



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

**ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΤΟΥ ΡΩΜΑΪΚΟΥ ΩΔΕΙΟΥ ΠΑΤΡΩΝ-
ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ - ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΨΗΦΙΔΩΤΩΝ**



ΒΛΑΧΟΥ ΜΑΡΙΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ

Ορθοδοξία Αραμπατζή

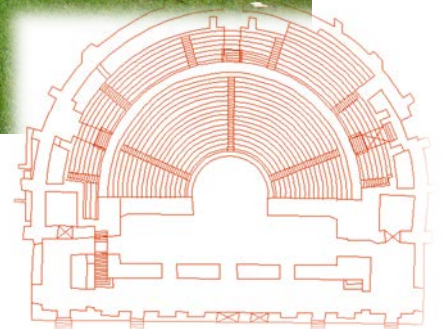
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2012



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
SCHOOL OF SURVEYING AND ENGINEERING
LABORATORY OF GENERAL GEODESY

GEOMETRIC DOCUMENTATION OF PATRAS ROMAN ODEON -
SURVEYING MAPPING - MAPPING MOSAICS



VLACHOU MARIA

DIPLOMA THESIS

SUPERVISOR

Orthodoxia Arabatzi

Lecturer N.T.U.A.

Athens, October 2012



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

**ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΤΟΥ ΡΩΜΑΪΚΟΥ ΩΔΕΙΟΥ ΠΑΤΡΩΝ-
ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ - ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΨΗΦΙΔΩΤΩΝ**

Διπλωματική Εργασία

Βλάχου Μαρία

Επιβλέπουσα

Αραμπατζή Ορθοδοξία
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την Επιτροπή:

Αραμπατζή Ο.
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Σταθάς Δ.
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Τσακίρη Μ.
Επ. Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Copyright © Μαρία Ν. Βλάχου

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Τα Τοπογραφάκια

Τρία παιδιά ασίκικα
Τρία παιδιά αστέρια
Απ' την Αθήνα ήρθανε
Γεμάτα στα τα χέρια

Γιώργος και Χρήστος φίλοι μου
Και η γλυκιά Μαρία
Μπήκαν μεσ' το Ωδείο μας
Να κάμουν εργασία

Να χαρτογράψουν τα παιδιά
Ετούτο το Ωδείο
Παιδιά με τέλεια καρδιά
Ψυχή τους μεγαλείο

Φάγαν τον ήλιο τον καυτό
Πνίγηκαν στον ιδρώτα
Να βγάλουν σχέδιο σωστό
Πρώτο από τα πρώτα

Έτσι κοσμούνε τα παιδιά
Και το Πολυτεχνείο
Ναι υποκλιθείτε όλοι σας
Δεν πρόκειται για αστείο.

Από τη συλλογή «Παράξενα»
Πλακίας Γεώργιος
Φύλακας Αρχαίου Ωδείου
4/6/2012

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα της παρούσας διπλωματικής Ορθοδοξία Αραμπατζή, Λέκτορα Ε.Μ.Π. για την πολύτιμη καθοδήγηση της τόσο κατά τη διαδικασία των μετρήσεων όσο και κατά την επεξεργασία τους. Πάνω απ' όλα την ευχαριστώ για την εμπιστοσύνη που επέδειξε στο πρόσωπο μου με την ανάθεση της συγκεκριμένης διπλωματικής.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Στέφανο Δογγούρη, Επιστημονικό Συνεργάτη Ε.Μ.Π. για τις γνώσεις και τις συμβουλές του οι οποίες ήταν πολύτιμες για την ολοκλήρωση της παρούσας μελέτης.

Ακόμα, ευχαριστώ θερμά τον κ. Παγούνη Βασίλη , Αναπληρωτή Καθηγητή Τ.Ε.Ι. Αθήνας για την υπέροχη συνεργασία μας αλλά και για τις σπουδαίες γνώσεις και τη βοήθεια που μου προσέφερε.

Θα ήταν παράλειψη να μην ευχαριστήσω τη ΣΤ' ΕΦΟΡΕΙΑ ΠΡΟΙΣΤ. & ΚΛΑΣ. ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΩΝ ΠΑΤΡΕΩΝ για την έγκριση που μου παραχώρησε ώστε να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις στο χώρο του Ρωμαϊκού Ωδείου.

Ευχαριστίες αρμόζουν επίσης και στον κ. Ασημάκη Θάνο για την προθυμία του στη φωτογράφιση των ψηφιδωτών και στη διάθεση του εξοπλισμού του.

Επιπλέον θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην εταιρεία METRICA A.E. και στους ανθρώπους της για την καθοδήγηση τους σε συγκεκριμένα στάδια της μελέτης.

Ευχαριστώ θερμά τους αδερφικούς φίλους μου και συμφοιτητές Γιώργο και Χρήστο για την βοήθεια τους στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο της διπλωματικής αλλά και τη στήριξη και συμπαράσταση τους σε κάθε μου προσπάθεια.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ακόμα τους φίλους μου Χρήστο, Μιρέλα, Χριστίνα, Μαριγγέλη, Ευτυχία και Βάσια για τις όμορφες στιγμές που ζήσαμε μαζί όλα τα χρόνια της φοιτητικής μας ζωής αλλά και την πολύτιμη βοήθεια και ενθάρρυνση τους σε κάθε φάση των σπουδών μας.

Τέλος, ευχαριστώ τους γονείς μου Νίκο και Λεμονιά αλλά και τα αδέρφια μου Παναγιώτη και Κυριακή που βρίσκονται δίπλα μου κάθε στιγμή και μου έδωσαν όλα τα εφόδια για να φτάσω ως εδώ στηρίζοντας πάντα τις επιλογές μου.

Στους γονείς μου Νίκο και Λεμονιά,

Στους γονείς οφείλομεν το ζην, στους δε διδασκάλους το ευ ζην.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τα μνημεία και οι αρχαιολογικοί χώροι αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της πολιτιστικής κληρονομιάς κάθε χώρας. Αυτό καθιστά την αποτύπωση αλλά και τη γεωμετρική τεκμηρίωση τους απαραίτητο εργαλείο για τη «διάσωση» του πολιτιστικού πλούτου της χώρας μας.

Η αποτύπωση μνημείων περιλαμβάνει κάθε είδους πληροφορία που χρησιμεύει για την αξιόπιστη απεικόνιση της γεωμετρικής μορφής και της θέσης στο χώρο των επιμέρους στοιχείων τους. Η αποτύπωση λοιπόν, πραγματοποιείται ως εργασία υποδομής για πολλές και σημαντικές άλλες εργασίες που αφορούν τα μνημεία, όπως για τον εντοπισμό μικρομετακινήσεων του συνόλου ή επιμέρους στοιχείων του μνημείου, τη συντήρηση του, την απεικόνιση της υπάρχουσας κατάστασης αλλά και τη σύνταξη μελέτης επέμβασης στο στατικό φορέα για αντιμετώπιση προβλημάτων στατικής επάρκειας.

Η συγκεκριμένη Διπλωματική εργασία αφορά στη γεωμετρική τεκμηρίωση και αποτύπωση του Ρωμαϊκού Ωδείου Πατρών.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	4
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	14
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	15
ABSTRACT.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	19
1. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΜΝΗΜΕΙΩΝ.....	19
1.1. Ορισμός Γεωμετρικής Τεκμηρίωσης.....	19
1.2. Μέθοδοι Γεωμετρικής Τεκμηρίωσης.....	20
1.2.1. Τοπομετρική Μέθοδος.....	21
1.2.2. Τοπογραφική μέθοδος.....	22
1.2.3. Φωτογραμμετρική μέθοδος.....	24
1.2.4. Εναλλακτικές Μέθοδοι Γεωμετρικής Τεκμηρίωσης Μνημείων.....	26
1.3. Γεωδαιτική Διαδικασία Γεωμετρικής Τεκμηρίωσης.....	27
1.4. Αποτύπωση σημείων λεπτομερειών.....	29
1.4.1. Η μέθοδος της εμπροσθοτομίας.....	30
1.4.2. Η μέθοδος των πολικών συντεταγμένων.....	31
1.4.3. Αποτύπωση με χρήση εικονοσταθμών.....	33
1.4.4. Αποτύπωση με Laser Scanner.....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	36
2. ΤΟ ΑΡΧΑΙΟ ΩΔΕΙΟ ΠΑΤΡΩΝ.....	36
2.1. Οριοθέτηση Περιοχής Μελέτης.....	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	40
3. ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	40
3.1. Σύστημα GPS ATX 1200 της Leica.....	40
3.2. Ολοκληρωμένος Γεωδαιτικός Σταθμός TCR 405.....	41
3.3. Σαρωτής Leica Scan Station 2.....	43
3.3.1. Αρχή Λειτουργίας του τρισδιάστατου σαρωτή.....	45
3.3.2. Εφαρμογές Τρισδιάστατου Σαρωτή.....	47

3.3.3.	Διαδικασία σάρωσης	53
3.4.	Μηχανή Canon EOS 50D	56
3.5.	Παρελκόμενα.....	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4		61
4.	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ - ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....	61
4.1.	Αναγνώριση Περιοχής	62
4.2.	Μέθοδος RTK (Real Time Kinematic) - Μετρήσεις με GPS.....	63
4.3.	Ίδρυση Πολυγωνομετρικού Δικτύου	64
4.3.1.	Επίλυση Όδευσης.....	67
4.4.	Επεξεργασία και Εργασίες για Ταχυμετρία.....	72
4.5.	Τελικός Τοπομετρικός Έλεγχος	74
4.6.	Σύνταξη Διαγραμμάτων	74
4.6.1.	Σύνταξη τοπογραφικού σχεδίου	75
4.6.2.	Σύνταξη Κατακόρυφης Τομής	75
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5		77
5.	ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΨΗΦΙΔΩΤΩΝ	77
5.1.	Σάρωση Ψηφιδωτών	77
5.2.	TEXTURE MAPPING	82
5.2.1.	Εφαρμογή στο Λογισμικό Cyclone.....	82
5.2.2.	Εφαρμογή στο λογισμικό Geomagic Studio.....	96
6.	ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	98
6.1.	Leica Geo Office	98
6.2.	Λογισμικό ΡSTARΧΑΡ.BAS	100
6.3.	Geomagic Studio	102
6.4.	Λογισμικό Cyclone	103
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ		110
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		124

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Παράδειγμα αποτύπωσης Ρωμαϊκής Γέφυρας Πατρών με τοπομετρικές μεθόδους (χρήση μετροταινίας και νήματος στάθμης)	22
Εικόνα 2: Η μέθοδος της εμπροσθοτομίας	30
Εικόνα 3: Εικονοσταθμός TCR P1250+ R40	33
Εικόνα 4: Topcon Imaging Station	33
Εικόνα 5: Τα μέρη του Ρωμαϊκού Ωδείου.....	38
Εικόνα 6: Οριοθέτηση περιοχής μελέτης.....	38
Εικόνα 7: Άποψη του Ωδείου από την οδό Γερμανού	39
Εικόνα 8: 3D Άποψη του Ωδείου	39
Εικόνα 9: GPS ATX 1200.....	40
Εικόνα 10: ΟΓΣ Leica TCR 405.....	42
Εικόνα 11: Scan Station 2	43
Εικόνα 12: Γωνιακό εύρος σάρωσης Scan Station 2.....	46
Εικόνα 13: Σχεδιασμός σήραγγας με laser scanner.....	48
Εικόνα 14: Αστικός σχεδιασμός	48
Εικόνα 15: Αποτύπωση εξωτερικού κτηρίου	49
Εικόνα 16: Αποτύπωση εργοστασίου.....	50
Εικόνα 17: Αποτύπωση γεωλογικών σχηματισμών.....	51
Εικόνα 18: Τεκμηρίωση θέσεων ατυχημάτων.....	51
Εικόνα 19: Αποτύπωση κεραιών της Δ.Ε.Η.....	52
Εικόνα 20: 3D μοντέλο εκκλησίας	53
Εικόνα 21: Μηχανή Canon EOS 50D	57
Εικόνα 22: Φακός Φωτογραφικής Μηχανής Canon.....	58
Εικόνα 23: Μετρήσεις με GPS	59
Εικόνα 24: Μετρήσεις με Total Station.....	60
Εικόνα 25: Μετρήσεις με Laser Scanner	60
Εικόνα 26: Σχετική θέση μνημείου και τριγωνομετρικού σημείου.....	62
Εικόνα 27: Παράδειγμα σήμανσης στάσεων.....	64

Εικόνα 28: Σκαρίφημα σχετικής θέσης στάσεων εξωτερικής του θεάτρου όδευσης	65
Εικόνα 29: Μέθοδος Τριών Τριπόδων.....	66
Εικόνα 30: Στόχος για τη Μέθοδο των Τριών Τριπόδων.....	67
Εικόνα 31: Εξωτερικές γωνίες όδευσης.....	70
Εικόνα 32: Μήκη Όδευσης.....	71
Εικόνα 33: Κατακόρυφη Τομή T2.....	76
Εικόνα 34: Σάρωση Ψηφιδωτού από τη στάση Σ43	78
Εικόνα 35: Σχετικές θέσεις των στάσεων για το ψηφιδωτό	79
Εικόνα 36: Συνένωση Σαρώσεων με Γεωαναφορά.....	79
Εικόνα 37: Θέση χαρακτηριστικών σημείων στο point cloud για έλεγχο	81
Εικόνα 38: Εισαγωγή της εικόνας στο Cyclone.....	83
Εικόνα 39: Επιλογή σημείων	83
Εικόνα 40: Αποτέλεσμα Texture Map Browser στο Cyclone πάνω στο point cloud.....	84
Εικόνα 41: Συνολικό αποτέλεσμα Texture Map στο point cloud	85
Εικόνα 42: Παρατηρήσεις στο Texture map	86
Εικόνα 43: Ψηφιδωτό μετά από mesh.....	87
Εικόνα 44: Αποτέλεσμα Texture Map μετά από mesh	88
Εικόνα 45: Παράδειγμα αρχείου .TWF	89
Εικόνα 46: Προσαρμογή ψηφιδωτού στο Τοπογραφικό Διάγραμμα (Χωρίς Mesh)	90
Εικόνα 47: Προσαρμογή ψηφιδωτού στο Τοπογραφικό Διάγραμμα (Με Mesh).....	90
Εικόνα 48: Εύρος σάρωσης	91
Εικόνα 49: Χαρακτηριστικά σημεία ψηφιδωτού στην Βορειοδυτική πλευρά του Ωδείου.....	94
Εικόνα 50: Χαρακτηριστικά σημεία Βορειοδυτικού Ψηφιδωτού.....	95
Εικόνα 51: Επιλογή ομόλογων σημείων	96
Εικόνα 52: Αποτέλεσμα Texture Map από Geomagic	97
Εικόνα 53: Το περιβάλλον του Geomagic Studio.....	102
Εικόνα 54: Το περιβάλλον του Cyclone	103
Εικόνα 55: Σύγκριση τομών ως προς τις λεπτομέρειες των τοίχων	107
Εικόνα 56: Σύγκριση τομών ως προς την απόδοση της σκηνής.....	108
Εικόνα 57: Σύγκριση τομών ως προς την απόδοση των σκαλιών.....	108
Εικόνα 58: Έγκριση από τη ΣΤ' ΕΦΟΡΕΙΑ ΠΡΟΙΣΤ.& ΚΛΑΣ.ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΩΝ.....	111

Εικόνα 59: Έντυπο από το Κτηματολόγιο για τις συντεταγμένες του τριγωνομετρικού σημείου...	116
Εικόνα 60: Απόσπασμα από το Σχέδιο Πόλης της Πάτρας	117
Εικόνα 61: Αυτοσχέδιο υπαίθρου για τη Σ7	118
Εικόνα 62: Αυτοσχέδιο υπαίθρου για τη Σ3	119
Εικόνα 63: Κροκί για τα χαρακτηριστικά σημεία στο ψηφιδωτό.....	120
Εικόνα 64: Μέτρηση χαρακτηριστικών σημείων στο δεύτερο ψηφιδωτό	122
Εικόνα 65: Φωτογράφιση ψηφιδωτού	123
Εικόνα 66: Μέτρηση ύψος οργάνου για τις ανάγκες της αποτύπωσης	123

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Διάγραμμα ροής ενεργειών για την αποτύπωση με τη μέθοδο των πολικών συντεταγμένων.....	32
Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά TCR 405 της Leica.....	42
Πίνακας 3: Χαρακτηριστικά Scan Station 2	44
Πίνακας 4: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Canon EOS 50D	57
Πίνακας 5: Τεχνικά χαρακτηριστικά φακού.....	58
Πίνακας 6: Συντεταγμένες τριγωνομετρικού σημείου.....	64
Πίνακας 7: Συντεταγμένες Όδευσης από GPS.....	67
Πίνακας 8: Εξωτερικές γωνίες όδευσης	68
Πίνακας 9: Μήκη και Υψομετρικές διαφορές όδευσης	69
Πίνακας 10: Συντεταγμένες Όδευσης από Total Station.....	70
Πίνακας 11: Συντεταγμένες στάσεων στο εσωτερικό μέρος του Ωδείου με GPS.....	72
Πίνακας 12: Στάσεις για τη σάρωση του Πρώτου Ψηφιδωτού.....	79
Πίνακας 13: Συντεταγμένες χαρακτηριστικών σημείων για το πρώτο ψηφιδωτό με Total Station.....	80
Πίνακας 14: Συντεταγμένες Χαρακτηριστικών Σημείων στο Ψηφιδωτό από το Cyclone.....	81
Πίνακας 15: Συντεταγμένες Στάσεων για τη Σάρωση του Δεύτερου Ψηφιδωτού.....	91
Πίνακας 16: Συντεταγμένες χαρακτηριστικών σημείων Βορειοδυτικού Ψηφιδωτού	93
Πίνακας 17: Υπολογισμός οριζόντιων γωνιών όδευσης	112
Πίνακας 18: Υπολογισμός κατακόρυφων γωνιών και μηκών όδευσης.....	113

Πίνακας 19: Υπολογισμός υψομετρικών διαφορών κορυφών όδευσης	114
Πίνακας 20: Υπολογισμός υψομέτρων κορυφών όδευσης.....	115
Πίνακας 21: Επιτρεπόμενα όρια γωνιακού σφάλματος, σύμφωνα με τους Ελληνικούς κανονισμούς (ΠΔ696/75,ΠΔ515/89).....	115
Πίνακας 22: Επιτρεπόμενα όρια γραμμικού σφάλματος, σύμφωνα με τους Ελληνικούς κανονισμούς (ΠΔ696/75,ΠΔ515/89).....	115

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ελλάδα είναι μια χώρα η οποία είναι πλούσια σε μνημεία και αρχαιολογικούς χώρους, έτσι η γεωμετρική τους τεκμηρίωση είναι απαραίτητη για την προστασία, τη συντήρηση αλλά και την αναστήλωση ή οποιαδήποτε άλλη παρέμβαση χρειαστεί.

Η Πάτρα είναι διάσπαρτη από Ρωμαϊκά μνημεία που βρίσκονται στο ιστορικό κέντρο της πόλης και αποτελούν έναν ενοποιημένο αρχαιολογικό χώρο μεγάλης ιστορικής σημασίας. Τα μνημεία αυτά είναι σύμβολα της ανάπτυξης της Πάτρας κατά την περίοδο της ρωμαιοκρατίας, καθώς η πόλη αυτή την περίοδο έτυχε της εύνοιας της Ρώμης. Το Ρωμαϊκό αμφιθέατρο, το Ρωμαϊκά νυμφαία, το Ρωμαϊκό υδραγωγείο της Πάτρας και η Γέφυρα του Μείλιχου αποτελούν μερικά από τα σημαντικότερα Ρωμαϊκά μνημεία της Πάτρας.

Αντικείμενο της συγκεκριμένης εργασίας είναι η Γεωμετρική Τεκμηρίωση του Ρωμαϊκού Ωδείου της Πάτρας. Για την πλήρη αποτύπωση του μνημείου χρησιμοποιήθηκαν επίγειες μέθοδοι αποτύπωσης όπως μετρήσεις με laser scanner, reflectorless total station καθώς και δορυφορικές μέθοδοι GPS για τον εντοπισμό θέσης.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Για την αποτύπωση των μνημείων είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός λεπτομερούς υπόβαθρου, σε κατάλληλη μορφή και κλίμακα ώστε οι μηχανικοί και οι αρχαιολόγοι που θα ασχοληθούν με τη συντήρηση ή αναστήλωση τους να έχουν όλη την απαραίτητη πληροφορία για να προχωρήσουν σε οποιαδήποτε παρέμβαση. Η πολυπλοκότητα ενός μνημείου ειδικά αν αυτό έχει μεγάλες φθορές από τα διάφορα φυσικά φαινόμενα ή τις ανθρώπινες παρεμβάσεις είναι και ο βασικός λόγος που καθιστά την καταγραφή και αποτύπωση του επίπονη και ιδιαίτερα δύσκολη διαδικασία.

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία, πραγματεύεται τις μεθόδους αποτύπωσης μνημείων μέχρι και σήμερα και έχει ως βασικό στόχο τη Γεωμετρική Τεκμηρίωση του Ρωμαϊκού Ωδείου Πατρών με τοπογραφικές μεθόδους αλλά και την αποτύπωση ψηφιδωτών από τον περιβάλλοντα χώρο του Ωδείου.

Στο Κεφάλαιο 1 (*Γεωμετρική Τεκμηρίωση Μνημείων*) αναλύεται η έννοια της γεωμετρικής τεκμηρίωσης και γίνεται μια ιστορική αναδρομή στις μεθοδολογίες που εφαρμόζονταν παλαιότερα αλλά και στη σημερινή εποχή με την τεχνολογία του τρισδιάστατου σαρωτή.

Στο Κεφάλαιο 2 (*Το Αρχαίο Ωδείο Πατρών*) γίνεται μια πλήρης περιγραφή της περιοχής μελέτης και του Ωδείου Πατρών. Παρουσιάζεται δηλαδή ο χώρος και τα μέρη του Ωδείου στον οποίο έγινε η εφαρμογή της μεθοδολογίας.

Στο Κεφάλαιο 3 (*Γεωδαιτικός Εξοπλισμός*) παρουσιάζονται τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση της συγκεκριμένης μελέτης αλλά και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους. Επίσης αναφέρεται αναλυτικά ο τρόπος λειτουργίας και η τεχνολογία καθώς και οι εφαρμογές του σαρωτή Scan Station 2 που χρησιμοποιήθηκε.

Στο Κεφάλαιο 4 (*Διαδικασία - Επεξεργασία Μετρήσεων*) περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία των μετρήσεων τόσο για την ίδρυση του πολυγωνομετρικού δικτύου όσο και για την ταχυμετρία.

Στο Κεφάλαιο 5 (*Αποτύπωση Ψηφιδωτών*) παρατίθεται η διαδικασία της σάρωσης και φωτογράφισης των ψηφιδωτών, καθώς και η τεχνολογία του texture mapping για την παραγωγή ορθοεικόνων.

Στο Κεφάλαιο 6 (*Λογισμικά Επεξεργασίας*) αναφέρονται αναλυτικά τα λογισμικά επεξεργασίας των δεδομένων για τη σωστή απόδοση του αποτελέσματος καθώς και ο τρόπος λειτουργίας τους.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 7 (*Τελικά Σχέδια, Συμπεράσματα, Προτάσεις*) παρουσιάζονται τα τελικά σχέδια του Ωδείου, συνοψίζονται τα Συμπεράσματα που προέκυψαν από την όλη εργασία και δίνονται κάποιες σκέψεις για περαιτέρω συνέχεια της.

ABSTRACT

For the documentation of the monuments the existence of a detailed background is necessary in proper form and scale so that the engineers and archaeologists who will occupy with the maintenance and restoration will have all the information needed to go on with any intervention. The complexity of a monument especially if it has a lot of damage from weather conditions or human intervention is the main reason that makes its recording and scheming painful and very difficult.

This thesis deals with the methods of scheming monuments up to now and has as a basic target the Geometrical Documentation of the Roman Odeon in Patras with topographic methods and also the scheming of the mosaics surrounding the Odeon.

In Chapter 1 [*Geometrical Documentation of monuments*], the meaning of the Geometrical Documentation is analyzed and there is a historical flashback on the methods which were applied in the past but also today using the technology of the three dimensional scanner.

In Chapter 2 [*The Ancient Odeon of Patras*] there is a full description of the area of study and the Odeon Of Patras. In other words the area and the sections of the Odeon where the applications of methology took place are presented.

In Chapter 3 [*Geodetic Equipment*], the equipment used for the completion of this study and also its technical characteristics are featured. Also the way it functions and the technology as well as the applications of the Leica Scan Station 2 scanner which was used, are mentioned analytically.

In Chapter 4 [*Procedure-measurements processing*], the procedure of measurements is described in detail for the establishment of network and detail surveying.

In Chapter 5 [*Mosaic scheming*], the procedure of scanning and photographing of the mosaics are cited as well as the technology of texture mapping for the production of orthoimages.

In Chapter 6 [*Procedure Software*], the procedure Software Data is cited analytically for the correct efficiency of the result and its way of functioning as well.

Finally, in Chapter 7 [*Final plans, Conclusions, Suggestions*], the final plans of the Odeon are presented, the Conclusions which arose are summarized and some thoughts are suggested for further survey.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΜΝΗΜΕΙΩΝ

«Μνημείο ή Μνημειακό σύνολο θεωρείται κάθε κατασκευή ιδιαίτερα σημαντική λόγω του ιστορικού, αρχαιολογικού, καλλιτεχνικού, επιστημονικού ή τεχνικού της ενδιαφέροντος συμπεριλαμβανομένων των εγκαταστάσεων ή διακοσμητικών στοιχείων που αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα τους» (Σύμβαση της Γρανάδας, 1985).

Το 1965 με απόφαση του Β' Διεθνούς Συνεδρίου Αρχιτεκτόνων και Τεχνικών Διαχείρισης, που πραγματοποιήθηκε το 1964 στη Βενετία ιδρύθηκε το ICOMOS. Κατά το συνέδριο αυτό καταρτίστηκε και ψηφίστηκε από τους εκπροσώπους της UNESCO το θεμελιώδες ως σήμερα διεθνές κείμενο αρχών για επεμβάσεις στα ιστορικά μνημεία, γνωστό ως *Χάρτης της Βενετίας*. Σύμφωνα με το άρθρο 1 του Χάρτη της Βενετίας, «Η έννοια ενός ιστορικού μνημείου δεν καλύπτει μόνο το μεμονωμένο αρχιτεκτονικό έργο αλλά και την αστική ή την αγροτική τοποθεσία που μαρτυρεί ένα ιδιαίτερο πολιτισμό μια ενδεικτική εξέλιξη ή ένα ιστορικό γεγονός. Αυτό ισχύει όχι μόνο για τις μεγάλες δημιουργίες αλλά και για τα ταπεινά έργα που με τον καιρό απέκτησαν πολιτιστική σημασία» (*Χάρτα της Βενετίας*, 1964).

1.1. Ορισμός Γεωμετρικής Τεκμηρίωσης

Γεωμετρική Τεκμηρίωση καλείται η διαδικασία συλλογής, επεξεργασίας, απόδοσης και καταχώρησης στοιχείων ενός αντικειμένου και περιλαμβάνει, δεδομένα όπως είναι τα ιστορικά, κατασκευαστικά και μεταξύ άλλων τη Γεωμετρική Τοπογραφική Τεκμηρίωση. Τα αντικείμενα αυτά μπορεί να είναι τεχνικά έργα, μικρά ή μεγάλα αντικείμενα ή η φυσική γήινη επιφάνεια. Ειδικότερα, στην περίπτωση των μνημείων, γίνεται πλήρης

καταγραφή τους, ώστε σε περίπτωση συντήρησης ή και καταστροφής τους να μπορούν να επαναδομηθούν στην αρχική τους μορφή. Στόχος είναι η καταγραφή της υπάρχουσας κατάστασης όσον αφορά την πραγματική μορφή τους στο χώρο των τριών διαστάσεων σε μια δοσμένη χρονική στιγμή. Οι απαιτήσεις για λεπτομερή διαγράμματα μεγάλης ακριβείας επιβάλλουν την εφαρμογή εξειδικευμένων τοπογραφικών μεθόδων και τεχνικών, σε ολόκληρο το φάσμα των δραστηριοτήτων παραγωγής σχεδίων ή ηλεκτρονικών αρχείων, μέσω των οποίων απεικονίζεται η παρούσα κατάσταση του μνημείου.

1.2. Μέθοδοι Γεωμετρικής Τεκμηρίωσης

Οι μέθοδοι αποτύπωσης που χρησιμοποιούνται είναι τοπογραφικές, φωτογραμμετρικές ή συνδυασμός αυτών των δύο. Η εφαρμογή των μεθόδων αυτών αλλάζει με την πάροδο του χρόνου καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς και τα όργανα βελτιώνονται συνεχώς.

Παρακάτω αναφέρονται οι διάφορες μέθοδοι Γεωμετρικής Τεκμηρίωσης Μνημείων :

- Τοπομετρική Μέθοδος
- Τοπογραφική Μέθοδος
- Φωτογραμμετρική Μέθοδος
- Εναλλακτικές Μέθοδοι

1.2.1. Τοπομετρική Μέθοδος

Η συγκεκριμένη μέθοδος πραγματοποιείται με μηκομετρήσεις τριγώνων (τριπλευρισμός), διαγωνίων, πλευρών, αποκλίσεων και υψομετρικών διαφορών χρησιμοποιώντας το νήμα της στάθμης, το αλφαδολάστιχο, τη μετροταινία και τη σταδία. Αρχικά η καταγραφή γίνεται σε σκαρίφημα (αυτοσχέδιο κροκί) το οποίο αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για τη σωστή απόδοση των σχεδίων. Στη συνέχεια οι μετρήσεις καταχωρούνται σε περιβάλλον AutoCAD σε αυθαίρετο σύστημα συντεταγμένων και χωρίς να αποτυπώνεται η τρίτη διάσταση.

Πλεονεκτήματα αποτύπωσης με τοπομετρικές μεθόδους :

- Απλά και φθηνά όργανα
- Δεν απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό
- Δεν απαιτείται μεγάλη ακρίβεια

Μειονεκτήματα αποτύπωσης με τοπομετρικές μεθόδους :

- Αδυναμία ελέγχου με αποτέλεσμα να μην είναι εφικτή η αντικειμενική αξιολόγηση της αποτύπωσης
- Απαιτούμενη άμεση προσπελασιμότητα των οργάνων
- Υποκειμενική σχέση μελετητή και αντικειμένου προς αποτύπωση



Εικόνα 1: Παράδειγμα αποτύπωσης Ρωμαϊκής Γέφυρας Πατρών με τοπομετρικές μεθόδους (χρήση μετροταινίας και νήματος στάθμης)

ΠΗΓΗ: <http://www.google.gr/>

1.2.2. Τοπογραφική μέθοδος

Παλαιότερα οι τοπογραφικές μέθοδοι χρησιμοποιούσαν τα κλασικά τοπογραφικά όργανα και εφαρμόζονταν η μέθοδος των πολικών συντεταγμένων ή η μέθοδος της εμπροσθοτομίας. Όμως με την πάροδο του χρόνου κατασκευάστηκαν νέα όργανα. Έτσι, στο τέλος της δεκαετίας του '90 κατασκευάστηκαν γεωδαιτικοί σταθμοί που μπορούν να μετρούν αποστάσεις χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα (reflectorless). Αυτή η τεχνολογία διευκόλυνε πάρα πολύ τη διαδικασία των μετρήσεων, βελτίωσε την ακρίβεια και επιτάχυνε τη δουλειά στο πεδίο. Τα βασικά πλεονεκτήματα της χρησιμοποίησης γεωδαιτικού σταθμού για την αποτύπωση μνημείων είναι η δυνατότητα μέτρησης σημείων με μεγάλη ακρίβεια καθώς επίσης η αυτόματη καταγραφή των μετρήσεων. Για τη χρήση της μεθόδου αυτής αναγκαία προϋπόθεση είναι η ίδρυση τριγωνομετρικού ή

και πολυγωνομετρικού δικτύου, από το οποίο εξαρτάται η αποτύπωση. Η εξάρτηση της αποτύπωσης ενός μνημείου από το πολυγωνομετρικό δίκτυο δίνει τη δυνατότητα σύνδεσης των επιμέρους χώρων του μνημείου αλλά και τη διαπίστωση των ιδιοτήτων και των καταστάσεων που επικρατούν.

Αξίζει να τονιστεί ότι αρκετές φορές μπορεί η τοπογραφική αποτύπωση να συνδυαστεί με τη φωτογραμμετρική μεθοδολογία ώστε να ληφθούν μόνο οι ελάχιστες τοπογραφικές μετρήσεις (μέτρηση φωτοσταθερών) που είναι απαραίτητες για τον καθορισμό του επίγειου τρισσορθογώνιου συστήματος συντεταγμένων στο οποίο θα αναφερθούν οι φωτογραφίες των στερεομοντέλων που θα επεξεργαστούν φωτογραμμετρικά και θα αποδώσουν το τελικό προϊόν. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην πολυπλοκότητα του αντικειμένου και στη μεγάλη λεπτομέρεια που εμφανίζουν τα αρχιτεκτονικά και αρχαιολογικά μνημεία.

Τα τελευταία χρόνια σημειώθηκε μια νέα πρόοδος όσον αφορά τις τεχνολογίες για την αποτύπωση μνημείων με την κατασκευή του επίγειου σαρωτή laser. Η τεχνολογία αυτή διευκολύνει πολύ την εργασία αποτύπωσης αφού δίνει μεγαλύτερη ακρίβεια και απαιτεί λιγότερο χρόνο στο πεδίο. Οι επίγειοι σαρωτές laser είναι όργανα ενεργής απεικόνισης τα οποία δίνουν σε πραγματικό χρόνο τις τρισδιάστατες συντεταγμένες του αντικειμένου που αποτυπώνεται. Το προϊόν που παράγεται είναι νέφος σημείων με συντεταγμένες x,y,z που αναφέρονται στο σύστημα αναφοράς της σάρωσης. Οι σαρωτές laser ανάλογα με τη μέθοδο υπολογισμού της απόστασης διακρίνονται στους παθητικούς (*"μέθοδος τριγωνισμού"*) και στους ενεργητικούς (*"time of flight", τριγωνισμός με μία ή δύο κάμερες CCD*).

1.2.3. Φωτογραμμετρική μέθοδος

Εμπνευστής της χρήσης της φωτογραφίας για την τεκμηρίωση των αρχιτεκτονικών κατασκευών σημαντικής πολιτιστικής αξίας, ήταν ο Albrecht Meydenbauer, γερμανός αρχιτέκτων που στα 1858 μετά από ένα ατύχημα κατά τη διάρκεια των μετρήσεων που έκανε στον καθεδρικό ναό της πόλης Wetzlar και μπορούσε να στοιχίσει τη ζωή του, σκέφτηκε ότι θα μπορούσαν οι μετρήσεις στην όψη ενός κτηρίου να πραγματοποιηθούν με έμμεσο τρόπο και όχι απ' ευθείας.

Οι φωτογραμμετρικές μέθοδοι εφαρμόζονται συχνά για αποτυπώσεις μνημείων ειδικά σε μεγάλες κλίμακες αφού καταφέρνουν να διατηρούν την τελεία αναλογία μεταξύ της ακρίβειας, της πληρότητας και του ποσού της πληροφορίας που είναι αναγκαία ή μη. Έχουν τη δυνατότητα αποτύπωσης άπειρων σημείων που σε συνδυασμό με τα μετρητικά στοιχεία αποτελούν μία σημαντική πληροφορία για την ιστορία του μνημείου. Η απόδοση των σημείων αυτών στο σύνολό τους μέσα από μια ανηγμένη μετρητική φωτογραφία ή μια ορθοφωτογραφία αποτελεί έναν τρόπο αποτύπωσης ειδικών στοιχείων όπως τοιχογραφημένες επιφάνειες, επίπεδες όψεις, εικόνες και άλλα. Το βασικό χαρακτηριστικό της φωτογραμμετρικής αποτύπωσης που τη διαφοροποιεί από την τοπογραφική, είναι το ότι δεν διασπάται η συνέχεια του αντικειμένου από τμηματική και σημειακή διακριτοποίηση.

Αρχικά, η μέθοδος υλοποιούνταν με τη χρήση ειδικών φωτογραφικών μηχανών που προσαρμόζονταν σε θεοδόλιχο και επιλύονταν με τη μέθοδο της επίγειας φωτογραμμετρίας. Σήμερα, απλοποιείται πολύ η μεθοδολογία της αποτύπωσης και βελτιώνεται το τελικό προϊόν με τη δημιουργία της ψηφιακής φωτογραμμετρίας, την ανάπτυξη αλγορίθμου και την αυτοματοποίηση των διαδικασιών.

Ο απαραίτητος υλικοτεχνικός εξοπλισμός για την εφαρμογή φωτογραμμετρικών τεχνικών για την ψηφιοποίηση μνημείων περιλαμβάνει τόσο φωτογραφικές μηχανές όσο και μετρητικές διατάξεις και εξειδικευμένα υπολογιστικά συστήματα που ονομάζονται

Ψηφιακοί Φωτογραμμετρικοί Σταθμοί αλλά και εφαρμογές λογισμικού με δυνατότητα επεξεργασίας εικόνας και δημιουργίας τρισδιάστατων μοντέλων από συγκλίνουσες φωτογραμμετρικές λήψεις εικόνων (convergent photogrammetry systems) ή δημιουργίας ανηγμένων εικόνων από προγράμματα ψηφιακής αναγωγής.

Πλεονεκτήματα αποτύπωσης με φωτογραμμετρικές μεθόδους:

- Δυνατότητα έγχρωμης πληροφορίας
- Απεριόριστη ακτίνα εφαρμογής
- Μικρός χρόνος εργασιών πεδίου
- Υψηλότερες αναλύσεις
- Χαμηλό κόστος των εικόνων
- Δεν υπάρχει ανάγκη σχεδίων πεδίου (σκαριφήματα-κροκί).
- Δυνατότητα εκμετάλλευσης παλιότερων φωτογραφιών

(Πηγή: Συμεωνίδης Παύλος, Οκτώβριος 2006)

Μειονεκτήματα αποτύπωσης με φωτογραμμετρικές μεθόδους:

- Απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό και εξοπλισμός
- Απατούνται ειδικές συνθήκες φωτισμού
- Η επεξεργασία και η απόδοση των δεδομένων είναι ακριβή
- Υπάρχει ανάγκη για πρόσθετες εργασίες της τοπογραφικής μεθόδου (στις περιπτώσεις χρήσης φωτοσταθερών, ή τοποθέτησης του αντικειμένου σε αμοιβαία σχέση με άλλα αντικείμενα)

1.2.4. Εναλλακτικές Μέθοδοι Γεωμετρικής Τεκμηρίωσης Μνημείων

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων χρόνων πολλοί επιστήμονες που ασχολούνται με την καταγραφή και τεκμηρίωση μνημείων Πολιτιστικής Κληρονομιάς προσπάθησαν να αναπτύξουν καινοτόμες μεθοδολογίες που έχουν ως σκοπό την αυτοματοποίηση των μετρήσεων για την καταγραφή των γεωμετρικών χαρακτηριστικών τους. Οι προσπάθειες αυτές έχουν ως σκοπό τη χρήση τεχνικών τοπογραφικών μετρήσεων και σύλληψης της εικονικής πληροφορίας με χρήση υβριδικών συστημάτων.

Συγκεκριμένα, οι T. Kakiuchi, H. Chikatsu το 2004 κατασκεύασαν γεωδαιτικό σταθμό με ενσωματωμένη ψηφιακή κάμερα. Ένα άλλο υβριδικό σύστημα τοπογραφίας φωτογραμμετρίας προτάθηκε από το μ. Scherer. Η συγκεκριμένη ερευνητική πρόταση περιγράφει τη χρήση του «έξυπνου ταχύμετρου», ενός γεωδαιτικού σταθμού που οδηγείται (περιστρέφεται μηχανοκίνητα) από φορητό Η/Υ και μετρά χωρίς τη χρήση κάτοπτρου αλλά με μια δέσμη ακτίνας laser, τα χαρακτηριστικά σημεία που περιγράφουν το σχήμα του μνημείου. Η χρήση μιας CCD κάμερας που συνδέεται σε πραγματικό χρόνο με τον Η/Υ μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για την καταγραφή on line της εικονικής πληροφορίας που μετράται από το γεωδαιτικό σταθμό ή για την καθοδήγηση του μηχανισμού μέτρησης μέσω ειδικού λογισμικού προς το σημείο του αντικειμένου που επιθυμείται να μετρηθεί.

Τέλος μια σημαντική πρόταση ψηφιοποίησης από εικόνες και ιδιαίτερα για εφαρμογή σε καταγραφή αρχιτεκτονικών - αρχαιολογικών μνημείων και συνόλων αποτελεί η πρόταση της εταιρείας MetaCreations, το λογισμικό Canoma. Το συγκεκριμένο λογισμικό ενσωματώνει μια σειρά από εργαλεία τοποθέτησης κανονικών στερεών σχημάτων (κύβος, παραλληλόγραμμο, πυραμίδα, αψίδα κ.α.) σε μια ή περισσότερες ψηφιακές εικόνες με σκοπό την εξαγωγή των εικόνων υψής και της γεωμετρίας τους από αυτές. Επίσης, συνεργάζεται με προγράμματα σχεδίασης CAD ώστε με την εισαγωγή των τρισδιάστατων

αντικειμένων να εξαχθεί η υφή από τις εικόνες και να δημιουργηθεί το τρισδιάστατο μοντέλο σε μορφή αρχείου εικονικής πραγματικότητας .

1.3. Γεωδαιτική Διαδικασία Γεωμετρικής Τεκμηρίωσης

Η γεωδαιτική διαδικασία της γεωμετρικής τεκμηρίωσης είναι η εξής:

- Βασική και πρωταρχική φάση σε μια τέτοια εργασία είναι η αναγνώριση του αντικειμένου και του περιβάλλοντος χώρου, ώστε να καταγραφούν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής. Αυτό γίνεται είτε περπατώντας προσεκτικά την περιοχή, είτε χρησιμοποιώντας φωτογραφίες, αεροφωτογραφίες ή ακόμα και χάρτες. Στο στάδιο αυτό εκτιμώνται οι μέθοδοι που θα εφαρμοστούν, ο εξοπλισμός που θα απαιτηθεί αλλά και ο χρόνος και το κόστος εκτέλεσης της εργασίας.
- Έπειτα, απαραίτητη είναι η ίδρυση ενός τρισδιάστατου γεωδαιτικού δικτύου, που να εξασφαλίζει την οριζοντιογραφική και υψομετρική σύνδεση των επιμέρους χώρων του αντικειμένου, να διασφαλίζει τη μεταφορά διευθύνσεων και υψομέτρων, δηλαδή να αποτελεί το δίκτυο υποδομής για την πραγματοποίηση της αποτύπωσης των σημείων λεπτομερειών. Το δίκτυο είναι μικρό και συνήθως τοπικό και αυθαίρετο. Μόνο όταν υπάρχει ανάγκη συσχετισμού της κατασκευής με άλλα έργα εντάσσεται σε κάποιο σύστημα αναφοράς. Ιδιαίτερης σημασίας είναι η σήμανση των κορυφών του δικτύου η οποία πρέπει να είναι διακριτική με ειδικούς τρόπους, για να αποφεύγονται τυχόν φθορές στο μνημείο. Η θέση των κορυφών του δικτύου εξαρτάται από το σχήμα και το μέγεθος του μνημείου, από την προσβασιμότητα και τις συνθήκες ορατότητας. Σε πολλές περιπτώσεις αρκεί μια όδευση για τη διαδικασία της αποτύπωσης, κατά προτίμηση κλειστή για το γραμμικό και γωνιακό έλεγχο της.
- Πρωταρχικό και καθοριστικό ρόλο στη διαδικασία της γεωμετρικής τεκμηρίωσης ενός μνημείου κατέχει η σύνταξη των αυτοσχεδίων υπαίθρου. Η σημασία τους είναι

- ιδιαίτερα σημαντική. Τα αυτοσχέδια υπαίθρου πρέπει να είναι ευανάγνωστα και να διασφαλίζεται η συνέχειά τους έτσι ώστε να διευκολύνεται η απόδοση του σχεδίου.
- Επόμενο βήμα είναι η αποτύπωση των σημείων λεπτομερειών του μνημείου, είτε αυτά αφορούν οριζόντιες τομές - κατόψεις, είτε κατακόρυφες τομές - όψεις. Για να μη δημιουργηθεί σύγχυση αργότερα στη σύνταξη των διαγραμμάτων, τα σημεία που μετρούνται πρέπει να διαχωρίζονται, πράγμα το οποίο γίνεται συνήθως με τη διαφορετική αρίθμησή τους και την ανάλογη κάθε φορά ταξινόμησή τους σύμφωνα με το σε ποιά τομή - όψη ανήκουν. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την αποτύπωση των σημείων λεπτομερειών είναι η μέθοδος των πολικών συντεταγμένων και η μέθοδος της εμπροσθοτομίας.
 - Η επεξεργασία των μετρούμενων σημείων γίνεται με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού, το οποίο τα μεταφέρει στον υπολογιστή, υπολογίζονται οι συντεταγμένες x, y, z όλων των σημείων στο σύστημα αναφοράς που έχει επιλεγεί και ταξινομούνται ανάλογα με το σε ποιά κατακόρυφη ή οριζόντια τομή - όψη ή κάτοψη ανήκουν. Τα σημεία που ανήκουν σε κατακόρυφες τομές - όψεις πρέπει πρώτα να υποβληθούν σε κατάλληλους μετασχηματισμούς, γιατί πρέπει να υπολογιστούν νέες συντεταγμένες σε νέο σύστημα αναφοράς, που ο ένας άξονάς του θα είναι παράλληλος με το ίχνος της τομής του κατακόρυφου επιπέδου με το οριζόντιο επίπεδο του συστήματος αναφοράς της αποτύπωσης και ο άλλος κάθετος σε αυτόν και με φορά προς τα πάνω. Αρχή του νέου αυτού συστήματος θα είναι ένα σημείο που βρίσκεται πάνω στο επίπεδο της κατακόρυφης τομής.
 - Κύριο και πολύ σημαντικό βήμα στη γεωμετρική τεκμηρίωση μιας κατασκευής είναι η σχεδίαση διαγραμμάτων, μερικά από τα οποία είναι η γενική οριζοντιογραφία, οι κατόψεις και οι κατακόρυφες τομές - όψεις. Η παραγωγή αυτών των σχεδίων γίνεται σήμερα ψηφιακά με τη βοήθεια κατάλληλων σχεδιαστικών προγραμμάτων (AutoCAD), τα οποία παρέχουν εύκολη και γρήγορη διαχείριση της μετρητικής πληροφορίας που συλλέγεται στο πεδίο.
 - Τελικό στάδιο στη διαδικασία αυτή είναι ο έλεγχος της γεωμετρικής τεκμηρίωσης.

Ο έλεγχος αφορά στην πραγματοποίηση κάποιων τοπομετρικών μετρήσεων, όπου αυτό είναι εφικτό, ή εκ νέου μετρήσεις με γεωδαιτικό όργανο, όταν δεν είναι σίγουρο ότι υπάρχει συμφωνία μεταξύ του αντικειμένου και του σχεδίου ή ακόμα όταν λείπουν κάποια κομμάτια του μνημείου για να ολοκληρωθεί η οριζοντιογραφία. Ακόμα, πρέπει να δίνεται προσοχή στο αν η διάσταση ενός δομικού στοιχείου που εμφανίζεται τεμνόμενο σε σχέδιο οριζόντιας τομής είναι ίδια με την αντίστοιχη διάσταση του ίδιου στοιχείου, όπως εμφανίζεται σε σχέδιο κατακόρυφης τομής - όψης. Ο έλεγχος αυτός γίνεται με την τοποθέτηση σε ψηφιακό περιβάλλον του αντίστοιχου αποσπάσματος της οριζόντιας τομής κάτω από αυτό της κατακόρυφης τομής, κατάλληλα στραμμένο και μετατοπισμένο, ώστε να γίνονται όλες οι γεωμετρικές συγκρίσεις. Το ίδιο γίνεται και μεταξύ των κατακόρυφων τομών - όψεων, στις οποίες παρουσιάζονται ίδια δομικά στοιχεία. Τέλος οι τομές - όψεις τοποθετούνται η μία δίπλα στην άλλη και ελέγχονται κυρίως οι υψομετρικές θέσεις των ομόλογων σημείων.

1.4. Αποτύπωση σημείων λεπτομερειών

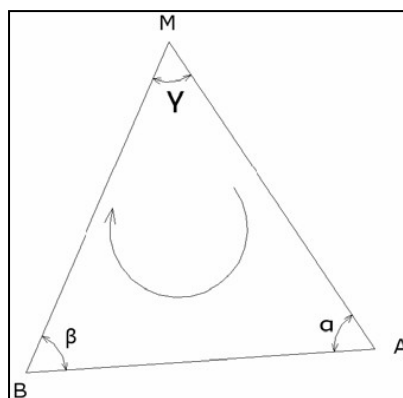
Η γεωμετρική τεκμηρίωση συνόλου απαιτεί την αποτύπωση πλήθους σημείων λεπτομέρειας. Η μέθοδος αποτύπωσης που θα επιλέγεται κάθε φορά εξαρτάται από την ακρίβεια που έχει προδιαγραφεί να έχει το τελικό προϊόν καθώς και από τον εξοπλισμό και το χρόνο που διατίθεται για εργασία στο πεδίο.

Οι διάφορες μέθοδοι αποτύπωσης των σημείων λεπτομέρειας είναι:

- Η μέθοδος της εμπροσθοτομίας
- Η μέθοδος των πολικών συντεταγμένων
- Η αποτύπωση με χρήση εικονοσταθμών
- Η αποτύπωση με Laser Scanner

1.4.1. Η μέθοδος της εμπροσθοτομίας

Η συγκεκριμένη μέθοδος για την αποτύπωση σημείων λεπτομέρειας συναντάται πλέον σπάνια. Παλαιότερα η χρήση της ήταν πιο συνηθισμένη με τη χρήση οπτικομηχανικών οργάνων για την αποτύπωση απρόσιτων σημείων. Κύρια εφαρμογή έχει σε ειδικές εργασίες αποτύπωσης όπως είναι η βιομηχανική γεωδαισία. Ο εξοπλισμός που απαιτείται είναι δύο θεοδόλιχα ή total stations, δύο τρίποδες και μετροταινία για τη μέτρηση του ύψους των οργάνων. Απαραίτητη είναι και η υλοποίηση του σημείου αποτύπωσης συνήθως με ορατό laser, ώστε να είναι δυνατή η σκόπευση του ίδιου σημείου και από τα δύο όργανα. Δηλαδή, για τον προσδιορισμό της θέσης ενός σημείου M χρησιμοποιούνται δύο άλλα σημεία A και B γνωστών συντεταγμένων τα οποία πρέπει να έχουν αμοιβαία ορατότητα. Έτσι, τα μετρούμενα μεγέθη είναι οι οριζόντιες γωνίες α και β και οι ζενίθιες γωνίες z_A και z_B από τα σημεία με γνωστές συντεταγμένες και τα ύψη οργάνου YO_A και YO_B . Με κατάλληλους υπολογισμούς υπολογίζονται οι συντεταγμένες του σκοπευόμενου σημείου. Η ακρίβεια της μεθόδου αυτής είναι της τάξης των μερικών cm. Βέβαια, η ανάπτυξη των total stations χωρίς χρήση ανακλαστήρα - reflectorless έχει καταργήσει τη μέθοδο αυτή σε πολλές εφαρμογές.



Εικόνα 2: Η μέθοδος της εμπροσθοτομίας

ΠΗΓΗ: <http://www.ipet.gr/>

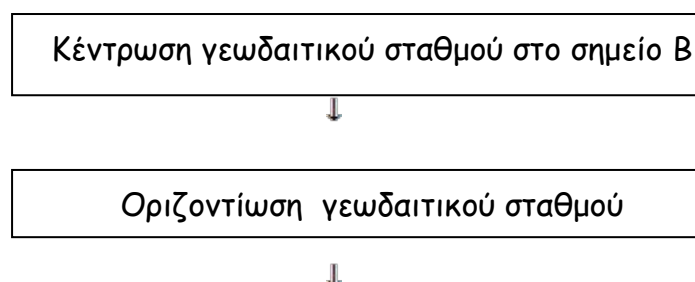
1.4.2. Η μέθοδος των πολικών συντεταγμένων

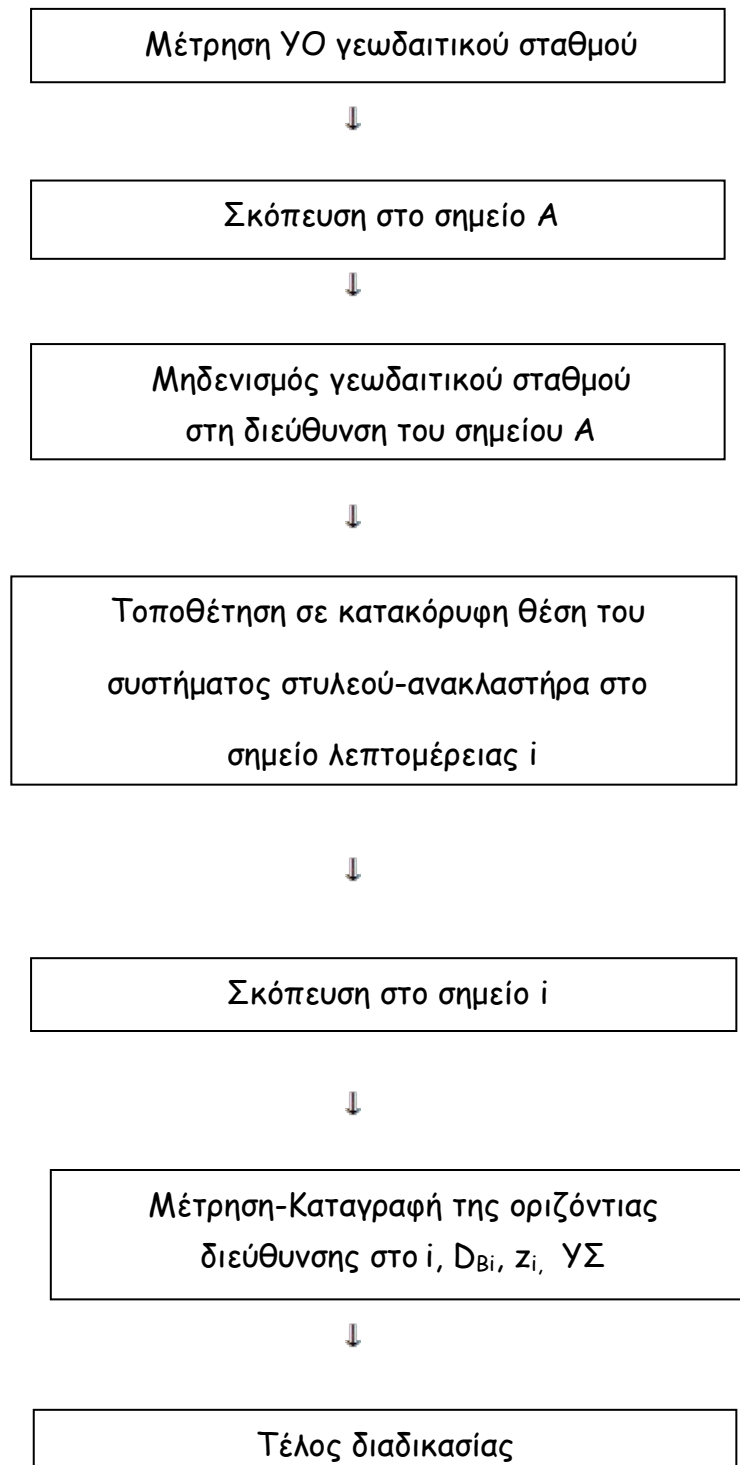
Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για την αποτύπωση σημείων λεπτομέρειας. Εφαρμόζεται όταν είναι δυνατή η άμεση μέτρηση του μήκους προς το σκοπευόμενο σημείο. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για την εφαρμογή της μεθόδου είναι είτε απλοί ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί και ειδικοί μικροί ανακλαστήρες, είτε ολοκληρωμένοι γεωδαιτικοί σταθμοί που μετρούν το μήκος χωρίς τη χρήση ανακλαστήρα.

Τα βασικά πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι :

- υπάρχει μείωση στο ανθρώπινο δυναμικό και στο χρόνο παραμονής στο πεδίο
- αποτύπωση απρόσιτων σημείων όταν χρησιμοποιούνται reflectorless όργανα
- υψηλή ακρίβεια στον προσδιορισμό των συντεταγμένων των σημείων
- δυνατότητα αποτύπωσης σημείων που βρίσκονται σε μακρινές αποστάσεις ακόμα και της τάξης των 1200m.

Το βασικό μειονέκτημα της μεθόδου είναι το γεγονός ότι υπάρχουν περιπτώσεις όπου είναι αδύνατος ο διαχωρισμός και η σκόπευση του επιθυμητού σημείου μέσα από το τηλεσκόπιο του οργάνου, είτε γιατί η απόσταση είναι πολύ μικρή και υπάρχουν πολλά παρόμοια γειτονικά στοιχεία, είτε γιατί η σκόπευση γίνεται σε μικρή ζενίθια γωνία. Σε αυτό βοηθάει σημαντικά η εκπομπή ακτίνας ορατού κόκκινου laser από ορισμένους σύγχρονους ολοκληρωμένους γεωδαιτικούς σταθμούς, ώστε να επιβεβαιώνεται η σκόπευση, καθώς και η χρήση ειδικών προσοφθάλμιων αγκωνοειδών πρισμάτων. Παρακάτω παρουσιάζεται σε διάγραμμα ροής η μέθοδος των πολικών συντεταγμένων:





Πίνακας 1: Διάγραμμα ροής ενεργειών για την αποτύπωση με τη μέθοδο των πολικών συντεταγμένων

ΠΗΓΗ: Λάμπρου- Πανταζής, (Σεπτέμβριος 2011)

1.4.3. Αποτύπωση με χρήση εικονοσταθμών

Τα τελευταία χρόνια κατασκευάστηκε μια νέα κατηγορία γεωδαιτικών οργάνων η οποία διευκόλυνε πολύ τη διαδικασία της αποτύπωσης. Τα όργανα αυτά είναι οι *Εικονογεωδαιτικοί σταθμοί* ή *Image Station* όπως αλλιώς ονομάζονται. Ο τρόπος με τον οποίο λειτουργούν και συλλέγουν τα στοιχεία τους καθώς επίσης και η επεξεργασία αυτών από κατάλληλα λογισμικά είναι ένας συνδυασμός των τοπογραφικών και φωτογραμμετρικών μεθόδων. Το γεγονός αυτό τα καθιστά κατάλληλα τόσο για γεωδαιτικές όσο και για φωτογραμμετρικές εφαρμογές. Τέλος αφού διαθέτουν ενσωματωμένη ψηφιακή φωτογραφική μηχανή, διατηρώντας παράλληλα τις κλασικές λειτουργίες επεκτείνουν το φάσμα των εφαρμογών τους και αυτοματοποιούν αρκετά τη διαδικασία της αποτύπωσης.



Εικόνα 3: Εικονοσταθμός TCR P1250+ R40

ΠΗΓΗ: <http://www.leica-geosystems.com>



Εικόνα 4: Topcon Imaging Station

ΠΗΓΗ: <http://www.treecomp.gr/>

1.4.4. Αποτύπωση με Laser Scanner

Όπως αναφέρθηκε και προηγούμενα, ο επίγειος σαρωτής laser διευκολύνει πολύ το χρόνο και τη διαδικασία αποτύπωσης. Τα όργανα αυτά αποτυπώνουν στο χώρο των τριών διαστάσεων το αντικείμενο που σαρώνουν. Το τελικό προϊόν είναι ένα νέφος σημείων που αναφέρεται στο σύστημα του σαρωτή. Αξίζει να σημειωθεί ότι με τη βοήθεια πολλών λογισμικών παρέχουν τη δυνατότητα γρήγορης παραγωγής σχεδίων για το αντικείμενο που σαρώνεται.

Πλεονεκτήματα Αποτύπωσης με Laser Scanner:

- Απευθείας 3D αποτύπωση σημείων
- Επεξεργασία μεγάλου αριθμού σημείων σε επιφάνειες
- Άριστη μέθοδος για την αποτύπωση και περιγραφή πολύπλοκων μη κανονικών επιφανειών
- Τα αποτελέσματα είναι διαθέσιμα σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα
- Ταχύτατη συλλογή πληροφορίας
- Ταυτόχρονη συλλογή μετρικής και ποιοτικής πληροφορίας (XYZ, RGB)
- Εφαρμόζεται μέρα ή νύχτα και σχεδόν υπό όλες τις καιρικές συνθήκες. (Εκτός καταιγίδας ή βαριάς χιονόπτωσης).
- Δυνατότητα αποτύπωσης απρόσιτων ή δυσπρόσιτων αντικειμένων.

Μειονεκτήματα Αποτύπωσης με Laser Scanner:

- Η μικρή ταχύτητα σάρωσης της επιφάνειας, όταν η επιφάνεια έχει πολλές λεπτομέρειες και το βήμα σάρωσης είναι μικρό
- Το μεγάλο σχετικά βάρος τους, που κυμαίνεται από 10 kg έως 30 kg, το οποίο αυξάνεται από το βάρος των απαραίτητων παρελκόμενων, με

συνέπεια τη δυσκολία στη μεταφορά και την εγκατάσταση στο σημείο μέτρησης

- Το περιορισμένο οπτικό πεδίο, που έχουν τη δυνατότητα να καλύψουν, ειδικά κατά την κατακόρυφη διεύθυνση, που έχει σαν συνέπεια, αν η προς αποτύπωση επιφάνεια εκτείνεται σε μεγάλο ύψος, την αναγκαστική τοποθέτησή τους σε μεγάλη απόσταση από αυτήν
- Το υψηλό κόστος αγοράς
- Το μέγεθος της μοναδιαίας κουκίδας παλμού laser που εκπέμπουν, η οποία εξαρτάται από την απόσταση και σε σχετικά μεγάλες αποστάσεις μειώνει τη διακριτική ικανότητα του.

(Πηγή: Συμεωνίδης Παύλος, Οκτώβριος 2006)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. ΤΟ ΑΡΧΑΙΟ ΩΔΕΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

Στα δυτικά της Ακρόπολης, στην Άνω πόλη, βρίσκεται το Ρωμαϊκό Ωδείο της Πάτρας που ανεγέρθηκε νωρίτερα από το Ωδείο της Αθήνας (Ηρώδειο, 160 μ.Χ.). Ο Πausanίας που επισκέφθηκε την Πάτρα στη δεκαετία του 170 μ.Χ. γράφει *«έχει την ωραιότερη διακόσμηση που έχω δει, αν εξαιρέσει βέβαια κανείς αυτό της Αθήνας»*. Όπως αναφέρει ο Pausanias, μέσα στο Ωδείο, που ήταν συνεχόμενο της αρχαίας Αγοράς, υπήρχε άγαλμα του Απόλλωνα, που έγινε από λάφυρα του πολέμου, κατά των Γαλατών (279 π.Χ.) όταν οι Πατρινοί είχαν βοηθήσει τους Αιτωλούς. Στους αιώνες που ακολούθησαν, οι σεισμοί, οι πόλεμοι και οι κατακτητές κατέστρεψαν το Ωδείο και το κάλυψαν με άλλα κτήρια και χώματα. Από το μικρό λόφο που δημιουργήθηκε, έμεναν ακάλυπτα μόνο ελάχιστα τμήματα. Ξαναήρθε στο φως το 1889, όταν έγιναν εργασίες εκσκαφής στο λόφο για την επιχωμάτωση του λιμανιού.

Πέρασαν αρκετές δεκαετίες έως ότου ξεκινήσει η διαδικασία της αναστήλωσης του που ολοκληρώθηκε το 1956, χρονιά κατά την οποία το Αρχαίο Ωδείο απέκτησε την αρχική του μορφή. Την ίδια δεκαετία, μετατράπηκε ο περιβάλλον χώρος σε αρχαιολογικό με την έκθεση σ' αυτόν σαρκοφάγων, ψηφιδωτών και άλλων αρχαίων ευρημάτων.

Το Ωδείο έχει όλα τα βασικά μέρη του θεάτρου δηλαδή κοίλο, ορχήστρα, προσκήνιο, σκηνή, παρασκήνια, παρόδους και είναι μικρότερο από το Ηρώδειο. Η διάμετρος του κοίλου του είναι η μισή περίπου από αυτή του Ωδείου της Αθήνας, χωράει περίπου τους μισούς θεατές από αυτό (2.500 περίπου της Πάτρας , 5.000-6.000 της Αθήνας). Το κοίλο του θεάτρου δεν είναι λαξευτό, όπως συμβαίνει με τα άλλα θέατρα ούτε στηρίζεται σε κάποιο φυσικό αντέρεισμα. Για τη στήριξη του χρειάστηκε να κατασκευαστεί αναλημματικός τοίχος που δεν σώζεται σε όλο του το ύψος. Το ανάλημα είναι κτισμένο με

πέτρες και επενδεδυμένο με επάλληλες σειρές οπτοπλίνθων κατά το ρωμαϊκό σύστημα *opus testaceum*, ενισχύεται κατά διαστήματα από ογκώδεις κτισμένους με τον ίδιο τρόπο πεσσούς. Το ίδιο οικοδομικό σύστημα συναντάται και στον τοίχο της πρόσοψης, καθώς και στα χωρίσματα της σκηνής και των παρασκηνίων.

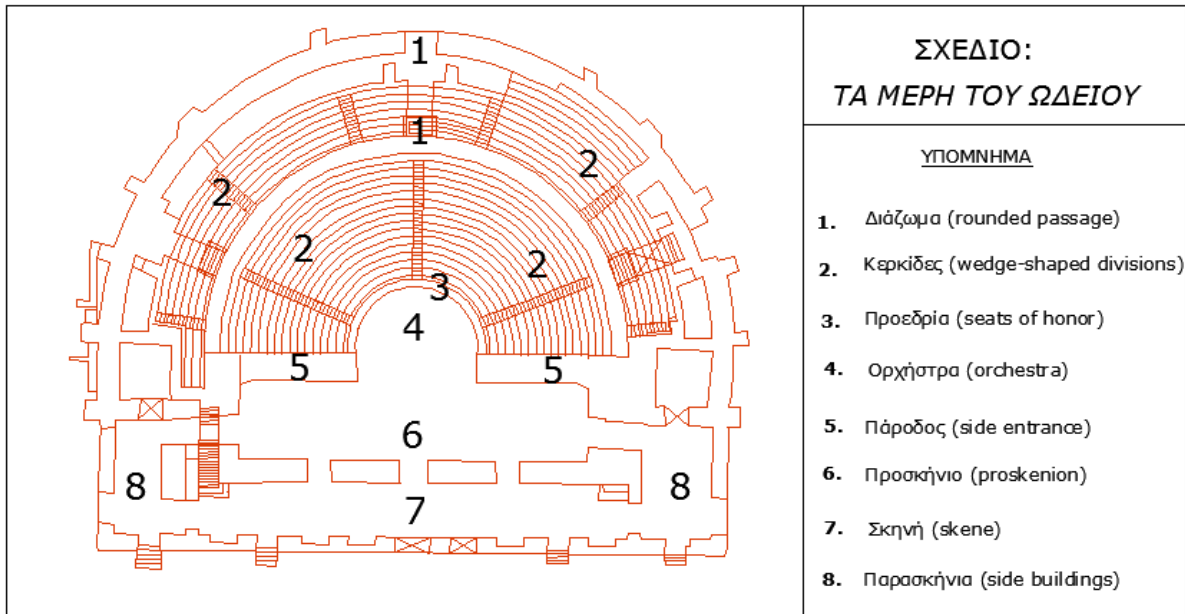
Η πρόσοψη που βλέπει προς το νότο έχει πέντε ανοίγματα εισόδους προς τη σκηνή και δύο στα πλάγια, προς τα παρασκήνια. Ο τοίχος της σκηνής προς την πλευρά του κοίλου φέρει οκτώ κόγχες εκ των οποίων οι τέσσερις είναι αψιδωτές και οι υπόλοιπες ορθογώνιες. Κόγχες φέρει και ο χαμηλός τοίχος του προσκηνίου απέναντι από την ορχήστρα.

Η ορχήστρα είναι ημικυκλική με επένδυση από μαρμάρινες πλάκες και χωρίζεται από το κοίλο με επίσης μαρμάρινο χαμηλό θωράκιο.

Οι θεατές μπαίνουν στο θέατρο από τρεις κτιστές κλίμακες που ξεκινούν από την πίσω πλευρά του κοίλου και καταλήγουν στο διάζωμα. Το διάζωμα χωρίζει το κοίλο σε δύο μέρη. Το κάτω διάζωμα αποτελείται από τέσσερις κερκίδες με δεκαέξι σειρές καθισμάτων. Τρεις κλίμακες διευκολύνουν τη διακίνηση των θεατών στο κάτω μέρος. Το επάνω διάζωμα έχει επτά κερκίδες και σώζονται επτά σειρές καθισμάτων και ανάλογες κλίμακες. Ίσως υπήρχαν και άλλες σειρές και να καταστράφηκαν μαζί με το επάνω μέρος του αναλημματικού τοίχου.

Από το 3^ο μ.Χ. αιώνα μέχρι το 1889 που έγινε η αποκάλυψη του, ο χώρος του Ωδείου χρησιμοποιήθηκε διαφορετικά (βρέθηκαν τάφοι). Αξίζει να σημειωθεί ότι το Ρωμαϊκό Ωδείο της Πάτρας είναι ένα από τα σημαντικότερα μνημεία του είδους σε ολόκληρη την Ελλάδα.

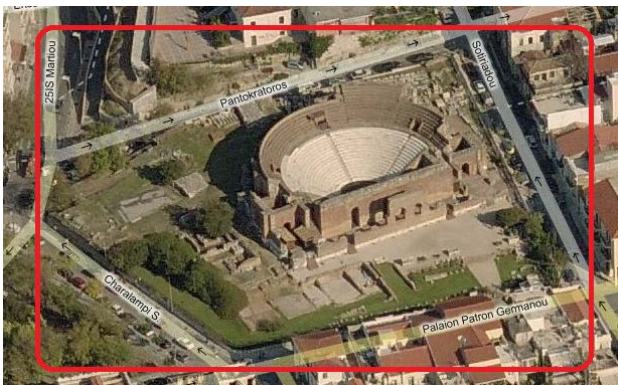
Παρακάτω ακολουθεί ένα σχέδιο με τα βασικά μέρη του Ωδείου για να φανούν πιο παραστατικά όσα αναφέρθηκαν.



Εικόνα 5: Τα μέρη του Ρωμαϊκού Ωδείου

2.1. Οριοθέτηση Περιοχής Μελέτης

Το Ρωμαϊκό Ωδείο όπως φαίνεται και στη φωτογραφία που ακολουθεί περιβάλλεται από τις εξής οδούς: Παλαιών Πατρών Γερμανού-Σωτηριάδου-Παντοκράτορος και Χαραλάμπη.

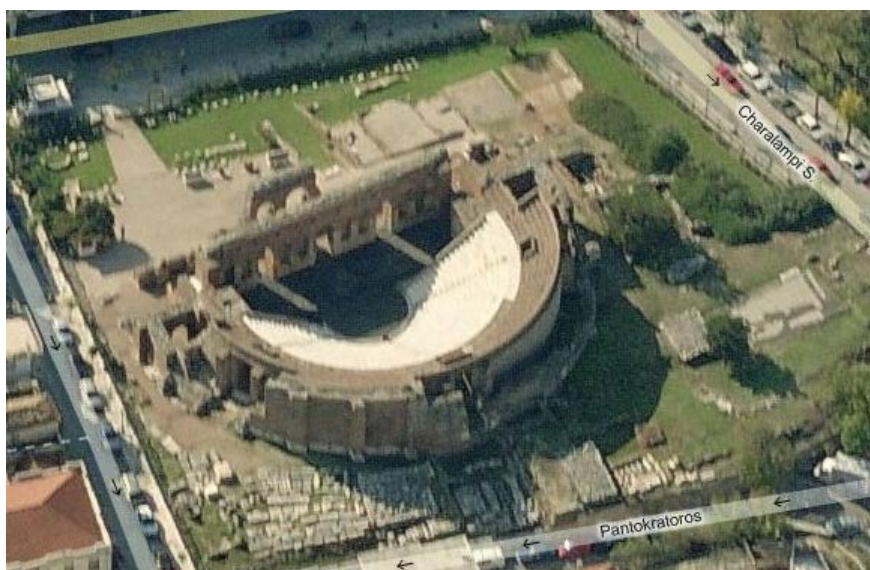


Εικόνα 6: Οριοθέτηση περιοχής μελέτης

ΠΗΓΗ: <http://www.bing.com/maps/>



Εικόνα 7: Άποψη του Ωδείου από την οδό Γερμανού
ΠΗΓΗ: <http://www.wikipedia.org/>



Εικόνα 8: 3D Άποψη του Ωδείου
ΠΗΓΗ: <http://www.bing.com/maps/>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Για τη διεξαγωγή των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε σύστημα GPS, ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός αλλά και σαρωτής laser.

Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω:

- Ένας δέκτης GPS ATX 1200 της Leica
- Γεωδαιτικός σταθμός TCR 405 της Leica
- Σαρωτής Scan Station 2 της Leica
- Φωτογραφική Μηχανή Canon EOS 50D

3.1. Σύστημα GPS ATX 1200 της Leica



Εικόνα 9: GPS ATX 1200

ΠΗΓΗ: <http://www.leica-geosystems.com>

3.2. Ολοκληρωμένος Γεωδαιτικός Σταθμός TCR 405

Για την ανάγκη της αποτύπωσης χρησιμοποιήσαμε το TCR 405 της Leica του οποίου τα χαρακτηριστικά απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Μετρήσεις Γωνίας (Hz, Υ)	
Μέθοδος	Απόλυτη συνεχής
Ανάλυση οθόνης	1 "/ 0,1 mgon / 0,01 εκατομμύρια
Τυπική Απόκλιση (ISO 17.123-3)	5 "(1.5mgon)
Τηλεσκόπιο	
Μεγέθυνση	30x
Πεδίο προβολής	1 30 (26μ σε 1km)
Ελάχιστη. απόσταση στόχου	1,7 μ.
Σταυρόνημα	Φωτεινές
Αντισταθμιστή	
Σύστημα	Ηλεκτρονική λάδι 2 αντισταθμιστή άξονα
Ρύθμιση ακρίβεια	1,5 "
Μέτρηση απόστασης με ανακλαστήρα (IR)	
Εύρος μέτρησης με στρογγυλό πρίσμα GPR1	3500 τ.μ.
Μέτρησης με φύλλο ανάκλασης (60 mm x 60 mm)	250 χιλιοστά
Τυπική απόκλιση (ISO 17123 - 4) (πρόστιμο / γρήγορη / παρακολούθηση)	2 χιλιοστών + 2 ppm/55 mm + 2 ppm / 5 mm + 2 ppm
Ώρα για measurement (πρόστιμο / γρήγορη / παρακολούθηση)	<1 sec / <0,5 sec / <0,15 δευτ.
Χωρίς πρίσμα measurement Απόστασης (RL)	
Εύρος:	PinPoint R100 ("Power") 170 μ. (90reflective)
(Μεσαίο ατμοσφαιρικές συνθήκες)	PinPoint R300 ("Ultra") > 500 90% ανακλαστική)
	Laser GPR κυκλική ανακλαστήρα στα 7500 μ.
Τυπική απόκλιση (ISO 17123 - 4) (Standard / Tracking)	3 χιλιοστά ppm/5mm +2 +2 ppm
Χρόνος ανά ΠΠΣ.) Κανονική / Tracking)	τυπ. 3s/1s
Μέγεθος σε 100m	12 χιλιοστά x 40 mm
Επικοινωνία	
Εσωτερική αποθήκευση δεδομένων	10 000 μπλοκ δεδομένων
Διασύνδεση	RS232
Δεδομένα μορφές	GSI / Idex / ASCII / DXF / Ελεύθερα

	αναγνωρίσιμα σχήματα
Λειτουργία	
Εμφάνιση	Γραφικών 160 x 280 pixels, ΑΡΗΑ αριθμητικό 8 γραμμές x 31 χαρακτήρες
Laser κέντρωση	
Τύπος	Laser σημείο, φωτεινότητα ρυθμιζόμενη σε βήματα
Ακρίβεια	1,5 χιλιοστά σε ύψος 1,5 μ. μέσο
Περιβαλλοντικές Συνθήκες	
Εύρος θερμοκρασίας (λειτουργία)	-20 ° C έως +50 ° C (-4 ° F έως +122 ° F)
Από σκόνη και υγρασία απόδειξη (IEC 60529)	IP55
Υγρασία	95 &, μη συμπύκνωσης
Βάρος	
Βάρος με μπαταρία και τρικόχλιο	5,2 kg
Περίοδος λειτουργίας με GEB121	περίπου. 6 ώρες
Αριθμός μετρήσεις αποστάσεων με GEB1212	περίπου 9'000

Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά TCR 405 της Leica

ΠΗΓΗ: <http://www.leica-geosystems.com>



Εικόνα 10: ΟΓΣ Leica TCR 405

ΠΗΓΗ: <http://www.leica-geosystems.com>

3.3. Σαρωτής Leica Scan Station 2

Για τη σάρωση των ψηφιδωτών χρησιμοποιήθηκε ο σαρωτής Scan Station 2 της Leica. Τα χαρακτηριστικά του σαρωτή απεικονίζονται σε πίνακα παρακάτω.



Εικόνα 11: Scan Station 2

ΠΗΓΗ: <http://www.leica-geosystems.com>

ΓΕΝΙΚΑ	
Τύπος οργάνου	Πολύ υψηλής ταχύτητας Ανιχνευτής laser παλμών με διπλό άξονα αντιστάθμισης
Επικοινωνία με το χρήστη	Notebook or Tablet PC
Κίνηση ανιχνευτών(scanner motor)	Κίνηση με σερβομηχανισμό
Κάμερα	Ενσωματωμένη κάμερα υψηλής ανάλυσης
ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΤΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	
Θέση	6mm
Απόσταση	4mm
Γωνία	60μrad
Μέτρηση στόχων	2mm απόκλιση
Διπλός άξονας αντιστάθμισης	Μπορεί να επιλεγεί on/ off: Resolution 1", dynamic range $\pm 5'$

LASER SCANNER	
Τύπος Laser	Laser παλμών
Χρώμα Laser	Πράσινο
Τάξη Laser	3R
Εμβέλεια Laser	300 m κατά 90% και 134 m κατά 18%
Μέγεθος σημείων	Από 0 - 50m :4mm (FWHH): 6mm (Gaussian)
Μέγιστη πυκνότητα δειγμάτων	<1mm
ΟΠΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ	
Οριζόντια γωνία	360°
Κατακόρυφη γωνία	270°
Οπτική ανίχνευσης	Ενιαίο κάτοπτρο, πανοραμικό, με 2 παράθυρα, ένα μπροστά και το άλλο επάνω, τα οποία προστατεύονται από το περιβ από 2 ασπίδες γυαλιού
Δείκτης για οριζοντίωση	Εξωτερική φυσαλίδα και μέσω του laptop
ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	
Εισαγωγή	Cyclone native IMP object database format, Cyclone Object Exchange (COE) format, ASCII point data (XYZ, SVY, PTS, PTX, TXT) Leica X-function DBX, LandXML, ZFS, ZFC, 3DD
Εξαγωγή	ASCII point data (XYZ, SVY, PTS, PTX, TXT) DXF, Leica X-function DBX, LandXML, PTZ

Πίνακας 3: Χαρακτηριστικά Scan Station 2
 ΠΗΓΗ: <http://www.leica-geosystems.com>

Ο επίγειος σαρωτής αποτελείται από τα εξής βασικά μέρη : το σαρωτή, τον τρίποδα, τον αστερία για να στερεώνεται ο τρίποδας, τη μπαταρία (τροφοδοσία) και τη μονάδα ελέγχου (ηλεκτρονικός υπολογιστής).

Συγκεκριμένα το κυρίως όργανο περιλαμβάνει τα εξής:

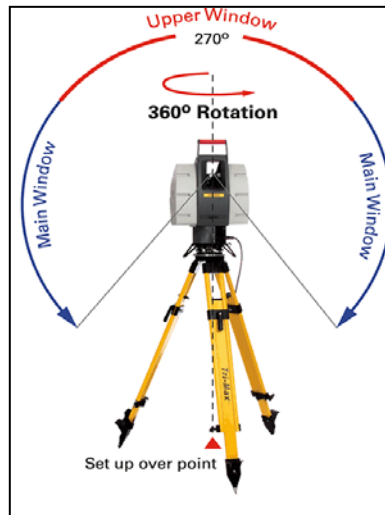
- την καταγραφική μονάδα στην οποία καταγράφονται η επιστροφή του σήματος και ο χρόνος εκπομπής
- το σύστημα των περιστρεφόμενων κατόπτρων, το οποίο κατευθύνει τη δέσμη της ακτινοβολίας
- τον πομπό ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας
- το δέκτη ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με τον οποίο λαμβάνει το επιστρεφόμενο σήμα
- το χρονόμετρο για τη μέτρηση του χρόνου μετάβασης και επιστροφής του σήματος

3.3.1. Αρχή Λειτουργίας του τρισδιάστατου σαρωτή

Η αρχή λειτουργίας του επίγειου τρισδιάστατου σαρωτή laser βασίζεται στην εκπομπή και λήψη της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Η δέσμη προσπίπτει στο σύστημα κατόπτρων που αναφέρθηκε παραπάνω και εξασφαλίζεται έτσι η κίνηση στο χώρο.

Η δέσμη του σαρωτή Scan Station 2, κινείται κατά την οριζόντια και κατακόρυφη κατεύθυνση σε μια γωνία 360° -270° αντίστοιχα. Συγκεκριμένα η πορεία της δέσμης είναι η εξής: προσπίπτει στο αντικείμενο και ανακλάται, στη συνέχεια επιστρέφει στο δέκτη και καταγράφεται ο χρόνος μετάβασης και επιστροφής, οι γωνίες σάρωσης και η ένταση της ακτινοβολίας. Η τελική σάρωση του αντικειμένου προκύπτει από μια διαδοχική σειρά στηλών διαδοχικών σημείων τα οποία σχηματίζουν μια τρισδιάστατη εικόνα. Ο σαρωτής καταγράφει στην καταγραφική του μονάδα το χρόνο μετάβασης - επιστροφής του σήματος εκπομπής, γωνίες σάρωσης, τις γωνίες με τις οποίες εκπέμπεται η δέσμη από το σαρωτή

(κατακόρυφη γωνία) και την ένταση I της επιστρεφόμενης ακτινοβολίας. Τα σημεία που σαρώνονται εμφανίζονται στην οθόνη του υπολογιστή με τη μορφή νέφους σημείων.



Εικόνα 12: Γωνιακό εύρος σάρωσης Scan Station 2

ΠΗΓΗ: <http://www.leica-geosystems.com>

Το βασικό πλεονέκτημα του επίγειου τρισδιάστατου σαρωτή laser είναι ότι, σε αντίθεση με τις κλασικές μεθόδους αποτύπωσης, δεν είναι αναγκαίο να τοποθετείται σε συγκεκριμένο σημείο, αλλά ούτε υπάρχει ανάγκη ορισμού των στάσεων. Αυτό γίνεται γιατί τα σημεία, συσχετίζονται μεταξύ τους, το καθένα με τα γειτονικά του και όχι με τη θέση που είναι κάθε φορά ο σαρωτής. Έτσι, από τις διαφορετικές θέσεις σάρωσης, δημιουργούνται τα μοντέλα σάρωσης (νέφη σημείων), τα οποία ενώνονται με τη μέθοδο "registration", κατά τη διαδικασία επεξεργασίας των σημείων. Συνήθως όμως, προβλέπεται και η αποτύπωση κατά τη σάρωση, σημείων ελέγχου (control points), τα οποία στις περισσότερες περιπτώσεις μετριοούνται με τις κλασικές τοπογραφικές μεθόδους, ώστε να ενταχθούν σε κάποιο δίκτυο.

3.3.2. Εφαρμογές Τρισδιάστατου Σαρωτή

Υπάρχει ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών της τρισδιάστατης σάρωσης με laser, που κυμαίνεται από την εξαιρετικά εξειδικευμένη σάρωση για μικροσκοπικές εφαρμογές σε επιστημονικά εργαστήρια ως την τρισδιάστατη σάρωση μεγάλων τεχνικών έργων και αντικειμένων ιστορικής αξίας που δε μπορούν να μελετηθούν λόγω του κινδύνου πιθανής φθοράς ή και καταστροφής τους αλλά και της μεγάλης λεπτομέρειας που απαιτούν για την απεικόνιση τους. Έτσι πλέον οι σαρωτές laser, με τη βοήθεια και των ηλεκτρονικών υπολογιστικών συστημάτων καθώς και των λογισμικών επεξεργασίας, βρίσκουν σημαντικό πεδίο εφαρμογών σε προβλήματα αποτύπωσης, τα οποία με τις μέχρι τώρα τεχνολογίες ήταν πολύ δύσκολο να αντιμετωπιστούν.

Τέτοιες εφαρμογές είναι οι εξής:

➤ Τοπογραφικές Εφαρμογές

- τοπογραφική αποτύπωση μεγάλης κλίμακας
- αποτύπωση σπηλαίων, σηράγγων, μεταλλείων, αεροδρομίων
- μελέτες οδοποιίας και συγκοινωνιακών έργων
- έλεγχος μικρομετακινήσεων
- μοντελοποίηση κτηρίων, επιφανειών
- Μελέτες αναστήλωσης, επέκτασης κτιρίων, ανακαινίσεις:

οι συγκεκριμένες μελέτες γίνονται εύκολα με τη χρήση laser scanner όταν η πολυπλοκότητα της υπό εξέταση υποδομής είναι υψηλή και όταν απαιτούνται λεπτομερή σχέδια και ακριβείς επιμετρικοί υπολογισμοί υλικών και κόστους. Σε μικρό χρονικό διάστημα έχουμε τρισδιάστατα σχέδια του συνόλου της υποδομής για τα οποία με τις παραδοσιακές μεθόδους θα χρειαζόμασταν περισσότερο χρόνο.

(ΠΗΓΗ: <http://www.metrica-isv.gr>)



Εικόνα 13: Σχεδιασμός σήραγγας με laser scanner

ΠΗΓΗ: <http://www.geomatics.gr>

➤ Πολεοδομικές εφαρμογές

- αστικός σχεδιασμός
- μοντελοποίηση πόλης



Εικόνα 14: Αστικός σχεδιασμός

ΠΗΓΗ: <http://www.astrolabe.gr>

➤ Αρχαιολογικές εφαρμογές

- αποτύπωση αρχαιολογικών χώρων και μνημείων
- παρακολούθηση και τεκμηρίωση ανασκαφών



Εικόνα 15: Αποτύπωση εξωτερικού κτηρίου

ΠΗΓΗ: <http://www.astrolabe.gr>

➤ Μηχανολογικές-Βιομηχανικές εφαρμογές

- αποτύπωση βιομηχανικών εγκαταστάσεων και εργοστασίων
- μοντελοποίηση μηχανών και οχημάτων
- αποτύπωση καλωδίων, πυλώνων, διυλιστηρίων

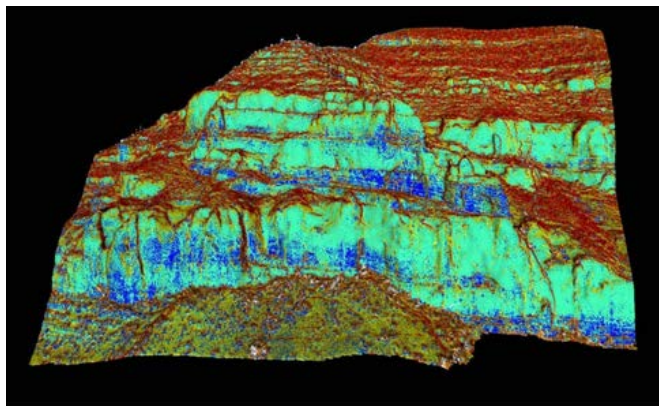


Εικόνα 16: Αποτύπωση εργοστασίου

ΠΗΓΗ: <http://www.astrolabe.gr>

➤ Γεωλογικές - Γεωτεχνικές εφαρμογές

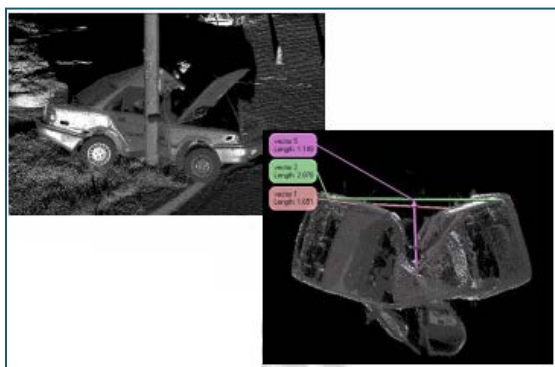
- αποτύπωση γεωλογικών σχηματισμών
- αποτύπωση πρανών
- αποτύπωση κατολισθήσεων
- παρακολούθηση χηματοουργικών εργασιών
- αποτύπωση διαδοχικών φάσεων
- παραγωγή υποβάθρου μελετών περιβαλλοντικής αποκατάστασης
- ακριβής υπολογισμός όγκων
- έλεγχος εκσκαφών- επιχώσεων



Εικόνα 17: Αποτύπωση γεωλογικών σχηματισμών

ΠΗΓΗ: <http://www.astrolabe.gr>

- Τεκμηρίωση θέσεων ατυχημάτων και καταστροφών



Εικόνα 18: Τεκμηρίωση θέσεων ατυχημάτων

ΠΗΓΗ: <http://www.astrolabe.gr>

➤ Σχέδια και αποτυπώσεις as built

τα σχέδια as build είναι ολοκληρωμένα σχέδια για την υφιστάμενη κατάσταση ενός κτιρίου ή μιας υποδομής σε επεξεργάσιμη μορφή DXF, ASKI, δίνοντας στους μελετητές τη δυνατότητα της εύκολης διαχείρισης και εξαγωγής αποτελεσμάτων (όψεις, κατόψεις, τομές, διατομές). Η μέθοδος της 3D αποτύπωσης είναι η μοναδική σύγχρονη μέθοδος που δίνει σε ελάχιστο χρόνο πλήρη σχέδια σε επεξεργάσιμη μορφή που δίνουν τη δυνατότητα στους μελετητές να υπολογίσουν πλήθος παραμέτρων.

➤ (ΠΗΓΗ: <http://www.metrica-isv.gr>)

➤ Δημιουργία εικονικής πραγματικότητας

➤ Monitoring

➤ Παθολογία Μνημείων

➤ Δημιουργία animation για τρισδιάστατες περιηγήσεις:

οι σύγχρονες τάσεις επιβάλλουν τη χρήση των νέων μέσων για την προβολή, τη διάχυση πληροφοριών, δημιουργία λειτουργικών ή διασκεδαστικών εφαρμογών, διαδικτυακών λύσεων.

(ΠΗΓΗ: <http://www.metrica-isv.gr>)

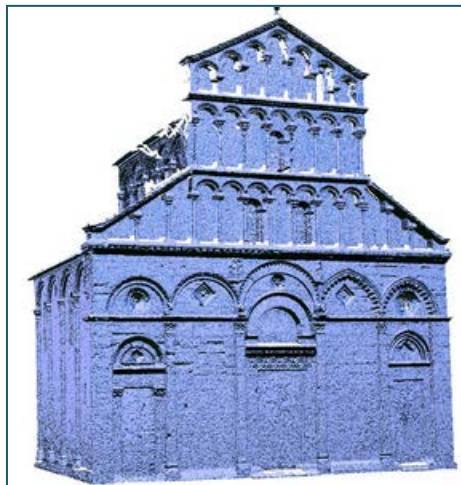
➤ Αποτύπωση κεραιών(π.χ. Δ.Ε.Η., κινητής τηλεφωνίας)



Εικόνα 19: Αποτύπωση κεραιών της Δ.Ε.Η.

ΠΗΓΗ: <http://www.astrolabe.gr>

➤ Δημιουργία 3D μοντέλων επιφανειών



Εικόνα 20: 3D μοντέλο εκκλησίας

ΠΗΓΗ: <http://www.astrolabe.gr>

3.3.3. Διαδικασία σάρωσης

Αρχικά γίνεται η οριζοντίωση και κέντρωση του σαρωτή στη στάση από την οποία θα γίνει η σάρωση και συνδέεται με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή (laptop) με καλώδιο δικτύου. Στη συνέχεια μέσω του λογισμικού Cyclone επιλέγεται το «παράθυρο» σάρωσης, δηλαδή ορίζεται το εύρος σάρωσης μέσω φωτογραφίας που τραβάει το όργανο και η οποία αποθηκεύεται στο λογισμικό. Επίσης αφού επιλεγεί το «βήμα» σάρωσης γίνεται εκτίμηση του χρόνου ολοκλήρωσης της σάρωσης. Ταυτόχρονα τοποθετείται σφαιρικός στόχος σε στάση η οποία βρίσκεται μέσα στο εύρος σάρωσης. Αφού ολοκληρωθεί η σάρωση εισάγεται αρχείο με τις συντεταγμένες των στάσεων και επιλέγεται η στάση στην οποία βρίσκεται το όργανο και η σφαίρα μαζί με τα ύψη οργάνων και στόχων αντίστοιχα. Στη συνέχεια μέσω του modelspace που δημιουργείται επιλέγεται η σφαίρα για να προσανατολιστεί το νέφος σωστά ώστε να μπορεί να γίνει το registration. Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν

διαφορετικοί τρόποι για τη συνένωση του νέφους ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο έγινε η σάρωση. Η διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω αφορά τη μέθοδο της Γεωαναφοράς, η οποία και εφαρμόστηκε στην παρούσα Διπλωματική Εργασία.

Οι υπόλοιποι τρόποι είναι οι ακόλουθοι:

➤ Με χρήση ειδικών στόχων

Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται ειδικοί στόχοι με υψηλή ανακλαστικότητα που αναγνωρίζονται από το λογισμικό του σαρωτή και τοποθετούνται στην επικαλυπτόμενη επιφάνεια μεταξύ των σαρώσεων, κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Οι στόχοι χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία των σαρώσεων από το λογισμικό Cyclone ως σημεία σύνδεσης προκειμένου να γίνει η συνένωση των νεφών σημείων. Έτσι με τη χρήση των ειδικών αυτών στόχων το ένα νέφος σημείων μετατίθεται και στρέφεται γύρω από τους τρεις άξονες έτσι ώστε να προσαρμοστεί στο άλλο νέφος σημείων που θεωρείται σαν σταθερό. Κατά την τοποθέτηση των ειδικών στόχων θα πρέπει να τηρούνται οι εξής προϋποθέσεις :

- Τοποθέτηση των στόχων με τρόπο ώστε να καλύπτουν ομοιόμορφα την επικαλυπτόμενη επιφάνεια.
- Χρήση τουλάχιστον τριών ειδικών στόχων
- Να μην τοποθετούνται πάνω στην ίδια ευθεία

➤ Με χρήση ομόλογων σημείων

Με τη μέθοδο αυτή γίνεται συνένωση σαρώσεων που έχουν κάποια επικάλυψη χρησιμοποιώντας τρία τουλάχιστον ομόλογα σημεία και στις δύο σαρώσεις. Τα σημεία αυτά επιλέγονται κατά το στάδιο της επεξεργασίας των δεδομένων και δεν γίνεται σήμανση τους πάνω στο αντικείμενο κατά τη διάρκεια της σάρωσης. Μετά την επιλογή των ομόλογων σημείων δημιουργείται το *cloud constraint* που είναι ο δεσμός που

δημιουργείται μεταξύ δύο σαρώσεων και προσδιορίζει το βέλτιστο μετασχηματισμό ευθυγράμμισης μεταξύ δύο νεφών σημείων. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα σημεία θα πρέπει να καλύπτουν ομοιόμορφα το Point cloud, να είναι ευδιάκριτα και να μη σχηματίζουν συμμετρικές επιφάνειες όπως μια ευθεία, ένα ισόπλευρο ή ένα ισοσκελές τρίγωνο.

➤ Με Γεωαναφορά

Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται στόχοι οι οποίοι έχουν πραγματικές συντεταγμένες σε κάποιο σύστημα αναφοράς και δεν χρειάζεται να τοποθετηθούν σε επικαλυπτόμενη επιφάνεια μεταξύ των διαφόρων σαρώσεων. Οι συντεταγμένες αυτές συνήθως προσδιορίζονται με χρήση γεωδαιτικού σταθμού. Στη συνέχεια γίνεται ο κατάλληλος μετασχηματισμός μεταξύ των νεφών σημείων, εισάγονται μέσω του λογισμικού οι συντεταγμένες των στόχων και το τελικό συνενωμένο νέφος σημείων αποκτά το σύστημα αναφοράς που έχουν οι ειδικοί στόχοι.

3.4. Μηχανή Canon EOS 50D

Για τη φωτογράφιση των ψηφιδωτών χρησιμοποιήθηκε η ψηφιακή φωτογραφική μηχανή Canon EOS 50D. Τα χαρακτηριστικά της μηχανής απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Αισθητήρας	15,0 εκατομμύρια ενεργά pixels
Μεγέθη Εικόνας	<ul style="list-style-type: none"> • 4752 x 3168 • 3456 x 2304 • 2353 x 1568
Αρχεία Raw	<ul style="list-style-type: none"> • CR2 μορφή, 14-bit • RAW πλήρη ανάλυση • sRAW1 (7,1 MP) • sRAW2 (3,8 MP)
Επεξεργαστής Εικόνας	Επεξεργαστής DIGIC 4
Auto ISO	ISO 100 έως 1600
Οθόνη LCD	<ul style="list-style-type: none"> • 3,0 "οθόνη TFT LCD • 920.000 κουκκίδων
Μείωση Θορύβου	Τέσσερα επίπεδα
Auto Lighting Optimizer	Τέσσερα επίπεδα
Βάρος	<p>Δεν χρειάζεται μπαταρία:</p> <p>730 g (1,6 lb)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Με μπαταρία: <p>822 g (1,8 λίβρες)</p> <p>(μετρούμενη)</p>

Ευαισθησία	ISO 100 έως 3200, Με δυνατότητα επέκτασης έως H1 (6400) και H2 (12.800)
Live view AF	Γρήγορη λειτουργία (εντοπισμός Φάσης) λειτουργία Live View (ανίχνευση αντίθεσης)

Πίνακας 4: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Canon EOS 50D
ΠΗΓΗ: <http://www.dpreview.com/reviews/canoneos50d>



Εικόνα 21: Μηχανή Canon EOS 50D
ΠΗΓΗ: <http://www.dpreview.com/reviews/canoneos50d>

Ο φακός που χρησιμοποιήθηκε για τη φωτογράφιση των ψηφιδωτών είναι ο Canon zoom Lens EF-S 17-55mm , 1:2.8 IS USM και φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 22: Φακός Φωτογραφικής Μηχανής Canon
ΠΗΓΗ: <http://www.dpreview.com/reviews/canoneos50d>

Μεγέθυνση	0,15X
Ελάχιστο Διάφραγμα	F22
Μέγιστο Διάφραγμα φακού	F2.8
Τύπος Εστίασης	Αυτόματος ή Χειροκίνητος
Διαστάσεις φίλτρου (mm)	77
Γωνία Εικόνας	78°

Πίνακας 5: Τεχνικά χαρακτηριστικά φακού
ΠΗΓΗ: <http://www.spendwisor.com/>

3.5. Παρελκόμενα

Τα παρελκόμενα και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την αποτύπωση του Ωδείου είναι τα παρακάτω:

- 4 τρίποδες
- 3 τρικόχλια με οπτική κέντρωση
- 1 τρικόχλιο χωρίς οπτική κέντρωση
- 3 στυλεοί τοποθέτησης στόχων Leica στα αντίστοιχα τρικόχλια
- 1 mini prism
- 1 μεγάλο κατάφωτο με τον αντίστοιχο ταχυμετρικό στυλεό
- 1 μετροταινία
- 3 ασύρματους
- Laptop με φορτιστή
- καλώδια σύνδεσης υπολογιστή με το laser scanner
- ειδικές σφαίρες για το laser scanner
- μπετόβεργες
- σφυρί



Εικόνα 23: Μετρήσεις με GPS



Εικόνα 24: Μετρήσεις με Total Station



Εικόνα 25: Μετρήσεις με Laser Scanner

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ - ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας ήταν η αποτύπωση του Ρωμαϊκού Ωδείου της Πάτρας και των όμορων οικοδομικών τετραγώνων με Total Station . Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία των μετρήσεων.

Πριν την έναρξη των τοπογραφικών εργασιών για την αποτύπωση του Ρωμαϊκού Ωδείου Πατρών προηγήθηκε η συζήτηση με τη ΣΤ΄ Εφορεία Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων Πατρών για την έκδοση της σχετικής έγκρισης για την εκπόνηση μετρήσεων στο χώρο του μνημείου.

Η τοπογραφική διαδικασία περιελάμβανε τις εξής εργασίες:

- Αναγνώριση του Ο.Τ. που βρίσκεται το μνημείο αλλά και των όμορων
- Αναγνώριση του εσωτερικού του μνημείου και του περιβάλλοντα χώρου
- Αναζήτηση των κοντινών τριγωνομετρικών σημείων που ιδρύθηκαν για τη σύνταξη του Εθνικού Κτηματολογίου, για να γίνει η ένταξη του μνημείου στο ΕΓΣΑ 87΄
- Σύνταξη αυτοσχέδιων υπαίθρου για τη διευκόλυνση της αποτύπωσης
- Ίδρυση των στάσεων του πολυγωνομετρικού δικτύου
- Μετρήσεις των στάσεων του πολυγωνομετρικού δικτύου με δέκτες του δορυφορικού συστήματος GPS
- Επίλυση του πολυγωνομετρικού δικτύου
- Αποτύπωση της κάτοψης του μνημείου
- Σάρωση των ψηφιδωτών με Laser Scanner
- Φωτογράφιση των ψηφιδωτών

4.1. Αναγνώριση Περιοχής

Το πρώτο στάδιο στη διαδικασία της γεωμετρικής τεκμηρίωσης του μνημείου ήταν η αναγνώριση της προς αποτύπωση περιοχής. Έγινε, δηλαδή, μια γενική εκτίμηση της εικόνας της περιοχής, εντοπίστηκαν οι δυσκολίες που θα προέκυπταν και οι λεπτομέρειες που χρειάζονταν για την αποτύπωση.

Το Ωδείο εξωτερικά ήταν προσπελάσιμο από όλες τις πλευρές του. Το μόνο πρόβλημα ήταν η σύνδεση των εξωτερικών στάσεων με τον εσωτερικό χώρο του Ωδείου δηλαδή στο κοίλο μέρος του. Επίσης, κατά τη διαδικασία αναγνώρισης της περιοχής εντοπίστηκε και το κοντινότερο τριγωνομετρικό σημείο του Κτηματολογίου για να εξαρτηθούν οι μετρήσεις. Το τριγωνομετρικό βρισκόταν επί των οδών Γερμανού και Λόντου σε δώμα πολυκατοικίας.



Εικόνα 26: Σχετική θέση μνημείου και τριγωνομετρικού σημείου
ΠΗΓΗ: <http://gis.ktimanet.gr/wms/controlpoints/searchpoint.aspx>

4.2. Μέθοδος RTK (Real Time Kinematic) – Μετρήσεις με GPS

Για να δοθούν συντεταγμένες που να ταιριάζουν στην περιοχή εφαρμόστηκαν τεχνικές δικτυακού RTK. Το δικτυακό RTK αξιοποιεί τα δεδομένα από όλους τους σταθμούς αναφοράς του δικτύου. Η συλλογή των δεδομένων των σταθμών γίνεται σε ένα κέντρο όπου εκεί γίνεται και η επεξεργασία τους. Η μέθοδος αυτή αυξάνει την αποδοτικότητα, την ακρίβεια αλλά και την αξιοπιστία του RTK και μειώνονται οι περιορισμοί που προκύπτουν όταν η απόσταση ανάμεσα στο σταθερό και στο κινητό δέκτη είναι μεγάλη.

Για την απόκτηση προσεγγιστικής θέσης έγινε σύνδεση μέσω αμφίδρομης επικοινωνίας (κινητό τηλέφωνο) με την αποστολή μηνύματος NMEA (National Maritime Electronics Association) στο κέντρο. Έτσι, δημιουργήθηκε ένας εικονικός σταθμός που βρίσκεται λίγα μέτρα από το κέντρο λήψης του σήματος της κεραίας GPS και στην πραγματικότητα δεν υπάρχει. Ο σταθερός λοιπόν δέκτης υλοποιείται από τον εικονικό σταθμό με σκοπό τον προσδιορισμό της θέσης όσο μακριά και να βρίσκεται από τον πλησιέστερο μόνιμο σταθμό. Αξίζει να σημειωθεί, ότι η ύπαρξη του δικτύου συμβάλει στο γεγονός ότι κάθε χρονική στιγμή μέτρησης είναι γνωστά το μέγεθος και η συμπεριφορά των σφαλμάτων των παρατηρήσεων.

Αρχικά επαναπροσδιορίστηκαν για έλεγχο οι συντεταγμένες του τριγωνομετρικού σημείου του Εθνικού Κτηματολογίου. Το τριγωνομετρικό όπως αναφέρθηκε και παραπάνω βρίσκεται επί των οδών Γερμανού και Λόντου με κωδικό 291506. (Στο Παράρτημα παρατίθεται το επίσημο έντυπο από το Κτηματολόγιο με τις συντεταγμένες και την περιγραφή του τριγωνομετρικού). Εντοπίστηκαν πολύ μικρές διαφορές της τάξης των λίγων mm στα x και στα y . Στα υψόμετρα όμως διαπιστώθηκε μεγάλη διαφορά της τάξης του 0,985 m.

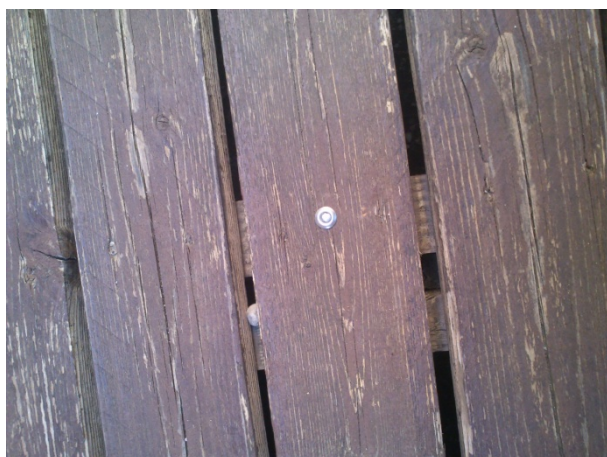
	Συντεταγμένες Τριγωνομετρικού 291506 από Κτηματολόγιο	Συντεταγμένες Τριγωνομετρικού 291506 από Global Positioning System (G.P.S.)
x (m)	302035.280	302035.257
y (m)	4234696.090	4234696.108
H (m)	63.791	64.776

Πίνακας 6: Συντεταγμένες τριγωνομετρικού σημείου

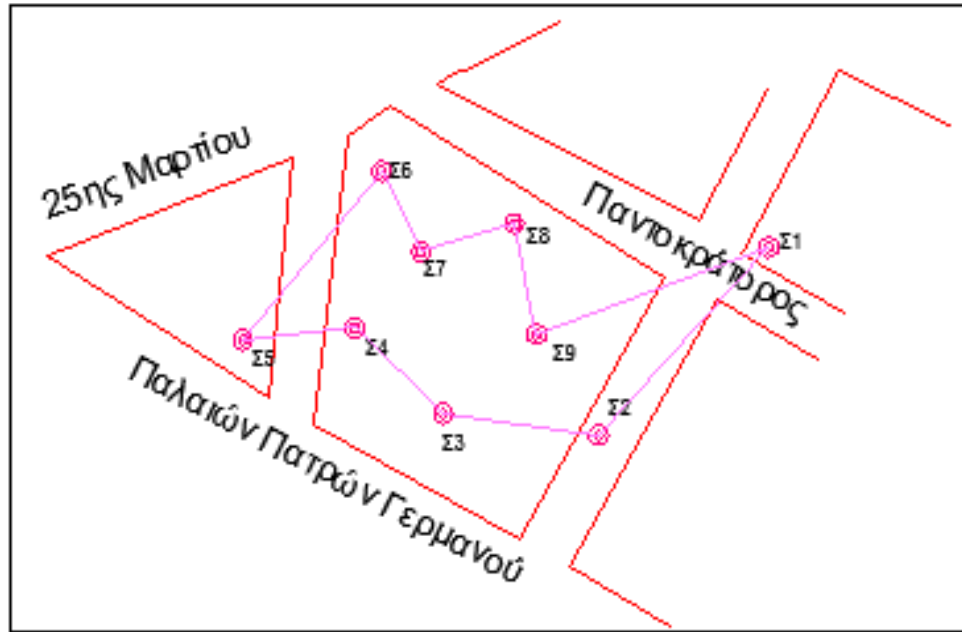
4.3. Ίδρυση Πολυγωνομετρικού Δικτύου

Ακολούθησε η ίδρυση πολυγωνομετρικού δικτύου. Η μέτρηση του πολυγωνομετρικού δικτύου έγινε με τη μέθοδο των τριών τριπόδων με τη χρήση του ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού της Leica TCR 405.

Δημιουργήθηκε μια κλειστή όδευση η οποία αποτελούνταν από εννέα (9) στάσεις. Οι στάσεις τοποθετήθηκαν έτσι ώστε να υπάρχει αμοιβαία ορατότητα μεταξύ τους αλλά και να εξυπηρετούν το σκοπό της αποτύπωσης. Οι στάσεις Σ1, Σ2 και Σ5 ήταν εξωτερικά του οικοδομικού τετραγώνου που βρίσκεται το Ωδείο για την αποτύπωση των όμορων οικοδομικών τετραγώνων ενώ οι Σ3, Σ4, Σ6, Σ7, Σ8 και Σ9 ήταν στο εσωτερικό του οικοδομικού τετραγώνου που βρίσκεται το μνημείο.

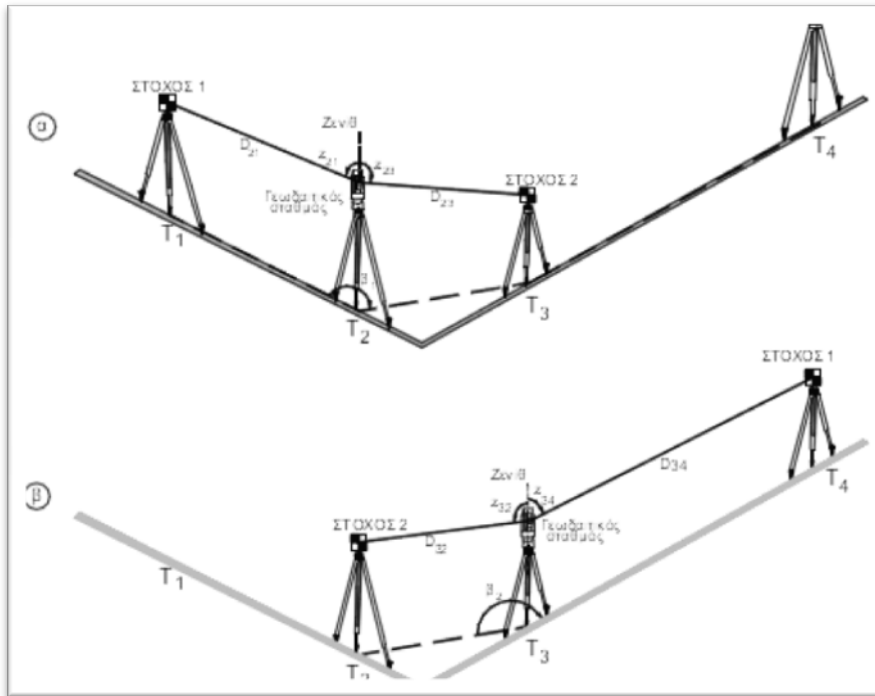


Εικόνα 27: Παράδειγμα σήμανσης στάσεων



Εικόνα 28: Σκαρίφημα σχετικής θέσης στάσεων εξωτερικής του θεάτρου όδευσης

Η μέθοδος των Τριών Τριπόδων δίνει πολύ μεγάλη ακρίβεια στον υπολογισμό των συντεταγμένων των κορυφών της όδευσης, αφού εξασφαλίζει την πολύ καλή κέντρωση του οργάνου και των στόχων πάνω στις κορυφές της, διαδικασία, η οποία είναι η κυριότερη πηγή σφαλμάτων. Αυτό επιτυγχάνεται με τη μη μετακίνηση των τριπόδων κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, οι οποίες διεξάγονται ταυτόχρονα σε τρεις διαδοχικές κορυφές. Έτσι, παραμένει σταθερή η κέντρωση και η οριζοντίωσή τους και αυτά που μετακινούνται και εναλλάσσονται είναι μόνο το όργανο και οι στόχοι, χωρίς τους τρίποδες.



Εικόνα 29: Μέθοδος Τριών Τριπόδων

ΠΗΓΗ: «Εφαρμοσμένη Γεωδαισία» -Λάμπρου - Πανταζής, Σεπτέμβριος 2011

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε είναι το Total Station Leica TCR 405 , δύο στόχοι - ανακλαστήρες, τρία τρικόχλια και τρεις τρίποδες. Τα μεγέθη που μετρήθηκαν από κάθε κορυφή ήταν οι οριζόντιες γωνίες, οι ζενίθιες γωνίες και τα κεκλιμένα μήκη σε δύο θέσεις τηλεσκοπίου. Η μέθοδος των τριών τριπόδων για τη μέτρηση των στοιχείων της όδευσης είναι αυτή που περιγράφεται παρακάτω:

Το όργανο τοποθετήθηκε στον τρίποδα που βρισκόταν στη Σ2, ο τρίποδας και ο ένας στόχος τοποθετήθηκε στη Σ1 και ο άλλος στη Σ3 πάνω στο ήδη κεντρωμένο τρικόχλιο. Το όργανο μηδένισε στη Σ1 σκόπευσε στη Σ3 και έκανε τις μετρήσεις που έπρεπε. Αυτή η διαδικασία ακολουθήθηκε για όλες τις κορυφές, από τη Σ2 έως τη Σ9.



Εικόνα 30: Στόχος για τη Μέθοδο των Τριών Τριπόδων

4.3.1. Επίλυση Όδευσης

Πριν επιλυθεί η όδευση έγινε μέτρηση των στάσεων της όδευσης με GPS. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Συντεταγμένες Όδευσης από Global Positioning System (G.P.S.)			
Σημείο	x (m)	y (m)	H (m)
1	301979.286	4234962.214	41.704
2	301946.811	4234922.493	38.024
3	301916.339	4234918.060	37.155
4	301888.189	4234925.908	35.510
5	301855.605	4234934.894	34.449
6	301883.627	4234980.135	36.881
7	301900.659	4234963.245	38.071
8	301932.733	4234977.286	40.917
9	301953.382	4234944.373	40.397

Πίνακας 7: Συντεταγμένες Όδευσης από GPS

Για την επίλυση της κλειστής όδευσης που δημιουργήθηκε θεωρήθηκε η Σ3 ως σταθερή κορυφή αφού μετρήθηκε με GPS και η διεύθυνση Σ3-Σ4. Από την επεξεργασία των μετρήσεων των στοιχείων της όδευσης είχαμε τα παρακάτω αποτελέσματα.

Εξωτερικές Γωνίες σε grad	
Σ1-Σ2-Σ3	247.139 ^g
Σ2-Σ3-Σ4	226.4089 ^g
Σ3-Σ4-Σ5	197.7660 ^g
Σ4-Σ5-Σ6	319.5648 ^g
Σ5-Σ6-Σ7	315.0667 ^g
Σ6-Σ7-Σ8	124.0929 ^g
Σ8-Σ7-Σ9	290.6212 ^g
Σ8-Σ9-Σ1	97.3454 ^g
Σ1-Σ9-Σ2	382.0469 ^g

Πίνακας 8: Εξωτερικές γωνίες όδευσης

Τα γωνιακά και γραμμικά σφάλματα ήταν:

- γωνιακό σφάλμα: $w\gamma = -0,0232$
- γραμμικό σφάλμα: $w\sigma = 0,027$
- $w\chi = -0,012\text{m}$ (κατά χ)
- $w\gamma = +0,024\text{m}$ (κατά γ)

Για τον έλεγχο της όδευσης ελέγχθηκαν τα σφάλματα σύμφωνα με τα επιτρεπόμενα γωνιακά και γραμμικά σφάλματα από τους Ελληνικούς Κανονισμούς (ΠΔ696/74, ΠΔ515/89) όπως φαίνονται στο παράρτημα.

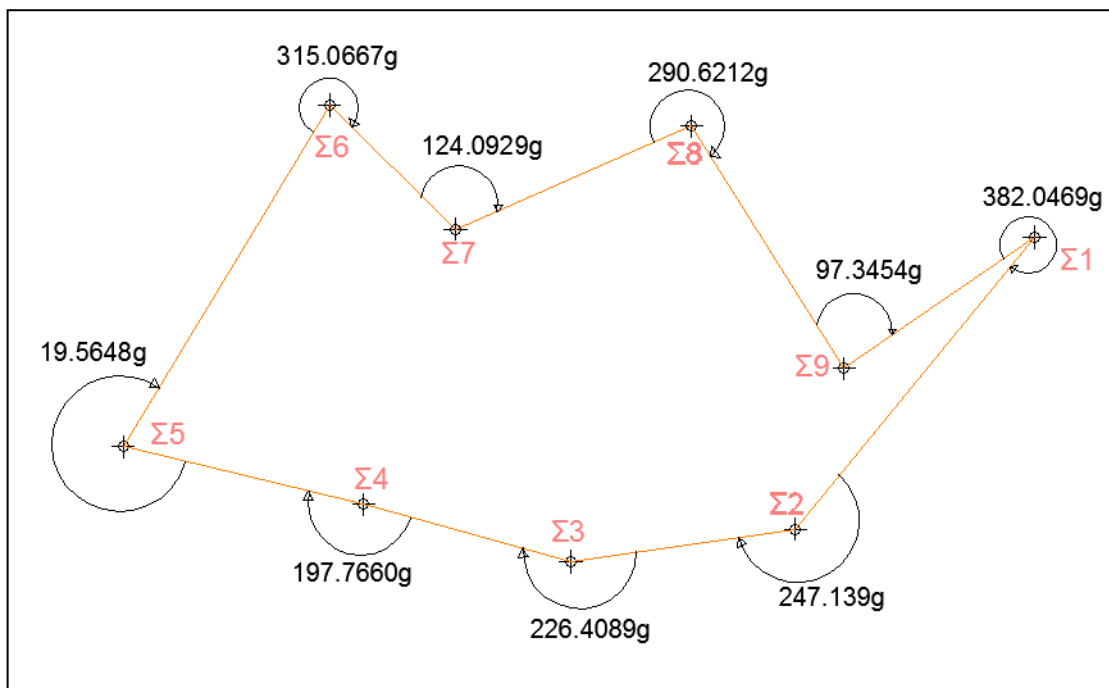
Πλευρά	Οριζόντιο Μήκος	$\Delta H(m)$
Σ1-Σ2	51.255	-3,582
Σ2-Σ3	30.750	-0.903
Σ3-Σ4	29.191	-1.639
Σ4-Σ5	33.521	-1.878
Σ5-Σ6	54.206	+3.244
Σ6-Σ7	24.035	+1.195
Σ7-Σ8	34.955	+2.838
Σ8-Σ9	38.870	-0.530
Σ9-Σ1	31.385	+1.253

Πίνακας 9: Μήκη και Υψομετρικές διαφορές όδευσης

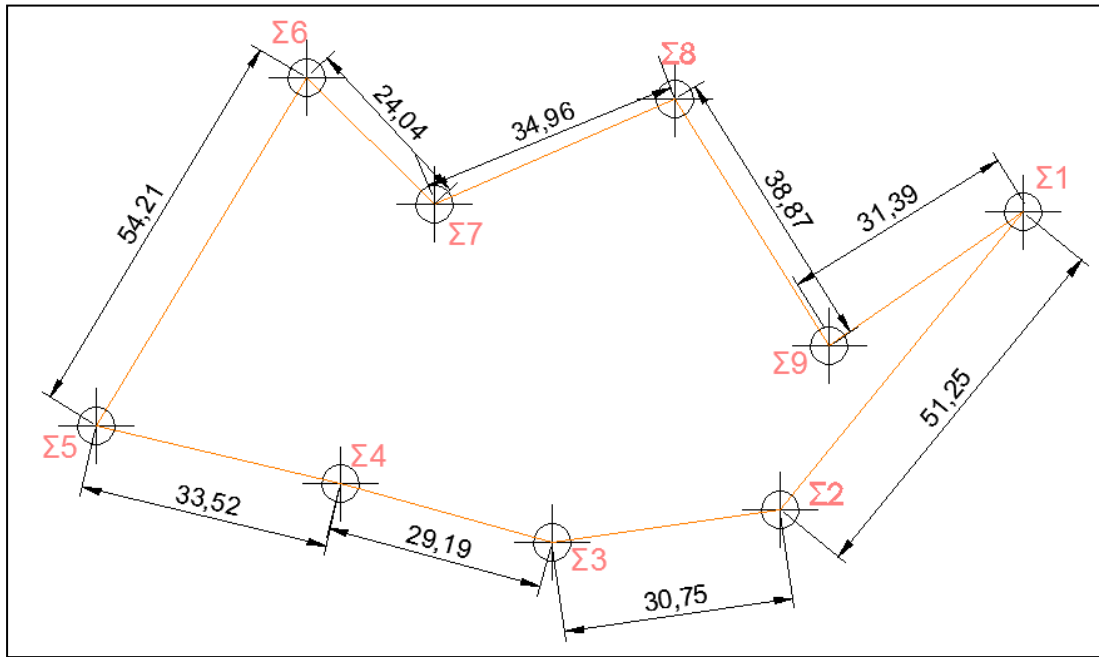
Οι συντεταγμένες Χ και Υ, λοιπόν, των κορυφών της όδευσης καθώς και τα ορθομετρικά υψόμετρα τους τόσο από την επίλυση της όδευσης με τη μέθοδο των τριών τριπόδων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Συντεταγμένες Όδεσης από Total Station			
Σημείο	x (m)	y (m)	H (m)
1	301979.237	4234962.141	40.653
2	301946.770	4234922.483	37.073
3	301916.339	4234918.060	36.170
4	301888.207	4234925.859	34.531
5	301855.608	4234933.64	32.653
6	301883.593	4234980.101	35.897
7	301900.693	4234963.214	37.092
8	301932.704	4234977.254	39.930
9	301953.385	4234944.345	39.400

Πίνακας 10: Συντεταγμένες Όδεσης από Total Station



Εικόνα 31: Εξωτερικές γωνίες όδεσης



Εικόνα 32: Μήκη Όδευσης

4.4. Επεξεργασία και Εργασίες για Ταχυμετρία

Για την ολοκληρωμένη αποτύπωση του Ωδείου ιδρύθηκαν επιπλέον στάσεις πέρα από τις εννέα(9) του πολυγωνομετρικού δικτύου στο κοίλο μέρος και στις κερκίδες. Επειδή ήταν δύσκολη η ορατότητα των στάσεων στο εσωτερικό με τις στάσεις εξωτερικά δόθηκαν σε πέντε (5) σημεία συντεταγμένες με χρήση GPS. Τα σημεία τοποθετήθηκαν κατάλληλα έτσι ώστε να μπορούν να αποτυπωθούν όλες οι λεπτομέρειες του μνημείου χωρίς να χρειαστεί να ιδρυθούν επιπλέον στάσεις ("τυφλές" στάσεις). Η σήμανση των στάσεων έγινε με καρφιά και μπετόβεργες. Με τη μέτρηση των στάσεων με τη μέθοδο RTK που αναφέραμε παραπάνω αποφύγαμε την ίδρυση πολλών δευτερευουσών οδεύσεων για τις οποίες θα χρειαζόταν να επιβαρύνουμε και να φθείρουμε το μνημείο για τη σήμανση των στάσεων.

Οι συντεταγμένες των σημείων αυτών φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Συντεταγμένες Στάσεων στο Εσωτερικό από Global Positioning System (G.P.S.)			
Σημείο	x (m)	y (m)	H (m)
12	301930.205	4234956.205	44.242
13	301938.969	4234956.900	48.142
14	301938.006	4234935.685	44.223
15	301908.644	4234944.836	44.278
16	301922.099	4234936.250	38.259
17	301905.536	4234934.481	38.244
18	301939.266	4234923.967	38.361

Πίνακας 11: Συντεταγμένες στάσεων στο εσωτερικό μέρος του Ωδείου με GPS

Πριν την έναρξη των εργασιών της ταχυμετρίας έγινε η σύνταξη των απαραίτητων αυτοσχέδιων υπαίθρου στο μνημείο για να γίνει πιο εύκολη και γρήγορη η διαδικασία της αποτύπωσης. Ένα σωστό αυτοσχέδιο υπαίθρου είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τη γρήγορη και εύκολη εκτέλεση των εργασιών γραφείου, γιατί προβάλλει σε μικρογραφία την πραγματική εικόνα του χώρου επισημαίνοντας τα σημεία λεπτομερειών και άλλες

δηλωτικές πληροφορίες και αποτελεί ένα από τα βασικά εργαλεία του μηχανικού που τον βοηθούν να εξοικονομήσει χρόνο και να απαλλαγεί από επιπλέον εργασία.

Οι μετρήσεις έγιναν με τη χρήση του ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού TCR 405 της Leica. Δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στη σωστή καταγραφή των ονομάτων τόσο της στάσης και του σημείου μηδενισμού, όσο και των χαρακτηριστικών σημείων. Επίσης μέγιστης σημασίας ήταν και η ταύτιση των σημείων που στοχεύονταν με αυτά που καταγράφονταν στα αυτοσχέδια υπαίθρου για να αποφευχθούν τυχόν λάθη. Από κάθε στάση αποτυπώθηκαν όσα σημεία ήταν ορατά.

Από τις μετρήσεις, με τις κατάλληλες σχέσεις μετασχηματισμού, προέκυψαν οι συντεταγμένες των σημείων που θα αποτελούσαν τη βάση για τη σύνταξη των διαγραμμάτων. Οι σχέσεις αυτές είναι:

$$x_i = x_{i-1} + D_{i-1,i} \cdot \sin z \cdot \sin (a_{i-1,i} + H_z)$$

$$y_i = y_{i-1} + D_{i-1,i} \cdot \sin z \cdot \cos (a_{i-1,i} + H_z)$$

$$z_i = x_{i-1} + D_{i-1,i} \cdot \cos z + Y.O$$

Ο υπολογισμός των συντεταγμένων έγινε με τη διαδικασία που ακολουθεί:

Στο τέλος της κάθε στάσης μεταφέρονταν οι μετρήσεις από το όργανο (στάση μηδενισμού, σημείο, ύψος οργάνου, ύψος σκόπευσης, οριζόντια γωνία, κατακόρυφη γωνία και απόσταση) στον υπολογιστή σε αρχείο .txt με τη βοήθεια του λογισμικού Leica Geo Office Tools. Στη συνέχεια με τη χρήση του λογισμικού Microsoft Quickbasic (QB45) δημιουργούνταν ένα αρχείο .odb με τις μετρήσεις της κάθε στάσης βάζοντας στην πρώτη γραμμή του αρχείου .odb την εξής μορφή: 1, στάση, ύψος οργάνου, στάση μηδενισμού, γωνία μηδενισμού. Τέλος, το πρόγραμμα εξήγαγε ένα αρχείο SYN με τις συντεταγμένες του κάθε ταχυμετρικού σημείου. Τα λογισμικά (Leica Geofice Tools, Microsoft Quickbasic -QB45) που αναφέραμε αναλύονται σε αντίστοιχο κεφάλαιο παρακάτω.

4.5. Τελικός Τοπομετρικός Έλεγχος

Πριν τη σύνταξη των τελικών διαγραμμάτων απαιτείται μετάβαση στην περιοχή μελέτης για τον τοπομετρικό έλεγχο της γεωμετρικής τεκμηρίωσης έχοντας τα τελικά σχέδια σε έντυπη μορφή. Αρχικά, εξετάστηκε η ύπαρξη οποιασδήποτε παράλειψης στοιχείου που θεωρείται απαραίτητο για την πλήρη απόδοση του Ωδείου. Στην περίπτωση της παρούσας μελέτης, εξαιτίας της σύνθετης δομής του αντικειμένου η σύνταξη των σχεδίων εξελίχθηκε παράλληλα με τη διαδικασία των μετρήσεων, επομένως κάθε φορά μετά την ολοκλήρωση απόδοσης τμήματος του θεάτρου γινόταν τοπομετρικός έλεγχος ώστε να επακολουθούσε προγραμματισμός των επόμενων ενεργειών. Ο έλεγχος ήταν απαραίτητος αφού το μνημείο ήταν στην Πάτρα και οποιαδήποτε έλλειψη στις μετρήσεις θα ήταν δύσκολο να αντιμετωπιστεί αφού η ολοκληρωμένη επεξεργασία θα γινόταν στην Αθήνα. Ουσιαστικά, με τον τοπομετρικό έλεγχο ανά στάδιο, εμφανίζονται οι ελλείψεις χαρακτηριστικών σημείων που δεν έχουν μετρηθεί ή δεν έχουν αποδοθεί, καθώς και εκείνων που έχουν αποδοθεί εσφαλμένα και προγραμματίζεται αυτόματα η διαδικασία επαναμέτρησής τους στην επόμενη φάση των τοπογραφικών μετρήσεων.

4.6. Σύνταξη Διαγραμμάτων

Η σύνταξη των απαραίτητων διαγραμμάτων έγινε στο ψηφιακό σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD. Οι συντεταγμένες των σημείων αφού μετασχηματίστηκαν, εισήχθησαν στο περιβάλλον του AutoCAD με τη βοήθεια του προγράμματος Report. Το Report είναι ένα πακέτο προγραμμάτων για «ραπορτάρισμα» σημείων και απόδοση σχεδίων, το οποίο λειτουργεί μέσα στο περιβάλλον AutoCAD. Τα σχέδια που παράγονται είναι αναγνώσιμα από οποιοδήποτε σχεδιαστικό πρόγραμμα.

4.6.1. Σύνταξη τοπογραφικού σχεδίου

Για τη σύνταξη του τοπογραφικού σχεδίου του Ωδείου και των όμορων οικοδομικών τετραγώνων, εισήχθησαν τα σημεία στο AutoCAD και έγινε η απόδοση σε κλίμακα 1:200. Για το σχεδιασμό των οικοδομικών (Ο.Γ.) και ρυμοτομικών (Ρ.Γ.) γραμμών όσο και για την εύρεση των κωδικών των οικοδομικών τετραγώνων (Ο.Τ.) λήφθηκε υπ' όψιν απόσπασμα του Σχεδίου Πόλης της Πάτρας το οποίο παρατίθεται στο Παράρτημα. Η οριζοντιογραφία βρίσκεται στο πακέτο με τα τελικά σχέδια με αριθμό σχεδίου T1.

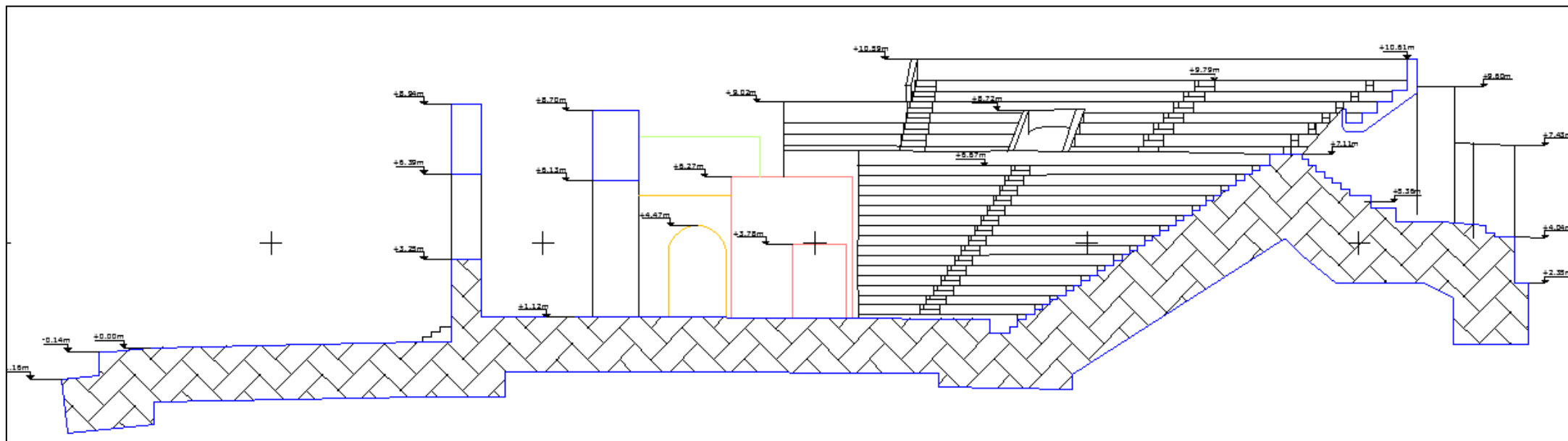
4.6.2. Σύνταξη Κατακόρυφης Τομής

Σχεδιάστηκε μια κατακόρυφη τομή κατά μήκος των κεντρικών σκαλιών των κερκίδων. Η τομή ονομάστηκε T2-T2' και ήταν κάθετη στη διεύθυνση του εσωτερικού τοίχου του Ωδείου. Για να γίνει η μετατροπή των συντεταγμένων στο νέο σύστημα, αρχικά υπολογίστηκε η γωνία διεύθυνσης του επιπέδου αναφοράς της κατά μήκος τομής (T2-T2') και στη συνέχεια έγινε η στροφή του σχεδίου στο νέο σύστημα. Οι συντεταγμένες x_i' , y_i' στο νέο σύστημα προκύπτουν από τις εξής σχέσεις στροφής:

$$x_i' = x_A + \cos\varphi * (x_i - x_A) - \sin\varphi * (y_i - y_A)$$

$$y_i' = y_A + \sin\varphi * (x_i - x_A) + \cos\varphi * (y_i - y_A)$$

όπου φ είναι η γωνία στροφής του συστήματος και x_A , y_A οι συντεταγμένες της αρχής του νέου συστήματος, στο παλαιό σύστημα συντεταγμένων. Αυτά τα σημεία με τους επιπλέον μετασχηματισμούς εισήχθησαν στο σχεδιαστικό περιβάλλον, όπου έγινε η απόδοση των στοιχείων των τομών και των προβαλλόμενων στοιχείων.



Εικόνα 33: Κατακόρυφη Τομή T2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5. ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΨΗΦΙΔΩΤΩΝ

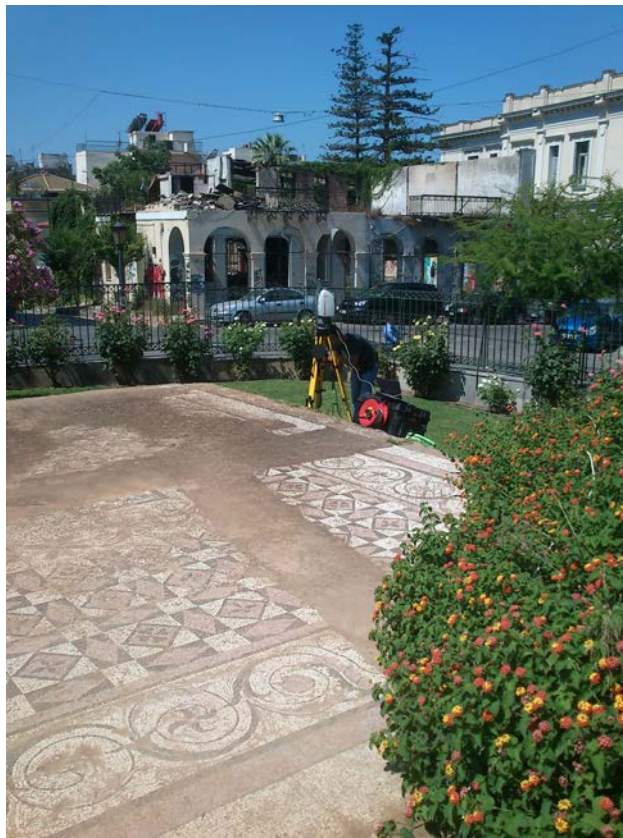
Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετηθούν οι τρόποι με τους οποίους έγινε η τοπογραφική και φωτογραφική τεκμηρίωση των υπερκείμενων των ψηφιδωτών δαπέδου που βρίσκονται στον περιβάλλοντα χώρο του Ωδείου. Η αποτύπωση των ψηφιδωτών είναι απαραίτητο εργαλείο για τη μετέπειτα συντήρηση τους ή τη συμπλήρωση τους με νέες ψηφίδες.

5.1. Σάρωση Ψηφιδωτών

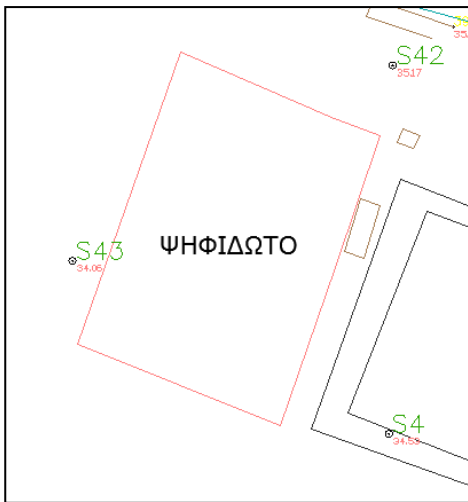
Πριν τις μετρήσεις προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή ακρίβεια έγινε κατάλληλος καθαρισμός των ψηφιδωτών με μαλακή σκούπα για να μη φθαρούν. Για τη σάρωση τους ήταν απαραίτητη η ίδρυση επιπλέον στάσεων τόσο για την τοποθέτηση του επίγειου σαρωτή (laser scanner) όσο και των σφαιρικών στόχων.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την ολοκλήρωση της σάρωσης ήταν η ακόλουθη: Αρχικά γίνεται η οριζοντίωση και κέντρωση του σαρωτή στη στάση από την οποία θα γίνει η σάρωση και συνδέεται με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσω καλώδιο δικτύου. Στη συνέχεια μέσω του λογισμικού Cyclone επιλέγεται το «*παράθυρο*» σάρωσης δηλαδή ορίζεται το εύρος σάρωσης μέσω φωτογραφίας που τραβάει το όργανο και η οποία αποθηκεύεται στο λογισμικό. Επίσης αφού επιλεγεί το «*βήμα*» σάρωσης (resolution) γίνεται εκτίμηση για το χρόνο ολοκλήρωσης της σάρωσης. Ταυτόχρονα τοποθετείται σφαιρικός στόχος σε στάση η οποία βρίσκεται μέσα στο εύρος σάρωσης. Αφού ολοκληρωθεί η σάρωση εισάγεται αρχείο με τις συντεταγμένες των στάσεων και επιλέγεται η στάση στην οποία είναι το όργανο και η σφαίρα μαζί με τα ύψη οργάνων και στόχων αντίστοιχα. Στη συνέχεια μέσω του modelspace που δημιουργείται επιλέγεται η

σφαίρα για να προσανατολιστεί το νέφος σωστά ώστε να μπορεί να γίνει το registration. Στη συγκεκριμένη περίπτωση το resolution που επιλέχθηκε ήταν 0,001m γιατί η σάρωση του ψηφιδωτού απαιτεί μεγάλη λεπτομέρεια και ακρίβεια ώστε στο τελικό point cloud να διακρίνονται τα γεωμετρικά σχήματα που σχηματίζονται από τις ψηφίδες.



Εικόνα 34: Σάρωση Ψηφιδωτού από τη στάση Σ43

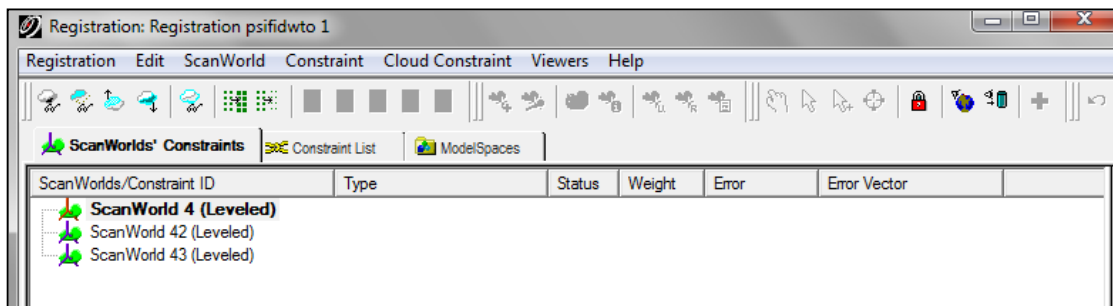


Εικόνα 35: Σχετικές θέσεις των στάσεων για το ψηφιδωτό

Οι στάσεις που δημιουργήθηκαν φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Συντεταγμένες Στάσεων για τη Σάρωση του Πρώτου Ψηφιδωτού			
Σημείο	x (m)	y (m)	H (m)
S4	301888.207	4234928.859	34.53
S42	301888.322	4234936.459	35.170
S43	301879.107	4234930.839	34.060

Πίνακας 12: Στάσεις για τη σάρωση του Πρώτου Ψηφιδωτού



Εικόνα 36: Συνένωση Σαρώσεων με Γεωαναφορά
ΠΗΓΗ: Cyclone

Εκτός από τη σάρωση του ψηφιδωτού μετρήθηκαν και χαρακτηριστικά σημεία με χρήση Ο.Γ.Σ. (TCR 405) για επιπλέον έλεγχο. Τα συγκεκριμένα σημεία φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Συντεταγμένες Χαρακτηριστικών Σημείων στο Ψηφιδωτό με Total Station			
Σημείο	x (m)	y (m)	H (m)
1	301884.523	4234934.254	34.47
2	301885.996	4234933.529	34.48
3	301885.495	4234932.032	34.46
4	301884.840	4234931.715	34.45
5	301885.219	4234932.866	34.46
6	301883.330	4234932.145	34.44
7	301884.154	4234933.056	34.46
8	301882.418	4234930.691	34.42
9	301882.294	4234930.351	34.42
10	301881.012	4234931.674	34.41
11	301880.792	4234931.726	34.41
12	301881.856	4234933.189	34.45
13	301882.683	4234933.742	34.46
14	301883.630	4234934.377	34.47
15	301883.305	4234933.926	34.46
16	301882.966	4234933.451	34.45
17	301882.152	4234932.712	34.44
18	301891.949	4234928.132	34.16

Πίνακας 13: Συντεταγμένες χαρακτηριστικών σημείων για το πρώτο ψηφιδωτό με Total Station

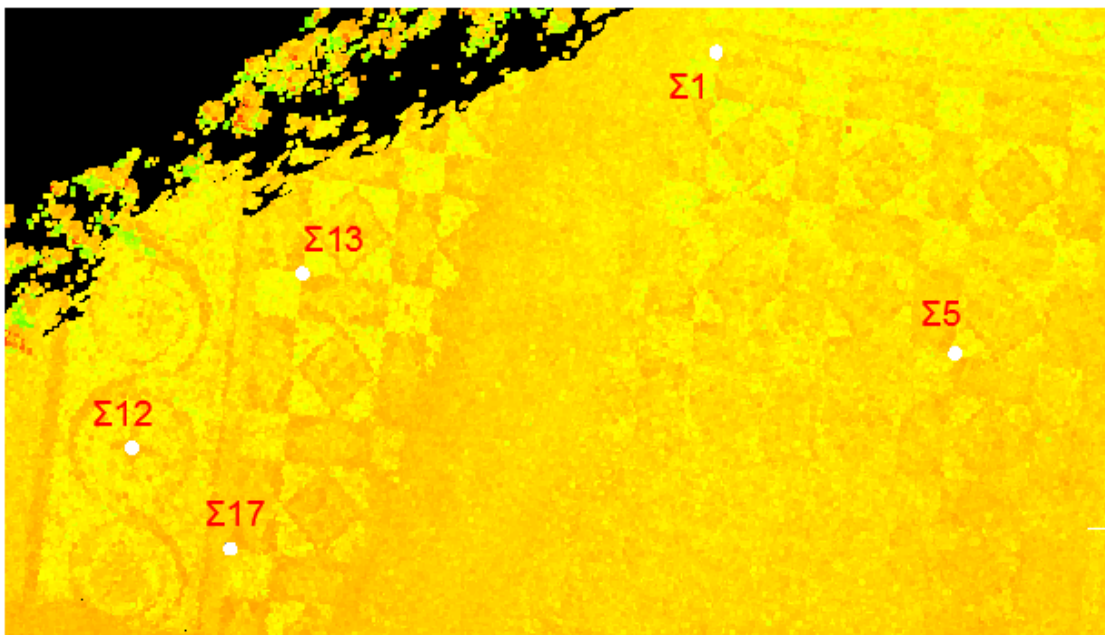
ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Το «κροκί» που δημιουργήθηκε για την απεικόνιση των παραπάνω σημείων παρατίθεται στο Παράρτημα.

Αφού έγινε η σάρωση του ψηφιδωτού έγινε ο έλεγχος και διαπιστώθηκε ότι οι αποκλίσεις των συντεταγμένων κυμαίνονται σε ανεκτά όρια. Τα αποτελέσματα από τον έλεγχο φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Συντεταγμένες Χαρακτηριστικών Σημείων στο Ψηφιδωτό από το Cyclone			
Σημείο	x (m)	y (m)	H (m)
Σ1	301884.524	4234934.254	34.47
Σ5	301885.219	4234932.866	34.46
Σ12	301881.850	4234933.190	34.44
Σ13	301882.680	4234933.743	34.46
Σ17	301882.152	4234932.708	34.44

Πίνακας 14: Συντεταγμένες Χαρακτηριστικών Σημείων στο Ψηφιδωτό από το Cyclone

Εικόνα 37: Θέση χαρακτηριστικών σημείων στο point cloud για έλεγχο
ΠΗΓΗ: Cyclone



5.2. TEXTURE MAPPING

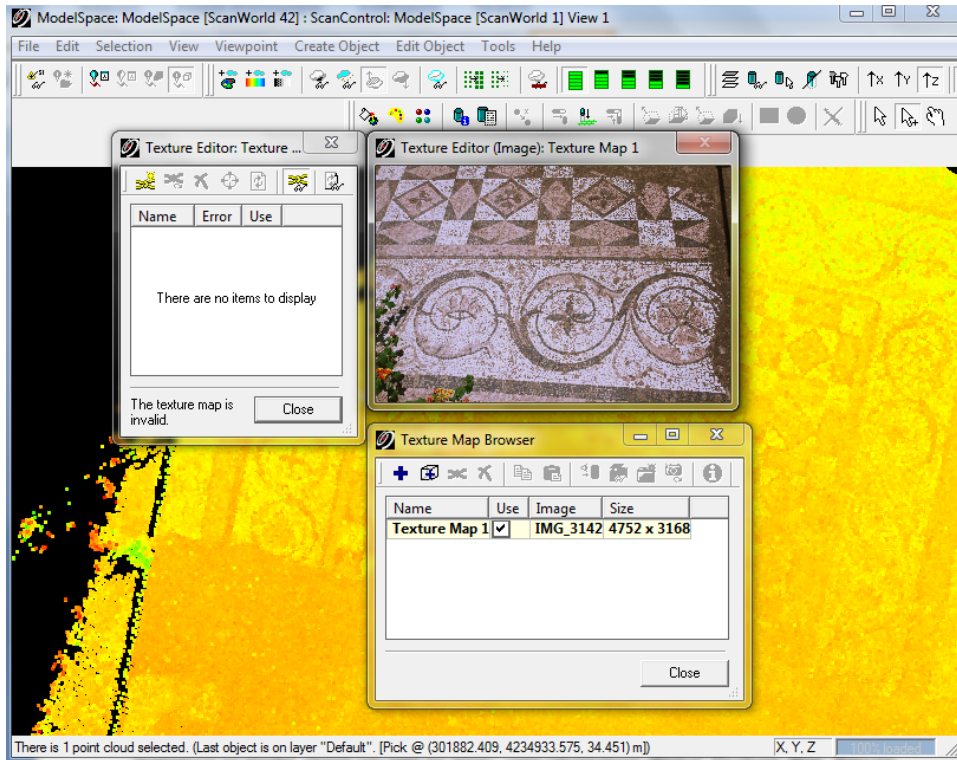
Η εφαρμογή Texture Mapping, απεικονίζει αντικείμενα χρησιμοποιώντας τα χρώματα της εικόνας. Για εικόνες που έχουν ληφθεί από ψηφιακή φωτογραφική μηχανή (perspective images), χρειάζονται τουλάχιστον (7) επτά κοινά σημεία μεταξύ της εικόνας και του νέφους σημείων. Τα ομόλογα σημεία που επιλέγονται κάθε φορά πρέπει να είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα στη φωτογραφία για την καλύτερη προσαρμογή και την αποφυγή παραμορφώσεων. Η διαδικασία αυτή μπορεί να γίνει από διάφορα λογισμικά όπως είναι το Cyclone, το Geomagic Studio και το 3DReshaper.

5.2.1. Εφαρμογή στο Λογισμικό Cyclone

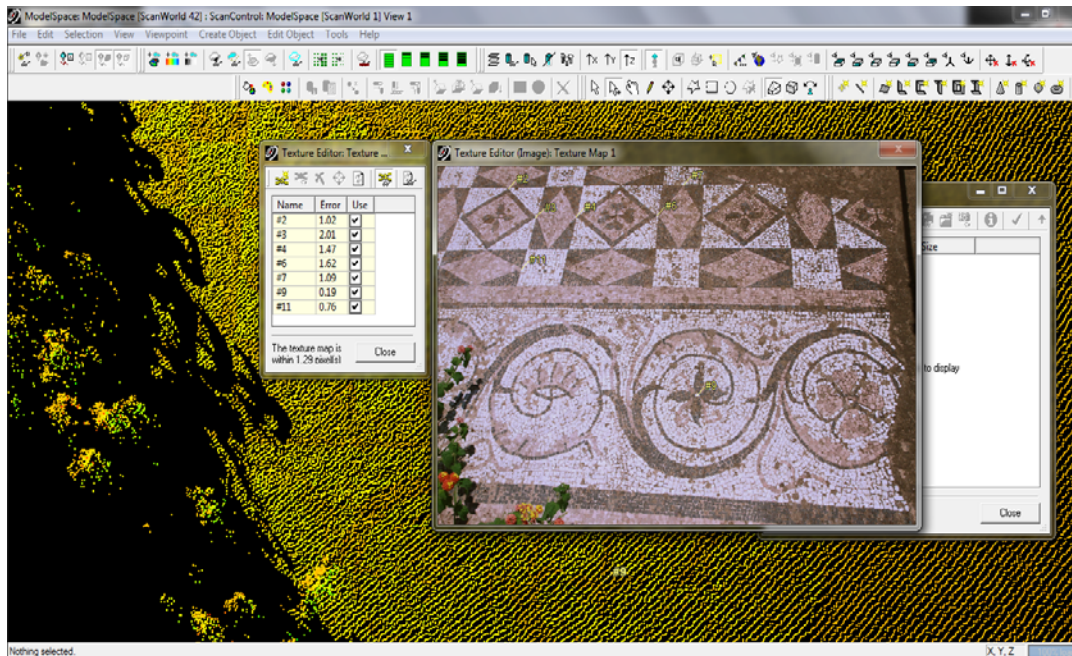
Η διαδικασία στο Cyclone είναι η εξής:

Αρχικά γίνεται η εισαγωγή των φωτογραφιών στο *Cyclone Navigator* ως εξής:

Επιλέγεται η βάση στην οποία υπάρχουν οι σαρώσεις και από το *File*→*Import* φορτώνουμε τις φωτογραφίες στο Cyclone. Στη συνέχεια από το model space επιλέγεται από το menu *view*→*Global Texture Map*. Έπειτα με την εντολή *Edit Object*→*Apperance* →*Texture Map Browser* ανοίγει η την εικόνα. Στη συνέχεια αφού ρυθμιστεί το zoom επιλέγονται τα ίδια σημεία στην εικόνα και στο point cloud με την ίδια σειρά. Αφού ολοκληρωθεί η επιλογή των σημείων, από την εργαλειοθήκη του *Texture Editor* επιλέγεται *Add*→*Compute* για να γίνει ο υπολογισμός των σημείων με το μικρότερο σφάλμα. Τέλος με επιλεγμένο το νέφος, εφαρμόζεται η εντολή *Edit Object*→ *Appearance* →*Apply Color Map*→*Image Texture Map* για να γίνει η προσαρμογή της φωτογραφίας στο point cloud.

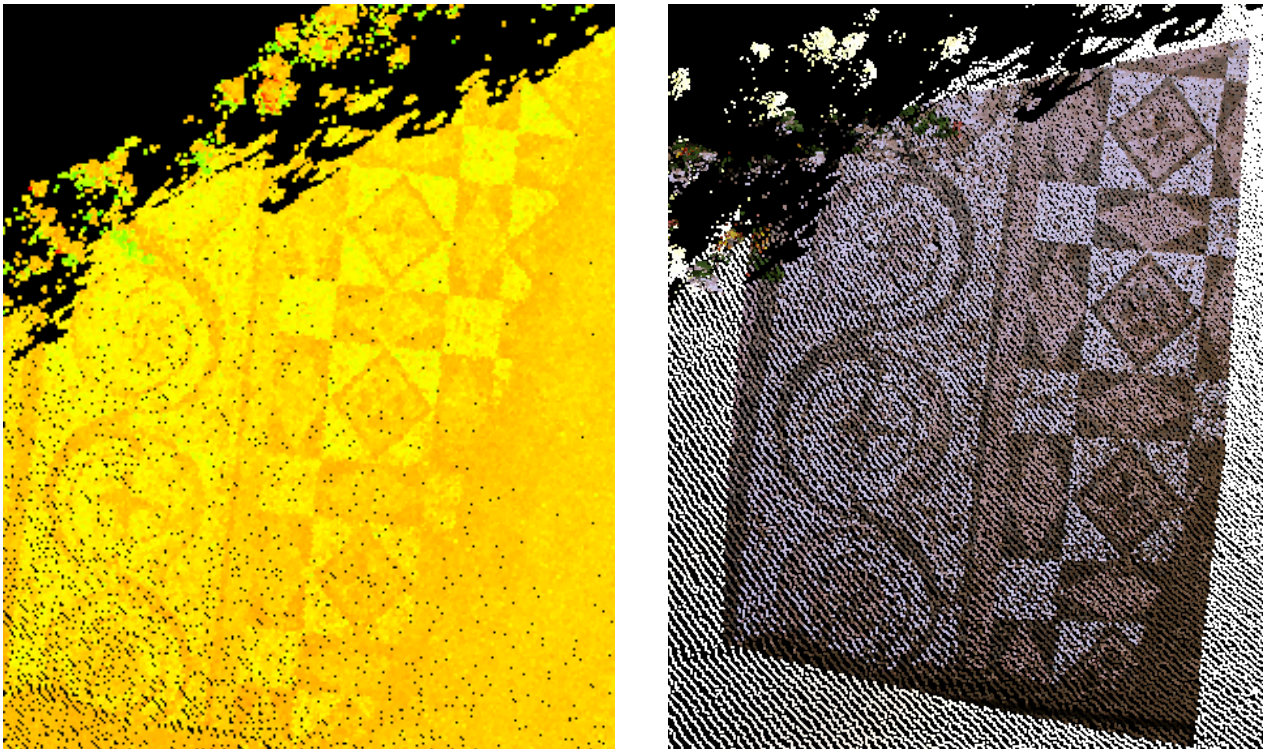


Εικόνα 38: Εισαγωγή της εικόνας στο Cyclone
ΠΗΓΗ: Cyclone



Εικόνα 39: Επιλογή σημείων
ΠΗΓΗ: Cyclone

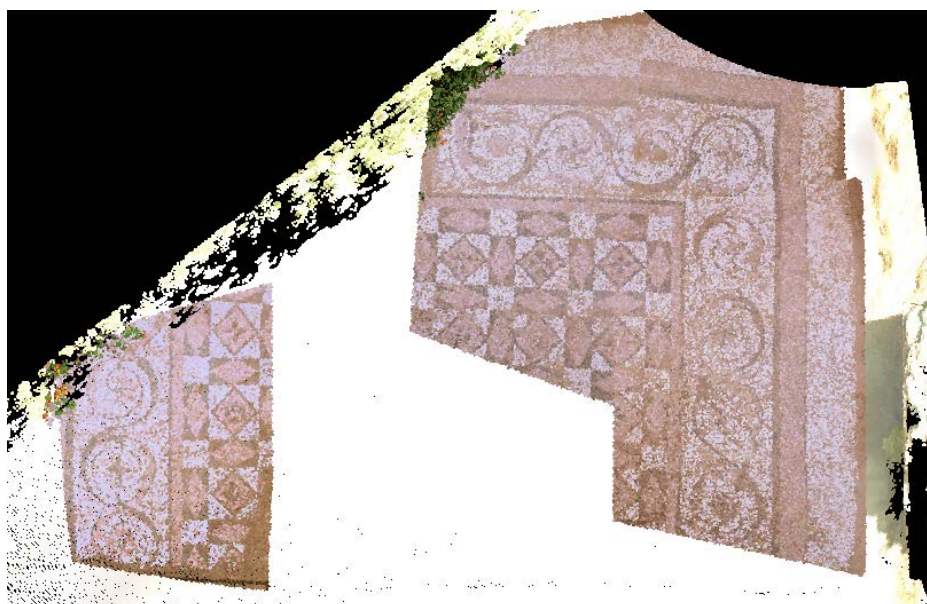
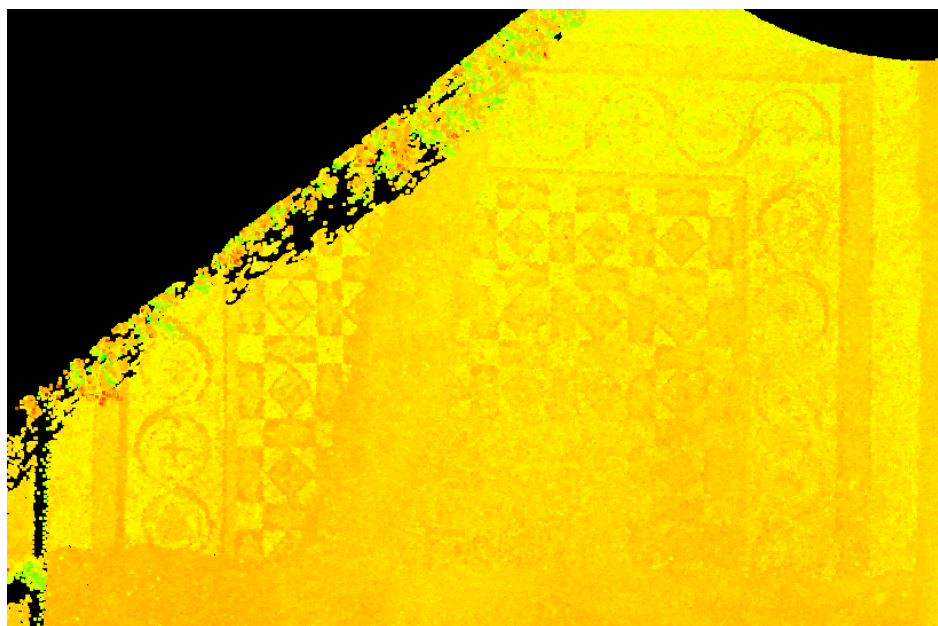
Και το αποτέλεσμα στο Cyclone είναι αυτό που φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 40: Αποτέλεσμα Texture Map Browser στο Cyclone πάνω στο point cloud
ΠΗΓΗ: Cyclone

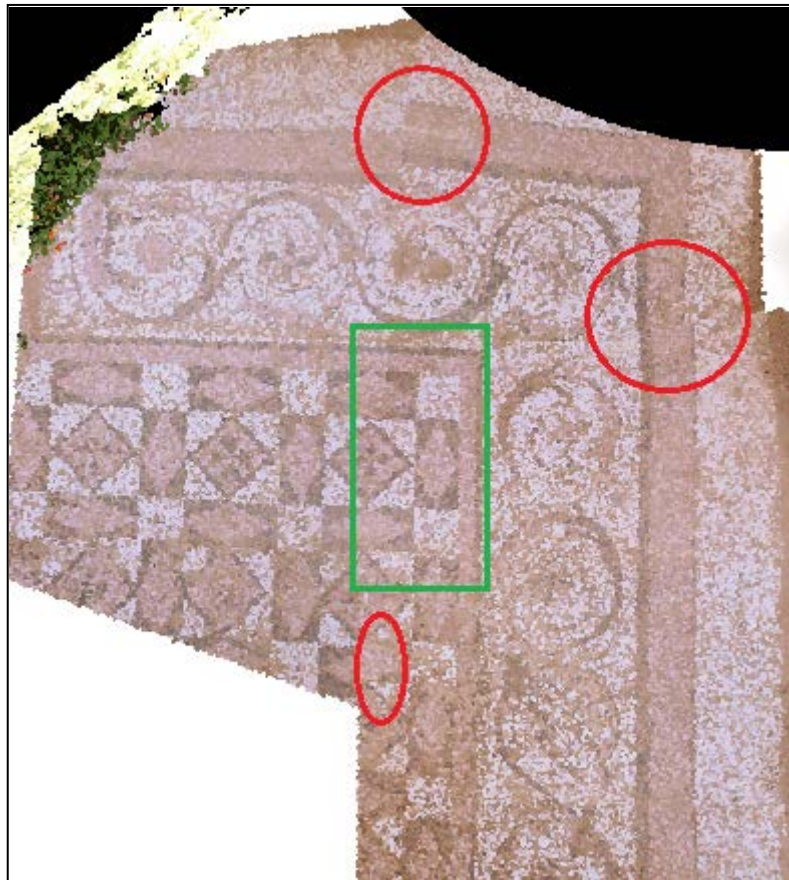
Το αποτέλεσμα έχει μεγάλη ακρίβεια καθώς έγινε έλεγχος στις συντεταγμένες τυχαίων σημείων και παρατηρήθηκε ότι είναι ίδιες τόσο στο point cloud (αριστερά) τόσο και στη φωτογραφία που δημιουργήθηκε από το Texture Map (δεξιά).

Το συνολικό αποτέλεσμα στο ψηφιδωτό είναι αυτό που φαίνεται παρακάτω. Αξίζει να σημειωθεί ότι όπου δεν υπήρχε ψηφιδωτό έχει μπει η φωτογραφία του scanner η οποία λόγω των συνθηκών που επικρατούσαν κατά τη διάρκεια της σάρωσης είναι λευκή.



Εικόνα 41: Συνολικό αποτέλεσμα Texture Map στο point cloud
ΠΗΓΗ: Cyclone

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Όπως φαίνεται και στην παρακάτω φωτογραφία υπάρχουν σημεία στα οποία δεν έγινε απόλυτα σωστά η προσαρμογή της φωτογραφίας (κόκκινος κύκλος) επειδή το texture map μπορεί να γίνει μόνο με 7 σημεία τα οποία πολλές φορές δεν μπορούν να καλύψουν όλη τη φωτογραφία. Ενώ όπως φαίνεται στην πράσινη περιοχή η προσαρμογή και η ένωση των φωτογραφιών έχει γίνει πολύ σωστά.

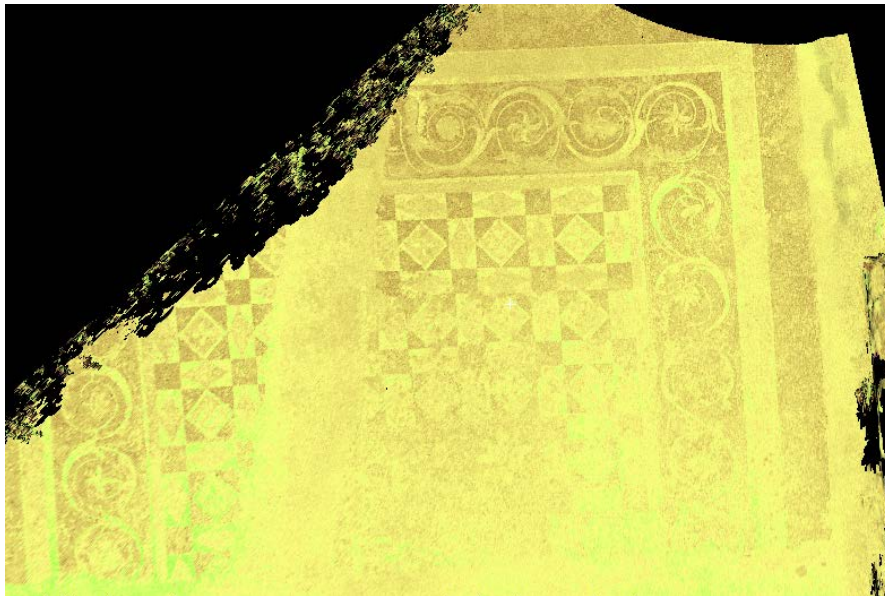


Εικόνα 42: Παρατηρήσεις στο Texture map

ΠΗΓΗ: Cyclone

Αξίζει να σημειωθεί ότι η ίδια διαδικασία του *Texture Map* μπορεί να εφαρμοστεί πάνω σε mesh αντί για το point cloud. Η διαδικασία δημιουργίας mesh πάνω στο point cloud είναι η ακόλουθη:

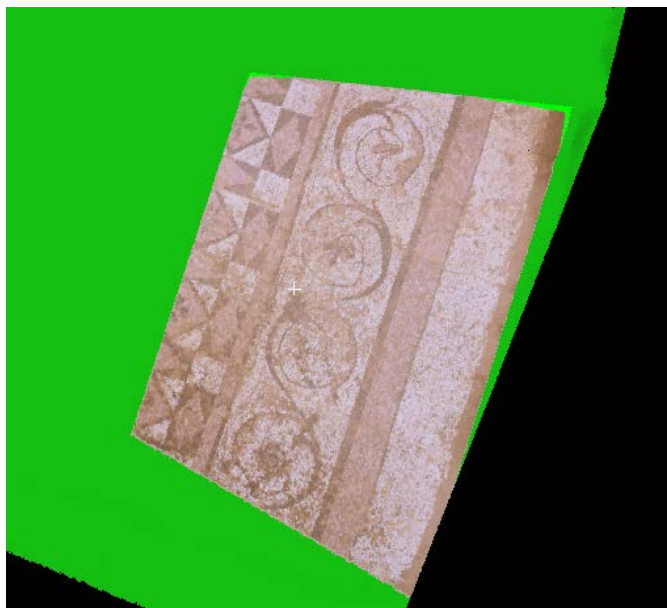
Αρχικά επιλέγεται το point cloud και στη συνέχεια από το μενού Tools → Mesh → Create Mesh → *Complex Meshing* γίνεται το mesh. Έπειτα από το μενού Selection → Set Selectable απενεργοποιείται η ορατότητα του Point cloud. Τέλος, από το μενού View → View Object As επιλέγεται το χρώμα του Mesh.



Εικόνα 43: Ψηφιδωτό μετά από mesh

ΠΗΓΗ: *Cyclone*

Στη συνέχεια με τη διαδικασία που αναφέρθηκε παραπάνω εφαρμόζεται το *Texture Map* και το αποτέλεσμα είναι αρκετά καλύτερο αφού η εικόνα προσαρμόζεται σε επιφάνεια και όχι σε σημεία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι αυτό που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 44: Αποτέλεσμα Texture Map μετά από mesh
ΠΗΓΗ: Cyclone

Μετά από την εφαρμογή του Texture Map σε όλα τα κομμάτια του ψηφιδωτού έγινε η τοποθέτηση τους στην κατάλληλη θέση στο Τοπογραφικό Διάγραμμα. Αυτό έγινε ως εξής:

Αρχικά έγινε *export* από το Cyclone του Texture Map με την κατάληξη *.tif* , και δημιουργήθηκαν άλλα δύο αρχεία με κατάληξη *.TFW* και *.TWF*. Το αρχείο *TWF* περιλαμβάνει οδηγίες για την «γεωαναφορά» της εικόνας στις σωστές συντεταγμένες και στην περίπτωση μας στο τοπογραφικό διάγραμμα. Με τον τρόπο αυτό προσαρμόστηκαν τα ψηφιδωτά στις σωστές συντεταγμένες και έγινε και έλεγχος από τα σημεία λεπτομέρειας που είχαν μετρηθεί (Πίνακας 14). Το αποτέλεσμα φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

```
1. Set your AutoCAD environment to use the TWF unit (line one above).
   - Enter 'UNITS' on the command line.
   - Select 'METERS' as the unit.
2. Set the AutoCAD UCS to world coordinates.
   - Enter 'UCS' on the command line.
   - Select 'WORLD'.
3. Insert the image in AutoCAD.
   - Enter 'IMAGEATTACH' on the command line.
   - Select the image file.
   - Enter '0, 0, 0' for the insert point.
   - Accept the default scale factor (the image contains the scale factor).
4. Rotate the image to the correct orientation.
   - Enter 'ROTATE3D' on the command line.
   - Select 'IMAGE'.
   - Enter 'X' (for X axis) on the command line.
   - Enter '0, 0, 0' as the rotation point.
   - Enter '0.00000000' for the X rotation.
   - Repeat with '0.00000000' for the Y axis.
   - Repeat with '-0.00000000' for the Z axis.
5. Offset the image to the correct location.
   - Enter 'MOVE' on the command line.
   - Select the image.
   - Enter '0, 0, 0' as the base point.
   - Enter '301881.34930076, 4234930.87588103, 34.80952284' as the offset values.
```

Εικόνα 45: Παράδειγμα αρχείου .TWF



Εικόνα 46: Προσαρμογή ψηφιδωτού στο Τοπογραφικό Διάγραμμα (Χωρίς Mesh)



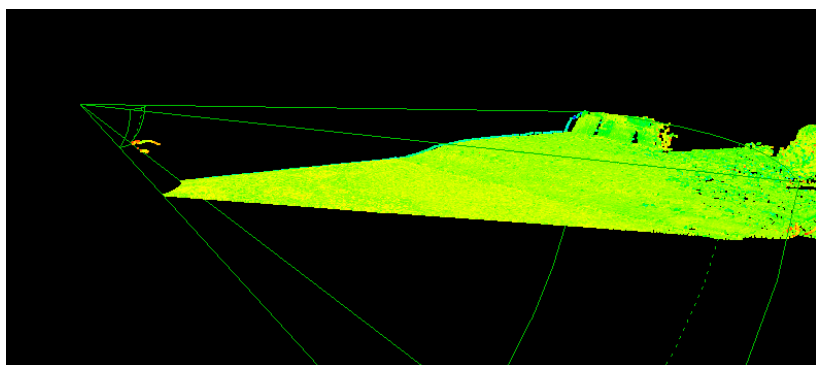
Εικόνα 47: Προσαρμογή ψηφιδωτού στο Τοπογραφικό Διάγραμμα (Με Mesh)

Αξίζει να σημειώσουμε ότι αντίστοιχες μετρήσεις έγιναν και στο ψηφιδωτό που βρίσκεται βορειοδυτικά του Ωδείου. Έτσι μετρήθηκαν και σε αυτό χαρακτηριστικά σημεία με χρήση Total Station, με σκοπό την αποτύπωση του. Επίσης ιδρύθηκαν επιπλέον στάσεις για την τοποθέτηση του σαρωτή και των σφαιρικών στόχων οι οποίες φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Συντεταγμένες Στάσεων για τη Σάρωση του Δεύτερου Ψηφιδωτού			
Σημείο	x (m)	y (m)	H (m)
S44	301899.820	4234967.506	36.811
S45	301901.296	4234975.986	36.470
S46	301889.731	4234979.329	36.120
S47	301887.531	4234969.752	36.240

Πίνακας 15: Συντεταγμένες Στάσεων για τη Σάρωση του Δεύτερου Ψηφιδωτού

Στο συγκεκριμένο ψηφιδωτό η θέση scanner και αντικειμένου (στην περίπτωση μας του ψηφιδωτού) ήταν αρκετά μικρή, έτσι εξ αιτίας της γωνίας πρόσπτωσης της ακτίνας laser δεν προέκυψαν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Κατά τη διάρκεια της συνένωση των επιμέρους σαρώσεων διαπιστώθηκε ότι τα γεωμετρικά σχήματα του ψηφιδωτού δεν ήταν ευδιάκριτα και για το λόγο αυτό δεν ήταν δυνατή η εφαρμογή του texture map.

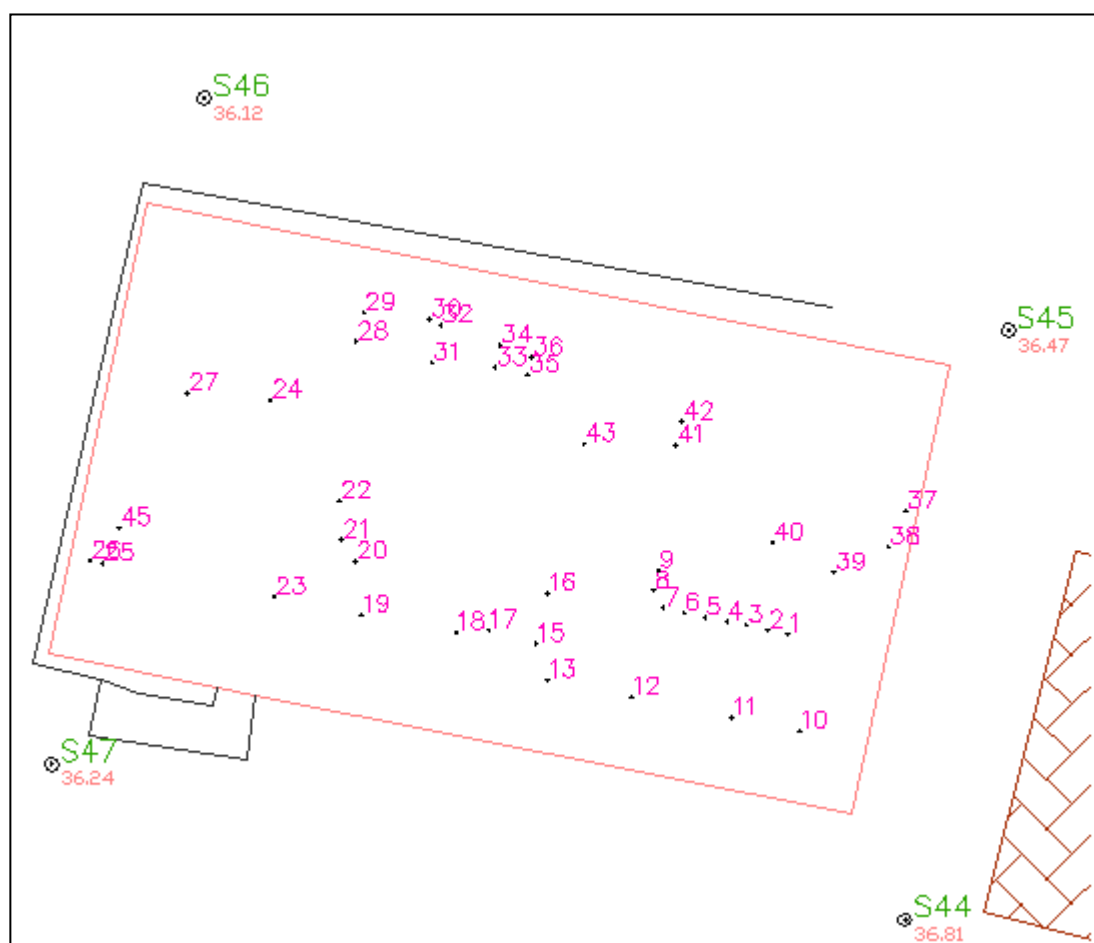


Εικόνα 48: Εύρος σάρωσης
ΠΗΓΗ: Cyclone

Συντεταγμένες χαρακτηριστικών σημείων στο δεύτερο ψηφιδωτό			
Σημείο	X	Y	Z
1	301898,115	4234971,623	36,40
2	301897,826	4234971,682	36,40
3	301897,530	4234971,747	36,39
4	301897,248	4234971,805	36,39
5	301896,934	4234971,861	36,38
6	301896,631	4234971,928	36,38
7	301896,334	4234972	36,37
8	301896,194	4234972,251	36,37
9	301896,259	4234972,542	36,37
10	301898,294	4234970,23	36,42
11	301897,317	4234970,424	36,39
12	301895,867	4234970,72	36,37
13	301894,660	4234970,965	36,35
14	301894,501	4234971,483	36,35
15	301894,502	4234971,481	36,35
16	301894,668	4234972,214	36,35
17	301893,815	4234971,677	36,34
18	301893,346	4234971,653	36,34
19	301891,986	4234971,903	36,31
20	301891,901	4234972,67	36,30
21	301891,702	4234972,977	36,29
22	301891,671	4234973,542	36,29
23	301890,730	4234972,16	36,30

24	301890,676	4234974,986	36,26
25	301888,260	4234972,644	36,26
26	301888,078	4234972,678	36,26
27	301889,483	4234975,093	36,24
28	301891,914	4234975,828	36,27
29	301892,019	4234976,254	36,27
30	301892,971	4234976,152	36,29
31	301893,001	4234975,533	36,29
32	301893,131	4234976,071	36,29
33	301893,912	4234975,463	36,30
34	301893,983	4234975,778	36,30
35	301894,375	4234975,358	36,31
36	301894,439	4234975,6	36,31
37	301899,817	4234973,397	36,42
38	301899,572	4234972,885	36,41
39	301898,788	4234972,511	36,40
40	301897,898	4234972,939	36,39
41	301896,513	4234974,343	36,35
42	301896,605	4234974,682	36,35
43	301895,186	4234974,361	36,33
44	301888,506	4234973,153	36,26
45	301888,504	4234973,154	36,26

Πίνακας 16: Συντεταγμένες χαρακτηριστικών σημείων Βορειοδυτικού Ψηφιδωτού



Εικόνα 49: Χαρακτηριστικά σημεία ψηφιδωτού στην Βορειοδυτική πλευρά του Ωδείου

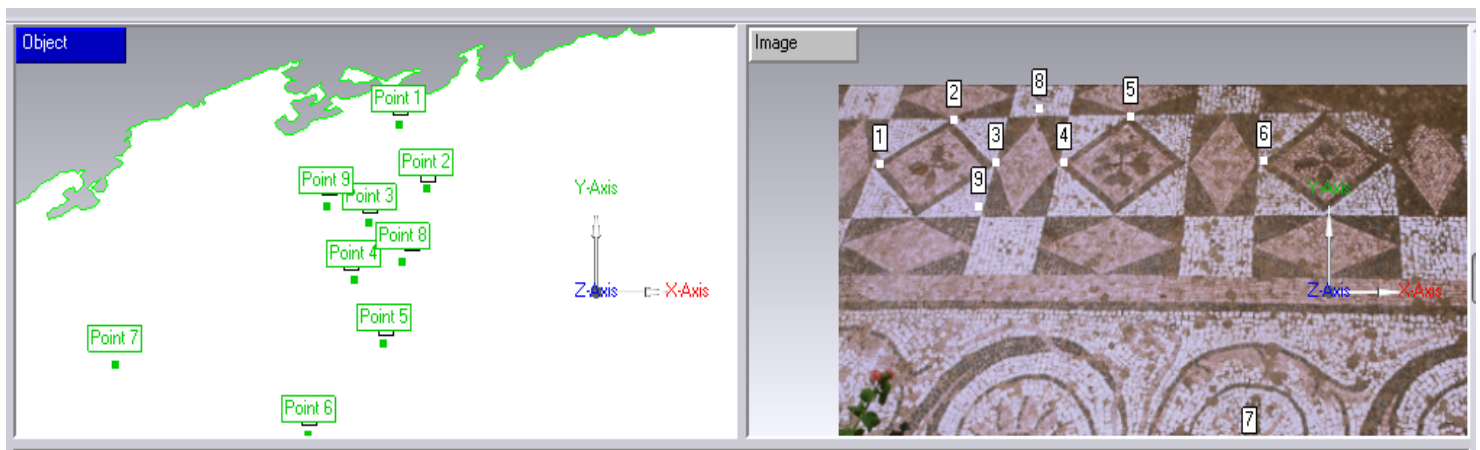


Εικόνα 50: Χαρακτηριστικά σημεία Βορειοδυτικού Ψηφιδωτού

5.2.2. Εφαρμογή στο λογισμικό *Geomagic Studio*

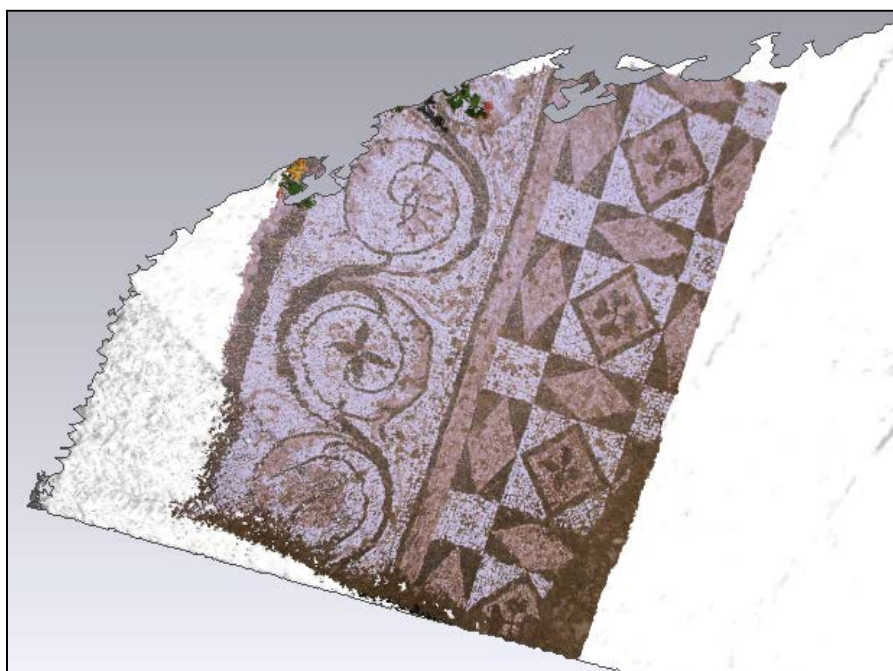
Η διαδικασία στο *Geomagic Studio* είναι η εξής:

Αρχικά εξάγεται από το *Cyclone* το point cloud σε μορφή .XYZ. Για να γίνει όμως η εισαγωγή του στο *Geomagic* πρέπει να επεξεργαστεί ώστε να αφαιρεθούν κάποια ψηφία από τις συντεταγμένες του νέφους. Αυτό γίνεται με το πρόγραμμα *ggrs-truncate*. Στη συνέχεια γίνεται η εισαγωγή του point cloud στο *Geomagic* και με την εντολή *Wrap* → *Surface* προσαρμόζουμε επιφάνεια στο μοντέλο. Έπειτα, γίνεται εισαγωγή σημείων πάνω στο μοντέλο για να γίνει το texture map με την εντολή *Features* → *Point* → *Parameters*. Ακολούθως, επιλέγεται στο *Generate Texture Map* το max texture size. Στο *Project image* φορτώνεται η φωτογραφία και επιλέγονται τα ομόλογα σημεία στο μοντέλο και στη φωτογραφία. Τέλος επιλέγοντας *register* επιτυγχάνεται το Texture Map.



Εικόνα 51: Επιλογή ομόλογων σημείων
ΠΗΓΗ: *Geomagic Studio*

Το αποτέλεσμα μετά το *register* φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 52: Αποτέλεσμα Texture Map από Geomagic
ΠΗΓΗ: Geomagic Studio

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

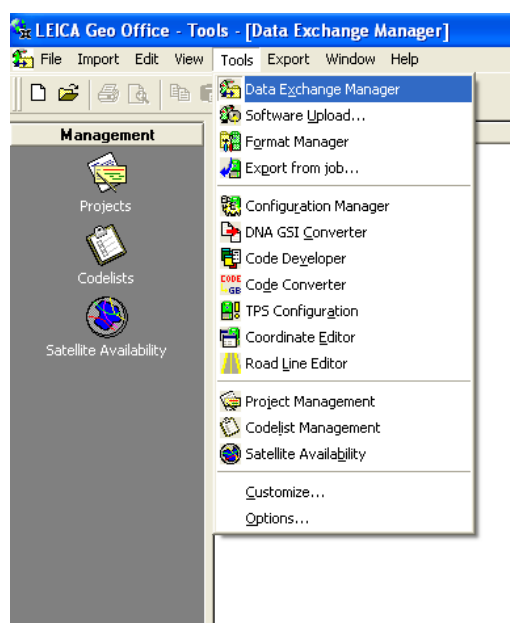
6. ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρονται αναλυτικά τα λογισμικά επεξεργασίας των δεδομένων για τη σωστή απόδοση του αποτελέσματος καθώς και ο τρόπος λειτουργίας τους.

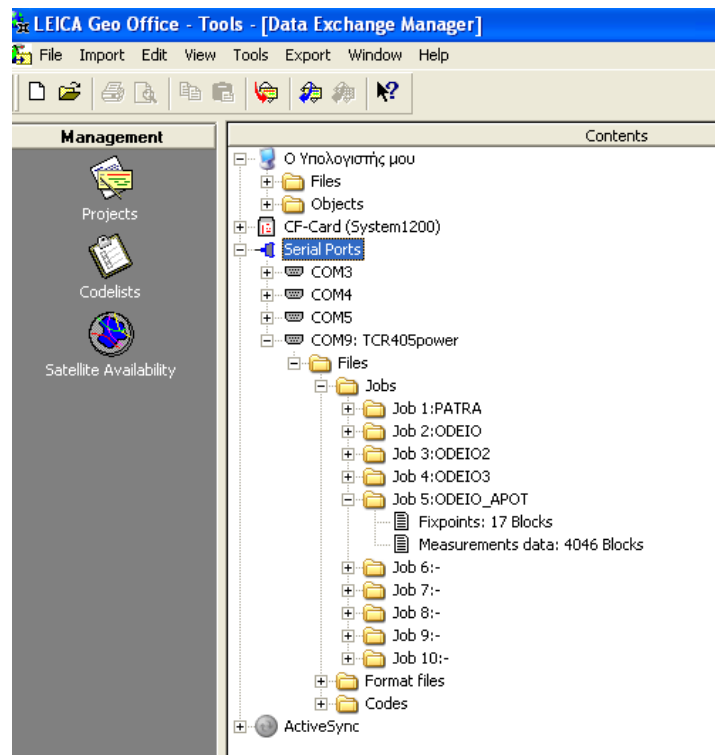
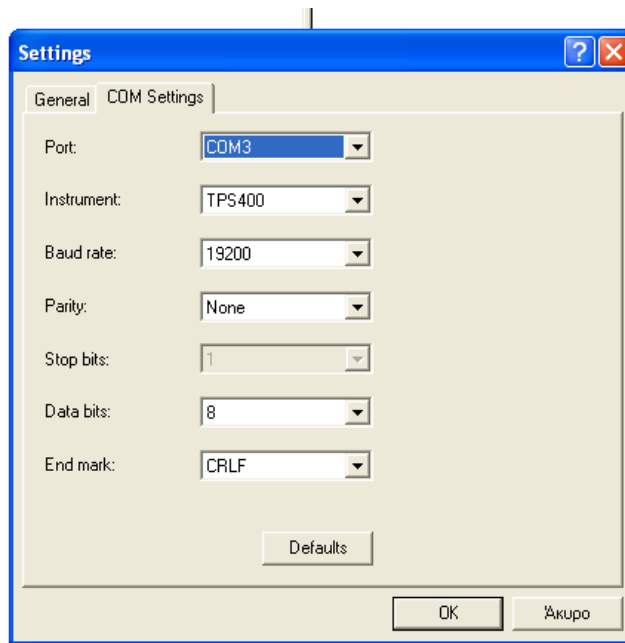
6.1. Leica Geo Office

Το λογισμικό αυτό συνοδεύει τα όργανα της Leica για τη μεταφορά των μετρήσεων από το όργανο στον υπολογιστή και τη μετέπειτα επεξεργασία τους. Η μεταφορά γίνεται ως εξής:

Συνδέεται το όργανο με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσω καλωδίου και ενεργοποιείται το λογισμικό. Στη συνέχεια με την εντολή tools - data exchange manager επιλέγεται η «εργασία» (job) στην οποία έχουν αποθηκευτεί τα δεδομένα και μεταφέρονται στον υπολογιστή. Παρακάτω παρατίθεται και το περιβάλλον του λογισμικού.



Στη συνέχεια επιλέγεται ο τύπος του οργάνου που χρησιμοποιήθηκε και το job στο οποίο αποθηκεύτηκαν οι μετρήσεις όπως φαίνεται στην επόμενη εικόνα.

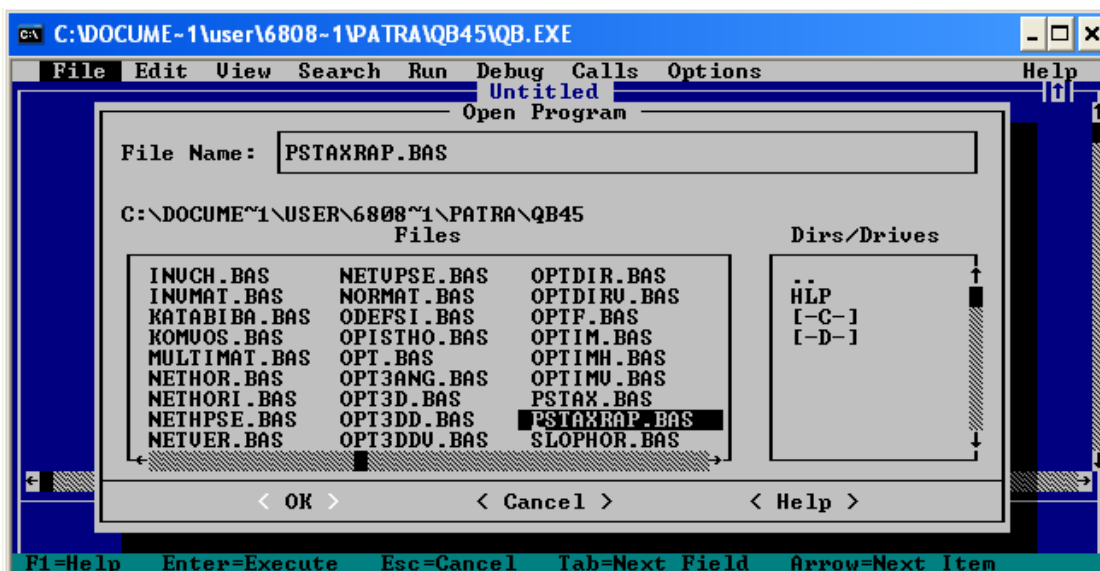


6.2. Λογισμικό PSTARXAP.BAS

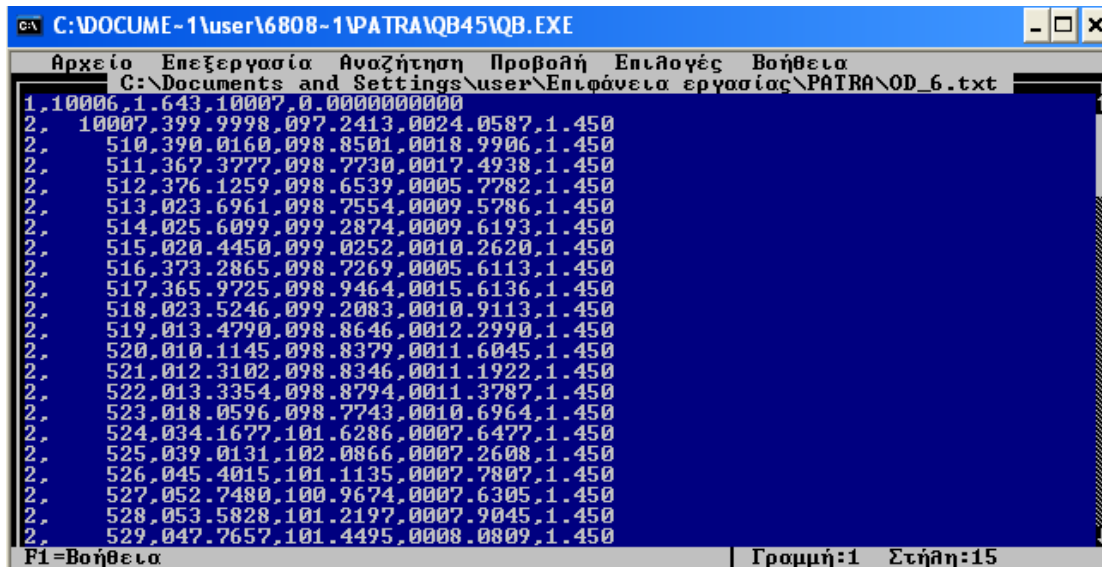
Το λογισμικό PSTARXAP.BAS σε περιβάλλον Microsoft Quickbasic είναι κατάλληλο για τη μετατροπή των μετρήσεων σε συντεταγμένες Χ,Υ, Η. Η μετατροπή γίνεται ως εξής:

Επιλέγεται από το περιβάλλον το λογισμικό PSTARXAP.BAS και στη συνέχεια ανοίγεται το αρχείο txt με τις μετρήσεις που πρέπει να μετατραπούν. Το αρχείο αυτό μετατρέπεται ώστε η πρώτη του σειρά να έχει τη μορφή: 1, στάση, ύψος οργάνου, στάση μηδενισμού, γωνία μηδενισμού και το αποθηκεύεται ως αρχείο .odb. Ακολουθεί η εντολή run- start όπου δίνεται το όνομα του αρχείου καθώς και συντεταγμένες για το σημείο της στάσης αλλά και του σημείου μηδενισμού. Το αποτέλεσμα είναι ένα αρχείο SYN με τις συντεταγμένες όλων των ταχυμετρικών σημείων. Όλα όσα αναφέρθηκαν παρατίθενται και στις εικόνες που ακολουθούν οι οποίες δείχνουν το περιβάλλον του προγράμματος.

- Επιλέγεται το πρόγραμμα της μετατροπής PSTARXAP.BAS

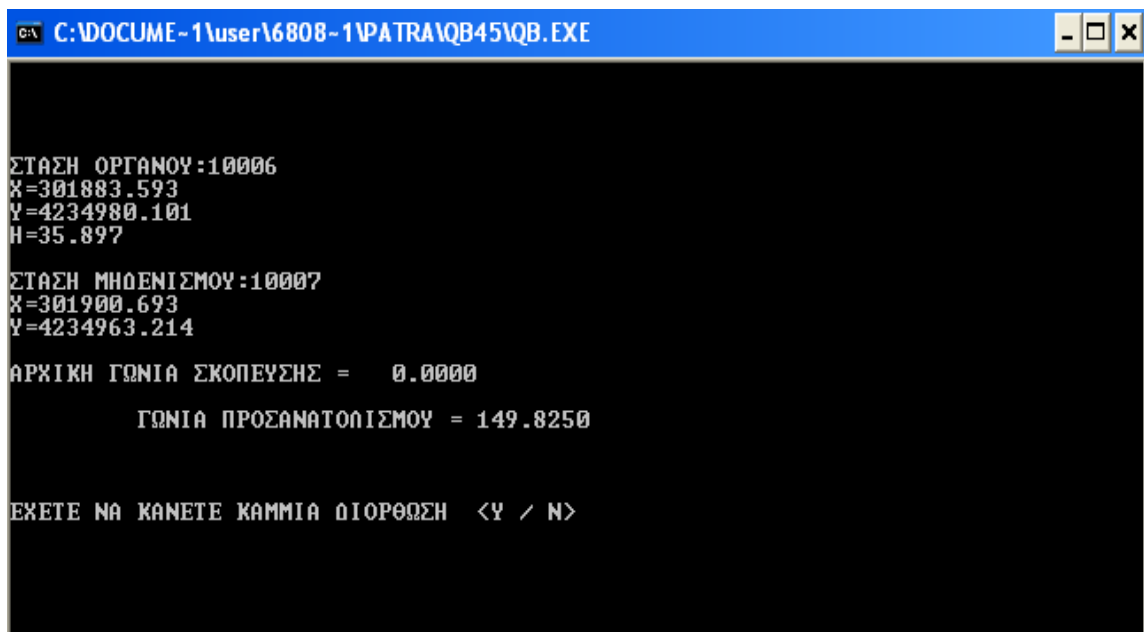


- Φτιάχνεται το αρχείο με την κατάλληλη μορφή



```
C:\DOCUMENTE-1\user\6808-1\ΠΑΤΡΑ\QB45\QB.EXE
Αρχείο  Επεξεργασία  Αναζήτηση  Προβολή  Επιλογές  Βοήθεια
C:\Documents and Settings\user\Επιφάνεια εργασίας\ΠΑΤΡΑ\OD_6.txt
1,10006,1.643,10007,0.0000000000
2, 10007,399.9998,097.2413,0024.0587,1.450
2, 510,390.0160,098.8501,0018.9906,1.450
2, 511,367.3777,098.7730,0017.4938,1.450
2, 512,376.1259,098.6539,0005.7782,1.450
2, 513,023.6961,098.7554,0009.5786,1.450
2, 514,025.6099,099.2874,0009.6193,1.450
2, 515,020.4450,099.0252,0010.2620,1.450
2, 516,373.2865,098.7269,0005.6113,1.450
2, 517,365.9725,098.9464,0015.6136,1.450
2, 518,023.5246,099.2083,0010.9113,1.450
2, 519,013.4790,098.8646,0012.2990,1.450
2, 520,010.1145,098.8379,0011.6045,1.450
2, 521,012.3102,098.8346,0011.1922,1.450
2, 522,013.3354,098.8794,0011.3787,1.450
2, 523,018.0596,098.7743,0010.6964,1.450
2, 524,034.1677,101.6286,0007.6477,1.450
2, 525,039.0131,102.0866,0007.2608,1.450
2, 526,045.4015,101.1135,0007.7807,1.450
2, 527,052.7480,100.9674,0007.6305,1.450
2, 528,053.5828,101.2197,0007.9045,1.450
2, 529,047.7657,101.4495,0008.0809,1.450
F1=Βοήθεια | Γρομμή:1 Στήλη:15
```

- Δίνονται συντεταγμένες στη στάση και στο σημείο μηδενισμού

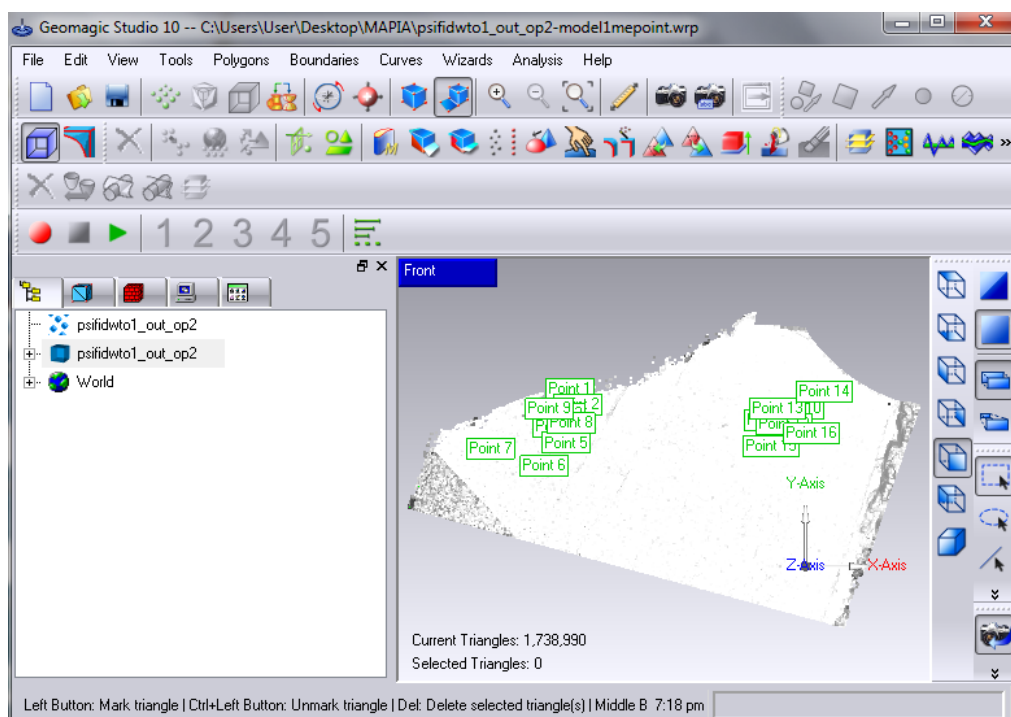


```
C:\DOCUMENTE-1\user\6808-1\ΠΑΤΡΑ\QB45\QB.EXE
ΣΤΑΣΗ ΟΡΓΑΝΟΥ:10006
X=301883.593
Y=4234980.101
H=35.897
ΣΤΑΣΗ ΜΗΔΕΝΙΣΜΟΥ:10007
X=301900.693
Y=4234963.214
ΑΡΧΙΚΗ ΓΩΝΙΑ ΣΚΟΠΕΥΣΗΣ = 0.0000
ΓΩΝΙΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ = 149.8250
ΕΧΕΤΕ ΝΑ ΚΑΝΕΤΕ ΚΑΜΜΙΑ ΔΙΟΡΘΩΣΗ <Y / N>
```

6.3. Geomagic Studio

Το Geomagic Studio είναι ένα πλήρες πακέτο επεξεργασίας και μοντελοποίησης δεδομένων από τρισδιάστατους σαρωτές. Το συγκεκριμένο λογισμικό αν και παρέχει κάποιες δυνατότητες συνένωσης ομόλογων νεφών, αυτές δεν είναι τόσο ανεπτυγμένες σε σχέση με το Cyclone. Αντίθετα στον τομέα της παραγωγής τρισδιάστατων μοντέλων παρέχει πολλές δυνατότητες ελέγχου του τελικού αντικειμένου, ενώ ο σχεδόν γραμμικός τρόπος εργασίας διευκολύνει την εκμάθηση της συγκεκριμένης εφαρμογής.

Επίσης, το Geomagic Studio έχει τη δυνατότητα να εξαγει τομές του τρισδιάστατου μοντέλου αλλά και εποπτικής παρουσίασης των σφαλμάτων της μοντελοποίησης. Τέλος, παρέχει τη δυνατότητα παραγωγής ορθοεικόνων μετά από κατάλληλη επεξεργασία του μοντέλου.

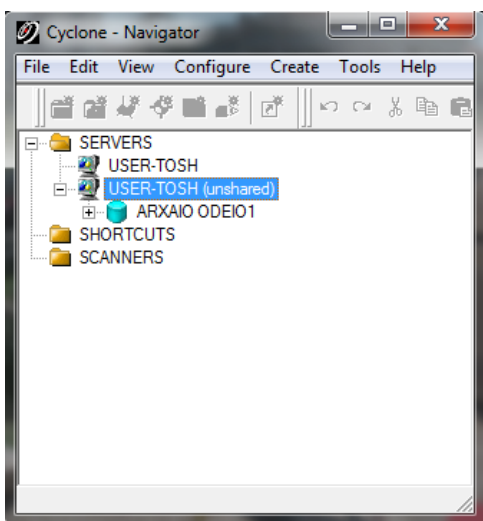


Εικόνα 53: Το περιβάλλον του Geomagic Studio

6.4. Λογισμικό Cyclone

Το λογισμικό Cyclone το οποίο συνοδεύει το laser scanner της Leica σχετίζεται με την επεξεργασία των δεδομένων της τρισδιάστατης σάρωσης.

Το βασικό πλεονέκτημα της συγκεκριμένης εφαρμογής είναι η δυνατότητα της να διαχειρίζεται μεγάλο όγκο πληροφορίας χωρίς να μειώνεται η απόδοση. Συγκεκριμένα ισορροπώντας το πλήθος της πληροφορίας που προβάλλεται, εξασφαλίζει ομαλή πλοήγηση στο μοντέλο και απρόσκοπτο χειρισμό της κάθε σάρωσης ανεξάρτητα από τον όγκο των δεδομένων που αυτή περιέχει. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω οι δυνατότητες της συγκεκριμένης εφαρμογής αφορούν κυρίως τη συνένωση ομόλογων σαρώσεων. Τα ανεξάρτητα νέφη σημείων μετασχηματίζονται σε ένα ενιαίο σύστημα αναφοράς είτε με τη χρήση σφαιρικών στόχων είτε με τη χρήση επικαλυπτόμενων σημείων σε δυο γειτονικές σαρώσεις ενώ υπάρχει η δυνατότητα συνδυασμού των δύο παραπάνω μεθόδων. Το Cyclone αυτόματα εντοπίζει στόχους και δημιουργεί ένα σύστημα περιορισμών, το οποίο χρησιμοποιείται για την αναγωγή των επιμέρους σαρώσεων σε ένα ενιαίο σύστημα αναφοράς. Τέλος η συγκεκριμένη εφαρμογή έχει και δυνατότητες μοντελοποίησης των σαρωμένων μοντέλων, παραγωγής τρισδιάστατων μοντέλων, δημιουργία video animation καθώς και εφαρμογή texture map.



Εικόνα 54: Το περιβάλλον του Cyclone
ΠΗΓΗ: Cyclone

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7. ΤΕΛΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στο συγκεκριμένο Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα τελικά σχέδια του Ωδείου, συνοψίζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την όλη εργασία και δίνονται κάποιες σκέψεις για περαιτέρω συνέχεια της.

7.1. Τελικά Σχέδια

Παράλληλα με την παρούσα Διπλωματική Εργασία εκπονήθηκε και δεύτερη στο χώρο του Αρχαίου Ωδείου (*Αρχοντάκης Γεώργιος: Γεωμετρική Τεκμηρίωση Ρωμαϊκού Ωδείου Πατρών - 3D Μοντέλο, 2012*) και για αυτό το λόγο τα τελικά σχέδια περιλαμβάνουν το συνδυασμό και την επεξεργασία των δεδομένων και των δύο εργασιών, με σκοπό την ολοκληρωμένη παρουσίαση του Ωδείου. Έτσι, στο φάκελο με τα τελικά σχέδια περιέχονται:

- η οριζοντιογραφία
- η κάθετη τομή κατά μήκος των κερκίδων
- οι όψεις των δύο κεντρικών τοίχων του Ωδείου
- το μωσαϊκό στη νοτιοδυτική πλευρά
- τα video animation που δημιουργήθηκαν.

7.2. Συμπεράσματα

Μετά την ολοκλήρωση της διπλωματικής και την ανάλυση των αποτελεσμάτων στο κάθε στάδιο διεκπεραίωσής της, προέκυψαν κάποια συμπεράσματα τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω:

- Η γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείων, απαιτεί τη χρήση διαφόρων μεθόδων αποτύπωσης. Καλύτερα και ακριβέστερα αποτελέσματα δίνει ο συνδυασμός όλων των δυνατών μεθόδων, γιατί όπως φάνηκε και από την παρούσα εφαρμογή, η μία μέθοδος αποτελεί συμπλήρωμα της άλλης.
- Η αποτύπωση με χρήση Total station υπόκειται στην υποκειμενική κρίση του παρατηρητή (επιλογή σκόπευσης σημείων), ενώ με χρήση Laser scanner η αποτύπωση είναι ανεξάρτητη του χειριστή.
- Η αποτύπωση με reflectorless Total Station αντικειμένων με ακανόνιστο σχήμα, αποτελεί μία διαδικασία επίπονη και χρονοβόρα, δεδομένου ότι πρέπει να ληφθεί μεγάλος αριθμός σημείων ώστε να υπάρξει ικανοποιητική αποτύπωση του αντικειμένου.
- Στις γεωδαιτικές εφαρμογές, ο επίγειος σαρωτής laser, σε συνδυασμό με άλλες τοπογραφικές μεθόδους αποτύπωσης, μπορεί να δώσει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα και ειδικά σε αποτυπώσεις κτηρίων, περιοχών, ακόμα και αντικειμένων όπου παρουσιάζονται προβλήματα πρόσβασης, εγγύτητας και πολυπλοκότητας.
- Χρησιμοποιώντας Total Station γίνεται αποτύπωση «σημείο προς σημείο» επιτυγχάνοντας διακριτή ακρίβεια σε κάθε σημείο ενώ στην αποτύπωση με χρήση laser scanner επιτυγχάνεται ενιαία σχετική ακρίβεια σε ολόκληρο το νέφος.
- Αξίζει να σημειωθεί ότι με την εξέλιξη της τεχνολογίας, τα λογισμικά που δημιουργούνται αυτοματοποιούν τις διαδικασίες επεξεργασίας των δεδομένων,

ωστόσο η πολυπλοκότητα τους και ο μεγάλος όγκος των δεδομένων που δέχονται επιδεικνύουν τις αδυναμίες τους. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, για την παραγωγή του τελικού σχεδίου του μωσαϊκού, το λογισμικό *Geomatics* ενώ έδινε καλύτερα αποτελέσματα από το *Cyclone* για την εφαρμογή του *Texture map* δημιουργούσε προβλήματα και δεν αποκρινόταν στις απαιτήσεις της συγκεκριμένης εργασίας.

- Η ποιότητα των μετρήσεων είναι άμεσα εξαρτώμενη από το βαθμό λεπτομέρειας της αποτύπωσης.
- Η αποτύπωση με *laser scanner* συνδυάζει την ακρίβεια της τοπογραφικής και την πληρότητα της φωτογραμμετρικής αποτύπωσης.
- Λόγω της άσχημης κατάστασης του προσκηνίου και της ορχήστρας του Ωδείου, αλλά και των εργασιών αποκατάστασης τους που λάμβαναν χώρα την ίδια περίοδο με τις μετρήσεις, δεν ήταν δυνατή η τοποθέτηση του οργάνου για την αποτύπωση του κοίλου μέρους. Έτσι, ήταν απαραίτητη η ίδρυση περισσότερων στάσεων, διαδικασία χρονοβόρα και επίπονη αφού η ίδια αποτύπωση ήταν δυνατό να γίνει με μια στάση στη σκηνή.

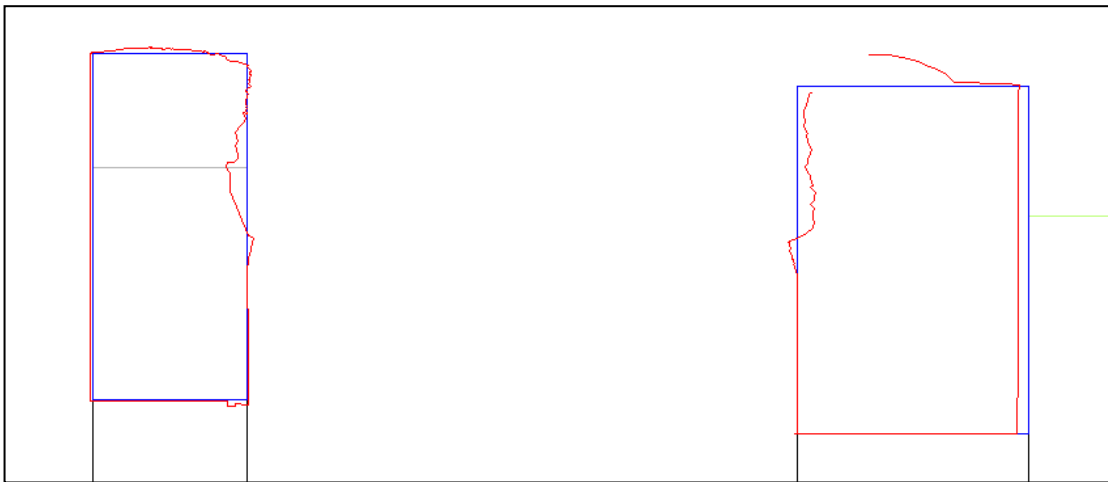
7.2.1. Σύγκριση Τομών

Αφού σχεδιάστηκαν οι τομές τόσο από τις μετρήσεις με το *Total Station* όσο και από το τρισδιάστατο μοντέλο που δημιουργήθηκε με την βοήθεια του *CloudWork* τοποθετήθηκαν σε κοινό αρχείο με σκοπό τη σύγκριση τους και την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Σε γενικές γραμμές οι δύο τομές συμπίπτουν με πολύ μικρές διαφορές που δικαιολογούνται από τη διαφορά των δύο μεθόδων. Το *resolution* που δόθηκε στο *sarwh* για τη δημιουργία του μοντέλου ήταν 0,005m με αποτέλεσμα τα σημεία να βρίσκονται πολύ κοντά και έτσι η τομή να έχει ψηφιοποιηθεί με πολύ λεπτομέρεια, ενώ με τη χρήση *Total Station* δεν είναι δυνατή η αποτύπωση πολλών και πολύ κοντινών σημείων λεπτομέρειας, αφού η τοπογραφική διαδικασία βασίζεται στη σημείο προς σημείο αποτύπωση (αποτύπωση

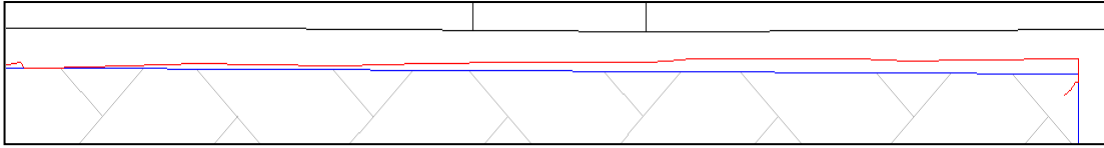
διακριτών σημείων). Παρακάτω θα αναλυθούν οι διαφορές. Με μπλε χρώμα φαίνεται η τομή με το Total Station ενώ με κόκκινο η τομή με το laser scanner.

Όπως φαίνεται στην *Εικόνα 55* στην τομή με το laser scanner παρατηρείται πολύ λεπτομέρεια στην απόδοση του τοίχου, κάτι το οποίο ήταν αδύνατο να αποτυπωθεί με το total station.



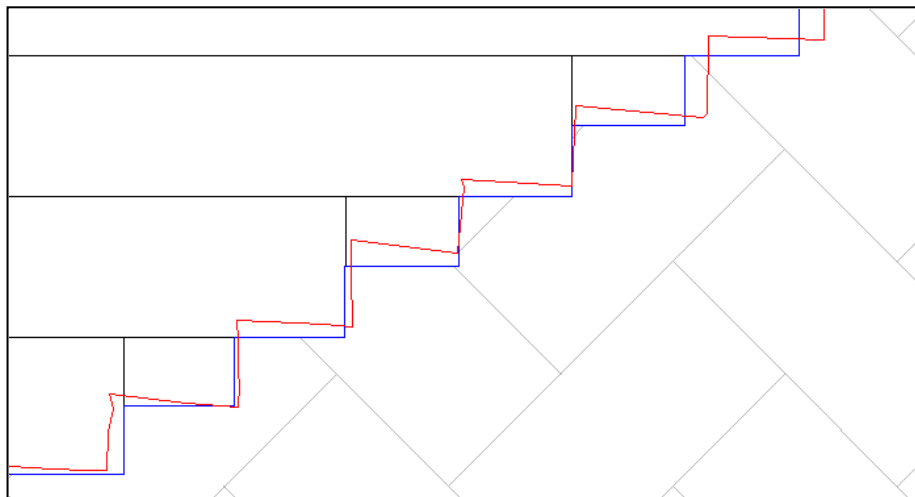
Εικόνα 55: Σύγκριση τομών ως προς τις λεπτομέρειες των τοίχων

Στην *Εικόνα 56* φαίνεται ένα μέρος του προσκηνίου και της ορχήστρας η οποία είναι κατασκευασμένη από ξύλινες σανίδες. Την εποχή των μετρήσεων, είχαν διαβρωθεί και είχαν χαλάσει σε κάποια σημεία, με αποτέλεσμα ο σαρωτής (κόκκινη γραμμή) να δείχνει ακριβώς την κατάσταση της σκηνής ενώ με τις μετρήσεις με το total station θεωρήθηκε ότι το προσκήνιο με την ορχήστρα είναι επίπεδη και δεν λήφθηκαν υπόψη οι ατέλειες τους.



Εικόνα 56: Σύγκριση τομών ως προς την απόδοση της σκηνής

Ομοίως και στα σκαλιά που βρίσκονται στο κέντρο του κοίλου υπάρχει διαφορά στις δύο τομές αφού ήταν ξύλινα και σε άσχημη κατάσταση (Εικόνα 57).



Εικόνα 57: Σύγκριση τομών ως προς την απόδοση των σκαλιών

Αξίζει να σημειωθεί ότι η τομή που δημιουργήθηκε από το Total Station συμπληρώθηκε με τη χρησιμοποίηση δεδομένων από το τρισδιάστατο μοντέλο του Ωδείου [Αρχοντάκης Γεώργιος: Γεωμετρική Τεκμηρίωση Ρωμαϊκού Ωδείου Πατρών-3D Μοντέλο,2012] για μια πιο πλήρη απεικόνιση της κατάστασης.

7.3. Προτάσεις

Με την ολοκλήρωση της συγκεκριμένης μελέτης και την ανάλυση των αποτελεσμάτων της, αξίζει να σημειωθούν κάποιες προτάσεις για τυχόν μελλοντική και επιπρόσθετη διερεύνηση του θέματος.

- Θα ήταν ενδιαφέρον να γίνουν οι επιπλέον απαραίτητες μετρήσεις με Total Station, για τη δημιουργία τομών και σε άλλες θέσεις στο Ωδείο, με δεδομένα αποκλειστικά από τις μετρήσεις αυτές. Αν στις αντίστοιχες θέσεις σχεδιάζονταν και οι τομές που προκύπτουν από το 3D μοντέλο (από το συνολικό point cloud) θα μπορούσαν να αξιολογηθούν οι δύο διαδικασίες, τόσο ξεχωριστά όσο και ο συνδυασμός τους, με μεγαλύτερη λεπτομέρεια και αξιοπιστία.
- Η σάρωση του ψηφιδωτού που βρίσκεται στο πίσω μέρος του Ο.Τ. (βορειοδυτικά του Ωδείου) και κατ επέκταση η αποτύπωση του θα ήταν χρήσιμη για εργασίες συντήρησης και προστασίας του καθώς και αυτό είναι μεγάλης ιστορικής σημασίας. Ως υπόβαθρο θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν τα σημεία λεπτομέρειας που μετρήθηκαν πάνω στο ψηφιδωτό στην παρούσα Διπλωματική.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Εικόνα 58: Έγκριση από τη ΣΤ' ΕΦΟΡΕΙΑ ΠΡΟΪΣΤ.& ΚΛΑΣ.ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΩΝ

Γεωμετρική Τεκμηρίωση Ρωμαϊκού Ωδείου Πατρών- Τοπογραφική Αποτύπωση- Αποτύπωση Ψηφιδωτών

Στάση	ΥΟ (m)	Σκόπευση	ΥΣ (m)	Η (I) ⁹	Η (II) ⁹	Μέση Τιμή ⁹	Μέση Ανηγμένη ⁹
2	1,731	1	1,767	0,0204	200,0529	0,03665	247,139
		3	1,705	247,1783	47,1645	247,1747	
3	1,665	2	1,768	85,2125	285,2184	85,2155	226,4089
		4	1,811	311,6217	111,6270	311,6244	
4	1,776	3	1,705	222,0515	22,0565	222,0540	197,7660
		5	1,785	19,8110	219,8290	19,8200	
5	1,748	4	1,814	307,5659	107,5716	307,5688	319,5648
		6	1,741	227,1229	27,1443	227,1336	
6	1,704	5	1,784	153,8377	353,8406	153,8392	315,0667
		7	1,812	68,9036	268,9082	68,9059	
7	1,777	6	1,736	273,2610	73,2647	273,2629	124,0929
		8	1,755	397,3532	197,3583	397,35580	
8	1,714	7	1,811	15,8096	215,8125	15,8111	290,5926
		9	1,753	306,3990	106,4084	306,4037	
9	1,713	8	1,750	130,9202	330,9232	130,9217	97.3545
		1	1,849	228,2659	28,2683	228,2671	
1	1,813	9	1,750	133,1282	333,1295	133,1289	382,0469
		2	1,732	115,1731	315,1784	115,1758	

Πίνακας 17: Υπολογισμός οριζόντιων γωνιών όδευσης

Στάση	ΥΟ(m)	Σκόπευση	ΥΣ (m)	V (I) ⁹	V (II) ⁹	Μέση Τιμή ⁹	Κεκλιμένο Μήκος (S) (m)	Οριζόντιο Μήκος(D) (m)
2	1,731	1	1,767	95,5177	304,4823	95,5177	51,385	51,258
		3	1,705	101,9245	298,0762	101,9242	30,763	30,749
3	1,665	2	1,768	97,9188	302,0806	97,9191	30,766	30,750
		4	1,811	103,2511	296,7456	103,2528	29,229	29,191
4	1,776	3	1,705	96,5825	303,4166	96,5830	29,232	29,190
		5	1,785	103,5433	296,4533	103,5450	33,574	33,522
5	1,748	4	1,814	96,3148	303,6857	96,3145	33,576	33,520
		6	1,741	96,2038	303,7951	96,2044	54,303	54,207
6	1,704	5	1,784	103,7085	296,2902	103,7092	54,296	54,204
		7	1,812	96,5430	303,4553	96,5439	24,070	24,035
7	1,777	6	1,736	103,2595	296,7400	103,2598	24,066	24,034
		8	1,755	94,8802	305,1167	94,8818	35,067	34,954
8	1,714	7	1,811	104,9807	295,017	104,9815	35,062	34,954
		9	1,753	100,8039	299,1951	100,8044	38,871	38,868
9	1,713	8	1,750	99,0722	300,9278	99,0722	38,876	38,872
		1	1,849	97,1836	302,8137	97,1850	31,414	31,383
1	1,813	9	1,750	102,6614	297,3297	102,6659	31,414	31,386
		2	1,732	104,5386	295,4544	104,5421	51,382	51,251

Πίνακας 18: Υπολογισμός κατακόρυφων γωνιών και μηκών όδευσης

Γεωμετρική Τεκμηρίωση Ρωμαϊκού Ωδείου Πατρών- Τοπογραφική Αποτύπωση- Αποτύπωση Ψηφιδωτών

Στάση	ν^g	Σκεκλ (m)	ΥΟ (m)	ΥΣ (m)	Doρ (m)	D μέσο (m)	ΔΗ (m)	ΔΗ μέσο (m)
1	104,5421	51,382	1,813	1,732	51,251		-3,582	
2	95,5177	51,385	1,731	1,767	51,258	51,255	+3,579	-3,581
2	101,9242	30,763		1,705	30,749		-0,904	
3	97,9191	30,766	1,665	1,768	30,750	30,750	+0,902	-0,903
3	103,2528	29,229		1,811	29,191		-1,639	
4	96,5830	29,232	1,776	1,705	29,190	29,191	+1,639	-1,639
4	103,5450	33,574		1,785	33,522		-1,878	
5	96,3146	33,576	1,748	1,814	33,520	33,521	+1,877	-1,878
5	96,2044	54,303		1,741	54,207		+3,243	
6	103,7092	54,296	1,704	1,784	54,204	54,206	-3,242	+3,243
6	96,5439	24,070		1,812	24,035		+1,198	
7	103,2598	24,066	1,777	1,736	24,034	24,035	-1,191	+1,195
7	94,8818	35,067		1,755	34,954		+2,838	
8	104,9815	35,062	1,714	1,811	347,955	34,955	-2,838	+2,838
8	100,8044	38,871		1,753	38,868		-0,531	
9	99,0722	38,876	1,713	1,750	38,872	38,870	+0,530	-0,531
9	97,1850	31,414		1,849	31,383		+1,253	
1	102,6659	34,414	1,813	1,750	31,386	31,385	-1,252	+1,253

Πίνακας 19: Υπολογισμός υψομετρικών διαφορών κορυφών όδευσης

i-j	ΔΗ i-j (m)	H (m)
3-4	-1,639	H4=34,531
4-5	-1,878	H5=32,653
5-6	3,244	H6=35,897
6-7	1,195	H7=37,092
7-8	2,838	H8=39,930
8-9	-0,530	H9=39,400
9-1	1,253	H1=40,653
1-2	-3,580	H2=37,073
2-3	+0.903	H3=36,170

ΣΗΜΕΙΟ 3 ΣΤΑΘΕΡΟ: H3=36,170m

Πίνακας 20: Υπολογισμός υψομέτρων κορυφών όδευσης

Κλίμακα Αποτύπωσης	Ομαλό Έδαφος		Κεκλιμένο Έδαφος	
	Πρωτεύουσες	Δευτερεύουσες	Πρωτεύουσες	Δευτερεύουσες
1:200	1 ^c √N	1.5 ^c √N	2 ^c √N	3 ^c √N
1:500	2 ^c √N	3 ^c √N	3 ^c √N	5 ^c √N
1:1000	2 ^c √N	5 ^c √N	5 ^c √N	8 ^c √N

Όπου N = ο αριθμός των κορυφών της όδευσης

Πίνακας 21: Επιτρεπόμενα όρια γωνιακού σφάλματος, σύμφωνα με τους Ελληνικούς κανονισμούς (ΠΔ696/75,ΠΔ515/89)

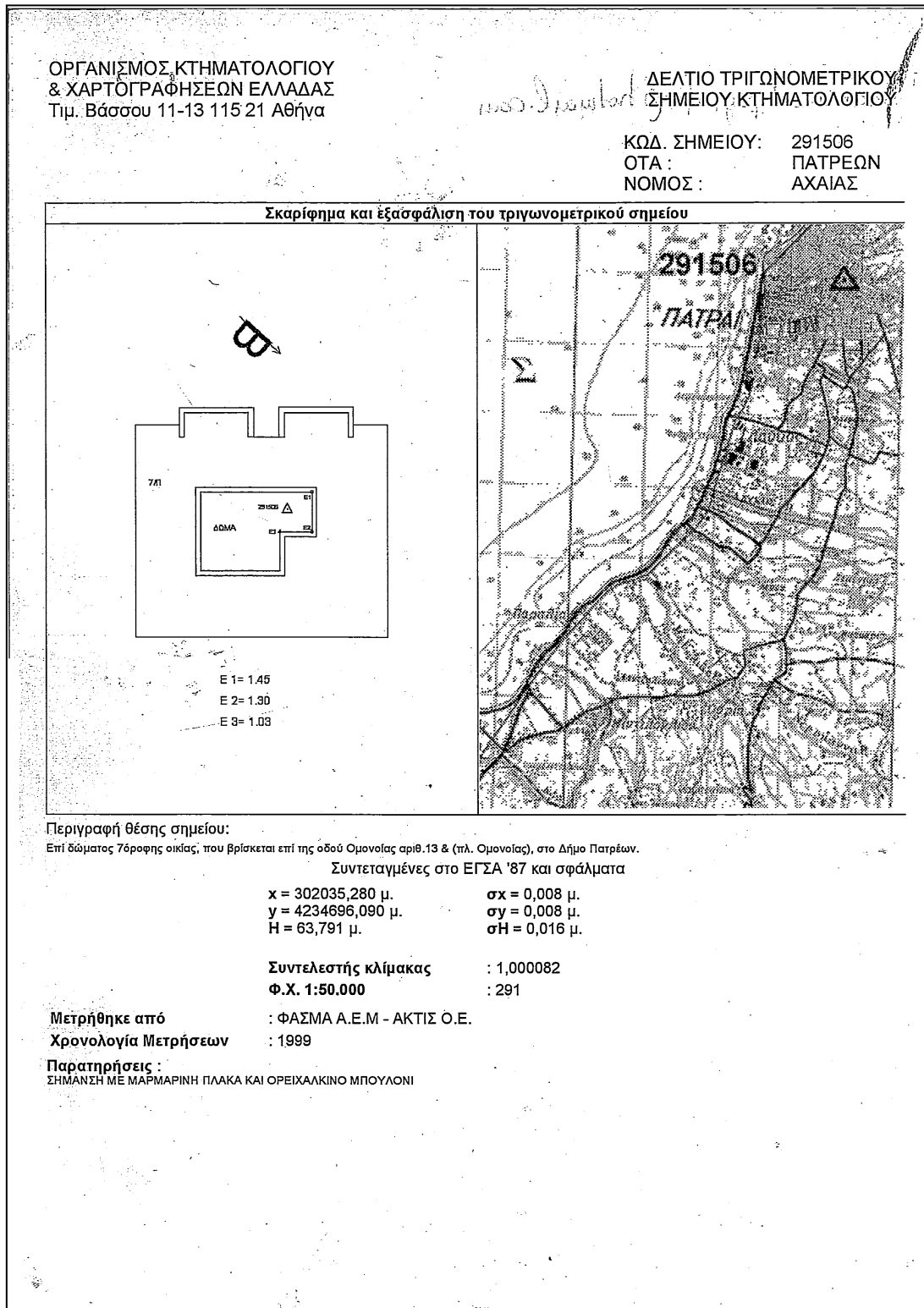
ΠΗΓΗ: Λάμπρου- Πανταζής, (Σεπτέμβριος 2011)

Κλίμακα Αποτύπωσης	Ομαλό Έδαφος		Κεκλιμένο Έδαφος	
	Πρωτεύουσες	Δευτερεύουσες	Πρωτεύουσες	Δευτερεύουσες
1:200	0.05√S + 0.05m	0.01√S + 0.05m	0.01√S + 0.10m	0.02√S + 0.10m
1:500				
1:1000	0.01√S + 0.10m	0.02√S + 0.10m	0.02√S + 0.20m	0.04√S + 0.20m

Όπου S = το ανάπτυγμα της πολυγωνικής όδευσης σε km

Πίνακας 22: Επιτρεπόμενα όρια γραμμικού σφάλματος, σύμφωνα με τους Ελληνικούς κανονισμούς (ΠΔ696/75,ΠΔ515/89)

ΠΗΓΗ: Λάμπρου- Πανταζής, (Σεπτέμβριος 2011)



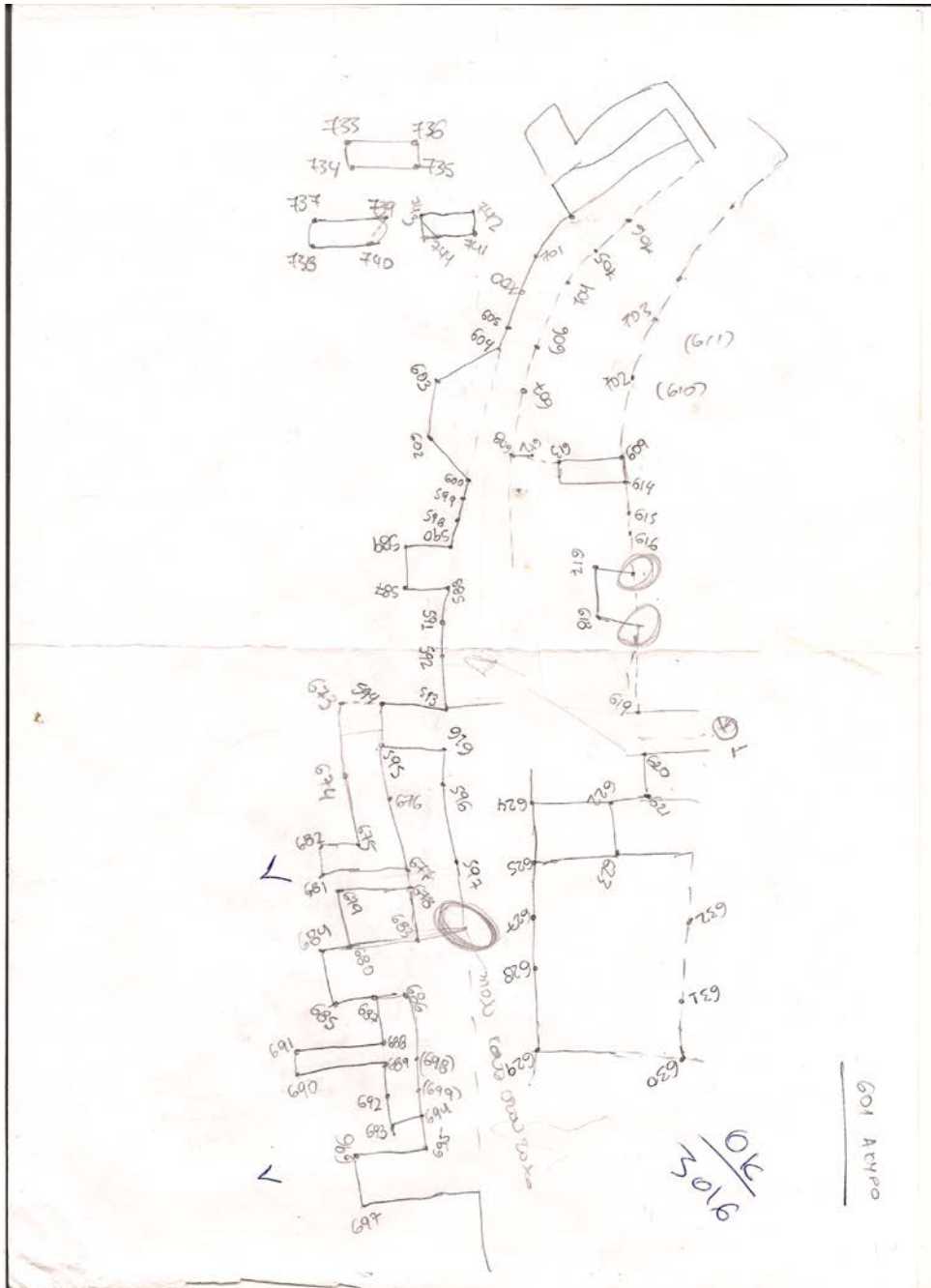
Εικόνα 59: Έντυπο από το Κτηματολόγιο για τις συντεταγμένες του τριγωνομετρικού σημείου

ΠΗΓΗ: ΟΚΧΕ

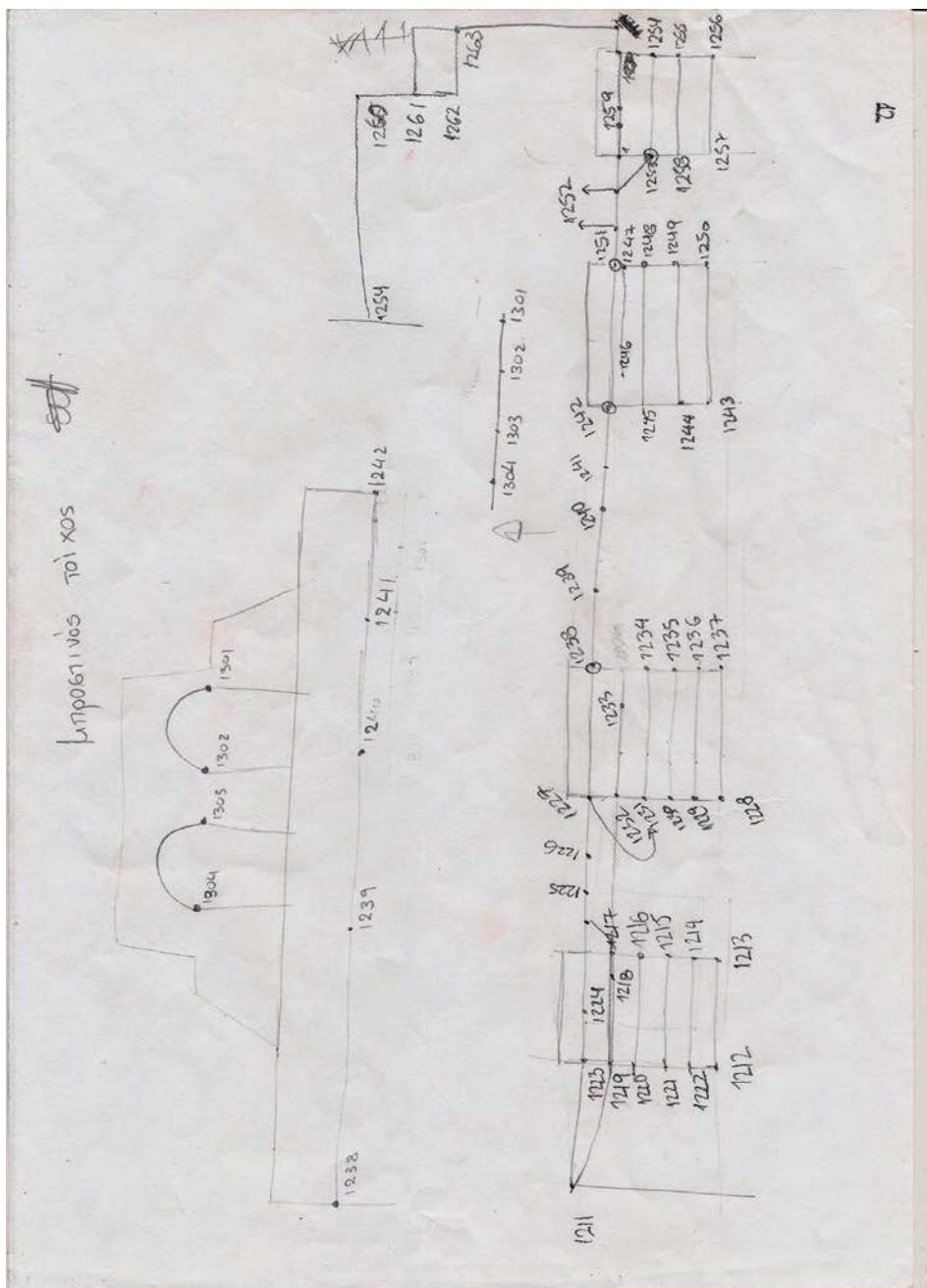


Εικόνα 60: Απόσπασμα από το Σχέδιο Πόλης της Πάτρας
ΠΗΓΗ: Σχέδιο Πόλης Πάτρας

Αυτοσχέδιο Υπαίθρου



Εικόνα 61: Αυτοσχέδιο υπαίθρου για τη Σ7



Εικόνα 62: Αυτοσχέδιο υπαίθρου για τη Σ3



Εικόνα 63: Κροκί για τα χαρακτηριστικά σημεία στο ψηφιδωτό

ΗΜΕΡΟΛΟΓΙΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

- 29/05/2012 Αναγνώριση Περιοχής
- 30/5/2012 Ίδρυση των στάσεων της όδευσης (Σ1-Σ9)
Μέτρηση της όδευσης με τη Μέθοδο των Τριών Τριπόδων
- 31/5/2012 Μετρήσεις με GPS, Ένταξη της όδευσης στο ΕΓΣΑ 87
Ίδρυση στάσεων για την αποτύπωση και μετέπειτα σάρωση του Ωδείου και μέτρηση των συντεταγμένων τους με GPS
Έναρξη Αποτύπωσης
- 1-5/6/2012 Αποτύπωση Ρωμαϊκού Ωδείου με χρήση Reflectorless Total Station TCR 405 της Leica Station TCR 405 της Leica,

Συγκεκριμένα:

31/5 ταχυμετρία από τις στάσεις Σ1 και Σ2

1/6 ταχυμετρία από τις στάσεις Σ3 και Σ4

2/6 ταχυμετρία από τις στάσεις Σ5, Σ6, Σ7 και Σ8

3/6 ταχυμετρία από τις στάσεις Σ9, Σ13, Σ17 και Σ18

4/6 επανάληψη ταχυμετρίας από τις στάσεις Σ2, Σ3, Σ5 και Σ15

5/6 επανάληψη ταχυμετρίας από τις στάσεις Σ3, Σ4, Σ7, Σ8 και Σ14

- 6-10/6/2012 Εργασίες γραφείου
- 11-12-13-14/6/2012 Σάρωση του Ωδείου με χρήση Laser Scanner (*Scan Station 2 της Leica*) και παράλληλη ίδρυση νέων στάσεων με χρήση Ο.Γ.Σ., για τις ανάγκες της σάρωσης

- 15/6/2012 Κλείσιμο «τρυπών» για την οριζοντιογραφία με χρήση Reflecterless Total Station *TCR 405 της Leica*
Τοπομετρικός Έλεγχος
- 16-24/6/2012 Εργασίες Γραφείου
- 25-26-27/6/2012 Ολοκλήρωση της σάρωσης του Ωδείου
Σάρωση - Φωτογράφιση ψηφιδωτών και των μπροστινών Τοίχων

Συγκεκριμένα:

26/6 σάρωση από τις στάσεις Σ4, Σ42 , Σ43, Σ44, Σ45, Σ46 και Σ47

27/7 φωτογράφιση ψηφιδωτών

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ



Εικόνα 64: Μέτρηση χαρακτηριστικών σημείων στο δεύτερο ψηφιδωτό



Εικόνα 65: Φωτογράφιση ψηφιδωτού



Εικόνα 66: Μέτρηση ύψος οργάνου για τις ανάγκες τις αποτύπωσης

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ανάγνου Α,-Γεωργίου Μ.: **«Επίγειοι Τρισδιάστατοι Σαρωτές και Εφαρμογές τους»**, Πτυχιακή Εργασία, Τ.Ε.Ι. Αθήνας, Αθήνα 2012.
2. Arabatzi O, V Pagounis, M Tsakiri (2011) Experiences in cultural heritage documentation using modern geodetic techniques- Monuments at the Acropolis of Athens. In: *Proc. FIG Working Week*, 18-22 May, Morocco.
3. Αραμπατζή Ο.: **«Όργανα αποτύπωσης επιφανειών με σάρωση (Laser Scanner)» Προσωπικές Σημειώσεις.**
4. Αρχοντάκης Γ.: **«Γεωμετρική Τεκμηρίωση Ρωμαϊκού Ωδείου Πατρών-Δημιουργία 3D Μοντέλου»**, Διπλωματική Εργασία, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα 2012.
5. Boehler W., Bordas V., Marbs A., Απρίλιος 2004 **«Investigating Laser Scanner Accuracy»**, Germany.
6. Γατοπούλου Ευγενία: **«Αρχαίο Ωδείο Πατρών»**, Μελέτη - Πάτρα 1976
7. Γατοπούλου Ευγενία , **«Περίσσειμα καρδιάς-Οδοιπορικό μέσα από τα παλιά κελύφη»**, *Πρακτικά Τριημερίδας Τουρισμού*, Δήμος Πατρέων. Πάτρα 2000.
8. Γεωργόπουλος Α., Μπαλοδήμος Δ. : **«Σύγχρονες Τεχνολογίες στη Γεωμετρική Τεκμηρίωση Μνημείων»** - Παρουσίαση για τα 170 χρόνια του Πολυτεχνείου Ε.Μ.Π. - Δεκέμβριος 2007.
9. Γεωργόπουλος Α., Ιωαννίδης Χ.: **«Γεωμετρική Τεκμηρίωση Πολιτιστικών Αγαθών»**, Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας- Σ.Α.Τ.Μ-Ε.Μ.Π. - *Διήμερο Συνέδριο προσωπικού του Τμήματος Αναδασμού, ΚΕΓΕ Αγρού, 17-18/11/2008.*
10. Κολώννας Λάζαρος , **«Από το Ρωμαϊκό παρελθόν στη νεοκλασική Πάτρα, Ρωμαϊκό Ωδείο»**, Διεθνές Φεστιβάλ Πάτρας, Πάτρα 1986.
11. Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., 2010, **«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑ»**, Θεσσαλονίκη: εκδόσεις ΖΗΤΗ.
12. Μπαλοδήμος Δ. : **«Ειδικές Γεωδαιτικές Αποτυπώσεις»** Εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας , Σ.Α.Τ.Μ. , Ε.Μ.Π., Αθήνα 1993.

13. Μπαλοδήμος Δ. : «**Η Συμβολή της Γεωδαισίας και της Φωτογραμμετρίας στην Τεκμηρίωση και διατήρηση της πολιτιστικής μας κληρονομιάς- Μια πρόταση για την Ήπειρο**», 1ο Συνέδριο: Το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο για το Μέτσοβο, ΜΕΚΔΕ 2001.
14. Μπαλοδήμος Δ. , κ.α. : «**Σημειώσεις Τεχνικής Γεωδαισίας**», Εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας , Σ.Α.Τ.Μ. , Ε.Μ.Π., Αθήνα 2005.
15. Μπαλοδήμος Δ. - Σταθάς Δ. - Αραμπατζή Α. : «**ΓΕΩΔΑΙΣΙΑ: Δίκτυα-Αποτυπώσεις-Χαράξεις**», Εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας , Σ.Α.Τ.Μ. , Ε.Μ.Π., Αθήνα 2006.
16. Μπαμπουρδά Δ.: «**Γεωμετρική Τεκμηρίωση της Κρήνης της Καλλιρόης, στον αρχαιολογικό χώρο της Πνύκας**», Διπλωματική Εργασία, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα 2010.
17. Pagounis V, O Arabatzi, M Tsakiri, D Tsini (2010) *Geodetic technology for cultural heritage monitoring - the case study of Clepsydra at the Acropolis of Athens*, In: *Proc the 8th Intern, Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basic MONUBASIN*, May 31 - June 2, Patra, Greece.
18. Παραδείσης Δ. : «**Σημειώσεις Δορυφορικής Γεωδαισίας**» ,Τομέας Τοπογραφίας , Σ.Α.Τ.Μ. , Ε.Μ.Π. , Αθήνα 2000.
19. Σίσκας Βασίλειος, «**Χρήση Επίγειου Σαρωτή για την αποτύπωση Αρχαίου Πύργου στην Αγία Μαρίνα Κέας**», Διπλωματική Εργασία, Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π., Αθήνα 2012.
20. Συμεωνίδης Π. : «**Σαρωτές Laser - Τεχνολογία, Τεχνικές και Εφαρμογές**», Τμήμα Γεωπληροφορικής και Τοπογραφίας , Τ.Ε.Ι Σερρών , Σέρρες 2007.
21. Τριάντου Ε., «**Γεωμετρική τεκμηρίωση του Ι. Ν. Γέννησης του Χριστού - Διερεύνηση δυνατοτήτων του εικονογεωδαιτικού σταθμού GPT-7003i της TOPCON**», Διπλωματική Εργασία, Σ.Α.Τ.Μ., ΕΜΠ, Αθήνα 2009.

22. Τσούχλη Α.-Μπαμπαδήμα Ε. : «Η συμβολή της τρισδιάστατης σάρωσης στην αποτύπωση μνημείων - Εφαρμογή: Μνημείο Κλεψύδρας στη Βόρεια Κλιτύ της Ακρόπολης», Διπλωματική Εργασία, Τ.Ε.Ι. Αθήνας, Οκτώβριος 2008.

Διαδίκτυο

- www.leica-geosystems.com , Leica Geosystems
- www.metrica.gr , Metrica εταιρεία
- www.astrolabe.gr , Astrolabe εταιρεία
- www.geomatics.gr
- <http://geo.teiser.gr> , Τμήμα Γεωπληροφορικής και Τοπογραφίας
- <http://e-topo.web.auth.gr> , Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης,
Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών
- www.bing.com/maps
- el.wikipedia.org
- <http://www.e-patras.gr>
- <http://www.diazoma.gr> , Αρχαία Θέατρα
- <http://eneaportal.unile.it> , Ρωμαϊκό Ωδείο Πάτρας
- <http://www.elabs.dreamhosters.com>

