

Δημοσιεύτηκε στα πρακτικά του συνεδρίου ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ 2012, Κέρκυρα,
Ιόνιο Πανεπιστήμιο

Σύγχρονες μέθοδοι ακουστικής μελέτης των αρχαίων ελληνικών και ρωμαϊκών θεάτρων

Κωνσταντίνος Αγγελάκης

διπλ. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός & Μηχανικός Η/Υ,
M.Sc. Ακουστικής TU Denmark, υποψ. Διδ. TAM ΔΠΘ

kangelakis@gmail.com

Νίκος Μπάρκας

αναπληρωτής καθηγητής TAM ΔΠΘ

nbarkas@arch.duth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το επίκεντρο της παρούσας ανακοίνωσης είναι η συνοπτική παρουσίαση των σύγχρονων ερευνητικών μεθόδων, όπως παρουσιάστηκαν στο 1ο Διεθνές Συνέδριο για την Ακουστική των Αρχαίων Θεάτρων (Πάτρα, 09 / 2011). Σκοπός της έρευνας είναι η χαρτογράφηση και επισκόπηση της τρέχουσας ερευνητικής δραστηριότητας, καθώς και η παρουσίαση των διαθέσιμων εργαλείων για την μελέτη των θεάτρων της αρχαιότητας (προσομοιώσεις σε υπολογιστή, επιτόπιες μετρήσεις, προσομοιώσεις υπό κλίμακα, ακουστικές δοκιμές, μελέτη ηχοτοπίου).

Contemporary methods of studying the acoustics of ancient greek and roman theatres

ABSTRACT

The ancient greek and roman theatres have been a topic of academic research in a number of decades. Apart from studying their special characteristics and properties and taking into account their extensive use nowadays, researchers' interest has expanded to cover matters related to their contemporary use.

This paper will focus on the presentation of the research methods used nowadays for studying the ancient theatres. With reference to the International Conference on the Acoustics of Ancient Theatres that took place from 18-21 of September in Patras, the main research groups and their work will be presented. The purpose is to map the contemporary research activity and present the contemporary use of the available research tools for studying the theatres (computer simulations, in-situ measurements, scale models, listening tests, soundscape study).

1 Εισαγωγή

Τα αρχαία ελληνικά και ρωμαϊκά θέατρα αποτελούν επί μακρόν αντικείμενο της ακαδημαϊκής έρευνας που, εκτός από την μελέτη των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών και συμπεριφορών, έχει επεκταθεί και σε ζητήματα που σχετίζονται με την σύγχρονη χρήση τους.

Η παρούσα ανακοίνωση αποτελεί αρχικό τμήμα βιβλιογραφικής έρευνας για την εκπόνηση διδακτορικής διατριβής στο πεδίο της ακουστικής λειτουργίας των αρχαίων θεάτρων. Το επίκεντρο της ανακοίνωσης είναι η συνοπτική παρουσίαση των σύγχρονων ερευνητικών μεθόδων, όπως παρουσιάστηκαν στο 1^ο Διεθνές Συνέδριο για την Ακουστική των Αρχαίων Θεάτρων (Πάτρα, 09 / 2011). Σκοπός της έρευνας είναι η χαρτογράφηση και επισκόπηση της τρέχουσας ερευνητικής δραστηριότητας, καθώς και η παρουσίαση των διαθέσιμων εργαλείων για την μελέτη των θεάτρων της αρχαιότητας.

2 Επιτόπιες μετρήσεις, προσομοιώσεις σε υπολογιστή

Ο πιο διαδεδομένος τρόπος μελέτης της ακουστικής των αρχαίων θεάτρων είναι ο συνδυασμός επιτόπιων μετρήσεων και προσομοιώσεων σε Η/Υ. Τα αποτελέσματα των ακουστικών μετρήσεων χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των προσομοιώσεων που με τη σειρά τους χρησιμοποιούνται για την μελέτη υποθετικών σεναρίων, όπως παραδείγματος χάριν η μεταβολή της ακουστικής συμπεριφοράς του θεάτρου ανάλογα με τον αριθμό των θεατών, την τοποθέτηση ηχείων, τις σκηνικές και σκηνογραφικές εγκαταστάσεις κλπ. Μερικά παραδείγματα σχετικών εργασιών είναι τα [1], [2], [3].

Τα λογισμικά που χρησιμοποιούνται για την δημιουργία προσομοιώσεων σε υπολογιστή είναι συνήθως το CATT (Σουηδία) και το ODEON (Δανία), ενώ περιορισμένη είναι η χρήση του EASE (Γερμανία), του Raynoise (Βέλγιο) και του OTL-Terrain (Κύπρος).

Για τις επιτόπιες μετρήσεις η συνήθης πρακτική είναι η μέτρηση συναρτήσεων μεταφοράς και των σχετικών κρουστικών αποκρίσεων, ενός αριθμού συνδυασμών πηγής-δέκτη σύμφωνα με το πρότυπο ISO-3382-1. Σαν πηγές χρησιμοποιούνται κατα κύριο λόγο ηχεία (συνήθως

δωδεκαεδρικά) και μικρόφωνα (ή dummy heads) ως δέκτες. Η παραγωγή και ηχογράφηση του σήματος διέγερσης (πχ. MLS, sine sweeps, balloon bursts, pistol shots, firecrackers) γίνεται από λογισμικά όπως το DIRAC, το ARTA κ.α.

Ενδεικτικά αναφέρονται μερικά ευρωπαϊκά πανεπιστήμια, τα οποία έχουν παρουσιάσει πρόσφατα σχετική ερευνητική δραστηριότητα:

-Μ. Βρετανία: University of Salford, University of York, University of Cambridge,

-Δανία: Technical University of Denmark,

-Ελλάδα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πανεπιστήμιο Ξάνθης,

-Ισπανία: University of Valladolid, Miguel Hernandez University,

-Ιταλία: University of Ferrara, Second University of Naples, University of Bologna και

-Φινλανδία: Aalto University κ.α.

Σημειώνεται, ωστόσο, ότι σύμφωνα με τον J. Kang [4] τα σημερινά πακέτα λογισμικού προσομοίωσης ακουστικής έχουν αναπτυχθεί κυρίως για σύγχρονους αρχιτεκτονικούς χώρους, και πολλά ειδικά χαρακτηριστικά των αρχαιολογικών χώρων δεν έχουν ληφθεί υπόψη. Κατά συνέπεια, είναι συχνά ακατάλληλο να χρησιμοποιούνται τα πακέτα λογισμικού άμεσα για αρχαιολογικούς χώρους. Εκτός από την επικύρωση των προσομοιώσεων με τα αποτελέσματα των μετρήσεων, συχνά είναι απαραίτητη η θεωρητική ανάλυση, όπως η λεπτομερής εξέταση των ιδιοσυχνοτήτων και της περίθλασης των διαφόρων αρχιτεκτονικών στοιχείων, καθώς και ο υπολογισμός συνηχητών Helmholtz. Οι Καραμπατζάκης et al [5] και οι Πολυχρονόπουλος et al [6] έχουν ασχοληθεί με την χρήση συνηχητών στα αρχαία θέατρα.

3 Μετρολογία

Ως προς τη μετρολογία όπως ειπώθηκε κυριαρχεί το πρότυπο ISO-3382-1, ενώ ορισμένοι ερευνητές πειραματίζονται με την χρήση διάφορων μικροφώνων και επικεντρώνονται στην μέτρηση και αναπαραγωγή χωρικών ακουστικών παραμέτρων.

Οι Farina et al [7] παρουσιάζουν μία νέα μέθοδο μέτρησης τρισδιάστατων αποκρίσεων συχνότητας παρέχοντας από τη μία πλευρά μία αποτύπωση ηχητικών παραμέτρων υψηλής ανάλυσης, και, από την άλλη πλευρά, επιτρέποντας μια πολύ απλή μετα-επεξεργασία των αποτελεσμάτων. Αυτή η μετα-επεξεργασία επιτρέπει τόσο μια εύκολη στην κατανόηση γραφική αναπαράσταση των χωρικών -χρονικών πληροφοριών, όσο και την επαναχρησιμοποίηση των μετρούμενες αποκρίσεων συχνότητας ως υψηλής

ποιότητας ψηφιακά φίλτρα, που μπορούν με ακρίβεια να αναπαραστήσουν το θέατρο μέσα σε ένα 3D σύστημα surround.

Οι Fazenda et al [8] ηχογραφώντας και χρησιμοποιώντας B-format κρουστικές αποκρίσεις, ασχολούνται επίσης με την αναπαραγωγή και ακουστικοποίηση auralisation ηχητικών πεδίων, και παρουσιάζουν μια υβριδική μέθοδο που βασίζεται στην σύνθεση ηχητικού πεδίου (wavefield synthesis) και σε τεχνικές ambisonic απόδοσης.

4 Προσομοιώσεις υπό κλίμακα

Κατ' αντιστοιχία με τις προσομοιώσεις σε Η/Υ χρησιμοποιούνται, σε μικρότερη έκταση, οι προσομοιώσεις υπό κλίμακα. Το ερευνητικό αυτό εργαλείο το οποίο βρίσκει εφαρμογή κατά κύριο λόγο στην έρευνα των ακουστικών ιδιοτήτων των δομικών υλικών, έχει χρησιμοποιηθεί από την ερευνητική ομάδα του Πανεπιστημίου της Ferrara για τη μελέτη (μεταξύ άλλων) του φαινομένου της περίθλασης στα αρχαία θέατρα (Farnetani et al [9]).

Οι Prodi et al [10] μελέτησαν την συσχέτιση 3 δομικών/αρχιτεκτονικών στοιχείων των αρχαίων ρωμαϊκών θεάτρων (τοίχος σκηνής, άνω περιστευλη στοά, κλίση του κοίλου) βασιζόμενοι στην υπόθεση ότι αυτή η συσχέτιση καθορίζει αποφασιστικά τις ακουστικές παραμέτρους αρκετών περιπτώσεων αρχαίων θεάτρων. Επίσης, μελέτησαν και την επίδραση προσθήκης σκηνής, καθώς και την επίδραση της τοποθέτησης μικροφωνικής εγκατάστασης.

5 Ποιοτική ανάλυση

Είναι γενικά αποδεκτό ότι η μέτρηση των ακουστικών παραμέτρων των αρχαίων θεάτρων δεν αρκεί για τον χαρακτηρισμό τους με όρους «ακουστικής ποιότητας», αλλά ούτε για να διατυπωθούν εικασίες σχετικά με ακουστική εμπειρία των ανθρώπων που παρακολουθούν ή παρακολουθούσαν παραστάσεις σε αυτά τα θέατρα [11], [12], [13], [14], [15]. Ένα μικρό μέρος της τρέχουσας έρευνας ασχολείται με την διερεύνηση της υποκειμενικής διάστασης των όρων «ποιότητα», «εμπειρία», «intimacy/οικειότητα» και αυτή πραγματοποιείται κυρίως με ακουστικές δοκιμές (listening tests) και με την χρήση ερωτηματολογίων για την υποκειμενική αξιολόγηση προσομοιώσεων ή ηχογραφήσεων.

Σύμφωνα με τους Gade και Angelakis [16] σε έρευνα που έγινε στα 2 αρχαία θέατρα της περιοχής της Επιδαύρου με χρήση ηχογραφήσεων που έγιναν κατά την διάρκεια παραστάσεων, επισημαίνεται μεταξύ άλλων ότι η υποκειμενική αίσθηση του μεγέθους των θεάτρων συρρικνώνεται και η «intimacy/οικειότητα» αυξάνει όταν γίνεται χρήση μικροφωνικής εγκατάστασης. Καθώς η «intimacy/οικειότητα» και οι στάθμες πίεσης ήχου είναι προφανή ζητήματα σε ανοιχτά θέατρα με μεγάλες αποστάσεις σκηνής-θεατή και μικρό χρόνο αντήχησης, είναι ξεκάθαρο ότι καλά σχεδιασμένα

συστήματα ήχου μπορεί να έχουν σημαντικό ρόλο σε πολλά είδη σύγχρονων παραστάσεων.

Τέλος, η Foteinou και Murphy [17] μέσω ακουστικών δοκιμών (listening tests) αντιπάρεβαλε τα αποτελέσματα της «ακουστικοποίησης» που παρήχθησαν από τα CATT και ODEON με τα αποτελέσματα επιτόπιων ηχογραφήσεων, για διαφορετικές συνθήκες ηχοαπορρόφησης. Το αποτέλεσμα της έρευνας είναι ότι οι διαφορές στις συνθήκες ηχοαπορρόφησης ήταν πιο αισθητές στις ακουστικές δοκιμές που βασίζονταν σε υλικό (auralizations) από επιτόπιες ηχογραφήσεις σε σχέση με τις δοκιμές που βασίζονταν σε υλικό (auralizations) από προσομοιώσεις.

6 Περιβαλλοντικός θόρυβος

Ως προς τη μελέτη του περιβαλλοντικού θορύβου κατά τη σύγχρονη επαναλειτουργία των αρχαίων θεάτρων, η έρευνα είναι περιορισμένη, στοχεύει στην προσπάθεια διαμόρφωσης κριτηρίων θορύβου κατά τη σύγχρονη χρήση και επικεντρώνεται κυρίως στην παρακολούθηση της εξέλιξης των επιπέδων θορύβου και των πηγών όχλησης.

Οι Barkas και Vardaxis [18] αναγνώρισαν σημαντικές οχλήσεις από το αστικό περιβάλλον σε έρευνα που έκαναν σε 14 θέατρα και ηχογράφησαν έντονους θορύβους από την κυκλοφορία αυτοκινήτων. Προτείνουν τη σύμμορφωση με τα σχετικά διεθνή όρια θορύβου (καμπύλη NC-25) με ό,τι αυτό μπορεί να συνεπάγεται ως προς την αναστολή δραστηριοτήτων στον ευρύτερο χώρο των θεάτρων.

Ένα εξίσου σημαντικό πρόβλημα που επισημαίνεται είναι η συνήθης απουσία της σκηνης στα περισσότερα αρχαία θέατρα. Προτείνεται η κατασκευή ενός αισθητικά ουδέτερου και πτυσσόμενου παρασκηνίου κατά την διάρκεια των παραστάσεων το οποίο μπορεί να συμβάλλει όχι μόνο ως ευεργετικός ανακλαστήρας αλλά και ως ηχοπέτασμα.

7 Συζήτηση

Μετά την παρουσίαση της σύγχρονης ερευνητικής προσπάθειας που αποσκοπεί στην μελέτη των αρχαίων θεάτρων, είναι θα μπορούσαν να διακριθούν δύο κύριες τάσεις. Η πρώτη αφορά την αναπαραγωγή/προσομοίωση του ηχητικού πεδίου των θεάτρων και η δεύτερη την μελέτη της επαναχρησιμοποίησής τους.

Στην πρώτη περίπτωση η έμφαση δίνεται στην εξέλιξη των μεθόδων ηχογράφησης των σημάτων διέγερσης, στην βελτιστοποίηση των προσομοιώσεων στον υπολογιστή, καθώς και στην μελέτη των υποκειμενικών ακουστικών παραμέτρων.

Όσον αφορά στην επαναχρησιμοποίηση, έμφαση δίνεται στην χαρτογράφηση βασικών ακουστικών παραμέτρων των θεάτρων (πχ. RT, STI) και στην στοχευμένη χρήση των προσομοιώσεων στον υπολογιστή

προς αποφυγή σοβαρών ακουστικών αποπημάτων, που μπορεί να προκύψουν από λανθασμένη τοποθέτηση ηχείων, σκηνικών και ανακλαστήρων. Επίσης, εξετάζονται ζητήματα περιβαλλοντικού θορύβου.

8 Αναφορές

[1] K. Angelakis, J.H. Rindel, A. Gade «Theatre of the Sanctuary of Asklepios and the Theatre of Ancient Epidaurus: Objective measurements, computer simulations and listening tests» in *International Conference on The Acoustics of Ancient Theatres*, HELINA and EAA, (2011)

[2] C. Goussios, N. Tsinikas, K. Chourmouziadou, G. Kalliris «The Roman Odeion of Nicopolis: Observations of architectural elements affecting its acoustics. Measurements and calculations of acoustic indices» in *International Conference on The Acoustics of Ancient Theatres*, HELINA and EAA, (2011)

[3] Th. Nianounakis «The Acoustics of the Ancient Theatre of Hephaistia – Limons island, Greece» in *International Conference on The Acoustics of Ancient Theatres*, HELINA and EAA, (2011)

[4] J. Kang University of Sheffield, *Acoustic modeling and measurement for archaeological sites*.

Retrieved from <http://ambpnetwork.wordpress.com/introductions-to-the-field/acoustic-modelling-and-measurement-for-archaeological-sites/>, on July 15th 2012.

[5] P. Karampatzakis, V. Zafranias, S. Polychronopoulos «A study on Aristoxenus acoustic urns (The Vitruvian secret)» in *International Conference on The Acoustics of Ancient Theatres*, HELINA and EAA, (2011)

[6] S. Polychronopoulos, D. Skarlatos, D. Kougias «The use of resonators in ancient Greek Theatres» in *International Conference on The Acoustics of Ancient Theatres*, HELINA and EAA, (2011)

[7] A. Farina, L. Tronchin «New measurement technique for 3D sound characterization in theatres» in *International Conference on The Acoustics of Ancient Theatres*, HELINA and EAA, (2011)

[8] B. Fazenda, I. Drumm «Recreating the sound of Stonehedge» in *International Conference on The Acoustics of Ancient Theatres*, HELINA and EAA, (2011)

[9] A. Farnetani, N. Prodi, P. Fausti «Validation of a numerical code for edge diffraction by means of acoustical measurements on a scale model of an ancient theatre» in *International Conference on The Acoustics of Ancient Theatres*, HELINA and EAA, (2011)

[10] N. Prodi, A. Farnetani, R. Pompoli, P. Fausti «Acoustics and architecture in ancient open air theatres» in *International Conference on The Acoustics of Ancient Theatres*, HELINA and EAA, (2011)

[11] M. Mota «Meter matters: Embodied rhythms at stage as a challenge to the acoustics of ancient theatres» in *International Conference on The Acoustics of Ancient Theatres*, HELINA and EAA, (2011)

[12] J. Blauert «Cognitive aspects of listening in performance spaces» in *International Conference on The Acoustics of Ancient Theatres*, HELINA and EAA, (2011)

[13] B. Blesser, «An analysis of the aural experience of ancient spaces» in *International Conference on The Acoustics of Ancient Theatres*, HELINA and EAA, (2011)

[14] A. Cocchi, «Theatre design: Science or opportunity?» in *International Conference on The Acoustics of Ancient Theatres*, HELINA and EAA, (2011)

[15] Th Vovolis «Mask, Actor, Theatron and Landscape in classical Greek theatre» in *International Conference on The Acoustics of Ancient Theatres*, HELINA and EAA, (2011)

[16] A. Gade, K. Angelakis «Acoustics of ancient Greek and Roman theatres in use today», *4th joint meeting of ASA and ASJ. Honolulu*, (2006)

[17] A. Foteinou, D. Murphy «Perceptual validation in the acoustic modeling and auralization of heritage sites: The acoustic measurement and modeling of St. Margaret's Church, York, UK» in *International Conference on The Acoustics of Ancient Theatres*, HELINA and EAA, (2011)

[18] N. Barkas, N. Vardaxis «Current operation of Ancient Greek Theatres: The problem of environmental noise», in *International Conference on The Acoustics of Ancient Theatres*, HELINA and EAA, (2011)