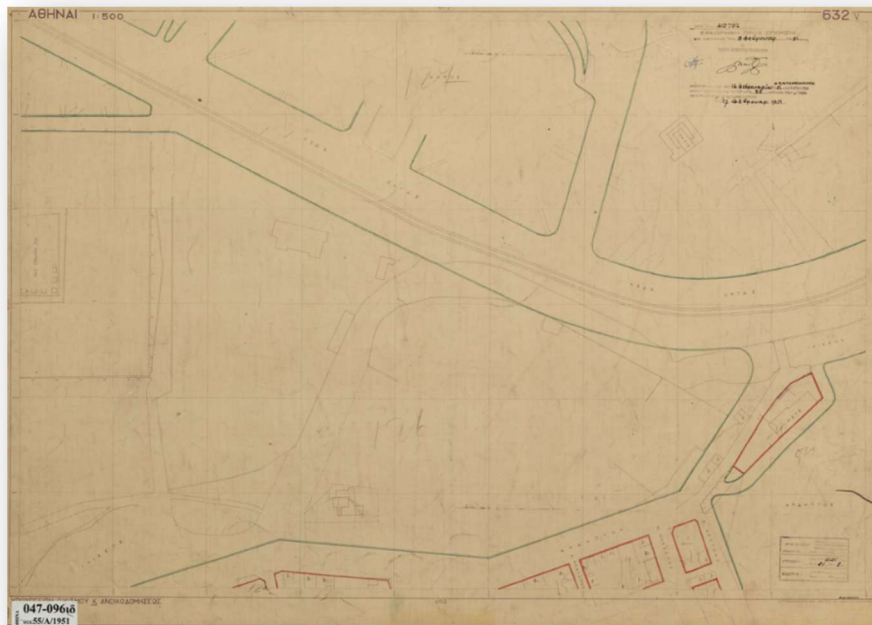
Τα βασικά στοιχεία του τοπογραφικού διαγράμματος είναι:

- Ο κάνναβος, αποτελεί ένα πλέγμα από σημεία με ίσες αποστάσεις μεταξύ τους κατά X και Y. Συνήθως το βήμα του καννάβου είναι 10 cm στο χαρτί. Τα 10 cm στην κλίμακα 1:500 που σχεδιάστηκε το τοπογραφικό των στηλών είναι ίσα με 50 μέτρα στην πραγματική φυσική γήινη επιφάνεια.
- Βορράς, είναι το βασικό και αναπόσπαστο στοιχείο τοπογραφικού που βοηθά τον αναγνώστη στον άμεσο προσανατολισμό του σχεδίου.
- Υπόμνημα συμβολισμών, επεξηγεί το εκάστοτε σύμβολο που αναπαρίσταται στο σχέδιο και βοηθά τον αναγνώστη στην καλύτερη κατανόηση του σχεδίου .
- Τίτλος A4 περιέχει τον τίτλο του έργου(π.χ. Αποτύπωση Στήλες Ολυμπίου Διός), όνομα ιδιοκτήτη ή φορέα, όνομα μηχανικού, κλίμακα σχεδίου, οδός – θέση – Δήμος – Περιφερειακή Ενότητα ακινήτου, ημερομηνία σύνταξης και υπογραφή-σφραγίδα, σε περίπτωση τοπογραφικού αδείας εισάγονται και θεωρήσεις.
- Δήλωση μηχανικού N.651/77 το οποίο θα πρέπει πάντοτε να εισάγεται σε ένα τοπογραφικό σχέδιο το οποίο πληροφορεί αν ένα γεωτεμάχιο είναι άρτιο και οικοδομήσιμο, εντός ή εκτός Γ.Π.Σ (Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο) ή Ζ.Ο.Ε. (Ζώνη Οικιστικού Ελέγχου) και σε ποια κατηγορία χρήσης γης ανήκει, αν από αυτό διέρχονται γραμμές υψηλής τάσης, οδός προϋφιστάμενη του '23, φυσικό αέριο ή ρέμα, αν εντός αυτού υπάρχει ενεργό ή ανενεργό σημείο υδροληψίας, αν εμπίπτει στον N.1337/83 και αν οφείλει εισφορά σε γη και χρήμα. Σε περίπτωση που βρίσκεται εντός σχεδίου, αν έχει κυρωθεί η πράξη εφαρμογής και αν αυτή συνοδεύεται από διορθωτική πράξη εφαρμογής.
- Δήλωση ιδιοκτήτη N.4030/11 αφορά την δήλωση στην οποία ο ιδιοκτήτης δηλώνει ότι τα όρια γεωτεμαχίου που υπεδείχθησαν από τον ίδιο.

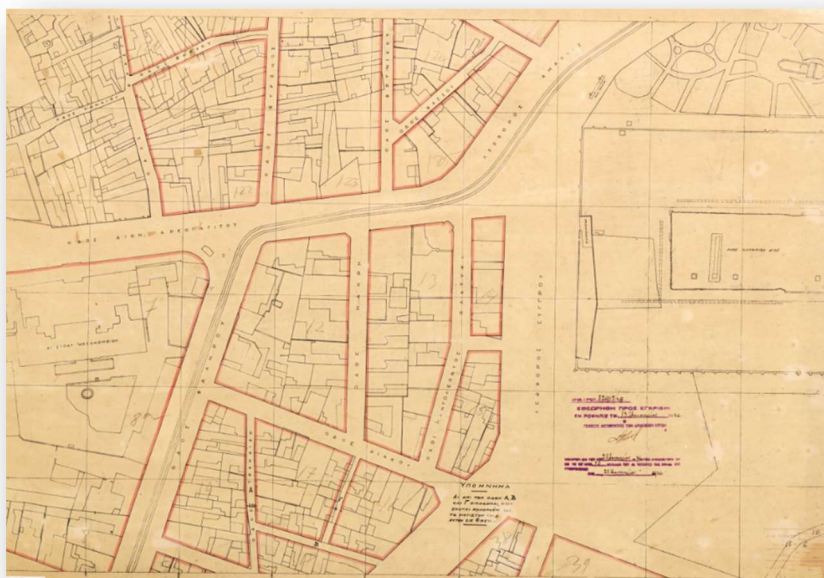
- Όροι δόμησης, σε περίπτωση που ένα ακίνητο είναι άρτιο και οικοδομήσιμο θα πρέπει οπωσδήποτε στο τοπογραφικό να αναγράφονται οι όροι δόμησης που ισχύουν για την περιοχή. Οι όροι δόμησης στις εντός σχεδίου περιοχές καθορίζονται συνήθως από το Γ.Π.Σ. όπως επίσης και οι χρήσεις γης. Όσον αφορά τις εκτός σχεδίου περιοχές οι όροι δόμησης συνήθως διέπονται από το Π.Δ . 270Δ/85
- Πίνακες συντεταγμένων σε Ε.Γ.Σ.Α. '87 των κορυφών του γεωτεμαχίου και τυχόν κτισμάτων εντός αυτού μαζί με το υπολογιζόμενο εμβαδόν τους. Σε περίπτωση τοπογραφικού αδείας εντός σχεδίου θα πρέπει επίσης να αναγράφονται και οι συντεταγμένες του οικοδομικού τετραγώνου και των αξονοδιασταυρώσεων και επίσης αν οι συντεταγμένες της μελέτης εφαρμογής αναφέρονται σε άλλο σύστημα αναφοράς όπως π.χ. TM3, τότε θα πρέπει να εισάγεται και ένας πίνακας με συντεταγμένες γεωτεμαχίου στο παλιό σύστημα.
- Δήλωση δασικού, σε περίπτωση που το ακίνητο βρίσκεται εκτός σχεδίου περιοχής τότε θα πρέπει να μπει και η συγκεκριμένη δήλωση ώστε να διαπιστωθεί αν ένα γεωτεμάχιο εμπίπτει σε δασική έκταση ή είναι εκτός ανάρτησης σύμφωνα με τις γεωαναφερμένες αεροφωτογραφίες του 1945 και αντίστοιχα να γίνει και αντίρρηση στο δασαρχείο. Αν ένα μέρος του ακινήτου εμπίπτει σε δάσος τότε θα πρέπει να αναγράφονται οι συντεταγμένες αυτού και το εμβαδόν του.
- Βεβαίωση υψομέτρου , αυτό εισάγεται σε περίπτωση που χρειάζεται να χορηγηθεί άδεια για ένα οικόπεδο ( με τον όρο οικόπεδα νοούνται τα γεωτεμάχια τα οποία ανήκουν σε αστική περιοχή και σε αυτά μπορεί να εκδοθεί άδεια δόμησης) ώστε να προσδιοριστεί κάποιο υψόμετρο ως αφετηρία των υπολοίπων ( το μηδέν)
- Το Ρυμοτομικό σχέδιο ή σχέδιο πόλεως αποτελείται από διαγράμματα και κείμενα με σκοπό την ένταξη μια περιοχής στο σχέδιο ώστε να ρυμοτομηθεί και να οικοδομηθεί. Το σχέδιο πόλεως καθορίζει τους κοινόχρηστους χώρους (όπως δρόμους, άλση κλπ.), κοινωφελής (σχολεία, νοσοκομεία, θρησκευτικοί χώροι) και τους οικοδομήσιμους χώρους (οικοδομικά τετράγωνα) με επίτευξη την στέγαση ενός μέρους του πληθυσμού. Για να σχεδιαστεί ένα ρυμοτομικό και να πραγματοποιηθεί σωστή μελέτη θα πρέπει σε πρώτο στάδιο να προηγηθεί ένα κτηματογραφικό διάγραμμα το οποίο αποτυπώνει επακριβώς την υφιστάμενη κατάσταση της περιοχής ( όρια γεωτεμαχίου , κολόνες ΔΕΗ, ρέματα, ανάγλυφο φυσικής γήινης επιφάνειας, μάντρες, συρματοπλέγματα και οποιαδήποτε φυσική ή τεχνητή χωρική οντότητα ή οποία είναι συνδεδεμένη μόνιμα με το έδαφος). Γενικά το ρυμοτομικό χρησιμοποιείται για την σύνταξη ενός τοπογραφικού και με βάση αυτό γίνεται η εφαρμογή της ρυμοτομίας δηλαδή διαχωρισμός των ιδιοκτητών χώρων από τους κοινόχρηστους χώρους. Στα παλιά σχέδια πόλεως προ του '83 η εφαρμογή ρυμοτομίας γινόταν με διαγράμματα εφαρμογής ή τεχνικές εκθέσεις. Ενώ από το 1983 και μετά με τον Ν.1337/83 ( ο νόμος του Τρίτη) εισάχθηκε η πράξη εφαρμογής και η εισφορά σε γη και χρήμα. Πριν το '83 υπήρχε η πράξη αναλογισμού και τακτοποίησης οικοπέδων. Η εφαρμογή του ρυμοτομικού μετά το '83 γίνεται με συντεταγμένες του κρατικού συστήματος αναφοράς όπως είναι το TM3 ( εγκάρσια μεταφορική προβολή των 3° μοιρών) ή Ε.Γ.Σ.Α. '87. Στις **εικόνες 95 και 96** παρουσιάζεται



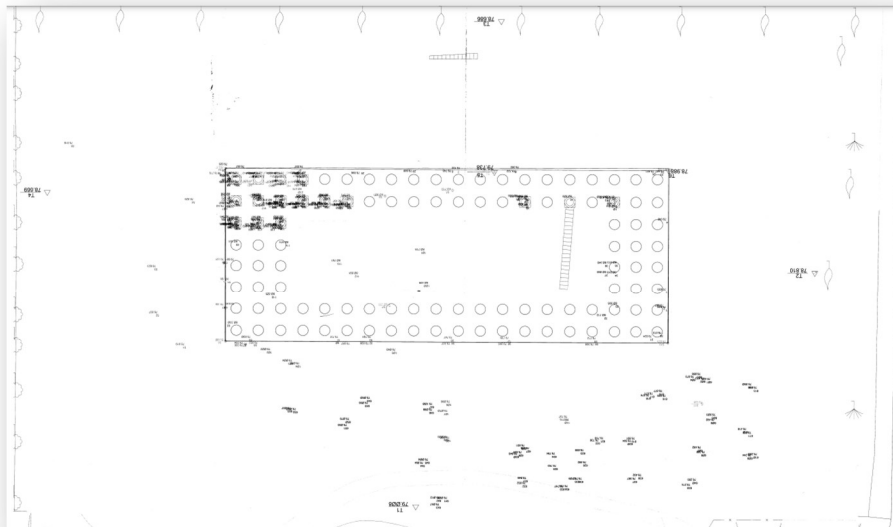
το ρυμοτομικό σχέδιο του αρχαιολογικού χώρου όπως εντοπίστηκε από την ιστοσελίδα e-ropoleodomia. Τέλος, στην **εικόνα 97** φαίνεται ένα τοπογραφικό διάγραμμα όπως παραδόθηκε από την υπηρεσία της Εφορείας Αρχαιοτήτων όπου χρησιμοποιήθηκε για σύγκριση υψομέτρων αλλά και για υπόβαθρο για το χώρο των στηλών ως προς τη σχεδίαση.



**Εικόνα 95. Ρυμοτομικό σχέδιο του αρχαιολογικού χώρου.**



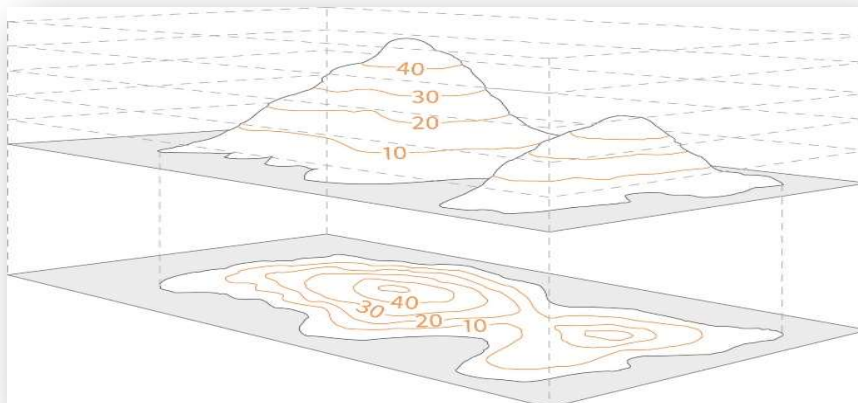
**Εικόνα 96. Ρυμοτομικό σχέδιο του αρχαιολογικού χώρου.**



Εικόνα 97. Τοπογραφικό σχέδιο από την Εφορεία Αρχαιοτήτων.

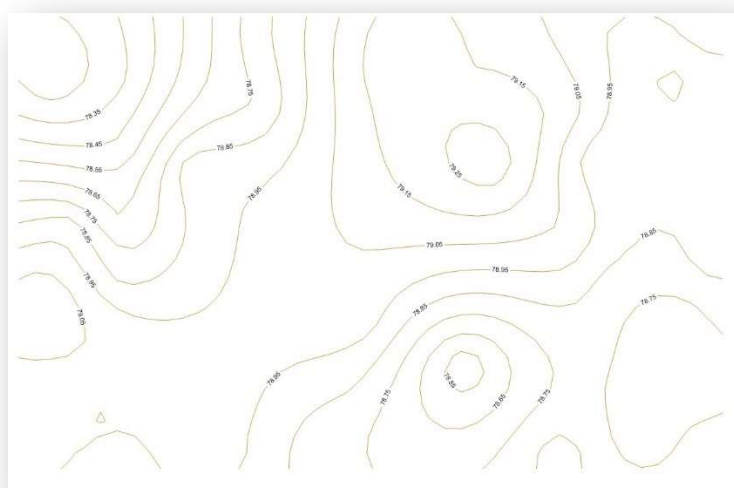
### **6.3 Ισοϋψείς καμπύλες**

Οι ισοϋψείς καμπύλες είναι η τομή οριζόντιων επιπέδων ανά διαφορετικό υψόμετρο (όσο έχει καθοριστεί η ισοδιάσταση) με την φυσική γήινη επιφάνεια, ή αλλιώς ο γεωμετρικός τόπος των σημείων που έχουν ίδιο υψόμετρο (εικόνες 98 και 99). Οι ισοϋψείς δημιουργούνται για να απεικονίζουν την τρίτη διάσταση επάνω σε επίπεδο χαρτί, στην πραγματικότητα δημιουργούν μια 2,5D διάσταση. Όταν οι καμπύλες είναι πυκνές και βρίσκεται πολύ κοντά η μια με την άλλη τότε υπάρχει και έντονη κλίση εδάφους, ενώ όταν είναι αραιές το έδαφος είναι πιο ομαλό, όμως σε πολύ μεγάλες και απότομες κλίσεις αντί για ισοϋψείς σχεδιάζονται φρύδι (σχεδιάζεται ως χτένα) και πόδι (σχεδιάζεται ως διακεκομμένη γραμμή) πρανούς. Μερικές φορές για πιο ρεαλιστική απεικόνιση της τρίτης διάστασης δημιουργούνται τα λεγόμενα ψηφιακά μοντέλα ανάγλυφου σε περιβάλλον **GIS (Geographic Information Systems)** τα οποία δημιουργούνται από τις ισοϋψείς (**Contour Lines**). Αυτές οι καμπύλες χρησιμεύουν για ακριβείς υπολογισμούς χωματουργικών ώστε να προκύψει ο όγκος σε κυβικά μέτρα, ή όταν πρόκειται να γίνει χάραξη ερυθράς στην κατασκευή οδού σε έργα οδοποιίας θα πρέπει οπωσδήποτε να υπάρχει ένα μοντέλο εδάφους για να μπορεί ο εκάστοτε μελετητής επάνω σε αυτό να σχεδιάσει. Αντίστοιχα θα μπορούσε να υπάρχουν και ισοβαθείς καμπύλες όταν η εργασία αναφέρεται σε βάθη, δηλαδή υψόμετρα κάτω από την μέση στάθμη της θάλασσας τα οποία χρησιμεύουν στην δημιουργία ψηφιακού μοντέλου βυθού για ασφαλή πλοήγηση ενός πλοίου ή ακόμη και σε λιμενικά έργα.



**Εικόνα 98. Τομή οριζόντιων επιπέδων με το φυσικό έδαφος.**

Προκειμένου να σχεδιαστούν οι καμπύλες των στηλών του Ολυπίου Διός μετρήθηκαν μερικά επιπλέον υψομετρικά σημεία στο έδαφος του αρχαιολογικού χώρου με σωστή κατανομή ώστε να καλύπτουν όλη την έκταση. Εκτός από τα σημεία αυτά λήφθηκαν επίσης υπόψιν και τα υψόμετρα στάσεων αλλά και των ταχυμετρικών σημείων τα οποία είχαν μετρηθεί κάτω στο έδαφος. Σε άλλη περίπτωση θα έπρεπε να ληφθούν περισσότερα σημεία για τις καμπύλες, αλλά επειδή δεν υπήρχε έντονο ανάγλυφο επιλέχθηκε μικρό πλήθος σημείων, δηλαδή 56 σημεία. Η μικρότερη τιμή υψόμετρου που βρέθηκε στον ναό είναι ίση με 78.18 μ., η μέγιστη 79.32 μ. και η μέση τιμή των υψόμετρων είναι ίση με 78.86 μ., οπότε το εύρος είναι 1.14 μ. Σε κλίμακα απόδοσης σχεδίου 1:500 η ισοδιάσταση θα πρέπει να είναι κανονικά 20 cm, αλλά εξαιτίας του ομαλού εδάφους με την συγκεκριμένη ισοδιάσταση δεν προκύπταν ενδιάμεσες ισοϋψείς καμπύλες, για αυτό και **επιλέχθηκε ισοδιάσταση 10 cm** για τις δευτερεύουσες καμπύλες, ενώ για τις κύριες ισοϋψείς επιλέχθηκε 1μ. Ισοδιάσταση σημαίνει η υψομετρική διαφορά που θα έχουν οι ισοϋψείς μεταξύ τους.



**Εικόνα 99. Ισοϋψείς καμπύλες αρχαιολογικού χώρου <<Στήλες Ολυπίου Διός>>.**

## **7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ**

Εστιάζοντας στην παρούσα διπλωματική εργασία που έχει ως κύριο θέμα την ακριβή αποτύπωση των ορίων του αρχαιολογικού χώρου «Στήλες του Ολυμπίου Διός» αξίζει να αναδειχθεί η ακρίβεια αλλά και το σύντομο χρονικό διάστημα που απαιτήθηκε για την ολοκλήρωση των μετρήσεων στο ύπαιθρο. Προτείνεται η διαδικασία αυτή για όλους τους αρχαιολογικούς χώρους που στην Ελλάδα είναι αρκετοί διότι είναι αρχικά μια οικονομική λύση παρέχει ακρίβεια και σε μικρό χρονικό διάστημα εξάγονται τα αποτελέσματα. Παρόλα αυτά υπήρξαν δυσκολίες λόγω έλλειψης εμπειρίας για μια τόσο μεγάλη εργασία οι οποίες αναφέρονται παρακάτω. Το μεγαλύτερο εμπόδιο που δημιουργήθηκε κατά τη διάρκεια των μετρήσεων ήταν η σήμανση που παίζει σημαντικό ρολό στον εντοπισμό των στάσεων. Στην αρχή χρησιμοποιήθηκε σπρίντ που εν τελεί αποδείχθηκε απαγορευτικό σε χωμάτινο έδαφος αφού έπρεπε εξ αρχής να τοποθετηθεί κορδέλα. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να χαθούν δυο στάσεις που δεν χρησιμοποιήθηκαν τελικά. Μετά το πέρας των μετρήσεων και αφού είχαν πραγματοποιηθεί οι επιλύσεις τους έγινε αντιληπτό ότι ίσως θα ήταν καλύτερο το αποτέλεσμα, πιο συγκεκριμένα τα σφάλματα των μετρήσεων, αν είχε τοποθετηθεί μικρότερος αριθμός στάσεων και σιγουρά θα ήταν λιγότερο χρονοβόρες οι διαδικασίες της όδευσης και της ταχυμετρίας.

Το τελικό αποτέλεσμα που προκύπτει από όλες τις μετρήσεις και μεθόδους τοπογραφίας που ακολουθήθηκαν είναι ένα τοπογραφικό διάγραμμα εξαρτημένο στο κρατικό σύστημα αναφοράς Ε.Γ.Σ.Α. '87 με την ανάλογη ακρίβεια της κλίμακας 1:500. Το τελικό εμβαδόν του αρχαιολογικού χώρου των στηλών Ολυμπίου Διός είναι 26.928,90 τ.μ. δηλαδή 26,928 στρέμματα.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Πικριδάς Χρήστος, Φωτίου Αριστείδης «GPS και γεωδαιτικές εφαρμογές»
2. Καραβασίλης Χρήστος, «Μέτρηση και επίλυση βάσεων GPS σε διάφορα συστήματα αναφοράς και συγκρίσεις ετερογενών μετρήσεων
3. Αριστείδης Φωτίου, γεωμετρική γεωδαισία
4. TRIUMPH-1 *Integrated GNSS Receiver Operator's Manual Version 2.0 Last Revised October 15, 2012*
5. Καραμπέτσου Μαρία – Κατσαγάνη Κατερίνα, «Αποτύπωση Πύλης Ανδριανού»
6. Ρωσσικόπουλος Δημήτριος, «Τοπογραφικά Δίκτυα και υπολογισμοί»
7. Δημήτρης Βλάχος, «Όργανα και μέθοδοι μετρήσεων»
8. Δημήτρης Βλάχος, «Τοπογραφικές χαρτογραφήσεις»
9. Barry F. Kavanagh, S.J. Glenn Bird, «*Surveying principles and Applications*»
10. User manual «*Geomax ZDL700*»
11. Καλτσίκης Χρήστος, Φωτίου Αριστείδης, «Γενική τοπογραφία»
12. Χατζόπουλος Ιωάννης, Χατζοπούλου Ναυσικά, «Γεωπληροφορική Τοπογραφία»
13. Δ.Μπαλοδήμος, Δ. Σταθάς, Ο. Αραμπατζή, «Δίκτυα – Αποτυπώσεις – Χαραξείς, σημειώσεις γεωδαισίας Ε.Μ.Π.»
14. Παναγιωτόπουλος Ελευθέριος, Καριώτης Γεώργιος, Συμεωνίδης Παύλος, «Εφαρμοσμένη Τοπογραφία, Β' Τόμος»
15. Αρβανίτης Απόστολος, «Κτηματολόγιο 2020»
16. Ανθέμιον Κορρές, «Ενημερωτικό Δελτίο Ενώσεως Φίλων Ακροπόλεως Τεύχος 5<sup>ο</sup>, Ιανουάριος 1999»
17. *PICTORIAL DICTIONARY OF ANCIENT ATHENS* by JOHN TRAVLOS
18. *The Olympieion at Athens* R.E. Wycherley, July 1964

Πηγές:

- <https://en.m.wikipedia.org/wiki/GLONASS>
- [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Galileo\\_\(satellite\\_navigation\)](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Galileo_(satellite_navigation))
- <https://en.m.wikipedia.org/wiki/BeiDou>
- [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Quasi-Zenith\\_Satellite\\_System](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Quasi-Zenith_Satellite_System)
- [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Indian\\_Regional\\_Navigation\\_Satellite\\_System](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Indian_Regional_Navigation_Satellite_System)



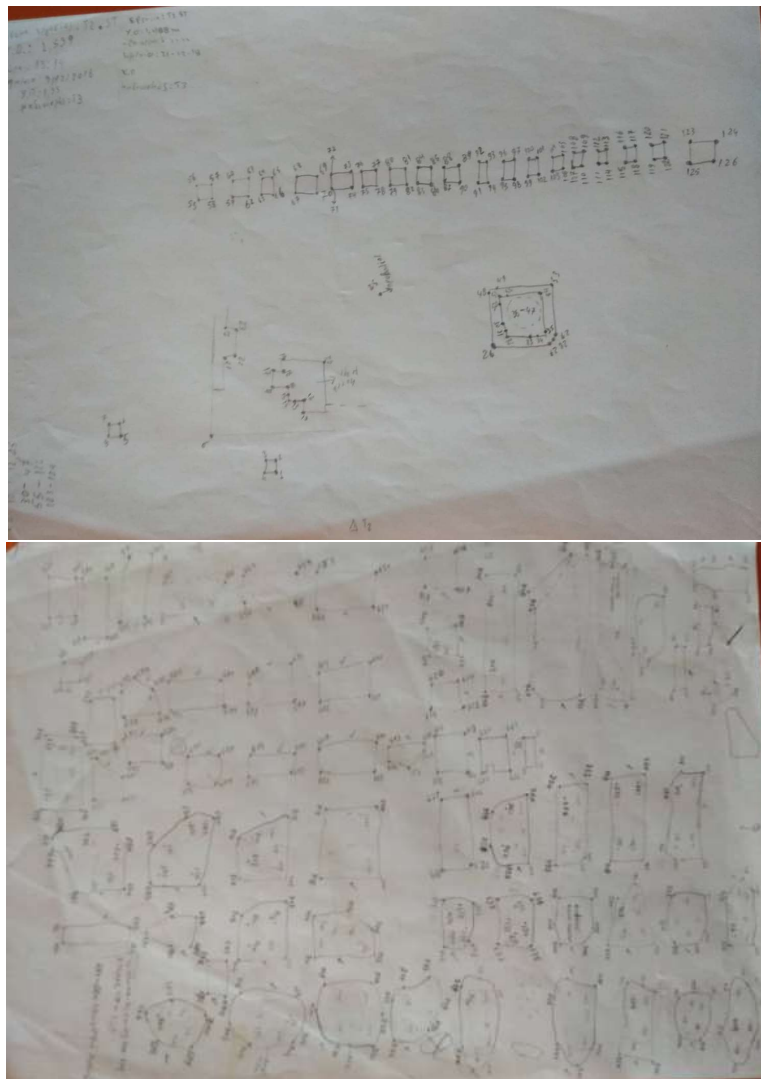
<b>ΠΙΝΑΚΕΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	
<b>Πίνακας 1</b>	<i>Διαφορές συντεταγμένων τριγωνομετρικών</i>
<b>Πίνακας 2</b>	<i>Επιτρεπόμενα μήκη οδεύσεων και μήκη πλευρών μιας όδευσης</i>
<b>Πίνακας 3</b>	<i>Μέγιστα όρια γωνιακού σφάλματος κλεισίματος (<math>w</math>)</i>
<b>Πίνακας 4</b>	<i>Μέγιστα όρια του γραμμικού σφάλματος κλεισίματος (<math>\delta s</math>)</i>
<b>Πίνακας 5</b>	<i>Σφάλμα διάθλασης και σφαιρικότητας</i>
<b>Πίνακας 6</b>	<i>Τάξεις και όρια δικτύων χωροστάθμησης</i>

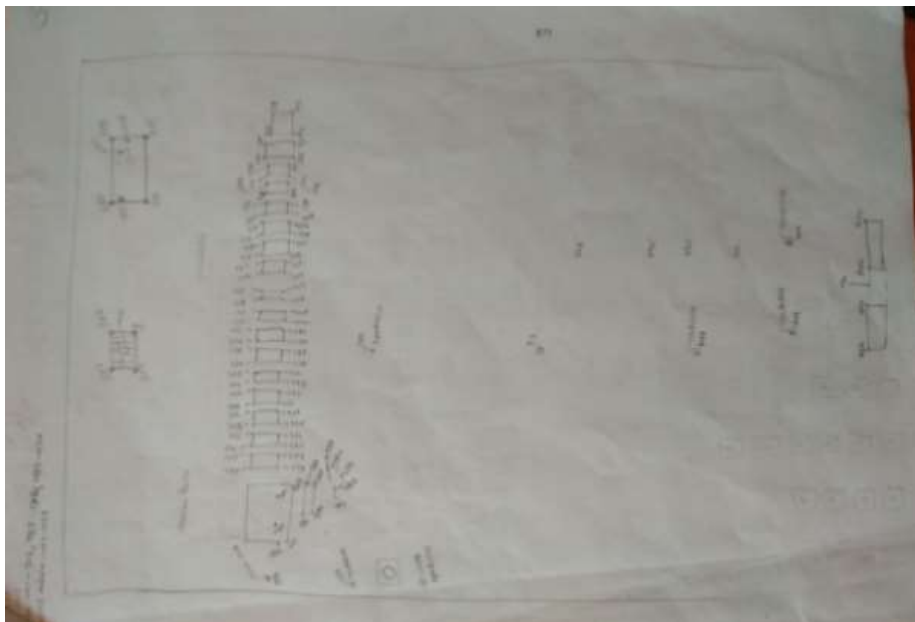
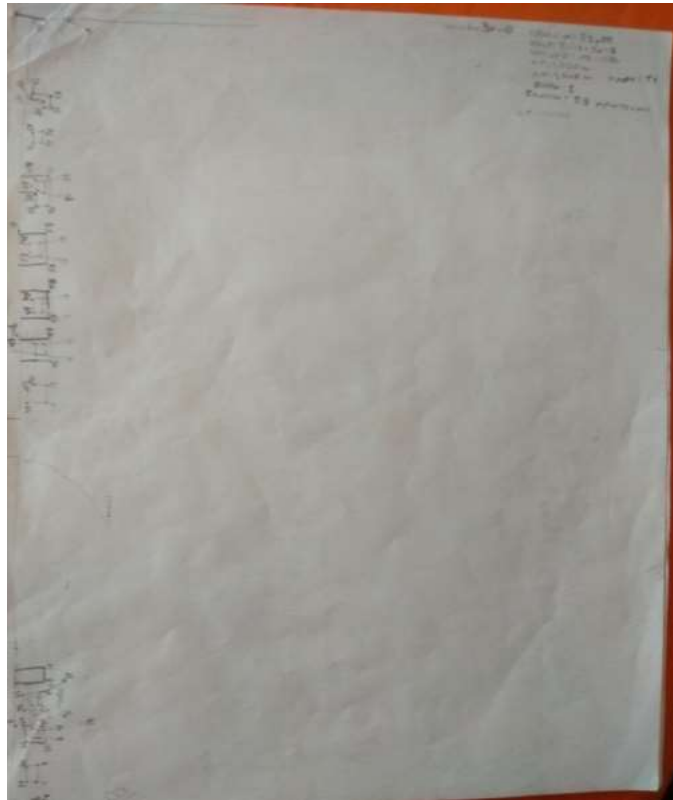
<b>ΕΙΚΟΝΕΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	
<b>Εικόνα 1</b>	<i>Πρώτη οπτική από τις στήλες του ναού</i>
<b>Εικόνα 2</b>	<i>Δεύτερη οπτική από τις στήλες του ναού</i>
<b>Εικόνα 3</b>	<i>Φωτογραφία από τον πεσμένο στύλο</i>
<b>Εικόνα 4</b>	<i>Σχέδιο ολόκληρου του αρχαιολογικού χώρου</i>
<b>Εικόνα 5</b>	<i>Σχέδιο από το εσωτερικό του ναού</i>
<b>Εικόνα 6</b>	<i>Αναφορά του Θουκυδίδη στο ναό</i>
<b>Εικόνα 7</b>	<i>Αρχιτεκτονική του ναού</i>
<b>Εικόνα 8</b>	<i>Αρχιτεκτονική του ναού</i>
<b>Εικόνα 9</b>	<i>Φωτογραφία από τον αρχαιολογικό χώρο</i>
<b>Εικόνα 10</b>	<i>Καλύβα των στηλιτών πάνω στις στήλες του ναού</i>
<b>Εικόνα 11</b>	<i>Τοπογραφικό διάγραμμα με τις σημαντικότερες θέσεις της αρχαίας Αθήνας. Στην νοτιοανατολική πλευρά της πόλης διακρίνεται το Ολυμπείον</i>
<b>Εικόνα 12</b>	<i>Πύλη του Αδριανού</i>
<b>Εικόνα 13</b>	<i>Χώροι του ναού</i>
<b>Εικόνα 14</b>	<i>Διαφορά περίπτερου και δίπτερου ναού</i>
<b>Εικόνα 15</b>	<i>Χώροι του ναού σύμφωνα με το βορά</i>
<b>Εικόνα 16</b>	<i>Τομή του ναού</i>
<b>Εικόνα 17</b>	<i>Κάτοψη του Βαλανείου</i>
<b>Εικόνα 18</b>	<i>Τύποι ναών ανάλογα με τις σειρές των κίωνων</i>
<b>Εικόνα 19</b>	<i>Τύποι ναών ανάλογα με τον ρυθμό</i>
<b>Εικόνα 20</b>	<i>Δίκτυο του Heros</i>
<b>Εικόνα 21</b>	<i>Δίκτυο δορυφόρων</i>
<b>Εικόνα 22</b>	<i>Γεωδαιτικός δέκτης Javad GNSS Triumph – 1</i>
<b>Εικόνα 23</b>	<i>Χαρακτηριστικά δέκτη GPS</i>
<b>Εικόνα 24</b>	<i>Τριγωνομετρικό σημείο T1</i>
<b>Εικόνα 25</b>	<i>Τριγωνομετρικό σημείο T2</i>
<b>Εικόνα 26</b>	<i>Τριγωνομετρικό σημείο T4</i>
<b>Εικόνα 27</b>	<i>Τριγωνομετρικό T3 με εγκατάσταση του οργάνου</i>
<b>Εικόνα 28</b>	<i>Τριγωνομετρικό σημείο T3 σε κοντινή όψη</i>
<b>Εικόνα 29</b>	<i>Γεωειδές μοντέλο EGM08</i>
<b>Εικόνα 30</b>	<i>Τριγωνισμός μόνιμου σταθμού ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ με τα τριγωνομετρικά T1 και T2</i>
<b>Εικόνα 31</b>	<i>Ο τριγωνισμός T1 - T2 σε μεγαλύτερη κλίμακα</i>
<b>Εικόνα 32</b>	<i>Τριγωνισμός T3 - T4 σε μεγαλύτερη κλίμακα</i>
<b>Εικόνα 33</b>	<i>Τοποθέτηση δέκτη GPS σε τριγωνομετρικό σημείο</i>
<b>Εικόνα 34</b>	<i>Ενδείξεις δέκτη GPS</i>
<b>Εικόνα 35</b>	<i>Οριζοντίωση - Κατακορύφωση δέκτη GPS</i>
<b>Εικόνα 36</b>	<i>Τρικόγλιο με σφαιρική αεροστάθμη και οπτική κέντρωση</i>
<b>Εικόνα 37</b>	<i>Λήψη παρατηρήσεων για το μόνιμο σταθμό με ημερομηνία εκτέλεσης 6-11-2018</i>
<b>Εικόνα 38</b>	<i>Αρχείο RINEX</i>
<b>Εικόνα 39</b>	<i>Αρχείο RINEX με δεδομένα για το μόνιμο σταθμό teiath</i>
<b>Εικόνα 40</b>	<i>Δεδομένα δέκτη ως base</i>

Εικόνα 41	Συνιστώσες από τις επιλύσεις των βάσεων
Εικόνα 42	Στοιχεία συνιστωσών από τις επιλύσεις των βάσεων
Εικόνα 43	Τελικές συντεταγμένες (X,Y,Z) για τα 4 τριγωνομετρικά
Εικόνα 44	Σφάλματα μετρήσεων από τις βάσεις GPS
Εικόνα 45	Αποτελέσματα συνιστωσών dE,dN,dH, HorPre, VerPre των επιλυμένων βάσεων GPS σε μέτρα
Εικόνα 46	Ορατότητα δορυφόρων από το δέκτη στο τριγωνομετρικό T1
Εικόνα 47	Συντεταγμένες τριγωνομετρικών Εφορείας Αρχαιοτήτων Αθηνών
Εικόνα 48	Γεωμετρία ακτινών
Εικόνα 49	Έντυπο εξασφαλίσεων
Εικόνα 50	Πλήρως εξαρτημένη με προσανατολισμό
Εικόνα 51	Πλήρως εξαρτημένη με προσανατολισμό στο ένα άκρο
Εικόνα 52	Εξαρτημένη στο ένα άκρο
Εικόνα 53	Ανεξάρτητη
Εικόνα 54	Άξονες οργάνου
Εικόνα 55	Γωνιακές ακρίβειες οργάνου
Εικόνα 56	Ακρίβειες αποστάσεων χωρίς πρίσμα
Εικόνα 57	Ακρίβειες αποστάσεων με πρίσμα.
Εικόνα 58	Πρίσμα τοποθετημένο στον τρίποδα.
Εικόνα 59	LEICA TS 02 PLUS
Εικόνα 60	Επιλύσεις οδεύσεων σε φύλλα excel
Εικόνα 61	Επιλύσεις οδεύσεων σε φύλλα excel
Εικόνα 62	Κλειστή όδευση στο χώρο του πρόπυλου
Εικόνα 63	Πρώτη δευτερεύουσα εξαρτημένη όδευση στη στάση STP4 με προσανατολισμό στο τριγωνομετρικό T1.
Εικόνα 64	Δεύτερη δευτερεύουσα όδευση
Εικόνα 65	Τρίτη δευτερεύουσα όδευση
Εικόνα 66	Τέταρτη δευτερεύουσα όδευση
Εικόνα 67	Πρωτεύουσα όδευση εξαρτημένη στο τριγωνομετρικό T3 και με προσανατολισμό στο T4.
Εικόνα 68	Παράδειγμα ορθοφωτοχάρτη μιας περιοχής.
Εικόνα 69	Laser scanner (σαρωτής σημείων)
Εικόνα 70	Μέθοδος χωροστάθμησης
Εικόνα 71	Διάγραμμα χωροσταθμικού δικτύου 1ης τάξης
Εικόνα 72	Γεωμετρική χωροστάθμηση
Εικόνα 73	Γεωμετρική χωροστάθμηση.
Εικόνα 74	Μέθοδος των ίσων αποστάσεων
Εικόνα 75	Μέθοδος διπλής σκόπευσης
Εικόνα 76	Σφάλμα κάμψης σταδίας
Εικόνα 77	Σφάλμα κατακορυφότητας
Εικόνα 78	Απαλοιφή σφάλματος σκοπευτικού άξονα με την μέθοδο αμοιβαίων σκοπεύσεων
Εικόνα 79	Σχέδιο εξαρτημάτων χωροβάτη ZDL700 GEOMAX
Εικόνα 80	Χωροβάτης που έγιναν οι μετρήσεις
Εικόνα 81	Χαρακτηριστικά χωροβάτη
Εικόνα 82	Έντυπο καταγραφής μετρήσεων υψομετρικών διαφορών κατά την μετάβαση
Εικόνα 83	Έντυπο καταγραφής μετρήσεων υψομετρικών διαφορών κατά την επιστροφή
Εικόνα 84	Επιλύσεις χωροστάθμησης σε φύλλα excel.
Εικόνα 85	Επιλύσεις χωροστάθμησης σε φύλλα excel
Εικόνα 86	Κροκί χωροσταθμικής όδευσης
Εικόνα 87	Κροκί από την εργασία της ταχυμετρίας
Εικόνα 88	Τοπογραφικό σχέδιο του αρχαιολογικού χώρου <<Στήλες του Ολυπίου Διός>>
Εικόνα 89	Τοπογραφικό σχέδιο για σύνταξη συμβολαίου εντός δασικής έκτασης
Εικόνα 90	Τοπογραφικός χάρτης της Γ.Υ.Σ. κλίμακας 1:25000

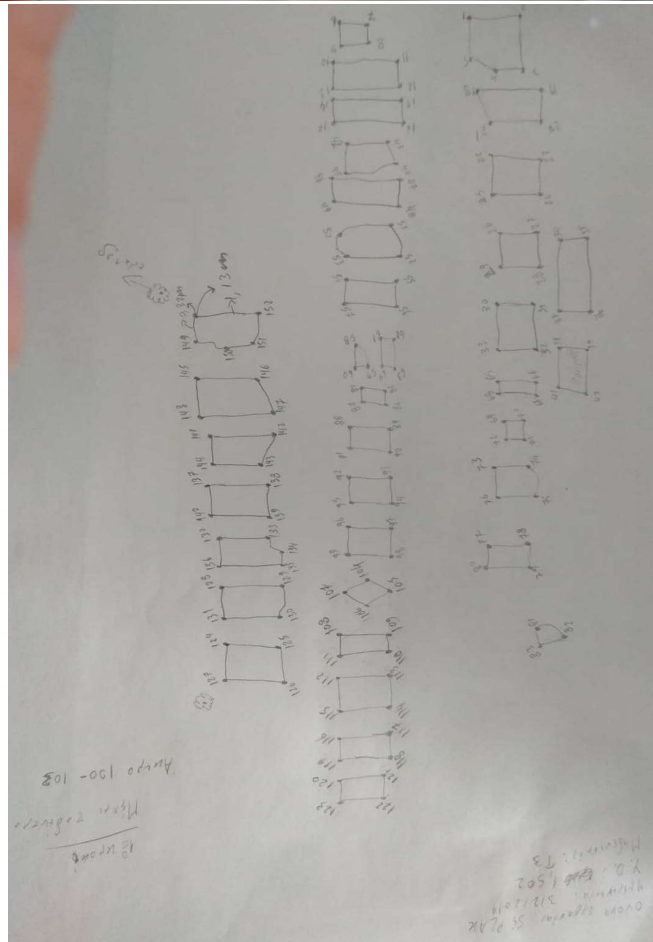
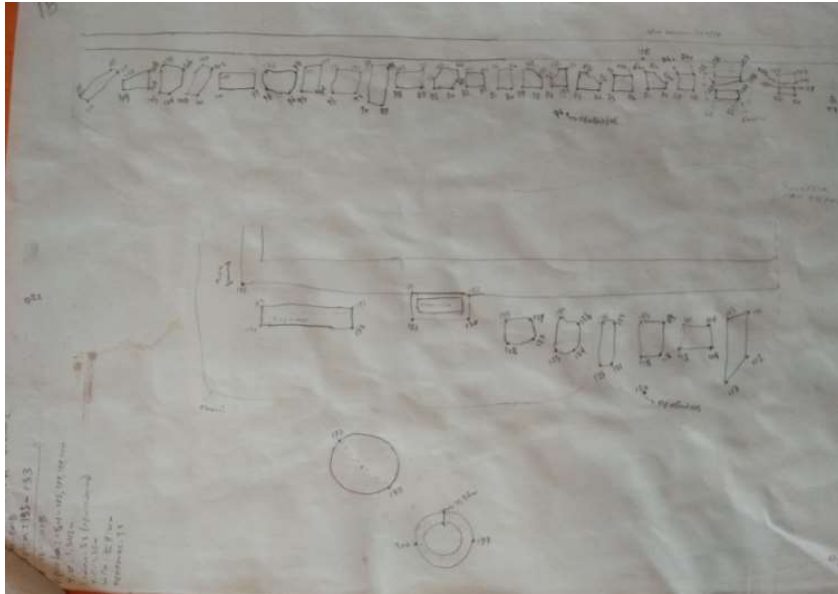
<b>Εικόνα 91</b>	<i>Συμβολισμοί τοπογραφικών διαγραμμάτων, πηγή: Τοπογραφικές Χαρτογραφήσεις , Βλάχος Δημήτριος</i>
<b>Εικόνα 92</b>	<i>Κροκί από τις στήλες του Ολυπίου Διός.</i>
<b>Εικόνα 93</b>	<i>Μάρμαρα αρχαιολογικού χώρου</i>
<b>Εικόνα 94</b>	<i>Τοπογραφικό σχέδιο αρχαιολογικού χώρου σε κλίμακα 1:500.</i>
<b>Εικόνα 95</b>	<i>Ρυμοτομικό σχέδιο του αρχαιολογικού χώρου</i>
<b>Εικόνα 96</b>	<i>Ρυμοτομικό σχέδιο του αρχαιολογικού χώρου</i>
<b>Εικόνα 97</b>	<i>Τοπογραφικό σχέδιο από την Εφορεία Αρχαιοτήτων</i>
<b>Εικόνα 98</b>	<i>Τομή οριζόντιων επιπέδων με το φυσικό έδαφος</i>
<b>Εικόνα 99</b>	<i>Ισοϋψείς καμπύλες αρχαιολογικού χώρου &lt;&lt;Στήλες Ολυπίου Διός&gt;&gt;.</i>

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΚΑΡΙΦΗΜΑΤΩΝ

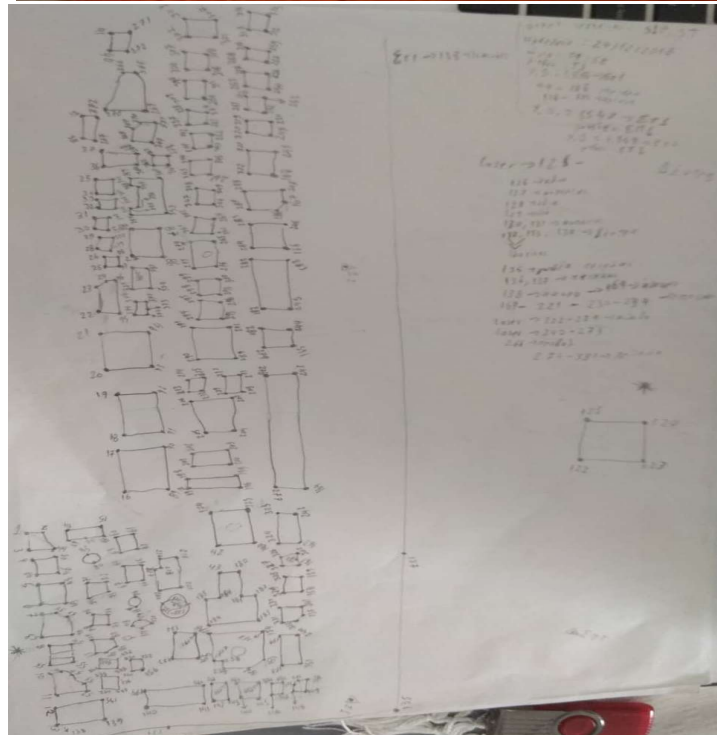
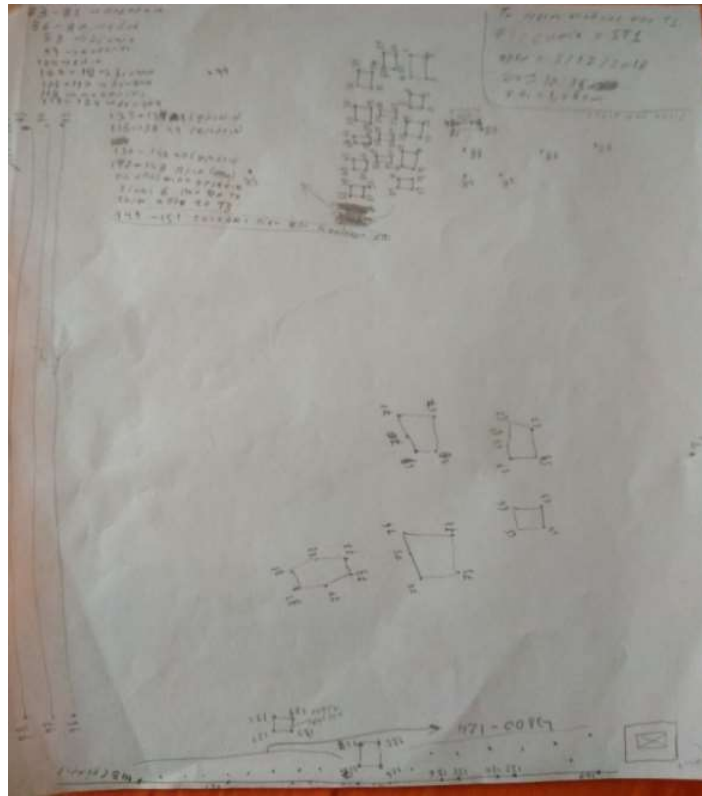


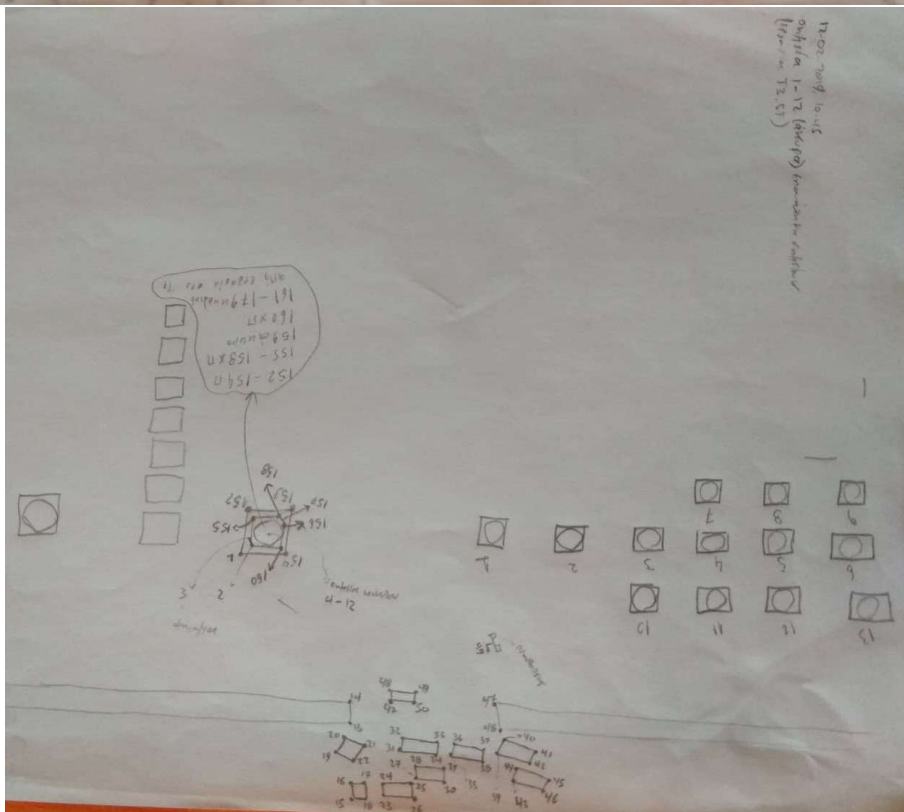
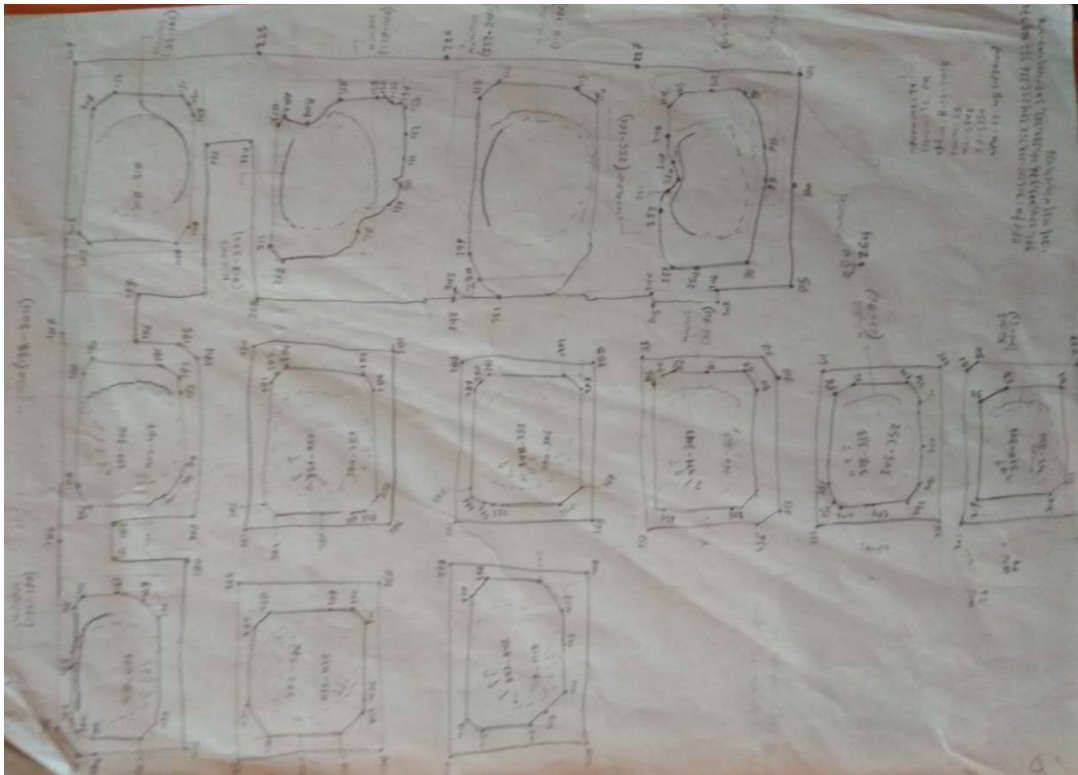


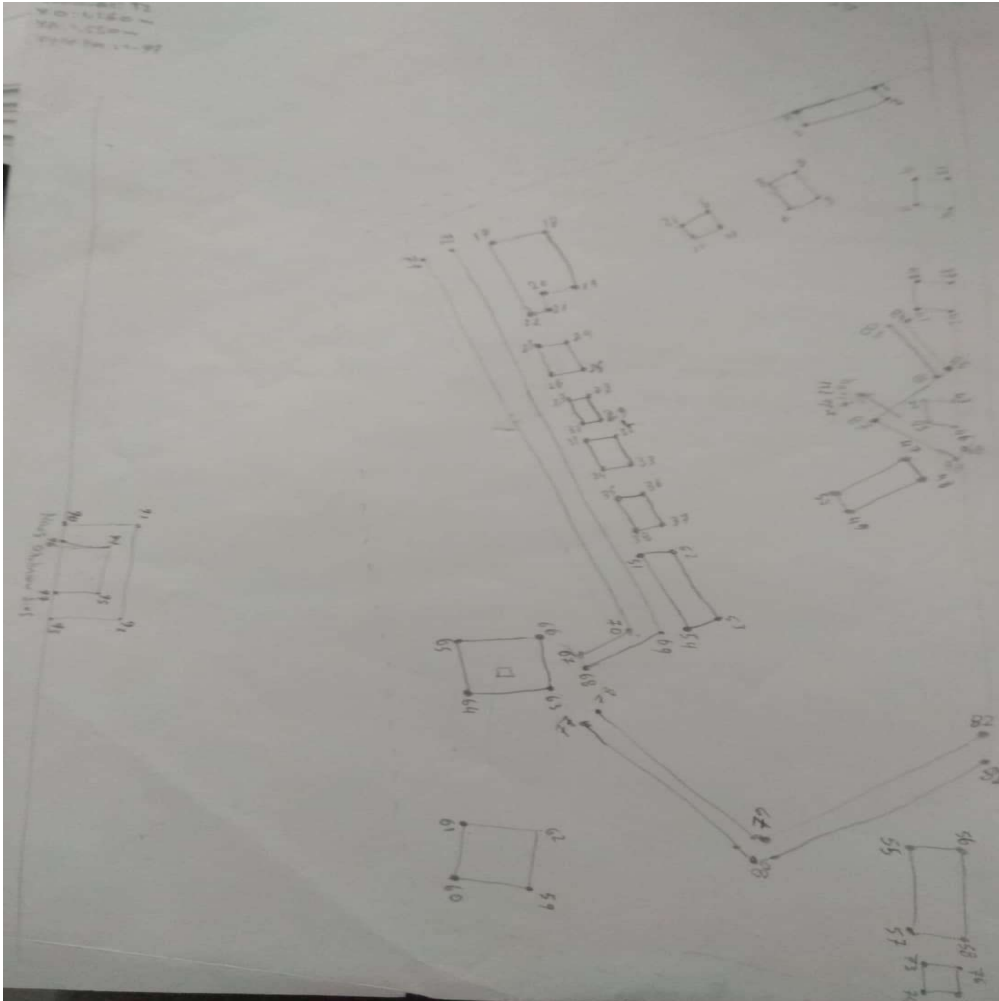












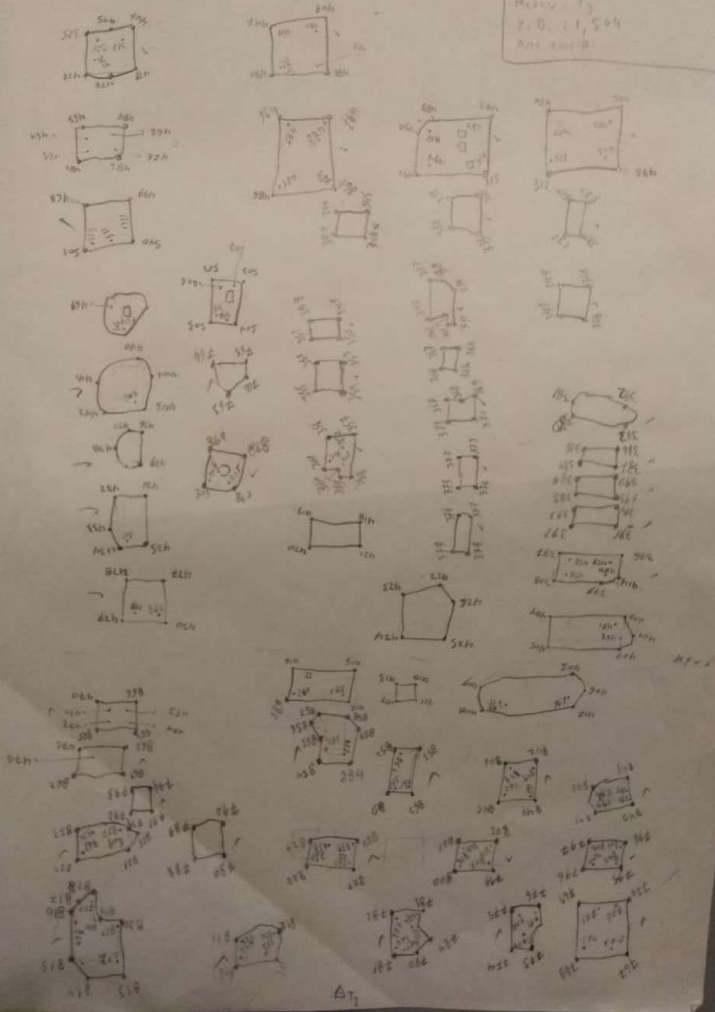


Exp. No: 12 ST  
Date: 21/12/2018

ASO 325 22/12/18  
ASO 325 22/12/18  
ASO 325 22/12/18

ASO 325-351 22/12/18  
ASO 325-351 22/12/18  
ASO 325-351 22/12/18

Exp. No: 12 ST  
Date: 21/12/2018  
ASO 325-351 22/12/18  
ASO 325-351 22/12/18



2018 : 72, 370  
 16-11-2018 : 73  
 21/12/2018

2018 : 72, 370  
 16-11-2018 : 73  
 21/12/2018

2018 : 72, 370  
 16-11-2018 : 73  
 21/12/2018

2018 : 72, 370  
 16-11-2018 : 73  
 21/12/2018

2018 : 72, 370  
 16-11-2018 : 73  
 21/12/2018

