

Ακουστική σημαντικών παραδοσιακών κτισμάτων της Θράκης και δημιουργία βάσης δεδομένων εικονικών ακροάσεων

Φώτιος Κοντομίχος
Μεταδιδάκτορ / Εργαστήριο
Ενσύρματης Τηλ/νίας, Τμήμα
Ηλ. Μηχανικών
Πανεπιστημίου Πατρών
fortkon@upatras.gr

Γαβριήλ Καμάρης
Ερευνητής / Εργαστήριο
Ενσύρματης Τηλ/νίας, Τμήμα
Ηλ. Μηχανικών
Πανεπιστημίου Πατρών
gpkamaris@upatras.gr

Χαράλαμπος Παπαδάκος
Ερευνητής / Εργαστήριο
Ενσύρματης Τηλ/νίας, Τμήμα
Ηλ. Μηχανικών
Πανεπιστημίου Πατρών
papadakos@upatras.gr

Νικόλαος-Αλέξανδρος Τάτλας
Επίκ. Καθηγητής,
Τμ.Ηλεκτρονικών Μηχ. Τ.Ε.,
Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ. / Θηβών
250 Αιγάλεω
ntatlas@teipir.gr

Στέλιος Μ. Ποτηράκης
Αν. Καθηγητής, Τμ.
Ηλεκτρονικών Μηχ. Τ.Ε.,
Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ. / Θηβών
250 Αιγάλεω
spoti@teipir.gr

Ιωάννης Μουρτζόπουλος
Καθηγητής / Εργαστήριο
Ενσύρματης Τηλ/νίας, Τμήμα
Ηλ. Μηχανικών
Πανεπιστημίου Πατρών
mourjop@upatras.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα παλιά αρχοντικά σπίτια αποτελούν σε πολλές περιοχές της Ελλάδας σημαντικά κτήρια που εκφράζουν ιδιαίτερα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά και συχνά θεωρούνται διατηρητέα μνημεία του πολιτισμού μας. Στην περίπτωση που έχουν συντηρηθεί και αναπαλαιωθεί κατάλληλα και εφόσον δεν κατοικούνται πλέον, φιλοξενούν συνήθως κρατικές υπηρεσίες, παραδοσιακούς ξενώνες, ή μουσεία ποικίλου περιεχομένου και αποτελούν κοιτίδες και κέντρα διεξαγωγής εκδηλώσεων και δραστηριοποίησης ομάδων δημιουργικής απασχόλησης.

Η αποτύπωση των ακουστικών χαρακτηριστικών τέτοιων χώρων αποτελεί στοιχείο της πολιτισμικής κληρονομιάς, εφόσον μπορεί να παράσχει μια εικόνα για το ακουστικό περιβάλλον στο οποίο οι άνθρωποι ζούσαν όταν οι χώροι αυτοί κατοικούνταν. Η σύγχρονη τεχνολογία μας δίνει τη δυνατότητα προκειμένου να αποτυπωθεί και να καταγραφεί η ακουστική συμπεριφορά των χώρων αυτών και να αναπαραχθεί η ακουστική εμπειρία που είχαν στον εκάστοτε χώρο οι άνθρωποι κατά τη διεξαγωγή διαφόρων δραστηριοτήτων στο παρελθόν.

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας, πραγματοποιήθηκε καταγραφή των ακουστικών παραμέτρων, η αρχιτεκτονική αποτύπωση των χώρων αυτών στην περιοχή της Θράκης και δημιουργήθηκαν εικονικές ακροάσεις παραδοσιακού ηχητικού υλικού σε πολλαπλές θέσεις. Η βάση δεδομένων των κρουστικών αποκρίσεων και των εικονικών ακροάσεων πρόκειται να διατεθεί ελεύθερα μέσω του επίσημου ιστότοπου του έργου.

Acoustics of important traditional buildings in Thrace and implementation of
virtual auralization database

ABSTRACT

The old mansions are important traditional buildings in many parts of Greece, showing local architectural characteristics and being significant cultural monuments. When restored properly, they usually host government agencies, traditional guest houses, museums, cultural centers and creative activity groups.

The recording and analysis of acoustic characteristics for such spaces is important for the cultural heritage and can illustrate the acoustic environment in which people lived when the premises were occupied. Modern technology enables the capturing and precise determination of the acoustic behavior of these spaces and the reproduction of the audio experience that people had while conducting various activities in the past.

The present work implemented as part of a project, concerns the recording and evaluation of acoustic parameters with reference to the architectural characteristics of such spaces in Thrace and the creation of virtual auralizations with traditional audio material for multiple listening positions. The database of impulse responses and virtual auralizations will be freely available through the project's official website.

Εισαγωγή

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ακουστικών μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια ενός συνολικότερου έργου που αφορά την αποτύπωση του ηχητικού πολιτισμικού υλικού των κοινοτήτων της Θράκης. Προκειμένου να αποτυπωθούν πληρέστερα τα ακουστικά πολιτιστικά χαρακτηριστικά της περιοχής, εκτός από την ηχογράφιση προφορικού υλικού από κάθε γλωσσολογική κοινότητα (ελληνική, τουρκική, πομακική), πραγματοποιήθηκαν ακουστικές καταγραφές σε σημαντικά πολιτιστικά κτίρια, παλιά αρχοντικά και λατρευτικούς χώρους.

Πιο συγκεκριμένα, για της ανάγκες της εργασίας πραγματοποιήθηκαν καταγραφές σε τρεις τέτοιους χώρους. Στο Ιμαρέτ της Κομοτηνής το οποίο χρησιμοποιείται πλέον ως μουσείο και ως χώρος όπου υλοποιούνται εκπαιδευτικά προγράμματα σε διάφορες βαθμίδες της εκπαίδευσης και επιλεγμένες πολιτιστικές εκδηλώσεις. Ο συγκεκριμένος χώρος διαθέτει κλειστές αίθουσες καθώς επίσης και στεγασμένο αίθριο. Στο λαογραφικό μουσείο της Ξάνθης που φιλοξενείται στο αρχοντικό Κουγιουμτζόγλου και διαθέτει μία αίθουσα εκδηλώσεων και αίθουσα διδασκαλίας και δημιουργικής απασχόλησης νέων. Τέλος, στο αρχαιολογικό μουσείο Μαρώνειας το οποίο στεγάζεται στο αρχοντικό Ταβανιώτη και διαθέτει χώρο διαλέξεων. Για τους συγκεκριμένους χώρους υπολογίζονται οι ακουστικές παράμετροι και σχολιάζονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν.

Πέρα από τις μονοφωνικές μετρήσεις της απόκρισης των συγκεκριμένων χώρων, πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια εξειδικευμένου ανδρείκελου και η αμφιωτική (binaural) καταγραφή σε διαφορετικές θέσεις ακρόασης. Οι αμφιωτικές κρουστικές αποκρίσεις που προέκυψαν, χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή αρχείων εικονικής ακρόασης (virtual auralizations) εντός των συγκεκριμένων χώρων ύστερα από το συνδυασμό με τις ηχογραφήσεις προφορικού πολιτιστικού υλικού και την απαραίτητη επεξεργασία. Τα αρχεία εικονικών ακροάσεων να διατίθενται ελεύθερα στην ιστοσελίδα του έργου [1] διαχέοντας τα πολιτιστικά χαρακτηριστικά της περιοχής.

Στην Ενότητα 1 αναφέρονται τα ιστορικά στοιχεία που αφορούν τα πολιτιστικά κτίρια που μελετήθηκαν, αλλά και η χρήση που έχουν σήμερα. Στην Ενότητα 2 αναφέρονται στοιχεία που αφορούν στη διαδικασία των μετρήσεων. Στην Ενότητα 3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών των ακουστικών παραμέτρων αλλά και μια συγκριτική αποτίμηση της ακουστικής των πολιτιστικών χώρων. Στην Ενότητα 4 αναφέρεται η διαδικασία δημιουργίας της βάσης δεδομένων των εικονικών ακροάσεων και στην Ενότητα 5 καταγράφονται ορισμένα συμπεράσματα.

1 Τα κτίσματα και η χρήση τους

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις κρουστικών αποκρίσεων στο Ιμαρέτ Κομοτηνής, στο Αρχοντικό Κουγιουμτζόγλου, στο Αρχοντικό Ταβανιώτη. Οι συγκεκριμένοι χώροι αποτελούν σημαντικά παραδοσιακά κτίρια στην περιοχή της Θράκης και επιλέχθηκαν προκειμένου να αποτυπωθεί η καθημερινότητα και τα πολιτιστικά χαρακτηριστικά των γλωσσικών κοινοτήτων που συμβιώνουν εκεί.

Το **Ιμαρέτ Κομοτηνής** (Σχ.1α) βρίσκεται στο δυτικό τμήμα της πόλης της Κομοτηνής, χρονολογείται μεταξύ του 1360 και του 1380 και αποτελεί ένα από τα παλαιότερα οθωμανικά μνημεία της περιοχής της Θράκης και της Ευρώπης γενικότερα [2]. Πρόκειται για ένα οικοδόμημα με τρεις χώρους που διαμορφώνουν στην κάτοψη το σχήμα T (τύπου zavnye). Ο μεσαίος χώρος είναι τετράγωνος στην κάτοψη και αποτελεί το κέντρο του κτιρίου. Καλύπτεται με ημισφαιρικό θόλο με χαμηλό οκταγωνικό τύμπανο μέσω τεσσάρων λοφίων κατασκευασμένων με την τεχνική των πρισματικών τριγώνων. Είναι ανοιχτός στη βόρεια πλευρά με δυο πλατιές παραστάδες που στηρίζουν ψηλό ημικυκλικό τόξο που ορίζουν το άνοιγμα. Στο μέσον του νοτίου τοίχου του ανοίγεται ορθογώνια σε κάτοψη κόγχη που επιστέφεται με οξυκόρυφο τόξο διπλής καμπυλότητας. Δυο θύρες με πέτρινα θυρώματα και μεγάλα ανακουφιστικά τόξα πάνω από αυτές στα βόρεια άκρα του ανατολικού και δυτικού τοίχου του οδηγούν στους δυο πλευρικούς χώρους που φέρουν παρόμοια κάλυψη και είναι εξοπλισμένοι με τζάκια [3]. Εκεί στεγάζεται σήμερα το Εκκλησιαστικό Μουσείο της Ιεράς Μητροπόλεως Μαρωνείας και Κομοτηνής, ενώ συχνά ο ίδιος χώρος χρησιμοποιείται για μουσικές εκδηλώσεις και διαλέξεις. Στα πλαίσια της εργασίας μελετήθηκε ο ένας από τους δύο κλειστούς χώρους και ο ημιανοιχτός. Σύμφωνα με τους φύλακες, η κλειστή αίθουσα χρησιμοποιείται για ομιλίες κατά τη διάρκεια των εγκαινίων εκθέσεων.

Το **Αρχοντικό Κουγιουμτζόγλου** (Σχ.1β) βρίσκεται στην παλιά πόλη της Ξάνθης και κτίστηκε το 1877 από τους καπνέμπορους Αθανάσιο και Παντελή Κουγιουμτζόγλου. Πρόκειται για δύο όμοιες μεταξύ τους κατοικίες οι οποίες κατασκευάστηκαν σε επαφή, με ενιαία στέγη που διαμορφώνεται με αέτωμα. Αναπτύσσονται σε τρία επίπεδα και φέρουν εσωτερικά αξιόλογο τοιχογραφικό διάκοσμο. Η οργάνωση των όψεων και η χρήση των υλικών δημιούργησαν ένα ενδιαφέρον αρχιτεκτονικό στυλ με νεοκλασικές επιρροές [4]. Σήμερα, στεγάζει το λαογραφικό μουσείο Ξάνθης και επίσης χρησιμοποιείται για καλλιτεχνικές εκδηλώσεις.

Το **Αρχοντικό Ταβανιώτη** (Σχ.1γ) βρίσκεται στη Μαρόνεια Ροδόπης και κτίστηκε ανάμεσα στα 1880 και 1885 από τον Μαρωνίτη έμπορο Παρράσιο Ταβανιώτη. Έχει χαρακτηριστεί ιστορικό διατηρητέο μνημείο και αποτελεί

αντιπροσωπευτικό δείγμα της οικιστικής αρχιτεκτονικής στη Δυτική Θράκη. Στο ισόγειο το χαμώι χρησιμοποιούνταν για μαγείρεμα και άλλες καλοκαιρινές εργασίες. Το κατώι είχε πατητήρι στη ΝΔ του γωνία, χτιστά αμπάρια για ελιές και πιθάρια για κρασί και λάδι. Στον όροφο η δυτική και η νότια πλευρές του χαγιατιού και της σάλας προβάλλουν σε σαχνισιά (κλειστοί εξώστες). Η ξύλινη στέγη είναι τετράρριχη στον κύριο οικοδομικό πυρήνα και τρίρριχη στις προεξοχές του χαγιατιού δυτικά και νότια [5]. Σήμερα, έχει αποκατασταθεί και φιλοξενεί τη μόνιμη έκθεση αρχαιοτήτων με θέμα «Η Μαρώνεια και ο Ίσμαρος από τα Προϊστορικά μέχρι τα Νεότερα Χρόνια».



α.

β.

γ.

Σχήμα 1 Άποψη των κτιρίων α. Ιμαρέρ Κομοτηνής, β. Αρχοντικό Κουγιουμτζόγλου, γ. Αρχοντικό Ταβανιώτη.

2 Μετρήσεις

Για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας διεξήχθησαν μετρήσεις κρουστικής απόκρισης των χώρων με δύο διαφορετικές μεθόδους: (1) μετρήσεις με παντοκατευθυντικό μικρόφωνο και (2) με αμφιωτική διάταξη μικροφώνων με τη χρήση του ανδρείκελου (KEMAR).

- Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση παντοκατευθυντικού μικροφώνου, προορίζονται κυρίως για ανάλυση και υπολογισμό αντικειμενικών ακουστικών παραμέτρων για τους υπό μελέτη χώρους.
- Οι μετρήσεις που προέκυψαν χρησιμοποιώντας την αμφιωτική διάταξη έχουν σκοπό τη μελέτη της ακουστικής συμπεριφοράς των χώρων μέσω του υπολογισμού παραμέτρων που αξιολογούν τους χώρους αυτούς σύμφωνα με την αντιληπτική ικανότητα του ανθρώπου.

Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε εξοπλισμός ακουστικών μετρήσεων υψηλής πιστότητας.

2.1 Διαδικασία και θέσεις μετρήσεων

Για τις μετρήσεις στην παρούσα εργασία, το σήμα διέγερσης που χρησιμοποιήθηκε ήταν Σήμα Σάρωσης Ημιτόνου (Sine Sweep), η περίοδος του οποίου φθίνει καθώς εξελίσσεται ο χρόνος. Η συνολική του διάρκεια είναι ίση με 10 sec, ώστε να καλύπτει τυπικά τη μέτρηση κρουστικής απόκρισης σε μικρούς, μεσαίους και μεγάλους κλειστούς χώρους. Επίσης, η συχνότητα δειγματοληψίας του σήματος που χρησιμοποιήθηκε ήταν 48 KHz, ενώ ο κβαντισμός ίσος με 16 bit. Αντίστοιχα ήταν και τα χαρακτηριστικά των κρουστικών αποκρίσεων που παράχθηκαν.

Προκειμένου η μελέτη των χώρων να είναι αντικειμενική, αλλά επιπλέον, όπως προαναφέρθηκε, για να παραχθούν εικονικές ακροάσεις σε πληθώρα σημείων στους επιλεγμένους χώρους, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε πολλά σημεία. Η πηγή τοποθετήθηκε σε όλους τους χώρους σε μια φυσική θέση στο ύψος ενός μέσου ομιλητή και το μετρητικό μικρόφωνο όπως και το ανδρείκελο τοποθετήθηκαν στις θέσεις των ακροατών. Ύστερα από τη διεξαγωγή των μετρήσεων, ήταν απαραίτητη η επεξεργασία των αρχείων που προέκυψαν, προκειμένου να γίνουν κατάλληλα για τον υπολογισμό των ακουστικών παραμέτρων, αλλά και για την παραγωγή των αντίστοιχων αρχείων για τις εικονικές ακροάσεις. Η συγκεκριμένη επεξεργασία δεν αλλοιώνει τα χαρακτηριστικά της ακουστικής του χώρου, ούτε έχει επίδραση στα αποτελέσματα των υπολογισμών. Η βασική επεξεργασία που εφαρμόστηκε στα αρχεία των ακουστικών μετρήσεων πραγματοποιήθηκε ήταν η αποκοπή της αρχικής καθυστέρησης εμφάνιση του απευθείας σήματος και εισήχθη σταθερή αρχική καθυστέρηση για όλα τα αρχεία κρουστικών αποκρίσεων. Ακολούθως, οι κρουστικές αποκρίσεις κανονικοποιήθηκαν στη στάθμη και τέλος εφαρμόστηκε παράθυρο για τον περιορισμό της χρονικής τους διάρκειας υιοθετώντας ίδια διάρκεια για όλα τα αρχεία κρουστικών αποκρίσεων.

3 Αντικειμενικές ακουστικές παράμετροι

Οι καθιερωμένες αντικειμενικές ακουστικές παράμετροι που υπολογίζονται στις μελέτες ακουστικής κλειστών χώρων είναι οι εξής:

- Χρόνος αντήχησης (Reverberation Time, RT)
- Ακουστική ευκρίνεια (Clarity, C50)
- Δείκτης μετάδοσης ομιλίας (Speech Transmission Index, STI)

3.1 Χρόνος αντήχησης (RT)

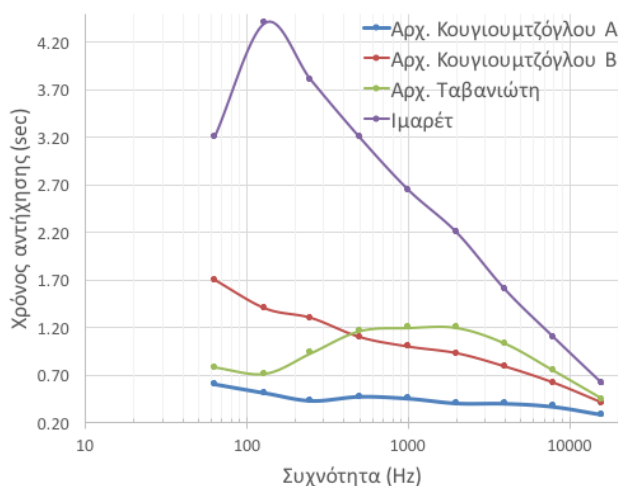
Η ιδανική τιμή του χρόνου αντήχησης έχει προσδιοριστεί πειραματικά στη βιβλιογραφία σε συσχέτιση με την προβλεπόμενη χρήση του χώρου και τον όγκο του [6]. Στον Πίνακα 2, δίνεται ο όγκος κάθε αίθουσας, η ενδεικτική χρήση που γίνεται και η τιμή του ιδανικού χρόνου αντήχησης.

Πίνακας 1 Όγκος υπό μελέτη χώρων και ο ιδανικός χρόνος αντήχησης με βάση τον όγκο και τη χρήση.

Χώρος	Χρήση	Όγκος (m ³)	Ιδανικό RT (sec)
Ιμαρέτ Κομοτηνής (εκθεσιακός χώρος)	Ομιλία	338.25	0.7
Ιμαρέτ Κομοτηνής (εξωτερικός χώρος)	Ομιλία/Μουσική	0.00	-
Αρχοντικό Ταβανιώτη (Αρχαιολογικό Μουσείο Μαρώνειας)	Ομιλία	124.95	0.5

Αρχοντικό Κουγιουμτζόγλου (αίθουσα εκδηλώσεων)	Ομιλία/Μουσική	131.58	0.5/0.9
Αρχοντικό Κουγιουμτζόγλου (αίθουσα δημιουργικής απασχόλησης)	Ομιλία	245.87	0.6

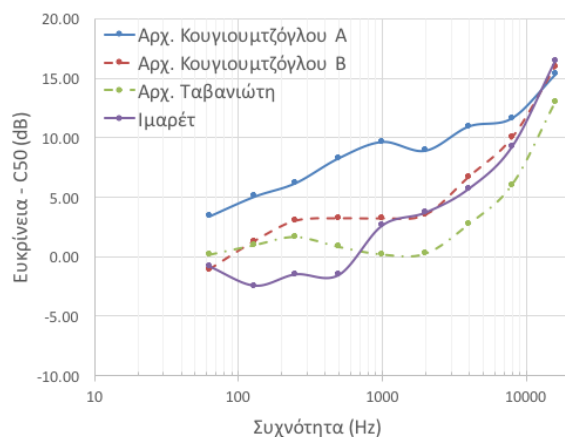
Στη συνέχεια, παρουσιάζεται ο μέσος όρος του χρόνου αντήχησης για τις διάφορες θέσεις μέτρησης στους υπό μελέτη κλειστούς χώρους.



Σχήμα 3 Χρόνος αντήχησης των χώρων που μελετήθηκαν συναρτήσει της συχνότητας.

3.2 Ακουστική ευκρίνεια (C50)

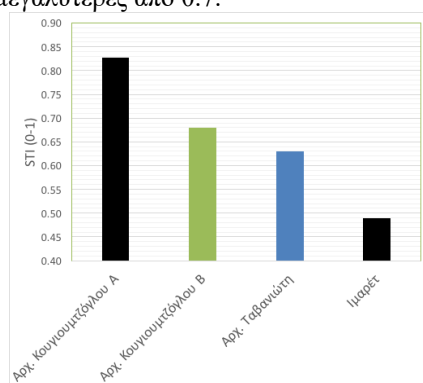
Η ακουστική ευκρίνεια (C50) είναι μία παράμετρος που αναφέρεται στην ευκρίνεια και τη «διαφάνεια» μετάδοσης σήματος ομιλίας ή μουσικής μέσα στο χώρο [7]. Ο υπολογισμός της ευκρίνειας συμπεριλαμβάνει τον προσδιορισμό του λόγου της ακουστικής ενέργειας που διαδίδεται τα πρώτα 50 msec προς την ενέργεια από το χρονικό αυτό σημείο έως το τέλος της κρουστικής απόκρισης. Όσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος αυτός τόσο καλύτερη είναι η μετάδοση και η κατανόηση της ομιλίας. Οποιαδήποτε τιμή της παραμέτρου πάνω από τα 0dB είναι αποδεκτή με βέλτιστη τα +9dB για αίθουσες όπου απαιτείται κατανόηση ομιλίας, ενώ αν η παράμετρος αυτή ισούται με -3dB για τους ίδιους χώρους, η κατανόηση ομιλίας θα είναι πολύ φτωχή [8].



Σχήμα 4 Ακουστική ευκρίνεια (C50) για τους χώρους που μελετήθηκαν συναρτήσει της συχνότητας.

3.3 Δείκτης μετάδοσης ομιλίας (STI)

Ο δείκτης STI αποτελεί μια αντικειμενική παράμετρο που προσδιορίζει το ποσοστό των σωστών συλλαβών που αντιλαμβάνεται ο μέσος ακροατής μέσα σε ένα κλειστό χώρο λαμβάνοντας υπόψη το θόρυβο βάθους και το χρόνο αντήχησης [9]. Οι τιμές του δείκτη μετάδοσης ομιλίας (STI) κυμαίνονται μεταξύ του 0 και του 1, ενώ είναι αποδεκτές από 0.5 και πάνω. Οι χώροι που προορίζονται αποκλειστικά για μετάδοση ομιλίας (χώροι διαλέξεων, αίθουσα διδασκαλίας, θέατρο) πρέπει να έχουν τιμές του δείκτη STI μεγαλύτερες από 0.7.



Σχήμα 5 Δείκτης μετάδοσης ομιλίας χώρων εκδηλώσεων και μουσείων που μελετήθηκαν

4 Δημιουργία βάσης δεδομένων εικονικών ακροάσεων

Οι αμφιωτικές κρουστικές αποκρίσεις που μετρήθηκαν με το ανδρείκελο σε διαφορετικές θέσεις των πολιτιστικών κτιρίων, συνελίχθηκαν με ηχογραφήσεις

προφορικού πολιτιστικού υλικού που ηχογραφήθηκε στην περιοχή της Θράκης. Το αποτέλεσμα της συγκεκριμένης διαδικασίας παράγει αρχεία εικονικής ακρόασης ικανά να μεταφέρουν την ακουστική εντύπωση των χώρων σε έναν ακροατή με τη χρήση ακουστικών. Τα αρχεία υπέστησαν κατάλληλη επεξεργασία για τη διαχείριση της έντασης και την αφαίρεση παραμορφώσεων ιδιαίτερα στην περιοχή των χαμηλών συχνοτήτων. Η βάση δεδομένων των εικονικών ακρόασεων πρόκειται διατίθεται ελεύθερα από την επίσημη ιστοσελίδα του έργου [1].

5 Συμπεράσματα

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι χώροι που μελετήθηκαν χρησιμοποιούνται κυρίως για κοινωνικές – πολιτιστικές εκδηλώσεις με κύρια δραστηριότητα τη μετάδοση ομιλίας και σε ορισμένες περιπτώσεις τη μουσική. Συγκριτικά, η αίθουσα εκδηλώσεων στο Αρχοντικό Κουγιουμτζόγλου (Λαογραφικό Μουσείο Ξάνθης) είναι αυτή που παρουσιάζει την καλύτερη ακουστική συμπεριφορά και η αίθουσα στο Ιμαρέτ αυτή που παρουσιάζει την πιο προβληματική συμπεριφορά. Το γεγονός αυτό είναι αναμενόμενο μιας και ιστορικά το Ιμαρέτ δεν κατασκευάστηκε με έμφαση στην ακουστική συμπεριφορά.

Παρατηρώντας τις τιμές των αντικειμενικών παραμέτρων που υπολογίστηκαν στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, είναι ξεκάθαρο ότι οι αίθουσες κατά κύριο λόγο είναι ακατάλληλες να φιλοξενούν τις εκδηλώσεις οι οποίες οργανώνονται σε αυτές. Η έλλειψη ακουστικής μελέτης αλλά και οποιασδήποτε μορφής ακουστικής διαμόρφωσης είναι εμφανής. Αυτό εν μέρει δικαιολογείται από το γεγονός ότι οι χώροι αυτοί στο παρελθόν είχαν διαφορετική χρηστικότητα, όπως οικιακοί χώροι κ.ά., οπότε οι απαιτήσεις για την ακουστική συμπεριφορά ήταν διαφορετικές, ενώ επίσης ορισμένες από τις αίθουσες ήταν κενές από έπιπλα και ως εκ τούτου εμφάνιζαν υψηλή αντήχηση. Επίσης, ως διατηρητέοι χώροι οι επεμβάσεις που μπορούν να γίνουν σε πολλές περιπτώσεις είναι είτε απαγορευμένες, είτε αρκετά δαπανηρές.

6 Ευχαριστίες

“The research leading to these results has received funding from the [EEA] Mechanism 2009-2014 under Project Contract n° [3768].

Αναφορές

- [1] <http://ct-audiolink.gr/>
- [2] M. Kiel. Studies on the Ottoman Architecture of the Balkans. Variorum (1990).
- [3] http://odysseus.culture.gr/h/2/gh251.jsp?obj_id=1775, Ιστοσελίδα Υπουργείου Πολιτισμού και Αθλητισμού, ανακτήθηκε 01/07/2016.
- [4] http://odysseus.culture.gr/h/2/gh251.jsp?obj_id=856, Ιστοσελίδα Υπουργείου Πολιτισμού και Αθλητισμού, ανακτήθηκε 01/07/2016.
- [5] http://odysseus.culture.gr/h/1/gh151.jsp?obj_id=20342, Ιστοσελίδα Υπουργείου Πολιτισμού και Αθλητισμού, ανακτήθηκε 01/07/2016.
- [6] L. Beranek. Acoustics. Acoustical Society of America. NY (1996).
- [7] L. E. Kinsler, A. R. Frey, A. B. Coppens, J. V. Sanders. Fundamentals of Acoustics – 4th edition. John Wiley & Sons (2000).
- [8] Δ. Σκαρλάτος, Εφαρμοσμένη Ακουστική, Εκδόσεις Gotsis (2015).

- [9] W. J. Cavanaugh, G. C. Tocci, J. A. Wilkes. *Architectural Acoustics: Principles and Practice*. John Wiley & Sons (2010).