

2013

TEI Athens – Department
of Surveying Engineering

Όνοματεπώνυμο

Τίτλος εργασίας

3rd EXERCISE

Περιεχόμενα

Πρόλογος – Abstract	σελ. 2
I. Εισαγωγή	σελ. 3
II. Υψομετρία.....	σελ. 4
II.1 Γεωμετρική Φφροστάθμηση	σελ. 5
II.2 Τριγωνομετρική Υψομετρία.....	σελ. 8
II.3 Φφτογραμμετία	σελ. 9
II.4 GPS.....	σελ. 10
II.4 Ε.Τ.Υ.	σελ.11
III. Ευαρμογή Ε.Τ.Υ.	σελ. 14
IV. Σμπεράσματα	σελ. 20
V. Βιβλιογραφία	σελ.21

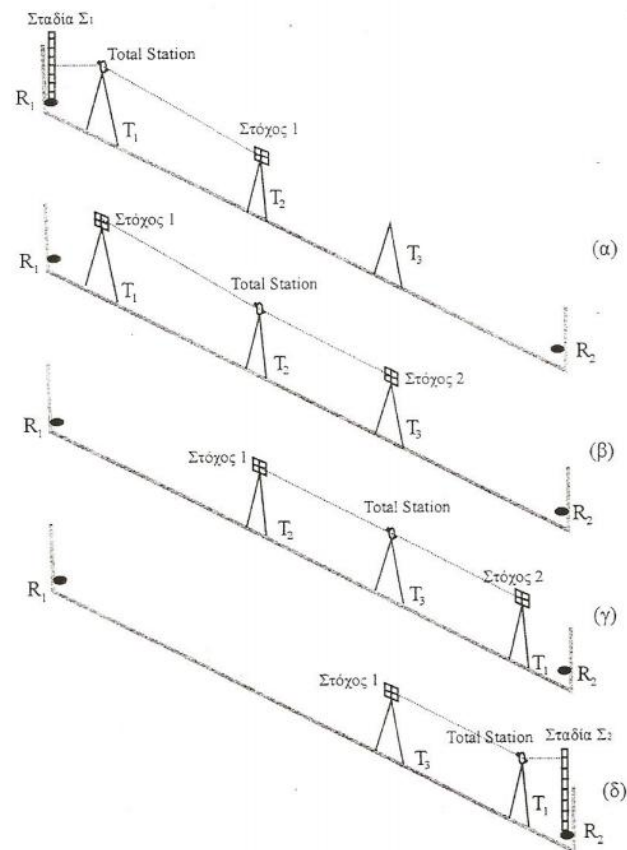
LEICA ScanStation2 – Registration & Modelizing

ΠΡΟΛΟΓΟΣ: Ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στην υπό έρευνα περιοχή και ανάλογα με την επιθυμητή ακρίβεια επιλέγεται κάθε φορά η μέθοδος προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών και υψομέτρων. Στα πλαίσια του μαθήματος “Γεωδαιτικές – Τοπογραφικές Εφαρμογές” χρειάστηκε να αποδοθούν τα υψόμετρα εσωτερικά του κτιρίου του ΤΕΙ Αθήνας. Για τον σκοπό αυτό έγινε η εφαρμογή της μεθόδου της ειδικής τριγωνομετρικής υψομετρίας (Ε.Τ.Υ.) για τον υπολογισμό υψομετρικών διαφορών και τελικός της απόδοσης τελικών υψομέτρων τεσσάρων σημείων στο εσωτερικό του κτηρίου και σε όροφο. Η επιλογή της μεθόδου βασίστηκε στην ταχύτητα της μεθόδου της τριγωνομετρικής υψομετρίας καθώς και στην ακρίβεια που επιτυγχάνεται με την συγκεκριμένη μέθοδο.

Λέξεις κλειδιά : Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία (ΕΤΥ), Υψομετρία, απόδοση υψομέτρων

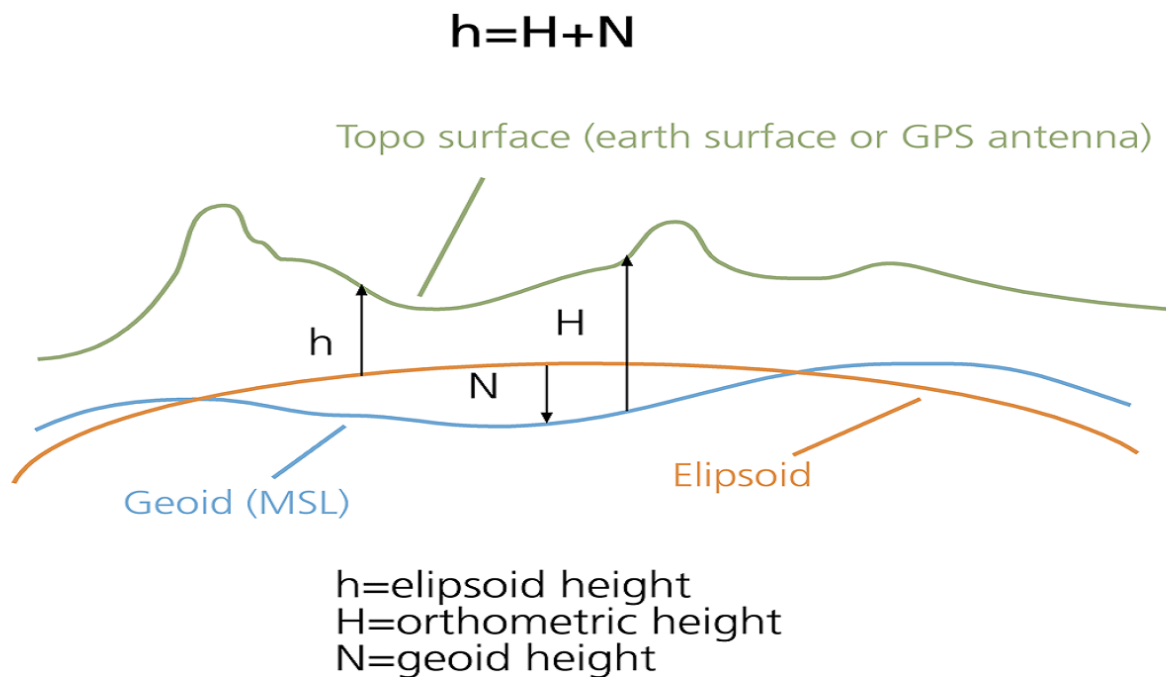
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μέθοδος της ειδικής τριγωνομετρικής υψομετρίας είναι μία από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την απόδοση υψομέτρων σε διάφορα σημεία. Η μέθοδος στηρίζεται στην απλή τριγωνομετρική υψομετρία, καθώς για την απόδοση των υψομέτρων χρησιμοποιούνται μετρήσεις απόστασης και κατακόρυφων γωνιών. Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται με την χρήση ενός γεωδαιτικού σταθμού, του αντίστοιχου πρίσματος και μίας σταδίας. Στα πλαίσια του εργαστηριακού μαθήματος “Γεωδαιτικές – Τοπογραφικές Εφαρμογές” έγινε η εφαρμογή της ειδικής τριγωνομετρικής υψομετρίας, για την απόδοση των υψομέτρων υψομέτρων στο εσωτερικό του κτιρίου του ΤΕΙ Αθήνας. Επειδή τα σημεία στα οποία θα αποδοθούν τα υψόμετρα εκτός του ότι βρίσκονται στο εσωτερικό του κτιρίου είναι και σε όροφο πράγμα που κάνει δύσκολη την εφαρμογή της γεωμετρικής χωροστάθμησης. Επομένως η μέθοδος της ειδικής τριγωνομετρικής υψομετρίας μπορεί γρήγορα και με σχετικά καλή ακρίβεια, να δώσει τα επιθυμητά αποτελέσματα.



II. Υψομετρία

Η υψομετρία είναι τομέας κατά τον οποίο γίνεται απόδοση υψομέτρων σε διάφορα σημεία. Τα υψόμετρα αυτά μπορεί να είναι είτε σχετικά είτε απόλυτα. Τα σχετικά υψόμετρα είναι σε ένα αυθαίρετο σύστημα αναφοράς όπου λαμβάνεται ως αφετηρία υψομέτρων ένα τυχαίο σημείο (το σημείο αυτό επιλέγεται κατάλληλα από τον μηχανικό). Τα απόλυτα υψόμετρα είναι υψόμετρα τα οποία δίνονται σε σχέση με ένα συγκεκριμένο σύστημα αναφοράς. Οι αφετηρίες για τα συγκεκριμένα συστήματα αναφοράς δίνονται από τις αρμόδιες υπηρεσίες (π.χ. Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού για το ΕΓΣΑ87). Τα υψόμετρα που κυρίως ενδιαφέρουν τον μηχανικό είναι κατά κύριο λόγο τα ορθομετρικά υψόμετρα. Το μηδέν για τα ορθομετρικά υψόμετρα είναι η επιφάνεια του Γεωειδούς. Ωστόσο πολλές φορές υπολογίζονται τα γεωμετρικά υψόμετρα τα οποία έχουν ως αφετηρία την επιφάνεια του Ελλειψοειδούς εκ περιστροφής (ΕΕΠ). Η επιφάνεια του ΕΕΠ διαφέρει από την επιφάνεια του Γεωειδούς και η διαφορά αυτή είναι η αποχή του γεωειδούς N. Η σχέση η οποία συνδέει τα γεωμετρικά υψόμετρα με τα ορθομετρικά υψόμετρα είναι η εξής.



Εικόνα 1: Αποχή Γεωειδούς (Γεωδαισία 4η Παρουσίαση, Βασίλης Δ. Ανδριτσάνος)

Στην παραπάνω δίνεται η απεικόνιση της αποχής του γεωειδούς η οποία μπορεί να είναι είτε αρνητική είτε θετική ανάλογα με την εκάστοτε περιοχή. Για την απόδοση των υψομέτρων υπάρχουν διάφορες μέθοδοι προσδιορισμού, καθώς και διάφορα όργανα μέτρησης ανάλογα με την μεθοδολογία.

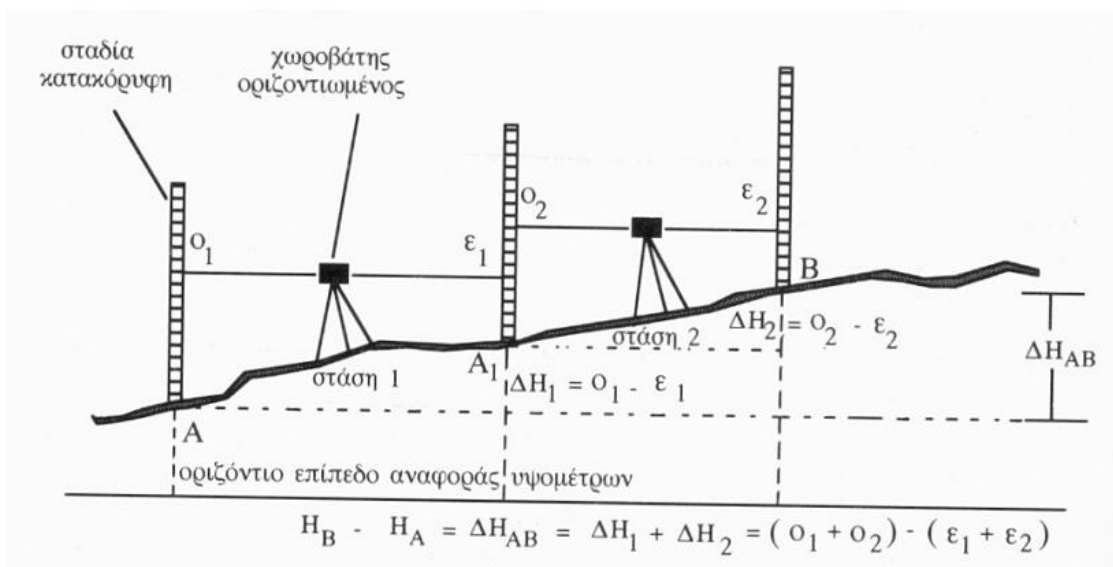
Οι μέθοδοι που εφαρμόζονται για την απόδοση υψομέτρων είναι κατά κύριο λόγο οι εξής:

- Γεωμετρική χωροστάθμιση
- Τριγωνομετρική Υψομετρία
- Φωτογραμμετρία
- GPS
- Ειδική τριγωνομετρική Υψομετρία (παραλλαγή της τριγωνομετρικής υψομετρίας)
- Λοιπές μέθοδοι που αποτελούν παραλλαγές των παραπάνω μεθόδων

II.1 Γεωμετρική Χωροστάθμιση

Η Γεωμετρική χωροστάθμιση είναι η ακριβέστερη μέθοδος απόδοσης ορθομετρικών υψομέτρων. Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται με χωροβάτη και σταδία. Η υλοποίηση του οριζόντιου επιπέδου γίνεται με την οριζοντίωση του χωροβάτη. Ο σκοπευτικός άξονας του χωροβάτη και ο πρωτεύων άξονας είναι πάντα κάθετοι μεταξύ τους. Ανάλογα με το σύστημα αναφοράς υψομέτρων (αυθαίρετο επίπεδο, Γεωειδές) υπάρχουν 2 περιπτώσεις:

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ: ΤΥΧΑΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

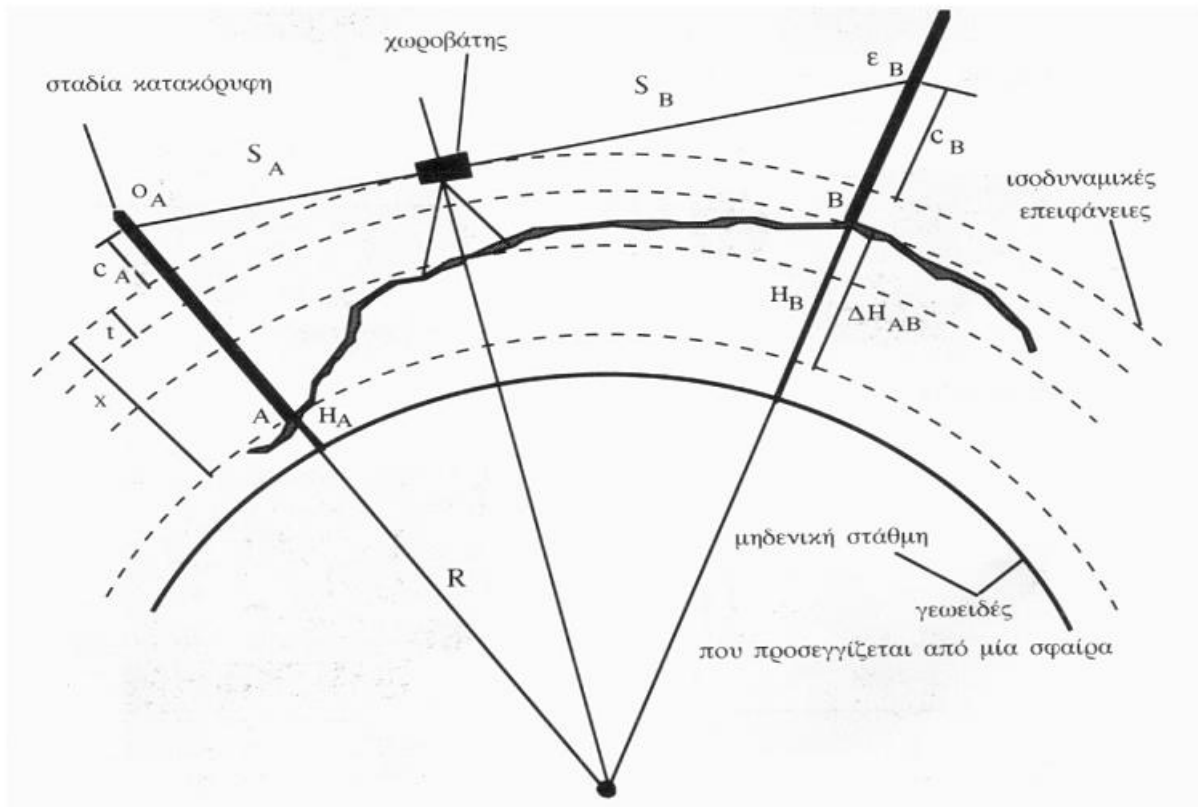


$$\Delta H = H_B - H_A = \Delta H_1 + \Delta H_2 = (O_1 + O_2) - (\epsilon_1 + \epsilon_2)$$

Εικόνα 2: Γεωμετρική χωροστάθμιση σε αυθαίρετο επίπεδο (Αποτυπώσεις – Χαράξεις, Υψομετρία – Χωροστάθμιση, Βασίλης Δ. Ανδριτσάνος)

Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η πρώτη περίπτωση αυθαίρετου επιπέδου όπου προκύπτει και η παραπάνω υψομετρική διαφορά ΔH των σημείων A και B.

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ: ΓΕΩΕΙΔΕΣ



Εικόνα 3: Γεωμετρική χωροστάθμηση σε σχέση με το γεωειδές (Αποτυπώσεις – Χαράξεις, Υψομετρία – Χωροστάθμηση, Βασίλης Δ. Ανδριτσάνος)

Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η μέθοδος της γεωμετρικής χωροστάθμησης σε σχέση με το γεωειδές. Σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα προκύπτει ότι

$$O_A - \epsilon_B \neq \Delta H_{AB}$$

$$O_A = \Delta H_{AB} + t + c_A$$

$$\epsilon_B = t + c_B$$

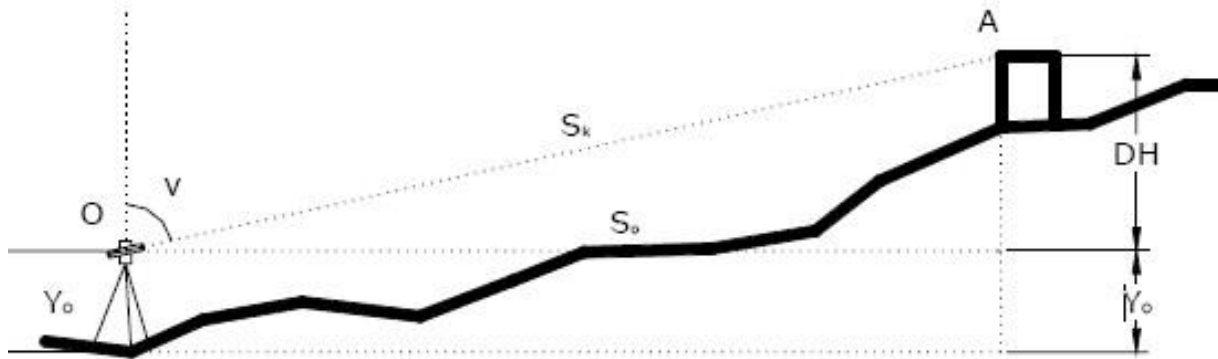
$$(O_A - \epsilon_B) = \Delta H_{AB} + (c_A - c_B) = \Delta H_{AB} + c$$

$$c = (c_A - c_B) = \frac{s_A^2 - s_B^2}{2R} = \frac{s_o^2 - s_c^2}{2R}$$

Επειδή ένα από τα πιο σημαντικά σφάλματα στην γεωμετρική χωροστάθμηση είναι αυτό που προκαλείται λόγω διάθλασης. Το συγκεκριμένο σφάλμα μπορεί να αντιμετωπισθεί με το να τοποθετηθεί ο χωροβάτης στο μέσο της απόστασης των δυο σημείων.

II.2 Τριγωνομετρική Υψομετρία

Κατά την τριγωνομετρική υψομετρία η απόδοση των υψομέτρων στηρίζεται στην μέτρηση κεκλιμένων αποστάσεων και κατακόρυφων γωνιών με την χρήση ενός γεωδαιτικού σταθμού. Η συγκεκριμένη μέθοδος υπολείπεται σε ακρίβεια, της γεωμετρικής χωροστάθμησης ωστόσο είναι μία μέθοδος όπου επιτρέπει μεγάλη ταχύτητα στην διαδικασία των μετρήσεων. Η μέτρηση των αποστάσεων γίνεται με την χρήση EDM.



Εικόνα 5: Τριγωνομετρική Υψομετρία

Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται η μέθοδος της τριγωνομετρικής υψομετρίας. Από το σχήμα προκύπτει ότι

$$\Delta H_{OA} = S_k \cdot \cos(V)$$

$$H_A = H_O + \Delta H_{OA} + (Y_o - Y_s)$$

Όπου

S_k : είναι η κεκλιμένη απόσταση ανάμεσα στα σημεία O και A

V : είναι η κατακόρυφη γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στα σημεία O και A

Y_o : είναι το ύψος οργάνου

Y_s : είναι το ύψος στόχου.

H_A : είναι το υψόμετρο του A

H_O : είναι το υψόμετρο του O

ΔH_{OA} : είναι η υψομετρική διαφορά των σημείων O και A

II.3 Φωτογραμμετρία

Με την χρήση φωτογραμμετρικών μεθόδων μπορεί να γίνει απόδοση του υψομέτρου ενός σημείου. Με την φωτογραμμετρία ο προσδιορισμός του υψομέτρου ενός σημείου μπορεί να γίνει με μεγάλη ακρίβεια. Η ακρίβεια αυτή εξαρτάται από την ανάλυση της φωτογραφίας, την ακρίβεια των συν/ων των φωτοσταθερών σημείων και του μοντέλου επίλυσης. Τα όργανα που χρησιμοποιούνται είναι ένας φωτογραμμετρικός σταθμός (και η φωτογραφική μηχανή σε περίπτωση που δεν υπάρχουν φωτογραφίες). Για να γίνει η απόδοση των υψομέτρων χρησιμοποιείται η συνθήκη της συγγραμμικότητας. Οι εξισώσεις που χρησιμοποιούνται κατά την συνθήκη της συγγραμμικότητας είναι οι εξής.

$$x = x_0 - c \cdot \frac{(X - X_0) \cdot R_{11} + (Y - Y_0) \cdot R_{12} + (Z - Z_0) \cdot R_{13}}{(X - X_0) \cdot R_{31} + (Y - Y_0) \cdot R_{32} + (Z - Z_0) \cdot R_{33}}$$
$$y = y_0 - c \cdot \frac{(X - X_0) \cdot R_{21} + (Y - Y_0) \cdot R_{22} + (Z - Z_0) \cdot R_{23}}{(X - X_0) \cdot R_{31} + (Y - Y_0) \cdot R_{32} + (Z - Z_0) \cdot R_{33}}$$

Όπου

X : γεωδαιτική συν/η του σημείου μέτρησης

Y: γεωδαιτική συν/η του σημείου μέτρησης

Z: Υψόμετρο σημείου.

X₀ : γεωδαιτική συν/η του κέντρου προβολής

Y₀: γεωδαιτική συν/η του κέντρου προβολής

Z₀: Υψόμετρο κέντρου προβολής

c: σταθερά μηχανής

x₀ : συντεταγμένη x πρωτεύοντος σημείου

y₀ : συντεταγμένη y πρωτεύοντος σημείου

x: εικονο-συντεταγμένη σημείου παρατήρησης

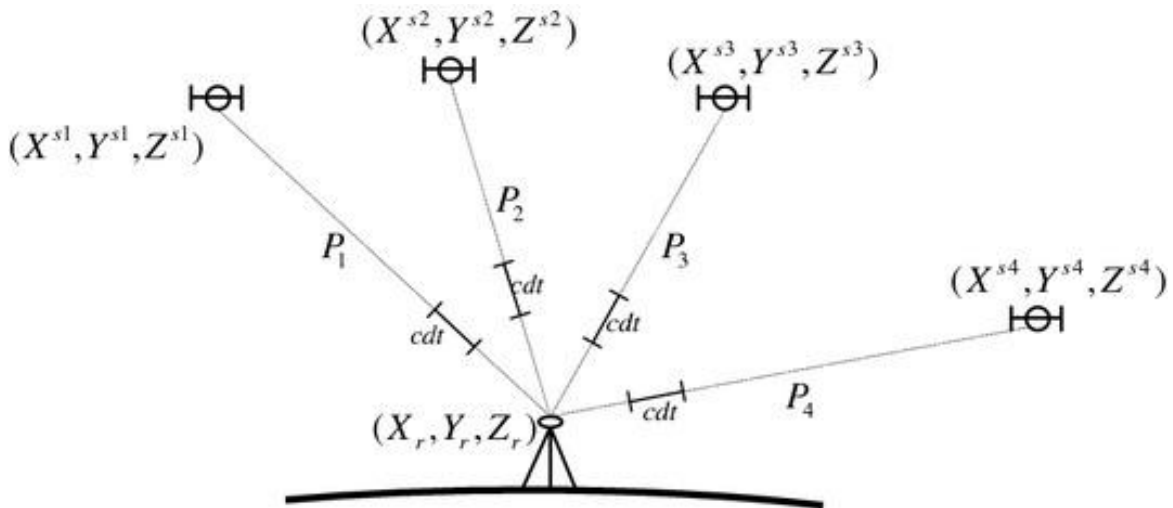
y: εικονο-συντεταγμένη σημείου παρατήρησης

R: πίνακας στροφών

Επιλύοντας το παραπάνω μοντέλο, όπου άγνωστοι είναι τα X Y Z μπορεί να γίνει η απόδοση του υψομέτρου του επιθυμητού σημείου.

II.4 GPS

Η απόδοση των υψομέτρων μπορεί να γίνει και με την βοήθεια των δορυφόρων. Η συγκεκριμένη μέθοδος δεν μπορεί να επιτύχει μεγάλες ακρίβειες ωστόσο είναι ταχύτατη μέθοδος και σε περίπτωση βελτιστοποίησης της ακρίβειας θα λύσει μεγάλα προβλήματα τα οποία συναντώνται με την μέθοδο της τριγωνομετρικής υψομετρίας και την μέθοδο της γεωμετρικής χωροστάθμησης. Η μέθοδος της δορυφορικής υψομετρίας στηρίζεται στην μέτρηση αποστάσεων του δέκτη από τον δορυφόρο. Η κάθε απόσταση δίνει γεωμετρικό τόπο μία σφαίρα στον χώρο. Η τομή 4 σφαιρών δίνει ως αποτέλεσμα ένα σημείο. Έτσι προκύπτει και η θέση ενός σημείου στον χώρο.



II.5 Ειδική τριγωνομετρική Υψομετρία

Η ειδική τριγωνομετρική υψομετρία (Ε.Τ.Υ.) είναι μια μέθοδος έμμεσου προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών που βασίζεται στο συνδυασμό της τριγωνομετρικής υψομετρίας με τη γεωμετρική χωροστάθμιση. Η μέθοδος αυτή με τον κατάλληλο συνδυασμό οργάνων μπορεί να πετύχει υψηλές ακριβείες της τάξης των $\pm 5\text{mm/km}$ και καλύτερες. Η Ε.Τ.Υ. μπορεί να εφαρμοστεί για τον προσδιορισμό υψομετρικών διαφορών με υψηλή ακρίβεια σε περιοχές όπου η γεωμετρική χωροστάθμιση αδυνατεί εξαιτίας κάποιων “φυσικών περιορισμών”, όπως μέσα σε κεκλιμένες σήραγγες ελέγχου τεχνικών έργων, σε τμήματα κλιμάκων μέσα σε κτήρια και σε κάθε είδους κεκλιμένα τμήματα κτηρίων ή τεχνικών έργων. Εφαρμόζεται για υψομετρικές συνδέσεις μεταξύ σημείων που τα χωρίζει κάποιο φυσικό εμπόδιο π.χ. ποτάμι, λίμνη, θάλασσα, ρήγμα κ.τ.λ. καθώς επίσης και μεταξύ σημείων δικτύων ελέγχου με μεγάλες υψομετρικές διαφορές μεταξύ των κορυφών, για τον έλεγχο κατακόρυφων μικρομετακινήσεων. Φυσικά, η χρήση της Ε.Τ.Υ. δεν περιορίζεται μόνο σ’ αυτές τις περιπτώσεις καθώς είναι μια μέθοδος που μπορεί να εφαρμοστεί τόσο σε ανοιχτό όσο και σε κλειστό χώρο, ανεξάρτητα από την κλίση του εδάφους και για αποστάσεις από μερικές δεκάδες μέτρα έως και λίγα χιλιόμετρα.

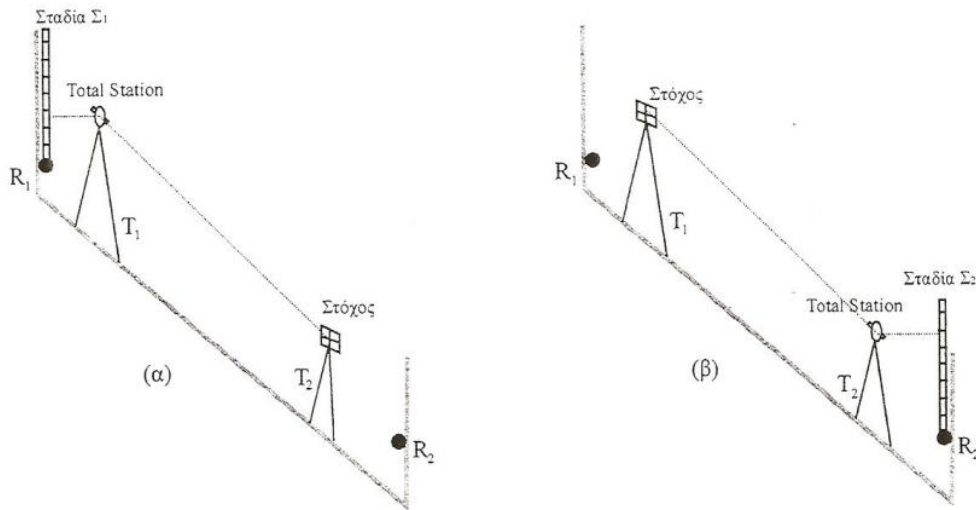
Ο απαιτούμενος εξοπλισμός για την εφαρμογή της Ε.Τ.Υ. είναι:

- Ένας ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός υψηλής ακρίβειας (Total Station) με αποσπώμενο τρικόχλιο
- Ένας ή δύο στόχοι σκοπεύσεων ακριβείας με ανακλαστήρα για τη μέτρηση μηκών
- Ένας ή δύο βαθμονομημένοι πήχεις με υποδιαίρεσεις χιλιοστών &
- Δύο ή τρεις τρίποδες με αντίστοιχα τρικόχλια.

Στον παραπάνω εξοπλισμό προστίθενται ένα ακόμα ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός υψηλής ακρίβειας (Total Station) με αποσπώμενο τρικόχλιο, στη περίπτωση που θεωρηθεί σκόπιμο να πραγματοποιηθούν αμοιβαίες και ταυτόχρονες μετρήσεις. Αυτό συμβαίνει στη περίπτωση όπου χρειάζεται να μετρηθεί υψομετρική διαφορά μεταξύ σημείων που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση μεταξύ τους. Η μετάβαση από το ένα σημείο στο άλλο θα διαρκούσε πολύ ώρα, γεγονός που σημαίνει ότι οι καιρικές συνθήκες (διάθλαση, ατμοσφαιρική πίεση κ.α.) μπορεί να αλλάξουν τόσο ώστε να επηρεάσουν σημαντικά την ακρίβεια των μετρήσεων.

Στην περίπτωση όπου η απόσταση μεταξύ των σημείων λόγω χάρη R1 και R2 ζητείται η υψομετρική διαφορά είναι σχετικά μικρή η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής:

Κοντά στο σημείο R1, όσο το επιτρέπει η μορφολογία του εδάφους και περίπου σε απόσταση ελάχιστης εστίασης του οργάνου, τοποθετείται ο ένας τρίποδας (T1) με το τρικόχλιο και το όργανο. Στο σημείο R1 τοποθετείται κατακόρυφα με τη βοήθεια σφαιρικής αεροστάθμης η μια σταδία (Σ1). Το τηλεσκόπιο του οργάνου οριζοντιώνεται (κατακόρυφη γωνία, $z=100,0000$ grad) και σκοπεύει σε δυο θέσεις τηλεσκοπίου την σταδία Σ1 (μέτρηση όπισθεν, O), για την εξάλειψη σφαλμάτων λόγω κακής κατακόρυφωσης του πρωτεύοντα άξονα (ΠΠ΄). Στην συνέχεια κοντά στο σημείο R2 όπως και πριν σε απόσταση περίπου όσο το min της εστίασης του οργάνου τοποθετείται ο δεύτερος τρίποδας (T2) με τρικόχλιο και το σύστημα στόχου – κατάφωτου, οπότε γίνονται μετρήσεις της κατακόρυφης γωνίας και του κεκλιμένου μήκους μεταξύ των σημείων T1 και T2. Κατόπιν, το Total Station αλλάζει αμοιβαία θέση, και σε σύντομο χρονικό διάστημα, με το σύστημα στόχου – κατάφωτου (χωρίς να μετακινηθούν τα τρικόχλια από τους τρίποδες), γίνονται μετρήσεις της κατακόρυφης γωνίας και της κεκλιμένης απόστασης από το σημείο T2 προς το T1 και οριζόντιες σκοπεύσεις προς την σταδία που έχει τοποθετηθεί κατακόρυφα στο σημείο R2 (μέτρηση έμπροσθεν, E).



Εικόνα 6: Μέθοδος Ε.Τ.Υ.

Έτσι έχει ολοκληρωθεί μια πλήρης σειρά μετρήσεων, σε μετάβαση και επιστροφή, και έχει προσδιοριστεί η υψομετρική διαφορά ΔH_{R1R2} από την παρακάτω σχέση:

$$\begin{aligned} \Delta H_{R1R2} &= (O - E) + \frac{\Delta H_{T1T2} - \Delta H_{T2T1}}{2} = \\ &= (O - E) + \frac{D_{T1T2} \cos z_{T1T2} + (1 - k_1) S_{T1T2}^2 \sin^2 z_{T1T2} / 2R}{2} \\ &\quad - \frac{D_{T2T1} \cos z_{T2T1} + (1 - k_2) S_{T1T2}^2 \sin^2 z_{T1T2} / 2R}{2} \Leftrightarrow \end{aligned}$$

$$\text{Ισχύουν: } D_{T1T2} \cos z_{T1T2} = -D_{T2T1} \cos z_{T2T1} \quad \& \quad S_{T1T2} \sin z_{T1T2} = S_{T2T1} \sin z_{T2T1}$$

Στην ανωτέρω περίπτωση θεωρήθηκε ότι το ύψος του οργάνου και του στόχου από το τρικόχλιο είναι το ίδιο γι' αυτό και ισχύει η παρακάτω σχέση:

$$\Delta H_{R1R2} = (O - E) + \frac{1}{2} (2D_{T1T2} \cos z_{T1T2} + (k_2 - k_1) \frac{S^2 \sin^2 z}{2R})$$

Όπου:

ΔH_{R1R2} : η υψομετρική διαφορά μεταξύ R1 και R2

O : ο μέσος όρος ανάγνωσης στην σταδία στο σημείο R1

E : ο μέσος όρος ανάγνωσης στην σταδία στο σημείο R2

ΔH_{T1T2} : η υψομετρική διαφορά μεταξύ των ΣΣ' και στόχου στις θέσεις T1 και T2 (από T1 προς T2)

ΔH_{T2T1} : η υψομετρική διαφορά μεταξύ των ΣΣ' και στόχου στις θέσεις T2 και T1 (από T2 προς T1)

D_{T1T2} : η κεκλιμένη απόσταση από T1 προς T2

D_{T2T1} : η κεκλιμένη απόσταση από T2 προς T1

S_{T1T2} : η οριζόντια απόσταση από T1 προς T2

S_{T2T1} : η οριζόντια απόσταση από T2 προς T1

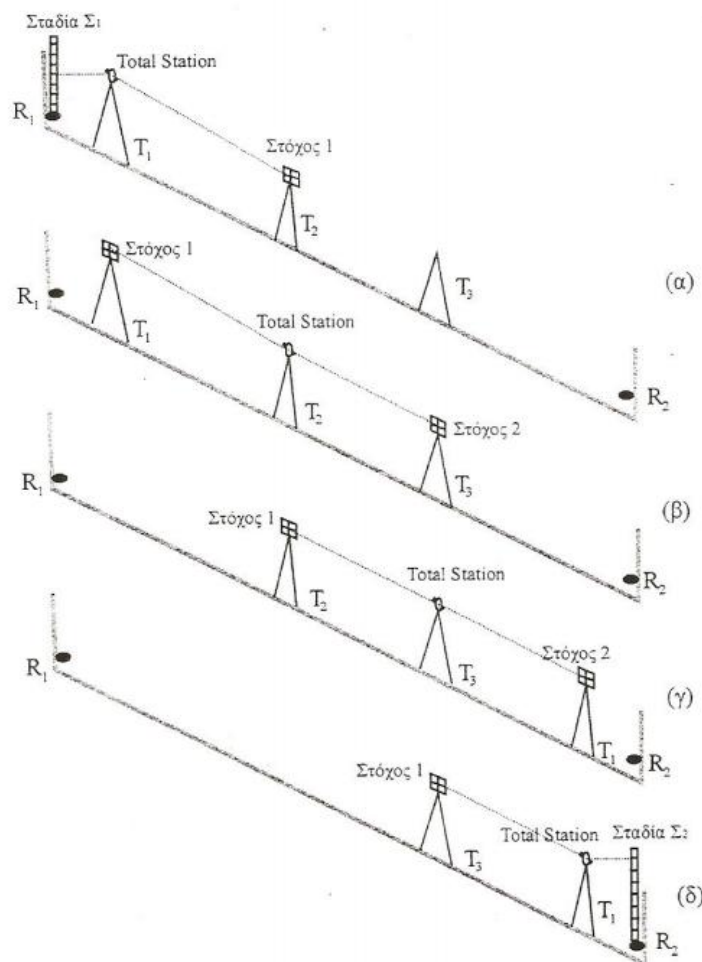
z_{T1T2} : η κατακόρυφη γωνία από T1 προς T2

z_{T2T1} : η κατακόρυφη γωνία από T2 προς T1

k_1 : ο δείκτης γεωδαιτικής διάθλασης τη χρονική στιγμή μέτρησης από T1 προς T2

k_2 : ο δείκτης γεωδαιτικής διάθλασης τη χρονική στιγμή μέτρησης από T2 προς T1

Στη περίπτωση όπου η απόσταση μεταξύ των σημείων είναι μεγάλη ή δεν υπάρχουν ορατότητες και δεν μπορεί να προσδιοριστεί η υψομετρική διαφορά μόνο με δύο στάσεις κοντά στις υψομετρικές αφετηρίες, τότε γίνονται περισσότερες στάσεις.



Εικόνα 6: Μέθοδος Ε.Τ.Υ. Με Ενδιάμεσες Στάσεις

Και η τελική υψομετρική διαφορά δίνεται από τον τύπο:

$$\Delta H_{R1R2} = (O - E) + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{T_i(T_{i+1})} - \Delta H_{T_{(i+1)T_i}}}{2}$$

III. Εφαρμογή της ειδικής τριγωνομετρικής Υψομετρίας

Στα πλαίσια του εργαστηριακού σκέλους του μαθήματος των Γεωδαιτικών – Τοπογραφικών Εφαρμογών, έγινε η εφαρμογή της μεθόδου της ειδικής τριγωνομετρικής υψομετρίας. Με την μέθοδο της ειδικής τριγωνομετρικής υψομετρίας έγινε ο προσδιορισμός των υψομέτρων 4 σημείων στο εσωτερικού του κεντρικού κτιρίου του ΤΕΙ Αθήνας (στον πρώτο όροφο). Το σημείο αναφοράς το οποίο χρησιμοποιήθηκε είναι το REPPER 1 και βρίσκεται στον χώρο του ΤΕΙ Αθήνας.



Στις παραπάνω εικόνες απεικονίζεται η θέση και η μορφή του REPPER που χρησιμοποιήθηκε ως αφετηρία. Το υψόμετρο της αφετηρίας ορίστηκε ως $H_{\text{repper}} = 0 \text{ m}$. Τα σημεία τα οποία αποδόθηκαν υψόμετρα είναι τα παρακάτω.

Κωδικός Σημείου	Περιγραφή
324	Είσοδος αποθήκης φύλαξης-δανεισμού τοπογραφικών οργάνων Τμήματος Τοπογραφίας
035	Είσοδος γραφείου κ.κ. Β. Παγούνη και Μ. Γιαννίου
754	Είσοδος αίθουσας διδασκαλίας εργαστηρίου Γεωδαισίας-Τοπογραφίας
041	Είσοδος αίθουσας διδασκαλίας εργαστηρίου Φωτογραμμετρίας

Τα σημεία αυτά βρίσκονται στον πρώτο όροφο του κεντρικού κτιρίου του ΤΕΙ Αθήνας. Για να αποδοθούν τα υψόμετρα σε αυτά τα σημεία πραγματοποιήθηκε μία χωροσταθμική όδευση από το σταθερό σημείο ως και τα σημεία που θα αποδόθηκαν τα υψόμετρα.

Η όδευση η οποία πραγματοποιήθηκε απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 6: Χωροσταθμική όδευση

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την διαδικασία των μετρήσεων είναι ο εξής:

- Γεωδαιτικός σταθμός
- 2 τρίποδες
- 1 τρικόχλιο
- 1 πρίσμα
- 1 σταδία

Τα σημεία βρίσκονται που αποδόθηκαν βρίσκονται μέσα στον διάδρομο όπου είναι οι αίθουσες γεωδαισίας – τοπογραφίας η αίθουσα φωτογραμμετρίας κτλ. Στις εικόνες της επόμενης σελίδας απεικονίζονται με άσπρο βέλος τα σημεία που αποδόθηκαν τα υψόμετρα.



Εικόνα 7: Διάδρομος ΤΕΙ Αθήνας



Εικόνα 8: Είσοδος στην αίθουσα Γεωδαισίας - Τοπογραφίας



Εικόνα 9: Είσοδος αίθουσας Φωτογραμμετρίας

Η διαδικασία των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε σε 2 τηλεσκοπίου και σε μία περίοδο. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται αναλυτικά οι μετρήσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν.

Ανάγνωση Όπισθεν			ΕΤΥ	Ανάγνωση Έμπροσθεν		
1η Θέση	2η Θέση	Μ.Ο		1η Θέση	2η Θέση	Μέσος Όρος
0,743	0,743	0,743	
Ζενίθιες Γωνίες				Μήκη		
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μέση Τιμή	Μήκος	ΔΗ
1	2	100,733	299,269	100,501	62,113	-0,489
2	1	99,271	300,736	99,504	62,111	0,484
2	3	100,584	299,417	100,501	45,700	-0,360
3	2	99,416	300,587	99,502	45,700	0,357
3	4	99,240	300,765	99,503	80,673	0,630
4	3	100,766	299,238	100,502	80,673	-0,636
4	5	92,248	307,744	92,496	32,787	3,856
5	4	107,768	292,228	107,498	32,787	-3,852
5	6	100,198	299,803	100,501	59,813	-0,470
6	5	99,844	300,156	99,500	59,812	0,470

Στον παραπάνω πίνακα απεικονίζονται οι μετρήσεις γωνιών οι οποίες πραγματοποιήθηκαν και στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται οι έμπροσθεν σκοπεύσεις πάνω στην σταδία για το κάθε σημείο.

ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ	Ανάγνωση Έμπροσθεν		
	1η Θέση	2η Θέση	Μέσος Όρος
324	1,596	1,597	1,597
035	1,599	1,605	1,602
754	1,62	1,623	1,622
041	1,617	1,622	1,620

Έτσι χρησιμοποιώντας τον παρακάτω τύπο

$$\Delta H_{R1R2} = (O - E) + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{Ti(Ti+1)} - \Delta H_{T(i+1)Ti}}{2}$$

Για τις παραπάνω μετρήσεις θα έχουμε τα εξής αποτελέσματα όπως αυτά φαίνονται στην επόμενη σελίδα

Έτσι λοιπόν για το πρώτο σημείο με κωδικό 324 θα έχουμε το παρακάτω:

$$\Delta H_{R1,324} = (0.743 - 1.597) + \frac{(-0,489) - 0,484 + (-0,360) - 0,357 + 0,630 - (-0,636) + 3,856 - (-3,852) + (-0,470) - 0,470}{2} =$$

$$\text{Έτσι λοιπόν ότι: } \Delta H_{R1,324} = 2.319 \text{ m}$$

Αντίστοιχα συνεχίζουμε υπολογίζοντας τις υπόλοιπες υψομετρικές διαφορές.

Κωδικός Σημείος 035:

$$\Delta H_{R1,035} = (0.743 - 1.602) + \frac{(-0,489) - 0,484 + (-0,360) - 0,357 + 0,630 - (-0,636) + 3,856 - (-3,852) + (-0,470) - 0,470}{2} =$$

$$\text{Έχουμε λοιπόν ότι: } \Delta H_{R1,035} = 2.313 \text{ m}$$

Κωδικός Σημείος 754:

$$\Delta H_{R1,754} = (0.743 - 1.622) + \frac{(-0,489) - 0,484 + (-0,360) - 0,357 + 0,630 - (-0,636) + 3,856 - (-3,852) + (-0,470) - 0,470}{2} =$$

$$\text{Έχουμε λοιπόν ότι: } \Delta H_{R1,754} = 2.294 \text{ m}$$

Κωδικός Σημείος 041:

$$\Delta H_{R1,041} = (0.743 - 1.620) + \frac{(-0,489) - 0,484 + (-0,360) - 0,357 + 0,630 - (-0,636) + 3,856 - (-3,852) + (-0,470) - 0,470}{2} =$$

$$\text{Έχουμε λοιπόν ότι: } \Delta H_{R1,041} = 2.296 \text{ m}$$

Έχοντας λοιπόν υπολογίσει τις υψομετρικές διαφορές, μπορούμε να υπολογίσουμε τα τελικά υψόμετρα των σημείων.

Κωδικός Σημείος 324

$$\Delta H_{R1324} = H_{324} - H_{R1}$$

$$H_{324} = \Delta H_{R1324} + H_{R1}$$

Συνεπώς

έτσι

ότι:

$$H_{324} = 2.319 + 100$$

$$\text{Άρα } H_{324} = 102.319$$

Κωδικός Σημείος 035

$$\Delta H_{R1035} = H_{035} - H_{R1}$$

$$H_{035} = \Delta H_{R1035} + H_{R1}$$

Συνεπώς

έτοσμε

ότι:

$$H_{035} = 2.313 + 100$$

Άρα $H_{035} = 102.313$

Κωδικός Σημείος 754

$$\Delta H_{R1754} = H_{754} - H_{R1}$$

$$H_{754} = \Delta H_{R1754} + H_{R1}$$

Συνεπώς

έτοσμε

ότι:

$$H_{754} = 2.294 + 100$$

Άρα $H_{754} = 102.294$

Κωδικός Σημείος 041

$$\Delta H_{R1041} = H_{041} - H_{R1}$$

$$H_{041} = \Delta H_{R1041} + H_{R1}$$

Συνεπώς

έτοσμε

ότι:

$$H_{041} = 2.296 + 100$$

Άρα $H_{041} = 102.296$

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται τα τελικά αποτελέσματα.

ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΗΜΕΙΟΥ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)
324	102,319
035	102,313
754	102,294
041	102,296

IV. Συμπεράσματα

Η μέθοδος της ειδικής τριγωνομετρικής υψομετρίας είναι μία γρήγορη μέθοδος απόδοσης υψομέτρων σε διάφορα σημεία με αρκετά καλή ακρίβεια. Η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά κύριο λόγο σε εφαρμογές που έχουν να κάνουν με κλειστούς χώρους όπου υπάρχουν μεγάλες κλίσεις και θέλουμε να αποδοθούν υψόμετρα με αρκετά μεγάλη ακρίβεια.

V. Βιβλιογραφία

Αποτυπώσεις – Χαράξεις, Υψομετρία – Χωροστάθμηση, Βασίλης Δ. Ανδριτσάνος

4η Παρουσίαση, Βασίλης Δ. Ανδριτσάνος

achilleas_matsakas_exercise_5

<http://www.ktimatologio.gr/ktima/>

<http://www.bing.com/maps/>

<http://www.ipet.gr>