



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΤΟΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΟ ΣΤΑΘΜΟ ΒΑΣΙΛΙΚΟΥ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΘΕΟΦΑΝΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΥ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ
ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΝΤΑΖΗΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2016



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

**ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ
ΣΤΟΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΟ ΣΤΑΘΜΟ
ΒΑΣΙΛΙΚΟΥ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΘΕΟΦΑΝΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΥ**

Επιβλέπων : Γεώργιος Πανταζής
Αναπλ. Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή:

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

.....

.....

.....

Γεώργιος Πανταζής
Αναπλ. Καθηγητής ΕΜΠ

Ευαγγελία Λάμπρου
Αναπλ. Καθηγήτρια ΕΜΠ

Μαρία Τσακίρη
Αναπλ. Καθηγήτρια ΕΜΠ

Αθήνα, Μάρτιος 2016

(Υπογραφή)

.....

ΘΕΟΦΑΝΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΥ

Διπλωματούχος Αγρονόμος και Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Copyright ©, Θεοφάνης Νικολάου, 2016.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και η διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσεως, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν στη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σ' αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θερμές ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω :

Στον **κ. Γεώργιο Πανταζή**, αναπληρωτή καθηγητή της ΣΑΤΜ του ΕΜΠ επιβλέποντα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, τόσο για την αέναη καθοδήγηση, τις χρήσιμες συμβουλές, τις πολύτιμες γνώσεις όσο και για την ευκαιρία να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο αντικείμενο.

Στην **κ. Ευαγγελία Λάμπρου**, αναπληρώτρια καθηγήτρια της ΣΑΤΜ του ΕΜΠ, για τη πολύτιμη βοήθεια που πρόσφερε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας μελέτης.

Στον **κ. Χρύσανθο Χατζημάρκο**, αναπληρωτή διευθυντή του Ηλεκτροπαραγωγού Σταθμού Βασιλικού, για την έγκριση όλων των σχετικών εγγράφων για τη διεκπεραίωση όλων των μετρήσεων εντός του σταθμού.

Στον **κ. Γεώργιο Σταύρου**, Ανώτερο Τεχνικό Μηχανικό της Αρχής Ηλεκτρισμού Κύπρου, ο οποίος με συνεχή υποστήριξη και ενδιαφέρον στήριζε με κάθε δυνατό μέσο τη συλλογή των δεδομένων.

Στον **κ. Παναγιώτη Ματσούκα**, Τεχνικό Έργων της Αρχής Ηλεκτρισμού Κύπρου, για τη βοήθεια στη λήψη μετρήσεων πεδίου.

Στους γονείς μου **Αντώνιο** και **Θεοδώρα**, οι οποίοι υπήρξαν αρωγοί σε κάθε βήμα της ζωής μου με κάθε δυνατό τρόπο, κυρίως όμως στον πατέρα μου ο οποίος αποτέλεσε τον σημαντικότερο βοηθό στις μετρήσεις πεδίου.

Στον αδερφό μου **Μάριο Νικολάου**, ο οποίος βοήθησε στη συλλογή μετρήσεων πεδίου.

Στον φίλο μου **Αντώνιο Σάββα**, υποψήφιο διδάκτορα της ΣΗΜΜΥ του ΕΜΠ, για τη βοήθεια στη συγγραφή του κώδικα σε προγραμματιστικό περιβάλλον.

Στον φίλο μου **Ευάγγελο Παλάτο**, απόφοιτο του ΚΑΡ, για τις εύστοχες παρατηρήσεις στη γλωσσική επιμέλεια του κειμένου.

Στον ξάδελφο μου **Διονύσιο Δικέφαλο**, διπλωματούχο αρχιτέκτονα μηχανικό του ΑΠΘ, για τη βοήθεια στη συγγραφή της αγγλικής περίληψης και στη διαμόρφωση της εικόνας του εξωφύλλου.

Στον φίλο μου **Απόστολο Παλάτο**, διπλωματούχο αγρονόμο τοπογράφο μηχανικό του ΕΜΠ, για τη βοήθεια στη γλωσσική επιμέλεια του κειμένου.

Σε οποιονδήποτε βοήθησε στην εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στη σύγχρονη εποχή, οι εφαρμογές της τεχνολογίας η οποία εξελίσσεται με ιλιγγιώδεις ρυθμούς είναι ασύλληπτες. Συγκεκριμένα, η εφαρμογή της τεχνολογίας στον κλάδο της γεωδαισίας αποτελεί μια αέναη πηγή εξέλιξης.

Τόσο η ανάπτυξη των συστημάτων μέτρησης όσο και η αναβάθμιση της τεχνογνωσίας του ανθρώπινου δυναμικού, συμβάλουν στη βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων τοπογραφικών προϊόντων.

Στη σύγχρονη βιομηχανία οι απαιτήσεις των προδιαγραφών ακρίβειας στις κατασκευές συνεχώς αυξάνονται, αφού υπάρχει η δυνατότητα ανταπόκρισης τόσο από τα συστήματα όσο και από το ανθρώπινο δυναμικό.

Ειδικότερα σ' έναν σύγχρονο σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας οι απαιτήσεις στη γνώση των συντεταγμένων στον χώρο των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνονται, αφού είναι αναγκαίες τόσο για την εύρυθμη λειτουργία του σταθμού όσο και για τη μέγιστη απόδοση των μονάδων.

Οι σύγχρονες μέθοδοι και ο σύγχρονος γεωδαιτικός εξοπλισμός με τα οποία επιτυγχάνεται ικανοποιητική ακρίβεια στον υπολογισμό των συντεταγμένων των κορυφών ενός γεωδαιτικού δικτύου είναι το αντικείμενο της παρούσας μελέτης.

Η ανάπτυξη των σύγχρονων μεθοδολογιών προσδιορισμού συντεταγμένων με ακρίβεια οφείλεται στη χρήση προηγμένων συστημάτων μέτρησης γεωδαιτικών δεδομένων, όπως ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί με δυνατότητα μέτρησης μήκους χωρίς ανακλαστήρα και ψηφιακοί χωροβάτες.

Συγκεκριμένα, το πεδίο της Τεχνικής Γεωδαισίας που περιλαμβάνει τις προαναφερθείσες εφαρμογές αποτελεί ένα από τα βασικότερα, αξιόλογα και ενδιαφέροντα πεδία της Γεωδαισίας.

Στο αντικείμενο της Τεχνικής Γεωδαισίας ανήκουν εφαρμογές όπως Γεωδαιτικά Δίκτυα Τριδιάστατου Ελέγχου για την παρακολούθηση μετακινήσεων μεγάλων τεχνικών έργων και του στερεού φλοιού της γης, χάραξη αθλητικών εγκαταστάσεων και μεθοδολογίες μέτρησης επιδόσεων σε αγωνίσματα αλμάτων και ρίψεων, υπόγεια έργα, σήραγγες, τρόποι διάνοιξης και επιπτώσεις, μέθοδοι βιομηχανικής γεωδαισίας και η εφαρμογή τους στη μελέτη της αξιοπιστίας της κατασκευής και της καλής λειτουργίας μηχανολογικών εγκαταστάσεων και κατασκευών,

καθώς και αποτυπώσεις σε μεγάλες κλίμακες διαφόρων κατασκευών [Γεωργόπουλος Γ. κ.α. 2005].

Η παρακολούθηση μετακινήσεων αποτελεί “αιχμή του δόρατος”. Αποδεικνύει τις δυνατότητες για εντοπισμό μετακινήσεων ή παραμορφώσεων της τάξης των λίγων χιλιοστών σε οποιαδήποτε κατασκευή φυσική ή τεχνητή μικρής, μεσαίας ή μεγάλης κλίμακας.

Επομένως, υπάρχει δυνατότητα αναφοράς σε γεωδαιτικά δίκτυα παρακολούθησης μετακινήσεων τεσσάρων διαστάσεων όπου συμπεριλαμβάνονται ο τριδιάστατος χώρος και ο χρόνος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	iii
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	v
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	vii
ΕΙΚΟΝΕΣ	ix
ΠΙΝΑΚΕΣ	ix
ΣΧΗΜΑΤΑ	x
ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	xiii
ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ	xv
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	xix
ABSTRACT	xxiii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	xxiii

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΣΤΟΝ

ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΟ ΣΤΑΘΜΟ ΒΑΣΙΛΙΚΟΥ.....3

1.1. Γενικά.....	3
1.2. Γεωδαιτικά Δίκτυα του ΗΣ Βασιλικού.....	6
1.3. Αντικείμενο διπλωματικής εργασίας.....	11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ13

2.1. Γενικά.....	13
2.2. Γεωμετρική Χωροστάθμηση (ΓΧ)	14
2.3. Τριγωνομετρική Ύψομετρία Ακριβείας (ΤΡΥΑ).....	17
2.4. Επιλογή οργάνων	24
2.5. Βελτιστοποίηση δικτύου.....	25
2.6. Μετρήσεις στοιχείων δικτύου κατακορύφου ελέγχου	31
2.7. Κλείσιμο τριγώνων	35
2.8. Συνόρθωση δικτύου	38

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΡΙΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ41

3.1. Γενικά.....	41
3.2. Μετρήσεις στοιχείων δικτύου τριδιάστατου ελέγχου	41
3.2.1. Μέτρηση ύψους οργάνου και στόχου	47
3.3. Επεξεργασία μετρήσεων.....	49
3.4. Συνόρθωση δικτύου	52
3.5. Ελλείψεις σφάλματος.....	55

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	
ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ	63
4.1. Γενικά.....	63
4.2. Απόλυτες Μετακινήσεις	64
4.2.1. Κατά την οριζόντια έννοια	64
4.2.2. Κατά την κατακόρυφη έννοια	65
4.2.3. Αποτελέσματα	65
4.3. Σχετικές Μετακινήσεις	69
4.3.1. Κατά την οριζόντια έννοια	69
4.3.2. Κατά την κατακόρυφη έννοια	69
4.3.3. Αποτελέσματα	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	75
5.1. Συμπεράσματα	75
5.2. Προτάσεις	80
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	81
ΙΣΤΟΓΡΑΦΙΑ	83
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	
ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ	85
I. Μετρήσεις ΤΡΥΑ	86
II. Μετρήσεις ΓΧ.....	103
III. Δοκιμαστικές Μετρήσεις ΤΡΥΑ	111
IV. Δοκιμαστικές Μετρήσεις ΓΧ.....	126
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	
ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΡΙΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ	127
I. Μετρήσεις υψών οργάνου και στόχων	128
II. Έντυπα μετρήσεων γωνιών και μηκών	135
III. Αποτελέσματα επίλυσης ΓΔΤΕ για εε 95 %	144
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	
ΚΩΔΙΚΕΣ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΜΑΤLAB	153
I. Κώδικας επίλυσης Γεωδαιτικού Δικτύου Κατακορύφου Ελέγχου .	154
II. Κώδικας ελέγχου απόλυτων μετακινήσεων οριζοντιογραφικά και υψομετρικά για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.....	166

EΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1.1 : Θέση ΗΣ Βασιλικού [5]	3
Εικόνα 1.2 : Η πρώτη φάση λειτουργίας του ΗΣ Βασιλικού [7]	4
Εικόνα 1.3 : Δορυφορική εικόνα ΗΣ Βασιλικού [5]	6
Εικόνα 1.4 : Τριδιάστατο δίκτυο ΗΣ Βασιλικού [5]	7
Εικόνα 1.5 : Κορυφές 6-P, 1-S και 9-K.....	8
Εικόνα 1.6 : Μπουλόνια κορυφών 1-S και 2-P	10
Εικόνα 2.1 : ΟΓΣ TC(R)1202+ της Leica	24
Εικόνα 2.2 : Ψηφιακός χωροβάτης DNA 10 της Leica.....	24
Εικόνα 2.3 : Ειδικό παρελκόμενο για σκόπευση σε Rèpère	33
Εικόνα 3.1 : Κορυφές 1-S, 3-T και 2-P	46
Εικόνα 3.2 : Σημείο μέτρησης ύψους οργάνου	47

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1.1 : Στοιχεία μονάδων σταθμού.....	5
Πίνακας 1.2 : Οπτική επαφή μεταξύ των κορυφών του ΓΔΤΕ.....	9
Πίνακας 2.1 : Χαρακτηριστικά οργάνων μέτρησης υψομετρικού δικτύου [6].....	25
Πίνακας 2.2 : Αριθμός στάσεων και a priori σφάλμα ΤΡΥΑ.....	28
Πίνακας 2.3 : Τελικές υψομετρικές διαφορές και αβεβαιότητες για εε 95%	38
Πίνακας 2.4 : Υψόμετρα και αβεβαιότητες ΓΔΚΕ.....	39
Πίνακας 2.5 : Σάρωση δεδομένων κατά Baarda για εε 95%.....	39
Πίνακας 3.1 : Πίνακας οριζόντιων γωνιών ΓΔΤΕ.....	44
Πίνακας 3.2 : Πίνακας κατακόρυφων γωνιών ΓΔΤΕ.....	44
Πίνακας 3.3 : Πίνακας μηκών ΓΔΤΕ.....	44
Πίνακας 3.4 : Ψηφιακός χωροβάτης SPRINTER 150M της Leica [6] ...	49
Πίνακας 3.5 : Κλεισίματα βρόγχων ΓΔΤΕ για εε 95%	51
Πίνακας 3.6 : Συντεταγμένες και αβεβαιότητες ΓΔΤΕ για εε 95%	55
Πίνακας 3.7 : Στοιχεία απόλυτων ελλείψεων σφάλματος ΓΔΤΕ για εε 95%	57
Πίνακας 3.8 : Στοιχεία σχετικών ελλείψεων σφάλματος ΓΔΤΕ για εε 95%	60
Πίνακας 4.1 : Συντελεστές z και λ για εε 95 και 99 %.....	63
Πίνακας 4.2 : Αποτελέσματα τριδιάστατης επίλυσης 2012 για εε 95% ..	64
Πίνακας 4.3 : Στοιχεία απόλυτων μετακινήσεων ΓΔΤΕ για εε 95%	65
Πίνακας 4.4 : Στοιχεία σχετικών μετακινήσεων ΓΔΤΕ για εε 95%.....	71
Πίνακας Γ.1 : Μήκη ΓΔΤΕ.....	144

Πίνακας Γ.2 : Οριζόντιες γωνίες ΓΔΤΕ.....	145
Πίνακας Γ.3 : Ζενίθιες γωνίες ΓΔΤΕ.....	146
Πίνακας Γ.4 : Προσωρινές συντεταγμένες τριδιάστατου δικτύου.....	146
Πίνακας Γ.5 : Πίνακας τελικών συντεταγμένων με τις διορθώσεις των προσωρινών συντεταγμένων του ΓΔΤΕ.....	147
Πίνακας Γ.6 : Στοιχεία απόλυτων ελλείψεων σφάλματος ΓΔΤΕ για εε 95%	147
Πίνακας Γ.7 : Στοιχεία σχετικών ελλείψεων σφάλματος ΓΔΤΕ για εε 95%	148
Πίνακας Γ.8 : Ισχύς του ΓΔΤΕ σε ppm	148
Πίνακας Γ.9 : Σάρωση δεδομένων κατά Baarda ΓΔΤΕ για εε 95%.....	149
Πίνακας Γ.10 : a posteriori πίνακας μεταβλητότητας - συμμεταβλητότητας ΓΔΤΕ (Στήλες:1-12)	150
Πίνακας Γ.11 : a posteriori πίνακας μεταβλητότητας - συμμεταβλητότητας ΓΔΤΕ (Στήλες:13-23)	151

ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 2.1 : Σχήμα μοναδιαίας ΓΧ [Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., 2013]....	15
Σχήμα 2.2 : Σχήμα χωροσταθμικής όδευσης [Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., 2013].....	15
Σχήμα 2.3 : Σχηματική παράσταση της ΤΡΥΑ με μία στάση οργάνου ...	18
Σχήμα 2.4 : Σχηματική παράσταση της ΤΡΥΑ με δύο ενδιάμεσες στάσεις.....	20
Σχήμα 2.5 : Σχηματική παράσταση της ΤΡΥΑ με περισσότερες από δύο στάσεις.....	21
Σχήμα 2.6 : Σκόπευση προς την υψομετρική αφετηρία	22
Σχήμα 2.7 : Διάγραμμα βελτιστοποίησης.....	29
Σχήμα 2.8 : Μορφή δικτύου από βελτιστοποίηση	30
Σχήμα 2.9 : Μορφή ΓΔΚΕ με μετρήσεις ΤΡΥΑ και ΓΧ.....	31
Σχήμα 2.10 : Τελική μορφή δικτύου	32
Σχήμα 2.11 : Απεικόνιση εργατοωρών πεδίου ΓΔΚΕ.....	34
Σχήμα 2.12 : Κλείσιμο μοναδιαίων τριγώνων υψομετρικού δικτύου	37
Σχήμα 3.1 : Στατιστικά εργατοωρών πεδίου ΓΔΤΕ	42
Σχήμα 3.2 : Εργατοώρες ανά κορυφή ΓΔΤΕ.....	43
Σχήμα 3.2 : Μορφή ΓΔΤΕ	45
Σχήμα 3.3 : Ακριβής προσδιορισμός του ύψους οργάνου - στόχου [Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ. 2013].....	49
Σχήμα 3.4 : Γεωμετρική αναγωγή του μήκους στα προσημασμένα σημεία του δικτύου [Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ. 2013]	50
Σχήμα 3.5 : Τυπική έλλειψη σφάλματος	56

Σχήμα 3.6 : Απόλυτες ελλείψεις σφάλματος ΓΔΤΕ για εε 95%	58
Σχήμα 3.7 : Αβεβαιότητα υψομέτρων ΓΔΤΕ για εε 95%.....	59
Σχήμα 3.8 : Σχετικές ελλείψεις σφάλματος ΓΔΤΕ για εε 95%	61
Σχήμα 3.9 : Αβεβαιότητες σχετικών υψομέτρων ΓΔΤΕ για εε 95%.....	62
Σχήμα 4.1 : Απόλυτες οριζοντιογραφικές μετακινήσεις ΓΔΤΕ για εε 95%	67
Σχήμα 4.2 : Απόλυτες υψομετρικές μετακινήσεις ΓΔΤΕ	68
Σχήμα 4.3 : Σχετικές οριζοντιογραφικές μετακινήσεις ΓΔΤΕ για εε 95%	72
Σχήμα 4.4 : Σχετικές υψομετρικές μετακινήσεις ΓΔΤΕ για εε 95%	73
Σχήμα 5.1 : Απεικόνιση εργατωρών εκπόνησης παρούσας εργασίας....	79

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

ΑΗΚ	Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου
ΑΜ	Ατμοηλεκτρική Μονάδα
ΑΠΘ	Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
ΓΔΚΕ	Γεωδαιτικό Δίκτυο Κατακορύφου Ελέγχου
ΓΔΟΕ	Γεωδαιτικό Δίκτυο Οριζοντίου Ελέγχου
ΓΔΤΕ	Γεωδαιτικό Δίκτυο Τριδιάστατου Ελέγχου
ΓΧ	Γεωμετρική Χωροστάθμηση
ΔΣΜ	Διαχειριστής Συστήματος Μεταφοράς
εε	Επίπεδο εμπιστοσύνης
ΕΓΓ	Εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας
ΕΜΠ	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
ΚΑΡ	Κέντρο Αθλητικού Ρεπορτάζ
Κλ.	Κλείσιμο βρόγχου
ΜΑΑΚ	Μονάδα Αεριοστροβίλων Ανοικτού Κύκλου
ΜΑΣΚ	Μονάδα Αεριοστροβίλων Συνδυασμένου Κύκλου
ΜΑΦΑ	Μονάδας Αποϋδροποίησης Φυσικού Αερίου
ΜΕΠ	Μέθοδος των Εμμέσων Παρατηρήσεων
ΜΜΣ	Μέθοδος Μεταβολής των Συντεταγμένων
ΜΣΘ	Μέση Στάθμη Θάλασσας
ΝΜΣ	Νόμος Μετάδοσης Σφαλμάτων
ΗΣ	Ηλεκτροπαραγωγός Σταθμός
ΟΒ	Οριζοντιογραφικός Βρόγχος
ΟΓΣ	Ολοκληρωμένος Γεωδαιτικός Σταθμός
ΟΜ	Οριζόντια Μετακίνηση
ΠΟΜΗΓΕ	Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής
ΣΑΤΜ	Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών

ΤΕΠΑΚ	Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου
ΤΡΥΑ	Τριγωνομετρική Υψομετρία Ακριβείας
ΤΤ	Τομέας Τοπογραφίας
ΣΗΜΜΥ	Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
ΥΒ	Υψομετρικός βρόγχος
ΥΜ	Υψομετρική Μετακίνηση
ΦΓΕ	Φυσική Γήινη Επιφάνεια
ΨΓΧ	Ψηφιακή Γεωμετρική Χωροστάθμηση
ΑΤΗ	Accurate Trigonometric Heighting
CCGT	Combined Cycle Gas Turbine
DGL	Digital Geometric Leveling
GIS	Geographic Information System
GNSS	Global Navigation Satellite System
ISBN	International Standard Book Number
MW	Mega Watt (10^6 Watt)
MWh	Mega Watt hour
OCGT	Open Cycle Gas Turbine
ppm	Parts per million
RL	Reflector Less
VCM	Variation of Coordinates Method
VGCN	Vertical Geodetic Control Network
TDGCN	Three Dimensional Geodetic Control Network

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

A	Πίνακας σχεδιασμού συνόρθωσης ή πίνακας συντελεστών των αγνώστων
α_{ij}	Γωνία διεύθυνσης
α_{\max}	Γωνία μεγάλου ημιάξονα της έλλειψης σφάλματος από τον άξονα των τεταγμένων (y) - (clockwise)
β	Οριζόντια γωνία
ΔH	Ορθομετρική υψομετρική διαφορά
δx	Διάνυσμα μεταβολής αγνώστων
δl	Διάνυσμα συστηματικών σφαλμάτων μετρήσεων
δr_i	Διάνυσμα απόλυτης οριζοντιογραφικής μετακίνησης κορυφής i
δH_i	Διάνυσμα απόλυτης κατακόρυφης μετακίνησης κορυφής i
ΔR_{ij}	Διάνυσμα σχετικής οριζοντιογραφικής μετακίνησης κορυφών i και j
ΔRH_{ij}	Διάνυσμα σχετικής κατακόρυφης μετακίνησης κορυφών i και j
θ_{\max}	Γωνία μεγάλου ημιάξονα της έλλειψης σφάλματος από τον άξονα των τεταγμένων (x) - (anti-clockwise)
κ	Συντελεστής γεωδαιτικής διάθλασης
μ_i	Ακριβής τιμή μεγέθους i
σ	Τυπική απόκλιση (Σφάλμα)
σ_0	a priori τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους
$\hat{\sigma}_0$	a posteriori τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους
σ_a	Τυπικό σφάλμα ανάγνωσης χωροβάτη
$\sigma_{\alpha_{ij}}$	Τυπικό σφάλμα γωνίας διεύθυνσης
σ_D	Τυπικό σφάλμα μετρούμενου μήκους
σ_l	Τυπικό σφάλμα μέτρησης l

σ_s	Τυπικό σφάλμα μετρούμενης απόστασης
σ_z	Τυπικό σφάλμα μετρούμενης ζενίθιας γωνίας
σ_β	Τυπικό σφάλμα οριζόντιας γωνίας
$\sigma_{\Delta H}$	Τυπικό σφάλμα προσδιοριζόμενης ορθομετρικής υψομετρικής διαφοράς
$\sigma_{\delta Hi}$	Τυπικό σφάλμα κατακόρυφης μετακίνησης κορυφής i
$\sigma_{\Delta RHij}$	Τυπικό σφάλμα σχετικής κατακόρυφης μετακίνησης κορυφών i και j
σ_H	Τυπικό σφάλμα ορθομετρικού υψομέτρου
σ_κ	Τυπικό σφάλμα κλεισίματος βρόγχων
σ_u	Μεγάλος ημιάξονας έλλειψης σφάλματος
σ_v	Μικρός ημιάξονας έλλειψης σφάλματος
σ_x, σ_y	Τυπικό σφάλμα καρτεσιανών συντεταγμένων της προβολής σε επίπεδο (είτε του κρατικού συστήματος αναφοράς, είτε ενός αυθαίρετου τοπικού συστήματος συντεταγμένων)
$\sigma_{\hat{x}_i}$	Τυπικό σφάλμα καλλίτερης τιμής
σ_{v_i}	Τυπικό σφάλμα υπολοίπου ή φαινομένου σφάλματος μέτρησης i
ρ^{cc}	Συντελεστής μετατροπής cc σε ακτίνια ($2000000/\pi$)
v_i	Πιθανό ή φαινόμενο σφάλμα της μέτρησης i (υπόλοιπο)
Y_O	Ύψος οργάνου
Y_S	Ύψος σκόπευσης (ύψος στόχου)
Φ	Γωνία διανύσματος απόλυτης μετακίνησης η οποία μετράται αριστερόστροφα από τον μεγάλο ημιάξονα της έλλειψης (anti-clockwise)
e_{ij}	Σφάλμα δείκτη ζενίθιας γωνίας από το σημείο i προς το σημείο j
D	Μετρούμενο κεκλιμένο μήκος στη ΦΓΕ
H	Ορθομετρικό υψόμετρο
H_0	Προσωρινό ορθομετρικό υψόμετρο

J_{yx}^0	Ιακωβιανός πίνακας του διανύσματος y ως προς x στην θέση x_0
l	Πίνακας μετρήσεων
l_0	Πίνακας μετρήσεων ο οποίος προκύπτει από τις προσωρινές συντεταγμένες
l_i	Μέτρηση μεγέθους i
m	Άγνωστες καθοριστικές παράμετροι
n	Αριθμός μετρήσεων
p	Επίπεδο εμπιστοσύνης
P	Πίνακας βαρών
P_i	Βάρος μέτρησης i
r	Βαθμός ελευθερίας
R	Μέση ακτίνα καμπυλότητας της γης (6371 Km)
S	Απόσταση (Οριζόντια απόσταση)
$V_{\delta x}$	Πίνακας μεταβλητότητας - συμμεταβλητότητας διανύσματος μετακίνησης
V_l	a priori πίνακας μεταβλητότητας - συμμεταβλητότητας μετρήσεων
\hat{V}_l	a posteriori πίνακας μεταβλητότητας - συμμεταβλητότητας μετρήσεων
$V_{\hat{x}}$	a priori πίνακας μεταβλητότητας συμμεταβλητότητας καλλίτερων τιμών των αγνώστων
$\hat{V}_{\hat{x}}$	a posteriori πίνακας μεταβλητότητας συμμεταβλητότητας καλλίτερων τιμών των αγνώστων
V_v	Πίνακας μεταβλητότητας - συμμεταβλητότητας υπολοίπων ή φαινομένων σφαλμάτων
W	Γωνία διεύθυνσης διανύσματος απόλυτης ή σχετικής μετακίνησης
x,y	Καρτεσιανές συντεταγμένες στην προβολή σε επίπεδο (είτε του κρατικού συστήματος αναφοράς, είτε ενός αυθαίρετου τοπικού συστήματος συντεταγμένων)

x_0, y_0	Προσωρινές καρτεσιανές συντεταγμένες στην προβολή σε επίπεδο (είτε του κρατικού συστήματος αναφοράς, είτε ενός αυθαίρετου τοπικού συστήματος συντεταγμένων)
\hat{x}	Διάνυσμα καλλίτερων τιμών των αγνώστων
\hat{x}_i	Συνορθωμένη ή καλλίτερη τιμή μεγέθους i
z	Ζενίθια απόσταση (ζενίθια γωνία)
z_p	Συντελεστής κανονικής κατανομής για εε p
1D	Αναφορά στη μια διάσταση - κατά την κατακόρυφη έννοια
2D	Αναφορά στις δύο διαστάσεις - κατά την οριζόντια έννοια
3D	Αναφορά στις τρεις διαστάσεις - κατά την τριδιάστατη έννοια

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η μέτρηση του Γεωδαιτικού Δικτύου Κατακορύφου Ελέγχου, η επαναμέτρηση του Γεωδαιτικού Δικτύου Τριδιάστατου Ελέγχου και ο έλεγχος μετακινήσεων στην περιοχή του Ηλεκτροπαραγωγού Σταθμού Βασιλικού στην Κύπρο.

Στο **Κεφάλαιο 1** παρουσιάζεται ο Ηλεκτροπαραγωγός Σταθμός Βασιλικού με μια γενική περιγραφή τοποθεσίας, έκτασης και χρονολογίας έναρξης εργασιών κατασκευής.

Στη συνέχεια γίνεται μια εκτενέστερη περιγραφή των φάσεων κατασκευής των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος και του τρόπου λειτουργίας τους.

Περιγράφεται η σημερινή κατάσταση του σταθμού, οι μονάδες από τις οποίες αποτελείται, τα χαρακτηριστικά τους, οι δυνατότητες και οι μελλοντικές εξελίξεις που σχεδιάζονται να γίνουν.

Γίνεται εισαγωγή στα γεωδαιτικά δίκτυα κατακορύφου και τριδιάστατου ελέγχου τα οποία έχουν εγκατασταθεί στον σταθμό. Δίνονται πληροφορίες για την ημερομηνία και τους λόγους κατασκευής.

Στο τέλος του πρώτου κεφαλαίου περιγράφεται αναλυτικά το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Στο **Κεφάλαιο 2** περιγράφονται οι διάφορες μέθοδοι προσδιορισμού ορθομετρικών υψομετρικών διαφορών και πώς η επιλογή της Τριγωνομετρικής Υψομετρίας Ακρίβειας (ΤΡΥΑ) επηρεάζει την προανάλυση της ακρίβειας.

Ακολουθούν οι μετρήσεις πεδίου για τη συλλογή των απαραίτητων δεδομένων (προετοιμασία, **έλεγχοι οργάνων**, μέθοδοι που εφαρμόστηκαν, δυσκολίες και τεχνικές αντιμετώπισης, επεξεργασία-έλεγχος μετρήσεων και στατιστικά στοιχεία).

Γίνεται η εξαγωγή των τελικών υψομετρικών διαφορών, υπολογίζονται τα κλεισίματα των μοναδιαίων τριγώνων τα οποία αποτελούν ένα δείκτη αξιοπιστίας των μετρήσεων (επανάληψη μέτρησης ή θεώρηση κάποιας μέτρησης ως δοκιμαστικής) και μια a priori εκτίμηση της αβεβαιότητας του δικτύου.

Στο τέλος του δευτέρου κεφαλαίου γίνεται η συνόρθωση του δικτύου με τη μέθοδο των εμμέσων παρατηρήσεων με τις ελάχιστες εξωτερικές

δεσμεύσεις, τον ολικό έλεγχο αξιοπιστίας test χ^2 , τη σάρωση δεδομένων κατά Baarda και τις αντίστοιχες συγκρίσεις.

Στο **Κεφάλαιο 3** γίνεται μια περιγραφή των Γεωδαιτικών Δικτύων Τριδιάστατου Ελέγχου, εστιάζοντας στο τριδιάστατο δίκτυο του σταθμού.

Στη συνέχεια περιγράφεται η προετοιμασία, η διαδικασία και ο έλεγχος των μετρήσεων.

Ακολουθεί η επεξεργασία των μετρήσεων, οι απαραίτητες αναγωγές μηκών, η συνόρθωση του δικτύου με τη μέθοδο των εμμέσων παρατηρήσεων επιβάλλοντας τις ελάχιστες εξωτερικές δεσμεύσεις, τον ολικό έλεγχο αξιοπιστίας test χ^2 και τη σάρωση δεδομένων κατά Baarda.

Τέλος, υπολογίζονται τα στοιχεία απόλυτων και σχετικών ελλείψεων σφάλματος των κορυφών του Γεωδαιτικού Δικτύου Τριδιάστατου Ελέγχου.

Στο **Κεφάλαιο 4** πραγματοποιείται έλεγχος απόλυτων και σχετικών μετακινήσεων σύμφωνα με τις ελλείψεις σφάλματος και τα διανύσματα απόλυτης και σχετικής μετακίνησης κατά την οριζόντια και κατακόρυφη έννοια.

Στο **Κεφάλαιο 5** εξάγονται τα τελικά συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας και οι προτάσεις για τα δίκτυα του σταθμού.

Το **ΓΔΚΕ** μπορεί να ανιχνεύσει **μετακινήσεις** της τάξης των $\pm 2 \text{ mm}$ και μεγαλύτερες, ακρίβεια ικανοποιητική για τον έλεγχο μετακινήσεων ή παραμορφώσεων στις μονάδες του σταθμού για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Το **ΓΔΤΕ** έχει ευαισθησία με την οποία μπορεί να ανιχνεύσει **απόλυτες μετακινήσεις** της τάξης των **4 mm οριζοντιογραφικά** και $\pm 9 \text{ mm}$ **υψομετρικά** για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Το **ΓΔΤΕ** έχει ευαισθησία με την οποία μπορεί να ανιχνεύσει **σχετικές μετακινήσεις** της τάξης των **5 mm οριζοντιογραφικά** και $\pm 9 \text{ mm}$ **υψομετρικά** για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Ο έλεγχος των μετακινήσεων έδειξε ότι υπάρχουν μετακινήσεις σ' όλες τις κορυφές οριζοντιογραφικά εκτός της κορυφής 9.

Οι **απόλυτες μετακινήσεις** είναι της τάξης των **4 mm - 11 mm οριζοντιογραφικά** για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Υψομετρικά παρουσιάζουν **καθίζηση** οι κορυφές **4 και 6** με μετακινήσεις **13 mm** και **22 mm** αντίστοιχα για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Οι σχετικές μετακινήσεις κυμαίνονται από **4 mm - 16 mm** οριζοντιογραφικά και **-13 mm - +28 mm** υψομετρικά.

ABSTRACT

3D Monitoring of the Vasilikos Power Station site in Cyprus

The object of this thesis is the measurement of the Vertical Geodetic Control Network, the remeasurement of the 3D Geodetic Control Network and the 3D monitoring at the area of the Vasilikos Power Station in Cyprus.

Chapter 1 presents the Vasilikos Power Station with a general description of the location, the site and the starting date for its construction.

Furthermore there is an extensive description of the construction phases of the power plants and of the way they work.

Following is a description of the stations' current status, its consisting units, their characteristics, capabilities and the plans for future development of the station.

Continuing, an introduction is made to the vertical and 3D geodetic control networks, that are installed in the station, with information regarding the date and reasons for their construction.

At its end, the first chapter gives an analytic description of this thesis' scope.

Chapter 2 describes the various methods applied for the determination of orthometric altitude differences and how the choice of the Accurate Trigonometric Heighting (ATH) affects the preliminary analysis accuracy.

In addition, field measurements for the collection of the necessary data (preparation, **instrument calibration**, methods applied, difficulties and response techniques, processing - checking of measurements and statistics) are presented.

Calculations are made for the final altitude differences, errors of closed triangles which are a measurement reliability indicator (measurement repetition or taking a measurement as a test) and an *a priori* estimation of network precision.

At the end of the second chapter takes place the network adjustment through the Indirect Observations Method with a minimum of external commitments, the total chi-squared test reliability check, the Baarda data snooping and corresponding comparisons.

Chapter 3 gives a description of 3D Geodetic Control Networks focusing on 3D Geodetic Control Network of the station.

Following is the description of the preparation, issuance and control of the measurements.

Then follows the processing of the measurements, the necessary length reductions, the network adjustment through the Indirect Observations Method with a minimum of external commitments, the total chi-squared test reliability check and the Baarda data snooping.

At the end of chapter 3 is the calculation and plotting of the absolute and relative standard error ellipses of the 3D Geodetic Control Network benchmarks.

Chapter 4 monitors the absolute and relative displacements according to standard error ellipses and moving displacement vectors in horizontal and vertical space.

Chapter 5 includes the final conclusions of this thesis and presents proposals for station networks.

The **Vertical Geodetic Control Network** can detect **displacements** in the order of $\pm 2 \text{ mm}$ or more, which is a satisfactory accuracy for the control of displacements or deformations at the plant units for a confidence level of 95%.

The **3D Geodetic Control Network** has a sensitivity which can **detect absolute displacements** in the order of **4 mm** on the **horizontal plane** and $\pm 9 \text{ mm}$ in **elevation** for a confidence level of 95%.

The **3D Geodetic Control Network** has a sensitivity which can **detect relative displacements** in the order of **5 mm** on the **horizontal plane** and $\pm 9 \text{ mm}$ in **elevation** for a confidence level of 95%.

The displacement control showed that there are displacements on the horizontal plane for all benchmarks except for benchmark 9.

The **displacements** were of the order of **4 mm - 11 mm** on the **horizontal plane** for a confidence level of 95%.

On the vertical axis benchmarks **4 and 6** show signs of **sedimentation** with a **13 mm and 22 mm** displacement respectively for 95% confidence level.

The **relative displacements** range between **4 mm - 16 mm** on the horizontal plane and **-13 mm - +28 mm** vertically.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο ηλεκτρισμός στην Κύπρο, έχει μια ιστορία μεγαλύτερη των 100 χρόνων. Πρωτοεμφανίστηκε στις αρχές του 20^{ου} αιώνα και συγκεκριμένα το 1903, με την εγκατάσταση από την τότε αποικιακή Αγγλική Κυβέρνηση μιας ηλεκτρογεννήτριας για τις ανάγκες του Αρμοστίου στη Λευκωσία.

Μια δεύτερη ηλεκτρογεννήτρια εγκαταστάθηκε μετά από λίγο καιρό στο Γενικό Νοσοκομείο Λευκωσίας.

Μέχρι το 1952 που ιδρύθηκε η Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου (ΑΗΚ), η διάδοση του ηλεκτρισμού στην Κύπρο συνεχιζόταν με πολύ αργό ρυθμό, ενώ ο εξηλεκτρισμός της υπαίθρου ήταν ουσιαστικά ανύπαρκτος.

Ο πρώτος Ηλεκτροπαραγωγός Σταθμός ετέθη σε πρώτη φάση λειτουργίας το 1953 στην περιοχή Δεκέλεια.

Στη συνέχεια η ανάπτυξη της ΑΗΚ και φυσικά ο εξηλεκτρισμός της Κύπρου προχώρησε με γοργά βήματα, που έγιναν άλματα μετά την ανακήρυξη της Κυπριακής Δημοκρατίας το 1960.

Χαρακτηριστικά, αναφέρεται πως το 1952, απολάμβαναν το αγαθό του ηλεκτρισμού 20 περίπου χιλιάδες καταναλωτές. Έναν χρόνο μετά την ίδρυση της ΑΗΚ οι καταναλωτές αυξήθηκαν στις 38 περίπου χιλιάδες, ενώ μέχρι την ανακήρυξη της Κυπριακής Δημοκρατίας, το 1960, οι καταναλωτές κυμαίνονταν γύρω στις 80 χιλιάδες.

Οι αυξημένες απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια υπαγόρευαν την εγκαθίδρυση και νέου ηλεκτροπαραγωγού σταθμού. Ο δεύτερος Ηλεκτροπαραγωγός Σταθμός ετέθη σε πρώτη φάσης λειτουργίας το 1966 στο παραθαλάσσιο χωριό Μονή.

Την εντυπωσιακή ανάπτυξη της ΑΗΚ και βέβαια της Κυπριακής Δημοκρατίας, φρέναρε το πραξικόπημα της 15^{ης} Ιουλίου 1974 και η Τουρκική Εισβολή που ακολούθησε.

Μετά την ανάκαμψη από τα τραγικά γεγονότα του 1974, ακολούθησε η ανέγερση του τρίτου Ηλεκτροπαραγωγού Σταθμού στην περιοχή Δεκέλεια.

Ο τρίτος Σταθμός ετέθη σε πρώτη φάση λειτουργίας το 1982 απενεργοποιώντας σταδιακά τον πρώτο Ηλεκτροπαραγωγό Σταθμό της ομώνυμης περιοχής.

Η αύξηση του πληθυσμού, η επικρατούσα ανάπτυξη και η απαίτηση αναβάθμισης των υφιστάμενων Ηλεκτροπαραγωγών Σταθμών υπαγόρευε την ανέγερση ενός ακόμα Ηλεκτροπαραγωγού Σταθμού.

Το 1997 άρχισαν οι εργασίες για ανοικοδόμηση του νέου Ηλεκτροπαραγωγού Σταθμού στην περιοχή “Βασιλικός”. Σημαντικό ρόλο κατά την ανέγερση του Ηλεκτροπαραγωγού Σταθμού διαδραμάτισε το Γεωδαιτικό Δίκτυο που ιδρύθηκε για τον σκοπό αυτόν.

Η πρώτη φάση του Ηλεκτροπαραγωγού Σταθμού λειτούργησε το 2000. Στις 11/7/2011 ο ΗΣ Βασιλικού καταστράφηκε σχεδόν ολοσχερώς μετά από έκρηξη σε παρακείμενη ναυτική βάση [6].

Οι ζημιές που υπέστη ο Σταθμός ήταν δυσχερείς. Για την επιδιόρθωση των ζημιών απαραίτητη ήταν η ίδρυση δύο Γεωδαιτικών Δικτύων, Κατακορύφου και Τριδιάστατου Ελέγχου με υψηλές προδιαγραφές.

Το εγχείρημα αυτό επετεύχθη το 2012 στο πλαίσιο δύο πτυχιακών εργασιών οι οποίες διεξήχθησαν από τη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου [Σταύρου Γ., Κωνσταντινίδης Κ., 2013]. Κατά την πρώτη σειρά παρατηρήσεων μετρήθηκε το Γεωδαιτικό Δίκτυο Τριδιάστατου Ελέγχου τόσο με επίγειες όσο και με δορυφορικές μετρήσεις.

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μέτρηση για πρώτη φορά του Γεωδαιτικού Δικτύου Κατακορύφου Ελέγχου, η επαναμέτρηση του Γεωδαιτικού Δικτύου Τριδιάστατου Ελέγχου με επίγειες μεθόδους και ο έλεγχος των μετακινήσεων (2012 - 2015) στην περιοχή που εδρεύει ο Σταθμός.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΣΤΟΝ

ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΟ ΣΤΑΘΜΟ ΒΑΣΙΛΙΚΟΥ

1.1. Γενικά

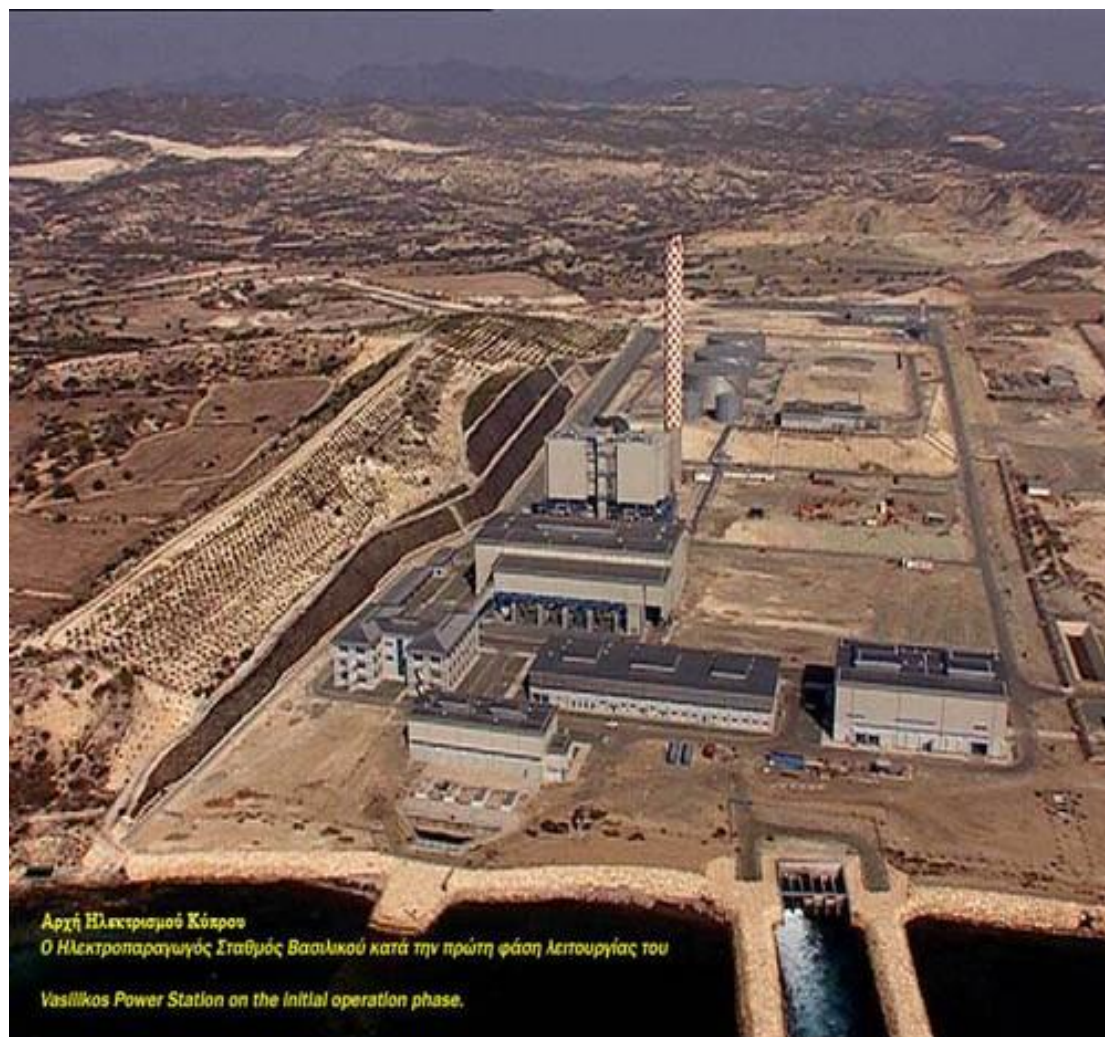
Ο Ηλεκτροπαραγωγός Σταθμός Βασιλικού αποτελεί το μεγαλύτερο έργο υποδομής της Κύπρου. Η σημασία του βασικού αυτού έργου υποδομής είναι στενά συνδεδεμένη με την ευρύτερη οικονομική ανάπτυξη της Κύπρου. Οι εργασίες για την ανέγερσή του ξεκίνησαν το 1997 στην περιοχή του Βασιλικού απ' όπου και πήρε την ονομασία του. Ο ΗΣ Βασιλικού βρίσκεται 28 km Ανατολικά της Λεμεσού (εικ.1.1) μεταξύ της Ακτής του Κυβερνήτη και της κοινότητας Ζυγίου. Διοικητικά ανήκει στην επαρχία Λάρνακας και συγκεκριμένα στην κοινότητα Μαρί. Οι χερσαίες εγκαταστάσεις του καλύπτουν έκταση μεγαλύτερη από 400 στρέμματα.[4]



Εικόνα 1.1 : Θέση ΗΣ Βασιλικού [5]

Ο Ηλεκτροπαραγωγός Σταθμός τέθηκε σε εμπορική λειτουργία το 2000 με δύο Ατμοηλεκτρικές Μονάδες (ΑΜ) με δυνατότητα παραγωγής 260MW και μια Μονάδα Αεριοστροβίλων Ανοικτού Κύκλου (ΜΑΑΚ)

δυναμικότητας 35MW (εικ.1.2). Έγινε επίσης σημαντική υποδομή για την μελλοντική επέκταση, η οποία συνεχίζεται σε Φάσεις και βασίζεται στη παρούσα αύξηση της ζήτησης ηλεκτρισμού, όπως επίσης και σε μελέτες του ρυθμού αύξησης και μελλοντικής ζήτησης που διεξάγει το Τμήμα Παραγωγής και ο Διαχειριστής Συστήματος Μεταφοράς (ΔΣΜ).



Εικόνα 1.2 : Η πρώτη φάση λειτουργίας του ΗΣ Βασιλικού [7]

Η Φάση II περιελάμβανε την τρίτη ατμοηλεκτρική μονάδα δυναμικότητας 130MW και τέθηκε σε εμπορική λειτουργία το 2005. Οι πρώτες τρεις μονάδες χρησιμοποιούν ως καύσιμο το μαζούτ.

Η Φάση III αποτέλεσε αποφασιστική στροφή στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Κύπρο με την υιοθέτηση νέας τεχνολογίας αλλά και την προοπτική χρήσης νέας μορφής καυσίμου. Εγκαταστάθηκε μια Μονάδα Αεριοστροβίλων Συνδυασμένου Κύκλου (ΜΑΣΚ) η οποία περιλαμβάνει δύο μονάδες αεριοστροβίλων δυναμικότητας 72.5 MW η καθεμιά και μία ατμοηλεκτρική μονάδα 75MW. Τέθηκε σε λειτουργία

ανοικτού κύκλου το καλοκαίρι του 2008 και σε πλήρη λειτουργία συνδυασμένου κύκλου το 2009.

Η Φάση IV ακολούθησε αμέσως μετά με ακόμα μια μονάδα του ίδιου τύπου και τέθηκε σε εμπορική λειτουργία το 2011. Στις 11 Ιουλίου 2011 μετά από έκρηξη σε παρακείμενη ναυτική βάση ο ΗΣ υπέστη σοβαρές ζημιές. Για την επιδιόρθωση του σταθμού χρειάστηκε περίοδος δύο ετών και δαπανήθηκε το ποσό των 180 εκατομμυρίων ευρώ.

Ο σταθμός σήμερα (εικ.1.3) αποτελείται από τρεις Ατμοηλεκτρικές Μονάδες, τέσσερις Μονάδες Αεριοστροβίλων Συνδυασμένου Κύκλου και μια Μονάδα Αεριοστροβίλου Ανοικτού Κύκλου (πίν.1.1). Οι πέντε μονάδες αεριοστροβίλων χρησιμοποιούν ως καύσιμο το πετρέλαιο αλλά είναι σχεδιασμένες να μπορούν να χρησιμοποιούν και φυσικό αέριο.

Στο Βασιλικό προβλέπεται η εγκατάσταση σε παρακείμενο χώρο Μονάδας Απούγροποίησης Φυσικού Αερίου (ΜΑΦΑ) έτσι ώστε να γίνεται παραλαβή και αποθήκευση υγροποιημένου φυσικού αερίου και απούγροποίηση για χρήση από όλες τις μονάδες παραγωγής.

Η εισαγωγή και χρήση του αερίου θα βελτιώσει σημαντικά την παραγωγή ηλεκτρισμού, αφού θα είναι δυνατή η καθαρότερη και βέλτιστη απόδοση των μονάδων.

Μονάδα	Καύσιμο	Δυναμικότητα	Απόδοση
Steam Unit 1	Μαζούτ	130 MW	39 %
Steam Unit 2	Μαζούτ	130 MW	39 %
Steam Unit 3	Μαζούτ	130 MW	39 %
CCGT Unit 4	Πετρέλαιο	225 MW	52 %
CCGT Unit 5	Πετρέλαιο	225 MW	52 %
CCGT Unit 6	Πετρέλαιο	225 MW	52 %
CCGT Unit 7	Πετρέλαιο	225 MW	52 %
OCGT 1	Πετρέλαιο	38 MW	27 %
	Total	1328 MW	

Πίνακας 1.1 : Στοιχεία μονάδων σταθμού

Η κεφαλαιουχική δαπάνη μέχρι την ολοκλήρωση του Ηλεκτροπαραγωγού Σταθμού Βασιλικού αναμένεται να φτάσει το 1 δις. Ευρώ.

Ταυτόχρονα γίνονται αναβαθμίσεις και τεχνολογικός εκσυγχρονισμός των υφιστάμενων εγκαταστάσεων με σημαντικό κόστος. Οι αναβαθμίσεις βελτιώνουν τη λειτουργία του εξοπλισμού με αποτέλεσμα καλύτερες περιβαλλοντικά συνθήκες.

Κατά το 2013, ο ΗΣ Βασιλικού, παρήγαγε το 56.9% (2 243 261 MWh) της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που παρήχθη από τους ΗΣ της ΑΗΚ, ενώ κατά την ίδια περίοδο, εξήγαγε το 57.2% (2 156 953 MWh) της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που εξήχθη από τους ΗΣ της ΑΗΚ.



Εικόνα 1.3 : Δορυφορική εικόνα ΗΣ Βασιλικού [5]

1.2. Γεωδαιτικά Δίκτυα του ΗΣ Βασιλικού

Το Γεωδαιτικό Δίκτυο Τριδιάστατου Ελέγχου (εικ.1.4) ιδρύθηκε, μετρήθηκε και επιλύθηκε το έτος 2012 στο πλαίσιο δύο πτυχιακών εργασιών από τη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου [Σταύρου

Γ., Κωνσταντινίδης Κ., 2013], μετά την καταστροφική έκρηξη στην παρακείμενη ναυτική βάση. Αποτελείται συνολικά από 9 κορυφές (1 - Submarine, 2 - Parking, 3 - Thalassa, 4 - Skopia, 5 - Kratiras, 6 - Pevka, 7 - Daytank, 8 - Pumphouse και 9 - Kaminada).



Εικόνα 1.4 : Τριδιάστατο δίκτυο ΗΣ Βασιλικού [5]

Οι 7 από τις 9 κορυφές (2 - Parking, 3 - Thalassa, 4 - Skopia, 5 - Kratiras, 6 - Pevka, 7 - Daytank και 8 - Pumphouse) έχουν υλοποιηθεί με

βάθρα από οπλισμένο σκυρόδεμα μέσα στη γη (εικ.1.5.α), η κορυφή 1 - Submarine έχει υλοποιηθεί με μεταλλικό βάθρο πάνω σε μονολιθική κατασκευή (εικ.1.5.β) και η κορυφή 9 - Kamina με ειδικό μεταλλικό βραχίονα πάνω στην καμινάδα του εργοστασίου (εικ.1.5.γ) σε ύψος περίπου 30 m από το έδαφος.



α

β

γ

Εικόνα 1.5 : Κορυφές 6-P, 1-S και 9-K

Στη στέψη κάθε κορυφής υπάρχει μπουλόνι με σπείρωμα 5/8 της ίντσας για την τοποθέτηση του ΟΓΣ ή του στόχου.

Οι λόγοι που οδήγησαν στην ίδρυση του Γεωδαιτικού Δικτύου Τριδιάστατου Ελέγχου ήταν :

- Έλεγχος καταλληλότητας των κτιριακών εγκαταστάσεων λόγω της καταπόνησης που δέχτηκαν από το οστικό κύμα της έκρηξης
- Έλεγχος πρηνών στις κορυφές 4, 5 και 6
- Χρήση για οποιαδήποτε εφαρμογή όπως προσθήκη καινούριων βιομηχανικών εγκαταστάσεων, έλεγχο μετακινήσεων ή παραμορφώσεων τόσο των βιομηχανικών εγκαταστάσεων όσο και του περιβάλλοντα χώρου
- Αποτυπώσεις και χαράξεις σε οποιοδήποτε σημείο του σταθμού

Στον πίνακα 1.2 παρουσιάζεται η οπτική επαφή μεταξύ των κορυφών του Γεωδαιτικού Δικτύου Τριδιάστατου Ελέγχου. Σ' ένα δίκτυο θεωρείται πλεονέκτημα να υπάρχει αμοιβαία ορατότητα όσο το δυνατόν περισσότερων κορυφών. Οι λόγοι είναι οι εξής :

- Το δίκτυο είναι προσφορότερο στις μετρήσεις πεδίου, εξοικονομώντας χρόνο και κόπο
- Υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης περισσότερων κορυφών άρα αυτό συνεπάγεται πιο ακριβές αποτέλεσμα
- Βελτίωση της γεωμετρίας του δικτύου

A/A	ΚΟΡΥΦΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ								
ΚΟΡΥΦΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ	1-S	2-P	3-T	4-S	5-K	6-P	7-D	8-P	9-K
1-S	-	√	√	-	√	√	-	√	√
2-P	√	-	√	-	√	-	-	√	-
3-T	√	√	-	√	-	√	-	√	-
4-S	-	-	√	-	√	-	√	√	√
5-K	√	√	-	√	-	√	√	√	√
6-P	√	-	√	-	√	-	√	-	√
7-D	-	-	-	√	√	√	-	-	√
8-P	√	√	√	√	√	-	-	-	√
9-K	√	-	-	√	√	√	√	√	-

Πίνακας 1.2 : Οπτική επαφή μεταξύ των κορυφών του ΓΛΤΕ

Τα κριτήρια με τα οποία επιλέχθηκαν οι συγκεκριμένες θέσεις ήταν :

- Πλήρωση των πιο πάνω λόγων κατασκευής του δικτύου
- Βέλτιστη γεωμετρία του δικτύου
- Αμοιβαία ορατότητα όσο το δυνατόν περισσότερων κορυφών
- Οι κορυφές να είναι πρόσφορες στη μέτρηση με επίγειες μεθόδους
- Οι κορυφές να είναι πρόσφορες στη μέτρηση με δορυφορικές μεθόδους, δηλαδή να υπάρχει επαρκής ανοικτός ορίζοντας
- Να υπάρχει απρόσκοπτη πρόσβαση στο σημείο κατά προτίμηση με όχημα
- Να επιτρέπεται τεχνικά η εγκατάσταση του βάθρου που υλοποιεί τη θέση του κάθε σημείου
- Να υπάρχει ικανοποιητική ασφάλεια διαχρονικά για το βάθρο υλοποίησης

Σε κάθε βάθρο υπάρχει υλοποιημένη υψομετρική αφετηρία (εικ.1.6) εκτός από την κορυφή 9.

Κάθε υψομετρική αφετηρία τοποθετήθηκε 20 - 30 cm πάνω από τη βάση κάθε βάρου.

Οι υψομετρικές αφετηρίες είναι μπουλόνια από ανοξείδωτο χάλυβα εκτός από τη κορυφή 1 - Submarine της οποίας είναι από γαλβανισμένο χάλυβα. Ο λόγος που οδήγησε στην επιλογή του συγκεκριμένου υλικού είναι η τοποθεσία του σταθμού ο οποίος βρίσκεται δίπλα στην θάλασσα.

Ο ανοξείδωτος και ο γαλβανισμένος χάλυβας ως υλικά παρουσιάζουν αντίσταση στην οξείδωση που προκαλείται από διάφορους παράγοντες, όπως οι διαβρωτικές ουσίες που υπάρχουν στο νερό της θάλασσας και στην υγρασία.

Η τοποθέτηση των υψομετρικών αφετηριών έγινε για να υπάρχει η δυνατότητα υλοποίησης ενός Γεωδαιτικού Δικτύου Κατακορύφου Ελέγχου.



α



β

Εικόνα 1.6 : Μπουλόνια κορυφών 1-S και 2-P

Οι υψομετρικές αφετηρίες που υπάρχουν στα βάρη αποτελούν το Γεωδαιτικό Δίκτυο Κατακορύφου Ελέγχου.

Η ύπαρξη ενός Γεωδαιτικού Δικτύου Κατακορύφου Ελέγχου δίνει την δυνατότητα εντοπισμού και μέτρησης μετακινήσεων ή παραμορφώσεων

μικρότερης τάξης μεγέθους από αυτήν που δίνει ένα Γεωδαιτικό Δίκτυο Τριδιάστατου Ελέγχου όσον αφορά τα ορθομετρικά υψόμετρα.

Η αβεβαιότητα των $\pm 3\text{mm}$ στις συντεταγμένες των σημείων η οποία επετεύχθη στις προηγούμενες σειρές μετρήσεων [Σταύρου Γ., Κωνσταντινίδης Κ., 2013] στις στέψεις των βάθρων του Γεωδαιτικού Δικτύου Τριδιάστατου Ελέγχου (ΓΔΤΕ) τόσο με δορυφορικές όσο και με επίγειες μεθόδους οδήγησε στη μέτρηση του υψομετρικού δικτύου, με σκοπό την ελαχιστοποίηση της αβεβαιότητας, η οποία θα καλύψει μελλοντικές απαιτήσεις του δικτύου για εφαρμογές ακρίβειας.

1.3. Αντικείμενο διπλωματικής εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο τις μετρήσεις πεδίου, την επεξεργασία μετρήσεων, την επίλυση, τον ολικό έλεγχο αξιοπιστίας τεστ χ^2 και τη σάρωση δεδομένων κατά Baarda για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% για πρώτη φορά του Γεωδαιτικού Δικτύου Κατακορύφου Ελέγχου.

Αντικείμενο της παρούσας αποτελεί επίσης η επαναμέτρηση, η επεξεργασία των παρατηρήσεων, η επίλυση, ο ολικός έλεγχος αξιοπιστίας τεστ χ^2 και ο έλεγχος δεδομένων κατά Baarda για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% του Γεωδαιτικού Δικτύου Τριδιάστατου Ελέγχου.

Επίσης για τα σημεία του Γεωδαιτικού Δικτύου Τριδιάστατου Ελέγχου γίνεται έλεγχος μετακινήσεων οριζοντιογραφικά και υψομετρικά.

Για τον έλεγχο των μετακινήσεων υπολογίζονται και σχεδιάζονται υπό κατάλληλη κλίμακα τα διανύσματα και οι ελλείψεις των απόλυτων και των σχετικών μετακινήσεων κατά τα έτη 2012 - 2015.

Στο τέλος υπολογίζονται οι απόλυτες και σχετικές μετακινήσεις οριζοντιογραφικά και υψομετρικά για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

2.1. Γενικά

Υψομετρικό δίκτυο ή χωροσταθμικό δίκτυο ή δίκτυο κατακορύφου ελέγχου ορίζεται ένα σύνολο σημείων της ΦΓΕ των οποίων είναι γνωστό το ορθομετρικό ή το γεωμετρικό υψόμετρο. Τα σημεία τα οποία αποτελούν το δίκτυο είναι υλοποιημένα με ειδική μόνιμη σήμανση, όπως βάρθρα από οπλισμένο σκυρόδεμα, μπουλόνια με σφαιρική κεφαλή από ορείχαλκο ή ανοξείδωτο χάλυβα ή άλλα ανθεκτικά υλικά. Για την τοποθέτηση των κορυφών του δικτύου προτιμούνται περιοχές εδαφικά σταθερές και κτίσματα με μεγάλη διάρκεια ζωής (π.χ. εκκλησίες, δημόσια κτίρια, μέγαρα, σχολεία, πανεπιστημιακές εγκαταστάσεις κ.λ.π.) [Μπαλοδήμος Δ.-Δ., Αραμπατζή Ο., 2004].

Οι υψομετρικές διαφορές διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τις ορθομετρικές και τις γεωμετρικές. Οι ορθομετρικές οι οποίες αναφέρονται στη ΜΣΘ, χρησιμοποιούνται στα τεχνικά έργα και προσδιορίζονται κυρίως με επίγειες μεθόδους μέτρησης όπως :

- Γεωμετρική Χωροστάθμηση (ΓΧ) : άμεση μέθοδος προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών. Γίνεται χρησιμοποιώντας χωροβάτη (οπτικομηχανικό ή ψηφιακό) και σταδίες (απλές ή ψηφιακές), με αβεβαιότητα που κυμαίνεται από $\pm 0.2 \text{ mm/Km}$ έως $\pm 1 \text{ cm/Km}$
- Τριγωνομετρική Υψομετρία (ΤΥ) : έμμεση μέθοδος προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών. Γίνεται συνδυάζοντας μετρήσεις ζενιθίων γωνιών, μηκών, ύψους οργάνου και ύψους σκόπευσης. Χρησιμοποιούνται ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί και ανακλαστήρες. Το σφάλμα προσδιορισμού της υψομετρικής διαφοράς κυμαίνεται από $\pm 2 \text{ cm} - \pm 10 \text{ cm}$
- Τριγωνομετρική Υψομετρία Ακριβείας (ΤΡΥΑ) : έμμεση μέθοδος προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών, μεταξύ προσιτών ή απρόσιτων σημείων. Χρησιμοποιούνται ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί που μετρούν μήκη χωρίς ανακλαστήρα και στόχοι ή ανακλαστήρες. Μετρούνται μήκη και ζενίθιες γωνίες. Το σφάλμα προσδιορισμού της υψομετρικής διαφοράς είναι της τάξης των $\pm 1.5 \text{ mm} - \pm 5 \text{ mm}$
- Βαρομετρική Υψομετρία (ΒΥ) : έμμεση μέθοδος προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών. Βασίζεται στον προσδιορισμό της διαφοράς της ατμοσφαιρικής πίεσης μεταξύ των σημείων, η οποία

είναι ανάλογη της μεταβολής του υψομέτρου. Χρησιμοποιούνται βαρόμετρα ή αλτίμετρα και το σφάλμα προσδιορισμού των υψομετρικών διαφορών είναι περίπου ± 30 cm

- Υδραυλική Χωροστάθμιση (ΥΧ) : άμεση μέθοδος προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών, η οποία γίνεται χρησιμοποιώντας την αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων με αβεβαιότητα λίγων mm. Μπορεί να εφαρμοστεί σε μικρής έκτασης περιοχές ή χώρους με μικρές υψομετρικές διαφορές [Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., 2013].

Οι γεωμετρικές υψομετρικές διαφορές αναφέρονται στο ελλειψοειδές, δεν χρησιμοποιούνται σε τεχνικά έργα και προσδιορίζονται συνήθως με δορυφορικές μεθόδους όπως :

- Μετρήσεις με συστήματα GNSS
- Δορυφορική αλτιμετρία

2.2. Γεωμετρική Χωροστάθμιση (ΓΧ)

Η ΓΧ είναι άμεση μέθοδος προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών, η οποία γίνεται χρησιμοποιώντας χωροβάτη (οπτικομηχανικό ή ψηφιακό) και σταδίες (απλές ή ψηφιακές). Για την εφαρμογή της μεθόδου ο απαραίτητος εξοπλισμός είναι :

- Χωροβάτης
- 1 χωροσταθμικός πήχυς (σταδία)
- 1 χωροσταθμική βάση (χελώνα)
- 1 τρίποδας

Η ΓΧ βασίζεται στην υλοποίηση ενός οριζοντίου επιπέδου [Γεωργόπουλος Γ. κ.α. 2011]. Για να επιτευχθεί αυτό χρησιμοποιείται ο χωροβάτης ο οποίος μπορεί να οριζοντιώνει με μεγάλη ακρίβεια την σκοπευτική του γραμμή υλοποιώντας κατά την περιστροφή της γύρω από τον πρωτεύοντα άξονα ΠΠ' ένα οριζόντιο επίπεδο (διακεκομμένη γραμμή σχ.2.1).

Για να προσδιοριστεί η υψομετρική διαφορά μεταξύ των σημείων Α και Β γίνονται δύο σκοπεύσεις. Τοποθετείται πρώτα η σταδία στο σημείο Α κατακόρυφα, σκοπεύεται, καταγράφεται η μέτρηση και μετά η ίδια διαδικασία γίνεται και για το σημείο Β. Η φορά της ΓΧ εξαρτάται από την υψομετρική διαφορά η οποία πρέπει να προσδιοριστεί.

Για την ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων όσον αφορά τις συνθήκες της ατμόσφαιρας αλλά και την απόκλιση του σκοπευτικού άξονα του

χωροβάτη ο χωροβάτης πρέπει να τοποθετείται στη μεσοκάθετο μεταξύ των δύο σημείων εκ των οποίων λαμβάνονται οι σκοπεύσεις όπισθεν και έμπροσθεν. Επίσης αναγκαίος είναι ο έλεγχος του μέσου άκρου ο οποίος προσδιορίζει το σφάλμα της οριζοντίωσης του σκοπευτικού άξονα.

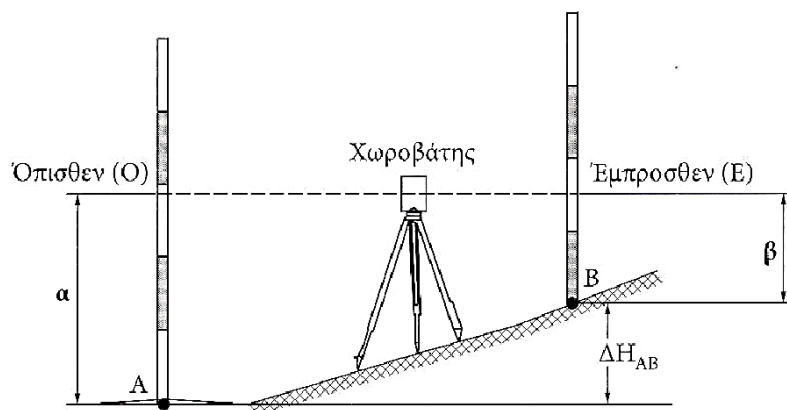
Η υψομετρική διαφορά προκύπτει ως η διαφορά σκόπευσης στο A (Όπισθεν) μείον η σκόπευση στο B (Έμπροσθεν) :

$$\Delta H_{AB} = H_B - H_A = \text{Όπισθεν} - \text{Έμπροσθεν} = \alpha - \beta \quad (2.1)$$

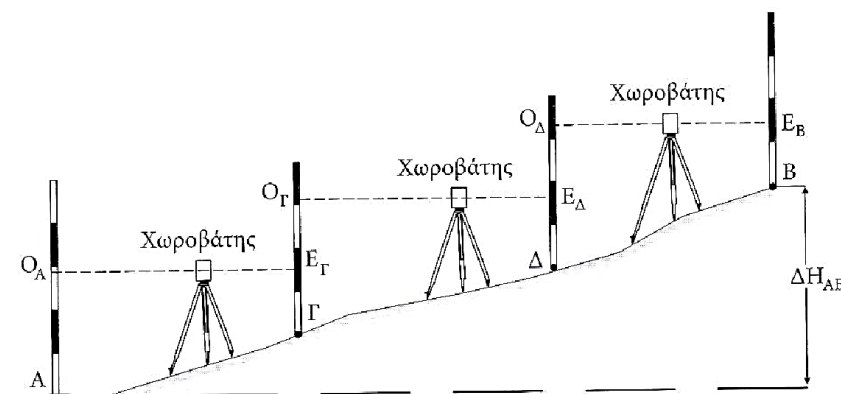
Στην περίπτωση που η απόσταση μεταξύ των δύο σημείων απαιτεί περισσότερες των δύο στάσεων (σχ.2.2) τότε πραγματοποιείται χωροσταθμική όδευση.

Η υψομετρική διαφορά μεταξύ των σημείων A και B υπολογίζεται από τη σχέση 2.2 :

$$\Delta H_{AB} = H_B - H_A = \sum_{i=1}^n O_i - \sum_{i=1}^n E_i \quad (2.2)$$



Σχήμα 2.1 : Σχήμα μοναδιαίας ΓΧ [Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., 2013]



Σχήμα 2.2 : Σχήμα χωροσταθμικής όδευσης [Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., 2013]

Τα σφάλματα που εμφανίζονται στη ΓΧ οφείλονται :

- Στον χωροβάτη
- Στις σταδίες
- Στον παρατηρητή
- Στην ατμόσφαιρα

Η αβεβαιότητα προσδιορισμού στις υψομετρικές διαφορές υπολογίζεται εφαρμόζοντας νόμο μετάδοσης σφαλμάτων στην σχέση 2.1:

$$\sigma_{\Delta H} = \pm \sqrt{\sigma_O^2 + \sigma_E^2} \quad (2.3)$$

όπου $\sigma_O = \sigma_E = \sigma_\alpha =$ το σφάλμα ανάγνωσης στην σταδία.

Αν ο χωροβάτης είναι οπτικομηχανικός αυτό εξαρτάται κυρίως από την διακριτική ικανότητα του ματιού ($\pm 0.25\text{mm}$) πολλαπλασιασμένη με την απόσταση σκόπευσης.

Στην περίπτωση που ο χωροβάτης είναι ψηφιακός, το σφάλμα ανάγνωσης εξαρτάται από τις δυνατότητες του χωροβάτη.

Επομένως το σφάλμα της υψομετρικής διαφοράς ΔH για μια μόνο στάση οργάνου θα είναι :

$$\sigma_{\Delta H} = \pm \sqrt{2} \cdot \sigma_\alpha \quad (2.4)$$

θεωρώντας ότι $\sigma_O = \sigma_E = \sigma_\alpha$.

Για n στάσεις χωροβάτη η υψομετρική διαφορά θα είναι :

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \dots + \Delta H_n \quad (2.5)$$

εφαρμόζοντας νόμο μετάδοσης σφαλμάτων το σφάλμα της υψομετρικής διαφοράς θα είναι :

$$\sigma_{\Delta H} = \pm \sqrt{\sigma_{\Delta H_1}^2 + \sigma_{\Delta H_2}^2 + \dots + \sigma_{\Delta H_n}^2} \quad (2.6)$$

θεωρώντας ότι $\sigma_{\Delta H_1} = \sigma_{\Delta H_2} = \dots = \sigma_{\Delta H_n}$ προκύπτει :

$$\sigma_{\Delta H} = \pm \sqrt{n \cdot \sigma_{\Delta H_n}^2} \quad (2.7)$$

και με αντικατάσταση της σχέσης 2.4 στην σχέση 2.6 προκύπτει ότι :

$$\sigma_{\Delta H} = \pm \sqrt{n \cdot 2 \cdot \sigma_\alpha^2} \quad (2.8)$$

για διπλή γεωμετρική χωροστάθμιση με n_1 στάσεις μετάβασης και n_2 στάσεις επιστροφής θα είναι $n = n_1 + n_2$:

$$\Delta H = \frac{\Delta H_{\text{μετάβασης}} + \Delta H_{\text{επιστροφής}}}{2} \quad (2.9)$$

εφαρμόζοντας νόμο μετάδοσης σφαλμάτων :

$$\sigma_{\Delta H} = \pm \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\sigma_{\Delta H_{\text{μετάβασης}}}^2 + \sigma_{\Delta H_{\text{επιστροφής}}}^2} \quad (2.10)$$

$$\sigma_{\Delta H} = \pm \frac{1}{2} \cdot \sigma_{\alpha} \cdot \sqrt{2 \cdot (n_1 + n_2)} \quad (2.11)$$

Όταν ο αριθμός στάσεων του χωροβάτη στη μετάβαση ισούται με τον αριθμό στάσεων της επιστροφής δηλαδή $n_1 = n_2$ τότε :

$$\sigma_{\Delta H} = \pm \sigma_{\alpha} \cdot \sqrt{n} \quad (2.12)$$

2.3. Τριγωνομετρική Υψομετρία Ακριβείας (ΤΡΥΑ)

Η ΤΡΥΑ είναι μέθοδος προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών μεταξύ προσιτών και απρόσιτων σημείων με χρήση ολοκληρωμένων γεωδαιτικών σταθμών, που μετρούν μήκη και χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα (RL) [Λάμπρου Ε., 2007]. Με την εφαρμογή της προσδιορίζονται υψομετρικές διαφορές από μετρήσεις μηκών (D) και ζενιθίων γωνιών (z). Έχει χρησιμοποιηθεί μέχρι τώρα σε διάφορα υψομετρικά δίκτυα, με ικανοποιητικά αποτελέσματα [Ζαννής Ι. 2008, Τεμένος Κ. 2007].

Για την εφαρμογή της ΤΡΥΑ για δύο ή περισσότερες στάσεις είναι απαραίτητος ο ακόλουθος εξοπλισμός :

- Ένας ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός (ΟΓΣ) που έχει τη δυνατότητα μέτρησης μήκους και χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα (RL)
- Ένα σύστημα γωνιομετρικού στόχου (στόχος, βάση στήριξης, τρικόχλιο) ή ανακλαστήρα (ανακλαστήρας, βάση στήριξης, τρικόχλιο)
- Δύο τρίποδες

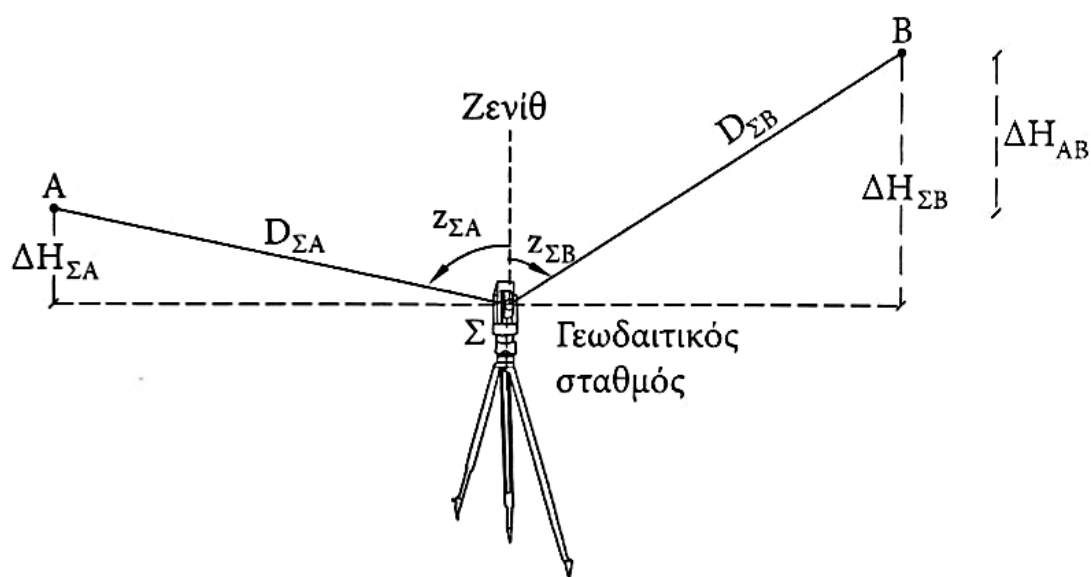
Για την εφαρμογή της ΤΡΥΑ με μία μόνο στάση απαιτείται μόνο ο γεωδαιτικός σταθμός και ένας τρίποδας. Μεταξύ δύο προσιτών ή απρόσιτων σημείων Α και Β που είναι και τα δυο ορατά από κάποια θέση εγκατάστασης του γεωδαιτικού σταθμού και δεν απέχουν μεγάλη

απόσταση από αυτόν, μπορεί να εφαρμοστεί η ΤΡΥΑ με μία μόνο στάση οργάνου (σχ.2.3). Τοποθετείται ο γεωδαιτικός σταθμός σε τυχαία κατάλληλη θέση δηλαδή να είναι όσο το δυνατόν στην μεσοκάθετο των σημείων για να ελαχιστοποιούνται και να ισομοιράζονται οι αποστάσεις από τον γεωδαιτικό σταθμό προς το κάθε σημείο. Δεν απαιτείται κέντρωση αλλά μόνο οριζοντίωση.

Μετρούνται οι ζενίθιες γωνίες $z_{\Sigma A}$, $z_{\Sigma B}$ και τα μήκη $D_{\Sigma A}$, $D_{\Sigma B}$ και κατόπιν υπολογίζονται οι υψομετρικές διαφορές $\Delta H_{\Sigma A}$, $\Delta H_{\Sigma B}$ μεταξύ κάθε σημείου και του σημείου τομής των αξόνων του γεωδαιτικού σταθμού.

Η υψομετρική διαφορά ΔH_{AB} μεταξύ των σημείων A, B προκύπτει από τη σχέση 2.13 :

$$\Delta H_{AB} = H_B - H_A = \Delta H_{\Sigma B} - \Delta H_{\Sigma A} = H_B - H_{\Sigma} - H_A + H_{\Sigma} \quad (2.13)$$



Σχήμα 2.3 : Σχηματική παράσταση της ΤΡΥΑ με μία στάση οργάνου

όπου

$$\Delta H_{\Sigma A} = \cos z_{\Sigma A} \cdot D_{\Sigma A} + (1-\kappa) \cdot \frac{D_{\Sigma A}^2}{2 \cdot R} \cdot \sin^2 z_{\Sigma A} \quad (2.14)$$

$$\Delta H_{\Sigma B} = \cos z_{\Sigma B} \cdot D_{\Sigma B} + (1-\kappa) \cdot \frac{D_{\Sigma B}^2}{2 \cdot R} \cdot \sin^2 z_{\Sigma B} \quad (2.15)$$

Στην περίπτωση που τα σημεία A και B δεν είναι και τα δύο ορατά από κάποια θέση όπου μπορεί να τοποθετηθεί ο γεωδαιτικός σταθμός, ή

η μεταξύ τους απόσταση είναι μεγάλη τότε μπορεί να εφαρμοστεί η παρακάτω διαδικασία (σχ. 2.4).

Τοποθετείται σε τυχαία θέση, κοντά στο σημείο Α (σε απόσταση περίπου 20 m) ο τρίποδας T_1 με τρικόχλιο και τον γεωδαιτικό σταθμό (σχ.2.4.α). Αντίστοιχο σύστημα με τρίποδα T_2 , τρικόχλιο και γωνιομετρικό στόχο, τοποθετείται κοντά στο σημείο Β.

Ο γεωδαιτικός σταθμός που βρίσκεται στον τρίποδα T_1 σκοπεύει αρχικά προς το σημείο Α και μετράται το μήκος D_{1A} και η ζενίθια γωνία z_{1A} . Στη συνέχεια σκοπεύεται ο στόχος T_2 και μετράται το μήκος D_{12} και η ζενίθια γωνία z_{12} . Κατόπιν αλλάζουν αμοιβαία θέση ο γωνιομετρικός στόχος και ο ΟΓΣ, οι οποίοι αποσπώνται από τα τρικόχλια τους με προσοχή χωρίς να επέλθει καμία μεταβολή στη θέση του κάθε συστήματος τρικόχλιο – τρίποδας.

Ο γεωδαιτικός σταθμός, που βρίσκεται πια στον τρίποδα T_2 (σχ. 2.4.β) μετρά (σε επιστροφή) το μήκος D_{21} και τη ζενίθια γωνία z_{21} προς τον στόχο που βρίσκεται στον τρίποδα T_1 . Ύστερα σκοπεύοντας προς το σημείο Β μετράται το μήκος D_{2B} και η ζενίθια γωνία z_{2B} . Η υψομετρική διαφορά ΔH_{AB} μεταξύ των δύο σημείων προσδιορίζεται από την σχέση :

$$\Delta H_{AB} = \Delta H_{2B} - \Delta H_{1A} + \frac{\Delta H_{12} - \Delta H_{21}}{2} \quad (2.16)$$

όπου

$$\Delta H_{12} = \cos z_{12} \cdot D_{12} + (1 - \kappa) \cdot \frac{D_{12}^2}{2 \cdot R} \cdot \sin^2 z_{12} \quad (2.17)$$

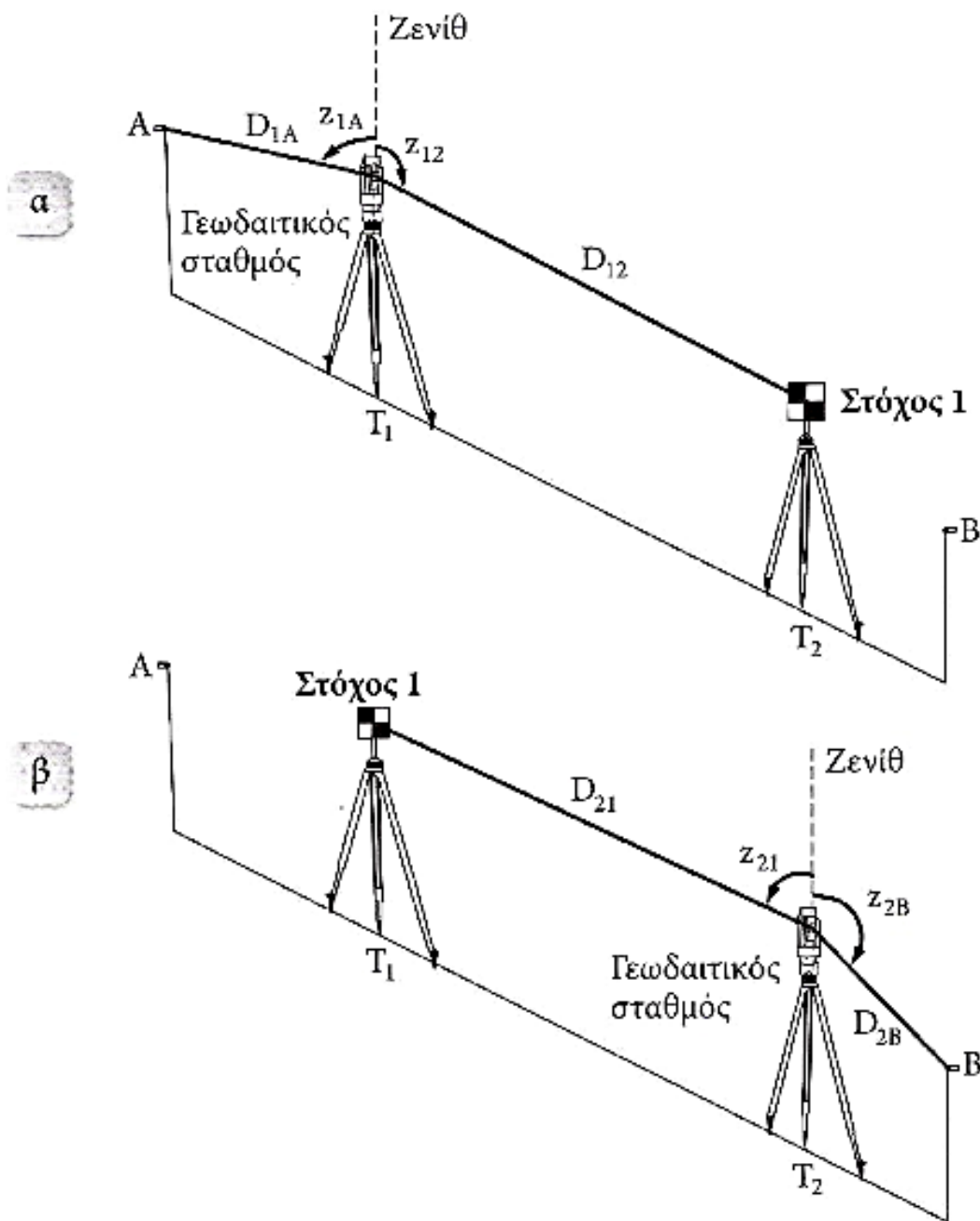
$$\Delta H_{21} = \cos z_{21} \cdot D_{21} + (1 - \kappa) \cdot \frac{D_{21}^2}{2 \cdot R} \cdot \sin^2 z_{21} \quad (2.18)$$

ενώ οι υψομετρικές διαφορές ΔH_{1A} , ΔH_{2B} υπολογίζονται από τις αντίστοιχες σχέσεις. Όταν δεν είναι δυνατός ο προσδιορισμός της υψομετρικής τους διαφοράς με δύο μόνο ενδιάμεσες στάσεις τότε εφαρμόζεται η μέθοδος των τριών τριπόδων (σχ.2.5, για $n=4$) και η τελική υψομετρική διαφορά προσδιορίζεται από την σχέση (2.19).

$$\Delta H_{AB} = \Delta H_{nB} - \Delta H_{1A} + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\Delta H_{i,i+1} - \Delta H_{i+1,i}}{2} \quad (2.19)$$

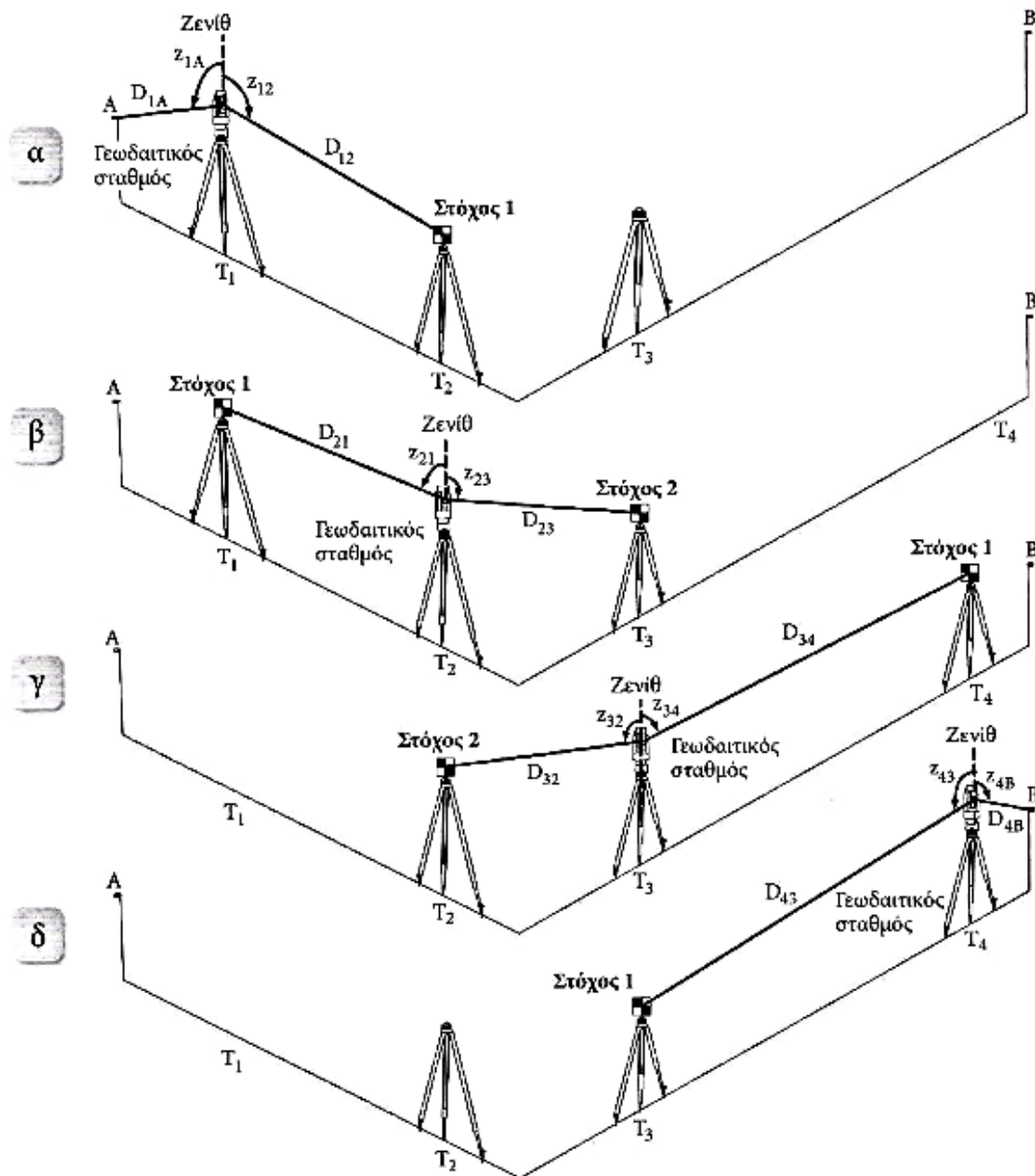
όπου n ο αριθμός των στάσεων του γεωδαιτικού σταθμού.

Είναι φανερό ότι σ' αυτήν την μέθοδο προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών, δεν μετρούνται ύψη οργάνων, αφού οι επιμέρους υψομετρικές διαφορές δεν αναφέρονται σε σημεία της ΦΓΕ αλλά στο κέντρο οργάνου και στόχων.



Σχήμα 2.4 : Σχηματική παράσταση της ΤΡΥΑ με δύο ενδιάμεσες στάσεις

Η απόσταση τοποθέτησης των τριπόδων μπορεί να είναι τόση όση επιτρέπει η εμβέλεια μέτρησης του μήκους από τον γεωδαιτικό σταθμό και δεν χρειάζεται κέντρωσή τους σε συγκεκριμένο σημείο. Τα σημεία τοποθέτησης του γεωδαιτικού σταθμού και των στόχων επιλέγονται κάθε φορά, ώστε να είναι τα ελάχιστα δυνατά και να διευκολύνουν τον υψομετρικό προσδιορισμό.



Σχήμα 2.5 : Σχηματική παράσταση της ΤΡΥΑ με περισσότερες από δύο στάσεις

Εφόσον εκτελούνται αμοιβαίες και ταυτόχρονες μετρήσεις μεταξύ των σημείων, τότε οι παράγοντες της καμπυλότητας της γης και της γεωδαιτικής διάθλασης αλληλοαναιρούνται και δεν επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα.

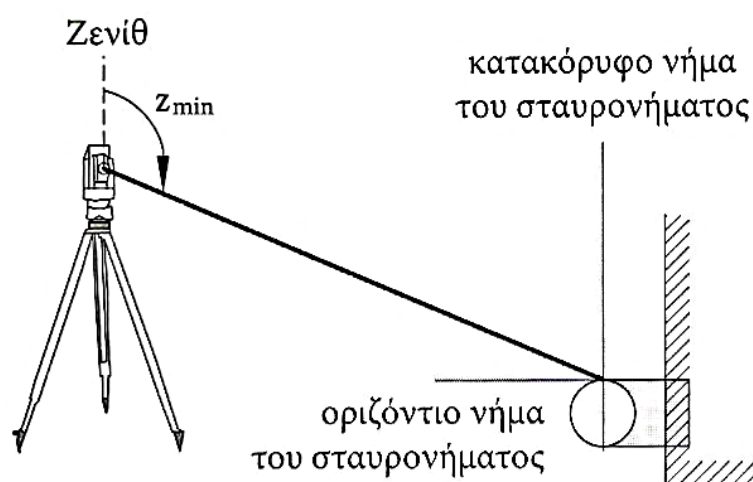
Πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου αποτελεί και η ταυτόχρονη εκτέλεση των μετρήσεων σε μετάβαση και επιστροφή.

Αν το αρχικό ή το τελικό σημείο είναι υψομετρική αφετηρία (Rèpère) τότε η μέτρηση προς αυτή πρέπει να εκτελείται με μοναδιαίο και σωστό τρόπο.

Η υλοποίηση των υψομετρικών κορυφών γίνεται με τη χρήση ειδικών ορειχάλκινων κατασκευών (μπουλόνια). Η κατασκευή τους είναι τέτοια (κυλινδρική ή σφαιρική) ώστε να εδράζεται πάντοτε στο ίδιο μοναδικό σημείο ο χωροσταθμικός πήχυς. Επομένως το πρόβλημα ανάγεται στη σκόπευση αυτού του μοναδικού σημείου κατά τη μέτρηση του μήκους και της αντίστοιχης ζενίθιας γωνίας.

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.6, η θέση του σημείου αυτού μπορεί να οριστεί ως αυτή όπου το οριζόντιο σταυρόνημα του τηλεσκοπίου του γεωδαιτικού σταθμού εφάπτεται στο πάνω μέρος της ορειχάλκινης κατασκευής έτσι ώστε η ένδειξη της ζενίθιας γωνίας να είναι η ελάχιστη.

Πρακτικά αυτό μπορεί να επιτευχθεί τοποθετώντας ένα χαρτί ή κάποια κατασκευή στην κεφαλή του μπουλονιού το οποίο θα “κόβει” τη σφαίρα σε δύο ίσα μέρη και θα βρίσκεται σ’ ένα περιστρεφόμενο επίπεδο το οποίο έχει άξονα περιστροφής τον κατακόρυφο άξονα ο οποίος διέρχεται από το κέντρο του μπουλονιού και κάθετο άξονα στο επίπεδο ο οποίος διέρχεται από το κέντρο του ΟΓΣ έτσι ώστε να διευκολύνεται η σκόπευση από τον παρατηρητή του ΟΓΣ αλλά και να μην υπάρχει κίνδυνος φυγής της δέσμης του laser προς το βάθρο.



Σχήμα 2.6 : Σκόπευση προς την υψομετρική αφετηρία

Η αβεβαιότητα με την οποία μπορεί να προσδιοριστεί η ορθομετρική υψομετρική διαφορά μεταξύ δύο σημείων με την ΤΡΥΑ, εξαρτάται από:

- Την αβεβαιότητα μέτρησης του μήκους
- Την αβεβαιότητα μέτρησης της ζενίθιας γωνίας
- Τη μεταβολή της τιμής του συντελεστή γεωδαιτικής διάθλασης k , κατά τη διάρκεια των μετρήσεων

ενώ είναι ανεξάρτητη :

- Της τιμής του συντελεστή γεωδαιτικής διάθλασης κ και της καμπυλότητας της γης
- Της αβεβαιότητας μέτρησης ύψους οργάνου και στόχου τα οποία δεν μετρώνται

Η τελική αβεβαιότητα, με την οποία μπορεί να προσδιοριστεί η υψομετρική διαφορά μεταξύ δύο σημείων Α και Β με την ΤΡΥΑ με μια μόνο ενδιάμεση στάση οργάνου είναι ίση με :

$$\sigma_{\Delta H_{AB}} = \pm \sqrt{\sigma_{\Delta H_{\Sigma A}}^2 + \sigma_{\Delta H_{\Sigma B}}^2} \quad (2.20)$$

όπου τα $\sigma_{\Delta H_{\Sigma A}}$, $\sigma_{\Delta H_{\Sigma B}}$ προκύπτουν με την εφαρμογή του νόμου μετάδοσης των σφαλμάτων στις σχέσεις 2.17 και 2.18 σύμφωνα με το σφάλμα στις μετρήσεις μηκών και ζενιθίων γωνιών. Ο όρος της καμπυλότητας και της διάθλασης αναιρείται αν τα μήκη $D_{\Sigma A}$, $D_{\Sigma B}$ είναι περίπου ίσα και τότε $\sigma_{\Delta H_{\Sigma A}} \cong \sigma_{\Delta H_{\Sigma B}} \cong \sigma$ και επομένως $\sigma_{\Delta H_{AB}} = \pm \sqrt{2} \cdot \sigma$.

Αν απαιτούνται n ενδιάμεσες στάσεις οργάνου και $\sigma_{\Delta H_A} \cong \sigma_{\Delta H_B} \cong \sigma_{\Delta H}$ (στο αρχικό σημείο Α και στο τελικό σημείο Β αντίστοιχα), με την εφαρμογή του νόμου μετάδοσης σφαλμάτων στη σχέση 2.20, τότε η συνολική αβεβαιότητα είναι :

$$\sigma_{\Delta H_{AB}} = \pm \sqrt{2 \cdot \sigma_{\Delta H}^2 + \frac{n-1}{2} \cdot \sigma_{\Delta H_{i,i+1}}^2} \quad (2.21)$$

όπου $i = 1$ έως $n - 1$ και $\sigma_{\Delta H_{i+1,i}} = \sigma_{\Delta H_{i,i+1}}$ υπολογίζεται σύμφωνα με τις σχέσεις (2.22) και (2.23) :

$$\Delta H_{i,i+1} = \cos z_{i,i+1} \cdot D_{i,i+1} \quad (2.22)$$

$$\sigma_{\Delta H_{i,i+1}} = \pm \sqrt{\cos^2 z_{i,i+1} \cdot \sigma_{D_{i,i+1}}^2 + (-D_{i,i+1} \cdot \sin z_{i,i+1})^2 \cdot \left(\frac{\sigma_{z_{i,i+1}}^{cc}}{\rho^{cc}}\right)^2} \quad (2.23)$$

Αξίζει να σημειωθεί ότι για την ασφάλεια και την ορθότητα της οριζοντίωσης των έμπροσθεν τριπόδων χρήσιμο είναι να χρησιμοποιείται ένας δεύτερος ΟΓΣ. Επίσης η ύπαρξη ενός επιπλέον ΟΓΣ επιταχύνει σημαντικά τις μετρήσεις πεδίου καθότι θα γίνεται ταυτόχρονα η

οριζοντίωση των ΟΓΣ από δύο χειριστές και η εναλλαγή στόχου σταθμού.

2.4. Επιλογή οργάνων

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση του ΓΔΚΕ είναι:

- 1 Ολοκληρωμένος Γεωδαιτικός Σταθμός με δυνατότητα μέτρησης χωρίς κατάφωτο (Reflector less) - Leica TCR1202+ (πιν.2.1)



Εικόνα 2.1 : ΟΓΣ TC(R)1202+ της Leica

- 1 Ψηφιακός χωροβάτης - Leica DNA 10 (πιν.2.1)



Εικόνα 2.2 : Ψηφιακός χωροβάτης DNA 10 της Leica

- 3 τρίποδες
- 3 κατάφωτα με τρικόχλια
- 2 σταδίες
- 2 χελώνες
- 1 ζεύγος ασύρματων πομποδεκτών
- Έντυπα ΤΡΥΑ
- Έντυπα ΓΧ

Όργανο	Ακρίβεια		
	Μηκών		Γωνιών
	Με πρίσμα	Χωρίς πρίσμα (<500m)	
Leica TC(R) 1202+	$\pm 1 \text{ mm} \pm 1.5 \text{ ppm}$	$\pm 2 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm}$	$\pm 2'' (6^{\text{cc}})$
	Ηλεκτρονική ανάγνωση γωνιών : $\pm 0.1 \text{ mgon}$		
	Ηλεκτρονική ανάγνωση μηκών : $\pm 0.1 \text{ mm}$		
	Εύρος εργασίας αντισταθμιστή : $4' (0.07 \text{ gon})$		
	Ακρίβεια κυκλικής αεροστάθμης : $6' / 2 \text{ mm}$		
	Βάρος : $4.8 - 5.5 \text{ Kg}$		
Leica DNA 10	Ακρίβεια		
	$\pm 0.9 \text{ mm/km}$ (σταδία invar)	$\pm 1.5 \text{ mm/km}$ (απλή σταδία)	
	Ηλεκτρονική ανάγνωση : $\pm 0.1 \text{ mm}$		
	Ελάχιστη απόσταση σκόπευσης : 1.8 m		
	Μέγιστη απόσταση σκόπευσης : 110 m		
	Βάρος : 2.8 Kg		

Πίνακας 2.1 : Χαρακτηριστικά οργάνων μέτρησης υψομετρικού δικτύου [6]

2.5. Βελτιστοποίηση δικτύου

Πριν από την εκτέλεση των παρατηρήσεων, ενδείκνυται να υπολογίζονται τα κατάλληλα στατιστικά μεγέθη του δικτύου προκειμένου να επιτυγχάνεται ο σωστός σχεδιασμός, με βάση πάντα τον σκοπό που θα εξυπηρετήσει και τις προδιαγραφές για την ακρίβειά του. Η βασική αυτή πληροφορία για τη στατιστική ανάλυση δίνεται από τον a priori πίνακα μεταβλητότητας – συμμεταβλητότητας $V_{\hat{x}}$ των υψομέτρων των κορυφών του δικτύου. Στις συνορθώσεις με τη μέθοδο των εμμέσων παρατηρήσεων ή μεταβολής των συντεταγμένων όπου ο πίνακας $V_{\hat{x}}$ δίνεται από τη σχέση :

$$V_{\hat{x}} = \sigma_0 \cdot (A^T \cdot P \cdot A)^{-1} \quad (2.24)$$

όπου σ_0 – το a priori τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους το οποίο είναι ίσο με μονάδα

A – ο πίνακας σχεδιασμού και

P – ο πίνακας βαρών

είναι εύκολος ο υπολογισμός του πριν από την εκτέλεση των παρατηρήσεων.

Έτσι από τις αρχικά προγραμματισμένες παρατηρήσεις με τις αβεβαιότητες τους, υπολογίζεται ο $V_{\hat{x}}$ και τα στατιστικά στοιχεία που ενδιαφέρουν.

Μεταβάλλοντας τον αριθμό, το είδος, τις αβεβαιότητες των παρατηρήσεων αλλά και τη μέθοδο μέτρησης γίνονται διαδοχικές προσεγγίσεις ώσπου να επιτευχθεί ο ιδανικός συνδυασμός από άποψη ακρίβειας, των προβλεπομένων αποτελεσμάτων, αλλά και από άποψη οικονομίας χρόνου παραμονής στο ύπαιθρο και κόστους. Προφανώς η επιδιωκόμενη ακρίβεια εξαρτάται από τον σκοπό για τον οποίο έχει ιδρυθεί το δίκτυο.

Η προκαταρκτική αυτή μελέτη που υπαγορεύει τον βέλτιστο σχεδιασμό του δικτύου, συνήθως ονομάζεται βελτιστοποίηση (optimization). Στη βιβλιογραφία αναφέρονται τέσσερα ξεχωριστά προβλήματα σχεδιασμού, ενώ στη πράξη ακολουθείται ένας συνδυασμός τους [Αγατζά – Μπαλοδήμου Α.Μ., 2009]. Τα προβλήματα που αναφέρονται είναι :

- Σχεδιασμός μηδενικής τάξης : Αφορά στην επιλογή του κατάλληλου συστήματος αναφοράς (επιλογή εσωτερικών δεσμεύσεων ή εξωτερικών και ποιών)
- Σχεδιασμός 1^{ης} τάξης : Αφορά στην επιλογή των θέσεων των κορυφών και των παρατηρήσεων
- Σχεδιασμός 2^{ης} τάξης : Αφορά στην επιλογή των βαρών (αβεβαιότητα παρατηρήσεων)
- Σχεδιασμός 3^{ης} τάξης : Αφορά στη βελτίωση του υπάρχοντος δικτύου με προσθήκη παρατηρήσεων ή με ακριβέστερες παρατηρήσεις (χρήση ακριβέστερων οργάνων ή ακριβέστερης μεθόδου)

Τα στατιστικά μεγέθη σ' ένα γεωδαιτικό δίκτυο κατακορύφου ελέγχου τα οποία υπολογίζονται είναι :

- Τα τυπικά σφάλματα των υψομέτρων, που εξαρτώνται από το σύστημα αναφοράς και
- Τα τυπικά σφάλματα των υψομετρικών διαφορών τα οποία δεν εξαρτώνται από το σύστημα αναφοράς

Οι στόχοι του σχεδιασμού ενός δικτύου είναι :

- Ο προσδιορισμός της θέσης των σημείων αναφοράς και ελέγχου του δικτύου, δηλαδή ο προσδιορισμός της γεωμετρίας του δικτύου
- Ο καθορισμός των απαραίτητων παρατηρήσεων στο ύπαιθρο, δηλαδή ο καθορισμός των εξισώσεων παρατήρησης
- Ο καθορισμός των αβεβαιοτήτων των παρατηρήσεων, που συνδέονται με τα όργανα και τις μεθόδους που θα επιλεγούν για τις μετρήσεις

Το συνηθέστερο κριτήριο με βάση το οποίο επιτυγχάνεται ο βέλτιστος σχεδιασμός στην πράξη είναι το ίχνος $\text{tr}(V_{\hat{x}}) = \min$ [Γεωργόπουλος Γ. κ.α. 2005]. Στη συνέχεια υπολογίζεται το $\sigma_{0\text{apriori}}$ από τη σχέση 2.25 :

$$\sigma_{0\text{apriori}} = \sqrt{\frac{\text{tr}(V_{\hat{x}})}{v}} \quad (2.25)$$

όπου v οι κορυφές του δικτύου.

Η μέθοδος η οποία χρησιμοποιήθηκε στην προανάλυση - βελτιστοποίηση του σχεδιασμού είναι η ΤΡΥΑ. Οι λόγοι οι οποίοι οδήγησαν στην επιλογή της μεθόδου ΤΡΥΑ ήταν :

- Μεγάλες αποστάσεις μεταξύ των κορυφών
- Έντονο ανάγλυφο
- Αμοιβαία ορατότητα στην πλειοψηφία των υψομετρικών κορυφών
- Λιγότερος χρόνος στο πεδίο
- Μεγάλη ευελιξία
- Ικανοποιητική ακρίβεια μετρήσεων που μπορεί να επιτευχθεί ($\approx \pm 1.5\text{mm}$)

Για την επίτευξη των στόχων της βελτιστοποίησης έγινε ο βέλτιστος σχεδιασμός του δικτύου με τη μέθοδο των εμμέσων παρατηρήσεων με τις ελάχιστες εξωτερικές δεσμεύσεις (μια κορυφή με σταθερό υψόμετρο R_1 - Submarine). Στην παρούσα μελέτη η **απαιτούμενη ακρίβεια** είναι της τάξης των $\pm 2 \text{ mm}$ όπως ορίζουν οι μηχανολογικές κατασκευές.

Με βάση τις εξισώσεις παρατήρησης : $\hat{H}_j - \hat{H}_i = l + v$ μορφώθηκε ο πίνακας A για κάθε σενάριο.

Στη συνέχεια σχεδιάστηκε ο πίνακας των βαρών P χρησιμοποιώντας την σχέση :

$$P_i = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_i^2} \Rightarrow \text{όπου } \sigma_0 = 1 - \text{a priori τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους.}$$

Τα σφάλματα τα οποία συμμετέχουν στον προσδιορισμό των βαρών εξαρτώνται από τον διαθέσιμο εξοπλισμό.

Εφαρμόζοντας νόμο μετάδοσης σφαλμάτων στην σχέση που προσδιορίζει την υψομετρική διαφορά με μια, δύο και τρεις στάσεις ΤΡΥΑ προσδιορίστηκε το a priori σφάλμα στον πίνακα 2.2 με δεδομένα:

- $\sigma_z = \pm 6^{\text{cc}}$
- $z = 90^{\text{s}}$ ή 110^{s}
- $D_{ij} = 400 \text{ m}$ (Μήκος μεταξύ 2 στάσεων του οργάνου)
- $D_{iR} = 10 \text{ m}$ (Μήκος από στάση μέχρι Rèpère)
- $\sigma_{\text{DIR}} = \pm 1 \text{ mm} \pm 1.5 \text{ ppm}$ (με ανακλαστήρα)
- $\sigma_{\text{DRL}} = \pm 2 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm}$ (Reflectorless)

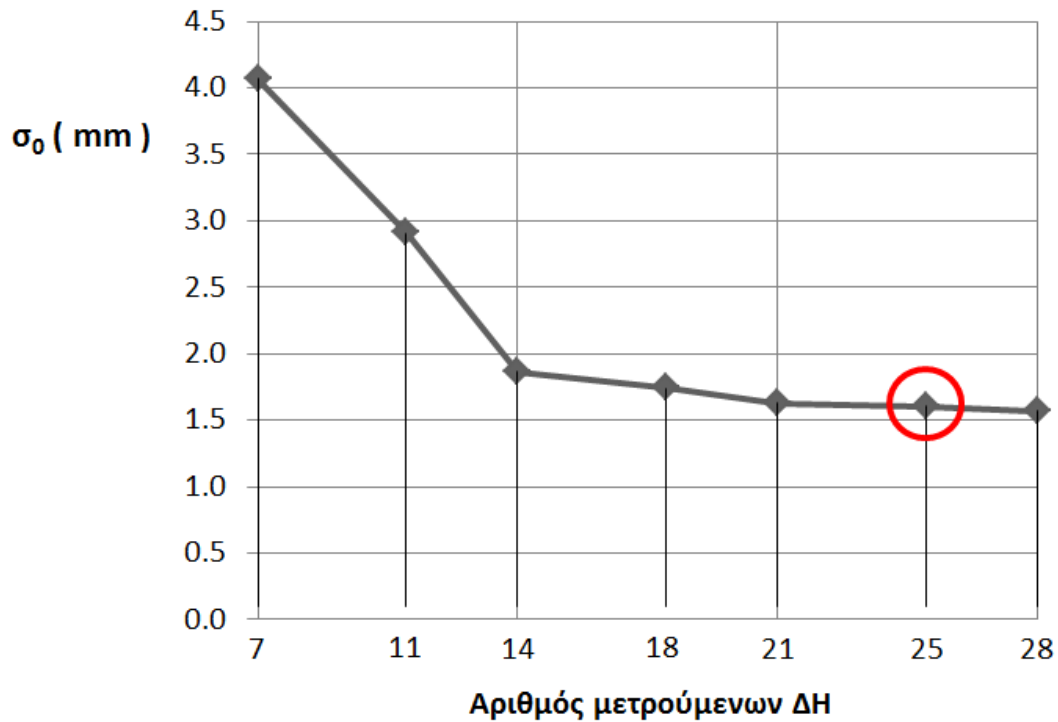
Αριθμός στάσεων	1	2	3
$\sigma_{0\text{apriori}}$ (mm)	± 0.5	± 3.2	± 4.5

Πίνακας 2.2 : Αριθμός στάσεων και a priori σφάλμα ΤΡΥΑ

Έγιναν διάφορα σενάρια με 7, 11, 14, 18, 21, 25 και 28 υψομετρικές διαφορές (σχ.2.7) με αβεβαιότητα από $\pm 1.6 - 4 \text{ mm}$ με δεδομένα :

- 2 στάσεις οργάνου λόγω αμοιβαίας ορατότητας μεταξύ περισσότερων των κορυφών
- $\sigma_z = \pm 6^{\text{cc}}$
- $z = 90^{\text{s}}$ ή 110^{s}
- $D_{ij} = 129 - 839 \text{ m}$ (Μήκος μεταξύ 2 στάσεων του οργάνου)
- $D_{iR} = 10 \text{ m}$ (Μήκος από στάση μέχρι Rèpère)
- $\sigma_{\text{DIR}} = \pm 1 \text{ mm} \pm 1.5 \text{ ppm}$ (με ανακλαστήρα)
- $\sigma_{\text{DRL}} = \pm 2 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm}$ (Reflectorless)

Από τα πάνω σενάρια επελέγη το δεύτερο σενάριο με τις 25 υψομετρικές διαφορές (ΔΗ). Ο λόγος ήταν ότι πληρούσε τις προϋποθέσεις για την απαιτούμενη ακρίβεια ($\pm 2\text{mm}$).



Σχήμα 2.7 : Διάγραμμα βελτιστοποίησης

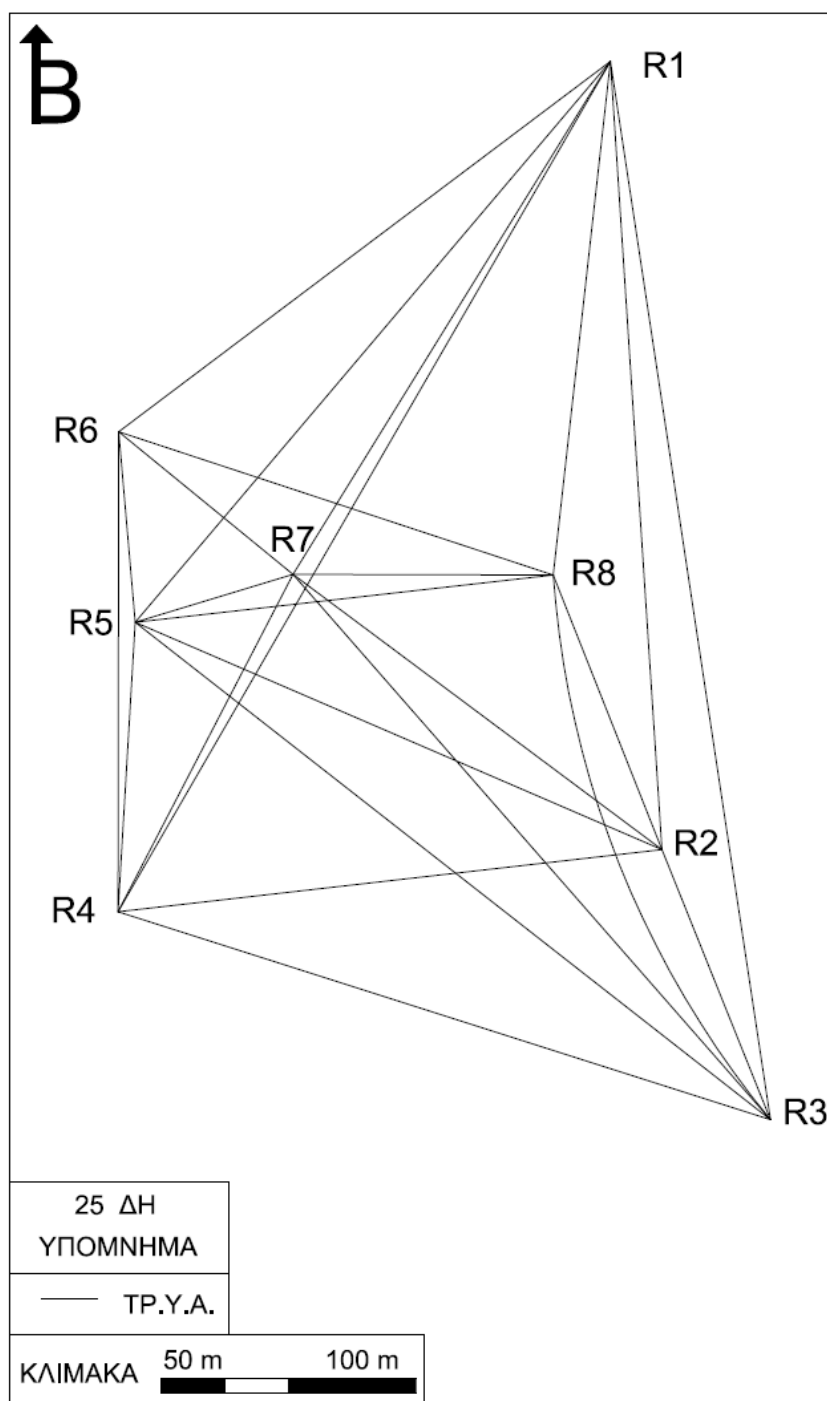
Οι υψομετρικές διαφορές οι οποίες πρόκειται να μετρηθούν παρουσιάζονται στο σχήμα 2.8. Για την επιλογή των ΔΗ που πρόκειται μετρηθούν έγινε έλεγχος με βάση τα κριτήρια :

- Η σταθερή κορυφή να συνδέεται μ' όλες τις υπόλοιπες κορυφές
- Να δημιουργούνται τέτοια τετράπλευρα τα οποία να δίνουν την δυνατότητα ελέγχου στους βρόγχους
- Να δημιουργείται μια καλή γεωμετρία του δικτύου

Για το δεύτερο σενάριο με το οποίο πρόκειται να μετρηθούν 25 ΔΗ υπολογίστηκε το μέσο σφάλμα υψομέτρου :

$$\sigma_{0_{\text{apriori}}} = \sqrt{\frac{\text{tr}(V_{\hat{x}})}{v}} = \pm 1.57 \text{ mm}$$

το οποίο ήταν ικανοποιητικό με βάση την απαιτούμενη ακρίβεια που προκαθορίστηκε $\sigma_{\text{απαιτούμενο}} = \pm 2 \text{ mm}$.

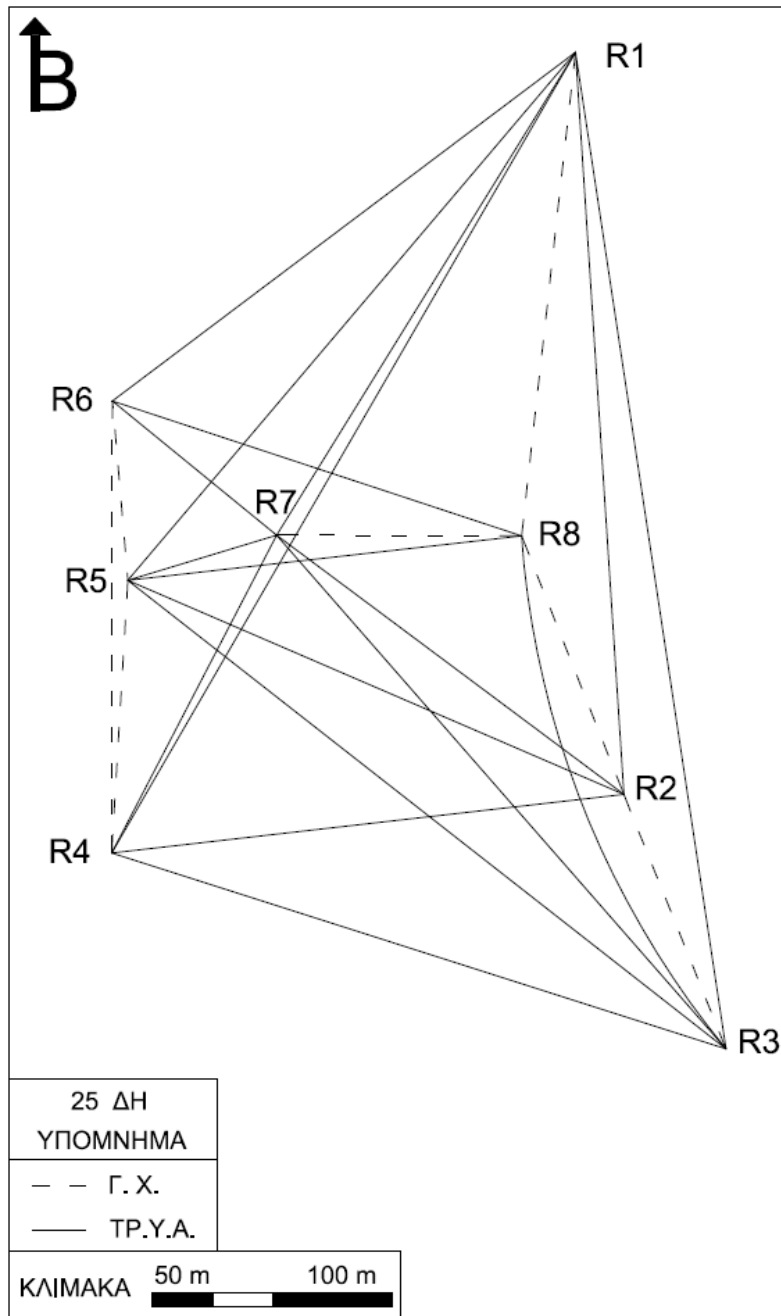


Σχήμα 2.8 : Μορφή δικτύου από βελτιστοποίηση

Κρίθηκε σκόπιμο 7 από τις 25 υψομετρικές διαφορές να γίνουν με ΓΧ οι οποίες παρεμβάλλονταν από ομαλό ανάγλυφο και από σχετικά κοντινή απόσταση. Οι λόγοι οι οποίοι οδήγησαν στη μέτρηση κάποιων ΔΗ με Γεωμετρική Χωροστάθμηση είναι :

- Επίτευξη περαιτέρω ακρίβειας, άρα αύξηση ευαισθησίας δικτύου
- Ο χρόνος μέτρησης με ΓΧ δεν αυξάνεται σε σχέση με ΤΡΥΑ

- Η ΓΧ δίνει την δυνατότητα ελέγχου του οργάνου (έλεγχος μέσω άκρου) σε αντίθεση με την ΤΡΥΑ
- Η ΓΧ είναι πιο γνώριμη στον παρατηρητή



Σχήμα 2.9 : Μορφή ΓΔΚΕ με μετρήσεις ΤΡΥΑ και ΓΧ

2.6. Μετρήσεις στοιχείων δικτύου κατακορύφου ελέγχου

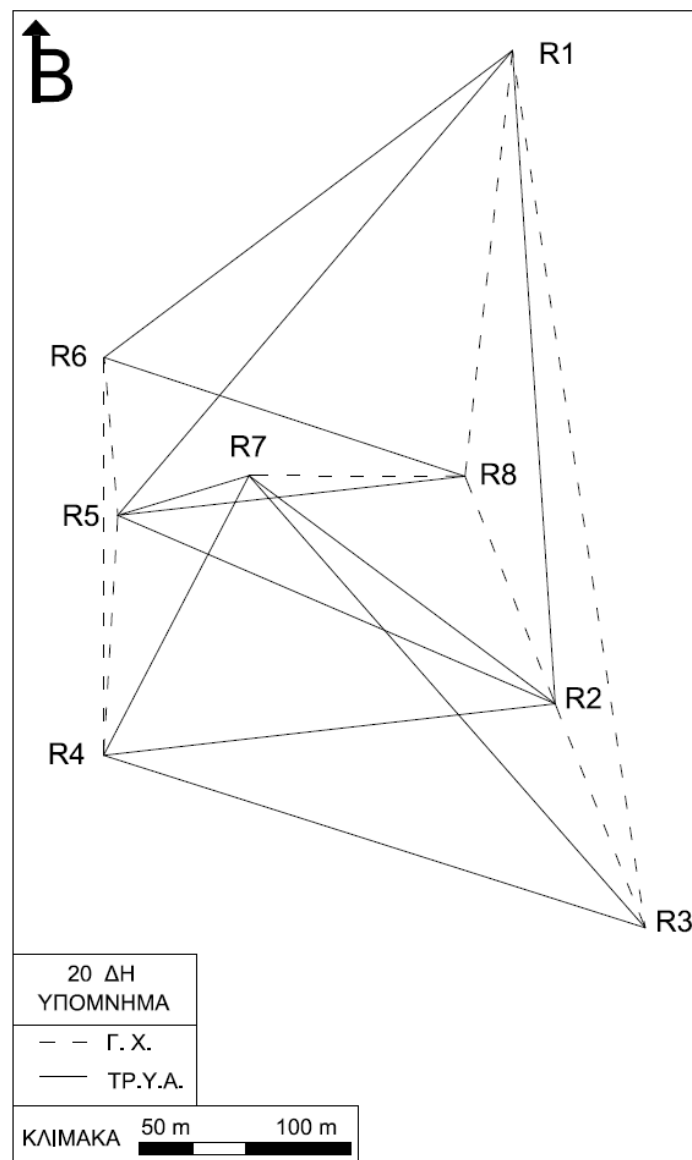
Πριν τις μετρήσεις στο ύπαιθρο προηγήθηκε προετοιμασία στην οποία δημιουργήθηκαν τα κατάλληλα έντυπα ΤΡΥΑ και ΓΧ.

Στο πεδίο μετρήθηκαν 25 ΔΗ όπως είχε προγραμματιστεί με τη διαδικασία της βελτιστοποίησης.

Όμως κατά τους ελέγχους των μοναδιαίων τριγώνων κάποιες ΔΗ οι οποίες μετρήθηκαν με ΤΡΥΑ θεωρήθηκαν δοκιμαστικές λόγω μειωμένης ακρίβειας.

Για τον λόγο αυτό κάποιες ΔΗ εκ των δοκιμαστικών οι οποίες αποτελούσαν νευραλγική σύνδεση του δικτύου επαναλήφθηκαν με ΤΡΥΑ ή όπου ήταν δυνατό με ΓΧ.

Τελικά μετρήθηκαν 20 υψομετρικές διαφορές εκ των οποίων οι 12 με ΤΡΥΑ και οι 8 με ΨΓΧ. Η τελική μορφή του ΓΔΚΕ με μετρημένες 20 ΔΗ απεικονίζεται αναλυτικά στο σχήμα 2.10.



Σχήμα 2.10 : Τελική μορφή δικτύου

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων υπήρξαν διάφορες δυσκολίες όπως:

- Έντονες κακές καιρικές συνθήκες (υγρασία, διάθλαση, θερμοκρασία, άνεμοι κλπ)
- Αβεβαιότητα λόγω απειρίας στη σκόπευση των Rèpères.
- Αβεβαιότητα στο σφάλμα δείκτη $e_{ij} = \frac{400-z_I-z_{II}}{2}$ των κατακορύφων γωνιών λόγω απειρίας σε μακρινές σκοπεύσεις

Οι έντονες καιρικές συνθήκες οι οποίες επηρέαζαν κυρίως την ΤΡΥΑ, αντιμετωπίστηκαν με προγραμματισμό των μετρήσεων κατά τις απογευματινές ή τις πρωινές ώρες στις οποίες τα καιρικά φαινόμενα εξομαλύνονταν.

Η δυσκολία στη σκόπευση αντιμετωπίστηκε τόσο με δοκιμαστικές μετρήσεις όσο και με την τοποθέτηση ειδικού παρελκόμενου (εικ.2.3) στο Rèpère το οποίο περιόριζε την αβεβαιότητα σε μεγάλο βαθμό και απέκλειε το ενδεχόμενο φυγής της δέσμης προς τα πίσω. Το παρελκόμενο αυτό ήταν ένα παχύμετρο με βίδα πάκτωσης του πτυσσόμενου βραχίονα. Έτσι υπήρχε η δυνατότητα πάκτωσης στην επιθυμητή θέση πάνω στο μπουλόνι όπως φαίνεται στο σχήμα 2.3.



α



β

Εικόνα 2.3 : Ειδικό παρελκόμενο για σκόπευση σε Rèpère

Η αβεβαιότητα στο σφάλμα δείκτη των κατακορύφων γωνιών αντιμετωπίστηκε με δοκιμαστικές μετρήσεις για την εξοικείωση του παρατηρητή στις σκοπεύσεις.

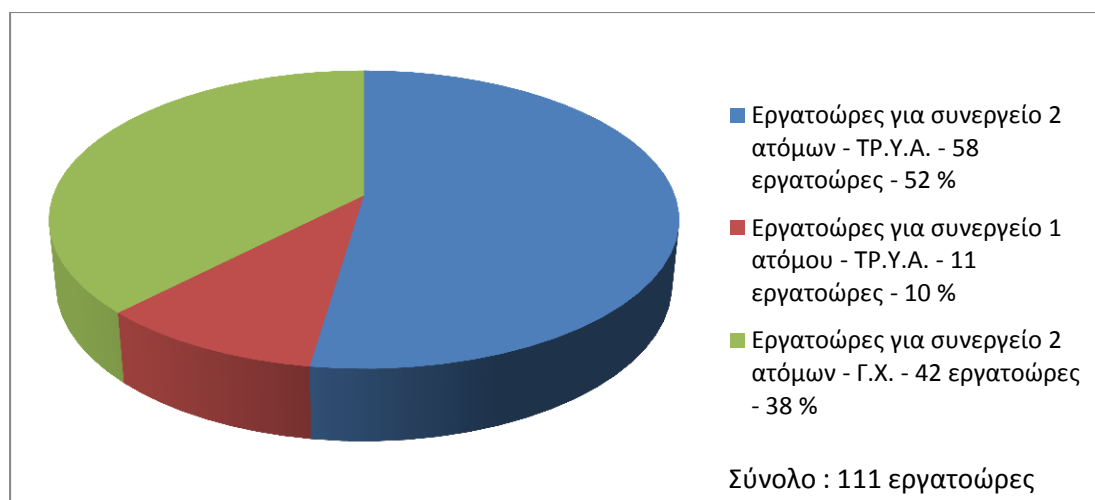
Οι θετικοί παράγοντες κατά τη διάρκεια των μετρήσεων ήταν :

- Περιορισμένη κίνηση ανθρωπίνου δυναμικού και οχημάτων εντός του εργοστασίου
- Εύκολη πρόσβαση στις υψομετρικές κορυφές με χρήση αυτοκινήτου

Οι μετρήσεις της ΓΧ έγιναν με τη χρήση μιας σταδίας και μιας χελώνας. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων το συνεργείο αποτελείτο κυρίως από δύο άτομα και σε κάποιες μετρήσεις από ένα.

Επίσης έγινε ο έλεγχος του μέσου – άκρου πριν και μετά από κάθε μέτρηση ο οποίος δεν έδειξε κάποια απόκλιση της σκοπευτικής γραμμής του χωροβάτη. Οι υψομετρικές διαφορές με την μέθοδο της ΓΧ έγιναν σε μετάβαση και επιστροφή (aller - retour) διατηρώντας τον μέσο όρο.

Για την μέθοδο της ΤΡΥΑ έγιναν μετρήσεις κατακορύφων γωνιών και κεκλιμένων μηκών με την μέθοδο των πλήρων περιστροφών σε 2 ή περισσότερες περιόδους. Στις κατακόρυφες γωνίες κατά τη διάρκεια των μετρήσεων γινόταν έλεγχος και προσπάθεια έτσι ώστε το σφάλμα δείκτη να μην ξεπερνάει τα 10° . Η οριζοντίωση των εμπροσθεν τριπόδων γινόταν με ΟΓΣ. Τα έντυπα των μετρήσεων επισυνάπτονται στο παράρτημα μετρήσεων.



Σχήμα 2.11 : Απεικόνιση εργατωρών πεδίου ΓΔΚΕ

Επίσης διανύθηκαν συνολικά 9 χιλιόμετρα χωροσταθμικής όδευσης.

Αξίζει να σημειωθεί η διαφορά χρόνου στη μέτρηση της υψομετρικής διαφοράς μεταξύ των υψομετρικών κορυφών R_1 , R_3 που απέχουν περίπου 843 m η οποία μετρήθηκε και με τις δύο μεθόδους :

- Χρόνος ΤΡΥΑ : 1 ώρα (2 στάσεις)
- Χρόνος ΨΓΧ : 4 ώρες (16 στάσεις - aller - retour \approx 2 km χωροσταθμικής όδευσης)

Οι μετρήσεις πεδίου έγιναν σε δύο χρονικές περιόδους μεταξύ 03 - 23/04/2015 και 12 - 17/07/2015. Χρειάστηκαν συνολικά 111 εργατοώρες.

2.7. Κλείσιμο τριγώνων

Για τη μέθοδο της ΓΧ έγινε υπολογισμός των υψομετρικών διαφορών σε μετάβαση και επιστροφή διατηρώντας τον μέσο όρο. Ελέγχθηκε το κλείσιμο μετάβασης και επιστροφής για ύπαρξη χονδροειδούς σφάλματος πράγμα το οποίο δεν διαπιστώθηκε.

Ακολούθησε η επεξεργασία των μετρήσεων όπου υπολογίστηκαν οι γενικοί μέσοι όροι τόσο για τις κατακόρυφες γωνίες όσο και για τα μήκη και υπολογίστηκαν με τη μέθοδο της ΤΡΥΑ οι υψομετρικές διαφορές μεταξύ των στάσεων του οργάνου και οι τελικές υψομετρικές διαφορές μεταξύ των υψομετρικών κορυφών.

Έγινε έλεγχος στη διαφορά των υψομετρικών διαφορών μεταξύ των στάσεων του οργάνου για την ύπαρξη χονδροειδούς σφάλματος όπως λανθασμένη οριζοντίωση, μεταβολή στη θέση του τρίποδα κλπ.

Το κλείσιμο των μοναδιαίων τριγώνων μπορεί να ανιχνεύσει ποιές υψομετρικές διαφορές είναι προβληματικές. Για την ακριβή εύρεση της προβληματικής υψομετρικής αφετηρίας η οποία δημιουργούσε το πρόβλημα έγινε χρήση των τετραπλεύρων τα οποία περιείχαν τις κορυφές του μοναδιαίου τριγώνου το οποίο “έκλεινε” πέραν των τριών χιλιοστών και μιας γειτονικής κορυφής.

Έτσι παραλείποντας μια υψομετρική διαφορά του μοναδιαίου τριγώνου παρατηρήθηκε αν “έκλεινε” το τετράπλευρο με ικανοποιητική ακρίβεια.

Έστω ότι το μοναδιαίο τρίγωνο 2-7-8 του σχήματος 2.9 δεν “έκλεινε” με ικανοποιητική ακρίβεια. Υπήρχε η υποψία ότι η προβληματική μέτρηση είναι η 2-7 η οποία έγινε με τη μέθοδο της ΤΡΥΑ. Υπολογιζόταν το κλείσιμο του τετραπλεύρου 2-5-7-8.

Αν “έκλεινε” το τετράπλευρο 2-5-7-8 ικανοποιητικά τότε η προβληματική μέτρηση ήταν η 2-7 αν όχι γινόταν παρόμοιος έλεγχος και για τις υψομετρικές διαφορές 7-8 και 2-8 για να διαπιστωθεί ποια από τις

τρεις δημιουργουσε το προβλημα. Επισης ελεγχθηκε αν καποια υψομετρικη διαφορα συμμετειχε μονο σε προβληματικα τριγωνα.

Υποψια δημιουργουσε επισης το γεγονος αν μια υψομετρικη διαφορα η οποια προεκυψε με την μεθοδο της ΤΡΥΑ ειναι προβληματικη, το αν χρησιμοποιηθηκαν περαν των τριων στασεων πραγμα το οποιο αυξανει την αβεβαιότητα του προσδιορισμου της συγκεκριμενης υψομετρικης διαφορας.

Στις περιπτωσης όπου ενα μοναδιαιο τριγωνο ηταν προβληματικο αλλα περιειχε και εξωτερικη πλευρα του δικτυου, γινotan ελεγχος με τις δυο υψομετρικες διαφορες οι οποιες καλυπτονταν απο τετραπλευρα.

Μετα τους ελεγχους των μοναδιαιων τριγωνων καποιες υψομετρικες διαφορες απεδειχθησαν προβληματικες ξαναμετρηθηκαν για τον λογο οτι αποτελουσαν νευραλγικη συνδεση του δικτυου π.χ. εξωτερικη πλευρα του δικτυου, καθε υψομετρικη κορυφη επρεπε να συνδεοταν με τουλαχιστον αλλες τεσσερις κορυφες.

Στο σχημα 2.12 παρουσιάζονται τα μοναδιαια τριγωνα με τα κλεισιματα τους.

Η αβεβαιότητα των κορυφών από την βελτιστοποίηση είναι :

$$\sigma_{H_{Ri}} = \pm 1.6 \text{ mm} \Rightarrow$$

Εφαρμόζοντας νόμο μετάδοσης σφαλμάτων στη σχέση η οποία δίνει την υψομετρικη διαφορα 2 κορυφων προκύπτει :

$$\sigma_{\Delta H_{RiRj}} = \pm \sqrt{2^2 + 2^2} = 2.5 \text{ mm} \Rightarrow$$

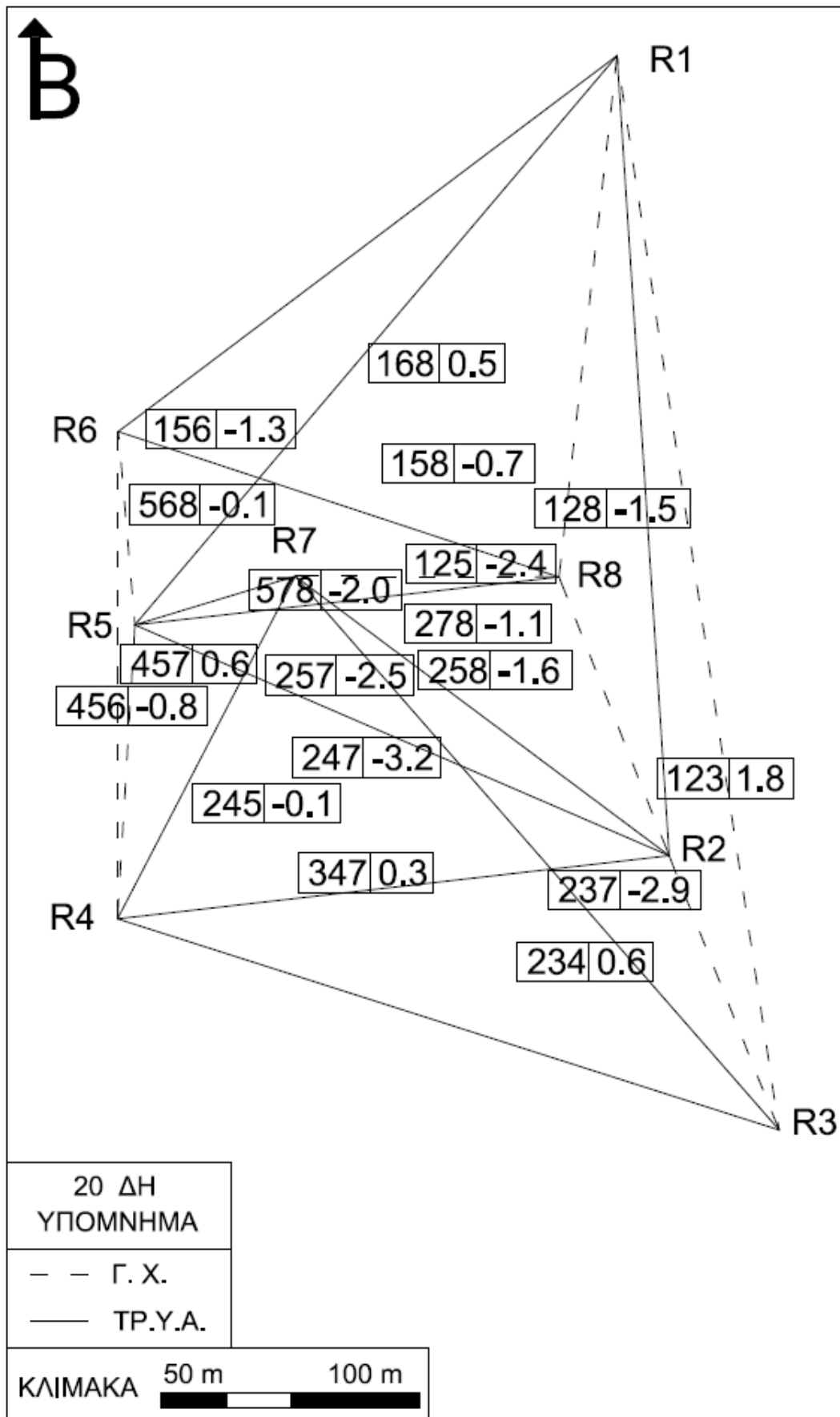
Εφαρμόζοντας νόμο μετάδοσης σφαλμάτων στη σχέση η οποία προσδιορίζει το κλεισιμο σ' ένα μοναδιαιο τριγωνο ή υψομετρικό βρόγχο προκύπτει :

$$\sigma_{\kappa\lambda} = \sqrt{2.5^2 + 2.5^2 + 2.5^2} = \pm 4.4 \text{ mm} \Rightarrow$$

Με θεώρηση για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% προκύπτει :

$$\sigma_{\kappa\lambda} \cdot z_{95\%} = \pm 8.6 \text{ mm}$$

Παρατηρείται ότι όλοι οι βρόγχοι “κλείνουν” εντός του ορίου ($\pm 8.6 \text{ mm}$) για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.



Σχήμα 2.12 : Κλείσιμο μοναδιαίων τριγώνων υψομετρικού δικτύου

2.8. Συνόρθωση δικτύου

Η επίλυση του δικτύου έγινε με τη μέθοδο των εμμέσων παρατηρήσεων με τις ελάχιστες εξωτερικές δεσμεύσεις [Αγατζά – Μπαλοδήμου Α.Μ., 2009].

Αρχικά έγινε επίλυση με ισοβαρείς παρατηρήσεις με δεδομένα $n = 20$, $m = 7$, $r = 13$ και $H_{R1} = 34.3824$ m. Σκοπός της επίλυσης αυτής ήταν ο υπολογισμός του πίνακα V_1 ώστε να δοθούν οι ρεαλιστικές τιμές στις αβεβαιότητες των ΔH .

ΔH_{ij} (m)		$\sigma_{\Delta H_{priori}}$ (mm)	ΔH_{ij} (m)		$\sigma_{\Delta H_{priori}}$ (mm)
ΔH_{R1R2}	-24.5539	± 1.5	ΔH_{R3R4}	31.5269	± 1.6
ΔH_{R1R3}	-25.5986	± 1.6	ΔH_{R3R7}	14.5422	± 1.6
ΔH_{R1R5}	27.6594	± 1.5	ΔH_{R4R5}	21.7274	± 1.5
ΔH_{R1R6}	26.2766	± 1.6	ΔH_{R4R6}	20.3441	± 1.6
ΔH_{R1R8}	-11.1316	± 1.5	ΔH_{R4R7}	-16.9844	± 1.5
ΔH_{R2R3}	-1.0429	± 1.5	ΔH_{R5R6}	-1.3841	± 1.5
ΔH_{R2R4}	30.4834	± 1.5	ΔH_{R5R7}	-38.7112	± 1.5
ΔH_{R2R5}	52.2109	± 1.4	ΔH_{R5R8}	-38.7916	± 1.4
ΔH_{R2R7}	13.5021	± 1.4	ΔH_{R6R8}	-37.4077	± 1.6
ΔH_{R2R8}	13.4208	± 1.5	ΔH_{R7R8}	-0.0825	± 1.5

Πίνακας 2.3 : Τελικές υψομετρικές διαφορές και αβεβαιότητες για εε 95%

Στη συνέχεια έγινε η τελική επίλυση του ΓΔΚΕ με ανισοβαρείς παρατηρήσεις όπου για βάρη χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές για κάθε παρατήρηση από τον πίνακα V_1 . Οι αβεβαιότητες για τον πίνακα βαρών θεωρήθηκαν για επίπεδο εμπιστοσύνης 95 % και πολλαπλασιάστηκαν με το 1.96 (πιν.2.3).

Η επίλυση έγινε στα λογισμικά Microsoft Excel και Matlab.

Η επίλυση του δικτύου προσδιόρισε τις καλύτερες τιμές των υψομέτρων των κορυφών (πίν. 2.5) και το a posteriori τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους $\hat{\sigma}_0 = \pm 0.8$ mm.

Στον πίνακα 2.5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της συνόρθωσης του Γεωδαιτικού Δικτύου Κατακορύφου Ελέγχου.

Παρατηρείται ότι οι αβεβαιότητες των κορυφών κυμαίνονται από ± 0.7 - ± 0.8 mm.

Υψόμετρα και αβεβαιότητες επίλυσης					
Rèpère	H (m)	σ_H (mm)	Rèpère	H (m)	σ_H (mm)
H _{R1}	34.3824	-	H _{R5}	62.0411	±0.7
H _{R2}	9.8291	±0.7	H _{R6}	60.6577	±0.8
H _{R3}	8.7860	±0.8	H _{R7}	23.3301	±0.8
H _{R4}	40.3135	±0.8	H _{R8}	23.2496	±0.7

Πίνακας 2.4 : Υψόμετρα και αβεβαιότητες ΓΔΚΕ

Έγινε ολικός έλεγχος αξιοπιστίας test χ^2 με επίπεδο εμπιστοσύνης $p = 95\%$, $r = 13$, $\hat{\sigma}_0 = \pm 0.8$ και $\chi^2_{(13, 0.95)} = 22.36 \Rightarrow$

$$\frac{r \cdot \hat{\sigma}_0^2}{\chi^2_{(13, 0.95)}} = 0.37 < \hat{\sigma}_0^2 = 1, \text{ ο οποίος αξιολογείται θετικά.}$$

Πραγματοποιήθηκε σάρωση δεδομένων κατά Baarda για τυχόν ύπαρξη χονδροειδούς λάθους στις μετρήσεις με βάση τα υπόλοιπα και τα σφάλματα των υπολοίπων των μετρήσεων.

Τα δεδομένα για τη σάρωση δεδομένων είναι $r = 13$, $p = 95\% \Rightarrow$

$$(F_{(0.95, 13, 13)})^{0.5} = 1.6063 \text{ (πίν.2.6).}$$

	$w_i = \text{abs}(u_i / \sigma_{u_i})$		$w_i = \text{abs}(u_i / \sigma_{u_i})$
ΔH_{R1R2}	0.6894	ΔH_{R3R4}	0.4188
ΔH_{R1R3}	2.2651	ΔH_{R3R7}	1.7234
ΔH_{R1R5}	0.5585	ΔH_{R4R5}	0.2702
ΔH_{R1R6}	1.1561	ΔH_{R4R6}	0.0962
ΔH_{R1R8}	1.1030	ΔH_{R4R7}	1.0496
ΔH_{R2R3}	0.0526	ΔH_{R5R6}	0.6138
ΔH_{R2R4}	0.9896	ΔH_{R5R7}	0.2371
ΔH_{R2R5}	1.1494	ΔH_{R5R8}	0.1154
ΔH_{R2R7}	1.1094	ΔH_{R6R8}	0.4169
ΔH_{R2R8}	0.3434	ΔH_{R7R8}	1.7650

Πίνακας 2.5 : Σάρωση δεδομένων κατά Baarda για $\epsilon \leq 95\%$

Παρατηρείται ότι εκτός των υψομετρικών διαφορών ΔH_{R1R3} , ΔH_{R3R7} και ΔH_{R7R8} οι υπόλοιπες μετρήσεις είναι αποδεκτές.

Συγκεκριμένα οι ΔH_{R3R7} και ΔH_{R7R8} αν και είναι ελάχιστα μεγαλύτερες της τιμής σύγκρισης κατά Baarda θεωρούνται αποδεκτές.

Κρίθηκε σκόπιμο οι συγκεκριμένες υψομετρικές διαφορές να μην θεωρηθούν λάθος και να χρησιμοποιηθούν στην επίλυση λόγω μεγαλύτερης ακρίβειας.

Τελικά παρατηρείται ότι επετεύχθη ο στόχος της αβεβαιότητας του υψομετρικού δικτύου. Η **αβεβαιότητα προσδιορισμού** είναι της τάξης του $\pm 1 \text{ mm}$ άρα η **ευαισθησία του δικτύου** είναι της τάξης των $\pm 2 \text{ mm}$ για εε 95% δηλαδή το υψομετρικό δίκτυο μπορεί να ανιχνεύσει μετακινήσεις μεγαλύτερες των 2 mm.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΡΙΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

3.1. Γενικά

Τριδιάστατο δίκτυο ή δίκτυο τριδιάστατου ελέγχου ορίζεται ένα σύνολο από σημεία της ΦΓΕ των οποίων είναι γνωστές οι θέσεις στον χώρο, ως προς κάποιο σύστημα αναφοράς (Γεωκεντρικό, Τοποκεντρικό). Στα τριδιάστατα δίκτυα οι μετρήσεις μπορούν να γίνουν με :

- επίγειες μεθόδους
- συστήματα GNSS

Τα τριδιάστατα δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στους παρακάτω τομείς :

- Έλεγχος μετακινήσεων, παραμορφώσεων σε φυσικές ή τεχνητές κατασκευές
- Αποτυπώσεις κατασκευών
- Χαράξεις τεχνικών έργων
- Βιομηχανική Γεωδαισία (έλεγχος ορθότητας βιομηχανικών κατασκευών σύμφωνα με τις αρχικές προδιαγραφές) κλπ.

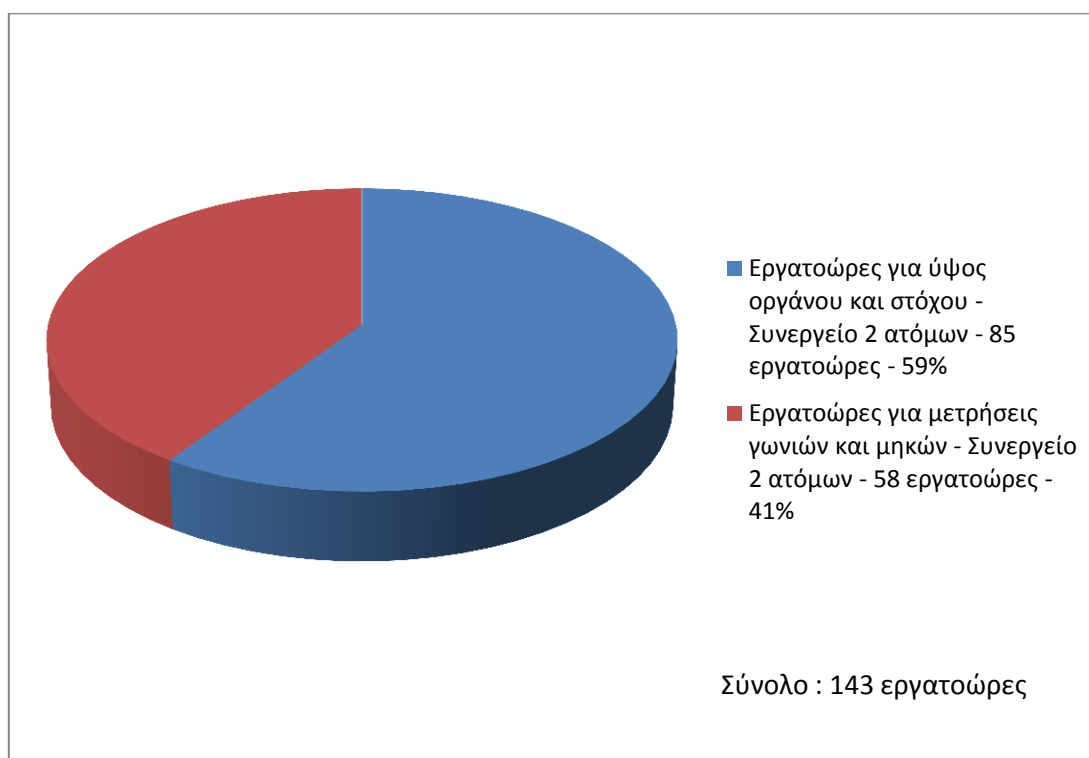
3.2. Μετρήσεις στοιχείων δικτύου τριδιάστατου ελέγχου

Πριν τις μετρήσεις στο ύπαιθρο προηγήθηκε προετοιμασία στην οποία δημιουργήθηκαν τα κατάλληλα έντυπα μετρήσεων ύψους οργάνου και στόχου, γωνιών και μηκών του ΟΓΣ στο λογισμικό Microsoft Excel. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε είναι ο ακόλουθος :

- 1 ΟΓΣ - Leica TCR1202+ (πιν.2.1)
- 1 Ψηφιακός Χωροβάτης - Leica SPRINTER 150 (πιν.3.4)
- 1 τρίποδας
- 7 κατάφωτα με βάσεις και τρικόχλια
- 1 σταδία
- 2 χελώνες
- Υπολογιστής πεδίου Getac B300
- 1 ζεύγος ασύρματων επικοινωνίας

Οι μετρήσεις πεδίου πραγματοποιήθηκαν κατά την περίοδο 22/06-09/07/2015. Η καταγραφή των μετρήσεων έγινε σε υπολογιστή πεδίου πράγμα το οποίο επιτάχυνε σημαντικά τις διαδικασίες. Συνολικά χρειάστηκαν 143 εργατοώρες (σχ.3.1).

Στο σχήμα 3.1 παρουσιάζεται η κατανομή των εργατοωρών, από το οποίο διαπιστώνεται πόσο χρονοβόρα είναι η διαδικασία προσδιορισμού του ύψους στόχου-οργάνου.



Σχήμα 3.1 : Στατιστικά εργατοωρών πεδίου ΓΔΤΕ

Στο σχήμα 3.2 παρουσιάζεται η απεικόνιση των εργατοωρών ανά κορυφή.

Η κορυφή η οποία απαιτεί τις περισσότερες εργατοώρες είναι η κορυφή 5 η οποία έχει αμοιβαία ορατότητα με 7 από τις υπόλοιπες κορυφές.

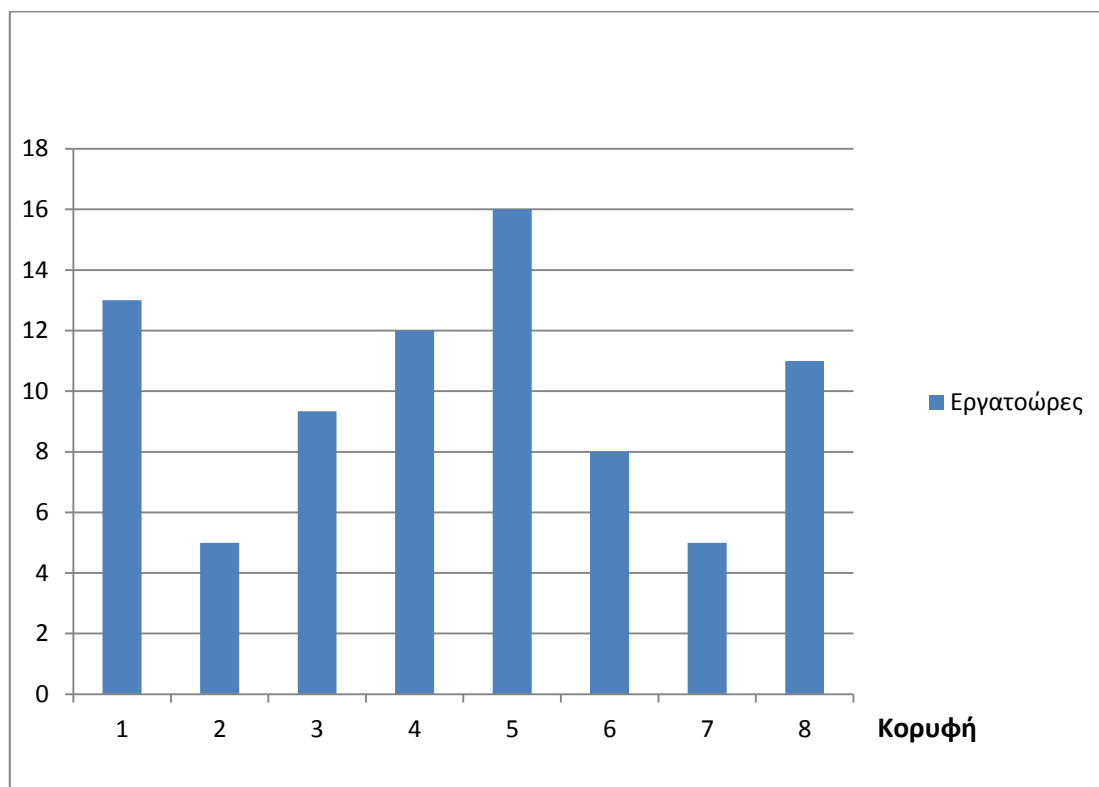
Στην 2^η θέση με τις περισσότερες εργατοώρες είναι η κορυφή 1 (σταθερή κορυφή) η οποία έχει αμοιβαία ορατότητα με 6 κορυφές.

Στην 3^η θέση με τις περισσότερες εργατοώρες είναι οι κορυφές 4 και 8 οι οποίες έχουν αμοιβαία ορατότητα με 5 κορυφές.

Στην 4^η θέση με τις περισσότερες εργατοώρες είναι οι κορυφές 3, 4, 6 και 8 οι οποίες έχουν αμοιβαία ορατότητα με 5 κορυφές.

Οι κορυφές οι οποίες απαιτούν τις λιγότερες εργατοώρες είναι οι κορυφές 2 και 7 οι οποίες έχουν αμοιβαία ορατότητα με 4 από τις υπόλοιπες κορυφές.

Κατά μέσο όρο κάθε κορυφή χρειάζεται περίπου 10 εργατοώρες.



Σχήμα 3.2 : Εργατοώρες ανά κορυφή ΓΔΤΕ

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων γινόταν σε πρώτο στάδιο η μέτρηση ύψους οργάνου και στόχου με την κατάλληλη διαδικασία για την επίτευξη μέγιστης δυνατής ακρίβειας όπως περιγράφεται στην παράγραφο 3.2.1.

Στο πεδίο έγιναν μετρήσεις οριζόντιων γωνιών, κατακόρυφων γωνιών σε δύο περιόδους (I και II θέση τηλεσκοπίου - εικ. 3.1.β και 3.1.γ) και μηκών (2 μετρήσεις) και όπου κρίθηκε σκόπιμο σε περισσότερες.

Στους πίνακες 3.1, 3.2 και 3.3 παρουσιάζονται οι παρατηρήσεις των οριζόντιων γωνιών, των κατακόρυφων γωνιών και των μηκών.

Μετρήθηκαν συνολικά 36 οριζόντιες γωνίες, 24 κατακόρυφες γωνίες και 24 μήκη.

Τα μήκη είναι αναγμένα από το κέντρο οργάνου και στόχων στη στέψη των βάθρων, έτσι ώστε να μπορούν να υπολογιστούν οι μέσοι όροι μετάβασης και επιστροφής.

Οριζόντιες γωνίες (°)							
β_{312}	5.3976	β_{632}	23.9626	β_{167}	84.7395	β_{489}	5.2989
β_{218}	11.2020	β_{238}	0.1673	β_{763}	8.0909	β_{985}	29.4617
β_{815}	37.7000	β_{831}	14.5925	β_{157}	36.4777	β_{679}	225.4959
β_{516}	14.1470	β_{382}	0.1651	β_{758}	11.6159	β_{974}	61.3329
β_{123}	179.8429	β_{284}	82.0621	β_{254}	77.8473	β_{369}	1.7652
β_{325}	150.2502	β_{581}	114.2067	β_{651}	50.2359	β_{965}	41.0210
β_{528}	50.0800	β_{183}	168.8056	β_{843}	61.5614	β_{859}	28.5501
β_{821}	19.8269	β_{576}	62.4085	β_{547}	26.6792	β_{952}	4.5456
β_{436}	32.0807	β_{475}	50.7627	β_{819}	16.7536	β_{749}	23.8074

Πίνακας 3.1 : Πίνακας οριζόντιων γωνιών ΓΔΤΕ

Κατακόρυφες γωνίες (°)							
z_{21}	97.4951	z_{25}	92.6549	z_{74}	96.3780	z_{19}	98.9293
z_{31}	98.0687	z_{28}	96.3300	z_{84}	97.4859	z_{49}	99.2245
z_{15}	96.9446	z_{34}	96.2687	z_{65}	99.4442	z_{95}	93.6538
z_{16}	96.5240	z_{36}	95.5624	z_{75}	81.4961	z_{96}	96.1060
z_{81}	98.2648	z_{38}	98.0008	z_{85}	92.5533	z_{79}	88.7157
z_{32}	99.6958	z_{45}	93.9435	z_{76}	86.7178	z_{89}	92.9484

Πίνακας 3.2 : Πίνακας κατακόρυφων γωνιών ΓΔΤΕ

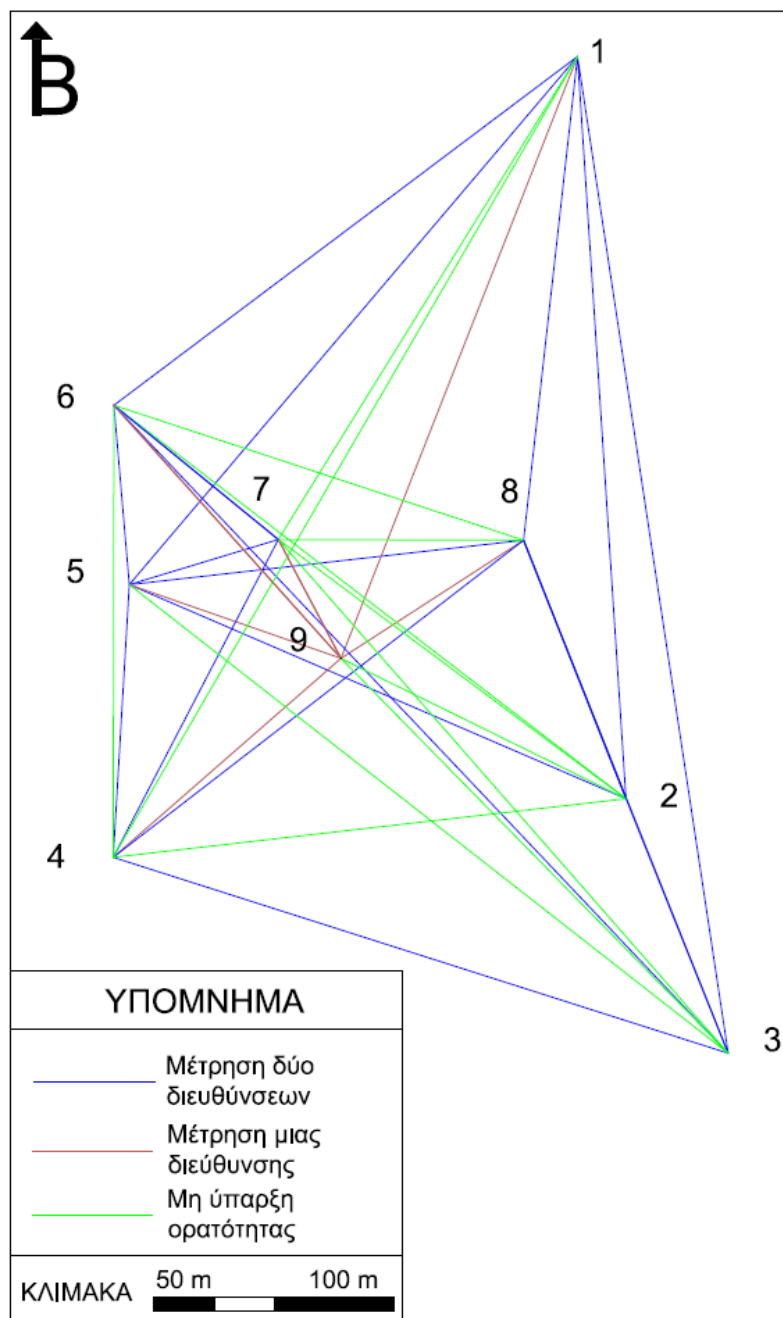
Μήκη αναγμένα στην στέψη των βάθρων (m)							
D_{21}	620.2760	D_{25}	453.1569	D_{74}	298.8376	D_{19}	538.8995
D_{31}	840.3297	D_{28}	232.0499	D_{84}	432.2238	D_{49}	251.8405
D_{15}	577.4918	D_{34}	538.2707	D_{65}	150.0132	D_{95}	187.4441
D_{16}	483.7492	D_{36}	745.4092	D_{75}	135.1099	D_{96}	283.7624
D_{81}	405.6888	D_{38}	460.3794	D_{85}	332.4307	D_{79}	113.8217
D_{32}	228.4904	D_{45}	228.6614	D_{76}	180.5860	D_{89}	182.2590

Πίνακας 3.3 : Πίνακας μηκών ΓΔΤΕ

Στο σχήμα 3.2 παρουσιάζεται η μορφή του ΓΔΤΕ. Φαίνεται με ενάργεια ποιες κορυφές έχουν αμοιβαία ορατότητα (μπλε γραμμή) και ποιες όχι (πράσινη γραμμή).

Παρατηρείται ότι στην κορυφή 9 δεν υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης ΟΓΣ, επομένως οι παρατηρήσεις προς τη συγκεκριμένη κορυφή γίνονται μονοσήμαντα (καφέ γραμμή).

Η κορυφή 5 έχει την πλεονεκτική θέση να έχει τη δυνατότητα σκόπευσης σε 7 κορυφές.



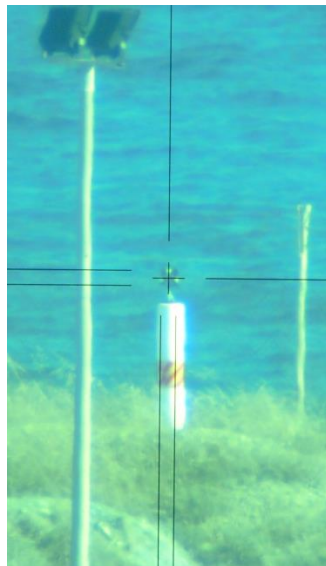
Σχήμα 3.3 : Μορφή ΓΔΤΕ

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων υπήρξαν διάφορες δυσκολίες όπως:

- Έντονες καιρικές συνθήκες (υγρασία, διάθλαση, θερμοκρασία, άνεμοι κλπ)
- Μεγάλες τιμές στο σφάλμα δείκτη $e = \frac{400 - z_I - z_{II}}{2}$ των κατακορύφων γωνιών λόγω απειρίας σε μακρινές σκοπεύσεις
- Μεταβολή στην οριζοντίωση του ΟΓΣ στην κορυφή “1-SUBMARINE” λόγω θερμοδιαστολής του μετάλλου. Γι’ αυτόν τον λόγο κατασκευάστηκε ειδικό κάλυμμα για την θερμομόνωση του βάρους (εικ.3.1.α)
- Αβεβαιότητα στην σκόπευση της κορυφής “3-THALASSA” λόγω της διάθλασης που υπήρχε (εικ.3.1.β)



α



β



γ

Εικόνα 3.1 : Κορυφές 1-S, 3-T και 2-P

Οι έντονες καιρικές συνθήκες αντιμετωπίστηκαν με προγραμματισμό των μετρήσεων κατά τις απογευματινές ή τις πρωινές ώρες στις οποίες τα καιρικά φαινόμενα εξομαλύνονταν.

Η ελαχιστοποίηση της τιμής του σφάλματος δείκτη των κατακορύφων γωνιών αντιμετωπίστηκε με δοκιμαστικές μετρήσεις για την εξοικείωση του παρατηρητή στις σκοπεύσεις.

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων το συνεργείο αποτελείτο από δύο άτομα. Ανάλογα με το σημείο (πρωινό ή απογευματινό) στο οποίο θα πραγματοποιούνταν οι σκοπεύσεις προγραμματίζονταν πρωινές μετρήσεις (7 - 11 πμ) ή απογευματινές μετρήσεις (4 - 11 μμ) έτσι ώστε ο

ήλιος να βρίσκεται όπισθεν του παρατηρητή και να μην δυσχεραίνει τις σκοπεύσεις.

Τα πρωινά σημεία ήταν τα σημεία 2 και 7. Τα απογευματινά σημεία ήταν τα σημεία 1, 3, 4, 5, 6 και 8.

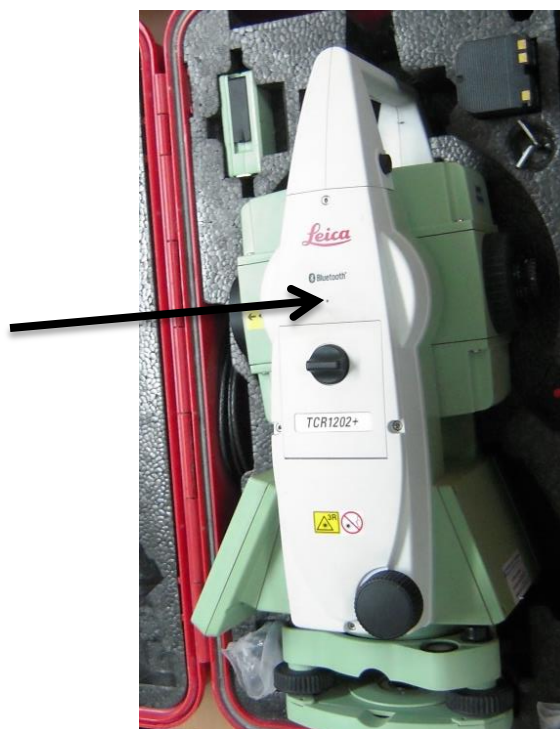
Οι μετρήσεις γωνιών διεξήχθησαν σε δύο περιόδους και όπου κρίθηκε σκόπιμο σε περισσότερες.

3.2.1. Μέτρηση ύψους οργάνου και στόχου

Για τον προσδιορισμό μιας υψομετρικής διαφοράς με τη μέθοδο της τριγωνομετρικής υψομετρίας, είναι απαραίτητη η μέτρηση του ύψους του οργάνου και του ύψους του στόχου πάνω από τα σημεία της ΦΓΕ, όπου τοποθετούνται.

Το ΥΟ μετράται, αφού έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία κέντρωσης και οριζοντίωσής του, με μετροταινία κατακόρυφα από το σημείο κέντρωσης έως το κέντρο του οργάνου δηλαδή το σημείο τομής των τριών αξόνων του. Στο σημείο αυτό αναφέρονται οι μετρήσεις μηκών και γωνιών που πραγματοποιούνται.

Το σημείο αυτό υλοποιείται στη μία ή και στις δύο πλευρές στο εξωτερικό περίβλημα σε όλους τους γεωδαιτικούς σταθμούς (εικ.3.2)



Εικόνα 3.2 : Σημείο μέτρησης ύψους οργάνου

Αυτή η διαδικασία μέτρησης του ύψους οργάνου παρέχει αβεβαιότητα της τάξης των $\pm 2 \text{ mm} - \pm 5 \text{ mm}$. Το σφάλμα αυτό μεταφέρεται ακέραιο στο σφάλμα υπολογισμού της υψομετρικής διαφοράς.

Η τάξη μεγέθους του σφάλματος αυτού επηρεάζει σημαντικά τη διαδικασία μέτρησης και επίλυσης ενός ΓΔΤΕ. Αυτό εξηγείται εφόσον οι ζητούμενες ακρίβειες είναι της τάξης των $\pm 1 \text{ mm} - \pm 2 \text{ mm}$.

Επίσης η αδυναμία στα ΓΔΤΕ είναι η τρίτη διάσταση δηλαδή τα ορθομετρικά υψόμετρα.

Αυτός είναι ένας λόγος περαιτέρω, ο οποίος υπαγορεύει την αποφυγή σφαλμάτων στην όλα διαδικασία μέτρησης και επίλυσης ενός ΓΔΤΕ.

Στην περίπτωση που απαιτείται μικρότερη αβεβαιότητα στον προσδιορισμό του ύψους οργάνου ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία :

Σε προσημασμένο σημείο B, κοντά στο σημείο στάσης A του γεωδαιτικού σταθμού, τοποθετείται σταδία. Χρησιμοποιώντας το γεωδαιτικό σταθμό ως χωροβάτη, δηλαδή τοποθετώντας τη σκοπευτική του γραμμή σε οριζόντια θέση (ένδειξη 100° στη ζενίθια γωνία), λαμβάνεται από τον παρατηρητή η ανάγνωση e πάνω στη σταδία σε πρώτη (Iⁿ) και δεύτερη (IIⁿ) θέση τηλεσκοπίου (300°) (σχ.3.3.α).

$$\text{Τελικά } e = \frac{e^I + e^{II}}{2}.$$

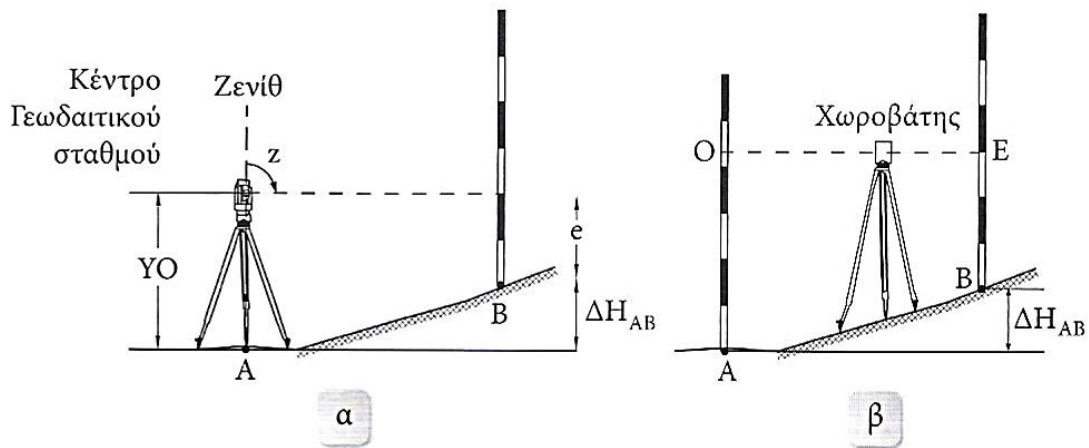
Στη συνέχεια, αφού απομακρυνθεί ο γεωδαιτικός σταθμός από το σημείο A, τοποθετείται χωροβάτης περίπου στη μεσοκάθετο της απόστασης μεταξύ των σημείων A και B και λαμβάνονται οι ενδείξεις της σταδίας όπισθεν O (στο σημείο A) και έμπροσθεν E (στο σημείο B).

Υπολογίζεται η υψομετρική διαφορά $\Delta H_{AB} = O - E$ (σχ. 3.3.β). Τότε το ύψος οργάνου YO προκύπτει ως άθροισμα των e και ΔH_{AB} , δηλαδή :

$$YO = e + \Delta H_{AB} \quad (3.1)$$

Σ' αυτή την περίπτωση η αβεβαιότητα προσδιορισμού του ύψους οργάνου είναι ίση περίπου με $\pm 0.7 \text{ mm}$, αν θεωρηθεί ότι:

- Η αβεβαιότητα των αναγνώσεων πάνω στη σταδία είναι $\pm 0.6 \text{ mm}$, χρησιμοποιώντας ψηφιακό χωροβάτη και σταδίες
- Η αβεβαιότητα ανάγνωσης e του παρατηρητή πάνω στη σταδία μέσω του γεωδαιτικού σταθμού (ως χωροβάτη) είναι $\pm 0.25 \text{ mm}$. [Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., 2013]



Σχήμα 3.4 : Ακριβής προσδιορισμός του ύψους οργάνου - στόχου
 [Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ. 2013]

Ο ψηφιακός χωροβάτης που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις ύψους οργάνου και στόχων παρουσιάζεται στον πίνακα 3.4.

Sprinter 150M	Ακρίβεια
	$\pm 1.5 \text{ mm/km}$ (απλή σταδία)
	Ηλεκτρονική ανάγνωση : $\pm 0.6 \text{ mm}$
	Ελάχιστη απόσταση σκόπευσης : 2 m
	Μέγιστη απόσταση σκόπευσης : 100 m
	Βάρος : 2.55 Kg

Πίνακας 3.4 : Ψηφιακός χωροβάτης SPRINTER 150M της Leica [6]

3.3. Επεξεργασία μετρήσεων

Στη συνέχεια ακολούθησε η επεξεργασία των μετρήσεων όπου υπολογίστηκαν οι γενικοί μέσοι όροι για τις οριζόντιες γωνίες, τις κατακόρυφες γωνίες και για τα μήκη.

Αναγωγή στη στέψη των βάθρων έγινε για τα μήκη, χρησιμοποιώντας τη σχέση 3.2 :

$$D_{AB} = \sqrt{D_{A'B'}^2 + (Y_O - Y_\Sigma)^2 + 2 \cdot D_{A'B'} \cdot (Y_O - Y_\Sigma) \cdot \cos z_{A'B'}} \quad (3.2)$$

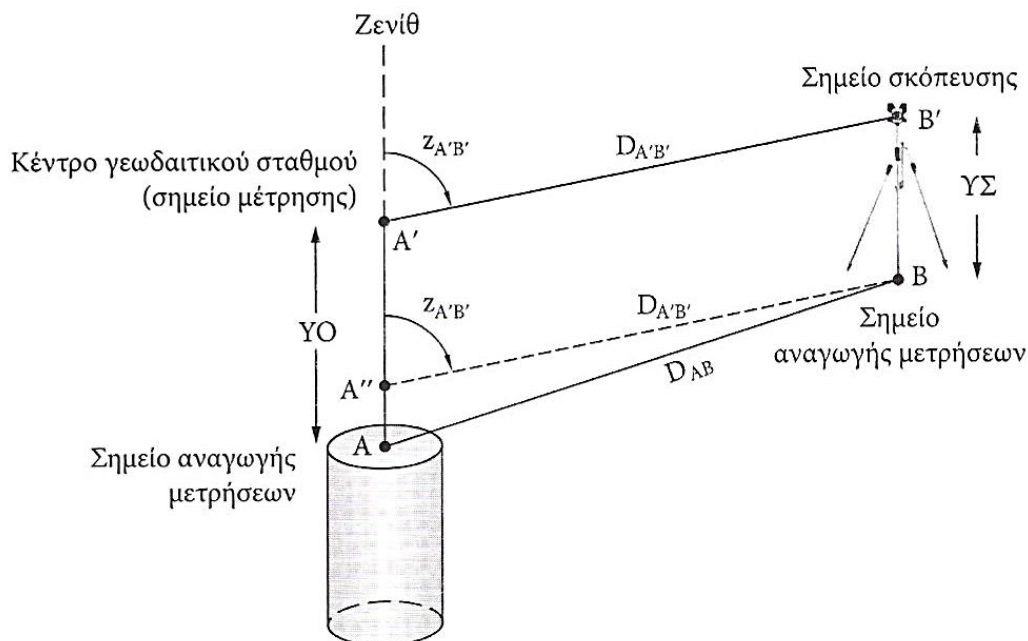
όπου $AA' - (Y_O - Y_\Sigma)$

$D_{A'B'}$ - το μετρούμενο μήκος

Y_O - το ύψος οργάνου στο σημείο A

ΥΣ - το ύψος σκόπευσης στο σημείο Β

$z_{A'B'}$ - η ζενίθια γωνία που μετράται από το Α' προς το Β'.



Σχήμα 3.5 : Γεωμετρική αναγωγή του μήκους στα προσημασμένα σημεία του δικτύου [Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ. 2013]

Υπολογίστηκαν τα κλεισίματα των μοναδιαίων τριγώνων υψομετρικά και οριζοντιογραφικά (πίν.3.5).

Έγινε έλεγχος κλεισίματος βρόγχων για επίπεδο εμπιστοσύνης 95 %.

Οι υψομετρικές διαφορές μεταξύ των κορυφών υπολογίστηκαν με τη μέθοδο της Τριγωνομετρικής Υψομετρίας με μετάβαση και επιστροφή, απαλλαγμένες από καμπυλότητα και διάθλαση.

Γνωρίζοντας ότι το σφάλμα μιας ΔΗ είναι της τάξης των ± 5 mm έγινε εφαρμογή του νόμου μετάδοσης σφαλμάτων για έλεγχο στο κλείσιμο των υψομετρικών βρόγχων :

$$\sigma_{\kappa_{\Delta H}} = \pm \sigma_{\kappa} \cdot z_{95\%} = \pm 17 \text{ mm}$$

όπου

$$\sigma_{\kappa_{1D}} = \pm \sqrt{\sigma_{\Delta H_{12}}^2 + \sigma_{\Delta H_{23}}^2 + \sigma_{\Delta H_{31}}^2} = \pm \sqrt{3 \cdot 5^2} = \pm 9 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\Delta H_{i,i+1}} = \pm \sqrt{\cos^2 z_{i,i+1} \cdot \sigma_{D_{i,i+1}}^2 + (-D_{i,i+1} \cdot \sin z_{i,i+1})^2 \cdot \left(\frac{\sigma_{z_{i,i+1}}^{cc}}{\rho^{cc}} \right)^2} = >$$

$$\sigma_{\Delta H_{i,i+1}} = \pm \sqrt{\cos^2 z_{i,i+1} \cdot 0.0002^2 + (-D_{i,i+1} \cdot \sin z_{i,i+1})^2 \cdot \left(\frac{6}{636620}\right)^2} = \pm 5 \text{mm.}$$

Οριζοντιογραφικά το όριο για το σφάλμα κλεισίματος ήταν :

$$\sigma_{\text{κ.οριζ.γωνιών}} = \pm \sigma_{\kappa} \cdot z_{95\%} = \pm 20^{\text{cc}}$$

όπου - $z_{95\%} = 1.96$ για κανονική κατανομή

$$- \sigma_{\kappa} = \pm \sqrt{\sigma_{\alpha}^2 + \sigma_{\beta}^2 + \sigma_{\gamma}^2} = \pm \sqrt{3 \cdot 6^2} = \pm 10.39^{\text{cc}} \cong \pm 10^{\text{cc}}$$

$$- \sigma_{\alpha} = \sigma_{\beta} = \sigma_{\gamma} = \pm 6^{\text{cc}}$$

Στον πίνακα 3.5 παρουσιάζονται τα κλεισίματα των βρόγχων του ΓΔΤΕ οριζοντιογραφικά και υψομετρικά.

Στα τρίγωνα 159, 169, 189 και 459 δεν υπάρχει οριζοντιογραφικό κλείσιμο για τον λόγο ότι στην κορυφή 9 δεν μπορούσε να τοποθετηθεί ΟΓΣ.

A/A	B	Κλ (^{cc})	Κλ (mm)	A/A	B	Κλ (^{cc})	Κλ (mm)
1	123	-3	7	13	567	8	1
2	125	18	11	14	1236	9	4
3	128	4	6	15	1256	24	9
4	136	6	-3	16	1258	21	6
5	138	24	-3	17	1345	14	7
6	156	6	-2	18	1548	-18	-11
7	158	-3	-6	19	1328	2	-1
8	238	-22	-2	20	159	-	-5
9	258	17	0	21	169	-	1
10	348	9	0	22	189	-	-3
11	457	-9	8	23	459	-	6
12	458	-15	5	-			

Πίνακας 3.5 : Κλεισίματα βρόγχων ΓΔΤΕ για εε 95%

Με εξαίρεση τα τρίγωνα 138 και 238 τα οποία οριακά δεν είναι εντός των επιτρεπόμενων τιμών κλεισίματος, δεν είναι στατιστικά σημαντικά.

Τα κλεισίματα των βρόγχων απετέλεσαν μια a priori εκτίμηση της αβεβαιότητας των γωνιών με βάση τον τύπο του Ferrero [Αγατζά – Μπαλοδήμου Α. Μ., 2009]:

$$\sigma_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{\sum w_i^2}{3 \cdot v}} = \pm 8^{cc} \quad (3.3)$$

όπου $\sum w_i^2$ – το άθροισμα των τετραγώνων των σφαλμάτων κλεισίματος ικανού αριθμού v τριγώνων του δικτύου.

Για τον υπολογισμό του σφάλματος των οριζόντιων γωνιών χρησιμοποιήθηκαν τα τρίγωνα με την καλύτερη γεωμετρία.

Η τιμή των 8^{cc} δεν θεωρήθηκε ρεαλιστή και στη θέση της χρησιμοποιήθηκε η τιμή

$$\sigma_{\beta} = \pm 10^{cc}.$$

Η επιλογή αυτή έγινε με δοκιμές επίλυσης για διαφορετικές τιμές στο σφάλμα των οριζόντιων γωνιών.

3.4. Συνόρθωση δικτύου

Η συνόρθωση του δικτύου έγινε με τη μέθοδο μεταβολής των συντεταγμένων (μέθοδο των εμμέσων παρατηρήσεων) με τις ελάχιστες εξωτερικές δεσμεύσεις (μια κορυφή σταθερή 1-Submarine (5000m, 5000m, 35.504m) και σταθερός προσανατολισμός της πλευράς 12 ($a_{12} = 195.8515^s$) με δεδομένα :

- Αριθμός κορυφών : 9
- Αριθμός παρατηρήσεων μηκών : 24
- Αριθμός παρατηρήσεων οριζόντιων γωνιών : 36
- Αριθμός παρατηρήσεων ζενίθιων γωνιών : 24
- Συνολικός αριθμός παρατηρήσεων : $n = 84$
- Αριθμός άγνωστων καθοριστικών παραμέτρων m : 23
- Βαθμός ελευθερίας : $r = n - m = 61$

Βάση των προσωρινών συντεταγμένων μορφώθηκε ο πίνακας $A_{84 \times 23}$ σύμφωνα με τις εξισώσεις παρατήρησης 3.4, 3.5 και 3.6 :

- Για τα μήκη :

$$-\frac{x_j^0 - x_i^0}{D_{ij}^0} \cdot \delta x_i - \frac{y_j^0 - y_i^0}{D_{ij}^0} \cdot \delta y_i - \frac{z_j^0 - z_i^0}{D_{ij}^0} \cdot \delta z_i + \frac{x_j^0 - x_i^0}{D_{ij}^0} \cdot \delta x_j + \frac{y_j^0 - y_i^0}{D_{ij}^0} \cdot \delta y_j + \frac{z_j^0 - z_i^0}{D_{ij}^0} \cdot \delta z_j = \delta l + v \quad (3.4)$$

- Για τις οριζόντιες γωνίες :

$$\left(\frac{y_j^0-y_i^0}{(S_{ij}^0)^2}-\frac{y_k^0-y_i^0}{(S_{ik}^0)^2}\right)\cdot\delta x_i+\left(\frac{x_k^0-x_i^0}{(S_{ik}^0)^2}-\frac{x_j^0-x_i^0}{(S_{ij}^0)^2}\right)\cdot\delta y_i-\frac{y_j^0-y_i^0}{(S_{ij}^0)^2}\cdot\delta y_j+\frac{x_j^0-x_i^0}{S_{ij}^0}\cdot\delta x_j+\left(\frac{y_k^0-y_i^0}{(S_{ik}^0)^2}\right)\cdot\delta x_k-\left(\frac{x_k^0-x_i^0}{(S_{ik}^0)^2}\right)\cdot\delta y_k=\delta l+v \quad (3.5)$$

- Για τις ζενίθιες γωνίες :

$$-\frac{(x_j^0-x_i^0)\cdot(z_j^0-z_i^0)}{(D_{ij}^0)^2\cdot S_{ij}^0}\cdot\delta x_i-\frac{(y_j^0-y_i^0)\cdot(z_j^0-z_i^0)}{(D_{ij}^0)^2\cdot S_{ij}^0}\cdot\delta y_i+\frac{S_{ij}^0}{(D_{ij}^0)^2}\cdot\delta z_i+\frac{(x_j^0-x_i^0)\cdot(z_j^0-z_i^0)}{(D_{ij}^0)^2\cdot S_{ij}^0}\cdot\delta x_i+\frac{(y_j^0-y_i^0)\cdot(z_j^0-z_i^0)}{(D_{ij}^0)^2\cdot S_{ij}^0}\cdot\delta y_i-\frac{S_{ij}^0}{(D_{ij}^0)^2}\cdot\delta z_i=\delta l+v \quad (3.6)$$

Έπειτα μορφώθηκε ο πίνακας των βαρών $P_{84 \times 84}$ με τα δεδομένα :

- Α priori τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους : $\sigma_0 = 1$
- Σφάλμα μηκών : $\sigma_D = \pm a \text{ mm} \pm b \text{ ppm} = \pm 1 \text{ mm} \pm 1.5 \text{ ppm}$. Με εφαρμογή στην σχέση 3.7 :

$$\sigma_{D_{AR_i}} = \pm \sqrt{a^2 + \left(\frac{b \cdot D}{1000}\right)^2} \quad (3.7)$$

Το σ_D κυμάνθηκε από $\pm 1 \text{ mm} - \pm 1.6 \text{ mm}$

- Σφάλμα οριζόντιων γωνιών : $\sigma_\beta = \pm 10^{\text{cc}}$
- Σφάλμα κατακόρυφων γωνιών : $\sigma_z = \pm 10^{\text{cc}}$

Προκειμένου να μορφωθεί ο πίνακας l_0 των προσωρινών τιμών έγινε αναγωγή των ζενιθιών γωνιών στο κέντρο οργάνου και στόχου βάση της σχέσης 3.8 :

$$\Delta H_{AB} = \cot z_{AB} \cdot S_{AB} + (1-\kappa) \cdot \frac{S_{AB}^2}{2 \cdot R} + Y_O - Y_\Sigma \quad (3.8)$$

Λύνοντας ως προς z_{AB} προκύπτει η προσωρινή τιμή της ζενίθιας γωνίας (σχ. 3.9) :

$$z_{AB} = \arctan \left(\frac{S_{AB}}{\Delta H_{AB} - (1-\kappa) \cdot \frac{S_{AB}^2}{2 \cdot R} - Y_O + Y_\Sigma} \right) \quad (3.9)$$

Μορφώθηκαν οι πίνακες l , l_0 και δl από τις μετρήσεις και από τις προσωρινές συντεταγμένες και έγινε επίλυση του συστήματος σύμφωνα με την σχέση 3.10 :

$$\delta \hat{x} = (A^T \cdot P \cdot A)^{-1} \cdot A^T \cdot P \cdot \delta l \quad (3.10)$$

Υπολογίστηκαν οι καλλίτερες τιμές των αγνώστων (x, y, H) από την σχέση 3.11 :

$$\hat{x} = x^0 + \delta \hat{x} = x^0 + (A^T \cdot P \cdot A)^{-1} \cdot A^T \cdot P \cdot \delta l \quad (3.11)$$

Για τον προσδιορισμό των υπόλοιπων ή φαινόμενων σφαλμάτων v έγινε επίλυση του συστήματος σύμφωνα με τη σχέση 3.12 :

$$v = A \cdot \delta \hat{x} - \delta l \quad (3.12)$$

Βάση της σχέσης 3.13 προσδιορίστηκε το $\hat{\sigma}_0$:

$$\hat{\sigma}_0 = \pm \sqrt{\frac{v^T \cdot P \cdot v}{r}} \quad (3.13)$$

Βάση της σχέσης 3.14 προσδιορίστηκε ο $\hat{V}_{\hat{x}}$ με διαστάσεις $23 \cdot 23$:

$$\hat{V}_{\hat{x}} = \hat{\sigma}_0^2 \cdot N^{-1} \quad (3.14)$$

Στη συνέχεια έγινε μετατροπή του $\hat{V}_{\hat{x}}$ σε $24 \cdot 24$ για να προσδιοριστούν οι αβεβαιότητες σ_x και σ_y της ημισταθερής κορυφής με χαρακτηριστική ονομασία 2-PARKING από την αβεβαιότητα της ημισταθερής απόστασης σ_{S12} .

Η επίλυση του ΓΔΤΕ έγινε με το λογισμικό Microsoft Excel.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επίλυση του ΓΔΤΕ παρουσιάζονται στον πίνακα 3.6.

Έγινε ολικός έλεγχος αξιοπιστίας test χ^2 με επίπεδο εμπιστοσύνης $p=95\%$, $r = 61$, $\hat{\sigma}_0 = \pm 1.004$ και $\chi^2_{(61, 0.95)} = 57.27 \Rightarrow$

$$\frac{r \cdot \hat{\sigma}_0^2}{\chi^2_{(13, 0.95)}} = 1.07 \cong \sigma_0^2 = 1, \text{ ο οποίος αξιολογείται θετικά.}$$

Πραγματοποιήθηκε σάρωση δεδομένων κατά Baarda για τυχόν ύπαρξη χονδροειδούς λάθους στις μετρήσεις με βάση τα υπόλοιπα και τα σφάλματα των υπολοίπων των μετρήσεων.

Κορυφή	x (m)	σ_x (mm)	y (m)	σ_y (mm)	H (m)	σ_H (mm)
1	5000.000	-	5000.000	-	35.504	-
2	5040.360	± 0.1	4381.521	± 0.9	11.063	± 4.1
3	5125.496	± 1.5	4169.486	± 1.1	9.967	± 4.5
4	4613.541	± 1.3	4332.710	± 1.2	41.513	± 4.1
5	4627.084	± 0.9	4559.932	± 1.0	63.239	± 3.7
6	4614.180	± 1.0	4709.383	± 1.1	61.929	± 3.8
7	4750.942	± 1.1	4597.543	± 1.0	24.515	± 3.7
8	4955.160	± 1.0	4596.949	± 0.8	24.437	± 3.6
9	4803.160	± 1.1	4498.417	± 0.9	44.584	± 3.6

Πίνακας 3.6 : Συντεταγμένες και αβεβαιότητες ΓΔΤΕ για $\epsilon = 95\%$

Τα δεδομένα για την σάρωση δεδομένων είναι $r = 61$, $p = 95\% \Rightarrow$

$(F_{(0.95,61,61)})^{0.5} = 1.2374$ (πίν. Γ.9). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο παράρτημα Γ. Παρατηρείται ότι δεν αξιολογούνται θετικά σύμφωνα με τον έλεγχο όλες οι μετρήσεις.

Παρόλα αυτά δεν απορρίπτεται κάποια παρατήρηση για τον λόγο ότι δεν υπάρχει πλεονασμός παρατηρήσεων. Απορρίπτοντας κάποια μέτρηση μειώνεται η ευαισθησία του δικτύου τόσο οριζοντιογραφικά όσο και υψομετρικά.

3.5. Ελλείψεις σφάλματος

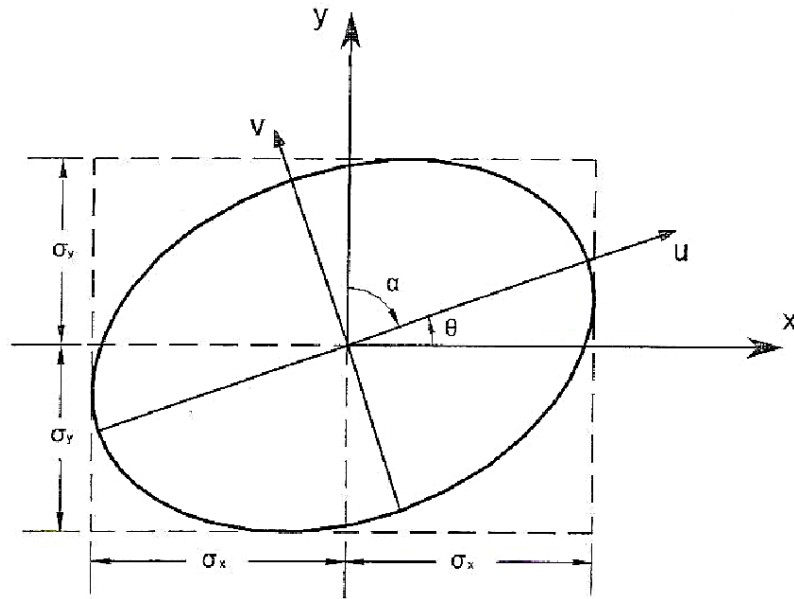
Οι ελλείψεις σφάλματος απεικονίζουν την αβεβαιότητα της θέσης ενός σημείου ως προς το σύστημα αναφοράς του δικτύου (θέση σταθερού ή σταθερών σημείων και επιλογή ελάχιστων δεσμεύσεων) και συχνά ονομάζονται απόλυτες ελλείψεις σφάλματος σε αντίθεση με τις σχετικές ελλείψεις που παριστάνουν την αβεβαιότητα στη σχετική θέση δύο ελεύθερων κορυφών (την αβεβαιότητα του σημείου i ως προς ένα άλλο j).

Από τον a posteriori πίνακα μεταβλητότητας συμμεταβλητότητας $\hat{V}_{\hat{x}}$ υπολογίζονται τα στοιχεία των απόλυτων ελλείψεων σφάλματος σύμφωνα με τις σχέσεις 3.15, 3.16 και 3.17 :

$$\tan(2\theta) = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x^2 - \sigma_y^2} \quad \text{ή} \quad \tan(2\alpha) = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_y^2 - \sigma_x^2} \quad (3.15)$$

$$\sigma_{\max}^2 = \sigma_u^2 = \frac{1}{2} \cdot \left[(\sigma_x^2 + \sigma_y^2) + \sqrt{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)^2 + 4 \cdot \sigma_{xy}^2} \right] \quad (3.16)$$

$$\sigma_{\min}^2 = \sigma_v^2 = \frac{1}{2} \cdot \left[(\sigma_x^2 + \sigma_y^2) - \sqrt{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)^2 + 4 \cdot \sigma_{xy}^2} \right] \quad (3.17)$$



Σχήμα 3.6 : Τυπική έλλειψη σφάλματος

Για τον υπολογισμό των στοιχείων των σχετικών ελλείψεων σφάλματος εφαρμόστηκε ο νόμος μετάδοσης μεταβλητοτήτων στον $\hat{V}_{\hat{x}}$ σύμφωνα με την σχέση (3.18).

$$V_{\Delta r_{ij}} = J \cdot V_{r_{ij}} \cdot J^T = \begin{bmatrix} \sigma_{\Delta x}^2 & \sigma_{\Delta x \Delta y} \\ \sigma_{\Delta x \Delta y} & \sigma_{\Delta y}^2 \end{bmatrix} \quad (3.18)$$

όπου $J = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$.

Στη συνέχεια χρησιμοποιούνται οι σχέσεις 3.15, 3.16 και 3.17 για τον υπολογισμό των στοιχείων των σχετικών ελλείψεων.

Οι απόλυτες και οι σχετικές ελλείψεις παρουσιάζονται στα σχήματα 3.6 και 3.8. Από τον σχεδιασμό των απόλυτων ελλείψεων παρατηρείται ότι το δίκτυο έχει αδυναμία κυρίως σε προσανατολισμό και λιγότερο σε κλίμακα.

Στο σχήμα 3.7 παρουσιάζονται οι αβεβαιότητες των υψομέτρων των κορυφών του δικτύου σχεδιασμένες υπό κατάλληλη κλίμακα.

Στο σχήμα 3.9 παρουσιάζονται οι αβεβαιότητες των σχετικών υψομέτρων των κορυφών του δικτύου σχεδιασμένες υπό κατάλληλη κλίμακα.

Στον πίνακα 3.7 παρουσιάζονται τα στοιχεία των απόλυτων ελλείψεων σφάλματος για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Το ΓΔΤΕ έχει ευαισθησία με την οποία μπορεί να ανιχνεύσει **απόλυτες μετακινήσεις** της τάξης των **4 mm οριζοντιογραφικά** ενώ μπορεί να ανιχνεύσει **απόλυτες μετακινήσεις** της τάξης των **± 9 mm υψομετρικά** για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

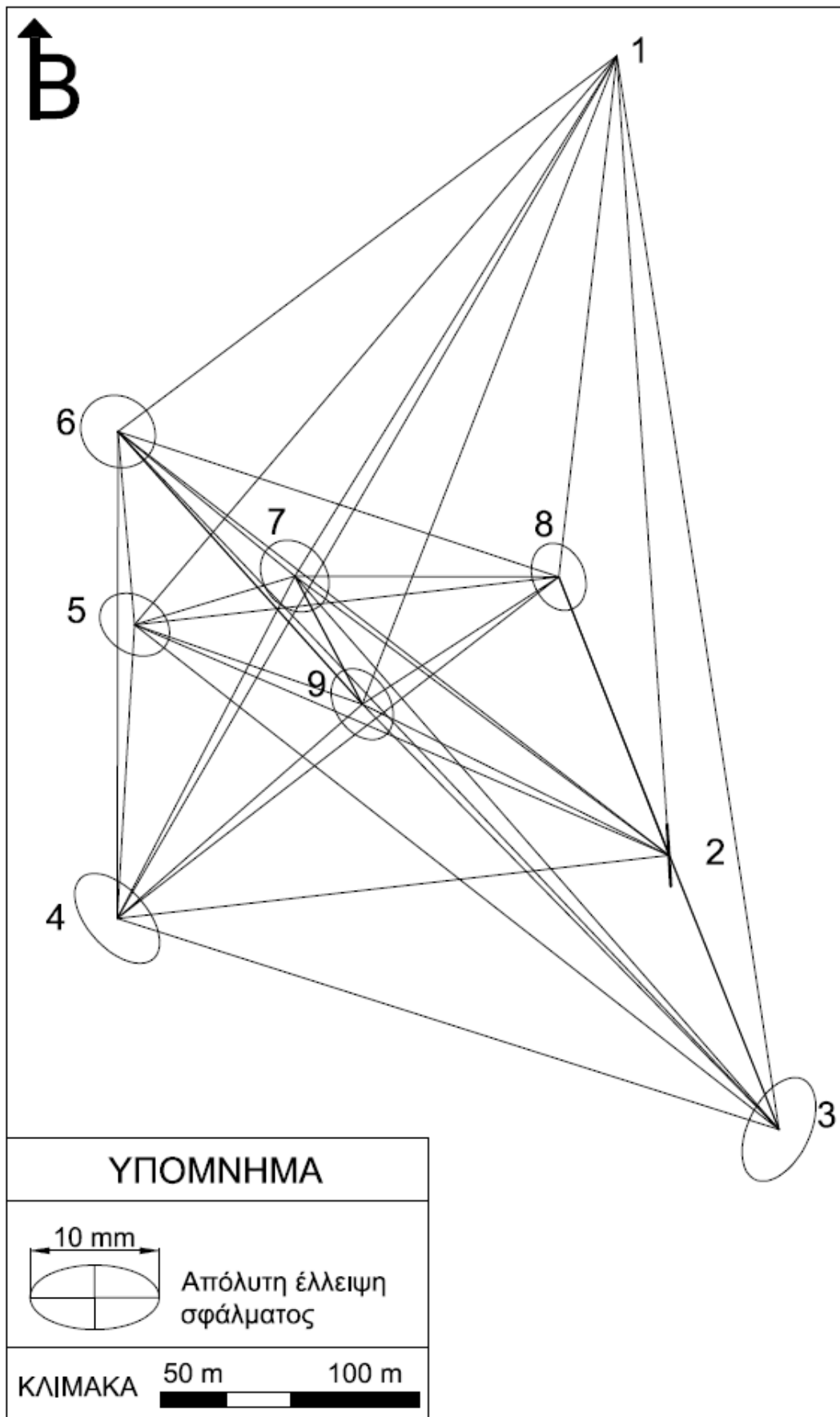
Κορυφή	σ_u (mm)	σ_v (mm)	θ (°)	σ_H (mm)
2	± 2.2	± 0.0	195.8515	± 8.1
3	± 4.0	± 2.3	71.6238	± 8.8
4	± 3.9	± 2.2	146.2679	± 7.9
5	± 2.8	± 2.1	162.7156	± 7.2
6	± 2.8	± 2.5	164.9539	± 7.4
7	± 2.9	± 2.2	141.3216	± 7.3
8	± 2.5	± 1.8	125.5925	± 7.1
9	± 2.8	± 2.0	136.9030	± 7.1

Πίνακας 3.7 : Στοιχεία απόλυτων ελλείψεων σφάλματος ΓΔΤΕ για εε 95%

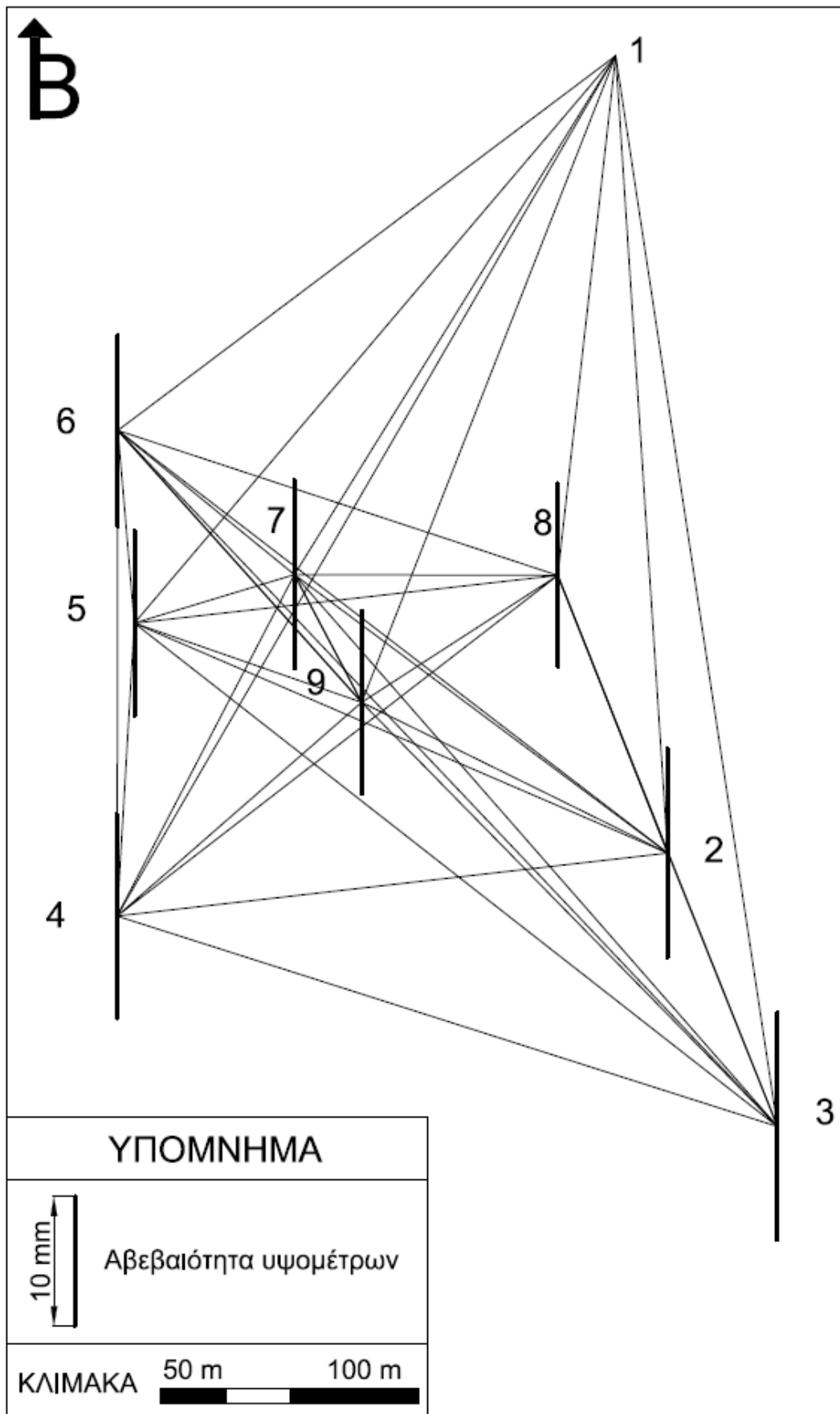
Στον πίνακα 3.8 παρουσιάζονται τα στοιχεία των σχετικών ελλείψεων σφάλματος για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Το ΓΔΤΕ παρουσιάζει αδυναμία κυρίως σε προσανατολισμό και λιγότερο σε κλίμακα σύμφωνα με τα στοιχεία των σχετικών ελλείψεων.

Το ΓΔΤΕ έχει ευαισθησία με την οποία μπορεί να ανιχνεύσει **σχετικές μετακινήσεις** της τάξης των **5 mm οριζοντιογραφικά** ενώ μπορεί να ανιχνεύσει **σχετικές μετακινήσεις** της τάξης των **± 9 mm υψομετρικά** για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.



Σχήμα 3.7 : Απόλυτες ελλείψεις σφάλματος ΓΔΤΕ για εε 95%

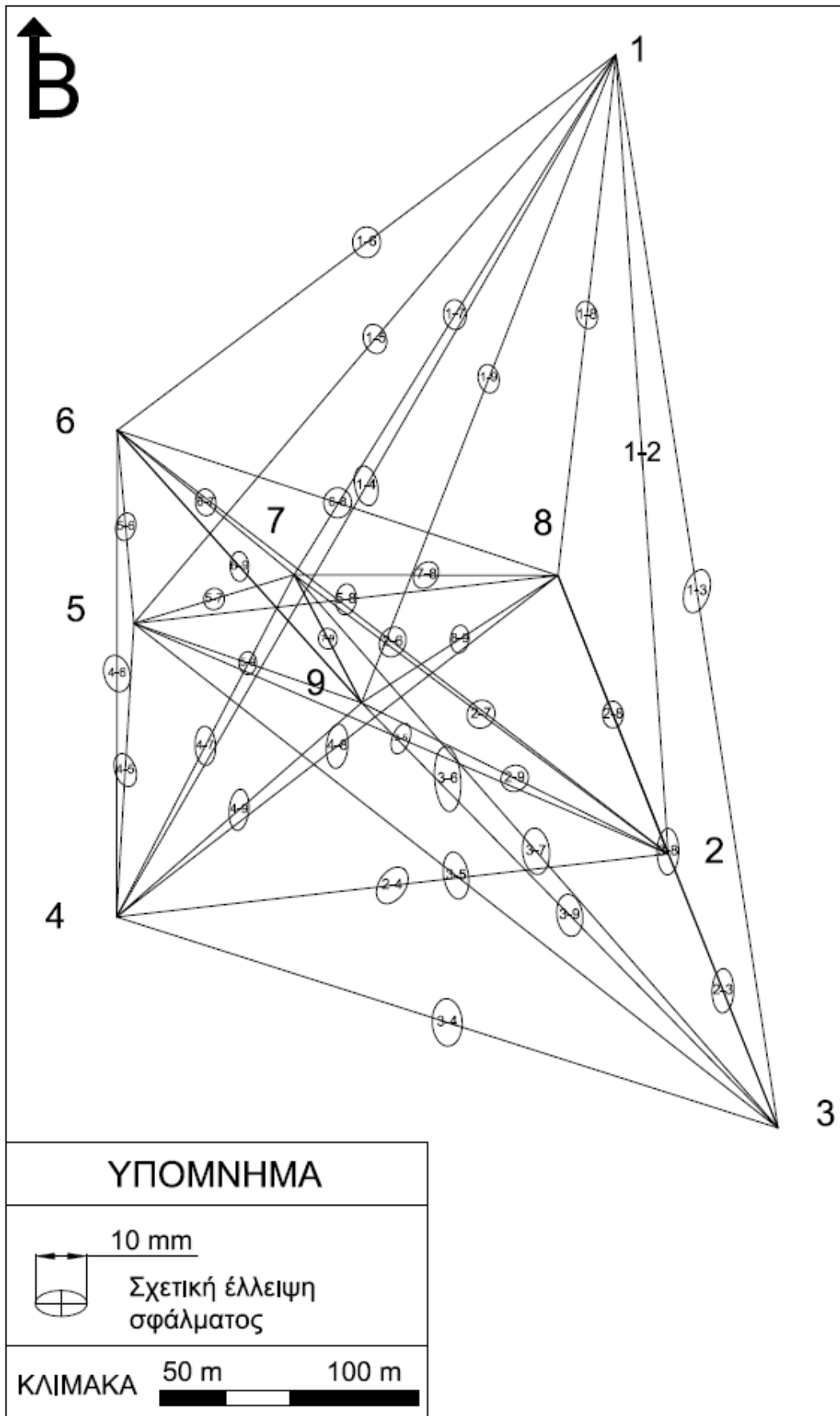


Σχήμα 3.8 : Αβεβαιότητα υψομέτρων ΓΔΤΕ για εε 95%

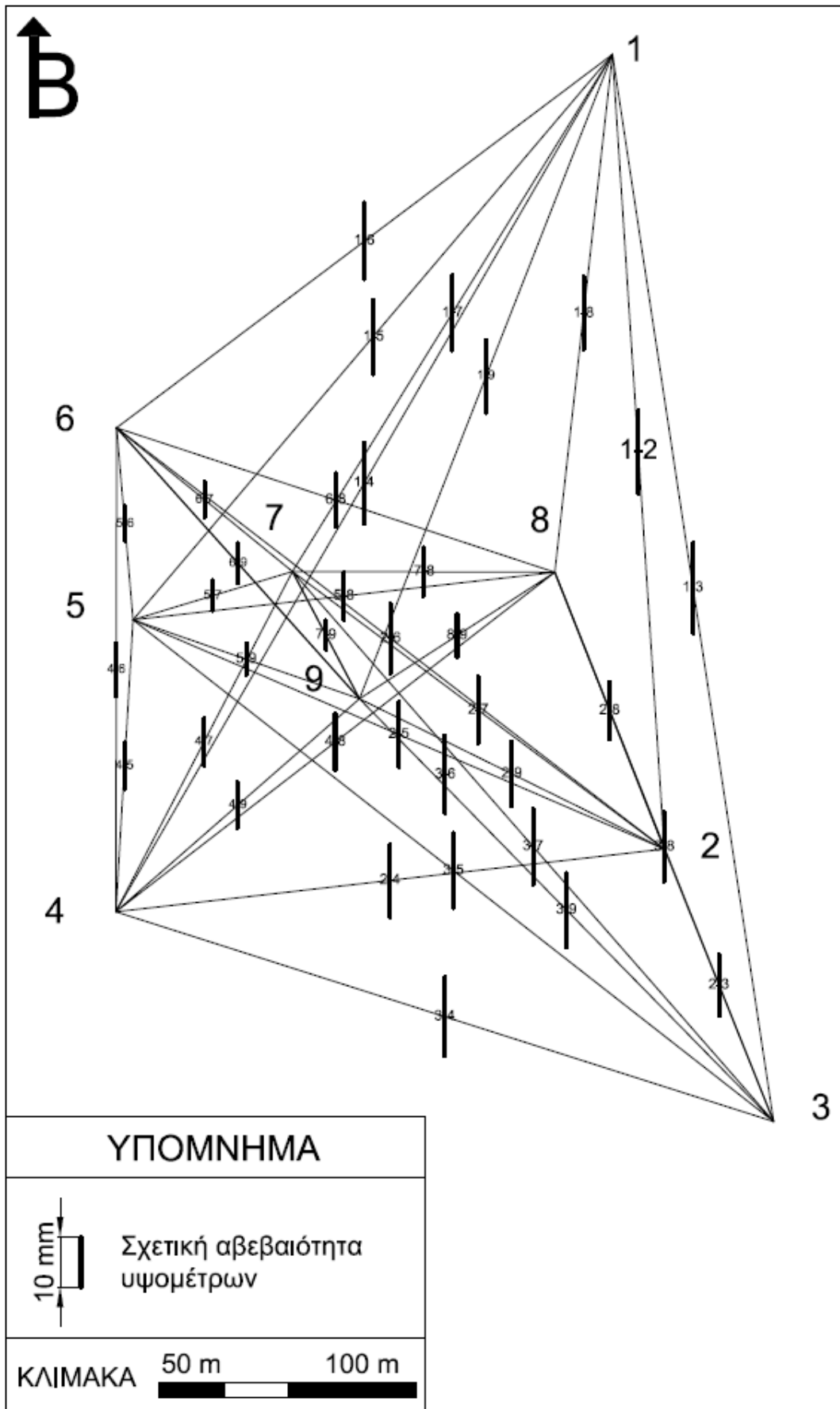
Στον πίνακα 3.8 παρουσιάζονται τα στοιχεία των σχετικών ελλείψεων σφάλματος του ΓΔΤΕ για εε 95%.

Από	Προς	$\sigma_u(\text{mm})$	$\sigma_v(\text{mm})$	$\theta (^{\circ})$	$\sigma_H(\text{mm})$
1	2	± 2.2	± 0.0	104.1485	± 8.1
1	3	± 4.0	± 2.3	81.1713	± 8.8
1	4	± 3.9	± 2.2	112.8489	± 7.9
1	5	± 2.8	± 2.1	117.9621	± 7.2
1	6	± 2.8	± 2.5	106.0525	± 7.4
1	7	± 2.9	± 2.2	106.0426	± 7.3
1	8	± 2.5	± 1.8	118.5390	± 7.1
1	9	± 2.8	± 2.0	113.0953	± 7.1
2	3	± 4.0	± 1.9	98.3969	± 6.0
2	4	± 3.9	± 2.6	62.2201	± 7.1
2	5	± 2.9	± 2.3	75.0554	± 6.4
2	6	± 3.0	± 2.5	69.4971	± 6.8
2	7	± 2.8	± 2.6	48.9500	± 6.5
2	8	± 2.4	± 1.9	100.6029	± 5.6
2	9	± 2.7	± 2.7	33.2339	± 6.3
3	4	± 4.2	± 2.7	103.2057	± 7.7
3	5	± 4.6	± 2.4	110.5308	± 7.3
3	6	± 4.9	± 2.4	104.3972	± 7.6
3	7	± 4.5	± 2.6	106.4204	± 7.4
3	8	± 4.2	± 2.0	99.0970	± 6.8
3	9	± 4.1	± 2.5	108.9730	± 7.2
4	5	± 3.1	± 1.9	120.9058	± 4.5
4	6	± 3.6	± 2.5	117.1217	± 5.2
4	7	± 3.6	± 1.8	102.6607	± 4.6
4	8	± 4.0	± 1.9	94.0920	± 5.5
4	9	± 3.4	± 1.8	95.0395	± 4.5
5	6	± 2.4	± 1.8	83.8631	± 3.4
5	7	± 2.0	± 1.8	74.9657	± 2.9
5	8	± 2.8	± 1.9	91.6306	± 4.6
5	9	± 2.2	± 1.7	100.1796	± 3.1
6	7	± 2.4	± 1.9	106.0795	± 3.5
6	8	± 2.9	± 2.7	99.3514	± 5.2
6	9	± 2.9	± 1.8	102.7571	± 3.9
7	8	± 2.8	± 2.2	56.9969	± 4.7
7	9	± 2.0	± 1.8	110.0585	± 2.8
8	9	± 2.7	± 1.8	93.9046	± 4.3

Πίνακας 3.8 : Στοιχεία σχετικών ελλείψεων σφάλματος ΓΔΤΕ για εε 95%



Σχήμα 3.9 : Σχετικές ελλείψεις σφάλματος ΓΔΤΕ για εε 95%



Σχήμα 3.10 : Αβεβαιότητες σχετικών υψομέτρων ΓΔΤΕ για εε 95%

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ

4.1. Γενικά

Έλεγχος μετακινήσεων είναι η διαδικασία κατά την οποία γίνεται ο εντοπισμός, για ένα συγκεκριμένο επίπεδο εμπιστοσύνης συνήθως 95%, απολύτων ή σχετικών μετακινήσεων των κορυφών ενός γεωδαιτικού δικτύου.

Για τον σωστό εντοπισμό των μετακινήσεων επιβάλλεται να διατηρείται το ίδιο σύστημα αναφοράς (ίδιες δεσμεύσεις και προσωρινές συντεταγμένες σε όλες τις περιόδους των παρατηρήσεων).

Απαραίτητα δεδομένα για τον έλεγχο μετακινήσεων είναι οι καλλίτερες τιμές των άγνωστων καθοριστικών παραμέτρων και οι α posteriori πίνακες μεταβλητότητας - συμμεταβλητότητας για τις δύο χρονικές στιγμές κατά τις οποίες διεξήχθησαν οι παρατηρήσεις.

Αν πρόκειται για Γεωδαιτικό Δίκτυο Κατακορύφου Ελέγχου οι άγνωστες καθοριστικές παράμετροι είναι οι συνορθωμένες τιμές των υψομέτρων, για Γεωδαιτικό Δίκτυο Οριζοντίου Ελέγχου οι καλλίτερες τιμές των συντεταγμένων x και y ενώ για Γεωδαιτικό Δίκτυο Τριδιάστατου Ελέγχου οι καλλίτερες τιμές των x , y και H .

Συνήθως ο έλεγχος μετακινήσεων πραγματοποιείται για ε.ε. 95% ή 99% (πίν. 4.1).

Επίπεδο εμπιστοσύνης	z	λ
95 %	1.96	2.447
99 %	2.576	3.035

Πίνακας 4.1 : Συντελεστές z και λ για εε 95 και 99 %

Σε πρώτη φάση γίνεται υπολογισμός του πίνακα μεταβλητότητας - συμμεταβλητότητας μεταβολών $V_{\delta x}$ του διανύσματος μεταβολής δx των σημείων του γεωδαιτικού δικτύου.

$$V_{\delta x} = \widehat{V}_x^1 + \widehat{V}_x^2 \quad (4.1)$$

Ο έλεγχος μετακινήσεων στην παρούσα μελέτη γίνεται για το ΓΔΤΕ των 9 κορυφών αλλά ανεξάρτητα οριζοντιογραφικά και υψομετρικά.

Το ΓΔΤΕ μετρήθηκε το 2012 στο πλαίσιο δύο πτυχιακών εργασιών του ΤΕΠΙΑΚ [Σταύρου Γ., Κωνσταντινίδης Κ., 2013].

Τα αποτελέσματα της επίλυσης όπως αυτή προέκυψε από τις μετρήσεις του 2012 παρουσιάζονται στον πίνακα 4.2.

Κορυφή	x (m)	σ_x (mm)	y (m)	σ_y (mm)	H (m)	σ_H (mm)
1	5000.000	-	5000.000	-	35.504	-
2	5040.360	± 0.1	4381.516	± 0.9	11.066	± 2.8
3	5125.494	± 1.1	4169.475	± 1.1	9.976	± 3.0
4	4613.534	± 1.1	4332.707	± 1.2	41.526	± 2.7
5	4627.077	± 0.8	4559.927	± 1.0	63.242	± 2.4
6	4614.189	± 0.9	4709.377	± 1.1	61.951	± 2.5
7	4750.945	± 0.9	4597.539	± 0.9	24.513	± 2.5
8	4955.158	± 0.8	4596.946	± 0.8	24.443	± 2.4
9	4803.160	± 0.9	4498.418	± 0.9	44.578	± 2.4

Πίνακας 4.2 : Αποτελέσματα τριδιάστατης επίλυσης 2012 για εε 95%

4.2. Απόλυτες Μετακινήσεις

Με τον όρο απόλυτες μετακινήσεις, ουσιαστικά γίνεται αναφορά στις μεταβολές των απόλυτων θέσεων των κορυφών του δικτύου σε σχέση με τη σταθερή κορυφή [Γεωργόπουλος Γ. κ.α. 2005].

4.2.1. Κατά την οριζόντια έννοια

Το διάνυσμα μεταβολής δύο σημείων A και B είναι : $\delta x = \begin{bmatrix} \delta x_A \\ \delta y_A \\ \delta H_A \\ \delta x_B \\ \delta y_B \\ \delta H_B \end{bmatrix}$.

Υπολογίζεται το διάνυσμα μεταβολής της θέσης κάθε σημείου δr από τη σχέση 4.2 και η αντίστοιχη γωνία διεύθυνσης από τη σχέση 4.3.

$$\delta r = \sqrt{(x_{i2} - x_{i1})^2 + (y_{i2} - y_{i1})^2} \quad (4.2)$$

$$\alpha_{\delta r} = \arctan\left(\frac{\Delta x}{\Delta y}\right) \quad (4.3)$$

Έπειτα γίνεται υπολογισμός των στοιχείων της έλλειψης σφάλματος απόλυτης μεταβολής θέσης σύμφωνα με τις σχέσεις 3.15, 3.16 και 3.17.

Πραγματοποιείται έλεγχος μετακίνησης κατά την οριζόντια έννοια.

Σχεδιάζεται η έλλειψη σφάλματος της μεταβολής της θέσης της κορυφής με άξονες πολλαπλασιασμένους με λ ($\sigma_u \cdot \lambda$, $\sigma_v \cdot \lambda$) και το διάνυσμα μεταβολής δr της μεταβολής στην ίδια κλίμακα και εξετάζεται αν το πέρας του είναι εντός ή εκτός της έλλειψης [Γεωργόπουλος Γ. κ.α. 2005].

4.2.2. Κατά την κατακόρυφη έννοια

Υπολογίζεται το διάνυσμα μεταβολής δH_i βάση από την σχέση 4.4.

$$\delta H_i = H_{i_{t2}} - H_{i_{t1}} \quad (4.4)$$

Για κάθε κορυφή συγκρίνεται η μεταβολή δH_i με το αντίστοιχο τυπικό σφάλμα ($\sigma_{\delta H_i}$) πολλαπλασιασμένο με z και εξετάζεται αν η τιμή αυτή είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από ($\sigma_{\delta H_i} \cdot z$) [Γεωργόπουλος Γ. κ.α. 2005].

$$\text{Όπου} \quad \sigma_{\delta H_i} = \sqrt{\sigma_{\delta H_{i_{t2}}}^2 + \sigma_{\delta H_{i_{t1}}}^2} \quad (4.5)$$

4.2.3. Αποτελέσματα

Οι απόλυτες μετακινήσεις (2012-2015) για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% του ΓΔΤΕ παρουσιάζονται στον πίνακα 4.3.

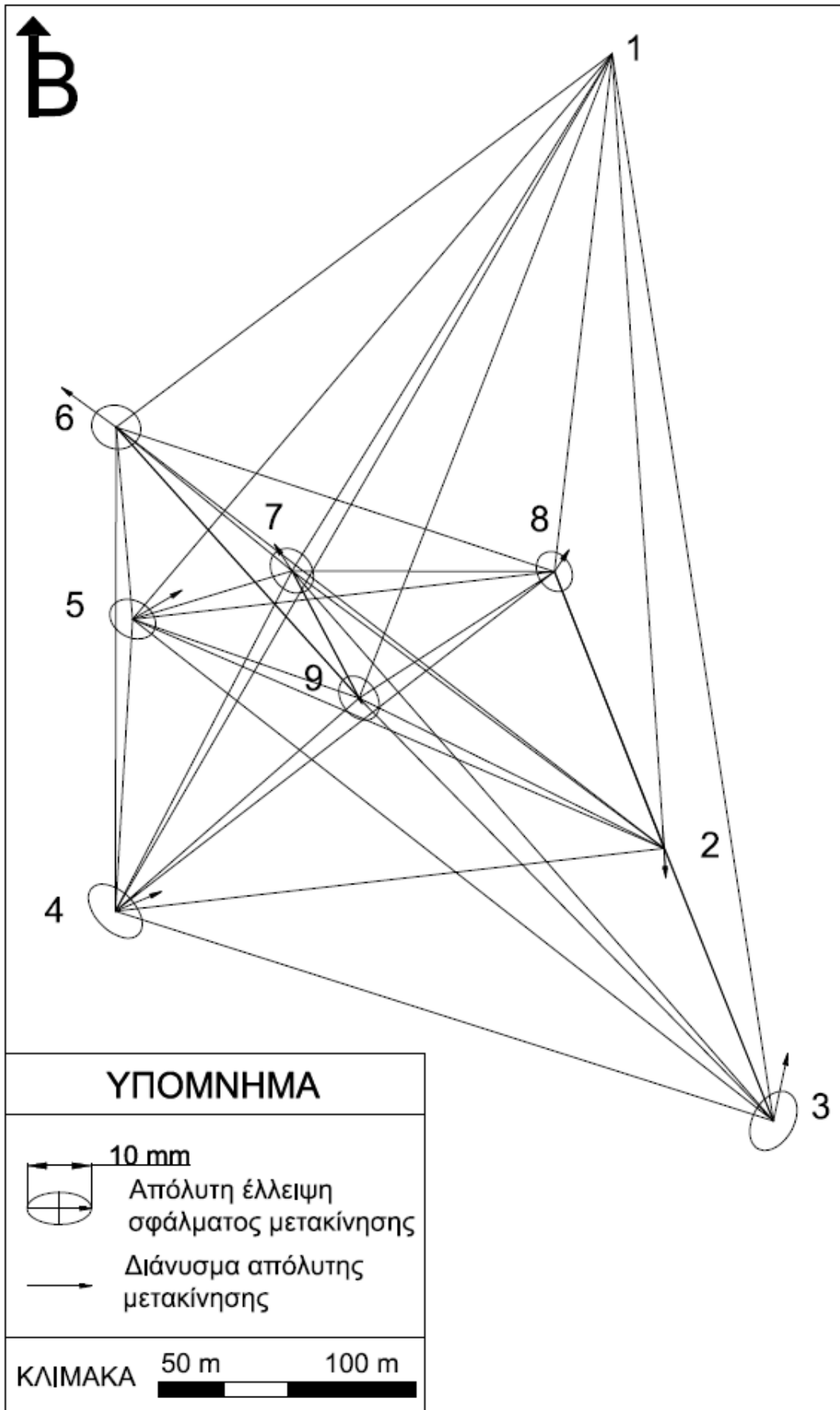
Κορυφή	δr_i (mm)	W (g)	σ_u (mm)	σ_v (mm)	θ (g)	Ο.Μ	δH_i (mm)	$\sigma_{\delta H_i}$ (mm)	Υ.Μ.
2	4.6	195.8515	± 3.2	± 0.0	104.1485	Ναι	-2.8	± 9.8	Όχι
3	10.7	13.2800	± 5.0	± 3.2	67.6200	Ναι	-9.1	± 10.6	Όχι
4	7.8	74.4113	± 5.1	± 3.0	150.0847	Ναι	-13.5	± 9.5	Ναι
5	8.9	66.2180	± 3.8	± 2.9	167.6596	Ναι	-2.6	± 8.6	Όχι
6	10.5	340.0546	± 3.9	± 3.4	177.3538	Ναι	-22.3	± 8.9	Ναι
7	4.9	363.0246	± 3.8	± 3.0	145.1380	Ναι	1.9	± 8.7	Όχι
8	4.0	37.9233	± 3.3	± 2.6	135.2533	Ναι	-6.3	± 8.5	Όχι
9	0.9	169.5490	± 3.8	± 2.7	140.9097	Όχι	5.9	± 8.6	Όχι

Πίνακας 4.3 : Στοιχεία απόλυτων μετακινήσεων ΓΔΤΕ για εε 95%

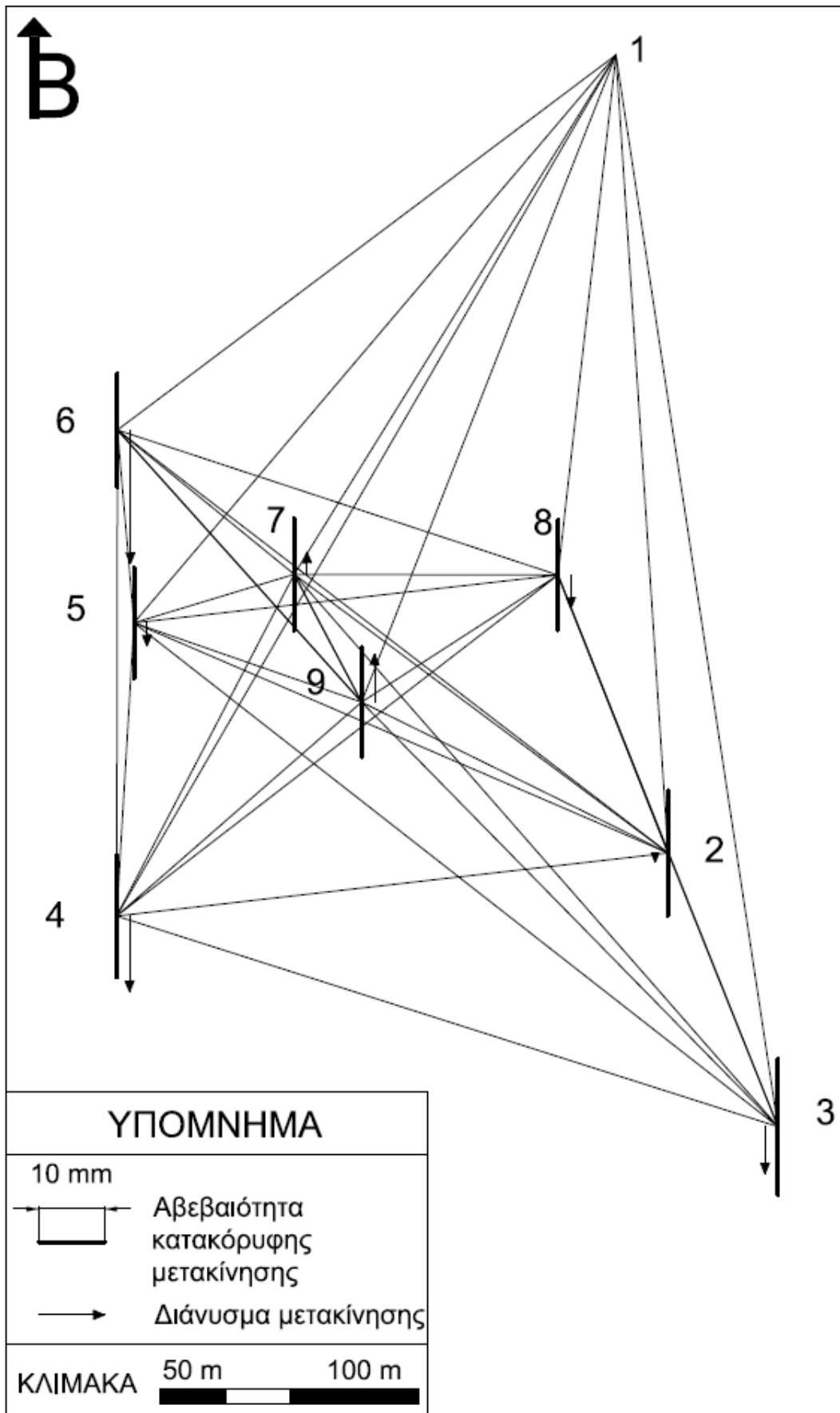
Όλες οι κορυφές εκτός από την 9 έχουν οριζόντια μετακίνηση που κυμαίνεται από **4 mm** έως **11 mm**. Οι κορυφές 4 και 6 παρουσιάζουν υψομετρική μετακίνηση (καθίζηση) **13 mm** και **22 mm** αντίστοιχα.

Σημειώνεται ότι οι κορυφές αυτές έχουν τοποθετηθεί, στο πρηνές που βρίσκεται ανατολικά των εγκαταστάσεων με σκοπό τον έλεγχο μετακίνησής του.

Οι απόλυτες μετακινήσεις οριζοντιογραφικά και υψομετρικά για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% (2012-2015) παρουσιάζονται στα σχήματα 4.1 και 4.2 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.1 : Απόλυτες οριζοντιογραφικές μετακινήσεις ΓΛΤΕ για $\epsilon\epsilon$ 95%



Σχήμα 4.2 : Απόλυτες υψομετρικές μετακινήσεις ΓΔΤΕ

4.3. Σχετικές Μετακινήσεις

Με τον όρο σχετικές μετακινήσεις, ουσιαστικά γίνεται αναφορά στις μεταβολές των σχετικών θέσεων των κορυφών του δικτύου [Γεωργόπουλος Γ. κ.α. 2005].

4.3.1. Κατά την οριζόντια έννοια

Το διάνυσμα μεταβολής της σχετικής θέσης των σημείων i, j καθορίζεται από τη σχέση 4.6 :

$$\delta\Delta r = \begin{bmatrix} \delta(x_j - x_i) \\ \delta(y_j - y_i) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta\Delta x \\ \delta\Delta y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (x_j - x_i)_{t_2} - (x_j - x_i)_{t_1} \\ (y_j - y_i)_{t_2} - (y_j - y_i)_{t_1} \end{bmatrix} \quad (4.6)$$

Η τιμή του διανύσματος υπολογίζεται από τη σχέση 4.7 :

$$\delta r = \sqrt{\delta(x_j - x_i)^2 + \delta(y_j - y_i)^2} \quad (4.7)$$

Ο πίνακας μεταβλητότητας - συμμεταβλητότητας του $\delta\Delta r$ προκύπτει από τη σχέση 4.8.

$$V_{\delta\Delta x} = \begin{bmatrix} \sigma_{\delta\Delta x}^2 & \sigma_{\delta\Delta x\Delta y} \\ \sigma_{\delta\Delta x\Delta y} & \sigma_{\delta\Delta y}^2 \end{bmatrix} = J \cdot V_{\delta x} \cdot J^T \quad (4.8)$$

$$\text{όπου } J = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Έπειτα γίνεται υπολογισμός των στοιχείων της έλλειψης σφάλματος απόλυτης μεταβολής θέσης σύμφωνα με τις σχέσεις 3.14, 3.15 και 3.16.

Πραγματοποιείται διδιάστατος έλεγχος μετακίνησης όπως και στις απόλυτες μετακινήσεις [Γεωργόπουλος Γ. κ.α. 2005].

4.3.2. Κατά την κατακόρυφη έννοια

Υπολογισμός της μεταβολής της υψομετρικής διαφοράς $\delta\Delta H_{ij}$ σύμφωνα με τη σχέση 4.9 :

$$\delta\Delta H = \delta(H_B - H_A) = (H_B - H_A)_{t_2} - (H_B - H_A)_{t_1} \quad (4.9)$$

Για κάθε κορυφή συγκρίνεται η μεταβολή δH_i με το αντίστοιχο τυπικό σφάλμα ($\sigma_{\delta H_i}$) πολλαπλασιασμένο με z και εξετάζεται αν η τιμή αυτή είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από ($\sigma_{\delta H_i} \cdot z$) [Γεωργόπουλος Γ. κ.α. 2005].

$$\text{Όπου} \quad \sigma_{\delta \Delta H_{ij}} = \sqrt{\sigma_{\delta H_i}^2 + \sigma_{\delta H_j}^2 - 2 \cdot \sigma_{\delta H_i \delta H_j}} \quad (4.10)$$

Οι σχετικές μετακινήσεις παρουσιάζονται στα σχήματα 4.3 και 4.4. Σύμφωνα με τα γραφήματα των τυπικών ελλείψεων σφάλματος σχετικής μετακίνησης παρατηρείται ότι το δίκτυο παρουσιάζει αδυναμία σε προσανατολισμό κυρίως και λιγότερο σε κλίμακα.

4.3.3. Αποτελέσματα

Παρατηρώντας τις τυπικές ελλείψεις σφάλματος και τα διανύσματα σχετικής μετακίνησης, οριζοντιογραφική μετακίνηση παρουσιάζουν όλες οι σχετικές θέσεις των κορυφών εκτός από τις σχετικές θέσεις των κορυφών 1-9 και 4-5.

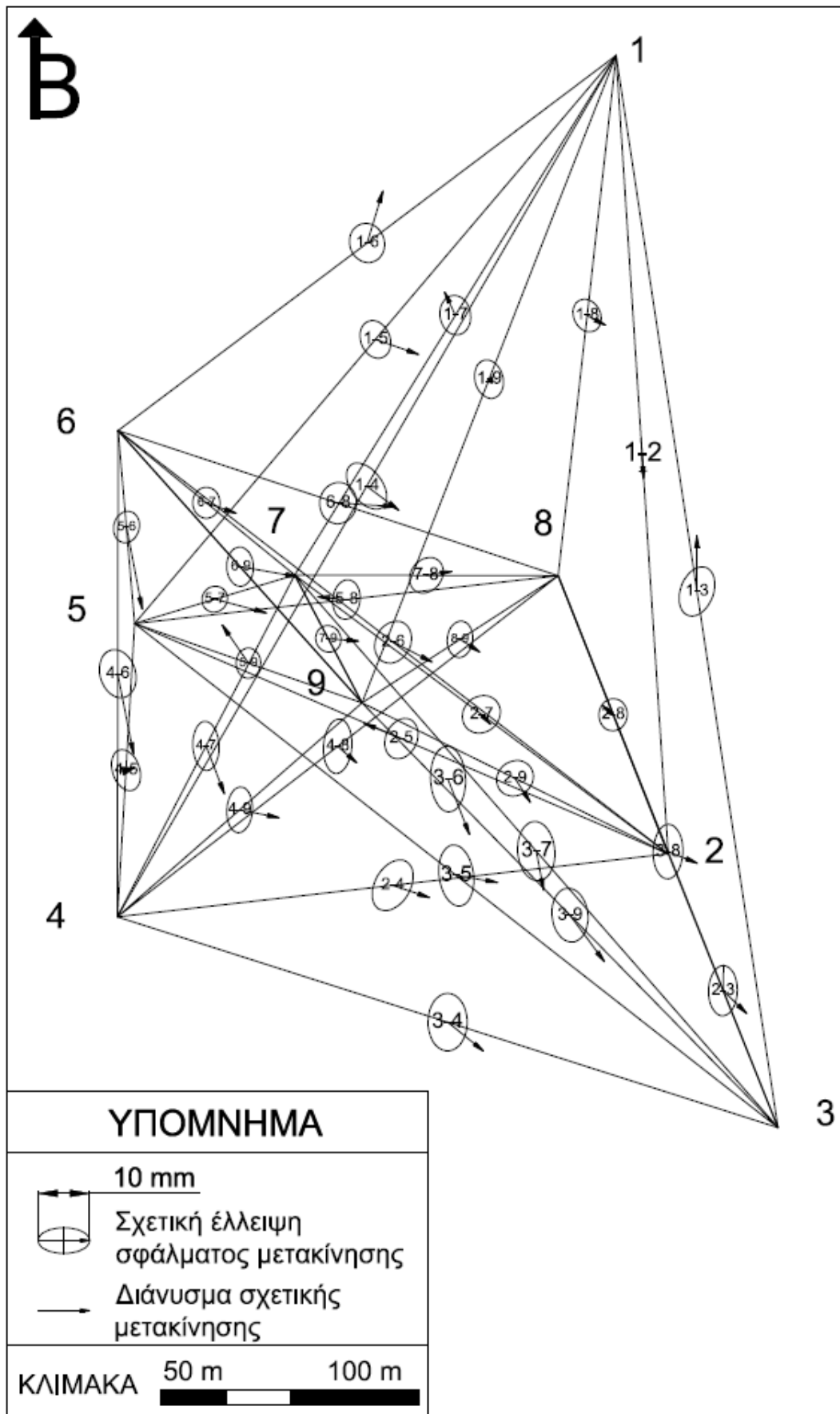
Όσον αφορά τις αβεβαιότητες και τα διανύσματα σχετικής μετακίνησης υψομετρικά προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι κορυφές οι οποίες παρουσιάζουν κατακόρυφη μετακίνηση είναι οι 1-4, 1-6, 2-6, 4-6, 4-9, 5-6, 6-7 και οι 6-9.

Εξάγεται το συμπέρασμα ότι οι κορυφές οι οποίες παρουσιάζουν απόλυτη μετακίνηση υψομετρικά μεταφέρουν τη μετακίνηση και στη σχετική υψομετρική θέση σε κάποιες εκ των κορυφών με τις οποίες συνδέονται.

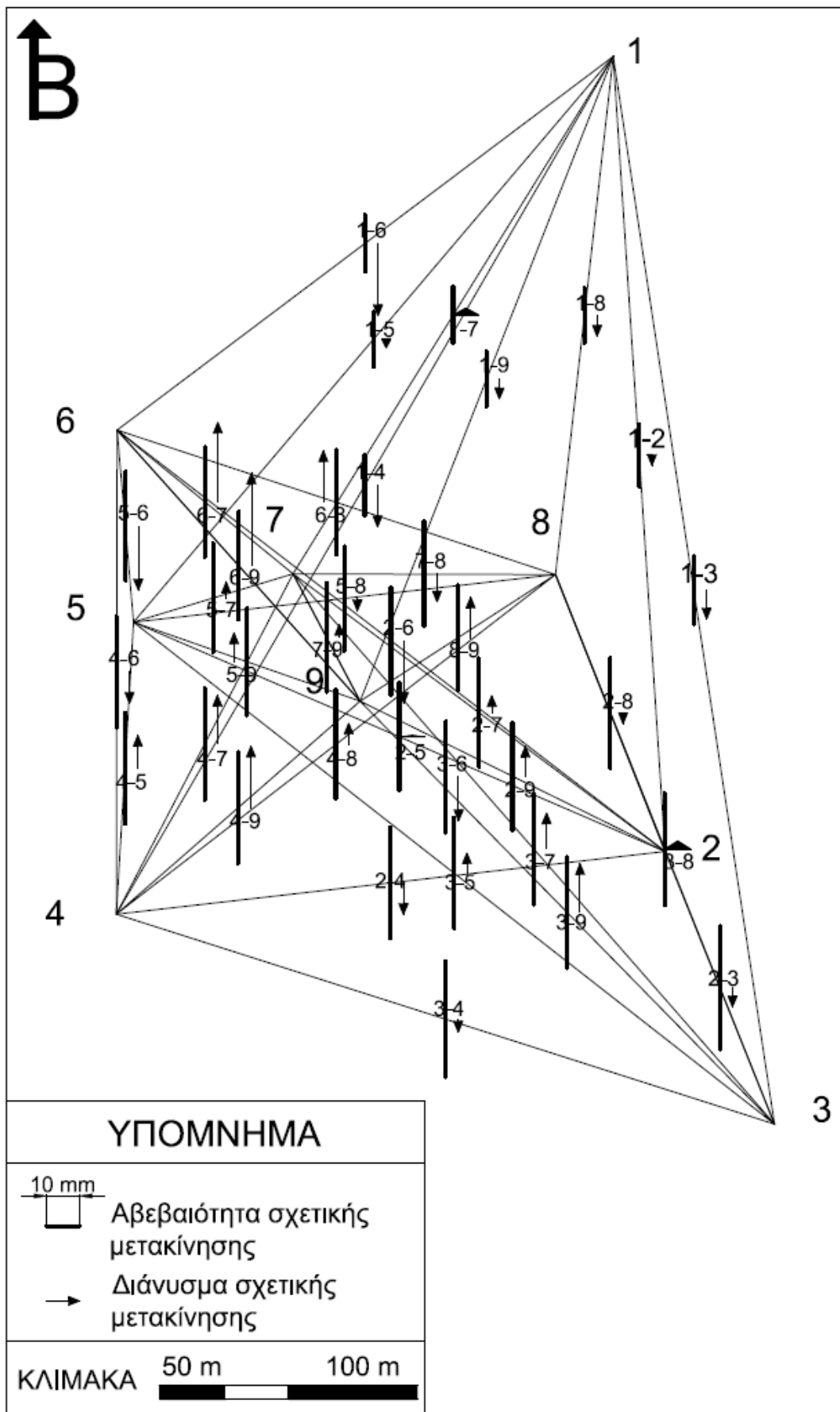
Στον πίνακα 4.4 παρουσιάζονται τα στοιχεία των σχετικών μετακινήσεων (2012-2015) του ΓΔΤΕ για επίπεδο εμπιστοσύνης 95 %.

Από	Προς	ΔR_{ij} (mm)	W ($^{\circ}$)	σ_u (mm)	σ_v (mm)	θ ($^{\circ}$)	ΟΜ	ΔRH_{ij} (mm)	$\sigma_{\Delta RH_{ij}}$ (mm)	ΥΜ
1	2	4.6	195.8515	± 3.2	± 0.0	104.1485	Ναι	-2.8	± 9.8	Όχι
1	3	10.7	0.0000	± 5.0	± 3.2	77.1672	Ναι	-9.1	± 10.6	Όχι
1	4	7.8	140.9921	± 5.1	± 3.0	116.6653	Ναι	-13.5	± 9.5	Ναι
1	5	8.9	121.4644	± 3.8	± 2.9	122.9057	Ναι	-2.6	± 8.6	Όχι
1	6	10.5	18.8462	± 3.9	± 3.4	118.4536	Ναι	-22.3	± 8.9	Ναι
1	7	4.9	372.2541	± 3.8	± 3.0	109.8597	Ναι	1.9	± 8.7	Όχι
1	8	4.0	130.8697	± 3.3	± 2.6	128.1996	Ναι	-6.3	± 8.5	Όχι
1	9	0.9	154.2588	± 3.8	± 2.7	117.1020	Όχι	5.9	± 8.6	Όχι
2	3	6.4	148.8909	± 4.9	± 2.8	98.6019	Ναι	-6.23	± 19.1	Όχι
2	4	7.5	120.7141	± 5.3	± 3.5	67.2729	Ναι	-10.6	± 17.3	Όχι
2	5	7.8	324.8690	± 4.1	± 3.0	73.9322	Ναι	0.2	± 16.7	Όχι
2	6	8.4	130.0271	± 4.3	± 3.4	67.8969	Ναι	-19.5	± 16.7	Ναι
2	7	2.6	152.9685	± 3.9	± 3.4	48.0405	Όχι	4.7	± 16.8	Όχι
2	8	2.8	345.1367	± 3.1	± 2.8	94.0634	Όχι	-3.5	± 17.1	Όχι
2	9	5.5	163.8621	± 3.7	± 3.3	39.8283	Ναι	8.7	± 16.7	Όχι
3	4	8.9	143.1607	± 5.6	± 3.8	100.1300	Ναι	-4.4	± 17.9	Όχι
3	5	8.1	111.0447	± 6.0	± 3.3	108.2808	Ναι	6.5	± 17.2	Όχι
3	6	11.5	176.3125	± 6.4	± 3.4	102.4574	Ναι	-13.2	± 17.2	Όχι
3	7	8.1	187.6601	± 5.8	± 3.6	105.3279	Ναι	10.9	± 17.2	Όχι
3	8	7.2	123.8152	± 5.3	± 2.9	98.2052	Ναι	2.8	± 17.4	Όχι
3	9	11.5	159.3510	± 5.2	± 3.5	107.7113	Ναι	15.0	± 17.2	Όχι
4	5	1.5	83.1525	± 4.1	± 4.1	121.0222	Όχι	10.9	± 17.3	Όχι
4	6	15.9	187.5687	± 4.8	± 3.4	118.3665	Ναι	-8.8	± 17.3	Όχι
4	7	9.9	176.4940	± 4.8	± 2.5	103.1387	Ναι	15.0	± 17.4	Όχι
4	8	4.9	145.7036	± 5.3	± 2.7	95.2395	Ναι	7.2	± 16.8	Όχι
4	9	7.8	112.4864	± 4.4	± 2.5	95.8715	Ναι	19.4	± 17.3	Ναι
5	6	16.2	187.5687	± 3.1	± 2.5	83.6803	Ναι	-19.7	± 17.0	Ναι
5	7	10.4	116.5652	± 2.6	± 2.4	57.6234	Ναι	4.5	± 17.0	Όχι
5	8	5.5	306.2452	± 3.8	± 2.7	92.1505	Ναι	-3.7	± 16.2	Όχι
5	9	9.0	361.8108	± 2.9	± 2.4	99.8730	Ναι	8.5	± 16.7	Όχι
6	7	6.1	122.0114	± 3.0	± 2.6	100.6961	Ναι	24.2	± 17.0	Ναι
6	8	11.1	103.8755	± 4.0	± 3.6	92.5116	Ναι	16.0	± 16.2	Όχι
6	9	11.3	111.0947	± 3.8	± 2.6	101.9907	Ναι	28.2	± 16.7	Ναι
7	8	5.0	90.1288	± 3.7	± 3.0	57.4699	Ναι	-8.2	± 16.3	Όχι
7	9	5.9	105.0733	± 2.6	± 2.4	129.0328	Ναι	4.0	± 16.9	Όχι
8	9	4.5	137.0068	± 3.5	± 2.5	93.5217	Ναι	12.2	± 16.3	Όχι

Πίνακας 4.4 : Στοιχεία σχετικών μετακινήσεων ΓΔΤΕ για $\epsilon\epsilon$ 95%



Σχήμα 4.3 : Σχετικές οριζοντιογραφικές μετακινήσεις ΓΔΤΕ για εε 95%



Σχήμα 4.4 : Σχετικές υψομετρικές μετακινήσεις ΓΔΤΕ για εε 95%

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1. Συμπεράσματα

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η μέτρηση του Γεωδαιτικού Δικτύου Κατακορύφου Ελέγχου, η επαναμέτρηση του Γεωδαιτικού Δικτύου Τριδιάστατου Ελέγχου και ο έλεγχος μετακινήσεων στην περιοχή του Ηλεκτροπαραγωγού Σταθμού Βασιλικού.

Από την εργασία αυτή προκύπτουν χρήσιμα συμπεράσματα τα οποία παρατίθενται πιο κάτω και παρέχουν σημαντικές πληροφορίες στις οποίες πρέπει να εστιάσει κανείς.

Από τη διαδικασία του σχεδιασμού, μέτρησης και επίλυσης του Γεωδαιτικού Δικτύου Κατακορύφου Ελέγχου προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα :

- Κατά τον σχεδιασμό-βελτιστοποίηση ενός δικτύου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη μια σειρά από παράγοντες όπως η απαιτούμενη ακρίβεια, ο διαθέσιμος γεωδαιτικός εξοπλισμός (αν υπάρχει), ο απαιτούμενος βοηθητικός εξοπλισμός (παρελκόμενα), οι αποστάσεις μεταξύ των κορυφών, το ανάγλυφο της περιοχής και οι συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή.
- Για τη μέτρηση του Γεωδαιτικού Δικτύου Κατακορύφου Ελέγχου χρησιμοποιήθηκαν κυρίως η ΤΡΥΑ και λιγότερο η ΓΧ. Η επιλογή αυτή στηρίχθηκε στην ικανοποιητική ακρίβεια που παρέχει η μέθοδος ΤΡΥΑ ($\approx \pm 1.5\text{mm}$). Η κλίμακα του δικτύου και το έντονο ανάγλυφο που υπήρχε στην περιοχή υπήρξαν καθοριστικοί παράγοντες για την επιλογή της ΤΡΥΑ ως κύρια μέθοδο.
- Τόσο τα όργανα όσο και τα παρελκόμενά τους πρέπει να ελέγχονται μετρολογικά ακολουθώντας τους κατάλληλους **έλεγχους βαθμονόμησης** πριν από την έναρξη των μετρήσεων για ελαχιστοποίηση πιθανών σφαλμάτων, αλλά και την διάρκεια.
- Σημαντικός παράγοντας στις μετρήσεις είναι η επιλογή κατάλληλης θέσης τοποθέτησης του τρίποδα στο έδαφος.
- Οι οριζοντιώσεις των τρικοχλίων στην ΤΡΥΑ πρέπει να γίνονται με την χρήση ΟΓΣ για την επιτάχυνση στην εφαρμογή της μεθόδου.
- Η ύπαρξη ενός **επιπλέον ΟΓΣ** επιταχύνει σημαντικά τις μετρήσεις πεδίου καθότι γίνεται ταυτόχρονα η οριζοντίωση των ΟΓΣ από δύο χειριστές και η εναλλαγή στόχου σταθμού.

- Η ΤΡΥΑ χρειάζεται περίπου το $\frac{1}{4}$ του χρόνου σε σχέση με τη ΓΧ όσον αφορά τις μετρήσεις πεδίου για μεγάλες αποστάσεις της τάξης του 1 km και ανώμαλο ανάγλυφο.
- Κατά την εφαρμογή της ΤΡΥΑ απαραίτητη είναι η τοποθέτηση ειδικού παρελκόμενου κατά τις σκοπεύσεις στο μπουλόνι της υψομετρικής αφετηρίας για τον αποκλεισμό φυγής της δέσμης του λέιζερ εκτός του επιθυμητού σημείου.
- **Οι μετρήσεις** οι οποίες αφορούν τη μέθοδο ΤΡΥΑ μπορούν να γίνουν και **από ένα άτομο** εφόσον οι συνθήκες δυσκολεύουν την ύπαρξη περισσότερων ατόμων με την προϋπόθεση να υπάρχει περαιτέρω εξοπλισμός (κατάφωτα, τρικόχλια και τρίποδες).
- Παρατηρείται ότι επιτεύχθηκε ο στόχος της αβεβαιότητας του ΓΔΚΕ. Η **αβεβαιότητα προσδιορισμού** είναι της τάξης του $\pm 1\text{mm}$ άρα η ευαισθησία του δικτύου είναι της τάξης των $\pm 2\text{mm}$ για εε 95% δηλαδή το υψομετρικό δίκτυο μπορεί να ανιχνεύσει **μετακινήσεις από $\pm 2\text{mm}$ και μεγαλύτερες.**

Από τη μέτρηση και επίλυση της δεύτερης φάσης του Γεωδαιτικού Δικτύου Τριδιάστατου Ελέγχου προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα :

- Τόσο τα όργανα όσο και τα παρελκόμενά τους πρέπει να **ελέγχονται μετρολογικά** ακολουθώντας τους κατάλληλους έλεγχους βαθμονόμησης πριν από την έναρξη των μετρήσεων για ελαχιστοποίηση πιθανών σφαλμάτων.
- Για τη διεξαγωγή των μετρήσεων του ΓΔΤΕ **απαραίτητη είναι η παρουσία τουλάχιστον δύο ατόμων** στο συνεργείο μετρήσεων.
- Σημαντικός παράγοντας κατά τη διάρκεια των μετρήσεων είναι η **ορθή επιλογή ωραρίου**, έτσι ώστε να μην υπάρχει έντονη γεωδαιτική διάθλαση με αποτέλεσμα την αβεβαιότητα στη σκόπευση των στόχων και **ο ήλιος να βρίσκεται όπισθεν του παρατηρητή.**
- Στην περίπτωση κατά την οποία τα τρικόχλια των στόχων παραμένουν στις κορυφές μετά το πέρας των ημερήσιων μετρήσεων σκόπιμος θεωρείται ο έλεγχος της οριζοντίωσης πριν την έναρξη της επόμενης ημερήσιας σειράς παρατηρήσεων.
- Η κορυφή 1 παρουσιάζει ευαισθησία στον ήλιο. Σκόπιμη κρίνεται η κατασκευή ειδικού καλύμματος για την αποφυγή της θερμοδιαστολής του χάλυβα.
- Η παρουσία υπολογιστή στο πεδίο κατά τη διάρκεια των παρατηρήσεων στον οποίο καταγράφονται άμεσα όλα τα

παρατηρούμενα μεγέθη (ύψη οργάνου και στόχων, οριζόντιες - κατακόρυφες γωνίες και μήκη) επιταχύνει σημαντικά την όλη διαδικασία και δίνει την δυνατότητα άμεσου ελέγχου.

- Η μέτρηση οριζόντιων γωνιών, κατακόρυφων γωνιών (και μηκών) πρέπει να γίνεται σε τουλάχιστον **δύο πλήρεις περιόδους** και αν υπάρχει η δυνατότητα σε περισσότερες.
- Η ύπαρξη ασύρματων επικοινωνίας κατά την τοποθέτηση και τον προσανατολισμό του στόχου στην κορυφή 9 ήταν απαραίτητη.
- Είναι σωστό στη συνόρθωση του δικτύου να συμμετέχουν οι ανεξάρτητες γωνίες μεταξύ τους για την αποφυγή μετάδοσης συστηματικών σφαλμάτων.

Δηλαδή αν θεωρηθεί η κορυφή 1 σαν στάση οργάνου οι γωνίες που πρέπει να συμμετέχουν στη συνόρθωση είναι οι β_{312} , β_{218} , β_{819} , β_{915} , β_{516} σε αντίθεση με τις γωνίες β_{312} , β_{318} , β_{319} , β_{315} , β_{316} στις οποίες υπάρχει η πιθανότητα συστηματικού σφάλματος στη σκόπευση της κορυφής 3. Επίσης απαγορευτική είναι η παρουσία τριών γωνιών εκ των οποίων οι δύο να δίνουν το άθροισμα της εναπομένουσας γωνίας π.χ. β_{312} , β_{218} και β_{318} .

- Σύμφωνα με τον πίνακα 3.6 στον οποίο παρουσιάζονται οι αβεβαιότητες των συντεταγμένων του ΓΔΤΕ παρατηρείται ότι οι αβεβαιότητες **οριζοντιογραφικά** κυμαίνονται από $\pm 0.1 - 1.5 \text{ mm}$ και **υψομετρικά** από $\pm 3.6 - 4.5 \text{ mm}$.

Η ακρίβεια στις συντεταγμένες και στην ισχύ του δικτύου φαίνεται να μειώνεται σε σχέση με την προηγούμενη σειρά μετρήσεων του ΓΔΤΕ. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην εμπειρία του παρατηρητή και στις ημερομηνίες διεξαγωγής των μετρήσεων. Η ακρίβεια μειώνεται κατά $\pm 0.3 \text{ mm}$ **οριζοντιογραφικά** και $\pm 1.5 \text{ mm}$ **υψομετρικά**.

Τα αποτελέσματα της επίλυσης του 2012 έδωσαν ένα εύρος $\pm 0.1 - \pm 1.2 \text{ mm}$ **οριζοντιογραφικά** και $\pm 2.4 - \pm 3.0 \text{ mm}$ **υψομετρικά**.

- Η ακρίβεια οριζοντιογραφικά επαληθεύει το μαθηματικό μοντέλο το οποίο αρχικώς ετέθη για την απαιτούμενη ακρίβεια να βρίσκεται κάτω από $\pm 2 \text{ mm}$ πράγμα που ορίζουν οι **μηχανολογικές κατασκευές**.
- Η **υψομετρική ακρίβεια** στην παρούσα μελέτη ($\pm 4.5 \text{ mm}$) αλλά και σε προηγούμενη σειρά μέτρησης ($\pm 3 \text{ mm}$) δεν επαληθεύει το μαθηματικό μοντέλο με την απαιτούμενη ακρίβεια να είναι κάτω

των ± 2 mm. Γι' αυτόν τον λόγο άλλωστε σχεδιάστηκε, μετρήθηκε και επιλύθηκε το ΓΔΚΕ. Για να μπορεί να ανιχνεύει μετακινήσεις της τάξης των ± 2 mm.

- Ο σχεδιασμός των απόλυτων ελλείψεων σφάλματος μας δείχνει αδυναμία σε κλίμακα και σε προσανατολισμό. Δεν παρατηρείται κάποια συστηματικότητα στις απόλυτες ελλείψεις σφάλματος.
- Ο σχεδιασμός των σχετικών τυπικών ελλείψεων σφάλματος μας δείχνει αδυναμία σε κλίμακα και σε προσανατολισμό. Δεν υπάρχει κάποια συστηματικότητα στις σχετικές ελλείψεις σφάλματος.
- Από την απεικόνιση των σχετικών ελλείψεων παρατηρείται ομοιότητα γενικά στο μέγεθος νοουμένου ότι οι αποστάσεις είναι περίπου οι ίδιες. Ο προσανατολισμός των σχετικών ελλείψεων δείχνει κυρίως αδυναμία σε προσανατολισμό και λιγότερο σε κλίμακα.
- Το ΓΔΤΕ έχει ευαισθησία με την οποία μπορεί να ανιχνεύσει **απόλυτες μετακινήσεις** της τάξης των **4 mm οριζοντιογραφικά** και **± 9 mm υψομετρικά** για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.
- Το ΓΔΤΕ έχει ευαισθησία με την οποία μπορεί να ανιχνεύσει **σχετικές μετακινήσεις** της τάξης των **5 mm οριζοντιογραφικά** και **± 9 mm υψομετρικά** για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

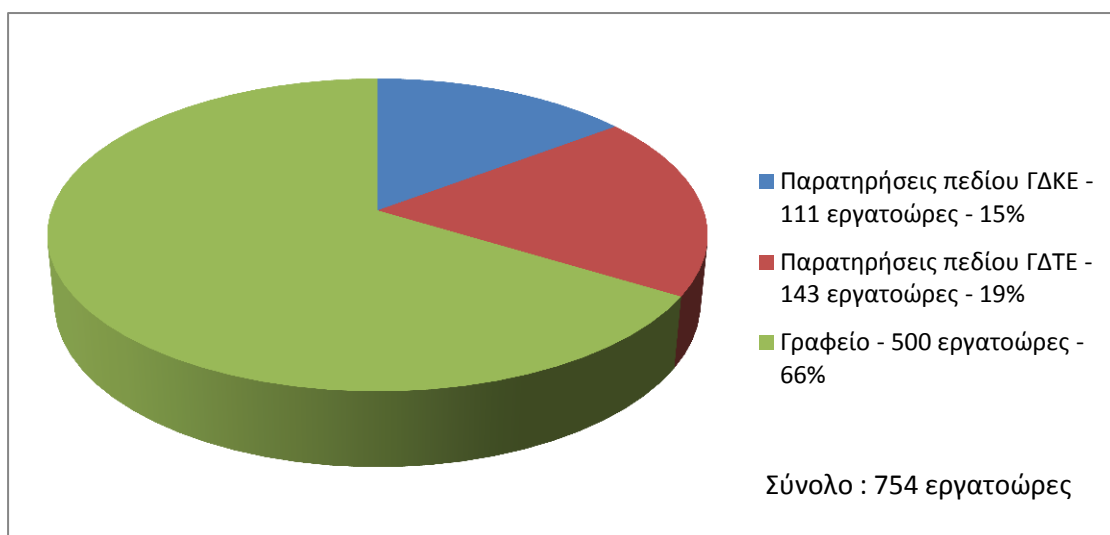
Από τη διαδικασία ελέγχου απόλυτων μετακινήσεων για επίπεδο εμπιστοσύνης 95 % προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα :

- Κατά την οριζόντια έννοια, όλες οι κορυφές εμφανίζουν μετακίνηση, εκτός από την κορυφή 9.
- Η μετακίνηση των κορυφών όπως δείχνουν τα διανύσματα απόλυτης μετακίνησης δεν είναι ενιαία.
- Οι απόλυτες μετακινήσεις των κορυφών κατά την οριζόντια έννοια κυμαίνονται από **4 mm - 11 mm**.
- Κατά την κατακόρυφη έννοια παρατηρείται μετακίνηση στις κορυφές 4 και 6. Η κορυφή **4** παρουσιάζει **καθίζηση 13 mm** και η κορυφή **6** ομοίως **22 mm**. Η μετακίνηση ήταν αναμενόμενη αφού οι κορυφές 4, 5 και 6 έχουν τοποθετηθεί πάνω σε τεχνητά πρανή δυτικά του σταθμού και αποτελούν σημεία ελέγχου για τον έλεγχο μετακινήσεων των πρανών.

Από τη διαδικασία ελέγχου σχετικών μετακινήσεων για επίπεδο εμπιστοσύνης 95 % προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα :

- Κατά την οριζόντια έννοια οι διευθύνσεις των διανυσμάτων δεν φαίνονται να έχουν κάποια ενιαία διεύθυνση. Υπάρχει όμως διεύθυνση των μισών σχετικών διανυσμάτων προς βορειοδυτικά και των υπόλοιπων προς βορειοανατολικά.
- Οι σχετικές μετακινήσεις των κορυφών κατά την οριζόντια έννοια κυμαίνονται από **4 mm - 16 mm**.
- Κατά την κατακόρυφη έννοια μετακίνηση παρουσιάζουν κάποιες εκ των κορυφών οι οποίες συνδέονται με τις κορυφές 4 και 6.
- Οι σχετικές μετακινήσεις των κορυφών κατά την κατακόρυφη έννοια κυμαίνονται από **- 13 mm - + 28 mm**.

Για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας απαιτήθηκαν περίπου 754 εργατοώρες. Η ανάλυση φαίνεται στο σχήμα 5.1.



Σχήμα 5.1 : Απεικόνιση εργατοωρών εκπόνησης παρούσας εργασίας

5.2. Προτάσεις

Οι προτάσεις που προκύπτουν από την παρούσα μελέτη είναι :

- Επέκταση του δικτύου με τις ίδιες προδιαγραφές για μελλοντικές χρήσεις στην ευρύτερη περιοχή.
- Κατασκευή προστατευτικής περίφραξης για την ασφαλή διεξαγωγή μετρήσεων και κλιμακοστασίου για την ασφαλή πρόσβαση στην κορυφή 1 - Submarine.
- Επαναμέτρηση των δικτύων σε τακτά χρονικά διαστήματα για τον έλεγχο μετακινήσεων της περιοχής και των κατασκευών του σταθμού.
- Παρακολούθηση της συμπεριφοράς των κορυφών 4 και 6 οι οποίες δείχνουν τη μεγαλύτερη μετακίνηση σε σχέση προς τις υπόλοιπες κορυφές.
- Παρακολούθηση της συμπεριφοράς της κορυφής 9 η οποία αποτελεί την ψηλότερη κατασκευή του σταθμού. Έλεγχος του εύρους ταλάντωσης αν είναι εντός των ορίων.
- Έλεγχος της σταθερής κορυφής 1 - Submarine τριδιάστατα για τυχόν μετακινήσεις.
- Μετρήσεις για τον προσδιορισμό του συντελεστή γεωδαιτικής διάθλασης κ στην περιοχή του σταθμού αλλά και στην ευρύτερη περιοχή.
- Σκυροδέτηση του μεταλλικού βάθρου της κορυφής 1 - Submarine για την αποφυγή της θερμοδιαστολής του χάλυβα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αγατζά – Μπαλοδήμου Α. Μ., *Θεωρία Σφαλμάτων και Συνορθώσεις I, Σημειώσεις μαθήματος*, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ, Αθήνα 2009.
2. Αγατζά – Μπαλοδήμου Α. Μ., *Θεωρία Σφαλμάτων και Συνορθώσεις II, Σημειώσεις μαθήματος*, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ, Αθήνα 2009.
3. Γεωργόπουλος Γ., Γκίκας Β., Τελειώνη Ε., Τσακίρη Μ., *Γεωδαισία, Σημειώσεις μαθήματος Γεωδαισία II*, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ, Αθήνα 2011.
4. Γεωργόπουλος Γ., Δογγούρης Σ., Μπαλοδήμος Δ., Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., *Σημειώσεις Τεχνικής Γεωδαισίας*, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ, Εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας, Αθήνα 2005, Σημειώσεις μαθήματος.
5. Ζαννής Ι., *Μέτρηση του Υψομετρικού Δικτύου της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου με την μέθοδο της ΤΡΙγωνομετρικής Υψομετρίας Ακριβείας (ΤΡΥΑ)*, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ, Φεβρουάριος 2008, Διπλωματική Εργασία.
6. Κωνσταντινίδης Κ., *Ίδρυση, Μέτρηση και Επίλυση Τρισδιάστατου Γεωδαιτικού Δικτύου Ακριβείας στον ΗΣ Βασιλικό της ΑΗΚ, με χρήση GNSS (2 φάσεις), Ψηφιακή Βάση Πληροφοριών του Δικτύου σε Περιβάλλον GIS*, ΠΟΜΗΓΕ, ΤΕΠΑΚ, Λεμεσός 2013, Πτυχιακή Εργασία.
7. Λάμπρου Ε., *Ακριβής προσδιορισμός υψομετρικών διαφορών με χρήση ολοκληρωμένων γεωδαιτικών σταθμών*, Τεχνικά Χρονικά Επιστημονική Έκδοση ΤΕΕ, Ι, Τεύχος 1-2, Αθήνα 2007.
8. Λάμπρου Ε. – Πανταζής Γ., *Εφαρμοσμένη Γεωδαισία*, Εκδόσεις Ζήτη, Φεβρουάριος 2013, ISBN 978-960-456-205-3, Θεσσαλονίκη.
9. Μπαλοδήμος Δ.-Δ., Αραπατζή Ο., *Υψομετρία, Σημειώσεις μαθήματος*, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ, Αθήνα Ιανουάριος 2004.
10. Σταύρου Γ., *Μέτρηση και Επίλυση Τρισδιάστατου Γεωδαιτικού Δικτύου Ακριβείας στον ΗΣ Βασιλικό της ΑΗΚ, με χρήση Ολοκληρωμένων Γεωδαιτικών Σταθμών. Συγκριτική αξιολόγηση με Επίγειες και Δορυφορικές Μετρήσεις*, ΠΟΜΗΓΕ, ΤΕΠΑΚ, Λεμεσός 2013, Πτυχιακή Εργασία.

11. Τεμένος Κ., *Παρακολούθηση παραμορφώσεων του Φράγματος του Κούρη στην Κύπρο*, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ, Ιούνιος 2007, Διπλωματική Εργασία.

ΙΣΤΟΓΡΑΦΙΑ

1. <https://books.google.gr/>
(last access : 11/2015)
2. <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/PUBLICATIONS/search>
(last access : 11/2015)
3. <https://www.eac.com.cy/EL/EAC/AboutEAC/Pages/History.aspx>
(last access : 09/2015)
4. <https://www.eac.com.cy/EL/EAC/Operations/Pages/Generation.aspx>
(last access : 09/2015)
5. <http://www.earth.google.com>
(last access : 09/2015)
6. <https://www.leica-geosystems.com/>
(last access : 03/2015)
7. http://www.schools.ac.cy/klimakio/Themata/Epistimi/web_Quest_main/webquests/energeia_ilektrismos/process-a.htm
(last access : 12/2015)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α
ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

I. Μετρήσεις ΤΡΥΑ

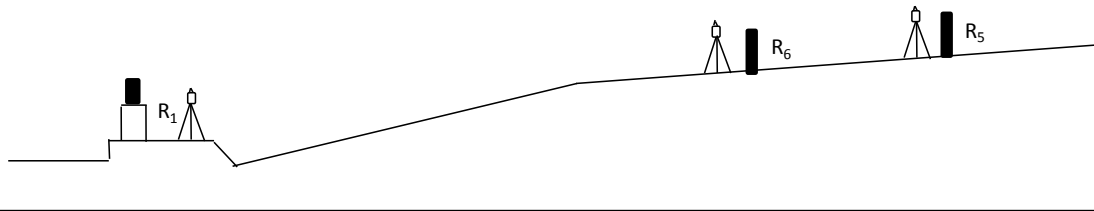
Ημ/νία : 08/04/2015		Ώρα έν.: 07:20		Ώρα Λήξ.: 07:57		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.		
Σκαρίφημα :										
Μετρήσεις προς R ₂										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R2} (m) ΔH=cosz·S	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)			
1	R ₂	122.5374	277.4479	122.5448	122.5448	2.4417	2.4411	2.4413	-0.8466	
		122.5384	277.4486	122.5449		2.4416	2.4409			
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m) ΔH=cosz·S	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)			
1	2	92.6626	307.3327	92.6650	92.6650	450.0918	450.0913	450.0914	51.7443	
		92.6630	307.3331	92.6650		450.0914	450.0912			
2	1	107.3364	292.6587	107.3389	107.3390	450.0919	450.0917	450.0917	-51.7721	
		107.3370	292.6587	107.3392		450.0918	450.0914			
Μετρήσεις προς R ₅										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{2R3} (m) ΔH=cosz·S	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)			
2	R ₅	106.2027	293.7887	106.2070	106.2068	4.0467	4.0462	4.0465	-0.3939	
		106.2029	293.7897	106.2066		4.0472	4.0460			
$\Delta H_{R2R5} = \Delta H_{R5} - \Delta H_{R2} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{i2} - \Delta H_{21}}{2} = 52.2109 \quad \text{m}$										
$D_{12}^2/R = 0.032 > \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.028 \quad \text{m} \Rightarrow \text{Ok.}$										

Ημ/νία : 14/04/2015		Ώρα έν.: 20:00		Ώρα Λήξ.: 21:10		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.		
Σκαρίφημα :										
Μετρήσεις προς R ₁										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R1} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	R ₁	145.8958	254.0855	145.9052	145.9049	1.8657	1.8649	1.8655	-1.2316	
		145.8960	254.0869	145.9046		1.8659	1.8654			
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	2	102.5619	297.4296	102.5662	102.5665	618.2282	618.2284	618.2283	-24.9168	
		102.5604	297.4267	102.5669		618.2283	618.2282			
2	1	97.4310	302.5578	97.4366	97.4368	618.2285	618.2282	618.2287	24.8846	
		97.4312	302.5571	97.4371		618.2290	618.2290			
Μετρήσεις προς R ₂										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{2R2} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
2	R ₂	122.8033	277.1855	122.8089	122.8091	2.5231	2.5230	2.5231	-0.8848	
		122.8032	277.1848	122.8092		2.5232	2.5230			
$\Delta H_{R1R2} = \Delta H_{2R2} - \Delta H_{1R1} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{i2} - \Delta H_{21}}{2} = -24.5539 \quad \text{m}$										
$D_{12}^2/R = 0.060 > \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.032 \quad \text{m} \Rightarrow \text{Ok.}$										

Ημ/νία : 15/04/2015		Ώρα έν.: 18:30		Ώρα Λήξ.: 20:00		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.		
Σκαρίφημα :										
Μετρήσεις προς R ₁										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R1} (m) ΔH=cosz·S	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)			
1	R ₁	147.1289	252.8517	147.1386	147.1386	1.8143	1.8147	1.8143	-1.2240	
		147.1296	252.8525	147.1386		1.8143	1.8139			
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m) ΔH=cosz·S	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)			
1	2	96.5461	303.4490	96.5486	96.5486	484.0382	484.0377	484.0380	26.2294	
		96.5466	303.4495	96.5486		484.0378	484.0381			
2	1	103.4535	296.5415	103.4560	103.4567	484.0378	484.0376	484.0380	-26.2689	
		103.4527	296.5381	103.4573		484.0382	484.0385			
Μετρήσεις προς R ₆										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{2R6} (m) ΔH=cosz·S	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)			
2	R ₆	125.9005	274.0912	125.9047	125.9036	3.0238	3.0224	3.023	-1.1965	
		125.8973	274.0924	125.9025		3.0239	3.0229			
$\Delta H_{R1R6} = \Delta H_{2R6} - \Delta H_{1R1} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{12} - \Delta H_{21}}{2} = 26.2766 \quad \text{m}$										
$D_{12}^2/R = 0.037 \approx \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.039 \quad \text{m} \Rightarrow \text{Ok.}$										

Ημ/νία : 15/04/2015		Ώρα έν.: 19:30		Ώρα Λήξ.: 20:30		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.		
Σκαρίφημα :										
Μετρήσεις προς R ₁										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R1} (m) ΔH=cosz·S	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)			
1	R ₁	147.1289	252.8517	147.1386	147.1386	1.8143	1.8147	1.8143	-1.2240	
		147.1296	252.8525	147.1386		1.8143	1.8139			
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m) ΔH=cosz·S	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)			
1	2	96.5461	303.4490	96.5486	96.5486	484.0382	484.0377	484.0380	26.2294	
		96.5466	303.4495	96.5486		484.0378	484.0381			
2	1	103.4535	296.5415	103.4560	103.4567	484.0378	484.0376	484.0380	-26.2689	
		103.4527	296.5381	103.4573		484.0382	484.0385			
2	3	113.4881	286.5061	113.4910	113.4917	177.6983	177.6982	177.6980	-37.3778	
		113.4898	286.5050	113.4924		177.6973	177.6980			
3	2	86.5066	313.4887	86.5090	86.5088	177.6987	177.6981	177.6983	37.3766	
		86.5063	313.4892	86.5086		177.6984	177.6981			
Μετρήσεις προς R ₇										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{3R5} (m) ΔH=cosz·S	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)			
3	R ₇	146.4209	253.5583	146.4313	146.4315	1.7098	1.7097	1.710	-1.1394	
		146.4218	253.5585	146.4317		1.7098	1.7098			
$\Delta H_{R1R7} = \Delta H_{3R7} - \Delta H_{1R1} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{i2} - \Delta H_{21} + \Delta H_{23} - \Delta H_{32}}{2} = -11.0434 \text{ m}$										
$D_{12}^2/R = 0.037 \approx \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.039 \text{ m} \Rightarrow \text{Ok.}$										
$D_{23}^2/R = 0.005 > \Delta H_{23} + \Delta H_{32} = 0.001 \text{ m} \Rightarrow \text{Ok.}$										

Σκαρίφημα :



Μετρήσεις προς R₁

Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R1} (m) ΔH=cosz·S
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		
1	R ₁	147.1289	252.8517	147.1386	147.1386	1.8143	1.8147	1.8143	-1.2240
		147.1296	252.8525	147.1386		1.8143	1.8139		
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m) ΔH=cosz·S
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		
1	2	96.5461	303.4490	96.5486	96.5486	484.0382	484.0377	484.0380	26.2294
		96.5466	303.4495	96.5486		484.0378	484.0381		
2	1	103.4535	296.5415	103.4560	103.4567	484.0378	484.0376	484.0380	-26.2689
		103.4527	296.5381	103.4573		484.0382	484.0385		
2	3	99.5496	300.4454	99.5521	99.5522	148.8989	148.8991	148.8991	1.0475
		99.5501	300.4457	99.5522		148.8994	148.8991		
3	2	100.4445	299.5503	100.4471	100.4472	148.8992	148.8986	148.8988	-1.0458
		100.4438	299.5494	100.4472		148.8988	148.8986		

Μετρήσεις προς R₅

Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{3R5} (m) ΔH=cosz·S
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		
3	R ₅	126.8728	273.1101	126.8814	126.8818	2.0991	2.0988	2.0994	-0.8604
		126.8750	273.1107	126.8822		2.1003	2.0994		

$$\Delta H_{R1R5} = \Delta H_{3R5} - \Delta H_{1R1} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{12} - \Delta H_{21} + \Delta H_{23} - \Delta H_{32}}{2} = 27.6594 \text{ m}$$

$$D_{12}^2/R = 0.037 \approx \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.039 \text{ m} \Rightarrow \text{Ok.}$$

$$D_{23}^2/R = 0.003 > \Delta H_{23} + \Delta H_{32} = 0.002 \text{ m} \Rightarrow \text{Ok.}$$

Ημ/νία : 15/04/2015		Ώρα έν.: 17:00		Ώρα Λήξ.: 23:21		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.	
Σκαρίφημα :									
Μετρήσεις προς R ₁									
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R1} (m)
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		
1	R ₁	147.1289	252.8517	147.1386	147.1386	1.8143	1.8147	1.8143	-1.2240
		147.1296	252.8525	147.1386		1.8143	1.8139		
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m)
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		
1	2	96.5461	303.4490	96.5486	96.5486	484.0382	484.0377	484.0380	26.2294
		96.5466	303.4495	96.5486		484.0378	484.0381		
2	1	103.4535	296.5415	103.4560	103.4567	484.0378	484.0376	484.0380	-26.2689
		103.4527	296.5381	103.4573		484.0382	484.0385		
2	3	99.5496	300.4454	99.5521	99.5522	148.8989	148.8991	148.8991	1.0475
		99.5501	300.4457	99.5522		148.8994	148.8991		
3	2	100.4445	299.5503	100.4471	100.4472	148.8992	148.8986	148.8988	-1.0458
		100.4438	299.5494	100.4472		148.8988	148.8986		
3	4	106.0686	293.9274	106.0706	106.0706	224.2546	224.2544	224.2546	-21.3519
		106.0684	293.9271	106.0707		224.2548	224.2546		
4	3	93.9287	306.0678	93.9305	93.9302	224.2552	224.2549	224.2549	21.3490
		93.9277	306.0678	93.9300		224.2548	224.2548		
Μετρήσεις προς R ₄									
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{4R4} (m)
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		
4	R ₄	126.7708	273.2182	126.7763	126.7757	3.0118	3.0113	3.0118	-1.2297
		126.7694	273.2193	126.7751		3.0123	3.0118		
$\Delta H_{R1R4} = \Delta H_{4R4} - \Delta H_{1R1} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{12} - \Delta H_{21} + \Delta H_{23} - \Delta H_{32} + \Delta H_{34} - \Delta H_{43}}{2} = 5.9396 \text{ m}$									
$D_{12}^2/R = 0.037 \approx \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.039 \text{ m} \Rightarrow \text{Ok.}$									
$D_{23}^2/R = 0.003 > \Delta H_{23} + \Delta H_{32} = 0.002 \text{ m} \Rightarrow \text{Ok.}$									
$D_{34}^2/R = 0.008 > \Delta H_{34} + \Delta H_{43} = 0.003 \text{ m} \Rightarrow \text{Ok.}$									

Ημ/νία : 16/04/2015		Ώρα έν.: 10:50		Ώρα Λήξ.: 13:29		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.	
Σκαρίφημα :									
Μετρήσεις προς R ₂									
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R2} (m)
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S
1	R ₂	124.7128	275.2730	124.7199	124.7198	2.2019	2.2029	2.2019	-0.8337
		124.7128	275.2733	124.7198		2.2016	2.2013		
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m)
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S
1	2	92.6065	307.3889	92.6088	92.6090	451.1015	451.1016	451.1014	52.2545
		92.6065	307.3883	92.6091		451.1016	451.1008		
2	1	107.3933	292.6030	107.3952	107.3949	451.1015	451.1009	451.1011	-52.2814
		107.3932	292.6040	107.3946		451.1011	451.1009		
2	3	106.0874	293.9104	106.0885	106.0884	223.9225	223.9220	223.9225	-21.3823
		106.0862	293.9098	106.0882		223.9228	223.9226		
3	2	93.9147	306.0818	93.9165	93.9159	223.9226	223.9226	223.9226	21.3674
		93.9138	306.0830	93.9154		223.9225	223.9226		
Μετρήσεις προς R ₄									
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{3R4} (m)
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S
3	R ₄	125.3872	274.6005	125.3934	125.3935	3.2012	3.2012	3.2016	-1.2435
		125.3888	274.6014	125.3937		3.2021	3.2018		
$\Delta H_{R2R4} = \Delta H_{3R4} - \Delta H_{1R2} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{i2} - \Delta H_{21} + \Delta H_{23} - \Delta H_{32}}{2} = 30.4834 \text{ m}$									
$D_{12}^2/R = 0.032 > \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.027 \text{ m} \Rightarrow \text{Ok.}$									
$D_{23}^2/R = 0.008 < \Delta H_{23} + \Delta H_{32} = 0.015 \text{ m} \Rightarrow \text{Μη αποδεκτό.}$									

Ημ/νία : 16/04/2015		Ώρα έν.: 14:10		Ώρα Λήξ.: 16:33		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.		
Σκαρίφημα :										
Μετρήσεις προς R ₅										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R5} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	R ₅	127.6914	272.2920	127.6997	127.6996	2.1264	2.1247	2.1256	-0.8960	
		127.6915	272.2925	127.6995		2.1265	2.1248			
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	2	107.3908	292.6053	107.3928	107.3928	331.7743	331.7741	331.7741	-38.4411	
		107.3905	292.6047	107.3929		331.7741	331.7740			
2	1	92.6083	307.3865	92.6109	92.6106	331.7748	331.7744	331.7745	38.4236	
		92.6078	307.3873	92.6103		331.7743	331.7745			
Μετρήσεις προς R ₈										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{2R7} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
2	R ₈	146.1408	253.8381	146.1514	146.1513	1.8936	1.8934	1.8930	-1.2552	
		146.1427	253.8402	146.1513		1.8921	1.8929			
$\Delta H_{R5R8} = \Delta H_{R8} - \Delta H_{R5} + \sum_{i=1}^2 \frac{\Delta H_{12} - \Delta H_{21}}{2} = -38.7916 \quad \text{m}$										
$D_{12}^2/R = 0.017 \approx \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.018 \quad \text{m} \Rightarrow \text{Ok.}$										

Ημ/νία : 16/04/2015		Ώρα έν.: 17:00		Ώρα Λήξ.: 23:21		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.	
Σκαρίφημα :									
Μετρήσεις προς R ₂									
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R2} (m) ΔH=cosz·S
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		
1	R ₂	124.7128	275.2730	124.7199	124.7198	2.2019	2.2029	2.2019	-0.8337
		124.7128	275.2733	124.7198		2.2016	2.2013		
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m) ΔH=cosz·S
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		
1	2	92.6065	307.3889	92.6088	92.6090	451.1015	451.1016	451.1014	52.2545
		92.6065	307.3883	92.6091		451.1016	451.1008		
2	1	107.3933	292.6030	107.3952	107.3949	451.1015	451.1009	451.1011	-52.2814
		107.3932	292.6040	107.3946		451.1011	451.1009		
2	3	118.3704	281.6270	118.3717	118.3707	134.8830	134.8834	134.8830	-38.3848
		118.3694	281.6300	118.3697		134.8830	134.8832		
2	3	118.3680	281.6274	118.3703	118.3707	134.8830	134.8830	134.8830	-38.3848
		118.3681	281.6257	118.3712		134.8828	134.8829		
3	2	81.6289	318.3655	81.6317	81.6311	134.8835	134.8834	134.8830	38.3811
		81.6290	318.3680	81.6305		134.8833	134.8834		
3	2	81.6291	318.3655	81.6318	81.6311	134.8832	134.8828	134.8830	38.3811
		81.6306	318.3680	81.6313		134.8830	134.8829		
3	2	81.6286	318.3663	81.6312	81.6311	134.8831	134.8821	134.8830	38.3811
		81.6289	318.3666	81.6312		134.8823	134.8826		
3	2	81.6292	318.3674	81.6309	81.6311	134.8829	134.8830	134.8830	38.3811
		81.6292	318.3683	81.6305		134.8833	134.8835		
Μετρήσεις προς R ₇									
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{4R4} (m) ΔH=cosz·S
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		
3	R ₇	135.3813	264.6033	135.3890	135.3898	2.3054	2.3052	2.3054	-1.2166
		135.3817	264.6034	135.3892		2.3057	2.3055		
3	R ₇	135.3826	264.6024	135.3901	135.3898	2.3057	2.3051	2.3054	-1.2166
		135.3822	264.6026	135.3898		2.3059	2.3053		
3	R ₇	135.3835	264.6022	135.3907	135.3898	2.3052	2.3051	2.3054	-1.2166
		135.3818	264.6013	135.3903		2.3058	2.3051		
$\Delta H_{R1R4} = \Delta H_{4R4} - \Delta H_{1R1} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{12} - \Delta H_{21} + \Delta H_{23} - \Delta H_{32} + \Delta H_{34} - \Delta H_{43}}{2} = 13.5021 \text{ m}$									
$D_{12}^2/R = 0.032 > \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.027 \text{ m} \Rightarrow \text{Ok.}$									
$D_{23}^2/R = 0.003 \approx \Delta H_{23} + \Delta H_{32} = 0.004 \text{ m} \Rightarrow \text{Ok.}$									

Ημ/νία : 16/04/2015		Ώρα έν.: 17:00		Ώρα Λήξ.: 19:01		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.	
Σκαρίφημα :									
Μετρήσεις προς R ₃									
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R3} (m) ΔH=cosz·S
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		
1	R ₃	143.4698	256.5080	143.4809	143.4808	1.7410	1.7401	1.7403	-1.0983
		143.4700	256.5086	143.4807		1.7408	1.7392		
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m) ΔH=cosz·S
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		
1	2	96.2706	303.7276	96.2715	96.2710	536.9689	536.9689	536.9691	31.4352
		96.2698	303.7289	96.2705		536.9694	536.9691		
2	1	103.7319	296.2659	103.7330	103.7325	536.9692	536.9690	536.9691	-31.4640
		103.7316	296.2678	103.7319		536.9693	536.9689		
2	3	94.0065	305.9924	94.0071	94.0069	229.7512	229.7511	229.7511	21.5969
		94.0069	305.9936	94.0067		229.7512	229.7509		
3	2	105.9948	294.0045	105.9952	105.9953	229.7513	229.7510	229.7513	-21.6044
		105.9953	294.0046	105.9954		229.7513	229.7514		
Μετρήσεις προς R ₅									
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{3R5} (m) ΔH=cosz·S
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		
3	R ₅	127.6883	272.3071	127.6906	127.6901	2.1243	2.1243	2.1246	-0.8952
		127.6903	272.3111	127.6896		2.1250	2.1248		
$\Delta H_{R3R5} = \Delta H_{R5} - \Delta H_{1R3} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{12} - \Delta H_{21} + \Delta H_{23} - \Delta H_{32}}{2} = 53.2533 \text{ m}$									
$D_{12}^2/R = 0.045 > \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.029 \text{ m} \Rightarrow \text{Ok.}$									
$D_{23}^2/R = 0.008 = \Delta H_{23} + \Delta H_{32} = 0.008 \text{ m} \Rightarrow \text{Ok.}$									

Ημ/νία : 16/04/2015		Ώρα έν.: 17:00		Ώρα Λήξ.: 19:01		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.	
Σκαρίφημα :									
Μετρήσεις προς R ₃									
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R3} (m)
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		
1	R ₃	143.4698	256.5080	143.4809	143.4808	1.7410	1.7401	1.7403	-1.0983
		143.4700	256.5086	143.4807		1.7408	1.7392		
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m)
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		
1	2	96.2706	303.7276	96.2715	96.2710	536.9689	536.9689	536.9691	31.4352
		96.2698	303.7289	96.2705		536.9694	536.9691		
2	1	103.7319	296.2659	103.7330	103.7325	536.9692	536.9690	536.9691	-31.4640
		103.7316	296.2678	103.7319		536.9693	536.9689		
2	3	94.0065	305.9924	94.0071	94.0069	229.7512	229.7511	229.7511	21.5969
		94.0069	305.9936	94.0067		229.7512	229.7509		
3	2	105.9948	294.0045	105.9952	105.9953	229.7513	229.7510	229.7513	-21.6044
		105.9953	294.0046	105.9954		229.7513	229.7514		
3	4	118.4110	281.5874	118.4118	118.4119	134.8392	134.8387	134.8390	-38.4559
		118.4116	281.5876	118.4120		134.8391	134.8388		
4	3	81.5978	318.4029	81.5975	81.5990	134.8392	134.8389	134.8390	38.4337
		81.6008	318.3997	81.6006		134.8392	134.8386		
Μετρήσεις προς R ₇									
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{4R7} (m)
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		
4	R ₇	135.0222	264.9738	135.0242	135.0246	2.2218	2.2221	2.2218	-1.1616
		135.0257	264.9756	135.0251		2.2214	2.2219		
$\Delta H_{R3R7} = \Delta H_{4R7} - \Delta H_{1R3} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{12} - \Delta H_{21} + \Delta H_{23} - \Delta H_{32} + \Delta H_{34} - \Delta H_{43}}{2} = 14.5422 \text{ m}$									
$D_{12}^2/R = 0.045 > \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.029 \text{ m} \Rightarrow \text{Ok.}$									
$D_{23}^2/R = 0.008 = \Delta H_{23} + \Delta H_{32} = 0.008 \text{ m} \Rightarrow \text{Ok.}$									
$D_{34}^2/R = 0.003 < \Delta H_{34} + \Delta H_{43} = 0.022 \text{ m} \Rightarrow \text{Ok.}$									

Ημ/νία : 16/04/2015		Ώρα έν.: 17:00		Ώρα Λήξ.: 19:01		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.		
Σκαρίφημα :										
Μετρήσεις προς R ₄										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R4} (m) ΔH=cosz·S	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)			
1	R ₄	119.9594	280.0411	119.9592	119.9586	3.2825	3.2833	3.2827	-1.0124	
		119.9578	280.0417	119.9581		3.2823	3.2827			
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m) ΔH=cosz·S	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)			
1	2	94.0065	305.9924	94.0071	94.0069	229.7512	229.7511	229.7511	21.5969	
		94.0069	305.9936	94.0067		229.7512	229.7509			
2	1	105.9948	294.0045	105.9952	105.9953	229.7513	229.7510	229.7513	-21.6044	
		105.9953	294.0046	105.9954		229.7513	229.7514			
2	3	118.4110	281.5874	118.4118	118.4119	134.8392	134.8387	134.8390	-38.4559	
		118.4116	281.5876	118.4120		134.8391	134.8388			
3	2	81.5978	318.4029	81.5975	81.5990	134.8392	134.8389	134.8390	38.4337	
		81.6008	318.3997	81.6006		134.8392	134.8386			
Μετρήσεις προς R ₇										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{3R7} (m) ΔH=cosz·S	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)			
3	R ₇	135.0222	264.9738	135.0242	135.0246	2.2218	2.2221	2.2218	-1.1616	
		135.0257	264.9756	135.0251		2.2214	2.2219			
$\Delta H_{R4R7} = \Delta H_{3R7} - \Delta H_{1R4} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{12} - \Delta H_{21} + \Delta H_{23} - \Delta H_{32}}{2} = -16.9934 \text{ m}$										
$D_{12}^2/R = 0.008 = \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.008 \text{ m} \Rightarrow \text{Ok.}$										
$D_{23}^2/R = 0.003 < \Delta H_{23} + \Delta H_{32} = 0.022 \text{ m} \Rightarrow \text{Μη αποδεκτό.}$										

Ημ/νία : 16/04/2015		Ώρα έν.: 19:30		Ώρα Λήξ.: 22:00		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.		
Σκαρίφημα :										
Μετρήσεις προς R ₅										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R5} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	R ₅	127.6883	272.3071	127.6906	127.6901	2.1243	2.1243	2.1246	-0.8952	
		127.6903	272.3111	127.6896		2.1250	2.1248			
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	2	118.4110	281.5874	118.4118	118.4119	134.8392	134.8387	134.8390	-38.4559	
		118.4116	281.5876	118.4120		134.8391	134.8388			
2	1	81.5978	318.4029	81.5975	81.5990	134.8392	134.8389	134.8390	38.4337	
		81.6008	318.3997	81.6006		134.8392	134.8386			
Μετρήσεις προς R ₇										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{2R7} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
2	R ₇	135.0222	264.9738	135.0242	135.0246	2.2218	2.2221	2.2218	-1.1616	
		135.0257	264.9756	135.0251		2.2214	2.2219			
$\Delta H_{R5R7} = \Delta H_{R7} - \Delta H_{R5} + \sum_{i=1}^2 \frac{\Delta H_{12} - \Delta H_{21}}{2} = -38.7112 \quad \text{m}$										
$D_{12}^2/R = 0.003 < \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.022 \quad \text{m} \Rightarrow \text{Μη αποδεκτό.}$										

Ημ/νία : 16/04/2015		Ώρα έν.: 20:09		Ώρα Λήξ.: 22:01		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.		
Σκαρίφημα :										
Μετρήσεις προς R ₆										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R6} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	R ₆	125.3606	274.6395	125.3606	125.3634	3.0620	3.0629	3.0621	-1.1880	
		125.3672	274.6347	125.3663		3.0617	3.0619			
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	2	99.5059	300.4947	99.5056	99.5063	148.9985	148.9987	148.9984	1.1556	
		99.5077	300.4939	99.5069		148.9984	148.9980			
2	1	100.4959	299.5055	100.4952	100.4953	148.9983	148.9980	148.9982	-1.1591	
		100.4961	299.5055	100.4953		148.9985	148.9981			
2	3	107.3847	292.6137	107.3855	107.3851	332.5989	332.5983	332.5985	-38.4963	
		107.3841	292.6149	107.3846		332.5986	332.5982			
3	2	92.6187	307.3819	92.6184	92.6181	332.5991	332.5980	332.5983	38.4802	
		92.6169	307.3815	92.6177		332.5982	332.5980			
Μετρήσεις προς R ₈										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{3R8} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
3	R ₃	148.7221	251.2766	148.7228	148.7225	1.8245	1.8255	1.8256	-1.2647	
		148.7224	251.2779	148.7223		1.8247	1.8276			
$\Delta H_{R6R8} = \Delta H_{3R8} - \Delta H_{1R6} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{12} - \Delta H_{21} + \Delta H_{23} - \Delta H_{32}}{2} = -37.4077 \text{ m}$										
$D_{12}^2/R = 0.003 \approx \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.004 \text{ m} \Rightarrow \text{Ok.}$										
$D_{23}^2/R = 0.017 > \Delta H_{23} + \Delta H_{32} = 0.016 \text{ m} \Rightarrow \text{Ok.}$										

Ημ/νία : 23/04/2015		Ώρα έν.: 18:00		Ώρα Λήξ.: 18:47		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.		
Σκαρίφημα :										
Μετρήσεις προς R ₆										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R6} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	R ₆	134.9176	265.0687	134.9245	134.9247	2.6325	2.6327	2.6326	-1.3729	
		134.9180	265.0680	134.9250		2.6329	2.6322			
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	2	113.5268	286.4686	113.5291	113.5280	177.9804	177.9803	177.9802	-37.5363	
		113.5264	286.4698	113.5283		177.9803	177.9805			
1	2	113.5257	286.4697	113.5280	113.5280	177.9803	177.9800	177.9802	-37.5363	
		113.5254	286.4710	113.5272		177.9802	177.9802			
1	2	113.5258	286.4701	113.5279	113.5280	177.9801	177.9801	177.9802	-37.5363	
		113.5253	286.4702	113.5276		177.9803	177.9802			
2	1	86.4702	313.5258	86.4722	86.4728	177.9795	177.9800	177.9800	37.5342	
		86.4700	313.5241	86.4730		177.9799	177.9801			
2	1	86.4691	313.5245	86.4723	86.4728	177.9801	177.9803	177.9800	37.5342	
		86.4708	313.5239	86.4735		177.9799	177.9801			
2	1	86.4712	313.5248	86.4732	86.4728	177.9803	177.9802	177.9800	37.5342	
		86.4695	313.5246	86.4725		177.9802	177.9797			
Μετρήσεις προς R ₇										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{2R7} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
2	R ₇	136.1535	263.8317	136.1609	136.1604	2.1514	2.1515	2.1516	-1.1575	
		136.1516	263.8319	136.1599		2.1518	2.1518			
$\Delta H_{R6R7} = \Delta H_{R7} - \Delta H_{R6} + \sum_{i=1}^2 \frac{\Delta H_{12} - \Delta H_{21}}{2} = -37.3199 \quad \text{m}$										
$D_{12}^2/R = 0.005 > \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.002 \quad \text{m} \Rightarrow \text{Ok.}$										

Ημ/νία : 23/04/2015		Ώρα έν.: 19:00		Ώρα Λήξ.: 19:39		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.						
Σκαρίφημα :														
Μετρήσεις προς R ₄														
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R4} (m)					
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S					
1	R ₄	120.2866	279.7030	120.2918	120.2919	3.2615	3.2622	3.2616	-1.0221					
		120.2864	279.7023	120.2921		3.2610	3.2616							
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m)					
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S					
1	2	103.5718	296.4247	103.5736	103.5732	300.4581	300.4577	300.4577	-16.8552					
		103.5705	296.4252	103.5727		300.4580	300.4573							
1	2	103.5713	296.4252	103.5731		300.4579	300.4576							
		103.5725	296.4253	103.5736		300.4579	300.4575							
1	2	103.5710	296.4247	103.5732		300.4577	300.4578							
		103.5717	296.4251	103.5733		300.4578	300.4576							
2	1	96.4269	303.5686	96.4292		96.4294	300.4575				300.4573	300.4574	16.8428	
		96.4276	303.5682	96.4297			300.4574				300.4571			
2	1	96.4268	303.5688	96.4290			300.4579				300.4571			
		96.4275	303.5692	96.4292			300.4575				300.4575			
2	1	96.4266	303.5683	96.4292	300.4575		300.4574							
		96.4280	303.5673	96.4304	300.4576		300.4574							
Μετρήσεις προς R ₇														
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες					Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{2R7} (m)				
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.		S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S				
2	R ₇	136.1535	263.8317	136.1609	136.1604		2.1514	2.1515	2.1516	-1.1575				
		136.1516	263.8319	136.1599		2.1518	2.1518							
$\Delta H_{R6R7} = \Delta H_{R7} - \Delta H_{R6} + \sum_{i=1}^2 \frac{\Delta H_{12} - \Delta H_{21}}{2} = -16.9844 \text{ m}$														
$D_{12}^2/R = 0.014 > \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.012 \text{ m} \Rightarrow \text{Ok.}$														

Ημ/νία : 12/07/2015		Ώρα έν.: 18:00		Ώρα Λήξ.: 18:33		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.		
Σκαρίφημα :										
Μετρήσεις προς R ₃										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R3} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	R ₃	139.7603	260.2247	139.7678	139.7681	1.8671	1.8671	1.8670	-1.0919	
		139.7627	260.2258	139.7685		1.8671	1.8666			
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	2	96.2644	303.7366	96.2639	96.2640	535.8900	535.8897	535.8901	31.4304	
		96.2649	303.7366	96.2642		535.8906	535.8902			
2	1	103.7424	296.2580	103.7422	103.7426	535.8907	535.8903	535.8906	-31.4863	
		103.7430	296.2569	103.7431		535.8909	535.8903			
Μετρήσεις προς R ₄										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{2R4} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
2	R ₄	121.9275	278.0661	121.9307	121.9310	3.0303	3.0304	3.0303	-1.0234	
		121.9285	278.0658	121.9314		3.0304	3.0300			
$\Delta H_{R3R4} = \Delta H_{2R4} - \Delta H_{1R3} + \sum_{i=1}^2 \frac{\Delta H_{12} + \Delta H_{21}}{2} = 31.5269 \quad \text{m}$										
$D_{12}^2/R = 0.045 < \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.056 \quad \text{m} \Rightarrow \text{Ok.}$										

II. Μετρήσεις ΓΧ

Μετρήσεις Γεωμετρικής Χωροστάθμησης							
Ημ/νία : 03/04/2015		Ώρα έν.: 17:00		Ώρα λήξ. : 19:20		Όργανο : Leica DNA 10	
Παρατηρητής : Ν. Θ.							
Σημείο	Μήκος (m)		Αναγνώσεις στην σταδία (m)		Υψόμετρα Η (m)	Παρατηρήσεις - Σκαριφήματα	
	Όπισθεν	Έμπροσθεν	Όπισθεν	Έμπροσθεν			
R ₁	1.97	-	0.8213	-	34.3822		
1	10.89	3.15	0.4545	3.9399	-		
2	32.54	10.22	1.0253	2.7858			
3	38.79	31.44	0.6466	1.7673			
4	22.00	46.58	0.2363	3.0593			
5	60.97	21.28	1.0421	2.4647			
6	34.59	54.72	1.3896	1.4625			
7	9.46	32.25	1.3532	1.2726			
R ₈	-	8.35	-	1.3471	23.2506		
Σύνολο	211.21	207.99	6.9689	18.0992	-		
Σύνολο	419.20		-				
-		$\Delta H_{R1R8} =$	$\Sigma O - \Sigma E =$	-11.1303			
-							
R ₈	8.60	-	1.2911	-		-	
1	44.81	7.75	1.2617	1.3387			
2	35.47	46.24	1.3803	1.2997			
3	28.01	41.95	2.5795	1.5794			
4	30.72	23.17	2.7636	0.1228			
5	41.34	30.92	1.9964	0.4774			
6	20.19	38.39	2.9916	0.8413			
7	3.17	11.44	3.9315	0.5900			
R ₁	-	2.12	-	0.8135	-		
Σύνολο	212.31	201.98	18.1957	7.0628			
Σύνολο	414.29		-				
-		$\Delta H_{R1R8} =$	$\Sigma O - \Sigma E =$	11.1329			
-		$\Delta H_{R1R8\mu\epsilon\sigma\sigma} =$	-11.1316				
				Κλείσιμο :	2.6	mm	

Ημ/νία : 05/04/2015		Ώρα έν.: 11:00		Ώρα λήξ. : 12:43		Όργανο : Leica DNA 10	Παρατηρητής : Ν. Θ.
Σημείο	Μήκος (m)		Αναγνώσεις στην σταδία (m)		Υψόμετρα H (m)	Παρατηρήσεις - Σκαριφήματα	
	Όπισθεν	Έμπροσθεν	Όπισθεν	Έμπροσθεν			
R ₂	9.57	-	0.8116	-	9.838		
1	28.62	9.50	1.3680	1.3114	-		
2	12.93	27.75	0.3413	3.0969			
3	36.39	13.15	0.7167	2.4622			
4	25.99	33.83	1.5174	1.4965			
5	33.29	27.22	1.2183	1.2596			
6	18.17	31.58	2.0459	1.4776			
7	23.50	16.23	3.4114	0.2606			
R ₃	-	24.16	-	1.1092	8.7949		
Σύνολο	188.46	183.42	11.4306	12.4740	-		
Σύνολο	371.88		-				
-	$\Delta H_{R2R3} =$		$\Sigma O - \Sigma E =$	-1.0434			
		-					
R ₃	77.13	-	2.2113	-			
1	44.94	76.86	1.8777	0.0928			
2	18.39	45.49	1.2071	3.3266			
3	3.85	18.62	1.2108	1.3903			
R ₂	-	4.30	-	0.6548			
Σύνολο	144.31	145.27	6.5069	5.4645			
Σύνολο	289.58		-				
-	$\Delta H_{R3R2} =$		$\Sigma O - \Sigma E =$	1.0424			
		$\Delta H_{R2R3\text{μέσο}} =$		-1.0429			
		Κλείσιμο :		-1.0	mm		

Ημ/νία : 05/04/2015		Ώρα έν.: 15:30		Ώρα λήξ. : 16:50		Όργανο : Leica DNA 10	Παρατηρητής : Ν. Θ.
Σημείο	Μήκος (m)		Αναγνώσεις στην σταδία (m)		Υψόμετρα H (m)	Παρατηρήσεις - Σκαριφήματα	
	Όπισθεν	Έμπροσθεν	Όπισθεν	Έμπροσθεν			
R ₈	57.27	-	1.9449	-	23.2620		
1	69.23	57.54	1.5595	2.1622	-		
2	17.95	64.44	1.4647	1.6473	-		
3	4.11	17.68	1.4346	1.4254	-		
R ₇	-	3.56	-	1.0867	23.3445		
Σύνολο	148.56	143.22	6.4037	6.3216	-		
Σύνολο	291.78		-		-		
-	ΔH _{R8R7} =		ΣΟ - ΣΕ =	0.0821	-		
-							
R ₇	3.51	-	0.9446	-	-		
1	43.67	3.68	1.4681	1.2990	-		
2	70.82	41.08	1.1590	1.2425	-		
3	28.39	71.50	1.6141	1.2696	-		
R ₈	-	32.11	-	1.4575	-		
Σύνολο	146.39	148.37	5.1858	5.2686	-		
Σύνολο	294.76		-		-		
-	ΔH _{R7R8} =		ΣΟ - ΣΕ =	-0.0828	-		
-							
-			ΔH _{R8R7μέσο} =	0.0825	-		
-			Κλείσιμο :	-0.7	mm		

Ημ/νία : 06/04/2015		Ώρα έν.: 17:00		Ώρα λήξ. : 17:43		Όργανο : Leica DNA 10	Παρατηρητής : Ν. Θ.
Σημείο	Μήκος (m)		Αναγνώσεις στην σταδία (m)		Υψόμετρα H (m)	Παρατηρήσεις - Σκαριφήματα	
	Όπισθεν	Έμπροσθεν	Όπισθεν	Έμπροσθεν			
R ₆	17.94	-	3.8113	-	60.6838		
1	26.58	18.70	1.5935	0.7251	-		
2	28.09	25.60	2.0257	1.3563	-		
3	15.12	28.86	0.6923	0.9000	-		
R ₅	-	15.12	-	3.7577	62.0679		
Σύνολο	87.73	88.28	8.1228	6.7391	-		
Σύνολο	176.01		-		-		
-	ΔH _{R6R5} =		ΣΟ - ΣΕ =	1.3837	-		
-							
R ₅	16.04	-	3.7835	-	-		
1	22.63	16.48	0.9828	0.7161	-		
2	38.00	23.49	1.2052	1.9334	-		
3	9.65	38.51	0.0768	1.6210	-		
R ₆	-	11.95	-	3.1622	-		
Σύνολο	86.32	90.43	6.0483	7.4327	-		
Σύνολο	176.75		-		-		
-	ΔH _{R6R5} =		ΣΟ - ΣΕ =	-1.3844	-		
-							
-			ΔH _{R6R5μέσο} =	1.3841	-		
-			Κλείσιμο :	-0.7	mm		

Ημ/νία : 06/04/2015		Ώρα έν.: 18:00		Ώρα λήξ. : 19:30		Όργανο : Leica DNA 10	Παρατηρητής : Ν. Θ.
Σημείο	Μήκος (m)		Αναγνώσεις στην σταδία (m)		Υψόμετρα H (m)	Παρατηρήσεις - Σκαριφήματα	
	Όπισθεν	Έμπροσθεν	Όπισθεν	Έμπροσθεν			
R ₅	12.08	-	2.9068	-	62.0529		
1	7.71	11.95	0.3977	2.3237	-		
2	10.29	8.64	0.0130	2.7177			
3	9.53	11.25	0.3875	2.6196			
4	9.12	10.67	0.3041	2.5755			
5	7.85	9.42	0.3405	2.4515			
6	9.41	8.23	0.2120	2.3041			
7	11.33	9.37	0.0606	2.6783			
8	10.75	11.12	-0.0065	2.7372			
9	10.49	11.67	0.2256	2.9788			
10	17.53	10.88	0.7867	2.5312			
R ₄	-	16.69	-	1.4365	40.3256		
Σύνολο	116.09	119.89	5.6280	27.3541	-		
Σύνολο	235.98		-				
-		$\Delta H_{R5R4} =$	$\Sigma O - \Sigma E =$	-21.7261			
-							
R ₄	17.23	-	1.4443	-		-	
1	10.44	17.06	2.4004	0.7946			
2	10.87	9.62	2.8294	0.2160			
3	10.93	10.17	2.8723	0.1178			
4	11.36	10.69	2.8909	0.2313			
5	11.43	9.75	2.6560	0.1305			
6	11.64	11.05	2.7784	-0.0131			
7	10.69	11.21	2.4740	0.1363			
8	9.96	11.57	2.7380	0.0564			
9	13.38	8.63	2.8958	0.0792			
R ₅	-	16.98	-	2.5019	-		
Σύνολο	117.93	116.73	25.9795	4.2509			
Σύνολο	234.66		-				
-		$\Delta H_{R5R4} =$	$\Sigma O - \Sigma E =$	21.7286			
-							
$\Delta H_{R5R4\mu\acute{\epsilon}\sigma\sigma} =$							
-21.7274							
Κλείσιμο : 2.5 mm							

Ημ/νία : 07/04/2015		Ώρα έν.: 15:20		Ώρα λήξ. : 17:47		Όργανο : Leica DNA 10	Παρατηρητής : Ν. Θ.
Σημείο	Μήκος (m)		Αναγνώσεις στην σταδία (m)		Υψόμετρα H (m)	Παρατηρήσεις - Σκαριφήματα	
	Όπισθεν	Έμπροσθεν	Όπισθεν	Έμπροσθεν			
R ₆	22.22	-	4.0353	-	60.684		
1	43.90	23.68	1.6156	0.8985	-		
2	32.37	43.28	0.8285	0.3933			
3	11.18	23.33	0.0237	3.4152			
4	11.01	11.91	0.0950	3.0768			
5	10.58	10.81	0.2426	2.5085			
6	11.22	11.63	0.0636	2.6999			
7	11.21	11.64	0.0523	2.8429			
8	11.36	11.67	0.0811	2.9991			
9	11.69	12.13	-0.0170	2.9607			
10	11.27	11.44	0.1781	2.9898			
11	13.51	12.49	0.9848	2.3175			
R ₄	-	15.43	-	1.4273	40.3397		
Σύνολο	201.52	199.44	8.1836	28.5295	-		
Σύνολο	400.96		-				
-	$\Delta H_{R6R4} =$		$\Sigma O - \Sigma E =$	-20.3459			
-							
R ₄	20.64	-	1.6620	-		-	
1	12.44	20.55	2.9413	0.3776			
2	9.89	10.39	2.6946	0.0948			
3	10.55	9.27	2.6591	0.2014			
4	9.60	11.36	2.6468	0.0579			
5	10.10	8.84	2.7101	0.3214			
6	9.59	11.32	2.5537	0.0642			
7	10.65	8.83	2.4702	0.4643			
8	11.17	10.39	2.7980	0.1739			
9	10.49	8.32	2.7339	0.1031			
10	31.15	10.95	2.3670	0.1137			
11	28.49	28.59	1.0463	2.1190			
12	33.71	28.92	0.6851	1.4448			
R ₆	-	22.56	-	4.0897	-		
Σύνολο	208.47	190.29	29.9681	9.6258			
Σύνολο	398.76		-				
-	$\Delta H_{R6R4} =$		$\Sigma O - \Sigma E =$	20.3423			
-			$\Delta H_{R6R4\mu\epsilon\sigma\sigma} =$	-20.3441			
				Κλείσιμο :	-3.6	mm	

Ημ/νία : 08/04/2015		Ώρα έν.: 08:40		Ώρα λήξ. : 11:10		Όργανο : Leica DNA 10	Παρατηρητής : Ν. Θ.
Σημείο	Μήκος (m)		Αναγνώσεις στην σταδία (m)		Υψόμετρα H (m)	Παρατηρήσεις - Σκαριφήματα	
	Όπισθεν	Έμπροσθεν	Όπισθεν	Έμπροσθεν			
R ₂	84.71	-	3.3132	-	9.8378		
1	40.63	81.22	2.5556	0.3160	-		
2	37.92	30.33	4.0871	-0.0458			
3	55.81	51.14	2.7582	-0.0189			
4	95.51	22.72	2.8671	-0.0383			
5	84.62	106.88	3.2486	3.7862			
6	6.93	88.81	0.9547	0.9725			
R ₈	-	7.86	-	1.3904	23.2586		
Σύνολο	406.13	388.96	19.7845	6.3621	-		
Σύνολο	795.09		-				
-	$\Delta H_{R2R8} =$		$\Sigma O - \Sigma E =$	13.4224			
-							
R ₈	8.17	-	1.3438	-		-	
7	86.73	7.00	1.0136	0.9082			
8	104.83	87.28	3.6425	3.2901			
9	32.34	106.11	0.0769	3.5690			
10	52.77	31.93	0.0897	2.0059			
11	28.94	32.00	0.0567	3.9177			
12	73.95	55.01	0.5871	3.2055			
R ₂	-	85.72	-	3.3331			
Σύνολο	387.73	405.05	6.8103	20.2295			
Σύνολο	792.78		-				
-	$\Delta H_{R8R2} =$		$\Sigma O - \Sigma E =$	-13.4192			
-							
			$\Delta H_{R2R8\mu\acute{\epsilon}\sigma\sigma} =$	13.4208	mm		
			Κλείσιμο :	3.2			

Ημ/νία : 08/04/2015		Ώρα έν.: 11:17		Ώρα λήξ. : 13:00		Όργανο : Leica DNA 10	Παρατηρητής : Ν. Θ.
Σημείο	Μήκος (m)		Αναγνώσεις στην σταδία (m)		Υψόμετρα H (m)	Παρατηρήσεις - Σκαριφήματα	
	Όπισθεν	Έμπροσθεν	Όπισθεν	Έμπροσθεν			
R ₁	1.92	-	1.3398	-	-	Συνδέσεις Reperes με στέψη των βάρων	
1-Submarine	-	2.03	-	0.2179	35.504		
-		$\Delta H_{R1-1} =$	$O - E =$	1.1219	-		
1-Submarine	2.03	-	0.2180	-	-		
R ₁	-	1.93	-	1.3398	34.382		
-		$\Delta H_{1-R1} =$	$O - E =$	-1.1218	-		
-			$\Delta H_{R1-1\mu\epsilon\sigma\sigma} =$	1.1219	-		
R ₂	2.43	-	1.3482	-	9.838		
2-Parking	-	2.41	-	0.1190	11.067		
-		$\Delta H_{R2-2} =$	$O - E =$	1.2292	-		
R ₃	2.26	-	1.2475	-	8.800		
3-Thalassa	-	2.30	-	0.0718	9.976		
-		$\Delta H_{R3-3} =$	$O - E =$	1.1757	-		
R ₄	4.52	-	1.2824	-	40.332		
4-Skopia	-	4.45	-	0.0936	41.521		
-		$\Delta H_{R4-4} =$	$O - E =$	1.1888	-		
R ₅	5.18	-	1.6230	-	62.053		
5-Kratiras	-	5.03	-	0.4299	63.246		
-		$\Delta H_{R5-5} =$	$O - E =$	1.1931	-		
R ₆	5.18	-	1.4751	-	60.684		
6-Pevka	-	5.03	-	0.2059	61.953		
-		$\Delta H_{R5-5} =$	$O - E =$	1.2692	-		
-							
Ημ/νία : 14/04/2015		Ώρα έν.: 17:00		Ώρα λήξ. : 17:20		Όργανο : Leica DNA 10	Παρατηρητής : Ν. Θ.
Σημείο	Μήκος (m)		Αναγνώσεις στην σταδία (m)		Υψόμετρα H (m)	Παρατηρήσεις - Σκαριφήματα	
	Όπισθεν	Έμπροσθεν	Όπισθεν	Έμπροσθεν			
R ₇	3.76	-	1.2602	-	23.336	Συνδέσεις Reperes με στέψη των βάρων	
7-Daytank	-	3.76	-	0.0794	24.517		
-		$\Delta H_{R7-7} =$	$O - E =$	1.1808	-		
R ₈	3.71	-	1.2840	-	23.262		
8-Pumphouse	-	3.81	-	0.1000	24.446		
-		$\Delta H_{R8-8} =$	$O - E =$	1.1840	-		

Ημ/νία : 22/04/2015		Ώρα έν.: 09:10		Ώρα λήξ. : 13:00		Όργανο : Leica DNA 10	Παρατηρητής : Ν. Θ.
Σημείο	Μήκος (m)		Αναγνώσεις στην σταδία (m)		Υψόμετρα H (m)	Παρατηρήσεις - Σκαριφήματα	
	Όπισθεν	Έμπροσθεν	Όπισθεν	Έμπροσθεν			
R ₁	50.53	-	1.7860	-	34.3822		
1	28.73	72.60	0.0616	3.4965			
2	24.85	36.58	0.0330	2.8658			
3	22.25	19.01	0.0502	2.8066			
4	49.58	67.76	1.1116	3.7912			
5	46.25	38.04	0.5259	3.8363			
6	20.94	64.41	0.0882	3.8185			
7	60.04	63.59	0.4284	3.6767			
8	62.90	109.58	0.2114	3.3316			
R ₃	-	85.15	-	2.2725	8.7827		
Σύνολο	366.07	556.72	4.2963	29.8957			
Σύνολο	922.79		-				
-		$\Delta H_{R1R3} =$	$\Sigma O - \Sigma E =$	-25.5994			
	-						
R ₃	73.27	-	2.3253	-			
1	100.43	74.86	3.1639	0.2657			
2	63.59	69.18	3.7028	0.2599			
3	64.35	21.04	3.7975	0.1157			
4	38.12	46.33	3.7042	0.5033			
5	76.69	39.42	3.0417	0.3050			
6	19.11	23.66	2.7824	-0.0255			
7	36.64	24.74	2.8411	0.0116			
8	72.26	28.61	3.5226	0.0341			
R ₁	-	50.69	-	1.8139			
Σύνολο	544.46	378.53	28.8815	3.2837			
Σύνολο	922.99		-				
-		$\Delta H_{R3R1} =$	$\Sigma O - \Sigma E =$	25.5978			
			$\Delta H_{R1R3\text{μέσο}} =$	-25.5986			
-			Κλείσιμο :	-1.6	mm		

III. Δοκιμαστικές Μετρήσεις ΤΡΥΑ

Ημ/νία : 03/04/2015		Ώρα έν.: 10:11		Ώρα λήξ.: 12:41		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.		
Σκαρίφημα :										
Μετρήσεις προς R ₂										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R2} (m) ΔH=cosz·S	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)			
1	R ₂	127.2909	272.6938	127.2986	127.2984	2.5037	2.5035	2.5039	-1.0411	
		127.2894	272.6931	127.2982		2.5042	2.5043			
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m) ΔH=cosz·S	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)			
1	2	100.2715	299.7201	100.2757	100.2758	226.0152	226.0155	226.0155	-0.9792	
		100.2718	299.7200	100.2759		226.0155	226.0156			
2	1	99.7275	300.2633	99.7321	99.7319	226.0157	226.0158	226.0155	0.9517	
		99.7273	300.2638	99.7318		226.0153	226.0153			
Μετρήσεις προς R ₃										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{2R3} (m) ΔH=cosz·S	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)			
2	R ₃	139.6130	260.3376	139.6377	139.6366	1.9256	1.9233	1.9247	-1.1224	
		139.6283	260.3575	139.6354		1.9245	1.9252			
$\Delta H_{R2R3} = \Delta H_{R3} - \Delta H_{R2} + \sum_{i=1}^2 \frac{\Delta H_{12} - \Delta H_{21}}{2} = -1.0467 \quad \text{m}$										
$D_{12}^2/R = 0.008 < \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.027 \quad \text{m} \Rightarrow \text{Μη αποδεκτό.}$										

Ημ/νία : 04/04/15		Ωρα έν.: 19:30		Ωρα λήξ.: 22:00		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.		
Σκαρίφημα :										
Μετρήσεις προς R ₈										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R8} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	R ₈	135.0860	264.8926	135.0967	135.0955	1.6680	1.6685	1.6683	-0.8738	
		135.0844	264.8960	135.0942		1.6682	1.6685			
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	2	102.0272	297.9624	102.0324	102.0321	458.5637	458.5635	458.5636	-14.6348	
		102.0262	297.9627	102.0318		458.5636	458.5636			
2	1	97.9651	302.0245	97.9703	97.9690	458.5642	458.5641	458.5646	14.6272	
		97.9626	302.0273	97.9677		458.5649	458.5650			
Μετρήσεις προς R ₃										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{2R3} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
2	R ₃	126.5122	273.4689	126.5217	126.5219	1.7714	1.7715	1.7714	-0.7168	
		126.5129	273.4688	126.5221		1.7714	1.7714			
$\Delta H_{R8R3} = \Delta H_{R3} - \Delta H_{R8} + \sum_{i=1}^2 \frac{\Delta H_{12} - \Delta H_{21}}{2} = -14.4740 \quad \text{m}$										
$D_{12}^2/R = 0.033 > \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.008 \quad \text{m} \Rightarrow \text{Ok.}$										

Ημ/νία : 05/04/2015		Ώρα έν.: 22:21		Ώρα Λήξ.: 23:30		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.		
Σκαρίφημα :										
Μετρήσεις προς R ₁										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R1} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	R ₁	150.3608	249.6176	150.3716	150.3721	1.6264	1.6264	1.6264	-1.1567	
		150.3624	249.6171	150.3727		1.6263	1.6264			
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	2	101.9429	298.0451	101.9489	101.9480	840.2025	840.2023	840.2024	-25.7058	
		101.9401	298.0458	101.9472		840.2023	840.2025			
2	1	98.0455	301.9445	98.0505	98.0510	840.2020	840.2020	840.2019	25.7193	
		98.0464	301.9436	98.0514		840.2021	840.2016			
Μετρήσεις προς R ₃										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{2R3} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
2	R ₃	140.6814	259.2963	140.6926	140.6926	1.7604	1.7600	1.7604	-1.0501	
		140.6810	259.2958	140.6926		1.7605	1.7605			
$\Delta H_{R1R3} = \Delta H_{R3} - \Delta H_{R1} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{12} - \Delta H_{21}}{2} = -25.6059 \quad \text{m}$										
$D_{12}^2/R = 0.111 > \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.014 \quad \text{m} \Rightarrow \text{Ok.}$										

Ημ/νία : 06/04/2015		Ώρα έν.: 09:10		Ώρα Λήξ.: 09:50		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.		
Σκαρίφημα :										
Μετρήσεις προς R ₁										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R1} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	R ₁	150.1341	249.8433	150.1454	150.1460	1.6614	1.6605	1.6609	-1.1771	
		150.1363	249.8432	150.1466		1.6609	1.6608			
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	2	102.5638	297.4289	102.5675	102.5678	618.3484	618.3485	618.3487	-24.9338	
		102.5646	297.4285	102.5681		618.3493	618.3487			
2	1	97.4359	302.5559	97.4400	97.4401	618.3483	618.3479	618.3483	24.8573	
		97.4371	302.5566	97.4403		618.3486	618.3484			
Μετρήσεις προς R ₂										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{2R2} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
2	R ₂	123.5404	276.4428	123.5488	123.5490	2.2976	2.2970	2.2973	-0.8305	
		123.5409	276.4424	123.5493		2.2974	2.2973			
$\Delta H_{R1R2} = \Delta H_{2R2} - \Delta H_{1R1} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{12} - \Delta H_{21}}{2} = -24.5490 \quad \text{m}$										
$D_{12}^2/R = 0.060 < \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.076 \quad \text{m} \Rightarrow \text{Μη αποδεκτό.}$										

Ημ/νία : 06/04/2015		Ώρα έν.: 10:30		Ώρα Λήξ.: 11:22		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.		
Σκαρίφημα :										
Μετρήσεις προς R ₂										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R2} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	R ₂	123.5407	276.4435	123.5486	123.5483	2.2975	2.2967	2.2972	-0.8305	
		123.5393	276.4435	123.5479		2.2978	2.2968			
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	2	92.6252	307.3675	92.6289	92.6292	450.8767	450.8765	450.8767	52.0862	
		92.6270	307.3680	92.6295		450.8769	450.8767			
2	1	107.3753	292.6206	107.3774	107.3778	450.8769	450.8763	450.8766	-52.1353	
		107.3761	292.6196	107.3783		450.8770	450.8762			
Μετρήσεις προς R ₅										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{2R3} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
2	R ₅	119.6660	280.3191	119.6735	119.6735	2.3789	2.3792	2.3791	-0.7236	
		119.6657	280.3188	119.6735		2.3789	2.3792			
$\Delta H_{R2R5} = \Delta H_{R5} - \Delta H_{R2} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{i2} - \Delta H_{2i}}{2} = 52.2177 \quad \text{m}$										
$D_{12}^2/R = 0.032 < \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.049 \quad \text{m} \Rightarrow \text{Μη αποδεκτό.}$										

Ημ/νία : 08/04/2015		Ώρα έν.: 06:10		Ώρα Λήξ.: 06:47		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.		
Σκαρίφημα :										
Μετρήσεις προς R ₁										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R1} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	R ₁	145.0646	254.9157	145.0745	145.0748	1.6924	1.6922	1.6922	-1.1005	
		145.0654	254.9152	145.0751		1.6921	1.6919			
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	2	102.5534	297.4394	102.5570	102.5572	618.1610	618.1608	618.1611	-24.8234	
		102.5549	297.4403	102.5573		618.1610	618.1614			
2	1	97.4442	302.5503	97.4470	97.4472	618.1605	618.1605	618.1605	24.7814	
		97.4448	302.5500	97.4474		618.1607	618.1604			
Μετρήσεις προς R ₂										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{2R2} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
2	R ₂	122.5377	277.4502	122.5438	122.5441	2.4418	2.4416	2.4418	-0.8467	
		122.5378	277.4490	122.5444		2.4422	2.4416			
$\Delta H_{R1R2} = \Delta H_{2R2} - \Delta H_{1R1} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{i2} - \Delta H_{21}}{2} = -24.5486 \quad \text{m}$										
$D_{12}^2/R = 0.060 < \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.042 \quad \text{m} \Rightarrow \text{Μη αποδεκτό.}$										

Ημ/νία : 13/04/2015		Ώρα έν.: 05:52		Ώρα Λήξ.: 07:00		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.		
Σκαρίφημα :										
Μετρήσεις προς R ₁										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R1} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	R ₁	143.2575	256.7240	143.2668	143.2659	1.8842	1.8839	1.8838	-1.1840	
		143.2558	256.7259	143.2650		1.8839	1.8833			
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	2	102.5590	297.4314	102.5638	102.5621	618.1136	618.1130	618.1134	-24.8695	
		102.5532	297.4324	102.5604		618.1132	618.1138			
2	1	97.4272	302.5619	97.4327	97.4312	618.1138	618.1144	618.1142	24.9343	
		97.4257	302.5661	97.4298		618.1142	618.1142			
Μετρήσεις προς R ₂										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{2R2} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
2	R ₂	120.8814	279.1070	120.8872	120.8871	2.5696	2.5707	2.5701	-0.8282	
		120.8814	279.1073	120.8871		2.5698	2.5703			
$\Delta H_{R1R2} = \Delta H_{2R2} - \Delta H_{1R1} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{12} - \Delta H_{21}}{2} = -24.5461 \quad \text{m}$										
$D_{12}^2/R = 0.060 < \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.065 \quad \text{m} \Rightarrow \text{Μη αποδεκτό.}$										

Ημ/νία : 14/04/2015		Ώρα έν.: 18:30		Ώρα λήξ.: 19:00		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.		
Σκαρίφημα :										
Μετρήσεις προς R ₁										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R1} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	R ₁	145.8587	254.1269	145.8659	145.8651	1.8668	1.8665	1.8667	-1.2315	
		145.8553	254.1269	145.8642		1.8667	1.8666			
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	2	102.5636	297.4303	102.5667	102.5668	618.2265	618.2262	618.2262	-24.9191	
		102.5654	297.4317	102.5669		618.2262	618.2257			
2	1	97.4370	302.5593	97.4389	97.4392	618.2264	618.2260	618.2261	24.8614	
		97.4377	302.5586	97.4396		618.2262	618.2258			
Μετρήσεις προς R ₂										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{2R2} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
2	R ₂	122.7926	277.1956	122.7985	122.7992	2.5254	2.5263	2.5260	-0.8854	
		122.7938	277.1941	122.7999		2.5258	2.5266			
$\Delta H_{R1R2} = \Delta H_{2R2} - \Delta H_{1R1} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{i2} - \Delta H_{2i}}{2} = -24.5442 \quad \text{m}$										
$D_{12}^2/R = 0.060 > \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.058 \quad \text{m} \Rightarrow \text{Ok.}$										

Ημ/νία : 15/04/2015		Ώρα έν.: 19:30		Ώρα Λήξ.: 22:00		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.		
Σκαρίφημα :										
Μετρήσεις προς R ₆										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R6} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	R ₆	125.9005	274.0912	125.9047	125.9036	3.0238	3.0224	3.0233	-1.1965	
		125.8973	274.0924	125.9025		3.0239	3.0229			
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	2	113.4881	286.5061	113.4910	113.4917	177.6983	177.6982	177.6980	-37.3778	
		113.4898	286.5050	113.4924		177.6973	177.6980			
2	1	86.5066	313.4887	86.5090	86.5088	177.6987	177.6981	177.6983	37.3766	
		86.5063	313.4892	86.5086		177.6984	177.6981			
Μετρήσεις προς R ₇										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{2R7} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
2	R ₇	146.4209	253.5583	146.4313	146.4315	1.7098	1.7097	1.7098	-1.1394	
		146.4218	253.5585	146.4317		1.7098	1.7098			
$\Delta H_{R6R7} = \Delta H_{R7} - \Delta H_{R6} + \sum_{i=1}^2 \frac{\Delta H_{12} - \Delta H_{21}}{2} = -37.3201 \quad \text{m}$										
$D_{12}^2/R = 0.005 > \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.001 \quad \text{m} \Rightarrow \text{Ok.}$										

Ημ/νία : 16/04/2015		Ώρα έν.: 17:00		Ώρα Λήξ.: 18:33		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.		
Σκαρίφημα :										
Μετρήσεις προς R ₃										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R3} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	R ₃	143.4698	256.5080	143.4809	143.4808	1.7410	1.7401	1.7403	-1.0983	
		143.4700	256.5086	143.4807		1.7408	1.7392			
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	2	96.2706	303.7276	96.2715	96.2710	536.9689	536.9689	536.9691	31.4352	
		96.2698	303.7289	96.2705		536.9694	536.9691			
2	1	103.7319	296.2659	103.7330	103.7325	536.9692	536.9690	536.9691	-31.4640	
		103.7316	296.2678	103.7319		536.9693	536.9689			
Μετρήσεις προς R ₄										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{2R4} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
2	R ₄	119.9594	280.0411	119.9592	119.9586	3.2825	3.2833	3.2827	-1.0124	
		119.9578	280.0417	119.9581		3.2823	3.2827			
$\Delta H_{R3R4} = \Delta H_{2R4} - \Delta H_{1R3} + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_{i2} - \Delta H_{21}}{2} = 31.5355 \quad \text{m}$										
$D_{12}^2/R = 0.045 > \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.029 \quad \text{m} \Rightarrow \text{Ok.}$										

Ημ/νία : 21/04/2015		Ώρα έν.: 18:30		Ώρα Λήξ.: 20:30		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.				
Σκαρίφημα :												
Μετρήσεις προς R ₃												
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R3} (m)			
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)					
1	R ₃	137.0776	262.9067	137.0855	137.0851	1.8764	1.8768	1.8767	-1.0324			
		137.0767	262.9071	137.0848		1.8764	1.8768					
		137.0758	262.9092	137.0833		1.8767	1.8769					
		137.0758	262.9077	137.0841		1.8765	1.8768					
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m)			
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)					
1	2	96.2552	303.7403	96.2575	96.2566	536.2836	536.2833	536.2833	31.5157			
		96.2556	303.7425	96.2566		536.2836	536.2836					
1	2	96.2556	303.7419	96.2569		536.2837	536.2835					
		96.2526	303.7395	96.2566		536.2837	536.2832					
1	2	96.2517	303.7405	96.2556		536.2835	536.2832					
		96.2517	303.7409	96.2554		536.2831	536.2833					
1	2	96.2553	303.7395	96.2579		536.2831	536.2830					
		96.2542	303.7414	96.2564		536.2832	536.2829					
1	2	96.2542	303.7410	96.2566		536.2831	536.2829					
		96.2548	303.7409	96.2570		536.2830	536.2828					
2	1	103.7449	296.2499	103.7475		103.7473	536.2829			536.2822	536.2820	-31.5488
		103.7455	296.2501	103.7477			536.2826			536.2820		
2	1	103.7450	296.2502	103.7474			536.2824			536.2820		
		103.7453	296.2505	103.7474			536.2823			536.2822		
2	1	103.7449	296.2507	103.7471	536.2820		536.2821					
		103.7447	296.2507	103.7470	536.2823		536.2815					
2	1	103.7456	296.2500	103.7478	536.2820		536.2816					
		103.7446	296.2492	103.7477	536.2821		536.2816					
2	1	103.7446	296.2511	103.7468	536.2817		536.2817					
		103.7439	296.2503	103.7468	536.2818		536.2816					
Μετρήσεις προς R ₄												
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες					Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{2R4} (m)		
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.		S (m)	S (m)				
2	R ₄	119.2329	280.7584	119.2373	119.2376		3.4543	3.4543	3.4546	-1.0281		
		119.2335	280.7578	119.2379		3.4549	3.4546					
		119.2333	280.7589	119.2372		3.4551	3.4549					
		119.2308	280.7583	119.2363		3.4543	3.4543					
$\Delta H_{R3R4} = \Delta H_{2R4} - \Delta H_{1R3} + \sum_{i=1}^2 \frac{\Delta H_{12} + \Delta H_{21}}{2} = 31.5366 \text{ m}$												
$D_{12}^2/R = 0.045 > \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.033 \text{ m} \Rightarrow \text{Ok.}$												

Ημ/νία : 12/07/2015		Ώρα έν.: 17:00		Ώρα Λήξ.: 19:07		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.		
Σκαρίφημα :										
Μετρήσεις προς R ₄										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R4} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	R ₄	121.9275	278.0661	121.9307	121.9310	3.0303	3.0304	3.0303	-1.0234	
		121.9285	278.0658	121.9314		3.0304	3.0300			
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	2	103.5722	296.4284	103.5719	103.5719	300.5005	300.5001	300.5002	-16.8512	
		103.5718	296.4282	103.5718		300.5004	300.4999			
2	1	96.4316	303.5698	96.4309	96.4310	300.5004	300.5005	300.5005	16.8377	
		96.4319	303.5697	96.4311		300.5005	300.5004			
Μετρήσεις προς R ₇										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{2R7} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
2	R ₇	137.4268	262.5635	137.4317	137.4316	2.1016	2.1015	2.1017	-1.1657	
		137.4259	262.5628	137.4316		2.1022	2.1014			
$\Delta H_{R6R7} = \Delta H_{R7} - \Delta H_{R6} + \sum_{i=1}^2 \frac{\Delta H_{12} + \Delta H_{21}}{2} = -16.9868 \quad \text{m}$										
$D_{12}^2/R = 0.014 > \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.013 \quad \text{m} \Rightarrow \text{Ok.}$										

Ημ/νία : 17/07/2015		Ώρα έν.: 18:00		Ώρα Λήξ.: 19:30		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.		
Σκαρίφημα :										
Μετρήσεις προς R ₂										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R2} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	R ₂	119.0415	280.9538	119.0439	119.0437	3.0360	3.0341	3.0350	-0.8944	
		119.0409	280.9537	119.0436		3.0364	3.0336			
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	2	92.6568	307.3446	92.6561	92.6559	449.8032	449.8028	449.8030	51.7750	
		92.6561	307.3449	92.6556		449.8031	449.8030			
2	1	107.3479	292.6518	107.3481	107.3480	449.8033	449.8032	449.8032	-51.8022	
		107.3483	292.6523	107.3480		449.8034	449.8030			
Μετρήσεις προς R ₅										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{2R3} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
2	R ₅	106.7367	293.2614	106.7377	106.7378	4.4722	4.4707	4.4716	-0.4724	
		106.7368	293.2610	106.7379		4.4718	4.4716			
$\Delta H_{R2R5} = \Delta H_{R5} - \Delta H_{R2} + \sum_{i=1}^2 \frac{\Delta H_{12} + \Delta H_{21}}{2} = 52.2106 \quad \text{m}$										
$D_{12}^2/R = 0.032 > \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.027 \quad \text{m} \Rightarrow \text{Ok.}$										

Ημ/νία : 17/07/2015		Ώρα έν.: 17:00		Ώρα Λήξ.: 20:30		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.	
Σκαρίφημα :									
Μετρήσεις προς R ₂									
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R2} (m) ΔH=cosz·S
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		
1	R ₂	119.0415	280.9538	119.0439	119.0437	3.0360	3.0341	3.0350	-0.8944
		119.0409	280.9537	119.0436		3.0364	3.0336		
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m) ΔH=cosz·S
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		
1	2	92.6568	307.3446	92.6561	92.6559	449.8032	449.8028	449.8030	51.7750
		92.6561	307.3449	92.6556		449.8031	449.8030		
2	1	107.3479	292.6518	107.3481	107.3480	449.8033	449.8032	449.8032	-51.8022
		107.3483	292.6523	107.3480		449.8034	449.8030		
2	3	118.3637	281.6373	118.3632	118.3632	133.6100	133.6096	133.6098	-38.0072
		118.3629	281.6367	118.3631		133.6099	133.6096		
3	2	81.6379	318.3632	81.6374	81.6372	133.6097	133.6097	133.6097	38.0065
		81.6373	318.3633	81.6370		133.6097	133.6096		
Μετρήσεις προς R ₇									
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{4R4} (m) ΔH=cosz·S
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		
3	R ₇	131.6244	268.3679	131.6283	131.6290	2.4606	2.4605	2.4608	-1.1729
		131.6259	268.3663	131.6298		2.4611	2.4608		
$\Delta H_{R1R4} = \Delta H_{4R4} - \Delta H_{1R1} + \sum_{i=1}^2 \frac{\Delta H_{12} - \Delta H_{21} + \Delta H_{23} - \Delta H_{32}}{2} = 13.5032 \text{ m}$									
$D_{12}^2/R = 0.032 > \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.027 \text{ m} \Rightarrow \text{Ok.}$									
$D_{23}^2/R = 0.003 \approx \Delta H_{23} + \Delta H_{32} = 0.001 \text{ m} \Rightarrow \text{Ok.}$									

Ημ/νία : 17/07/2015		Ώρα έν.: 19:30		Ώρα Λήξ.: 20:30		Όργανο : Leica TCR1202+		Παρατηρητής : Ν. Θ.		
Σκαρίφημα :										
Μετρήσεις προς R ₅										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{1R5} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	R ₅	106.7367	293.2614	106.7377	106.7378	4.4722	4.4707	4.4716	-0.4724	
		106.7368	293.2610	106.7379		4.4718	4.4716			
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
1	2	118.3637	281.6373	118.3632	118.3632	133.6100	133.6096	133.6098	-38.0072	
		118.3629	281.6367	118.3631		133.6099	133.6096			
2	1	81.6379	318.3632	81.6374	81.6372	133.6097	133.6097	133.6097	38.0065	
		81.6373	318.3633	81.6370		133.6097	133.6096			
Μετρήσεις προς R ₇										
Σκόπευση		Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	S _{μέσο} (m)	ΔH _{2R7} (m)	
Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		ΔH=cosz·S	
2	R ₇	131.6244	268.3679	131.6283	131.6290	2.4606	2.4605	2.4608	-1.1729	
		131.6259	268.3663	131.6298		2.4611	2.4608			
$\Delta H_{R5R7} = \Delta H_{R7} - \Delta H_{R5} + \sum_{i=1}^2 \frac{\Delta H_{12} + \Delta H_{21}}{2} = -38.7074 \quad \text{m}$										
$D_{12}^2/R = 0.003 < \Delta H_{12} + \Delta H_{21} = 0.001 \quad \text{m} \Rightarrow \text{Μη αποδεκτό.}$										

IV. Δοκιμαστικές Μετρήσεις ΓΧ

Ημ/νία : 13/07/2015		Ώρα έν.: 17:00		Ώρα λήξ. : 19:30		Όργανο : Leica SPRINTER 150M	Παρατηρητής : Ν. Θ.
Σημείο	Μήκος (m)		Αναγνώσεις στην σταδία (m)		Υψόμετρα Η (m)		
	Όπισθεν	Έμπροσθεν	Όπισθεν	Έμπροσθεν			
R ₂	83.62	-	3.321	-	9.838		
1	24.66	81.48	1.908	0.082	-		
2	51.18	39.52	5.048	0.061			
3	70.69	65.02	4.774	0.361			
4	78.07	86.34	3.209	2.934			
5	100.29	79.33	1.552	1.547			
6	21.48	99.98	1.432	1.521			
R ₇	-	25.74	-	1.243	23.337		
Σύνολο	429.99	477.41	21.244	7.749	-		
Σύνολο	907.40		-				
-		ΔH _{R2R7} =	ΣΟ - ΣΕ =	13.4950			
	-						
R ₇	23.62	-	1.251	-			
1	99.69	23.58	1.528	1.439			
2	79.24	100.40	1.592	1.565			
3	86.21	78.24	2.880	3.251			
4	64.70	71.25	0.375	4.713			
5	25.05	51.52	0.408	5.064			
6	83.50	39.27	0.172	2.266			
R ₂	-	83.30	-	3.411			
Σύνολο	462.01	447.56	8.206	21.709			
Σύνολο	909.57		-				
-		ΔH _{R7R2} =	ΣΟ - ΣΕ =	-13.503			
			ΔH _{R2R7μέσο} =	13.499			
			Κλείσιμο :	-8.0	mm		

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β
ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΡΙΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

I. Μετρήσεις υψών οργάνου και στόχων

Έντυπο μετρήσεων ύψους οργάνου και στόχου				Ημερομηνία : 18/06/2015 Ώρα έν. : 17:30 Ώρα λήξ. : 22:30				Παρατηρητής : Ν.Θ.		
Σκοπεύσεις Ο.Γ.Σ. προς σταδία				Σκοπεύσεις Ψ.Χ.				Όργανα : Leica TCR 1202+, DNA 10		
Σημείο	$e^I (z = 100^{\text{B}})$	$e^{II} (z = 300^{\text{B}})$	$e = (e^I + e^{II}) / 2$	Σημείο	Μήκος (m)		Αναγνώσεις σταδίας (m)		$\Delta H_{ij} = O - E (m)$	$\gamma.O. = e + \Delta h_{ij} (m)$
					Όπισθεν (Στέψη)	Έμπροσθεν (Χελώνα)	Όπισθεν (Στέψη)	Έμπροσθεν (Χελώνα)		
1-Submarine	1.5890	1.5895	1.5893	1-Submarine	2.60		0.1879			
						2.00		1.5411	-1.3532	0.2361
2-Parking	1.8823	1.8829	1.8826	2-Parking	2.22		0.0541			
						4.09		1.6987	-1.6446	0.2380
3-Thalassa	1.3860	1.3860	1.3860	3-Thalassa	2.78		0.0617			
						3.14		1.209	-1.1473	0.2387
8-Pumphouse	1.5900	1.5900	1.5900	8-Pumphouse	3.65		0.1975			
						2.35		1.5515	-1.354	0.2360
7-Daytank	1.6985	1.6990	1.6988	7-Daytank	4.01		0.1608			
						2.89		1.6229	-1.4621	0.2367
6-Pevka	1.1725	1.1738	1.1731	6-Pevka	4.13		0.1565			
						3.31		1.0944	-0.9379	0.2352
5-Kratiras	1.7438	1.7443	1.7440	5-Kratiras	4.51		0.4316			
						3.17		1.9345	-1.5029	0.2411
4-Skopia	1.6645	1.6650	1.6648	4-Skopia	3.45		0.1647			
						3.14		1.5905	-1.4258	0.2390

Έντυπο μετρήσεων ύψους οργάνου και στόχου				Ημερομηνία : 21/06/2015 Ώρα έν. : 19:00 Ώρα λήξ. : 21:30				Παρατηρητής : Ν.Θ.		
Σκοπεύσεις Ο.Γ.Σ. προς σταδία				Σκοπεύσεις Ψ.Χ.				Όργανα : Leica TCR 1202+, DNA 10		
Σημείο	$e^I (z = 100^{\text{B}})$	$e^{II} (z = 300^{\text{B}})$	$e = (e^I + e^{II}) / 2$	Σημείο	Μήκος (m)		Αναγνώσεις σταδίας (m)		$\Delta H_{ij} = O - E (m)$	$Υ.Ο. = e + \Delta h_{ij} (m)$
					Όπισθεν (Στέψη)	Έμπροσθεν (Χελώνα)	Όπισθεν (Στέψη)	Έμπροσθεν (Χελώνα)		
3-Thalassa	1.6488	1.6490	1.6489	3-Thalassa	4.49		0.0093			
						2.52		1.4191	-1.4098	0.2391
8-Pumphouse	1.5943	1.5948	1.5945	8-Pumphouse	4.22		0.2342			
						2.16		1.5927	-1.3585	0.2360
7-Daytank	1.6698	1.6725	1.6711	7-Daytank	4.39		0.1359			
						2.38		1.5682	-1.4323	0.2388
5-Kratiras	1.7310	1.7315	1.7313	5-Kratiras	5.03		0.5614			
						2.49		2.0518	-1.4904	0.2409
4-Skopia	1.6668	1.6670	1.6669	4-Skopia	7.94		0.1548			
						4.34		1.5821	-1.4273	0.2396

Έντυπο μετρήσεων ύψους οργάνου και στόχου				Ημερομηνία : 22/06/2015 Ώρα έν. : 17:20 Ώρα λήξ. : 21:20				Παρατηρητής : Ν.Θ.		
Σκοπεύσεις Ο.Γ.Σ. προς σταδία				Σκοπεύσεις Ψ.Χ.				Όργανα : Leica TCR 1202+, DNA 10		
Σημείο	$e^I (z = 100^{\text{B}})$	$e^{II} (z = 300^{\text{B}})$	$e = (e^I + e^{II}) / 2$	Σημείο	Μήκος (m)		Αναγνώσεις σταδίας (m)		$\Delta H_{ij} = O - E (m)$	$Υ.Ο. = e + \Delta h_{ij} (m)$
					Όπισθεν (Στέψη)	Έμπροσθεν (Χελώνα)	Όπισθεν (Στέψη)	Έμπροσθεν (Χελώνα)		
3-Thalassa	1.6893	1.6898	1.6895	3-Thalassa	5.35		0.0175			
						2.92		1.469	-1.4515	0.2380
8-Pumphouse	1.6058	1.6060	1.6059	8-Pumphouse	3.69		0.1663			
						2.72		1.5366	-1.3703	0.2356
7-Daytank	1.7020	1.7080	1.7050	7-Daytank	4.80		0.1866			
						3.22		1.6469	-1.4603	0.2447
5-Kratiras	1.9235	1.9238	1.9236	5-Kratiras	5.15		0.4934			
						3.01		2.1764	-1.683	0.2406
4-Skopia	1.6520	1.6525	1.6523	4-Skopia	5.50		0.2321			
						2.96		1.6451	-1.413	0.2393

Έντυπο μετρήσεων ύψους οργάνου και στόχου				Ημερομηνία : 24/06/2015 Ώρα έν. : 15:40 Ώρα λήξ. : 19:20				Παρατηρητής : Ν.Θ.		
Σκοπεύσεις Ο.Γ.Σ. προς σταδία				Σκοπεύσεις Ψ.Χ.				Όργανα : Leica TCR 1202+, DNA 10		
Σημείο	$e^I (z = 100^{\text{B}})$	$e^{II} (z = 300^{\text{B}})$	$e = (e^I + e^{II}) / 2$	Σημείο	Μήκος (m)		Αναγνώσεις σταδίας (m)		$\Delta H_{ij} = O - E (m)$	Υ.Ο. = $e + \Delta h_{ij} (m)$
					Όπισθεν (Στέψη)	Έμπροσθεν (Χελώνα)	Όπισθεν (Στέψη)	Έμπροσθεν (Χελώνα)		
2-Parking	1.8810	1.8815	1.8813	2-Parking	2.35		0.0389			
						2.72		1.6822	-1.6433	0.2380
1-Submarine	1.5800	1.5850	1.5825	1-Submarine	2.52		0.2372			
						1.81		1.5808	-1.3436	0.2389
8-Pumphouse	1.5405	1.5405	1.5405	8-Pumphouse	3.13		0.2066			
						2.99		1.5097	-1.3031	0.2374
7-Daytank	1.6603	1.6605	1.6604	7-Daytank	2.79		0.1589			
						3.34		1.5793	-1.4204	0.2400
6-Pevka	1.2488	1.2490	1.2489	6-Pevka	2.97		0.1864			
						2.47		1.1999	-1.0135	0.2354
4-Skopia	1.6378	1.6378	1.6378	4-Skopia	2.87		0.1338			
						3.58		1.532	-1.3982	0.2396
5-Kratiras	0.9253	0.9260	0.9256	5-Kratiras	3.23		0.3695			
						3.85		1.0582	-0.6887	0.2369
9-Kaminada								0.24025	0.2383	0.2393

Έντυπο μετρήσεων ύψους οργάνου και στόχου				Ημερομηνία : 25/06/2015 Ώρα έν. : 16:00 Ώρα λήξ. : 19:20				Παρατηρητής : Ν.Θ.		
Σκοπεύσεις Ο.Γ.Σ. προς σταδία				Σκοπεύσεις Ψ.Χ.				Όργανα : Leica TCR 1202+, DNA 10		
Σημείο	$e^I (z = 100^{\text{B}})$	$e^{II} (z = 300^{\text{B}})$	$e = (e^I + e^{II}) / 2$	Σημείο	Μήκος (m)		Αναγνώσεις σταδίας (m)		$\Delta H_{ij} = O - E (m)$	$\gamma.O. = e + \Delta h_{ij} (m)$
					Όπισθεν (Στέψη)	Έμπροσθεν (Χελώνα)	Όπισθεν (Στέψη)	Έμπροσθεν (Χελώνα)		
3-Thalassa	1.6893	1.6898	1.6895	3-Thalassa	5.35		0.0175			
						2.92		1.4690	-1.4515	0.2380
1-Submarine	1.5849	1.5850	1.5850	1-Submarine	2.61		0.2075			
						1.89		1.5552	-1.3477	0.2373
7-Daytank	1.6955	1.6960	1.6958	7-Daytank	4.62		0.1938			
						3.60		1.6494	-1.4556	0.2402
5-Kratiras	0.9253	0.9260	0.9256	5-Kratiras	3.23		0.3695			
						3.85		1.0582	-0.6887	0.2369
6-Pevka	2.0300	2.0300	2.0300	6-Pevka	2.17		0.4354			
						3.02		2.2301	-1.7947	0.2353
				9-Kaminada				0.2398	0.2383	0.2390

Έντυπο μετρήσεων ύψους οργάνου και στόχου				Ημερομηνία : 03/07/2015 Ώρα έν. : 07:30 Ώρα λήξ. : 08:20				Παρατηρητής : Ν.Θ.		
Σκοπεύσεις Ο.Γ.Σ. προς σταδία				Σκοπεύσεις Ψ.Χ.				Όργανα : Leica TCR 1202+, SPRINTER 150		
Σημείο	$e^I (z = 100^{\text{B}})$	$e^{II} (z = 300^{\text{B}})$	$e = (e^I + e^{II}) / 2$	Σημείο	Μήκος (m)		Αναγνώσεις σταδίας (m)		$\Delta H_{ij} = O - E (m)$	$\gamma.O. = e + \Delta h_{ij} (m)$
					Όπισθεν (Στέψη)	Έμπροσθεν (Χελώνα)	Όπισθεν (Στέψη)	Έμπροσθεν (Χελώνα)		
4-Skopia	1.7558	1.7560	1.7559	4-Skopia			0.2718			
								1.7888	-1.517	0.2389
5-Kratiras	1.9053	1.9068	1.9060	5-Kratiras			0.5388			
								2.2061	-1.66735	0.2387
6-Pevka	1.1913	1.1915	1.1914	6-Pevka			0.2980			
								1.2543	-0.95625	0.2351
7-Daytank	1.6908	1.6908	1.6908	7-Daytank			0.2400			
								1.6905	-1.4505	0.2403
				9-Kaminada				0.23982	0.23796	0.2389

Έντυπο μετρήσεων ύψους οργάνου και στόχου				Ημερομηνία : 03/07/2015 Ώρα έν. : 17:00 Ώρα λήξ. : 19:00				Παρατηρητής : Ν.Θ.		
Σκοπεύσεις Ο.Γ.Σ. προς σταδία				Σκοπεύσεις Ψ.Χ.				Όργανα : Leica TCR 1202+, SPRINTER 150		
Σημείο	$e^I (z = 100^{\text{B}})$	$e^{II} (z = 300^{\text{B}})$	$e = (e^I + e^{II}) / 2$	Σημείο	Μήκος (m)		Αναγνώσεις σταδίας (m)		$\Delta H_{ij} = O - E (m)$	$\gamma.O. = e + \Delta h_{ij} (m)$
					Όπισθεν (Στέψη)	Έμπροσθεν (Χελώνα)	Όπισθεν (Στέψη)	Έμπροσθεν (Χελώνα)		
3-Thalassa	1.6893	1.6898	1.6895	3-Thalassa	5.35		0.0175			
						2.92		1.4690	-1.4515	0.2380
2-Parking	1.8828	1.8833	1.8830	2-Parking	2.25		0.038			
						4.17		1.682	-1.644	0.2390
1-Submarine	1.5850	1.5855	1.5853	1-Submarine	2.47		0.235			
						1.85		1.582	-1.347	0.2383
5-Kratiras	1.9073	1.9078	1.9075	5-Kratiras	5.29		0.659			
						2.99		2.327	-1.668	0.2395
4-Skopia	1.6598	1.6603	1.6600	4-Skopia	4.71		0.064			
						3.66		1.484	-1.42	0.2400
8-Pumphouse	1.5720	1.5723	1.5721	8-Pumphouse	3.15		0.232			
						2.67		1.566	-1.334	0.2381
9-Kaminada								0.23995	0.2382	0.2391

Έντυπο μετρήσεων ύψους οργάνου και στόχου				Ημερομηνία : 05/07/2015 Ώρα έν. : 14:30 Ώρα λήξ. : 16:30				Παρατηρητής : Ν.Θ.		
Σκοπεύσεις Ο.Γ.Σ. προς σταδία				Σκοπεύσεις Ψ.Χ.				Όργανα : Leica TCR 1202+, SPRINTER 150		
Σημείο	$e^I (z = 100^B)$	$e^{II} (z = 300^B)$	$e = (e^I + e^{II}) / 2$	Σημείο	Μήκος (m)		Αναγνώσεις σταδίας (m)		$\Delta H_{ij} = O - E (m)$	$\gamma.O. = e + \Delta h_{ij} (m)$
					Όπισθεν (Στέψη)	Έμπροσθεν (Χελώνα)	Όπισθεν (Στέψη)	Έμπροσθεν (Χελώνα)		
3-Thalassa	1.3688	1.3690	1.3689	3-Thalassa	2.6200		0.1350			
						2.7700		1.2650	-1.13	0.2389
2-Parking	1.8813	1.8815	1.8814	2-Parking	2.44		0.038			
						2.49		1.68	-1.642	0.2394
8-Pumphouse	1.6025	1.6075	1.6050	8-Pumphouse	2.81		0.179			
						2.45		1.542	-1.363	0.2420
5-Kratiras	1.9010	1.9015	1.9013	5-Kratiras	2.63		0.1790			
						2.14		1.8410	-1.662	0.2393
6-Pevka	1.6183	1.6188	1.6185	6-Pevka	2.12		0.3800			
						2.05		1.7610	-1.381	0.2375
1-Submarine	1.5893	1.5898	1.5895	1-Submarine	2.51		0.217			
						1.83		1.564	-1.347	0.2425
9-Kaminada								0.2399	0.2383	0.2391

Έντυπο μετρήσεων ύψους οργάνου και στόχου				Ημερομηνία : 06/07/2015 Ώρα έν. : 06:45 Ώρα λήξ. : 08:10				Παρατηρητής : Ν.Θ.		
Σκοπεύσεις Ο.Γ.Σ. προς σταδία				Σκοπεύσεις Ψ.Χ.				Όργανα : Leica TCR 1202+, SPRINTER 150		
Σημείο	$e^I (z = 100^B)$	$e^{II} (z = 300^B)$	$e = (e^I + e^{II}) / 2$	Σημείο	Μήκος (m)		Αναγνώσεις σταδίας (m)		$\Delta H_{ij} = O - E (m)$	$\gamma.O. = e + \Delta h_{ij} (m)$
					Όπισθεν (Στέψη)	Έμπροσθεν (Χελώνα)	Όπισθεν (Στέψη)	Έμπροσθεν (Χελώνα)		
3-Thalassa	1.3688	1.3690	1.3689	3-Thalassa	2.6200		0.1350			
						2.7700		1.2650	-1.13	0.2389
8-Pumphouse	1.5888	1.5893	1.5890	8-Pumphouse	2.71		0.183			
						2.62		1.533	-1.35	0.2390
1-Submarine	1.5848	1.5853	1.5850	1-Submarine	2.59		0.172			
						1.86		1.52	-1.348	0.2370
5-Kratiras	1.9223	1.9223	1.9223	5-Kratiras	2.36		0.0020			
						1.94		1.6860	-1.684	0.2383
2-Parking	1.8823	1.8825	1.8824	2-Parking	2.38		0.0910			
						2.13		1.7340	-1.643	0.2394

Έντυπο μετρήσεων ύψους οργάνου και στόχου				Ημερομηνία : 08/07/2015 Ώρα έν. : 16:50 Ώρα λήξ. : 18:20				Παρατηρητής : Ν.Θ.		
Σκοπεύσεις Ο.Γ.Σ. προς σταδία				Σκοπεύσεις Ψ.Χ.				Όργανα : Leica TCR 1202+, SPRINTER 150		
Σημείο	$e^I (z = 100^{\text{B}})$	$e^{II} (z = 300^{\text{B}})$	$e = (e^I + e^{II}) / 2$	Σημείο	Μήκος (m)		Αναγνώσεις σταδίας (m)		$\Delta H_{ij} = O - E (m)$	$Υ.Ο. = e + \Delta h_{ij} (m)$
					Όπισθεν (Στέψη)	Έμπροσθεν (Χελώνα)	Όπισθεν (Στέψη)	Έμπροσθεν (Χελώνα)		
4-Skopia	1.6860	1.6865	1.6863	4-Skopia	3.6400		0.0560			
						2.9400		1.5010	-1.445	0.2413
6-Pevka	1.7720	1.7723	1.7721	6-Pevka	2.28		0.313			
						2.48		1.847	-1.534	0.2381
1-Submarine	1.5850	1.5853	1.5851	1-Submarine	2.64		0.17			
						1.80		1.516	-1.346	0.2391
8-Pumphouse	1.5788	1.5790	1.5789	8-Pumphouse	3.00		0.1930			
						2.88		1.5330	-1.34	0.2389
2-Parking	1.8838	1.8840	1.8839	2-Parking	2.26		0.0640			
						2.47		1.7090	-1.645	0.2389
3-Thalassa	1.6500	1.6503	1.6501	3-Thalassa	2.3900		0.0490			
						2.4200		1.4600	-1.411	0.2391

Έντυπο μετρήσεων ύψους οργάνου και στόχου				Ημερομηνία : 09/07/2015 Ώρα έν. : 16:30 Ώρα λήξ. : 17:40				Παρατηρητής : Ν.Θ.		
Σκοπεύσεις Ο.Γ.Σ. προς σταδία				Σκοπεύσεις Ψ.Χ.				Όργανα : Leica TCR 1202+, SPRINTER 150		
Σημείο	$e^I (z = 100^{\text{B}})$	$e^{II} (z = 300^{\text{B}})$	$e = (e^I + e^{II}) / 2$	Σημείο	Μήκος (m)		Αναγνώσεις σταδίας (m)		$\Delta H_{ij} = O - E (m)$	$Υ.Ο. = e + \Delta h_{ij} (m)$
					Όπισθεν	Έμπροσθεν	Όπισθεν	Έμπροσθεν		
5-Kratiras	1.9098	1.9103	1.9100	5-Kratiras	3.49		0.280			
						3.17		1.949	-1.669	0.2410
4-Skopia	1.6505	1.6508	1.6506	4-Skopia	3.00		0.096			
						3.15		1.506	-1.41	0.2406
				9-Kaminada				0.2385	0.2383	0.2384

II. Έντυπα μετρήσεων γωνιών και μηκών

Ημερομηνία : 22/06/2015			Ώρα έν. : 17:20				Ώρα λήξ. : 21:20				Όργανο : Leica TCR 1202 +				Παρατηρητής : Ν.Θ.			
Περί οδος	Σκόπευση		Οριζόντιες γωνίες					Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	Υ.Ο. (m)	Υ.Σ. (m)			
	Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Μ. Α. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)					
1 ^η	4-S	5-K	0.0000	200.0003	0.0002	0.0000	0.0000	93.9436	306.0564	93.9436	93.9435	228.6605	228.6606	0.2393	0.2406			
		7-D	26.6787	226.6803	26.6795	26.6794	26.6792	103.6243	296.3739	103.6252	103.6240	298.8367	298.8361		0.2447			
		8-P	54.2975	254.2980	54.2978	54.2976	54.2979	102.5174	297.4824	102.5175	102.5185	432.2239	432.2237		0.2356			
		3-T	115.8593	315.8602	115.8598	115.8596	115.8593	103.7345	296.2634	103.7356	103.7353	538.2715	538.2712		0.2380			
2 ^η	4-S	5-K	0.0000	200.0008	0.0004	0.0000	-	93.9432	306.0540	93.9446	-	228.6606	228.6604	0.2393	0.2406			
		7-D	26.6783	226.6778	26.6781	26.6777	-	103.6236	296.3766	103.6235	-	298.8368	298.8369		0.2447			
		8-P	54.2977	254.2988	54.2983	54.2979	-	102.5182	297.4807	102.5188	-	432.2239	432.2240		0.2356			
		3-T	115.8580	315.8612	115.8596	115.8592	-	103.7353	296.2641	103.7356	-	538.2715	538.2713		0.2380			
3 ^η	4-S	5-K	0.0008	200.0031	0.0019	0.0000	-	93.9408	306.0561	93.9424	-	228.6607	228.6690	0.2393	0.2406			
		7-D	26.6829	226.6824	26.6827	26.6807	-	103.6232	296.3768	103.6232	-	298.8370	298.8367		0.2447			
		8-P	54.2992	254.3012	54.3002	54.2983	-	102.5171	297.4787	102.5192	-	432.2240	432.2240		0.2356			
		3-T	115.8609	315.8612	115.8611	115.8591	-	103.7345	296.2653	103.7346	-	538.2720	538.2719		0.2380			

Ημερομηνία : 24/06/2015			Ωρα έν. : 15:20			Ωρα λήξ. : 23:20			Όργανο : Leica TCR 1202 +				Παρατηρητής : Ν.Θ.			
Περί οδος	Σκόπευση		Οριζόντιες γωνίες					Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	Υ.Ο. (m)	Υ.Σ. (m)	
	Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Μ. Α. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)			
1 ^η	5-K	6-P	0.0011	200.0002	0.0007	0.0000	0.0000	100.5572	299.4424	100.5574	100.5572	150.0131	150.0134	0.2369	0.2354	
		1-S	50.2370	250.2382	50.2376	50.2370	50.2359	103.0608	296.9402	103.0603	103.0604	577.4937	577.4941		0.2389	
		7-D	86.7141	286.7140	86.7141	86.7134	86.7136	118.5072	281.4967	118.5053	118.5049	135.1088	135.1090		0.2400	
		8-P	98.3310	298.3305	98.3308	98.3301	98.3295	107.4478	292.5522	107.4478	107.4490	332.4303	332.4304		0.2374	
		9-K	126.8812	326.8801	126.8807	126.8800	126.8796	106.3440	293.6485	106.3478	106.3462	187.4444	187.4442		0.2393	
		2-P	131.4182	331.4272	131.4227	131.4221	131.4252	107.3476	292.6488	107.3494	107.3475	453.1573	453.1569		0.2380	
		4-S	209.2723	9.2727	209.2725	209.2719	209.2725	106.0580	293.9349	106.0616	106.0615	228.6606	228.6602		0.2396	
2 ^η	5-K	6-P	0.0003	200.0031	0.0017	0.0000	-	100.5568	299.4426	100.5571	-	150.0135	150.0131	0.2369	0.2354	
		1-S	50.2349	250.2356	50.2353	50.2336	-	103.0599	296.9388	103.0606	-	577.4938	577.4945		0.2389	
		7-D	86.7133	286.7141	86.7137	86.7120	-	118.5033	281.4971	118.5031	-	135.1091	135.1090		0.2400	
		8-P	98.3286	298.3294	98.3290	98.3273	-	107.4467	292.5530	107.4469	-	332.4304	332.4305		0.2374	
		9-K	126.8808	326.8807	126.8808	126.8791	-	106.3448	293.6540	106.3454	-	187.4445	187.4442		0.2393	
		2-P	131.4266	331.4282	131.4274	131.4257	-	107.3454	292.6518	107.3468	-	453.1569	453.1569		0.2380	
		4-S	209.2730	9.2731	209.2731	209.2714	-	106.0598	293.935	106.0624	-	228.6608	228.6606		0.2396	
3 ^η	5-K	6-P	0.0002	200.0037	0.0020	0.0000	-	100.557	299.4431	100.5570	-	150.0136	150.0139	0.2369	0.2354	
		1-S	50.2364	250.2416	50.2390	50.2371	-	103.0594	296.9389	103.0603	-	577.4948	577.4948		0.2389	
		7-D	86.7173	286.7172	86.7173	86.7153	-	118.5023	281.4894	118.5065	-	135.1096	135.1094		0.2400	
		8-P	98.3326	298.3335	98.3331	98.3311	-	107.4507	292.5460	107.4524	-	332.4309	332.4309		0.2374	
		9-K	126.8819	326.8815	126.8817	126.8798	-	106.3458	293.6547	106.3456	-	187.4443	187.4443		0.2393	
		2-P	131.4294	331.4302	131.4298	131.4279	-	107.3475	292.6551	107.3462	-	453.1579	453.1575		0.2380	
		4-S	209.2742	9.2783	209.2763	209.2743	-	106.0610	293.9399	106.0606	-	228.6611	228.6606		0.2396	

Ημερομηνία : 25/06/2015			Ωρα έν. : 15:20			Ωρα λήξ. : 20:00			Όργανο : Leica TCR 1202 +				Παρατηρητής : Ν.Θ.			
Περί οδος	Σκόπευση		Οριζόντιες γωνίες					Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	Υ.Ο. (m)	Υ.Σ. (m)	
	Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Μ. Α. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)			
1 ^η	6-P	1-S	0.0002	200.0001	0.0002	0.0000	0.0000	103.4816	296.5186	103.4815	103.4812	483.7511	483.7514	0.2369	0.2373	
		7-D	84.7395	284.7395	84.7395	84.7394	84.7395	113.2844	286.7154	113.2845	113.2848	180.5853	180.5853		0.2402	
		3-T	92.8312	292.8310	92.8311	92.8310	92.8304	104.4443	295.5559	104.4442	104.4443	745.4100	745.4101		0.2380	
		9-K	94.5968	294.5977	94.5973	94.5971	94.5956	103.8941	296.1069	103.8936	103.8940	283.7624	283.7625		0.2390	
		5-K	135.6165	335.6169	135.6167	135.6166	135.6166	99.4449	300.5556	99.4447	99.4442	150.0130	150.0126		0.2369	
2 ^η	6-P	1-S	0.0002	200.0012	0.0007	0.0000	-	103.4815	296.5185	103.4815	-	483.7519	483.7510	0.2369	0.2373	
		7-D	84.7393	284.7403	84.7398	84.7391	-	113.2853	286.7154	113.2850	-	180.5855	180.5853		0.2402	
		3-T	92.8316	292.8317	92.8317	92.8310	-	104.4449	295.5558	104.4446	-	745.4105	745.4101		0.2380	
		9-K	94.5956	294.5957	94.5957	94.5950	-	103.8941	296.1059	103.8941	-	283.7628	283.7628		0.2390	
		5-K	135.6161	335.6176	135.6169	135.6162	-	99.4440	300.5557	99.4442	-	150.0130	150.0129		0.2369	
3 ^η	6-P	1-S	0.0006	199.9988	399.9997	0.0000	-	103.4811	296.5202	103.4805	-	483.7512	483.7513	0.2369	0.2373	
		7-D	84.7404	284.7392	84.7398	84.7401	-	113.2851	286.7153	113.2849	-	180.5854	180.5852		0.2402	
		3-T	92.8289	292.8293	92.8291	92.8294	-	104.4447	295.5562	104.4443	-	745.4102	745.4103		0.2380	
		9-K	94.5946	294.5945	94.5946	94.5949	-	103.8950	296.1066	103.8942	-	283.7628	283.7625		0.2390	
		5-K	135.6166	335.6169	135.6168	135.6171	-	99.4447	300.5569	99.4439	-	150.0130	150.0130		0.2369	

Ημερομηνία : 03/07/2015			Ωρα έν. : 07:30		Ωρα λήξ. : 11:00		Όργανο : Leica TCR 1202 +				Παρατηρητής : Ν.Θ.				
Περί οδος	Σκόπευση		Οριζόντιες γωνίες					Κατακόρυφες γωνίες				Θέση Ι	Θέση ΙΙ	Υ.Ο. (m)	Υ.Σ. (m)
	Από	Προς	Θέση Ι	Θέση ΙΙ	Μ. Τιμή	Μ. Α. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	Θέση Ι	Θέση ΙΙ	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		
1 ^η	7-D	9-K	0.0000	200.0006	0.0003	0.0000	0.0000	88.7137	311.2834	88.7152	88.7157	113.8221	113.8212	0.2403	0.2389
		4-S	61.3333	261.3333	61.3333	61.3330	61.3329	96.3786	303.6228	96.3779	96.3780	298.8379	298.8380		0.2389
		5-K	112.0947	312.0983	112.0965	112.0962	112.0956	81.4963	318.5037	81.4963	81.4961	135.1096	135.1088		0.2387
		6-P	174.5039	374.5040	174.5040	174.5037	174.5041	86.7168	313.2818	86.7175	86.7178	180.5847	180.5845		0.2351
2 ^η	7-D	9-K	0.0009	200.0003	0.0006	0.0000	-	88.7168	311.2840	88.7164	-	113.8223	113.8211	0.2403	0.2389
		4-S	61.3336	261.3344	61.3340	61.3334	-	96.3772	303.6215	96.3779	-	298.8385	298.8380		0.2389
		5-K	112.0965	312.0952	112.0959	112.0953	-	81.4970	318.5051	81.4960	-	135.1096	135.1092		0.2387
		6-P	174.5053	374.5048	174.5051	174.5045	-	86.7180	313.2821	86.7180	-	180.5848	180.5849		0.2351
3 ^η	7-D	9-K	0.0002	199.9992	399.9997	0.0000	-	88.7148	311.2836	88.7156	-	113.8211	113.8211	0.2403	0.2389
		4-S	61.3327	261.3311	61.3319	61.3322	-	96.3787	303.6225	96.3781	-	298.8385	298.8382		0.2389
		5-K	112.0940	312.0959	112.0950	112.0953	-	81.4962	318.5044	81.4959	-	135.1093	135.1094		0.2387
		6-P	174.5037	374.5041	174.5039	174.5042	-	86.7172	313.2812	86.7180	-	180.5842	180.5843		0.2351

Ημερομηνία : 03/07/2015			Ωρα έν. : 19:00			Ωρα λήξ. : 22:30			Όργανο : Leica TCR 1202 +				Παρατηρητής : Ν.Θ.			
Περί οδος	Σκόπευση		Οριζόντιες γωνίες					Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	Υ.Ο. (m)	Υ.Σ. (m)	
	Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Μ. Α. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)			
1 ^η	8-P	1-S	0.0004	199.9993	399.9999	0.0000	0.0000	98.2662	301.7368	98.2647	98.2648	405.6908	405.6907	0.2381	0.2383	
		3-T	168.8042	368.8047	168.8045	168.8046	168.8056	102.0033	297.9973	102.0030	102.0031	460.3798	460.3796		0.2380	
		2-P	168.9706	368.9692	168.9699	168.9701	168.9706	103.6730	296.3280	103.6725	103.6725	232.0503	232.0499		0.2390	
		4-S	251.0334	51.0305	251.0320	251.0321	251.0327	97.4857	302.5147	97.4855	97.4859	432.2242	432.2239		0.2400	
		9-K	256.3300	56.3303	256.3302	256.3303	256.3316	92.9487	307.0516	92.9486	92.9484	182.2592	182.2591		0.2391	
		5-K	285.7916	85.7925	285.7921	285.7922	285.7933	92.5545	307.4475	92.5535	92.5533	332.4309	332.4308		0.2395	
2 ^η	8-P	1-S	0.0011	200.0009	0.0010	0.0000	-	98.2652	301.7355	98.2649	-	405.6906	405.6905	0.2381	0.2383	
		3-T	168.8075	368.8075	168.8075	168.8065	-	102.0037	297.9973	102.0032	-	460.3798	460.3796		0.2380	
		2-P	168.9722	368.9722	168.9722	168.9712	-	103.6734	296.3283	103.6726	-	232.0503	232.0500		0.2390	
		4-S	251.0340	51.0345	251.0343	251.0333	-	97.4868	302.5141	97.4864	-	432.2238	432.2238		0.2400	
		9-K	256.3331	56.3347	256.3339	256.3329	-	92.9487	307.0521	92.9483	-	182.2592	182.2591		0.2391	
		5-K	285.7951	85.7957	285.7954	285.7944	-	92.5537	307.4475	92.5531	-	332.4309	332.4309		0.2395	

Ημερομηνία : 05/07/2015			Ωρα έν. : 16:30			Ωρα λήξ. : 19:00			Όργανο : Leica TCR 1202 +				Παρατηρητής : Ν.Θ.			
Περί οδος	Σκόπευση		Οριζόντιες γωνίες					Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	Υ.Ο. (m)	Υ.Σ. (m)	
	Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Μ. Α. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)			
1 ^η	1-S	3-T	0.0006	200.0003	0.0005	0.0000	0.0000	101.9391	298.0594	101.9399	101.9391	840.3286	840.3278	0.2425	0.2389	
		2-P	5.3978	205.3972	5.3975	5.3970	5.3976	102.5147	297.4869	102.5139	102.5123	620.2745	620.2740		0.2394	
		8-P	16.5986	216.5988	16.5987	16.5983	16.5997	101.7381	298.2624	101.7379	101.7383	405.6875	405.6870		0.2420	
		9-K	33.3531	233.3520	33.3526	33.3521	33.3533	98.9287	301.0701	98.9293	98.9293	538.9001	538.8998		0.2391	
		5-K	54.3008	254.2981	54.2995	54.2990	54.2996	96.9455	303.0562	96.9447	96.9446	577.4895	577.4887		0.2393	
		6-K	68.4460	268.4460	68.4460	68.4456	68.4466	96.5240	303.4773	96.5234	96.5240	483.7474	483.7464		0.2375	
2 ^η	1-S	3-T	0.0006	199.9996	0.0001	0.0000		101.9392	298.0609	101.9392		840.3280	840.3271	0.2425	0.2389	
		2-P	5.3990	205.3980	5.3985	5.3984		102.5144	297.4894	102.5125		620.2737	620.2737		0.2394	
		8-P	16.6024	216.5994	16.6009	16.6008		101.7380	298.2622	101.7379		405.6869	405.6870		0.2420	
		9-K	33.3549	233.3544	33.3547	33.3546		98.9298	301.0713	98.9293		538.8994	538.8993		0.2391	
		5-K	54.3018	254.3011	54.3015	54.3014		96.9456	303.0557	96.9450		577.4892	577.4891		0.2393	
		6-K	68.4489	268.4475	68.4482	68.4481		96.5244	303.4765	96.5240		483.7467	483.7466		0.2375	
3 ^η	1-S	3-T	0.0014	199.9992	0.0003	0.0000		101.9390	298.0608	101.9391		840.3274	840.3278	0.2425	0.2389	
		2-P	5.3988	205.3982	5.3985	5.3982		102.5119	297.4883	102.5118		620.2739	620.2741		0.2394	
		8-P	16.6002	216.5997	16.6000	16.5997		101.7392	298.2618	101.7387		405.6869	405.6871		0.2420	
		9-K	33.3542	233.3532	33.3537	33.3534		98.9295	301.0710	98.9293		538.8991	538.8997		0.2391	
		5-K	54.3004	254.2987	54.2996	54.2993		96.9455	303.0568	96.9444		577.4891	577.4888		0.2393	
		6-K	68.4469	268.4465	68.4467	68.4464		96.5251	303.4761	96.5245		483.7464	483.7466		0.2375	
4 ^η	1-S	3-T	0.0012	199.9987	0.0000	0.0000		101.9384	298.0620	101.9382		840.3275	840.3281	0.2425	0.2389	
		2-P	5.3971	205.3964	5.3968	5.3968		102.5103	297.4885	102.5109		620.2738	620.2746		0.2394	
		8-P	16.5991	216.6006	16.5999	16.5999		101.7380	298.2606	101.7387		405.6868	405.6871		0.2420	
		9-K	33.3529	233.3532	33.3531	33.3531		98.9299	301.0710	98.9295		538.8988	538.8993		0.2391	
		5-K	54.2993	254.2982	54.2988	54.2988		96.9447	303.0556	96.9446		577.4893	577.4896		0.2393	
		6-K	68.4464	268.4459	68.4462	68.4462		96.5246	303.4761	96.5243		483.7470	483.7469		0.2375	

Ημερομηνία : 06/07/2015			Ωρα έν. : 08:10			Ωρα λήξ. : 09:15			Όργανο : Leica TCR 1202 +			Παρατηρητής : Ν.Θ.			
Περί οδος	Σκόπευση		Οριζόντιες γωνίες					Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	Υ.Ο. (m)	Υ.Σ. (m)
	Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Μ. Α. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		
1 ^η	2-P	3-T	0.0011	200.0042	0.0027	0.0000	0.0000	100.3065	299.6936	100.3065	100.3069	228.4909	228.4909	0.2394	0.2389
		5-K	150.2533	350.2514	150.2524	150.2497	150.2502	92.6552	307.3460	92.6546	92.6549	453.1565	453.1561		0.2383
		8-P	200.3323	0.3311	200.3317	200.3291	200.3302	96.3298	303.6693	96.3303	96.3300	232.0499	232.0500		0.2390
		1-S	220.1587	20.1609	220.1598	220.1572	220.1571	97.4946	302.5045	97.4951	97.4951	620.2779	620.2785		0.2370
2 ^η	2-P	3-T	0.0002	199.9992	399.9997	0.0000	-	100.3076	299.6935	100.3071	-	228.4907	228.4904	0.2394	0.2389
		5-K	150.2501	350.2499	150.2500	150.2503	-	92.6557	307.3441	92.6558	-	453.1562	453.1562		0.2383
		8-P	200.3301	0.3287	200.3294	200.3297	-	96.3293	303.6696	96.3299	-	232.0496	232.0497		0.2390
		1-S	220.1562	20.1561	220.1562	220.1565	-	97.4941	302.5046	97.4948	-	620.2784	620.2781		0.2370
3 ^η	2-P	3-T	0.0000	199.9994	399.9997	0.0000	-	100.3066	299.6926	100.3070	-	228.4905	228.4904	0.2394	0.2389
		5-K	150.2505	350.2504	150.2505	150.2508	-	92.6559	307.3487	92.6536	-	453.1560	453.1565		0.2383
		8-P	200.3317	0.3296	200.3307	200.3310	-	96.3293	303.6699	96.3297	-	232.0499	232.0497		0.2390
		1-S	220.1571	20.1571	220.1571	220.1574	-	97.4944	302.5043	97.4951	-	620.2782	620.2782		0.2370
4 ^η	2-P	3-T	0.0008	200.0013	0.0010	0.0000	-	100.3067	299.6929	100.3069	-	228.4906	228.4906	0.2394	0.2389
		5-K	150.2515	350.2508	150.2512	150.2501	-	92.6551	307.3439	92.6556	-	453.1563	453.1562		0.2383
		8-P	200.3327	0.3313	200.3320	200.3310	-	96.3295	303.6688	96.3304	-	232.0497	232.0491		0.2390
		1-S	220.1584	20.1582	220.1583	220.1573	-	97.4943	302.5033	97.4955	-	620.2777	620.2777		0.2370

Ημερομηνία : 06/07/2015			Ωρα έν. : 18:30			Ωρα λήξ. : 20:00			Όργανο : Leica TCR 1202 +				Παρατηρητής : Ν.Θ.			
Περί οδος	Σκόπευση		Οριζόντιες γωνίες					Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	Υ.Ο. (m)	Υ.Σ. (m)	
	Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Μ. Α. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)			
1 ^η	3-T	4-S	0.0025	200.0009	0.0017	0.0000	0.0000	96.2680	303.7319	96.2681	96.2687	538.2703	538.2702	0.2391	0.2413	
		6-P	32.0814	232.0822	32.0818	32.0801	32.0807	95.5630	304.4386	95.5622	95.5624	745.4080	745.4082		0.2381	
		2-P	56.0452	256.0447	56.0450	56.0433	56.0433	99.6960	300.3042	99.6959	99.6958	228.4902	228.4902		0.2391	
		8-P	56.2129	256.2118	56.2124	56.2107	56.2106	98.0012	301.9997	98.0008	98.0008	460.3794	460.3791		0.2391	
		1-S	70.8054	270.8036	70.8045	70.8028	70.8031	98.0691	301.9325	98.0683	98.0687	840.3323	840.3324		0.2389	
2 ^η	3-T	4-S	0.0012	200.0007	0.0010	0.0000		96.2690	303.7310	96.2690		538.2702	538.2694	0.2391	0.2413	
		6-P	32.0822	232.0815	32.0819	32.0809		95.5639	304.4378	95.5631		745.4073	745.4080		0.2381	
		2-P	56.0447	256.0437	56.0442	56.0433		99.6967	300.3043	99.6962		228.4903	228.4904		0.2389	
		8-P	56.2117	256.2109	56.2113	56.2104		98.0015	301.9991	98.0012		460.3790	460.3788		0.2391	
		1-S	70.8048	270.8040	70.8044	70.8035		98.0706	301.9318	98.0694		840.3316	840.3312		0.2389	
3 ^η	3-T	4-S	0.0012	200.0003	0.0008	0.0000		96.2690	303.7314	96.2688		538.2701	538.2696	0.2391	0.2413	
		6-P	32.0809	232.0824	32.0817	32.0809		95.5621	304.4380	95.5621		745.4076	745.4081		0.2381	
		2-P	56.0440	256.0438	56.0439	56.0432	-	99.6957	300.3047	99.6955	-	228.4902	228.4901		0.2389	
		8-P	56.2118	256.2110	56.2114	56.2107		98.0011	302.0001	98.0005		460.3790	460.3790		0.2391	
		1-S	70.8037	270.8042	70.8040	70.8032		98.0702	301.9315	98.0694		840.3317	840.3317		0.2389	
4 ^η	3-T	4-S	0.0013	200.0013	0.0013	0.0000		96.2684	303.7307	96.2689		538.2702	538.2705	0.2391	0.2413	
		6-P	32.0818	232.0825	32.0822	32.0809		95.5634	304.4385	95.5625		745.4079	745.4077		0.2381	
		2-P	56.0449	256.0450	56.0450	56.0437		99.6959	300.3045	99.6957		228.4901	228.4903		0.2389	
		8-P	56.2123	256.2118	56.2121	56.2108		98.0011	301.9995	98.0008		460.3788	460.3792		0.2391	
		1-S	70.8033	270.8048	70.8041	70.8028		98.0692	301.9335	98.0679		840.3316	840.3317		0.2389	

Ημερομηνία : 09/07/2015			Ωρα έν. : 17:50		Ωρα λήξ. : 18:30		Όργανο : Leica TCR 1202 +				Παρατηρητής : Ν.Θ.				
Περί οδος	Σκόπευση		Οριζόντιες γωνίες					Κατακόρυφες γωνίες				Θέση I	Θέση II	Υ.Ο. (m)	Υ.Σ. (m)
	Από	Προς	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Μ. Α. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	Θέση I	Θέση II	Μ. Τιμή	Γ. Μ. Ο.	S (m)	S (m)		
1 ^η	4-S	5-K	0.0012	200.0014	0.0013	0.0000	0.0000	93.9441	306.0558	93.9442	93.9448	228.6596	228.6595	0.2406	0.2410
		9-K	50.4895	250.4881	50.4888	50.4875	50.4866	99.2235	300.7752	99.2242	99.2245	251.8399	251.8402		0.2384
2 ^η	4-S	5-K	0.0020	200.0004	0.0012	0.0000	-	93.9435	306.0558	93.9439	-	228.6598	228.6594	0.2406	0.2410
		9-K	50.4888	250.4872	50.4880	50.4868	-	99.2257	300.7779	99.2239	-	251.8408	251.8400		0.2384
3 ^η	4-S	5-K	0.0009	200.0004	0.0007	0.0000	-	93.9456	306.0552	93.9452	-	228.6599	228.6599	0.2406	0.2410
		9-K	50.4870	250.4873	50.4872	50.4865	-	99.2247	300.7766	99.2241	-	251.8406	251.8408		0.2384
4 ^η	4-S	5-K	0.0001	200.0000	0.0001	0.0000	-	93.9444	306.0532	93.9456	-	228.6598	228.6594	0.2406	0.2410
		9-K	50.4857	250.4861	50.4859	50.4859	-	99.2256	300.7763	99.2247	-	251.8403	251.8408		0.2384
5 ^η	4-S	5-K	0.0005	200.0008	0.0006	0.0000	-	93.9456	306.0555	93.9451	-	228.6602	228.6598	0.2406	0.2410
		9-K	50.4870	250.4871	50.4871	50.4864	-	99.2266	300.7756	99.2255	-	251.8407	251.8407		0.2384

III. Αποτελέσματα επίλυσης ΓΔΤΕ για $\epsilon\epsilon$ 95 %

Αριθμός κορυφών	:	9
Αριθμός παρατηρήσεων μηκών	:	24
Αριθμός παρατηρήσεων οριζοντίων γωνιών	:	36
Αριθμός παρατηρήσεων κατακορύφων γωνιών	:	24
Συνολικός αριθμός παρατηρήσεων	:	84
Αριθμός αγνώστων	:	23
Βαθμοί ελευθερίας	:	61
A-posteriori μεταβλητότητα	:	1.008
A-posteriori τυπική απόκλιση	:	1.004

Μήκος D_{ij}	Αρχική τιμή (m)	σ_D (mm)	Διόρθωση (m)	Τελική τιμή (m)
D ₂₁	620.2760	± 1	0.38	620.2764
D ₃₁	840.3300	± 2	0.44	840.3304
D ₁₅	577.4920	± 1	-0.93	577.4911
D ₁₆	483.7490	± 1	-0.01	483.7490
D ₈₁	405.6890	± 1	-0.55	405.6884
D ₃₂	228.4900	± 1	1.69	228.4917
D ₂₅	453.1560	± 1	1.30	453.1573
D ₂₈	232.0500	± 1	0.46	232.0505
D ₃₄	538.2710	± 1	-0.69	538.2703
D ₃₆	745.4090	± 2	-1.27	745.4077
D ₃₈	460.3800	± 1	-1.19	460.3788
D ₄₅	228.6610	± 1	-1.29	228.6597
D ₇₄	298.8370	± 1	1.50	298.8385
D ₈₄	432.2240	± 1	-0.09	432.2239
D ₆₅	150.0130	± 1	0.21	150.0132
D ₇₅	135.1100	± 1	0.87	135.1109
D ₈₅	332.4310	± 1	-0.63	332.4304
D ₇₆	180.5860	± 1	0.89	180.5869
D ₁₉	538.9000	± 1	1.10	538.9011
D ₄₉	251.8400	± 1	0.17	251.8402
D ₉₅	187.4440	± 1	-0.91	187.4431
D ₉₆	283.7630	± 1	-0.94	283.7621
D ₇₉	113.8220	± 1	0.31	113.8223
D ₈₉	182.2590	± 1	0.75	182.2597

Πίνακας Γ.1 : Μήκη ΓΔΤΕ

Οριζόντια γωνία β_{jik}	Αρχική τιμή (°)	σ_{β} (°)	Διόρθωση (°)	Τελική τιμή (°)
β_{312}	5.3976	± 10	14.05	5.3990
β_{218}	11.2020	± 10	-0.14	11.2020
β_{815}	37.7000	± 10	-0.24	37.7000
β_{516}	14.1470	± 10	9.49	14.1480
β_{123}	179.8429	± 10	-14.30	179.8415
β_{325}	150.2502	± 10	9.60	150.2512
β_{528}	50.0800	± 10	-1.52	50.0799
β_{821}	19.8269	± 10	6.23	19.8275
β_{436}	32.0807	± 10	13.97	32.0821
β_{632}	23.9626	± 10	-1.34	23.9625
β_{238}	0.1673	± 10	-6.55	0.1667
β_{831}	14.5925	± 10	-0.20	14.5929
β_{382}	0.1651	± 10	-7.38	0.1644
β_{284}	82.0621	± 10	9.51	82.0631
β_{581}	114.2067	± 10	-3.57	114.2063
β_{183}	168.8056	± 10	5.30	168.8061
β_{576}	62.4085	± 10	-4.95	62.4080
β_{475}	50.7627	± 10	8.62	50.7636
β_{167}	84.7395	± 10	-14.09	84.7381
β_{763}	8.0909	± 10	1.02	8.0910
β_{157}	36.4777	± 10	3.35	36.4780
β_{758}	11.6159	± 10	-2.53	11.6157
β_{254}	77.8473	± 10	-16.22	77.8457
β_{651}	50.2359	± 10	3.69	50.2363
β_{843}	61.5614	± 10	-0.21	61.5614
β_{547}	26.6792	± 10	-10.73	26.6781
β_{819}	16.7536	± 10	5.82	16.7542
β_{489}	5.2989	± 10	-2.84	5.2986
β_{985}	29.4617	± 10	-2.01	29.4615
β_{679}	225.4959	± 10	-16.04	225.4943
β_{974}	61.3329	± 10	12.37	61.3341
β_{369}	1.7652	± 10	6.18	1.7658
β_{965}	41.0210	± 10	-1.28	41.0209
β_{859}	28.5501	± 10	1.87	28.5503
β_{952}	4.5456	± 10	11.00	4.5467
β_{749}	23.8074	± 10	23.66	23.8098

Πίνακας Γ.2 : Οριζόντιες γωνίες ΓΔΤΕ

Ζενίθια z_{ij}	Αρχική τιμή ($^{\circ}$)	σ_z ($^{\circ}$)	Διόρθωση ($^{\circ}$)	Τελική τιμή ($^{\circ}$)
z_{21}	97.4951	± 10	-14.14	97.4937
z_{31}	98.0687	± 10	-0.93	98.0686
z_{15}	96.9446	± 10	-5.18	96.9441
z_{16}	96.5240	± 10	-5.51	96.5235
z_{81}	98.2648	± 10	-0.76	98.2647
z_{32}	99.6958	± 10	-1.09	99.6957
z_{25}	92.6549	± 10	7.77	92.6557
z_{28}	96.3300	± 10	0.22	96.3300
z_{34}	96.2687	± 10	1.55	96.2689
z_{36}	95.5624	± 10	-6.05	95.5618
z_{38}	98.0008	± 10	-0.43	98.0008
z_{45}	93.9435	± 10	-9.13	93.9426
z_{74}	96.3780	± 10	4.92	96.3785
z_{84}	97.4859	± 10	-2.13	97.4857
z_{65}	99.4442	± 10	1.51	99.4444
z_{75}	81.4961	± 10	-5.56	81.4955
z_{85}	92.5533	± 10	-0.73	92.5532
z_{76}	86.7178	± 10	-7.73	86.7170
z_{19}	98.9293	± 10	6.38	98.9299
z_{49}	99.2245	± 10	7.62	99.2253
z_{95}	93.6538	± 10	13.85	93.6552
z_{96}	96.1060	± 10	23.98	96.1084
z_{79}	88.7157	± 10	17.22	88.7174
z_{89}	92.9484	± 10	1.84	92.9486

Πίνακας Γ.3 : Ζενίθιες γωνίες ΓΔΤΕ

Αριθμός σημείου	Ονομασία	x(m)	y(m)	H(m)
1	Submarine	5000.000	5000.000	35.504
2	Parking	5040.360	4381.519	11.046
3	Thalassa	5125.494	4169.479	9.958
4	Skopia	4613.535	4332.706	41.449
5	Kratiras	4627.074	4559.922	63.176
6	Pevka	4614.186	4709.375	61.891
7	Daytank	4750.945	4597.539	24.463
8	Pumphouse	4955.158	4596.947	24.425
9	Kaminada	4803.141	4498.438	44.570

Πίνακας Γ.4 : Προσωρινές συντεταγμένες τριδιάστατου δικτύου

Κορυφή	Διορθώσεις (mm)			Τελικές συντεταγμένες (m)		
	δx	δy	δH	x	y	H
1	-	-	-	5000.000	5000.000	35.504
2	-0.2	2.5	16.9	5040.360	4381.521	11.063
3	1.8	6.8	9.1	5125.496	4169.486	9.967
4	6.0	3.7	64.1	4613.541	4332.710	41.513
5	9.7	9.7	63.3	4627.084	4559.932	63.239
6	-5.5	8.2	37.5	4614.180	4709.383	61.929
7	-3.4	3.9	52.2	4750.942	4597.543	24.515
8	1.9	2.1	11.6	4955.160	4596.949	24.437
9	18.8	-21.4	14.2	4803.160	4498.417	44.584

Πίνακας Γ.5 : Πίνακας τελικών συντεταγμένων με τις διορθώσεις των προσωρινών συντεταγμένων του ΓΔΤΕ

Κορυφή	σ_x (mm)	σ_y (mm)	σ_H (mm)	σ_u (mm)	σ_v (mm)	θ (°)	σ_H (mm)
2	± 0.1	± 0.9	± 4.1	± 2.2	± 0.0	195.8515	± 8.1
3	± 1.5	± 1.1	± 4.5	± 4.0	± 2.3	71.6238	± 8.8
4	± 1.3	± 1.2	± 4.1	± 3.9	± 2.2	146.2679	± 7.9
5	± 0.9	± 1.0	± 3.7	± 2.8	± 2.1	162.7156	± 7.2
6	± 1.0	± 1.1	± 3.8	± 2.8	± 2.5	164.9539	± 7.4
7	± 1.1	± 1.0	± 3.7	± 2.9	± 2.2	141.3216	± 7.3
8	± 1.0	± 0.8	± 3.6	± 2.5	± 1.8	125.5925	± 7.1
9	± 1.1	± 0.9	± 3.6	± 2.8	± 2.0	136.9030	± 7.1

Πίνακας Γ.6 : Στοιχεία απόλυτων ελλείψεων σφάλματος ΓΔΤΕ για εε 95%

Από	Προς	a (°)	S(m)	D(m)	σ_S (mm)	σ_a (mm)	σ_H (mm)	σ_u (mm)	σ_v (mm)	θ (°)
1	2	195.8515	619.796	620.279	± 2.2	± 0.0	± 8.1	± 2.2	± 0.0	0.0000
1	3	190.4525	839.942	840.330	± 2.4	± 3.9	± 8.8	± 4.0	± 2.3	81.1713
1	4	233.4190	771.121	771.144	± 2.3	± 3.8	± 7.9	± 3.9	± 2.2	112.8489
1	5	244.7535	576.825	771.144	± 2.1	± 2.7	± 7.2	± 2.8	± 2.1	117.9621
1	6	258.9014	483.027	483.749	± 2.5	± 2.8	± 7.4	± 2.8	± 2.5	106.0525
1	7	235.2790	473.288	473.416	± 2.2	± 2.9	± 7.3	± 2.9	± 2.2	106.0426
1	8	207.0535	405.537	405.688	± 1.9	± 2.5	± 7.1	± 2.5	± 1.8	118.5390
1	9	223.8077	538.825	538.901	± 2.0	± 2.8	± 7.1	± 2.8	± 2.0	113.0953
2	3	175.6928	228.487	228.489	± 1.9	± 4.0	± 6.0	± 4.0	± 1.9	98.3969
2	4	292.7514	429.601	430.680	± 3.1	± 3.6	± 7.1	± 3.9	± 2.6	62.2201
2	5	325.9445	450.143	453.158	± 2.4	± 2.8	± 6.4	± 2.9	± 2.3	75.0554
2	6	341.7461	537.702	540.105	± 2.6	± 2.9	± 6.8	± 3.0	± 2.5	69.4971
2	7	340.8199	361.150	361.401	± 2.7	± 2.7	± 6.5	± 2.8	± 2.6	48.9500

2	8	376.0242	231.666	232.053	± 1.9	± 2.4	± 5.6	± 2.4	± 1.9	100.6029
2	9	329.1501	264.441	266.559	± 2.6	± 2.6	± 6.3	± 2.7	± 2.7	33.2339
3	4	319.6484	537.345	538.270	± 2.7	± 4.2	± 7.7	± 4.2	± 2.7	103.2057
3	5	342.3049	633.137	635.374	± 2.5	± 4.6	± 7.3	± 4.6	± 2.4	110.5308
3	6	351.7305	743.594	745.408	± 2.4	± 4.9	± 7.6	± 4.9	± 2.4	104.3972
3	7	354.2375	568.792	568.978	± 2.6	± 4.5	± 7.4	± 4.5	± 2.6	106.4204
3	8	375.8596	460.151	460.379	± 2.0	± 4.2	± 6.8	± 4.2	± 2.0	99.0970
3	9	350.6446	460.539	461.838	± 2.6	± 4.0	± 7.2	± 4.1	± 2.5	108.9730
4	5	3.7898	227.625	228.660	± 2.0	± 3.0	± 4.5	± 3.1	± 1.9	120.9058
4	6	0.1081	376.674	377.227	± 2.6	± 3.5	± 5.2	± 3.6	± 2.5	117.1217
4	7	30.4679	298.355	298.839	± 1.8	± 3.6	± 4.6	± 3.6	± 1.8	102.6607
4	8	58.0870	431.886	432.224	± 2.0	± 4.0	± 5.5	± 4.0	± 1.9	94.0920
4	9	54.2777	251.821	251.840	± 1.8	± 3.4	± 4.5	± 3.4	± 1.8	95.0395
5	6	394.5172	150.007	150.013	± 1.8	± 2.3	± 3.4	± 2.4	± 1.8	83.8631
5	7	81.2315	129.443	135.111	± 1.9	± 2.0	± 2.9	± 2.0	± 1.8	74.9657
5	8	92.8472	330.158	332.430	± 2.0	± 2.8	± 4.6	± 2.8	± 1.9	91.6306
5	9	121.3974	186.512	187.443	± 1.7	± 2.2	± 3.1	± 2.2	± 1.7	100.1796
6	7	143.6395	176.669	180.587	± 1.9	± 2.4	± 3.5	± 2.4	± 1.9	106.0795
6	8	120.2771	359.038	360.990	± 2.7	± 2.9	± 5.2	± 2.9	± 2.7	99.3514
6	9	153.4963	283.232	283.762	± 1.8	± 2.9	± 3.9	± 2.9	± 1.8	102.7571
7	8	100.1851	204.219	204.219	± 2.5	± 2.6	± 4.7	± 2.8	± 2.2	56.9969
7	9	169.1338	112.039	113.822	± 1.8	± 2.0	± 2.8	± 2.0	± 1.8	110.0585
8	9	263.3857	181.143	182.260	± 1.8	± 2.7	± 4.3	± 2.7	± 1.8	93.9046

Πίνακας Γ.7 : Στοιχεία σχετικών ελλείψεων σφάλματος ΓΔΤΕ για εε 95%

Ισχύς του δικτύου (ppm)	
Κλίμακας	: 2.813
Προσανατολισμού	: 3.799
Υψομέτρου	: 8.469

Πίνακας Γ.8 : Ισχύς του ΓΔΤΕ σε ppm

Παρατήρηση	$w_i=abs$ (v_i/σ_{v_i})	Παρατήρηση	$w_i=abs$ (v_i/σ_{v_i})	Παρατήρηση	$w_i=abs$ (v_i/σ_{v_i})
D ₂₁	0.2889	β_{123}	1.3528	β_{965}	0.0453
D ₃₁	0.4968	β_{325}	0.9626	β_{859}	0.1578
D ₁₅	0.8584	β_{528}	0.3547	β_{952}	1.1761
D ₁₆	0.0112	β_{821}	0.7171	β_{749}	2.4077
D ₈₁	0.6813	β_{436}	1.3929	z ₂₁	1.3663
D ₃₂	1.6224	β_{632}	0.0082	z ₃₁	0.0234
D ₂₅	0.7487	β_{238}	0.8349	z ₁₅	0.6865
D ₂₈	0.4450	β_{831}	0.3811	z ₁₆	0.9218

D ₃₄	0.7409	β_{382}	0.9201	Z ₈₁	0.1808
D ₃₆	0.7791	β_{284}	1.1716	Z ₃₂	0.1924
D ₃₈	1.0335	β_{581}	0.4179	Z ₂₅	1.0086
D ₄₅	1.8182	β_{183}	0.5556	Z ₂₈	0.2103
D ₇₄	1.8780	β_{576}	0.5461	Z ₃₄	0.2432
D ₈₄	0.1395	β_{475}	1.0093	Z ₃₆	0.6543
D ₆₅	0.1894	β_{167}	1.4849	Z ₃₈	0.0152
D ₇₅	1.2482	β_{763}	0.0867	Z ₄₅	1.1143
D ₈₅	0.5159	β_{157}	0.3629	Z ₇₄	0.5796
D ₇₆	1.2552	β_{758}	0.2678	Z ₈₄	0.2186
D ₁₉	1.0658	β_{254}	1.8381	Z ₆₅	0.2773
D ₄₉	0.1322	β_{651}	0.3161	Z ₇₅	0.5492
D ₉₅	1.0305	β_{843}	0.0004	Z ₈₅	0.0043
D ₉₆	1.2401	β_{547}	1.0537	Z ₇₆	1.2738
D ₇₉	0.4721	β_{819}	0.6098	Z ₁₉	0.5365
D ₈₉	1.0566	β_{489}	0.2385	Z ₄₉	0.9311
β_{312}	1.3410	β_{985}	0.2322	Z ₉₅	1.7462
β_{218}	0.0670	β_{679}	2.0442	Z ₉₆	2.5327
β_{815}	0.0135	β_{974}	1.3161	Z ₇₉	2.7574
β_{516}	0.9323	β_{369}	0.6476	Z ₈₉	0.3373

Πίνακας Γ.9 : Σάρωση δεδομένων κατά Baarda ΓΔΤΕ για εε 95%

8.35176E-07	-3.98731E-08	5.08275E-08	-5.43688E-07	7.88119E-09	1.71877E-07	-2.11022E-07	-6.05213E-08	2.95139E-07	-2.57741E-07	-4.60158E-08	2.47277E-07
-3.98731E-08	1.71405E-05	4.29636E-07	-2.50949E-07	1.406E-05	3.97813E-07	-2.04312E-09	1.02881E-05	7.03273E-07	-7.42024E-08	9.95651E-06	5.89799E-07
5.08275E-08	4.29636E-07	2.30526E-06	6.95044E-07	5.78051E-07	1.28912E-06	-9.00976E-07	3.64782E-07	4.09173E-07	-6.69687E-07	3.38807E-07	3.14697E-07
-5.43688E-07	-2.50949E-07	6.95044E-07	1.18268E-06	-3.74846E-07	1.66885E-07	-3.03314E-08	-1.69858E-07	-1.89838E-07	6.93588E-08	-1.7232E-07	-2.22644E-07
7.88119E-09	1.406E-05	5.78051E-07	-3.74846E-07	2.0199E-05	2.96215E-07	7.00601E-08	1.05752E-05	6.55821E-07	-4.32849E-09	9.87896E-06	5.34016E-07
1.71877E-07	3.97813E-07	1.28912E-06	1.66885E-07	2.96215E-07	1.74414E-06	-8.54822E-07	8.16977E-07	5.76396E-07	-5.96573E-07	6.26945E-07	3.909E-07
-2.11022E-07	-2.04312E-09	-9.00976E-07	-3.03314E-08	7.00601E-08	-8.54822E-07	1.54277E-06	-2.23428E-07	-1.38195E-07	9.55862E-07	-3.65285E-08	-1.08175E-07
-6.05213E-08	1.02881E-05	3.64782E-07	-1.69858E-07	1.05752E-05	8.16977E-07	-2.23428E-07	1.64362E-05	9.44963E-07	-1.19585E-07	1.2317E-05	7.87828E-07
2.95139E-07	7.03273E-07	4.09173E-07	-1.89838E-07	6.55821E-07	5.76396E-07	-1.38195E-07	9.44963E-07	8.92205E-07	-2.48202E-07	1.09333E-06	5.55087E-07
-2.57741E-07	-7.42024E-08	-6.69687E-07	6.93588E-08	-4.32849E-09	-5.96573E-07	9.55862E-07	-1.19585E-07	-2.48202E-07	1.10177E-06	-1.74923E-07	-1.68698E-07
-4.60158E-08	9.95651E-06	3.38807E-07	-1.7232E-07	9.87896E-06	6.26945E-07	-3.65285E-08	1.2317E-05	1.09333E-06	-1.74923E-07	1.33678E-05	8.59504E-07
2.47277E-07	5.89799E-07	3.14697E-07	-2.22644E-07	5.34016E-07	3.909E-07	-1.08175E-07	7.87828E-07	5.55087E-07	-1.68698E-07	8.59504E-07	1.1004E-06
-2.85357E-07	-3.67823E-08	-6.9431E-07	1.09108E-07	4.1575E-08	-5.9698E-07	8.2713E-07	-1.16394E-07	-3.36712E-07	8.8151E-07	-1.59902E-07	-1.32634E-07
-5.28346E-08	9.55806E-06	3.33E-07	-1.5859E-07	9.61781E-06	6.06187E-07	-3.58158E-08	1.17352E-05	9.66716E-07	-1.63554E-07	1.22352E-05	1.00964E-06
2.74227E-07	6.43248E-07	4.29736E-07	-1.83692E-07	5.84774E-07	5.68757E-07	-9.62609E-08	8.54687E-07	7.31129E-07	-2.52222E-07	8.92677E-07	7.51995E-07
-2.61818E-07	-1.13089E-07	-4.37095E-07	1.57919E-07	-5.74434E-08	-3.24426E-07	8.04638E-07	-2.18022E-07	-2.19698E-07	7.52121E-07	-1.68718E-07	-2.48943E-07
-5.68515E-08	9.89184E-06	3.52608E-07	-1.54774E-07	9.86731E-06	6.48033E-07	-6.33452E-08	1.23856E-05	9.68065E-07	-1.77083E-07	1.24955E-05	8.68762E-07
3.26471E-07	6.62361E-07	3.6194E-07	-2.4943E-07	6.03734E-07	5.81905E-07	-1.45608E-08	6.17105E-07	6.01663E-07	-1.24117E-07	6.35509E-07	4.2035E-07
-4.02425E-07	-2.76842E-07	-1.32776E-08	4.11649E-07	-2.80768E-07	-1.29769E-08	2.43357E-07	-2.79581E-07	-1.33615E-07	2.24371E-07	-2.61365E-07	-1.53257E-07
-6.97523E-08	1.11035E-05	3.35156E-07	-1.8362E-07	1.07161E-05	4.75113E-07	-5.45343E-08	1.0845E-05	7.23834E-07	-1.14879E-07	1.04823E-05	6.43612E-07
2.68522E-07	5.73476E-07	6.39458E-07	-1.12765E-07	5.06369E-07	8.29836E-07	-2.77935E-07	8.33352E-07	7.4373E-07	-4.06664E-07	8.5645E-07	5.88939E-07
-2.6753E-07	-1.48764E-07	-3.10584E-07	1.97557E-07	-1.02384E-07	-2.01038E-07	6.10085E-07	-1.94961E-07	-2.45333E-07	5.93846E-07	-2.10034E-07	-3.26707E-07
-5.85597E-08	9.93534E-06	3.57805E-07	-1.54834E-07	9.87155E-06	6.4021E-07	-7.44582E-08	1.2192E-05	9.14348E-07	-1.58395E-07	1.19989E-05	8.13906E-07

Πίνακας Γ.10 : a posteriori πίνακας μεταβλητότητας - συμμεταβλητότητας ΓΔΤΕ (Στήλες:1-12)

-2.8536E-07	-5.28346E-08	2.74227E-07	-2.61818E-07	-5.68515E-08	3.26471E-07	-4.02425E-07	-6.97523E-08	2.68522E-07	-2.6753E-07	-5.85597E-08
-3.6782E-08	9.55806E-06	6.43248E-07	-1.13089E-07	9.89184E-06	6.62361E-07	-2.76842E-07	1.11035E-05	5.73476E-07	-1.48764E-07	9.93534E-06
-6.9431E-07	3.33E-07	4.29736E-07	-4.37095E-07	3.52608E-07	3.6194E-07	-1.32776E-08	3.35156E-07	6.39458E-07	-3.10584E-07	3.57805E-07
1.09108E-07	-1.5859E-07	-1.83692E-07	1.57919E-07	-1.54774E-07	-2.4943E-07	4.11649E-07	-1.8362E-07	-1.12765E-07	1.97557E-07	-1.54834E-07
4.1575E-08	9.61781E-06	5.84774E-07	-5.74434E-08	9.86731E-06	6.03734E-07	-2.80768E-07	1.07161E-05	5.06369E-07	-1.02384E-07	9.87155E-06
-5.9698E-07	6.06187E-07	5.68757E-07	-3.24426E-07	6.48033E-07	5.81905E-07	-1.29769E-08	4.75113E-07	8.29836E-07	-2.01038E-07	6.4021E-07
8.2713E-07	-3.58158E-08	-9.62609E-08	8.04638E-07	-6.33452E-08	-1.4561E-08	2.43357E-07	-5.45343E-08	-2.77935E-07	6.10085E-07	-7.44582E-08
-1.1639E-07	1.17352E-05	8.54687E-07	-2.18022E-07	1.23856E-05	6.17105E-07	-2.79581E-07	1.0845E-05	8.33352E-07	-1.94961E-07	1.2192E-05
-3.3671E-07	9.66716E-07	7.31129E-07	-2.19698E-07	9.68065E-07	6.01663E-07	-1.33615E-07	7.23834E-07	7.4373E-07	-2.45333E-07	9.14348E-07
8.8151E-07	-1.63554E-07	-2.52222E-07	7.52121E-07	-1.77083E-07	-1.2412E-07	2.24371E-07	-1.14879E-07	-4.06664E-07	5.93846E-07	-1.58395E-07
-1.599E-07	1.22352E-05	8.92677E-07	-1.68718E-07	1.24955E-05	6.35509E-07	-2.61365E-07	1.04823E-05	8.5645E-07	-2.10034E-07	1.19989E-05
-1.3263E-07	1.00964E-06	7.51995E-07	-2.48943E-07	8.68762E-07	4.2035E-07	-1.53257E-07	6.43612E-07	5.88939E-07	-3.26707E-07	8.13906E-07
1.23508E-06	-1.8679E-07	-3.14659E-07	7.4289E-07	-1.06522E-07	-2.1744E-07	2.30352E-07	-7.50055E-08	-5.11539E-07	6.02028E-07	-1.12421E-07
-1.8679E-07	1.41672E-05	8.52967E-07	-7.79973E-08	1.23339E-05	5.99109E-07	-2.43859E-07	1.00813E-05	8.18936E-07	-1.85207E-07	1.17368E-05
-3.1466E-07	8.52967E-07	1.17296E-06	-2.68264E-07	1.06165E-06	5.71656E-07	-1.30401E-07	7.06855E-07	8.21089E-07	-3.11084E-07	9.60832E-07
7.4289E-07	-7.79973E-08	-2.68264E-07	1.02295E-06	-1.39905E-07	-8.0467E-08	2.7408E-07	-1.59756E-07	-3.08534E-07	6.71061E-07	-1.88918E-07
-1.0652E-07	1.23339E-05	1.06165E-06	-1.39905E-07	1.37472E-05	6.26936E-07	-2.61468E-07	1.05661E-05	9.1014E-07	-2.35368E-07	1.24887E-05
-2.1744E-07	5.99109E-07	5.71656E-07	-8.04671E-08	6.26936E-07	9.77472E-07	-1.7552E-07	7.98535E-07	6.64718E-07	-7.95463E-08	6.23012E-07
2.30352E-07	-2.43859E-07	-1.30401E-07	2.7408E-07	-2.61468E-07	-1.7552E-07	6.39262E-07	-3.01028E-07	-8.40693E-08	2.87708E-07	-2.72775E-07
-7.5005E-08	1.00813E-05	7.06855E-07	-1.59756E-07	1.05661E-05	7.98535E-07	-3.01028E-07	1.3161E-05	6.25338E-07	-1.90346E-07	1.07976E-05
-5.1154E-07	8.18936E-07	8.21089E-07	-3.08534E-07	9.1014E-07	6.64718E-07	-8.40693E-08	6.25338E-07	1.13075E-06	-3.06402E-07	8.77942E-07
6.02028E-07	-1.85207E-07	-3.11084E-07	6.71061E-07	-2.35368E-07	-7.9546E-08	2.87708E-07	-1.90346E-07	-3.06402E-07	8.63344E-07	-1.89205E-07
-1.1242E-07	1.17368E-05	9.60832E-07	-1.88918E-07	1.24887E-05	6.23012E-07	-2.72775E-07	1.07976E-05	8.77942E-07	-1.89205E-07	1.32106E-05

Πίνακας Γ.11 : *a posteriori* πίνακας μεταβλητότητας - συμμεταβλητότητας ΓΛΤΕ (Στήλες:13-23)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ
ΚΩΔΙΚΕΣ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΜΑΤΛΑΒ

I. Κώδικας επίλυσης Γεωδαιτικού Δικτύου Κατακορύφου Ελέγχου

```
%Epilisi 1D diktiou me tis elaxistes eksoterikes desmevseis -
Anisovareis paratiriseis

clear all;%clears all objects in the MATLAB workspace and
closes the MuPAD engine associated with the MATLAB workspace
resetting all its assumptions
clc;%Clear Command window

importData = importData('Data.txt');%Sinartisi eisagogis
genikon dedomenon
importData_1 = importData_1('Data_1.txt');%Sinartisi eisagogis
ypsometrikon diaforon me tis antistoixes avevaiotites

n=importData(1,1);%Plithos metriseon
m=importData(1,2)-1;%Agnostoi kathoristikoi parametroi

A=zeros(n,m);%Dimiourgia midenikou pinaka n x m kai me
onomasia A

for koryfes=1:n

    index_1 = importData_1(koryfes, 1);
    index_2 = importData_1(koryfes, 2);

    if index_1==1 && index_2>1

        Hj = index_2 - 1;

        A(koryfes, Hj) = 1;

    end

    if index_1>1 && index_2==1

        Hi = index_1 - 1;

        A(koryfes, Hi) = -1;

    end

    if index_1>1 && index_2>1

        Hi = index_1 - 1;
        Hj = index_2 - 1;

        A(koryfes, Hi) = -1;
```

```

        A(koryfes, Hj) = 1;

    end

end%Gemisma pinaka A

s0 = 1;%A priori tipiko sfalma tis monadas varous

sh = importData_1(:,4);%Eisagogi avevaiotiton ypsometrikwn
diaforwn
sh = sh.^2/1000^2;%Metatropi se m

P = diag(s0./sh);%Dimiourgia pinaka varwn

N=A'*P*A;

Ni=inv( (A')*P*A );

dl = zeros(n,1);

for koryfes=1:n

    index_1 = importData_1(koryfes, 1);
    index_2 = importData_1(koryfes, 2);

    if index_1==1 && index_2>1

        dl(koryfes,1)=importData_1(koryfes,3)+importData(1,5);

    end

    if index_1>1 && index_2==1

        dl(koryfes,1)=importData_1(koryfes,3)-importData(1,5);

    end

    if index_1>1 && index_2>1

        dl(koryfes,1)=importData_1(koryfes,3);

    end

end

end

dx=Ni*(A'*P*dl);

u=A*dx-dl;

```

```

r=n-m;

S0=((u'*P*u)/r)^0.5;%a posteriori tipiko sfalma tis monadas
varous

Vxi=S0^2*Ni;%Pinakas V^x^ m*m

Vxii=diag(Vxi.^0.5)*1000;%Avevaiotites korifon se mm

Vxiii=diag(Vxi.^0.5*1.96)*1000;%Avevaiotites korifon se mm
pollaplasiasmenes
%me epipedo empistosinis 95% gia kanoniki katanomi z95%=1.96

%Olikos elegchos aksiopistias test x2

importx2 = importx2('x2.txt');%Eisagogi pinaka me tis times
tis katanomis test x2

cl=importData(1,6);%Epipedo empistosinis

confl=c1*100;

if ( r<=30 || r==40 || r==60 || r==120 )

    [row,col]=find(importx2==cl);%Evresi se poia stili kai
grammi aniki to epipedo empistosinis tis epilisis

    [row1,col1]=find(importx2==r);%Evresi se poia stili kai
grammi aniki o vathmos eleftherias r

    x2 = importx2(row1,col);%Timi tis katanomis test x2

else

    [row,col]=find(importx2==cl);%Evresi se poia stili kai
grammi aniki to epipedo empistosinis tis epilisis

    [row2,col2]=find(importx2>r,1);%Evresi se poia stili kai
poia grammi aniki o amesos megaliteros vathmos eleftherias apo
ton r

    row1=row2-1;
    col1=col2;

    x2 = importx2(row1,col)+(r-
importx2(row1,col1))*(importx2(row2,col)-

```

```

importx2(row1,col))/(importx2(row2,col2)-
importx2(row1,col1));%Tipos grammikis paremvolis

end

check=S0^2*r/x2;

if check<s0^2%Elegxos an pernaei ton oliko elegxo aksiopistias
test x2
    cout='περνάει';
else cout='δεν περνάει';
end

%Sarosi dedomenwn kata Baarda

if cl==0.90

    importFisher_cl =
importFisher_900('Fisher_0.900.txt');%Eisagogi pinaka me tis
times tis katanomis Fisher

elseif cl==0.95

    importFisher_cl = importFisher_950('Fisher_0.950.txt');

elseif cl==0.975

    importFisher_cl = importFisher_975('Fisher_0.975.txt');

elseif cl==0.99

    importFisher_cl = importFisher_990('Fisher_0.990.txt');

else

    disp('Error in Fisher Distribution');

end

Vu=S0^2*inv(P)-S0^2*A*Ni*A';%Pinakas ipolipon i fainomenon
sfalmaton

Vu=diag(abs(Vu.^0.5));%Epilogi stoixeiwn kirias diagoniou Vu
stin ^0.5

Vu=abs(u./Vu);

```

```

if ( r<=10 || r==12 || r==15 || r==20 || r==24 || r==30 ||
r==40 || r==60 || r==120 )

    [row,col]=find(importFisher_cl==r);%Evresi se poia stili
kai grammi aniki to epipedo empistosinis tis epilisis

    [row1,col1]=find(importFisher_cl(1,:)==r);%Evresi se poia
stili kai grammi aniki o vathmos eleftherias r

    F = importFisher_cl(row,col1);%Timi tis katanomis Fisher

elseif ( r>10 && r~=12 && r~=15 && r~=20 && r~=24 && r<30 )

    [row,col]=find(importFisher_cl==r,1);%Evresi se poia stili
kai poia grammi aniki o amesos mikroteros vathmos eleftherias
apo ton r

    [row2,col2]=find(importFisher_cl(1,:)>r,1);%Evresi se poia
stili kai poia grammi aniki o amesos megaliteros vathmos
eleftherias apo ton r

    row1=row2;
    col1=col2-1;

    F = importFisher_cl(row,col1)+(r-
importFisher_cl(row1,col1))*(importFisher_cl(row,col2)-
importFisher_cl(row,col1))/(importFisher_cl(row2,col2)-
importFisher_cl(row1,col1));%Tipos grammikis paremvolis

elseif ( r>30 && r~=40 && r~=60 && r<=119 )

    [row1,col1]=find(importFisher_cl>r,1);%Evresi se poia
stili kai poia grammi aniki o amesos mikroteros vathmos
eleftherias apo ton r

    row=row1-1;
    col=col1;

    [row3,col3]=find(importFisher_cl(1,:)>r,1);%Evresi se poia
stili kai poia grammi aniki o amesos megaliteros vathmos
eleftherias apo ton r

    row2=row3;
    col2=col3-1;

```



```

    F = importFisher_cl(row,col2)+(r-
importFisher_cl(row2,col2))*(importFisher_cl(row1,col3)-
importFisher_cl(row,col2))/(importFisher_cl(row3,col3)-
importFisher_cl(row2,col2));%Tipos grammikis paremvolis

elseif r>120

    r=121;

    [row,col]=find(importFisher_cl==r);%Evresi se poia stili
kai grammi aniki to epipedo empistosinis tis epilisis

    [row1,col1]=find(importFisher_cl(1,:)==r);%Evresi se poia
stili kai grammi aniki o vathmos eleftherias r

    F = importFisher_cl(row,col1);%Timi tis katanomis Fisher

end

F=sqrt(F);

Baarda_check = zeros(n,1);

for koryfes=1:n

    if F>Vu(koryfes);

        Baarda_check(koryfes)=1;

    else

        Baarda_check(koryfes)=0;

    end

end

%Eksagogi stoixeion epilisis se arxeio txt

ladj=importData_1(:,3)+u;%Sinorthomenes paratiriseis

From=[importData_1(:,1)];
To=[importData_1(:,2)];
Initial_prices=[importData_1(:,3)];
Uncertainty=[importData_1(:,4)];

```

```

Adj_H=ladj;

staple=importData(1,3);%Orismos statherou
p1=m+1;%Sinolikes korifes diktiou
u=u*1000;
test = [From, To, Initial_prices, Uncertainty, u, Adj_H];
Name=[1:p1];%Arithmisi korifon
Name=Name';%Metatropi se anastrofo epeidi to matlab diavazei
stiles kai oxi grammes
dx=[importData(1,5);dx];
Vxii = [0;Vxii];
Vxiii = [0;Vxiii];
Final_H = [Name,dx,Vxii,Vxiii];
Baarda = [From,To,Vu,Baarda_check];

Results=fopen('1D-Results.txt','w');
fprintf(Results,'%1s %2.0f','Επίλυση υψομετρικού δικτύου για
επίπεδο εμπιστοσύνης',confl,'% με τις ελάχιστες εξωτερικές
δεσμεύσεις :');
fprintf(Results,'%1s \r\n\r\n','');
fprintf(Results,'%1s %5d \r\n','Αριθμός κορυφών
:',p1);
fprintf(Results,'%1s %5d \r\n','Σταθερή κορυφή
:',staple);
fprintf(Results,'%1s %5d \r\n','Αριθμός παρατηρήσεων
υψομετρικών διαφορών :',n);
fprintf(Results,'%1s %5d \r\n','Αριθμός άγνωστων καθοριστικών
παραμέτρων :',m);
fprintf(Results,'%1s %5d \r\n','Βαθμοί ελευθερίας
:',r);
fprintf(Results,'%1s %5.3f \r\n\r\n','A-posteriori τυπική
απόκλιση :',S0);
fprintf(Results,'%50s \r\n\r\n','Υψομετρικές διαφορές');
fprintf(Results,'%s %6s %17s %18s %15s %17s
\r\n\r\n','Από','Προς','Αρχική τιμή (m)','Αβεβαιότητα
(mm)','Διόρθωση (mm)','Τελική τιμή (m)');
fprintf(Results,'%2d %6d %13.4f %16.1f %17.1f %18.4f
\r\n',test);
fprintf(Results,'%1s \r\n','');
fprintf(Results,'%26s \r\n\r\n','Τελικά υψόμετρα');
fprintf(Results,'%s %7s %8s %14s \r\n\r\n','Κορυφή','H
(m)','σH(mm)','σH*1.96 (mm)');
fprintf(Results,'%3d %11.4f %5.1f %11.1f \r\n',Final_H);
fprintf(Results,'%1s \r\n','');
fprintf(Results,'%s ','Η επίλυση του δικτύου',cout,'τον ολικό
έλεγχο αξιοπιστίας test x2.');
```

```

fprintf(Results,'%1s \r\n\r\n','Έλεγχος υψομετρικών διαφορών
κατά Baarda :');
fprintf(Results,'%s %6s %13s %9s
\r\n\r\n','Από','Προς','w=abs(u/σu)','Έλεγχος');
fprintf(Results,'%2d %6d %11.4f %8d \r\n',Baarda);
fprintf(Results,'%1s \r\n','');
fprintf(Results,'%s \r\n','Όπου 1 - Περνάει και 0 - Δεν
περνάει στην στήλη έλεγχος');

```

```
%Eggrafi ton stoiceion tis epilisis sto Excel
```

```

xlswrite('1D-Results',m+1,1,'F1');
xlswrite('1D-Results',importData(1,3),1,'F2');
xlswrite('1D-Results',n,1,'F3');
xlswrite('1D-Results',m,1,'F4');
xlswrite('1D-Results',r,1,'F5');
xlswrite('1D-Results',S0,1,'F6');
xlswrite('1D-Results',importData_1,1,'A11');
xlswrite('1D-Results',ladj,1,'E11');
xlswrite('1D-Results',(1:m+1)',1,'H11');
xlswrite('1D-Results',dx,1,'I11');
xlswrite('1D-Results',Vxii,1,'J11');
xlswrite('1D-Results',Vxiii,1,'K11');
xlswrite('1D-Results',{'Αριθμός κορυφών :'},1,'A1');
xlswrite('1D-Results',{'Σταθερή κορυφή :'},1,'A2');
xlswrite('1D-Results',{'Αριθμός παρατηρήσεων υψομετρικών
διαφορών :'},1,'A3');
xlswrite('1D-Results',{'Αριθμός αγνώστων καθοριστικών
παραμέτρων :'},1,'A4');
xlswrite('1D-Results',{'Βαθμοί ελευθερίας :'},1,'A5');
xlswrite('1D-Results',{'A posteriori τυπικό σφάλμα της μονάδας
βάρους :'},1,'A6');
xlswrite('1D-Results',{'Υψομετρικές διαφορές'},1,'C8');
xlswrite('1D-Results',{'Από'},1,'A10');
xlswrite('1D-Results',{'Προς'},1,'B10');
xlswrite('1D-Results',{'Αρχική τιμή (m)'}),1,'C10');
xlswrite('1D-Results',{'Αβεβαιότητα (mm)'}),1,'D10');
xlswrite('1D-Results',{'Συνορθωμένη τιμή (mm)'}),1,'E10');
xlswrite('1D-Results',{'Τελικά υψόμετρα'},1,'I8');
xlswrite('1D-Results',{'Κορυφή'},1,'H10');
xlswrite('1D-Results',{'H (m)'}),1,'I10');
xlswrite('1D-Results',{'Αβεβαιότητα (mm)'}),1,'J10');
xlswrite('1D-Results',{'Αβεβαιότητα για ε.ε. 95%
(mm)'}),1,'K10');
xlswrite('1D-Results',{'Σάρωση δεδομένων κατά
Baarda'},1,'O8');

```

```

xlswrite('1D-Results',{'Από'},1,'O10');
xlswrite('1D-Results',{'Προς'},1,'P10');
xlswrite('1D-Results',{'w=abs(u/σu)'}),1,'Q10');
xlswrite('1D-Results',{'Έλεγχος'},1,'R10');
xlswrite('1D-Results',importData_1(:,1:2),1,'O11');
xlswrite('1D-Results',Vu,1,'Q11');
xlswrite('1D-Results',Baarda_check,1,'R11');
xlswrite('1D-Results',{'Η επίλυση του δικτύου'},1,'I1');
cout=str2mat(cout);
xlswrite('1D-Results',cout,1,'L1');
xlswrite('1D-Results',{'τον ολικό έλεγχο αξιοπιστίας test
x2'},1,'I2');

```

% Παράδειγμα αρχείου data.txt

```
20 8 1 1 34.38235 0.95
```

Όπου

20 : ο αριθμός των μετρημένων ΔΗ

8 : ο αριθμός των κορυφών

1 : η σταθερή κορυφή

34.38235 : το υψόμετρο της σταθερής κορυφής

0.95 : το επίπεδο εμπιστοσύνης για το οποίο γίνεται η
συνόρθωση

% Παράδειγμα αρχείου data_1.txt

```

2 1 24.5539 1.5
3 1 25.5986 1.7
1 5 27.6594 1.5
1 6 26.2766 1.6
8 1 11.1316 1.5
3 2 01.0429 1.5
2 4 30.4834 1.5
2 5 52.2109 1.4
2 7 13.5021 1.4
2 8 13.4208 1.5
3 4 31.5269 1.6
3 7 14.5422 1.6
4 5 21.7274 1.5
4 6 20.3441 1.6
7 4 16.9844 1.5
6 5 01.3841 1.5
7 5 38.7112 1.5
8 5 38.7916 1.4
8 6 37.4077 1.6
8 7 00.0825 1.5

```

Όπου

1^η στήλη και 2^η στήλη : Όνομα υψομετρικής διαφοράς

3^η στήλη : Υψομετρική διαφορά σε m

4^η στήλη : Αβεβαιότητα υψομετρική διαφοράς σε mm

% Παράδειγμα αρχείου Results.txt

Επίλυση υψομετρικού δικτύου για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% με τις ελάχιστες εξωτερικές δεσμεύσεις :

Αριθμός κορυφών	:	8
Σταθερή κορυφή	:	1
Αριθμός παρατηρήσεων υψομετρικών διαφορών	:	20
Αριθμός άγνωστων καθοριστικών παραμέτρων	:	7
Βαθμοί ελευθερίας	:	13
A-posteriori τυπική απόκλιση	:	0.844

Υψομετρικές διαφορές

Από (mm)	Προς Τελική τιμή (m)	Αρχική τιμή (m)	Αβεβαιότητα (mm)	Διόρθωση
2 24.5532	1	24.5539	1.5	-0.7
3 25.5962	1	25.5986	1.6	-2.4
1 27.6588	5	27.6594	1.5	-0.6
1 26.2754	6	26.2766	1.6	-1.2
8 11.1327	1	11.1316	1.5	1.1
3 1.0430	2	1.0429	1.5	0.1
2 30.4844	4	30.4834	1.5	1.0
2 52.2120	5	52.2109	1.4	1.1
2 13.5011	7	13.5021	1.4	-1.0
2 13.4205	8	13.4208	1.5	-0.3
3 31.5273	4	31.5269	1.6	0.4
3 14.5440	7	14.5422	1.6	1.8

4	5	21.7274	1.5	0.2
21.7276				
4	6	20.3441	1.6	0.1
20.3442				
7	4	16.9844	1.5	-1.1
16.9833				
6	5	1.3841	1.5	-0.7
1.3834				
7	5	38.7112	1.5	-0.2
38.7110				
8	5	38.7916	1.4	-0.0
38.7916				
8	6	37.4077	1.6	0.4
37.4081				
8	7	0.0825	1.5	-1.9
0.0806				

Τελικά υψόμετρα

Κορυφή	H (m)	σ_H (mm)	$\sigma_H * 1.96$ (mm)
1	34.3824	0.0	0.0
2	9.8292	0.7	1.4
3	8.7862	0.8	1.6
4	40.3135	0.8	1.6
5	62.0412	0.7	1.4
6	60.6577	0.8	1.6
7	23.3302	0.8	1.6
8	23.2496	0.7	1.5

Η επίλυση του δικτύου περνάει τον ολικό έλεγχο αξιοπιστίας test χ^2 .

Έλεγχος υψομετρικών διαφορών κατά Baarda :

Από	Προς	$w = \text{abs}(u/\sigma_u)$	Έλεγχος
2	1	0.7120	1
3	1	2.2558	0
1	5	0.5766	1
1	6	1.1469	1
8	1	1.1078	1
3	2	0.0638	1
2	4	0.9726	1
2	5	1.1476	1
2	7	1.0602	1
2	8	0.3417	1
3	4	0.4105	1

3	7	1.7111	0
4	5	0.2413	1
4	6	0.0904	1
7	4	1.0593	1
6	5	0.6376	1
7	5	0.2388	1
8	5	0.0442	1
8	6	0.3885	1
8	7	1.8182	0

Όπου 1 - Περνάει και 0 - Δεν περνάει στην στήλη έλεγχος

II. Κώδικας ελέγχου απόλυτων μετακινήσεων οριζοντιογραφικά και υψομετρικά για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%

```
%3D - Movements monitoring

clear all;%Clear Workspace
clc;%Clear Command window

xi = importxi('xi.txt');%Eisagogi syntetagmenon xronikis
stigmis i
xii = importxii('xii.txt');%Eisagogi syntetagmenon xronikis
stigmis ii
Vxi=importVxi('Vx_2012.txt');%Eisagogi aposteriori pinaka
metavlitotitas simmetavlitotitas xronikis stigmis i
Vxii=importVxii('Vx_2015.txt');%Eisagogi aposteriori pinaka
metavlitotitas simmetavlitotitas xronikis stigmis ii

m=size(Vxi,1)^0.5;

Vxi=reshape(Vxi,[m,m]);

Vxii=reshape(Vxii,[m,m]);

x1 = xi (1, 2);%Eisagogi keliou (1,1) apo to arxeio ton
prosorinon syntetagmenon me onomasia x1
y1 = xi (1, 3);
x2 = xi (2, 2);
y2 = xi (2, 3);
A12 = a12( x2-x1, y2-y1 );%Sinartisi dierevnisis gonias
dievthinsis a12
sina12 = sin(A12);
cosa12 = cos(A12);

%Metatropi Vxi se (m+1)*(m+1)

Vxi1 = zeros(m+1,m+1);%Dimourgia midenikou pinaka (m+1)*(m+1)
Vxi1(3:end,3:end) = Vxi(2:end, 2:end);%Antistixisi tou Vxm*m
me ton Vx(m+1)*(m+1) apo to stoixeio (3,3) mexri (m+1,m+1) pou
;exoun ta idia stoixeia
Vxi1(1,1) = Vxi(1,1)*(sina12^2);%Simplirosi stoixeiou (1,1)
Vxi1(2:end, 1) = Vxi(:,1)*sina12*cosa12;
Vxi1(1, 2:end) = Vxi1(2:end, 1)';
Vxi1(2,2) = Vxi(1,1)*(cosa12^2);
Vxi1(3:end, 2) = Vxi(2:end,1)*sina12*cosa12;
Vxi1(2, 3:end) = Vxi1(3:end, 2)';
Vxi=Vxi1;

%Metatropi Vxii se (m+1)*(m+1)
```



```

Vxii1 = zeros(m+1,m+1);%Dimourgia midenikou pinaka (m+1)*(m+1)
Vxii1(3:end,3:end) = Vxii(2:end, 2:end);%Antistixisi tou Vxm*m
me ton Vx(m+1)*(m+1) apo to stoixeio (3,3) mexri (m+1,m+1) pou
;exoun ta idia stoixeia
Vxii1(1,1) = Vxii(1,1)*(sinal2^2);%Simplirosi stoixeiou (1,1)
Vxii1(2:end, 1) = Vxii(:,1)*sinal2*cosa12;%Simplirosi
stoixeion prwtis stilis apo (2,1) mexri telos
Vxii1(1, 2:end) = Vxii1(2:end, 1)';%Simplirosi stoixeion
prwtis grammis apo (1,2) mexri telos
Vxii1(2,2) = Vxii(1,1)*(cosa12^2);
Vxii1(3:end, 2) = Vxii(2:end,1)*sinal2*cosa12;
Vxii1(2, 3:end) = Vxii1(3:end, 2)';
Vxii=Vxii1;

```

```
%Apolites metakiniseis
```

```

Vdx=Vxi+Vxii;%Ypologismos pinaka metavlittotitas -
simmetavlittotitas metavolwn Vdx tou dianismatos metavolis dx
ton simeiwon

```

```

Amesd = zeros(size(xi,1)-1,11);%Dimiourgia midenikou pinaka
diastasewn size(xi,1)-1*12 wpou size(xi,1) o arithmos ton
grammwon tou pinaka xi
Amesd(:,1) = 2:size(xi,1);% Simplirwsi prwtis stilis me tis
onomasies twon koryfwn

```

```
for koryfes=2:size(xi,1)
```

```

    xit1 = xi(koryfes, 2);
    yit1 = xi(koryfes, 3);
    hit1 = xi(koryfes, 4);

```

```

    xit2 = xii(koryfes, 2);
    yit2 = xii(koryfes, 3);
    hit2 = xii(koryfes, 4);

```

```

    dr = sqrt( (xit2-xit1)^2 + (yit2-yit1)^2 );
    dHi = hit2 - hit1;

```

```

    Amesd(koryfes - 1,2) = dr*1000;
    Amesd(koryfes - 1,9) = dHi*1000;

```

```
end
```

```
koryfes=1;
```

```

for index=1:3:size(Vdx,1)
    sx = Vdx(index, index);
    sy = Vdx(index+1, index+1);
    sxy = Vdx(index, index+1);

    smax = sqrt( 0.5*(sx + sy + sqrt( (sx-sy)^2 + 4*sxy^2) )
);
    smin = sqrt( 0.5*(sx + sy - sqrt( (sx-sy)^2 + 4*sxy^2) )
);

    sh = sqrt( Vdx(index+2, index+2) );

    Amesd(koryfes, 5) = 1000*(2.447*smax);
    Amesd(koryfes, 6) = 1000*(2.447*smin);
    Amesd(koryfes, 10) = 1000*(1.96*sh);

    th = thmax(sx, sy, sxy);
    AMAX = amax( sx, sy, sxy );

    DX = xii( koryfes+1 , 2) - xi( koryfes+1 , 2);
    DY = xii( koryfes+1 , 3) - xi( koryfes+1 , 3);
    Aij = a12( DX, DY );

    Amesd(koryfes, 3) = Aij*200/pi;
    Amesd(koryfes, 7) = th*200/pi;%Gwnia thita ellipseis
    %Amesd(koryfes, 8) = a*200/pi;

    w = 400 - (Aij*200/pi) + AMAX;%Aristerostrofi gwnia
dianismatos metakinisis apo megalo imiaksona tis ellipseis

    if w>400

        w = w-400;

    end

    Amesd(koryfes, 4) = w;

    koryfes = koryfes + 1;
end

for koryfes=1:size(Amesd,1)

    if abs(Amesd(koryfes, 2)) > abs(Amesd(koryfes, 5))
        Amesd(koryfes, 8) = 1;
    end
end

```

```

    if abs(Amesd(koryfes, 9)) > abs(Amesd(koryfes, 10))
        Amesd(koryfes, 11) = 1;
    end

end

Results = fopen('3D-Movements.txt','w');
fprintf(Results,'%75s \r\n\r\n','Στοιχεία ελλείψεων σφάλματος
απόλυτης μετακίνησης');
fprintf(Results,'%s %9s %10s %10s %9s %9s %11s %6s %10s %9s
%6s \r\n\r\n','Κορυφή','DR (mm)','A (grad)','W (grad)','συ
(mm)','σν (mm)','θ (grad)','Ο.Μ.','DRH (mm)','σh
(mm)','Κ.Μ. ');
fprintf(Results,'%4d %9.1f %12.4f %10.4f %7.1f %9.1f %13.4f
%5d %10.1f %9.1f %6d \r\n',Amesd');

% Παράδειγμα αρχείου xi.txt και xii.txt

1 5000.000 5000.000 35.504
2 5040.360 4381.516 11.066
3 5125.494 4169.476 9.976
4 4613.534 4332.707 41.526
5 4627.076 4559.928 63.242
6 4614.188 4709.377 61.951
7 4750.945 4597.539 24.513
8 4955.158 4596.946 24.443
9 4803.160 4498.418 44.578

Όπου
1η στήλη : αριθμός κορυφής
2η στήλη : τετμημένη (x) κορυφής σε m
3η στήλη : τεταγμένη (y) κορυφής σε m
4η στήλη : ορθομετρικό υψόμετρο (H) κορυφής σε m

% Παράδειγμα αρχείου Vxi.txt και Vxii.txt

Τα αρχεία Vxi.txt και Vxii.txt είναι αρχεία σε format .txt
μιας στήλης στα οποία υπάρχουν τα στοιχεία του πίνακα
μεταβλητότητας συμμεταβλητότητας για τις δύο χρονικές
στιγμές. Στις πρώτες m γραμμές βρίσκονται τα στοιχεία της
πρώτης γραμμής του πίνακα Vx κ.ο.κ

```

% Παράδειγμα αρχείου 3D-Movements.txt

Στοιχεία ελλείψεων σφάλματος απόλυτης μετακίνησης

Κορυφή θ (grad)	DR (mm) O.M.	A (grad) DRH (mm)	W (grad) sh (mm)	συ (mm) K.M.	σν (mm)
2	5.0	0.0000	3.0764	3.3	0.0
104.1485	1	-3.0	8.9	0	
3	10.2	12.5666	388.4992	5.2	3.3
32.1515	1	1.0	9.7	0	
4	7.6	74.2238	328.1357	5.4	3.2
149.7934	1	-13.0	8.7	1	
5	8.9	70.4833	332.1765	3.9	3.0
130.6721	1	-3.0	7.8	0	
6	10.0	340.9666	61.7913	4.0	3.6
124.4292	1	-22.0	8.1	1	
7	5.0	359.0334	43.2659	4.0	3.1
153.6208	1	2.0	8.0	0	
8	3.6	37.4334	364.6815	3.4	2.7
165.3619	1	-6.0	7.8	0	
9	1.0	200.0000	202.2193	3.9	2.9
158.7157	0	6.0	7.8	0	

Όπου

DR - το διάνυσμα απόλυτης μετακίνησης οριζοντιογραφικά σε mm
A - η γωνία διεύθυνσης του διανύσματος απόλυτης μετακίνησης σε βαθμούς

W - η γωνία του διανύσματος απόλυτης μετακίνησης η οποία μετρά αριστερόστροφα από τον μεγάλο ημιάξονα της απόλυτης έλλειψης σφάλματος σε βαθμούς

συ - ο μεγάλος ημιάξονας της έλλειψης σε mm

σν - ο μικρός ημιάξονας της έλλειψης σε mm

θ - η γωνία η οποία σχηματίζει ο μεγάλος ημιάξονας της έλλειψης με τον άξονα των τετμημένων

O.M. - Μονοδιάστατος έλεγχος μετακίνησης για επίπεδο εμπιστοσύνης 95 % όπου 1 σημαίνει ναι και 0 όχι

DRH - το διάνυσμα απόλυτης μετακίνησης υψομετρικά σε mm

sh - η αβεβαιότητα του διανύσματος απόλυτης μετακίνησης υψομετρικά σε mm

K.M. - Έλεγχος υψομετρικής μετακίνησης για επίπεδο εμπιστοσύνης 95 % όπου 1 σημαίνει ναι και 0 όχι