



ΔΙΕΘΝΕΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΕΛΛΑΔΟΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ



ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ
ΚΤΙΡΙΑ ΚΑΙ ΑΣΤΙΚΑ ΣΥΝΟΛΑ
ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ | ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΗ | ΧΩΡΙΚΕΣ ΑΝΑΠΛΑΣΕΙΣ
ΣΤΕΦ - ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΕ &
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΤΕ



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



**Γεωμετρική τεκμηρίωση με σύγχρονες μεθόδους του ιστορικού
διατηρητέου μνημείου του Τουρκικού Υδραγωγείου Σερρών**

ΤΣΑΚΑΝΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΤΣΟΛΑΚΙΔΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

PhD, MSc, Αγρονόμος & Τοπογράφος Μηχανικός Α.Π.Θ.

ΣΕΡΡΕΣ | ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2023

ΔΙ. ΠΑ. Ε. | ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΕ &
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΤΕ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Γεωμετρική τεκμηρίωση με σύγχρονες μεθόδους του ιστορικού
διατηρητέου μνημείου του Τουρκικού Υδραγωγείου Σερρών**

ΤΣΑΚΑΝΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΤΣΟΛΑΚΙΔΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

PhD, MSc, Αγρονόμος & Τοπογράφος Μηχανικός Α.Π.Θ.

ΣΕΡΡΕΣ | ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2023

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή Τσακανιά Γεώργιου που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο Τσακανιάς Γεώργιος εκχωρεί στο ΔΙ.ΠΑ.Ε., μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο Τσακανιάς Γεώργιος διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

Αφιέρωση (προαιρετικά)

Αφιερώνω την εργασία αυτή στην Παναγία της Ιεράς Μονής Εικοσιφοινίσσης.

ΟΘΩΜΑΝΙΚΟ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟ

Konuk Neval, Η Οθωμανική Αρχιτεκτονική στην Ελλάδα Ι, Άγκυρα 2010, σ.

Βρίσκεται επί της οδού Παπαπαύλου 109. Είναι στο λόφο που επί της Οθωμανικής περιόδου αποκαλούνταν “Μουσαλλά Τεπέ”. Έχει κριθεί ιστορικό διατηρητέο μνημείο με δύο υπουργικές αποφάσεις, πρώτα με την ΥΑ 15813/19-12-1961 ΦΕΚ 36/Β/3-2-1962 και στη συνέχεια πάλι με απόφαση του Υπουργείου Περιβάλλοντος ΥΑ ΥΠΠΕ/ΑΡΧ/Β1/Φ37/57030/1272 π.ε./10-2-1984 ΦΕΚ 112/Β/2-3-1984.

Οι Τούρκοι κατασκεύαζαν υδραγωγεία για την εξασφάλιση του καθαρού νερού, που χρησιμοποιούσαν κατά τον τελετουργικό καθαρισμό πριν την προσευχή και για τα νερά που χρειαζόνταν στα λουτρά. Στην Ελλάδα, το Υδραγωγείο του Ιμπραχίμ Πασά στην Καβάλα και το Υδραγωγείο του Πιγιαλέ Πασά στην Χίο είναι δύο από αυτά.

Ο Heath Lowty σε ένα έγγραφο ενός κατάστιχου του έτους 1478 βρήκε μια πληροφορία αναφορικά με την επισκευή του υδραγωγείου. Ισχυρίζεται ότι το υδραγωγείο κατασκευάστηκε από τον Χαιρετίν Πασά, για τις ανάγκες του τεμένους και του χαμάμ που είχαν αναφερθεί στην πόλη από τον ίδιο (Lowty, 2008. σ.151). Την άποψη αυτή την συμμεριζόμαστε και εμείς ως ορθή.

Το διώροφο υδραγωγείο είναι χτισμένο από αργολιθοδομή και τούβλα. Κατά την έρευνά μας διαπιστώσαμε ότι το υδραγωγείο έχει μείνει ανάμεσα στις αυλές των κατοικιών και έχει γκρεμιστεί το πάνω μέρος του.

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο τρίτο εξάμηνο του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών του Διεθνές Πανεπιστημίου της Ελλάδος με τίτλο "ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΚΤΙΡΙΑ ΚΑΙ ΑΣΤΙΚΑ ΣΥΝΟΛΑ". Αφορά ένα συγκεκριμένο και ιδιαίτερο πεδίο γνώσεων που πραγματεύεται τον χώρο της τεκμηρίωσης μνημείων. Η εργασία εκπληρώνει ένα προσωπικό ενδιαφέρον μου που έχει να κάνει με την διαδικασία αποτύπωσης ενός αρχαιολογικού μνημείου.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τους διδάσκοντες καθηγητές του τμήματος που με την εξαιρετή διδασκαλία τους έχτισαν τις βάσεις της επιστημονικής μου καριέρας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την ομάδα που συμμετείχε στις εργασίες του πεδίου τον κάτοχο του drowm Γεωργιτζίκη Γεώργιο, την ασκούμενη στο γραφείο μου την Μπίζα Ειρήνη η οποία συμμετείχε και στο πεδίο και στην επίλυση του προγράμματος agisoft , τον συνεργάτη Αγγελάκη Χρίστο, και τον Σαραντίδης Αντώνη ο οποίος ειχε προβάλει τα νέφη σημείων του μνημείου.

Επίσης ευχαριστώ ιδιαίτερα από τα βάθη της καρδιάς μου τον επιβλέποντα καθηγητή Τσολακίδη Ιωάννη, χάρη στις οδηγίες, κατευθύνσεις συμμετοχή και ιδιαίτερα προσωπική και ηθική συμπαράσταση του οποίου αυτή η διπλωματική έγινε πράξη.

Τέλος, αφιερώνω την εργασία αυτή στην Παναγία της Ιεράς Μονής Εικοσιφοινίσσης.

Περίληψη

Μέσα από αιώνες παρουσίας του στον πλανήτη, ο άνθρωπος έχει συνδέσει την ύπαρξη του με την δημιουργία κατασκευών που στόχο έχουν να εξυπηρετήσουν μεγάλο εύρος των δραστηριοτήτων αλλά και των αναγκών του. Οι κατασκευές αυτές αναφέρονται είτε σε μεγάλα τεχνικά έργα ή σε μικρότερα τα οποία έχουν ιδιαίτερη σημασία, ιδίως για την εποχή που κατασκευάστηκαν. Το πέρασμα του χρόνου ωστόσο αφήνει αυτές τις κατασκευές να έχουν πλέον έναν μνημειακό ρόλο μόνο. Οι διάφορες παρεμβάσεις, οι φθορές από την έκθεση τους στις συνθήκες του περιβάλλοντος καθώς επίσης και η μη χρησιμοποίησή τους απειλούν την ίδια τους την ύπαρξη.

Προκύπτει οπότε η ανάγκη της τεκμηρίωσης αυτών των κατασκευών. Όστε σε περίπτωση καταστροφής του να υπάρχει η δυνατότητα αναδόμησης του στην αρχική του μορφή. Και εκτός αυτού η συστηματική τεκμηρίωση με σχέδια και στοιχεία που προσδιορίζουν την γεωμετρική μορφή και την θέση στο χώρο ενός μνημείου είναι η πρώτη ενέργεια που πρέπει να κάνει ο οποιοσδήποτε προκειμένου να ασχοληθεί με την εκάστοτε κατασκευή.

Στις μέρες μας η επιστήμες της τοπογραφίας και της φωτογραμμετρίας παίζουν καθοριστικό ρόλο στην αποτύπωση τέτοιων κατασκευών. Έτσι διαγράμματα που απεικονίζουν την γεωμετρία και την μορφή αρχιτεκτονικών μνημείων και κατασκευών μπορούν να παραχθούν και να δώσουν αξιόπιστες πληροφορίες με μεγάλη ακρίβεια για το εκάστοτε αντικείμενο. Φυσικά για να προκύψουν τέτοια διαγράμματα απαιτείται η χρήση εξειδικευμένων τοπογραφικών μεθόδων καθώς και οργάνων.

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την αποτύπωση μιας τέτοιας κατασκευής και συγκεκριμένα μια γέφυρας που σκοπό έχει την μεταφορά νερού κατά τα χρόνια εκείνα. Επίσης γίνεται εκτενής έρευνα σε θέματα που αφορούν αποτυπώσεις μνημείων, τεχνικές μεθόδους αλλά και εξοπλισμό μετρήσεων. Ουσιαστικά η εργασία αποτελείται από το θεωρητικό και το πρακτικό κομμάτι στο οποίο περιγράφονται όλες οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν για την αποτύπωση και τεκμηρίωση της συγκεκριμένης κατασκευής ενώ πλήθος εικόνων και σχεδίων συμβάλλουν στην καλύτερη κατανόηση της όλης εργασίας αλλά και του προς μελέτη αντικειμένου.

Summary

Through centuries of presence on the planet, man has associated his existence with the creation of structures that aim to serve a wide range of activities and needs. These constructions refer either to large technical works or to smaller ones which are of special importance, especially for the time they were constructed. The passage of time, however, leaves these constructions to have only a monumental role. The various interventions, the damage from their exposure to environmental conditions as well as their non-use threaten their very existence.

The need arises to document these constructions. So that in case of destruction there is the possibility of rebuilding it in its original form. In addition, the systematic documentation with drawings and elements that determine the geometric shape and the location of a monument is the first action that anyone must do in order to deal with the construction.

Nowadays the sciences of topography and photogrammetry play a decisive role in the capture of such constructions. Thus diagrams depicting the geometry and shape of architectural monuments and structures can be generated and provide reliable information with great accuracy for each object. Of course, in order for such diagrams to emerge, the use of specialized topographic methods as well as instruments is required.

The present dissertation deals with the imprinting of such a construction and specifically a bridge that aims to transport water during the Byzantine years. Extensive research is also carried out on issues related to monument imprints, technical methods and measuring equipment. Essentially, the work consists of the theoretical and practical part which describes all the procedures followed to capture and document the specific construction while a number of images and drawings contribute to a better understanding of the whole work and the object to be studied.

Πίνακας Περιεχομένων

Πρόλογος.....	1
Περίληψη	2
Summary	3
Πίνακας Περιεχομένων	4
Κατάλογος Σχημάτων	6
Κεφάλαιο 1	
Εισαγωγή.....	8
1.1 Σκοπός εργασίας	8
1.2 Δομή εργασίας	8
1.3 Η έννοια της πολιτιστικής κληρονομιάς.....	9
1.4 Αποτυπώσεις γενικά.....	11
1.5 Γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων.....	14
1.6 Εξέλιξη των μεθόδων	16
1.7 Τρισδιάστατη ψηφιοποίηση	18
Κεφάλαιο 2	
Αντικείμενο μελέτης	20
2.1 Υδρογέφυρες.....	20
2.2 Εντοπισμός	21
2.3 Υδρογέφυρα στον λόφο Μουσάλα	23
Κεφάλαιο 3	
Εξοπλισμός τεκμηρίωσης.....	25
3.1 Σύγχρονα όργανα αποτύπωσης	25
3.2 Από τον Θεοδόλιχο στον Γεωδαιτικό σταθμό.....	26
3.2.1 Πλεονεκτήματα Γεωδαιτικών σταθμών	30
3.3 Συστήματα GPS.....	32
3.3.1 Μέθοδοι εντοπισμού	32
3.3.2 Πλεονεκτήματα GPS	35
3.4 3D Αποτύπωση	36

3.5 Μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα – UAV's	38
3.5.1 Εφαρμογές των drones.....	39

Κεφάλαιο 4

Μέθοδοι αποτύπωσης.....	44
4.1 Τοπομετρική μέθοδος.....	44
4.2 Τοπογραφική μέθοδος.....	45
4.3 Φωτογραμμετρική μέθοδος.....	46
4.3.1 Εφαρμογές της φωτογραμμετρίας.....	47
4.4 Τρισδιάστατη μοντελοποίηση (3d scanning)	48
4.5 Ακρίβεια της τεκμηρίωσης και κατάλληλες κλίμακες.....	50
4.6 Τυπική διαδικασία τεκμηρίωσης	51
4.6.1 Μέθοδος πολικών συντεταγμένων	52
4.6.2 Μέθοδος εμπροσθοτομίας	54
4.7 Τελικά διαγράμματα και έλεγχος της τεκμηρίωσης	55
4.7.1 Τοπογραφικό διάγραμμα.....	56
4.7.2 Διαγράμματα Κατόψεων, ανόψεων και λεπτομέρειες.....	57
4.7.3 Διαγράμματα τομών και όψεων	57
4.8 Έλεγχος αποτελεσμάτων	58
4.9 Περιγραφή διαδικασιών πεδίου	58

Συμπεράσματα

Βιβλιογραφικές αναφορές.....	65
------------------------------	----

Παράρτημα Α

Σχεδιασμός και υλοποίηση των μετρήσεων.....	68
A.1 Συνεργείο που έλαβε μέρος στις μετρήσεις	68
A.2 Κροκί αποτύπωσης.....	68
A.3 Μετρήσεις Ταχυμετρίας.....	73
A.4 Σημεία μέτρησης από τον γεωδαιτικό σταθμό της TOPCON.....	80
A.5 Εικόνες.....	82
A.6 Τελικά σημεία από την επίλυση της όδευσης	91

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1.1. Πολιτιστική κληρονομιά.....	10
Σχήμα 1.2. Ψηφιοποίηση Πολιτιστικής κληρονομιάς.....	11
Σχήμα 1.3. Ψηφιοποίηση Πολιτιστικής κληρονομιάς.....	15
Σχήμα 1.4. Ψηφιοποίηση Πολιτιστικής κληρονομιάς.....	16
Σχήμα 1.5. Ψηφιοποίηση Πολιτιστικής κληρονομιάς.....	16
Σχήμα 1.6. Ψηφιοποίηση Πολιτιστικής κληρονομιάς.....	17
Σχήμα 1.7. Ψηφιοποίηση Πολιτιστικής κληρονομιάς.....	17
Σχήμα 2.1. Η υδρογέφυρα μελέτης βρίσκεται Βορειοδυτικά της πόλης των Σερρών.....	21
Σχήμα 2.2. Πρόποδες του λόφου Μουσάλα πόλη των Σερρών.....	22
Σχήμα 2.3. Άποψη της υδρογέφυρας από τον δρόμο	22
Σχήμα 2.4. Η υδρογέφυρα του Λόφου Μουσάλα όπως υπάρχει σήμερα	24
Σχήμα 3.1. Ψηφιοποίηση Πολιτιστικής κληρονομιάς.....	27
Σχήμα 1.2. Τεχνικές προδιαγραφές γεωδαιτικών σταθμών της TOPCON	30
Σχήμα 1.3. Ψηφιοποίηση Πολιτιστικής κληρονομιάς.....	31
Σχήμα 1.4. Ο δέκτης S3 II της STONEX και τα τεχνικά του χαρακτηριστικά.....	34
Σχήμα 3.5. UI της εφαρμογής MyRTK STD	35
Σχήμα 1.6. Laser scanner Πηγή φωτογραφίας: https://commons.wikimedia.org/wiki/3D-Laserscanner_on_tripod.jpg	40
Σχήμα 3.7. Νέφος σημείων Πηγή φωτογραφίας: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cyark_Tudor_Palace_3.jpg	41
Σχήμα 1.8. Ογκομέτρηση υλικών	40
Σχήμα 3.9. Αεροφωτογραφία από Εργοτάξιο υποδομής	40
Σχήμα 3.10. Δημιουργία 3Δ μοντέλου κάστρου στη Σαουδική Αραβία.	41

Σχήμα 3.11. Άποψη του drone.....	42
Σχήμα 3.12. UI της εφαρμογής και εργαλείο ελέγχου και χειρισμού του drone	42
Σχήμα 3.13. Άποψη του drone κατά την διάρκεια της πτήσης του στο περιβάλλον μελέτης	43
Σχήμα 4.1. Τα σημεία και η όδευση που ακολουθήθηκε	47
Σχήμα 4.2. Τα σημεία και η όδευση που ακολουθήθηκε αποτυπωμένα σε δορυφορική εικόνα	48
Σχήμα 4.3. Σχηματική παράσταση εφαρμογής της μεθόδου πολικών συντεταγμένων	53
Σχήμα 4.4. Γραμμικό σχέδιο της πρόσοψης του υδραγωγείου	53
Σχήμα 4.5. Γραμμικό σχέδιο της πρόσοψης του υδραγωγείου με φυτοκάλυψη.....	54
Σχήμα 4.6. Αβεβαιότητες προσδιορισμού συντεταγμένων σημείων λεπτομερειών σε σχέση με την κλίμακα εκτύπωσης.....	55
Σχήμα 4.7. Σχηματική παράσταση εφαρμογής της μεθόδου πολικών συντεταγμένων	57
Σχήμα 4.8. Σχηματική παράσταση εφαρμογής της μεθόδου της εμπροσθοτομίας στο χώρο.	58

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Σκοπός εργασίας

Η εν λόγω εργασία έχει ως στόχο την αποτύπωση υδρογέφυρας σε κατάλληλη κλίμακα και την σχεδιαστική της απόδοση σε κατόψεις όψεις και τομές καθώς επίσης και σε αξονομετρικές ή προοπτικές απεικονίσεις.

Περαιτέρω γίνεται προσπάθεια να εισαγάγει τον αναγνώστη σε έννοιες αλλά και μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται στις διαδικασίες τεκμηρίωσης κατασκευών και μνημείων. Ο στόχος κάθε αποτύπωσης είναι η επιστημονική μελέτη των κατασκευών αλλά και η επεξεργασία των στοιχείων που συλλέγονται ως μέτρο προστασίας και αναστήλωσης τους.

Το πρακτικό μέρος της εργασίας αποτελείται τόσο από εργασίες πεδίου όσο και από εργασίες γραφείου όπου γίνεται η απόδοση των μετρήσεων σε σχέδια. Για τις εργασίες πεδίου έχει χρησιμοποιηθεί η μέγιστη δυνατή ακρίβεια, κριτήριο που προβλέπεται στις προδιαγραφές αποτύπωσης μνημείων όπως αυτές αναφέρονται σε επόμενο κεφάλαιο.

1.2 Δομή εργασίας

Οι αποτυπώσεις Μνημείων, είναι ένα ιδιαίτερο αντικείμενο με σύνθετες απαιτήσεις αλλά εξαιρετικού ενδιαφέροντος, λόγω της ιστορικής και πολιτιστικής σημασίας του. Συνήθως απαιτούνται συνδυασμοί μεθοδολογιών με στόχο την επίτευξη πολύ υψηλών ακριβειών (κλίμακα καλύτερη από την 1:50). Η γεωμετρική τεκμηρίωση ενός μνημείου είναι το πρώτο από τα στάδια κάθε εργασίας συντήρησης και αποκατάστασης. Οι ιδιαιτερότητες αυτές σε συνδυασμό με την υψηλή ακρίβεια του τελικού παραδοτέου καθιστούν τη γεωμετρική τεκμηρίωση των μνημείων, εργασία με υψηλό βαθμό δυσκολίας.

Η εργασία αποτελείται από 6 κεφάλαια. Το πρώτο αφορά την εισαγωγή όπου καλύπτονται εκτός από τον σκοπό της εργασίας αλλά και έννοιες που αφορούν την διαδικασία τεκμηρίωσης στις οποίες είναι δόκιμο ο αναγνώστης να έχει μια εξοικίωση. Έτσι

εισαγάγεται η έννοια της πολιτιστικής κληρονομιάς αλλά βλέπουμε και την εξέλιξη των μεθόδων.

Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζεται το αντικείμενο της εργασίας που είναι η υδρογέφυρα Μουσάλα στην περιοχή των Σερρών. Στο κεφάλαιο γίνεται μία ευρύτερη αναφορά στα υδάτινα γεφύρια με πληροφορίες τόσο ιστορικές όσο και κατασκευαστικές.

Στο 3^ο κεφάλαιο αναφέρονται τα όργανα και οι τεχνικές τεκμηρίωσης. Αναλύονται οι διάφορες κατηγορίες οργάνων όπως οι γεωδαιτικοί σταθμοί και τα εναέρια οχήματα με τα πλεονεκτήματα και τις τεχνικές που χαρακτηρίζουν την κάθε μία από αυτές.

Στο κεφάλαιο 4 αναλύονται οι διάφορες μέθοδοι οι οποίες χρησιμοποιούνται ανάλογα με τις ανάγκες και τις ιδιαιτερότητες του εκάστοτε έργου. Γίνεται αναφορά στις τυπικές διαδικασίες και στις απαιτήσεις που η κάθε εργασία προβλέπει όπως η ακρίβεια και η απαιτούμενη κλίμακα. Αναφέρονται το τελικά προϊόντα των εργασιών πεδίου όπως είναι τα διαγράμματα οι κατόψεις αλλά και τα διαγράμματα κατόψεων και τομών. Στο κεφάλαιο αυτό καλύπτονται και οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν στο πεδίο.

Στο τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα αλλά και οι βιβλιογραφικές παραπομπές που χρησιμοποιήθηκαν για την συγγραφή της εργασίας.

1.3 Η έννοια της πολιτιστικής κληρονομιάς

Λέγοντας Πολιτιστική Κληρονομιά αναφερόμαστε σε μια έννοια που περιλαμβάνει τα μνημεία αλλά και κάθε είδους τεκμήριο πολιτισμού. Η Πολιτιστική Κληρονομιά μπορεί να είναι άυλη και υλική και αντιπροσωπεύει έναν φορέα ιστορικής μνήμης και είναι κιβωτός εθνικού και παγκόσμιου πολιτισμού.

Αυτό που πρέπει να είναι αντιληπτό βέβαια είναι ότι η Πολιτιστική Κληρονομιά βρίσκεται σε κίνδυνο και αυτό γιατί πολύ εύκολα καταστρέφεται, χανεται, αλλοιώνεται και ξεχνιέται. Ένας αριθμός κινδύνων ευθύνεται για αυτό, όπως βίαιες ενέργειες (πόλεμοι, τρομοκρατικές ενέργειες κλπ), βανδαλισμοί και φυσικοί κίνδυνοι, οικοδομική δραστηριότητα καθώς και ο σύγχρονος τρόπος ζωής.

Ως εκ τούτου είναι υποχρέωση όλων των γενεών προς τις επόμενες η προστασία της Πολιτιστικής Κληρονομιάς και η διατήρηση της ιστορικής Μνήμης. Οι διεθνείς οργανισμοί για την προστασία της Πολιτιστικής κληρονομιάς είναι η UNESCO η ICOMOS και η CIPA Heritage Documentation.



Σχήμα 1.1. Πολιτιστική κληρονομιά

Ως προστασία της ΠΚ αναφερόμαστε σε έννοιες όπως :

Συντήρηση : Αποφυγή περαιτέρω υλικής καταστροφής

Ανακατασκευή : Επαναφορά στην αρχική μορφή και με προσθήκη νέων μελών

Αναστήλωση : Επαναφορά στην αρχική μορφή με αυθεντικά υλικά

Αποκατάσταση : Διατήρηση των αξιόλογων φάσεων και προσθήκων

Ανάδειξη : Προβολή και οργανική ένταξη στον χώρο

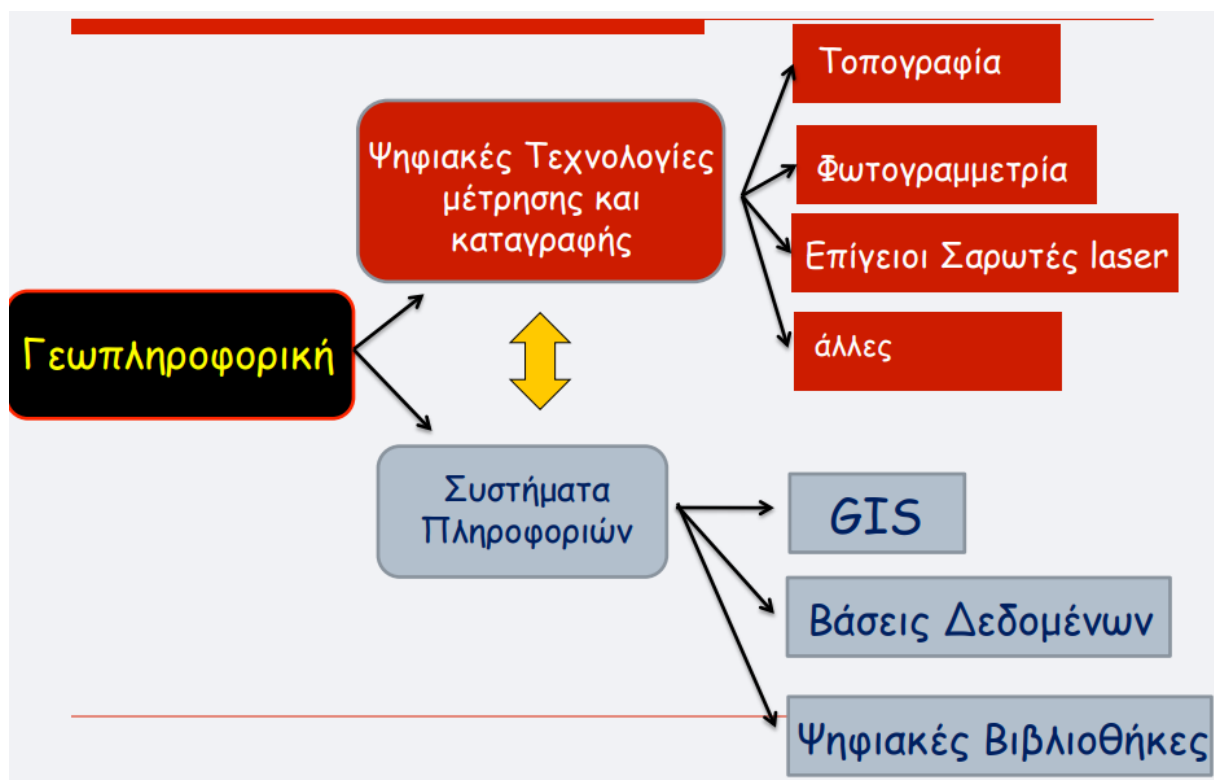
Εξυγίανση : Αποφυγή βλαβερών επιδράσεων

Αναβίωση : Απόδοση λειτουργιών και χρήσεων

Μέσα από όλη την ανάγκη για προστασία προκύπτει η αναγκαιότητα της αποτύπωσης και της γεωμετρικής τεκμηρίωσης (Χάρτα της Βενετίας, 1964). Επίσης η ανάγκη για την δημιουργία αρχείων και μητρώων Μνημείων. Ως Γεωμετρική τεκμηρίωση είναι ένα υποσύνολο της συνολικής ολοκληρωμένης τεκμηρίωσης ενός μνημείου (βιβλιογραφικής, ιστορικής, αρχαιολογικής, αρχιτεκτονικής, χαρτογραφικής, νομικής κλπ.) (Γεωργόπουλος Α. 2013)

Σημαντική είναι και η έννοια της ψηφιοποίησης που αντιπροσωπεύει μια σειρά από ενέργειες που περιλαμβάνουν

- την ψηφιακή συλλογή δεδομένων
- το μετασχηματισμό από αναλογική σε ψηφιακή μορφή
- την επεξεργασία της πληροφορίας για την περιγραφή, αναπαράσταση και τεκμηρίωση του πολιτιστικού αποθέματος.
- την παρουσίαση, αποθήκευση και διατήρηση του ψηφιακού περιεχομένου, έτσι ώστε
- να διασφαλιστεί η εύκολη πρόσβαση στην πληροφορία



Σχήμα 1.2. Ψηφιοποίηση Πολιτιστικής κληρονομιάς

1.4 Αποτυπώσεις γενικά

Μια αποτύπωση ενός κτιρίου ή μιας κατασκευής συνιστά ένα σύνολο διαδικασιών που έχουν στόχο να περιγράψουν τον σχεδιασμό με τις σωστές διαστάσεις του, τα μορφολογικά και τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του καθώς και τα ιδιαίτερα διακοσμητικά γνωρίσματα.

Φυσικά για να επιτευχθεί η σωστή απεικόνιση και αποτύπωση ως προς την υπάρχουσα κατάσταση και την μορφή της κατασκευής θα πρέπει να γίνει χρήση των συμβατικών μορφών σχεδιασμού που χρησιμοποιούμε και στην αποτύπωση κοινών δομικών κατασκευών όπως κατόψεις, τομές και όψεις. Βέβαια η εξέλιξη της τεχνολογίας προσφέρει ολοένα και περισσότερες δυνατότητες στην καταγραφή τρισδιάστατων αντικειμένων.

Αποτύπωση ενός κτιρίου και ιδιαίτερα ενός μνημείου σημαίνει τη μέτρηση και το σχεδιασμό του σύμφωνα με τις αρχές της παραστατικής γεωμετρίας. Επιπρόσθετα πρέπει στην αποτύπωση να εμπεριέχονται όλα τα αναγκαία και ικανά στοιχεία που προέρχονται από την παρατήρηση του κτίσματος και που βοηθούν έναν τρίτο να κατανοήσει την γεωμετρία, τη μελέτη τις μορφές και γενικότερα της σύνθεσής του, της τεχνικής με την οποία κατασκευάστηκε και τέλος τα ιστορικά του στοιχεία.

Από την άλλη, η διερεύνηση της ιστορίας μιας κατασκευής είναι εξίσου σημαντική και αυτό γιατί εκτός του ότι καταλαβαίνουμε πολλά για την επίδραση που είχε το πέρασμα των χρόνων πάνω σε αυτήν, μπορούμε και να εντάξουμε το εκάστοτε κτίσμα σε ένα συγκεκριμένο ρυθμό αρχιτεκτονικής έκφρασης και να επαναπροσδιορίσουμε την διαδικασία εξέλιξης και επεμβάσεων όταν το κτίριο μας δεν ανήκει σε μια ενιαία στυλιστική ενότητα, αλλά είναι αποτέλεσμα προσθηκών διαφορετικών περιόδων.

Είναι λοιπόν το άθροισμα όλων των σχεδιαστικών και μετρητικών διαδικασιών που προσδιορίζει την αποτύπωση. Μέσω αυτών των διαδικασιών μπορεί να γίνει η επανασύνθεση του έργου σε κάποιο τμήμα του ή ακόμα και η εκ νέου υλοποίηση του. Αυτό προϋποθέτει μια εμπειρία στην παρατήρηση την καταγραφή και την αποτύπωση.

Το σχεδιαστικό μέρος της αποτύπωσης παράγεται και υλοποιείται μέσω δύο ειδών σχεδίων:

α) τα σκαριφήματα (σκίτσα, croquis, σημειώσεις, μετρήσεις), με τα οποία ο μελετητής σε άμεση επαφή με το κτίσμα, σχεδιάζει και μετρά στο χώρο τη μορφή του, τόσο στις γενικές του αναλογίες, όσο και στις λεπτομέρειές του. Οι παραπάνω εργασίες μπορούν να αναφερθούν και ως εργασίες πεδίου, και

β) την απόδοση, δηλαδή το τελικό προϊόν της αποτύπωσης ή το ολοκληρωμένο πλέον σχέδιο που πραγματοποιείται στο σχεδιαστήριο σύμφωνα με τις μετρήσεις της προηγούμενης φάσης, που σκοπό έχουν να απεικονίσουν το κτίσμα όπως είναι υπό κλίμακα και όσο το δυνατόν μεγαλύτερη αντικειμενικότητα. Οι παραπάνω εργασίες μπορούν να αναφερθούν και ως εργασίες γραφείου.

Η έρευνα για την ιστορία του προς μελέτη κτίσματος πραγματοποιείται μέσω αναζήτησης και διερεύνησης αρχείων, πηγών, και αντίστοιχων μελετών ή δημοσιευμάτων. Η προσπάθεια αφορά μια προσέγγιση του να μελετηθεί η εποχή της κατασκευής η διάφορες φάσεις προσδιορίζοντας την στυλιστική της ενότητα ή την ανάλυση των τμημάτων της και την ένταξη της σε αντίστοιχες χρονικές περιόδους.

Ωστόσο το κυρίως μέλημα στην αποτύπωση είναι η τεχνοτροπία κατασκευής του κτίσματος ή του μνημείου και η εξέταση των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν.

Επίσης η τεκμηρίωση και η μελέτη του διακόσμου και της πολυχρωμίας ενός κτίσματος είναι απαραίτητη σε μια αποτύπωση, αφού είναι γνωστό πόση σημασία είχε στην απόδοση του ύφους, μορφής, στυλ, καθώς και την ένταξη του κτίσματος σε συγκεκριμένη ιστορική φάση η χρησιμοποίηση των υλικών, η χρήση, συγκεκριμένων διακοσμητικών στοιχείων, κλπ. Επιπρόσθετα ο αρχιτέκτονας θα πρέπει να εντοπίσει την πραγματική κατασκευή (δομή) του μνημείου-κτηρίου, διαχωρίζοντάς την από τα διακοσμητικά στοιχεία και τις τυχόν επικαλύψεις των διαδοχικών περιόδων καθώς και να προσδιορίσει τη συμμετοχή ή όχι περισσότερων δημιουργών στην ολοκλήρωση του έργου ή τυχόν επιρροές.

Το σύνολο των παραπάνω ερευνών, μελετών και μετρήσεων, θα έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή μιας αποτύπωσης με την πιο ολοκληρωμένη έννοια. Τα σχέδια της αποτύπωσης όπως και αυτά της σύνθεσης, θα πρέπει να είναι πλήρως τεκμηριωμένα με λεπτομερείς διαστάσεις.

Η σχεδιαστική αποτύπωση πρέπει να αντιμετωπιστεί από τον αρχιτέκτονα σαν γλώσσα έκφρασης για την περιγραφή, τεκμηρίωση, προβολή, παράσταση ή αναπαράσταση των κτηρίων, μνημείων και γενικά του δομημένου χώρου καθώς και του περιβάλλοντός του.

Η γνώση της γλώσσας του σχεδίου θεωρείται απαραίτητη διότι:

1) Έχοντας την ικανότητα «ανάγνωσης» ενός σχεδίου, διαβάζουμε όχι μόνον τα κείμενα αλλά και τα σχέδια που συνοδεύουν μια δημοσίευση και αντιλαμβανόμαστε καλύτερα το αντικείμενο μας, ασκώντας ταυτόχρονα τον κριτικό σχολιασμό τους και όχι την απλή Θεώρησή τους.

2) Στην περίπτωση που εμείς περιγράφουμε ένα κτήριο ή αντικείμενο κ.α., μπορούμε να οργανώσουμε καλύτερα και συνοπτικότερα τις περιγραφές μας δίνοντας στον αναγνώστη τη δυνατότητα να αντλήσει το μέγιστο βαθμό πληροφορίας που προσπαθούμε να μεταβιβάσουμε.

3) Η γνώση των βασικών αρχών του σχεδίου και της αποτύπωσης, μας επιτρέπει την μελέτη, επεξεργασία καθώς και αναδιατύπωση παλιών δημοσιευμένων σχεδίων, όπως πχ γκραβούρες, «εξιδανικευμένες» κατόψεις κλπ, καθώς και τη συγκριτική χρησιμοποίησή τους. Η κατανόηση των χαρτών, ρυμοτομικών, τοπογραφικών και η ορθή ανάγνωση και χρησιμοποίησή τους είναι απαραίτητη για την τοποθέτηση των κτισμάτων και ιδιαίτερα των μνημείων στο περιβάλλον τους (πολεοδομικό ιστό ή τοπίο), και τον καθορισμό επαρκών ζωνών προστασίας. Η χρησιμοποίηση επίσης των ρυμοτομικών σχεδίων βοηθά στους συσχετισμούς μεταξύ γειτονικών παραδοσιακών κατασκευών ή αρχαιοτήτων και ανασκαφών, όπως πχ συμβαίνει με τα ερείπια παλαιών πόλεων που ανασκάπτονται τμηματικά κατά την ανοικοδόμηση των υπερκειμένων νέων (πχ αρχαία και νέα πόλη στο Λιμένα Θάσου, Ερέτρια κ.α.). (http://morfologia.arch.duth.gr/2o_etos/PDF/apotiposeis.pdf)

1.5 Γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων

Η γεωμετρική τεκμηρίωση ενός μνημείου είναι η διαδικασία συλλογής, επεξεργασίας, απόδοσης και καταχώρισης στοιχείων για τον προσδιορισμό της θέσης και της πραγματικής μορφής, σχήματος και μεγέθους ενός μνημείου στο χώρο των τριών διαστάσεων σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Η γεωμετρική τεκμηρίωση καταγράφει το παρόν των μνημείων, όπως αυτό προέκυψε στην πορεία του χρόνου και είναι αναγκαίο υπόβαθρο τόσο στις μελέτες εκείνων που μελετούν το παρελθόν τους, όσο και στις μελέτες εκείνων που φροντίζουν για το μέλλον τους. (Γεωργόπουλος Α. 2008)

Φυσικά για την εν λόγω τεκμηρίωση υπάρχουν κάποιες αρχές που ισχύουν και αφορούν Διεθνείς κανόνες και οδηγίες. Τέτοιες μπορεί να είναι οι εφαρμογή μεθόδων και τεχνικών μη επαφής, η αναστρεψιμότητα των επεμβάσεων και η διεπιστημονική προσέγγιση και η δομοσιοποίηση των μελετών. Πολλές φορές μπορεί να γίνει και εφαρμογή μεθόδων και τεχνικών χαμηλού κόστους που όμως να ικανοποιούν τις τεχνικές προδιαγραφές που απαιτούνται. Στη βοήθεια της κάθε τεκμηρίωσης και ανάλογα με το μνημείο υπάρχουν και κάποια εξειδικευμένα προϊόντα.

Ισως η πιο απλή τεκμηρίωση είναι αυτή της Τοπο-Φωτογραμμετρικής μεθόδου. Αυτό προϋποθέτει ένα σύνολο σημείων που να βρίσκεται σε ένα επίπεδο και που αποδίδει με τον καλύτερο τρόπο όλες τις γεωμετρικές ιδιότητες του, κάτι που ωστόσο δεν είναι πάντα εφικτό. Δηλαδή δεν είναι εφικτό πάντα να έχουμε σημεία που να έχουν ένα κοινό σύστημα αναφοράς στον τρισδιάστατο χώρο.

Μαζί με τις μεθόδους τεκμηρίωσης έρχονται και οι έννοιες της κλίμακας και φυσικά της ακρίβειας που συνοδεύουν την εκάστοτε μέθοδο.

Όσον αφορά την τοπογραφική μέθοδο, αυτή βασίζεται σε άμεσες μετρήσεις αποστάσεων και γωνιών είτε κατευθείαν πάνω στο μνημείο είτε σε κάποια φωτογραφική αποτύπωση. Αυτές οι μετρήσεις εξασφαλίζουν υψηλή και ενιαία ακρίβεια ενώ παρέχουν ευελιξία και ταχύτητα. Και ουσιαστικά είναι μέθοδοι που μπορούν να ανταποκριθούν σε κάθε είδους προδιαγραφές με το ελάχιστο δυνατό κόστος.

Έτσι έχουμε την τοπομετρική μέθοδο όπου κάνουμε χρήση απλών γεωμετρικών οργάνων και εργαλείων όπως του αλφαδολάστιχου και της μετροταινίας. Στη συνέχεια ακολουθούν η τοπογραφική μέθοδο και η φωτογραμμετρική που μπορούν και συνδυάζουν των εξοπλισμό τους και την διαδικασία τους.

Από την όλη διαδικασία ανεξαρτήτου μεθόδου το τελικό αποτέλεσμα προσδιορίζεται με μια σειρά από προϊόντα. Τομές, όψεις και μια γενική οριζοντιογραφία είναι μερικά από αυτά. Επίσης κάποια πιο εξεζητημένα όπως τρισδιάστατες αποδόσεις με φωτορεαλισμό.

Με βάση τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι όσο πιο μεγάλο το αντικείμενο μελέτης τόσο πιο πολύπλοκη και η διαδικασία. Ο μελετητής καλείται να κατανοήσει αρχικά το εν λόγω μνημείο και να κάνει λήψεις από κοντινή απόσταση. Αυτό προκύπτει από την ιδιαιτερότητα τέτοιων μνημείων όπου υπάρχουν μεγάλες διαφορές αναγλύφου κάτι που συνδέεται με την

απόσταση λήψης. Έτσι παράλληλα προκύπτει και η ανάγκη να γίνει χρήση διαφορετικών συστημάτων αναφοράς. Η απαίτηση για μεγάλη ακρίβεια δεν παύει να ισχύει ωστόσο χωρίς βέβαια να υπάρχουν και συγκεκριμένες προδιαγραφές.

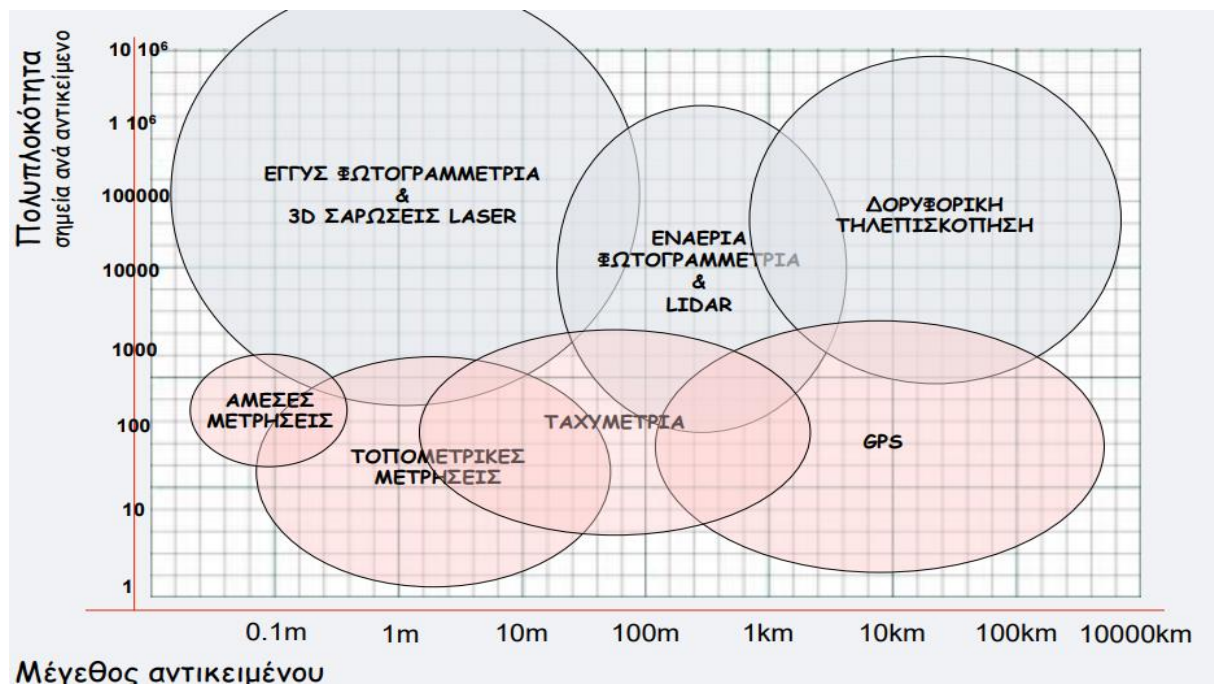
Οπότε ο εκάστοτε μελετητής έχει να λάβει υπόψη του μια σειρά κριτηρίων που θα τον βοηθήσουν στην επιλογή της ακρίβειας και της λεπτομέρειας με την οποία μπορεί να αποδοθεί το εκάστοτε μνημείο. Αυτά τα κριτήρια είναι :

- Χρόνος & Τόπος κατασκευής (Ρυθμός - Τύπος - Τεχνική κατασκευής)
- Σχήμα & Μέγεθος (Επιλογή μεθόδων - οργάνων - διαστάσεων σχεδίων)
- Λεπτομέρειες & Διάκοσμος (Μορφολογικές - Ρυθμολογικές - Οικοδομικές)
- Υλικά δομής & Κατασκευαστική ακρίβεια (Επιδεκτικότητα σε ακριβείς μετρήσεις)
- Κατάσταση & Βαθμός επικινδυνότητας (Μέτρηση παραμορφώσεων – Πρόσβαση)
- Ανάγκες χρηστών της αποτύπωσης

Παράλληλα σημαντικό μέρος καταλαμβάνει και η τεχνική συγγραφή της εκάστοτε τεκμηρίωσης. Συνοδευτικά στοιχεία της μελέτης μπορούν να είναι :

- Σημεία δικτύου & ελέγχου
- Πρωτότυπα μετρητικά στοιχεία
- Υπολογιστικά στοιχεία
- Μορφή & περιεχόμενο αποδόσεων
- Θεματικές αποδόσεις
- Πρόσθετα σχέδια

Στην εικόνα 1.3 απεικονίζεται ένα διάγραμμα που προσεγγίζει την επιλογή διαδικασίας ανάλογα με το μέγεθος του αντικειμένου μελέτης.



Σχήμα 1.3. Ψηφιοποίηση Πολιτιστικής κληρονομιάς

1.6 Εξέλιξη των μεθόδων

Με το πέρασμα των χρόνων οι μέθοδοι τεκμηρίωσης έχουν εξελιχθεί. Η χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών έπαιξε καταλυτικό ρόλο σε αυτό. Από την μία εποχή όπου η παραγωγή των σχεδίων γινόταν με το χέρι περάσαμε στην ψηφιακή εποχή. Οι εικόνες 1.4 απεικονίζουν προϊόντα που προήλθαν από δουλειά που έγινε με το χέρι ενώ στη εικόνα 1.5 βλέπουμε προϊό

να που δημιουργήθηκαν με την χρήση υπολογιστή. (Γεωργόπουλος Α. 2013)



Σχήμα 1.4. Ψηφιοποίηση Πολιτιστικής κληρονομιάς



Σχήμα 1.5. Ψηφιοποίηση Πολιτιστικής κληρονομιάς

Ίσως το πιο εντυπωσιακό αποτέλεσμα των τεκμηριώσεων είναι η δημιουργία των τρισδιάστατων ψηφιακών μοντέλων. Αυτό προϋποθέτει έναν συνδυασμό ψηφιακών δεδομένων από πολλές πηγές και ένα κοινό σύστημα αναφοράς. Η απόδοση πολλές φορές συνοδεύεται από χρήση (φωτο)υφής. Σημαντικό εργαλείο στην εν λόγω τεχνική είναι οι επίγειοι σαρωτές laser (εικ. 1.6).



Σχήμα 1.6. Ψηφιοποίηση Πολιτιστικής κληρονομιάς



Σχήμα 1.7. Ψηφιοποίηση Πολιτιστικής κληρονομιάς

1.7 Τρισδιάστατη ψηφιοποίηση

Η αναγκαιότητα της καταγραφής των ιστορικών μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς της ανθρωπότητας αιτιολογείται από τη σύσταση και λειτουργία διεθνών οργανισμών που έχουν σα κύριο στόχο την διατήρηση τους, που κατά πολλούς αποτελεί τη θεμέλιο λίθο του πολιτισμού. Αυτό είναι ορατό και από τον τίτλο του διεθνούς συνεδρίου που διοργανώθηκε το 2000 στην Κρακοβία όπου συστήθηκε και το καταστατικό της Διεθνούς Επιτροπής Διαχείρισης της Αρχαιολογικής Κληρονομιάς (ICAHM - Int'l Committee for Archaeological Heritage Management) με τίτλο "Cultural Heritage as the Foundation of the Development of Civilisation». Η ICAHM αποτελεί έναν από τους βασικούς κλάδους του ICOMOS δηλαδή του διεθνούς συμβουλίου των μνημείων και των τοποθεσιών (ICOMOS international Committee of Monuments and Sites) που έχει σα στόχο τη διάσωση των πολιτιστικών αγαθών σε παγκόσμιο επίπεδο. Το ελληνικό τμήμα του ICOMOS δημιουργήθηκε μετά από πρωτοβουλία του ΤΕΕ το 1972 και έχει σα κύριο στόχο τη διάσωση και προστασία των πολιτιστικών αγαθών τόσο στην Ελλάδα όσο και στο διεθνή χώρο. Συγκεκριμένα δραστηριοποιείται συστηματικά στην περιοχή της Νοτιοανατολικής Ευρώπης και της Μεσογείου προωθώντας διμερείς σχέσεις και συνεργασίες. Ιδιαίτερη έμφαση δίνονται στη διάσωση των μνημείων της Βαλκανικής Χερσονήσου που κινδυνεύουν από πολέμους και φυσικά αίτια όπως πχ σεισμοί, πλημμύρες κ.α. (Παυλίδης Γ. Σεβελίδης Β. Χαραλαμπίδου Μ. , 2014)

Σύμφωνα με την έκθεση "Principles for the Recording of Monuments, Groups of Buildings and Sites" του ICOMOS κάθε υπεύθυνος εθνικός ή διεθνής οργανισμός που έχει υπό την άμεση εποπτεία του μνημεία αναλαμβάνει την καταγραφή τους. Η δε καταγραφή πρέπει να γίνεται σύμφωνα με το άρθρο 16 της διακήρυξης της Βενετίας: «Οι εργασίες συντήρησης, αποκατάστασης και ανασκαφής θα πρέπει να βασίζονται σε εξακριβωμένη τεκμηρίωση, δηλαδή σε αναλυτικές και κριτικές εκθέσεις, εικονογραφημένες με σχέδια και φωτογραφίες». Στην προσπάθεια της τεκμηρίωσης των μνημείων με τελικό στόχο τη διατήρηση των μνημείων συμμετέχουν ειδικευμένοι επιστήμονες πολλών διαφορετικών ειδικοτήτων καθώς «η συντήρηση και η αποκατάσταση των μνημείων αποτελεί έναν επιστημονικό κλάδο ο οποίος πρέπει να αποτίνεται στη συνεργασία όλων των επιστημών και όλων των τεχνών που μπορούν να συνεισφέρουν στη μελέτη και τη διάσωση της πολιτιστικής κληρονομιάς» (άρθρο 2 της διακήρυξης της Βενετίας). (Παυλίδης Γ. Σεβελίδης Β. Χαραλαμπίδου Μ. , 2014)

Το 1968 ιδρύθηκε μια από τις διεθνείς επιτροπές του ICOMOS, η CIPA (Comité International de Photogrammétrie Architecturale) σε συνεργασία με την Διεθνή Ένωση Φωτογραμμετρίας και Τηλεπισκόπησης (ISPRS International Society of Photogrammetry and Remote Sensing). Η αρχικός στόχος της CIPA ήταν η μετάδοση της τεχνογνωσίας από τις επιστήμες των μετρήσεων σε εκείνους τους επιστημονικούς κλάδους που είναι υπεύθυνοι για την καταγραφή και τεκμηρίωση των αρχιτεκτονικών (και μη) μνημείων. Το αρχικό προσωνύμιο της CIPA δεν ανταποκρίνεται πλήρως στις δραστηριότητες της επιτροπής και για το λόγο αυτό καθιερώθηκε διεθνώς το όνομα "CIPA Heritage Documentation" για να περιγράψει τις

δραστηριότητες της επιτροπής που υλοποιούνται στα πλαίσια ομάδων εργασίας (Working Groups) και ομάδων καθηκόντων (Task Groups) που καλύπτουν τις παρακάτω θεματικές περιοχές. (Παυλίδης Γ. Σεβελίδης Β. Χαραλαμπίδου Μ. , 2014)

- Καταγραφή, Τεκμηρίωση και Διαχείριση Πληροφοριών
- Πληροφοριακά Συστήματα Πολιτιστικής Κληρονομιάς
- Απλές Μέθοδοι Αρχιτεκτονικής Φωτογραμμετρίας
- Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνων
- Αρχαιολογία
- Τοπογραφικές μέθοδοι
- Φωτογραφία και Πολιτισμικά Τοπία

Πολλά ενεργά μέλη και εθνικοί εκπρόσωποι της CIPA είναι ειδικευμένοι επιστήμονες με εμπειρία στην καταγραφή-τεκμηρίωση μνημείων αλλά και στα συστήματα διαχείρισης πληροφορίας πολιτιστικής κληρονομιάς και ειδικότερα σε τομείς όπως:

Τοπογραφικών μετρήσεων χώρου

- Laser scanning
- Τοπογραφικών αποτυπώσεων κτιρίων
- Τεκμηρίωση αρχαιολογικών χώρων
- Δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων
- Συντήρηση μνημείων
- Αρχαιολογικών ανασκαφών
- Συστήματα πληροφοριών
- Επίγειας φωτογραμμετρίας
- Ανάλυση και χρήση αρχαιολογικού φωτογραφικού υλικού
- Πολυμέσα και συστήματα εικονικής πραγματικότητας
- Τεκμηρίωσης πετρογλυφικών και ζωγραφικών μνημείων

Κεφάλαιο 2

Αντικείμενο μελέτης

2.1 Υδρογέφυρες

Οι υδρογέφυρες είναι πέτρινα τοξωτά γεφύρια, που στο κατάστρωμά τους κατασκεύαζαν λίθινα αυλάκια, στα οποία κυλούσε νερό για την ύδρευση μιας πόλης ή την άρδευση χωραφιών. Οι πρώτοι που κατασκεύασαν εναέριους υδραγωγούς πάνω σε γέφυρες στερεωμένες σε μεγάλα πέτρινα τόξα ήταν οι Ρωμαίοι, οι οποίοι αργότερα χρησιμοποίησαν για την κατασκευή των τόξων τον οπτόπλινθο, που ήταν ψημένα τούβλα, κερδίζοντας έτσι χρόνο, αλλά επιτυγχάνοντας συγχρόνως και καλή κατασκευή. Με τέτοια υλικά είναι κατασκευασμένο το υδραγωγείο της Νικόπολης στην Πρέβεζα, στο οποίο έρχεται το νερό από τις πηγές του Λούρου ποταμού, διανύοντας μια διαδρομή πενήντα χιλιομέτρων και, αφού περάσει επάνω από τις κοκκινωπές καμάρες του Αϊ Γιώργη, καταλήγει στο Νυμφαίο της Νικόπολης.

Το γεγονός ότι Έλληνες μηχανικοί δεν κατασκεύασαν υδρογέφυρες, παρόλο που η αρχιτεκτονική τους γνώριζε το τόξο από τον 3ο αιώνα π.Χ., οφείλεται μάλλον στο ότι η υδροδότηση μιας πόλης με αυτό τον τρόπο απαιτούσε τη μεταφορά νερού από μεγάλη απόσταση, κατασκευή που ήταν εύκολος στόχος σε περίοδο πολέμου, η καταστροφή της οποίας θα είχε άμεσο και αρνητικό αποτέλεσμα στην έκβασή του, αφού θα διακόπτονταν η υδροδότηση της πόλης. Η τεχνική της μεταφοράς του νερού σε λίθινα ή πήλινα αυλάκια αναπτύχθηκε με σκοπό να ξεπεραστεί το πρόβλημα της ύπαρξης φυσικών γεωλογικών εμποδίων και να οδηγηθεί το νερό εκεί που υπήρχε ανάγκη. Απαιτούνταν όμως ειδικές τεχνικές, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται μια ελαφριά κλίση της κατασκευής για να υπάρχει συνεχής ροή του νερού, μέχρι να φτάσει στον προορισμό του σε κάποιο οικισμό ή για την άρδευση χωραφιών ή αργότερα για να χρησιμοποιηθεί σαν κινητήρια δύναμη στους υδρόμυλους.

Στην εποχή της τουρκοκρατίας οι υδρογέφυρες ονομάζονταν κιμέρια. Η διαφορά τους από τα πέτρινα γεφύρια είναι στο πλάτος του καταστρώματος, που είναι σαφώς στενότερο με διαστάσεις από 0,60 μ. μέχρι 1 μ., κυρίως όμως στην ύπαρξη του λίθινου αυλακιού, που είχε συνήθως διαστάσεις ύψους και πλάτους 20 εκατοστών, εκτός εάν έπρεπε να μεταφέρουν μεγαλύτερες ποσότητες νερού, οπότε ήταν φαρδύτερο, ενώ το μήκος του ήταν ανάλογο με αυτό της γέφυρας.

Εξάιρεση σε όλο το νομό Σερρών αποτελεί η κόκκινη γέφυρα με πλάτος καταστρώματος γύρω στα 3 μ. και λίθινο αυλάκι φάρδους 1 μ., αφού έπρεπε να μεταφέρει μεγάλη ποσότητα νερού που χρησιμοποιούνταν σαν κινητήριος δύναμη στους υδρόμυλους. Συγχρόνως αυτή η γέφυρα χρησιμοποιούνταν για τη διάβαση ανθρώπων και ζώων, αφού το ποτάμι των Αγίων Αναργύρων ήταν αδιάβατο τους χειμερινούς μήνες, γιατί κατέβαζε μεγάλες ποσότητες νερού. (Τιλκίδης Α. 2006)

2.2 Εντοπισμός

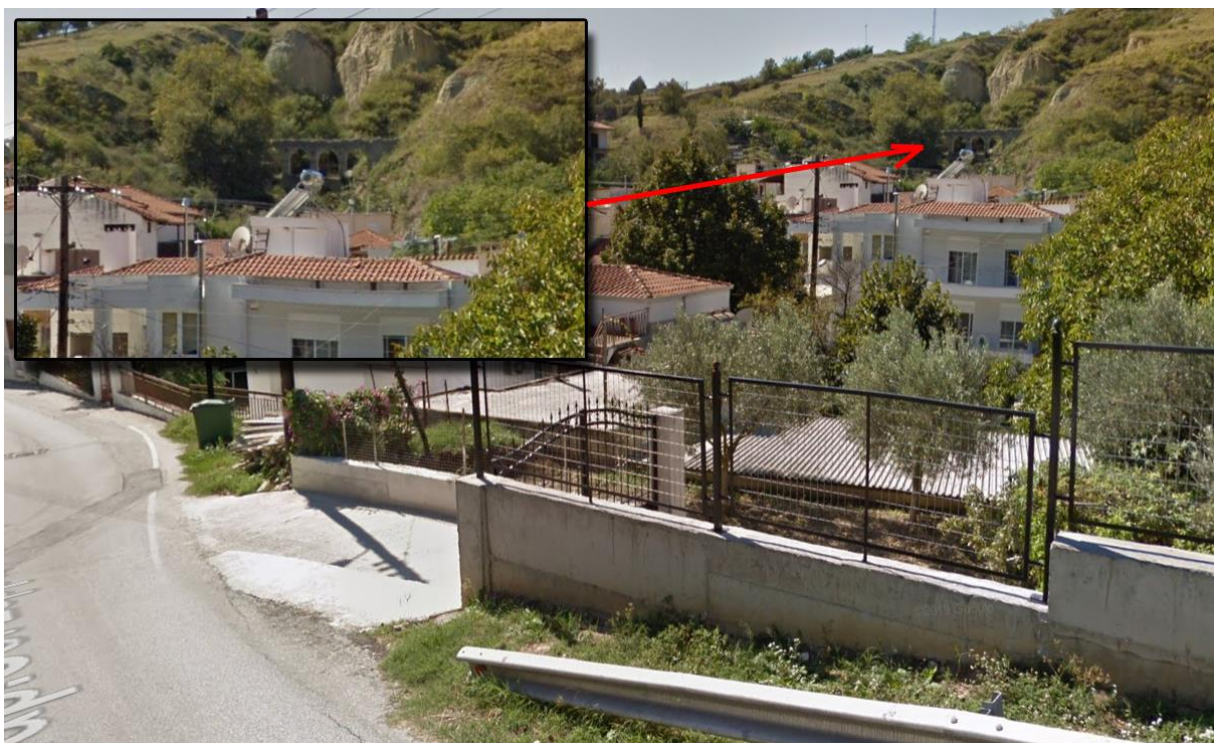
Αντικείμενο της παρούσης εργασίας είναι μια από τις πολλές υδρογέφυρες που υπάρχουν στο νομό Σερρών και μάλιστα η υδρογέφυρα στο λόφο Μουσάλα που βρίσκεται στην πόλη των Σερρών. Βρίσκεται στην επαρχιακή οδό Σερρών προς Λαιλιά. Στις εικόνες 2.1 , 2.2 και 2.3 απεικονίζεται η θέση της γέφυρας σε αεροφωτογραφία και η θέαση της όπως φαίνεται από τον δρόμο.



Σχήμα 2.1. Η υδρογέφυρα μελέτης βρίσκεται Βορειοδυτικά της πόλης των Σερρών



Σχήμα 2.2. Πρόποδες του λόφου Μουσάλα πόλη των Σερρών



Σχήμα 2.3. Άποψη της υδρογέφυρας από τον δρόμο

2.3 Υδρογέφυρα στον λόφο Μουσάλα

Το χαρακτηριστικό αυτής της υδρογέφυρας είναι ότι τα τόξα της είναι κτισμένα επάνω σε δύο διαζώματα. Στο πρώτο, που εφάπτεται του εδάφους, στηρίζονται τρεις καμάρες, ενώ στο δεύτερο πέντε και επάνω τους διακρίνεται ακόμη το πέτρινο αυλάκι απ' όπου περνούσε το νερό για την ύδρευση μεγάλου μέρους της πόλης των Σερρών την εποχή της τουρκοκρατίας, όπου και ανάγεται η κατασκευή της. Το συνολικό μήκος είναι 16,50 μ. και το ύψος 8,50 μ., ενώ το πλάτος του καταστρώματος από όπου περνάει το αυλάκι είναι 70 εκ. Στο κάτω διάζωμα η νότια καμάρα έχει άνοιγμα τόξου 1,30 μ., ύψος 0,95 μ. και πλάτος (πάχος) 1,55 μ. Η κεντρική καμάρα, που είναι η μεγαλύτερη από όλες, έχει άνοιγμα τόξου 7,50 μ., ύψος από την ανάντη μεριά 2,70 μ., από την κατάντη 4,20 μ. και πλάτος (πάχος) 1,55 μ. Η βόρεια έχει άνοιγμα τόξου 1,36 μ., ύψος 2,55 μ. και πλάτος (πάχος) 1,55 μ. Στη βάση, μεταξύ του πρώτου και του δεύτερου τόξου υπάρχει τοιχοποιία μήκους 1,50 μ., ενώ μεταξύ του δεύτερου και του τρίτου τόξου η τοιχοποιία έχει μήκος 3,50 μ. Στο επάνω διάζωμα οι τέσσερις καμάρες από τη νότια πλευρά έχουν άνοιγμα τόξου 2,96 μ., ύψος 3,40 μ. και πλάτος (πάχος) 0,98 μ., ενώ η πέμπτη, και πρώτη από τη βόρεια πλευρά, έχει άνοιγμα τόξου 2,96 μ., ύψος 2,96 μ. και πλάτος (πάχος) 0,98 μ. Ανάμεσα στα τόξα υπάρχει κι εδώ τοιχοποιία μήκους 0,90 μ., ενώ η αντίστοιχη μεταξύ του τέταρτου και πέμπτου τόξου είναι 1,40 μ. Η υδρογέφυρα σώζεται σήμερα σε πολύ καλή κατάσταση.

Το γεφύρι το συνοδεύει ένας θρύλος που τον δημοσίευσε ο αείμνηστος Γ. Καφταντζής, όπως τον άκουσε από τη γιαγιά του Ελένη Αραβαντινού και έχει ως εξής:

«Ανάμισα σι δυο μπαϊρία πάν' απ' την Κλουποτίτσα, ήταν ένα γιοφύρ δίχους κάγκιλα, μακρύ κι ψηλό ν' αντραλίζισι κι τόσο στινό που ένα άτομου μι του ζορ του πιρνούσι, αραδίζοντας απουγάλια. Κουντά στου γιοφύρ ήταν κι μια ιξοχή μι πουλλά δέντρα, όπου ανιβρούσι κρύου νιρό. Σ' αυτήνα πηγήνισκαν οι Τούρκοι κι ξιφάντουσαν. Κάπουτις σ' ένα τέτοιου ξιφάντωμα, ικεί που αγωνιούνταν Τούρκοι κι Χριστιανοί, σκώνιτι ου Μπέης κι λέει: Όποιους απού σας πιράσ' του γιοφύρ αυτό καβάλα σι άλουγου, θα τουν δώσου ό,τι κι αν ζητήξ. Όλοι ζάρωσαν κι μούλουξαν, Τουρκέλια κι Χριστιανόπλα, μοναχά ένας Έλληνας θιώρατους ίσαμι κει απάν σαν πλατάν κι σούρπιτος, βγαίν αχώρια κι λέει στουν Μπέη, ιγώ του πιρνάου Μπέη μ'. Όλους τότες τους έπιασι φριξ κι μπούζιασαν κι' οι Τούρκοι απού χαίρουνταν στα κρυφά για την αλαφροσύνη τ', έλιγαν πως θα σγκάξ σαν του καρπούζ, οι δικοί μας πάλι τι θα παθίνισκι ου ζουρλός, θιος σχουρέστουν τουν άραχνου. Άμα θύμουσι ου Μπέης κι σταμάτησαν οι αμφιλουγές, του ελληνόπλου ίδιους Αϊγιώρς, πηδάει σ' ένα τσαμίσκου άσπρου άλουγου κι δίχους μάχνα, δίχους τίπουτι, τραβάει τα γκέμια, σέβκη στου γιοφύρ κι ως που να δγεις, γιάτους αντίκρα, πλαλώντας όπους στου ίσκιουμα. Του τι γίνικι δε λέγιτι. Τουν φιλάει ου Μπέης κι αφού τουν φίλτσι τουν ρουτάει τι ριγάλο θελς. Κι αυτός μήτε φλουριά, λέει, θέλου μήτε αρχοντιλίκια μήτε άλλα καλούδια, μονάχα ν' απολύκς τους Έλληνες απ' τη φυλακή. Κιτρίνισι, ξικιτρίνισι ου Μπέης, τους απόλκι όλους κι έγιναν στα Σέρρας μιγάλες χαρές κι πανηγύρια». (Γ. Καφταντζή 1967).



Σχήμα 2.4. Η υδρογέφυρα του Λόφου Μουσάλα όπως υπάρχει σήμερα

Κεφάλαιο 3

Εξοπλισμός τεκμηρίωσης

3.1 Σύγχρονα όργανα αποτύπωσης

Στην υπηρεσία της συντήρησης και αποκατάστασης μνημείων πολιτισμού υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός σύγχρονων οργάνων. Σύγχρονα όργανα και μέθοδοι αποτύπωσης, που χρησιμοποιούν σήμερα οι τοπογράφοι, βρίσκουν άριστη εφαρμογή στην προστασία και στην αποκατάσταση των μνημείων, μέσα από ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Πλέον, αεροφωτογραφίες, δορυφορικές εικόνες, πολυεικονική φωτογραμμετρία και σάρωση με λέιζερ είναι μερικές από τις δυνατότητες τόσο για την αποτύπωση μικροαντικειμένων μουσείων όσο και για αγάλματα ή όψεις κτιρίων.

Η επιστήμη της φωτογραμμετρίας που αφορά την επεξεργασία εικόνων μας προσφέρει ένα προϊόν με το οποίο μπορούμε να προχωρήσουμε σε αποτύπωση όψεων κτιρίων και φυσικά την περαιτέρω ψηφιοποίηση τους η οποία με τη σειρά της μπορεί να μας οδηγήσει σε ένα τρισδιάστατο ψηφιακό μοντέλο.

Από την άλλη μικρότερα αντικείμενα μπορούν να αποτυπωθούν με την χρήση λέιζερ. Πρόκειται για όργανα τρισδιάστατης μέτρησης που είναι ευρέως διαδεδομένα, λόγω του ελάχιστου χρόνου που απαιτείται για τη σάρωση και την υψηλή χωρική ακρίβεια που τελικού προϊόντος.

Μέχρι πρόσφατα για τις ανάγκες της γεωμετρικής τεκμηρίωσης μνημείων πολιτισμού με πολύπλοκο σχήμα, ο ερευνητής έπρεπε να επιστρατεύσει μεθόδους που υστερούσαν σε ακρίβεια, σε χρόνο και σε κόστος. Οι τρισδιάστατοι σαρωτές (Laser Scanners) διαθέτουν πλέον ενσωματωμένη ψηφιακή φωτογραφική μηχανή για τη σωστή λήψη του χρώματος του αντικειμένου. Το λογισμικό που χρησιμοποιείται για την απόδοση των μετρήσεων με Laser Scanner είναι εξειδικευμένο και ιδιαίτερα δαπανηρό. Στα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι ότι είναι παθητική (δεν χρειάζεται δηλαδή να έρθει σε επαφή με το αντικείμενο), συλλέγει μεγάλο αριθμό σημείων με μεγάλη ακρίβεια, σε ελάχιστο χρόνο.

Οι αεροφωτογραφίες, με τη χρήση ψηφιακών μοντέλων εδάφους (DTM) και φωτοσταθερών σημείων, καθώς και εφαρμογών οπτικοποίησης, προσφέρουν στην τεκμηρίωση αρχαιολογικών χώρων και ιστορικών συνόλων, στην καταγραφή της κατάστασης διατήρησής τους και στη διαχρονική παρακολούθηση του χώρου και των ευρημάτων του. (<https://www.archaiologia.gr>)

Μια άλλη οπτική δίνουν οι αεροφωτογραφίες και οι δορυφορικές εικόνες καθώς παρατηρούν το αντικείμενο μελέτης από ψηλά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μπορεί να δημιουργηθεί ένα ψηφιακό χαρτογραφικό υπόβαθρο υψηλής ανάλυσης για παράδειγμα ενός αρχαιολογικού χώρου. Μία δορυφορική εικόνα καταγράφει την ανακλώμενη από την επιφάνεια της γης ηλιακή ακτινοβολία σε φασματικούς διαύλους. Η δυνατότητα που έχουν οι δορυφορικές εικόνες να χρησιμοποιούν, πέρα από τις περιοχές της ορατής περιοχής του φάσματος, και περιοχές όπως η εγγύς υπέρυθρη, η περιοχή ραδιοκυμάτων και μικροκυμάτων βοηθά, με την κατάλληλη φασματική επεξεργασία, να εξάγονται πληροφορίες που μια απλή φωτογραφία δεν θα μπορούσε να προσφέρει. (<https://www.geomeletitiki.gr>)

3.2 Από τον Θεοδόλιχο στον Γεωδαιτικό σταθμό

Ο Θεοδόλιχος είναι όργανο μέτρησης οριζόντιων και κατακόρυφων γωνιών. Χρησιμοποιείται τόσο σε γεωδαιτικές, όσο και σε αστρονομικές εργασίες. Η λέξη Θεοδόλιχος είναι ελληνική και προέρχεται από τις λέξεις Θεώμαι και δολιχος. Ο όρος απαντά για πρώτη φορά στην εργασία Paritometria του Άγγλου Leonard Digges που δημοσιεύτηκε το 1571. Εκεί περιγράφεται ένα όργανο που χρησιμοποιούταν για τη μέτρηση γωνιών και που ονομαζόταν Theodelitus. Ο Θεοδόλιχος μπορεί να είναι κλασσικός (αποτελείται από οπτικομηχανικά στοιχεία) ή ηλεκτρονικός (αποτελείται από οπτικομηχανικά και ηλεκτρονικά στοιχεία).

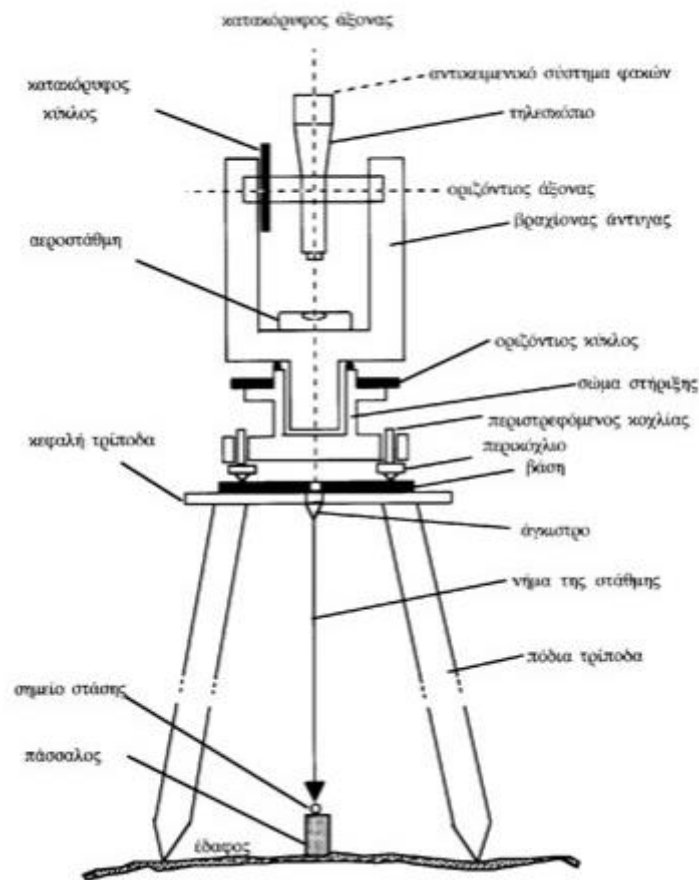
Οι ηλεκτρονικοί θεοδόλιχοι μετράνε τις γωνίες με ηλεκτρονικό τρόπο ενώ σε γενικές γραμμές η κατασκευής τους δεν διαφέρει από αυτή των κλασικών θεοδόλιχων. Στην εικόνα χ.χ. απεικονίζεται ένα σκαρίφημα θεοδόλιχου με τα κυρίως μέρη του. Ο θεοδόλιχος αποτελείται από το κατώτερο τμήμα το οποίο φέρει τον οριζόντιο διαιρεμένο δίσκο αναγνώσεων οριζόντιων γωνιών και το κινητό άνω τμήμα το οποίο φέρει το τηλεσκόπιο και τα βοηθητικά μέσα αναγνώσεων και κινείται γύρω από τους άξονες του θεοδόλιχου.

(Σαββαΐδης Π. 2015)

Με την πάροδο των χρόνων μπήκε στην ζωή του μηχανικού η ηλεκτρομαγνητική μέτρηση αποστάσεων που επιτυγχάνεται με την χρήση υπέρυθρης ακτινοβολίας ή δέσμης ακτινών Laser. Τα όργανα που χρησιμοποιούν ως φέρον κύμα υπέρυθρη ακτινοβολία (ηλεκτροοπτικά όργανα) έχουν αρκετά υψηλή ακρίβεια και εμβέλεια που σε ορισμένους τύπους ξεπερνά τα 20 km. Τα μήκη κύματος που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως κοντά στα 900 nm. Οι ιδιότητες διάδοσης της υπέρυθρης ακτινοβολίας δεν διαφέρουν σημαντικά από εκείνες της ορατής ακτινοβολίας. Ο κυριότερος παράγοντας που επιδρά στα μήκη κύματος αυτής της περιοχής του φάσματος είναι η απορρόφηση της ατμόσφαιρας. Τα όργανα της κατηγορίας αυτής χρησιμοποιήθηκαν κατά τις δεκαετίες του 1970 και 1980 σε συνδυασμό με κλασικό ή ηλεκτρονικό Θεοδόλιχο (ηλεκτρονικά ταχύμετρα) για την εκτέλεση

αποτυπώσεων για τοπογραφικούς ή κτηματολογικούς σκοπούς και τη σύνταξη των σχετικών τοπογραφικών διαγραμμάτων και χαρτών.

Ωστόσο οι μετρήσεις μηκών με ηλεκτρομαγνητικά όργανα υπόκεινται επίσης σε μια σειρά σφαλμάτων, όπως εσωτερικά σφάλματα (που οφείλονται στο όργανο) και εξωτερικά (που οφείλονται κυρίως στο περιβάλλον των μετρήσεων, δηλαδή τη γήινη ατμόσφαιρα μέσα στην οποία γίνεται η διάδοση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, π.χ. διάθλαση). Η ακρίβεια που επιτυγχάνεται μπορεί να είναι περίπου της τάξης του $\pm 1 \text{ cm} / 1 \text{ Km}$.



Σχήμα 3.1. Ψηφιοποίηση Πολιτιστικής κληρονομιάς

Με την τεχνολογική ανάπτυξη, τη θέση των μηχανικών Θεοδόλιχων πήραν τα ψηφιακά στα οποία ενσωματώθηκαν τα όργανα EDM, δημιουργώντας τους ολοκληρωμένους ψηφιακούς γεωδαιτικούς σταθμούς (total stations). Η εκτενής χρήση των οργάνων αυτών σε Θέματα τοπογραφίας δικαιολογείται, καθώς συνδυάζουν τα προτερήματα των ψηφιακών Θεοδόλιχων με αυτά των EDM εκμεταλλευόμενα τη ραγδαία πρόοδο των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Η πρώτη κατασκευή total station έγινε γύρω στο 1970, ενώ από το 1990 και ύστερα η βελτίωση και η παραγωγή τους παρουσίασε άνθιση αποτελώντας ένα πολύτιμο εργαλείο στα χέρια του μελετητή. (Σαββαΐδης Π. 2008)

Το όργανο αυτό, μετρά ηλεκτρονικά γωνίες και αποστάσεις, οι μετρήσεις των οποίων αναφέρονται στο κέντρο του τηλεσκοπίου που αποτελεί το σημείο τομής των αξόνων του, καθώς το EDM είναι τοποθετημένο ομοαξονικά σε αυτά.

Ένα από τα κυριότερα χαρακτηριστικά των ολοκληρωμένων σύγχρονων γεωδαιτικών σταθμών είναι η ακρίβεια των αποτελεσμάτων που ο παρατηρητής λαμβάνει από την ψηφιακή οθόνη. Συγκεκριμένα η λεπτομέρεια στις μετρήσεις γωνιών κυμαίνεται από 0.1cc έως 3cc, ενώ στα μήκη λαμβάνοντας υπόψιν κάθε φορά τη σταθερά του ανακλαστήρα η οποία διαφέρει ανάλογα το υλικό και την κατασκευάστρια εταιρία του από μερικά μέτρα έως μερικά χιλιόμετρα, με ακρίβεια, που μπορεί να φθάσει το $\pm 1 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm}$. Γενικότερα, το total station, επειδή υπερτερεί σε σχέση με οποιοδήποτε τοπογραφικό όργανο λόγω συνδυασμού εγκυρότητας, ακρίβειας και ταχύτητας των μετρήσεών του χρησιμοποιείται εκτενώς για αποτυπώσεις και χαρτογράφηση ή σύνταξη τοπογραφικού διαγράμματος ιδιοκτησιών και οικοπέδων.

Για τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιήθηκε συγκεκριμένα ο γεωδαιτικός σταθμός GPT-3100N της TOPCON. Η γενική μορφή του οργάνου φαίνεται στο Σχήμα 3.2, ενώ στο σχήμα παρακάτω παρουσιάζονται οι τεχνικές προδιαγραφές του.

**ΝΕΑ ΣΕΙΡΑ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ GPT-3100N TOPCON
REFLECTORLESS, ΣΤΑ 350m**

Η σειρά Γεωδαιτικών Σταθμών GPT-3100N με δυνατότητα μέτρησης απόστασης **χωρίς πρίσμα** στα 350 μέτρα περιλαμβάνει στην γκάμα της όργανα που καλύπτουν και τις πιο δύσκολες απαιτήσεις στο πεδίο.

Διατίθεται σε 4 μοντέλα :

- **GPT-3102N** ακρίβειας 6cc
- **GPT-3103N** ακρίβειας 10cc
- **GPT-3105N** ακρίβειας 15cc
- **GPT-3107N** ακρίβειας 20cc



ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΣΕΙΡΑΣ TOPCON GPT-3100N Reflectorless

- Τεχνολογία πολλαπλών δεσμών παλμικού Laser (Multi-pulse Laser)
- Ακτίνα μέτρησης pin-point που εξασφαλίζει μεγαλύτερο εύρος απόστασης, ακριβείς και αξιόπιστες μετρήσεις.
- Εμβέλεια μέτρησης χωρίς πρίσμα στα **350μ.**
- Εμβέλεια μέτρησης απόστασης με ένα πρίσμα 3.000 μέτρα
- Ακρίβεια μέτρησης απόστασης με πρίσμα $\pm (2\text{mm} + 2\text{ppm}) \text{ m.s.e.}$
- Ακρίβεια μέτρησης απόστασης χωρίς πρίσμα $\pm (3\text{mm} + 2\text{ppm}) \text{ m.s.e.}$
- 2 Οθόνες LCD (GPT-3107N 1 οθόνη)
- Πλήρες αλφαριθμητικό πληκτρολόγιο
- Ενσωματωμένο λογισμικό στα ελληνικά (αποτύπωσης, χάραξης, οδοποιίας, προγράμματα, κ.α.)
- 2 Φωτεινοί οδηγοί χάραξης (standard)
- Laser Pointer (Standard)
- Τάξη Laser 1M
- 2 μπαταρίες (Standard)
- Διπλός αντισταθμιστής κατά τους άξονες X και Y (GPT-3107N μονός αντισταθμιστής κατά τον άξονα X)
- Πλήρως αδιάβροχο και ανθεκτικό σύμφωνα με το πρότυπο IP66 για σκόνη και υγρασία
- Μνήμη για 24.000 σημεία
- Λογισμικό επικοινωνίας οργάνου Topcon Tecs για H/Y με δυνατότητα μετατροπής των μετρήσεων σε ASCII και DXF

Τα όργανα της σειράς GPT-3100N έχουν ενσωματωμένο λογισμικό με τις εξής εφαρμογές:

Data Collect (ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ)	Πρόγραμμα οριζοντιογραφικής και υψομετρικής αποτύπωσης
Layout (ΧΑΡΑΞΗ)	Πρόγραμμα οριζοντιογραφικής και υψομετρικής χάραξης με εισαγωγή μέσω του πληκτρολογίου συντεταγμένων του επιθυμητού σημείου ή μεταφορά αρχείου συντεταγμένων από τον υπολογιστή. Το όργανο υπολογίζει αυτόματα το αζιμούθιο και την απόσταση.
Stake out (ΧΑΡΑΞΗ)	Πρόγραμμα χάραξης με πληροφορίες πολικών συντεταγμένων (γωνίες, αποστάσεις).
Resection (Οπισθοτομία)	Πρόγραμμα προσδιορισμού συντεταγμένων στάσης μέσω πολλαπλής οπισθοτομίας (μέχρι 7 σημεία) με υπολογισμό σφαλμάτων, δυνατότητα να προσθέσεις ή να αφαιρέσεις μετρήσεις, υπολογισμός με συντελεστή κλίμακας, υπολογισμός τυπικής απόκλισης.
Resection 2 points (Πλαγιατομία)	Το πρόγραμμα υπολογίζει αυτόματα τις συντεταγμένες στάσης του οργάνου σκοπεύοντας δύο γνωστά σημεία (των οποίων έχουμε προεισαγάγει τις συντεταγμένες).
Area (Υπολογισμός Εμβαδού)	Δυνατότητα υπολογισμού εμβαδού από τα αποθηκευμένα δεδομένα συντεταγμένων που έχετε λάβει
REM/ MLM	REM: Υπολογίζει αυτόματα το υψόμετρο απρόσιτου σημείου. MLM: Πρόγραμμα πλευρομέτρησης. Υπολογίζει αυτόματα μεταξύ σκοπευομένων σημείων, υψομετρική διαφορά, οριζόντια και κεκλιμένη απόσταση ή από επί τόπου μετρήσεις ή από αρχείο συντεταγμένων.
Point to line	Πρόγραμμα αποτύπωσης σημείων σε σχέση με μια ευθεία (αστικές αποτυπώσεις, ρυμοτομικές γραμμές).
Elevation	Υπολογισμός υψόμετρου στάσης
Column Offset Measurement	Μέτρηση (υπολογισμός) κέντρου κυλινδρικής κατασκευής (κολώνα, δεξαμενή) μέσω καθορισμού τόξου περιμετρικής (με τρία σημεία) της κατασκευής.
Angle Offset Measurement	Εκκεντρή σκόπευση με διόρθωση γωνίας
Distance Offset Measurement	Εκκεντρή σκόπευση με διόρθωση μηκών
Αποκλειστικότητα της Topcon Plane Offset Measurement	Μέτρηση (υπολογισμός) σημείου χωρίς πρίσμα μέσω καθορισμού (με τρία σημεία) ενός επιπέδου στο οποίο ανήκει.
Οδοποιία	Πρόγραμμα χάραξης μελέτης οδοποιίας με πολύ απλή διαδικασία εισαγωγής της μελέτης

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

	GPT-3102N	GPT-3103N	GPT-3105N	GPT-3107N
ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΟ				
Μεγέθυνση	30x			
Οπτικό Πεδίο	1°30'			
ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ				
Μίνι Πρίσμα	1000μ			
1 Πρίσμα	3000μ			
3 Πρίσματα	4000μ			
9 Πρίσματα	5000μ			
Ακρίβεια	± (2mm+ 2ppm x d)m.s.e			
Ελάχιστη ανάγνωση	-Fine:0.2mm -Coarse:1mm -Tracking:10mm			
Χρόνος Μέτρησης	-Fine:1.2sec -Coarse:0.5sec -Tracking: 0.3sec			
ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΙΣΜΑ "REFLECTORLESS" (NF)				
Εμβέλεια	1.5μ έως 350μ			
Ακρίβεια	±3mm m.s.e			
Laser Class	Τάξη 1M			
ΜΕΤΡΗΣΗ ΓΩΝΙΑΣ				
Ακρίβεια	2" (0.6mgon ή 6cc)	3" (1mgon ή 10cc)	5" (1.5mgon ή 15cc)	7" (2mgon ή 20cc)
Ελάχιστη ανάγνωση	1" (0.2mgon ή 2cc)	1" (0.2mgon ή 2cc)	1" (0.2mgon ή 2cc)	5" (1mgon ή 10cc)
ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΤΗΣ				
Τύπος	Δύο Αξόνων			Ενός Άξονα
Εύρος Διόρθωσης	± 3'			
Μνήμη	24.000 Σημεία			
ΟΘΟΝΕΣ	2 Οθόνες Υγρών Κρυστάλλων			1 Οθόνη Υγρών Κρυστάλλων
ΟΠΤΙΚΗ ΚΕΝΤΡΩΣΗ				
Μεγέθυνση	3x			
Οπτικό Πεδίο	4°			
ΛΟΙΠΑ ΤΕΧΝΙΚΑ				
Ύψος οργάνου	176mm			
Laser Pointer	NAI			
Θύρα RS232	NAI			
Περιβαλλοντικά	Σε Ξηρότητα και Νερό IP 66			
Θερμοκρασιακό Ευρος	-20°C - +50°C			
ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ				
Μπαταρία	2 Επαναφορτιζόμενες Μπαταρίες Li-ion BT-52QA			
Αυτονομία	Έως 10 ώρες συνεχούς λειτουργίας			

Σχήμα 3.2. Τεχνικές προδιαγραφές γεωδαιτικών σταθμών της TOPCON

3.2.1 Πλεονεκτήματα Γεωδαιτικών σταθμών

Όσον αφορά τα πλεονεκτήματα των γεωδαιτικών σταθμών μερικά από αυτά είναι:

- Σε ένα εύχρηστο όργανο συνδυάζονται τα προτερήματα του ψηφιακού Θεοδόλιχου και του EDM χαρίζοντας δυνατότητες μεγάλης ακρίβειας στον ερευνητή καθιστώντας το απαραίτητο εργαλείο για τοπογραφικές εργασίες.
- Στο όργανο υπάρχει ενσωματωμένη ψηφιακή οθόνη στην οποία με το πάτημα ενός πλήκτρου μετά τη σκόπευση εμφανίζονται αυτόματα το μήκος, η γωνία κ έμμεσα το υψόμετρο του σημείου λεπτομέρειας με δυνατότητα καταγραφής των αποτελεσμάτων στα καταγραφικά συστήματα υπαίθρου.
- Μια επιπλέον δυνατότητα που χαρίζει το total station είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κατοικημένες έως και πυκνοκατοικημένες περιοχές καθώς δεν απαιτεί καθαρότητα όσον αφορά τα εμπόδια στο περιβάλλον γύρω του.

- Διαθέτουν μικροϋπολογιστή και κατάλληλο λογισμικά, απαλλάσσοντας τον ερευνητή από δεσμεύσεις, όντας σε ετοιμότητα να επιλύσουν επί τω έργω, διάφορα βασικά τοπογραφικά προβλήματα.
- Παρέχουν τη δυνατότητα άμεσης επικοινωνίας και σύνδεσης με ηλεκτρονικό υπολογιστή μεταφέροντας εύκολα και γρήγορα τα αποτελέσματα των μετρήσεων, αποφεύγοντας έτσι τα χονδροειδή σφάλματα της ανάγνωσης και αντιγραφής των αποτελεσμάτων, εξασφαλίζοντας την ασφάλεια των δεδομένων και την ταχύτητα της διαδικασίας.

Ίσως όμως το πιο σημαντικό πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα τις μέτρησης χωρίς την χρήση κατόπτρου. Φυσικά η ακρίβεια των μετρήσεων εξαρτάται από την επιφάνεια πρόσπτωσης του laser, δηλαδή το υλικό, το χρώμα και την αντανάκλαστικότητα του αντικείμενου, αλλά και την απόσταση μεταξύ οργάνου — στόχου. Όταν η απόσταση αυτή είναι μεγάλη, το ποσοστό για χονδροειδές σφάλμα είναι αρκετά αυξημένο καθώς το σχήμα του laser όταν προσπίπτει στο σημείο λεπτομέρειας γίνεται ακανόνιστο κάτι που δε συμβαίνει σε μικρές αποστάσεις. Αυτή η ασάφεια στο μέγεθος της ακτίνας έχει ως συνέπεια να υπάρχει η πιθανότητα να μην επαρκεί η επιφάνεια του στόχου ή ακόμα και την πρόσπτωσή της σε κάποιο άλλο αντικείμενο που θα βρεθεί στη διαδρομή της.



Σχήμα 3.3. Ψηφιοποίηση Πολιτιστικής κληρονομιάς

3.3 Συστήματα GPS

Έχουν περάσει αρκετές δεκαετίες από τότε που ο Αμερικάνικος στρατός είχε στην φαρέτρα του ένα σύστημα προσδιορισμού γεωγραφικής θέσης με ακρίβεια. Δεν άργησε πολύ για να βρεθεί αυτή η δυνατότητα στα χέρια του μέσου ανθρώπου. Στις μέρες μας η χρήση GPS για τον υπολογισμό θέσης χρησιμοποιείται ευρέως από την πλειονότητα του πληθυσμού και ειδικά του μηχανικού ο οποίος έχοντας εκλεπτυσμένα εργαλεία έχει κάνει την δουλειά του πολύ ευκολότερη.

Το παγκόσμιο σύστημα προσδιορισμού γεωγραφικής θέσης ή GPS (Global Positioning System) είναι ένα σύστημα ραδιο-πλοήγησης, το οποίο αποτελείται από ένα δίκτυο 24 δορυφόρων και από επίγειους σταθμούς κατανεμημένους σε όλο τον κόσμο. Οι δορυφόροι βρίσκονται σε ύψος περίπου 20 χιλιομέτρων από την επιφάνεια της γης και περιφέρονται γύρω από τη γη ακολουθώντας έξη διαφορετικές τροχιές. Κινούνται με ταχύτητα περίπου 2,6 χλμ. το δευτερόλεπτο, διαγράφοντας μέσα σε ένα εικοσιτετράωρο, δύο πλήρεις κύκλους γύρω από τη γη. Οι δορυφόροι αυτοί αναφέρονται και σαν NAVSTAR δορυφόροι και ο πρώτος GPS δορυφόρος εκτοξεύτηκε το Φεβρουάριο του 1978. Κάθε δορυφόρος ζυγίζει περίπου 1 τόνο και το μήκος του, όταν τα πλαίσια με τα ηλιακά φωτοστοιχεία είναι ανοικτά, φθάνει περίπου στα 5 μέτρα.

Η ισχύς μετάδοσης των σημάτων είναι το πολύ 50 Watt. Κάθε δορυφόρος μεταδίδει σήματα σε τρεις συχνότητες από τις οποίες μόνο μία (αυτή στα 1575,42 MHz) χρησιμοποιείται για τους πολίτες, γνωστή και ως "L1". Οι άλλες δύο συχνότητες χρησιμοποιούνται για στρατιωτικούς σκοπούς. Η διάρκεια ζωής κάθε δορυφόρου υπολογίζεται σε 10 περίπου έτη. Κάθε τόσο κατασκευάζονται νέοι δορυφόροι για να αντικαταστήσουν τους παλιούς. Το GPS χρησιμοποιεί τους 24 δορυφόρους και τους επίγειους σταθμούς ως σημεία αναφοράς για να υπολογίσει τη θέση που βρισκόμαστε με ακρίβεια λίγων μέτρων. Σήμερα, υπάρχουν εξελιγμένα GPS συστήματα, όπως το Differential GPS, το Augmented GPS κ.ά., τα οποία μπορούν να φθάσουν σε ακρίβεια καλύτερη του ενός μέτρου! Έτσι, ουσιαστικά είναι σαν να δίνουμε σε κάθε τετραγωνικό μέτρο του πλανήτη μας μία μοναδική διεύθυνση. Το μέγεθος των δεκτών GPS μειώνεται συνεχώς με τη χρήση ολοκληρωμένων κυκλωμάτων και έτσι αυτοί γίνονται πιο οικονομικοί και προσιτοί στον καθένα μας. (Κουνιάκης Χ. 2017)

3.3.1 Μέθοδοι εντοπισμού

Σχετικός στατικός προσδιορισμός (Static)

Σε αυτή τη μέθοδο χρησιμοποιούνται δύο δέκτες, οι οποίοι παραμένουν σταθεροί για αρκετό χρονικό διάστημα. Ο ένας δέκτης τοποθετείται σε κάποιο γνωστό σημείο (π.χ. τριγωνομετρικό) και ο δεύτερος στα προς μέτρηση σημεία. Ο απαιτούμενος χρόνος παρατηρήσεων (τουλάχιστον 20 λεπτά για αποστάσεις μεταξύ των δεκτών μέχρι 5 km)

εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ των δύο δεκτών, από τον αριθμό και την γεωμετρία των δορυφόρων. Η γεωμετρία εκφράζεται με τους δείκτες DOP, οι οποίοι, έχει ερευνηθεί ότι δεν θα πρέπει να ξεπερνάνε μία συγκεκριμένη τιμή (7) για ακριβείς μετρήσεις. Η ακρίβεια που επιτυγχάνεται είναι της τάξης του χιλιοστού και αυτό διότι απαλείφονται τα συστηματικά σφάλματα από την ταυτόχρονη μέτρηση των δύο δεκτών.

Σχετικός κινηματικός προσδιορισμός (Kinematic stop & go)

Σε αυτή τη μέθοδο απαιτούνται δύο δέκτες, όπου ο ένας παραμένει σταθερός σε κάποιο γνωστό σημείο (base) και ο δεύτερος δέκτης κινείται από σημείο σε σημείο (rover). Αρχικά ο κινούμενος δέκτης πρέπει να παραμείνει σταθερός για περίπου είκοσι λεπτά σε κάποιο σημείο, έτσι ώστε να επιλυθούν οι ασάφειες φάσης και στη συνέχεια μετακινείται στα υπόλοιπα σημεία, όπου παραμένει για μερικά δευτερόλεπτα (10 – 30). Η ακρίβεια που επιτυγχάνεται με αυτή τη μέθοδο είναι της τάξης του εκατοστού. Η κινηματική μέθοδος είναι γρήγορη και αποδοτική αλλά απαιτεί συνεχή λήψη του σήματος των δορυφόρων. Αν η λήψη του σήματος διακοπεί (ολίσθηση των κύκλων), τότε θα πρέπει να επιλυθούν εκ νέου οι ασάφειες φάσης.

Σχετικός κινηματικός προσδιορισμός RTK (Real Time Kinematic)

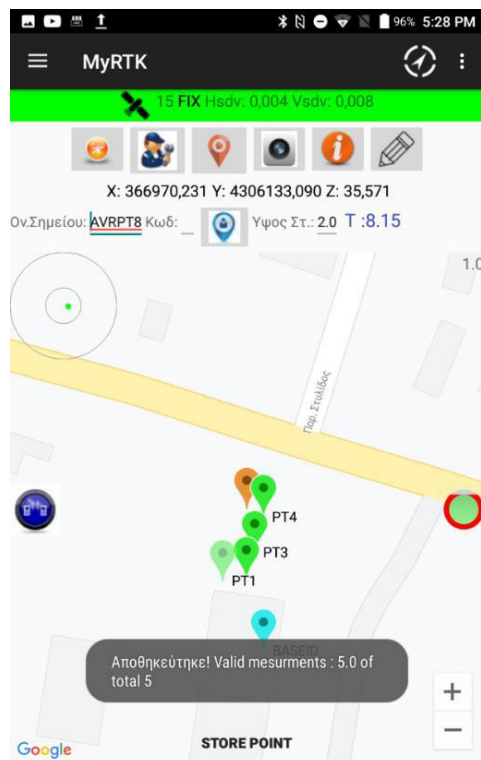
Η μέθοδος RTK είναι κινηματικός προσδιορισμός, στην οποία χρησιμοποιούνται δύο δέκτες (base – rover) L1/L2, και είναι η μοναδική που μπορεί να δώσει αποτελέσματα καθώς και πληροφορίες για την ποιότητα της λύσης σε πραγματικό χρόνο. Για τη λειτουργία της μεθόδου, απαιτείται επικοινωνία μεταξύ των δεκτών, η οποία πραγματοποιείται είτε με κάποιο UHF modem είτε με κάποιο GSM/GPRS modem. Ο κινητός δέκτης λαμβάνει συνεχώς διορθώσεις από τη βάση και τις χρησιμοποιεί για να επιλύσει εν κινήσει τις ασάφειες φάσης (On The Fly). Πλέον, ο χρήστης μπορεί να αποτυπώνει σε περιοχές περιορισμένης ορατότητας σε δορυφόρους (φυσικά ή τεχνητά εμπόδια) χωρίς να χάνεται χρόνος για επανέναρξη. Η ακρίβεια της συγκεκριμένης μεθόδου είναι της τάξης του εκατοστού και ο χρόνος που χρειάζεται είναι περίπου ένα δευτερόλεπτο. (Λουτρίδης Γ.)

Η συγκεκριμένη μέθοδος ήταν και αυτή με την οποία έγινε ο εντοπισμός των σημείων που επιλέχθηκαν για τις μετρήσεις της αποτύπωσης του μνημείου. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε αποτελούνταν από τον δέκτη S3 II της εταιρείας STONEX και την εφαρμογή MyRTK STD της CivilShop, η οποία ήταν εγκατεστημένη στο κινητό τηλέφωνο του χειριστή. Ο δέκτης αποτελούσε το μέσο για τον προσδιορισμό της κάθε θέσης στην οποία γινόταν η μέτρηση, ενώ μέσω της εφαρμογής γινόταν η καταχώρηση όλων των σημείων που παρουσιάζονται στους πίνακες του παραρτήματος. Η σύζευξη μεταξύ της εφαρμογής και του δέκτη, για την μεταξύ τους επικοινωνία και ανταλλαγή δεδομένων, έγινε μέσω Bluetooth του κινητού και του δέκτη. Στα παρακάτω σχήματα αποτυπώνονται ο δέκτης της STONEX και οι τεχνικές του προδιαγραφές, όπως επίσης και το περιβάλλον της εφαρμογής σε λογισμικό Android.



RECEIVER		COMMUNICATION	
Satellite Tracked	GPS: L1 C/A, L1C, L2C, L2P, L5	I/O Connectors	7-pins Lemo and 5-pins Lemo interfaces. Multifunction cable with USB interface for PC connection
	GLONASS: L1 C/A, L2C, L2P, L3, L5	Bluetooth	V2.0 Class2/V4.1LE
	BEIDOU: B1, B2, B3	Wi-Fi	802.11 b/g
	GALILEO: E1, E5 AltBOC, E5a, E5b, E6	Web UI	To upgrade the software, manage the status and settings, data download, etc. via smart phone, tablet or other internet enabled electronic device
	QZSS: L1 C/A, L1C, L2C, L5, L6		
	SBAS: L1, L5		
Channels	555	Reference outputs	RTCM 2.1, 2.3, 3.0, 3.1, 3.2 CMR, CMR+, RTCA
Position Rate	5 Hz, optional up to 20 Hz	Navigation outputs	GGA, ZDA, GSA, GSV, GST, VTG, RMC, GLL
Signal Reacquisition	< 1 sec	POWER SUPPLY	
RTK Signal Initialization	Typically < 10 sec	Battery	Rechargeable 7.2 V – 6800 mAh Rechargeable 7.2 V – 5200 mAh ⁵
Hot Start	Typically < 15 sec	Voltage	9 to 18 V DC external power input with over-voltage protection (5 pins Lemo)
Initialization Reliability	> 99.9 %	Working Time	Up to 10 hours Up to 8 hours ⁵
Internal Memory	8 GB	Charge Time	Typically 4 hours
POSITIONING¹		PHYSICAL SPECIFICATION	
HIGH PRECISION STATIC SURVEYING		Dimensions	146 mm x 146 mm x 76 mm
Horizontal	2.5 mm + 1 ppm RMS	Weight	1.2 Kg
Vertical	5.0 mm + 1 ppm RMS	Operating Temperature	-30°C to 65°C (-22°F to 149°F) -40°C to 65°C (-40°F to 149°F) ⁵
CODE DIFFERENTIAL POSITIONING		Storage Temperature	-40°C to 80°C (-40°F to 176°F)
Horizontal	<0.5 m RMS	Waterproof/Dustproof	IP67
Vertical	<1.0 m RMS	Shock Resistance	Designed to endure to a 2 m pole drop on concrete floor with no damage
SBAS POSITIONING		Vibration	Vibration resistant
Horizontal	<0.6 m RMS ²		
Vertical	<1.2 m RMS ²		
REAL TIME KINEMATIC (< 30 Km) – NETWORK SURVEYING³			
Fixed RTK Horizontal	8 mm + 1 ppm RMS		
Fixed RTK Vertical	15 mm + 1 ppm RMS		
INTEGRATED GNSS ANTENNA			
High accuracy four constellation micro-strip antenna, zero phase center, with internal multipath suppressive board			
INTERNAL RADIO			
Type	Tx - Rx		
Frequency Range	410 - 470 MHz		
Channel Spacing	12.5 KHz / 25 KHz		
Maximum Range	3-4 Km in urban environment Up to 10 Km with optimal conditions ⁴		

Σχήμα 3.4. Ο δέκτης S3 II της STONEX και τα τεχνικά του χαρακτηριστικά



Σχήμα 3.5. UI της εφαρμογής MyRTK STD

3.3.2 Πλεονεκτήματα GPS

Η χρήση των δορυφόρων (σε σχέση με τις παραδοσιακές επίγειες μεθόδους) προσφέρει πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα:

- Η εκπαίδευση του προσωπικού για τη λήψη των δεδομένων που χρειάζονται γίνεται με ευκολία και ταχύτατους ρυθμούς.
- Δεν υπάρχει καμία απαίτηση αμοιβαίας ορατότητας μεταξύ των εμπλεκόμενων σε μετρήσεις σταθμών.
- Οι προσδιορισμοί θέσης μπορούν να επιτευχθούν σε 24ωρη βάση, ανεξαρτήτως καιρικών συνθηκών.
- Εγγύηση ομοιογενούς ακρίβειας της θέσης των υπό προσδιορισμό σημείων σε ένα ενιαίο και μοναδικά τρισδιάστατο σύστημα αναφοράς, χωρίς να είναι απαραίτητο να γίνεται διαχωρισμός της οριζοντιογραφικής και της υψομετρικής διάστασης, όπως γίνεται με τις κλασικές τοπογραφικές μεθόδους. (Δεληκαράογλου Δ. 2012)
- Υπάρχει δυνατότητα μετασχηματισμού των συντεταγμένων σε οποιαδήποτε χαρτογραφικά συστήματα (προβολές Hatt, UTM (ΓΥΣ), ΕΓΣΑ87, κ.α.) με τη βοήθεια κατάλληλου εμπορικού λογισμικού, διαθέσιμου στην ελληνική αγορά ή σε μορφή freeware.
- Αποτελεί ένα γρήγορο τοπογραφικό εργαλείο χαμηλού κόστους, το οποίο έχει μάλιστα ταχύτατη απόσβεση.

- Υπάρχει δυνατότητα μόνιμης εγκατάστασης δέκτη ή δεκτών σε επιλεγμένα σημεία του έργου τα οποία θα εκτελούν συνεχή καταγραφή της θέσης με τηλεχειρισμό και online σύνδεση με κεντρικό υπολογιστή.

3.4 3D Αποτύπωση

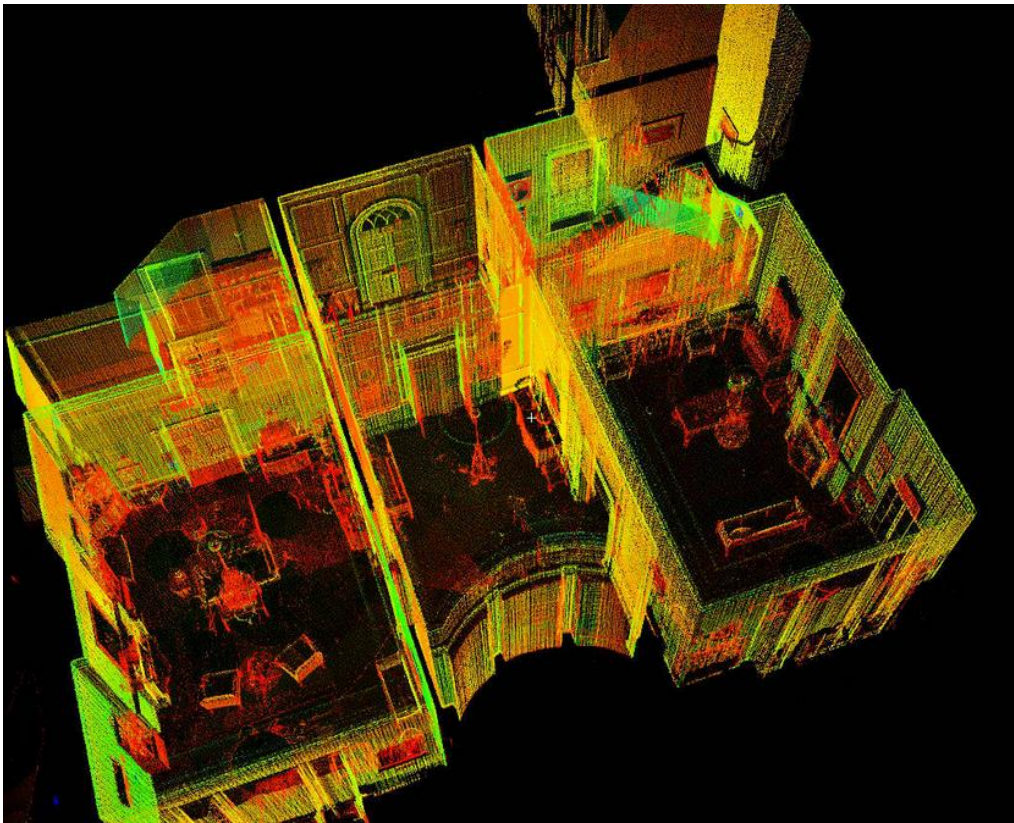
Η τεχνολογική εξέλιξη και η πρόοδος έφερε τεχνικές και εργαλεία που επιτυγχάνουν την πραγματοποίηση των μετρήσεων με λιγότερο χρόνο, άρα και κόστους, με την μέγιστη δυνατή ακρίβεια. Τα τελευταία χρόνια παρουσιάστηκε ένα νέο είδος οργάνου με την ονομασία Laser Scanner ή καλύτερα «ψηφιακός σαρωτής». Αποτελεί μια νέα μέθοδο αποτύπωσης και γεωμετρικής τεκμηρίωσης κτιρίων, αρχιτεκτονικών και αρχαιολογικών μνημείων, μεγάλων τεχνικών έργων όπως οδικοί άξονες, γέφυρες, σήραγγες, φράγματα και γενικότερα ειδικών κατασκευών. Η τεχνολογία του βασίζεται στην πυκνή καταγραφή εκατομμυρίων σημείων (1.000.000 σημεία/sec) όπου με την κλασική τοπογραφία όπως την ξέραμε, θα ήταν αδύνατον να καταγραφούν τόσα πολλά σημεία για την αποτύπωση μιας επιφάνειας. Το εντυπωσιακό σε αυτά τα δεδομένα σάρωσης είναι ότι τα σημεία είναι υπολογισμένα σε xyz συντεταγμένες στο χώρο. Το Laser Scanner δημιουργεί ένα «νέφος σημείων» (pointcloud) αποτυπώνοντας πολύ πυκνά διακριτά σημεία της επιφάνειας του αντικειμένου.

Στην εικόνα 3.6 απεικονίζεται ένας τρισδιάστατος σαρωτής ενώ στην εικόνα 3.7 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της αποτύπωσης, το λεγόμενο «νέφος σημείων» (pointcloud).



Σχήμα 3.6. Laser scanner

Πηγή φωτογραφίας: https://commons.wikimedia.org/wiki/3D-Laserscanner_on_tripod.jpg



Σχήμα 3.7. Νέφος σημείων

Πηγή φωτογραφίας: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cyark_Tudor_Palace_3.jpg

Οι τρισδιάστατοι σαρωτές laser μπορούν να προσδιορίζουν τις θέσεις σημείων σε τρεις διαστάσεις ως προς ένα τοπικό σύστημα αναφοράς, μετρώντας την απόσταση, την κατακόρυφη και την οριζόντια γωνία προς αυτά. Η λειτουργία τους είναι όμοια με αυτή ενός γεωδαιτικού σταθμού με τη διαφορά ότι απουσιάζει η οπτική διάταξη σκόπευσης. Επίσης, σε αρκετά όργανα δεν υπάρχει η δυνατότητα κέντρωσης και οριζοντίωσης, η οποία αντικαθίσταται με τη χρήση ειδικών τεχνικών (σκόπευση από γνωστές θέσεις και σάρωση αντικειμένων γνωστών θέσεων και διαστάσεων κ.α.)

Επιπλέον δυνατότητες είναι διαθέσιμες στα περισσότερα από αυτά τα μηχανήματα όπως για παράδειγμα η λήψη ψηφιακών φωτογραφιών. Επίσης κάθε σημείο αποτυπώνεται με την πληροφορία της αντανάκλασης του που σημαίνει ότι αποτυπώνεται και η χρωματική του υφή. Όταν ξεκινάει η σάρωση γίνεται η σύλληψη ενός μεγάλου αριθμού σημείων το πλήθος των οποίων εξαρτάται από τη γωνιακή ανάλυση του οργάνου, η οποία προκύπτει από το γωνιακό βήμα των κινητήρων περιστρέφουν τη κεφαλή γύρω από τον οριζόντιο και τον κατακόρυφο άξονα.

Φυσικά όλη αυτή η πληροφορία που συλλέγεται απαιτεί ιδιαίτερα αυξημένες υπολογιστικές δυνατότητες. Αυτό τόσο για την αποθήκευση του τεράστιου όγκου δεδομένων όσο και για την επεξεργασία αυτού. Ο σαρωτής συλλέγει σημεία σε κάθε στάση

η οποία έχει ένα δικό της σύστημα αναφοράς. Η αρχή του συστήματος είναι το κέντρο της μετρητικής κεφαλής του οργάνου. Εδώ είναι καλό να αναφερθεί η δυνατότητα μετασχηματισμού του συστήματος αναφοράς του σαρωτή σε ενιαία καρτεσιανό σύστημα αναφοράς (x,y,z). Ωστόσο η πιο απλή μέθοδος συνένωσης δύο ή περισσότερων γειτονικών νεφών πραγματοποιείται με την χρήση κοινών σημείων. Αυτά τα σημεία είναι κοινά και στα δύο νέφη και με το κατάλληλο λογισμικό γίνεται η εν λόγω συνένωση. (Γκίκας Β. 2007)

3.5 Μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα – UAV's

Σύμφωνα με την UVSInternational, μη επανδρωμένα ιπτάμενα οχήματα (Unmanned Aerial Vehicle - UAV, Unmanned Aerial System-UAS ή Remotely Piloted Aircraft System - RPAS), νοούνται κάθε είδους εναέρια οχήματα που δεν απαιτούν πλήρωμα, μπορούν να εκτελούν πτήσεις αυτόνομα είτε με τηλεκατεύθυνση, μπορούν να φέρουν ωφέλιμο φορτίο και είναι επαναχρησιμοποιούμενα. Ο όρος UAV χρησιμοποιείται ευρέως στην κοινότητα των γεωεπιστημών, ενώ άλλοι όροι που μπορούν να συναντηθούν στη διεθνή βιβλιογραφία είναι:

- Drone (η ονομασία προέρχεται από τον ήχο των αρσενικών μελισσών)
- UAS (Unmanned Aerial System)
- RPAS (Remotely Piloted Aircraft System)
- RPV(Remotely Piloted Vehicle)
- ROA(Remotely Operated Aircraft)

Η Ελληνική υπηρεσία πολιτικής αεροπορίας (ΥΠΑ), χρησιμοποιεί τον όρο ΣμηΕΑ (Συστήματα μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών).

Η επιστήμη της Φωτογραμμετρίας αλλά και της τοπογραφίας έχουν ως σκοπό να προσφέρουν αξιόπιστη μετρική πληροφορία των φυσικών κατασκευών. Η χρήση εναέριων μέσων συμβάλει καταλυτικά προς αυτήν την κατεύθυνση και δίνει την δυνατότητα να αποτυπωθούν μεγάλες σε έκταση περιοχές αλλά και δυσπρόσιτες. Με το προϊόν της αποτύπωσης μπορεί να γίνει παραγωγή τρισδιάστατων μοντέλων εδάφους καθώς και η δημιουργία της υψομετρίας του ανάγλυφου. Η απόδοση της γεωμετρίας του φυσικού αλλά και του τεχνικού χώρου γίνεται σε τρεις διαστάσεις.

Σημαντική προσφορά των drones είναι και η υψηλής ανάλυσης ψηφιακές εικόνες οι οποίες, εφαρμόζοντας τις κατάλληλες τεχνικές, οδηγούν σε υψηλής ευκρίνειας ορθοεικόνες (ορθοφωτοχάρτες). Οι φωτοχάρτες συνδυάζονται με επίγειες μετρήσεις είτε με GPS είτε με γεωδαιτικούς σταθμούς.

Αν και αρχικά η χρήση μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων προοριζόταν για στρατιωτικούς σκοπούς με το πέρασμα των χρόνων η θέση τους εδραιώθηκε και σε άλλους τομείς. Μάλιστα στις μέρες μας είναι μεγάλος ο κατάλογος με τις υπηρεσίες που ένα τέτοιο όχημα μπορεί να προσφέρει. Από τη χαρτογράφηση μεγάλων και δύσβατων περιοχών μέχρι

την τηλεπισκόπηση και το κτηματολόγιο. Φυσικά σημαντικό ρόλο παίζουν στην αποτύπωση μνημείων αρχαιολογικού ενδιαφέροντος και επίσης στην παρακολούθηση φυσικών καταστροφών.

Σημαντικό όφελος έχουν προσφέρει όπως προαναφέρθηκε στην επιστήμη της φωτογραμμετρίας για την δημιουργία τρισδιάστατων αναπαραστάσεων σε τοπογραφικά διαγράμματα.

Η νομοθεσία που αφορά τον κανονισμό πτήσεων και λειτουργίας των συστημάτων μη επανδρωμένων αεροσκαφών εμπεριέχεται στην υπ' αριθμ. ΑΠΟΦ Δ/ΥΠΑ/21860/1422, η οποία έχει δημοσιευτεί στο ΦΕΚ Β 3152/2016.

Οι διάφοροι τύποι Drone είναι:

Πολυκόπτερο

Ίσως η καλύτερη επιλογή για αποτυπώσεις υψηλής ακρίβειας. Χρήση σε οδικά δίκτυα, σιδηροδρομικά έργα, αρχαιολογία. Μικρότερος χρόνος πτήσης σε σχέση με fixed wing αλλά μικρότερες εκτάσεις, ενοχλητικός θόρυβος (ιδιαίτερα σε μεγαλύτερα μοντέλα)

Fixed Wing

Αποτύπωση μεγάλων εκτάσεων σε λιγότερο χρόνο. Χαμηλότερη ακρίβεια σε σχέση με τα πολυκόπτερα. (Στην πράξη το GSD δε μπορεί να είναι μικρότερο των 2/1.5cm, αδυναμία λήψης φωτογραφιών από κλίση (σε σχέση με πολυκόπτερα).

Rover

Καλά για mobile scans σε περιοχές που δε μπορούμε να πετάξουμε.

Βάρκα

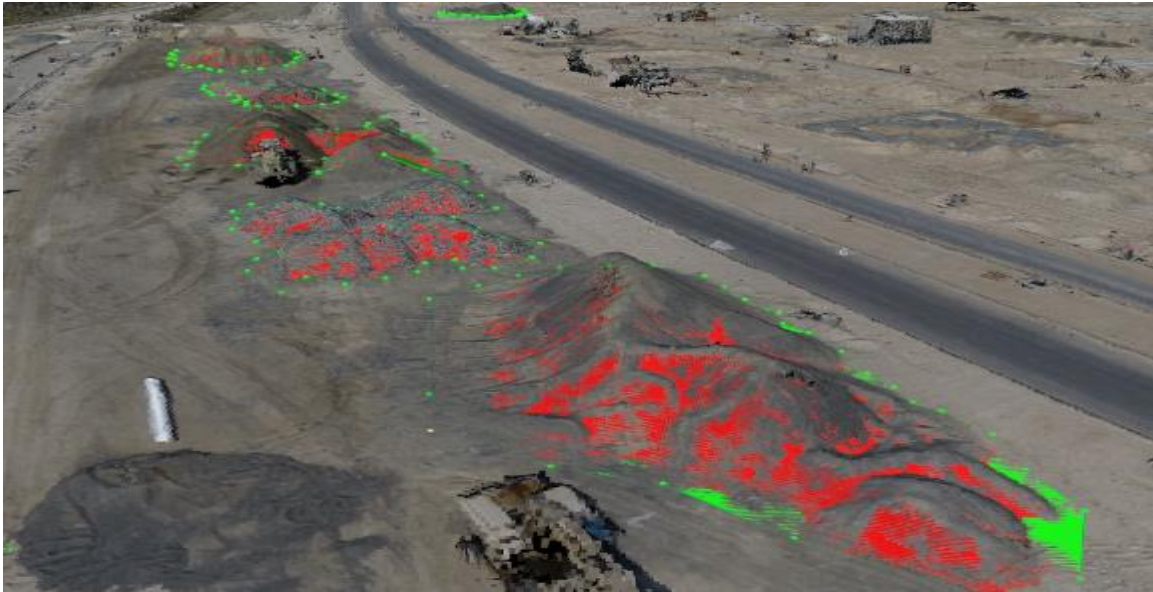
Υδρογραφικές αποτυπώσεις.

3.5.1 Εφαρμογές των drones

Όπως προαναφέρθηκε οι εφαρμογές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα drones είναι πολλές.

Μια από αυτές είναι οι τοπογραφικές αποτυπώσεις. Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι τα drones κάνουν τη ζωή του τοπογράφου μηχανικού πιο εύκολη. Φυσικά αυτό έχει μια μεγάλη δόση αλήθειας ωστόσο η ακρίβεια με την οποία μπορούμε να παράγουμε ένα τρισδιάστατο μοντέλο έχει να κάνει και με άλλους παράγοντες. Και κυρίως από τα σημεία αναφοράς που έχουμε ορίσει στο έδαφος και τα οποία πρέπει να είναι σωστά αλλιώς το μοντέλο που θα δημιουργηθεί θα έχει λάθος γεωπληροφορία.

Η ογκομέτρηση διαφόρων υλικών (εικόνα χ.χ.) που βρίσκονται διάσπαρτα σε ένα εργοτάξιο είναι επίσης μια σημαντική προσφορά. Βέβαια αυτό το πρόβλημα μπορεί και πολλές φορές διευθετείται και με την χρήση ενός laser scanner.



Σχήμα 3.8. Ογκομέτρηση υλικών

Η αποτύπωση μεγάλων τεχνικών έργων πριν, κατά την διάρκεια και μετά την κατασκευή τους. Και αποτυπώσεις οδικών και σιδηροδρομικών έργων.

Επίσης με χρήση πολυφασματικής κάμερας είναι εφικτή η εκτίμηση τη υγείας των φυτών.



Σχήμα 3.9. Αεροφωτογραφία από Εργοτάξιο υποδομής

Και φυσικά η επιστήμη της αρχαιολογίας όπου η συνεισφορά των drones είναι σημαντική.



Σχήμα 3.10. Δημιουργία 3D μοντέλου κάστρου στη Σαουδική Αραβία

Για την φωτογραφική αποτύπωση του μνημείου του Τούρκικου Υδραγωγείου Σερρών επιλέχθηκε η λήψη φωτογραφιών με χρήση drone. Η φωτογράφιση αποφασίστηκε να γίνει σε ώρες, όπου ο φυσικός φωτισμός να είναι σε σημείο ώστε να είναι εφικτή η απεικόνιση λεπτομερειών και να μην επηρεάζεται η ευκρίνεια των φωτογραφιών.



Σχήμα 3.11. Άποψη του drone



Σχήμα 3.12. UI της εφαρμογής και εργαλείο ελέγχου και χειρισμού του drone



Σχήμα 3.13. Άποψη του drone κατά την διάρκεια της πτήσης του στο περιβάλλον μελέτης

Κεφάλαιο 4

Μέθοδοι αποτύπωσης

4.1 Τοπομετρική μέθοδος

Η μέθοδος αυτή συνίσταται σε διαδοχικούς προσδιορισμούς σημείων με τρίγωνα και άλλες πλευρομετρήσεις που δεν μπορούν ωστόσο να αποδώσουν ενιαία ακρίβεια. Είναι φανερά ότι η αρχή των τομών στην οποία στηρίζεται η μέθοδος έχει μονοσήμαντη αντιστοιχία μόνο εφόσον εφαρμόζεται σ' ένα καθορισμένο επίπεδο. Τα προβλήματα είναι εξαιρετικό δυσεπίλυτα στο συσχετισμό της υψομετρικής θέσης των διαφόρων σημείων. Η παραδοσιακή αυτή μέθοδος είναι μικρής ακρίβειας έχει μια ανομοιόμορφη κατανομή σφάλματος διότι τα σφάλματα επιπροστίθενται. Κατά συνέπεια το πεδίο εφαρμογής της είναι πολύ περιορισμένο.

Είναι η απλούστερη και αρχαιότερη μετρητική μέθοδος και εφαρμόζεται συνήθως για μεμονωμένα και σχετικά περιορισμένης έκτασης κατασκευές, βασιζόμενη στην θεωρία των γεωμετρικών κατασκευών - κυρίως τριγώνων - με μετρήσεις, κυρίως, μηκών. Η μέγιστη μέση ακρίβεια της μεθόδου κυμαίνεται μεταξύ 5 - 10 επι στην κλίμακα 1:50.

Τα απαραίτητα όργανα για την εφαρμογή της μεθόδου είναι :

- οι μετροταινίες (μεταλλικές και ειδικές πλαστικές)
- το ξύλινο δίμετρο
- το νήμα της στάθμης
- τα αλφάδια (οικοδομικά και ειδικά για ράμματα)
- νήματα και καρφιά ανάρτησης (ρεπέρ οριζοντίων σταθμών)
- τηλεσκοπικό πλαστικό ακόντιο (8 μέτρο) μέτρησης υψών
- κλιμακόμετρο (1 : 2, 1 :5, 1: 20, 1: 50 κλπ)
- προφίλογράφοι (μεταλλικοί, πλαστικοί) για διατομές λεπτομερειών
- πινακίδα σχεδίασης
- υλικά σχεδίασης κλπ.

Η εργασία εκτελείται είτε με την βοήθεια σκαριφήματος και την αναγραφή των μετρήσεων, (με διαφορετικό χρώμα για τις γενικές διαστάσεις που χρησιμοποιείται συνήθως σε θέματα απλής μορφής είτε με απ' ευθείας σχεδίαση υπό κλίμακα που χρησιμοποιείται συνήθως σε

θέματα σύνθετης ή ακανόνιστης μορφές. Η εργασία της μετρητικής αποτύπωσης πρέπει, οπωσδήποτε να συνοδεύεται και με φωτογραφική αποτύπωση των επιφανειών και των χωρών του κτηρίου. Οι φωτογραφίες πρέπει να είναι γενικές και λεπτομερειακές ενώ οι φωτογραφίες όψεων πρέπει να είναι, κατά το δυνατόν, παράλληλες στις επιφάνειες.

Οι κατόψεις μετρούνται είτε με την μέθοδο του τριγωνισμού (γεωμετρική κατασκευή τριγώνου από 3 πλευρές) είτε με την μέθοδο των βοηθητικών αξόνων. Οι μετρήσεις με κοινή αφετηρία μετρήσεως δίνουν ακριβέστερα και ασφαλέστερα αποτελέσματα αντ' αυτών με τμηματικές προσθετικές μετρήσεις. Το επίπεδο μετρήσεων της κάτοψης πρέπει να οριστεί με την βοήθεια οριζοντίων νημάτων. Για την μέτρηση καμπυλών την χάραξη καθέτων κλπ. εφαρμόζονται οι κοινές απλές γεωμετρικές μέθοδοι.

Οι όψεις και οι τομές μετρούνται, ως ορθές προβολές σε κατακόρυφο επίπεδο, με την μέθοδο που περιγράψαμε παραπάνω, και με την προσθήκη μετρήσεων με την βοήθεια του νήματος της στάθμης, για την μέτρηση τυχόν αποκλίσεων από την κατακόρυφο. Για την μέτρηση των υψών πρέπει να οριστεί, με την βοήθεια οριζόντιων νημάτων, η αφετηρία μετρήσεων υψών.

Τα σχέδια πρέπει να περιέχουν όλες τις ορατές λεπτομέρειες, ενώ ότι δεν μπορεί να παραστεί γραφικό πρέπει να αναφέρεται γραπτά, και να αποφεύγονται συμβολισμοί (υλικών, σκιών κλπ.), που παραπλανούν την εικόνα της αποτύπωσης. Στα σχέδια θα αποτυπώνονται επίσης με ακρίβεια οι εμφανείς βλάβες και ζημιές της κατασκευής (π.χ. παραμορφώσεις, ασυμμετρίες, καθιζήσεις, ρωγμές τοίχων και θόλων, υγρασίες, φθορές στα ξύλινα μέρη κλπ.) που θα βοηθήσουν, εν συνεχεία και σε συνδυασμό με άλλα σχέδια, στον εντοπισμό των αιτιών και τις προτάσεις θεραπείας τους. Επίσης, από τις γεωμετρικές ακανονιστίες την ακριβή μορφή των τοιχοποιιών κλπ θα εντοπιστούν οι κατασκευαστικές φάσεις και θα μελετηθούν οι γραφικές αποκαταστάσεις των φάσεων του κτιρίου. (Γεωργόπουλος Α. 2011)

4.2 Τοπογραφική μέθοδος

Οι μέθοδοι αυτοί συνίστανται στον προσδιορισμό όλων των χαρακτηριστικών σημείων που απαιτούνται για τον ορισμό της κατασκευής στον τρισδιάστατο χώρο με τις συντεταγμένες τους (Χ,Ψ,Ζ). Το σφάλμα είναι πολύ μικρό και ομοιόμορφα κατανομημένο. Για το σκοπό αυτό είναι αναγκαία η εγκατάσταση τριγωνομετρικού και πολυγωνομετρικού δικτύου μεγάλης ακριβείας. Η εγκατάσταση τριγωνομετρικού δικτύου επιβάλλεται από το μέγεθος των αποτυπώσεων και είναι απαραίτητη προκειμένου να δοθούν συντεταγμένες εθνικού δικτύου πράγμα κύρια αναγκαίο στους αρχαιολογικούς χώρους και τα σύνολα. Στα μεμονωμένα μνημεία αρκεί η εγκατάσταση ανεξάρτητου πολυγωνομετρικού δικτύου το οποίο μετριέται με πολλαπλές σκοπεύσεις και συνορθώνεται με ελάχιστα τετράγωνα. Για την εξάρτηση της αποτύπωσης προσδιορίζεται σύνολο σημείων λεπτομερειών το οποία

καλούμε αναλυτικό δίκτυο και με το οποίο συσχετίζονται τοπομετρικές μετρήσεις και φωτογραφικές λήψεις. (Α. Γιουρούση - Α. Πορτελάνου, 1984)

Η τοπογραφική μέθοδος είναι μια μετρητική μέθοδος ηλικίας 100 περίπου ετών και εφαρμόζεται για μεγάλης έκτασης κατασκευών και σύνολα κτηρίων. Βασιζόμενη στην χρήση των κλασσικών τοπογραφικών οργάνων (θεοδόλιχου, χωροβάτη, σταδίων κλπ.).

Η μέγιστη μέση ακρίβεια της μεθόδου κυμαίνεται μεταξύ 1 - 1,5 εκ. στην κλίμακα 1 : 50.

Κατά τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται ηλεκτρονικά όργανα αυτόματης μέτρησης και καταγραφής των μετρήσεων που, σε περίπτωση που συνδέονται με ειδικό εξοπλισμό γραφείου (plotter, εκτυπωτή κλπ.) είναι δυνατό να παρέχουν σχεδόν ταυτόχρονα και αυτόματα το σχέδιο της αποτύπωσης ή μάλλον τα μετρούμενα σημεία του σχεδίου, και μάλιστα με σχετικές ή και απόλυτες συντεταγμένες (x, y, z). (Τοκμακίδης Κ. 2017)

Η εργασία εκτελείται με την βοήθεια σκαριφήματος για την καταγραφή των σημείων μέτρησης και δελτίων καταγραφής των συντεταγμένων κάθε σημείου σε περιπτώσεις κλασσικών οργάνων ή και απ' ευθείας καταγραφής των συντεταγμένων σε ηλεκτρονικό μέσο σε περιπτώσεις ηλεκτρονικών οργάνων συνδεδεμένων με ειδικό εξοπλισμό γραφείου. Η εργασία της τοπογραφικής αποτύπωσης συνοδεύεται και με φωτογραφική εξασφάλιση των σημείων με την βοήθεια, συνήθως, φωτογραφικής μηχανής.

Κατόψεις, όψεις και τομές μετρούνται και σχεδιάζονται με την βοήθεια χαρακτηριστικών σημείων που συνδέονται γραφικά, σύμφωνα με τις ενδείξεις του βοηθητικού σκαριφήματος η / και των φωτογραφιών ή τις οδηγίες του χρήστη του εξοπλισμού.

Κατά τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται νεότερα όργανα εφοδιασμένα με συστήματα ακτινών laser για ακόμη ταχύτερες μετρήσεις ως και για οπ' ευθείας μετρήσεις καμπυλών και άλλων σύνθετων γραμμών οριζοντίων ή κατακόρυφων τομών.

4.3 Φωτογραμμετρική μέθοδος

Φωτογραμμετρία ονομάζεται "η τέχνη, επιστήμη και τεχνική για την απόκτηση αξιόπιστης πληροφορίας σχετικά με φυσικά αντικείμενα και το περιβάλλον μέσα από διαδικασίες καταγραφής, μέτρησης και ερμηνείας φωτογραφικών εικόνων αλλά και προτύπων ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (American Society of Photogrammetry 1980).

Η μέθοδος αξιοποιεί στοιχεία μετρητικών φωτογραφικών μηχανών που έχουν την σχετική ακρίβεια και είναι απαλλαγμένες από το σφάλμα της διαστροφής. Ο έλεγχος των φωτογραφιών επιτυγχάνεται με σημεία που ονομάζονται φωτοσταθερά και έχουν γνωστές συντεταγμένες ή τις έχουμε υπολογίσει από πριν. Υπάρχει η μέθοδος της μονοεικονικής φωτογραμμετρίας που χρησιμοποιεί φωτογραφίες που καλύπτουν ένα επίπεδο τις οποίες τις τυπώνουμε στη συνέχεια στη σωστή κλίμακα. Η μέθοδος έχει καλά αποτελέσματα όταν η μηχανή που χρησιμοποιείται έχει μεγάλη εστιακή απόσταση και οι επιφάνειες είναι σχετικά επίπεδες.

Από την άλλη έχουμε την διεικονική μέθοδο όπου ουσιαστικά χρησιμοποιούμε ξεχωριστές λήψεις από διαφορετικές θέσεις. Ο σκοπός είναι η στερεοσκοπική εικόνα.

Οι φωτογραμμετρικές τεχνικές αποτελούν έμμεσους τρόπους καταγραφής της θέσης, του σχήματος και των διαστάσεων των αντικειμένων, καθώς δεν χρησιμοποιούν απευθείας μετρήσεις πάνω στο αντικείμενο, αλλά τη μετρητική πληροφορία που συλλέγεται σε μια φωτογραφική εικόνα. Με τις τεχνολογικές εξελίξεις των τελευταίων χρόνων, ο ορισμός της Φωτογραμμετρίας έχει επεκταθεί και καλύπτει και την καταγραφή σημάτων από ηλεκτρομαγνητικές και ηχητικές πηγές. (Πατιάς 1991)

Ο όρος «Φωτογραμμετρία» πρωτοχρησιμοποιήθηκε από τον A. Meydenbauer, ο οποίος ήταν αρχιτέκτονας και στα μέσα του 19ου αι. ανέπτυξε την επίγεια Φωτογραμμετρία, ίδρυσε το Πρωσικό ίδρυμα για τεκμηρίωση μνημείων με τη μέθοδο της φωτογραμμετρίας και πραγματοποίησε γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων της Γερμανίας αλλά και πολλών άλλων χωρών μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα. Αυτό ήταν ιδιαίτερα σημαντικό γιατί παρείχε 80.000 αρνητικά με ολοκληρωμένο τοπογραφικό έλεγχο που όμως λόγω του πολέμου μόνο ένα μέρος έχει διασωθεί σήμερα στο Πότσταμ κοντά στο Βερολίνο. Αυτό αποτέλεσε το πρώτο και πιο σημαντικό φωτογραμμετρικό αρχείο αλλά και επίσης αναδεικνύει πόσο στενά συνδέεται η φωτογραμμετρία με την αρχιτεκτονική και με την αρχαιολογία. (Πατιάς 2008)

Όπως καταλαβαίνουμε η φωτογραμμετρία όπως και η επιστήμη της τοπογραφίας έχουν συνδέσει την ύπαρξη τους με την τεκμηρίωση μνημείων, η οποία λειτουργεί ως ένα μέσο για την συντήρηση και αποκατάσταση αφού απαιτείται η εις βάθος γνώση ενός μνημείου προκειμένου να ακολουθηθεί μια διαδικασία αποκατάστασης. Αυτό καθιστά και την γεωμετρική τεκμηρίωση ένα στοιχείο ιδιαίτερα ωφέλιμο.

4.3.1 Εφαρμογές της φωτογραμμετρίας

Η Φωτογραμμετρία ως επιστήμη του Αγρονόμου και Τοπογράφου μηχανικού είναι ίσως η μοναδική με τόσο ευρύ φάσμα εφαρμογών. Στη συνέχεια αναφέρονται ορισμένες:

- Τοπογραφία, Χαρτογραφία (αποτυπώσεις, φωτογραμμετρικά διαγράμματα, παραγωγή χαρτών, κτηματολόγιο)
- Μελέτες και κατασκευές έργων (σχεδιασμός και μελέτη δρόμων, γεφυρών, φραγμάτων, αναπτυξιακές μελέτες, έλεγχος μικρομετακινήσεων των κατασκευών)
- Σχεδιασμός πολεοδομικών συγκροτημάτων (μελέτες χρήσεων γης)
- Αρχιτεκτονική (αποτυπώσεις όψεων, θόλων, εσωτερικών χώρων)
- Περιβαλλοντολογικές μελέτες (ειδικές χρήσεις υπέρυθρων και θερμικών φιλμ για μελέτες της ατμόσφαιρας, των υδάτινων πόρων και του εδάφους, μελέτες σχετικές με πυρκαγιές, σεισμούς, παγετούς, ηφαίστεια)

- Γεωλογία, Γεωπονική, Δασολογία (μελέτη πετρωμάτων, εξορύξεις ορυκτών, υπολογισμοί όγκων, μελέτες ασθενειών των καλλιεργειών, υπολογισμός καταστροφών από θεομηνίες)
- Αρχαιολογία (αποτυπώσεις ανασκαφών και μελέτες αρχαιολογικών χώρων, αποτυπώσεις αγαλμάτων, αγγείων και γενικά αρχαιολογικών ευρημάτων)
- Ιατρική (μετρικές πληροφορίες από ακτίνες-Χ, τομογραφία)
- Έργα μηχανολόγου μηχανικού (έλεγχος παραγωγής βιομηχανικών προϊόντων, ρομποτική, σύγχρονα όπλα)
- Στρατιωτικοί σκοποί, στρατηγικοί στόχοι (αναγνώριση στόχων, νυχτερινές φωτογραφίες, σύγχρονα όπλα)
- Αστυνομία (διερεύνηση εγκλημάτων, τροχαίων ατυχημάτων)
- Διάστημα (μελέτες του εδάφους, της ατμόσφαιρας και του υπεδάφους άλλων πλανητών)

4.4 Τρισδιάστατη μοντελοποίηση (3d scanning)

Μέχρι πριν από μερικά χρόνια, όταν η τεχνολογία των Η/Υ και των μετρητικών διατάξεων δεν ήταν τόσο εξελιγμένη όσο σήμερα, η δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων μνημείων και μικροαντικειμένων (αρχαιολογικών ευρημάτων και αντικειμένων τέχνης και πολιτισμού) ήταν μια πολύ δύσκολη εργασία. Η δυσκολία αυτή οφειλόταν τόσο στη διαδικασία της αποτύπωσης με ικανοποιητική ακρίβεια του υπό μμελέτη τρισδιάστατου αντικειμένου όσο και στην οπτικοποίηση του μοντέλου του.

Παλαιότερα, η κοινή πρακτική για την αποτύπωση των μνημείων και αντικειμένων γινόταν με τη χρήση μη αυτοματοποιημένων διαδικασιών για τη μέτρηση χαρακτηριστικών σημείων του αντικειμένου χρησιμοποιώντας απλές μετρητικές διατάξεις όπως πχ μιας μετροταινίας ή ενός γεωδαιτικού σταθμού όσον αφορά την αποτύπωση μεγάλων ακίνητων αντικειμένων ή ενός υποδεκάμετρου σε συνδυασμό με ένα παχύμετρο για τη μέτρηση μικροαντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς. Τα παραγόμενα προϊόντα σε αυτή την περίπτωση δεν παρουσίαζαν το συνολικό τρισδιάστατο μοντέλο του αντικειμένου αλλά συνήθως παρουσίαζαν την αποτύπωση σε ένα χάρτινο φορέα υπό κλίμακα των χαρακτηριστικών όψεων, κατόψεων και τομών του αντικειμένου.

Η δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου ενός τρισδιάστατου αντικειμένου έγινε πραγματικότητα με την εισαγωγή των ψηφιακών τεχνικών και των Η/Υ για την αναπαράσταση των αντικειμένων στις επιστήμες που ασχολούνταν με τη μελέτη τους (π.χ. τοπογραφία, αρχιτεκτονική, αρχαιολογία). Ειδικότερα, η ανάπτυξη εφαρμογών τρισδιάστατης παρουσίασης και οπτικοποίησης στην οθόνη ενός Η/Υ ενός τρισδιάστατου μοντέλου, ώθησε τη χρήση ψηφιακών τεχνικών τρισδιάστατης αποτύπωσης και μετρήσεων

με χρήση νέων εξελιγμένων μετρητικών διατάξεων που είναι σε θέση να παρέχουν με αυτοματοποιημένες διαδικασίες τη θέση στο χώρο ενός μεγάλου αριθμού χαρακτηριστικών σημείων που απαρτίζουν την εξωτερική επιφάνεια και οριοθετούν το αντικείμενο είτε αυτό είναι ένα μικροαντικείμενο (π.χ. αγαλματίδιο) ή ένα αρχιτεκτονικό μνημείο ή κτήριο με ιδιαίτερα σημαντική πολιτιστική αξία.

Τα οφέλη που προκύπτουν από τη δημιουργία των τρισδιάστατων μοντέλων των αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς είναι πάρα πολλά και σημαντικά και ωθούν ολοένα και περισσότερο στη χρήση νέων ψηφιακών τεχνικών αποτύπωσης από τα ινστιτούτα και τους οργανισμούς που ασχολούνται με τη μελέτη και συντήρησή τους.

Θα μπορούσαν να αναφερθούν μερικά από αυτά τα οφέλη που ενισχύουν την τρισδιάστατη καταγραφή τους:

1) Καθώς πολλά από τα αντικείμενα της πολιτιστικής κληρονομιάς είναι παλαιά και εν μέρη ή στο σύνολό τους υπό κατάρρευση η δημιουργία του μοντέλου οδηγεί

i. Στη μελέτη για πιθανή αποκατάσταση τους εάν πρόκειται για κτίρια και μεγάλα ακίνητα μνημεία

ii. Στη μελέτη του μοντέλου αντί του ίδιου αντικειμένου με σκοπό την αποφυγή ενεργειών που θα επιφέρουν σημαντικές βλάβες στο ίδιο εφόσον πρόκειται για μικροαντικείμενα

2) Τα τρισδιάστατα μοντέλα που δημιουργούνται μπορούν να αποτελέσουν ένα επιπλέον στοιχείο καταγραφής τους που είναι δυνατόν να ενσωματώνεται σε μια συλλογή (Βάση Δεδομένων) όλων των παρόμοιων αντικειμένων πχ αγαλματιδίων που παρουσιάζουν μια συγκεκριμένη μορφή ή ανήκουν σε συγκεκριμένη ανασκαφή ενός αρχαιολογικού χώρου. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό για ένα αρχαιολόγο ή γενικά μελετητή να έχει συγκεντρωμένα όλα τα στοιχεία που αφορούν το αντικείμενο της μελέτης του. Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία που θα πρέπει να έχει ο μελετητής στη διάθεσή του είναι και η μορφή και η γεωμετρία του αντικειμένου που μελετά και ο πλέον ενδεδειγμένος τρόπος είναι η χρήση τρισδιάστατων μοντέλων που μπορεί να παρουσιαστούν στην οθόνη ενός τυπικού Η/Υ. Η απλή φωτογραφική απεικόνιση των αντικειμένων δεν είναι σε θέση να προβάλλει σε ικανοποιητική ακρίβεια τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των αντικειμένων καθώς δεν παρουσιάζουν συνολικά τη μορφή τους και δεν παρέχουν την πληροφορία της κλίμακας και οπότε και τις διαστάσεις τους. Για το λόγο αυτό το τρισδιάστατο εικονικό μοντέλο των αντικειμένων είναι το πλέον κατάλληλο εργαλείο για τη μελέτη τους από ένα έμπειρο επιστήμονα.

3) Η δημιουργία ενός εικονικού μουσείου μέσω του διαδικτύου, που θα περιέχει τα τρισδιάστατα μοντέλα αντικειμένων μεγάλης αρχαιολογικής και αρχιτεκτονικής αξίας θα μπορέσει να αποτελέσει ένα από τα σημαντικότερα προϊόντα για την ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς της χώρας μας. Θα δοθεί δυνατότητα σε ένα μεγάλο μέρος πολιτών να έρθουν σε επαφή και να γνωρίσουν τον πολιτιστικό πλούτο που διαθέτει η χώρα μας χωρίς να είναι υποχρεωμένοι να ταξιδεύσουν στο χώρο που φιλοξενούνται τα ίδια τα αντικείμενα. Επίσης, είναι πολύ σημαντικό για τη χώρα μας να παρουσιαστεί

παγκοσμίως αυτός ο ιδιαίτερης ομορφιάς αρχαιολογικός και αρχιτεκτονικός πλούτος και ο καλύτερος τρόπος είναι με τη χρήση εικονικών μουσείων μέσω του διαδικτύου. Το εικονικό μουσείο μπορεί κάλλιστα να μην είναι προσβάσιμο από το διαδίκτυο αλλά να τοποθετείται σε πληροφοριακά περίπτερα (information kiosk) είτε εντός του κτιρίου του μουσείου ή σε χαρακτηριστικά σημεία της πόλης που φιλοξενεί το μουσείο. Η προβολή των εκθεμάτων του μουσείου μπορεί να προκαλέσει την επίσκεψη του περιηγητή αλλά και να δώσει μια διαφορετική οπτική γωνία στην παρουσίαση των εκθεμάτων, εφόσον συνδυαστεί το τρισδιάστατο μοντέλο των αντικειμένων με τεχνικές πολυμέσων πχ. με ήχο αφήγησης και την κίνηση ή την εικονική πλοήγηση του. (Παυλίδης Γ. Σεβελίδης Β. Χαραλαμπίδου Μ. 2014)

4.5 Ακρίβεια της τεκμηρίωσης και κατάλληλες κλίμακες

Όπως έχει γίνει κατανοητό η αποτύπωση ενός μνημείου έχει ως στόχο την περαιτέρω μελέτη του η οποία είναι απαραίτητη προκειμένου να προχωρήσουμε σε ενέργειες προστασίας και αναστήλωσης. Επόμενο είναι λοιπόν να χρειαζόμαστε για την πλειονότητα των περιπτώσεων αν όχι για όλες την καλύτερη δυνατή ακρίβεια. Βέβαια ο παράγων ακρίβεια, έχει να κάνει με πολλές μεταβλητές μια από τις οποίες είναι και η εμπειρία του εκάστοτε μελετητή. Από την άλλη η κλίμακα απόδοσης του έργου συνδυάζεται άμεσα με την ακρίβεια και αποτελεί συνάρτηση του προϋπολογισμού αλλά και του σκοπού για τον οποίο γίνεται η αποτύπωση.

Φυσικά το επιθυμητό πάντα είναι να μπορούμε να έχουμε την καλύτερη ακρίβεια με το χαμηλότερο κόστος. Πράγμα που δεν είναι πάντα εφικτό ειδικά όταν μια αποτύπωση επρόκειτο να χρησιμοποιηθεί ως υπόβαθρο για περαιτέρω μελέτες. Αυτό σημαίνει ότι η αποτύπωση θα πρέπει να καλύπτει μεγάλο μέρος από τις τυχόν κατασκευαστικές ιδιαιτερότητες, φθορές, κακοτεχνίες και αποτελέσματα της επίδρασης του χρόνου.

Όσον αφορά τις κλίμακες που χρησιμοποιούνται στις αποτυπώσεις μνημείων αυτές είναι οι 1:20, 1:25, 1:50, 1:100. Χωρίς αυτό να σημαίνει ότι σε κάποιες περιπτώσεις, όπως για την ανάδειξη κατασκευαστικών λεπτομερειών δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν και μεγαλύτερες. Αντίστοιχα μικρότερες κλίμακες προβλέπονται όταν υπάρχει και περιβάλλον χώρος που απαιτείται να συμπεριληφθεί στην αποτύπωση.

Καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ο παράγων, κόστος, βρίσκεται σε άμεση συσχέτιση με την επιθυμητή ακρίβεια και όχι μόνο. Το τελικό κόστος είναι αυτό που θα ορίσει την επιλογή του εξοπλισμού μας και της μεθόδου μέτρησης καθώς επίσης και του χρόνου που θα δαπανηθεί για την όλη διαδικασία. Στην εικόνα 4.1 απεικονίζεται ένας πίνακας με την συσχέτιση της κάθε κλίμακας και της αβεβαιότητας που την συνοδεύει.

ΚΛΙΜΑΚΑ εκτύπωσης	Αβεβαιότητα ($\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$) σε mm
1:100	25
1:50	13
1:25	6
1:20	5
1:10	3
1:5	1

Σχήμα 4.1. Αβεβαιότητες προσδιορισμού συντεταγμένων σημείων λεπτομερειών σε σχέση με την κλίμακα εκτύπωσης.

4.6 Τυπική διαδικασία τεκμηρίωσης

Σίγουρα κάθε μελετητής με βάσει την εμπειρία του έχει έναν προσωπικό τρόπο με τον οποίον προσεγγίζει μια τεκμηρίωση ενός μνημείου ή μιας κατασκευής. Ωστόσο θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι προδιαγραφές, οι μέθοδοι και τα διαθέσιμα εργαλεία είναι αυτά που επιβάλουν να υπάρχει μια διαδικασία που μπορεί να ονομαστεί ως τυπική.

Αρχικά θα πρέπει να προηγηθεί μια αναγνώριση της περιοχής. Ο μελετητής καλείται να εξοικειωθεί με τον χώρο και την κατασκευή. Συνήθως γίνεται περπατώντας προσεκτικά την περιοχή που βρίσκεται η κατασκευή και εντοπίζοντας τις ιδιομορφίες που παρουσιάζει. Αυτό είναι σημαντικό γιατί έτσι θα μπορέσει να στηθεί το δίκτυο των σημείων από τα οποία θα παρθούν οι μετρήσεις. Επίσης τυχόν σημεία που είναι δύσκολο να μετρηθούν ή επιφάνειες που δεν είναι καθαρά εμφανής είναι μερικά από τα θέματα που ο μηχανικός πρέπει να αναγνωρίσει από την αρχή και με βάση αυτά να πάρει τις κατάλληλες αποφάσεις. Σε αυτό το στάδιο συνήθως αποφασίζεται η μετέπειτα πορεία των διαδικασιών. Συνοδευτικά με την αναγνώριση της περιοχής γίνεται και λήψη φωτογραφιών αλλά και δημιουργία σχεδίων πεδίου τα λεγόμενα 'κροκί'. Ο ρόλος των κροκί να περιγράψουν την διαδικασία αποτύπωσης ενώ σε αυτά σημειώνονται και όλες οι ιδιομορφίες της κατασκευής που χρειάζονται να προβλεφθούν στην αποτύπωση.

Στη συνέχεια η δημιουργία ενός δικτύου σημείων περιμετρικά της κατασκευής ώστε να πραγματοποιηθεί η αποτύπωση καλύπτοντας όλες τις πτυχές της εκάστοτε γεωμετρίας. Με την χρήση του δικτύου αυτού γίνεται και η αποτύπωση των σημείων λεπτομερειών.

Για το στήσιμο του δικτύου χρειάζεται ένα πλέγμα οδεύσεων που να έχει εξαρτηθεί από δυο ή τρία τουλάχιστον σταθερά σημεία. Το δίκτυο αυτό πρέπει να εξυπηρετεί με τον τρόπο που θα στηθεί την απαιτούμενη ακρίβεια και επίσης μπορεί να γίνει και εξαρτημένο

όπως προαναφέρθηκε. Ουσιαστικά χρειάζεται ένα περιμετρικό δίκτυο σημείων, μια περιμετρική όδευση δηλαδή και στη συνέχεια η εγκατάσταση ζευγών σημείων σε κάθε όροφο τον μνημείου με τη βοήθεια τετράπλευρων στα οποία μετρούνται οι πλευρές και οι γωνίες δια μέσον των θυρών, των παραθύρων ή άλλων ανοιγμάτων. Οι θέσεις των πολυγωνικών σημείων πρέπει να επιλέγονται κατά τρόπον ώστε να καθίσταται δυνατή η αποτύπωση άσο το δυνατόν περισσότερων σημείων λεπτομερειών με τον ελάχιστο αριθμό στάσεων του γεωδαιτικού σταθμού. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις επιτρέπεται η χρήση μη ελεγχόμενων πολυγωνικών σημείων (τυφλές στάσεις).

Εκτός από το πολυγωνομετρικό δίκτυο θα πρέπει να προσδιοριστούν και τα υψόμετρα των πολυγωνικών σημείων με γεωμετρική χωροστάθμηση. Όταν υπάρχουν πολλοί όροφοι μπορεί η μεταφορά υψομέτρου να γίνει με τον χωροβάτη. Σημεία που είναι απρόσιτα μπορούν να προσδιοριστούν με τριγωνομετρική χωροστάθμηση από τρεις τουλάχιστον στάσεις. Εδώ υπάρχει και το θέμα της ακρίβειας ξανά καθότι η υψομετρική διαφορά μεταξύ δύο οποιονδήποτε χωροσταθμικών σημείων τον μνημείου ή μεταξύ ενός χωροσταθμικού σημείου καθενός από τους ορόφους και της υψομετρικής αφετηρίας της μελέτης, δεν πρέπει να διαφέρει από τη μετρούμενη στο έδαφος με όργανα να μεθόδους ανώτερης τάξης περισσότερο από 3mm. Μεγαλύτερες ή μικρότερες ακρίβειες μπορούν να συμφωνούνται μεταξύ εργοδότη και μελετητή ανάλογα με το σκοπό για τον οποίο γίνεται η μελέτη.

Εδώ ολοκληρώνεται και η συλλογή όλης της μετρητικής πληροφορίας η οποία είναι ογκώδης και θα γίνει αντικείμενο επεξεργασίας σε κάποια υπολογιστική μονάδα. Για αυτό είναι καλό να υπάρχει συγκεκριμένη οργάνωση όσον αφορά την συλλογή των σημείων που αποτυπώνονται. Τα σημεία λεπτομερειών μπορούν να αποτυπωθούν με την μέθοδο των πολικών συντεταγμένων και την μέθοδο της εμπροσθοτομίας.

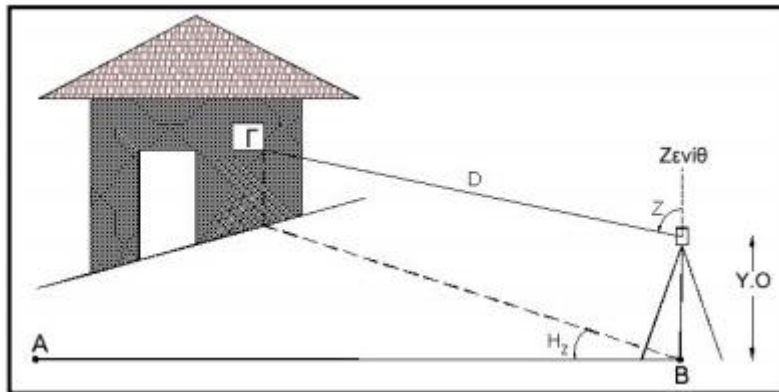
Επόμενο βήμα θα μπορούσε να είναι η εργασία στο γραφείο και η επεξεργασία των μετρήσεων. Τα τελικά στοιχεία αποδίδονται με την μορφή διαγραμμάτων στις κατάλληλες κλίμακες, ενώ ο έλεγχος της ορθότητας κλείνει οριστικά και την μελέτη.

4.6.1 Μέθοδος πολικών συντεταγμένων

Η αποτύπωση με χρήση πολικών συντεταγμένων εφαρμόζεται όταν είναι δυνατή η άμεση μέτρηση του μήκους προς το σκοπευόμενο σημείο. Για την άμεση μμέτρηση του μήκους μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε απλοί ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί και ειδικοί μικροί (mini) ανακλαστήρες είτε τις περισσότερες φορές χρησιμοποιούνται ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί, που μμετρούν το μήκος χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα (reflectorless). Η χρήση αυτής της μμεθόδου παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Είναι δυνατή η αποτύπωση απρόσιτων σημείων.

- Μειώνει σημαντικά τόσο το ανθρώπινο δυναμικό που απαιτείται για την πραγματοποίηση των μετρήσεων όσο και το χρόνο παραμονής στο πεδίο.
- Παρέχει ακρίβεια στον προσδιορισμό των συντεταγμένων που κυμαίνεται από $\pm 2\text{mm}$ - $\pm 1\text{cm}$, ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο εξοπλισμό και την ακρίβεια των οργάνων.
- Είναι δυνατή η αποτύπωση σημείων ακόμη και σε αποστάσεις 1200m χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα.



Σχήμα 4.2. Σχηματική παράσταση εφαρμογής της μεθόδου πολικών συντεταγμένων

Για την εφαρμογή της μεθόδου ο απαιτούμενος εξοπλισμός είναι: ένας ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός (Total station), ένας τρίποδας, μια μετροταινία για τη μέτρηση του ύψους οργάνου. Στις περιπτώσεις σκοπεύσεων σε μικρές ζενίθιες γωνίες είναι απαραίτητη η χρήση ακωνοειδούς πρίσματος, που τοποθετείται στο προσοφθάλμιο του γεωδαιτικού σταθμού.

Τα μετρούμενα μεγέθη είναι: το μήκος D , η ζενίθια γωνία z , η οριζόντια γωνία H_z και το ύψος οργάνου $Υ.Ο.$ Το ύψος στόχου, αφού η σκόπευση γίνεται ακριβώς στο επιθυμητό σημείο, είναι μηδέν. Τα μεγέθη που πρέπει να είναι γνωστά είναι οι συντεταγμένες x_A, y_A, z_A και x_B, y_B, z_B των κορυφών του δικτύου όπου προσανατολίζεται και τοποθετείται ο γεωδαιτικός σταθμός αντίστοιχα.

Από τις σχέσεις (1), (2) και (3) προσδιορίζονται οι ορθογώνιες συντεταγμένες x_Γ, y_Γ καθώς και υψόμετρο z_Γ του σκοπευόμενου σημείου Γ .

$$x_\Gamma = x_B + D \cdot \sin z \cdot \sin(\alpha_{BA} + H_z) \quad (1)$$

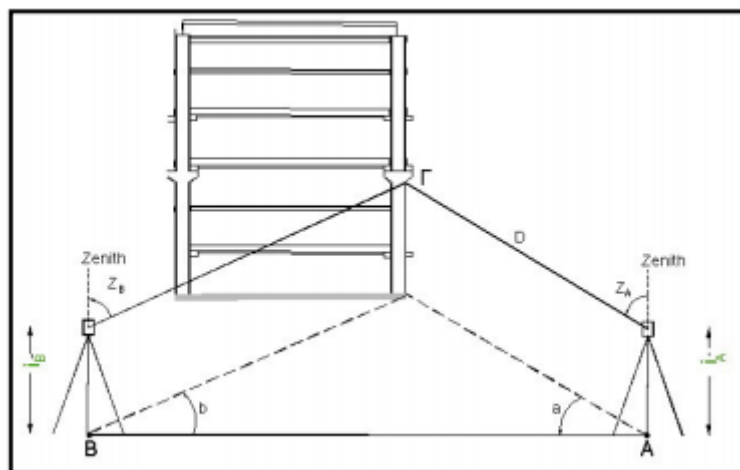
$$y_\Gamma = y_B + D \cdot \sin z \cdot \cos(\alpha_{BA} + H_z) \quad (2)$$

$$z_\Gamma = z_B + D \cdot \cos z + Υ.Ο. \quad (3)$$

Στη μέθοδο αυτή ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στην επιλογή του σκοπευόμενου σημείου η οποία υποβοηθάται σημαντικά όταν χρησιμοποιείται η ακτίνα ορατού laser, που έχουν τη δυνατότητα να εκπέμπουν ορισμένοι από τους σύγχρονους ολοκληρωμένους γεωδαιτικούς σταθμούς. Η ακτίνα ορατού κόκκινου laser επισημαίνει το μετρούμενο σημείο έτσι ώστε να επιβεβαιώνεται η σκόπευση. Η λειτουργία αυτή είναι πολύ σημαντική επειδή υπάρχουν περιπτώσεις που είναι αδύνατος ο διαχωρισμός και η σκόπευση του επιθυμητού σημείου μμέσα από το τηλεσκόπιο του οργάνου, είτε διότι η σκόπευση γίνεται από πολύ μικρή απόσταση και υπάρχουν πολλά παρόμοια γειτονικά στοιχεία στην κατασκευή είτε διότι η σκόπευση γίνεται σε μικρή ζενίθια γωνία z .

4.6.2 Μέθοδος εμπροσθοτομίας

Η αποτύπωση με χρήση της μεθόδου της εμπροσθοτομίας στο χώρο χρησιμοποιείται σήμερα ελάχιστα. Παλαιότερα χρησιμοποιείτο περισσότερο με τη χρήση οργάνων συμβατικής τεχνολογίας. Οδηγεί στον προσδιορισμό της θέσης ενός σημείου Γ με τη μέτρηση μόνο των οριζόντιων γωνιών a και b και των ζενίθιων γωνιών z_A και z_B από δύο γνωστά σημεία A και B με γνωστές συν/νες και επομένως γνωστή την μεταξύ τους απόσταση (εικόνα 4.3).



Σχήμα 4.3. Σχηματική παράσταση εφαρμογής της μεθόδου της εμπροσθοτομίας στο χώρο.

Για την εφαρμογή της μεθόδου ο απαιτούμενος εξοπλισμός είναι: δύο ψηφιακά θεοδόλιχα ή οπτικομηχανικά θεοδόλιχα όργανα συμβατικής τεχνολογίας, που χρησιμοποιούνταν μέχρι

τα τέλη του 20ου αιώνα, δύο τρίποδες, μια μμετροταινία για τη μμέτρηση του ύψους οργάνου. Επίσης είναι απαραίτητη η υλοποίηση του σημείου αποτύπωσης με κάποιο ειδικό τρόπο (συνήθως με συσκευές εκπομπής ορατού laser), ώστε να είναι δυνατή η σκόπευση του ίδιου ακριβώς σημείου και από τα δύο όργανα. Τα γνωστά μμεγέθη είναι οι συντεταγμένες $x_A, y_A, z_A, x_B, y_B, z_B$ των δύο κορυφών του τρισδιάστατου δικτύου. Από τις σχέσεις (4), (5), (6) προσδιορίζονται οι ορθογώνιες συντεταγμένες x_Γ, y_Γ καθώς και υψόμετρο z_Γ του σκοπευόμενου σημείου Γ .

$$x_\Gamma = \frac{y_B - y_A + x_A \cdot \cot b + x_B \cdot \cot a}{\cot a + \cot b} \quad (4)$$

$$y_\Gamma = \frac{x_A - x_B + y_A \cdot \cot b + y_B \cdot \cot a}{\cot a + \cot b} \quad (5)$$

$$\left. \begin{aligned} z_{\Gamma(A)} &= z_A + S_A \cdot \cot z_A + i_A \\ z_{\Gamma(B)} &= z_B + S_B \cdot \cot z_B + i_B \end{aligned} \right\} \Rightarrow z_\Gamma = \frac{z_{\Gamma(A)} + z_{\Gamma(B)}}{2} \quad (6)$$

Η ακρίβεια αυτής της μμεθόδου εξαρτάται από την ακρίβεια μμέτρησης των οριζόντιων και ζενίθιων γωνιών, των υψών οργάνου αλλά και από τη γεωμετρία του σχηματιζόμενου τριγώνου και είναι της τάξης των μερικών cm.

4.7 Τελικά διαγράμματα και έλεγχος της τεκμηρίωσης

Με την ολοκλήρωση της αποτύπωσης ο μελετητής θα πρέπει να έχει ετοιμάσει μια σειρά από σχέδια – διαγράμματα. Είναι δόκιμο εδώ να αναφερθούν και τα διαγράμματα γενικής διάταξης τα οποία δίνουν πληροφορίες για την θέση στην οποία βρίσκεται η προς αποτύπωση κατασκευή. Το οδοιπορικό είναι συνήθως ένα απόσπασμα χάρτη ή ρυμοτομικού σχεδίου όπου φαίνεται η θέση της περιοχής που είναι να μελετηθεί.

4.7.1 Τοπογραφικό διάγραμμα

Τοπογραφικό διάγραμμα όλης της περιοχής όπου απεικονίζεται η κατασκευή σε κάτοψη με τον περιβάλλοντα χώρο. Παρέχει πληροφορίες για το οικόπεδο και την θέση όλων των κατασκευών που βρίσκονται μέσα σε αυτό. Ανάλογα με την έκταση του οικοπέδου και το πλήθος των τοπογραφικών πληροφοριών συντάσσεται υπό κλίμακα 1:200 ή 1:500 και είναι πάντοτε εξαρτημένο από το υπάρχον επίσημο σύστημα αναφοράς. Ειδικότερα το τοπογραφικό διάγραμμα τον οικοπέδου και της περιοχής του πρέπει να περιέχει τις ακόλουθες πληροφορίες:

- σχεδιαστική κλίμακα
- διεύθυνση Βορρά
- όρια τον οικοπέδου και των όμορων τον
- υπάρχουσα βλάστηση (δένδρα, θάμνοι κλπ.)
- υπάρχουσες βοηθητικές εγκαταστάσεις (δεξαμενές, υπόστεγα κλπ.)
- περιγράμματα υπάρχοντων κτισμάτων εντός τον οικοπέδου - περιγράμματα χτισμάτων σε γειτονικά οικόπεδα
- προσόψεις χτισμάτων σε ολόκληρο το οικοδομικό τετράγωνο - προσόψεις χτισμάτων απέναντι από το οικόπεδο
- έλεγχος ρυμοτομίας (εξισώσεις ρυμοτομικών γραμμών ή εφαρμογή τον διατάγματος ρυμοτομίας)
- υψομετρική αποτύπωση (ισοϋψείς καμπύλες με ισοδιάσταση ανά 0.50 ή 1.00m όταν υπάρχει σημαντική κλίση, ή απλά υψομετρικά σημεία όταν η κλίση είναι πολύ μικρή)
- υπάρχοντες ή προγραμματισμένοι δρόμοι που οδηγούν στο οικόπεδο ή συνορεύουν με αυτό (ονόματα, πλάτη πεζοδρομίων και καταστρωμάτων, W μέτρα)
- συντεταγμένες των κορυφών του οικοπέδου και των όμορων τον
- μήκη ευθυγράμμων τμημάτων των πλευρών (αναλυτικός υπολογισμός)
- μήκη διαγώνιων (αναλυτικός υπολογισμός)
- αναλυτικός υπολογισμός εμβαδού
- άνοιγμα γωνιών οικοπέδου
- χαρακτηρισμός των κορυφών τον οικοπέδου με γράμματα τον αλφαβήτου
- στοιχεία ιδιοκτητών τον οικοπέδου και των γειτονικών τον (αριθμός οικοπέδου, όνομα ιδιοκτήτου, ποσοστά συνιδιοκτησίας).

4.7.2 Διαγράμματα Κατόψεων, ανόψεων και λεπτομέρειες

Στα διαγράμματα κατόψεων απεικονίζονται τα στοιχεία των Θα έβλεπε κανείς παρατηρώντας εκ των άνω προς τα κάτω, εάν υποθεθεί ότι το χτίριο τέμνεται με οριζόντιο επίπεδο :

(α) σε ύψος 1.80m περίπου από την επιφάνεια τον δαπέδου

ή

(β) στο υψόμετρο τον δαπέδου περίπου

Ή

(γ) σε απόλυτα υψόμετρα H1= ..., H2= ... H3=

Στοιχεία λεπτομερειών σε ξεχωριστά σχέδια αποτυπώνονται και αφορούν δομικά στοιχεία, υποστυλώματα, χωρίσματα, πόρτες, παράθυρα, κλιμακοστάσια κλπ. Οι διαστάσεις αυτών των λεπτομερειών μετρούνται άμεσα ή υπολογίζονται από τις συντεταγμένες που προσδιορίζονται κατά την πλήρως ελεγχόμενη αποτύπωση.

Τα διαγράμματα ανόψεων προκύπτουν από αυτό που θα έβλεπε κανείς κοιτώντας προς τα πάνω και υποθέτοντας ότι το κτίριο τέμνεται από ένα οριζόντιο επίπεδο. Στα διαγράμματα ανόψεων αποτυπώνονται μια σειρά από λεπτομέρειες όπως δοκάρια, φεγγίτες, κορφιάδες, καταπακτές.

4.7.3 Διαγράμματα τομών και όψεων

Οι τομές προκύπτουν όταν θεωρήσουμε ότι ένα κάθετο επίπεδο σε σημείο της επιλογής μας τέμνει την κατασκευή. Στις τομές φαίνονται πόρτες, παράθυρα, αψίδες, μπαλκόνια, πρόστεγα.

Στην περίπτωση των όψεων συμπεριλαμβάνονται στοιχεία όπως στηθαία, κιγκλιδώματα, λεπτομέρειες παραθύρων και θυρών, δώματα, πολεμίστρες και πυργίσκοι και διάφορα διακοσμητικά στοιχεία. Επίσης και στις όψεις αλλά και στις τομές αποτυπώνονται στοιχεία που έχουν να κάνουν με φθορές όπως υγρασία, ρηγματώσεις στην τοιχοποιία, πεσμένοι σοβάδες και τούβλα.

Στα διαγράμματα πρέπει να σημειώνεται και η αφετηρία μέτρησης των υψομέτρων. Φυσικά αυτά τα διαγράμματα τα διέπουν κάποιες βασικές αρχές που έχουν να κάνουν με τον ψηφιακό σχεδιασμό ο οποίος γίνεται πλέον σε ΗΥ. Οργάνωση επιπέδων (layers) και επιλογή χρωμάτων όπως επίσης και συνοδευτικά στοιχεία όπως κάρναβος και ένδειξη κλίμακας είναι μερικά από τα προαναφερθέντα στοιχεία.

4.8 Έλεγχος αποτελεσμάτων

Πριν την τελική παράδοση ωστόσο είναι δόκιμο να προηγείται ένας έλεγχος των αποτελεσμάτων. Ο όγκος της πληροφορίας είναι τόσο μεγάλος που κάποια πιθανά λάθη είναι εύκολο να προκύψουν. Συνήθως τέτοια λάθη αφορούν την μη ταύτιση οριζόντιων δομικών στοιχείων με τις αντίστοιχε τομές ή όψεις που αναφέρονται στο συγκεκριμένο στοιχείο. Φυσικά με την ευκολία που παρέχουν τα ηλεκτρονικά μέσα παραγωγής σχεδίων σήμερα είναι εύκολο να γίνεται ένας δειγματοληπτικός έλεγχος. Έτσι στο προηγούμενο παράδειγμα μπορούμε εύκολα να τοποθετήσουμε το οριζόντιο στοιχείο πάνω από την τομή του και να δούμε αν υπάρχει τυχόν αστοχία. Δειγματοληπτικές μετρήσεις μπορούν να γίνουν και στο πεδίο ως ένας τελικός έλεγχος της αποτύπωσης.

Τα τελικά διαγράμματα πρέπει να αποδίδουν με σαφήνεια όλες τις πληροφορίες που ορίζουν τη γεωμετρική μορφή τον αντικειμένου και μπορούν να απεικονιστούν στην κλίμακα σχεδίασης. Τα τελικά διαγράμματα θεωρούνται πλήρη, όταν το σύνολο των υφισταμένων στο πεδίο σημαντικών λεπτομερειών απεικονίζεται και τουλάχιστον το 90% των λεπτομερειών αυτών δεν παρουσιάζει καμία ασάφεια.

4.9 Περιγραφή διαδικασιών πεδίου

Πριν την τελική παράδοση ωστόσο είναι δόκιμο να προηγείται ένας έλεγχος των αποτελεσμάτων. Ο όγκος της πληροφορίας είναι τόσο μεγάλος που κάποια πιθανά λάθη είναι εύκολο να προκύψουν. Συνήθως τέτοια λάθη αφορούν την μη ταύτιση οριζόντιων δομικών στοιχείων με τις αντίστοιχε τομές ή όψεις που αναφέρονται στο συγκεκριμένο στοιχείο. Φυσικά με την ευκολία που παρέχουν τα ηλεκτρονικά μέσα παραγωγής σχεδίων σήμερα είναι εύκολο να γίνεται ένας δειγματοληπτικός έλεγχος. Έτσι στο προηγούμενο παράδειγμα μπορούμε εύκολα να τοποθετήσουμε το οριζόντιο στοιχείο πάνω από την τομή του και να δούμε αν υπάρχει τυχόν αστοχία. Δειγματοληπτικές μετρήσεις μπορούν να γίνουν και στο πεδίο ως ένας τελικός έλεγχος της αποτύπωσης.

Έχοντας παρουσιάσει και αναλύσει τις διάφορες μεθόδους στα προηγούμενα κεφάλαια, ακολουθεί η αναλυτική περιγραφή της διαδικασίας που ακολουθήθηκε για την τοπογραφική αποτύπωση της υδρογέφυρα του Λόφου Μουσάλα.

Σε πρώτο στάδιο στα μέσα του Απρίλη πραγματοποιήθηκε η μελέτη της περιοχής για τυχόν δυσκολίες. Παρατηρήθηκε έντονη βλάστηση και δυσκολία προσβασιμότητας στην πίσω όψη του υδραγωγείου. Στην συνέχεια, κατά την έναρξη και αυτοψία στο αν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί η φωτογράφιση, η παρουσία του ήλιου ήταν αρκετά έντονη και υπήρχαν πολλές σκιές που θα επιδρούσαν αρνητικά στο τελικό αποτέλεσμα. Έτσι αποφασίστηκε αναβολή της φωτογράφισης περί της μίας ώρας. Δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στις λήψεις, ώστε να απεικονιστεί με μεγάλη λεπτομέρεια το κάθε σημείο σε ακρίβεια εκατοστού.

Εντοπίστηκαν τα κατάλληλα σημεία για να χαραχτεί όδευση καθώς και σημεία για να τοποθετηθούν τα σταθερά σημεία. Το πρώτο τοποθετήθηκε στην ταράτσα μιας μονοκατοικίας όπου έγινε και ο πρώτος μηδενισμός. Μετρήθηκε λεπτομερώς και με ακρίβεια όλη η περιοχή αναφοράς αρχικά και στην συνέχεια με την μέθοδο no prism καταγράφηκαν σημεία πάνω στο υδραγωγείο για την σωστή ορθοαναγωγή του.

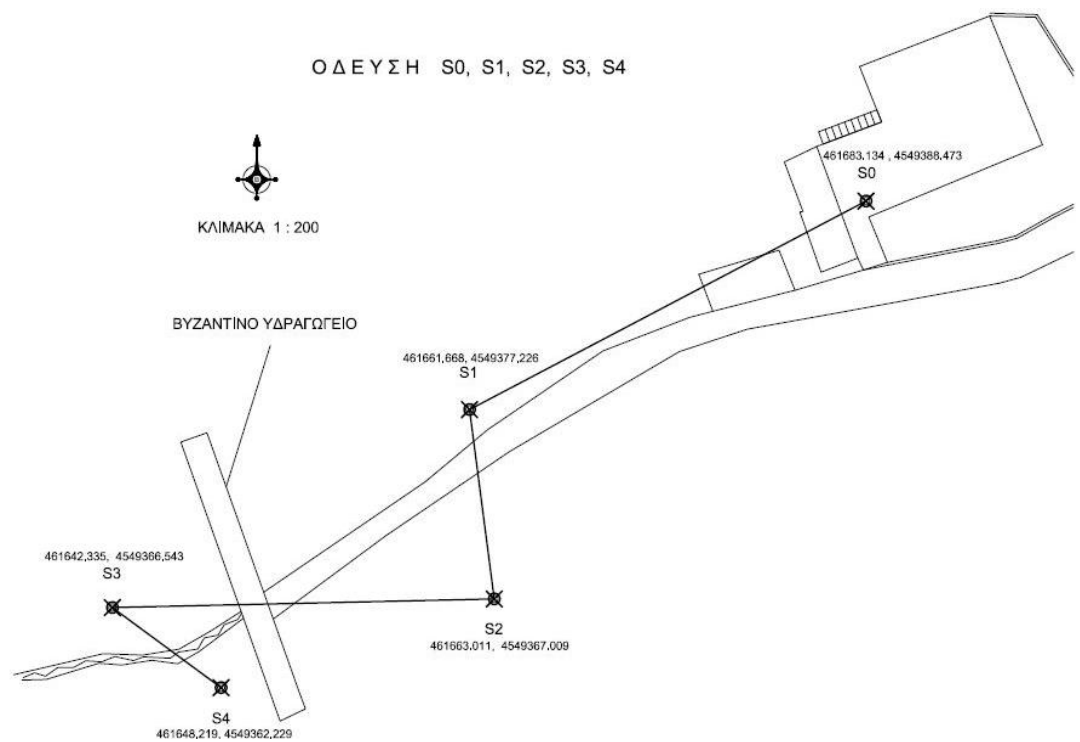
Στην συνέχεια έγινε πτήση με drone. Η πτήση του drone έγινε σε απόσταση δύο μέτρων από όλα τα σημεία του μνημείου ξεχωριστά. Τα χαρακτηριστικά του drone παραθέτονται παρακάτω. Η αρχή της φωτογράφισης έγινε στην κάθετο του μνημείου (κάτοψη) με μετακίνηση του drone ανά 20-30 εκατοστά σε νοητές λωρίδες κατά μήκος του μνημείου. Εν συνεχεία, με μικρές κλήσεις ανά τις λωρίδες απεικονίστηκαν και οι όψεις του μνημείου. Η συνολική διάρκεια της φωτογράφισης είναι τρία τριαντάλεπτα και αυτό διότι εξαντλήθηκαν οι μπαταρίες του drone. Σε κάθε τριαντάλεπτο έγινε λήψη περίπου 150 με 200 φωτογραφιών τα πρώτα δυο τριανταλεπτα έγιναν στην πρώτη μερα, ενώ το τρίτο τριανταλεπτο σε διαφορετική ημέρα λόγω δυσης του ηλίου.

Την πρώτη μέρα της φωτογράφισης, πραγματοποιήθηκε το 70% της μελέτης. Την δεύτερη μέρα ολοκληρώθηκε η διαδικασία της αποτύπωσης μέσω φωτογραφιών. Καταγράφηκαν συνολικά 900 φωτογραφίες με επικάλυψη περίπου 20% η μια από την άλλη και σε διάφορες γωνίες λήψης. Αφού τελείωσε επιτυχώς αυτό το στάδιο έγινε η επίλυση της όδευσης (ανοιχτής και εξαρτημένης στα δύο άκρα), το τοπογραφικό διάγραμμα εξαρτημένο σε ΈΓΣΑ '87 προβολικό σύστημα συντεταγμένων, όπως επίσης και η επιλογή των κατάλληλων φωτογραφιών για την παραγωγή του 3D μοντέλου. Επιλέχθηκαν 789 φωτογραφίες.

Το αποτέλεσμα δεν ήταν άρτιο διότι υπήρξε πρόβλημα βλάστησης αλλά και μη εμπειρίας πτήσης του drone με αποτέλεσμα να υπάρχει ένα κενό στην βλάστηση όπως επίσης και λίγες λήψεις στην πίσω όψη του υδραγωγείου λόγω δυσκολίας προσβασιμότητας (πολύ ψηλά δέντρα και κλαδιά). Κατά την διάρκεια της φωτογράφισης υπήρξαν προβλήματα οφειλόμενα στην χλωρίδα της περιοχής, όπως έντονη βλάστηση, φυλλωσιές, κλαδιά δέντρων όπου δυσχέραιναν την πτήση του drone και την λήψη των φωτογραφιών.

Το σύνολο των φωτογραφιών που λήφθηκαν είναι περίπου 900, οι οποίες πέρασαν από διαδικασία ελέγχου ώστε να καταχωρηθούν στο κατάλληλο λογισμικό πρόγραμμα για την τρισδιάστατη απεικόνιση του μνημείου του παλιού Υδραγωγείου Σερρών.





Σχήμα 4.5. Τα σημεία και η όδευση που ακολουθήθηκε



Σχήμα 4.6. Τα σημεία και η όδευση που ακολουθήθηκε αποτυπωμένα σε δορυφορική εικόνα

Για την τρισδιάστατη απεικόνιση του παλιού υδραγωγείου στην πόλη των Σερρών ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία, χρησιμοποιώντας τις φωτογραφίες που λήφθηκαν από την πτήση του drone.

Με την χρήση του λογισμικού Agisoft Metashape πραγματοποιήθηκε η παραγωγή του 3D μοντέλου ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα :

- ΒΗΜΑ1:

Ανέβασμα επιλεγμένων φωτογραφιών

- ΒΗΜΑ 2:

Προσθήκη φωτοσταθερών και των συντεταγμένων τους (point , add control points)

- ΒΗΜΑ 3:

Η ευθυγράμμιση των φωτογραφιών . (Workflow-align photos-accuracy medium)

*Το accuracy είναι ανάλογο με το τι ποιότητα μοντέλου θέλουμε να βγάλουμε αλλά και τι δυνατότητες έχει ο κάθε υπολογιστής . Δηλαδή αν ο υπολογιστής μας είναι μια μέτριας απόδοσης βάζουμε medium, με κακή απόδοση βάζουμε low κτλ.

Ουσιαστικά οι φωτογραφίες σε αυτό το σημείο απεικονίζονται σαν νέφος σημείων (point cloud) . Σε περίπτωση που φωτογραφίες δεν έχουν την σωστή επικάλυψη και δεν βρεθούν αρκετά κοινά σημεία(τα οποία τα σβήνω γιατί δεν μου χρησιμεύουν κάπου παρα μόνο επιφέρουν προβλήματα στην παραγωγή του μοντέλου) το αποτέλεσμα θα είναι όπως στην εικόνα 4.7.

- ΒΗΜΑ 4:

Workflow-build dense cloud-quality medium

Στην τιμή της ποιότητας quality ισχύουν οι κανόνες όπως στο βήμα 3.

Ουσιαστικά σε αυτό το βήμα δημιουργεί μια ομοιογένεια στο νέφος σημείων (point cloud) με αποτέλεσμα να βλέπουμε μια αρχική κατάσταση δημιουργίας του 3D μοντέλου μας.



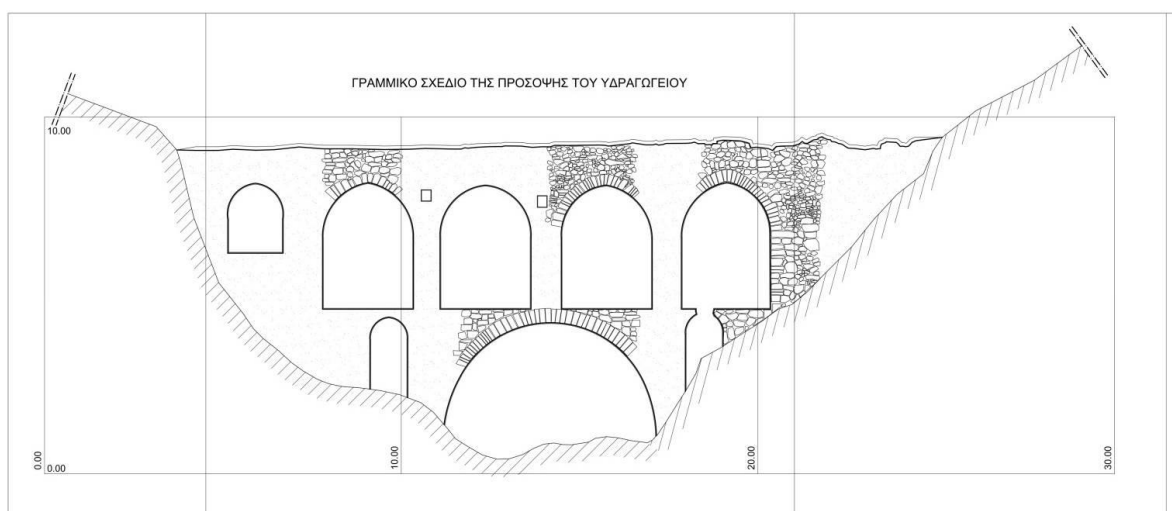
Σχήμα 4.7. Σχηματική παράσταση εφαρμογής της μεθόδου πολικών συντεταγμένων

- ΒΗΜΑ 5:

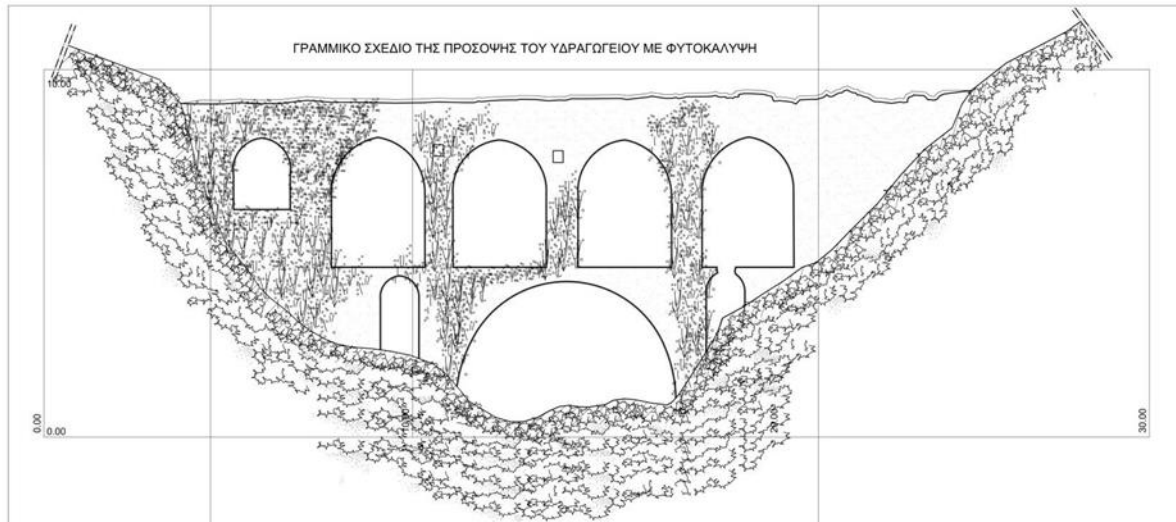
Workflow-build mesh -dense cloud

Σε αυτό το στάδιο, όπου είναι και το τελικό, γίνεται μια όμορφη απαλοιφή της επιφάνειας του μοντέλου ώστε να γίνει σχεδόν ίδιο με την πραγματικότητα.

Τέλος, η απεικόνιση της υδρογέφυρας αποτέλεσε και το «πατρών» για την ψηφιοποίηση της με την χρήση του AutoCAD, όπως φαίνεται και από τα σχήματα παρακάτω.



Σχήμα 4.8. Γραμμικό σχέδιο της πρόσοψης του υδραγωγείου



Σχήμα 4.9. Γραμμικό σχέδιο της πρόσοψης του υδραγωγείου με φυτοκάλυψη

Συμπεράσματα

Η διπλωματική εργασία πραγματοποίησε μια εκτενή ανάλυση του Τούρκικου υδραγωγείου, εστιάζοντας στην τοπογραφική τεκμηρίωση και τη διαχείριση της πληροφορίας του, χρησιμοποιώντας προηγμένα εργαλεία και τεχνολογίες.

Καταρχάς, αναδείχθηκε η εγκατάλειψη του μνημείου και οι κίνδυνοι που αντιμετωπίζει, όπως η έκταση της βλάστησης που καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος του. Αυτό αποτελεί σοβαρό πρόβλημα για την διατήρηση του μνημείου και απαιτεί άμεση παρέμβαση. Επιπλέον, η εγκατάλειψη του μνημείου συνάδει και με την γενικότερη υποβάθμιση της ευρύτερης περιοχής παρόλο που το υδραγωγείο παραμένει επισκέψιμο.

Η χρήση της τεχνολογίας και των οργάνων συνέβαλε σημαντικά στην λεπτομερή απεικόνιση της κατάστασης του μνημείου. Η αξιοποίηση εργαλείων όπως ο γεωδαιτικός σταθμός της TOPCON, ο GPS δέκτης της STONEX, το drone αλλά και τα λογισμικά αξιοποίησης και διαχείρισης των πληροφοριών που λήφθηκαν, επέτρεψε τη δημιουργία ενός ακριβούς και λεπτομερούς 3D μοντέλου, το οποίο αποτέλεσε τη βάση για την παραπάνω μελέτη.

Τα αποτελέσματα της καταγραφής και της απεικόνισης που προέκυψαν από αυτήν την εργασία μπορούν να αποτελέσουν ένα πολύ καλό υπόβαθρο για μία οργανωμένη προσπάθεια μελέτης για την στατικότητα, την συντήρηση αλλά και την αναστήλωση του μνημείου. Κάτι τέτοιο θα βοηθούσε σημαντικά στην αντιμετώπιση πιθανών κινδύνων κατά την επίσκεψη του υδραγωγείου, ενώ παράλληλα θα μπορούσε να αποτελέσει ξεχωριστή αφορμή για την αναβάθμιση τόσο της κατάστασης της ίδιας της υδρογέφυρας όσο και της ευρύτερης περιοχής.

Συνοψίζοντας, η τεκμηρίωση και διαχείριση του Τούρκικου υδραγωγείου αποτελεί ζωτικής σημασίας διαδικασία για τη διατήρηση του πολιτιστικού αυτού μνημείου. Η εφαρμογή τεχνολογικών μέσων και η ενσωμάτωση σε προηγμένα συστήματα διαχείρισης αποτελούν κρίσιμα εργαλεία για την επίτευξη αυτού του σκοπού και τη διασφάλιση της μακροχρόνιας διατήρησης του μνημείου για το μέλλον.

Βιβλιογραφικές αναφορές

ΈΝΤΥΠΕΣ ΠΗΓΕΣ ΚΕΙΜΕΝΟΥ (ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ)

American Society of Photogrammetry 1980. Manual of photogrammetry. Fourth edition.

ΈΝΤΥΠΕΣ ΠΗΓΕΣ ΚΕΙΜΕΝΟΥ (ΕΛΛΗΝΟΦΩΝΗ)

Πατιάς Π. 1991. Εισαγωγή στην Φωτογραμμετρία. Εκδ. Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Σαββαΐδης Π. Δούκας Ι. Υφαντής Ι. 2015. «Γεωδαισία Ι»

Σαββαΐδης Π. Υφαντής Ι. Λακάκης Κ. «ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑ», σημειώσεις, Θεσσαλονίκη 2008

Πατιάς Π. 2008. Φωτογραμμετρία και τεκμηρίωση αρχαιολογικών χώρων και ευρημάτων με απλά λόγια. Ανάσκαμμα 02.

«Εισαγωγή στη Φωτογραμμετρία», Π. Πατιάς, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 1991

ΓΓΕΤ, (Γενική γραμματεία έρευνας και τεχνολογίας), «Μικτή πραγματικότητα και Γεωπληροφορική για την επίδειξη Μνημείων», 2020

Τιλκίδης Α. 2006. «Τα πέτρινα γεφύρια του νομού Σερρών»

Κουνιάκης Χ. 2017, Βασικές αρχές Global Positioning System

Γκίκας Β., Καραμήτσος Σ., Κώτσης Ι. 2007 «Χρήση τρισδιάστατου σαρωτή Laser στην αποτύπωση διατομών σηράγγων»

Πανταζής Γ. 2010. «Γεωμετρική τεκμηρίωση τεχνητών και φυσικών κατασκευών σε μεγάλες κλίμακες»

Γεωργόπουλος Α. , Ιωαννίδης Χ. 2008, «Γεωμετρική τεκμηρίωση πολιτιστικών αγαθών», ΕΜΠ, Εργαστήριο φωτογραμμετρίας

Γ. Καφταντζή, « Ιστορία της πόλεως Σερρών και της περιφέρειάς της», Δίφρος, τ. 1ος, Αθήνα 1967, σ.σ. 61-62).

Δεληκαράογλου Δ. 2012, ΤΕΠΑΚ, Εισαγωγή στο σύστημα GPS

Γεωργόπουλος Α. 2013, Αποτυπώσεις μνημείων

Γεωργόπουλος Α. 2011, Η σωστή αποτύπωση ως αναγκαίος όρος της σωστής αναστήλωσης των μνημείων, Ε.Μ. Πολυτεχνείο

Δ. Βλάχου, Αποτύπωση, Τεκμηρίωση Αρχιτεκτονικών Μνημείων και Εμπειρίες από μια Εφαρμογή στο Άγιο Όρος, στα Γεωδαιτικά Τετράδια, τομ. 4 αρ. 1, Εκδ. Οίκος "Μέλισσα", Αθήνα - Θεσσαλονίκη, 1983.

Δ. Βλάχου, Τοπογραφικές Αποτυπώσεις Μνημείων, στα Γεωδαιτικά Τετράδια, τομ. 5 αρ. 3, Εκδ. Οίκος "Μέλισσα", Αθήνα - Θεσσαλονίκη, 1984.

Εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας, "Γεωμετρική τεκμηρίωση στο χώρο, των δομικών στοιχείων των κτιρίων που κατέρρευσαν στο σεισμό της 07.09.1999 στο λεκανοπέδιο Αττικής", Ερευνητικό Πρόγραμμα, Ε.Μ.Π, Σ.Α.Τ.Μ, Αθήνα 1999.

Μακρής Γ., "Γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων", Σημειώσεις μαθήματος, Ε.Μ.Π, Σ.Α.Τ.Μ, Αθήνα 2005.

Μπαλοδήμος Δ. – Δ., " Η συμβολή της Γεωδαισίας και της Φωτογραμμετρίας στην τεκμηρίωση και διατήρηση της πολιτισμικής μας κληρονομιάς. Μια πρόταση για την Ήπειρο", Πρακτικά 2ου Διεπιστημονικού Διαπανεπιστημιακού συνεδρίου "Τεχνολογία – Πολιτισμός και αποκέντρωση", Ε.Μ.Π, ΜΕΚΔΕ, Αθήνα 2001.

Πανταζής Γ., "Διερεύνηση του προσανατολισμού μνημείων με γεωδαιτικές και αστρονομικές μεθόδους. Εφαρμογή στα Μετέωρα", Διδακτορική Διατριβή, Οκτώβριος 2002.

Τομέας Γεωτεχνικής, "Γεωλογική – Γεωτεχνική Έρευνα βραχιδών πρηνών Κάστρου Μονεμβασίας, Ν. Λακωνίας", Τεχνική Έκθεση, Αθήνα 2003.

Α. Γιουρούση - Α. Πορτελάνου, 1984, Αναφορά στην αποτύπωση - τεκμηρίωση μνημείων και χώρων και σχετικές εμπειρίες από παρεμφερείς εργασίες, στο Αναστήλωση - Συντήρηση - Προστασία μνημείων και συνόλων, τόμος Α. τεχνική περιοδική έκδοση ΥΠΠΟ, Αθήνα.

Τοκμακίδης Κ. 2017, «Τεχνικές προδιαγραφές αποτυπώσεων μνημείων»

Α. Πορτελάνου, Αποτυπώσεις αρχαιολογικών χώρων, μνημείων και συνόλων. Συμβολή στη μελέτη της παθολογίας των κτηρίων - Διαχρονική παρακολούθηση, στο Αναστήλωση - Συντήρηση - Προστασία μνημείων και συνόλων. τόμος Β. τεχνική περιοδική έκδοση ΥΠΠΟ. Αθήνα, 1987.

Δ. βλάχος: "Ο Συνδυασμός Τοπογραφικών και Φωτογραμμετρικών Μεθόδων στις Αποτυπώσεις Μνημείων και Αρχαιολογικών Χώρων", Πρακτικά Συνεδρίων που οργανώθηκε από το Κε.Δ.Α.Κ., το Τ.Ε.Ε. και το Σ.Α.Τ.Μ.β.Ε. με θέμα "Σ» γχρονεςΜέθοδοι Αποτύπωσης και Τεκμηρίωσης Μνημείων και Αρχαιολογικών χώρων" Θεσσαλονίκη 1986

Δ. βλάχος: "Αστικά Τοπογραφικά Δίκτυα", Πρακτικά σεμιναρίου χατάρτησης νέων επιστημόνων τον Πανελληνίου Συλλόγου Διπλωματούχων Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Αθήνα 1988

Γ. Λάββας: "Προστασία Μνημείων & Συνόλων. Συλλογή Κειμένων", Πολυτεχνική Σχολή ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη 1977

Παυλίδης Γ. Σεβετλίδης Β. Χαραλαμπίδου Μ. 2014 , ΙΕΛ – Ινστιτούτο Επεξεργασίας του Λόγου «Μέθοδοι τρισδιάστατης ψηφιοποίησης αντικειμένων και χώρων.

Υπουργείο Πολιτισμού και Επιστημών: "Αναστήλωση - Συντήρηση - Προστασία Μνημείων και Συνόλων" τ. Α. Αθήνα 1984

Ινστιτούτο Πολιτιστικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας, Μελέτη Τεχνολογιών Ψηφιοποίησης σε τρεις διαστάσεις., DIGITECH III

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΚΕΙΜΕΝΟΥ

http://www.library.tee.gr/digital/techr/2007/techr_2007_i_1_2_87.pdf

http://morfologia.arch.duth.gr/2o_etos/PDF/apotiposeis.pdf

<https://www.archaiologia.gr/blog/2009/11/12/σύγχρονα-όργανα-και-μέθοδοι-για-την-απ-2/>

<https://www.geomeletitiki.gr/το-σύγχρονο-οπλοστάσιο-για-τη-συντή/>

Λουτρίδης Γ. Βασικές αρχές GPS, Μέθοδοι εντοπισμού (<https://www.landmark.com.gr/βασικές-αρχές-gps/μέθοδοι-εντοπισμού/>)

Παράρτημα Α

Σχεδιασμός και υλοποίηση των μετρήσεων

A.1 Συνεργείο που έλαβε μέρος στις μετρήσεις

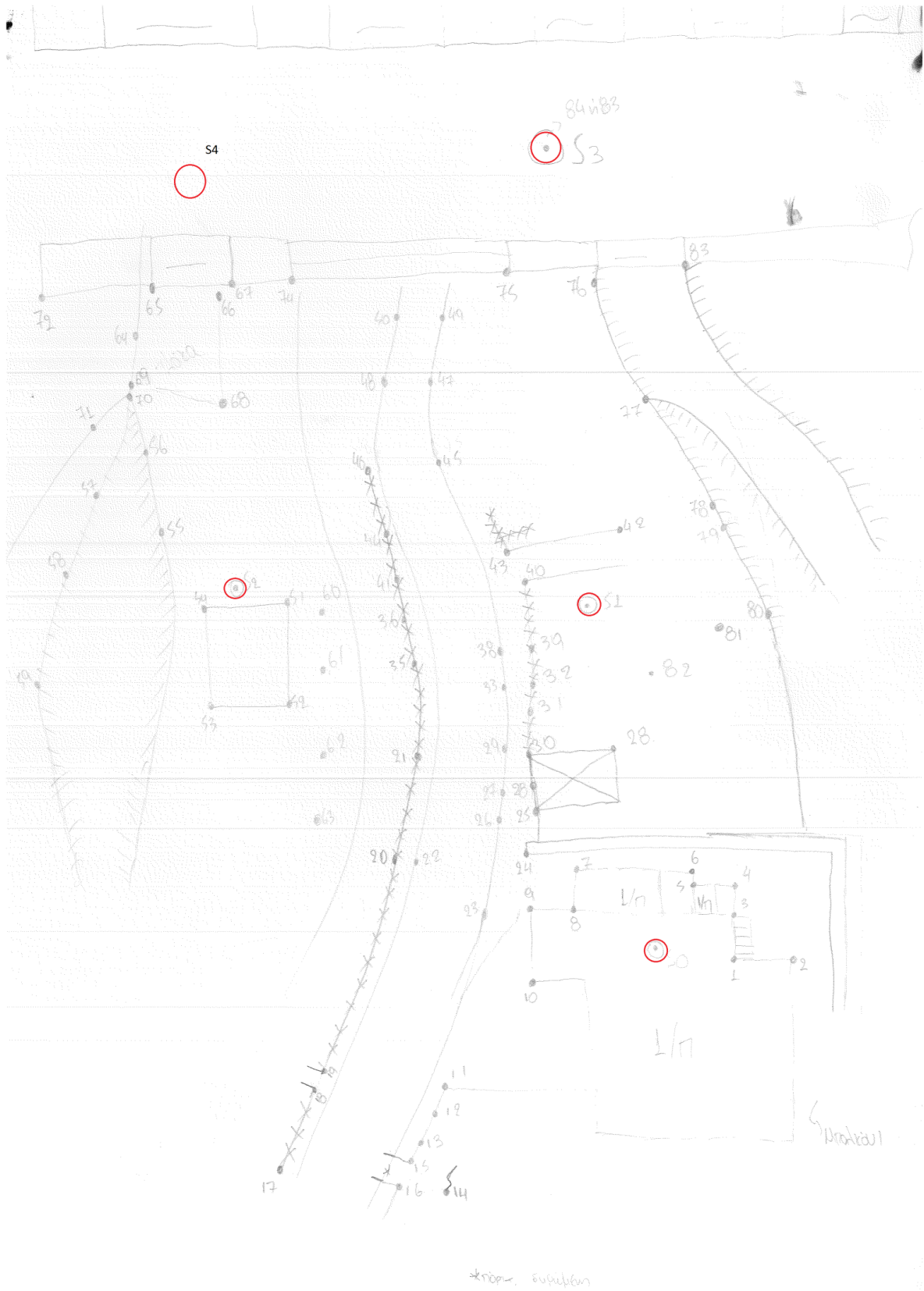
Η αρχική φωτογράφιση έλαβε χώρα στα μέσα Απριλίου 2021 και ώρα 17:00 και σε αυτήν συμμετείχαν ο έχων την παρούσα διπλωματική εργασία Γεώργιος Τσακανιάς, ο επιβλέπων καθηγητής της εργασίας Ιωάννης Τσολακίδης, ο κάτοχος του drone Γιώργος Γεωργιτζίκης, όπως επίσης και η Ειρήνη Μπίζα, η οποία βοήθησε στις μετρήσεις.

A.2 Κροκί αποτύπωσης

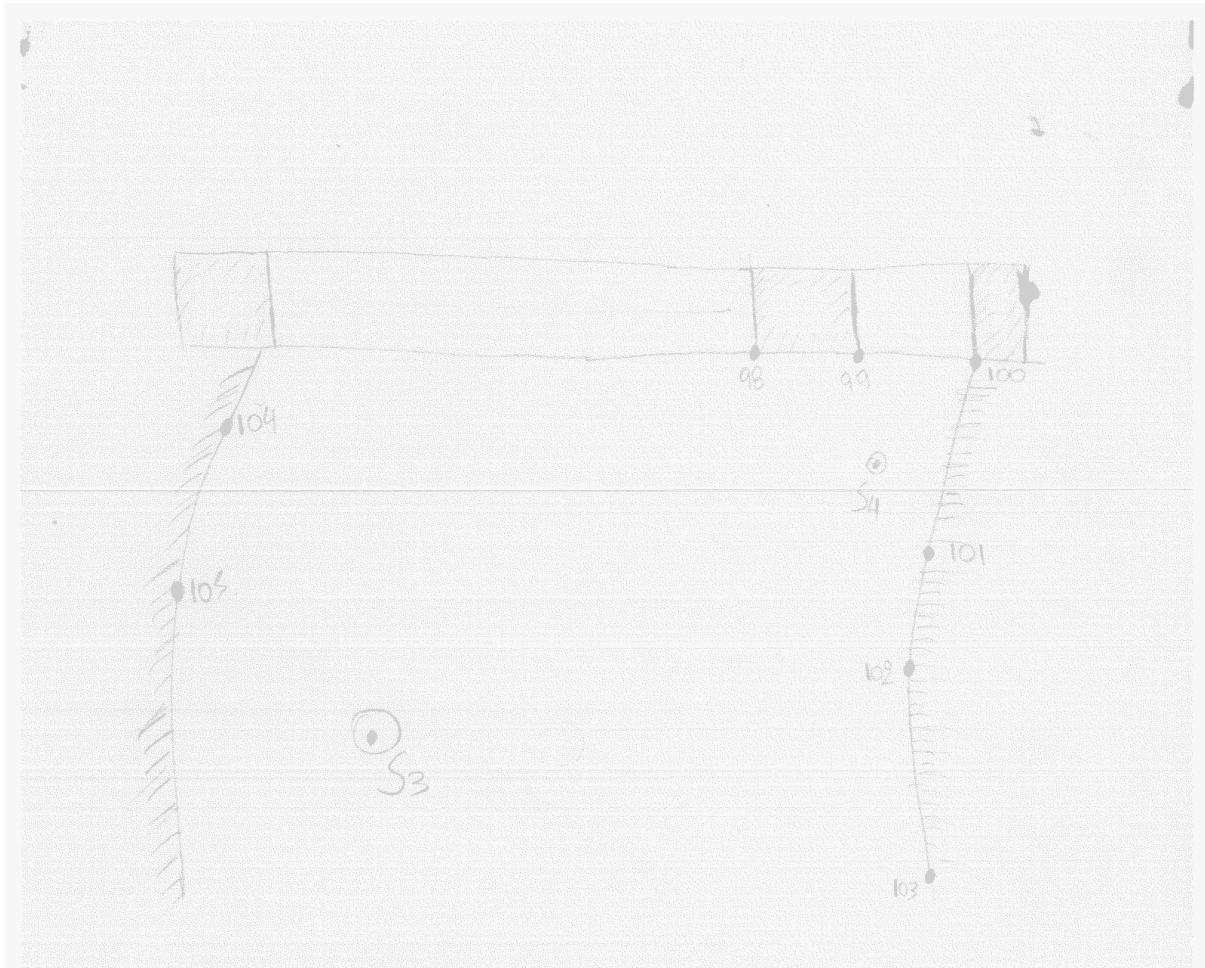
Παρακάτω παρατίθενται η πανοραμική άποψη αλλά και τα κροκί αποτύπωσης του πεδίου μελέτης



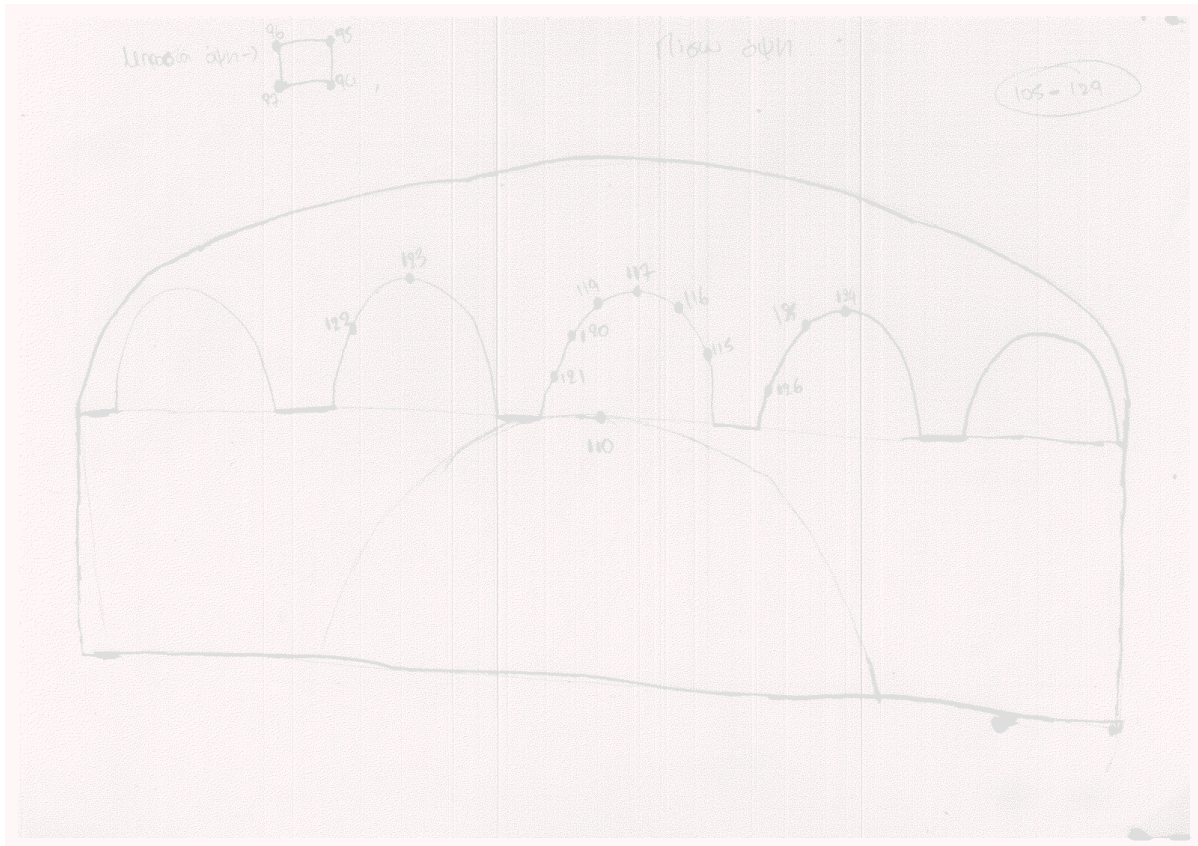
Πανοραμική άποψη του πεδίου μελέτης



Κροκί των σημείων λήψης μετρήσεων.



Κροκί βορειοδυτικής άνοψης του πεδίου.



Κροκί εμπρόσθιας όψης φωτοσταθερών σημείων.

Αρχείο D1
S1 παραστατολογία στο S0

Σημείο 3 χωρίς υψόμετρο
 Σημείο 5 Υ.ΣΤ 4,65
 " 6 Υ.ΣΤ 4,70

Σημείο (4 κρη) 2.00μ
 15 (κρη) 2.00μ 18 (κρη)
 16 (κρη) 2.00μ , 19 (κρη)
 53 2.20μ
 54 2.20μ
 55 2.20μ (Αρχή πραούς)
 74 χωρίς υψόμετρο (πάλω στο κόβο, δένει και γυνία κατόρας)
 75 βάση κατόρας
 76 ποδι πραούς
 81 Από σημείο για υψόμετρο
 82 " " " "
 83 γυνία κατόρας
 84 → 53

66 πλάτα
 68 τέλος πλάτας
 73 → 52.

S3 παραστατολογία S1
Υ.Στοχ 1,65
Υ.αρχιμου : 1,469

Από σημείο 98
 Από 1ος και μετά όψας. (105-129)

Σημείο 98 Υ.Στοχ. 2,65μ.
 " 101 λίγο πιο κάτω από αρχή φρυδιού.
 " 103 τέλος φρυδιού
 104 αρχή ποδιού πραούς.

Σημεία μετρήσεων πεδίου

A.3 Μετρήσεις Ταχυμετρίας

Point number	Point code	Easting Easting prelim.	Northing Northing prelim.	Elevation Height prelim.
1		461684	4549393	85.361
2		461682.8	4549396	83.206
3		461680.5	4549391	83.676
4		461678.7	4549391	85.207
5		461679.7	4549388	85.066
6		461679.6	4549388	85.209
7		461680.7	4549385	81.985
8		461682.7	4549385	81.936
9		461683	4549385	81.901
10		461684.3	4549385	81.959
11		461690.3	4549386	81.091
12		461691.3	4549386	80.956
13		461693.3	4549388	80.611
14		461694.6	4549388	80.635
15		461695.1	4549389	80.554
16		461695.9	4549389	80.427
17		461697	4549387	80.461
18		461691.5	4549384	81.03
19		461690.4	4549384	81.141
20		461681.7	4549382	82.065
21		461676.7	4549382	82.951

22		461676.2	4549381	82.99
23		461680.8	4549382	82.284
24		461680.7	4549384	81.984
25		461679.3	4549384	82.433
26		461678.7	4549384	82.776
27		461678.8	4549384	82.606
28		461676.4	4549383	83.054
29		461676.2	4549383	83.121
30		461674.8	4549383	83.172
31		461674.8	4549383	83.168
32		461673.6	4549382	83.301
33		461672.4	4549382	83.423
34		461672.5	4549382	83.421
35		461673	4549381	83.411
36		461673	4549380	83.365
37		461669.4	4549379	83.665
38		461668.9	4549380	83.592
39		461668.6	4549381	83.674
40		461662.7	4549376	84.554
41		461663.8	4549375	84.594
42		461660.2	4549374	85.186
43		461658.1	4549375	85.858
44		461659.3	4549373	85.56
45		461660.7	4549372	85.401
46		461657.2	4549370	85.945

47		461658.1	4549369	85.858
48		461652.5	4549368	86.378
49		461652.9	4549367	86.654
50		461649.9	4549367	86.935
51		461650.7	4549366	87.002
52		461662.7	4549368	86.675
53		461665	4549369	86.723
54		461668.3	4549367	87.636
55		461664.3	4549365	88.021
56		461659	4549364	88.391
57		461662.9	4549364	88.834
58		461666.5	4549365	88.427
59		461669.2	4549365	88.26
60		461662.7	4549371	85.665
61		461666.5	4549372	85.053
62		461670.3	4549374	83.95
63		461672.1	4549377	83.279
64		461652.9	4549361	89.193
65		461651.5	4549362	88.995
66		461651.2	4549363	88.87
67		461651.1	4549363	88.8
68		461654.5	4549364	88.735
69		461655	4549361	89.313
70		461657.9	4549363	88.74
71		461659.9	4549362	89.14

72		461652.6	4549360	89.994
73		461650.9	4549364	87.243
74		461648.7	4549371	87.732
75		461649.5	4549371	87.28
76		461653.6	4549374	86.787
77		461656.3	4549376	86.419
78		461658.1	4549378	86.243
79		461661	4549381	85.293
80		461661.7	4549380	85.097
81		461664.2	4549379	84.953
82		461648.4	4549372	89.162
84		461649.7	4549368	91.112
85		461649.4	4549369	90.959
86		461649.3	4549369	90.783
87		461649.1	4549370	90.53
88		461649	4549370	90.006
89		461648.8	4549371	89.374
90		461648.7	4549371	89.04
91		461648.6	4549371	88.375
92		461650.2	4549366	90.627
93		461649.4	4549368	94.852
94		461649.4	4549368	94.826
95		461649.4	4549368	95.18
96		461649.5	4549367	95.254
97		461649.4	4549367	94.966

98		461649.2	4549364	88.339
99		461649.6	4549363	88.628
100		461650	4549362	88.778
101		461645.3	4549359	89.32
102		461643.6	4549359	89.507
103		461640.4	4549361	89.409
105		461646.2	4549369	88.681
106		461644.1	4549368	89.012
107		461647.4	4549370	89.698
108		461647.7	4549369	90.495
109		461647.9	4549369	90.849
110		461648.2	4549368	91.059
111		461648.4	4549368	92.053
112		461648.4	4549368	92.854
113		461648.5	4549368	93.938
114		461648.5	4549368	94.129
115		461648.4	4549368	94.746
116		461648.3	4549369	95.429
117		461648.2	4549369	95.52
118		461648.1	4549369	95.5
119		461647.9	4549370	95.225
120		461647.7	4549371	94.617
121		461647.6	4549371	94.198
122		461646.5	4549374	94.785
123		461647	4549373	95.708

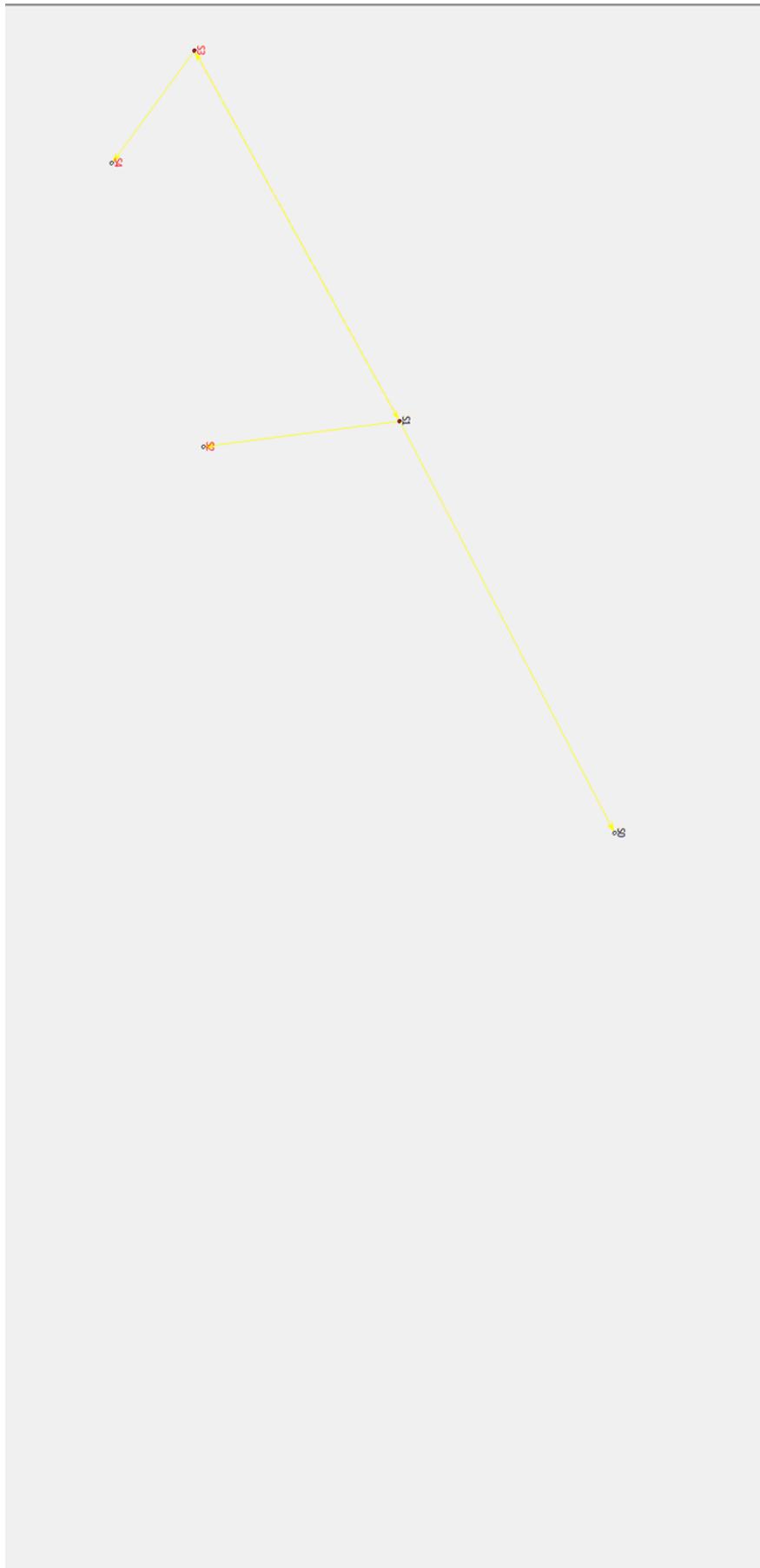
124		461649.2	4549366	95.552
125		461648.9	4549367	94.584
126		461648.7	4549367	93.352
127		461648.9	4549367	96.744
128		461648.1	4549370	96.779
129		461647	4549373	96.983
201		461649.4	4549367	94.938
202		461649.5	4549368	94.835
203		461649.4	4549368	95.256
204		461649.5	4549367	95.274
205		461649.2	4549368	94.645
206		461649.2	4549368	94.642
207		461649.7	4549367	94.957
208		461650.2	4549365	95.442
209		461649.5	4549368	91.431
210		461648.5	4549372	89.707
211		461647.2	4549375	95.671
212		461651.2	4549362	95.779
213		461651.8	4549360	90.407
314		461648	4549368	91.005
315		461648	4549368	91.005
316		461648.5	4549368	94.18
317		461647.7	4549371	94.412
318		461648.4	4549369	95.963
319		461647	4549373	96.179

320		461646.3	4549375	96.202
321		461643.3	4549367	91.754
322		461643.3	4549367	91.754
S0		461683.1	4549388	82.073
S1		461661.7	4549377	85.084
S2		461663	4549367	87.243
S3		461642.3	4549367	89.279
S4		461648.2	4549362	88.778

A.4 Σημεία μέτρησης από τον γεωδαιτικό σταθμό της TOPCON



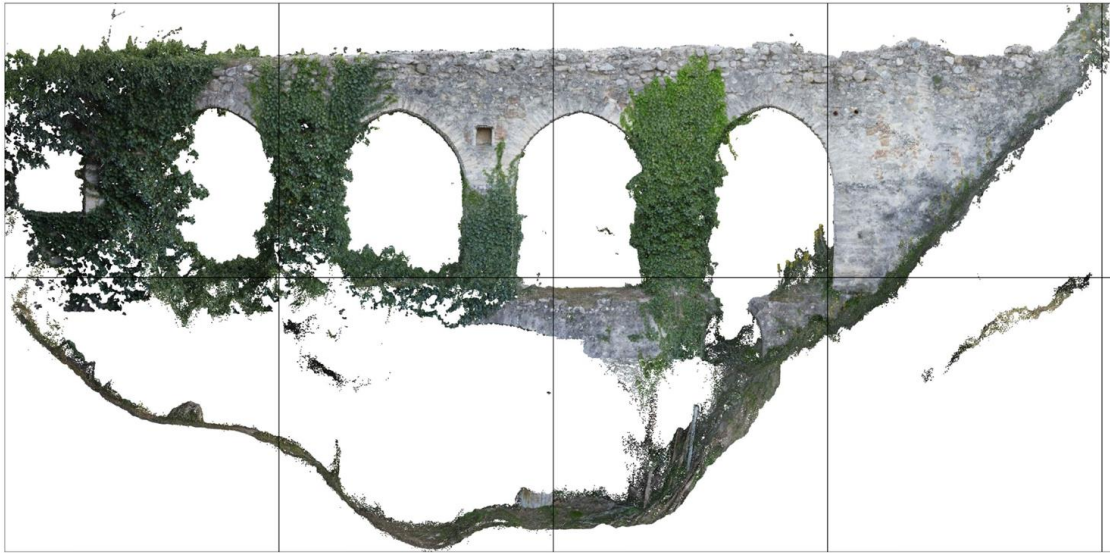
Στόχευση οργάνου από στάσεις



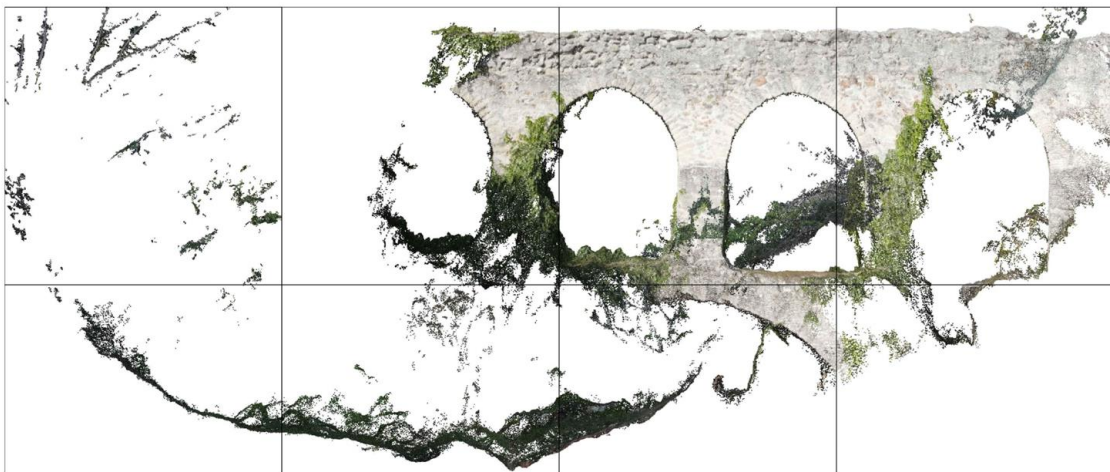
Κροκί σημείων της όδευσης

A.5 Εικόνες

Η πρόσοψη και η πίσω όψη του μνημείου όπως αυτές δημιουργήθηκαν από το λογισμικό Agisoft Metashape, με την επεξεργασία των φωτογραφιών και των συντεταγμένων τους.



Πρόσοψη μνημείου



Πίσω όψη μνημείου



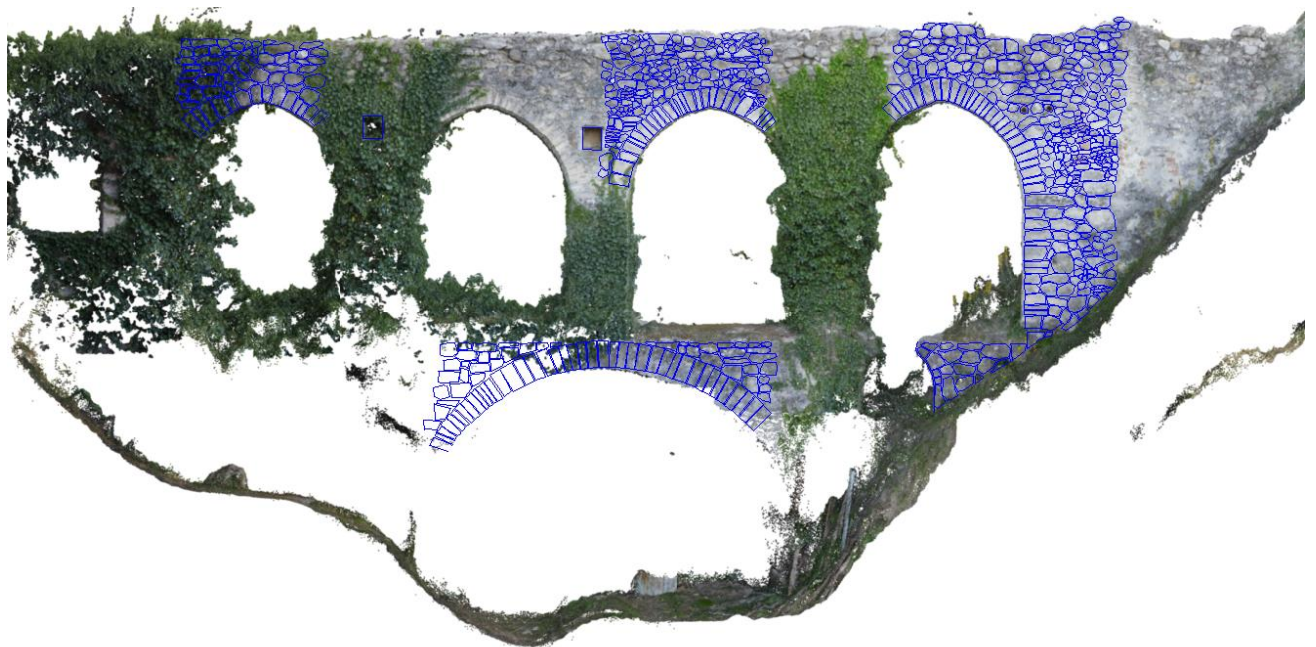
Δυτική πανοραμική άποψη του μνημείου



Βορειοανατολική άποψη του μνημείου



Πανοραμική άποψη του μνημείου





Εργασίες πεδίου





Εργασίες πεδίου



Εργασίες πεδίου



Εργασίες πεδίου



Εργασίες πεδίου

A.6 Τελικά σημεία από την επίλυση της όδευσης

Station number	Point number Reference object	Signal height Instrument height	Horizontal angle Horizontal ref. angle	Vertical angle	Slope distance Horizontal distance
S1		1.432			
S1	S0	1.45	0-00-00	89-44-27	24.236
S1	1	1.45	352-50-16	89-22-44	27.179
S1	2	1.45	346-25-54	93-47-27	28.138
S1	3	1.45	350-36-21	93-22-36	23.596
S1	4	1.45	349-34-34	89-37-39	21.653
S1	5	1.45	357-01-22	90-00-00	20.982
S1	6	1.45	356-50-41	89-36-21	20.82
S1	7	1.45	6-23-50	98-34-37	20.661
S1	8	1.45	6-24-03	97-54-14	22.764
S1	9	1.45	8-12-35	97-57-48	22.842
S1	10	1.45	8-18-58	97-23-01	24.181
S1	11	1.45	10-16-28	97-32-12	30.309
S1	12	1.45	10-20-47	97-32-05	31.342
S1	13	1.45	9-31-13	97-37-16	33.592
S1	14	1.45	9-20-57	97-17-18	34.931
S1	15	1.45	9-00-39	97-17-18	35.57
S1	16	1.45	8-31-10	97-17-18	36.566
S1	17	1.45	12-13-06	97-09-31	36.95

S1	18	1.45	14-12-33	97-29-17	30.968
S1	19	1.45	14-16-52	97-34-54	29.747
S1	20	1.45	12-59-33	98-16-03	20.871
S1	21	1.45	11-33-35	97-41-55	15.792
S1	22	1.45	11-19-06	97-48-37	15.275
S1	23	1.45	12-18-24	97-59-38	20.006
S1	24	1.45	7-59-38	98-41-00	20.412
S1	25	1.45	7-35-20	97-59-12	18.949
S1	26	1.45	4-38-06	97-02-30	18.68
S1	27	1.45	7-19-53	97-39-39	18.457
S1	28	1.45	6-04-56	97-15-08	15.942
S1	29	1.45	4-32-23	97-00-20	15.948
S1	30	1.45	5-43-33	97-35-52	14.327
S1	31	1.45	4-53-07	97-35-52	14.355
S1	32	1.45	5-00-14	97-47-25	13.018
S1	33	1.45	3-56-51	97-58-46	11.833
S1	34	1.45	4-37-14	97-58-39	11.853
S1	35	1.45	10-32-33	97-58-39	11.924
S1	36	1.45	12-16-21	98-12-55	11.901
S1	37	1.45	15-38-51	100-01-34	8.048
S1	38	1.45	4-01-49	100-35-54	8.015
S1	39	1.45	1-08-15	100-09-27	7.895
S1	40	1.45	75-24-20	109-14-51	1.554
S1	41	1.45	74-02-28	98-33-13	3.171
S1	42	1.45	141-44-41	88-04-59	3.58

S1	43	1.45	177-33-53	79-07-28	4.2
S1	44	1.45	149-13-06	83-50-25	4.604
S1	45	1.45	127-29-51	86-33-37	5.585
S1	46	1.45	151-14-42	83-50-38	8.202
S1	47	1.45	141-45-58	84-46-42	8.701
S1	48	1.45	162-03-53	84-17-12	13.182
S1	49	1.45	157-12-24	83-25-03	13.856
S1	50	1.45	167-22-36	83-04-38	15.509
S1	51	1.45	161-12-09	83-04-44	16.065
S1	52	1.45	110-54-06	79-56-30	9.213
S1	53	1.45	96-30-19	79-51-19	9.406
S1	54	1.45	85-02-28	78-09-28	12.524
S1	55	1.45	105-26-51	76-27-24	12.617
S1	56	1.45	128-49-34	76-10-47	13.921
S1	57	1.45	112-32-48	74-20-11	13.955
S1	58	1.45	96-42-05	76-03-26	13.95
S1	59	1.45	84-53-17	77-08-53	14.357
S1	60	1.45	109-08-54	84-54-15	6.748
S1	61	1.45	76-49-00	90-05-56	7.465
S1	62	1.45	46-03-56	96-59-22	9.172
S1	63	1.45	27-22-08	99-41-09	10.624
S1	64	1.45	146-19-32	77-19-28	18.807
S1	65	1.45	151-40-24	77-48-12	18.599
S1	66	1.45	154-17-20	77-44-44	17.923
S1	67	1.45	155-04-18	77-51-32	17.753

S1	68	1.45	145-48-13	76-20-10	15.53
S1	69	1.45	140-37-30	76-05-10	17.662
S1	70	1.45	132-05-02	76-23-57	15.623
S1	71	1.45	124-32-18	74-55-49	15.671
S1	72	1.45	145-00-29	75-59-26	20.356
S1	S2	1.45	110-09-42	78-04-24	10.532
S1	73	1.45	157-30-19	82-38-04	16.98
S1	74	1.45	183-09-00	79-25-11	14.521
S1	75	1.45	182-04-25	80-39-09	13.631
S1	76	1.45	183-15-48	78-57-32	8.987
S1	77	1.45	197-13-53	76-04-11	5.619
S1	78	1.45	219-37-31	72-15-33	3.861
S1	79	1.45	288-22-21	86-45-36	4.023
S1	80	1.45	299-08-38	89-23-36	2.913
S1	81	1.45	346-14-07	91-57-43	3.313
S1	82	0	186-21-21	79-27-46	14.466
S1	S3	1.65	178-43-39	78-42-05	22.525
S1	84	0	169-15-01	73-12-48	15.914
S1	85	0	172-53-30	73-26-11	15.585
S1	86	0	174-41-37	73-54-48	15.399
S1	87	0	176-25-18	74-41-21	15.2
S1	88	0	179-01-47	76-27-18	14.901
S1	89	0	181-07-49	78-47-10	14.698
S1	90	0	181-52-06	80-04-03	14.633
S1	91	0	182-54-45	82-38-10	14.504

S1	92	0	163-41-44	75-29-31	16.41
S1	93	0	169-48-24	61-43-32	17.597
S1	94	0	169-48-30	61-45-42	17.564
S1	95	0	169-50-53	60-46-11	17.743
S1	96	0	168-37-26	60-46-11	17.894
S1	97	0	168-51-09	61-47-51	17.881
S3		1.469			
S3	S1	1.65	0-00-00	100-39-15	22.474
S3	98	1.65	49-41-46	95-55-13	7.361
S3	99	1.65	55-20-47	93-20-07	8.082
S3	100	1.65	61-21-04	92-01-49	9.038
S3	101	1.65	96-01-42	88-21-30	7.732
S3	102	1.65	108-54-00	86-47-59	7.32
S3	103	1.65	138-22-24	86-52-50	5.706
S3	S4	1.65	65-10-15	92-30-40	7.303
S3	105	1.65	354-35-15	95-06-37	4.679
S3	106	1.65	344-21-16	92-01-11	2.444
S3	107	0	353-39-12	99-40-04	6.251
S3	108	0	1-58-09	92-25-03	6.012
S3	109	0	9-30-01	89-01-41	5.941
S3	110	0	16-09-12	87-01-35	5.998
S3	111	0	16-41-16	78-11-05	6.371
S3	112	0	16-41-16	71-23-04	6.597
S3	113	0	16-24-06	63-13-30	7.08
S3	114	0	16-20-06	61-53-41	7.176

S3	115	0	14-28-00	57-37-24	7.467
S3	116	0	7-50-59	53-44-14	7.913
S3	117	0	4-49-52	53-15-24	7.977
S3	118	0	2-17-10	53-33-26	8
S3	119	0	356-41-56	55-44-07	7.951
S3	120	0	352-05-53	59-54-27	7.717
S3	121	0	350-50-04	62-50-10	7.557
S3	122	0	327-30-42	65-20-50	9.678
S3	123	0	334-26-56	58-03-13	9.373
S3	124	0	36-09-37	55-18-37	8.44
S3	125	0	26-20-02	59-34-29	7.574
S3	126	0	25-06-36	67-47-43	6.89
S3	127	0	27-00-13	47-43-11	8.913
S3	128	0	1-38-49	47-00-51	8.846
S3	129	0	333-38-27	52-25-30	10.224
S1		1.432			
S1	S0	1.65	0-00-00	89-43-22	24.223
S1	201	0	169-03-35	61-49-35	17.837
S1	202	0	169-48-56	61-42-14	17.55
S1	203	0	169-55-31	60-33-27	17.78
S1	204	0	168-42-31	60-41-52	17.895
S1	205	0	171-53-28	62-03-50	17.352
S1	206	0	171-53-28	62-03-50	17.346
S1	207	0	166-37-53	61-56-23	17.945
S1	208	0	161-37-45	61-37-36	18.784

S1	209	0	171-56-16	71-51-35	15.787
S1	210	0	184-33-27	77-24-06	14.63
S1	211	0	197-38-50	58-00-50	17.283
S1	212	0	152-31-55	63-09-17	20.513
S1	213	0	147-11-16	78-57-06	20.302
S3		1.6			
S3	S1	0	0-00-02	100-45-57	22.473
S3	314	0	11-01-36	88-47-06	5.95
S3	315	0	11-01-36	88-47-12	5.949
S3	316	0	16-20-00	62-25-33	7.132
S3	317	0	351-15-07	62-16-09	7.592
S3	318	0	9-51-37	51-25-47	8.154
S3	319	0	336-10-57	55-44-52	9.416
S3	320	0	324-11-20	60-24-35	10.779
S3	321	0	25-21-17	48-05-13	1.309
S3	322	0	25-21-17	48-05-13	1.31

Με ατομική μου ευθύνη και γνωρίζοντας τις κυρώσεις που προβλέπονται στον Οργανισμό και στον Εσωτερικό Κανονισμό του Ιδρύματος, δηλώνω υπεύθυνα ότι για τη συγγραφή της Διπλωματικής μου Εργασίας δεν χρησιμοποίησα ολόκληρο ή μέρος έργου άλλου συγγραφέα χωρίς να γίνεται αναφορά στην πηγή προέλευσης (βιβλίο, άρθρο από επιστημονικό περιοδικό ή εφημερίδα, ιστοσελίδα κ.λπ.) και ότι χρησιμοποίησα μόνο τις πηγές που αναφέρονται στη βιβλιογραφία.

[ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

[ΤΣΑΚΑΝΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ]