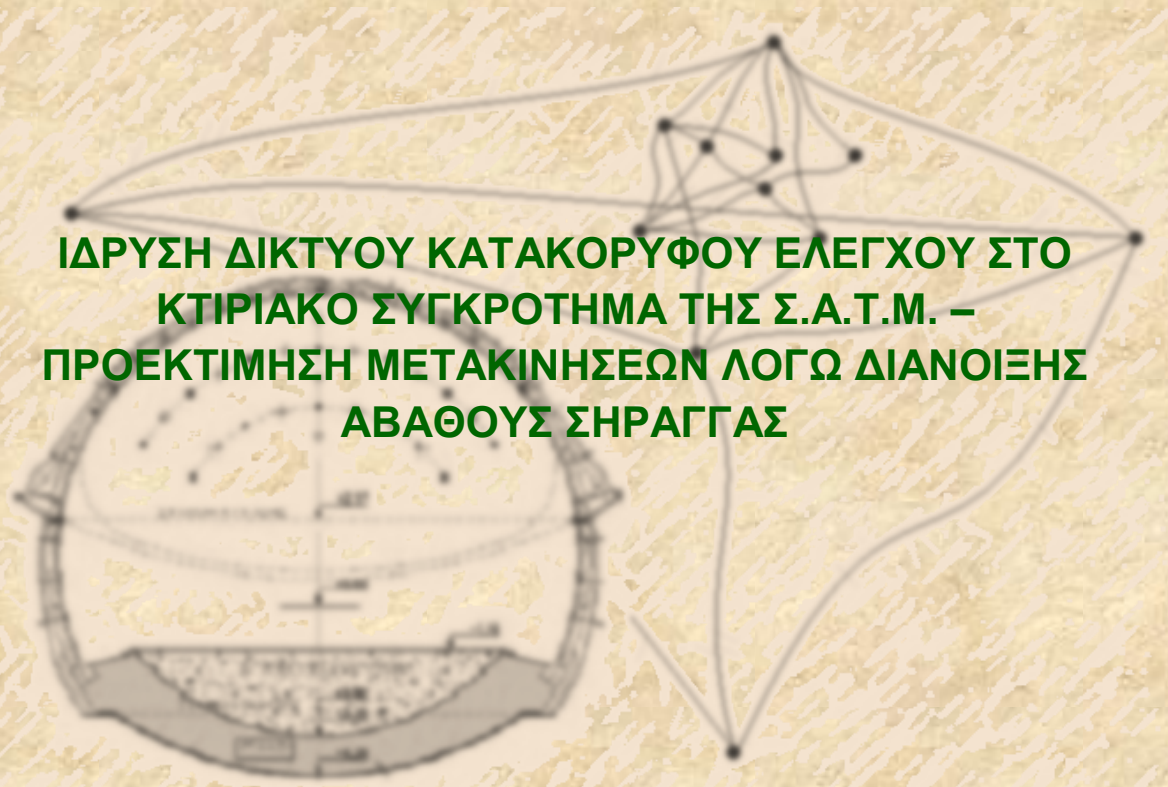




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ



**ΙΔΡΥΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΟ
ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΤΗΣ Σ.Α.Τ.Μ. –
ΠΡΟΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΛΟΓΩ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ
ΑΒΑΘΟΥΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ ΜΩΡΟΥ

ΑΘΗΝΑ - ΙΟΥΝΙΟΣ 2011

.....
Παναγιώτα Μώρου

Διπλωματούχος Αγρονόμος και Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Copyright © Παναγιώτα Μώρου, 2011

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τη συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια

Τελειώνη Ελισάβετ, Λέκτορας της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Εξεταστική Επιτροπή

Γεωργόπουλος Γεώργιος, Λέκτορας της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Σταθάς Δημοσθένης, Καθηγητής της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Τελειώνη Ελισάβετ, Λέκτορας της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους ανθρώπους που με τη βοήθειά τους συνέβαλλαν στην επίτευξή της.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους επιβλέποντες καθηγητές μου, τον κ. Γιώργο Γεωργόπουλο, Λέκτορα Ε.Μ.Π. και την κα. Ελισάβετ Τελειώνη, Λέκτορα Ε.Μ.Π., για την εμπιστοσύνη που έδειξαν στο πρόσωπό μου με την ανάθεση αυτής της διπλωματικής εργασίας και για το χρόνο που μου αφιέρωσαν. Τους ευχαριστώ ιδιαίτερα για την υποστήριξή τους, το ενδιαφέρον τους, την καθοδήγησή τους και τις πολύτιμες συμβουλές τους για την ορθή εκπόνησή της.

Επιπλέον, επιθυμώ να εκφράσω τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου στη συνάδελφο Βασιλική Εμμανουήλ, για την άψογη συνεργασία, την αμέριστη κατανόηση και την πολύτιμη βοήθειά της στην εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Τεχνική Υπηρεσία του Ε.Μ.Π. και ιδιαίτερα την κα. Αλεξάνδρα Ζαργκλή για τη βοήθειά της στη συγκέντρωση των απαραίτητων σχεδίων, την Πολυδύναμη Μονάδα και ιδιαίτερα τον κ. Στέφανο για την ίδρυση των υψομετρικών αφετηριών, τον κ. Κωνσταντίνο Νικολίτσα για τη σημαντική βοήθειά του σε ζητήματα που αφορούσαν στο ψηφιακό χωροβάτη, τον κ. Βασίλη Κωστορρίζο και την κα. Σοφία Σοϊλέ για τη διευκόλυνση που μας προσέφεραν στην ολοκλήρωση των μετρήσεων.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τη συμπαράσταση και την κατανόησή τους σε όλη τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	-1-
ABSTRACT.....	-2-
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	-3-
1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	-3-
1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	-3-
1.3 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	-4-
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η ΜΕΛΕΤΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ ΣΤΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ.....	-7-
2.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	-7-
2.2 ΟΡΙΣΜΟΣ , ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ , ΑΙΤΙΑ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ.....	-7-
2.2.1 Ορισμός της Καθίζησης.....	-7-
2.2.2 Κατηγορίες της Καθίζησης.....	-8-
2.2.3 Αίτια και Επιπτώσεις της Καθίζησης.....	-9-
2.2.4 Η Καθίζηση στα Συνεκτικά Εδάφη.....	-11-
2.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ.....	-12-
2.3.1 Γεωδαιτική Μεθοδολογία.....	-12-
2.3.2 Γεωτεχνικές Μέθοδοι.....	-15-
2.3.3 Δορυφορικές Μέθοδοι.....	-16-
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	-18-
3.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	-18-
3.2 Η ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	-18-
3.3 ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΚΑΙ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ.....	-20-
3.3.1 Γεωλογικό Υπόβαθρο.....	-20-
3.3.2 Υδρολογικά Στοιχεία.....	-22-
3.3.3 Γεωτεχνικά Στοιχεία.....	-22-
3.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΤΗΣ Σ.Α.Τ.Μ.....	-23-
3.4.1 Το Κτίριο Λαμπαδαρίου.....	-23-
3.4.2 Το Κτίριο Βέη.....	-25-
3.4.3 Το Κτίριο Άλφα.....	-26-
3.4.4 Η Σύνδεση των Κτιρίων Βέη και Άλφα με το Κτίριο Λαμπαδαρίου.....	-27-
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ ΤΟΥ 1980.....	-29-
4.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	-29-
4.2 ΣΗΜΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ.....	-29-
4.3 ΣΗΜΕΙΑ ΠΑΝΩ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ.....	-32-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Η ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	-37-
5.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	-37-
5.2 Η ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΩΝ ΚΟΡΥΦΩΝ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ.....	-37-
5.3 Η ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ..	-37-
5.4 Η ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΒΕΗ.....	-38-
5.5 Η ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΑΛΦΑ.....	-38-
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΡΟΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	-40-
6.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	-40-
6.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΩΝ ΚΟΡΥΦΩΝ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	-40-
6.2.1 Επιλογή Θέσης Κορυφών Δικτύου στην Ευρύτερη Περιοχή.....	-41-
6.2.2 Επιλογή Θέσης Κορυφών Δικτύου στο Κτιριακό Συγκρότημα της Σ.Α.Τ.Μ.....	-43-
6.3 ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ.....	-50-
6.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ.....	-58-
6.4.1 Συνδέσεις των Κορυφών στην Ευρύτερη Περιοχή.....	-58-
6.4.2 Συνδέσεις των Κορυφών στο Συγκρότημα της Σ.Α.Τ.Μ.....	-60-
6.5 ΕΠΙΛΟΓΗ ΟΡΓΑΝΟΥ ΚΑΙ ΠΑΡΕΛΚΟΜΕΝΩΝ.....	-63-
6.5.1 Ο Έλεγχος του Ψηφιακού Χωροβάτη DNA03.....	-65-
6.6 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΝΟΧΗΣ ALLER-RETOUR ΚΑΙ ΚΛΕΙΣΙΜΑΤΟΣ ΒΡΟΓΧΩΝ.....	-69-
6.6.1 Καθορισμός Μέγιστου Επιτρεπόμενου Σφάλματος Κλεισίματος σε Μια Διπλή Γεωμετρική Χωροστάθμηση.....	-70-
6.6.2 Καθορισμός Ορίου Κλεισίματος Βρόγχου.....	-70-
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ - ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....	-72-
7.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	-72-
7.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΟΡΘΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΣΚΟΠΕΥΤΙΚΟΥ ΑΞΟΝΑ.....	-72-
7.3 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....	-73-
7.3.1 Υπολογισμός Κλεισιμάτων Υψομετρικών Διαφορών.....	-77-
7.3.2 Υπολογισμός Κλεισιμάτων Βρόγχων.....	-78-
7.3.3 Μετρημένες Υψομετρικές Διαφορές.....	-79-
7.4 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ Α-POSTERIORI ΤΥΠΙΚΟΥ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΑΡΟΥΣ ΠΡΙΝ ΤΗ ΣΥΝΟΡΘΩΣΗ.....	-80-
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΕΠΙΛΥΣΕΙΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	-81-
8.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	-81-
8.2 ΕΠΙΛΥΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕ ΤΙΣ ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΔΕΣΜΕΥΣΕΙΣ.....	-81-
8.3 ΕΠΙΛΥΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕ ΤΙΣ ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΔΕΣΜΕΥΣΕΙΣ (ΕΛΕΥΘΕΡΟ ΔΙΚΤΥΟ).....	-86-
8.4 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ.....	-88-
8.4.1 Ολικός Έλεγχος Αξιοπιστίας (χ^2).....	-88-
8.4.2 Έλεγχος των Παρατηρήσεων (Έλεγχος κατά Baarda).....	-91-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΠΡΟΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΤΗΣ Σ.Α.Τ.Μ. ΛΟΓΩ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ " ΚΑΤΕΧΑΚΗ - ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗ-ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥΠΟΛΗ"	-92-
9.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	-92-
9.2 ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ.....	-92-
9.2.1 Η Γεωμετρία της Σήραγγας.....	-92-
9.2.2 Υπολογισμός Βάθους Διανοίξεως της Σήραγγας.....	-93-
9.3 ΜΕΛΕΤΗ ΟΡΙΑΚΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ.....	-95-
9.3.1 Κατακόρυφες Επιφανειακές Εδαφικές Μετακινήσεις Κάθετα προς τον Άξονα της Σήραγγας.....	-95-
9.3.2 Οριζόντιες Επιφανειακές Εδαφικές Μετακινήσεις Κάθετα προς τον Άξονα της Σήραγγας.....	-98-
9.3.3 Μελέτη Οριακής Θέσης της Σήραγγας.....	-100-
9.3.4 Οι Προεκτιμώμενες Επιφανειακές Μετακινήσεις στη Γύρω Περιοχή των Κτιρίων της Σ.Α.Τ.Μ.....	-101-
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	-105-
10.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	-105-
10.2 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ.....	-105-
10.3 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ GANTT.....	-107-
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	-109-
11.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	-109-
11.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	-111-
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	-112-
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	-114-

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

ΓΡΑΦΗΜΑ 1. Η ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	-106-
ΓΡΑΦΗΜΑ 2. Η ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΠΕΔΙΟΥ	-106-
ΓΡΑΦΗΜΑ 3. Η ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΓΡΑΦΕΙΟΥ	-107-

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1. Η ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ ΚΑΤΑ ΤΙΣ ΦΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΝΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ	-11-
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2. ΤΟ ΜΕΣΟ ΣΦΑΛΜΑ ΤΩΝ ΥΨΟΜΕΤΡΩΝ ΤΩΝ ΚΟΡΥΦΩΝ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΩΝ ΑΝΑΠΤΥΓΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ	-56-
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. ΜΗΚΟΤΟΜΗ ΧΑΡΑΞΗΣ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ	-94-

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. Η ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ.....	99-
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5. Η ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ ΣΤΗ ΓΥΡΩ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΤΗΣ Σ.Α.Τ.Μ.....	102-
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6. ΤΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ GANTT.....	108-

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 1. ΟΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΗΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ.....	8-
ΕΙΚΟΝΑ 2. ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ.....	10-
ΕΙΚΟΝΑ 3. Η ΡΟΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ SAR.....	17-
ΕΙΚΟΝΑ 4. Η ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	18-
ΕΙΚΟΝΑ 5. ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΗ ΒΙΔΑ ALLEN.....	41-
ΕΙΚΟΝΑ 6. Η ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ R_{Π} ΣΤΗΝ ΠΟΛΥΚΑΤΟΙΚΙΑ ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΚΟΥΣΙΔΟΥ.....	42-
ΕΙΚΟΝΑ 7. Ο ΨΗΦΙΑΚΟΣ ΧΩΡΟΒΑΤΗΣ DNA03 ΤΗΣ LEICA ΚΑΙ ΤΑ ΠΑΡΕΛΚΟΜΕΝΑ ΤΟΥ.....	64-
ΕΙΚΟΝΑ 8. Ο ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΣΟΥ-ΑΚΡΟΥ.....	73-
ΕΙΚΟΝΑ 9. Η ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ.....	95-

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. ΣΤΑΘΜΕΣ ΝΕΡΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ.....	22-
ΠΙΝΑΚΑΣ 2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΕΝΟΤΗΤΑΣ ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΩΝ.....	23-
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΩΝ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ.....	54-
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	55-
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. ΚΡΙΣΙΜΗ ΚΑΘΙΖΗΣΗ ΓΙΑ ΤΑ ΚΤΙΡΙΑ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ, ΒΕΗ ΚΑΙ ΆΛΦΑ.....	58-
ΠΙΝΑΚΑΣ 6. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΧΩΡΟΒΑΤΗ DNA03.....	63-
ΠΙΝΑΚΑΣ 7. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΕΣΟΥ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟΥ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΜΙΑΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ (Α ΦΑΣΗ)	67-
ΠΙΝΑΚΑΣ 8. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΕΣΟΥ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟΥ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΜΙΑΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ(Β ΦΑΣΗ).....	67-
ΠΙΝΑΚΑΣ 9. ΤΟ ΜΕΣΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ /ΚΜ ΜΟΝΗΣ ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗΣ(Α ΦΑΣΗ).....	68-
ΠΙΝΑΚΑΣ 10. ΤΟ ΜΕΣΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ /ΚΜ ΜΟΝΗΣ ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗΣ(Β ΦΑΣΗ).....	69-
ΠΙΝΑΚΑΣ 11. ΟΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΔΗ.....	76-
ΠΙΝΑΚΑΣ 12. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΛΕΙΣΙΜΑΤΩΝ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ.....	77-
ΠΙΝΑΚΑΣ 13. ΚΛΕΙΣΙΜΑΤΑ ΒΡΟΓΧΩΝ.....	78-
ΠΙΝΑΚΑΣ 14. ΟΙ ΤΕΛΙΚΕΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΚΑΙ ΟΙ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥΣ.....	79-
ΠΙΝΑΚΑΣ 15. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΕΠΙΛΥΣΕΩΝ ΤΟΥ Δ.Κ.Ε.....	85-
ΠΙΝΑΚΑΣ 16. ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΤΟΥ Δ.Κ.Ε.....	85-
ΠΙΝΑΚΑΣ 17. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΕΠΙΛΥΣΕΩΝ ΤΟΥ Δ.Κ.Ε.....	87-
ΠΙΝΑΚΑΣ 18. ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΤΟΥ Δ.Κ.Ε.....	87-
ΠΙΝΑΚΑΣ 19. ΟΙ ΠΡΟΕΚΤΙΜΩΜΕΝΕΣ ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ Υ.....	98-
ΠΙΝΑΚΑΣ 20. ΟΙ ΠΡΟΕΚΤΙΜΩΜΕΝΕΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ Υ.....	99-

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΕΔΙΩΝ

ΣΧΕΔΙΟ 1. ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ.....	-19-
ΣΧΕΔΙΟ 2. ΟΙ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΝΕΓΕΡΣΗΣ ΤΩΝ ΝΕΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΤΩΝ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ.....	-21-
ΣΧΕΔΙΟ 3. ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ ΚΑΙ Η ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΤΟΥ.....	-24-
ΣΧΕΔΙΟ 4. Η ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΒΕΗ.....	-25-
ΣΧΕΔΙΟ 5. Η ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΛΦΑ.....	-26-
ΣΧΕΔΙΟ 6. Η ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΤΟΥ ΥΠΕΡΓΕΙΟΥ ΔΙΑΔΡΟΜΟΥ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΚΤ.ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ ΚΑΙ ΚΤ.ΒΕΗ.....	-27-
ΣΧΕΔΙΟ 7. ΚΑΤΟΨΗ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ.....	-35-
ΣΧΕΔΙΟ 8. ΚΑΤΟΨΗ ΙΣΟΓΕΙΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ.....	-36-
ΣΧΕΔΙΟ 9. Η ΘΕΣΗ ΤΩΝ ΚΟΡΥΦΩΝ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΟ ΥΠΟΓΕΙΟ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ.....	-45-
ΣΧΕΔΙΟ 10. Η ΘΕΣΗ ΤΩΝ ΚΟΡΥΦΩΝ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΟ ΙΣΟΓΕΙΟ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ.....	-46-
ΣΧΕΔΙΟ 11. Η ΘΕΣΗ ΤΩΝ ΚΟΡΥΦΩΝ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΒΕΗ.....	-48-
ΣΧΕΔΙΟ 12. Η ΘΕΣΗ ΤΩΝ ΚΟΡΥΦΩΝ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΑΛΦΑ.....	-49-
ΣΧΕΔΙΟ 13. ΌΛΕΣ ΟΙ ΔΥΝΑΤΕΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ.....	-55-
ΣΧΕΔΙΟ 14. ΟΙ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΒΕΗ , ΑΛΦΑ ΚΑΙ ΤΟΥ ΙΣΟΓΕΙΟΥ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ.....	-61-
ΣΧΕΔΙΟ 15. ΟΙ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ.....	-62-
ΣΧΕΔΙΟ 16. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ.....	-93-

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΩΝ

ΧΑΡΤΗΣ 1. ΟΙ ΜΕΤΡΗΜΕΝΕΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΟΡΥΦΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ.....	-31-
ΧΑΡΤΗΣ 2. Η ΘΕΣΗ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ.....	-43-
ΧΑΡΤΗΣ 3. ΟΙ ΜΕΤΡΗΜΕΝΕΣ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ Σ.Α.Τ.Μ.- ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΜΕ ΤΟ R _Λ	-59-
ΧΑΡΤΗΣ 4. ΟΡΙΑΚΗ ΘΕΣΗ ΧΑΡΑΞΗΣ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ.....	-101-
ΧΑΡΤΗΣ 5. ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΪΣΩΝ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	-103-
ΧΑΡΤΗΣ 6. ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΪΣΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	-104-

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρακολούθηση της κινηματικής συμπεριφοράς των κατασκευών και ο έλεγχος της σταθερότητάς τους πραγματοποιείται και με τον προσδιορισμό των κατακόρυφων μετακινήσεων του φέροντα οργανισμού τους. Ο έλεγχος αυτός πραγματοποιείται με εφαρμογή της Γεωδαιτικής Μεθοδολογίας, μέσω της ίδρυσης ενός δικτύου κατακορύφου ελέγχου το οποίο αποτελείται από κορυφές που βρίσκονται πάνω στα δομικά στοιχεία της εξεταζόμενης κατασκευής και στην περιοχή γύρω από αυτή. Τα συμπεράσματα σχετικά με την κινηματική συμπεριφορά της κατασκευής προκύπτουν ύστερα από διαχρονικές μετρήσεις, επεξεργασία και έλεγχο για το αν οι μετακινήσεις που ανιχνεύθηκαν είναι στατιστικά σημαντικές (για δεδομένο επίπεδο εμπιστοσύνης).

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ίδρυση ενός δικτύου κατακορύφου ελέγχου στο συγκρότημα κτιρίων της Σ.Α.Τ.Μ. για τον κινηματικό έλεγχο των κτιρίων Λαμπαδαρίου, Βέη και Άλφα. Στο πλαίσιο της μελέτης αυτής, εφαρμόστηκαν όλα τα στάδια που επιβάλλει η Γεωδαιτική Μεθοδολογία (ίδρυση του δικτύου, μέτρηση των στοιχείων του, συνόρθωση των παρατηρήσεων με χρήση της Μεθόδου Ελαχίστων Τετραγώνων), προκειμένου να προσδιοριστούν τα υψόμετρα των κορυφών του δικτύου σε μηδενική φάση.

Παράλληλα, εξετάστηκε η απόκριση του εδάφους στο οποίο εδράζονται τα εξεταζόμενα κτίρια στην περίπτωση διάνοιξης αβαθούς σήραγγας για την επέκταση της γραμμής του μετρό προς την Πολυτεχνειούπολη και την Πανεπιστημιούπολη. Έγινε μια προεκτίμηση των επιφανειακών μετακινήσεων με χρήση εμπειρικών μεθόδων στην περιοχή των κτιρίων της Σ.Α.Τ.Μ..

ABSTRACT

The kinematic behavior of constructions and their stability is tested through the determination of the vertical displacements of their bearing frame. The application of Geodetic Monitoring is used for the monitoring of the displacements; a vertical control network is established on the construction and in the wider area, and its elements are measured at least twice in a selected time interval. After the adjustment of observations, the heights of the network's points are estimated and the statistically significant displacements, for a selected confidence level, are determined.

The subject of this dissertation is the establishment of a vertical control network in order to detect the kinematic behavior of the buildings of the School of Rural and Surveying Engineering. For this purpose the Geodetic Methodology was applied: establishment of the network, measurement of its elements, adjustment of the observations, and estimation of the heights of the network's points in an arbitrarily selected height system.

The response of the ground, underlying the monitored buildings, is also examined in case that a shallow tunnel excavation for the extension of the metro to the NTUA and UOA Campus takes place. Using empirical methods, the predicted displacements were determined.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η μελέτη των καθιζήσεων στις κατασκευές δίνει τη δυνατότητα παρακολούθησης της κινηματικής συμπεριφοράς τους, με στόχο την πρόληψη δυσμενών καταστάσεων και την έγκαιρη αντιμετώπισή σοβαρών αστοχιών που μπορεί να προκληθούν σε αυτές.

Με την επιστήμη της Γεωδαισίας, προσδιορίζονται οι καθιζήσεις χρησιμοποιώντας τη Γεωδαιτική Μεθοδολογία. Βασικό στοιχείο της μεθοδολογίας αυτής αποτελεί το Γεωδαιτικό Δίκτυο Κατακορύφου Ελέγχου, το οποίο αποτελείται από σημεία που ιδρύονται πάνω στην εξεταζόμενη κατασκευή και μετρώνται σε διαδοχικές χρονικές φάσεις. Τέτοιας μορφής δίκτυα είναι μονοδιάστατα όταν προσδιορίζονται μόνο τα υψόμετρα των κορυφών τους. Επομένως, προσδιορίζοντας τις μεταβολές των υψομέτρων των κορυφών του δικτύου στις αντίστοιχες χρονικές στιγμές που μετρήθηκαν, μπορούν να προκύψουν συμπεράσματα σχετικά με την απόκριση της κατασκευής που εξετάζεται.

Οι μελέτες των καθιζήσεων είναι μεγάλης σημασίας ιδιαίτερα σε κατασκευές όπου βρίσκονται σε περιοχές που λαμβάνουν χώρα διανοίξεις σηράγγων. Οι επιφανειακές καθιζήσεις που δημιουργούνται σε αυτές τις περιοχές ευθύνονται για τα σοβαρά προβλήματα και τις αστοχίες που συνήθως εμφανίζονται στις υπερκείμενες κατασκευές. Χρησιμοποιώντας προσομοιώσεις κατανομών, οι επιφανειακές αυτές καθιζήσεις μπορούν να προβλεφθούν ως ένα βαθμό.

Επομένως, η ανίχνευση και η παρακολούθηση των καθιζήσεων στις κατασκευές συμβάλλει στην πρόληψη δυσμενών επιπτώσεων σε αυτές διασφαλίζοντας το σκοπό για τον οποίο δομήθηκαν.

1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η επέκταση του υπάρχοντος δικτύου κατακορύφου ελέγχου στο συγκρότημα κτιρίων της

Σχολής Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, καθώς και τον έλεγχο της επίδρασης της διάνοιξης αβαθούς σήραγγας στα κτίρια αυτά.

Για το σχεδιασμό της επέκτασης του δικτύου αυτού, λήφθηκε υπόψη το δίκτυο κατακορύφου ελέγχου που ιδρύθηκε στο κτίριο Λαμπαδαρίου στα πλαίσια διπλωματικής εργασίας τον Ιούνιο του 1980. Το συγκεκριμένο δίκτυο επεκτάθηκε προς τα δύο νέα κτίρια Βέη και Άλφα, μετά από μελέτη στοιχείων που αφορούν στο γεωλογικό και γεωτεχνικό υπόβαθρο του εδάφους της περιοχής που είναι χτισμένα αλλά και των δομικών στοιχείων των παραπάνω κτιρίων.

Για τον προσδιορισμό των υψομέτρων των κορυφών του δικτύου κατά τη μηδενική φάση (t_0), εφαρμόστηκε η Γεωδαιτική Μεθοδολογία. Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της Διπλής Γεωμετρικής Χωροστάθμησης με σύγχρονο ψηφιακό χωροβάτη. Η συνόρθωση του δικτύου έγινε με τη Μέθοδο Ελαχίστων Τετραγώνων (M.E.T.) και ειδικότερα με τη μέθοδο των εμμέσων παρατηρήσεων. Οι επιλύσεις έγιναν με τις ελάχιστες εξωτερικές και εσωτερικές δεσμεύσεις. Τα αποτελέσματα αξιολογήθηκαν με το test χ^2 (ολικός έλεγχος) για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και με έλεγχο των παρατηρήσεων (κατά Baarda), για ανίχνευση χονδροειδών και συστηματικών σφαλμάτων στις παρατηρήσεις.

Τέλος, εξετάστηκε η επίδραση των επιφανειακών καθιζήσεων στην περιοχή του συγκροτήματος της Σ.Α.Τ.Μ., από τη διάνοιξη αβαθούς σήραγγας στο πλαίσιο της επέκτασης της γραμμής του ΜΕΤΡΟ από το σταθμό Κατεχάκη προς την Πολυτεχνειούπολη και την Πανεπιστημιούπολη.

1.3 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από έντεκα κεφάλαια και ένα Παράρτημα, τα οποία περιέχουν τα ακόλουθα:

- ο Το 1^ο **Κεφάλαιο** περιλαμβάνει την εισαγωγή, στην οποία αναλύονται ο σκοπός και η δομή της διπλωματικής εργασίας.

- Στο **2^ο Κεφάλαιο** περιγράφεται το φαινόμενο των καθιζήσεων και πως αυτό εμφανίζεται στα συνεκτικά εδάφη, τα αίτια που προκαλούν καθιζήσεις καθώς και τις επιπτώσεις που αυτές έχουν στο ανθρωπογενές περιβάλλον. Τέλος, γίνεται αναφορά στις διάφορες μεθόδους με τις οποίες γίνεται η ανίχνευση των καθιζήσεων, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στη Γεωδαιτική Μεθοδολογία που εφαρμόστηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία.
- Στο **3^ο Κεφάλαιο** παρουσιάζεται το αντικείμενο μελέτης και πιο συγκεκριμένα παραθέτονται στοιχεία που αφορούν στο γεωλογικό υπόβαθρο και στα γεωτεχνικά στοιχεία του εδάφους της περιοχής που βρίσκονται οι κατασκευές που μελετώνται, αλλά και στη στατική λειτουργία των υπό έλεγχο κτιρίων.
- Το **4^ο Κεφάλαιο** αναφέρεται στο δίκτυο κατακορύφου ελέγχου που είχε ιδρυθεί τον Ιούνιο του 1980, περιγράφοντας τη θέση των κορυφών του , τις συνδέσεις που πραγματοποιήθηκαν και τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις δύο φάσεις μετρήσεων που έγιναν.
- Στο **5^ο Κεφάλαιο** περιγράφεται ο στόχος της επέκτασης του δικτύου κατακορύφου ελέγχου σε όλο το συγκρότημα της Σ.Α.Τ.Μ. αλλά και οι παράγοντες που λήφθηκαν υπόψη για αυτήν την επέκταση.
- Το **6^ο Κεφάλαιο** περιλαμβάνει την προανάλυση του δικτύου. Περιγράφονται αναλυτικά η επιλογή της θέσης των κορυφών του δικτύου και οι διαδρομές που θα μετρηθούν, η μέθοδος υπολογισμού των κατακόρυφων μετακινήσεων, το όργανο και τα παρελκόμενά του που θα χρησιμοποιηθούν , οι οποίες συμμετέχουν στην εύρεση της βέλτιστης λύσης.
- Στο **7^ο Κεφάλαιο** πραγματοποιείται η επεξεργασία των μετρήσεων, παρουσιάζοντας τα σφάλματα κλεισίματος κατά τη μετάβαση και επιστροφή, τα κλεισίματα των βρόγχων και τις ανοχές τους.
- Στο **8^ο Κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της συνόρθωσης των παρατηρήσεων και γίνονται οι στατιστικοί έλεγχοι για την ύπαρξη συστηματικών σφαλμάτων στις παρατηρήσεις και για την αξιοπιστία της λύσης.
- Στο **9^ο Κεφάλαιο** εξετάζεται η επίδραση της διάνοιξης αβαθούς υπόγειας σήραγγας στο εξεταζόμενο συγκρότημα της Σ.Α.Τ.Μ.

-
- Το **10^ο Κεφάλαιο** περιλαμβάνει το χρονοδιάγραμμα για την εκπόνηση των εργασιών που απαιτήθηκαν για την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας, περιγράφοντας την κατανομή των εργασιών με χρονολογική σειρά.
 - Το **11^ο Κεφάλαιο** περιέχει τα συμπεράσματα και τις προτάσεις που προέκυψαν από την διεξαγωγή της διπλωματικής εργασίας.
 - Στο **Παράρτημα** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου του ψηφιακού χωροβάτη που χρησιμοποιήθηκε και οι αποκλίσεις της οριζοντίωσης του σκοπευτικού άξονα όπως αυτές προέκυψαν από το Check & Adjust. Επίσης εμφανίζονται όλα τα αποτελέσματα από τη βελτιστοποίηση του δικτύου. Τέλος, παραθέτονται όλες οι μετρήσεις, οι περιγραφές των κορυφών του δικτύου και η επίλυση του δικτύου σε προγραμματιστικό περιβάλλον Matlab καθώς και τα αποτελέσματά της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η ΜΕΛΕΤΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ ΣΤΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Οι βασικές αρχές δόμησης και λειτουργίας μιας κατασκευής είναι η ασφάλεια, η λειτουργικότητα και η οικονομία. Έτσι, κάθε κατασκευή πρέπει να παρέχει στο χρήστη ασφάλεια, να είναι λειτουργική και το κόστος δόμησης και συντήρησης να είναι εύλογο. Η κατασκευή εδράζεται στο έδαφος με τη θεμελίωση, η οποία αποτελεί το στοιχείο του φέροντα οργανισμού που μεταφέρει τα φορτία της σε αυτό. Επομένως, κάθε κατασκευή είναι άμεσα συνδεδεμένη με το έδαφος και η αστοχία της μπορεί να συνδέεται με την κινηματική συμπεριφορά του εδάφους στο οποίο θεμελιώνεται. Η καθίζηση τμήματος της επιφάνειας του εδάφους είναι δυνατό να οδηγήσει σε διαφορετικές μετακινήσεις της κατασκευής, με αποτέλεσμα αυτή να παραμορφωθεί.

Αντικείμενο της μελέτης των παραμορφώσεων περιορισμένου πεδίου είναι ο προσδιορισμός της μετακίνησης, τόσο σε τμήματα του εδάφους όσο και σε κατασκευές ^[11], διαχρονικά, με σκοπό τη μελέτη της κινηματικής συμπεριφοράς τους. Η διαχρονική παρακολούθηση της κινηματικής συμπεριφοράς των κατασκευών από την ανέγερσή τους και κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους έχει ιδιαίτερη σημασία και συμβάλλει στην πρόληψη δυσμενών καταστάσεων που είναι πιθανό να συμβούν και να προκαλέσουν μεγάλο κοινωνικό και οικονομικό κόστος.

2.2 ΟΡΙΣΜΟΣ , ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ , ΑΙΤΙΑ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ

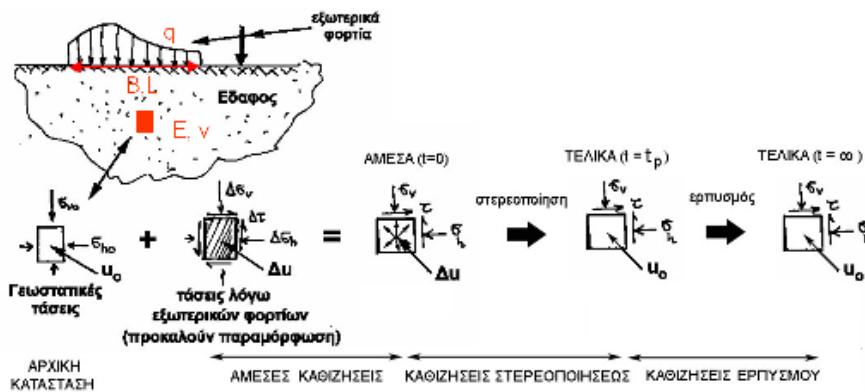
2.2.1 Ορισμός της Καθίζησης

Με τον όρο καθίζηση νοείται η κατακόρυφη παραμόρφωση που πραγματοποιείται σε ένα εδαφικό στρώμα λόγω της επιβολής μιας φορτίσεως. Έτσι, το πρόβλημα των καθιζήσεων αφορά στην εκτίμηση των κατακόρυφων παραμορφώσεων από τις προβλεπόμενες φορτίσεις και σχετίζεται άμεσα με τη συμπιεστότητα του υπεδάφους^[8].

Η επιφάνεια του εδάφους διαμορφώνεται από την ισορροπία μεταξύ των εξωτερικών δυνάμεων που ασκούνται σε αυτή και την αντίσταση από το υπέδαφος. Όταν το άθροισμα των εξωτερικών δυνάμεων είναι μεγαλύτερο από την αντίσταση του εδάφους, παύει να υπάρχει ισορροπία με αποτέλεσμα να υποβιβάζεται το κέντρο βάρους της ασταθούς μάζας και να εμφανίζεται το φαινόμενο της καθίζησης.

2.2.2 Κατηγορίες της Καθίζησης

Μία διάκριση των καθιζήσεων είναι οι γενικές ή ολικές καθιζήσεις και οι διαφορικές καθιζήσεις. Οι γενικές ή ολικές καθιζήσεις είναι εκείνες κατά τις οποίες υπάρχει μια ομοιόμορφη υποχώρηση του εδάφους με συνέπεια να παρασύρει μαζί και την υπερκείμενη κατασκευή. Οι διαφορικές καθιζήσεις είναι ανομοιόμορφες υποχωρήσεις του εδάφους με αποτέλεσμα τη διαφορά της καθίζησης δύο συνεχόμενων σημείων έδρασης ενός έργου. Οι διαφορικές καθιζήσεις μεταξύ των στοιχείων θεμελίωσης αποτελούν το αίτιο της αστοχίας των κατασκευών.



ΕΙΚΟΝΑ 1. Οι Κατηγορίες της Καθίζησης. [14]

IMAGE 1. The Various Kinds of Ground Subsidence. [14]

Άλλη μια διάκριση όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 1, είναι οι άμεσες καθιζήσεις οι οποίες εκδηλώνονται σε ξηρά ή μερικώς κορεσμένα εδάφη, σε ταχέως στραγγιζόμενα κορεσμένα εδάφη ή εμφανίζονται λόγω διατμητικής παραμόρφωσης σε κορεσμένα αργιλικά εδάφη, οι καθιζήσεις λόγω στερεοποίησης, οι οποίες είναι χρονικά εξελισσόμενες καθιζήσεις λόγω

εκτόνωσης των υπερπιέσεων πόρων που αναπτύσσονται κατά την ταχεία φόρτιση κορεσμένων εδαφών και τέλος οι **ερπυστικές ή δευτερεύουσες καθιζήσεις** που είναι χρονικά εξελισσόμενες καθιζήσεις λόγω ερπυστικής συμπεριφοράς των εδαφών υπό πρακτικώς σταθερές ενεργές τάσεις^[14].

2.2.3 Αίτια και Επιπτώσεις της Καθίζησης

Αίτια της Καθίζησης

Το έδαφος θεμελίωσης αποτελεί έναν από τους παράγοντες παραμόρφωσης της κατασκευής λόγω των κατακόρυφων μετακινήσεων του. Αυτές οι παραμορφώσεις οφείλονται στη μεταβολή των ενεργών τάσεων (αρχή των ενεργών τάσεων), δηλαδή, των πρόσθετων τάσεων ($\Delta\sigma$) και των υπερπιέσεων των πόρων του εδάφους (Δu) που αναπτύσσονται στο έδαφος λόγω της φόρτισής του από τη θεμελίωση της κατασκευής.

Πιο συγκεκριμένα, τα διαφορετικά είδη καθιζήσεων οφείλονται στα εξής αίτια:

- Η διαφορική καθίζηση προκαλείται από την **ανομοιογένεια του εδάφους** και την **παρουσία ασυνεχειών**, την **ανομοιόμορφη φόρτιση του εδάφους**, η οποία εξαρτάται τόσο από την ανομοιόμορφη κατανομή των φορτίων όσο και από το σχήμα της κατασκευής, την **παρουσία υπόγειου νερού** και την **επίδραση φορτίων από γειτονικές κατασκευές**.
- Η καθίζηση λόγω συνίζησης, δηλαδή η μείωση του όγκου υπό πρακτικώς σταθερές ορθές ενεργές τάσεις, σε χαλαρά, μη συνεκτικά εδάφη προκαλείται όταν σε αυτά ασκούνται **επαναλαμβανόμενες φορτίσεις**. Όταν το έδαφος είναι γαιώδες ή αποτελείται από ημιβραχώδη υλικά, η καθίζηση αυτή δημιουργείται από **πλημμελή συμπύκνωση**.
- Η ανύψωση, δηλαδή η αρνητική καθίζηση, συμβαίνει σε διογκούμενα εδάφη εξαιτίας της **αύξησης της υγρασίας**.
- Η καθίζηση λόγω κατάρρευσης της δομής ευαίσθητων εδαφών, γίνεται λόγω της **καταστροφής των συγκολλητικών δεσμών** κατά την ύγρανση.

Συμπερασματικά, η καθίζηση σε μία κατασκευή μπορεί να οφείλεται σε διάφορους παράγοντες που σχετίζονται τόσο με την ίδια την κατασκευή

(ενδογενείς παράγοντες) όπως η διαστασιολόγηση των δομικών στοιχείων της και η αλλαγή χρήσης της κατασκευής, όσο και με εξωγενείς παράγοντες, όπως η σεισμική δραστηριότητα της περιοχής, η αλλαγή της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα λόγω βροχοπτώσεων, αλλά και τυχηματικά αίτια όπως η φωτιά που επιδρούν στην κινηματική συμπεριφορά της κατασκευής.

Επιπτώσεις της Καθίζησης

Οι επιπτώσεις των καθιζήσεων στις κατασκευές μπορεί να είναι πολύ σοβαρές. Είναι δυνατό να προξενήσουν αποδιοργάνωση της τοιχοποιίας (Εικόνα 2α), αστοχίες στο φέροντα οργανισμό της κατασκευής, αστοχίες στις συνδέσεις με τα δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης. Αποτέλεσμα αυτών είναι η κατασκευή να μην είναι ασφαλής και λειτουργική για τους ενοίκους, με το κόστος συντήρησής της να είναι μεγάλο.

Όσον αφορά στα υπόλοιπα τεχνικά έργα, όπως τα φράγματα, τα οδικά δίκτυα (Εικόνα 2β) και κάθε είδους έργα υποδομής οι καθιζήσεις δημιουργούν σοβαρά προβλήματα που μπορούν να οδηγήσουν στην αστοχία τους, με αποτέλεσμα τη μείωση της ασφάλειας κατά τη φάση λειτουργίας τους και την αύξηση του κόστους συντήρησης λόγω των επισκευών.



ΕΙΚΟΝΑ 2. Οι Επιπτώσεις των Καθιζήσεων (α) σε κτίρια ^[27], (β) σε δρόμο ^[25]

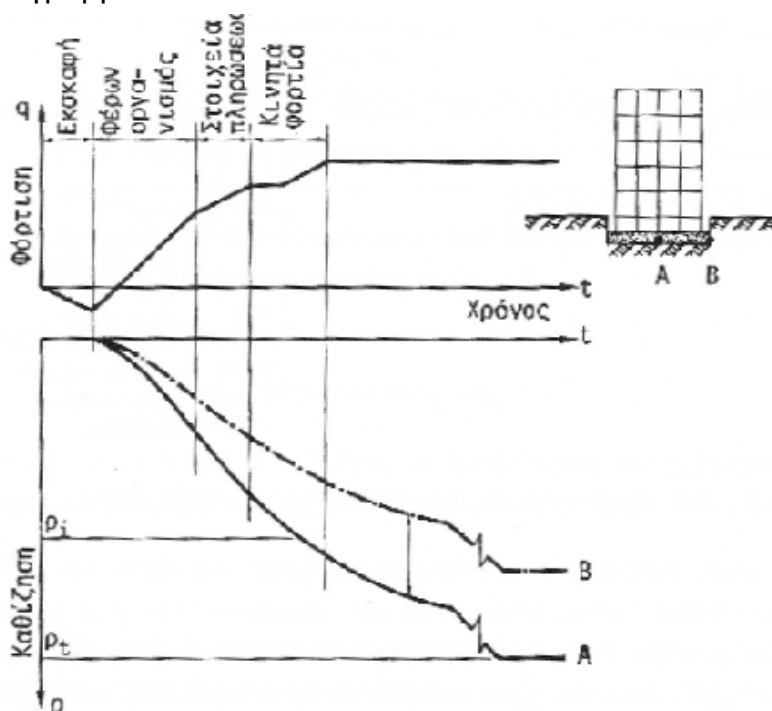
IMAGE 2. The Effects of Subsidence (a) in buildings ^[27], (b) on road ^[25]

Επομένως, η ανίχνευση και ο έλεγχος των καθιζήσεων στις κατασκευές είναι μεγάλης σημασίας και συμβάλλει στην πρόληψη δυσμενών επιπτώσεων και στην έγκαιρη αντιμετώπισή τους όταν αυτές εμφανιστούν.

2.2.4 Η Καθίζηση στα Συνεκτικά Εδάφη

Με την επιβολή της κατακόρυφης φορτίσεως, η αύξηση των τάσεων αναλαμβάνεται άμεσα από το νερό των πόρων του εδάφους (υπερπίεση πόρων). Με αυτόν τον τρόπο η παραμόρφωση συντελείται άμεσα, υπό αστράγγιστες συνθήκες, σαν συνέπεια της επενέργειας διατμητικών τάσεων πάνω στον εδαφικό σκελετό. Αυτή η παραμόρφωση (άμεση καθίζηση) εκδηλώνεται σαν μια πλευρική διόγκωση και κατακόρυφη συμπίεση του εδαφικού στοιχείου, υπό συνθήκες σταθερού όγκου.

Στη συνέχεια, η πίεση του νερού των πόρων του εδάφους αρχίζει να αποτονούται (φαινόμενο στερεοποιήσεως) και παρατηρείται μεταβολή του όγκου του υπεδάφους. Το έδαφος, δηλαδή, στην περίμετρο της επιφάνειας φορτίσεως επανέρχεται πλευρικά, ενώ η επιφάνεια φορτίσεως συνεχίζει να καθιζάνει (καθίζηση λόγω στερεοποιήσεως) μέχρι το πέρας της στερεοποιήσεως. Η καθίζηση αυτή αυξάνει με το χρόνο, αλλά με βαθμιαία μείωση του ρυθμού αυξήσεώς της ^[8]. Ένα ιδεατό διάγραμμα της χρονικής εξέλιξης των καθιζήσεων από τα φορτία μιας κατασκευής παρουσιάζεται στο ακόλουθο Διάγραμμα 1.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1. Η Ανάπτυξη Καθιζήσεων Κατά τις Φάσεις Κατασκευής Ενός Κτιρίου. ^[7]

DIAGRAM 1. The Development of Subsidence During the Construction of a Building. ^[7]

Σε μερικές αργίλους η καθίζηση συνεχίζεται και μετά το πέρας της στερεοποιήσεως και παρατηρείται μια μακράς διάρκειας, υπό τον τύπο ερπυσμού. Η καθίζηση αυτή, υπό σταθερές ενεργές πιέσεις, μπορεί να συνεχίζεται για πολλά χρόνια και ονομάζεται δευτερεύουσα ή δευτερογενής καθίζηση.

Τελικά, η ολική καθίζηση σε αργιλικά εδάφη αποτελείται από την άμεση καθίζηση, την καθίζηση λόγω στερεοποιήσεως και την δευτερογενή καθίζηση.

2.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΝ

Η ανίχνευση και ο έλεγχος των καθιζήσεων πραγματοποιείται με συστηματικές μετρήσεις που επιδιώκουν τον προσδιορισμό της μετακίνησης του εδάφους ή της αλλαγής στη μορφή και στις διαστάσεις μιας κατασκευής. Για τον προσδιορισμό των καθιζήσεων έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι υπολογισμού, οι οποίες διακρίνονται σε γεωδαιτικές, γεωτεχνικές και δορυφορικές.

2.3.1 Γεωδαιτική Μεθοδολογία

Η καθίζηση είναι ένα διανυσματικό μέγεθος γνωστής διεύθυνσης, χαρακτηριστικά του οποίου είναι το μέτρο και η φορά. Η καθίζηση μεταβάλλεται μέσα στο χρονικό διάστημα που δρα το αίτιο που την προκάλεσε. Επιπλέον, η μεταβολή είναι δυνατόν να συνεχίζεται και μετά το πέρας της δράσης του αρχικού αίτιου.

Για τη μελέτη των καθιζήσεων χρησιμοποιείται η Γεωδαιτική Μεθοδολογία. Με την ίδια μεθοδολογία γίνεται και ο προσδιορισμός των αποκλίσεων των δομικών στοιχείων των κατασκευών (προκατασκευασμένων και ολόσωμων) που έχει ως στόχο την εκτίμηση της διαφοράς μεταξύ της θεωρητικής τιμής της διάστασης ενός δομικού στοιχείου που καθορίστηκε κατά το σχεδιασμό του έργου και εμφανίζεται στα κατασκευαστικά σχέδια και της πραγματικής τιμής της διάστασής του, όπως αυτή προέκυψε μετά την υλοποίησή της στο έδαφος.^[11]

Τα στάδια της Γεωδαιτικής Μεθοδολογίας για την ανίχνευση και τον έλεγχο των μετακινήσεων είναι τα ακόλουθα:

- ο Αναγνώριση της περιοχής

Κατά το στάδιο αυτό, συλλέγονται στοιχεία που αφορούν στην εξεταζόμενη περιοχή και σχετίζονται με τη γεωλογία του εδάφους και την τεκτονική της περιοχής. Επίσης, η στατική λειτουργία της υπό έλεγχο κατασκευής καθώς και το έδαφος θεμελίωσής της αποτελούν στοιχεία που πρέπει να ληφθούν υπόψη ώστε να ανιχνευθούν οι πιθανές καθιζήσεις με αξιοπιστία.

- ο Σχεδιασμός του Γεωδαιτικού Δικτύου Κατακορύφου Ελέγχου

Το βασικό στοιχείο της Γεωδαιτικής Μεθοδολογίας είναι το Γεωδαιτικό Δίκτυο. Πρόκειται για ένα σύνολο κορυφών με συντεταγμένες, ως προς ένα σύστημα αναφοράς, οι οποίες προέκυψαν από την επεξεργασία των μετρήσεων μεταξύ των κορυφών. ^[20]

Το γεωδαιτικό δίκτυο αποτελείται από κορυφές οι οποίες βρίσκονται έξω από την επιρροή των καθιζήσεων, που ονομάζονται σημεία αναφοράς και από κορυφές πάνω στην κατασκευή ή την περιοχή που ελέγχεται, που λέγονται σημεία ελέγχου.

Σε αυτό το στάδιο, επιδιώκεται ο βέλτιστος σχεδιασμός που οδηγεί στο ποιοτικά καλύτερο γεωδαιτικό δίκτυο ελέγχου. Η ποιότητα ενός δικτύου περικλείει τις έννοιες της ακρίβειας, της αξιοπιστίας, της ευαισθησίας και της οικονομίας. Συνηθέστερο κριτήριο αποτελεί η ελαχιστοποίηση του ίχνους του a -priori πίνακα μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας των συντεταγμένων του δικτύου ελέγχου ($\text{ίχνος } V_X = \min$).

- ο Εγκατάσταση των σημείων αναφοράς και ελέγχου

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, τα σημεία αναφοράς επιλέγονται να ιδρυθούν εκτός της περιοχής επιρροής της καθίζησης, ενώ τα σημεία ελέγχου εγκαθίστανται πάνω στην κατασκευή ή στο έδαφος ώστε να ελεγχθεί η κινηματική τους συμπεριφορά.

Σε αυτήν την περίπτωση, τα σημεία υλοποιούνται με ειδικές ορειχάλκινες κατασκευές (μπουλόνια) που αυτά πακτώνονται πάνω σε μέλη του φέροντα οργανισμού με εποξειδική ρητίνη, εξασφαλίζοντας παράλληλα και τη μονιμότητα των κορυφών του δικτύου.

- ο Μετρήσεις στοιχείων Δικτύου Κατακορύφου Ελέγχου

Στα γεωδαιτικά δίκτυα κατακορύφου ελέγχου, τα μετρούμενα στοιχεία είναι οι υψομετρικές διαφορές μεταξύ των κορυφών του (ΔH). Αυτές μετρώνται κατά τη χρονική στιγμή t_0 που θεωρείται ως αρχική, και κατά τις επόμενες χρονικές στιγμές t_1, t_2, \dots, t_n .

Οι μετρήσεις των στοιχείων των δικτύων κατακορύφου ελέγχου (ΔH) μπορούν να γίνουν με τη μέθοδο της Γεωμετρικής Χωροστάθμησης με ακρίβεια $0,2\text{mm/km} \sim 0,5\text{mm/km}$, χρησιμοποιώντας ψηφιακούς χωροβάτες. Τα στοιχεία, επίσης, μπορούν να μετρηθούν με τη μέθοδο της Τριγωνομετρικής Υψομετρίας (Ειδική Τριγωνομετρική Υψομετρία και Τριγωνομετρική Υψομετρία Ακριβείας) και να προσδιοριστούν οι υψομετρικές διαφορές με αβεβαιότητα $\pm 2\text{mm/km}$. Τέλος, με το δορυφορικό σύστημα G.P.S που χρησιμοποιεί δέκτες οι οποίοι προσδιορίζουν τα γεωμετρικά υψόμετρα των κορυφών του δικτύου κατακορύφου ελέγχου, επιτυγχάνεται ακρίβεια που φτάνει το $\pm 1,5\text{cm}$.

- ο Επεξεργασία Μετρήσεων - Συνόρθωση - Επίλυση

Το γεωδαιτικό δίκτυο κατακορύφου ελέγχου επιλύεται κατά φάση με τις ελάχιστες εξωτερικές δεσμεύσεις (μια σταθερή κορυφή) και τις ίδιες αρχικές συνθήκες (ίδια σταθερή κορυφή). Η επίλυση του δικτύου γίνεται με εφαρμογή των ελαχίστων τετραγώνων, με τη μέθοδο των εμμέσων παρατηρήσεων (μέθοδος μεταβολής των συντεταγμένων) όπου προσδιορίζονται οι συντεταγμένες των κορυφών του δικτύου και ο πίνακας μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητάς τους.

Στην περίπτωση που το δίκτυο επιλυθεί με τις ελάχιστες εσωτερικές δεσμεύσεις, δηλαδή το δίκτυο είναι ελεύθερο, καμία κορυφή δεν θεωρείται σταθερή.

- ο Ανίχνευση και προσδιορισμός καθιζήσεων

Στο στάδιο αυτό υπολογίζονται οι κατακόρυφες μετακινήσεις και παρακολουθείται η διαχρονική εξέλιξή τους.

Υπολογίζονται, δηλαδή, η μετακίνηση ενός σημείου μεταξύ δύο χρονικών στιγμών $[t_0 - t_1]$, $[t_1 - t_2]$, ..., $[t_{n-1} - t_n]$ και η σχετική μετακίνηση δύο σημείων μεταξύ δύο χρονικών στιγμών για συγκεκριμένο επίπεδο εμπιστοσύνης. Επίσης, είναι δυνατό να προσδιοριστούν οι μετακινήσεις από την αρχική χρονική στιγμή t_0 , δηλαδή $[t_0 - t_1]$, $[t_0 - t_2]$, ..., $[t_0 - t_n]$.

- ο Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Στο τελευταίο αυτό στάδιο, ο Γεωδαίτης ως ισότιμο μέλος της διεπιστημονικής ομάδας, που αποτελείται από γεωεπιστήμονες (εδαφομηχανικό, γεωλόγο κ.λπ.) και στατικούς, συμβάλλει στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Επίσης, στο πλαίσιο αυτής της ομάδας συμμετέχει στη λήψη των αποφάσεων για την αντιμετώπιση των προβλημάτων.

2.3.2 Γεωτεχνικές Μέθοδοι

Η ανίχνευση και η παρακολούθηση καθιζήσεων χρησιμοποιώντας γεωτεχνικές μεθόδους συνίσταται στην εφαρμογή ενός προγράμματος ενόργανης παρακολούθησης, δηλαδή ενός προγράμματος παρακολούθησης του έργου με κατάλληλα γεωτεχνικά όργανα τόσο κατά τη διάρκεια της κατασκευής του όσο και κατά τη φάση της λειτουργίας του.

Αφού γίνει η επιλογή των μεγεθών του έργου που θα παρακολουθηθούν στο πλαίσιο του προγράμματος, καθορίζεται το πεδίο λειτουργίας των οργάνων μέτρησης, δηλαδή, μια πιθανή αναμενόμενη μέγιστη τιμή η οποία ορίζει το εύρος λειτουργίας του οργάνου και μια αναμενόμενη ελάχιστη τιμή που καθορίζει την ευαισθησία του οργάνου μέτρησης. Στη συνέχεια, επιλέγεται η

θέση όπου θα τοποθετηθούν τα όργανα, η οποία βασίζεται στην αναμενόμενη κινηματική συμπεριφορά του έργου, ώστε ακολούθως να πραγματοποιηθεί η συλλογή και η αξιολόγηση των μετρήσεων.

Τα όργανα που χρησιμοποιούνται σε αυτή τη μέθοδο είναι:

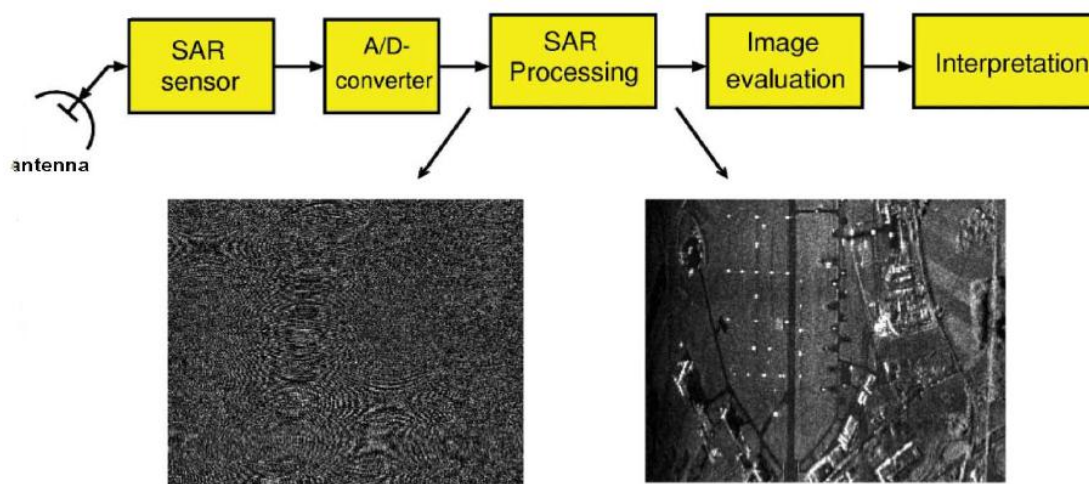
- το πιεζόμετρο, το οποίο χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της πίεσης του νερού.
- το κλισιόμετρο, το οποίο μετρά την εγκάρσια παραμόρφωση του εδάφους.
- το κλινόμετρο, που χρησιμοποιείται για την μέτρηση των στροφών.
- το μηκυνσιόμετρο, το οποίο μετρά τις μεταβολές του μήκους μεταξύ δύο σημείων στα οποία αγκυρώνεται.

Οι μετρήσεις που προκύπτουν από οργανομετρήσεις, είναι άμεσα χρησιμοποιήσιμες και έχουν τη δυνατότητα να λαμβάνονται σε συνεχή βάση, παρέχοντας μόνο ποσοτικές πληροφορίες που είναι ασυσχέτιστες μεταξύ τους. Η ακρίβεια των μετρήσεων αυτών είναι μεγάλη, φτάνοντας και την τάξη δεκάτου του χιλιοστού.

2.3.3 Δορυφορικές Μέθοδοι

Οι Δορυφορικές Μέθοδοι, χρησιμοποιούνται κυρίως σε περιπτώσεις προσδιορισμού γενικευμένης μετακίνησης του εδάφους της εξεταζόμενης περιοχής.

Το Interferometric Synthetic Aperture Radar, είναι μια μέθοδος η οποία χρησιμοποιεί εικόνες radar συνθετικών ανοιγμάτων για παραγωγή χαρτών παραμόρφωσης της γήινης επιφάνειας. Τα στάδια επεξεργασίας που ακολουθούνται εμφανίζονται παρακάτω (Εικόνα 3).



ΕΙΚΟΝΑ 3. Η Ροή Επεξεργασίας Εικόνων SAR. ^[24]

IMAGE 3. The Processing Stream of SAR Images. ^[24]

Συμπερασματικά, από τα παραπάνω προκύπτει ότι υπάρχει σαφής διάκριση μεταξύ των διαφορετικών μεθόδων ανίχνευσης και παρακολούθησης των μετακινήσεων. Παρόλα αυτά υπάρχουν περιπτώσεις όπου είναι δυνατό να εφαρμοστούν περισσότερες από μία μέθοδοι, όπως για παράδειγμα οι γεωδαιτικές με τις γεωτεχνικές, προσφέροντας μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της εξεταζόμενης περιοχής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΜΕΛΕΤΗΣ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το αντικείμενο μελέτης της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η επέκταση του δικτύου κατακόρυφου ελέγχου, εκτός από το κτίριο Λαμπαδαρίου, στα κτίρια Βέη και Άλφα της Σ.Α.Τ.Μ.. Επιπλέον, γίνεται ο έλεγχος της επίδρασης της διάνοιξης αβαθούς σήραγγας, από το σταθμό Κατεχάκη προς την Πανεπιστημιούπολη, στην περιοχή του κτιριακού συγκρότημα της Σ.Α.Τ.Μ., στο πλαίσιο της επέκτασης του ΜΕΤΡΟ.

Το κεφάλαιο αυτό αναφέρεται στα στοιχεία που αφορούν στην εξεταζόμενη περιοχή όπου ιδρύεται το δίκτυο κατακόρυφου ελέγχου. Τα στοιχεία αυτά σχετίζονται με τη γεωλογία και τα γεωτεχνικά στοιχεία του εδάφους στην περιοχή των κατασκευών που μελετώνται, αλλά και με τη στατική λειτουργία των υπό έλεγχο κτιρίων.

3.2 Η ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

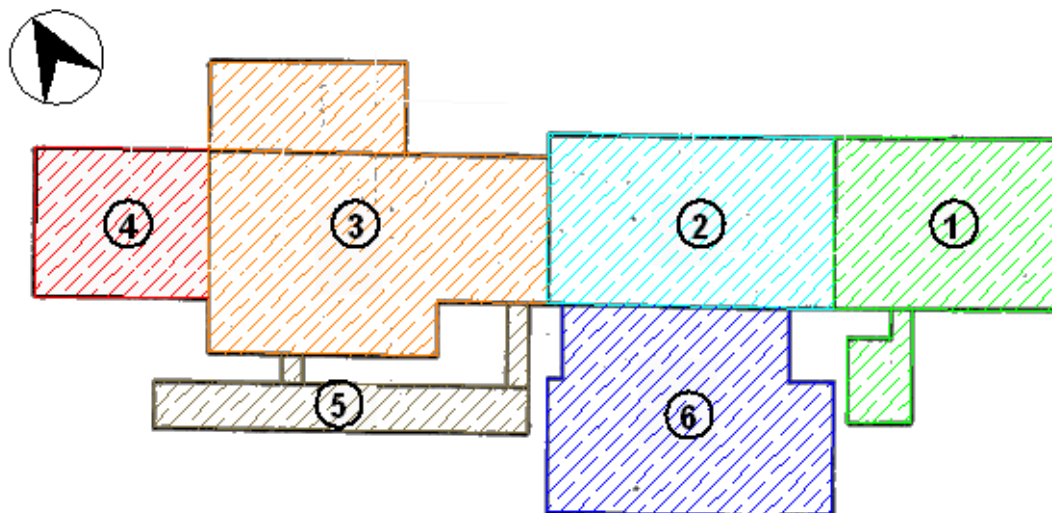
Η περιοχή μελέτης που εξετάζεται, αποτελεί τμήμα του συγκροτήματος της Πολυτεχνειούπολης, το οποίο βρίσκεται στην περιοχή Ζωγράφου.



ΕΙΚΟΝΑ 4. Η Περιοχή Μελέτης. ^[26]

IMAGE 4. The Study Area. ^[26]

Το κτίριο Λαμπαδαρίου της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών (Σ.Α.Τ.Μ.) του Ε.Μ.Π., βρίσκεται στο νοτιοδυτικό τμήμα του συγκροτήματος της Πολυτεχνειούπολης, κοντά στην πύλη που βρίσκεται στην οδό Ηρώων Πολυτεχνείου 9. Το κτίριο χτίστηκε το 1962 και αποτελείται από έξι τμήματα (Εικόνα 6), τα οποία χωρίζονται μεταξύ τους με αντισεισμικούς αρμούς.



ΣΧΕΔΙΟ 1. Το κτίριο Λαμπαδαρίου. ^[22]

DRAWING 1. The Lampadarios Building. ^[22]

Το πρώτο και δεύτερο τμήμα είναι τριώροφο με υπόγειο, το τρίτο και τέταρτο τμήμα είναι διώροφο με υπόγειο, το πέμπτο τμήμα είναι υπόγειο τούνελ που χρησιμοποιείται για μετρολογικούς ελέγχους και το έκτο τμήμα είναι μονώροφο στο οποίο στεγάζονται τα αμφιθέατρα διδασκαλίας.

Στο υπόγειο στεγάζεται το κυλικείο της σχολής, αποθήκες τοπογραφικών οργάνων, γραφεία αλλά και αίθουσες που χρησιμοποιούνται για μετρολογικούς ελέγχους οργάνων. Στο ισόγειο του κτιρίου βρίσκονται όλες οι αίθουσες διδασκαλίας, εργαστήρια, αμφιθέατρα και οι αίθουσες υπολογιστών (Κέντρο Γεωπληροφορικής). Στους υπόλοιπους δύο ορόφους βρίσκονται γραφεία του διδακτικού προσωπικού και αίθουσες συνεδριάσεων.

Από το 2001, το συγκρότημα της σχολής Α.Τ.Μ. περιλαμβάνει εκτός του κτιρίου Λαμπαδαρίου και τα κτίρια Βέη και Άλφα. Τα κτίρια αυτά αποτελούν επεκτάσεις του κτιρίου Λαμπαδαρίου. Το κτίριο Βέη, βρίσκεται στη

βορειοδυτική πλευρά του συγκροτήματος της Σ.Α.Τ.Μ. και αποτελείται από τρεις ορόφους και υπόγειο. Το ένα τμήμα της δυτικής πλευράς του είναι μονώροφο. Συνδέεται με το κτίριο Λαμπαδαρίου μέσω ενός υπέργειου διαδρόμου ο οποίος ξεκινά νότια του πρώτου ορόφου του κτιρίου Βέη και καταλήγει βόρεια στο ισόγειο του κτιρίου Λαμπαδαρίου. Στο ισόγειο του κτιρίου Βέη βρίσκονται δύο αμφιθέατρα διδασκαλίας, η Γραμματεία και το γραφείο του Προέδρου του τμήματος, ενώ στους υπόλοιπους ορόφους και το υπόγειο βρίσκονται γραφεία, αποθήκες και αίθουσες συνεδριάσεων.

Το κτίριο Α βρίσκεται στην νοτιοανατολική πλευρά του συγκροτήματος. Το ένα τμήμα του είναι τριώροφο με υπόγειο και το άλλο μονώροφο. Συνδέεται μέσω διαδρόμου, με το ισόγειο του κτιρίου Λαμπαδαρίου. Στο επίπεδο του ισογείου βρίσκονται αίθουσες διδασκαλίας, ενώ στους υπόλοιπους ορόφους και το υπόγειο βρίσκονται γραφεία.

3.3 ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΚΑΙ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

3.3.1 Γεωλογικό Υπόβαθρο

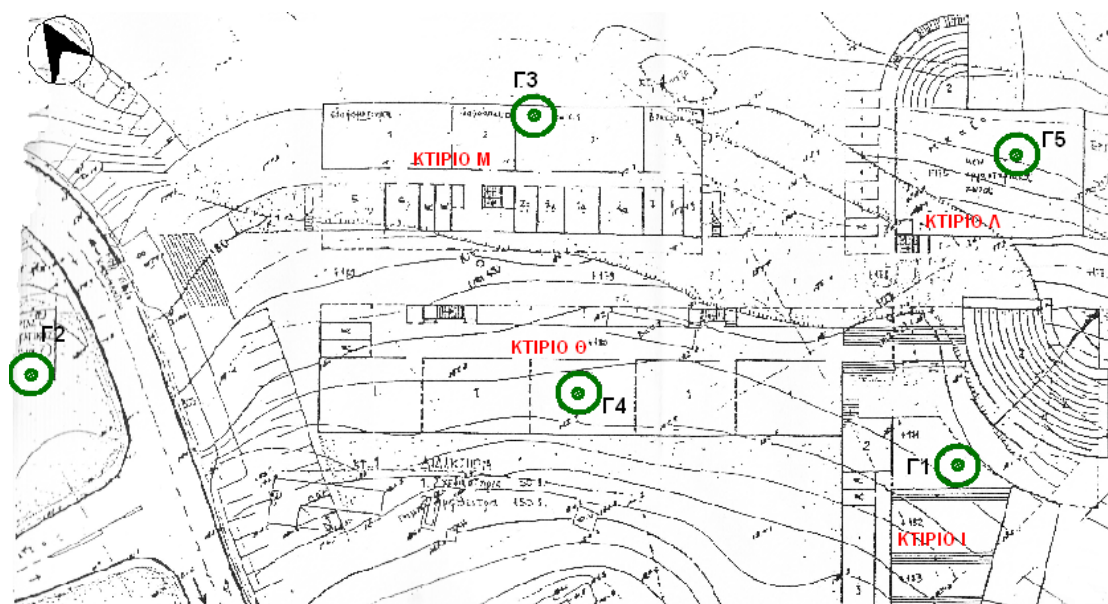
Με αφορμή την έρευνα για τον εντοπισμό υπόγειων νερών στο χώρο της Πολυτεχνειούπολης, πραγματοποιήθηκαν γεωτρήσεις την περίοδο 1992-1995 στη νοτιοανατολική γωνία της ιδιοκτησίας του Ε.Μ.Π., βορειοδυτικά της δεξαμενής της Πολυτεχνειούπολης αλλά και στο Νεκροταφείο Ζωγράφου. Από τις γεωτρήσεις αυτές προέκυψε ότι μέχρι τα 40m περίπου υπάρχει ενότητα κροκαλοπαγών και στη συνέχεια σειρά σχιστόλιθων ως τα 210m.

Με βάση τις γεωτρήσεις που πραγματοποιήθηκαν με σκοπό την αξιολόγηση των εδαφοτεχνικών συνθηκών στις θέσεις ανέγερσης των νέων κτιρίων των Πολιτικών Μηχανικών, και οι οποίες παρουσιάζονται στο Σχέδιο 2, (Γ1, Γ2, Γ3, Γ4 και Γ5), είναι δυνατή η διάκριση του εδάφους σε τρεις ενότητες (από την επιφάνεια προς το βάθος):

- ο Ενότητα Ι: Καστανές χαλικώδεις αμμώδεις Άργιλοι, ως Αμμοχάλικα και Καστανότεφρο αργιλομαργαϊκό Αμμοχάλικο. Πρόκειται για μη συγκολλημένα

υλικά μετρίως πυκνής ως πυκνής απόθεσης, όπου συναντώνται επιφανειακά σε όλες τις γεωτρήσεις (εκτός της Γ2) με πάχος που κυμαίνεται από 1,00-7,30 m. Τα υλικά αυτά, βάση ενδείξεων (χαμηλές κρούσεις, πιθανή παρουσία οικοδομικών υλικών κ.λ.π.), θεωρείται ότι προέρχονται από τεχνητές επιχωματώσεις.

- ο Ενότητα II: Ψαμμιτοψηφιδοπαγή – Κροκαλοπαγή, πολύμικτα, χαμηλής αντοχής, χαλαρά έως μέτρια συγκολλημένα. Η ενότητα αυτή, που συναντήθηκε στις γεωτρήσεις Γ1, Γ2, Γ4, έχει πάχος 13,00-14,00 m και αποτελείται από θραύσματα λευκού μαρμάρου, τφρού ασβεστόλιθου και ποικιλόχρωμων σχιστόλιθων, γωνιώδη ως ελαφρά στρογγυλεμένα.
- ο Ενότητα III: Ψαμμικοί Άργιλοι ως Αργιλικά Μικροκροκαλοπαγή μικρής αντοχής, καστανού-καστανέρυθρου χρώματος. Η ενότητα αυτή συνίσταται από αργιλοϊλύ υψηλής πλαστικότητας, άμμο και λεπτά χαλίκια και συναντήθηκε σε όλες τις γεωτρήσεις, κάτω από τις δύο υπερκείμενες ενότητες μέχρι το τέλος της γεώτρησης.



ΣΧΕΔΙΟ 2. Οι Γεωτρήσεις στην Περιοχή Ανέγερσης των Νέων Κτιρίων των Πολιτικών Μηχανικών.^[18]

DRAWING 2. The Drillings in the Area of the Construction of the New Buildings of the Civil Engineers School.^[18]

Τέλος, με αφορμή την κατασκευή μικρής τεχνητής λίμνης στο χώρο ΒΑ του κτιρίου Λιμενικών Έργων, έγινε μια γεωλογική αναγνώριση των σχηματισμών της περιοχής του Ε.Μ.Π. Προέκυψε, λοιπόν, ότι όλη η Πολυτεχνειούπολη

αποτελείται από προσχωσιγενείς σχηματισμούς και ειδικότερα παλαιά κορήματα και αποθέσεις χειμάρρων, οι οποίες καλύπτουν τις υπώρειες του Υμηττού. Το μητρικό πέτρωμα, μάρμαρο και σχιστόλιθοι, βρίσκεται σε μεγάλο βάθος.

3.3.2 Υδρολογικά Στοιχεία

Κατά τη διάρκεια των γεωτρήσεων έγιναν μετρήσεις της στάθμης των νερών των γεωτρήσεων, τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 3.2.2).

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ (m)	ΠΡΩΙΝΗ ΣΤΑΘΜΗ (m)	ΒΡΑΔΙΝΗ ΣΤΑΘΜΗ (m)
Γ1	0,00-4,25	-	2,60
	4,25-10,80	ΞΗΡΗ	8,40
	10,80-15,10	ΞΗΡΗ	10,30
	15,10-19,90	ΞΗΡΗ	-
Γ2	0,00-6,70	-	4,50
	6,70-12,70	ΞΗΡΗ	8,60
	12,70-15,17	ΞΗΡΗ	5,00
	15,17-19,70	13,60	-
Γ3	0,00-6,00	-	4,20
	6,00-13,20	ΞΗΡΗ	5,10
	13,20-20,50	10,80	-
Γ4	0,00-5,20	-	4,30
	5,20-13,20	ΞΗΡΗ	9,10
	13,20-20,40	ΞΗΡΗ	12,50
Γ5	0,00-7,75	-	4,90
	7,75-15,00	ΞΗΡΗ	6,20
	15,00-19,80	14,10	-

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Στάθμες Νερών Γεωτρήσεων.^[18]

TABLE 1. The Water Level of the Drillings.^[18]

Από τα παραπάνω, προέκυψε το γεγονός ότι είναι πιθανή η συνάντηση υδροφορίας στις γεωτρήσεις Γ2, Γ3 και Γ5 σε βάθος που κυμαίνεται στα 10~15m.

3.3.3 Γεωτεχνικά Στοιχεία

Από τις γεωτεχνικές έρευνες που πραγματοποιήθηκαν κατά την κατασκευή των κτιρίων των Πολιτικών Μηχανικών στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, προσδιορίστηκαν οι γεωτεχνικές παράμετροι για τη στρώση των

κροκαλοπαγών που είναι και ο επικρατέστερος σχηματισμός κατά την εκσκαφή για την θεμελίωση των κτιρίων που εξετάζονται.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗ
ΒΑΘΟΣ (m)	ΩΣ ΤΑ 20 m
W (%)	15
γ_d (KN/m ³)	19
TRIAxIAL TEST	
c (KN/m ²)	10
ϕ (°)	35
E_s (MPa)	30
σ_c (MPa)	12
,όπου W : υγρασία γ_d : ειδικό βάρος εδάφους c, ϕ : παράμετροι διατμητικής αντοχής E_s : μέτρο συμπίεστικότητας σ_c : τάση	

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Αποτελέσματα Γεωτεχνικών Δοκιμών Ενότητας Κροκαλοπαγών. ^[18]

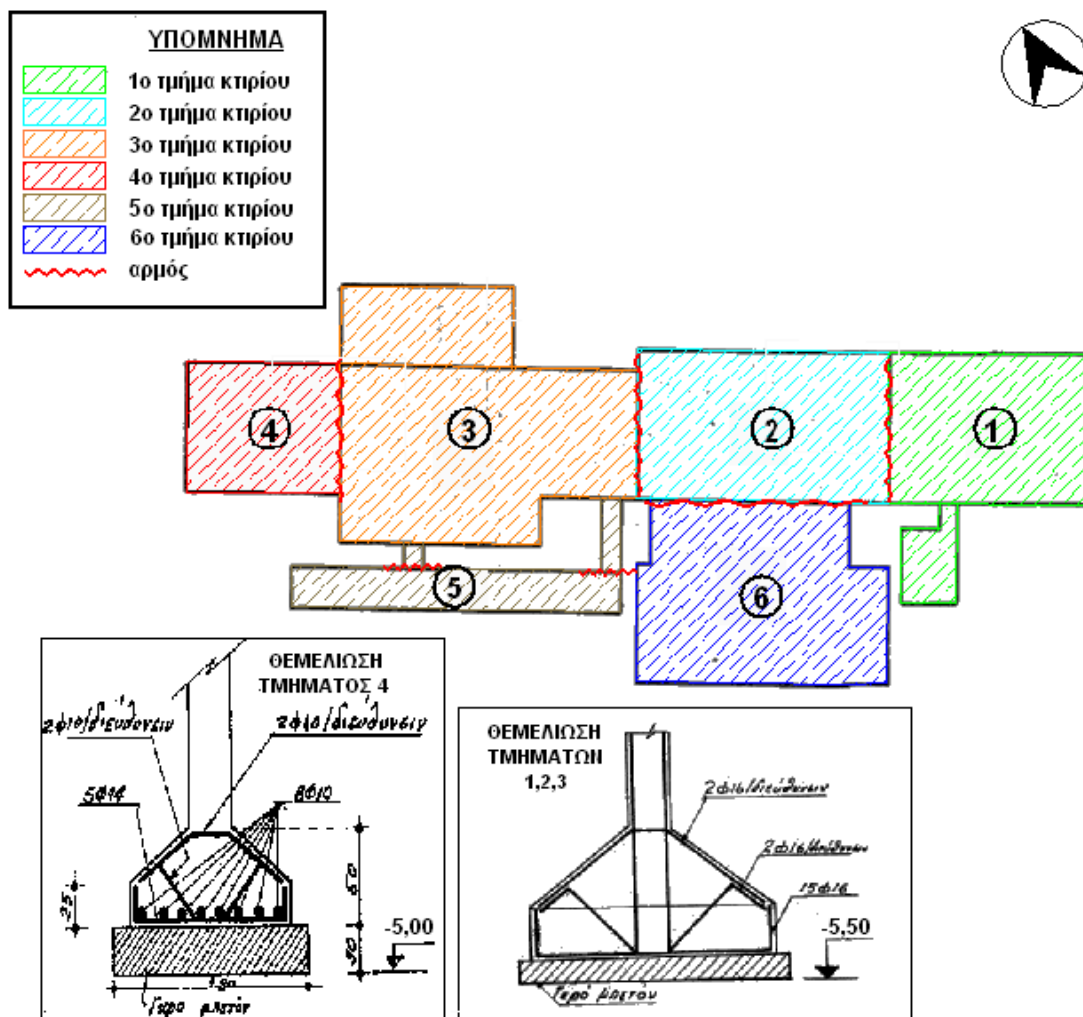
TABLE 2. The Results of the Geotechnical Testing of Conglomerates. ^[18]

Με βάση αυτά τα γεωτεχνικά στοιχεία, το έδαφος της Πολυτεχνειούπολης παρουσιάζει χαρακτήρα συνεκτικό. Για αυτό το λόγο, οι εμφανιζόμενες καθιζήσεις αναμένεται να παρουσιάσουν την εξέλιξη των καθιζήσεων που αναφέρεται στην παράγραφο 2.2.4 της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

3.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΤΗΣ Σ.Α.Τ.Μ.

3.4.1 Το Κτίριο Λαμπαδαρίου

Πρόκειται για κτίριο, του οποίου η θεμελίωση αποτελείται από μεμονωμένα πέλδια τα οποία συνδέονται με πεδילוδοκούς (Σχέδιο 3). Η θεμελίωση έχει γίνει στη στάθμη -5,50m για όλα τα τμήματα εκτός του τέταρτου όπου η στάθμη θεμελίωσης είναι -5,00m.



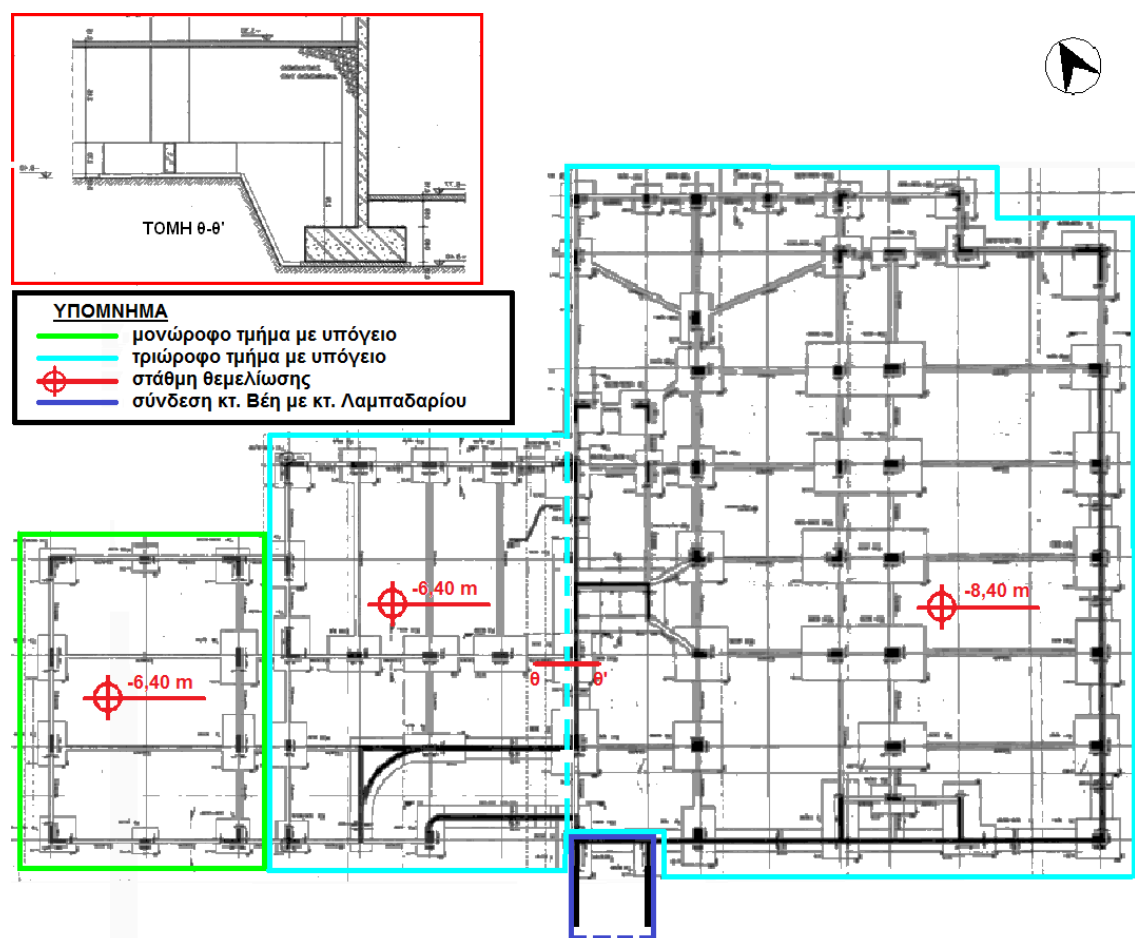
ΣΧΕΔΙΟ 3. Το Κτίριο Λαμπαδαρίου και η Θεμελίωσή του. ^[22]
DRAWING 3. The Lampadarios Building and its Foundation. ^[22]

Τα επιμέρους τμήματα του κτιρίου Λαμπαδαρίου, για αντισεισμικούς λόγους συνδέονται μεταξύ τους με αρμούς διαστολής πλάτους 5cm. Τα φέροντα στοιχεία είναι τα υποστυλώματα και περιμετρικά κάθε τμήματος του κτιρίου υπάρχει τοιχίο. Στο τρίτο τμήμα του κτιρίου, δεν υπάρχει περιμετρικά τοιχίο παρά μόνο στην νότια πλευρά του.

Για την κατασκευή του φέροντα οργανισμού χρησιμοποιήθηκε σκυρόδεμα κατηγορίας B225 με οπλισμό χάλυβα StI. Η επιτρεπόμενη τάση εδάφους θεωρήθηκε ότι ήταν 2,5 Kg/cm² (=245,166 KN/m²).

3.4.2 Το Κτίριο Βέη

Πρόκειται για κτίριο, του οποίου η θεμελίωση αποτελείται από μεμονωμένα πέδιλα τα οποία συνδέονται με συνδετήρια δοκάρια (Σχέδιο 4). Η θεμελίωση έχει γίνει σε δύο επίπεδα. Το ένα επίπεδο είναι στη στάθμη $-8,40\text{m}$ στο ανατολικό τμήμα του κτιρίου που είναι τριώροφο και το άλλο επίπεδο θεμελίωσης είναι στη στάθμη $-6,40\text{m}$ που είναι μονώροφο, θεωρώντας $\pm 0,00\text{m}$ τη στάθμη $+195,30\text{m}$, όπως αναφέρεται στο τοπογραφικό διάγραμμα της Τοπογραφικής Υπηρεσίας.



ΣΧΕΔΙΟ 4. Η Θεμελίωση του Κτιρίου Βέη. ^[22]

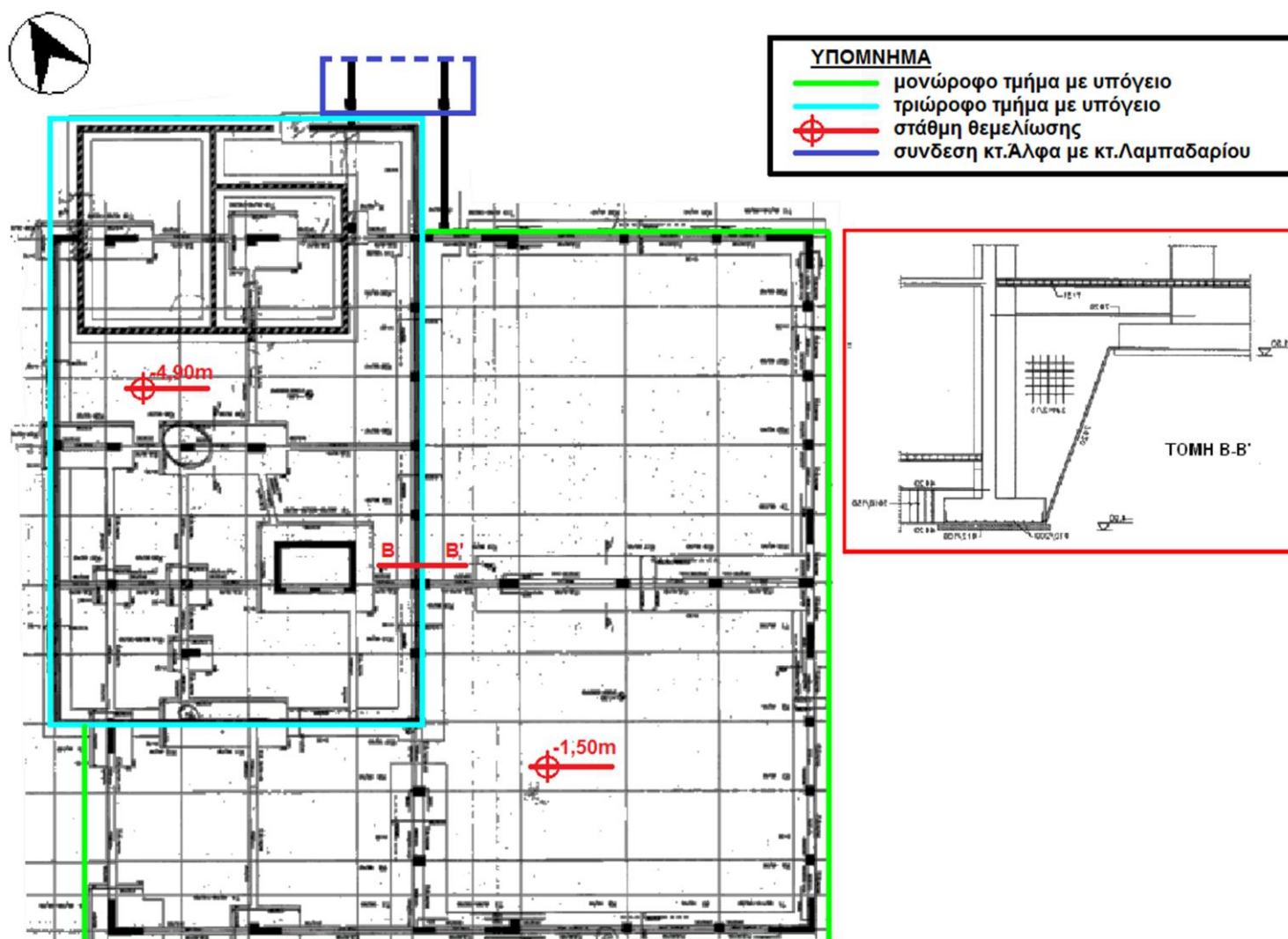
DRAWING 4. The Foundation of the Veis Building. ^[22]

Τα φέροντα στοιχεία είναι υποστυλώματα και ενδιάμεσα τοιχεία. Τα υποστυλώματα στις γωνίες έχουν μορφή Γ και οι διαστάσεις τους ποικίλουν. Ο σχεδιασμός αυτού του κτιρίου έχει γίνει με πρόβλεψη ενός ορόφου.

Για την κατασκευή του χρησιμοποιήθηκε σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25 με κύριο οπλισμό και συνδετήρες χάλυβα S500. Επειδή πρόκειται για εκπαιδευτικό κτίριο, θεωρήθηκε σπουδαιότητας Σ3, σε ζώνη σεισμικής δραστηριότητας II και με κατηγορία εδάφους A, επιτρεπόμενης τάσης 400 KN/m².

3.4.3 Το Κτίριο Άλφα

Πρόκειται για κτίριο, του οποίου η θεμελίωση αποτελείται από μεμονωμένα πέδιλα. Η θεμελίωση έχει γίνει σε δύο επίπεδα. Το ένα επίπεδο θεμελίωσης είναι στη στάθμη -1,50m που είναι μονώροφο και το άλλο επίπεδο θεμελίωσης είναι στη στάθμη -4,90m που το κτίριο είναι τριώροφο (Σχέδιο 5).



ΣΧΕΔΙΟ 5. Η Θεμελίωση του Κτιρίου Άλφα. ^[22]

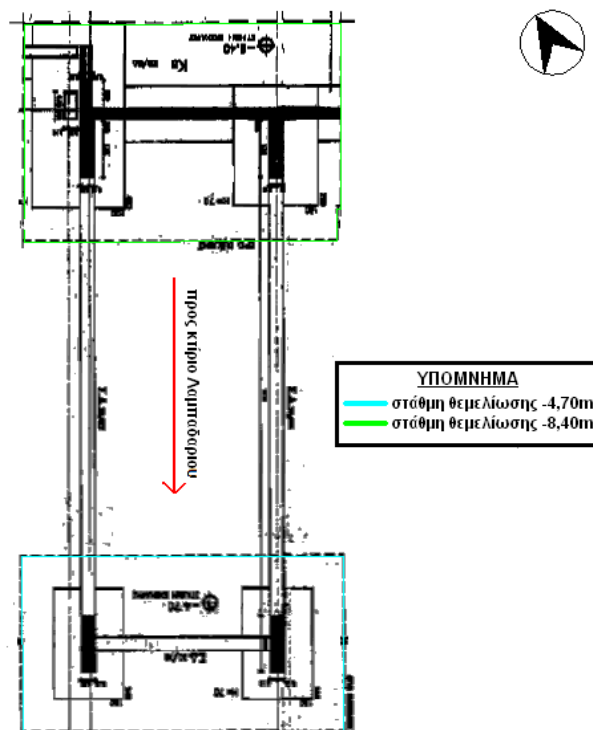
DRAWING 5. The Foundation of the Building A. ^[22]

Περιμετρικά του τριώροφου τμήματος, υπάρχει τοίχιο με ενσωματωμένα σε αυτό τα υποστυλώματα. Επίσης, σε αυτό το τμήμα υπάρχουν και μεμονωμένα υποστυλώματα διαφόρων διαστάσεων. Ο σχεδιασμός αυτού του κτιρίου έχει γίνει με πρόβλεψη ενός ορόφου.

Για την κατασκευή του χρησιμοποιήθηκε σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25 και για τους κύριους οπλισμούς και τους συνδετήρες χάλυβας S500. Επειδή πρόκειται για εκπαιδευτικό κτίριο, θεωρήθηκε σπουδαιότητας Σ3, σε ζώνη σεισμικής δραστηριότητας II και με κατηγορία εδάφους A, επιτρεπόμενης τάσης 400 KN/m^2 .

3.4.4 Η Σύνδεση των Κτιρίων Βέη και Άλφα με το Κτίριο Λαμπαδαρίου

Το κτίριο Βέη συνδέεται με το κτίριο Λαμπαδαρίου μέσω ενός υπέργειου διαδρόμου, ο οποίος ξεκινά από τον πρώτο όροφο του κτιρίου Βέη και καταλήγει στο ισόγειο του Λαμπαδαρίου. Όπως προκύπτει και από τα σχέδια θεμελίωσης, η στάθμη θεμελίωσης του διαδρόμου είναι $-8,40\text{m}$ στο κτίριο Βέη και $-4,70\text{m}$ στο κτίριο Λαμπαδαρίου (Σχέδιο 6).



ΣΧΕΔΙΟ 6. Η Θεμελίωση του Υπέργειου Διαδρόμου Σύνδεσης Κτ.Λαμπαδαρίου και Κτ.Βέη.^[22]

DRAWING 6.The Foundation of the Overground Ramp Connecting the Buildings Lampadarios and Veis.^[22]

Το κτίριο Άλφα συνδέεται με το κτίριο Λαμπαδαρίου μέσω ενός διαδρόμου, ο οποίος ξεκινά από το νοτιοανατολικό τμήμα του ισόγειου του Λαμπαδαρίου και καταλήγει στο ισόγειο του κτιρίου Άλφα. Σε όλα τα τμήματα σύνδεσης των κτιρίων, υπάρχουν αρμοί διαστολής πλάτους 5cm.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ ΤΟΥ 1980

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Τον Ιούνιο του 1980, προκειμένου να ελεγχθεί η κινηματική συμπεριφορά του κτιρίου Λαμπαδαρίου, στα πλαίσια διπλωματικής εργασίας, ιδρύθηκε ένα δίκτυο κατακορύφου ελέγχου.

Το δίκτυο αυτό αποτελείται από σημεία που ιδρύθηκαν στη γύρω περιοχή και από σημεία ελέγχου πάνω στο κτίριο Λαμπαδαρίου.

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε δύο φάσεις, η πρώτη τον Ιούνιο του 1980 και η δεύτερη φάση τον Μάιο του 1981. Η δεύτερη φάση μετρήσεων κρίθηκε αναγκαία προκειμένου να εντοπιστούν πιθανές καθιζήσεις στο κτίριο μετά το σεισμό που έγινε το Φεβρουάριο του 1981.

4.2 ΣΗΜΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ

Επιλογή των Θέσεων των Κορυφών

Το χωροσταθμικό δίκτυο κατακορύφου ελέγχου επιλέχτηκε να αποτελείται, εκτός από τα σημεία ελέγχου πάνω στο εξεταζόμενο κτίριο και από τρεις υψομετρικές αφετηρίες που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή όπως φαίνεται και στο Χάρτη 1. Από τις κορυφές αυτές, οι δύο προϋπήρχαν ενώ η τρίτη ιδρύθηκε.

Η πρώτη κορυφή που επιλέχτηκε ήταν η υψομετρική αφετηρία που βρίσκεται αριστερά της βόρειας εισόδου του συγκροτήματος της Φοιτητικής Εστίας, R_E , νοτιοανατολικά της Πολυτεχνειούπολης. Η κορυφή αυτή εγκαταστάθηκε από τη Σ.Α.Τ.Μ.

Τη δεύτερη κορυφή του δικτύου αποτελεί η υψομετρική αφετηρία που βρίσκεται αριστερά της κύριας εισόδου του ναού του Αγίου Θεράποντα, R_Θ . Η υψομετρική αφετηρία εγκαταστάθηκε από την Υπηρεσία Αποχέτευσης Πρωτευούσης (Υ.Α.Π.) .

Άλλη υψομετρική αφετηρία στην ευρύτερη περιοχή δεν υπήρχε. Για αυτό, ιδρύθηκε μια νέα κορυφή, η οποία βρισκόταν στο δυτικό γωνιακό υποστύλωμα της πολυκατοικίας ,στην οδό Γρ.Κουσίδου 30^Α.

Η Επιλογή των Συνδέσεων

Οι παραπάνω κορυφές, συνδέθηκαν με χωροσταθμίσεις με μία κορυφή, R_{λ} , η οποία βρίσκεται στη βόρεια όψη του κτιρίου Λαμπαδαρίου, δεξιά της κυρίας εισόδου του. Οι χωροσταθμίσεις αυτές ήταν συνολικά έξι, εκ των οποίων οι τέσσερις ήταν περιμετρικές και οι δύο διαγώνιες.

Οι συνδέσεις αυτές που ήταν όλες οι δυνατές παρουσιάζονται στο Χάρτη 1. Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν με τη μέθοδο της Γεωμετρικής Χωροστάθμισης, χρησιμοποιώντας το χωροβάτη ακριβείας WILD N3 και δύο σταδίες INVAR , τύπου WILD (GPL 3), διπλής κλίμακας με τις αντηρίδες τους.



ΧΑΡΤΗΣ 1. Οι Μετρημένες Υψομετρικές Διαφορές Μεταξύ των Κορυφών στην Ευρύτερη Περιοχή του Κτιρίου Λαμπαδαρίου .^[23]

MAP 1. The Measured Height Differences Between the Points in the Area of Lampadarios Building.^[23]

4.3 ΣΗΜΕΙΑ ΠΑΝΩ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ

Επιλογή των Θέσεων των Κορυφών

Εκτός από την υψομετρική αφετηρία R_{λ} , το δίκτυο κατακορύφου ελέγχου αποτελείται από κορυφές στο εσωτερικό του κτιρίου Λαμπαδαρίου. Ο αριθμός και η θέση των κορυφών μέσα στο κτίριο εξαρτήθηκαν από παράγοντες, σχετικούς με την έκταση, τον αριθμό των ορόφων και τη μέθοδο που ακολουθήθηκε για τη διεξαγωγή των μετρήσεων. Όλες οι κορυφές ιδρύθηκαν πάνω σε στοιχεία του φέροντα οργανισμού του κτιρίου.

Συνολικά εγκαταστάθηκαν δεκαεπτά (17) κορυφές, εκ των οποίων έξι (6) κορυφές ιδρύθηκαν στο υπόγειο του κτιρίου (Σχέδιο 7), πέντε (5) εγκαταστάθηκαν στο ισόγειο (Σχέδιο 8) και από τρεις κορυφές σε κάθε ένα από τους δύο ορόφους του κτιρίου (6).

ο Κορυφές στο Υπόγειο του Κτιρίου Λαμπαδαρίου

Οι τρεις από αυτές (R_{Y1} , R_{Y5} , R_{Y6}), βρίσκονται στο πρώτο τμήμα του κτιρίου και είναι εγκατεστημένες στα τρία υποστυλώματα του πλαισίου 2, εγκάρσιου προς το διαμήκη άξονα του κτιρίου. Και οι τρεις αυτές υψομετρικές αφετηρίες βρίσκονται μέσα στο γραφείο όπου σήμερα στεγάζεται το Φωτογραφικό Στούντιο.

Η τέταρτη και πέμπτη κορυφή (R_{Y2} , R_{Y3}), βρίσκονται στο δεύτερο τμήμα του κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα, η υψομετρική αφετηρία R_{Y2} βρίσκεται στο χώρο προ του κλιμακοστασίου και των ανελκυστήρων στο πλαίσιο 12 και η υψομετρική αφετηρία R_{Y3} βρίσκεται στην παρειά του μεσαίου υποστυλώματος του πλαισίου 19 στο μέσον του διαδρόμου, μέσα στην αίθουσα των ελέγχων Y23.

Η έκτη κορυφή (R_{Y4}), βρίσκεται στο τρίτο τμήμα του κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα, βρίσκεται στο υποστυλόμετρο του πλαισίου 27 στο δυτικό άκρο του κτιρίου, στο χώρο προ της αποθήκης των οργάνων.

Οι κορυφές στο υπόγειο του κτ. Λαμπαδαρίου παρουσιάζονται στο Σχέδιο 7.

- ο Κορυφές στο Ισόγειο του Κτιρίου Λαμπαδαρίου

Αυτές ιδρύθηκαν κατά τον διαμήκη άξονα του ισογείου του κτιρίου στο διάδρομο, πάνω σε υποστυλώματα των πλαισίων με αριθμούς 2 (R_{11}), 12(R_{12}), 19(R_{13}), 27(R_{14}), στα ίδια υποστυλώματα με αυτά στα οποία τοποθετήθηκαν και οι αντίστοιχες υψομετρικές αφετηρίες του υπογείου. Επιπλέον, η πέμπτη κορυφή (R_{15}) του ισογείου, βρίσκεται στο τρίτο τμήμα του κτιρίου και τοποθετήθηκε στο μεσαίο υποστύλωμα του πλαισίου 32.

Πιο συγκεκριμένα η υψομετρική αφετηρία R_{11} βρίσκεται στο πρώτο τμήμα του κτιρίου Λαμπαδαρίου εντός της αίθουσας που βρίσκεται σήμερα το εργαστήριο Δομικής Μηχανικής. Οι κορυφές R_{12} , R_{13} , είναι αντίστοιχα εγκατεστημένες, στο δεύτερο τμήμα του κτιρίου, στο διάδρομο απέναντι από τους ανελκυστήρες και δεξιά της εισόδου της αίθουσας διδασκαλίας Λ19. Τέλος, οι υψομετρικές αφετηρίες R_{14} , R_{15} βρίσκονται αντίστοιχα αριστερά της εισόδου της αίθουσας διδασκαλίας Λ21 και στο διάδρομο που οδηγεί στις αίθουσες Γεωπληροφορικής.

Οι κορυφές στο ισόγειο του κτ. Λαμπαδαρίου παρουσιάζονται στο Σχέδιο 8.

- ο Κορυφές στον Πρώτο και Δεύτερο όροφο του Κτιρίου Λαμπαδαρίου

Η εγκατάσταση των κορυφών στα υπόλοιπα επίπεδα του πρώτου και δεύτερου ορόφου έγινε με σκοπό την εφαρμογή της μεθόδου που επιλέχθηκε για την πραγματοποίηση της κατακόρυφης χωροστάθμησης ακριβείας, καθώς οι κορυφές στο υπόγειο και στο ισόγειο κρίνονταν αρκετές για την παρατήρηση των κατακόρυφων μετακινήσεων. Για αυτό, τοποθετήθηκαν τρεις κορυφές σε κάθε ένα από τους δύο ορόφους, καθ' ύψος των υποστυλωμάτων των πλαισίων 2, 12, 19.

Η Επιλογή των Συνδέσεων

Η χωροστάθμηση για τη σύνδεση της κορυφής που βρίσκεται εξωτερικά του κτιρίου με υψομετρική αφετηρία στο εσωτερικό του, επιλέχθηκε να είναι η R_{11} - R_{12} .

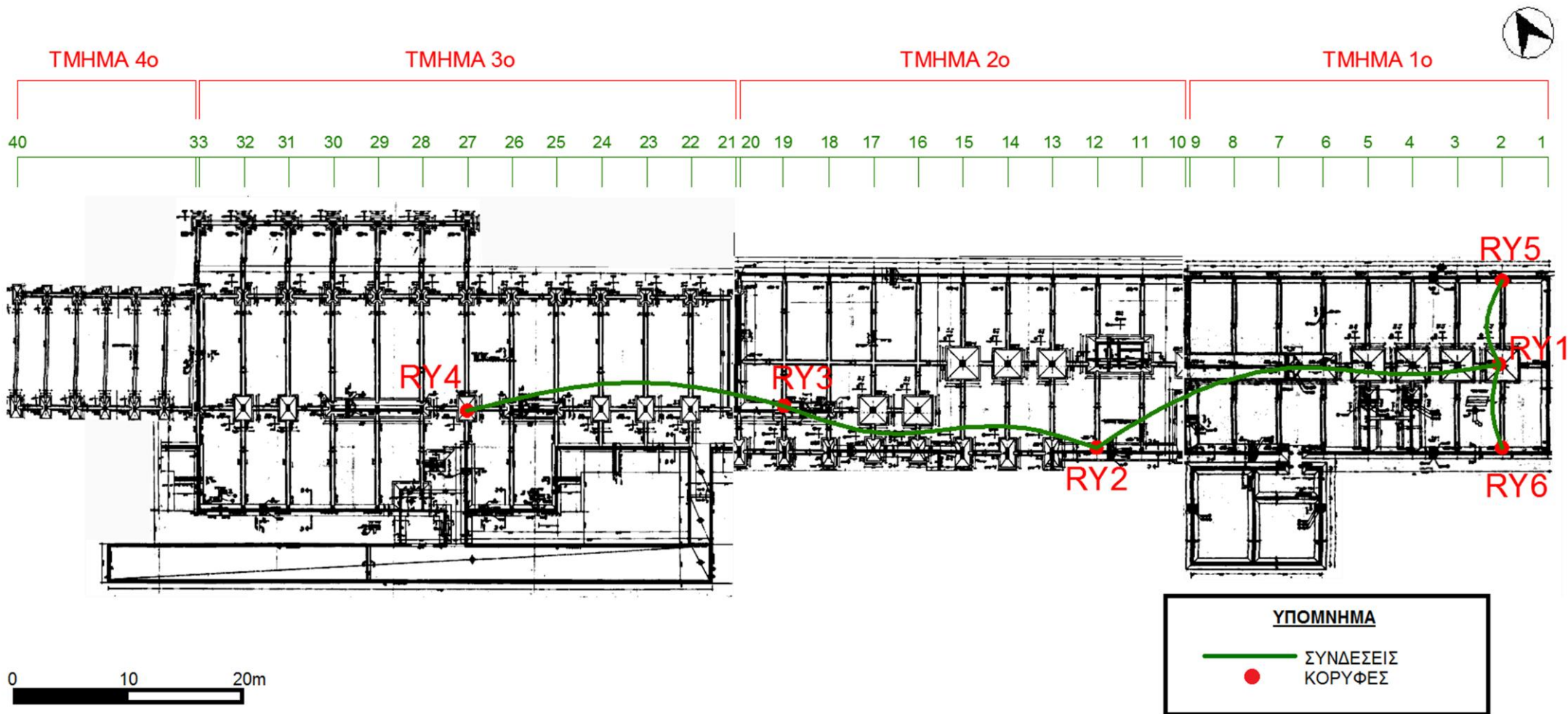
Η χωροστάθμηση του υπογείου ξεκίνησε από την υψομετρική αφετηρία R_{Y4} και μέσω των κορυφών R_{Y3} και R_{Y2} έφτασε στην κορυφή R_{Y1} . Από αυτή, επιλέχτηκε να πραγματοποιηθεί η σύνδεση $R_{Y1}-R_{Y5}$ και $R_{Y1}-R_{Y6}$. Οι χωροσταθμικές οδεύσεις του ισογείου και των ορόφων επιλέχθηκαν να γίνουν όπως ακριβώς και στο υπόγειο.

Οι παραπάνω συνδέσεις έγιναν με Γεωμετρική Χωροστάθμηση (με διπλή μετάβαση) με χρήση του χωροβάτη ακριβείας WILD N3 και συναρμολογούμενων σταδίων ύψους ενός ή δύο μέτρων, καθώς οι τρίμετρες INVAR δεν χωρούσαν στους διαδρόμους του κτιρίου.

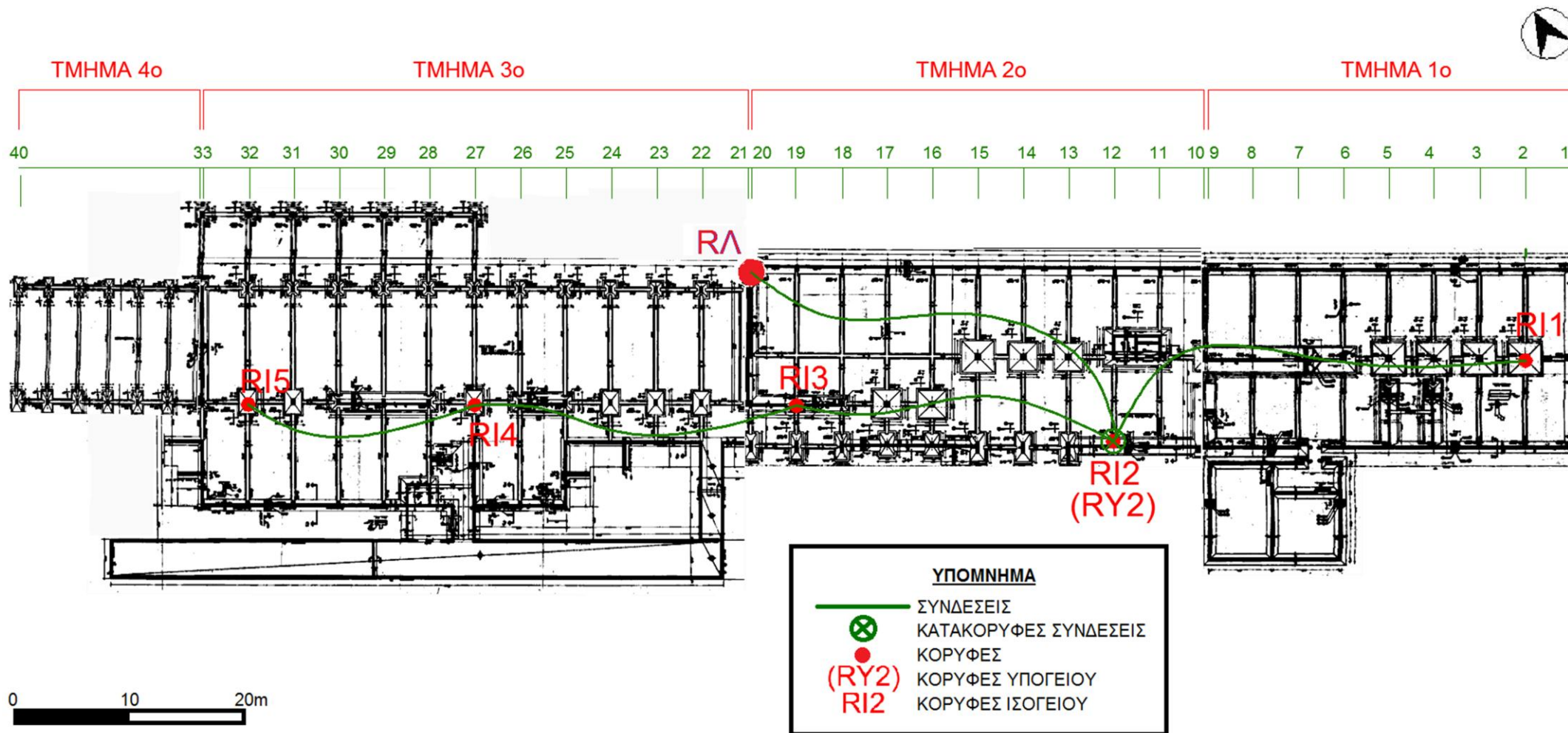
Η κατακόρυφη σύνδεση των ορόφων έγινε με τις χωροσταθμίσεις $R_{Y2}-R_{I2}-R_{A2}-R_{B2}$. Η μετάβαση έγινε με τη μέθοδο της Γεωμετρικής Χωροστάθμησης, ενώ η επιστροφή εφαρμόζοντας τη μέθοδο της Ειδικής Γεωμετρικής Χωροστάθμησης (με χρήση μετροταινίας Chesterman υποδιαίρεσης χιλιοστού).

Αποτελέσματα Περιόδου 1980-1981

Από τις διαφορές μεταξύ των υψομέτρων της πρώτης και δεύτερης φάσης, προέκυψε το συμπέρασμα ότι στο φέροντα οργανισμό του κτιρίου Λαμπαδαρίου δεν εκδηλώθηκε αυτένταση, δηλαδή δεν παρουσιάστηκαν διαφορικές καθιζήσεις μεταξύ των υποστυλωμάτων των πλαισίων, από τη σεισμική ακολουθία του Φεβρουαρίου 1981.



ΣΧΕΔΙΟ 7. Κάτοψη Υπογείου Κτιρίου Λαμπαδαρίου.^[22]
 DRAWING 7. Plan of the Lampadarios' Building Basement.^[22]



ΣΧΕΔΙΟ 8. Κάτοψη Ισογείου Κτιρίου Λαμπαδαρίου.^[22]

DRAWING 8. Plan of the Lampadariou' Building Ground Floor.^[22]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Η ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Μετά την ίδρυση και τη μέτρηση του δικτύου κατακορύφου ελέγχου το 1980, δεν έγιναν μετρήσεις στο δίκτυο για τον έλεγχο της κινηματικής συμπεριφοράς του κτιρίου Λαμπαδαρίου.

Με τη δόμηση των κτιρίων Βέη και Άλφα κοντά στο κτίριο Λαμπαδαρίου κρίθηκε σκόπιμο να επεκταθεί το δίκτυο κατακορύφου ελέγχου στα νέα κτίρια. Στόχος της επέκτασης είναι να ελεγχθεί διαχρονικά η κινηματική συμπεριφορά των κτιρίων Βέη και Άλφα και να διερευνηθεί η απόκριση του κτιρίου Λαμπαδαρίου μετά την δόμηση των δύο νέων κτιρίων στη γειτονική περιοχή του, αλλά και μετά το σεισμό του 1999.

5.2 Η ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΩΝ ΚΟΡΥΦΩΝ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ

Παράλληλα με την επέκταση του δικτύου κατακορύφου ελέγχου στα κτίρια Βέη και Άλφα, έγινε και επέκταση των κορυφών στη γύρω περιοχή, εντός της Πολυτεχνειούπολης.

Αυτό έγινε με σκοπό την ενίσχυση του δικτύου κατακορύφου ελέγχου με σημεία των οποίων η κινηματική τους συμπεριφορά δεν σχετίζεται με αυτή του κτιρίου Λαμπαδαρίου, Βέη και Άλφα. Για αυτό το λόγο επιλέχτηκε η επέκταση αυτή να γίνει εντός της Πολυτεχνειούπολης από υψομετρικές αφετηρίες που έχουν ήδη εγκατασταθεί πάνω σε κτίρια.

5.3 Η ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ

Καθώς το κτίριο Λαμπαδαρίου αποτελείται από πολλά τμήματα διαφορετικών επιπέδων, κρίθηκε σκόπιμη η επέκταση του δικτύου κατακορύφου ελέγχου προς το πέμπτο τμήμα το οποίο αντιστοιχεί στο υπόγειο τούνελ μετρολογικών ελέγχων και βρίσκεται σε χαμηλότερο επίπεδο από αυτό του υπογείου.

5.4 Η ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΒΕΗ

Το κτίριο Βέη, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, βρίσκεται κτισμένο βορειοδυτικά του κτιρίου Λαμπαδαρίου. Είναι κτίριο τριώροφο με υπόγειο με ένα τμήμα του ,δυτικά, το οποίο είναι μονώροφο.

Με βάση τα σχέδια θεμελίωσής του, επιλέχτηκε να μελετηθεί η κινηματική συμπεριφορά μόνο του τριώροφου τμήματός του, το οποίο και είναι θεμελιωμένο στο χώρο όπου βρισκόταν το πρηνές βόρεια του κτιρίου Λαμπαδαρίου. Σε αυτό το τμήμα πιθανολογείται ότι μπορεί να εμφανιστούν μετακινήσεις λόγω των αυξημένων φορτίων και της θέσης του στο χώρο του πλαϊνού πρηνούς. Καθώς το βάθος θεμελίωσης του τριώροφου τμήματος αλλάζει, επιλέχτηκε να τοποθετηθούν υψομετρικές αφετηρίες περιμετρικά του ορίου θεμελίωσης του τριώροφου, πάνω σε στοιχεία του φέροντα οργανισμού του.

Επιπλέον, κρίθηκε σκόπιμο να μελετηθεί και η κινηματική συμπεριφορά της σύνδεσης του κτιρίου με το κτίριο Λαμπαδαρίου. Η σύνδεση αυτή επιτυγχάνεται μέσω του υπέργειου διαδρόμου. Για αυτόν το λόγο, θεωρήθηκε αναγκαία η εγκατάσταση υψομετρικών αφετηριών στα σημεία ένωσης του κτιρίου Βέη με τον υπέργειο αυτό διάδρομο.

Επομένως, με την ίδρυση κορυφών στα σημεία που προαναφέρθηκαν και τα οποία πληρούν τις παραπάνω προϋποθέσεις, το υπάρχον δίκτυο κατακορύφου ελέγχου επεκτείνεται περιλαμβάνοντας και το κτίριο Βέη.

5.5 Η ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΑΛΦΑ

Το κτίριο Άλφα, είναι δομημένο νοτιοανατολικά του κτιρίου Λαμπαδαρίου. Είναι τριώροφο με υπόγειο σε ένα τμήμα του ,ανατολικά, και μονώροφο με διαφορετικό βάθος θεμελίωσης.

Λόγω των αυξημένων φορτίων, επιλέχτηκε να μελετηθεί η κινηματική συμπεριφορά μόνο του τριώροφου τμήματός του. Για αυτό το λόγο, ιδρύθηκαν

υψομετρικές αφετηρίες περιμετρικά του τριώροφου τμήματος , στα σημεία αλλαγής της στάθμης θεμελίωσης, πάνω σε στοιχεία του φέροντα οργανισμού του.

Επιπλέον, και σε αυτό το κτίριο, κρίθηκε σκόπιμο να μελετηθεί η κινηματική συμπεριφορά της σύνδεσής του με το κτίριο Λαμπαδαρίου. Η σύνδεση αυτή επιτυγχάνεται μέσω ενός διαδρόμου. Για αυτόν το λόγο, θεωρήθηκε αναγκαία η εγκατάσταση υψομετρικών αφετηριών στα σημεία ένωσης του κτιρίου Άλφα με αυτόν το διάδρομο.

Με αυτόν τον τρόπο επεκτείνεται το δίκτυο κατακορύφου ελέγχου σε όλο το συγκρότημα της Σ.Α.Τ.Μ., περιλαμβάνοντας όλα τα κτίρια που το αποτελούν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΡΟΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

6.1 ΓΕΝΙΚΑ

Σε μια μελέτη καθιζήσεων, επιβάλλεται να γίνει προανάλυση του δικτύου, έτσι ώστε να ικανοποιούνται τα κριτήρια ποιότητας με το ελάχιστο δυνατό κόστος.

Στο κεφάλαιο αυτό, περιγράφονται αναλυτικά οι παράμετροι , όπως η θέση των κορυφών του δικτύου που θα επιλεγούν και οι υψομετρικές διαφορές που θα μετρηθούν, η μέθοδος συνόρθωσης των παρατηρήσεων, το όργανο και τα παρελκόμενά του που θα χρησιμοποιηθούν , οι οποίες συμμετέχουν στην προανάλυση του δικτύου. Επίσης, στην ενότητα αυτή, παραθέτονται τα κριτήρια ώστε το τελικό δίκτυο κατακορύφου ελέγχου που θα χρησιμοποιηθεί να χαρακτηριστεί ως ποιοτικό, ακριβές και αξιόπιστο.

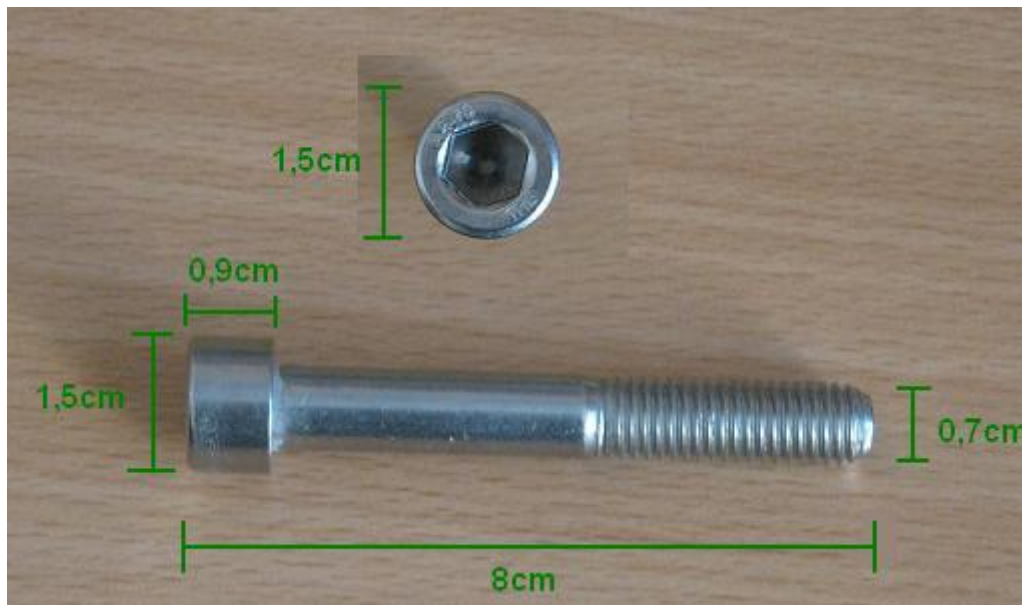
Επομένως, επειδή η ιδανική λύση δύσκολα μπορεί να βρεθεί, λόγω των πολλών και διαφορετικής φύσης παραμέτρων που υπεισέρχονται, επιλέγεται η βέλτιστη λύση από ένα σύνολο εναλλακτικών ^[13].

6.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΩΝ ΚΟΡΥΦΩΝ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Όπως στο δίκτυο του 1980, έτσι και στην παρούσα διπλωματική εργασία προκειμένου να εντοπιστούν κατακόρυφες μετακινήσεις στα εξεταζόμενα κτίρια, είναι απαραίτητη η εγκατάσταση σημείων στην ευρύτερη περιοχή της Πολυτεχνειούπολης. Η επιλογή της θέσης των κορυφών αυτών, έγινε λαμβάνοντας υπόψη τις υπάρχουσες υψομετρικές αφετηρίες οι οποίες είναι εγκατεστημένες στα διάφορα κτίρια της Πολυτεχνειούπολης.

Για την ίδρυση, όμως, των σημείων ελέγχου του δικτύου κατακορύφου ελέγχου στα κτίρια Βέη και Άλφα, επιλέχθηκαν θέσεις εσωτερικά και εξωτερικά των κτιρίων, στα στοιχεία του φέροντα οργανισμού τους. Η εγκατάστασή τους έγινε με χρήση ανοξειδωτων κοχλιών allen (Εικόνα 5). Αυτές πακτώθηκαν στα 4cm βάθος ώστε να μπορεί εύκολα να εδραστεί η σταδία, ενώ στο κτίριο Λαμπαδαρίου οι κορυφές ήταν ήδη τοποθετημένες από την περίοδο 1980, με ορειχάλκινα μπουλόνια. Ο αριθμός και η θέση των κορυφών του δικτύου σε

κάθε κτίριο εξαρτήθηκαν από ορισμένους παράγοντες , που αφορούν στην έκταση του κάθε κτιρίου, στον αριθμό των ορόφων του και τον τρόπο θεμελίωσής του.



EIKONA 5. Ανοξείδωτη Βίδα Allen.

IMAGE 5. Stainless Allen Screw.

Παρακάτω αναφέρονται αναλυτικά όλα τα στοιχεία που λήφθηκαν υπόψη για την επιλογή της θέσης των κορυφών τόσο του εξωτερικού και του εσωτερικού δικτύου.

6.2.1 Επιλογή Θέσης Κορυφών Δικτύου στην Ευρύτερη Περιοχή

Όπως είναι γνωστό, για τις συνορθώσεις δικτύων για την παρακολούθηση μετακινήσεων θα πρέπει σε όλες τις φάσεις να θεωρείται το ίδιο σύστημα αναφοράς, με τις ελάχιστες εσωτερικές, εξωτερικές δεσμεύσεις και τις ίδιες αρχικές συνθήκες.

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, το δίκτυο της περιόδου 1980, εκτός τις κορυφές στο κτίριο Λαμπαδαρίου, αποτελείτο από τις υψομετρικές αφετηρίες που βρίσκονται στο κτίριο Φοιτητικής Εστίας (R_E), στην πολυκατοικία στην οδό Γρ.Κουσίδου (R_{Π}) και στο ναό του Αγίου Θεράποντα (R_{Θ}). Κατά τη φάση αναγνώρισης του δικτύου που είχε ιδρυθεί την περίοδο 1980, διαπιστώθηκε ότι δεν υπήρχε πλέον η υψομετρική αφετηρία

της πολυκατοικίας στην οδό Γρ.Κουσίδου (R_{Π}), λόγω ανεγέρσεως άλλης πολυκατοικίας (Εικόνα 6).



ΕΙΚΟΝΑ 6. Η Θέση της Υψομετρικής Αφετηρίας R_{Π} στην Πολυκατοικία της Οδού Κουσίδου.

IMAGE 6. The Position of Benchmark R_{Π} on the Apartment Block at Kousidou Street.

Τελικά, αποφασίστηκε οι κορυφές στην ευρύτερη περιοχή που θα αποτελούν το δίκτυο κατακορύφου ελέγχου να είναι οι ακόλουθες:

- Η υψομετρική αφετηρία η οποία βρίσκεται αριστερά της βορινής εισόδου του συγκροτήματος των Φοιτητικών Εστιών (R_E).
- Η υψομετρική αφετηρία η οποία βρίσκεται αριστερά της κυρίας εισόδου του ναού του Αγίου Θεράποντα (R_{Θ}).
- Η υψομετρική αφετηρία η οποία βρίσκεται πίσω από το δεξιό υποστύλωμα της όψης όπου βρίσκεται η κύρια είσοδος του κτιρίου Φυσικής της Σχολής Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών (R_{Φ}).
- Η υψομετρική αφετηρία η οποία βρίσκεται στην νοτιοανατολική όψη του κτιρίου Υδραυλικής (R_Y).

Παράγοντας που επηρέασε την επιλογή αυτών των υψομετρικών αφετηριών ως σημεία αναφοράς του δικτύου κατακορύφου ελέγχου, είναι η διάταξή τους γύρω από τα εξεταζόμενα κτίρια Λαμπαδαρίου, Βέη και Άλφα. Το γεγονός, δηλαδή, ότι είναι ακτινικά διατεταγμένες γύρω από αυτά και όχι προς την ίδια διεύθυνση, καθιστούν το δίκτυο καλύτερο από άποψη γεωμετρίας. Τέλος, επιλέχθηκε η υψομετρική αφετηρία R_{θ} , εκτός του χώρου της Πολυτεχνειούπολης, καθώς στην περιοχή αυτή τα εδάφη είναι παλαιά και συμπυκνωμένα σε υψηλό βαθμό εξαιτίας των υπαρχόντων μεγάλων κτιρίων και δρόμων.



ΧΑΡΤΗΣ 2. Η Θέση των Σημείων στην Ευρύτερη Περιοχή. ^[23]

MAP 2. The Points' Position in the Wider Area. ^[23]

6.2.2 Επιλογή Θέσης Κορυφών Δικτύου στο Κτιριακό Συγκρότημα της Σ.Α.Τ.Μ.

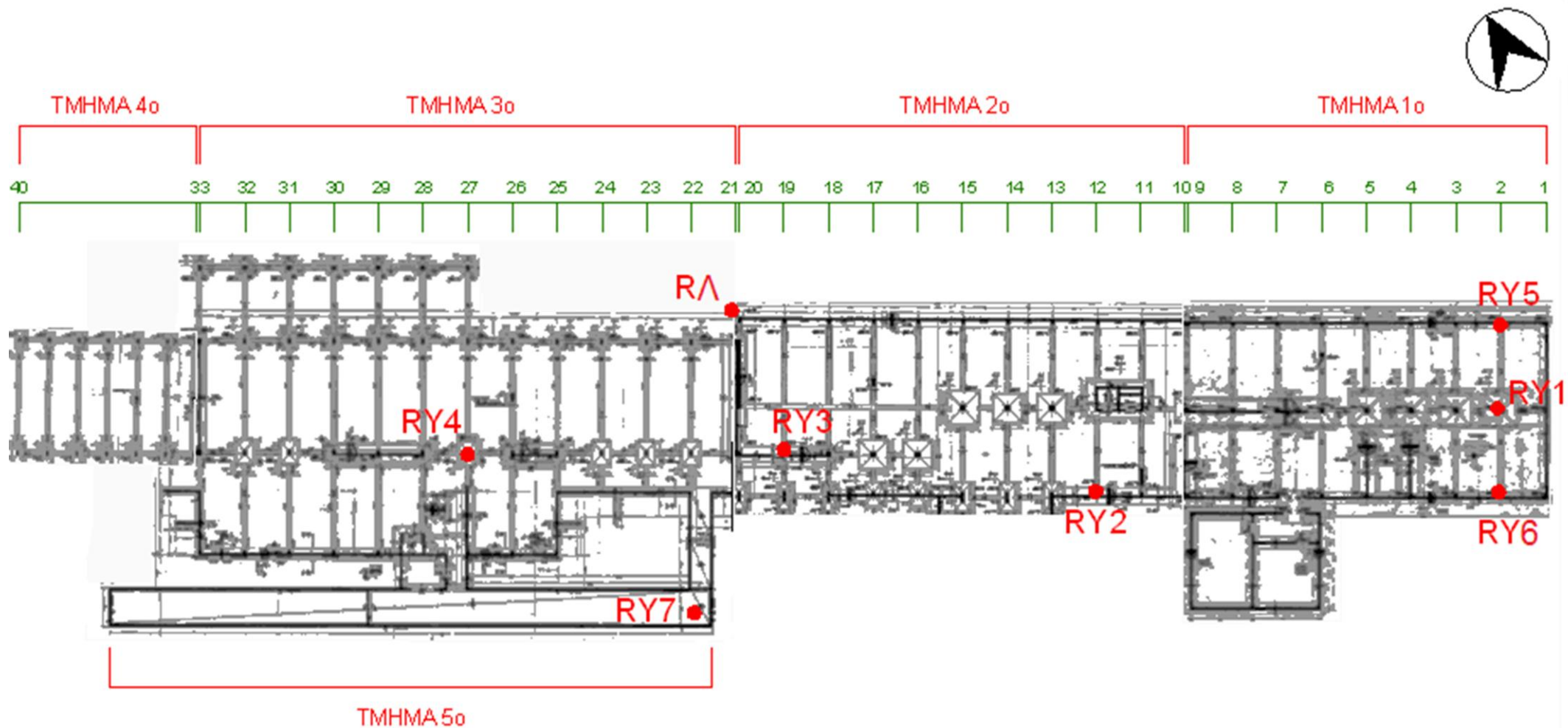
Η επιλογή της θέσης των σημείων ελέγχου του δικτύου κατακορύφου ελέγχου έπρεπε να πληροί ορισμένες προϋποθέσεις:

- ο Οι υψομετρικές αφετηρίες έπρεπε να τοποθετηθούν σε φέροντα στοιχεία της κατασκευής γιατί σε αυτά τα μέλη θα παρατηρηθεί τυχόν κατακόρυφη μετακίνηση, καθώς αυτά τα στοιχεία παραλαμβάνουν τα φορτία και μέσω των πέλδων τα μεταφέρουν στο έδαφος.
- ο Η τοποθέτηση των υψομετρικών αφετηριών έπρεπε να γίνει σε τέτοιες θέσεις που αφενός να μην εμποδίζουν τη λειτουργικότητα του κτιρίου, προξενώντας τις ελάχιστες δυνατές ζημιές κατά την τοποθέτησή τους και αφετέρου να μην αλλοιώνουν την αισθητική του χώρου.
- ο Τα επιλεγμένα σημεία τοποθέτησης των κορυφών έπρεπε να είναι προσιτά εύκολα και να εξυπηρετούν τη διεξαγωγή μετρήσεων , ιδιαίτερα την σύνδεση των διαφορετικών επιπέδων των κτιρίων.

Επιλογή Θέσης Κορυφών στο Κτίριο Λαμπαδαρίου

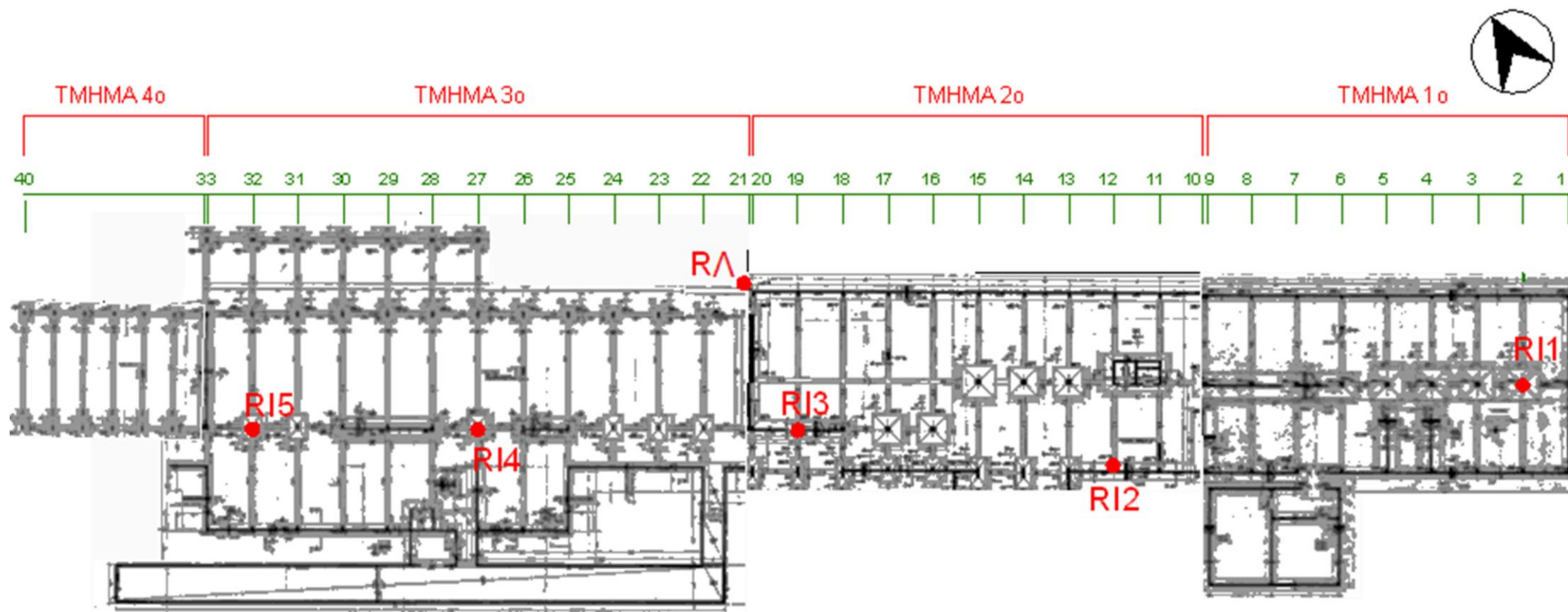
Για το δίκτυο κατακορύφου ελέγχου στο κτίριο Λαμπαδαρίου επιλέχτηκαν οι κορυφές οι οποίες είχαν χρησιμοποιηθεί στο χωροσταθμικό δίκτυο του 1980. Πιο συγκεκριμένα, επιλέχτηκε η κορυφή R_{λ} εξωτερικά του κτιρίου καθώς και αυτές που βρίσκονται στο υπόγειο (Σχέδιο 9) και στο ισόγειο του κτιρίου (Σχέδιο 10), παραλείποντας τις υπόλοιπες κορυφές που βρίσκονται στον πρώτο και δεύτερο όροφο του κτιρίου, διότι σε αυτά τα επίπεδα είναι δύσκολο να εντοπιστούν πιθανές διαφορικές καθιζήσεις από την προσθήκη των άλλων δύο κτιρίων Βέη και Άλφα.

Επιπλέον, επιλέχτηκε σαν κορυφή και η υψομετρική αφετηρία που βρίσκεται στο υπόγειο τούνελ ($R_{\gamma 7}$) . Αυτή βρίσκεται στο πέμπτο τμήμα του κτιρίου Λαμπαδαρίου και πιο συγκεκριμένα στο υπόγειο τούνελ, όπου πραγματοποιούνται μετρολογικοί έλεγχοι, πάνω στο πρώτο βάθρο.



ΣΧΕΔΙΟ 9. Η Θέση των Κορυφών του Δικτύου Κατακόρυφου Ελέγχου στο Υπόγειο του Κτιρίου Λαμπαδαρίου. ^[22]

DRAWING 9. The Vertical Control Network's Points at the Basement of the Lampadariou Building. ^[22]



ΣΧΕΔΙΟ 10. Η Θέση των Κορυφών του Δικτύου Κατακόρυφου Ελέγχου στο Ισόγειο του Κτιρίου Λαμπαδαρίου.^[22]

DRAWING 10. The Vertical Control Network's Points at the Ground Floor of the Lampadariou Building .^[22]

Επιλογή Θέσης Κορυφών στο Κτίριο Βέη

Συνολικά ιδρύθηκαν έντεκα (11) κορυφές (Σχέδιο 11).

Οι δύο πρώτες κορυφές (R_{B1} , R_{B2}), τοποθετήθηκαν εκατέρωθεν του σημείου στο οποίο αλλάζει η στάθμη θεμελίωσης στην νότια όψη του κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα, η υψομετρική αφετηρία R_{B1} τοποθετήθηκε πάνω στο τοιχίο το οποίο βρίσκεται στο πλαίσιο 30^α-Υ1, αποτελώντας παράλληλα και μέλος του υπέργειου διαδρόμου σύνδεσης του κτιρίου Βέη με το κτίριο Λαμπαδαρίου και η υψομετρική αφετηρία R_{B2} εγκαταστάθηκε στο τοιχίο του πλαισίου 30^β-Υ1.

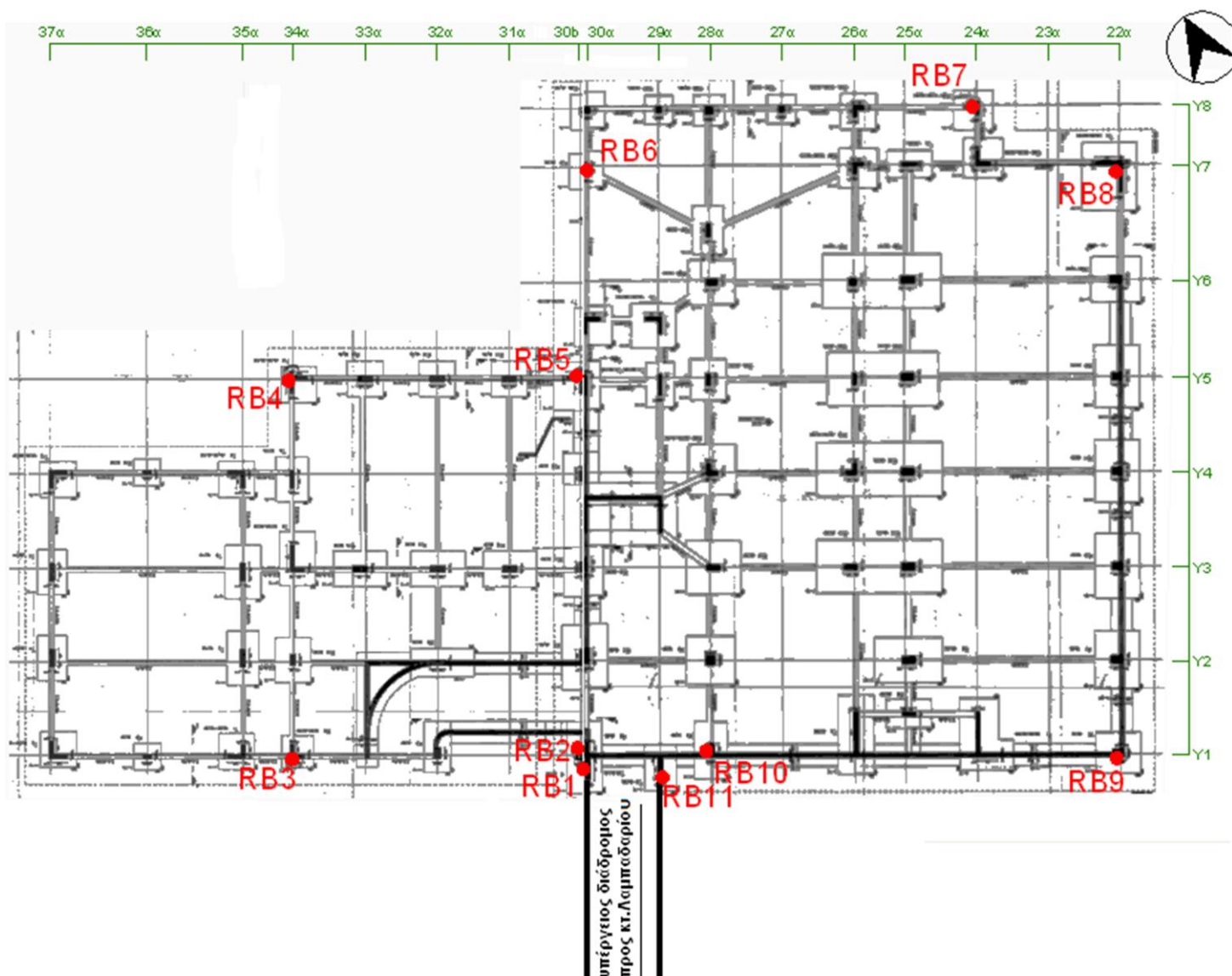
Η τρίτη και η τέταρτη κορυφή (R_{B3} , R_{B4}) τοποθετήθηκαν αντίστοιχα στην νότια και βορειοδυτική όψη του κτιρίου σε υποστυλώματα μορφής Γ, όπου από τριώροφο το κτίριο γίνεται μονώροφο. Η R_{B3} εγκαταστάθηκε δηλαδή στο πλαίσιο 34^α-Υ1 και η R_{B4} στο πλαίσιο 34^α-Υ5.

Η πέμπτη και η έκτη υψομετρική αφετηρία (R_{B5} , R_{B6}) τοποθετήθηκαν στην βόρεια όψη του κτιρίου εκατέρωθεν του σημείου αλλαγής της στάθμης θεμελίωσης. Πιο συγκεκριμένα, η υψομετρική αφετηρία R_{B5} τοποθετήθηκε πάνω στο τοιχίο μορφής Γ το οποίο βρίσκεται στο πλαίσιο 30^β-Υ5 και η υψομετρική αφετηρία R_{B6} εγκαταστάθηκε στο υποστύλωμα του πλαισίου 30^α-Υ7, εσωτερικά του κτιρίου Βέη στο γραφείο Β.-101 (Πολυδύναμη Μονάδα 8 – Αποθήκη Αρχείου) του υπογείου.

Η έβδομη κορυφή (R_{B7}), ήταν ήδη εγκατεστημένη από το εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας, πάνω στο υποστύλωμα μορφής Γ του πλαισίου 24^α-Υ8 στην βορειοανατολική όψη του κτιρίου.

Η όγδοη και ένατη κορυφή (R_{B8} , R_{B9}) τοποθετήθηκαν αντίστοιχα στην ανατολική εσωτερική πλευρά και εξωτερική νότια όψη του κτιρίου και συγκεκριμένα η υψομετρική αφετηρία R_{B8} βρίσκεται πάνω στο τοιχίο μορφής Γ του πλαισίου 22^α-Υ7 μέσα στην αίθουσα που βρίσκεται η Φωτοαντιγραφική-Εκτυπωτική Μονάδα της Σχολής στο υπόγειο του κτιρίου και η R_{B9} βρίσκεται πάνω στο υποστύλωμα του πλαισίου 22^α-Υ1.

Τέλος, η δέκατη και ενδέκατη κορυφή (R_{B10}, R_{B11}) βρίσκονται στην νότια όψη του κτιρίου. Η κορυφή R_{B10} τοποθετήθηκε πάνω στο υποστύλωμα του πλαισίου 28^α-Y1 και η R_{B11} εγκαταστάθηκε πάνω στο τοίχωμα του πλαισίου 29^α-Y1 το οποίο αποτελεί και δομικό στοιχείο του υπέργειου διαδρόμου σύνδεσης.

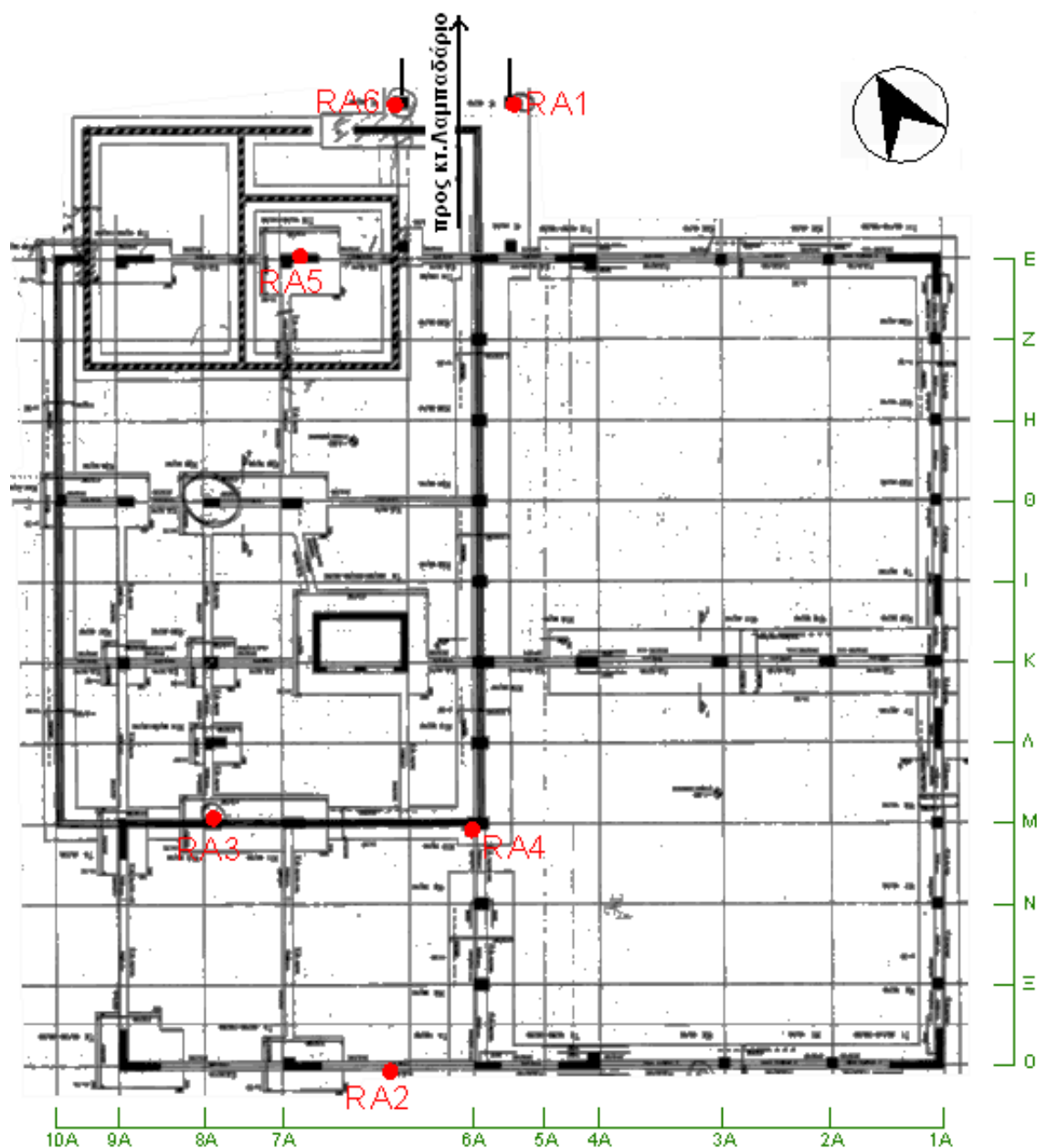


ΣΧΕΔΙΟ 11. Η Θέση των Κορυφών του Δικτύου Κατακόρυφου Ελέγχου στο Κτίριο Βέη. ^[22]

DRAWING 11. The Vertical Control Network's Points at the Veis Building. ^[22]

Επιλογή Θέσης Κορυφών στο Κτίριο Άλφα

Συνολικά ιδρύθηκαν έξι (6) κορυφές (Σχέδιο 12).



ΣΧΕΔΙΟ 12. Η Θέση των Κορυφών του Δικτύου Κατακόρυφου Ελέγχου στο Κτίριο Άλφα. ^[22]

DRAWING 12. The Vertical Control Network's Points at the Building A. ^[22]

Οι δύο υψομετρικές αφετηρίες (R_{A1} , R_{A6}), βρίσκονται πάνω στα υποστυλώματα εξωτερικά του διαδρόμου σύνδεσης του κτιρίου Άλφα με το κτίριο Λαμπαδαρίου. Η κορυφή R_{A1} βρίσκεται στο αριστερό υποστύλωμα και η R_{A6} στο δεξί υποστύλωμα του διαδρόμου προς το κτίριο Άλφα.

Η τρίτη κορυφή (R_{A2}), ήταν ήδη εγκατεστημένη από το εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας, πάνω στον τοίχο της νότιας όψης του κτιρίου, ανάμεσα στα πλαίσια A6-O και A7-O.

Η τέταρτη κορυφή (R_{A3}), εγκαταστάθηκε πάνω σε υποστύλωμα, στην δυτική όψη του κτιρίου, στο πλαίσιο A8-M.

Η πέμπτη υψομετρική αφετηρία (R_{A4}), τοποθετήθηκε εσωτερικά του κτιρίου Άλφα, και πιο συγκεκριμένα στην αίθουσα διδασκαλίας A8 στο υποστύλωμα του πλαισίου A6-M.

Η τελευταία κορυφή (R_{A5}), ιδρύθηκε πάνω στο υποστύλωμα μορφής Γ, στο πλαίσιο A7-E, εξωτερικά του κτιρίου, στην βόρεια όψη του.

Οι ακριβείς θέσεις όλων των κορυφών του υψομετρικού δικτύου κατακορύφου ελέγχου σε όλα τα κτίρια και η περιγραφή τους παρουσιάζεται αναλυτικά στο Παράρτημα.

6.3 ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Η εφαρμογή μεθόδων βελτιστοποίησης έχει ιδιαίτερη σημασία σε δίκτυα παρακολούθησης της κινηματικής συμπεριφοράς των κατασκευών και τμημάτων του εδάφους.

Στο όρο βελτιστοποίηση δίνουμε μια “συγκριτική” ερμηνεία, εφόσον πρακτικά η εύρεση της θεωρητικά βέλτιστης ή ιδανικής λύσης δεν είναι τις περισσότερες φορές εφικτή. Κύριος στόχος είναι η εύρεση μιας καλύτερης δυνατής λύσης ή κάποιων εναλλακτικών ικανοποιητικών λύσεων. Στη θεωρία των γεωδαιτικών δικτύων οι επιμέρους παράμετροι που επηρεάζουν την καλύτερη λύση είναι αρκετές και γενικά είναι δύσκολο να βρεθεί μια συνάρτηση που να περιγράφει συνολικά το πρόβλημα με τις ιδιαιτερότητές του ^[20].

Ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης εξετάζεται ως προς τις παραμέτρους ακριβείας και αξιοπιστίας και από ένα σύνολο εναλλακτικών λύσεων που ικανοποιούν κάποια προκαθορισμένα κριτήρια. Τα κριτήρια αυτά πρέπει να

είναι συμβατά με προδιαγραφές ανάλογα με το σκοπό που θα εξυπηρετήσει το δίκτυο.

Επομένως, έχοντας επιλέξει τις υπόλοιπες παραμέτρους - επιλογή κορυφών δικτύου, επιλογή μεθόδου μέτρησης, η οποία αναφέρεται στη συνέχεια - που επιδρούν στην λύση που επιδιώκει ένα δίκτυο υπολογισμού κατακόρυφων μετακινήσεων, με την παρακάτω μέθοδο βελτιστοποίησης επιδιώκεται η επιλογή της γεωμετρικής μορφής του δικτύου, δηλαδή, η βέλτιστη επιλογή των "διαδρομών" που θα μετρηθούν (πρόβλημα πρώτου βαθμού).

Η μέθοδος της βελτιστοποίησης θα χρησιμοποιηθεί μόνο για την επιλογή των παρατηρήσεων μεταξύ κορυφών R_{Θ} , R_{Φ} , R_E , R_{γ} και R_{Λ} και όχι για τα υπόλοιπα σημεία ελέγχου των κτιρίων. Και αυτό γιατί, λόγω των θέσεων των σημείων ελέγχου στα κτίρια Λαμπαδαρίου, Βέη και Άλφα, η συγκεκριμένη προσβασιμότητά τους επέβαλε και τη μορφή του δικτύου.

Ορισμός του Προβλήματος

Έχοντας επιλέξει συγκεκριμένη μέθοδο μέτρησης των παρατηρήσεων και χρησιμοποιώντας όργανο με αβεβαιότητα ανάγνωσης σ_{ϵ} , ζητείται η βέλτιστη επιλογή της γεωμετρικής μορφής του δικτύου, δηλαδή, η βέλτιστη επιλογή των "χωροσταθμικών συνδέσεων" που θα μετρηθούν.

Η βασική πληροφορία για την ανάλυση αυτή δίνεται από τον a-priori πίνακα μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας V_x των συντεταγμένων των κορυφών του χωροσταθμικού δικτύου. Στις συνορθώσεις με τη μέθοδο των εμμέσων παρατηρήσεων (μέθοδος μεταβολής των συντεταγμένων), ο πίνακας V_x δίνεται από τη σχέση:

$$V_x = \sigma_0^2 \cdot (A^T \cdot P \cdot A)^{-1} \quad (1)$$

,όπου

A: ο πίνακας σχεδιασμού.

P: ο πίνακας βαρών και προκύπτει από τη σχέση $p_i = \frac{1}{S_i}$.

σ_0 : το a-priori τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους ($\sigma_0=1\text{mm}$).

S_i : την απόσταση κάθε υψομετρικής διαδρομής (km).

Επιπλέον, ένας αριθμός ο οποίος δίνει την ισχύ του δικτύου στο σύνολό του μπορεί να θεωρηθεί το μέσο τετραγωνικό σφάλμα που προκύπτει από το ίχνος του πίνακα V_x .

$$\bar{\sigma} = \pm \sqrt{\frac{\text{tr}(V_x)}{v}} \quad (2)$$

,όπου ως ίχνος τετραγωνικού πίνακα θεωρείται το άθροισμα των στοιχείων της κυρίας διαγωνίου του.

Έτσι, μεταβάλλοντας τον αριθμό των παρατηρήσεων, γίνονται διαδοχικές αναλύσεις μέχρις ότου επιτευχθεί ο ιδανικός συνδυασμός από την άποψη ακρίβειας των προβλεπόμενων αποτελεσμάτων, αλλά και από άποψη της οικονομίας του χρόνου παραμονής στο πεδίο.

Αναλύσεις

Σε όλες τις επιλύσεις θα θεωρηθεί η υψομετρική αφετηρία R_Θ ως σταθερή. Επίσης, χρησιμοποιώντας χάρτη της περιοχής μελέτης, μετρήθηκαν οι αποστάσεις μεταξύ των υψομετρικών αφετηριών προκειμένου να υπολογιστεί ο αριθμός των στάσεων χωροβάτη σε κάθε χωροστάθμηση και συνεπώς το τυπικό σφάλμα κάθε υψομετρικής διαφοράς.

Επιλογή μεθόδου μετρήσεων

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, επιλέχτηκε η επίγεια γεωδαιτική μέθοδος της Διπλής Γεωμετρικής Χωροστάθμησης, σε Μετάβαση και Επιστροφή (Aller-Retour).

Προεκτίμηση της Ακρίβειας των Μετρήσεων

Στη μοναδιαία χωροστάθμηση, η υψομετρική διαφορά προκύπτει από τη σχέση:

$$\Delta H_{AB} = O - E = \alpha - \beta \quad (3)$$

Αν θεωρηθεί ότι η αβεβαιότητα ανάγνωσης πάνω στη σταδία είναι $\sigma_O = \sigma_E = \sigma_\varepsilon$, τότε εφαρμόζοντας το Νόμο Μετάδοσης Σφαλμάτων στη Σχέση 3, προκύπτει:

$$\sigma_{\Delta H} = \pm \sqrt{\sigma_O^2 + \sigma_E^2} \rightarrow \sigma_{\Delta H} = \pm \sigma_\varepsilon \cdot \sqrt{2} \quad (4)$$

Θεωρώντας ότι σε μια χωροσταθμική όδευση, έχουν γίνει n_{aller} στάσεις χωροβάτη κατά τη μετάβαση και n_{retour} στάσεις, οι αντίστοιχες αβεβαιότητες είναι :

$$\sigma_{\Delta H, \text{aller}} = \pm \sigma_\varepsilon \cdot \sqrt{2 \cdot n_{\text{aller}}} \quad \text{και} \quad \sigma_{\Delta H, \text{retour}} = \pm \sigma_\varepsilon \cdot \sqrt{2 \cdot n_{\text{retour}}} \quad (5)$$

Η τελική υψομετρική διαφορά σε μετάβαση και επιστροφή, είναι

$$\overline{\Delta H} = \frac{|\Delta H_{\text{aller}}| + |\Delta H_{\text{retour}}|}{2} \quad (6)$$

και η αβεβαιότητά της θα είναι:

$$\sigma_{\overline{\Delta H}} = \pm \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\sigma_{\text{aller}}^2 + \sigma_{\text{retour}}^2} \rightarrow \sigma_{\overline{\Delta H}} = \pm \frac{\sigma_\varepsilon}{2} \cdot \sqrt{2 \cdot (n_{\text{aller}} + n_{\text{retour}})} \quad (7)$$

Σε περίπτωση που ο αριθμός των στάσεων του χωροβάτη σε μετάβαση και επιστροφή είναι ίδιος σε κάθε χωροσταθμική όδευση, δηλαδή $n_{\text{aller}} = n_{\text{retour}} = n$, τότε θα ισχύει:

$$\sigma_{\overline{\Delta H}} = \pm \sigma_\varepsilon \cdot \sqrt{n} \quad (8)$$

Επομένως, χρησιμοποιώντας τη σχέση (8) και θεωρώντας ότι ο χωροβάτης έχει αβεβαιότητα ανάγνωσης $\sigma_\varepsilon = \pm 0,03\text{mm}$, υπολογίζονται οι αβεβαιότητες των υψομετρικών διαφορών του εξωτερικού χωροσταθμικού δικτύου, με απόσταση χωροβάτη-σταδίας $\approx 30\text{m}$, και παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 3).

ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ S (m)	ΣΤΑΣΕΙΣ ΧΩΡΟΒΑΤΗ n $n = \frac{S}{30}$	ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΔΙΑΦΟΡΑΣ $\sigma_{\Delta H}$ (\pm mm)
$R_{\Theta} - R_{\Phi}$	1130	19	0,13
$R_{\Theta} - R_{\Upsilon}$	340	6	0,07
$R_{\Upsilon} - R_{\Phi}$	720	12	0,10
$R_{\Theta} - R_{\Lambda}$	830	14	0,11
$R_{\Theta} - R_{E}$	1120	19	0,13
$R_{\Upsilon} - R_{\Lambda}$	470	8	0,08
$R_{E} - R_{\Lambda}$	250	4	0,06
$R_{\Phi} - R_{\Lambda}$	380	7	0,08
$R_{\Upsilon} - R_{E}$	660	11	0,10
$R_{\Phi} - R_{E}$	340	6	0,07
ΣΥΝΟΛΟ	6240		

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Υπολογισμός Αβεβαιοτήτων Υψομετρικών Διαφορών.

TABLE 3. Estimation of the Standard Deviation of Height Differences.

Επιλύσεις

Οι εξισώσεις παρατήρησης (Σχέδιο 13) θα είναι:

$$(1): H_{\Phi} - H_{\Theta} = \Delta H_{\Theta\Phi} + u_1$$

$$(2): H_{\Upsilon} - H_{\Theta} = \Delta H_{\Theta\Upsilon} + u_2$$

$$(3): H_{\Phi} - H_{\Upsilon} = \Delta H_{\Upsilon\Phi} + u_3$$

$$(4): H_{\Lambda} - H_{\Theta} = \Delta H_{\Theta\Lambda} + u_4$$

$$(5): H_{E} - H_{\Theta} = \Delta H_{\Theta E} + u_5$$

$$(6): H_{\Lambda} - H_{\Upsilon} = \Delta H_{\Upsilon\Lambda} + u_6$$

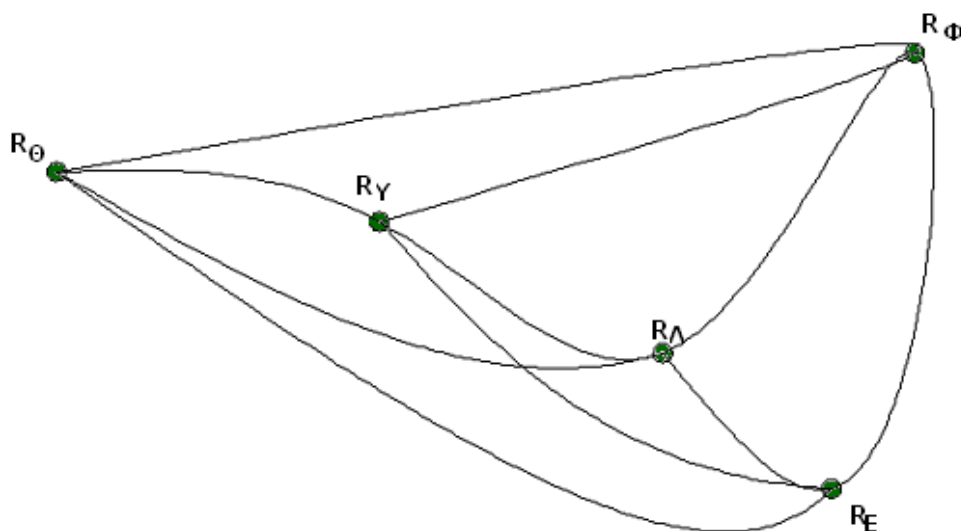
$$(7): H_{\Lambda} - H_{E} = \Delta H_{E\Lambda} + u_7$$

$$(8): H_{\Lambda} - H_{\Phi} = \Delta H_{\Phi\Lambda} + u_8$$

$$(9): H_{E} - H_{\Upsilon} = \Delta H_{\Upsilon E} + u_9$$

$$(10): H_{E} - H_{\Phi} = \Delta H_{\Phi E} + u_{10}$$

και το ζητούμενο διάνυσμα θα είναι $\hat{x} = \begin{bmatrix} H_{\Upsilon} \\ H_{\Phi} \\ H_{\Lambda} \\ H_{E} \end{bmatrix}$.



ΣΧΕΔΙΟ 13. Όλες οι Δυνατές Υψομετρικές Διαφορές.

DRAWING 13. All the Possible Height Differences.

Από τα αποτελέσματα των διαφόρων επιλύσεων, δίνεται ιδιαίτερη σημασία στο μέσο τετραγωνικό σφάλμα $\bar{\sigma}$ που προκύπτει από το ίχνος του a-priori πίνακα V_x .

α/α	ΕΠΙΛΥΣΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΓΝΩΣΤΩΝ ΚΑΘΟΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ (m)	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ (v)	ΒΑΘΜΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ (r=v-m)	S _{ολ} (m)	ΜΕΣΟ ΣΦΑΛΜΑ ΥΨΟΜΕΤΡΩΝ $\bar{\sigma}$ (mm)
1	Με όλες τις δυνατές παρατηρήσεις	4	10	6	6240	$\bar{\sigma} = \pm 0,50\text{mm}$
2	Αφαιρώντας την παρατήρηση $\Delta H_{\Theta\Phi}$	4	9	5	5110	$\bar{\sigma} = \pm 0,54\text{mm}$
3	Αφαιρώντας τις παρατηρήσεις $\Delta H_{\Theta\Phi}$ και $\Delta H_{\Upsilon\text{E}}$	4	8	4	4450	$\bar{\sigma} = \pm 0,56\text{mm}$
4	Αφαιρώντας τις παρατηρήσεις $\Delta H_{\Theta\Phi}$, $\Delta H_{\Upsilon\text{E}}$ και $\Delta H_{\Theta\text{E}}$	4	7	3	3330	$\bar{\sigma} = \pm 0,63\text{mm}$
5	Αφαιρώντας τις παρατηρήσεις $\Delta H_{\Theta\Phi}$, $\Delta H_{\Upsilon\text{E}}$, $\Delta H_{\Theta\text{E}}$ και $\Delta H_{\Upsilon\Lambda}$	4	6	2	2860	$\bar{\sigma} = \pm 0,69\text{mm}$
6	Αφαιρώντας τις παρατηρήσεις $\Delta H_{\Theta\Phi}$, $\Delta H_{\Upsilon\text{E}}$, $\Delta H_{\Theta\text{E}}$, $\Delta H_{\Upsilon\Lambda}$ και $\Delta H_{\Phi\Lambda}$	4	5	1	2480	$\bar{\sigma} = \pm 0,72\text{mm}$

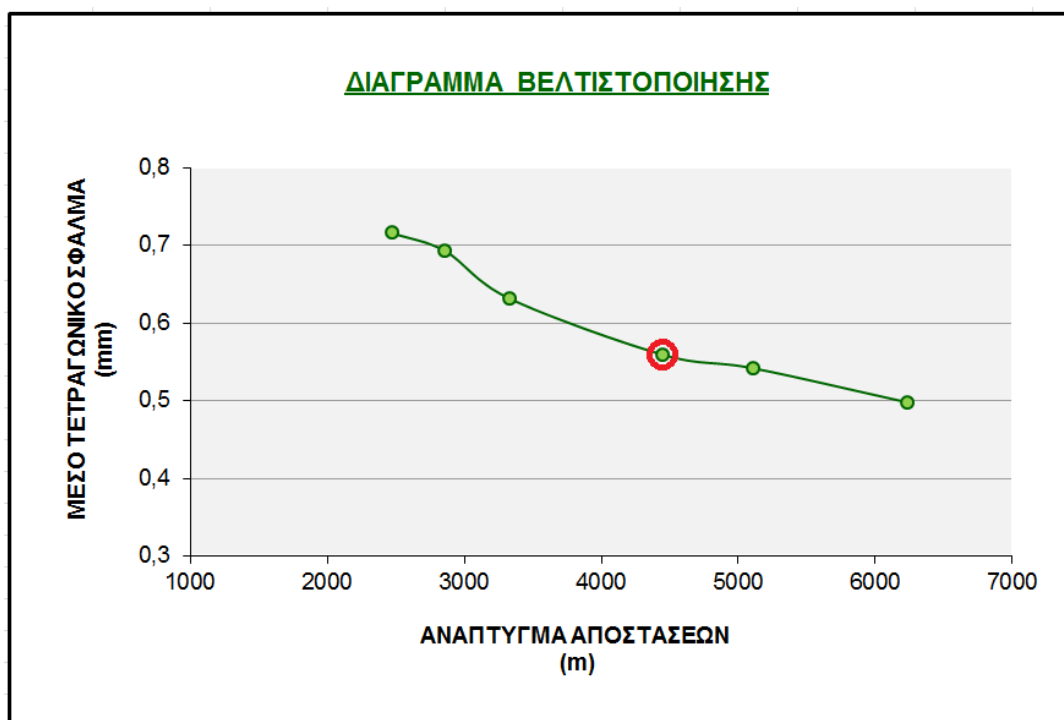
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. Αποτελέσματα Βελτιστοποίησης.

TABLE 4. The Results from the Optimization.

Βέλτιστη Επιλογή Παρατηρήσεων

Από τις παραπάνω επιλύσεις προκύπτει το συμπέρασμα ότι το μέσο σφάλμα στον προσδιορισμό των υψομέτρων των κορυφών παρουσιάζει μεταβολή του οποίου η τιμή κυμαίνεται από $\pm 0,50 \sim 0,72\text{mm}$. Τα σφάλματα όλων των υψομετρικών αφετηριών που προκύπτουν από όλες τις επιλύσεις, όπως φαίνεται και από το παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 2), είναι αποδεκτά για την ακρίβεια που επιδιώκεται.

Παρόλα αυτά, τελικά επιλέχθηκαν οι παρατηρήσεις της τρίτης επίλυσης (αφαιρώντας τις παρατηρήσεις $\Delta H_{\Theta\Phi}$ και $\Delta H_{\gamma\epsilon}$), οι οποίες προσδίδουν στο εξωτερικό δίκτυο καλύτερη γεωμετρία, συμβάλλοντας παράλληλα και στην οικονομία του χρόνου, αφού μειώνουν σημαντικά την παραμονή στο πεδίο.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2. Το Μέσο Σφάλμα των Υψομέτρων των Κορυφών Συναρτήσεως των Αναπτυγμάτων των Αποστάσεων.

DIAGRAM 2. The Average Standard Deviation of the Points' Height as a Function of the Total Length of the Levelling Routes.

Ευαισθησία του Δικτύου Κατακορύφου Ελέγχου

Με τον όρο ευαισθησία ενός δικτύου ορίζεται η ελάχιστη μετακίνηση που είναι δυνατό να ανιχνευθεί με συγκεκριμένο επίπεδο εμπιστοσύνης.

Στο συγκεκριμένο εξωτερικό χωροσταθμικό δίκτυο που έχει επιλεγεί στο στάδιο της βελτιστοποίησης, ο a-priori πίνακας μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας, για την I φάση έχει προκύψει από τη Σχέση 1:

$$V_x^I = \begin{bmatrix} 0,236045 & 0,159419 & 0,146527 & 0,134860 \\ 0,159419 & 0,376842 & 0,239695 & 0,264141 \\ 0,146527 & 0,239695 & 0,290333 & 0,238642 \\ 0,134860 & 0,264141 & 0,238642 & 0,347355 \end{bmatrix} \text{ mm}^2$$

Από αυτόν προκύπτει ότι το μέσο σφάλμα των υψομέτρων, θα είναι:

$$\sigma_{H^I} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^v (\sigma^2_{H_i})}{v}} = \pm 0,56 \text{ mm}$$

Εφόσον και στην II φάση οι ακρίβειες είναι ίδιες, ο a-priori πίνακας μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας θα παραμείνει ο ίδιος και συνεπώς θα προκύψει το ίδιο μέσο σφάλμα των υψομέτρων των κορυφών του δικτύου $\sigma_{H^I} = \sigma_{H^{II}} = \pm 0,56 \text{ mm}$.

Επομένως, εφαρμόζοντας το νόμο μετάδοσης σφαλμάτων, θα ισχύει:

$$\sigma_{\Delta H^{I,II}} = \sqrt{\sigma_{H^I}^2 + \sigma_{H^{II}}^2} = \sqrt{2 \cdot \sigma_{H^I}^2} = \sigma_{H^I} \cdot \sqrt{2} = \pm 0,79 \text{ mm}$$

Επειδή, όμως, ο εντοπισμός των μετακινήσεων γίνεται θεωρώντας επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, το δίκτυο μπορεί να εντοπίσει μετακινήσεις ($|\delta H^{I,II}|$) οι οποίες είναι μεγαλύτερες από $z_{95\%} \cdot \sigma_{\Delta H^{I,II}} = 1,96 \cdot 0,79 = 1,55 \text{ mm}$.

Άρα η ευαισθησία του δικτύου που προκύπτει από a-priori εκτιμήσεις προκύπτει ίση με **1,55 mm**.

Η ευαισθησία του δικτύου θα πρέπει να είναι μικρότερη από την κρίσιμη μετακίνηση ώστε να μπορεί να την ανιχνεύσει. Κρίσιμη μετακίνηση είναι εκείνη πάνω από την οποία προκαλείται αστοχία του εδάφους ή της κατασκευής.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση που η μετακίνηση αφορά σε κτίρια, η κρίσιμη μετακίνηση υπολογίζεται από τη σχέση

$$\text{κρίσιμη μετακίνηση (cm)} = \frac{\ell}{500} \quad (9)$$

,όπου

ℓ : η απόσταση μεταξύ των υποστυλωμάτων (cm).

Η κρίσιμη μετακίνηση για κάθε ένα κτίριο παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5).

Σαν απόσταση ℓ μεταξύ των υποστυλωμάτων χρησιμοποιήθηκε η μικρότερη απόσταση μεταξύ δύο υποστυλωμάτων, καθώς αν το δίκτυο μπορεί να εντοπίσει αυτή τη μετακίνηση θα μπορεί να εντοπίσει και μετακινήσεις μεγαλύτερου μεγέθους.

ΚΤΙΡΙΟ	ℓ (m)	ΚΡΙΣΙΜΗ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ (mm)
ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ	4,0	8
ΒΕΗ	2,8	6
ΑΛΦΑ	3,0	6

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. Κρίσιμη Καθίζηση για τα Κτίρια Λαμπαδαρίου, Βέη και Άλφα.

TABLE 5. The Crucial Subsidence for Lampadarios, Veis and A Building.

Επομένως, παρατηρείται ότι η ευαισθησία του δικτύου είναι μικρότερη από την κρίσιμη μετακίνηση κάθε κτιρίου. Το δίκτυο λοιπόν, μπορεί να εντοπίσει τις κρίσιμες μετακινήσεις.

6.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ

6.4.1 Συνδέσεις των Κορυφών στην Ευρύτερη Περιοχή.

Από την παραπάνω βελτιστοποίηση, προέκυψε ότι οι συνδέσεις που πρέπει να πραγματοποιηθούν είναι οι εξής: $\Delta H_{\Theta Y}$, $\Delta H_{Y \Phi}$, $\Delta H_{\Theta \Lambda}$, $\Delta H_{\Theta E}$, $\Delta H_{Y \Lambda}$, $\Delta H_{E \Lambda}$, $\Delta H_{\Phi \Lambda}$, $\Delta H_{\Phi E}$ και παρουσιάζονται στον ακόλουθο Χάρτη (Χάρτης 3).



ΧΑΡΤΗΣ 3. Οι Μετρημένες Υψομετρικές Διαφορές μεταξύ των Σημείων στην Ευρύτερη Περιοχή του Συγκροτήματος της Σ.Α.Τ.Μ.- Συνδέσεις με το R_A .^[23]

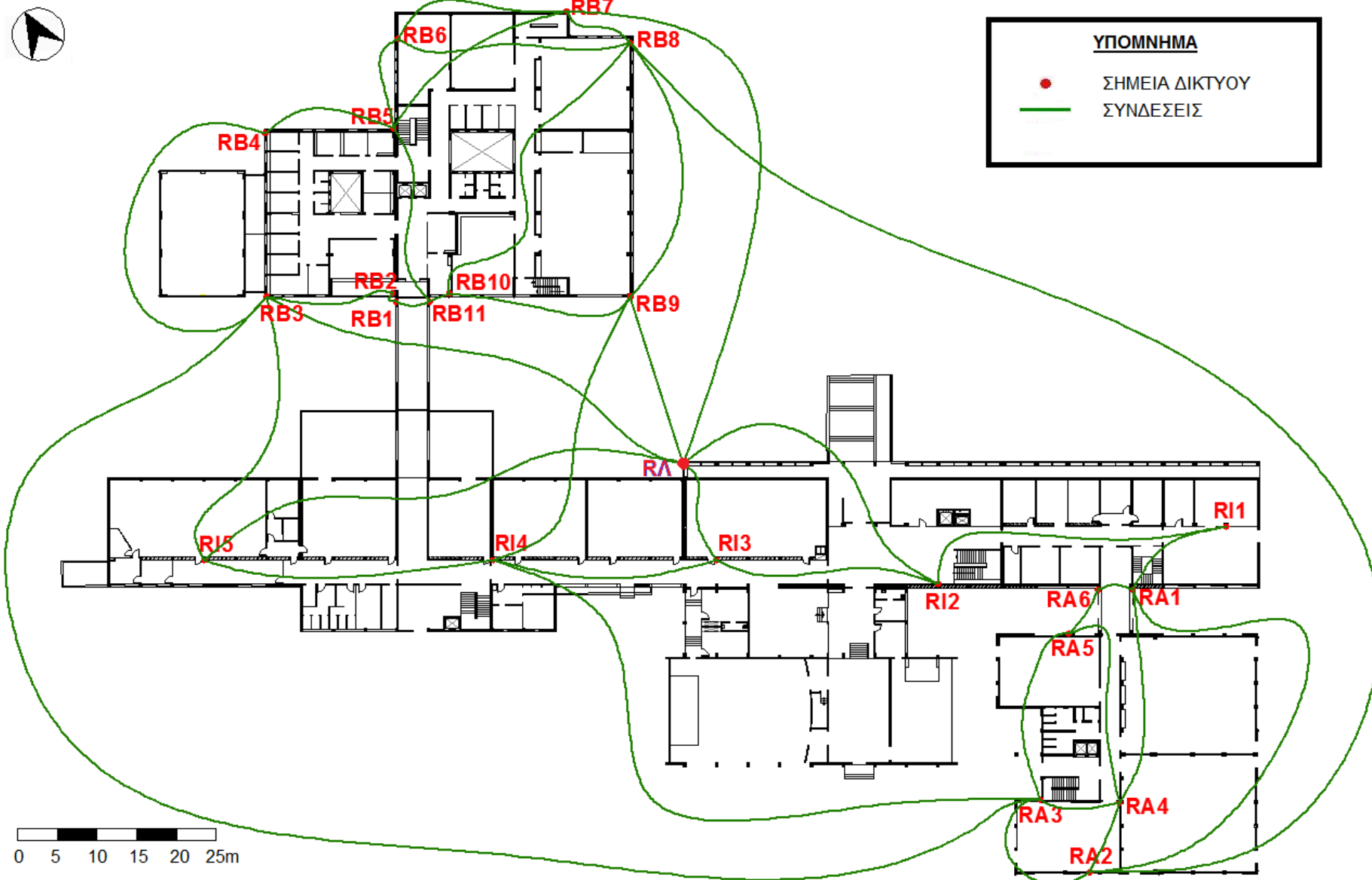
MAP 3. The Measured Height Differences Between the Network's Points in the Wider Area.^[23]

6.4.2 Συνδέσεις των Κορυφών στο Συγκρότημα της Σ.Α.Τ.Μ.

Για το κτίριο Βέη (Σχέδιο 14 και 15), επιλέχθηκαν να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις των υψομετρικών διαφορών περιμετρικά του κτιρίου, καθώς εξαιτίας της ίδρυσης των κορυφών του δικτύου σε διαφορετικά επίπεδα (οι κορυφές R_{B8} , R_{B7} , R_{B6} βρίσκονται στο επίπεδο του υπογείου ενώ οι υπόλοιπες στο επίπεδο του ισογείου του κτιρίου) η σύνδεσή τους εσωτερικά του κτιρίου θα ήταν χρονοβόρα. Για αυτό επιλέχτηκε να γίνει η σύνδεσή του με το κτίριο Λαμπαδαρίου, μέσω πέντε χωροσταθμίσεων από ακριανές κορυφές του κτιρίου Βέη. Επιπλέον, δόθηκε έμφαση στη σύνδεση του κτιρίου Βέη με το κτίριο Άλφα, μέσω δύο χωροσταθμικών συνδέσεων.

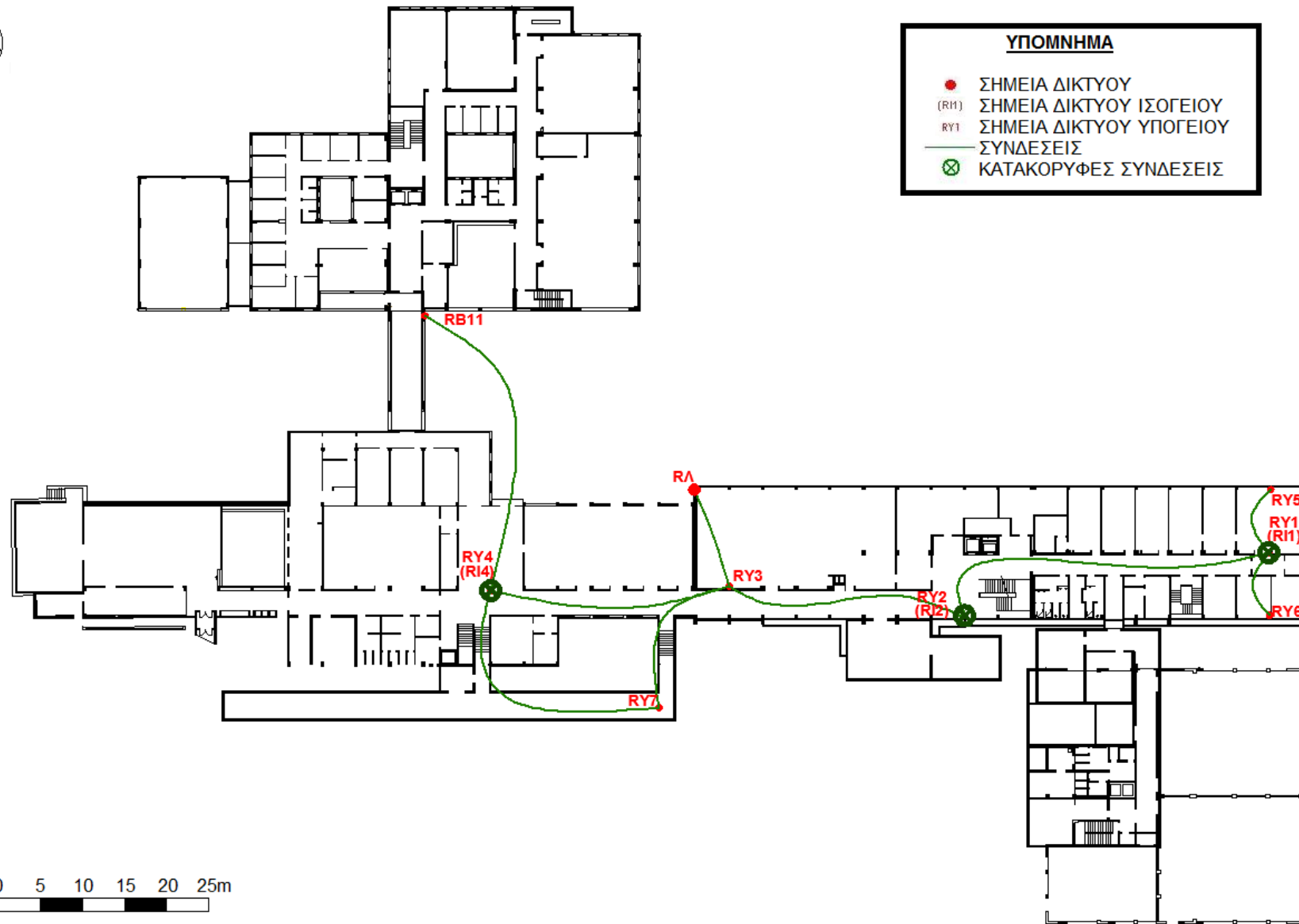
Για το κτίριο Άλφα (Σχέδιο 14), εκτός των περιμετρικών συνδέσεων των κορυφών του δικτύου του συγκεκριμένου κτιρίου, επιλέχθηκαν να πραγματοποιηθούν τέσσερις εσωτερικές συνδέσεις μιας και η μία κορυφή (R_{A4}) βρίσκεται εντός αίθουσας. Επίσης, για την ενίσχυση της σύνδεσης του κτιρίου Άλφα με τα υπόλοιπα, προτιμήθηκαν τέσσερις χωροσταθμίσεις από διαμετρικά αντίθετες κορυφές (R_{A1} , R_{A2} , R_{A3}).

Τέλος, για το κτίριο Λαμπαδαρίου, επιλέχθηκαν οι συνδέσεις που είχαν γίνει την περίοδο 1981, αλλά ενισχύοντας τη σύνδεση του επιπέδου του υπογείου με του ισογείου. Πιο συγκεκριμένα επιλέχθηκαν τέσσερις χωροσταθμίσεις με την κορυφή του που βρίσκεται εξωτερικά του κτιρίου Λαμπαδαρίου R_{Λ} και τρεις συνδέσεις υπογείου-ισογείου.



ΣΧΕΔΙΟ 14. Οι Συνδέσεις των Κιρικών Βέη, Άλφα και του Ισογείου του Κτιρίου Λαμπαδαρίου. ^[22]

DRAWING 14. The Measured Height Differences Between the Points at Veis, A and the Ground Floor of Lampadarios Building. ^[22]



ΣΧΕΔΙΟ 15. Οι Συνδέσεις του Υπογείου του Κτιρίου Λαμπαδαρίου. ^[22]

DRAWING 15. The Measured Height Differences at the Basement of Lampadariou Building. ^[22]

6.5 ΕΠΙΛΟΓΗ ΟΡΓΑΝΟΥ ΚΑΙ ΠΑΡΕΛΚΟΜΕΝΩΝ

Για τη μέτρηση των υψομετρικών διαφορών μεταξύ των κορυφών του δικτύου κατακορύφου ελέγχου, επιλέχτηκε ο ψηφιακός χωροβάτης ακριβείας DNA03 της εταιρίας Leica.

Τα βασικά χαρακτηριστικά αυτού του ψηφιακού χωροβάτη είναι τα ακόλουθα:

Ηλεκτρονική ανάγνωση	0,01mm
Ονομαστική ακρίβεια	0,03mm
Ακρίβεια ηλεκτρονικής μέτρησης /km Διπλής Χωροστάθμησης (κατά ISO 17123-2)	0,3mm (για σταδίες invar) 1,0mm (για απλές σταδίες)
Min/Max απόσταση μέτρησης	1,80m / 110m (για σταδίες $\geq 3m$) 1,80m / 100m (για σταδίες = 2,70m) 1,80m / 60m (για σταδίες = 1,82 / 2m)
Χρόνος μέτρησης	3 sec
Μεγέθυνση τηλεσκοπίου	24x
Βάρος	2,8kg

ΠΙΝΑΚΑΣ 6. Τεχνικά Χαρακτηριστικά του Ψηφιακού Χωροβάτη DNA03. ^[4]

TABLE 6. The Technical Features of DNA03. ^[4]

Ο ψηφιακός χωροβάτης DNA03, συνοδεύεται και από τα ανάλογα παρελκόμενα. Τα παρελκόμενα που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- Ένας τρίποδας αλουμινίου με επίπεδη κεφαλή.
- Δύο κωδικοποιημένες (Barcode) σταδίες INVAR, ύψους 3m με τις αντηρίδες τους και τα πέλματά τους.
- Μία κωδικοποιημένη (Barcode) σταδία INVAR, ύψους 2m με το πέλμα της.
- Μία κωδικοποιημένη (Barcode) σταδία INVAR, ύψους 0,90m για εσωτερικούς χώρους.
- Δύο βαριές χελώνες για χωροσταθμίσεις ακριβείας.
- Μια μετροταινία από fiberglass 30m.
- Μία αράχνη για τις μετρήσεις στους εσωτερικούς χώρους.



ΕΙΚΟΝΑ 7. Ο Ψηφιακός Χωροβάτης DNA03 της Leica και τα Παρελκόμενά του.

(α) DNA03, (β) τρίποδας αλουμινίου, (γ) η σταδία INVAR 3m, (δ) η σταδία INVAR 2m, (ε) η σταδία INVAR 0,9m, (στ) οι χελώνες, (ζ) η αράχνη, (η) η μετροταινία fiberglass, (θ) οι αντηρίδες των σταδίων και (ι) το πέλμα των σταδίων.

IMAGE 7. The Digital Level DNA03 and its Requisites .

(a) DNA03, (b) the aluminum tripod, (c) the INVAR rod 3m, (d) the INVAR rod 2m, (e) the INVAR rod 0,9m, (f) the foot plates, (g) the wooden base, (h) the fiberglass tape, (i) the rod's struts and (j) the rod's footing.

6.5.1 Ο Έλεγχος του Ψηφιακού Χωροβάτη DNA03

Μία από τις σημαντικότερες ενέργειες που πρέπει να γίνουν πριν ξεκινήσουν οι μετρήσεις στο πεδίο είναι ο έλεγχος του οργάνου που θα χρησιμοποιηθεί. Με αυτόν τον τρόπο ελέγχεται η ακρίβεια του οργάνου και συνεπώς των μετρήσεών του.

Στην περίπτωση των ψηφιακών χωροβατών, οι έλεγχοι μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

- Έλεγχος του μηχανικού μέρους του οργάνου, όπου διαπιστώνεται η καλή λειτουργία του τριχοχλίου, του κοχλία εστίασης και του μικροκινητηρίου κοχλία.
- Έλεγχος της ορθής λειτουργίας του τηλεσκοπίου, ο οποίος αποτελείται από τους επιμέρους ελέγχους της κατακορυφότητας του σταυρονήματος και της επίδρασης της εστίασης.
- Έλεγχος της ορθής λειτουργίας των συστημάτων οριζοντίωσης του σκοπευτικού άξονα, με ελέγχους της σφαιρικής αεροστάθμης, της επίδρασης αλλαγής της θερμοκρασίας στη θέση του σκοπευτικού άξονα, της επίδρασης του γήινου μαγνητικού πεδίου στη λειτουργία του ισοσταθμητή και με τον προσδιορισμό του εύρους λειτουργίας και των συστηματικών σφαλμάτων του ισοσταθμητή και τον καθορισμό της κλίσης του ψευδοορίζοντα.
- Προσδιορισμός του μέσου τετραγωνικού σφάλματος μιας παρατήρησης.
- Εργαστηριακός προσδιορισμός του μέσου τετραγωνικού σφάλματος ανά χιλιόμετρο χωροστάθμησης.
- Έλεγχος της επαναληψιμότητας των μετρήσεων.

Οι έλεγχοι γίνονται σε ειδικό μετρολογικό εργαστήριο με διεθνή καθορισμένα πρότυπα και ειδικό εξοπλισμό. Εντούτοις, στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας, πριν την έναρξη των εργασιών πεδίου, πραγματοποιήθηκαν οι έλεγχοι που παρουσιάζονται ακολούθως, στην αίθουσα μετρολογικών ελέγχων της Σχολής, στο κτίριο Λαμπαδαρίου.

Προσδιορισμός του μέσου τετραγωνικού σφάλματος μίας παρατήρησης

Ο προσδιορισμός αυτός γίνεται πραγματοποιώντας μια σειρά αναγνώσεων σε σταδία τοποθετημένα σε διάφορες αποστάσεις από το χωροβάτη. Το όργανο στήνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε ο ένας κοχλίας του τριχοχλίου να βρίσκεται στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο με τον σκοπευτικό άξονα του τηλεσκοπίου. Στη συνέχεια και αφού οριζοντιωθεί ο χωροβάτης, σκοπεύεται η σταδία και παίρνονται 10 αναγνώσεις στρέφοντας κάθε φορά τον κατευθυντήριο κοχλία προς τη μία κατεύθυνση και επαναφέροντας τη σφαιρική αεροστάθμη στο κανονικό της σημείο (αναγνώσεις A_{I}) και ακολούθως προς την αντίθετη κατεύθυνση (αναγνώσεις A_{II}).

Οι αποκλίσεις μεταξύ των αναγνώσεων χαρακτηρίζουν το τυχαίο σφάλμα μιας παρατήρησης σ_0 , το οποίο δίνεται από τη σχέση

$$\sigma_0 = \pm \sqrt{\frac{[uu]}{v-1}} \quad (10) \quad \text{ή} \quad \sigma''_0 = \frac{\rho''}{D} \cdot \sigma_0 \quad (11)$$

,όπου

v : ο αριθμός των παρατηρήσεων ($v=10$)

u : τα υπόλοιπα των παρατηρήσεων από την καλύτερη τιμή

D : η απόσταση χωροβάτη-σταδίας

$$\rho'' = \frac{1}{\text{arc}(1'')}$$

Ο έλεγχος αυτός πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις.

Πρώτη Φάση Ελέγχου

Η πρώτη φάση έγινε εντός της αίθουσας εργαστηριακών ελέγχων, χρησιμοποιώντας μικρή σταδία INVAR 0,9m χωρίς αντηρίδες. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα.

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΣΤΑΔΙΑΣ-ΧΩΡΟΒΑΤΗ (m)	σ_o (mm)	σ''_o (")
5,28	0,027	1,06
11,24	0,033	0,60
18,73	0,025	0,27

ΠΙΝΑΚΑΣ 7. Προσδιορισμός του Μέσου Τετραγωνικού Σφάλματος Μίας Παρατήρησης.

TABLE 7. Determination of the Mean Square Error of a Single Levelling.

Κατά την πρώτη φάση ελέγχου, οι αναγνώσεις πάρθηκαν από μικρές αποστάσεις, όσο μεγαλύτερες επέτρεπαν οι διαστάσεις της αίθουσας εργαστηριακών ελέγχων, και παρατηρείται ότι για αποστάσεις χωροβάτη-σταδίας μεγαλύτερες των 12m εξασφαλίζεται η απαίτηση $\sigma''_o < 0,50''$ για χωροσταθμίσεις ακριβείας.

Δεύτερη Φάση Ελέγχου

Η δεύτερη φάση έγινε στο πεδίο όπου θα γίνονταν οι μετρήσεις για την εκπόνηση της εργασίας με χρήση σταδίας INVAR 3m με αντηρίδες. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα.

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΣΤΑΔΙΑΣ-ΧΩΡΟΒΑΤΗ (m)	σ_o (mm)	σ''_o (")
9,88	0,022	0,45
19,97	0,029	0,30
29,61	0,026	0,18

ΠΙΝΑΚΑΣ 8. Προσδιορισμός του Μέσου Τετραγωνικού Σφάλματος Μίας Παρατήρησης.

TABLE 8. Determination of the Mean Square Error of a Single Levelling.

Κατά τη δεύτερη φάση ελέγχου, οι αναγνώσεις πάρθηκαν από μεγαλύτερες αποστάσεις, και παρατηρείται ότι για αποστάσεις χωροβάτη-σταδίας μεγαλύτερες των 10m εξασφαλίζεται η απαίτηση $\sigma''_o < 0,50''$ για χωροσταθμίσεις ακριβείας.

Οι διαφορές των αποτελεσμάτων ανάμεσα στις δύο φάσεις οφείλονται στο γεγονός ότι κατά την πρώτη φάση ελέγχου, η σταδία παρέμενε κατακόρυφη από ανθρώπινο χέρι και όχι από αντηρίδες, όπως έγινε κατά την δεύτερη φάση του ελέγχου. Συμπερασματικά, λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα

των μετρολογικών ελέγχων και των δύο φάσεων, προκύπτει ότι για το συγκεκριμένο ψηφιακό χωροβάτη το μέσο τετραγωνικό σφάλμα της μιας παρατήρησης είναι $\pm 0,03\text{mm}$.

Εργαστηριακός προσδιορισμός του μέσου τετραγωνικού σφάλματος ανά 1 km χωροστάθμησης.

Ο προσδιορισμός αυτός γίνεται σε μία βάση μεγάλου μήκους ($\approx 50\text{m}$). Ο χωροβάτης τοποθετείται στη μέση και προσδιορίζεται η υψομετρική διαφορά 20 φορές μεταβάλλοντας κάθε φορά την οριζοντίωση του σκοπευτικού άξονα. Το σφάλμα δίνεται από τη σχέση

$$\sigma_{1\text{km}} = \pm \sigma_{\Delta\text{H}} \cdot \sqrt{\frac{1000}{2 \cdot D}} \quad (12)$$

, όπου

$$\sigma_{\Delta\text{H}} = \pm \sqrt{\frac{[\text{uu}]}{v-1}}$$

D: η απόσταση χωροβάτη-σταδίας

v: ο αριθμός των παρατηρήσεων ($v=20$)

Και ο έλεγχος αυτός πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις.

Πρώτη Φάση Ελέγχου

Η πρώτη φάση έγινε εντός της αίθουσας εργαστηριακών ελέγχων, χρησιμοποιώντας μικρή σταδία INVAR 0,9m χωρίς αντηρίδες. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα.

ΜΗΚΟΣ ΒΑΣΗΣ (m)	$\sigma_{\Delta\text{H}}$ (mm)	$\sigma_{1\text{km}}$ (m)
20,40	0,040	0,00018

ΠΙΝΑΚΑΣ 9. Το Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα /km Μονής Χωροστάθμησης.
TABLE 9. Determination of the Mean Square Error of 1km Single Levelling.

Κατά την πρώτη φάση ελέγχου, οι υψομετρικές διαφορές πάρθηκαν από μικρή απόσταση, όσο μεγαλύτερη επέτρεπαν οι διαστάσεις της αίθουσας εργαστηριακών ελέγχων. Για αυτό, σε αυτή την περίπτωση το μέσο τετραγωνικό σφάλμα /km υπολογίστηκε από τη Σχέση 12, θεωρώντας $D=25\text{m}$, παρόλο που πάρθηκαν τόσες αναγνώσεις (20 αναγνώσεις) όσες είναι απαραίτητες για μήκος βάσης 50m. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι εξασφαλίζεται η απαίτηση $\sigma_{1\text{km}} \leq \pm 0,0005\text{m}$ ώστε ο χωροβάτης να χαρακτηριστεί Α' τάξης.

Δεύτερη Φάση Ελέγχου

Η δεύτερη φάση έγινε στο πεδίο όπου θα γίνονταν οι μετρήσεις για την εκπόνηση της εργασίας με χρήση σταδίας INVAR 3m με αντηρίδες. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα.

ΜΗΚΟΣ ΒΑΣΗΣ (m)	$\sigma_{\Delta H}$ (mm)	$\sigma_{1\text{km}}$ (m)
50	0,025	0,00011

ΠΙΝΑΚΑΣ 10. Το Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα /km Μονής Χωροστάθμησης.

TABLE 10. Determination of the Mean Square Error of 1km Single Levelling.

Οι διαφορές των αποτελεσμάτων ανάμεσα στις δύο φάσεις οφείλονται στο γεγονός ότι κατά την πρώτη φάση ελέγχου, η σταδία παρέμενε κατακόρυφη από ανθρώπινο χέρι και όχι από αντηρίδες, όπως έγινε κατά την δεύτερη φάση του ελέγχου και από το ότι η βάση ήταν μικρότερη από ότι στη δεύτερη φάση.

6.6 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΝΟΧΗΣ ALLER-RETOUR ΚΑΙ ΚΛΕΙΣΙΜΑΤΟΣ ΒΡΟΓΧΩΝ

Πριν από την έναρξη των εργασιών στο πεδίο, είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός του μέγιστου επιτρεπόμενου σφάλματος κλεισίματος κατά τη μετάβαση και επιστροφή, καθώς και το όριο κλεισίματος των βρόγχων.

6.6.1 Καθορισμός Μέγιστου Επιτρεπόμενου Σφάλματος Κλεισίματος σε Μια Διπλή Γεωμετρική Χωροστάθμηση

Αν κ το κλείσιμο μιας χωροστάθμησης, τότε ισχύει

$$\kappa = \Delta H_{\text{aller}} - \Delta H_{\text{retour}} \quad (13)$$

Εφαρμόζοντας το νόμο μετάδοσης σφαλμάτων προκύπτει ότι η αβεβαιότητα του κλεισίματος σ_{κ} θα είναι:

$$\begin{aligned} \sigma_{\kappa} &= \pm \sqrt{\sigma_{\Delta H_{\text{aller}}}^2 + \sigma_{\Delta H_{\text{retour}}}^2} \rightarrow \sigma_{\kappa} = \pm \sqrt{\sigma_{\varepsilon}^2 \cdot 2 \cdot n_{\text{aller}} + \sigma_{\varepsilon}^2 \cdot 2 \cdot n_{\text{retour}}} \rightarrow \\ \sigma_{\kappa} &= \pm \sigma_{\varepsilon} \cdot \sqrt{2 \cdot (n_{\text{aller}} + n_{\text{retour}})} \quad (14) \end{aligned}$$

Σε περίπτωση που ο αριθμός των στάσεων του χωροβάτη σε μετάβαση και επιστροφή είναι ίδιος σε κάθε χωροσταθμική όδευση, δηλαδή $n_{\text{aller}} = n_{\text{retour}} = n$, τότε θα ισχύει:

$$\sigma_{\kappa} = \pm 2 \cdot \sigma_{\varepsilon} \cdot \sqrt{n} \quad (15)$$

Για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, το παραπάνω σφάλμα κλεισίματος πολλαπλασιάζεται με τον αντίστοιχο τυποποιημένο συντελεστή της κανονικής κατανομής $z_{95\%} = 1,96$. Επομένως, για να γίνει αποδεκτή η διαφορά στο αποτέλεσμα μεταξύ της μετάβασης και επιστροφής μιας χωροστάθμησης (κ), θα πρέπει να ισχύει:

$$|\kappa| \leq 1,96 \cdot |\sigma_{\kappa}| \quad (16)$$

6.6.2 Καθορισμός Ορίου Κλεισίματος Βρόγχου

Θεωρητικά, το κλείσιμο ενός βρόγχου μιας χωροσταθμικής όδευσης πρέπει να είναι 0. Αν όμως το κλείσιμο αυτό είναι w , τότε ισχύει

$$w = \sum \overline{\Delta H}_{i,j} \rightarrow w = \overline{\Delta H}_{12} + \overline{\Delta H}_{23} + \dots + \overline{\Delta H}_{n1} \quad (17)$$

Εφαρμόζοντας το νόμο μετάδοσης σφαλμάτων προκύπτει ότι η αβεβαιότητα του κλεισίματος βρόγχου σ_w θα είναι:

$$\sigma_w^2 = \sigma_{\Delta H_{12}}^2 + \sigma_{\Delta H_{23}}^2 + \dots + \sigma_{\Delta H_{n1}}^2 \rightarrow$$

$$\sigma_w^2 = \left(\frac{\sigma_\varepsilon}{2} \cdot \sqrt{2 \cdot (n_{\text{aller},1} + n_{\text{retour},1})}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_\varepsilon}{2} \cdot \sqrt{2 \cdot (n_{\text{aller},2} + n_{\text{retour},2})}\right)^2 + \dots + \left(\frac{\sigma_\varepsilon}{2} \cdot \sqrt{2 \cdot (n_{\text{aller},n} + n_{\text{retour},n})}\right)^2 \rightarrow$$

$$\sigma_w = \pm \sigma_\varepsilon \cdot \sqrt{\frac{1}{2}(n_{\text{aller},1} + n_{\text{retour},1}) + \frac{1}{2}(n_{\text{aller},2} + n_{\text{retour},2}) + \dots + \frac{1}{2}(n_{\text{aller},n} + n_{\text{retour},n})} \quad (18)$$

Σε περίπτωση που ο αριθμός των στάσεων του χωροβάτη σε μετάβαση και επιστροφή είναι ίδιος σε κάθε χωροσταθμική όδευση, δηλαδή $n_{\text{aller}} = n_{\text{retour}} = n$, τότε θα ισχύει:

$$\sigma_w = \pm \sigma_\varepsilon \cdot \sqrt{n_1 + n_2 + \dots + n_n} \quad (19)$$

Για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, το παραπάνω σφάλμα βρόγχου πολλαπλασιάζεται με τον αντίστοιχο τυποποιημένο συντελεστή της κανονικής κατανομής $z_{95\%} = 1,96$. Επομένως, για να γίνει αποδεκτή η διαφορά στο αποτέλεσμα κάθε βρόγχου, θα πρέπει να ισχύει:

$$|\overline{\Sigma \Delta H_{i,j}}| \leq 1,96 \cdot |\sigma_w| \quad (20)$$

Επομένως, οι βασικές συνθήκες που θα πρέπει να πληρούν οι μετρήσεις των υψομετρικών διαφορών είναι οι ακόλουθες:

- Η διαφορά των μετρήσεων μεταξύ μετάβασης και επιστροφής, στις χωροσταθμίσεις δεν θα πρέπει να ξεπερνά το όριο κλεισίματος που προκύπτει συναρτήσει του αριθμού των στάσεων χωροβάτη. (Σχέση 16)
- Το αλγεβρικό άθροισμα των υψομετρικών διαφορών σε έναν κλειστό βρόγχο δεν θα πρέπει να ξεπερνά την επιτρεπόμενη απόκλιση (σφάλμα βρόγχου) (Σχέση 20).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ- ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

7.1 ΓΕΝΙΚΑ

Πριν από την έναρξη των εργασιών στο πεδίο, είναι απαραίτητος ο έλεγχος της ορθής λειτουργίας των συστημάτων οριζοντίωσης του σκοπευτικού άξονα του οργάνου.

Μετά από την ολοκλήρωση των εργασιών υπαίθρου, το επόμενο στάδιο είναι οι εργασίες γραφείου. Κατά το στάδιο αυτό, επεξεργάζονται τα αποτελέσματα όπως αυτά προέκυψαν από τις μετρήσεις πεδίου. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη μεταφορά των δεδομένων από το χωροβάτη, προσδιορίζονται οι τιμές των σφαλμάτων των κλεισιμάτων και των βρόγχων και συγκρίνονται με τις αντίστοιχες επιτρεπόμενες ανοχές για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, προκειμένου να εξεταστεί αν είναι απαραίτητη η επανάληψη κάποιας χωροσταθμικής όδευσης.

Αν πληρούνται όλες οι βασικές συνθήκες, τότε ακολουθεί ο υπολογισμός μιας εκτίμησης του a-posteriori τυπικού σφάλματος της μονάδας βάρους πριν από τη συνόρθωση.

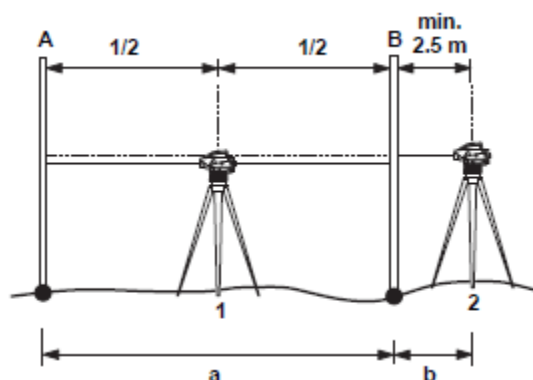
7.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΟΡΘΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΣΚΟΠΕΥΤΙΚΟΥ ΑΞΟΝΑ

Στην περίπτωση του ψηφιακού χωροβάτη, ο έλεγχος της ορθής λειτουργίας των συστημάτων οριζοντίωσης του σκοπευτικού άξονα, δηλαδή ο έλεγχος της ικανότητας να τίθεται ο άξονας ΣΣ' σε οριζόντια θέση όταν η σφαιρική αεροστάθμη του οργάνου βρίσκεται στο κανονικό της σημείο, επιβάλλεται και είναι εύκολο να γίνεται στο ύπαιθρο πριν και μετά τις μετρήσεις μέσω του ελέγχου μέσου-άκρου.

Κατά τη μέθοδο αυτή (AxBx), επιλέγονται δύο σημεία A και B που απέχουν μεταξύ τους απόσταση περίπου 30 m. Αρχικά υπολογίζεται η υψομετρική τους διαφορά ΔH_{AB} τοποθετώντας τον χωροβάτη στο μέσον της απόστασης αυτής.

Στη συνέχεια υπολογίζεται η υψομετρική τους διαφορά $\Delta H'_{AB}$ τοποθετώντας τον χωροβάτη κοντά στο ένα άκρο (στο B), όσο πιο κοντά το επιτρέπει η εστίαση. Η απόσταση αυτή για τον ψηφιακό χωροβάτη DNA03 είναι 2,5 m. Η απόκλιση αυτή δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$\tan(e) = \frac{\Delta H' - \Delta H}{\ell} \quad (21)$$



EIKONA 8. Ο Έλεγχος Μέσου-Άκρου.^[4]

IMAGE 8. The Check & Adjust.^[4]

Επειδή πρόκειται για ψηφιακό χωροβάτη, το αποτέλεσμα αυτό του ελέγχου αποθηκεύεται στη μνήμη του οργάνου και οι μετρήσεις είναι απαλλαγμένες από αυτό το σφάλμα. Στο Παράρτημα παρουσιάζονται οι αποκλίσεις όπως αυτές προσδιορίστηκαν από τον έλεγχο μέσου-άκρου.

7.3 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, για τον προσδιορισμό των υψομετρικών διαφορών του δικτύου κατακόρυφου ελέγχου εφαρμόστηκε η μέθοδος της Γεωμετρικής Χωροστάθμησης σε μετάβαση και επιστροφή. Για την εκτέλεση των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε ο ψηφιακός χωροβάτης DNA03, ακρίβειας 0,3mm/km διπλής χωροστάθμησης, με τα αντίστοιχα παρελκόμενά τους. Το συνεργείο αποτελείται από δύο άτομα.

Οι εργασίες στην περιοχή μελέτης ξεκίνησαν το δεύτερο δεκαήμερο του Φεβρουαρίου και ολοκληρώθηκαν το πρώτο δεκαήμερο του Απριλίου του 2011. Οι μετρήσεις εκτελούνταν καθημερινά, εκτός από τις ημέρες όπου ο καιρός δεν το επέτρεπε, από τις 8:30 μέχρι τις 17:00.

Πριν από την εκτέλεση των μετρήσεων, κάθε ημέρα, γινόταν ο έλεγχος της ορθής λειτουργίας των συστημάτων οριζοντίωσης του σκοπευτικού άξονα με τη διαδικασία (Check & Adjust) που αναφέρεται αναλυτικά στην παράγραφο §7.3.

Οι μετρήσεις γίνονταν με ιδιαίτερη σχολαστικότητα και προσοχή, λαμβάνοντας υπόψη κάποια επιπλέον στοιχεία που έπρεπε να ισχύουν κατά τη διάρκεια των μετρήσεων:

- ο Η στροφή της σταδίας κατά την αλλαγή σημείου πρέπει να γίνεται χωρίς να σηκωθεί από το σημείο έδρασης της στη χελώνα.
- ο Πρέπει να αποφεύγονται οι μετρήσεις κατά το μεσημέρι υπό συνθήκες έντονης ηλιοφάνειας, καθώς οι μετρήσεις που προκύπτουν ενδέχεται να είναι λανθασμένες.
- ο Πρέπει να τηρείται η ίση απόσταση μεταξύ του χωροβάτη και των δύο σταδίων, καθώς όταν ο χωροβάτης βρίσκεται στη μεσοκάθετο εξαλείφεται το ενδεχόμενο σφάλμα λόγω της καμπυλότητας της γης.
- ο Η απόσταση χωροβάτη-σταδίας δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 30m και σε περίπτωση που υπάρχει κλίση εδάφους μεγαλύτερη από 4% συνίσταται να μην στοχεύεται η σταδία στα κατώτερα 30-50cm, εξαιτίας της διάθλασης που μπορεί να προκληθεί κοντά στο έδαφος.
- ο Για την εξάλειψη του σφάλματος που δημιουργείται εξαιτίας της διαφοράς στο σημείο μηδενισμού κάθε σταδίας, πρέπει η σταδία που στοχεύεται στην τελική υψομετρική αφετηρία να είναι η ίδια με αυτή που στοχεύεται στην αρχική.
- ο Η χελώνα πρέπει να τοποθετείται σε στέρεο σημείο, για αυτό αποφεύγεται η τοποθέτησή της σε πλακάκια και άσφαλτο και προτιμάται στο ρείθρο, όπου δεν υπάρχει βύθιση.

Η απόδοση του ψηφιακού χωροβάτη επηρεαζόταν κυρίως από τις καιρικές συνθήκες, ιδιαίτερα από την έντονη ηλιοφάνεια, αλλά και από τις συνθήκες φωτισμού στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων. Οι δυσκολίες, που παρουσιάστηκαν κατά την εκτέλεση των μετρήσεων, αφορούσαν κυρίως την

έντονη και συνεχόμενη διέλευση των φοιτητών η οποία επηρέαζε την οριζοντίωση του οργάνου.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων των υψομετρικών παρουσιάζονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 11) .

α/α	ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (m)	n_{aller}	n_{retour}	ΔH_{aller} (m)	ΔH_{retour} (m)	α/α	ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (m)	n_{aller}	n_{retour}	ΔH_{aller} (m)	ΔH_{retour} (m)
1	$R_{\Lambda}-R_E$	313,32	5	4	2,58052	-2,58066	32	$R_{A4}-R_{A5}$	32,58	2	2	-0,02702	0,02719
2	R_E-R_{Φ}	484,79	9	8	-8,30749	8,30800	33	$R_{I5}-R_{I4}$	24,96	2	2	-0,06500	0,06496
3	$R_{\Lambda}-R_{\Phi}$	431,11	16	16	-5,72671	5,72729	34	$R_{I4}-R_{A3}$	94,90	4	4	0,05251	-0,05268
4	$R_{\Lambda}-R_Y$	461,58	10	11	-16,68798	16,68829	35	$R_{Y4}-R_{B11}$	43,04	2	2	-0,24193	0,24191
5	R_Y-R_{Θ}	440,10	10	10	-10,84170	10,84191	36	$R_{I2}-R_{\Lambda}$	77,40	3	3	-3,00048	3,00062
6	$R_{\Lambda}-R_{\Theta}$	863,83	22	21	-27,52984	27,53027	37	$R_{I4}-R_{B9}$	100,16	3	4	-2,27369	2,27354
7	R_Y-R_{Φ}	770,99	24	25	10,96142	-10,96065	38	$R_{I2}-R_{Y2}$	22,19	3	3	-3,26497	3,26483
8	R_E-R_{Θ}	1099,37	28	29	-30,10969	30,10972	39	$R_{Y2}-R_{Y3}$	32,69	2	2	-0,02689	0,02688
9	$R_{\Lambda}-R_{B9}$	27,52	1	1	0,74088	-0,74092	40	$R_{Y3}-R_{Y4}$	43,21	2	2	0,10208	-0,10209
10	$R_{B6}-R_{B7}$	32,08	2	2	-0,81076	0,81085	41	$R_{Y4}-R_{I4}$	31,17	4	4	3,20345	-3,20353
11	$R_{I2}-R_{I3}$	28,07	1	1	0,10545	-0,10550	42	$R_{Y3}-R_{\Lambda}$	81,09	3	4	0,29070	-0,29073
12	$R_{B5}-R_{B4}$	19,92	1	1	0,05977	-0,05975	43	$R_{B3}-R_{A3}$	207,54	5	6	3,95025	-3,95036
13	$R_{B4}-R_{B3}$	48,10	2	2	0,86247	-0,86255	44	$R_{Y1}-R_{I1}$	39,69	6	6	3,22723	-3,22706
14	$R_{B1}-R_{B11}$	22,64	1	1	-0,14425	0,14429	45	$R_{Y1}-R_{Y2}$	51,10	4	6	-0,00468	0,00469
15	$R_{B11}-R_{B10}$	8,92	1	1	0,05732	-0,05730	46	$R_{Y1}-R_{Y5}$	11,06	2	2	0,00609	-0,00604
16	$R_{B10}-R_{B9}$	35,86	2	2	1,11450	-1,11451	47	$R_{Y1}-R_{Y6}$	14,34	2	2	0,66442	-0,66445
17	$R_{B3}-R_{\Lambda}$	60,94	2	2	0,88255	-0,88257	48	$R_{B8}-R_{B9}$	50,37	4	4	3,76632	-3,76623
18	$R_{B1}-R_{B2}$	18,17	1	1	0,14748	-0,14745	49	$R_{B8}-R_{B7}$	19,95	2	2	-0,75259	0,75275
19	$R_{B2}-R_{B3}$	24,94	2	2	-0,74359	0,74362	50	$R_{B8}-R_{A2}$	226,84	9	8	6,12174	-6,12172
20	$R_{A1}-R_{A2}$	74,17	2	2	0,06872	-0,06869	51	$R_{B3}-R_{I5}$	166,44	7	6	3,96256	-3,96240
21	$R_{\Lambda}-R_{B7}$	74,13	4	4	-3,77790	3,77785	52	$R_{I5}-R_{\Lambda}$	135,51	5	5	-3,07940	3,07951
22	$R_{A2}-R_{A3}$	34,47	2	2	-0,02873	0,02878	53	$R_{B7}-R_{B5}$	40,51	3	3	1,97309	-1,97323
23	$R_{A3}-R_{A5}$	36,36	2	2	0,05420	-0,05414	54	$R_{B6}-R_{B5}$	35,60	3	3	1,16229	-1,16238
24	$R_{A5}-R_{A6}$	11,40	1	1	0,07217	-0,07215	55	$R_{I3}-R_{I4}$	28,36	1	1	-0,09172	0,09172
25	$R_{A3}-R_{A4}$	28,35	3	3	0,08143	-0,08142	56	$R_{\Lambda}-R_{I3}$	87,54	4	4	3,10649	-3,10629
26	$R_{A4}-R_{A1}$	42,29	3	3	-0,12160	0,12169	57	$R_{Y7}-R_{Y3}$	36,76	3	3	2,21153	-2,21144
27	$R_{A1}-R_{A6}$	16,85	2	2	0,16634	-0,16630	58	$R_{B6}-R_{B8}$	44,54	3	3	-0,05810	0,05831
28	$R_{A4}-R_{A6}$	46,53	3	3	0,04503	-0,04496	59	$R_{B11}-R_{B5}$	91,04	4	3	-1,37388	1,37371
29	$R_{I1}-R_{I2}$	42,96	2	2	0,03303	-0,03294	60	$R_{Y7}-R_{Y4}$	33,91	3	3	2,31361	-2,31369
30	$R_{I1}-R_{A1}$	34,46	3	3	0,05950	-0,05956	61	$R_{B10}-R_{B8}$	78,40	5	5	-2,65170	2,65194
31	$R_{A2}-R_{A4}$	9,08	1	1	0,05285	-0,05276							

ΠΙΝΑΚΑΣ 11. Οι Μετρήσεις των ΔΗ.
TABLE 11. The Measurements of the Height Differences.

7.3.1 Υπολογισμός Κλεισιμάτων Υψομετρικών Διαφορών

Χρησιμοποιώντας τις σχέσεις 8, 13, 15 υπολογίζονται αντίστοιχα τα σφάλματα των υψομετρικών διαφορών, τα κλεισίματα των χωροσταθμήσεων και οι ανοχές των κλεισιμάτων αυτών για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 12).

α/α	ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ	σ_k (mm)	$K_{επ.} = \sigma_k \cdot Z_{95\%}$ (mm)	K (mm)	α/α	ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ	σ_k (mm)	$K_{επ.} = \sigma_k \cdot Z_{95\%}$ (mm)	K (mm)
1	$R_A - R_E$	0,13	0,25	0,14	32	$R_{A4} - R_{A5}$	0,08	0,17	0,17
2	$R_E - R_\Phi$	0,17	0,34	0,51	33	$R_{I5} - R_{I4}$	0,08	0,17	0,04
3	$R_A - R_\Phi$	0,24	0,47	0,58	34	$R_{I4} - R_{A3}$	0,12	0,24	0,17
4	$R_A - R_\gamma$	0,19	0,38	0,31	35	$R_{Y4} - R_{B11}$	0,08	0,17	0,02
5	$R_\gamma - R_\Theta$	0,19	0,37	0,21	36	$R_{I2} - R_A$	0,10	0,20	0,14
6	$R_A - R_\Theta$	0,28	0,55	0,43	37	$R_{I4} - R_{B9}$	0,11	0,22	0,15
7	$R_\gamma - R_\Phi$	0,3	0,58	0,77	38	$R_{I2} - R_{Y2}$	0,10	0,20	0,14
8	$R_E - R_\Theta$	0,32	0,63	0,03	39	$R_{Y2} - R_{Y3}$	0,08	0,17	0,01
9	$R_A - R_{B9}$	0,06	0,12	0,04	40	$R_{Y3} - R_{Y4}$	0,08	0,17	0,01
10	$R_{B6} - R_{B7}$	0,08	0,17	0,09	41	$R_{Y4} - R_{I4}$	0,12	0,24	0,08
11	$R_{I2} - R_{I3}$	0,06	0,12	0,05	42	$R_{Y3} - R_A$	0,11	0,22	0,03
12	$R_{B5} - R_{B4}$	0,06	0,12	0,02	43	$R_{B3} - R_{A3}$	0,14	0,28	0,11
13	$R_{B4} - R_{B3}$	0,08	0,17	0,08	44	$R_{Y1} - R_{I1}$	0,15	0,29	0,17
14	$R_{B1} - R_{B11}$	0,06	0,12	0,04	45	$R_{Y1} - R_{Y2}$	0,13	0,26	0,01
15	$R_{B11} - R_{B10}$	0,06	0,12	0,02	46	$R_{Y1} - R_{Y5}$	0,08	0,17	0,05
16	$R_{B10} - R_{B9}$	0,08	0,17	0,01	47	$R_{Y1} - R_{Y6}$	0,08	0,17	0,03
17	$R_{B3} - R_A$	0,08	0,17	0,02	48	$R_{B8} - R_{B9}$	0,12	0,24	0,09
18	$R_{B1} - R_{B2}$	0,06	0,12	0,03	49	$R_{B8} - R_{B7}$	0,08	0,17	0,16
19	$R_{B2} - R_{B3}$	0,08	0,17	0,03	50	$R_{B8} - R_{A2}$	0,17	0,34	0,02
20	$R_{A1} - R_{A2}$	0,08	0,17	0,03	51	$R_{B3} - R_{I5}$	0,15	0,30	0,16
21	$R_A - R_{B7}$	0,12	0,24	0,05	52	$R_{I5} - R_A$	0,13	0,26	0,11
22	$R_{A2} - R_{A3}$	0,08	0,17	0,05	53	$R_{B7} - R_{B5}$	0,10	0,20	0,14
23	$R_{A3} - R_{A5}$	0,08	0,17	0,06	54	$R_{B6} - R_{B5}$	0,10	0,20	0,09
24	$R_{A5} - R_{A6}$	0,06	0,12	0,02	55	$R_{I3} - R_{I4}$	0,06	0,12	0,00
25	$R_{A3} - R_{A4}$	0,10	0,20	0,01	56	$R_A - R_{I3}$	0,12	0,24	0,20
26	$R_{A4} - R_{A1}$	0,10	0,20	0,09	57	$R_{Y7} - R_{Y3}$	0,10	0,20	0,09
27	$R_{A1} - R_{A6}$	0,08	0,17	0,04	58	$R_{B6} - R_{B8}$	0,10	0,20	0,21
28	$R_{A4} - R_{A6}$	0,10	0,20	0,07	59	$R_{B11} - R_{B5}$	0,11	0,22	0,17
29	$R_{I1} - R_{I2}$	0,08	0,17	0,09	60	$R_{Y7} - R_{Y4}$	0,10	0,20	0,08
30	$R_{I1} - R_{A1}$	0,10	0,20	0,06	61	$R_{B10} - R_{B8}$	0,13	0,26	0,24
31	$R_{A2} - R_{A4}$	0,06	0,12	0,09					

ΠΙΝΑΚΑΣ 12. Υπολογισμός Κλεισιμάτων Υψομετρικών Διαφορών.

TABLE 12. Misclosure Tolerances of the Height Differences.

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι σε τρεις περιπτώσεις τα κλεισίματα των χωροσταθμήσεων ήταν εκτός του επιτρεπόμενου ορίου (για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%). Σε αυτές τις περιπτώσεις δεν έγινε επανάληψη των μετρήσεων, καθώς τα κλεισίματα ήταν της ίδιας τάξης με τα επιτρεπόμενα.

7.3.2 Υπολογισμός Κλεισιμάτων Βρόγχων

Χρησιμοποιώντας τις σχέσεις 17 και 19, υπολογίζονται τα κλεισίματα των ανεξάρτητων βρόγχων και τα όρια των κλεισιμάτων αυτών για επίπεδο εμπιστοσύνης 95% (Πίνακας 13).

α/α	ΒΡΟΓΧΟΙ	ΣL (km)	Σn _{aller}	Σn _{retour}	W _{επ. = σ_w·Z_{95%}} (mm)	w (mm)
1	R _Θ - R _Υ - R _Λ - R _Θ	1,77	43	41	0,38	0,11
2	R _Υ - R _Φ - R _Λ - R _Υ	1,66	51	52	0,42	0,10
3	R _Θ - R _Λ - R _Ε - R _Θ	2,28	54	55	0,43	0,94
4	R _Φ - R _Λ - R _Ε - R _Φ	1,23	30	28	0,32	0,16
5	R _{B9} - R _{B10} - R _{B11} - R _{B1} - R _{B2} - R _{B3} - R _{B4} - R _{B6} - R ₈ - R ₉	0,29	19	19	0,26	0,17
6	R _{B5} - R _{B6} - R _{B7} - R _{B5}	0,11	8	8	0,17	0,01
7	R _{B7} - R _{B8} - R _{B9} - R _Λ - R _{B7}	0,17	11	11	0,19	0,17
8	R _{I1} - R _{A1} - R _{A6} - R _{A5} - R _{A3} - R _{I4} - R _{I3} - R _{I2} - R _{I1}	0,29	16	16	0,24	0,17
9	R _{A3} - R _{B3} - R _{I5} - R _{I4} - R _{A3}	0,49	19	17	0,25	0,21
10	R _{I1} - R _{Y1} - R _{Y2} - R _{I2} - R _{I1}	0,16	15	17	0,24	0,07
11	R _{A2} - R _{A4} - R _{A3} - R _{A2}	0,07	6	6	0,14	0,14
12	R _{A4} - R _{A5} - R _{A3} - R _{A4}	0,10	7	7	0,16	0,15
13	R _{A4} - R _{A6} - R _{A1} - R _{A4}	0,11	8	8	0,17	0,33
14	R _{A1} - R _{A2} - R _{A4} - R _{A1}	0,13	6	6	0,14	0,13
15	R _{A2} - R _{B8} - R _{B9} - R _Λ - R _{I2} - R _{I1} - R _{A1} - R _{A2}	0,53	23	24	0,29	0,55
16	R _{I2} - R _Λ - R _{I3} - R _{I2}	0,19	8	8	0,17	0,36
17	R _{I3} - R _Λ - R _{Y3} - R _{Y4} - R _{I4} - R _{I3}	0,27	15	14	0,22	0,19
18	R _Λ - R _{Y3} - R _{Y4} - R _{I4} - R _{I5} - R _Λ	0,32	17	16	0,24	0,38
19	R _Λ - R _{I5} - R _{B3} - R _Λ	0,36	13	14	0,22	0,46
20	R _Λ - R _{B9} - R _{B10} - R _{B11} - R _{B1} - R _{B2} - R _{B3} - R _Λ	0,20	10	10	0,19	0,23
21	R _{B9} - R _{I4} - R _{Y4} - R _{B11} - R _{B10} - R ₉	0,22	13	12	0,21	0,03
22	R _{A6} - R _{A4} - R _{A5} - R _{A6}	0,09	6	6	0,14	0,05
23	R _{A2} - R _{B8} - R _{B9} - R _Λ - R _{Y3} - R _{Y2} - R _{Y1} - R _{I1} - R _{A1} - R _{A2}	0,62	36	34	0,35	0,10
24	R _{Y2} - R _{I2} - R _{I3} - R _{I4} - R _{Y4} - R _{Y3} - R _{Y2}	0,19	13	13	0,21	0,03
25	R _Λ - R _{I3} - R _{I4} - R _{I5} - R _Λ	0,28	12	12	0,20	0,19
26	R _Λ - R _{Y3} - R _{Y2} - R _{I2} - R _Λ	0,21	12	11	0,20	0,52
27	R _Λ - R _{I3} - R _{I4} - R _{B9} - R _Λ	0,24	9	10	0,18	0,15
28	R _{B9} - R _{I4} - R _{I5} - R _{B3} - R _{B2} - R _{B1} - R _{B11} - R _{B10} - R ₉	0,40	19	19	0,26	0,19
29	R _Λ - R _{Y3} - R _{Y4} - R _{B11} - R _{B10} - R _{B9} - R _Λ	0,24	11	12	0,20	0,37
30	R _{B11} - R _{Y4} - R _{I4} - R _{I5} - R _{B3} - R _{B2} - R _{B1} - R _{B11}	0,33	18	19	0,25	0,22
31	R _{A3} - R _{I4} - R _{Y4} - R _{Y3} - R _{Y2} - R _{Y1} - R _{I1} - R _{A1} - R _{A6} - R _{A5} - R _{A3}	0,39	31	31	0,33	0,07
32	R _{A2} - R _{B8} - R _{B9} - R _Λ - R _{I2} - R _{Y2} - R _{Y1} - R _{I1} - R _{A1} - R _{A2}	0,60	36	35	0,35	0,62
33	R _{A2} - R _{B8} - R _{B9} - R _Λ - R _{Y3} - R _{Y2} - R _{I2} - R _{I1} - R _{A1} - R _{A2}	0,59	29	29	0,32	0,03
34	R _{Y3} - R _{Y7} - R _{Y4} - R _{Y3}	0,11	8	8	0,17	0,07
35	R _{B11} - R _{B1} - R _{B2} - R _{B3} - R _{B4} - R _{B5} - R _{B11}	0,22	10	11	0,19	0,34
36	R _{B8} - R _{B7} - R _{B6} - R _{B8}	0,16	11	11	0,20	0,05
37	R _{B9} - R _{B8} - R _{I0} - R ₉	0,10	7	7	0,16	0,07

ΠΙΝΑΚΑΣ 13. Κλεισίματα Βρόγχων.

TABLE 13. Misclosure Tolerances of the Closed Loops.

Ομοίως, και για τα κλεισίματα των βρόγχων, στις περιπτώσεις όπου αυτά ήταν εκτός του επιτρεπόμενου ορίου (για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%) δεν έγινε επανάληψη των μετρήσεων, καθώς ήταν της ίδιας τάξης με τα επιτρεπόμενα.

7.3.3 Μετρημένες Υψομετρικές Διαφορές

Χρησιμοποιώντας τις Σχέσεις 6, 7 και 8, υπολογίζονται αντίστοιχα οι τελικές υψομετρικές διαφορές από τη μετάβαση-επιστροφή καθώς και οι αβεβαιότητές τους, όπως εμφανίζονται και στον ακόλουθο Πίνακα 14.

α/α	ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ	$\bar{\Delta H}$	$\sigma \bar{\Delta H}$ (mm)	α/α	ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ	$\bar{\Delta H}$	$\sigma \bar{\Delta H}$ (mm)
1	$R_{\Lambda} - R_E$	2,58059	0,06	32	$R_{A4} - R_{A5}$	-0,02711	0,04
2	$R_E - R_{\Phi}$	-8,30775	0,09	33	$R_{I5} - R_{I4}$	-0,06498	0,04
3	$R_{\Lambda} - R_{\Phi}$	-5,72700	0,12	34	$R_{I4} - R_{A3}$	0,05260	0,06
4	$R_{\Lambda} - R_{\Upsilon}$	-16,68814	0,10	35	$R_{\Upsilon4} - R_{B11}$	-0,24192	0,04
5	$R_{\Upsilon} - R_{\Theta}$	-10,84181	0,10	36	$R_{I2} - R_{\Lambda}$	-3,00055	0,05
6	$R_{\Lambda} - R_{\Theta}$	-27,53006	0,14	37	$R_{I4} - R_{B9}$	-2,27362	0,06
7	$R_{\Upsilon} - R_{\Phi}$	10,96104	0,15	38	$R_{I2} - R_{\Upsilon2}$	-3,26490	0,05
8	$R_E - R_{\Theta}$	-30,10971	0,16	39	$R_{\Upsilon2} - R_{\Upsilon3}$	-0,02689	0,04
9	$R_{\Lambda} - R_{B9}$	0,74090	0,03	40	$R_{\Upsilon3} - R_{\Upsilon4}$	0,10209	0,04
10	$R_{B6} - R_{B7}$	-0,81081	0,04	41	$R_{\Upsilon4} - R_{I4}$	3,20349	0,06
11	$R_{I2} - R_{I3}$	0,10548	0,03	42	$R_{\Upsilon3} - R_{\Lambda}$	0,29072	0,06
12	$R_{B5} - R_{B4}$	0,05976	0,03	43	$R_{B3} - R_{A3}$	3,95031	0,07
13	$R_{B4} - R_{B3}$	0,86251	0,04	44	$R_{\Upsilon1} - R_{I1}$	3,22715	0,07
14	$R_{B1} - R_{B11}$	-0,14427	0,03	45	$R_{\Upsilon1} - R_{\Upsilon2}$	-0,00469	0,07
15	$R_{B11} - R_{B10}$	0,05731	0,03	46	$R_{\Upsilon1} - R_{\Upsilon5}$	0,00607	0,04
16	$R_{B10} - R_{B9}$	1,11451	0,04	47	$R_{\Upsilon1} - R_{\Upsilon6}$	0,66444	0,04
17	$R_{B3} - R_{\Lambda}$	0,88256	0,04	48	$R_{B8} - R_{B9}$	3,76628	0,06
18	$R_{B1} - R_{B2}$	0,14747	0,03	49	$R_{B8} - R_{B7}$	-0,75267	0,04
19	$R_{B2} - R_{B3}$	-0,74361	0,04	50	$R_{B8} - R_{A2}$	6,12173	0,09
20	$R_{A1} - R_{A2}$	0,06871	0,04	51	$R_{B3} - R_{I5}$	3,96248	0,08
21	$R_{\Lambda} - R_{B7}$	-3,77788	0,06	52	$R_{I5} - R_{\Lambda}$	-3,07946	0,07
22	$R_{A2} - R_{A3}$	-0,02876	0,04	53	$R_{B7} - R_{B5}$	1,97316	0,05
23	$R_{A3} - R_{A5}$	0,05417	0,04	54	$R_{B6} - R_{B5}$	1,16234	0,05
24	$R_{A5} - R_{A6}$	0,07216	0,03	55	$R_{I3} - R_{I4}$	-0,09172	0,03
25	$R_{A3} - R_{A4}$	0,08143	0,05	56	$R_{\Lambda} - R_{I3}$	3,10639	0,06
26	$R_{A4} - R_{A1}$	-0,12165	0,05	57	$R_{\Upsilon7} - R_{\Upsilon3}$	2,21149	0,05
27	$R_{A1} - R_{A6}$	0,16632	0,04	58	$R_{B6} - R_{B8}$	-0,05821	0,05
28	$R_{A4} - R_{A6}$	0,04500	0,05	59	$R_{B11} - R_{B5}$	-1,37380	0,06
29	$R_{I1} - R_{I2}$	0,03299	0,04	60	$R_{\Upsilon7} - R_{\Upsilon4}$	2,31365	0,05
30	$R_{I1} - R_{A1}$	0,05953	0,05	61	$R_{B10} - R_{B8}$	-2,65182	0,07
31	$R_{A2} - R_{A4}$	0,05281	0,03				

ΠΙΝΑΚΑΣ 14. Οι τελικές υψομετρικές διαφορές από τη μετάβαση-επιστροφή και οι αβεβαιότητές τους.

TABLE 14. The Final Height Differences With their Standard Deviation.

7.4 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ A-POSTERIORI ΤΥΠΙΚΟΥ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΑΡΟΥΣ ΠΡΙΝ ΤΗ ΣΥΝΟΡΘΩΣΗ

Από τα παραπάνω κλεισίματα των βρόγχων (w), είναι δυνατό να γίνει μια εκτίμηση του a-posteriori τυπικού σφάλματος της μονάδας βάρους (ανά km διπλής χωροστάθμησης), πριν από το στάδιο της συνόρθωσης, χρησιμοποιώντας τη Σχέση 22.

$$\sigma_{0\text{-a-posteriori}}^{\text{προεκτίμηση}} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^v \frac{w_i^2}{\Sigma L_i}}{v}} \quad (22)$$

,όπου

ΣL_i : η περίμετρος κάθε βρόγχου (km)

v : το πλήθος των ανεξάρτητων βρόγχων

Αντικαθιστώντας τις αντίστοιχες τιμές των μεγεθών στην παραπάνω σχέση (Σχέση 22), προκύπτουν τα εξής:

$$\sigma_0^{\text{θεωρ.}} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^v \frac{w_i^2}{\Sigma L_i}}{v}} = \pm \sqrt{\frac{8,88019}{37}} = \pm 0,49 \rightarrow \sigma_0^{\text{θεωρ.}} = \pm 0,49 \text{ mm}/\sqrt{\text{km}}$$

Επομένως, προκύπτει ότι η εκτίμηση του τυπικού σφάλματος της μονάδας βάρους είναι $\pm 0,49 \text{ mm}/\sqrt{\text{km}}$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΕΠΙΛΥΣΕΙΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

8.1 ΓΕΝΙΚΑ

Μετά την ολοκλήρωση της επεξεργασίας των μετρήσεων των παρατηρήσεων που συλλέχτηκαν από το πεδίο και τον έλεγχο τους ώστε να είναι αποδεκτές, ακολουθεί το στάδιο της συνόρθωσης, χρησιμοποιώντας τη Μέθοδο των Ελαχίστων Τετραγώνων. Αποτελέσματα της συνόρθωσης αυτής είναι τα υψόμετρα των κορυφών του δικτύου κατακορύφου ελέγχου και ο πίνακας μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητάς τους, ο οποίος περιλαμβάνει και τις αβεβαιότητές τους.

Πιο συγκεκριμένα, έγιναν συνορθώσεις με τις ελάχιστες εξωτερικές δεσμεύσεις αλλά και με τις ελάχιστες εσωτερικές, εφαρμόζοντας ως μέθοδο επίλυσης αυτή των εμμέσων παρατηρήσεων. Μετά από κάθε επίλυση, έγινε ο στατιστικός έλεγχος για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Αυτός περιλαμβάνει τον έλεγχο για την αξιοπιστία του δικτύου (test χ^2) και τον έλεγχο για την ύπαρξη ή μη χονδροειδών και συστηματικών σφαλμάτων στις παρατηρήσεις (σάρωση δεδομένων κατά Baarda).

8.2 ΕΠΙΛΥΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕ ΤΙΣ ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΔΕΣΜΕΥΣΕΙΣ

Το σύστημα αναφοράς του γεωδαιτικού δικτύου κατακορύφου ελέγχου είναι τοπικό.

Το δίκτυο κατακορύφου ελέγχου επιλύθηκε με τις ελάχιστες εξωτερικές δεσμεύσεις και εφαρμόζοντας τη μέθοδο των εμμέσων παρατηρήσεων. Θεωρήθηκε ως σταθερή κορυφή η R_{Θ} με υψόμετρο $H_{R_{\Theta}}=0,00000$ m. Η επιλογή αυτής της υψομετρικής αφετηρίας ως σημείο αναφοράς των υψομέτρων έγινε το 1980, στα πλαίσια διπλωματικής εργασίας για τη μελέτη της κινηματικής συμπεριφοράς του κτιρίου Λαμπαδαρίου.

Ο συνολικός αριθμός των παρατηρήσεων του δικτύου κατακορύφου ελέγχου είναι ίσος με $n=61$. Ο αριθμός των άγνωστων ανεξάρτητων καθοριστικών παραμέτρων είναι $m=33$. Επομένως, ο βαθμός ελευθερίας προκύπτει ίσος με

$$r=n-m=61-33\rightarrow r=28.$$

Αρχικά, κατασκευάζεται ο πίνακας A , ο οποίος αποτελείται από τους συντελεστές των άγνωστων ανεξάρτητων καθοριστικών παραμέτρων και έχει διαστάσεις (61×28) .

Ακολουθεί η δημιουργία του διανύσματος δl , το οποίο περιέχει τις μετρημένες παρατηρήσεις και έχει διαστάσεις (61×1) .

Επιπλέον, απαραίτητο στοιχείο για τη συνόρθωση των παρατηρήσεων είναι η κατασκευή του πίνακα βαρών P . Το βάρος p_i κάθε παρατήρησης είναι αντιστρόφως ανάλογο της μεταβλητότητάς της και προκύπτει από τη σχέση

$$p_i = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_i^2} \quad (23)$$

,όπου

σ_0^2 : η τιμή της μεταβλητότητας της μονάδας βάρους.

σ_i^2 : η τιμή της μεταβλητότητας της i παρατήρησης.

Αφού κατασκευαστούν οι παραπάνω πίνακες από την ακόλουθη σχέση (Σχέση 24) υπολογίζεται το ζητούμενο διάνυσμα των τελικών υψομέτρων των κορυφών του δικτύου κατακορύφου ελέγχου.

$$A^T \cdot P \cdot A \cdot \hat{x} = A^T \cdot P \cdot \delta l \rightarrow N \cdot \hat{x} = u \rightarrow \hat{x} = N^{-1} \cdot u \quad (24)$$

Κατόπιν, προσδιορίζεται το a-posteriori τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους, από τη Σχέση 25.

$$\hat{\sigma}_0 = \sqrt{\frac{u^T \cdot P \cdot u}{r}} \quad (25)$$

,όπου

u : το διάνυσμα των υπολοίπων το οποίο προκύπτει από τη σχέση $u = \hat{l} - \delta l \rightarrow u = A \cdot \hat{x} - \delta l$.

P : ο πίνακας βαρών.

r : οι βαθμοί ελευθερίας.

Τελικά, ο πίνακας μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας των τελικών υπομέτρων των κορυφών του δικτύου κατακορύφου ελέγχου υπολογίζεται από τη Σχέση 26.

$$V_{\hat{x}} = \hat{\sigma}_0^2 \cdot N^{-1} \rightarrow V_{\hat{x}} = \hat{\sigma}_0^2 \cdot (A^T \cdot P \cdot A)^{-1} \quad (26)$$

Χρησιμοποιώντας τις παραπάνω σχέσεις, έγιναν δύο επιλύσεις του δικτύου κατακορύφου ελέγχου, θεωρώντας διαφορετικά βάρη. Πιο συγκεκριμένα, και στις δύο επιλύσεις, η τιμή της μεταβλητότητας της μονάδας βάρους θεωρήθηκε ίση με την τιμή που δίνεται από τις προδιαγραφές του οργάνου ως σφάλμα ανά χιλιόμετρο διπλής Γεωμετρικής χωροστάθμησης ($\sigma_0 = 0,30 \text{ mm/km}$ Διπλής Χωροστάθμησης).

◦ Στην πρώτη επίλυση τα βάρη υπολογίστηκαν από τη Σχέση 27.

$$p_i = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_{\Delta H_i}^2} \quad (27)$$

,όπου

σ_0 : το τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους, που αντιστοιχεί στο σφάλμα /km διπλής χωροστάθμησης.

$\sigma_{\Delta H_i}$: το τυπικό σφάλμα της i υψομετρικής διαφοράς, το οποίο προκύπτει από τη Σχέση 8 ($\sigma_{\Delta H_i} = \pm \sigma_e \cdot \sqrt{n}$).

Θεωρώντας, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους το σφάλμα που προκύπτει από τις προδιαγραφές του οργάνου ως σφάλμα ανά χιλιόμετρο διπλής χωροστάθμησης ($\sigma_0 = 0,30 \text{ mm/km}$), και

απόσταση μεταξύ χωροβάτη και σταδίας 30m (δηλαδή $\frac{1000}{60}$ στάσεις χωροβάτη σε χωροστάθμηση 1km), η Σχέση 8 γίνεται:

$$\sigma_0 = \pm \sigma_\varepsilon \cdot \sqrt{n} \rightarrow 0,30 = \pm \sigma_\varepsilon \cdot \sqrt{\frac{1000}{60}} \rightarrow \sigma_\varepsilon = \pm 0,07 \text{mm}$$

Το αποτέλεσμα αυτό δεν συμφωνεί με το αποτέλεσμα του εργαστηριακού ελέγχου από τον οποίο προέκυψε $\sigma_\varepsilon = \pm 0,03 \text{ mm}$. Είναι ενδεχόμενο αυτή η διαφορά να οφείλεται στη συμμετοχή τόσο των τυχαίων όσο και μικρού μεγέθους συστηματικών σφαλμάτων που υπεισέρχονται στις μετρήσεις.

Επομένως από τη Σχέση 27 προκύπτει,

$$\rho_i = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_{\Delta H_i}^2} = \frac{(\sigma_r \cdot \sqrt{17})^2}{(\sigma_r \cdot \sqrt{n})^2} = \frac{(0,07 \cdot \sqrt{17})^2}{(0,07 \cdot \sqrt{n})^2} = \frac{17}{n}$$

ο Στη δεύτερη επίλυση τα βάρη υπολογίστηκαν από τη Σχέση 28.

$$\rho_i = \frac{\sigma_{0\text{-priori}}^2}{\sigma_{0\text{-posteriori}}^2 \cdot S_i} \quad (28)$$

,όπου

$\sigma_{0\text{-priori}}^2$: το a-priori τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους.

$\sigma_{0\text{-posteriori}}^2$: η εκτίμηση του a-posteriori τυπικού σφάλματος της μονάδας βάρους.

S_i : το μήκος της i χωροστάθμησης.

Τα αποτελέσματα των δύο αυτών συνορθώσεων παρουσιάζονται συνοπτικά στον ακόλουθο Πίνακα 15.

α/α	A-PRIORI ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΑΡΟΥΣ (mm/km)	ΒΑΡΗ p_i	A-POSTERIORI ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΑΡΟΥΣ (mm/km)	ΜΕΣΟ ΣΦΑΛΜΑ ΥΨΟΜΕΤΡΩΝ $\bar{\sigma}$ (mm)
1	0,30	$p_i = \frac{17}{n}$	0,30	0,23
2	0,30	$p_i = \frac{\sigma_{0a-priori}^2}{\sigma_{0a-posteriori}^2 \cdot S_i}$	0,30	0,29

ΠΙΝΑΚΑΣ 15. Στατιστικά στοιχεία των επιλύσεων του δικτύου κατακορύφου ελέγχου.

TABLE 15. The Statistics of the Vertical Control Network's Different Solutions.

Όπως προκύπτει και από τον παραπάνω πίνακα (Πίνακας 15), από τις δύο επιλύσεις προκύπτουν τα ίδια αποτελέσματα. Από αυτό προκύπτει το συμπέρασμα ότι και οι δύο επιλύσεις αντανakλούν τις πραγματικές συνθήκες και εκφράζουν την πραγματική ποιότητα του δικτύου.

Τα αποτελέσματα των επιλύσεων παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 16).

ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΦΕΤΗΡΙΑ	\hat{H}_i (m)	$\sigma_{\hat{H}_i}$ (mm)	ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΦΕΤΗΡΙΑ	\hat{H}_i (m)	$\sigma_{\hat{H}_i}$ (mm)
R_{Θ}	0,0000	$\pm 0,0$	R_{A2}	30,6259	$\pm 0,2$
R_{Υ}	10,8417	$\pm 0,2$	R_{A3}	30,5972	$\pm 0,2$
R_{Φ}	21,8027	$\pm 0,2$	R_{A4}	30,6787	$\pm 0,2$
R_E	30,1103	$\pm 0,2$	R_{A5}	30,6515	$\pm 0,2$
R_{Λ}	27,5298	$\pm 0,2$	R_{A6}	30,7236	$\pm 0,2$
R_{B1}	27,2432	$\pm 0,2$	R_{I1}	30,4976	$\pm 0,2$
R_{B2}	27,3907	$\pm 0,2$	R_{I2}	30,5306	$\pm 0,2$
R_{B3}	26,6471	$\pm 0,2$	R_{I3}	30,6361	$\pm 0,2$
R_{B4}	25,7847	$\pm 0,2$	R_{I4}	30,5444	$\pm 0,2$
R_{B5}	25,7250	$\pm 0,2$	R_{I5}	30,6094	$\pm 0,2$
R_{B6}	24,5626	$\pm 0,2$	$R_{\Upsilon 1}$	27,2704	$\pm 0,3$
R_{B7}	23,7518	$\pm 0,2$	$R_{\Upsilon 2}$	27,2657	$\pm 0,2$
R_{B8}	24,5044	$\pm 0,2$	$R_{\Upsilon 3}$	27,2389	$\pm 0,2$
R_{B9}	28,2707	$\pm 0,2$	$R_{\Upsilon 4}$	27,3409	$\pm 0,2$
R_{B10}	27,1562	$\pm 0,2$	$R_{\Upsilon 5}$	27,2765	$\pm 0,3$
R_{B11}	27,0989	$\pm 0,2$	$R_{\Upsilon 6}$	27,9349	$\pm 0,3$
R_{A1}	30,5572	$\pm 0,2$	$R_{\Upsilon 7}$	25,0273	$\pm 0,2$

ΠΙΝΑΚΑΣ 16. Τα Αποτελέσματα της Επίλυσης του Δικτύου Κατακορύφου Ελέγχου.

TABLE 16. Adjusted Heights of the Vertical Control Network With their Standard Deviations.

8.3 ΕΠΙΛΥΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕ ΤΙΣ ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΔΕΣΜΕΥΣΕΙΣ (ΕΛΕΥΘΕΡΟ ΔΙΚΤΥΟ)

Στην περίπτωση αυτή, δεν διατηρούνται στοιχεία του δικτύου σταθερά. Η επίλυση γίνεται με την εισαγωγή κατάλληλων εξισώσεων δέσμησης μεταξύ των συντεταγμένων των κορυφών, ώστε το δίκτυο να μη μεταβάλλεται ως προς το κέντρο βάρους του.

Ο συνολικός αριθμός των παρατηρήσεων του δικτύου κατακορύφου ελέγχου είναι ίσος με $n=61$. Ο αριθμός των άγνωστων ανεξάρτητων καθοριστικών παραμέτρων είναι $m=34$. Επομένως, ο βαθμός ελευθερίας προκύπτει ίσος με

$$r=n-m=61-34 \rightarrow r=27.$$

Και σε αυτήν την περίπτωση, αρχικά συντάσσονται οι πίνακες A (61×34), P (61×61) και δl (61×1), όπως και στη συνόρθωση με τις ελάχιστες εξωτερικές δεσμεύσεις, θεωρώντας όμως όλες τις κορυφές ως άγνωστες. Στη συνέχεια, γίνεται η άρση των ατελειών με τη δέσμηση που προβλέπει ότι το άθροισμα των υψομέτρων των κορυφών είναι μηδέν. Επομένως ο πίνακας C είναι διαστάσεων (1×34) (34 άγνωστες κορυφές).

$$C = [1 \ 1 \ 1 \ \dots \ 1]$$

Το ζητούμενο διάνυσμα των τελικών υψομέτρων των κορυφών δίνεται από τη Σχέση 29.

$$\hat{x} = (N + C^T \cdot C)^{-1} \cdot A^T \cdot P \cdot \delta l \quad (29)$$

Κατόπιν, προσδιορίζεται το a-posteriori τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους, από τη Σχέση 25 και ακολούθως ο πίνακας μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας των τελικών υψομέτρων των κορυφών του δικτύου κατακορύφου ελέγχου από τη Σχέση 30.

$$V_{\hat{x}} = \sigma_0^2 \cdot (A^T \cdot P \cdot A + C^T \cdot C)^{-1} \cdot (A^T \cdot P \cdot A) \cdot (A^T \cdot P \cdot A + C^T \cdot C)^{-1} \quad (30)$$

Χρησιμοποιώντας τις παραπάνω σχέσεις, έγιναν και σε αυτήν την περίπτωση δύο επιλύσεις του δικτύου κατακορύφου ελέγχου, θεωρώντας διαφορετικά βάρη χρησιμοποιώντας τις Σχέσεις 27 και 28. Τα αποτελέσματα των δύο αυτών συνορθώσεων παρουσιάζονται συνοπτικά στον ακόλουθο Πίνακα 17.

α/α	A-PRIORI ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΑΡΟΥΣ (mm/km)	ΒΑΡΗ p_i	A-POSTERIORI ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΑΡΟΥΣ (mm/km)	ΜΕΣΟ ΣΦΑΛΜΑ ΥΨΟΜΕΤΡΩΝ $\bar{\sigma}$ (mm)
1	0,30	$p_i = \frac{17}{n}$	0,31	0,11
2	0,30	$p_i = \frac{\sigma_{0\text{-priori}}^2}{\sigma_{0\text{-προεκτίμηση}}^2 \cdot S_i} \cdot S_i$	0,31	0,11

ΠΙΝΑΚΑΣ 17. Στατιστικά στοιχεία των επιλύσεων του δικτύου κατακορύφου ελέγχου.

TABLE 17. The Statistics of the Vertical Control Network’s Different Solutions.

Και σε αυτήν την περίπτωση, από τις δύο επιλύσεις προκύπτουν τα ίδια αποτελέσματα. Από αυτό προκύπτει το συμπέρασμα ότι και οι δύο επιλύσεις εκφράζουν την πραγματική ποιότητα του δικτύου.

Τα αποτελέσματα των επιλύσεων παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 18).

Υ.Α	\hat{H}_i (m)	ΑΝΗΓΜΕΝΑ \hat{H}_i (m)	$\sigma_{\hat{H}_i}$ (mm)	Υ.Α	\hat{H}_i (m)	ΑΝΗΓΜΕΝΑ \hat{H}_i (m)	$\sigma_{\hat{H}_i}$ (mm)
R _Θ	-26,6008	0,0000	±0,2	R _{A2}	4,0251	30,6259	±0,1
R _Υ	-15,7591	10,8417	±0,2	R _{A3}	3,9964	30,5972	±0,1
R _Φ	-4,7981	21,8027	±0,2	R _{A4}	4,0779	30,6787	±0,1
R _Ε	3,5095	30,1103	±0,1	R _{A5}	4,0507	30,6515	±0,1
R _Λ	0,9290	27,5298	±0,1	R _{A6}	4,1228	30,7236	±0,1
R _{B1}	0,6424	27,2432	±0,1	R _{I1}	3,8968	30,4976	±0,1
R _{B2}	0,7899	27,3907	±0,1	R _{I2}	3,9298	30,5306	±0,1
R _{B3}	0,0463	26,6471	±0,1	R _{I3}	4,0353	30,6361	±0,1
R _{B4}	-0,8161	25,7847	±0,1	R _{I4}	3,9436	30,5444	±0,1
R _{B5}	-0,8758	25,7250	±0,1	R _{I5}	4,0086	30,6094	±0,1
R _{B6}	-2,0382	24,5626	±0,1	R _{Υ1}	0,6697	27,2704	±0,1
R _{B7}	-2,8490	23,7518	±0,1	R _{Υ2}	0,6649	27,2657	±0,1
R _{B8}	-2,0964	24,5044	±0,1	R _{Υ3}	0,6381	27,2389	±0,1
R _{B9}	1,6699	28,2707	±0,1	R _{Υ4}	0,7401	27,3409	±0,1
R _{B10}	0,5555	27,1562	±0,1	R _{Υ5}	0,6757	27,2765	±0,2
R _{B11}	0,4982	27,0989	±0,1	R _{Υ6}	1,3341	27,9349	±0,2
R _{A1}	3,9564	30,5572	±0,1	R _{Υ7}	-1,5735	25,0273	±0,1

ΠΙΝΑΚΑΣ 18. Τα Αποτελέσματα της Επίλυσης του Δικτύου Κατακορύφου Ελέγχου.

TABLE 18. Adjusted Heights of the Vertical Control Network With their Standard Deviation.

Όπως φαίνεται και από τον παραπάνω πίνακα (Πίνακας 18), μερικά υψόμετρα προέκυψαν από την επίλυση με αρνητικό πρόσημο. Αυτό σημαίνει ότι οι κορυφές αυτές βρίσκονται κάτω από τη μέση χωροσταθμική επιφάνεια ($H=0m$) στην οποία αναφέρονται τα υψόμετρα του δικτύου και η οποία ορίζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να ικανοποιείται η εσωτερική συνθήκη $\sum H_i=0$. Για αυτό και στη συνέχεια έγινε αναγωγή υψομέτρων με $H_{R0}=0 m$, ώστε όλα τα υψόμετρα να προκύψουν θετικά.

Από τα αποτελέσματα των δύο τρόπων επίλυσης του δικτύου (ελάχιστες εξωτερικές και εσωτερικές συνθήκες), προκύπτει το συμπέρασμα ότι ενώ τα υψόμετρα των κορυφών είναι ίδια ανάμεσα στις δύο επιλύσεις, οι αβεβαιότητές τους αλλάζουν. Πιο συγκεκριμένα παρατηρείται μικρότερη αβεβαιότητα στα υψόμετρα που προέκυψαν από την επίλυση με τις ελάχιστες εσωτερικές συνθήκες. Αυτό συμβαίνει γιατί σε αυτήν την επίλυση, το ίχνος του $V \hat{x}$ ελαχιστοποιείται και επομένως οι αβεβαιότητες μικραίνουν.

8.4 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ

Αφού πραγματοποιηθεί η επίλυση του δικτύου κατακορύφου ελέγχου, σειρά έχει ο στατιστικός έλεγχος, ο οποίος περιλαμβάνει τον έλεγχο για την αξιοπιστία του δικτύου και τον έλεγχο για την ύπαρξη ή μη χονδροειδών και συστηματικών σφαλμάτων στις παρατηρήσεις.

8.4.1 Ολικός Έλεγχος Αξιοπιστίας (Test χ^2)

Αν η τιμή της μεταβλητότητας (a-posteriori μεταβλητότητα της μονάδας βάρους) που προκύπτει από μία συνόρθωση, βρίσκεται μέσα στο διάστημα που συνδέεται με ένα προκαθορισμένο επίπεδο εμπιστοσύνης, σημαίνει πως η αρχική υπόθεση (a-priori μεταβλητότητα της μονάδας βάρους) ήταν σωστή και ότι δεν έγιναν χονδροειδή σφάλματα στις μετρήσεις.

Η μεταβλητότητα είναι ένα στατιστικό μέγεθος το οποίο δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή. Για αυτό, για την εύρεση των διαστημάτων εμπιστοσύνης της, χρησιμοποιείται η κατανομή χ^2 .

Ο έλεγχος αυτός έγινε και για τις δύο επιλύσεις (επίλυση με τις ελάχιστες εξωτερικές και εσωτερικές δεσμεύσεις), για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, χρησιμοποιώντας τη Σχέση 31.

$$\frac{\hat{\sigma}_0^2 \cdot r}{\sigma_0^2} \leq \chi_{r,(1-\alpha)}^2 \quad (31)$$

,όπου

$\hat{\sigma}_0^2$: το a-posteriori τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους.

σ_0^2 : το a-priori τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους.

r : οι βαθμοί ελευθερίας.

(1-α) : το επίπεδο εμπιστοσύνης p (p=0,95→1-α=0,95→α=0,05)

Ολικός Έλεγχος Αξιοπιστίας της Επίλυσης με τις Ελάχιστες Εξωτερικές Δεσμεύσεις

Το a-priori τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους θεωρήθηκε $\sigma_0=0,30$ mm/km, ενώ το a-posteriori τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους από τη συνόρθωση με τις ελάχιστες εξωτερικές δεσμεύσεις προέκυψε ίσο με $\hat{\sigma}_0=0,30$ mm/km.

Ο συνολικός αριθμός των παρατηρήσεων του δικτύου κατακορύφου ελέγχου είναι ίσος με n=61. Ο αριθμός των άγνωστων ανεξάρτητων καθοριστικών παραμέτρων είναι m=33. Επομένως, ο βαθμός ελευθερίας προκύπτει ίσος με

$$r=n-m=61-33 \rightarrow r=28.$$

Με στοιχεία εισόδου στον πίνακα κατανομής χ^2 , το επίπεδο εμπιστοσύνης p=0,95 και το βαθμό ελευθερίας r=28, προσδιορίζεται η τιμή $\chi_{28,0,95}^2=41,34$.

Επομένως, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, η Σχέση 31 προκύπτει:

$$\frac{\hat{\sigma}_0^2 \cdot r}{\sigma_0^2} \leq \chi_{28,(0,95)}^2 \rightarrow \frac{(0,30)^2 \cdot 28}{(0,30)^2} \leq 41,34 \rightarrow 28 \leq 41,34$$

Συνεπώς, αυτή η επίλυση του δικτύου κατακορύφου ελέγχου θεωρείται αξιόπιστη.

Ολικός Έλεγχος Αξιοπιστίας της Επίλυσης με τις Ελάχιστες Εσωτερικές Δεσμεύσεις

Το a-priori τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους θεωρήθηκε $\sigma_0 = 0,30$ mm/km, ενώ το a-posteriori τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους από τη συνόρθωση με τις ελάχιστες εξωτερικές δεσμεύσεις προέκυψε ίσο με $\hat{\sigma}_0 = 0,31$ mm/km.

Ο συνολικός αριθμός των παρατηρήσεων του δικτύου κατακορύφου ελέγχου είναι ίσος με $n=61$. Ο αριθμός των άγνωστων ανεξάρτητων καθοριστικών παραμέτρων είναι $m=34$. Επομένως, ο βαθμός ελευθερίας προκύπτει ίσος με

$$r = n - m = 61 - 34 \rightarrow r = 27.$$

Με στοιχεία εισόδου στον πίνακα κατανομής χ^2 , το επίπεδο εμπιστοσύνης $p=0,95$ και το βαθμό ελευθερίας $r=27$, προσδιορίζεται η τιμή $\chi_{27,0,95}^2 = 40,11$.

Επομένως, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, η Σχέση 31 προκύπτει:

$$\frac{\hat{\sigma}_0^2 \cdot r}{\sigma_0^2} \leq \chi_{27,(0,95)}^2 \rightarrow \frac{(0,31)^2 \cdot 27}{(0,30)^2} \leq 40,11 \rightarrow 28,83 \leq 40,11$$

Συνεπώς, αυτή η επίλυση του δικτύου κατακορύφου ελέγχου θεωρείται αξιόπιστη.

8.4.2 Έλεγχος των Παρατηρήσεων (Έλεγχος κατά Baarda)

Στη συνέχεια, γίνεται ο έλεγχος των παρατηρήσεων (σάρωση δεδομένων κατά Baarda), για ανίχνευση χονδροειδών και συστηματικών σφαλμάτων στις παρατηρήσεις.

Ο έλεγχος αυτός έγινε και για τις δύο επιλύσεις (επίλυση με τις ελάχιστες εξωτερικές και εσωτερικές δεσμεύσεις), χρησιμοποιώντας την κατανομή Fisher και τη Σχέση 32.

$$W_i = \left| \frac{u_i}{\sigma_{u_i}} \right| \leq \sqrt{F_{1,\infty,(1-\alpha_0)}} \quad (32)$$

,όπου

u_i : το υπόλοιπο της i παρατήρησης.

σ_{u_i} : το τυπικό σφάλμα των υπολοίπων $\sigma_{u_i}^2 = \sigma_{\ell_i}^2 - \sigma_{\hat{\ell}_i}^2$.

$F_{1,\infty,(1-\alpha_0)}$: η οριακή τιμή για την κατανομή Fisher.

Θεωρώντας ότι η ισχύς του ελέγχου είναι $1-\beta_0=0,80$ και το επίπεδο σημαντικότητας είναι $\alpha_0=0,001$, υπολογίζεται από αντίστοιχο νομογράφημα η εκκεντρότητα της κατανομής $\sqrt{\lambda_0}$ και η οριακή τιμή για την κατανομή Fisher

$$\sqrt{F_{1,\infty,(1-\alpha_0)}} = 3,29.$$

Ελέγχοντας, λοιπόν, με την παραπάνω Σχέση (Σχέση 32) κάθε παρατήρηση και για τις δύο συνορθώσεις, προκύπτει το συμπέρασμα ότι σε καμία παρατήρηση δεν ανιχνεύεται συστηματικό σφάλμα, εφόσον η σχέση αυτή επαληθεύεται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΠΡΟΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΤΗΣ Σ.Α.Τ.Μ. ΛΟΓΩ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ "ΚΑΤΕΧΑΚΗ-ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗ-ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥΠΟΛΗ"

9.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στο πλαίσιο διπλωματικής εργασίας τον Ιούνιο του 2000, πραγματοποιήθηκε προκαταρκτική μελέτη για την επέκταση της γραμμής του Μετρό από τη στάση Κατεχάκη, προς την Πολυτεχνειούπολη και την Πανεπιστημιούπολη, στο δήμο Ζωγράφου. Σε αυτή την ενδεχόμενη επέκταση του μετρό, ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που δημιουργείται και σχετίζεται με την κατασκευή σήραγγων σε αστικό περιβάλλον, είναι οι εδαφικές μετακινήσεις που επιδρούν στις υπερκείμενες κατασκευές.

Στο κεφάλαιο αυτό, χρησιμοποιώντας εμπειρικές μεθόδους, μελετάται η οριακή θέση χάραξης της σήραγγας ώστε να μην προκληθούν μετακινήσεις στο συγκρότημα των κτιρίων της Σ.Α.Τ.Μ. Παράλληλα, γίνεται η προεκτίμηση των εδαφικών μετακινήσεων στην περιοχή των κτιρίων που δημιουργούνται από τη διάνοιξη.

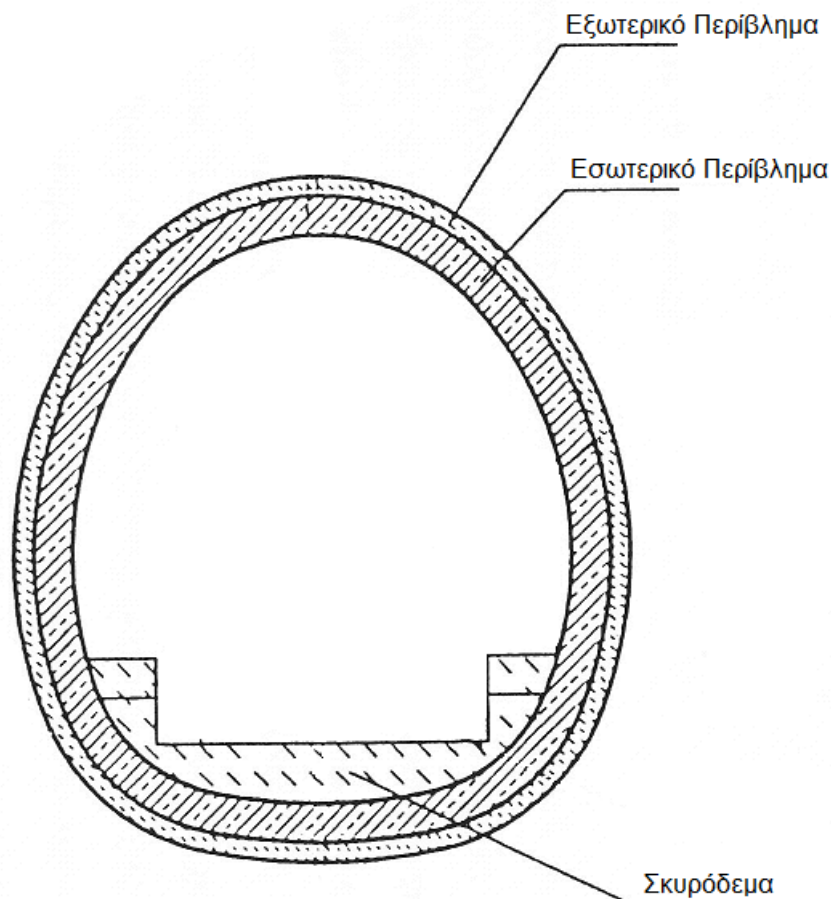
9.2 ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η σήραγγα θα συνδέει την Πολυτεχνειούπολη και την Πανεπιστημιούπολη με το υφιστάμενο δίκτυο του Μετρό, στο σταθμό Κατεχάκη.

Τα χαρακτηριστικά του έργου αυτού παρουσιάζονται παρακάτω.

9.2.1 Η Γεωμετρία της Σήραγγας

Λαμβάνοντας υπόψη τις ισχύουσες προδιαγραφές που έχει εφαρμόσει η Μετρό Α.Ε, γίνεται η παραδοχή ότι η υπό μελέτη σήραγγα θα είναι διατομής $D=10$ m. Ακολούθως παρουσιάζεται μια μορφή διατομής σήραγγας του μετρό (Σχήμα 16).



ΣΧΕΔΙΟ 16. Παράδειγμα Διατομής Σήραγγας. ^[18]

DRAWING 16. A Tunnel's Cross Section. ^[18]

9.2.2 Υπολογισμός Βάθους Διανοίξεως της Σήραγγας

Το βάθος H διάνοιξης της σήραγγας H , δίνεται από τη σχέση:

$$H = Z + R \quad (33)$$

,όπου

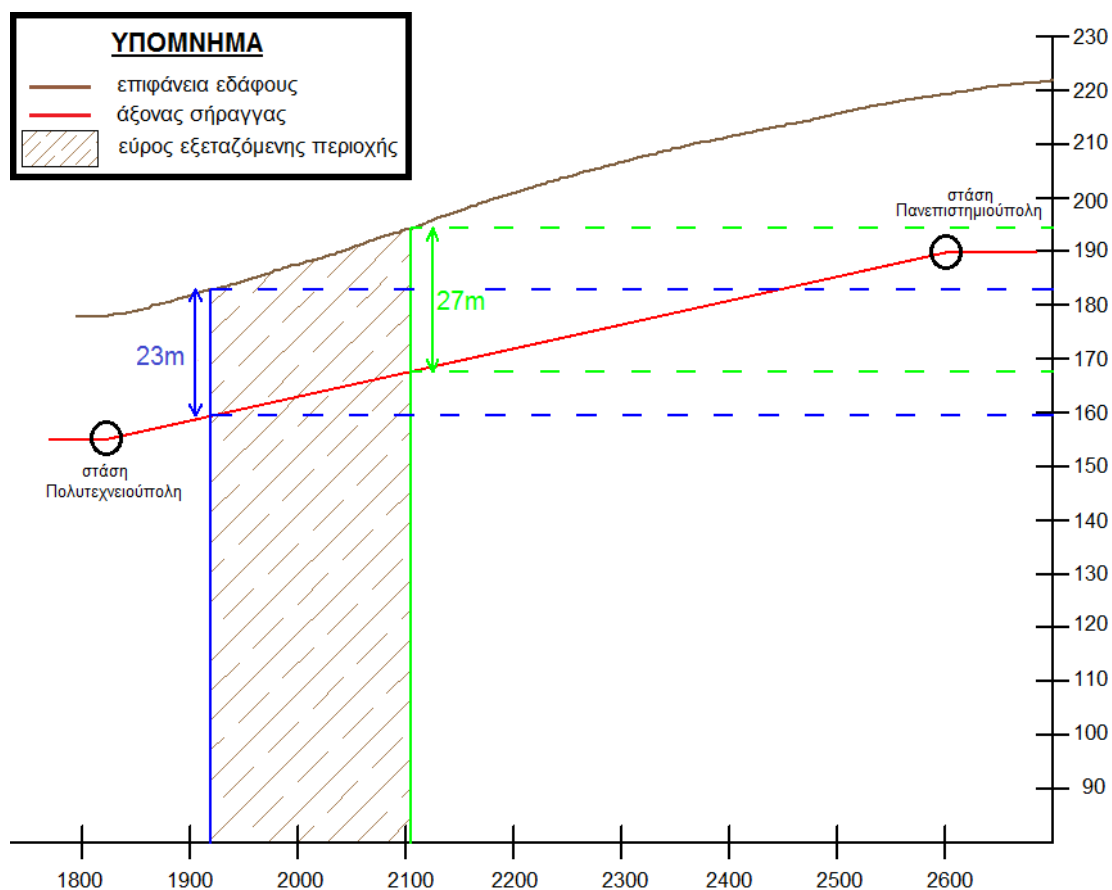
Z : η απόσταση της στέψης της σήραγγας από την επιφάνεια του εδάφους.

R : η ακτίνα της σήραγγας ($R = 5 \text{ m}$)

Από τη μηκοτομή του εδάφους της περιοχής της Πολυτεχνειούπολης (Διάγραμμα 3) και θεωρώντας ότι η χάραξη της σήραγγας θα είναι παρόμοιας μορφής με αυτή που είχε εκτιμηθεί ότι θα διανοιγόταν στο πλαίσιο της προηγούμενης διπλωματικής εργασίας του 2000 (η στάση Πολυτεχνειούπολη

θα απέχει 1830m από τη στάση Κατεχάκη), προκύπτει ότι για την περιοχή του συγκροτήματος κτιρίων της Σ.Α.Τ.Μ (1830+90m - 1830+275m), η μέση απόσταση της στέψης της σήραγγας από το έδαφος θα είναι

$$\frac{23+27}{2} = 25\text{m} \rightarrow \bar{Z} \approx 25\text{m}$$



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3. Μηκοτομή Χάραξης της Σήραγγας. ^[18]
DIAGRAM 3. Longitudinal Section of the Tunnel's Axis. ^[18]

Επομένως, από τη Σχέση 33 προκύπτει ότι το μέσο βάθος του άξονα της σήραγγας H προκύπτει

$$H = 25 + 5 \rightarrow H = 30\text{m}$$

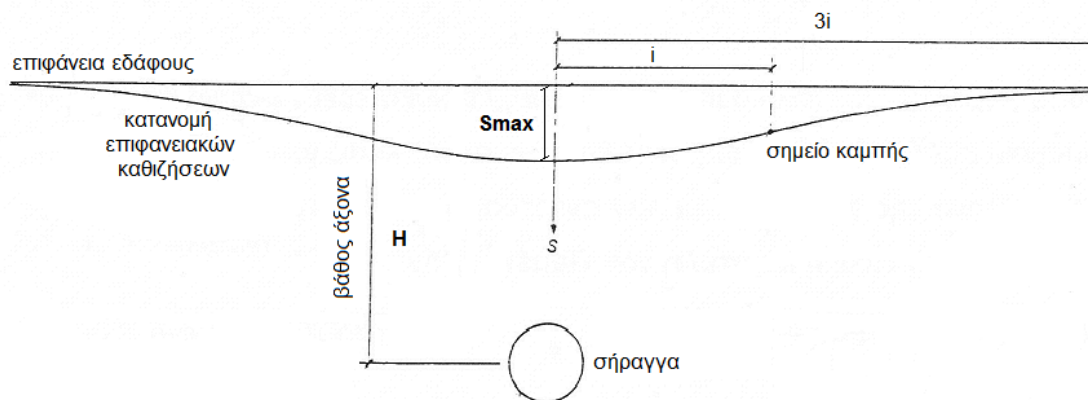
9.3 ΜΕΛΕΤΗ ΟΡΙΑΚΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ

Η εκτίμηση των εδαφικών μετακινήσεων λόγω διάνοιξης της σήραγγας είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί με τη χρήση μεθόδων οι οποίες κατηγοριοποιούνται σε εμπειρικές και αναλυτικές.

Σκοπός του υποκεφαλαίου αυτού είναι, εφαρμόζοντας εμπειρικές μεθόδους, να γίνει η μελέτη της χάραξης της σήραγγας ώστε οι προεκτιμώμενες εδαφικές μετακινήσεις (κατακόρυφες και οριζόντιες) στα κτίρια Λαμπαδαρίου, Βέη και Άλφα να είναι μηδενικές.

9.3.1 Κατακόρυφες Επιφανειακές Εδαφικές Μετακινήσεις Κάθετα προς τον Άξονα της Σήραγγας

Με βάση εμπειρικές μεθόδους και εργασίες, η κατανομή των επιφανειακών μετακινήσεων, εγκάρσια του διαμήκη άξονα της σήραγγας, προσομοιώνεται με την ανεστραμμένη καμπύλη της κανονικής κατανομής (καμπύλη του Gauss) (Εικόνα 9).



ΕΙΚΟΝΑ 9. Η Κατανομή των Επιφανειακών Καθιζήσεων. ^[11]

IMAGE 9. The Distribution of the Surface Subsidences. ^[11]

Η μαθηματική έκφραση αυτής της καμπύλης δίνεται από τη Σχέση 34 και εκφράζει την καθίζηση στην επιφάνεια του εδάφους σε εγκάρσια απόσταση y από τον άξονα της σήραγγας.

$$S_v = S_{\max} \cdot e^{\left(-\frac{y^2}{2i^2}\right)} \quad (34)$$

,όπου

i : η απόσταση του σημείου καμπής της καμπύλης των καθιζήσεων από τον άξονα της σήραγγας (σημείο με μέγιστη κλίση).

S_{\max} : η μέγιστη καθίζηση στην επιφάνεια του εδάφους πάνω από τον κατακόρυφο άξονα της σήραγγας ($y=0$).

Προσδιορισμός i

Η τιμή του i μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι, γραμμική συνάρτηση του βάθους H της διάνοιξης της σήραγγας, ανεξάρτητα από τον τρόπο κατασκευής της και τη διάμετρό της D . Η εκτίμησή της πραγματοποιείται από τη γραμμική σχέση των O'Reilly και New (Σχέση 35).

$$i = k \cdot H \quad (35)$$

,όπου

k : η παράμετρος που εκφράζει το πλάτος της καμπύλης των καθιζήσεων και σύμφωνα με τον Mair και Taylor (1997) στην περίπτωση αργιλικών εδαφών έχει τιμή $k=0,5$.

Επομένως, για $k=0,5$ και $H=30\text{m}$ η Σχέση 35 γίνεται

$$i = 0,5 \cdot 30 \rightarrow i = 15\text{m}$$

Προσδιορισμός S_{\max}

Η μέγιστη καθίζηση στην επιφάνεια του εδάφους πάνω από τον κατακόρυφο άξονα της σήραγγας προκύπτει από τη Σχέση 36.

$$S_{\max} = \frac{V_s}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot i} \quad (36)$$

,όπου

V_s : η απώλεια του εδαφικού όγκου ανά μονάδα μήκους της σήραγγας.

Η απώλεια εδαφικού όγκου ανά μονάδα μήκους της σήραγγας V_s προκύπτει από την σχέση:

$$V_i = \frac{V_s}{V} \rightarrow V_s = V_i \cdot V \quad (37)$$

,όπου

V_i : η σχετική απώλεια του εδαφικού όγκου.

V : ο ιδεατός όγκος της σήραγγας για 1m.

Η σχετική απώλεια του εδαφικού όγκου σύμφωνα με τον Mair (1998), σε αβαθείς σήραγγες σε αργιλικά εδάφη είναι της τάξεως 2-4%, ως αποτέλεσμα της μη ενεργοποίησης σε σημαντικό βαθμό του μηχανισμού "θόλου". Στην περίπτωση της προεκτίμησης θεωρείται η δυσμενέστερη τιμή του $V_i = 0,04$.

Ο ιδεατός όγκος της σήραγγας V για τη συγκεκριμένη περίπτωση είναι:

$$V = \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot 1 \rightarrow V = \pi \cdot \left(\frac{10}{2}\right)^2 \cdot 1 \rightarrow V = 78,54 \text{ m}^3.$$

Έτσι, $V_s = 0,04 \cdot 78,54 \rightarrow V_s = 3,14 \text{ m}^3$.

Αντικαθιστώντας το V_s και i στη Σχέση 36, υπολογίζουμε τη μέγιστη καθίζηση:

$$S_{\max} = \frac{3,14}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot 15}} \rightarrow S_{\max} = 0,084 \text{ m}$$

Τελικά, η καθίζηση στην επιφάνεια του εδάφους σε εγκάρσια απόσταση y από τον άξονα της σήραγγας δίνεται από τη σχέση:

$$S_v = 0,084 \cdot e^{\left(-\frac{y^2}{2(15)^2}\right)} \quad (38)$$

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι προεκτιμώμενες επιφανειακές καθιζήσεις για ορισμένες αποστάσεις y (Πίνακας 19).

y (m)	S_v (mm)
0	84,0
10	67,3
20	34,5
30	11,4
40	2,4
50	0,3

ΠΙΝΑΚΑΣ 19. Οι Προεκτιμώμενες Καθιζήσεις Δεδομένης Απόστασης y .

TABLE 19. The Estimated Subsidence Depending on the Distance from the Tunnel's Axis.

9.3.2 Οριζόντιες Επιφανειακές Εδαφικές Μετακινήσεις Κάθετα προς τον Άξονα της Σήραγγας

Κατά τη διάνοιξη της σήραγγας, εκτός των επιφανειακών καθιζήσεων παρατηρούνται και οριζόντιες μετακινήσεις οι οποίες δημιουργούν παραμορφώσεις.

Η προσεγγιστική σχέση από την οποία υπολογίζονται οι οριζόντιες επιφανειακές μετακινήσεις είναι η ακόλουθη (Σχέση 39).

$$S_h = \frac{y}{H} \cdot S_v \quad (39)$$

,όπου

y : η απόσταση από τον κατακόρυφο άξονα της σήραγγας.

H : το βάθος του άξονα της σήραγγας ($H=30$ m).

S_v : η επιφανειακή καθίζηση.

Αντικαθιστώντας στη Σχέση 39 τις τιμές που υπολογίστηκαν στα προηγούμενα, η σχέση που δίνει τις οριζόντιες μετακινήσεις για τη συγκεκριμένη περίπτωση είναι:

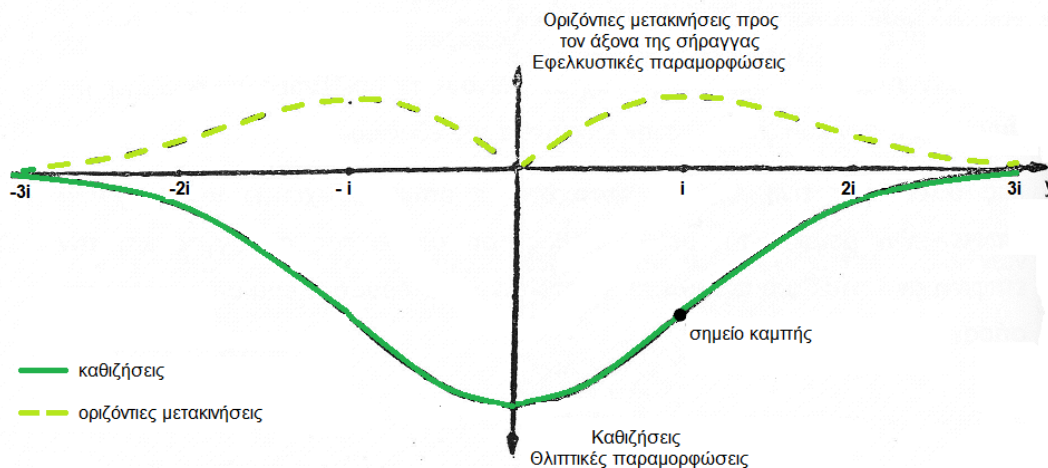
$$S_h = \frac{y}{30} \cdot S_v \rightarrow S_h = \frac{y}{30} \cdot 0,084 \cdot e^{-\left(\frac{y^2}{2 \cdot 15^2}\right)} \quad (40)$$

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι προεκτιμώμενες επιφανειακές οριζόντιες μετακινήσεις για ορισμένες αποστάσεις y (Πίνακας 20).

y (m)	S _h (mm)
0	0,0
10	22,4
20	23,0
30	11,4
40	3,2
50	0,5

ΠΙΝΑΚΑΣ 20. Οι Προεκτιμώμενες Οριζόντιες Μετακινήσεις Δεδομένης Απόστασης y .
TABLE 20. The Estimated Horizontal Movements Depending on the Distance from the Tunnel's Axis.

Η κατά πλάτος κατανομή των οριζόντιων μετακινήσεων και καθιζήσεων παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 4).



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4. Η Κατά Πλάτος Κατανομή των Οριζόντιων Μετακινήσεων και Καθιζήσεων.^[9]
DIAGRAM 4. The Cross Section Distribution of the Horizontal Movements and Subsidence.^[9]

9.3.3 Μελέτη Οριακής Θέσης της Σήραγγας

Το ζητούμενο πρόβλημα είναι η εύρεση της ελάχιστης απόστασης στην οποία πρέπει να διανοιχθεί η σήραγγα ώστε να μην προκαλεί στα κτίρια της Σ.Α.Τ.Μ. επιφανειακές μετακινήσεις.

Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει να ισχύουν συγχρόνως οι εξής δύο συνθήκες, λαμβάνοντας υπόψη τις σχέσεις 38 και 40.

$$\left. \begin{array}{l} S_v=0 \\ S_h=0 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} 0,084 \cdot e^{\left(-\frac{y^2}{2 \cdot (15)^2}\right)} = 0 \\ \frac{y}{30} \cdot S_v=0 \end{array} \right\}$$

Έτσι για να ισχύουν συγχρόνως οι παραπάνω συνθήκες πρέπει

$$e^{\left(-\frac{y^2}{2 \cdot (15)^2}\right)} = 0 \rightarrow e^{\left(-\frac{y^2}{450}\right)} = 0 \quad (41)$$

Από την επίλυση, με δοκιμές, της εξίσωσης (41), προκύπτει

$$y \approx 60\text{m}$$

Έτσι, για $y > 60\text{m}$ δεν παρουσιάζονται κατακόρυφες και οριζόντιες μετακινήσεις. Η λύση που προκύπτει παρουσιάζεται να βρίσκεται σε αντίθεση με τη θεωρητική απόσταση του διαγράμματος 4, $y=3 \cdot i=45\text{m}$. Αυτό δικαιολογείται από τον εμπειρικό χαρακτήρα της μεθόδου που ακολουθήθηκε για τον προσδιορισμό των μετακινήσεων.

Με βάση την απόσταση των 60m από τα κτίρια της Σ.Α.Τ.Μ. και τη θεώρηση η σήραγγα να μην περνά κάτω από το κτίριο της Φοιτητικής Εστίας, η οριακή θέση σχεδιασμού της σήραγγας ώστε να μην επηρεάζονται τα κτίρια Λαμπαδαρίου, Βέη και Άλφα από επιφανειακές μετακινήσεις παρουσιάζεται στο Χάρτη 4.

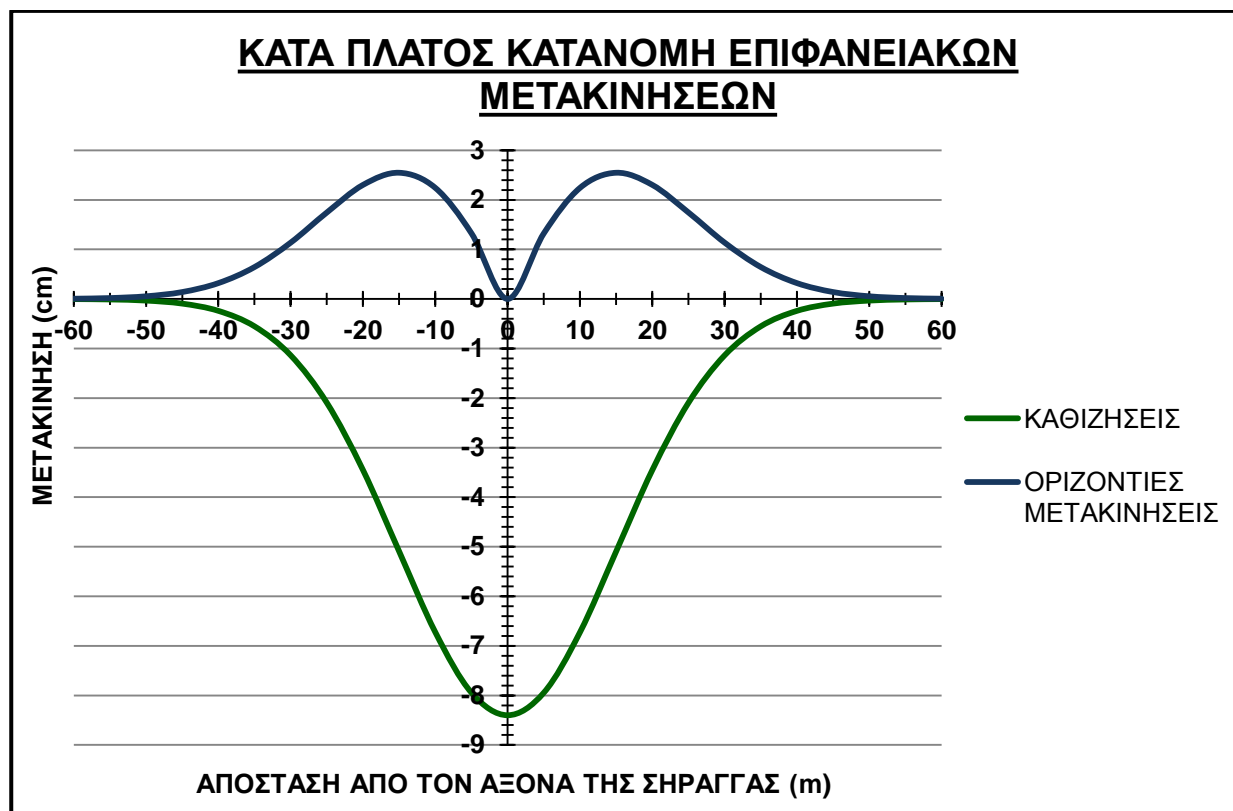


ΧΑΡΤΗΣ 4. Οριακή Θέση Χάραξης της Σήραγγας.^[23]

MAP 4. The Position of the Tunnel Under the Condition that the Buildings Lie Out of the Trough.^[23]

9.3.4 Οι Προεκτιμώμενες Επιφανειακές Μετακινήσεις στη Γύρω Περιοχή των Κτιρίων της Σ.Α.Τ.Μ.

Οι προεκτιμώμενες επιφανειακές μετακινήσεις στη γύρω περιοχή των κτιρίων υπολογίζονται με εφαρμογή των Σχέσεων 38 και 40. Η κατά πλάτος κατανομή των επιφανειακών καθιζήσεων και οριζόντιων μετακινήσεων στην εξεταζόμενη περιοχή εμφανίζεται στο ακόλουθο διάγραμμα (Διάγραμμα 5).

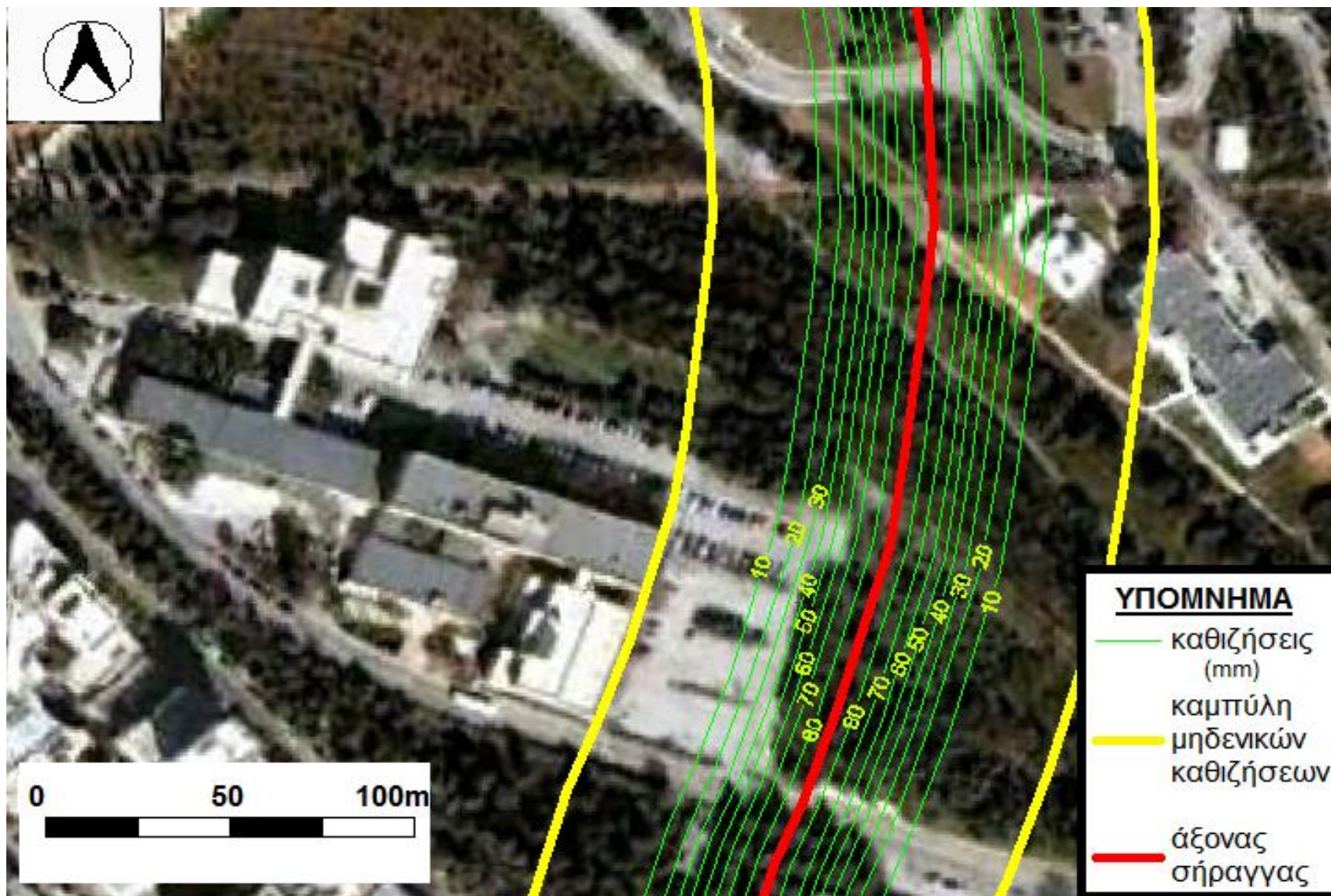


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5. Η Κατά Πλάτος Κατανομή των Οριζόντιων Μετακινήσεων και Καθιζήσεων στη Γύρω Περιοχή των Κτιρίων της Σ.Α.Τ.Μ..

DIAGRAM 5. Cross Section of the Ground's Movements (horizontal and vertical) Above the Tunnel's Axis.

Στο Χάρτη 5 παρουσιάζονται οι καμπύλες ίσης προεκτιμώμενης κατακόρυφης μετακίνησης, ενώ στο Χάρτη 6 οι καμπύλες ίσης προεκτιμώμενης οριζόντιας μετακίνησης.

Παρόλα αυτά, επειδή στην εξεταζόμενη περιοχή παρουσιάζονται αργιλικές εδαφικές συνθήκες, είναι δυνατόν να αναπτυχθούν κατακόρυφες εδαφικές μετακινήσεις ακόμα και μετά το πέρας της κατασκευής της σήραγγας. Αυτές οι καθιζήσεις αναφέρονται καθιζήσεις λόγω στερεοποίησης και σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατό να λάβουν τιμές της τάξεως του 30-90% της εκδηλωθείσης ολικής καθιζήσεως, προκαλώντας επιπλέον διεύρυνση της μορφής της καμπύλης των επιφανειακών καθιζήσεων.^[9]



ΧΑΡΤΗΣ 5. Καμπύλες Ίσων Καθιζήσεων στην Περιοχή Μελέτης. ^[23]

MAP 5. Subsidence Isolines in the Study Area. ^[23]



ΧΑΡΤΗΣ 6. Καμπύλες Ίσων Οριζόντιων Μετακινήσεων στην Περιοχή Μελέτης. ^[23]

MAP 6. Horizontal Movement Isolines in the Study Area. ^[23]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

10.1 ΓΕΝΙΚΑ

Για την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας εκτελέστηκαν οι απαιτούμενες ενέργειες με τη σειρά που προστάζουν τα στάδια της Γεωδαιτικής μεθοδολογίας.

Στο Κεφάλαιο, λοιπόν, αυτό παρουσιάζονται αναλυτικά όλες αυτές οι εργασίες αλλά και η κατανομή τους σε διάγραμμα Gantt.

10.2 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

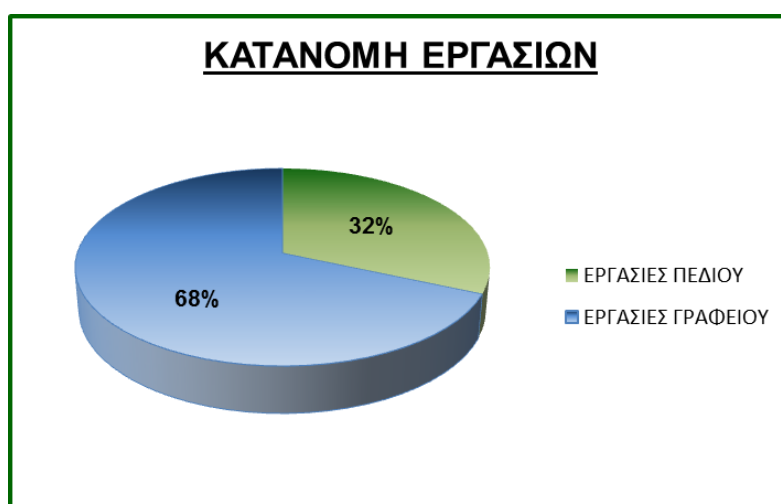
Αρχικά, πριν την έναρξη των εργασιών στο πεδίο, έγιναν κάποιες προκαταρκτικές ενέργειες που αφορούσαν στη συγκέντρωση των απαραίτητων σχεδίων των κτιρίων, στην αναγνώριση της περιοχής μελέτης με την εύρεση των υπάρχοντων υψομετρικών αφετηριών και την ίδρυση των νέων κορυφών και στην εξοικείωση με το ψηφιακό χωροβάτη που χρησιμοποιήθηκε. Τα απαραίτητα αυτά στοιχεία συλλέχθηκαν από την Τεχνική Υπηρεσία του Ε.Μ.Π. καθώς και από παλαιότερες διπλωματικές εργασίες. Οι εργασίες αυτές διήρκησαν 13 ημέρες (22/11-22/3). Επιπλέον, πριν την έναρξη των εργασιών πεδίου, πραγματοποιήθηκε η βελτιστοποίηση του δικτύου για την οποία απαιτήθηκαν 2 ημέρες (8/2-9/2).

Επόμενο στάδιο ήταν οι εργασίες πεδίου, με τον έλεγχο του ψηφιακού χωροβάτη (2 ημέρες) και τη διαδικασία των μετρήσεων των υψομετρικών διαφορών των κορυφών του δικτύου (20 ημέρες) με τον υπολογισμό των κλεισιμάτων των βρόγχων (2 ημέρες). Για τις εργασίες αυτές απαιτήθηκαν συνολικά 24 ημέρες (16/2-12/4) με μέσο όρο μετρήσεων υπαίθρου 7 ώρες.

Στη συνέχεια, ακολούθησε το στάδιο της επεξεργασίας των μετρήσεων που ολοκληρώθηκε σε 10 ημέρες (8/3-4/5), κατά το οποίο πραγματοποιήθηκε η συνόρθωση του δικτύου σε προγραμματιστικό περιβάλλον Matlab και οι στατιστικοί έλεγχοι του δικτύου και των παρατηρήσεων.

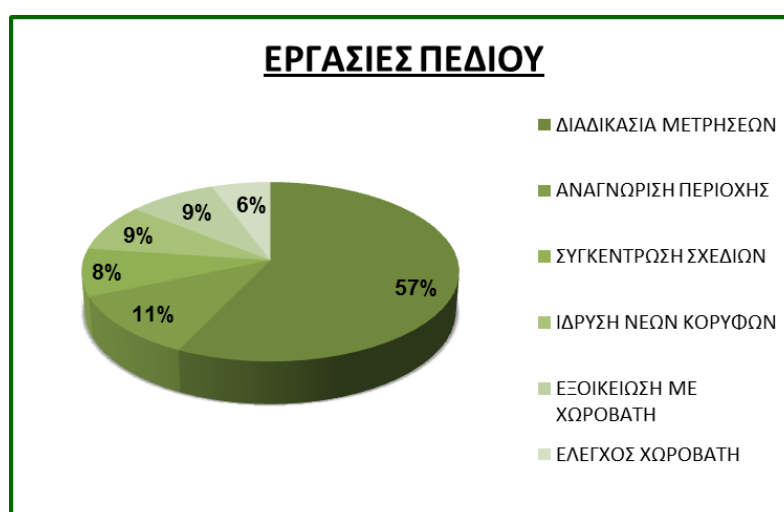
Τέλος, για τις εργασίες γραφείου απαιτήθηκαν 62 ημέρες (27/2-19/6) όπου εκτός από την επεξεργασία των μετρήσεων, έγινε ο υπολογισμός της εκτίμησης των επιφανειακών μετακινήσεων στα κτίρια της Σ.Α.Τ.Μ. και η συγγραφή του τεύχους της διπλωματικής εργασίας.

Συγκεντρωτικά, απαιτήθηκαν 35 ημέρες για την ολοκλήρωση των εργασιών υπαίθρου και 76 ημέρες για τις εργασίες πεδίου. Στα επόμενα γραφήματα παρουσιάζεται η κατανομή των εργασιών πεδίου και γραφείου (Γράφημα 1), αλλά και η κατανομή των επιμέρους εργασιών πεδίου (Γράφημα 2) και γραφείου (Γράφημα 3).



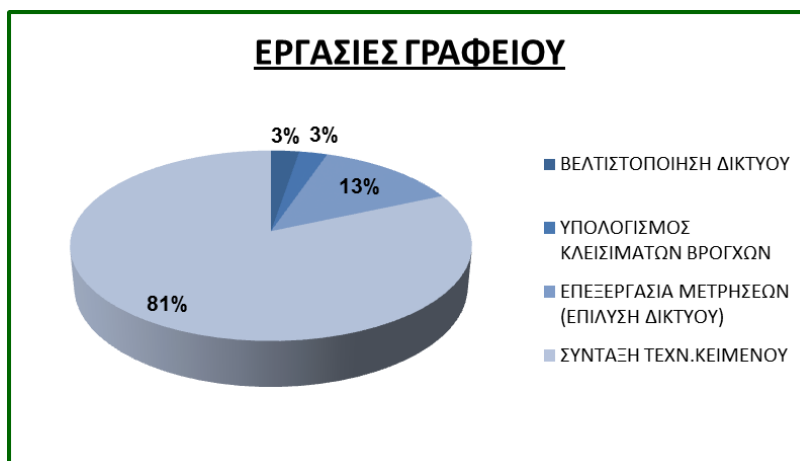
ΓΡΑΦΗΜΑ 1. Η Κατανομή Εργασιών της Διπλωματικής Εργασίας.

GRAPH 1. Work Distribution During the Dissertation.



ΓΡΑΦΗΜΑ 2. Η Κατανομή των Εργασιών Πεδίου.

GRAPH 2. Field Work Distribution.



ΓΡΑΦΗΜΑ 3. Η Κατανομή των Εργασιών Γραφείου.

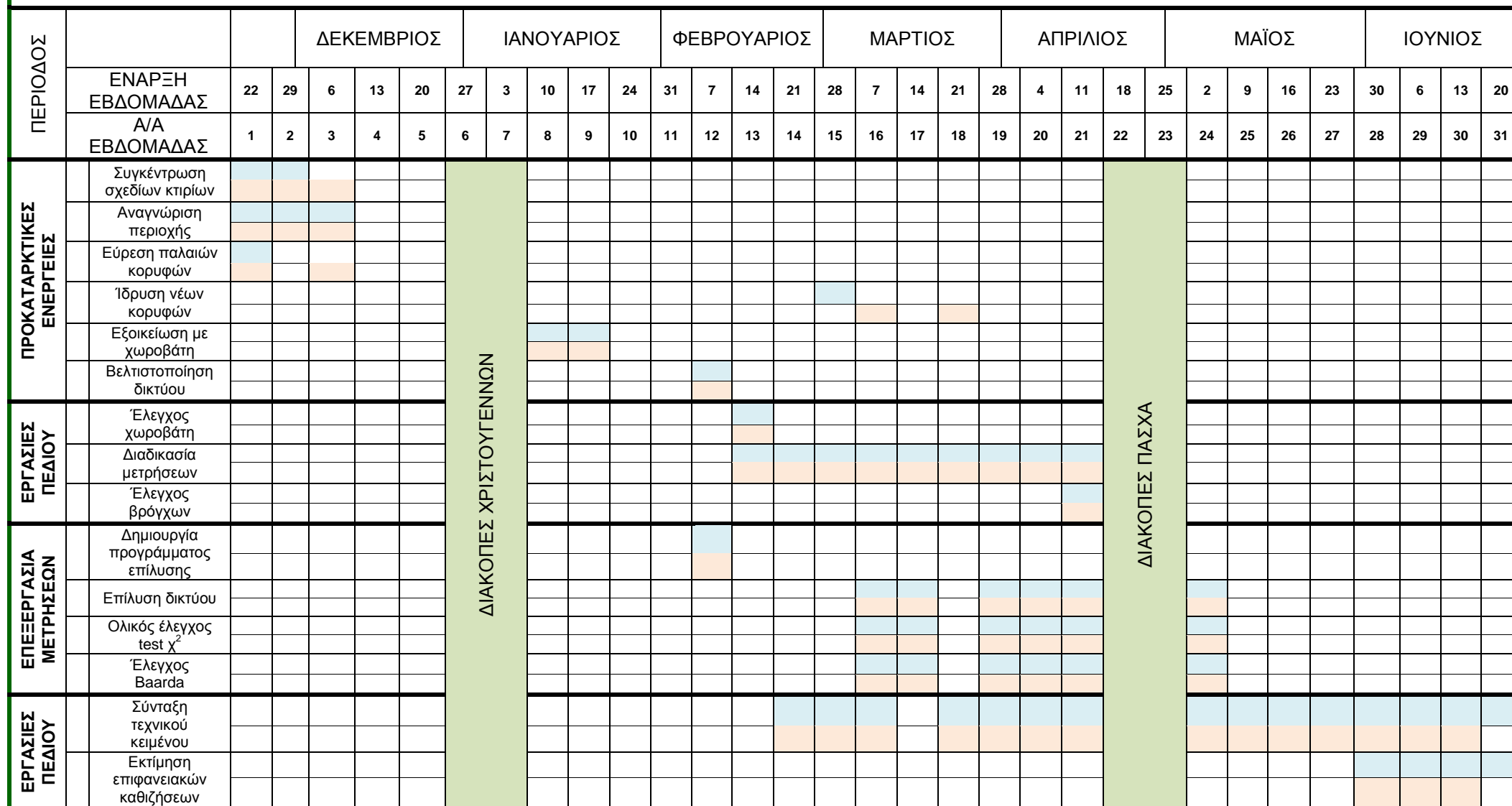
GRAPH 3. Office Work Distribution.

10.3 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ GANTT

Το διάγραμμα Gantt είναι ένα οριζόντιο ιστόγραμμα που παρέχει μια γραφική απεικόνιση του έργου με σκοπό το σχεδιασμό, τον συντονισμό και την εξειδίκευση των εργασιών.

Παρακάτω (Διάγραμμα 6) παρουσιάζεται το διάγραμμα Gantt που αντιστοιχεί στην εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ GANTT



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6. Το Διάγραμμα Gantt.
DIAGRAM 6. Gantt Chart.

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

περίοδος που αναμένεται να ολοκληρωθεί η εργασία
 περίοδος που τελικά ολοκληρώθηκε η εργασία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

11.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα.

Όσον αφορά στο δίκτυο κατακορύφου ελέγχου που ιδρύθηκε:

- ο Για την ίδρυση του δικτύου κατακορύφου ελέγχου στο συγκρότημα της Σ.Α.Τ.Μ. , οι θέσεις των κορυφών που επιλέχθηκαν ήταν πάνω στο φέροντα οργανισμό των κτιρίων όπου ενδιαφέρει να ανιχνευθούν πιθανές μετακινήσεις. Επιπλέον, προτιμήθηκε η τοποθέτησή τους περιμετρικά των κτιρίων, καθώς με αυτόν τον τρόπο διευκολύνονται οι μετρήσεις.
- ο Από τη βελτιστοποίηση προέκυψε το συμπέρασμα ότι αφαιρώντας παρατηρήσεις, το τετραγωνικό σφάλμα του ίχνους του πίνακα μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας δεν παρουσίαζε μεγάλη μεταβολή στην τιμή του από το πρώτο σενάριο (όλες οι δυνατές παρατηρήσεις) μέχρι αυτό που τελικά επιλέχτηκε.
- ο Από τις δύο επιλύσεις με διαφορετικά βάρη, προέκυψαν τα ίδια αποτελέσματα όσον αφορά στο στοχαστικό μοντέλο. Από αυτό προκύπτει το συμπέρασμα ότι και οι δύο επιλύσεις αντανakλούν τις πραγματικές συνθήκες και εκφράζουν την πραγματική ποιότητα του δικτύου. Ωστόσο εκτιμάται ότι η επιλογή τα βάρη να είναι ανάλογα των στάσεων αντιπροσωπεύουν καλύτερα τις μετρήσεις του συγκεκριμένου δικτύου.
- ο Η επίλυση με τις ελάχιστες εξωτερικές δεσμεύσεις δίνει τα ίδια υψόμετρα με αυτά που προέκυψαν από την επίλυση με τις ελάχιστες εσωτερικές δεσμεύσεις. Η διαφορά ανάμεσα στις δύο επιλύσεις έγκειται στο ότι με την επίλυση με τις ελάχιστες εσωτερικές δεσμεύσεις μειώνονται οι αβεβαιότητες των τελικών υψομέτρων.
- ο Το δίκτυο που ιδρύθηκε έχει ευαισθησία $\pm 0,5\text{mm}$ για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Με αυτόν τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα εντοπισμού μικρού μεγέθους μετακινήσεων με αξιοπιστία.

Όσον αφορά στη χρήση του ψηφιακού χωροβάτη ακριβείας:

- Η χρήση του ψηφιακού χωροβάτη ακριβείας δεν ενδείκνυται σε περιπτώσεις έντονης ηλιοφάνειας, με αποτέλεσμα να παρατηρείται μεγάλη αβεβαιότητα στην ανάγνωση ($\sim \pm 0,20\text{mm}$). Το συμπέρασμα αυτό προέκυψε από την επιλογή ο χωροβάτης να παίρνει 5 αναγνώσεις κάθε φορά.
- Σε περιπτώσεις μη επαρκούς ή ανομοιόμορφου φωτισμού, η απόσταση σταδίας χωροβάτη πρέπει να είναι πολύ μικρή, της τάξης των 2m, ώστε να μην υπάρχει καθυστέρηση στις αναγνώσεις.
- Για τη χρήση του χωροβάτη σε μετρήσεις εντός κτιρίου, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η μη διέλευση ατόμων, καθώς δημιουργείται δυσκολία στη σύγκλιση των μετρούμενων υψομετρικών διαφορών aller-retour και στο κλείσιμο του βρόγχου που περιλαμβάνει τη συγκεκριμένη υψομετρική διαφορά. Αυτό οφείλεται στην ταλάντωση του δαπέδου που δημιουργείται σε ώρες μεγάλης συχνότητας διέλευσης .
- Σε χωροσταθμίσεις ακριβείας οι οποίες γίνονται με συνεργείο δύο ατόμων, η χρήση όλου του εξοπλισμού (αντηρίδες για σταδίες INVAR 3m), δυσχεραίνουν και επιβραδύνουν το ρυθμό μετρήσεων στο πεδίο.
- Η μέση ταχύτητα μετρήσεων στο πεδίο ήταν , 400m/h για τις χωροσταθμίσεις στη γύρω περιοχή των κτιρίων, ενώ για τις χωροσταθμίσεις στο συγκρότημα της Σ.Α.Τ.Μ. ήταν 180m/h.

Όσον αφορά στη μελέτη των προεκτιμώμενων καθιζήσεων από τη διάνοιξη αβαθούς σήραγγας:

- Στην περίπτωση χάραξης της σήραγγας στην οριακή θέση όπου οι προεκτιμώμενες επιφανειακές μετακινήσεις στα κτίρια του συγκροτήματος της Σ.Α.Τ.Μ. θα είναι μηδενικές, θα υπάρξουν καθιζήσεις που η κατανομή τους θα είναι όπως αυτή που παρουσιάζεται στο Χάρτη 5. Παράλληλα θα υπάρξουν και οριζόντιες επιφανειακές μετακινήσεις οι οποίες θα παρουσιαστούν στην εξεταζόμενη περιοχή όπως στο Χάρτη 6.
- Υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να παρουσιαστούν αστοχίες σε υπόγεια έργα υποδομής τα οποία βρίσκονται εντός της περιοχής επιρροής από τη διάνοιξη της σήραγγας.

ο. Ακόμα και αν η σήραγγα κατασκευαστεί στην οριακή αυτή θέση, εξαιτίας του αργιλικού υποβάθρου, είναι πολύ πιθανό να εκδηλωθούν μετακινήσεις που θα επηρεάσουν τα κτίρια του συγκροτήματος της Σ.Α.Τ.Μ., λόγω της εμφάνισης του φαινομένου της στερεοποίησης.

11.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Από την εξαγωγή των παραπάνω συμπερασμάτων προκύπτουν οι ακόλουθες προτάσεις.

- ο. Εξαιτίας του γεωλογικού και γεωτεχνικού υποβάθρου της περιοχής μελέτης αλλά και ενδείξεων πάνω στην τοιχοποιία των κτιρίων Βέη και Άλφα, προτείνεται η επαναμέτρηση του δικτύου κατακόρυφου ελέγχου σε τακτά χρονικά διαστήματα, προκειμένου να προσδιοριστεί η κινηματική συμπεριφορά των κτιρίων και να εντοπιστούν πιθανές κατακόρυφες μετακινήσεις.
- ο. Στην παρούσα διπλωματική εργασία, σαν σημείο αναφοράς των υψομέτρων του δικτύου κατακόρυφου ελέγχου επιλέχθηκε η υψομετρική αφετηρία R_0 , η οποία θεωρείται ως σταθερή κορυφή. Προτείνεται όμως, ο έλεγχός της σε επόμενη χρονική στιγμή.
- ο. Με την ίδρυση κορυφών σε διάφορα κτίρια της Πολυτεχνειούπολης (κτίρια Υδραυλικής, Φυσικής, Φοιτητικής Εστίας) δίνεται η δυνατότητα μελέτης της κινηματικής συμπεριφοράς ενός μεγάλου τμήματος της Πολυτεχνειούπολης. Προτείνεται συμπληρωματικά, η μελέτη των κατακόρυφων μετακινήσεων στα κτίρια αυτά και σε περίπτωση που εντοπιστεί στατιστικά σημαντική μετακίνηση συνιστάται να γίνει περαιτέρω μελέτη.
- ο. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον θα παρουσίαζε και η μελέτη της κινηματικής συμπεριφοράς του πρσανούς στη θέση τμήματος του οποίου είναι χτισμένο το κτίριο Βέη. Προτείνεται, λοιπόν, η ίδρυση ενός δικτύου ελέγχου στην περιοχή του πρσανούς με βάση το οποίο θα υπάρχει η δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων για την ενδεχόμενη επίδραση των πιθανών μετακινήσεων στο συγκρότημα κτιρίων της Σ.Α.Τ.Μ..

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Arabatzi O., Mavrellis G., Stathas D. (1993), **Testing the Digital Level Wild NA2000 in Laboratory and Field Conditions**, Survey Review Vol.32, No.248, Εκδόσεις Castle
2. Georgopoulos G. (2005), **Investigation of a Building's Response in Tunnel Excavation**, Proc. International Symposium on Geodetic Deformation Monitoring: From Geophysical to Engineering Roles, Jaen, Spain
3. Telioni E. (2005), **Ground Surface Settlements due to Underground Works**, Proc. International Symposium on Geodetic Deformation Monitoring: From Geophysical to Engineering Roles, Jaen, Spain
4. **User Manual DNA** ,Leica
5. Αγατζά - Μπαλοδήμου Α.Μ. (2005), **Θεωρία Σφαλμάτων και Συνορθώσεις I** , Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα
6. Αγατζά - Μπαλοδήμου Α.Μ. (2005), **Θεωρία Σφαλμάτων και Συνορθώσεις II** , Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα
7. Αναγνωστόπουλος Α.Γ. (1985), **Καθιζήσεις σε Άργιλο**, Σημειώσεις, Αθήνα
8. Αναγνωστόπουλος Α.Γ. (1986), **Αρχές Υπολογισμού των Καθιζήσεων**, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα
9. Αναγνωστόπουλος Α., Μιχάλης Η. (2004), **Σημειώσεις Αντιστηρίξεων και Καθιζήσεων Λόγω Εκσκαφών**, σελ.41-63, Αθήνα
10. Αραμπατζή Ο., Γκουγκουτούδης Ι., Τελειώνη Ε. (1991), **Έλεγχοι και Ρυθμίσεις Οργάνων για Γεωμετρικές Χωροσταθμίσεις Ακριβείας**, Τόμος 11, Τεύχος 3, Αθήνα
11. Γεωργόπουλος Γ., Δογγούρης Σ., Λάμπρου Ε., Μπαλοδήμος Δ., Πανταζής Γ. (2005), **Σημειώσεις Τεχνικής Γεωδαισίας**, Εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα
12. Δερμάνης Δ. (1992), **Συνορθώσεις Παρατηρήσεων και Θεωρία Εκτίμησης** , Τόμοι 1 & 2, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη
13. Δερμάνης Δ., Ρωσσικόπουλος Δ., Φωτίου Α. (1994), **Τοπογραφικοί Υπολογισμοί και Συνορθώσεις Δικτύων - Ανάλυση Προγραμμάτων και Παραδείγματα**, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη

14. Καββαδάς Μ. , **Καθιζήσεις Επιφανειακών Θεμελιώσεων :Ανάλυση με σχέσεις ελαστικής μορφής**, 4^η Διάλεξη Μαθήματος Θεμελιώσεις
15. Καλογεράς Ν., Κιρποτιν Χ., Μακρής Γ., Παπαϊωάννου Ι., Ραυτόπουλος Σ., Τζίτζας Μ., Τουλιάτος Π. (1999), **Θέματα Οικοδομικής** , Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα
16. Καραμολέγκου Ε. (2009), **Εξέλιξη κατακόρυφων μετακινήσεων στις περιοχές Νέο Φάληρο - Μοσχάτο – Καλλιθέα**, Διπλωματική Εργασία, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα
17. Καρύδας Γ., Πασιπουλαρίδης Κ., Ρούμπος Γρ. (1981), **Ίδρυση Χωροσταθμικού Δικτύου Υψηλής Ακρίβειας στο Κτίριο Λαμπαδαρίου**, Διπλωματική Εργασία, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα
18. Κολλάρου Χ., Μότσια Λ. (2000), **Προκαταρκτική Μελέτη Επέκτασης Γραμμής Μετρό από τη Στάση Κατεχάκη προς την Πολυτεχνειούπολη και Πανεπιστημιούπολη Ζωγράφου**, Διπλωματική Εργασία, Σ.ΜΕ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα
19. Κούτη Α. (2002), **Έλεγχος Κινηματικής Συμπεριφοράς Σταδίου Ειρήνης και Φιλίας- Δίκτυο Κατακορύφου Ελέγχου**, Διπλωματική Εργασία, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα
20. Λιβιεράτος Ε., Φωτίου Α. (2000), **Γεωμετρική Γεωδαισία και Δίκτυα**, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη
21. Μπαλοδήμος Δ., Αραμπατζή Ο. (2004), **Υψομετρία** , Εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα
22. **Τεχνική Υπηρεσία Ε.Μ.Π**

ΙΣΤΟΓΡΑΦΙΑ

23. earth.google.com
24. ecourses.dbnet.ntua.gr/fvtogrammetria_ii.html , Παραγωγή DTM με τη βοήθεια συστημάτων Lidar και SAR, Διαλέξεις Μαθήματος Φωτογραμμετρία II
25. iteanet.blogspot.com
26. map.ntua.gr/google.htm
27. pde.teiser.gr

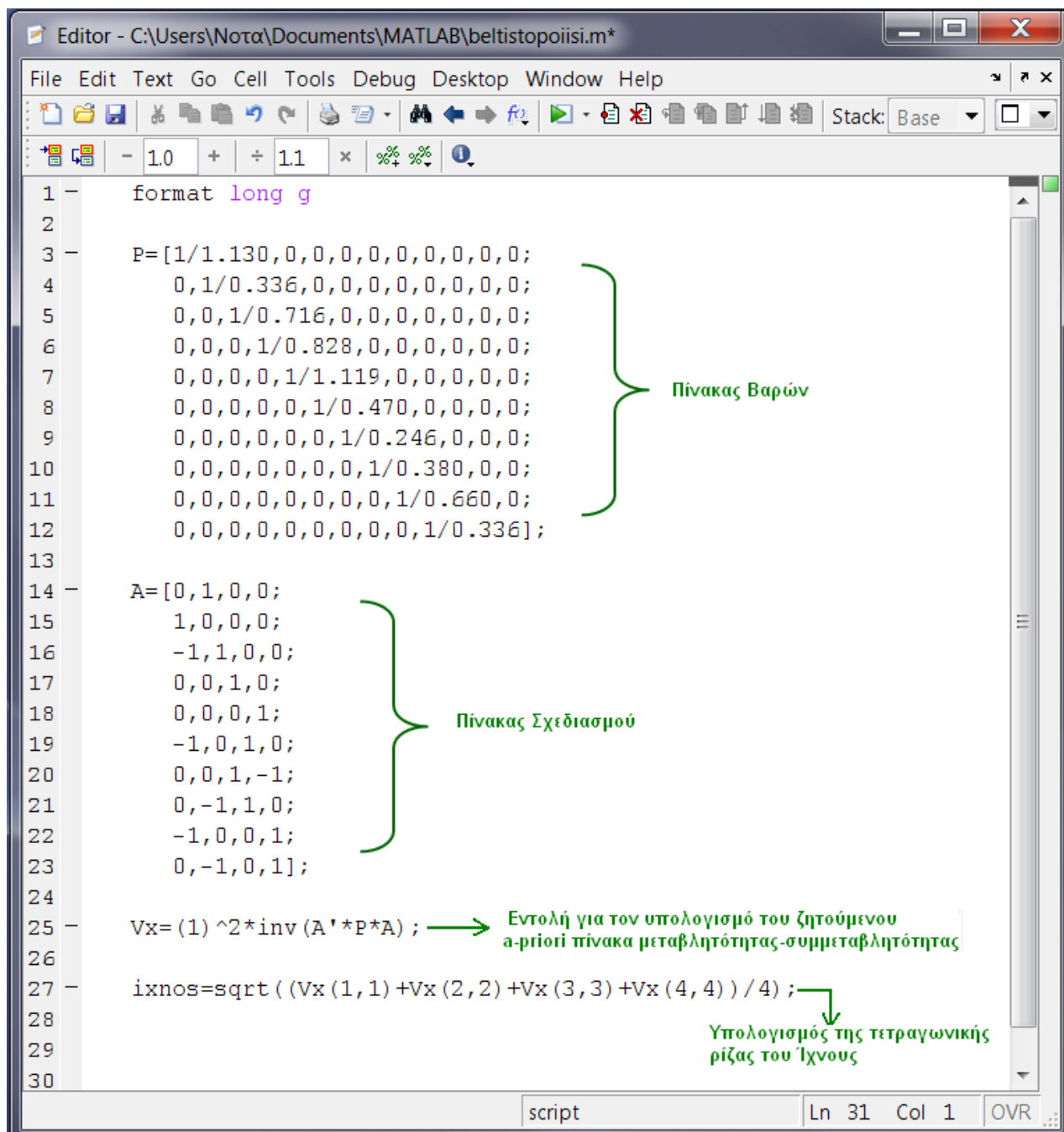
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Στο Παράρτημα περιλαμβάνονται τα ακόλουθα:

- Αποτελέσματα βελτιστοποίησης για την επιλογή παρατηρήσεων του δικτύου κατακορύφου ελέγχου.
- Αποτελέσματα ελέγχου ψηφιακού χωροβάτη DNA03.
- Υπολογισμός αποκλίσεων οριζοντίωσης του σκοπευτικού άξονα του ψηφιακού χωροβάτη DNA03 με τη μέθοδο Μέσου-Άκρου (Check & Adjust).
- Μορφή αποθηκευμένων δεδομένων της καταγραφικής μονάδας του ψηφιακού χωροβάτη DNA03.
- Αποτελέσματα μετρήσεων του δικτύου κατακορύφου ελέγχου.
- Επίλυση του δικτύου κατακορύφου ελέγχου σε προγραμματιστικό περιβάλλον MATLAB.
- Αποτελέσματα επίλυσης του δικτύου κατακορύφου ελέγχου – Οι πίνακες V_x .
- Τοπογραφική περιγραφή των υψομετρικών αφετηριών.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ.

- Βελτιστοποίηση του Δικτύου Κατακορύφου Ελέγχου σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον Matlab



```
1  format long g
2
3  P=[1/1.130,0,0,0,0,0,0,0,0,0;
4     0,1/0.336,0,0,0,0,0,0,0,0;
5     0,0,1/0.716,0,0,0,0,0,0,0;
6     0,0,0,1/0.828,0,0,0,0,0,0;
7     0,0,0,0,1/1.119,0,0,0,0,0;
8     0,0,0,0,0,1/0.470,0,0,0,0;
9     0,0,0,0,0,0,1/0.246,0,0,0;
10    0,0,0,0,0,0,0,1/0.380,0,0;
11    0,0,0,0,0,0,0,0,1/0.660,0;
12    0,0,0,0,0,0,0,0,0,1/0.336];
13
14  A=[0,1,0,0;
15     1,0,0,0;
16     -1,1,0,0;
17     0,0,1,0;
18     0,0,0,1;
19     -1,0,1,0;
20     0,0,1,-1;
21     0,-1,1,0;
22     -1,0,0,1;
23     0,-1,0,1];
24
25  Vx=(1)^2*inv(A'*P*A);
26
27  ixnos=sqrt((Vx(1,1)+Vx(2,2)+Vx(3,3)+Vx(4,4))/4);
28
29
30
```

Πίνακας Βαρών

Πίνακας Σχεδιασμού

Εντολή για τον υπολογισμό του ζητούμενου α-ρίοι πίνακα μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας

Υπολογισμός της τετραγωνικής ρίζας του Έχους

script Ln 31 Col 1 OVR

ο Αποτελέσματα Βελτιστοποίησης

1^η ΕΠΙΛΥΣΗ	<u>A-priori πίνακας μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας</u>
Με όλες τις δυνατές παρατηρήσεις	$V_x = \begin{bmatrix} 0,206138 & 0,128673 & 0,129933 & 0,129467 \\ 0,128673 & 0,276217 & 0,173619 & 0,182306 \\ 0,129934 & 0,173619 & 0,246313 & 0,181466 \\ 0,129467 & 0,182306 & 0,181466 & 0,262053 \end{bmatrix} \text{ mm}^2$

2^η ΕΠΙΛΥΣΗ	<u>A-riori πίνακας μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας</u>
Αφαιρώντας την παρατήρηση $\Delta H_{\Theta\Phi}$	$V_x = \begin{bmatrix} 0,225530 & 0,170302 & 0,156100 & 0,156943 \\ 0,170302 & 0,365580 & 0,229788 & 0,241286 \\ 0,156100 & 0,229788 & 0,281619 & 0,218539 \\ 0,156943 & 0,241286 & 0,218539 & 0,300980 \end{bmatrix} \text{ mm}^2$

3^η ΕΠΙΛΥΣΗ	<u>A-riori πίνακας μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας</u>
Αφαιρώντας τις παρατηρήσεις $\Delta H_{\Theta\Phi}$ και $\Delta H_{\Upsilon\Xi}$	$V_x = \begin{bmatrix} 0,236045 & 0,159419 & 0,146527 & 0,134860 \\ 0,159419 & 0,376842 & 0,239695 & 0,264141 \\ 0,146527 & 0,239695 & 0,290333 & 0,238642 \\ 0,134860 & 0,264141 & 0,238642 & 0,347355 \end{bmatrix} \text{ mm}^2$

4 ^η ΕΠΙΛΥΣΗ	A-riorigi πίνακας μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας
Αφαιρώντας τις παρατηρήσεις $\Delta H_{\Theta\Phi}$, $\Delta H_{\Upsilon E}$ και $\Delta H_{\Theta E}$	$V_x = \begin{bmatrix} 0,259615 & 0,205583 & 0,188235 & 0,195568 \\ 0,205583 & 0,467260 & 0,321384 & 0,383043 \\ 0,188235 & 0,321384 & 0,364136 & 0,346066 \\ 0,195568 & 0,383043 & 0,346066 & 0,503716 \end{bmatrix} \text{mm}^2$

5 ^η ΕΠΙΛΥΣΗ	A-riorigi πίνακας μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας
Αφαιρώντας τις παρατηρήσεις $\Delta H_{\Theta\Phi}$, $\Delta H_{\Upsilon E}$, $\Delta H_{\Theta E}$ και $\Delta H_{\Upsilon\Lambda}$	$V_x = \begin{bmatrix} 0,282492 & 0,168469 & 0,131859 & 0,147333 \\ 0,168469 & 0,527470 & 0,412843 & 0,461294 \\ 0,131859 & 0,412843 & 0,503063 & 0,464929 \\ 0,147333 & 0,461294 & 0,464929 & 0,605413 \end{bmatrix} \text{mm}^2$

6 ^η ΕΠΙΛΥΣΗ	A-riorigi πίνακας μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας
Αφαιρώντας τις παρατηρήσεις $\Delta H_{\Theta\Phi}$, $\Delta H_{\Upsilon E}$, $\Delta H_{\Theta E}$, $\Delta H_{\Upsilon\Lambda}$ και $\Delta H_{\Phi\Lambda}$	$V_x = \begin{bmatrix} 0,290145 & 0,192429 & 0,113001 & 0,146574 \\ 0,192429 & 0,602486 & 0,353800 & 0,458915 \\ 0,113001 & 0,353800 & 0,549534 & 0,466801 \\ 0,146574 & 0,458915 & 0,466801 & 0,605488 \end{bmatrix} \text{mm}^2$

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΧΩΡΟΒΑΤΗ DNA03.

- ο Προσδιορισμός του μέσου τετραγωνικού σφάλματος μίας παρατήρησης

Α' ΦΑΣΗ

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΣΤΑΔΙΑΣ- ΧΩΡΟΒΑΤΗ (m)	ΑΝΑΓΝΩΣΕΙΣ (m)		ΥΠΟΛΟΙΠΑ u (mm)	σ_o (mm)	σ''_o (")
5,28	A _I	0,25670	-0,06	0,027	1,06
		0,25675	-0,01		
		0,25674	-0,02		
		0,25676	0,00		
		0,25676	0,00		
	A _{II}	0,25678	0,02		
		0,25677	0,01		
		0,25680	0,04		
		0,25678	0,02		
		0,25676	0,00		
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ		0,25676			
[uu] (mm ²)			0,007		

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΣΤΑΔΙΑΣ- ΧΩΡΟΒΑΤΗ (m)	ΑΝΑΓΝΩΣΕΙΣ (m)		ΥΠΟΛΟΙΠΑ u (mm)	σ_o (mm)	σ''_o (")
11,24	A _I	0,24922	0,06	0,033	0,60
		0,24916	0,02		
		0,24913	-0,03		
		0,24915	-0,08		
		0,24913	-0,03		
	A _{II}	0,24914	-0,02		
		0,24912	-0,04		
		0,24915	-0,08		
		0,24918	0,02		
		0,24920	0,04		
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ		0,249158			
[uu] (mm ²)			0,010		

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΣΤΑΔΙΑΣ- ΧΩΡΟΒΑΤΗ (m)	ΑΝΑΓΝΩΣΕΙΣ (m)		ΥΠΟΛΟΙΠΑ u (mm)	σ_o (mm)	σ''_o (")
18,73	A _I	0,23769	-0,03	0,025	0,27
		0,23770	-0,02		
		0,23772	0,00		
		0,23771	-0,01		
		0,23776	0,04		
	A _{II}	0,23771	-0,01		
		0,23775	0,03		
		0,23770	-0,02		
		0,23771	-0,01		
		0,23775	0,03		
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ		0,23772			
[uu] (mm ²)			0,005		

B' ΦΑΣΗ

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΣΤΑΔΙΑΣ- ΧΩΡΟΒΑΤΗ (m)	ΑΝΑΓΝΩΣΕΙΣ (m)		ΥΠΟΛΟΙΠΑ u (mm)	σ_0 (mm)	σ''_0 (")
9,88	A _I	1,31214	0,01	0,022	0,45
		1,31212	-0,01		
		1,31216	0,03		
		1,31212	-0,01		
		1,31214	0,01		
	A _{II}	1,31210	-0,03		
		1,31216	0,03		
		1,31214	0,01		
		1,31210	-0,03		
		1,31212	-0,01		
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ [uu] (mm ²)		1,31213	0,004		

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΣΤΑΔΙΑΣ- ΧΩΡΟΒΑΤΗ (m)	ΑΝΑΓΝΩΣΕΙΣ (m)		ΥΠΟΛΟΙΠΑ u (mm)	σ_0 (mm)	σ''_0 (")
19,97	A _I	1,30881	0,02	0,029	0,30
		1,30878	-0,01		
		1,30879	0,00		
		1,30875	-0,04		
		1,30881	0,02		
	A _{II}	1,30875	-0,04		
		1,30882	0,03		
		1,30876	-0,03		
		1,30883	0,04		
		1,30879	0,00		
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ [uu] (mm ²)		1,308789	0,007		

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΣΤΑΔΙΑΣ- ΧΩΡΟΒΑΤΗ (m)	ΑΝΑΓΝΩΣΕΙΣ (m)		ΥΠΟΛΟΙΠΑ u (mm)	σ_0 (mm)	σ''_0 (")
29,61	A _I	1,34199	0,04	0,026	0,18
		1,34194	-0,01		
		1,34195	0,00		
		1,34196	0,01		
		1,34192	-0,03		
	A _{II}	1,34191	-0,04		
		1,34192	-0,03		
		1,34198	0,03		
		1,34196	0,01		
		1,34195	0,00		
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ [uu] (mm ²)		1,341948	0,006		

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

- Εργαστηριακός προσδιορισμός του μέσου τετραγωνικού σφάλματος ανά 1 km χωροστάθμησης

A' ΦΑΣΗ

ΜΗΚΟΣ ΒΑΣΗΣ (m)	ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ (m)	ΥΠΟΛΟΙΠΑ υ (m)	$\sigma_{\Delta H}$ (mm)	σ_{1Km} (m)
20,40	0,05870	0,00003	0,040	0,00018
	0,05870	0,00003		
	0,05867	0,00000		
	0,05874	0,00007		
	0,05866	-0,00001		
	0,05862	-0,00005		
	0,05865	-0,00002		
	0,05872	0,00005		
	0,05873	0,00006		
	0,05866	-0,00001		
	0,05860	-0,00007		
	0,05865	-0,00002		
	0,05867	0,00000		
	0,05873	0,00006		
	0,05864	-0,00003		
	0,05866	-0,00001		
	0,05862	-0,00005		
	0,05865	-0,00002		
	0,05863	-0,00004		
0,05864	-0,00003			
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	0,058667			
[υυ]		$3,10 \cdot 10^{-8}$		

B' ΦΑΣΗ

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΒΑΣΗΣ (m)	ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ (m)	ΥΠΟΛΟΙΠΑ υ (m)	$\sigma_{\Delta H}$ (mm)	σ_{1Km} (m)
50	0,00247	0,00001	0,025	0,00011
	0,00249	0,00003		
	0,00248	0,00002		
	0,00251	0,00005		
	0,00245	-0,00001		
	0,00241	-0,00005		
	0,00250	0,00004		
	0,00246	0,00000		
	0,00244	-0,00002		
	0,00245	-0,00001		
	0,00243	-0,00003		
	0,00246	0,00000		
	0,00246	0,00000		
	0,00245	-0,00001		
	0,00247	0,00001		
	0,00249	0,00003		
	0,00248	0,00002		
	0,00248	0,00002		
	0,00243	-0,00003		
0,00245	-0,00001			
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	0,002463			
[υυ]		$1,22 \cdot 10^{-8}$		

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΚΛΙΣΕΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΣΚΟΠΕΥΤΙΚΟΥ ΑΞΟΝΑ ΤΟΥ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΧΩΡΟΒΑΤΗ DNA03 ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΜΕΣΟΥ-ΑΚΡΟΥ (CHECK & ADJUST).

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΦΑΛΜΑ (")	ΔΙΑΦΟΡΑ (")
18/2/2011	-11,1	
		-0,4
21/2/2011	-11,5	
		-1,1
22/2/2011	-12,6	
		1,5
24/2/2011	-11,1	
		0,1
28/2/2011	-11,0	
		0,0
1/3/2011	-11,0	
		1,2
2/3/2011	-9,8	
		-0,3
4/3/2011	-10,1	
		-1,5
5/3/2011	-11,6	
		1,3
14/3/2011	-10,3	
		-1,2
15/3/2011	-11,5	
		-1,8
18/3/2011	-13,3	
		1,1
19/3/2011	-12,2	
		0,6
21/3/2011	-11,6	
		-0,3
22/3/2011	-11,9	
		-0,3
28/3/2011	-12,2	
		-1,1
7/4/2011	-13,3	
		0,0
12/4/2011	-13,3	

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΜΟΡΦΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΗΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΤΟΥ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΧΩΡΟΒΑΤΗ DNA03.

Ο ψηφιακός χωροβάτης που χρησιμοποιήθηκε, μέσω της ενσωματωμένης καταγραφικής μονάδας, χωρητικότητας μέχρι και 32MB, αποθηκεύει τα μετρημένα στοιχεία. Αυτά, χρησιμοποιώντας το παρεχόμενο από τον κατασκευαστή εργαλείο (Leica Geo Office Tools) μεταφέρθηκαν στον υπολογιστή έχοντας την ακόλουθη μορφή.

Αρχείο	Επεξεργασία	Μορφή	Προβολή	Βοήθεια	
11.0001+000000A1	32...	.8+01570008	331.28+00151268	390...+00000005	391.28+00000005
11.0002+000000A1	32...	.8+01569809	331.28+00151274	390...+00000005	391.28+00000003
11.0003+000000B1	32...	.8+01425216	332.28+00123222	390...+00000005	391.28+00000002
11.0004+000000B2	32...	.8+00344386	336.28+00123942	390...+00000005	391.28+00000001
11.0005+000000A2	32...	.8+02658082	335.28+00151989	390...+00000005	391.28+00000008
11.0006+000000A2	32...	.8+02657694	335.28+00151982	390...+00000005	391.28+00000004
11.0007+000000A2	32...	.8+02657143	335.28+00151983	390...+00000005	391.28+00000002
41.0008+?.....1					
11.0009+000000AM	83...	.58+00000000			
11.0010+000000AM	32...	.8+02739345	331.08+00072016	390...+00000005	391.08+00000003
11.0011+00000001	32...	.8+03248062	332.08+00205694	390...+00000005	391.08+00000004
11.0012+00000001	573...	.8-00508717	574...8+03987406	83...08-00133679	ανάγνωση όπισθεν
11.0013+00000001	32...	.8+02810412	331.08+00043439	390...+00000005	391.08+00000004
11.0014+00000002	32...	.8+03453553	332.08+00217282	390...+00000005	391.08+00000003
11.0015+00000002	573...	.8-01151857	574...8+12251371	83...08-00307522	
11.0016+00000002	32...	.8+03068434	331.08+00084558	390...+00000005	391.08+00000004
11.0017+00000003	32...	.8+03467675	332.08+00184748	390...+00000005	391.08+00000002
11.0018+00000003	573...	.8-01551099	574...8+18787480	83...08-00407712	
11.0019+00000003	32...	.8+03930322	331.08+00044271	390...+00000005	391.08+00000004
11.0020+00000004	32...	.8+03173492	332.08+00280969	390...+00000005	391.08+00000003
11.0021+00000004	573...	.8-00794269	574...8+25891294	83...08-00644410	
11.0022+00000004	32...	.8+01511858	331.08+00037387	390...+00000005	391.08+00000001
11.0023+00000005	32...	.8+01887716	332.08+00237071	390...+00000005	391.08+00000001
11.0024+00000005	573...	.8-01170126	574...8+29290868	83...08-00844094	
11.0025+00000005	32...	.8+01682584	331.08+00039159	390...+00000005	391.08+00000001
11.0026+00000006	32...	.8+01685749	332.08+00249998	390...+00000005	391.08+00000001
11.0027+00000006	573...	.8-01173291	574...8+32659200	83...08-01054933	
11.0028+00000006	32...	.8+01652009	331.08+00019773	390...+00000005	391.08+00000001
11.0029+00000007	32...	.8+01681094	332.08+00248177	390...+00000005	391.08+00000001
11.0030+00000007	573...	.8-01202375	574...8+35992303	83...08-01283336	
11.0031+00000007	32...	.8+01921419	331.08+00011144	390...+00000005	391.08+00000000
11.0032+00000008	32...	.8+01476924	332.08+00241557	390...+00000005	391.08+00000001
11.0033+00000008	573...	.8-00757880	574...8+39390646	83...08-01513749	
11.0034+00000008	32...	.8+01548499	331.08+00057121	390...+00000005	391.08+00000002
11.0035+00000009	32...	.8+01872153	332.08+00217362	390...+00000005	391.08+00000002
11.0036+00000009	573...	.8-01081534	574...8+42811298	83...08-01673990	
11.0037+00000009	32...	.8+01435211	331.08+00085722	390...+00000005	391.08+00000002
11.0038+YDRAYLIK	32...	.8+01959676	332.08+00089530	390...+00000005	391.08+00000002
11.0039+YDRAYLIK	573...	.8-01606000	574...8+46206185	83...08-01668798	
41.0040+?.....1					

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ.

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (m)	ΜΕΤΑΒΑΣΗ				ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ				ΔΗ (m) Κ (m)
		ΣΤΑΣΗ	ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΟΠΙΣΘΕΝ	ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ	ΜΕΡΙΚΗ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ	ΣΤΑΣΗ	ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΟΠΙΣΘΕΝ	ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ	ΜΕΡΙΚΗ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ	

R_Λ-R_Ε	313,31714	R _Λ	0,59375		0,38769	R _Ε	0,39286		-0,37554	ΔΗ = 2,58059 Κ = -0,00014
		1	1,79535	0,20606	1,49918	1	2,06837	0,76840	-0,77678	
		2	1,65904	0,29617	1,29303	2	0,78411	2,84515	-1,27408	
		3	0,80896	0,36601	-1,64274	3	0,34619	2,05819	-0,15425	
		4	1,56607	2,45170	1,04336	R _Λ		0,50044	-2,58066	
		R _Ε		0,52271	2,58052					

R_Ε-R_Φ	484,79115	R _Ε	0,39544		-1,20723	R _Φ	0,79295		-1,14848	ΔΗ = -8,30775 Κ = 0,00051
		1	0,27856	1,60267	-2,26070	1	1,25711	1,94143	-0,34552	
		2	0,46084	2,53926	-2,10104	2	1,53555	1,60263	0,28859	
		3	0,55291	2,56188	-2,03111	3	1,09711	1,24696	0,05413	
		4	0,60360	2,58402	-1,68544	4	2,85236	1,04298	2,36106	
		5	1,22360	2,28904	-0,09734	5	2,77992	0,49130	2,23398	
		6	1,21535	1,32094	-0,43399	6	2,64098	0,54594	2,35684	
		7	1,60866	1,64934	0,35993	7	2,73573	0,28414	2,50740	
		8	1,94238	1,24873	1,14942	R _Ε		0,22833	8,30800	
		R _Φ		0,79296	-8,30749					

R_Λ-R_Φ	431,10963	R _Λ	0,88638		0,13638	R _Φ	0,80101		-1,15127	ΔΗ = -5,72700 Κ = 0,00058
		1	0,35242	0,75000	-2,57994	1	1,24866	1,95228	-0,39577	
		2	0,59596	2,93236	-1,69690	2	0,46541	1,64443	-1,67021	
		3	0,79820	2,29286	-1,88074	3	0,18548	2,13562	-2,69775	
		4	0,31100	2,67894	-2,50907	4	0,18560	2,88323	-2,52956	
		5	0,29467	2,82007	-2,53784	5	0,21138	2,71516	-2,70475	
		6	0,18360	2,83251	-2,66776	6	0,73818	2,91613	-0,54665	
		7	0,15581	2,85136	-2,66081	7	2,39236	1,28483	2,06295	
		8	0,31358	2,81662	-0,92957	8	2,82373	0,32941	2,56560	
		9	2,59290	1,24315	2,31290	9	2,84079	0,25813	2,59761	
		10	2,69195	0,28000	2,51714	10	2,93221	0,24318	2,71593	
		11	2,90722	0,17481	2,39463	11	2,73472	0,21628	1,47527	

		12	2,46351	0,51259	1,90076	12	2,62657	1,25945	1,91460	
		13	2,49822	0,56275	1,20280	13	2,36784	0,71197	1,79982	
		14	1,47293	1,29542	0,73774	14	2,86991	0,56802	2,63409	
		15	1,33461	0,73519	0,53356	15	0,68658	0,23582	-0,34261	
		R _φ		0,80105	-5,72671	R _λ		1,02919	5,72729	

R_λ-R_γ	461,58107	R _λ	0,72016		-1,33678	R _γ	0,80525		-0,05191	ΔH=-16,68814 K=0,00031
		1	0,43439	2,05694	-1,73843	1	2,13016	0,85716	1,57213	
		2	0,84558	2,17282	-1,00190	2	2,42003	0,55803	1,99541	
		3	0,44271	1,84748	-2,36698	3	2,26202	0,42462	1,72738	
		4	0,37387	2,80969	-1,99684	4	2,95117	0,53464	2,79738	
		5	0,39159	2,37071	-2,10839	5	2,81224	0,15379	2,59690	
		6	0,19773	2,49998	-2,28404	6	2,60980	0,21534	1,60984	
		7	0,11144	2,48177	-2,30413	7	1,93764	0,99996	0,94825	
		8	0,57121	2,41557	-1,60241	8	1,84010	0,98939	1,24115	
		9	0,85722	2,17362	0,05192	9	1,98582	0,59895	1,56325	
		R _γ		0,80530	-16,68798	10	1,55768	0,42257	0,68851	
				R _λ		0,86917	16,68829			

R_γ-R_θ	440,09789	R _γ	0,90197		-0,96699	R _θ	0,60216		-0,57288	ΔH=-10,84181 K=0,00021
		1	0,94174	1,86896	-1,44730	1	1,93356	1,17504	0,82554	
		2	0,28800	2,38904	-1,32160	2	1,91333	1,10802	1,20866	
		3	0,73808	1,60960	-1,35339	3	2,39231	0,70467	1,70018	
		4	0,69998	2,09147	-1,35774	4	2,44341	0,69213	1,68548	
		5	0,37544	2,05772	-2,23155	5	2,29255	0,75793	1,57185	
		6	1,25358	2,60699	-0,60939	6	1,83065	0,72070	0,68384	
		7	0,74541	1,86297	-1,25170	7	1,75791	1,14681	1,44429	
		8	1,21855	1,99711	-0,47691	8	2,45194	0,31362	1,48949	
		9	0,77705	1,69546	0,17489	9	1,57662	0,96245	0,80545	
		R _θ		0,60216	-10,84170	R _γ		0,77117	10,84191	

R_λ-R_θ	863,83457	R _λ	0,77198		-0,74772	R _θ	0,62435		-0,65960	ΔH=-27,53006 K=0,00043
		1	0,87909	1,51970	-1,27620	1	1,99622	1,28395	0,91369	
		2	1,21877	2,15529	-1,04452	2	1,97676	1,08253	1,36103	
		3	1,24793	2,26329	-0,82142	3	2,07378	0,61573	1,21294	
		4	1,20938	2,06935	-0,83431	4	2,39490	0,86084	1,71392	
		5	0,99591	2,04369	-1,83627	5	1,71285	0,68098	0,55615	
		6	0,40456	2,83218	-1,96911	6	2,06722	1,15670	1,34294	

7	0,55451	2,37367	-1,71026	7	1,69601	0,72428	0,79306
8	0,67193	2,26477	-2,17643	8	1,62690	0,90295	0,91783
9	0,36899	2,84836	-2,15696	9	1,76662	0,70907	1,23592
10	0,41190	2,52595	-1,94997	10	1,66084	0,53070	1,17413
11	1,00789	2,36187	-0,96452	11	2,40840	0,48671	2,15947
12	1,21222	1,97241	-0,76718	12	2,73863	0,24893	2,53508
13	0,76560	1,97940	-1,59768	13	1,81450	0,20355	1,50735
14	0,95215	2,36328	-0,93293	14	1,78280	0,30715	1,48845
15	0,97617	1,88508	-1,10933	15	2,18307	0,29435	1,92241
16	0,85435	2,08550	-1,29188	16	1,96990	0,26066	1,55479
17	0,74140	2,14623	-1,82919	17	2,12820	0,41511	1,99510
18	0,98882	2,57059	-1,05306	18	1,75038	0,13310	0,69879
19	0,73170	2,04188	-1,20409	19	2,40142	1,05159	1,94252
20	1,13322	1,93579	-0,80433	20	2,06374	0,45890	1,16428
21	1,20794	1,93755	0,54753	R _Δ		0,89946	27,53027
R _Θ		0,66041	-27,52984				

R _γ	0,72902		-2,19317	R _φ	0,79065		-0,53601
1	0,27718	2,92219	-0,88650	1	0,73969	1,32666	-0,70147
2	2,72629	1,16368	1,26683	2	1,33149	1,44116	-0,37680
3	1,45141	1,45946	1,30952	3	1,09207	1,70829	-1,74640
4	1,16964	0,14189	0,11036	4	0,51526	2,83847	-2,00421
5	1,36114	1,05928	-0,00524	5	0,44522	2,51947	-1,86568
6	0,93464	1,36638	-1,55444	6	0,28905	2,31090	-2,47105
7	0,72534	2,48908	-1,10895	7	0,15159	2,76010	-2,35936
8	0,42931	1,83429	-2,16092	8	0,56720	2,51095	-1,29112
9	0,21998	2,59023	-1,82488	9	0,52230	1,85832	-1,82194
10	1,96277	2,04486	1,12520	10	0,83329	2,34424	-1,18236
11	2,18289	0,83757	1,31597	11	0,95920	2,01565	-0,58528
12	1,60720	0,86692	0,53780	12	1,16930	1,54448	-0,70075
13	1,70010	1,06940	0,86001	13	1,05566	1,87005	0,87786
14	2,36453	0,84009	1,93097	14	2,17235	0,17780	1,49511
15	2,12285	0,43356	1,94295	15	2,20667	0,67724	1,40206
16	2,59119	0,17990	2,34363	16	1,79297	0,80461	1,44862
17	2,41574	0,24756	2,23909	17	1,97453	0,34435	1,01438
18	2,37740	0,17665	2,17003	18	1,19611	0,96015	-0,19169
19	2,16119	0,20737	2,00905	19	1,42165	1,38780	-0,30629
20	1,60947	0,15214	0,27909	20	0,25935	1,72794	-0,74998
21	1,31617	1,33038	0,10386	21	1,81119	1,00933	-0,52380

R_γ-R_φ

770,99278

ΔH=10,96104
K=0,00077

		22	1,91791	1,21231	0,61826	22	0,86795	2,33499	
		23	1,32360	1,29965	0,53292	23	1,39133	2,07702	1,22933
		R _Φ		0,79068	10,96142	24	2,90831	0,16200	2,19527
						R _γ		0,71304	-10,96065

R_E-R_Θ	1099,36885	R _E	0,45871		-0,77587	R _Θ	0,59721		-0,62862	ΔH = -30,10971 K = 0,00003
		1	2,08744	1,23458	1,19724	1	1,96764	1,22583	0,67836	
		2	1,70610	0,89020	0,33925	2	1,92501	1,28928	0,97136	
		3	1,53621	1,36685	0,18190	3	2,55984	0,95365	1,50212	
		4	1,28929	1,35431	-1,13222	4	2,44095	1,05772	1,75523	
		5	0,81493	2,42151	-1,50819	5	2,00147	0,68572	1,08629	
		6	0,76280	2,32312	-1,97930	6	1,81769	0,91518	0,93600	
		7	0,25737	2,74210	-1,76586	7	1,77647	0,88169	1,06480	
		8	1,12102	2,02323	-0,60007	8	1,71440	0,71167	0,92644	
		9	0,90478	1,72109	-1,55452	9	2,01273	0,78796	1,58747	
		10	0,61981	2,45930	-1,61955	10	2,05643	0,42526	1,41648	
		11	0,66850	2,23936	-1,60114	11	2,11959	0,63995	1,49835	
		12	0,70475	2,26964	-1,50341	12	1,87271	0,62124	1,58833	
		13	0,72263	2,20816	-1,51485	13	2,32486	0,28438	1,93567	
		14	0,71229	2,23748	-1,75563	14	2,10297	0,38919	1,69084	
		15	0,49543	2,46792	-1,62659	15	2,07920	0,41213	1,68507	
		16	0,76009	2,12202	-1,39568	16	2,18536	0,39413	1,66540	
		17	0,78486	2,15577	-1,43710	17	2,23648	0,51996	1,90925	
		18	0,74365	2,22196	-1,20452	18	1,83618	0,32723	0,53084	
		19	0,77658	1,94817	-1,08940	19	1,81845	1,30534	0,81453	
		20	0,80745	1,86598	-1,18214	20	1,76543	1,00392	1,26289	
		21	0,94030	1,98959	-0,86656	21	2,45971	0,50254	1,99490	
		22	0,79697	1,80686	-1,14500	22	1,98850	0,46481	1,23139	
		23	0,66057	1,94197	-1,54253	23	2,23266	0,75711	1,48302	
		24	0,54878	2,20310	-1,38191	24	1,81111	0,74964	0,41773	
		25	0,47925	1,93069	-1,37606	25	1,25210	1,39338	-0,19508	
		26	1,08039	1,85531	-0,84914	26	1,18287	1,44718	-0,61063	
		27	1,18591	1,92953	0,57913	27	0,85316	1,79350	-0,95000	
				R _Θ	0,60678	-30,10969	28	1,21902	1,80316	
					R _E		0,35775	30,10972		

ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (m)	ΜΕΤΑΒΑΣΗ				ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ				ΔΗ (m) Κ (m)
		ΣΤΑΣΗ	ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΟΠΙΣΘΕΝ	ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ	ΜΕΡΙΚΗ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ	ΣΤΑΣΗ	ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΟΠΙΣΘΕΝ	ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΕΜΠΡΟΣΘΕΝ	ΜΕΡΙΚΗ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ	
R_Λ-R_{B9}	27,52014	R _Λ	1,03401			R _{B9}	0,29305			ΔΗ = 0,74090 Κ = -0,00004
		R _{B9}		0,29313	0,74088	R _Λ		1,03397	-0,74092	
					0,74088				-0,74092	
R_{B6}-R_{B7}	32,07798	R _{B6}	0,39818			R _{B7}	0,80241			ΔΗ = -0,81081 Κ = -0,00009
		1	1,11091	1,51751	-1,11933	1	1,52907	1,11092	-0,30851	
		R _{B7}		0,80234	0,30857	-0,81076	R _{B6}		0,40971	
								0,81085		
R_{I2}-R_{I3}	28,06905	R _{I2}	1,08217			R _{I3}	0,97672			ΔΗ = 0,10548 Κ = -0,00005
		R _{I3}		0,97672	0,10545	R _{I2}		1,08222	-0,10550	
					0,10545				-0,10550	
R_{B5}-R_{B4}	19,91679	R _{B5}	0,83378			R _{B4}	0,77404			ΔΗ = 0,05976 Κ = 0,00002
		R _{B4}		0,77401	0,05977	R _{B5}		0,83379	-0,05975	
					0,05977				-0,05975	
R_{B4}-R_{B3}	48,09547	R _{B4}	0,97843			R _{B3}	0,66130			ΔΗ = 0,86251 Κ = -0,00008
		1	1,53228	0,98700	-0,00857	1	1,06585	1,53761	-0,87631	
		R _{B3}		0,66124	0,87104	0,86247	R _{B4}		1,05209	
								-0,86255		
R_{B1}-R_{B11}	22,63688	R _{B1}	0,63387			R _{B11}	0,77819			ΔΗ = -0,14427 Κ = 0,00004
		R _{B11}		0,77812	-0,14425	R _{B1}		0,63389	0,14429	
					-0,14425				0,14429	
								0,14429		
R_{B11}-R_{B10}	8,92301	R _{B11}	1,27944			R _{B10}	1,2221			ΔΗ = 0,05731 Κ = 0,00002
		R _{B10}		1,22213	0,05732	R _{B11}		1,2794	-0,05730	
					0,05732				-0,05730	

$R_{B10}-R_{B9}$	35,85702	R_{B10}	1,09592			R_{B9}	0,73625			$\Delta H = 1,11451$ $K = -0,00001$
		1	1,90478	1,14997	-0,05405	1	1,15421	1,90481	-1,16856	
		R_{B9}		0,73623	1,16855	R_{B10}		1,10016	0,05405	
					1,11450				-1,11451	

$R_{B3}-R_{A}$	60,93980	R_{B3}	1,14979			R_{A}	0,88870			$\Delta H = 0,88256$ $K = -0,00002$
		1	1,46773	0,84616	0,30363	1	0,78756	1,46776	-0,57906	
		R_{A}		0,88881	0,57892	R_{B3}		1,09106	-0,30350	
					0,88255				-0,88257	

$R_{B1}-R_{B2}$	18,17155	R_{B1}	0,49504			R_{B2}	0,34752			$\Delta H = 0,14747$ $K = 0,00003$
		R_{B2}		0,34756	0,14748	R_{B1}		0,49497	-0,14745	
					0,14748				-0,14745	

$R_{B2}-R_{B3}$	24,93784	R_{B2}	0,34752			R_{B3}	0,61341			$\Delta H = -0,74361$ $K = 0,00003$
		1	0,89493	1,37262	-1,02510	1	1,37816	0,89494	-0,28153	
		R_{B3}		0,61342	0,28151	R_{B2}		0,35300	1,02516	
					-0,74359				0,74362	

$R_{A1}-R_{A2}$	74,16514	R_{A1}	1,04065			R_{A2}	1,65613			$\Delta H = 0,06871$ $K = 0,00003$
		1	2,27077	1,53846	-0,49781	1	1,56577	2,24985	-0,59372	
		R_{A2}		1,70423	0,56654	R_{A1}		1,04074	0,52503	
					0,06872				-0,06869	

$R_{A}-R_{B7}$	74,13414	R_{A}	0,89639			R_{B7}	0,96324			$\Delta H = -3,77788$ $K = -0,00005$
		1	0,55896	0,96939	-0,07300	1	2,26419	1,24722	-0,28398	
		2	0,57341	2,83483	-2,27587	2	2,83481	0,55118	1,71301	
		3	1,24719	2,28638	-1,71297	3	0,92402	0,55899	2,27582	
		R_{B7}		0,96323	0,28396	R_{A}		0,85100	0,07302	
			-3,77790				3,77785			

$R_{A2}-R_{A3}$	34,47059	R_{A2}	1,90069			R_{A3}	1,18044			$\Delta H = -0,02876$ $K = 0,00005$
		1	1,43481	2,20334	-0,30265	1	2,18206	1,45436	-0,27392	
		R_{A3}		1,16089	0,27392	R_{A2}		1,87936	0,30270	
					-0,02873				0,02878	

R_{A3}-R_{A5}	36,35634	R _{A3}	1,15118			R _{A5}	1,07268			ΔH = 0,05417 K = 0,00006
		1	1,40973	1,3937	-0,24252	1	1,37962	1,36935	-0,29667	
		R _{A5}		1,11301	0,29672	R _{A3}		1,13709	0,24253	
					0,05420				-0,05414	

R_{A5}-R_{A6}	11,40211	R _{A5}	1,07278			R _{A6}	1,00056			ΔH = 0,07216 K = 0,00002
		R _{A6}		1,0006	0,07217	R _{A5}		1,07271	-0,07215	
					0,07217				-0,07215	

R_{A3}-R_{A4}	28,34949	R _{A3}	1,19074			R _{A4}	1,05640			ΔH = 0,08143 K = 0,00001
		1	1,40110	1,44208	-0,25134	1	1,39409	1,38189	-0,32549	
		2	1,38210	1,39408	0,00702	2	1,45968	1,40158	-0,00749	
		R _{A4}		1,05636	0,32574	R _{A3}		1,20812	0,25156	
					0,08143				-0,08142	

R_{A4}-R_{A1}	42,29071	R _{A4}	1,05355			R _{A1}	1,12288			ΔH = -0,12165 K = 0,00009
		1	1,36304	1,37835	-0,32480	1	1,50588	1,47398	-0,35110	
		2	1,47403	1,51101	-0,14797	2	1,37042	1,35665	0,14923	
		R _{A1}		1,12287	0,35116	R _{A4}		1,04688	0,32354	
					-0,12160				0,12169	

R_{A1}-R_{A6}	16,85133	R _{A1}	1,13954			R _{A6}	1,08078			ΔH = 0,16632 K = 0,00004
		1	1,46474	1,35712	-0,21758	1	1,37558	1,46471	-0,38393	
		R _{A6}		1,08083	0,38391	R _{A1}		1,15794	0,21764	
					0,16634				-0,16630	

R_{A4}-R_{A6}	46,52961	R _{A4}	1,06299			R _{A6}	1,09375			ΔH = 0,04500 K = 0,00007
		1	1,37866	1,38728	-0,32429	1	1,39730	1,47690	-0,38315	
		2	1,47692	1,3925	-0,01384	2	1,38368	1,38327	0,01403	
		R _{A6}		1,09375	0,38317	R _{A4}		1,05953	0,32415	
					0,04503				-0,04496	

R_{I1}-R_{I2}	42,96071	R _{I1}	1,24884			R _{I2}	1,23605			ΔH = 0,03299 K = 0,00009
		1	1,46105	1,4408	-0,19196	1	1,43559	1,46102	-0,22497	
		R _{I2}		1,23606	0,22499	R _{I1}		1,24356	0,19203	
					0,03303				-0,03294	

R_{I1}-R_{A1}	34,46233	R _{I1}	1,24355			R _{A1}	1,18636			ΔH = -0,05953 K = -0,00006
		1	1,49409	1,45076	-0,20721	1	1,58427	1,53792	-0,35156	
		2	1,53796	1,57897	-0,08488	2	1,45797	1,49915	0,08512	
		R _{A1}		1,18637	0,35159	R _{I1}		1,25109	0,20688	
					0,05950				-0,05956	

R_{A2}-R_{A4}	9,07829	R _{A2}	1,18041			R _{A4}	1,12758			ΔH = -0,05281 K = 0,00009
		R _{A4}		1,12756	0,05285	R _{A2}		1,18034	-0,05276	
					0,05285				-0,05276	

R_{A4}-R_{A5}	32,58032	R _{A4}	1,13225			R _{A5}	1,22217			ΔH = -0,02711 K = 0,00017
		1	1,53264	1,46977	-0,33752	1	1,46106	1,53262	-0,31045	
		R _{A5}		1,22214	0,31050	R _{A4}		1,12342	0,33764	
					-0,02702				0,02719	

R_{I5}-R_{I4}	24,96135	R _{I5}	0,60117			R _{I4}	0,66165			ΔH = -0,06498 K = -0,00004
		1	0,91662	0,92078	-0,31961	1	0,92078	0,91624	-0,25459	
		R _{I4}		0,66201	0,25461	R _{I5}		0,60124	0,31954	
					-0,06500				0,06496	

R_{I4}-R_{A3}	94,89613	R _{I4}	0,75752			R _{A3}	0,70939			ΔH = -0,05260 K = -0,00017
		1	1,19663	1,27141	-0,51389	1	2,17882	0,98845	-0,27906	
		2	1,22316	0,17646	1,02017	2	0,47274	1,37288	0,80594	
		3	1,03457	1,94885	-0,72569	3	1,22577	1,52028	-1,04754	
		R _{A3}		0,76267	0,27190	R _{I5}		0,75778	0,46799	
			0,05251				-0,05268			

R_{Y4}-R_{B11}	43,03842	R _{Y4}	0,51167			R _{B11}	1,42612			ΔH = -0,24192 K = -0,00002
		1	1,64672	1,02515	-0,51348	1	1,05391	1,72418	-0,29806	
		R _{B11}		1,37516	0,27156	R _{Y4}		0,51394	0,53997	
					-0,24193				0,24191	

R_{I2}-R_Λ	77,40478	R _{I2}	1,20746			R _Λ	1,03288			ΔH = -3,00055 K = 0,00014
		1	0,14262	2,10192	-0,89446	1	2,08690	0,85237	0,18051	
		2	0,85242	2,06818	-1,92556	2	2,17300	0,17529	1,91161	
		R _Λ		1,03289	-0,18047	R _{I2}		1,26448	0,90852	
					-3,00048				3,00062	

R_{B3}-R_{A3}	207,54133	R _{B3}	0,17946			R _{I4}	1,26683			ΔH =3,95031 K= -0,00011
		1	2,64452	0,83707	-0,65761	1	2,40328	1,54318	-0,27635	
		2	2,82693	0,90482	1,73970	2	0,68694	2,78017	-0,37689	
		3	2,74158	0,61227	2,21466	3	0,95480	2,34228	-1,65534	
		4	1,54333	2,36453	0,37705	4	0,11257	2,83348	-1,87868	
		R _{A3}		1,26688	0,27645	5	1,82716	1,27690	-1,16433	
					3,95025	R _{Y4}		0,42594	1,40122	
							-3,95036			

R_{Y1}-R_{I1}	39,69384	R _{Y1}	0,63001			R _{I1}	0,69897			ΔH =3,22715 K= 0,00017
		1	0,89402	0,88328	-0,25327	1	1,34190	0,91504	-0,21607	
		2	0,88753	0,88594	0,00808	2	0,27192	1,50659	-0,16469	
		3	2,62224	0,18294	0,70459	3	0,30474	2,83418	-2,56226	
		4	1,45628	0,23547	2,38677	4	0,83488	0,83672	-0,53198	
		5	0,91522	1,29120	0,16508	5	0,85889	0,83959	-0,00471	
		R _{I1}		0,69923	0,21599	R _{Y1}		0,60624	0,25265	
			3,22723				-3,22706			

R_{Y1}-R_{Y2}	51,10420	R _{Y1}	0,60622			R _{Y2}	0,59540			ΔH =-0,00469 K= 0,00001
		1	0,85078	0,85885	-0,25263	1	0,83327	0,83939	-0,24399	
		2	0,82864	0,84545	0,00533	2	0,82339	0,82843	0,00484	
		3	0,83939	0,83009	-0,00145	3	0,84216	0,83304	-0,00965	
		R _{Y2}		0,59532	0,24407	4	0,82832	0,82923	0,01293	
					-0,00468	5	0,82489	0,82598	0,00234	
						R _{Y1}		0,58669	0,23820	
							0,00469			

R_{Y1}-R_{Y5}	11,06183	R _{Y1}	0,58668			R _{Y5}	0,58270			ΔH =0,00607 K= 0,00005
		1	0,82806	0,82591	-0,23923	1	0,82552	0,82800	-0,24530	
		R _{Y5}		0,58276	0,24530	R _{Y1}		0,58627	0,23925	
			0,00609				-0,00604			

R_{Y1}-R_{Y6}	14,34432	R _{Y1}	0,57354			R _{Y6}	0,44810			ΔH =0,66444 K=-0,00003
		1	0,64865	0,10963	0,46391	1	0,11121	0,64859	-0,20049	
		R _{Y6}		0,44813	0,20052	R _{Y1}		0,57517	-0,46396	
			0,66442				-0,66445			

R_{B8}-R_{B9}	50,36701	R _{B8}	0,36261			R _{B9}	0,87092			ΔH = 3,76628 K = 0,00009
		1	2,19239	1,40155	-1,03894	1	0,92475	1,81531	-0,94439	
		2	2,87487	0,26884	1,92355	2	0,25537	2,86168	-1,93693	
		3	1,81529	0,93754	1,93733	3	1,38032	2,17512	-1,91975	
		R _{B9}		0,87093	0,94436	R _{B8}		0,34547	1,03485	
			3,76632				-3,76623	-3,76623		

R_{B8}-R_{B7}	19,95320	R _{B8}	0,34554			R _{Y5}	0,80597			ΔH = -0,75267 K = 0,00016
		1	1,08817	1,38032	-1,03478	1	1,35964	1,08810	-0,28213	
		R _{B7}		0,80597	0,28220	R _{Y1}		0,32476	1,03488	
			-0,75259					0,75275		

R_{B8}-R_{A2}	226,83533	R _{B8}	0,32478			R _{A2}	1,17994			ΔH = 6,12173 K = 0,00002
		1	2,17010	1,35958	-1,03480	1	0,79901	0,98480	0,19514	
		2	2,86488	0,25053	1,91957	2	0,42724	1,85712	-1,05811	
		3	1,89689	0,82941	2,03547	3	1,62975	1,78234	-1,35510	
		4	1,73941	1,08193	0,81496	4	1,14082	1,7124	-0,08265	
		5	1,66440	1,59439	0,14502	5	0,66113	1,80314	-0,66232	
		6	1,82862	0,39086	1,27354	6	0,33548	2,93576	2,27463	
		7	0,75066	0,66563	1,16299	7	1,42627	2,25701	-1,92153	
		8	1,19650	1,28282	-0,53216	R _{B8}		0,38879	1,03748	
		R _{A2}	0,85936	0,33714			-6,12172			
			6,12174							

R_{B3}-R_{I5}	166,43735	R _{B3}	0,85078			R _{I5}	0,60486			ΔH = 3,96248 K = 0,00016
		1	2,06586	0,48956	0,36122	1	1,52986	0,92556	-0,32070	
		2	1,78151	0,99939	1,06647	2	1,51344	1,50811	0,02175	
		3	2,19357	0,27268	1,50883	3	0,24885	2,21977	-0,70633	
		4	1,45906	1,46377	0,7298	4	0,90594	2,16047	-1,91162	
		5	0,98271	1,48583	-0,02677	5	0,56961	1,89994	-0,99400	
		6	0,99152	0,97667	0,00604	R _{B3}		0,62111	-0,05150	
				R _{I5}	0,67457	0,31695			-3,96240	
			3,96256							

R_{I5}-R_Λ	135,51098	R _{I5}	0,60484			R _Λ	0,55073			ΔH = -3,07946 K = 0,00011
		1	1,45936	0,92557	-0,32073	1	2,14644	0,38458	0,16615	
		2	1,44455	1,43584	0,02352	2	2,10211	0,20729	1,93915	
		3	0,25382	2,15115	-0,70660	3	1,45651	1,42660	0,67551	
		4	0,22360	2,13585	-1,88203	4	0,79587	1,47738	-0,02087	
		R _Λ		0,41716	-0,19356	R _{I5}		0,4763	0,31957	
			-3,07940				3,07951			

R_{B7}-R_{B5}	40,50727	R _{B7}	1,11463			R _{B5}	0,10421			ΔH = 1,97316 K = -0,00014
		1	1,38271	1,36495	-0,25032	1	1,11481	2,04779	-1,94358	
		2	2,04770	1,10287	0,27984	2	1,35270	1,39481	-0,28000	
		R _{B5}		0,10414	1,94357	R _{B7}		1,10235	0,25035	
					1,97309				-1,97323	

R_{B6}-R_{B5}	35,60076	R _{B6}	0,44268			R _{B5}	0,05583			ΔH = 1,16234 K = -0,00009
		1	1,56666	1,55456	-1,11188	1	0,23628	1,03678	-0,98095	
		2	1,03679	0,27348	1,29318	2	1,46633	1,48388	-1,2476	
		R _{B5}		0,05580	0,98099	R _{B6}		0,40016	1,06617	
			1,16229				-1,16238			

R_{I3}-R_{I4}	28,36250	R _{I3}	0,96867			R _{I4}	1,06027			ΔH = -0,09172 K = 0,00000
		R _{I4}		1,06038	-0,09172	R _{I3}		0,96855	0,09172	
					-0,09172				0,09172	

R_Λ-R_{I3}	87,54404	R _Λ	1,16245			R _{I3}	0,77862			ΔH = 3,10639 K = 0,00020
		1	1,75376	0,6876	0,47485	1	1,10672	1,10383	-0,32521	
		2	1,83408	0,17517	1,57859	2	0,16406	1,82595	-0,71923	
		3	1,10381	1,10630	0,72778	3	0,53052	1,69339	-1,52933	
		R _{I3}		0,77853	0,32528	R _Λ		1,06305	-0,53253	
			3,10649				-3,10629			

R_{Y7}-R_{Y3}	36,76278	R _{Y7}	1,14251			R _{Y3}	0,66545			ΔH = 2,21149 K = 0,00009
		1	1,86789	0,14372	0,99879	1	0,87997	0,88887	-0,22342	
		2	0,88882	0,87852	0,98937	2	0,26180	1,86974	-0,98977	
		R _{Y3}		0,66545	0,22337	R _{Y7}		1,26005	-0,99825	
			2,21153				-2,21144			

R_{B6}-R_{B8}	44,54378	R _{B6}	0,40061			R _{B8}	0,40798			ΔH = -0,05821 K = 0,00021
		1	1,28168	1,34657	-0,94596	1	1,28647	1,30056	-0,89258	
		2	1,30057	1,28635	-0,00467	2	1,34712	1,28372	0,00275	
		R _{B8}		0,40804	0,89253	R _{B6}		0,39899	0,94813	
					-0,05810				0,05831	

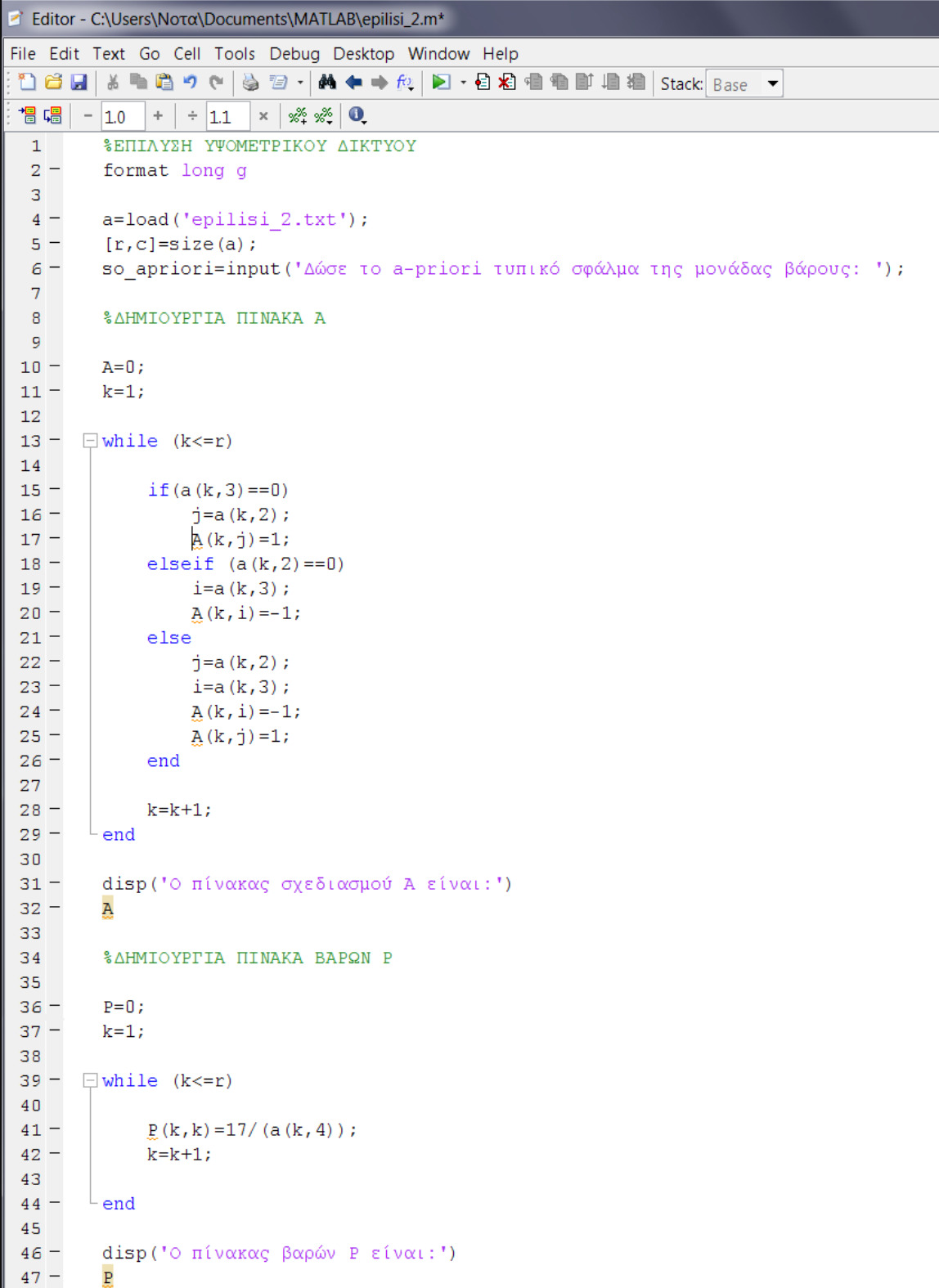
R_{B11}-R_{B5}	91,03917	R _{B11}	1,41988			R _{B5}	1,17191			ΔH = -1,37380 K = -0,00017
		1	1,07882	1,79405	-0,37417	1	1,72204	1,36064	-0,18873	
		2	1,23409	1,79597	-0,71715	2	1,84871	0,68328	1,03876	
		3	1,36062	1,70538	-0,47129	R _{B11}		1,32503	0,52368	
		R _{B5}		1,17188	0,18874				1,37371	
			-1,37388							

R_{Y7}-R_{Y4}	33,91203	R _{Y7}	1,25387			R _{Y4}	0,54362			ΔH = 2,31365 K = -0,00008
		1	1,84156	0,25551	0,99836	1	0,85618	0,87596	-0,33234	
		2	0,87603	0,85856	0,98300	2	0,30130	1,83829	-0,98211	
		R _{Y4}		0,54378	0,33225	R _{Y5}		1,30053	-0,99923	
					2,31361				-2,31369	

R_{B10}-R_{B8}	78,39857	R _{I5}	0,79091			R _Λ	0,60695			ΔH = -2,65182 K = 0,00024
		1	2,05457	0,60654	0,18437	1	2,43253	1,64544	-1,03849	
		2	0,72253	2,10279	-0,04822	2	2,66722	0,50953	1,92300	
		3	0,51859	2,62235	-1,89982	3	1,50413	0,62996	2,03726	
		4	1,64542	2,44508	-1,92649	4	0,71921	1,62462	-0,12049	
		R _Λ		0,60696	1,03846	R _{I5}		0,86856	-0,14935	
			-2,65170				2,65194			

ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΕ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΜΑΤΛΑΒ.

- Επίλυση με τις Ελάχιστες Εξωτερικές Δεσμεύσεις



```
Editor - C:\Users\Νοτα\Documents\MATLAB\epilisi_2.m*
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
[Icons] Stack: Base
- 1.0 + ÷ 1.1 × %%% %%% %%%
1 %ΕΠΙΛΥΣΗ ΨΩΜΕΤΡΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ
2 - format long g
3
4 - a=load('epilisi_2.txt');
5 - [r,c]=size(a);
6 - so_apriori=input('Δώσε το a-priori τυπικό σφάλμα της μονάδας βάρους: ');
7
8 %ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΙΝΑΚΑ A
9
10 - A=0;
11 - k=1;
12
13 - while (k<=r)
14 -
15 -     if(a(k,3)==0)
16 -         j=a(k,2);
17 -         A(k,j)=1;
18 -     elseif (a(k,2)==0)
19 -         i=a(k,3);
20 -         A(k,i)=-1;
21 -     else
22 -         j=a(k,2);
23 -         i=a(k,3);
24 -         A(k,i)=-1;
25 -         A(k,j)=1;
26 -     end
27
28 -     k=k+1;
29 - end
30
31 - disp('Ο πίνακας σχεδιασμού A είναι:')
32 - A
33
34 %ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΙΝΑΚΑ ΒΑΡΩΝ P
35
36 - P=0;
37 - k=1;
38
39 - while (k<=r)
40 -
41 -     P(k,k)=17/(a(k,4));
42 -     k=k+1;
43 -
44 - end
45
46 - disp('Ο πίνακας βαρών P είναι:')
47 - P
```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

```
48
49 %ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΙΝΑΚΑ δL
50
51 - k=1;
52
53 - while (k<=r)
54 |
55 |     dL(k,1)=a(k,1);
56 |
57 |     k=k+1;
58 - end
59
60 - disp('Ο πίνακας δl είναι:')
61 - dL
62
63 %ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΨΟΜΕΤΡΩΝ
64
65 - N=A'*P*A;
66 - u=A'*P*dL;
67 - x=inv(N)*u;
68
69 - disp('Ο ζητούμενος πίνακας x είναι:')
70 - x
71
72 %ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΙΝΑΚΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ-ΣΥΜΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ
73
74 - m=size(x,1);
75 - U=A*x-dL;
76 - so_aposteriori=sqrt((U'*P*U)/(r-m));
77 - Vx=(so_aposteriori^2)*inv(N);
78
79 - k=1;
80 - ixnos=0;
81 - while (k<=m)
82 |
83 |     ixnos=ixnos+Vx(k,k);
84 |     k=k+1;
85 - end
86 - ixnos=sqrt(ixnos/m);
87
88 - disp('To a-posteriori σφάλμα so είναι:')
89 - so_aposteriori
90 - disp('Ο πίνακας μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας Vx είναι:')
91 - Vx
92 - disp('To ίχνος του πίνακα Vx είναι:')
93 - ixnos
94
95 %ΕΛΕΓΧΟΙ
96
97 %ΟΛΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ Test x2
98
99 - test=((so_aposteriori)^2*(r-m))/(so_apriori^2);
100 - test_x=input('Δώσε το συντελεστή του test x2 για Δ.Ε. 95%: ');
101
102 - if (test<test_x)
103 |     disp('Ισχύει ο ολικός έλεγχος.')
104 - else
105 |     disp('Δεν ισχύει ο ολικός έλεγχος.')
106 - end
```


ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

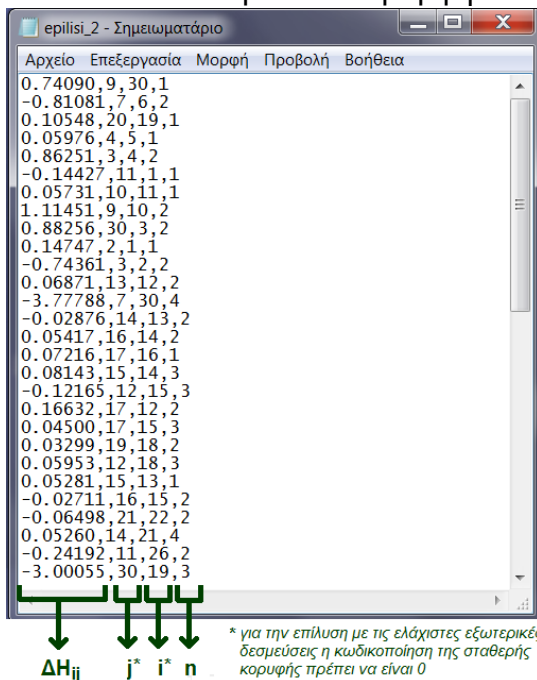
```
30 %ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΙΝΑΚΑ ΒΑΡΩΝ P
31
32 P=0;
33 k=1;
34
35 while (k<=r)
36     P(k,k)=17/a(k,4);
37     k=k+1;
38
39 end
40
41 disp('Ο πίνακας βαρών P είναι:')
42 P
43
44 %ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΙΝΑΚΑ δL
45
46 k=1;
47
48 while (k<=r)
49     dL(k,1)=a(k,1);
50     k=k+1;
51
52 end
53
54 disp('Ο πίνακας δl είναι:')
55 dL
56
57 %ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΨΟΜΕΤΡΩΝ
58
59 N=A'*P*A;
60 u=A'*P*dL;
61 x=inv(N+C'*C)*u;
62
63 disp('Ο ζητούμενος πίνακας x είναι:')
64 x
65
66 %ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΙΝΑΚΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ-ΣΥΜΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ
67
68 m=size(x,1);
69 U=A*x-dL;
70 so_aposteriori=sqrt((U'*P*U)/(r-m));
71
72
73
74
75 k=1;
76 ixnos=0;
77 while (k<=m)
78     ixnos=ixnos+Vx(k,k);
79     k=k+1;
80
81 end
82 ixnos=sqrt(ixnos/m);
83
84 disp('To a-posteriori σφάλμα so είναι:')
85 so_aposteriori
86 disp('Ο πίνακας μεταβλητότητας-συμμεταβλητότητας Vx είναι:')
87 Vx
88 disp('To ίχνος του πίνακα Vx είναι:')
89 ixnos
```


ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

```
90 %ΕΛΕΓΧΟΙ
91
92 %ΟΛΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ Test x2
93
94 test=((so_aposteriori)^2*(r-m))/(so_apriori^2);
95 test_x=input('Δώσε το συντελεστή του test x2 για Δ.Ε. 95%: ');
96
97 if (test<test_x)
98     disp('Ισχύει ο ολικός έλεγχος.')
99 else
100     disp('Δεν ισχύει ο ολικός έλεγχος.')
101 end
102
103 %ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ BAARDA
104
105 Vu=((so_aposteriori^2)*inv(P))-((so_aposteriori^2)*A*inv(N+C'*C)*A');
106 test_b=input('Δώσε το συντελεστή του test Baarda για Δ.Ε. 95%:');
107
108 k=1;
109
110 while (k<=r)
111     test_baarda=abs((U(k))/sqrt(Vu(k,k)))
112
113     if (test_baarda<test_b)
114         disp('Ισχύει ο έλεγχος για την παρατήρηση:')
115         k
116     else
117         disp('Δεν ισχύει ο έλεγχος για την παρατήρηση:')
118         k
119     end
120     k=k+1;
121 end
122 %-----
```

ο Μορφή Αρχείου για την Είσοδο των Δεδομένων

Για τις επιλύσεις, ήταν απαραίτητη η δημιουργία ενός αρχείου (*.txt) για την είσοδο των δεδομένων. Η μορφή του θα πρέπει να είναι η ακόλουθη:



Σε κάθε γραμμή, τα στοιχεία πρέπει να εμφανίζονται με την σειρά $[\Delta H_{ij}, i, n]$, όπου ΔH_{ij} : η μετρημένη υψομετρική διαφορά.

j, i : η κωδικοποίηση των κορυφών της αντίστοιχης υψομετρικής διαφοράς.

n : ο αριθμός των στάσεων χωροβάτη.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΑΦΕΤΗΡΙΩΝ ΣΤΗ ΓΥΡΩ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

**ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ**

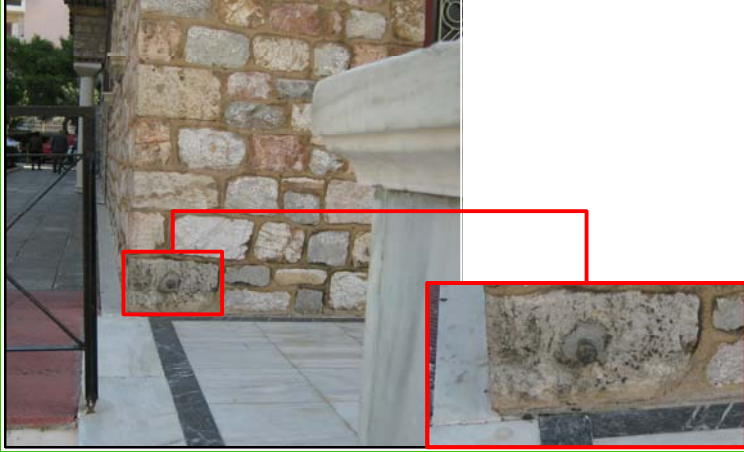
R_{θ}

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 0,0000 m

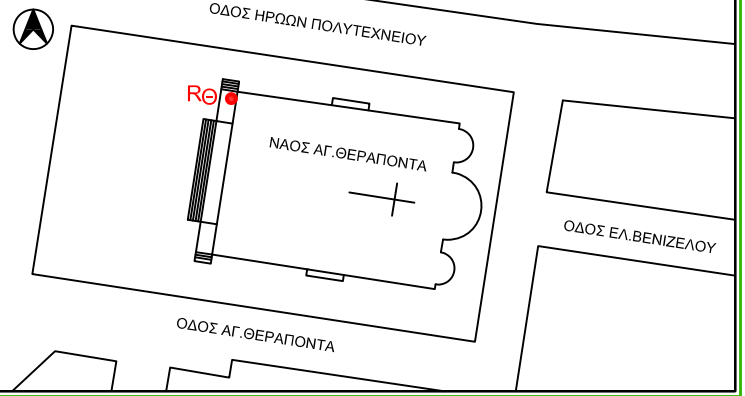
Ορειχάλκινο μπουλόνι εγκατεστημένο από την Υ.Α.Π(Ε.ΥΔ.Α.Π) με τον αριθμό R3559.

Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής.

Βρίσκεται πακτωμένο στην αριστερή γωνία και δυτική όψη του ναού Αγ.Θεράποντα, δηλαδή αριστερά της κύριας εισόδου του ναού. Απέχει από το δάπεδο του ναού περίπου 0,20m.



ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

**ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ**

R_E

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 30,1103 m

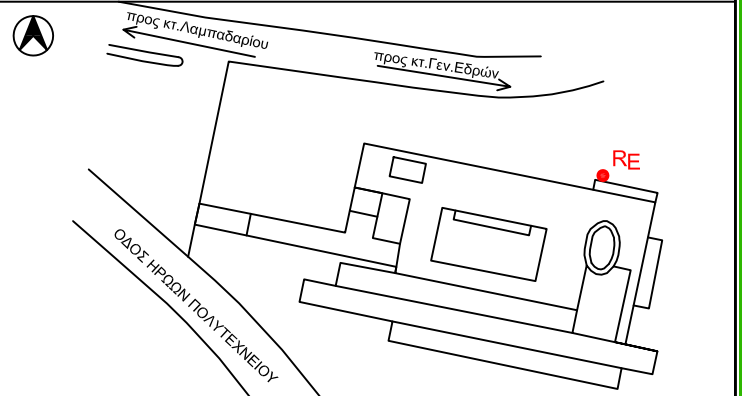
Ορειχάλκινο μπουλόνι εγκατεστημένο από τη Σ.Α.Τ.Μ.

Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής.

Βρίσκεται πακτωμένο στη βορινή όψη του συγκροτήματος των παλαιών Φοιτητικών Εστιών της Πολυτεχνειούπολης, αριστερά από το κλιμακοστάσιο της κύριας βορινής εισόδου της. Απέχει από το έδαφος περίπου 0,80m.



ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



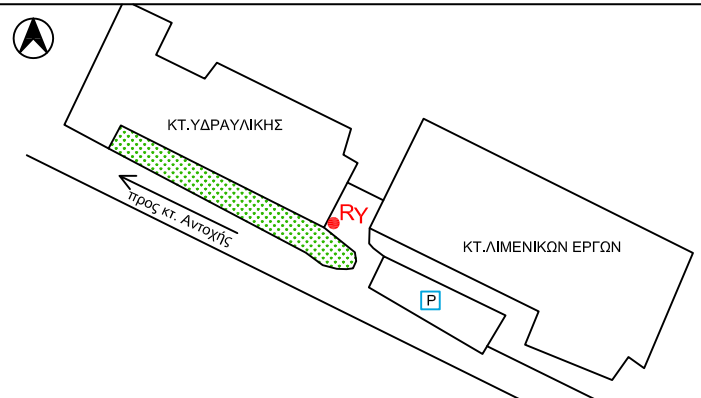
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ορειχάλκινο μπουλόνι εγκατεστημένο από τη Σ.Α.Τ.Μ.

Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής.

Βρίσκεται πακτωμένο στο αριστερό τμήμα της νοτιοανατολικής όψης του κτιρίου Υδραυλικής, . Απέχει από το έδαφος περίπου 0,33m.

ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ

R_Y

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 10,8417 m



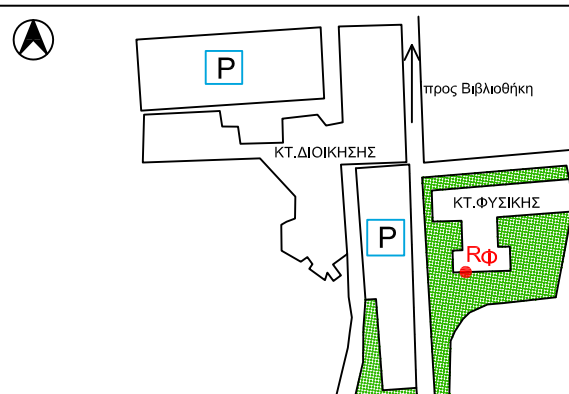
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ορειχάλκινο μπουλόνι εγκατεστημένο από τη Σ.Α.Τ.Μ.

Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής.

Βρίσκεται πακτωμένο στη νότια όψη του κτιρίου Φυσικής της Σ.Ε.Μ.Φ.Ε, πάνω στο αριστερό ακριανό υποσύλωμα . Απέχει από το έδαφος περίπου 0,57m.

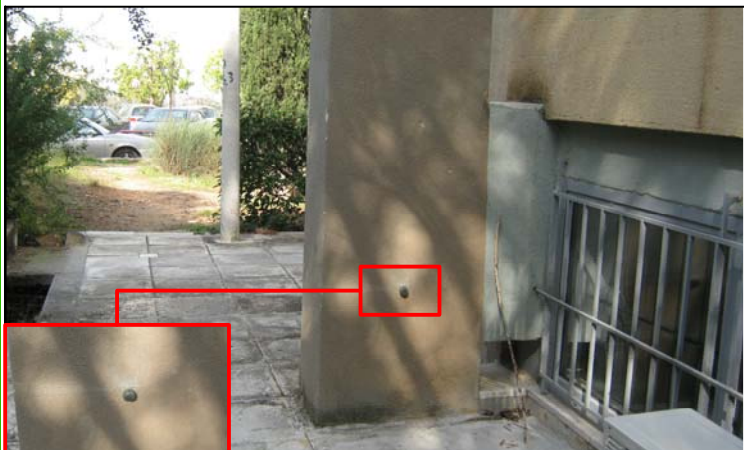
ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ

R_Φ

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 21,8027 m



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΑΦΕΤΗΡΙΩΝ ΚΤΙΡΙΟΥ ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟΥ

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ορειχάλκινο μπουλόνι εγκατεστημένο από τη Σ.Α.Τ.Μ.

Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής.

Βρίσκεται πακτωμένο εσωτερικά του κτιρίου Λαμπαδαρίου, στο μεσαίο υποστύλωμα (πλαίσιο 2) και στο χωλ του γραφείου στο οποίο βρίσκεται το Φωτογραφικό Στούντιο, στο υπόγειο. Απέχει από το δάπεδο περίπου 0,35m.

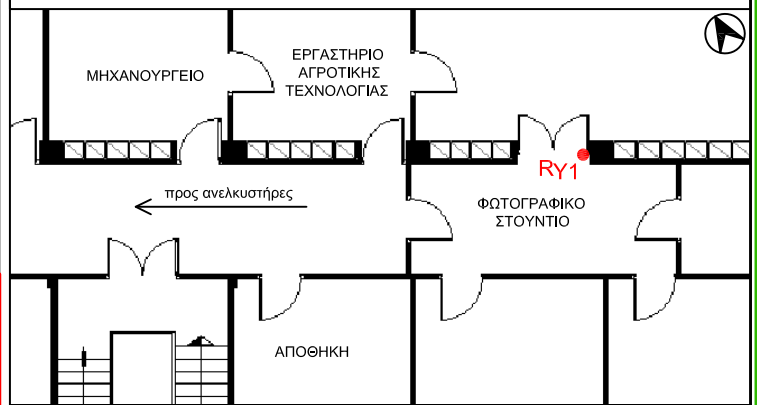
**ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ**

R_{Y1}

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 27,2704 m



ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ορειχάλκινο μπουλόνι εγκατεστημένο από τη Σ.Α.Τ.Μ.

Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής.

Βρίσκεται πακτωμένο εσωτερικά του κτιρίου Λαμπαδαρίου, στο ακραίο δεξιό (προς την Ανατολή) υποστύλωμα (πλαίσιο 12) και απέναντι από τους ανελκυστήρες, στο υπόγειο. Απέχει από το δάπεδο περίπου 0,35m.

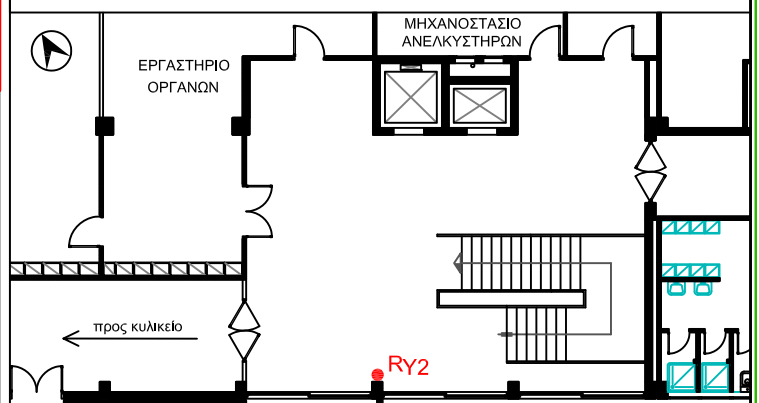
**ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ**

R_{Y2}

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 27,2657 m



ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ορειχάλκινο μπουλόνι εγκατεστημένο από τη Σ.Α.Τ.Μ.

Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής.

Βρίσκεται πακτωμένο εσωτερικά του κτιρίου Λαμπαδαρίου, στο μεσαίο υποστύλωμα (πλαίσιο 19) και στην παρειά του προς την αίθουσα Μετρολογικών Ελέγχων Υ23, στο υπόγειο. Απέχει από το δάπεδο περίπου 0,35m.

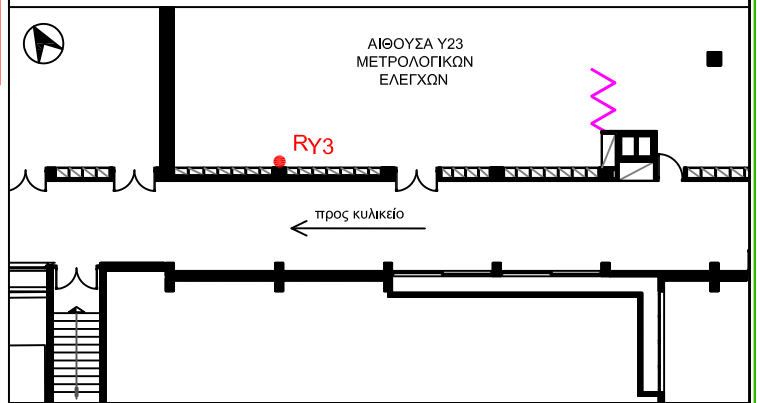
**ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ**

R_{Y3}

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 27,2389 m



ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ορειχάλκινο μπουλόνι εγκατεστημένο από τη Σ.Α.Τ.Μ.

Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής.

Βρίσκεται πακτωμένο εσωτερικά του κτιρίου Λαμπαδαρίου, στο μεσαίο υποστύλωμα (πλαίσιο 27) στο προθάλαμο όπου βρίσκεται το γραφείο παραλαβής οργάνων Γεωδαισίας στο υπόγειο και στην παρειά του υποστυλώματος που βλέπει προς το κλιμακοστάσιο. Απέχει από το δάπεδο περίπου 0,35m.

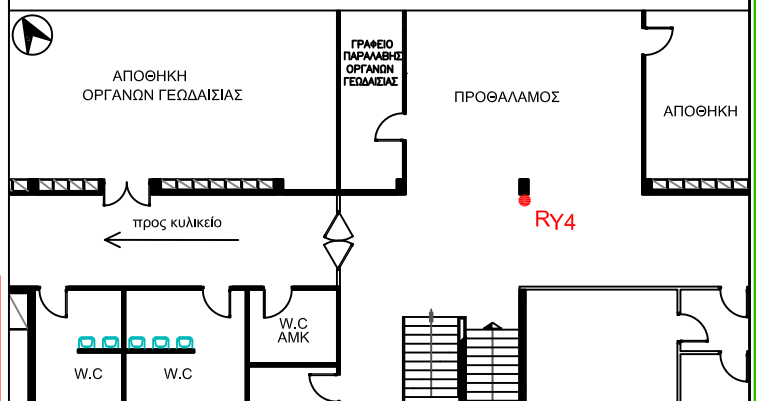
**ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ**

R_{Y4}

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 27,3409 m



ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ορειχάλκινο μπουλόνι εγκατεστημένο από τη Σ.Α.Τ.Μ.

Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής.

Βρίσκεται πακτωμένο εσωτερικά του κτιρίου Λαμπαδαρίου, στο ακραίο υποστύλωμα (πλαίσιο 2) και μέσα στην αριστερά, κατά την είσοδο στο γραφείο Φωτογραφικού Στούντιο, αίθουσα, στο υπόγειο. Απέχει από το δάπεδο περίπου 0,35m.

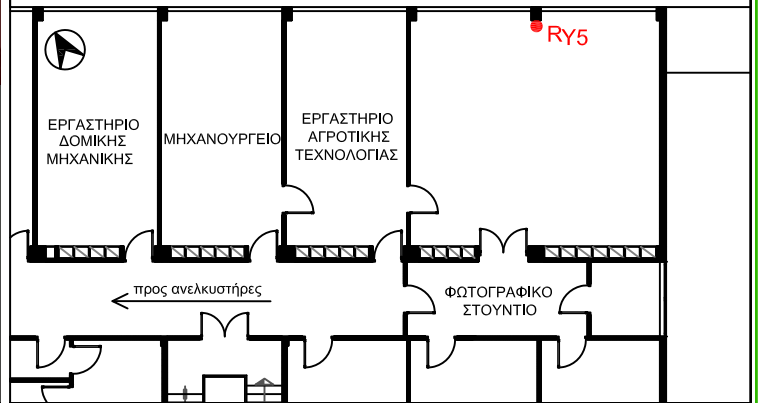
ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ

R_{Y5}

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 27,2765 m



ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ορειχάλκινο μπουλόνι εγκατεστημένο από τη Σ.Α.Τ.Μ.

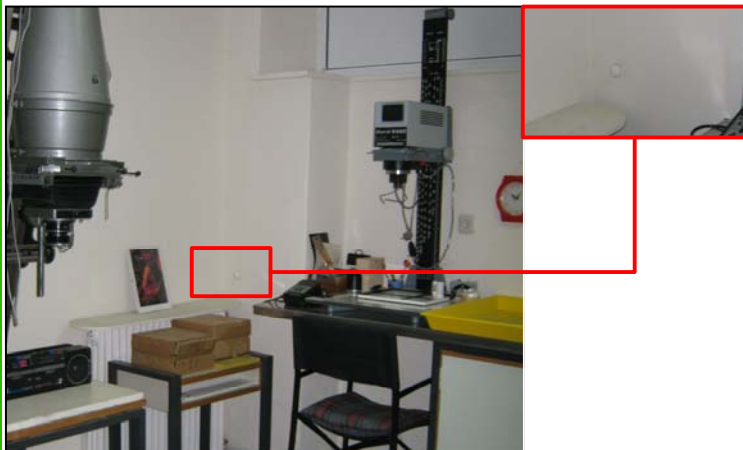
Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής.

Βρίσκεται πακτωμένο εσωτερικά του κτιρίου Λαμπαδαρίου, στο ακραίο υποστύλωμα (πλαίσιο 2) και μέσα στην δεξιά, κατά την είσοδο στο γραφείο Φωτογραφικού Στούντιο, αίθουσα, στο υπόγειο. Απέχει από το δάπεδο περίπου 1,10 m.

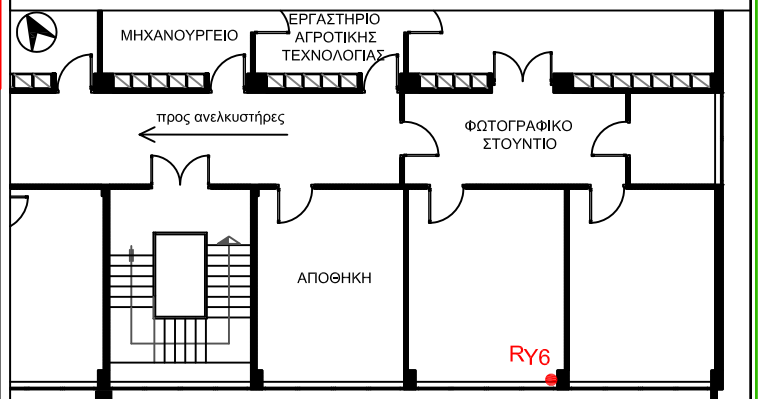
ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ

R_{Y6}

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 27,9349 m



ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ορειχάλκινο μπουλόνι εγκατεστημένο από τη Σ.Α.Τ.Μ.

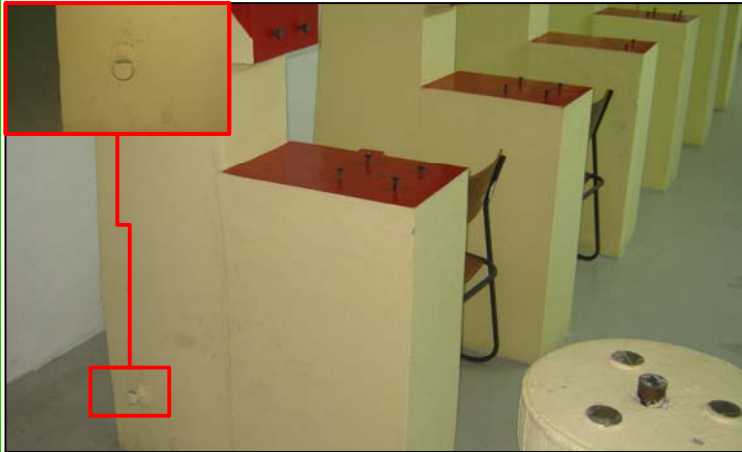
Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής.

Βρίσκεται πακτωμένο εσωτερικά του κτιρίου Λαμπαδαρίου, πάνω στο πρώτο βάθρο του υπόγειου τούνελ, απέναντι από το κλιμακοστάσιο. Απέχει από το δάπεδο περίπου 0,20 m.

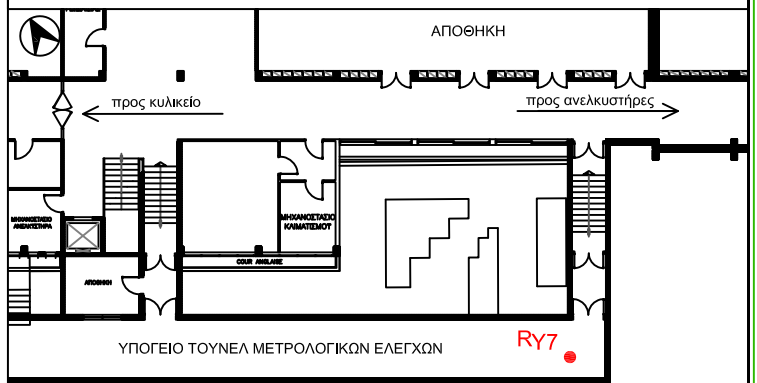
ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ

R_{Υ7}

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 25,0273 m



ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ορειχάλκινο μπουλόνι εγκατεστημένο από τη Σ.Α.Τ.Μ.

Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής.

Βρίσκεται πακτωμένο εσωτερικά του κτιρίου Λαμπαδαρίου, στο μεσαίο υποστύλωμα (πλαίσιο 2) και στην παρειά του προς το μεγαλύτερο τμήμα του Εργαστηρίου Δομικής Μηχανικής, στο ισόγειο. Απέχει από το δάπεδο περίπου 0,35 m.

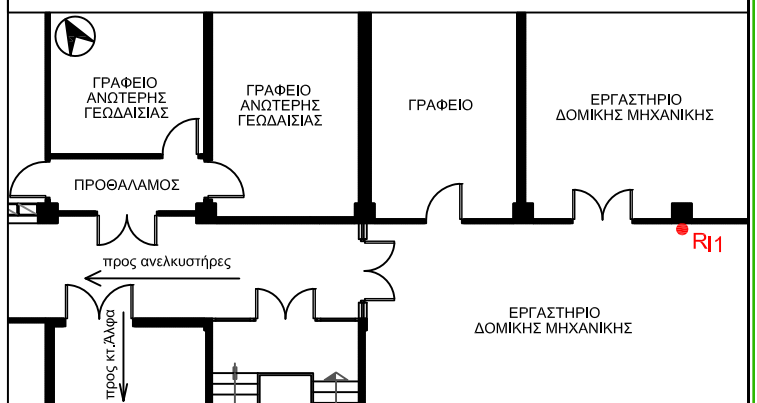
ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ

R_{Ι1}

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 30,4976 m



ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ορειχάλκινο μπουλόνι εγκατεστημένο από τη Σ.Α.Τ.Μ.

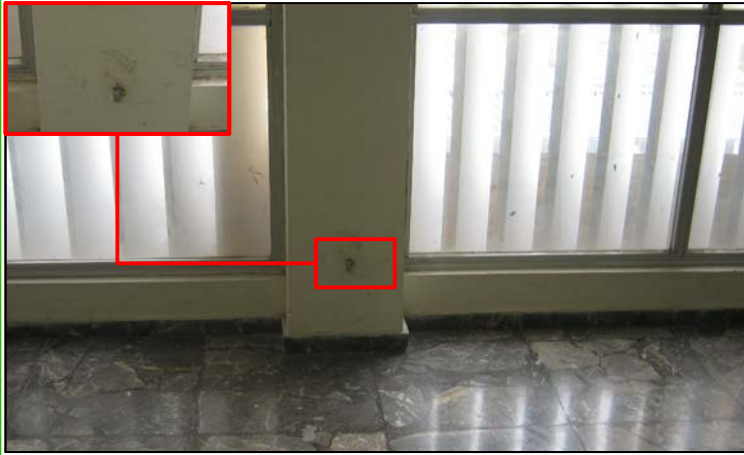
Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής.

Βρίσκεται πακτωμένο εσωτερικά του κτιρίου Λαμπαδαρίου, στο ακραίο δεξιά (προς την Ανατολή) υποστύλωμα (πλαίσιο 12) και απέναντι από τους ανελκυστήρες, στο ισόγειο. Απέχει από το δάπεδο περίπου 0,30 m.

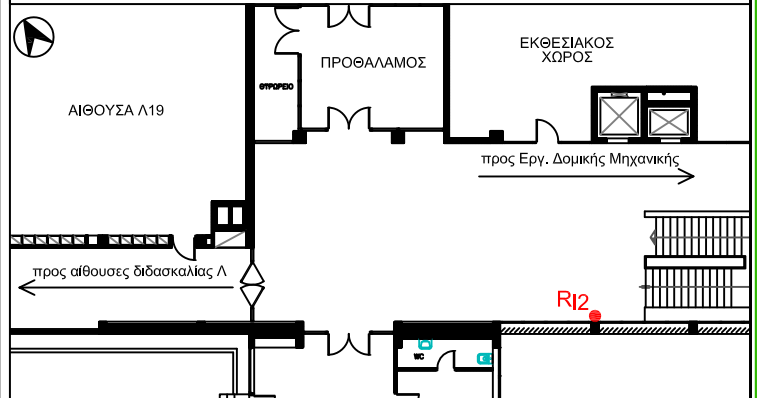
ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ

R₁₂

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 30,5306 m



ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ορειχάλκινο μπουλόνι εγκατεστημένο από τη Σ.Α.Τ.Μ.

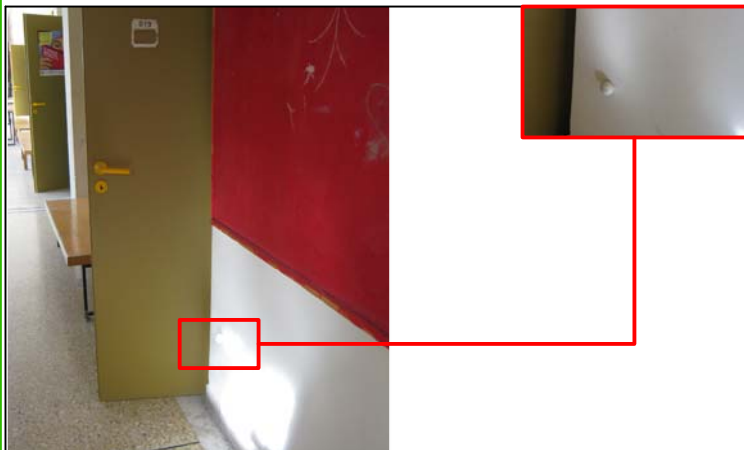
Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής.

Βρίσκεται πακτωμένο εσωτερικά του κτιρίου Λαμπαδαρίου, στο μεσαίο υποστύλωμα (πλαίσιο 19), στην παρειά του προς το διάδρομο, δίπλα στην πίσω είσοδο της αίθουσας διδασκαλίας Λ19, στο ισόγειο. Απέχει από το δάπεδο περίπου 0,35 m.

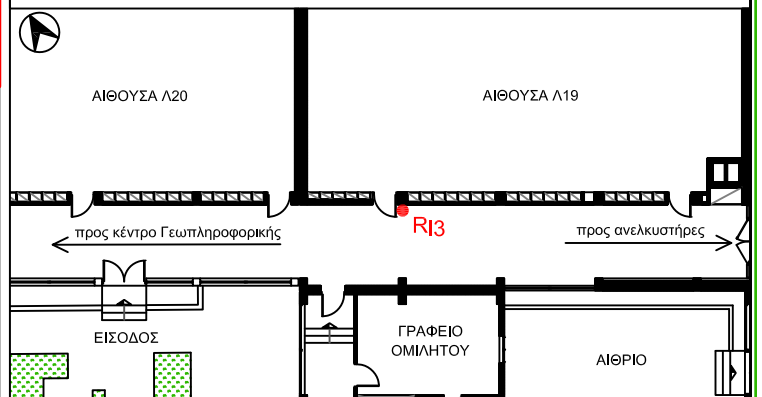
ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ

R₁₃

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 30,6361 m



ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



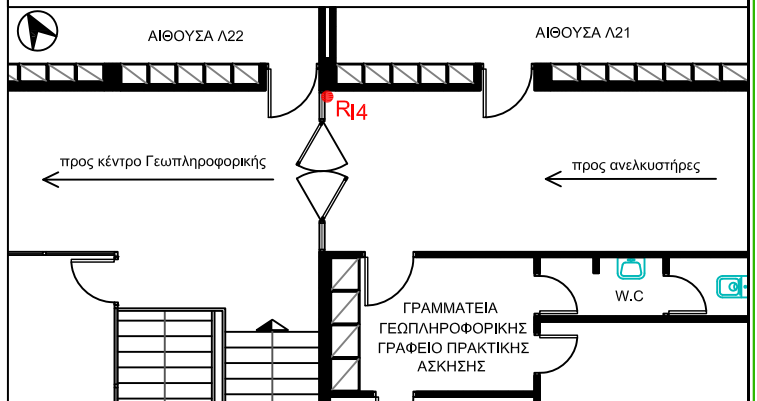
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ορειχάλκινο μπουλόνι εγκατεστημένο από τη Σ.Α.Τ.Μ.

Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής.

Βρίσκεται πακτωμένο εσωτερικά του κτιρίου Λαμπαδαρίου, στο μεσαίο υποστύλωμα (πλαίσιο 27), στην παρειά του προς το διάδρομο, αριστερά της πίσω εισόδου της αίθουσας διδασκαλίας Λ21, στο ισόγειο. Απέχει από το δάπεδο περίπου 0,35 m.

ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ

R₁₄

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 30,5444 m



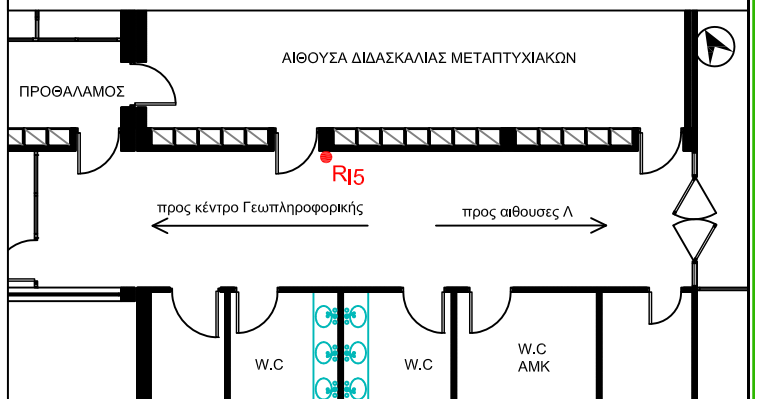
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ορειχάλκινο μπουλόνι εγκατεστημένο από τη Σ.Α.Τ.Μ.

Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής.

Βρίσκεται πακτωμένο εσωτερικά του κτιρίου Λαμπαδαρίου, στο μεσαίο υποστύλωμα (πλαίσιο 32), στην παρειά του προς το διάδρομο που οδηγεί στο Κέντρο Γεωπληροφορικής, στο ισόγειο. Απέχει από το δάπεδο περίπου 0,35 m.

ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ

R₁₅

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 30,6094 m



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ορειχάλκινο μπουλόνι εγκατεστημένο από τη Σ.Α.Τ.Μ.

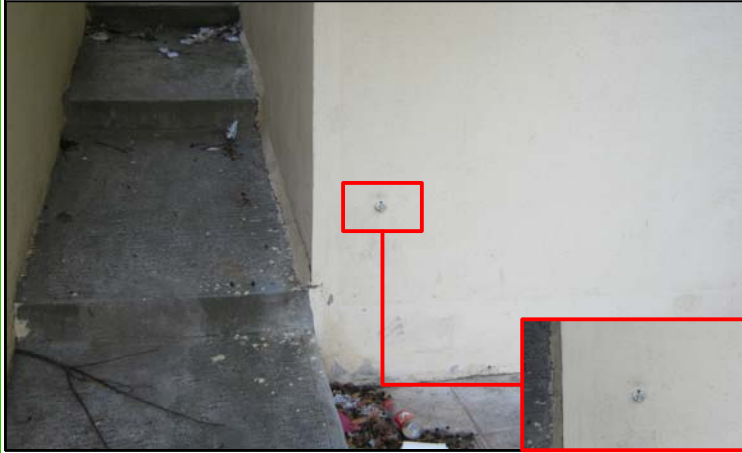
Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής.

Βρίσκεται πακτωμένο στη βορινή όψη του κτιρίου Λαμπαδαρίου, δεξιά της κύριας εισόδου, στη γωνία όπου γίνεται ο χωρισμός του κτιρίου σε δύο τμήματα δύο και τριών ορόφων, πάνω στο τμήμα των τριών ορόφων. Απέχει από το έδαφος περίπου 0,70m.

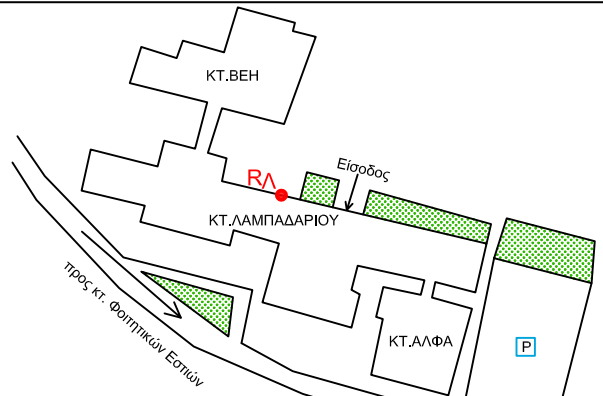
ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ

R_Λ

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 27,5298 m



ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΑΦΕΤΗΡΙΩΝ ΚΤΙΡΙΟΥ ΒΕΗ

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ανοξείδωτη βίδα allen εγκατεστημένη από τη Σ.Α.Τ.Μ.

Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής διαμέτρου 1,5cm.

Βρίσκεται πακτωμένο στη νότια όψη του κτιρίου Βέη, πάνω σε τοίχιο που αποτελεί και δομικό στοιχείο του υπέργειου διαδρόμου σύνδεσής του με το κτ.Λαμπαδαριου, αριστερά της κεντρικής εισόδου του κτ.Βέη. Απέχει από το έδαφος περίπου 0,54m.

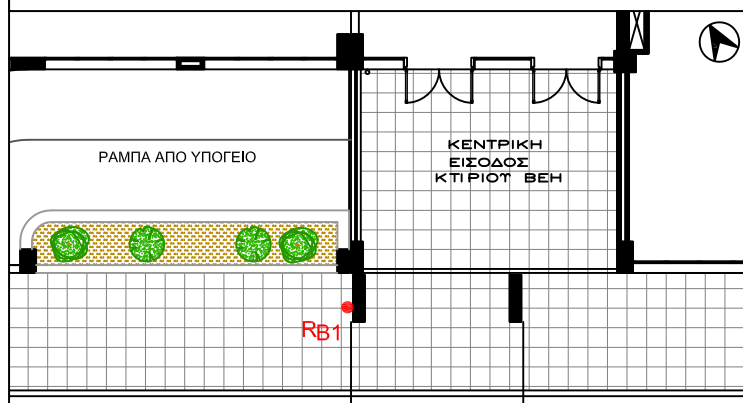
ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ

R_{B1}

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 27,2432 m



ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ανοξείδωτη βίδα allen εγκατεστημένη από τη Σ.Α.Τ.Μ.

Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής διαμέτρου 1,5cm.

Βρίσκεται πακτωμένο στη νότια όψη του κτιρίου Βέη, πάνω σε τοίχιο (πλαίσιο 30β-Υ1) δίπλα σε παρτέρι, αριστερά του τοιχίου του υπέργειου διαδρόμου σύνδεσής του με το κτ.Λαμπαδαριου. Απέχει από το έδαφος περίπου 0,27m.

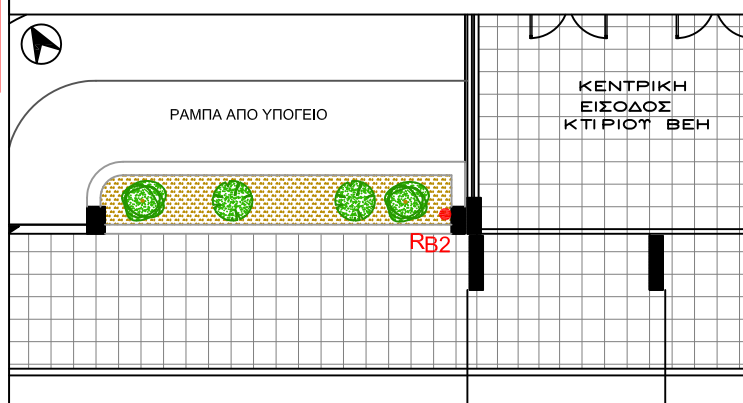
ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ

R_{B2}

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 27,3907 m



ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



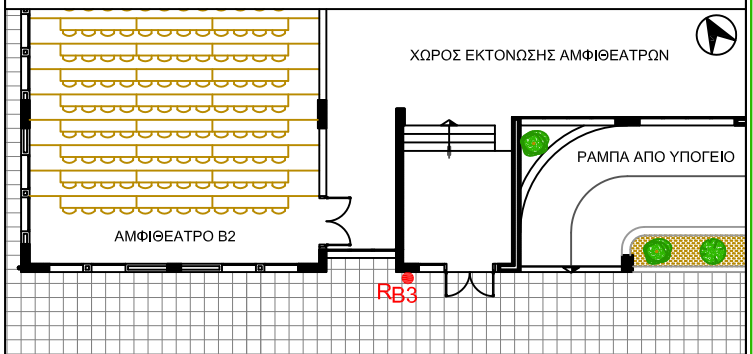
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ανοξείδωτη βίδα allen εγκατεστημένη από τη Σ.Α.Τ.Μ.

Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής διαμέτρου 1,5cm.

Βρίσκεται πακτωμένο στη νότια όψη του κτιρίου Βέη, πάνω σε υποστύλωμα μορφής Γ (πλαίσιο 34α-Υ1), στο σημείο αλλαγής του κτιρίου από τριώροφο σε μονώροφο, αριστερά της μπάρας που καταλήγει στο υπόγειο. Απέχει από το έδαφος περίπου 0,48m.

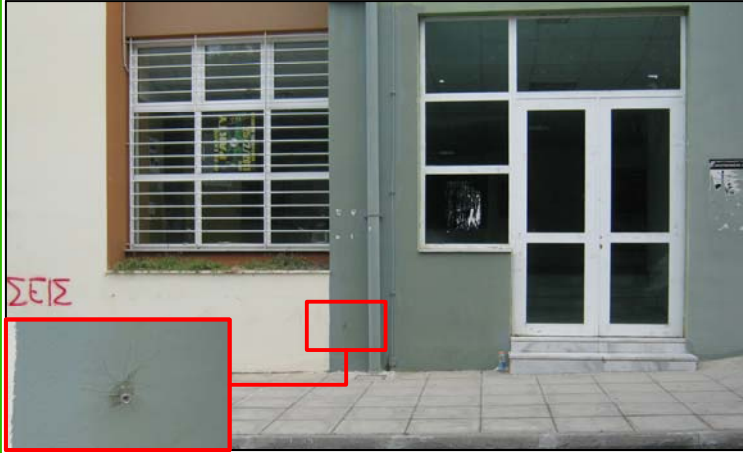
ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ

R_{B3}

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 26,6471 m



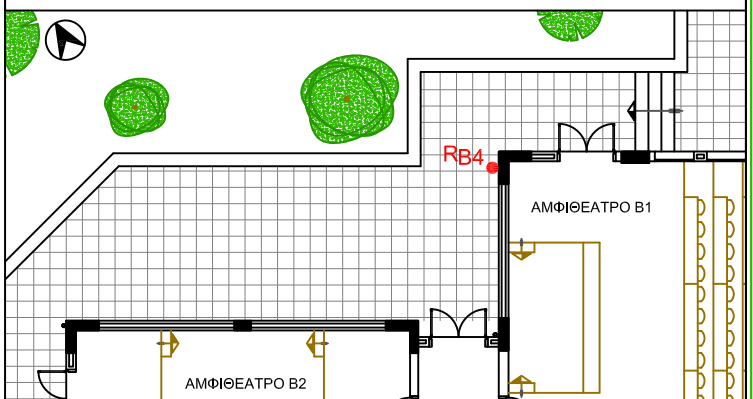
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ανοξείδωτη βίδα allen εγκατεστημένη από τη Σ.Α.Τ.Μ.

Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής διαμέτρου 1,5cm.

Βρίσκεται πακτωμένο στη βορειοδυτική όψη του κτιρίου Βέη, πάνω σε υποστύλωμα μορφής Γ (πλαίσιο 34α-Υ5), στο σημείο αλλαγής του κτιρίου από τριώροφο σε μονώροφο. Απέχει από το έδαφος περίπου 0,45m.

ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ

R_{B4}

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 25,7847 m



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ανοξείδωτη βίδα allen εγκατεστημένη από τη Σ.Α.Τ.Μ.
Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής διαμέτρου 1,5cm.

**ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ**

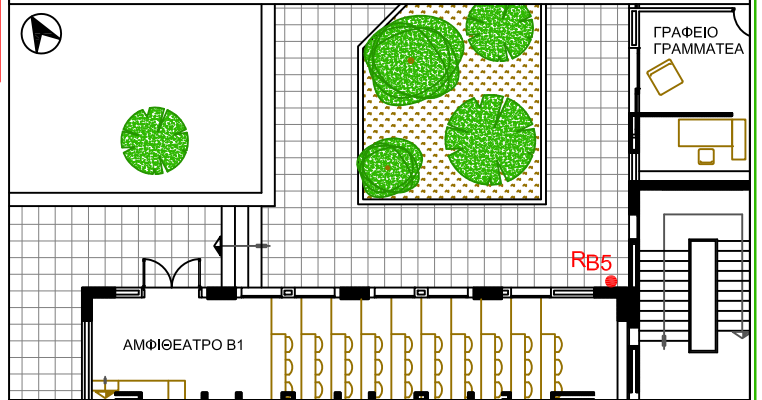
R_{B5}

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 25,7250 m

Βρίσκεται πακτωμένο στη βόρεια όψη του κτιρίου Βέη, πάνω σε υποστύλωμα μορφής Γ (πλαίσιο 30b-Υ5), στο σημείο αλλαγής της στάθμης θεμελίωσης του κτιρίου. Απέχει από το έδαφος περίπου 0,85m.



ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ανοξείδωτη βίδα allen εγκατεστημένη από τη Σ.Α.Τ.Μ.
Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής διαμέτρου 1,5cm.

**ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ**

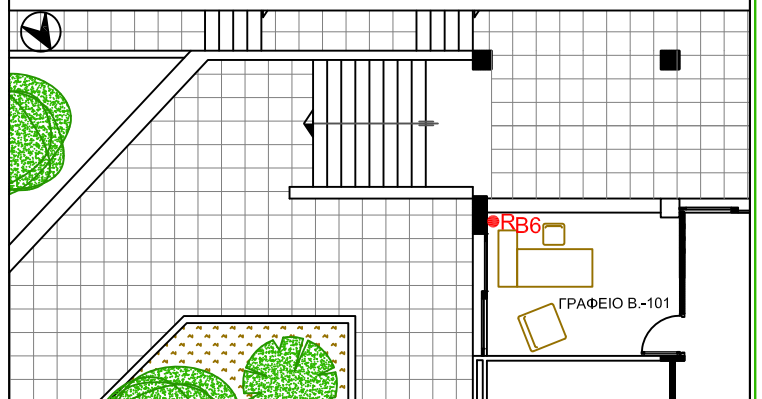
R_{B6}

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 24,5626 m

Βρίσκεται πακτωμένο βόρεια και εσωτερικά του κτιρίου Βέη, πάνω σε υποστύλωμα (πλαίσιο 30α-Υ7), μέσα στο γραφείο Β.-101 (Πολυδύναμη Μονάδα 8 - Αποθήκη Αρχείου) στο υπόγειο. Απέχει από το έδαφος περίπου 1,12m.



ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



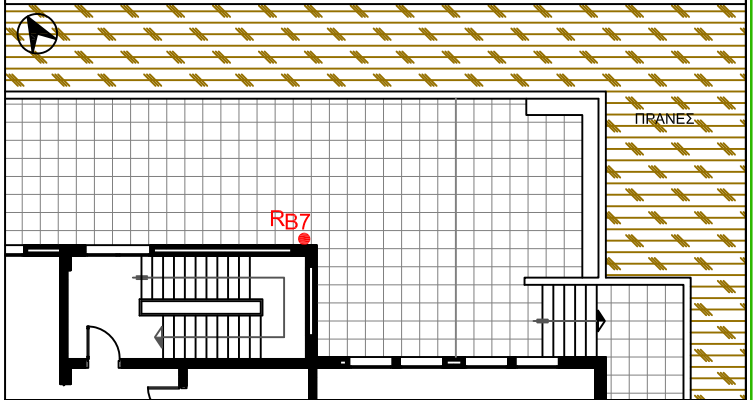
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ανοξείδωτο μπουλόνι εγκατεστημένο από το Εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας (Σ.Α.Τ.Μ.).

Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής .

Βρίσκεται πακτωμένο εξωτερικά του κτιρίου Βέη, στη βόρεια όψη του , πάνω σε υποστύλωμα μορφής Γ (πλαίσιο 24α-Υ8), στο επίπεδο του υπογείου. Απέχει από το έδαφος περίπου 0,35m.

ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



**ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ**

R_{B7}

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 23,7518 m



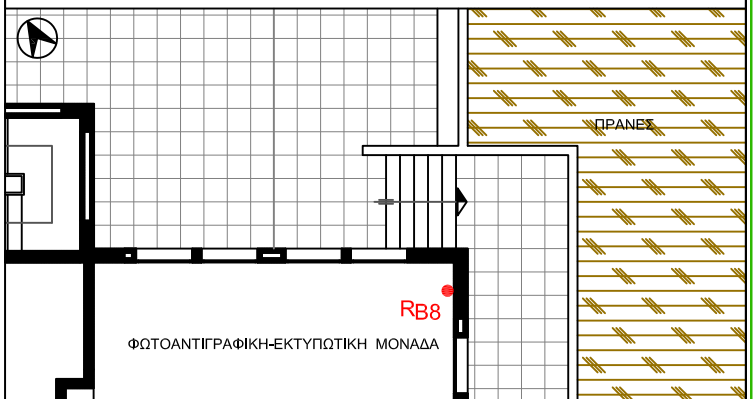
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ανοξείδωτη βίδα allen εγκατεστημένη από τη Σ.Α.Τ.Μ.

Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής διαμέτρου 1,5cm.

Βρίσκεται πακτωμένο εσωτερικά, στην ανατολική πλευρά του γραφείου όπου βρίσκεται η Φωτοαντιγραφική-Εκτυπωτική Μονάδα, πάνω σε τοιχίο (πλαίσιο 22α-Υ7), στο επίπεδο του υπογείου του κτιρίου. Απέχει από το έδαφος περίπου 0,98m.

ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



**ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ**

R_{B8}

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 24,5044 m



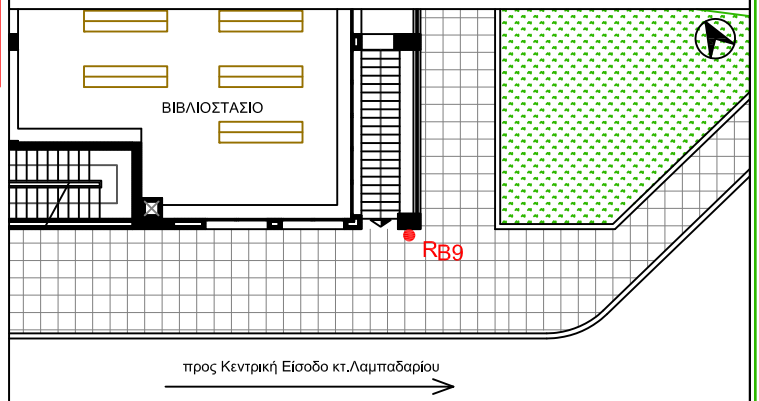
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ανοξείδωτη βίδα allen εγκατεστημένη από τη Σ.Α.Τ.Μ.

Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής διαμέτρου 1,5cm.

Βρίσκεται πακτωμένο εξωτερικά, στη νότια όψη του κτιρίου Βέη, πάνω στο ακριανό υποστύλωμα (πλαίσιο 22α-Υ1). Απέχει από το έδαφος περίπου 0,50m.

ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ

R_{B9}

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 28,2707 m



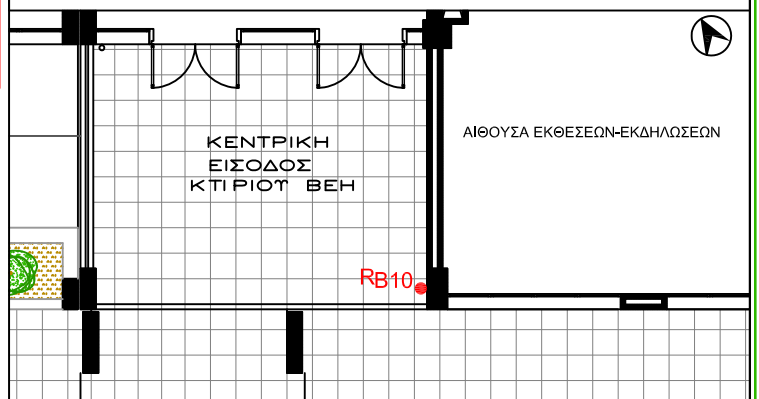
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ανοξείδωτη βίδα allen εγκατεστημένη από τη Σ.Α.Τ.Μ.

Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής διαμέτρου 1,5cm.

Βρίσκεται πακτωμένο εξωτερικά, στη νότια όψη του κτιρίου Βέη, πάνω σε υποστύλωμα (πλαίσιο 28α-Υ1), δεξιά της Κεντρικής Εισόδου του κτιρίου. Απέχει από το έδαφος περίπου 0,13m.

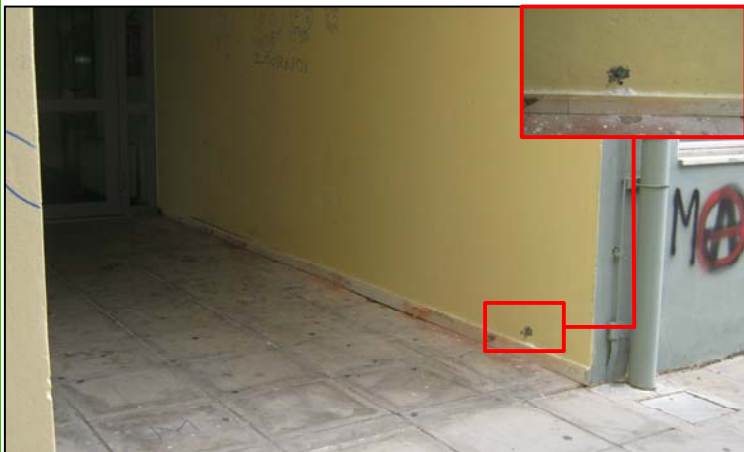
ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ

R_{B10}

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 27,1562 m



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ανοξείδωτη βίδα allen εγκατεστημένη από τη Σ.Α.Τ.Μ.

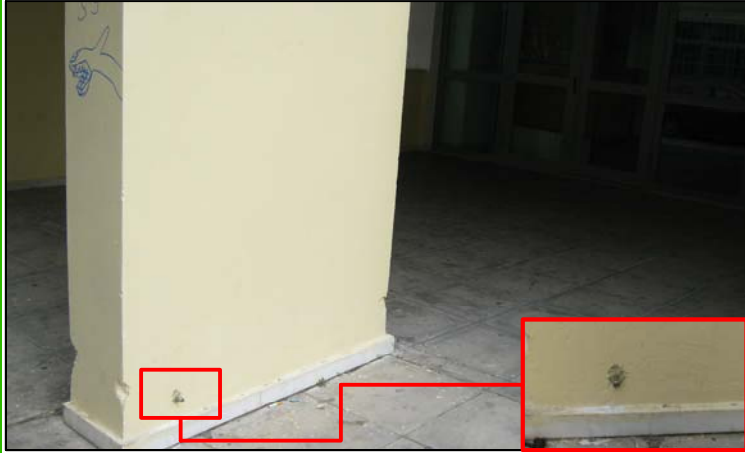
Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής διαμέτρου 1,5cm.

Βρίσκεται πακτωμένο στη νότια όψη του κτιρίου Βέη, πάνω σε τοίχιο (πλαίσιο 29α-Υ1), που αποτελεί δομικό στοιχείο του υπέργειου διαδρόμου, μπροστά από την Κεντρική Είσοδο του Βέη. Απέχει από το έδαφος περίπου 0,16m.

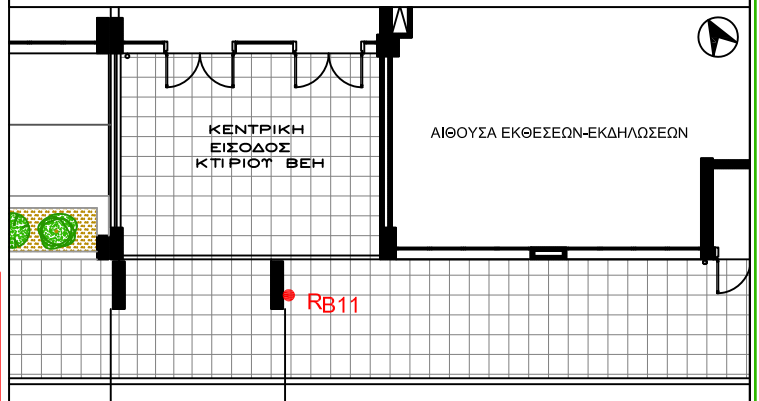
**ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ**

R_{B11}

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 27,0989 m



ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΑΦΕΤΗΡΙΩΝ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΛΦΑ

ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ

R_{A1}

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 30,5572 m

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

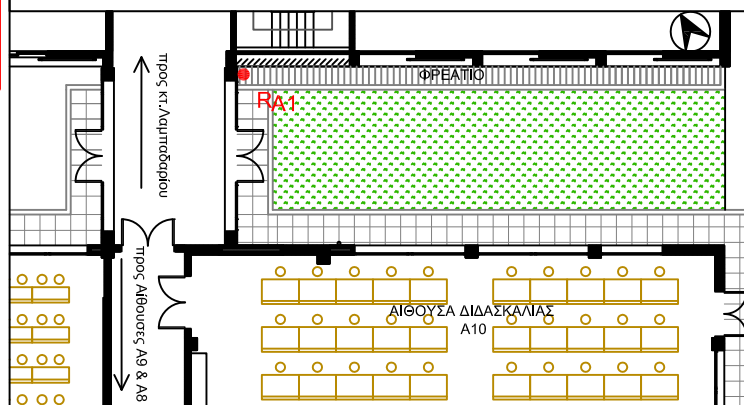
Ανοξείδωτη βίδα allen εγκατεστημένη από τη Σ.Α.Τ.Μ.

Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής διαμέτρου 1,5cm.

Βρίσκεται πακτωμένο εξωτερικά του διαδρόμου που συνδέει το κτίριο Άλφα με το κτίριο Λαμπαδαρίου πάνω σε υποστύλωμα, δεξιά της πόρτας εισόδου. Απέχει από το έδαφος περίπου 0,43m.



ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ

R_{A2}

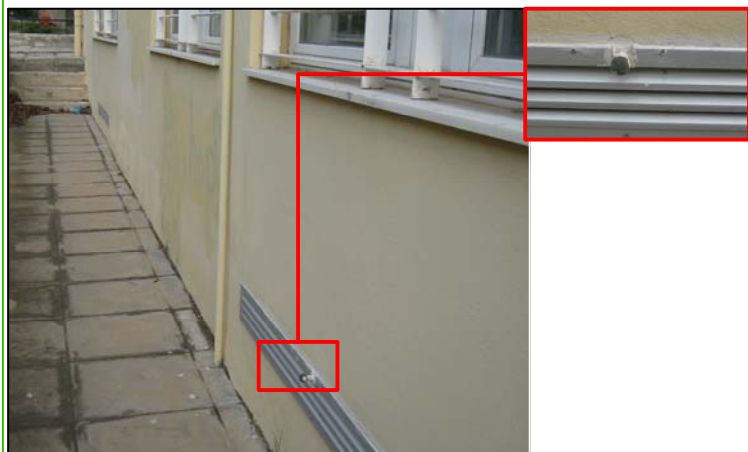
ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 30,6259 m

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

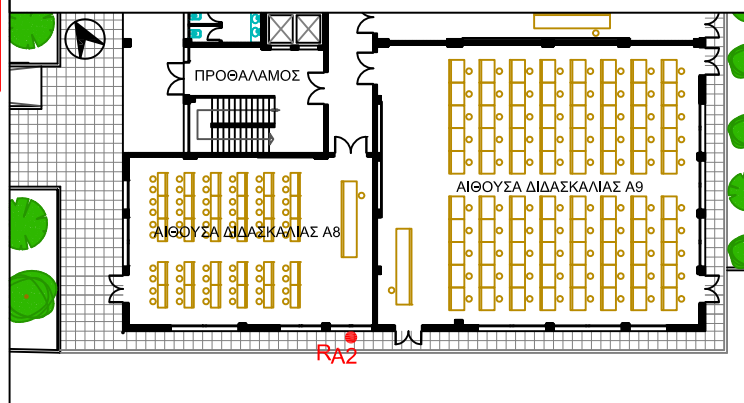
Ανοξείδωτο μπουλόνι εγκατεστημένο από το Εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας (Σ.Α.Τ.Μ.).

Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής .

Βρίσκεται πακτωμένο εξωτερικά του κτιρίου Άλφα, στην νότια όψη του. Είναι εγκατεστημένο, δηλαδή, κάτω από το παράθυρο που βρίσκεται απέναντι της εισόδου της αίθουσας διδασκαλίας Α8 . Απέχει από το πλακοστρωμένο δάπεδο περίπου 0,43m.



ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ανοξείδωτη βίδα allen εγκατεστημένη από τη Σ.Α.Τ.Μ.

Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής διαμέτρου 1,5cm.

Βρίσκεται πακτωμένο εξωτερικά του κτιρίου Άλφα, στη δυτική του όψη, πάνω σε υποστύλωμα (πλαίσιο Α8-Μ), δεξιά της πόρτας εισόδου για τον προθάλαμο όπου βρίσκονται οι ανελκυστήρες. Απέχει από το έδαφος περίπου 0,33m.

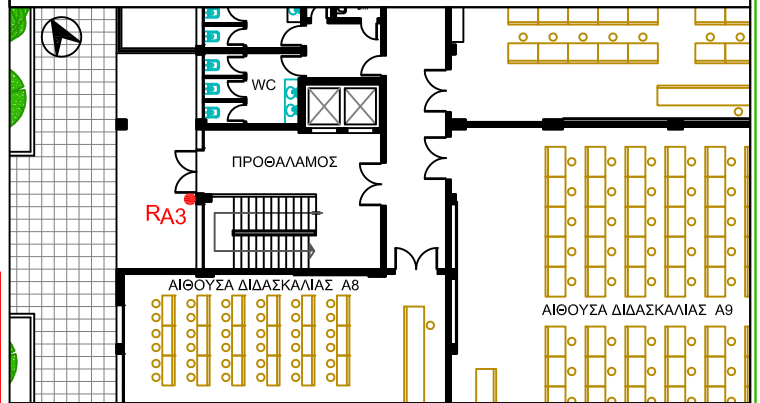
ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ

R_{A3}

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 30,5972 m



ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ανοξείδωτη βίδα allen εγκατεστημένη από τη Σ.Α.Τ.Μ.

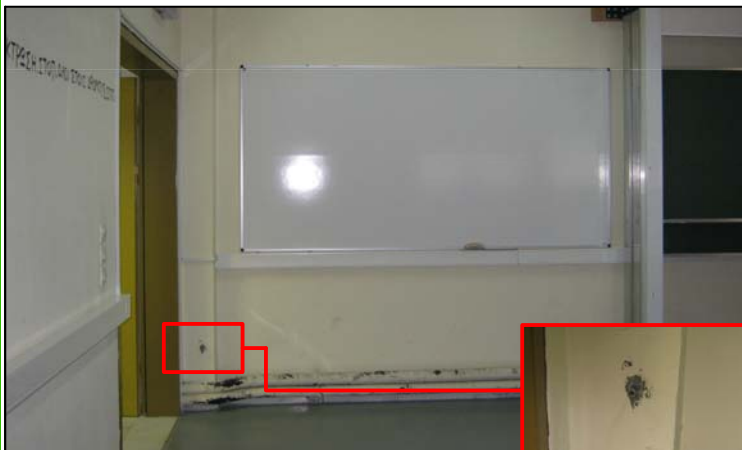
Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής διαμέτρου 1,5cm.

Βρίσκεται πακτωμένο εσωτερικά του κτιρίου Άλφα, μέσα στην αίθουσα διδασκαλίας Α8, πάνω σε υποστύλωμα (πλαίσιο Α6-Μ), αριστερά της πόρτας εισόδου για την αίθουσα. Απέχει από το έδαφος περίπου 0,43m.

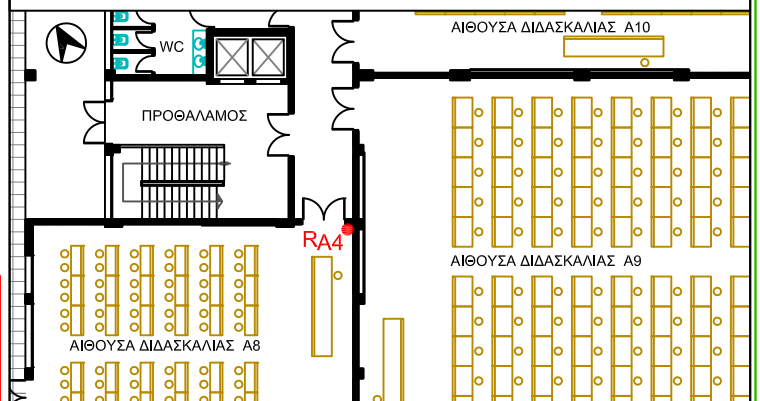
ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ

R_{A4}

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 30,6787 m



ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ανοξείδωτη βίδα allen εγκατεστημένη από τη Σ.Α.Τ.Μ.
Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής διαμέτρου 1,5cm.

ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ

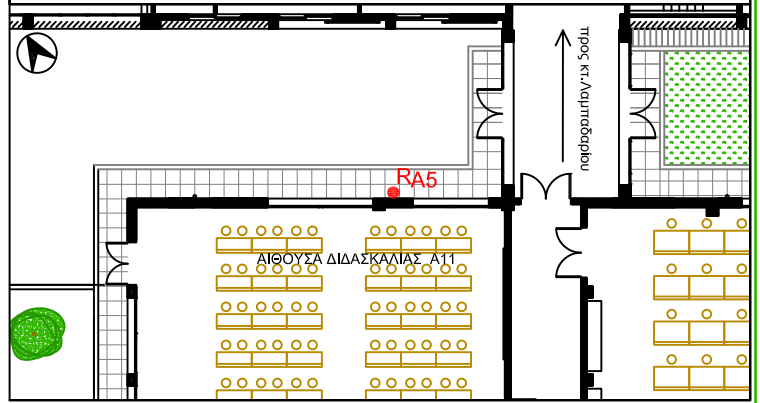
R_{A5}

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 30,6515 m

Βρίσκεται πακτωμένο εξωτερικά του κτιρίου Άλφα, στη βορινή του όψη, πάνω σε υποστύλωμα μορφής Γ (πλαίσιο A7-E). Απέχει από το έδαφος περίπου 0,39m.



ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ανοξείδωτη βίδα allen εγκατεστημένη από τη Σ.Α.Τ.Μ.
Η εξέχουσα κεφαλή είναι κυκλικής διατομής διαμέτρου 1,5cm.

ΚΩΔΙΚΟΣ
ΥΨ.ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ

R_{A6}

ΥΨΟΜΕΤΡΟ: 30,7236 m

Βρίσκεται πακτωμένο εξωτερικά του διαδρόμου που συνδέει το κτίριο Άλφα με το κτίριο Λαμπαδαρίου πάνω σε υποστύλωμα, αριστερά της πόρτας εισόδου και αντιδιαμετρικά της υψομετρικής αφετηρίας RA1. Απέχει από το έδαφος περίπου 0,46m.



ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ

