



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΙΔΡΥΜΑ – Τ.Ε.Ι. ΑΘΗΝΑΣ



ΔΙΑΖΩΜΑ

ΤΜΗΜΑ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ-ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ

Σωματείο ΔΙΑΖΩΜΑ

## Γεωμετρική τεκμηρίωση Αρχαίου θεάτρου Φθιωτίδων Θηβών με τη χρήση τρισδιάστατης σάρωσης.



ΑΙΓΑΛΕΩ 2012

**ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ:**

**Δρ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΠΑΓΟΥΝΗΣ**

Αναπληρωτής Καθηγητής Τ.Ε.Ι. Αθήνας

**Δρ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΑΝΔΡΙΤΣΑΝΟΣ**

Επίκουρος Καθηγητής Τ.Ε.Ι. Αθήνας

**ΙΩΑΝΝΗΣ ΔΙΚΑΙΟΥΛΙΑΣ**

Τοπογράφος Μηχανικός Τ.Ε.Ι. Αθήνας

**ΧΡΗΣΤΟΣ ΛΕΟΥΣΗΣ**

Τελειόφοιτος Τμήματος Τοπογραφίας Τ.Ε.Ι. Αθήνας

**ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΜΠΕΡΜΠΕΡΙΔΟΥ**

Αρχαιολόγος Α.Π.Θ.

Τελειόφοιτη Τμήματος Αρχιτεκτόνων Μηχανικών  
Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

# **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ .....	3
Πρόλογος .....	4
1. Εισαγωγή.....	4
2. Το Αρχαίο Θέατρο των Φθιωτιδών Θηβών.....	6
3. Γεωμετρική Τεκμηρίωση Αρχαίου Θεάτρου Φθιωτιδών Θηβών .....	8
3.1 Εγκατάσταση και μέτρηση του δικτύου ελέγχου.....	8
3.2 Τοπογραφική αποτύπωση.....	10
3.3 Επίγεια τρισδιάστατη σάρωση laser.....	11
3.4 Επεξεργασία – απόδοση γεωδαιτικών δεδομένων. ....	13
4. Συμπεράσματα .....	19
Βιβλιογραφικές αναφορές .....	21
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	22
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β .....	26

## **Πρόλογος.**

Η εργασία αυτή έχει ως βασικό στόχο την αξιολόγηση των διαφορετικών γεωδαιτικών τεχνικών αποτύπωσης μνημείων και συνόλων πολιτιστικής κληρονομιάς. Η εφαρμογή των συγκρίσεων αυτών από άποψη ακρίβειας και οικονομικότητας πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της συνεργασίας του Εργαστηρίου Γεωδαισίας - Τοπογραφίας του Τμήματος Τοπογραφίας του Τ.Ε.Ι. Αθήνας με το Μ.Κ. Σωματείο Διάζωμα.

Παράλληλα αναδεικνύεται η αξία των σύγχρονων τεχνικών αποτύπωσης, σήμερα που η ανάγκη δημιουργίας υψηλής ποιότητας προϊόντων είναι ιδιαίτερα μεγάλη για φορείς που έχουν ως αντικείμενο την προστασία και την ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς. Τέλος, διαπιστώνεται η συμβολή καινοτόμων ερευνητικών διαδικασιών των οποίων τα αποτελέσματα οδηγούν στην πολιτισμική, κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη.

### **1. Εισαγωγή.**

Η ολοκληρωμένη τεκμηρίωση της πολιτιστικής κληρονομιάς περιλαμβάνει την αποτύπωση, καταγραφή και μελέτη μνημείων. Τα μνημεία απειλούνται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, τη δομική αστάθεια, την αύξηση του τουρισμού και της ανάπτυξης. Παραδοσιακές μεθοδολογίες αποτύπωσης σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές ψηφιακής καταγραφής, όπως η επίγεια τρισδιάστατη σάρωση με laser παρέχουν εξαιρετικά χρήσιμα αποτελέσματα για την τεκμηρίωση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της πολιτιστικής κληρονομιάς.

Η τεκμηρίωση αυτή συντελεί όχι μόνο στην ακριβή αποτύπωση αυτών των χώρων και την προστασία τους από τη ραγδαία επιδείνωση αλλά και στη δημιουργία μιας ολοκληρωμένης βάσης δεδομένων στην οποία οι αρχαιολόγοι, οι συντηρητές και οι μηχανικοί μπορούν να στηριχθούν ώστε να ολοκληρώσουν τις απαραίτητες μελέτες, όπως εργασίες αποκατάστασης, συντήρησης και ανάδειξής τους. Επίσης, η ψηφιακή αποτύπωση των μνημείων και των αρχαιολογικών χώρων αποτελεί ένα

ακόμα εργαλείο ώστε να γίνεται εφικτή η προσβασιμότητα τους από ένα ευρύτερο κοινό μέσω του διαδικτύου.

Η συστηματική μελέτη και επέμβαση σε ένα μνημείο ή αρχαιολογικό χώρο απαιτεί ένα λεπτομερειακό υπόβαθρο αποτύπωσης – τεκμηρίωσης της γεωμετρίας και μορφής του. Η αποτύπωση των αρχαιολογικών χώρων είναι μια εργασία καθοριστικής σημασίας για κάθε μελέτη αρχαιολογική, ιστορική, αρχιτεκτονική, προστασίας, αποκατάστασης και ανάδειξής τους. Οι ιδιαίτερες συνθήκες που επικρατούν στους αρχαιολογικούς χώρους, όπου πολύ συχνά εμφανίζονται επιφάνειες με σύνθετη και πολύπλοκη μορφολογία, οφειλόμενες τόσο στην αρχιτεκτονική του μνημείου όσο και στην φθορά του, με συνέπεια τις πολύ απότομες διακυμάνσεις του ανάγλυφου (κατακόρυφα στοιχεία σε μικρές αποστάσεις, αποκρύψεις, φθαρμένες επιφάνειες κλπ), καθιστούν τις κλασσικές μεθόδους αποτύπωσης πολλές φορές χρονοβόρες και οικονομικά ασύμφωρες [1].

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να καταδείξει τις δυνατότητες καταγραφής και αποτύπωσης των σύγχρονων γεωδαιτικών τεχνικών σε ένα πρόσφατα ανασκαφέντος μνημείου, αυτό του Αρχαίου Θεάτρου Φθιωτίδων Θηβών [2].

Επιπλέον, των συμβατικών τεχνικών, η τεχνολογία της επίγεια τρισδιάστατης σάρωσης με λέιζερ χρησιμοποιήθηκε για την τεκμηρίωση και την τρισδιάστατη καταγραφή του μνημείου. Το κύριο πλεονέκτημα της επίγεια τρισδιάστατης σάρωσης είναι ο μεγάλος και πυκνός όγκος γεωμετρικών πληροφοριών ο οποίος παρέχεται μέσα σε ένα σύντομο χρονικό διάστημα με μορφή νεφών σημείων (point clouds) σε αντίθεση με τα επιλεγμένα σημεία που μετρούνται με τις συμβατικές τεχνικές αποτύπωσης. Επίσης, η επίγεια τρισδιάστατη σάρωση ως τεχνική είναι ιδανική για την παρακολούθηση των δομών, καθώς επιτρέπει να αποτυπωθεί η γεωμετρία του αντικειμένου (σχήμα, μέγεθος και διαστάσεις), ακόμη και όταν αυτό είναι απρόσιτο [3].

## 2. Το Αρχαίο Θέατρο των Φθιωτιδών Θηβών.

Το αρχαίο θέατρο των Φθιωτιδών Θηβών, η ανασκαφή του οποίου δεν έχει ολοκληρωθεί ακόμη, βρίσκεται στην ανατολική πλευρά της αρχαίας πόλης των Φθιωτιδών Θηβών, στο βόρειο φυσικό πρανές του λόφου «Κάστρο», ανατολικά του σημερινού χωριού Μικροθήβες και σε απόσταση 4 Km νότια από το σημερινό Δήμο Νέας Αγχιάλου και τον Παγασητικό κόλπο.



Εικόνα 1 Ευρύτερη περιοχή Αρχαίου Θεάτρου Φθιωτιδών Θηβών [4].



Εικόνα 2 Λεπτομέρεια θέσης του Αρχαίου Θεάτρου Φθιωτιδών Θηβών [5].

Το αρχαίο θέατρο των Φθιωτίδων Θηβών είναι Ελληνιστικό. Υπάρχει όμως και Ρωμαϊκή φάση, καθώς έγιναν μεγάλης κλίμακας επεμβάσεις για να μετατραπεί το Θέατρο σε Αρένα. Ίσως υπήρχε και παλαιότερη φάση του τέλους του 4ου αι. π.Χ., όπως υπαινίσσεται η παρουσία νομισμάτων, η στρωματογραφημένη κεραμική, καθώς και ένα τμήμα πώρινου κίονα.

Στην Ελληνιστική φάση ανήκουν: οι βαθμίδες των εδωλίων από ηφαιστειακό λίθο, οι οκτώ (8) κλίμακες ανόδου που χώριζαν το κυρίως θέατρο σε εννέα (9) κερκίδες, το πλακοστρωμένο διάζωμα και οι αναλημματικοί τοίχοι των παρόδων. Τα εδώλια έχουν ύψος 0.33m, μήκος 1.40m και πλάτος 0.60m.

Στη Ρωμαϊκή εποχή ανήκουν: το κτίριο της σκηνής που αποτελείται από τέσσερα (4) δωμάτια με υπόγειο, ένα διάδρομο ανάμεσά τους και το προσκήνιο με μια μνημειακή διώροφη κιονοστοιχία από κίονες με ιωνικά κιονόκρανα και βάσεις, τα παρασκήνια, η περιμετρική κάλυψη του αποχετευτικού αγωγού της ορχήστρας, το προστατευτικό στηθαίο γύρω από την ορχήστρα με εδώλια σε Β' χρήση, πάνω στα οποία ήταν στερεωμένα προστατευτικά κιγκλιδώματα και σκιάδια. Για να μετατραπεί το θέατρο σε αρένα, χρειάστηκε εκτός από τα προστατευτικά μέτρα, να διευρυνθεί η ορχήστρα, πράγμα που επιτεύχθηκε με την αφαίρεση μιας σειράς καθισμάτων, μάλλον των προεδρικών. Η Ελληνιστική ορχήστρα δεν ερευνήθηκε ανασκαφικά. Στο τέλος των Ρωμαϊκών χρόνων, στην Παλαιοχριστιανική περίοδο, πάνω στο θέατρο, έγινε μια μεταγενέστερη κατασκευή ενός μονόχωρου κτιρίου.

Με μέγιστη χωρητικότητα 3000 θεατών, το Θέατρο των Φθιωτίδων Θηβών, φιλοξενούσε παραστάσεις αρχαίου δράματος, μουσικούς αγώνες, και κατά τη Ρωμαϊκή Εποχή θηριομαχίες και αγώνες μονομάχων.

Η θέση του αρχαίου θεάτρου στο προανές του λόφου «Κάστρο» που εξασφάλιζε πολύ καλή ακουστική λειτουργία, σε συνδυασμό με την άπλετη θέα που αντίκριζαν οι θεατές στη «χώρα» της πόλης και το λιμάνι της –την Πύρασο– στον Παγασητικό κόλπο, καθώς και στο περίφημο Κρόκιο πεδίο, καθιστούν το οικοδόμημα βασικό

μάρτυρα της αισθητικής, της ευμάρειας και της δύναμης της «λαμπροτάτης πόλης» των Φθιωτίδων Θηβών [6].

Το Θέατρο των Φθιωτίδων Θηβών εντοπίστηκε και ερευνήθηκε το 1992 και το 1993 από την αρχαιολόγο Β. Αδρύμη-Σισμάνη, στο πλαίσιο έργου του Γενικού Επιτελείου Αεροπορίας, με βάση τις πληροφορίες των περιηγητών του 19ου αι. (W. Leake κ.α.), των πληροφοριών του F. Stählin και την εύρεση από τους Δ. Θεοχάρη και Γ. Χουρμουζιάδη (1970) μιας επιτύμβιας στήλης με την επιγραφή "ΒΑΚΧΙΟΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ" και ενός πήλινου τραγικού προσωπείου που θεωρήθηκαν ενδείξεις για την ύπαρξη καλλιτεχνικής ζωής στην πόλη των Φθιωτίδων Θηβών.

Η έρευνα στο χώρο του θεάτρου δεν έχει ολοκληρωθεί και φυσικά δεν έχουν γίνει αναστηλωτικές επεμβάσεις. Μόνο μια κεντρική τομή έγινε για να εντοπισθεί και να επιβεβαιωθεί η ύπαρξή του. Ζητούμενο της έρευνας σήμερα είναι η πλήρης αποκάλυψη του σημαντικού αυτού μνημείου, το οποίο εν συνεχεία χρήζει αναστηλωτικών έργων, με σκοπό να καταστεί επισκέψιμο στο κοινό, αλλά και να φιλοξενήσει παραστάσεις αρχαίου δράματος και άλλες καλλιτεχνικές εκδηλώσεις. Το γεγονός ότι το μνημείο έχει κατασκευαστεί εξ ολοκλήρου από ντόπιο ηφαιστειακό λίθο, ένα ιδιαίτερα ανθεκτικό υλικό το οποίο δεν έχει υποστεί λιθοθηρεία, ενδείκνυται για την μελλοντική αναστήλωση και εν συνεχεία χρήση του μνημείου, ως θεάτρου.

### **3. Γεωμετρική Τεκμηρίωση Αρχαίου Θεάτρου Φθιωτίδων Θηβών .**

#### **3.1 Εγκατάσταση και μέτρηση του δικτύου ελέγχου.**

Σύμφωνα με την γεωδαιτική μεθοδολογία, κατά την φάση σχεδιασμού επιδιώκεται η κατασκευή του βέλτιστου, ποιοτικά, δικτύου, δηλαδή η καλύτερη δυνατή προσαρμογή του σε αρχές όπως η ακρίβεια, η αξιοπιστία, και η οικονομία.



Αρχικά υλοποιήθηκε μόνιμα σημασμένο δίκτυο ελέγχου στον περιβάλλοντα χώρο του μνημείου, εξαρτημένο από το κρατικό δίκτυο συντεταγμένων (Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς – ΕΓΣΑ'87) [7].



**Εικόνα 3** Διάγραμμα κορυφών δικτύου ελέγχου (με κόκκινο χρώμα) και οι στάσεις του σαρωτή (με πορτοκαλί χρώμα).

Οι κορυφές του δικτύου ελέγχου σημάνθηκαν με ορειχάλκινα μπουλόνια μήκους 6 cm όπως φαίνεται στην Εικόνα 4 και πακτώθηκαν σε βάση οπλισμένου σκυροδέματος, όπως φαίνεται στο Παράρτημα Β.



**Εικόνα 4** Σήμανση κορυφής οριζοντιογραφικού δικτύου ελέγχου. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τα στοιχεία των κορυφών του δικτύου.

**Πίνακας 1** Κωδικοποίηση και ονομασία κορυφών οριζοντιογραφικού δικτύου ελέγχου.

<b>ΣΗΜΕΙΟ</b>	<b>ΟΝΟΜΑΣΙΑ</b>
73004 (Γ.Υ.Σ.)	ΚΑΣΤΡΟ
73500	ΑΠΟΘΗΚΗ
73501	ΑΝΩ ΔΙΑΖΩΜΑ

Η μέτρηση των βάσεων του δικτύου έγινε με την μέθοδο του σχετικού στατικού δορυφορικού εντοπισμού με την χρήση ζεύγους δεκτών GPS TOPCON HiPerPro (Παράρτημα Α). Η επίλυση των βάσεων του δικτύου πραγματοποιήθηκαν με εκ των υστέρων επεξεργασία (post-processing), χρησιμοποιώντας το λογισμικό Topcon Tools ver. 7.5.1, δεσμεύοντας την κορυφή 73004 (Γ.Υ.Σ.) ως σταθερή.

Οι τελικές συντεταγμένες των κορυφών του δικτύου, καθώς επίσης και οι ακρίβειες προσδιορισμού τους, φαίνονται στον Πίνακα 2.

**Πίνακας 2** Συντεταγμένες και ακρίβεια προσδιορισμού κορυφών δικτύου ελέγχου.

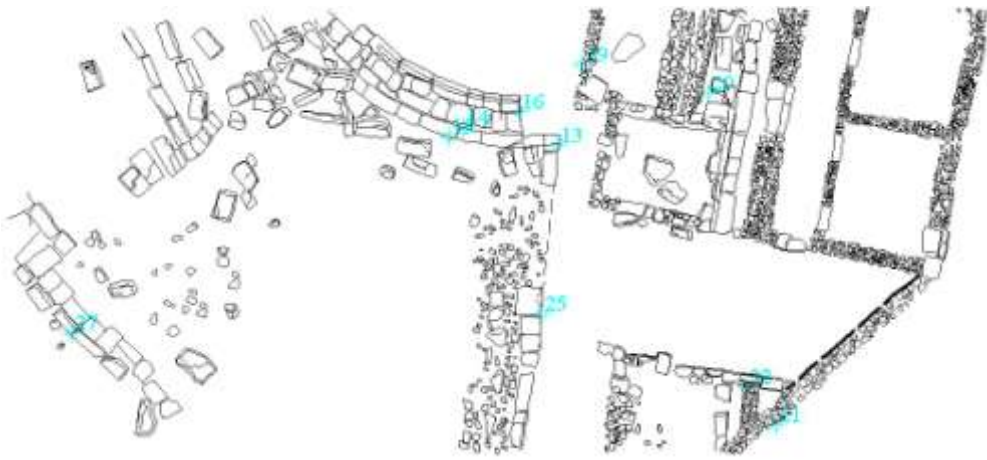
<b>ΣΗΜΕΙΟ</b>	<b>X (m)</b>	<b><math>\sigma_x</math>(cm)</b>	<b>Y (m)</b>	<b><math>\sigma_y</math>(cm)</b>	<b>H (m)</b>	<b><math>\sigma_H</math>(cm)</b>
73004	393062.942		4347541.642		187.278	
73500	393450.099	±0.7	4347336.938	±0.7	88.891	±0.8
73501	393416.737	±0.7	4347385.261	±0.7	96.378	±0.9

### **3.2 Τοπογραφική αποτύπωση.**

Για την ολοκληρωμένη τοπογραφική αποτύπωση του χώρου χρησιμοποιήθηκε η τεχνική του κινηματικού προσδιορισμού θέσης σε πραγματικό χρόνο (Real Time Kinematic – RTK) με τη βοήθεια δεκτών HiPerPro της εταιρείας Topcon. Η ακρίβεια προσδιορισμού θέσης με την τεχνική αυτή είναι  $\pm 10\text{mm} + 1\text{ppm}$ . Ειδικά, για τις διαστάσεις της περιοχής και λόγω της ύπαρξης γνωστών σημείων ελέγχου εντός του χώρου αποτύπωσης, η ακρίβεια της συγκεκριμένης τεχνικής προσεγγίζει το 1cm. Η παραπάνω τεχνική χρησιμοποιήθηκε και στην αποτύπωση συγκεκριμένων

εγκάρσιων τομών από το κέντρο της σκηνής του αρχαίου θεάτρου έως το άνω διάζωμά του.

Με τη χρήση του ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού Trimble S3 ακρίβειας μέτρησης γωνιών 5'' και αποστάσεων  $\pm 2\text{mm} + 1\text{ppm}$  (Παράρτημα Α) μετρήθηκαν δεκαέξι (16) σημεία ελέγχου. Τα σημεία επιλέχθηκαν έτσι ώστε να είναι κανονικά κατανεμημένα στο χώρο του αρχαίου θεάτρου και να καλύπτουν το σύνολό του. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η κατανομή των σημείων ελέγχου.



Εικόνα 5 Λεπτομέρεια σημείων ελέγχου.

### 3.3 Επίγεια τρισδιάστατη σάρωση laser.

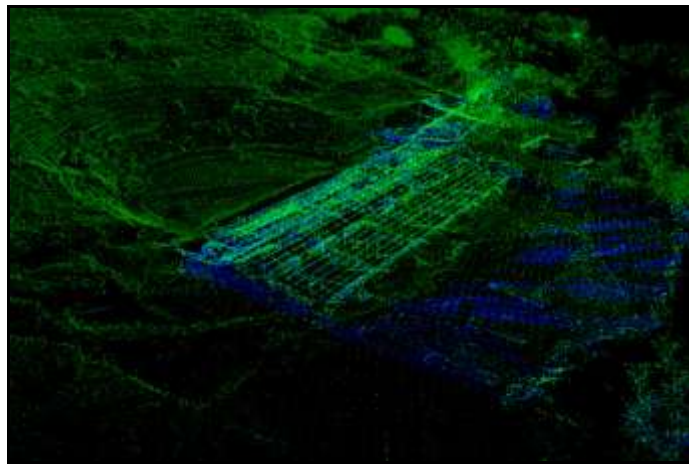
Προκειμένου για την αξιόπιστη απεικόνιση της γεωμετρικής μορφής του αρχαίου θεάτρου, δηλαδή για τη δημιουργία τρισδιάστατου μοντέλου (3D model) εφαρμόστηκε η τεχνική της επίγειας τρισδιάστατης σάρωσης του μνημείου (terrestrial 3D laser scanning). Η τρισδιάστατη σάρωση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του σαρωτή Leica ScanStation 2 (Παράρτημα Α).

Η συνένωση των επιμέρους σαρώσεων πραγματοποιήθηκε με την τεχνική της άμεσης γεωαναφοράς. Εικοσιτέσσερις (24) στάσεις χρησιμοποιήθηκαν για εικοσιοκτώ (28) σαρώσεις. Για τον προσανατολισμό των σαρώσεων χρησιμοποιήθηκε ειδικός σφαιρικός στόχος (special spherical target), όπως φαίνεται

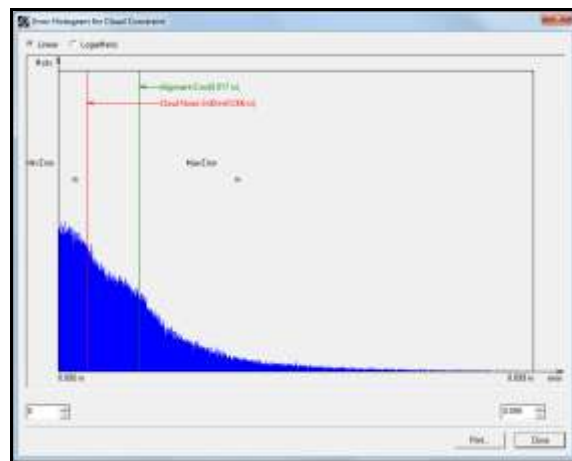
στην Εικόνα 9. Η ακρίβεια του μετασχηματισμού της άμεσης γεωαναφοράς διατηρήθηκε σε όλες τις σαρώσεις μικρότερη του 1cm.

Πλέον των παραπάνω σαρώσεων, πραγματοποιήθηκαν 4 σαρώσεις σε ανεξάρτητο σύστημα αναφοράς και η συνένωσή τους με το μοντέλο έγινε με τη χρήση ομόλογων σημείων.

Το σύνολο των σαρώσεων πραγματοποιήθηκε με βήμα 3mm και η απόσταση σαρωτή - αντικειμένου δεν ξεπερνούσε τα 15m (probe<15m). Το ποσοστό επικάλυψης των σαρώσεων ήταν μεγαλύτερο του 30% (Εικόνα 6).

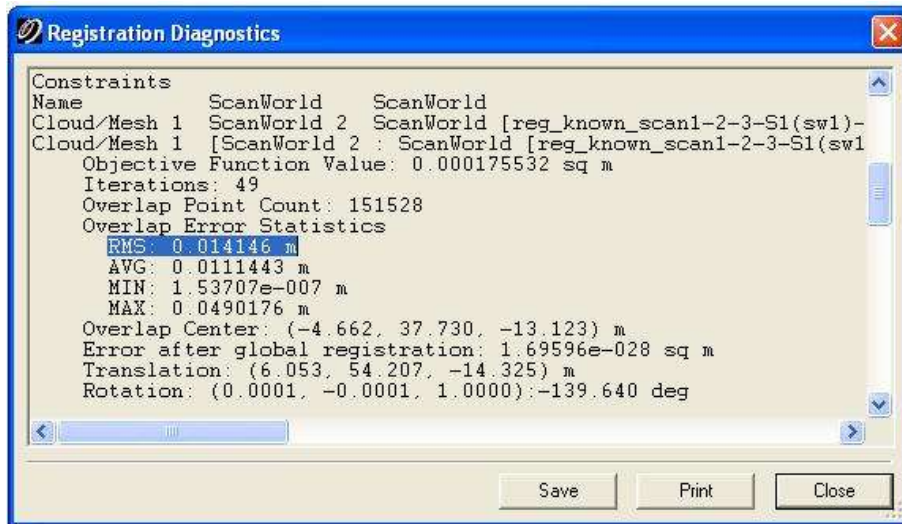


Εικόνα 6 Επικάλυψη σαρώσεων.



Εικόνα 7 Ιστόγραμμα σφάλματος ένωσης νεφών σημείων με τη χρήση cloud constraint.

Το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (RMS) του τελικού μοντέλου είναι 1.4cm (Εικόνα 8)



Εικόνα 8 Το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (RMS) του τελικού μοντέλου.

Για τις μετρήσεις και την επεξεργασία των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Leica Cyclone ver. 6.0.3.



Εικόνα 9 Ειδικός σφαιρικός στόχος.

### 3.4 Επεξεργασία – απόδοση γεωδαιτικών δεδομένων.

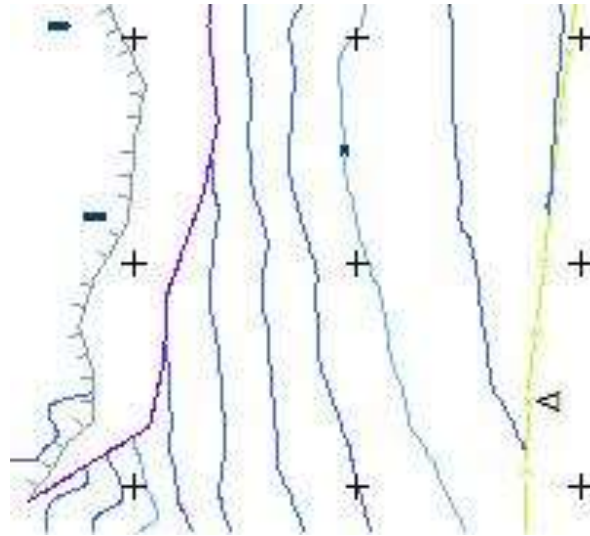
Αποδόθηκε και σχεδιάστηκε τοπογραφικό διάγραμμα κλίμακας 1:200. Αποδόθηκαν τα όρια του χώρου (όπως αυτά ορίζονταν από την περίφραξη του), τα χαρακτηριστικά σημεία αλλαγής του ανάγλυφου (πρανή και πόδι-φρούδι πρανούς,

υψομετρικά σημεία) καθώς και τα βασικά περιγράμματα δομών. Η απόδοση του τοπογραφικού διαγράμματος έγινε στο κρατικό σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ'87. Τα θεματικά επίπεδα (layers) που χρησιμοποιήθηκαν φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

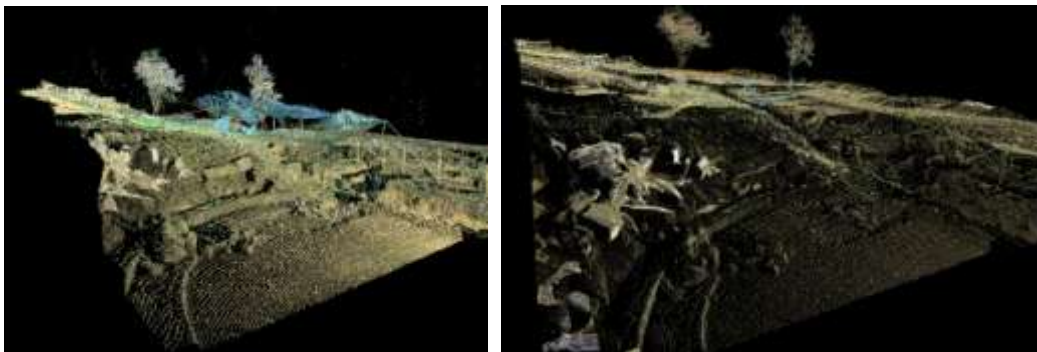
**Πίνακας 3** Θεματικά επίπεδα (layers) τοπογραφικού διαγράμματος.

<b>Default</b>	Λεπτομέρειες εδάφους αρχαίου θεάτρου.
<b>Γραφικό</b>	Υπόδειξη θέσης θεάτρου.
<b>Ισοϋψείς</b>	Λεπτομέρειες ισοϋψών καμπυλών θεάτρου.
<b>Κάνναβος</b>	Αναπαράσταση καννάβου.
<b>Κείμενο</b>	Αλφαριθμητικά δεδομένα διαγράμματος.
<b>Κύριες Ισοϋψείς</b>	Λεπτομέρειες κύριων ισοϋψών καμπυλών θεάτρου.
<b>Λίθοι</b>	Λεπτομέρεια λίθων αρχαίου θεάτρου.
<b>Όριο</b>	Λεπτομέρειες ορίου θεάτρου.
<b>Περίφραξη</b>	Λεπτομέρειες περίφραξης θεάτρου.
<b>Πόδι</b>	Λεπτομέρειες κάτω εδάφους θεάτρου.
<b>Φρύδι</b>	Λεπτομέρειες άνω εδάφους θεάτρου.
<b>Σημεία</b>	Δεδομένα σημείων διαγράμματος.
<b>Στάσεις</b>	Δεδομένα στάσεων διαγράμματος.
<b>Τριγωνομετρικά</b>	Σημεία εξάρτησης.
<b>Υψόμετρα</b>	Τιμές υψόμετρων.
<b>Υπόμνημα</b>	Δεδομένα υπομνήματος διαγράμματος.

Για την απόδοση των διαγραμμάτων τεκμηρίωσης από το τελικό τρισδιάστατο μοντέλο (νέφος σημείων) αφαιρέθηκε η περιττή πληροφορία με ημιαυτόματη τεχνική. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται απόσπασμα από το αρχικό νέφος σημείων και αυτό μετά την αφαίρεση της περιττής πληροφορίας (θορύβου).



**Εικόνα 10** Λεπτομέρεια τοπογραφικού διαγράμματος αρχαίου θεάτρου.



(α)

(β)

**Εικόνα 11** Αρχικό νέφος σημείων (α), νέφος σημείων χωρίς «θόρυβο» (β).

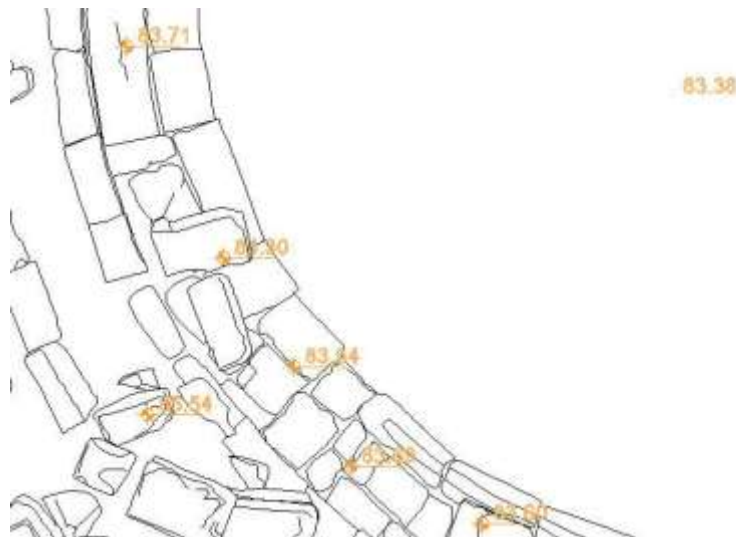
Με τη χρήση του ειδικού λογισμικού Leica CloudWorx ver. 4.0 (περιβάλλον CAD) πραγματοποιήθηκε η σχεδίαση των διαγραμμάτων τεκμηρίωσης (κάτοψη και τομές).

Δημιουργήθηκε σχέδιο γενικής κάτοψης του αρχαίου θεάτρου σε κλίμακα 1:100. Η απόδοση της κάτοψης του χώρου έγινε στο κρατικό σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ'87 ενώ οι στάθμες αναφέρονται στο κρατικό υψομετρικό δίκτυο ελέγχου [8]. Στην εικόνα που ακολουθεί (Εικόνα 12) φαίνεται λεπτομέρεια από την κάτοψη του αρχαίου θεάτρου.

Για την κάτοψη του αρχαίου θεάτρου δημιουργήθηκαν θεματικά επίπεδα (layers), τα οποία φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 4** Θεματικά επίπεδα (layers) διαγράμματος κάτοψης.

<b>Λίθοι</b>	Διανυσματικά δεδομένα των λίθων του αρχαίου θεάτρου.
<b>Κάνναβος</b>	Κάνναβος διαγράμματος.
<b>Κείμενο</b>	Αλφαριθμητικά δεδομένα διαγράμματος.
<b>Στάθμες</b>	Σύμβολα σταθμών υψομέτρων.
<b>Υπόμνημα</b>	Αλφαριθμητικά δεδομένα υπομνήματος διαγράμματος.



**Εικόνα 12** Λεπτομέρεια κάτοψης αρχαίου θεάτρου.

Η ερευνητική ομάδα του Εργαστηρίου Γεωδαισίας-Τοπογραφίας του Τ.Ε.Ι. Αθήνας σε συνεργασία με τους μελετητές (αρχιτέκτονες μηχανικούς και πολιτικό μηχανικό) του αρχαίου θεάτρου όρισαν τα συστήματα αναφοράς για το μετασχηματισμό του μοντέλου ώστε να αποδοθούν τα σχέδια τεκμηρίωσης των τομών.

Ορίστηκαν τέσσερα (4) νέα τρισδιάστατα συστήματα συντεταγμένων. Αρχή και των τεσσάρων είναι το κέντρο της ορχήστρας ενώ ο άξονας (OX) για το πρώτο ορίζεται



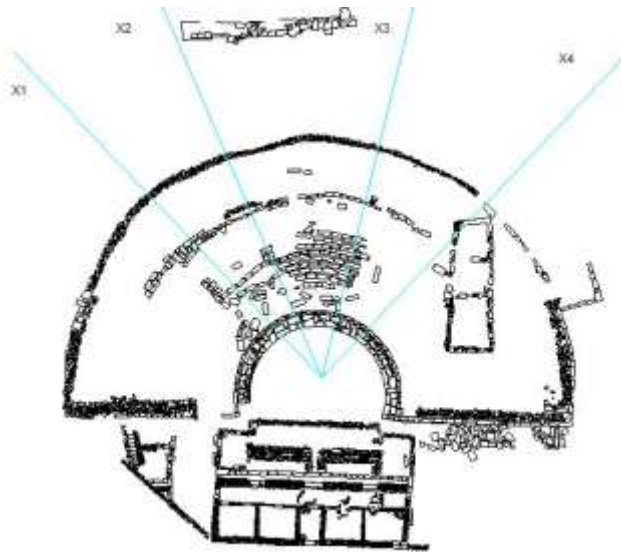
στη διεύθυνση κέντρο ορχήστρας-κλίμακα κερκίδων 1, για το δεύτερο κέντρο ορχήστρας-κλίμακα κερκίδων 2, για το τρίτο κέντρο ορχήστρας-κλίμακα κερκίδων 3 και τέλος για το τέταρτο κέντρο ορχήστρας-κλίμακα κερκίδων 4. Ο άξονας (OY) είναι κάθετος στον (OX) και ο άξονας (OZ) ταυτίζεται με τη διεύθυνση της κατακορύφου. Υψομετρική αφετηρία και για τα τέσσερα (4) συστήματα αναφοράς είναι λίθος στη θεμελίωση του τοίχου του προσκηνίου βόρεια του άξονα του θεάτρου. Τα νέα συστήματα αναφοράς και η στάθμη αναφοράς φαίνονται στις παρακάτω εικόνες. Ο μετασχηματισμός των συντεταγμένων πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τις παρακάτω εξισώσεις [9]:

$$X' = x \cos G - y \sin G$$

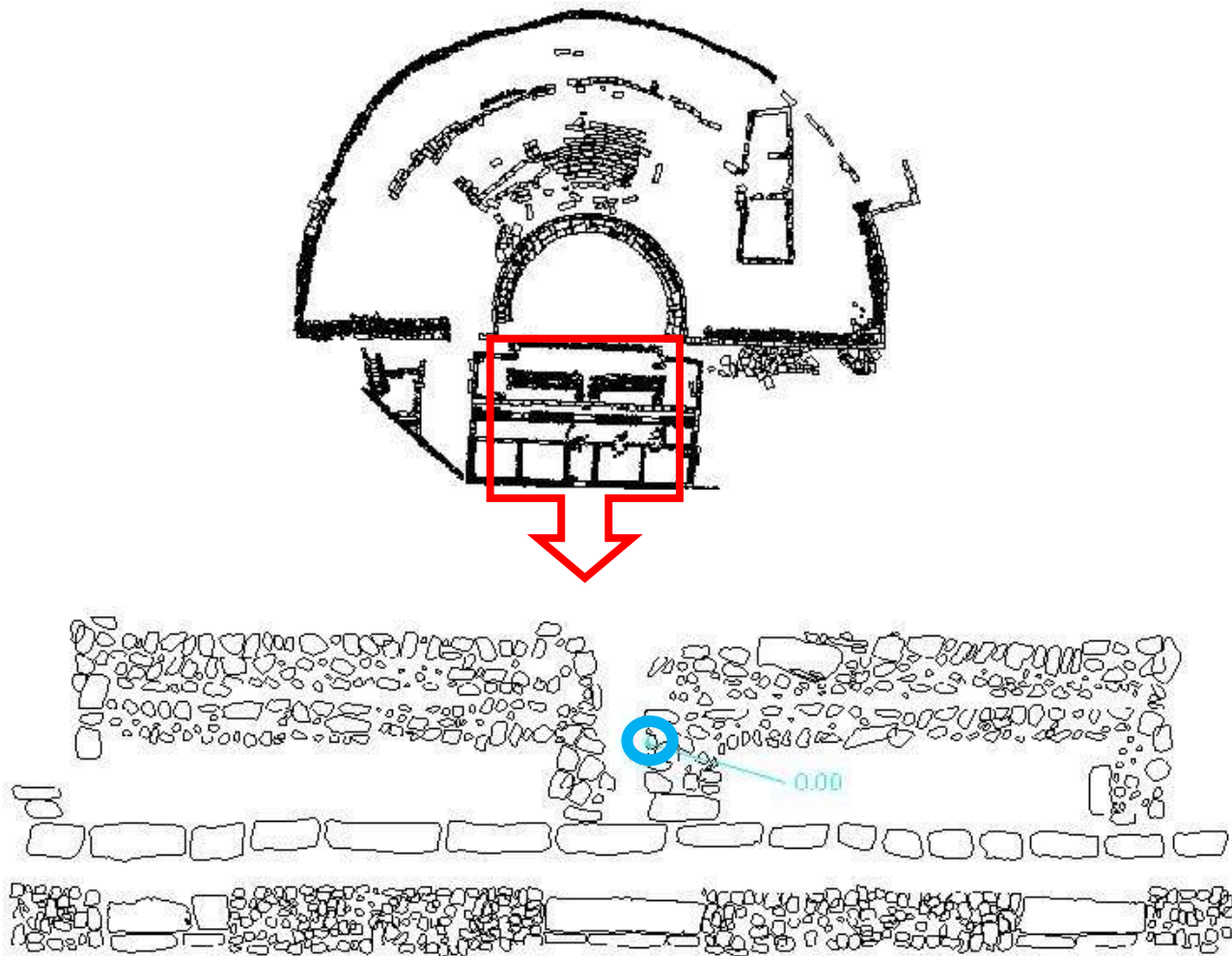
$$Y' = x \sin G - y \cos G$$

(1)

$$Z' = H - H_{\text{λίθου αναφοράς}}$$



**Εικόνα 13** Συστήματα αναφοράς για τη δημιουργία διατομών στο αρχαίο θέατρο.

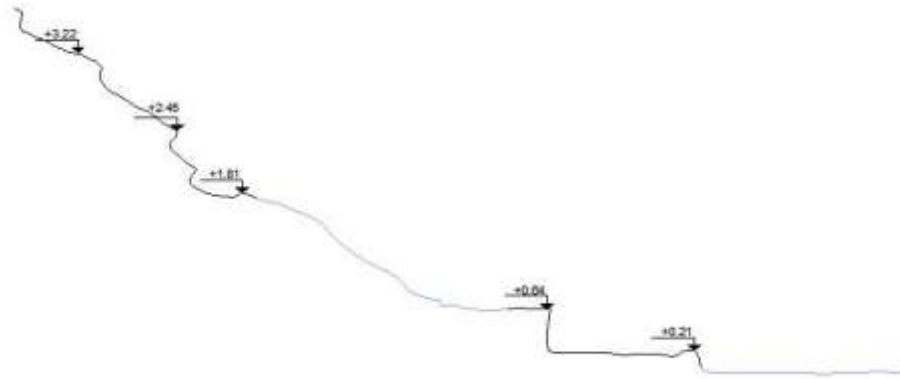


**Εικόνα 14** Υψομετρική αφετηρία για τα σχέδια τεκμηρίωσης διατομών του αρχαίου θεάτρου.

Σε κάθε διάγραμμα διατομών του αρχαίου θεάτρου δημιουργήθηκαν θεματικά επίπεδα (layers) τα οποία φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

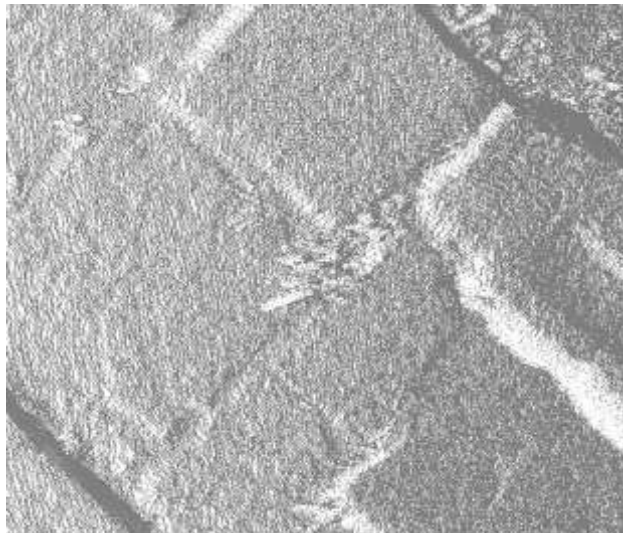
**Πίνακας 5** Θεματικά επίπεδα (layers) διαγραμμάτων διατομών.

<b>Έδαφος</b>	Λεπτομέρειες εδάφους αρχαίου θεάτρου.
<b>Κείμενο</b>	Αλφαριθμητικά δεδομένα διαγράμματος.
<b>Τομή</b>	Λεπτομέρειες διατομών λίθων αρχαίου θεάτρου.
<b>Υπόμνημα</b>	Δεδομένα υπομνήματος διαγράμματος.



**Εικόνα 15** Λεπτομέρεια διαγράμματος διατομών του αρχαίου θεάτρου.

Τέλος, δημιουργήθηκαν τρισδιάστατα ψηφιακά αρχεία του νέφους σημείων σε μορφή dxf με σκοπό την εξειδικευμένη απόδοση λεπτομερειών του αρχαίου θεάτρου από τους μελετητές αρχιτέκτονες μηχανικούς.



**Εικόνα 16** Λεπτομέρεια αρχείου μορφής dxf του αρχαίου θεάτρου.

#### **4. Συμπεράσματα**

Η γεωμετρική τεκμηρίωση του Αρχαίου Θεάτρου των Φθιωτιδών Θηβών στηρίχθηκε σε σύγχρονες γεωδαιτικές τεχνολογίες αποτύπωσης, οι οποίες οδηγούν σε

αποτελέσματα ποιοτικά, τόσο ως προς την απόλυτη ακρίβεια της θέσης, όσο και ως προς την πιστότητα του τελικού προϊόντος.

Η εξωτερική ακρίβεια του τελικού προϊόντος υπολογίστηκε σε 1.48cm (διαφορές συντεταγμένων σημείων ελέγχου από το νέφος σημείων με αυτές από το γεωδαιτικό προσδιορισμό). Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι διαφορές των σημείων ελέγχου από τις συντεταγμένες του νέφους σημείων.

**Πίνακας 6** Διαφορές συντεταγμένων των σημείων ελέγχου.

<i>Point_id</i>	<i>DX(m)</i>	<i>DY(m)</i>	<i>DH(m)</i>
6	-0.011	-0.007	-0.009
8	0.009	0.010	0.009
13	0.017	0.021	0.023
14	-0.022	-0.009	-0.008
15	0.011	0.018	0.013
16	-0.012	0.006	-0.023
19	0.017	0.017	0.023
20	0.017	0.021	0.012
21	0.018	0.012	0.022
22	-0.014	0.009	-0.011
25	0.021	0.017	0.022
26	0.023	0.029	0.029
27	-0.017	-0.009	-0.009
28	0.024	0.021	0.028
29	0.027	0.014	0.016
30	0.013	-0.009	-0.012
<b><i>M.O ΔΙΑΦΟΡΩΝ(m)</i></b>	0.008	0.010	0.008
<b>ΜΕΣΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ (RMS) = 0,0148 m</b>			

Το ερευνητικό αυτό πρόγραμμα έδειξε ότι η επίγεια τρισδιάστατη σάρωση Laser είναι μια αξιόπιστη τεχνική για την ολοκληρωμένη τεκμηρίωση μνημείων και συνόλων πολιτιστικής κληρονομιάς που επιτρέπει την απόκτηση της γεωμετρίας του αντικειμένου εύκολα, ανεξάρτητα από την προσβασιμότητα του. Η δυνατότητα απόκτησης πυκνής γεωμετρικής πληροφορίας από τη σάρωση επιτρέπει την ανάλυση μέσα από μια σειρά διαφορετικών τεχνικών και προσεγγίσεων.

Τα παραχθέντα υπόβαθρα και τα ψηφιακά αρχεία των μετρήσεων αποτελούν μία ολοκληρωμένη τεκμηρίωση του μνημείου από γεωμετρικής άποψης, αφού

συνδυάζουν την υψηλή μετρητική ποιότητα των δορυφορικών παρατηρήσεων με την κορυφαία διακριτική ικανότητα των επίγειων τεχνικών.

### **Ευχαριστίες.**

Η ερευνητική ομάδα ευχαριστεί την κ. Β. Αδρύμη-Σισμάνη -Δρ. Αρχαιολόγο-, τη Διευθύντρια του Αρχαιολογικού Ινστιτούτου Θεσσαλικών Σπουδών κ. Ε. Νικολάου – Αρχαιολόγο- καθώς και το προσωπικό του για την πολύτιμη βοήθειά τους στο πλαίσιο της διεξαγωγής των μετρήσεων.

### **Βιβλιογραφικές αναφορές**

[1] Pagounis V., Arabatzi O., Tsakiri M., Tsini D., 2010. Geodetic technology for cultural heritage monitoring - the case study of Klepsydra at the Acropolis of Athens. In Proc. Of the 8th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin, Patra, Greece.

[2] Αδρύμη-Σισμάνη, Β., 1991. Νεότερες έρευνες στις αρχαίες Φθιώτιδες Θήβες. Αρχαιοφθιωτικά Πρακτικά του Β' Συνεδρίου Αλμυριώτικων Σπουδών. 3-4 Ιουνίου 1995, Αλμυρός 1997, 121-135.

[3] Arabatzi O., Pagounis V., Tsakiri M., 2011. Experiences from Cultural Heritage Documentation Using Modern Geodetic Techniques - Monuments at the Acropolis of Athens. In Proc. Of FIG Working Week 2011, Bridging the Gap between Cultures, Marrakech, Morocco.

[4] Google Earth.

[5] Κτηματολόγιο ΑΕ.

[6] Leake W. M., 1835. Travels in Northern Greece IV. p. 362.

[7] ΟΚΧΕ, 1987. Το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς, έκδοση ΟΚΧΕ, Αθήνα.

[8] Μυλωνά - Καστρογιάννη, Ε., 1990. Το χωροσταθμικό δίκτυο 1<sup>ης</sup> τάξεως στο Ελληνικό χώρο (Συνόρθωση και Υπολογισμός). Δελτίο ΓΥΣ, Τεύχος 138, 27-30.

[9] Βλάχος, Δ., 1987. Τοπογραφία – Τόμος Β'. Θεσσαλονίκη, 211-213.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

## ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ GPS TOPCON HIPER PRO

<b>Description</b>	40 channel integrated GPS receiver/antenna with MINTER interface.
<b>Tracking Specifications</b>	
Tracking Channels	standard: 40 L1 GPS (20 GPS L1+L2 on Cinderella* days) optional: 20 GPS L1+L2 (GD), GPS L1+GLONASS (GG), 20 GPS L1+L2+GLONASS (GGD)
Signals Tracked	L1/L2 C/A and P Code & Carrier and GLONASS
<b>Performance Specifications</b>	
Static, Rapid Static	Horizontal: 3mm+ 0.5ppm (x baseline length) Vertical: 5mm+ 0.5ppm (x baseline length)
RTK	Horizontal: 10mm+ 1.0ppm Vertical: 15mm+ 1.0ppm
<b>Power Specifications</b>	
Battery	Internal Lithium-Ion batteries plus 1 external power port
Operating Time	14+ hours (10 hrs TX)
External power input	6 to 28 volts DC
Power consumption	Less than 4.2 watts
<b>Environmental Specifications</b>	
Enclosure	Aluminum extrusion, waterproof
Operating Temperature	-30°C to 60°C / -22°F to 140° F
Dimensions	W: 159 x H: 172 x D: 88 mm (6.25" x 6.75" x 3.5")
Weight	1.65 kg / 3.64 lbs

## ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΣ ΣΑΡΩΤΗΣ LEICA SCANSTATION 2

<b>General</b>		<b>Electrical</b>	
<b>Instrument type</b>	Pulsed, dual-axis compensated, very-high speed laser scanner, with survey-grade accuracy, range, and field-of-view	<b>Power supply</b>	36 V; AC or DC; hot swappable; two (2) Power Supply units provided with system
<b>User interface</b>	Notebook or Tablet PC	<b>Power consumption</b>	<80W avg.
<b>Scanner drive</b>	Servo motor	<b>Battery type</b>	Sealed lead acid
<b>Camera</b>	Integrated high-resolution digital camera	<b>Power ports</b>	Two (2) simultaneous use, hot swappable
<b>System Performance</b>		<b>Typical duration</b>	>6 hours, typical continuous use (room temp.)
<b>Accuracy of single measurement</b>		<b>Power status indicators</b>	Five (5) LEDs indicate charging status and power levels
<b>Position*</b>	6 mm	<b>Environmental</b>	
<b>Distance*</b>	4 mm	<b>Operating temp.</b>	0° C to +40° C
<b>Angle (horizontal/vertical)</b>	60 µrad/60 µrad, one sigma	<b>Storage temp.</b>	-25° C to +65° C
<b>Modeled surface precision**/noise</b>	2 mm, one sigma	<b>Lighting</b>	Fully operational between bright sunlight and complete darkness
<b>Target acquisition***</b>	2 mm std. deviation	<b>Humidity</b>	Non-condensing
<b>Dual-axis compensator</b>	Selectable on/off Resolution 1", dynamic range +/- 5'	<b>Shock</b>	40 G's (max. to scanner transport case)
<b>Data integrity monitoring</b>	Periodic self-check during operation and startup	<b>Dust/humidity</b>	IP52 (IEC 60529)
<b>Laser Scanning System</b>		<b>Physical</b>	
<b>Type</b>	Pulsed; proprietary microchip	<b>Scanner</b>	
<b>Color</b>	Green	<b>Dimensions</b>	10.5" D x 14.5" W x 20" H 265 mm x 370 mm x 510 mm w/o handle and table stand
<b>Laser Class</b>	3R (IEC 60825-1)	<b>Weight</b>	18.5 kg, nominal
<b>Range</b>	300 m @ 90%; 134 m @ 18% albedo	<b>Power Supply Unit</b>	
<b>Scan rate</b>	Up to 50,000 points/sec, maximum instantaneous rate Average: dependent on specific scan density and field-of-view	<b>Dimensions</b>	6.5" D x 9.25" W x 8.5" H 165 mm x 236 mm x 215 mm w/o handles
<b>Scan resolution</b>		<b>Weight</b>	12 kg, nominal
<b>Spot size</b>	From 0 - 50 m: 4 mm (FWHH - based); 6mm (Gaussian - based)	<b>Standard Accessories included</b>	
<b>Selectability</b>	Independently, fully selectable vertical and horizontal point-to-point measurement spacing <sup>1</sup>	Scanner transport case	
<b>Point spacing</b>	Fully selectable horizontal and vertical; <1 mm minimum spacing, through full range <sup>1</sup> ; single point dwell capability	Tribrach (Leica Professional Series)	
<b>Maximum sample density</b>	<1 mm <sup>2</sup>	Survey tripod	
<b>Field-of-view (per scan)</b>		Ethernet cable for connection of scanner to notebook PC	
<b>Horizontal</b>	360° (maximum) <sup>1</sup>	Two Power Supply cases. Each includes:	
<b>Vertical</b>	270° (maximum) <sup>1</sup>	Power Supply	
<b>Aiming/Sighting</b>	Optical sighting using QuickScan™ button	Cable for battery connection to scanner	
<b>Scanning Optics</b>	Single mirror, panoramic, front and upper window design Environmentally protected by housing and two glass shields	Power Supply charger	
<b>Scan motors</b>	Direct drive, brushless	User manual	
<b>Data &amp; power transfer to/from rotating turret</b>	Contact-free: optical data link and inductive power transfer	Cleaning kit	
<b>Communications</b>	Static Internet Protocol (IP) Address	Cyclone™-SCAN software	
<b>Integrated color digital imaging</b>	User-defined pixel resolution: Low, Medium, High <sup>1</sup> Single 24° x 24° image: 1024 x 1024 pixels (1 megapixel) @ "High" setting Full 360° x 270° dome: 111 images, approx. 64 megapixels, automatically spatially rectified	<b>Hardware Options</b>	
<b>Status Indicators</b>	3 LEDs (on stationary base) indicate system ready, laser "on", and communications status	Notebook PC	
<b>Level indicator</b>	External bubble and via laptop	Tablet PC	
		HDS scan targets and target accessories	
		Service agreement for Leica ScanStation 2	
		Extended warranty for Leica ScanStation 2	
		<b>Notebook PC for Scanning<sup>1</sup></b>	
		<b>Component</b>	<b>required (minimum)</b>
		Processor	1.4 GHz Pentium M or similar
		RAM	512 MB SDRAM
		Network card	Ethernet
		Display	SXGA+
		Operating system	Windows XP (SP1 or higher) Windows 2000 (SP2 or higher)
		<b>Cyclone-SCAN</b>	
		Independent vertical and horizontal scan density <sup>1</sup>	
		Scan filters: range, intensity <sup>1</sup>	
		Selection of scan area via scribed rectangle or pre-sets <sup>1</sup>	
		Atmospheric correction	
		Customizable longitude/latitude grid lines	
		Targeted, single-shot pre-scan ranging <sup>1</sup>	
		Script management for auto scan sequencing <sup>1</sup>	



# ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΣ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ TRIMBLE S3

**PERFORMANCE**

Angle measurement  
 Accuracy (Standard deviation based on DIN 18723) ..... 2" (0.6 mgon)  
 ..... 5" (1.5 mgon)

Angle reading (least count)  
 Standard ..... 1" (0.3 mgon)  
 Tracking ..... 2" (0.6 mgon)  
 Averaged observations ..... 0.1" (0.03 mgon)

Automatic level compensator  
 Type ..... Centered dual-axis  
 Accuracy ..... 0.5" (0.15 mgon)  
 Range ..... 5' ( $\pm 100$  mgon)

Distance measurement  
 Accuracy (RMSE)  
 Prism mode  
 Standard ..... 2 mm + 2 ppm (0.0065 ft + 2 ppm)  
 Standard deviation according  
 to ISO17123-4 ..... 1.5 mm + 2 ppm (0.0049 ft + 2 ppm)  
 Tracking ..... 5 mm + 2 ppm (0.016 ft + 2 ppm)  
 DR mode  
 Standard measurement ..... 3 mm + 2 ppm (0.01 ft + 2 ppm)  
 Tracking ..... 10 mm + 2 ppm (0.032 ft + 2 ppm)

Measuring time  
 Prism mode  
 Standard ..... 2 sec  
 Tracking ..... 0.4 sec  
 DR mode  
 Standard ..... 3–15 sec  
 Tracking ..... 0.4 sec

Range (under standard clear conditions<sup>1,2</sup>)  
 Prism mode  
 1 prism ..... 2,500 m (8,202 ft)  
 3 prism ..... 5,000 m (16,404 ft)  
 Shortest possible range ..... 1.5 m (4.92 ft)

DR mode

	Good	Normal	Difficult
White Card (90% reflective) <sup>3</sup>	>400 m (>1,312 ft)	400 m (1,312 ft)	200 m (656 ft)
Gray Card (18% reflective) <sup>3</sup>	>250 m (>820 ft)	250 m (820 ft)	150 m (492 ft)

Reflective foil 20 mm ..... >200 m (656 ft)  
 Reflective foil 60 mm ..... >500 m (1,640 ft)  
 Shortest possible range ..... 1.5 m (4.9 ft)

**EDM SPECIFICATIONS**

Light source ..... Laser diode 660 nm; Laser class 1 in Prism mode,  
 Laser class 3R in DR mode

Laser pointer coaxial (standard) ..... Laser class 3R

Beam divergence Prism mode  
 Horizontal ..... 4 cm/100 m (0.13 ft/328 ft)  
 Vertical ..... 4 cm/100 m (0.13 ft/328 ft)

Beam divergence DR mode  
 Horizontal ..... 2 cm/50 m (0.066 ft/164 ft)  
 Vertical ..... 2 cm/50 m (0.066 ft/164 ft)

Atmospheric correction ..... -130 ppm to 160 ppm continuously

**GENERAL SPECIFICATIONS**

Leveling  
 Circular level in tribrach ..... 8/2 mm (8/0.007 ft)  
 Electronic 2-axis level in the LC-display  
 with a resolution of ..... 0.3" (0.1 mgon)

Servo system ..... MagDrive servo technology, integrated  
 servo/angle sensor electromagnetic direct drive

Rotation speed ..... 86 degrees/sec  
 Rotation time Face 1 to Face 2 ..... 3.2 sec  
 Positioning speed ..... 3.2 sec

Clamps and slow motions ..... Servo-driven, endless fine adjustment

Centering  
 Centering system ..... Trimble 3-pin  
 Optical plummet ..... In Tribrach  
 Magnification/shortest  
 focusing distance ..... 2.3x/0.5 m to infinity (1.6 ft to infinity)

Telescope  
 Magnification ..... 30x  
 Aperture ..... 40 mm (1.57 in)  
 Field of view at 100 m (328 ft) ..... 2.6 m at 100 m (8.5 ft at 328 ft)  
 Shortest focusing distance ..... 1.5 m (4.92 ft to infinity)  
 Illuminated crosshair ..... Variable (10 steps)  
 Tracklight built in ..... Standard

Operating temperature ..... -20 °C to +50 °C (-4 °F to +122 °F)  
 Dust and water proofing ..... IP55  
 Humidity ..... 100% condensing

Power supply  
 Internal battery ..... Rechargeable Li-Ion battery 11.1 V, 4.4 Ah  
 Operating time<sup>4</sup>  
 One internal battery ..... Approx. 6 hours

Weight  
 Instrument (Servo & Autolock) ..... 5.6 kg (12.35 lb)  
 Instrument (Robotic) ..... 5.25 kg (11.57 lb)  
 Tribrach ..... 0.7 kg (1.54 lb)  
 Internal battery ..... 0.35 kg (0.77 lb)  
 Trunnion axis height ..... 196 mm (7.71 in)  
 Communication ..... USB, Serial

**ROBOTIC SURVEYING**

Robotic Range<sup>2</sup>  
 Passive prisms (Active prisms optional) ..... 300–500 m (984–1,640 ft)  
 Shortest search distance ..... 0.2 m (0.65 ft)  
 Type of radio internal/external ..... 2.4 GHz frequency-hopping,  
 spread-spectrum radios

Search time (typical)<sup>5</sup> ..... 2–10 sec

**SERVO & AUTOLOCK CONTROL PANEL**

Display ..... QVGA, 16 bit color, TFT LCD, backlit (320x240 pixel)

Keyboard ..... 19-key alpha-numeric + 4-way arrow key,  
 dedicated navigation and instrument control key(s)

Audio ..... Integrated speaker for audio systems events,  
 warnings and notifications

Operating system ..... Windows Embedded CE 6.0

Memory ..... 128 MB SDRAM, 128 MB Flash Memory

Processor ..... 624 MHz Marvell ARM920T-PXA300 CPU

1 Standard clear: No haze. Overcast or moderate sunlight with very light  
 heat shimmer.  
 2 Range and accuracy depend on atmospheric conditions, size of prisms  
 and background radiation.  
 3 Kodak Gray Card, Catalog number E1527795.  
 4 The capacity in -20 °C (-5 °F) is 75% of the capacity at +20 °C (68 °F).  
 5 Dependent on selected size of search window.

© 2008–2012, Trimble Navigation Limited. All rights reserved. Trimble, the Globe & Triangle logo, and TSC3 are  
 trademarks of Trimble Navigation Limited registered in the United States and in other countries. Access, Integrated  
 Surveying, MagDrive, Survey Manager, and Trimble Survey Controller are trademarks of Trimble Navigation Limited. All  
 other trademarks are the property of their respective owners. PN 022543-99/8 (01/12)

LASER SAFETY  
 CLASS II LASER PRODUCT  
 Eye Protection Required  
 Do Not Stare Into Beam  
 Do Not Reflect Beam  
 Do Not Point Beam at Others  
 Do Not Shine Beam at Animals  
 Do Not Shine Beam at Aircraft  
 Do Not Shine Beam at Watercraft  
 Do Not Shine Beam at People  
 Do Not Shine Beam at Sensitive Equipment  
 Do Not Shine Beam at Sensitive Materials  
 Do Not Shine Beam at Sensitive Structures  
 Do Not Shine Beam at Sensitive Surfaces  
 Do Not Shine Beam at Sensitive Targets  
 Do Not Shine Beam at Sensitive Vegetation  
 Do Not Shine Beam at Sensitive Wildlife  
 Do Not Shine Beam at Sensitive Wildlife Habitats  
 Do Not Shine Beam at Sensitive Wildlife Resources  
 Do Not Shine Beam at Sensitive Wildlife Species  
 Do Not Shine Beam at Sensitive Wildlife Species Habitats  
 Do Not Shine Beam at Sensitive Wildlife Species Resources  
 Do Not Shine Beam at Sensitive Wildlife Species Species Habitats  
 Do Not Shine Beam at Sensitive Wildlife Species Species Resources

Specifications subject to change without notice.

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β**

Τριγωνομετρικό σημείο Γ.Υ.Σ.- (73004)



Σημείο Εξάσθησης - (T1)



Σημείο εξαέρτησης - (73501)

