

Σύγχρονες μέθοδοι τρισδιάστατης αποτύπωσης. Η περίπτωση του θεάτρου της αρχαίας Σπάρτης

**Π. Τοκμακίδης, Α. Αναστασίου, Ε. Αλμπανίδης,
Σ. Σπαταλάς, Κ. Τοκμακίδης**

*Τομέας Γεωδαισίας και Τοπογραφίας, Πολυτεχνική Σχολή, ΤΑΤΜ-ΑΠΘ
ΤΕΦΑΑ - ΑΠΘ/Παράρτημα Σερρών και Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης*

Περίληψη: Το θέατρο της αρχαίας Σπάρτης αποτελεί σημείο αναφοράς για την μνημειακή τοπογραφία της πόλης διότι τα κατάλοιπα του αποτελούν το σημαντικότερο μνημείο. Πρόκειται για μνημείο αναγνωρισμένο και ταυτισμένο από τους περιηγητές που επισκέπτονταν την Ελλάδα, μετά την απελευθέρωση, αναζητώντας καθοδηγούμενοι από τους αρχαίους συγγραφείς κατάλοιπα του ενδόξου παρελθόντος προκειμένου να καταγράψουν την ιστορία και να αποκαταστήσουν την τοπογραφία της.

Η τοπογραφική αποτύπωση του συνόλου του θεάτρου της αρχαίας Σπάρτης, αποτέλεσε ένα ιδιαίτερα απαιτητικό και μεγάλο αντικείμενο. Σε αυτό συντελεί το μέγεθος του μνημείου (είναι ένα από τα μεγαλύτερα αρχαία θέατρα στον Ελλαδικό χώρο) και η πολυπλοκότητα του σε συνδυασμό με το πλήθος των επεμβάσεων που έγιναν σε διαφορετικούς χρόνους. Όπως είναι επακόλουθο των παραπάνω, η αντιμετώπιση των τοπογραφικών προβλημάτων έπρεπε να επιστρατεύσει την αιχμή της σύγχρονης τεχνολογίας οργάνων, δηλαδή 3-Δ σαρωτές laser και μη επανδρωμένο πτητικό μέσο για παραγωγή αεροφωτογραφιών και ορθοφωτοχάρτη της περιοχής του μνημείου, καθώς και πλήθος δοκιμασμένων τεχνικών, συμβατικών και δορυφορικών παρατηρήσεων (χρήση συμβατικού, οπτικού, τοπογραφικού οργάνου και δεκτών GNSS).

1. Το θέατρο της αρχαίας Σπάρτης

Όταν αναφέρεται κανείς στην αρχαία Σπάρτη θα πρέπει να έχει υπόψη ότι πρόκειται για μια πόλη που έχει υποστεί πολλά δεινά. Κατά την διάρκεια της μακράς ιστορίας της η πόλη υπέστη πολλές και σοβαρές καταστροφές από μεγάλους σεισμούς (Διδ.29.2) και λεηλασίες κατά την ρωμαϊκή περίοδο αλλά και αργότερα. Τα εξαιρετικά υλικά κατασκευής τόσο των ιερών όσο και των άλλων εγκαταστάσεων χρησιμοποιήθηκαν σε μεταγενέστερο χρόνο για την ανέγερση σύγχρονων οικοδομημάτων (Κουρινού, 2000, 11. Νεστορίδης 1893, 59). Από τα λαμπρά οικοδομήματα που αναφέρει στις περιγραφές του ο περιηγητής Πausανίας ελάχιστα έχουν εντοπισθεί μέχρι σήμερα.

Ο ιδιαίτερος ρόλος της Σπάρτης στην διαμόρφωση του ιστορικού γίνεσθαι και των εξελίξεων σε συνδυασμό με την περιγραφή του Pausanias, ο οποίος αφιερώνει

επτά κεφάλαια από τα Λακωνικά του, προσέλκυσαν το ενδιαφέρον των Ευρωπαϊκών περιηγητών από το 15ο αιώνα πριν ακόμη την ίδρυση της νέας πόλης (Διδ.30.σημ3. Κουρινού 2000,7).

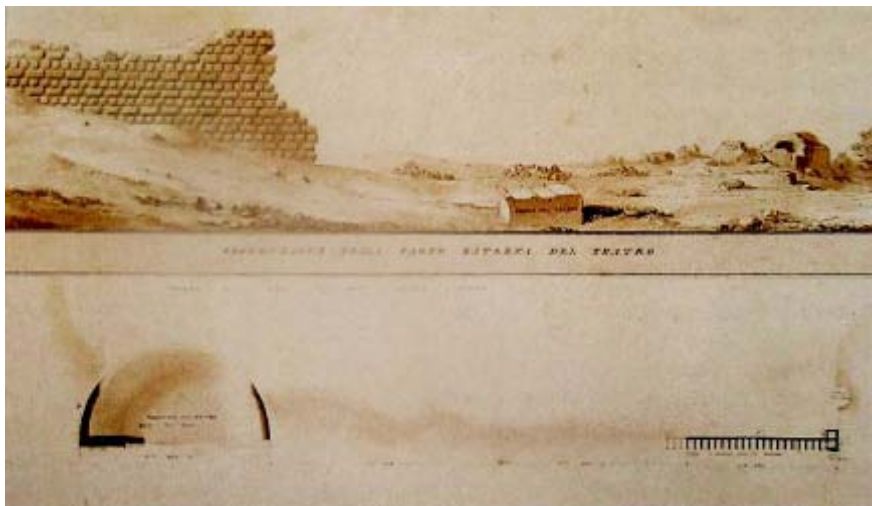
Το μοναδικό μνημείο το οποίο έδινε στοιχεία νωρίς και ταυτίστηκε σύντομα ήταν το αρχαίο θέατρο που αποτέλεσε σημείο αναφοράς για την τοπογραφία της αρχαίας πόλης. Έτσι όσοι ήθελαν να διερευνήσουν την τοπογραφία της αρχαίας πόλης, έχοντας ως οδηγό τις αρχαίες πηγές, είχαν ως αφετηρία το θέατρο από την περιγραφή του Πausανία. Οι επισκέψεις λόγιων από την Ιταλία, Αγκόνα και Βενετία, άρχισε από τα μέσα του 15ου αιώνα. Το 1675 ο Βρετανός βοτανολόγος Francis Vernon σε μία επιστολή του, με πολύ ενθουσιασμό, αναφέρει ότι στην Σπάρτη σώζεται ένα ολόκληρο θέατρο. Το 1676 ο Guillet κυκλοφορεί ένα βιβλίο με τίτλο «Αρχαία και Νέα Λακεδαίμων», που αποτέλεσε την απαρχή για τα πρώτα προβλήματα της τοπογραφίας. Ο Guillet δεν είχε έρθει ποτέ στην Ελλάδα και περισσότερο στην Σπάρτη έτσι δημιούργησε την εντύπωση ταύτισης της Σπάρτης με τον Μυστρά.

Κατά το 18ο αιώνα η επίσκεψη των ερειπίων μιας πόλης με τόσο ένδοξο παρελθόν ήταν ζητούμενο των περιηγητών. Η θέση του θεάτρου και ο προσανατολισμός του το κατέστησε κεντρικό σημείο αναφοράς στο ευρύτερο περιβάλλον ανάπτυξης της αρχαίας πόλης.



Εικόνα 1. Χαρακτικό του Le Roy (1754)

Το χαρακτικό του Le Roy, που επισκέφθηκε την πόλη το 1754 αποτελεί την πρώτη αποτύπωση από τα κατάλοιπα του θεάτρου (εικ. 1) (Dickins, 1923-25, 394. Woodward 1923-25, 120). Το 1802 ακολουθεί, ως αποσταλμένος του Elgin, ο Sebastiano Ittar προκειμένου να σχεδιάσει τα μνημεία (εικ. 2). Τον 19ο αιώνα η



Εικόνα 2. Σχέδιο του Sebastiano Ittar (1802)

μνημειακή τοπογραφία γίνεται συστηματικότερη και οι περισσότεροι περιηγητές προσπαθούν να αποτυπώσουν την τοπογραφία της πόλης (Κουρινού 2000, 9).

Το 1805 τη Σπάρτη επισκέφθηκε ο Gell εκπονεί ένα σχέδιο του θεάτρου, που σήμερα βρίσκεται στο Βρετανικό Μουσείο, αντιλαμβανόμενος το μέγεθός του σχολιάζει ότι εξυπηρετούσε πολύ κόσμο. Το 1829 η Γαλλική Αποστολή κατασκήνωσε στο κοίλο και ο αρχιτέκτονας της αποστολής σχεδίασε το πλευρικό ανάλημμα και τους κίονες. Το 1838 και 1843 ο Δανός Korppen πραγματοποιεί δύο ταξίδια και διαπιστώνει πολλές και εκτεταμένες καταστροφές ως συνέπεια της διαμόρφωσης της σύγχρονης πόλης.

Η πρώτη επιστημονική ανασκαφική δραστηριότητα αρχίζει το 1852 από Αμερικανική αποστολή Gharles Waldstein. Η πρώτη επιστημονικά τεκμηριωμένη τοπογραφική μελέτη το 1890 από τον Heinrich Konrad Stein με τίτλο: “Topographie des alten Sparta” (Stibbe, 1989,64). Οι πρώτες Αγγλικές αποστολές εμφανίζονται στην Σπάρτη από το 1904 και τα αποτελέσματα των ανασκαφών καταγράφονται από τους Wace & Tod.

Το θεατρικό συγκρότημα της αρχαίας Σπάρτης αναπτύσσεται στα βόρεια του πολεοδομικού ιστού της σύγχρονης πόλης και καταλαμβάνει τη νότια - νοτιοδυτική πλάγια του λόφου της ακρόπολης. Το εν λόγω θέατρο παρά την μεγάλης έκτασης λεηλασία του επιτρέπει την αναγνώριση αρκετών στοιχείων που το συγκροτούσαν. Ο προσανατολισμός του είναι νότιος με θέαση προς την κοιλάδα του Ευρώτα, δυτικά αναπτύσσεται επιβλητικά ο ορεινός όγκος του Ταυγέτου με τον Μυστρά και ανατολικά αρκετά μακρύτερα ο Πάρνωνας. Η απόστασή του από το οριζόμενο ως κέντρο της σύγχρονης Σπάρτης είναι περί τα 1000 μ., ενώ από τον φερόμενο ως «Τάφο του Λεωνίδα» περί τα 500μ. Η δυνατότητα επίσκεψης της θέσης του μνη-

μείου επιτυγχάνεται μέσω της ακρόπολης την οποία προσεγγίζει ο επισκέπτης κινούμενος βόρεια του σύγχρονου σταδίου της πόλης.

Η επιλογή της θέσης για την κατασκευή του θεάτρου κρίνεται ως η πλέον ιδανική. Ο επισκέπτης έχει μια εκπληκτική θέα προς τον Ταΰγετο και την πεδιάδα που διαμορφώνεται από την ροή του Ευρώτα. Αναφορές από την ελληνική γραμματεία μαρτυρούν την ύπαρξη του θεάτρου στην πόλη (Διδ. 179) μάλλον στην ίδια θέση αφού είναι η πλέον ιδανική και μάλιστα συνδέεται με την τέλεση των Γυμνοπαιδίων. Το σύνολο των πληροφοριών, από τις αρχαίες πηγές, αφορούν στοιχεία σχετικά με την χρήση του θεάτρου. Γνωρίζουμε ότι από το 491π.Χ. (Ηρόδ.6.67, Θουκ.5.82.1-3) οι Σπαρτιάτες γιορτάζουν τις Γυμνοπαιδίες και κατά το ένα μέρος η γιορτή πραγματοποιείται στο θέατρο καθώς επίσης ότι κατά την διάρκεια της γιορτής των Υακινθίων έφιπποι νέοι περνούσαν από αυτό, ενώ στο χώρο του επιδίδονταν και σε άλλες δραστηριότητες (σφαιρείς).

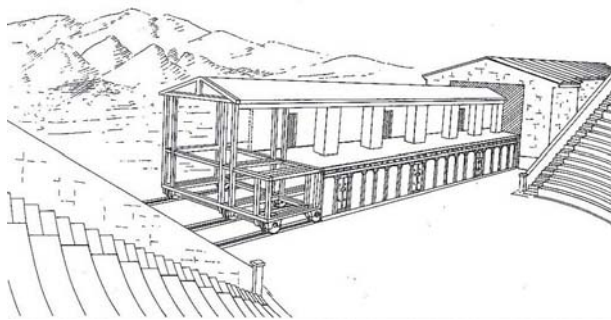
Όπως αναφέρθηκε η θέση του πρώτου θεάτρου δεν είναι γνωστή από τις πηγές ούτε είναι εύκολο να εντοπιστεί από την αρχαιολογική έρευνα λόγω των φθαρτών υλικών κατασκευής. Μπορεί όμως να θεωρηθεί πιθανή η τοπογραφική του συνέχεια ως μία πρακτική που ακολουθείται σε εγκαταστάσεις ιερών, άσκησης και θεάτρων. Η μοναδική περιγραφή που έχουμε για την εγκατάσταση στην μόνιμη αλλά όχι και τελική της μορφή προέρχεται από τον Πausανία, που περιορίζεται όμως στο χαρακτηριστικό εκείνο που τον έκανε την μεγαλύτερη εντύπωση, ώστε να το χαρακτηρίσει άξιο θέας, λόγω της χρήσης λευκού μαρμάρου (*ἀπέχει δὲ οὐ πολὺ τοῦ τάφου τὸ θέατρον, λίθου λευκοῦ, θέας ἄξιον*).

Τα κατάλοιπα του οικοδομήματος που έχουν εντοπισθεί χρονολογούνται στους αυτοκρατορικούς χρόνους με κάποιους μελετητές να το τοποθετούν από το 30-20 π.Χ. και το συνδέουν με την ηγεμονία του Γάιου Ιούλιου Ευρυκλή που ήταν φίλος του Οκταβιανού Αυγούστου. Υπάρχουν όμως και ένας μικρός αριθμός από λείψανα ενός παλαιότερου θεάτρου της ελληνιστικής περιόδου.

Οι θεατρικές παραστάσεις δεν έχαιραν ιδιαίτερης εκτίμησης στην αρχαία Σπάρτη γεγονός που γίνεται προφανές και από την περιφρόνηση και αποστροφή που εξέφραζε ο Αγησίλαος για αυτού του είδους τα θεάματα και την υποκριτική (Διδ.180). Είναι προφανές ότι το θέατρο που αναφέρεται επί Αγησιλάου χρησιμοποιούνταν κυρίως για διάφορες συγκεντρώσεις δημοσίου χαρακτήρα και λατρευτικών γιορτών στα πλαίσια των οποίων πραγματοποιούνταν διαγωνισμοί. Μια γιορτή με τα παραπάνω χαρακτηριστικά ήταν και οι Γυμνοπαιδίες. Στα πλαίσια της γιορτής καταγράφεται δραστηριότητα στο θέατρο όχι μόνον κατά την περίοδο της μάχης στα Λεύκτρα (Διδ. 181), αλλά σύμφωνα με τον Ηρόδοτο και κατά τους περσικούς πολέμους (Διδ. 182). Υπάρχει η άποψη ότι και το παλαιό θέατρο όπως και το σωζόμενο πρώιμο ρωμαϊκό, αυτό της οικοδομικής φάσης του Ευρυκλή της περιόδου του Αυγούστου (Διδ. 183) είχε ξύλινη σκηνή.

Γενικότερα το θέατρο της αρχαίας Σπάρτης διακρίνεται διαχρονικά για το μέγεθος

της εγκατάστασης, για την ποιότητα των υλικών κατασκευής όπως η χρήση τοπικού λευκού μαρμάρου. Μια άλλη σημαντική καινοτομία ήταν η ανάπτυξη και λειτουργία μιας ξύλινης κινητής σκηνής, η μετακίνηση της οποίας επιτυγχάνονταν με ρόδες επί τριπλού λίθινου οδηγού, η οποία για την αποθήκευση και φύλαξή της αποσυρόταν σε ένα υπόστεγο στην δυτική πάροδο που ονομαζόταν «*σκηνοθήκη*» μήκους 36,64μ. και πλάτους 11,31μ. (Διδ. 184). Είναι πολύ πιθανόν το νέο κοίλο (δηλ. αυτό που αντικρίζουμε σήμερα) να κατασκευάστηκε προσαρμοσμένο στην υπάρχουσα σκηνοθήκη. Κατασκευάστηκε σε απόλυτη επαφή δημιουργώντας την αίσθηση ενός ενιαίου συγκροτήματος αποτελώντας (με την κινητή σκηνή) ένα αδιαίρετο αρχιτεκτονικό σύνολο με το νέο θέατρο.



Εικόνα 3. Ο βόρειος τοίχος της σκηνοθήκης, η νότια και η μεσαία ράγα κύλισης της σκηνής (πηγή: *Waywell and Wilkes 1999, pl. 51 b*)

Στο ύψος της δυτικής παρόδου η ανασκαφή έφερε στο φως ένα Νυμφαίο, πιθανότατα του 2ου μ.Χ. αιώνα, με μήκος 13μ. και πλάτος 2μ. Πρόκειται για μία κατασκευή νεότερη στην οποία έχουμε υλικά σε δεύτερη χρήση από την σκηνοθήκη. Στα σωζόμενα κατάλοιπα αναγνωρίζονται οπτόπλινθοι από την αναδομή (δηλ. την ανώτερη δομή) της σκηνοθήκης που φέρουν το σφράγισμα ΣΚΑΝΟΘΗΚΑΣ καθώς και οι λίθινοι οδηγοί κύλισης των τροχών της κινητής σκηνής.



Εικόνα 4. Άποψη του σκηνικού οικοδομήματος όπως σώζεται σήμερα

Στα τέλη του 1ου μ.Χ. αιώνα το θέατρο αποκτά την πρώτη σταθερή λίθινη σκηνή, ρωμαϊκού τύπου κορινθιακού ρυθμού και μνημειακού χαρακτήρα, δώρο του αυτοκράτορα Βεσπασιανού στην πόλη το 78 μ.Χ. Νοτίως της ορχήστρας γίνονται αντιληπτά η αναδομή του σκηνικού συγκροτήματος και του θωρακίου που αποτελούσε την πρόσοψη του *prulitum*.

Το κοίλο διαμορφώθηκε με την εκσκαφή του νότιου - νοτιοδυτικού κλίτους του λόφου της ακρόπολης όπου παρουσιάζει και την μεγαλύτερη υψομετρική διαμόρφωση και δημιουργούνται δύο διαζώματα. Στην μεγαλύτερη ανάπτυξη του θεάτρου το κοίλο, η σκηνή και τα εδώλια ήταν κατασκευασμένα από λευκό μάρμαρο. Όσον αφορά τα εδώλια των πρώτων σειρών κάποια διασώθηκαν αποσπασματικά *in situ*, ενώ υπάρχουν διάσπαρτα ή παρατοποθετημένα αρχιτεκτονικά μέλη με ένα μεγάλο μέρος να έχει υποστεί αρπαγή. Παρά το γεγονός ότι από τα παραπάνω αρχιτεκτονικά μέλη έχουν αποσπαστεί αρκετά για δεύτερη χρήση, κυρίως για την κατασκευή σπιτιών του Μυστρά, και η σωστική ανασκαφή δεν έχει ολοκληρωθεί μπορούμε να έχουμε ικανοποιητική εικόνα της όλης ανάπτυξης και να υποστηρίξουμε ότι το συγκρότημα είχε κολοσσιαίες διαστάσεις. Το πλάτος του κοίλου όπως αυτό ορίζεται μεταξύ των πλευρικών αναλημματικών τοίχων είναι μετά από τελευταίες ακριβείς μετρήσεις 147 μ και όχι 140 μ, η διάμετρος της πεταλόσχημης ορχήστρας 25,52 μ. με σημαντική απόκλιση ως προς τις προηγούμενες μετρήσεις. Το ύψος του κοίλου από την ορχήστρα είναι μεγαλύτερο των 15 μ. αποτελούμενο από περίπου 30 σειρές εδωλίων στο κάτω διάζωμα και 17 στο επιθέατρο (Waywell 2002.245-253). Σε αρκετά τμήματα του κοίλου και κυρίως οι αναλημματικοί τοίχοι, που το προστάτευσαν από τις κατολισθήσεις, ήταν κατασκευασμένα από ασβεστόλιθο με ορισμένα τμήματα να φέρουν επένδυση λευκού μαρμάρου. Στην μαρμάρινη πρόσοψη της ανατολικής παρόδου ήταν χαραγμένες πολλές επιγραφές,

ένα σπάνιο πραγματικά μνημείο για τα ελληνικά δεδομένα, που χρονολογούνται στο 2 μ.Χ. αιώνα στις οποίες καταγράφονται κατάλογοι κρατικών αξιωματούχων και *cursus honorum*.

Προκειμένου να επιτευχθεί το καλύτερο αποτέλεσμα όσον αφορά την σωστική ανασκαφή, την μελέτη του θεάτρου συνολικά και την ανάδειξη του στα πλαίσια μιας ολοκληρωμένης μελέτης αναγνωρίζεται η ανάγκη διεπιστημονικής συνεργασίας. Οι σύγχρονοι μέθοδοι αποτύπωσης της υφιστάμενης κατάστασης μπορούν να συμβάλουν στην εκπόνηση νέων πλάνων και μεθόδων για την αποκατάσταση του θεατρικού συγκροτήματος συνολικά.

2. Περιγραφή της αποτύπωσης

Η τοπογραφική αποτύπωση του συνόλου του θεάτρου της αρχαίας Σπάρτης, αποτέλεσε ένα ιδιαίτερα απαιτητικό και μεγάλο αντικείμενο. Σε αυτό συντελεί το μέγεθος του μνημείου (είναι ένα από τα μεγαλύτερα αρχαία θέατρα στον Ελλαδικό χώρο) και η πολυπλοκότητα του σε συνδυασμό με το πλήθος των επεμβάσεων που έγιναν σε διαφορετικούς χρόνους. Όπως είναι επακόλουθο των παραπάνω, η αντιμετώπιση των τοπογραφικών προβλημάτων έπρεπε να επιστρατεύσει την αιχμή της σύγχρονης τεχνολογίας οργάνων, δηλαδή 3-Δ σαρωτής laser και μη επανδρωμένο πτητικό μέσο για παραγωγή αεροφωτογραφιών και ορθοφωτοχάρτη της περιοχής του μνημείου, καθώς και πλήθος δοκιμασμένων τεχνικών, συμβατικών και δορυφορικών παρατηρήσεων (χρήση συμβατικού, οπτικού, τοπογραφικού οργάνου και δεκτών GNSS).

Τα μη επανδρωμένα πτητικά μέσα (μοντέλα αεροπλάνα και ελικόπτερα) αποτελούν την πιο πρόσφατη εξέλιξη στην επιστήμη της αποτύπωσης του χώρου, που στόχος της είναι να παράγει μετρητικά σχέδια και 3-Δ μοντέλα από φωτογραφίες. Οι εναέριες λήψεις πάντοτε αποτελούσαν την πιο γρήγορη μέθοδο για σύνταξη διαγραμμάτων, αλλά το κόστος μιας πτήσης και του απαραίτητου εξοπλισμού (ειδικές κάμερες, αυτόματοι πιλότοι, αδρανειακά συστήματα εντοπισμού θέσης, GNSS κλπ), καθιστούσαν τη μέθοδο ασύμφορη από οικονομικής άποψης για έργα μικρής κλίμακας, όπως είναι συνήθως οι μελέτες για μνημεία πολιτισμού. Για παράδειγμα η φωτογραμμετρική αποτύπωση με συμβατικό αεροσκάφος αποτελεί την πιο συμφέρουσα λύση για αποτύπωση ενός ολόκληρου ΟΤΑ, αλλά το κόστος της για το θέατρο της Σπάρτης θα ξεπερνούσε τον ετήσιο προϋπολογισμό όλων των μελετών και εργασιών μαζί. Όταν λοιπόν η κλίμακα του έργου είναι μικρή, τότε επιστρατεύονται τα μη επανδρωμένα πτητικά μέσα που με ελάχιστο, αναλογικά, κόστος παρέχουν ταχύτερη αποτύπωση της περιοχής του μνημείου.

Στην περίπτωση του αρχαίου θεάτρου της Σπάρτης χρησιμοποιήθηκε ένα μοντέλο αεροπλάνο της Ελβετικής εταιρίας Sensefly, το Swinglet Cam, το οποίο φέρει φωτογραφική μηχανή 16 Mpixel και διαθέτει πλήρως αυτοματοποιημένο πλάνο πτή-



Εικόνα 5. Ο ορθοφωτοχάρτης της ευρύτερης περιοχής όπως προέκυψε από τις εικόνες του UAV

σης και φωτογράφισης, το οποίο φορτώνεται στον αυτόματο πιλότο του UAV από το σταθμό εδάφους και εκτελείται χωρίς την παρέμβαση του χρήστη. Στη συνέχεια οι φωτογραφίες επεξεργάζονται με κατάλληλο λογισμικό και γεωαναφέρονται με χρήση φωτοσταθερών σημείων που αποτυπώνονται στο έδαφος με τοπογραφικές μεθόδους.

Αποτέλεσμα της επεξεργασίας είναι το 3-Δ μοντέλο της ευρύτερης περιοχής του μνημείου, με ισοϋψείς καμπύλες και ορθοφωτοχάρτης της ίδιας περιοχής με μέγεθος εικονοστοιχείου (pixel) περίπου 3cm.

3. 3-Δ σαρωτές laser

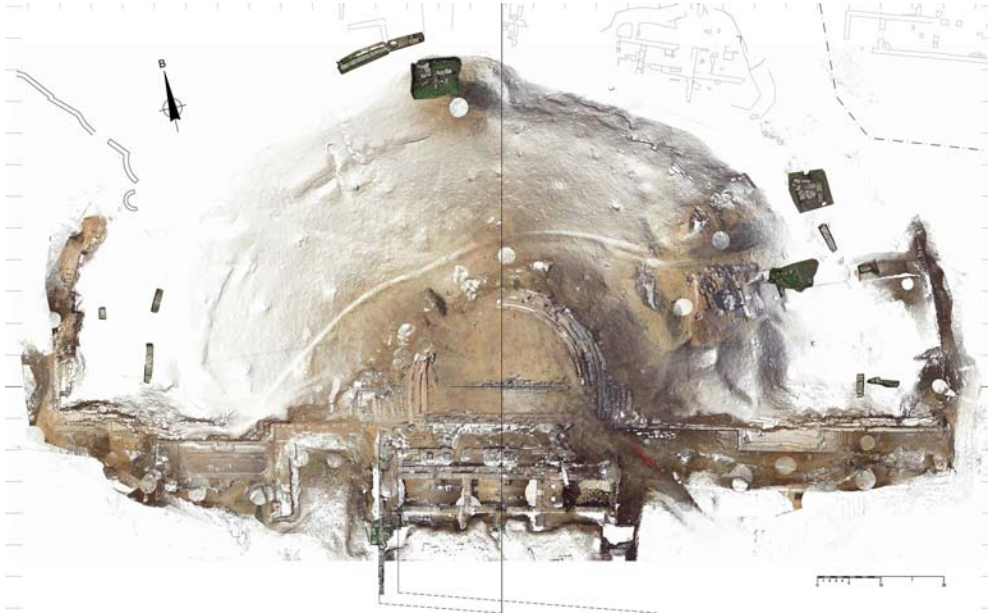
Τα τελευταία χρόνια νέα όργανα μετρήσεων έχουν εισαχθεί στις επιστήμες των αποτυπώσεων χώρων τα οποία είναι σε θέση να μετρήσουν και να ανακατασκευάσουν τον τρισδιάστατο χώρο με έναν γρήγορο και οικονομικό τρόπο. Αυτά τα όργανα, βασισμένα στην τεχνολογία laser, είναι συνήθως γνωστά ως επίγειο τρισδιάστατο σαρωτές Laser (3D laser scanner).

Η τεχνολογία του laser scanner βρίσκει ευρεία εφαρμογή σε πάρα πολλούς τομείς που απαιτούν συλλογή δεδομένων με μεγάλη ταχύτητα και ακρίβεια. Ενδεικτικές εφαρμογές χρήσης του τρισδιάστατου σαρωτή είναι η αποτύπωση αρχαιολογικών χώρων, αποτύπωση διατηρητέων κτιρίων ή μνημείων, αποτύπωση ορυχείων, σηράγγων, σπηλαίων, μεταλλείων κ.α., αποτύπωση ειδικών κατασκευών όπως για παράδειγμα κεραιών κινητής τηλεφωνίας, συλλογή δεδομένων και σχεδιασμός 3D μοντέλων εργοστασιακών και βιομηχανικών «όπως χτίστηκαν» (as - built) εφαρμογών, 3D σχεδιασμός μοντέλων αεροσκαφών, πλοίων και οχημάτων (κατασκευή - επισκευή), εικονική πραγματικότητα, προσομοίωση, ιατρικές εφαρμογές στην διάγνωση ορθοπεδικών και οδοντιατρικών παθήσεων και στην κατασκευή προσθετικών μελών και πολλές άλλες. Για την λεπτομερή αποτύπωση, στο θέατρο της Σπάρτης έγιναν συνολικά 47 σαρώσεις.

4. Επεξεργασία του νέφους σημείων

Κατά τη διάρκεια της σάρωσης ο laser scanner αποτυπώνει και σημεία τα οποία δεν θα χρησιμοποιηθούν απαραίτητα για τη δημιουργία του μοντέλου (δέντρα, πινακίδες κ.α.). Η προετοιμασία της επεξεργασίας των μετρήσεων συνίσταται στη διαδικασία «καθαρισμού» των σημείων αυτών κάτι που επιτρέπει μια σημαντική μείωση των δεδομένων, με αποτέλεσμα την καλύτερη διαχείριση του νέφους των σημείων. Τα δεδομένα μέτρησης του laser scanner συνίστανται σε μεμονωμένα νέφη σημείων. Μετά τον καθαρισμό και την απομάκρυνση του θορύβου για να αξιοποιηθούν στο σύνολό τους θα πρέπει να αλλάξει η θέση και ο προσανατολισμός τους έτσι ώστε κάθε σάρωση να χρησιμοποιεί ένα κοινό σύστημα συντεταγμένων. Η διαδικασία αυτή χαρακτηρίζεται ως cloud alignment ή registration και μπορεί να γίνει με δύο τρόπους. Σύμφωνα με τον πρώτο, χρησιμοποιούνται ειδικοί στόχοι ή σφαίρες - που συμπεριλαμβάνονται στον εξοπλισμό του οργάνου - οι οποίες τοποθετούνται σε διάφορες θέσεις πάνω στο αντικείμενο, αυτές στη συνέχεια σαρώνονται με ακρίβεια από κάθε θέση, προσδιορίζονται οι συντεταγμένες τους και οι διαδοχικές σαρώσεις ενώνονται βάσει των ομόλογων στόχων. Η δεύτερη μέθοδος ένωσης των νεφών καλείται γεωαναφορά, αυτή τη φορά κάθε νέφος προσανατολίζεται με βάση τα γνωστά σημεία των οποίων οι συντεταγμένες έχουν προσδιοριστεί από την τοπογραφική αποτύπωση. Έτσι όλα τα νέφη αναφέρονται σε ένα κοινό σύστημα αναφοράς.

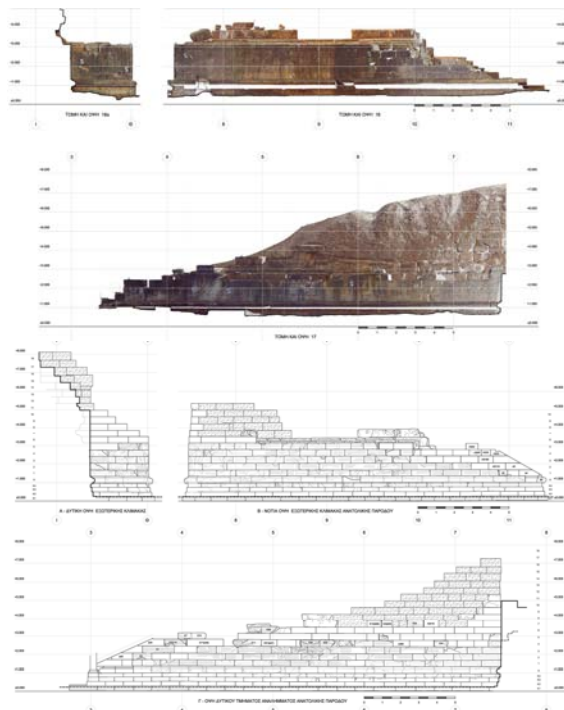
Από την επεξεργασία των στοιχείων από το laser scanner εξασφαλίζεται συνήθως ένα δίκτυο το οποίο περιγράφει σε γενικές γραμμές τα επιμέρους αρχιτεκτονικά στοιχεία μιας κατασκευής. Η αναγνώριση στοιχειωδών γεωμετρικών μορφών μπορεί να γίνει με διαδικασίες ημιαυτόματες, όμως στοιχεία που αποτελούνται από σύνθετες μορφές πρέπει να πραγματοποιούνται με τρόπο εξολοκλήρου χειροκίνητο. Ο διαχωρισμός σε τμήματα ενός ιστορικού κτιρίου είναι εφικτός από άποψη κατασκευαστική, λειτουργική, δομική κλπ. Όμως γίνεται μια διαδικασία περίπλο-



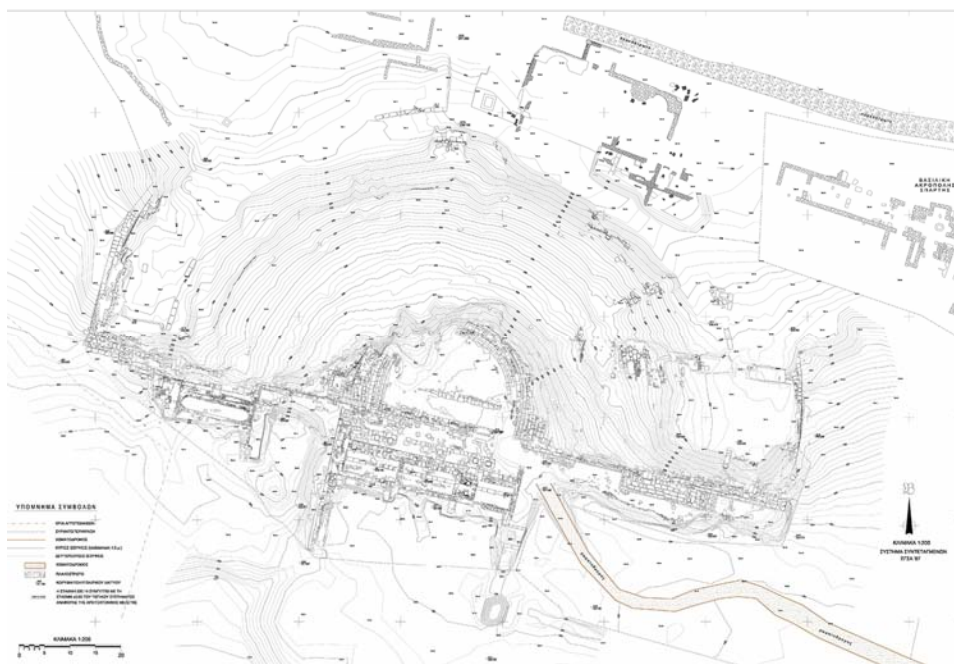
Εικόνα 6. Φωτορεαλιστική κάτοψη όπως προκύπτει από το ενοποιημένο νέφος σημείων του Laser Scanner

κη αν σκεφτεί κανείς τις ιδιαιτερότητές του τόσο εξαιτίας του χειρονακτικού τρόπου κατασκευής του όσο και εξαιτίας των φθορών που έχουν υποστεί τα δομικά του στοιχεία με το πέρασμα του χρόνου. Ακόμη και ένα δάπεδο ή ένας τοίχος δεν μπορεί να περιγραφεί ακριβώς με την έννοια του επιπέδου εξαιτίας των υλικών ή των τεχνικών κατασκευής με τις οποίες πραγματοποιήθηκε. Και αν ακόμη στην έννοια αυτή του επιπέδου υπάρξει ένας βαθμός ανοχής, είναι αντιληπτή η διαφορά του επιπέδου ενός τοίχου δομημένου με πλίνθους από έναν επιχρισμένο τοίχο. Όμως η επιπεδότητα των παραπάνω στοιχείων που επικαλούμαστε είναι γεωμετρικά επιχειρήματα συνήθως αποδεκτά στην τρισδιάστατη ανάπλαση της αρχιτεκτονικής.

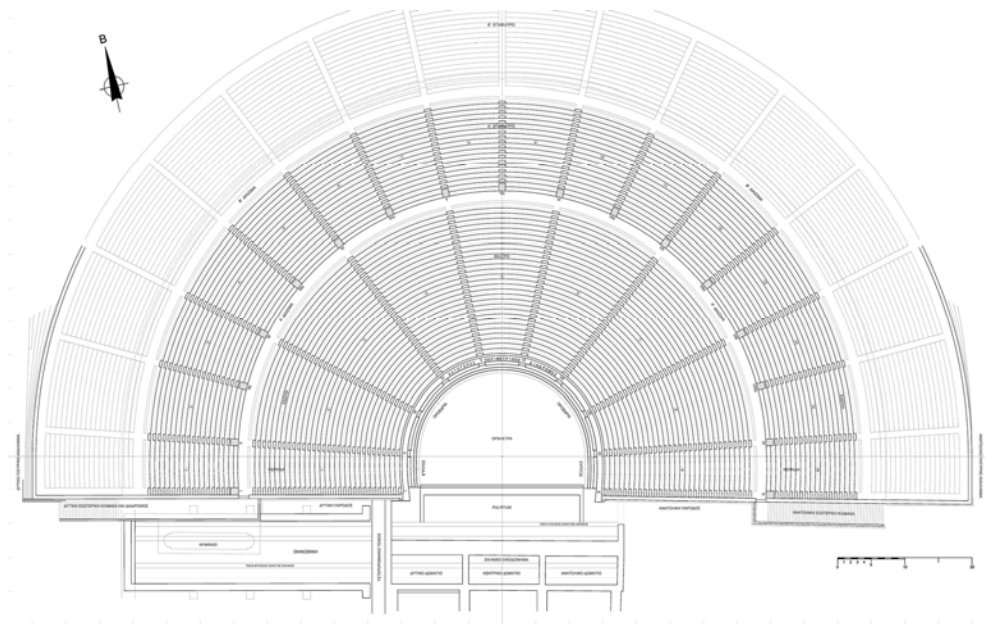
Ακόμη και μετά τον καθαρισμό των δεδομένων είναι σημαντικό να μειωθούν τα σημεία του νέφους σε αυτά που είναι αναγκαία. Έτσι θα μπορέσει να διαχειριστεί ο όγκος των δεδομένων και να καταστεί δυνατή η πραγματοποίηση των μοντέλων ανάλογων γεωμετρικών χαρακτηριστικών με το αρχικό. Τέλος το πέρασμα στο μοντέλο που περιγράφεται από μια επιφάνεια γίνεται μέσω του «τριγωνισμού». Πρόκειται για ένα τριγωνισμένο ακανόνιστο δίκτυο (TIN- Triangular irregular network), δηλαδή ένα πλέγμα πολυγώνων, που δημιουργείται από τα σημεία του νέφους. Το μοντέλο σε αυτό το σημείο είναι έτοιμο για την εισαγωγή του μέσα σε κάποιο πρόγραμμα CAD. Η μεταφορά του νέφους σημείων σε σχεδιαστικά προγράμματα 2D ή 3D, επιτρέπει την παραγωγή σχεδίων (όψεις, κατόψεις, τομές) καθώς και την τρισδιάστατη θέση (3D viewing) με απόδοση της υφής των υλικών.



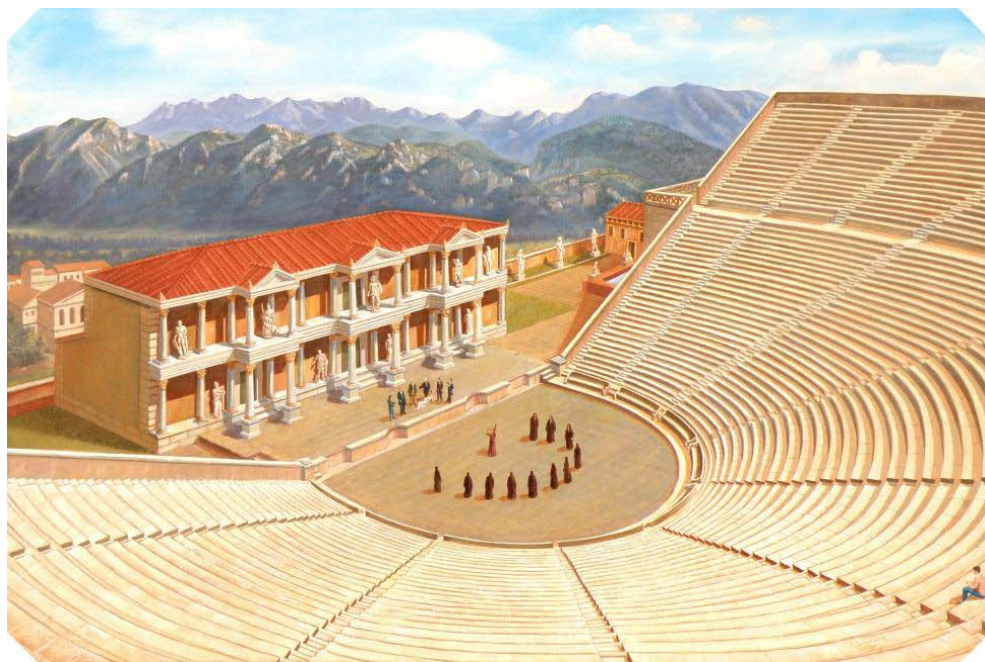
Εικόνα 7. Φωτορεαλιστικές όψεις όπως προκύπτουν από το ενοποιημένο νέφος σημείων του Laser Scanner και αρχιτεκτονική απόδοσή τους



Εικόνα 8. Τοπογραφικό διάγραμμα από την αποτύπωση με τον Scanner



Εικόνα 9. Πρόταση αποκατάστασης του κοίλου



Εικόνα 10. Τρισδιάστατη αναπαράσταση του θεάτρου Σπάρτης

5. Επίλογος

Το θεατρικό συγκρότημα αποτελεί το σημαντικότερη ίσως οικοδομική κατασκευή της αρχαίας Σπάρτης, κολοσσιαίων διαστάσεων με μοναδικά σε κάποιες περιπτώσεις τεχνικά χαρακτηριστικά για την περίοδο των πρώιμων αλλά και των ύστερων χρόνων λειτουργίας του. Η διατήρηση κάποιων σημαντικών χαρακτηριστικών του το καθιστά στο επίκεντρο του ερευνητικού ενδιαφέροντος.

Σύμφωνα με τα προτεινόμενα θεάματα και τις αισθητικές απαιτήσεις της κάθε περιόδου η εγκατάσταση δέχεται πολλές παρεμβάσεις και περνά από αρκετές οικοδομικές φάσεις. Παρά ότι υπήρξε ρωμαϊκή παρέμβαση δεν εντοπίζεται το χαρακτηριστικό θωράκιο ένδειξη ότι ποτέ δεν φιλοξένησε θηριομαχίες διατηρώντας τα παλαιά λειτουργικά χαρακτηριστικά.

Το θέατρο της αρχαίας Σπάρτης αποτελεί ένα μνημείο με διαχρονικό ενδιαφέρον από τους αρχαίους χρόνους, στην κλασική περίοδο, τους αυτοκρατορικούς χρόνους μέχρι και τους σύγχρονους χρόνους. Μνημείο υψίστης αρχιτεκτονικής σημασίας, ένα μνημείο πραγματικά σπουδαίο υψηλής αξίας για όλους μας.

References

- Diodoros Sikeliotis 15.63. Thomas, Carol G: “On the Role of the Spartan Kings”, in: 23 *Historia* (1974), 257-270, p.267.
- Kourinou Heleni: *Spartī. Symboli sti mnhmeiaki topografia tis*. Hópos [*Sparta. Contributing to the monumental topography*. Hópos] Athens 2000, p.11.
- Pausanias 3,14,1. Nestoridis, Konstantinos: *Topografia tis Archaeas Spartīs* [*Topography of Ancient Sparta*], Athens 1892, p.59.
- Puillon Boblaye, Émile: *Recherches géographiques sur le ruines de la Moree*, Paris 1835. Kourinou: *Symbol* [*Contributing*] p.7.
- Le Roy, David: *Les ruines des plus beaux monuments de la Grèce*, Paris 1758, p.33 pl.XIII.
- Dickins, Guy: “Excavations at Sparta 1906: The Theater”, in: 12 *B.S.A.* (1905-06), 394-406, p.394f.
- Woodward, Arthur M.: “Excavations at Sparta, 1924-1925: The Theatre” in: 26 *B.S.A.* (1923-25), 119-158, p.120.
- Kourinou: *Symbol* [*Contributing*] p.9.
- Stibbe, C.M.: “Beobachtungen zur Topographie des antiken Sparta”, in: 64 *Babesch* (1989), 61-99, p.64.
- Plutarch, *Agesilaus* 29. Herodotus 6,67. *Agesilaus* 21,4.
- Herodotus *ibid.* Thucydides 5,82,1-3.
- Papachatzis, Nikolaos: *Pausaniou Hellados Periegesis. Corinthiaka kai Lakonika* [*Pausanias Periegesis Corinthian and Laconian*], Athens 1976, p.354 n.2.
- Dinsmoor, William Bell: *The Architecture of Ancient Greece*, London 1950, p.307-308.
- Waywell, Geoffrey: “New Discoveries at The ancient Theatre of Sparta” in: Stamatopoulou, Maria. and Yeroulanou, Maria: (eds), *Excavating Classical Culture. Recent Archaeological Discoveries in Greece*. Oxford 2002, p.245-253.

- Woodward: "Excavations", p.131-133. Christou, Chrisanthou Ath.: *Archaea Sparti* [*Ancient Sparta*], Sparta 1960, p.57.
- Vozikis George: "Using hybrid surveying techniques for documenting the largest ancient theater in Greece", *Proceedings of XXI International CIPA Symposium*, Athens 2007, p.739-742.
- Tokmakidis Konstantinos: "Surveying the Eupalinian Aqueduct in Samos Island", *Proceedings of 22nd International CIPA Symposium "Digital Documentation, Interpretation and Presentation of Cultural Heritage"*, Kyoto 2009, CD-ROM, 5 pages.
- https://www.youtube.com/results?search_query=quadcopter+mapping
- Tokmakidis Panagiotis, Spatalas Spyros, Tokmakidis Konstadinos, Tsioukas Vasilis: "Laser scanning in the service of the visually impaired", *Proceedings of 1st International Geomatics Applications "Geomapplica" Conference*, Skiathos 2014, USB-Drive, 6 pages.
- Hess M., S. Robson, 2010, *3D Colour Imaging for Cultural Heritage Artefacts*, The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII, Part 5, Commission V Symposium, Newcastle upon Tyne, UK. 2010