

Δημοσιεύτηκε στα πρακτικά του Συνεδρίου «ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ 2004» σελ 25-30

**Σχεδιασμός υπαιθρίου θεάτρου σε αστικό κέντρο :
ΤΟ ΘΕΑΤΡΟ ΚΗΠΟΥ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**

Νίκος Κ. Μπάρκας

δρ. πολιτικός μηχανικός Δ.Π.Θ. duar ακουστικής Le Mans France,
επίκουρος καθηγητής, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών Δ.Π.Θ.
e-mail : nbarkas@arch.duth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το Θέατρο Κήπου λειτουργεί από δεκαετίες στο κέντρο της Θεσσαλονίκης. Ο διαχρονικά εντεινόμενος κυκλοφοριακός θόρυβος οδήγησε στην ακουστική υποβάθμιση και τη σταδιακή συρρίκνωση των λειτουργιών του. Με την ευκαιρία της διοργάνωσης της Πολιτιστικής Πρωτεύουσας της Ευρώπης (1997), μελετήθηκε ο επανασχεδιασμός του Θεάτρου, με βάση τις προτάσεις του συγγραφέα, στο πλαίσιο ενός ευρύτερου πολεοδομικού – κυκλοφοριακού ανασχηματισμού στο ιστορικό κέντρο της πόλης, ο οποίος όμως δεν υλοποιήθηκε ποτέ.

Κατά τη διάρκεια της μελέτης και της κατασκευής του Θεάτρου Κήπου, το μέγεθος των προβλεπόμενων ακουστικών παρεμβάσεων περιορίστηκε εξαιτίας ποικίλων προβλημάτων και περικοπών του προϋπολογισμού. Η ανακοίνωση διαπραγματεύεται τις παραμέτρους σχεδιασμού που βελτιστοποιούν την ακουστική λειτουργία και μεγιστοποιούν την ηχοπροστασία ενός αστικού υπαιθρίου θεάτρου (χωροθέτηση, θεατρική μορφή, ηχοφράγματα). Η διαπραγμάτευση περιλαμβάνει την ανάλυση της αρχικής κατάστασης, τις ακουστικές προτάσεις και την αξιολόγηση των τελικών εφαρμογών.

ABSTRACT

The Garden Theatre has for decades been located in the centre of Thessaloniki. The intensification of traffic noise over the years led to the degradation of its acoustics and its use dwindled. In 1997, the organisation of the Cultural Capital of Europe served as a springboard for a study conducted by the author on redesigning the theatre (as part of a more general restructuring of the buildings and traffic in the city's historical centre, which was never implemented). Various problems and budget cuts experienced during the design and construction of the Garden Theatre led to restricted execution of the planned acoustic interventions.

This paper deals with the design parameters that optimise acoustic function and maximise sound protection in an urban open-air theatre (location, theatre form, sound barriers) and includes an analysis of the theatre's initial state, acoustic proposals and an assessment of the final applications.

Εισαγωγή

Το σύγχρονο πλαίσιο αστικής οργάνωσης και κυκλοφορίας ασκεί ασφυκτικές πιέσεις στον επίζηλο χώρο και στην ακουστική άνεση των υπαίθριων θεάτρων. Συνήθως οι διαθέσιμοι χώροι δεν επαρκούν για να διαμορφωθούν φυσικά αναχώματα (γήλοφοι, πρανή) και συχνά, το μέγεθος των απαιτούμενων επεμβάσεων τείνει να αναιρέσει την ανοικτή, υπαίθρια μορφή του χώρου. Η αναγκαστική εξάρτηση από τα συστήματα ηλεκτρακουστικής ενίσχυσης συρρικνώνει σταδιακά το φάσμα των δραστηριοτήτων, περιορίζει το θεατρικό ρεπερτόριο, οδηγεί σε αδυναμία συντήρησης και ανακαίνισης, καταλήγει στην απαξίωση υποδομών και εξοπλισμού.

Ο σχεδιασμός νέων υπαίθριων θεάτρων ανατρέχει στα θετικά πρότυπα αντίστοιχων μνημείων που διασώθηκαν μέσα στο σύγχρονο αστικό ιστό, ενώ η ηχοπροστασία ανάγεται σε βασική παράμετρο του θεατρικού σχεδιασμού. [1]. Κοινός τόπος των συντελεστών μιας παράστασης είναι η απρόσκοπτη θεατρική επικοινωνία, η άνετη οπτική επαφή, η ζωντάνια του χώρου, η καταληπτότητα και διαύγεια του θεατρικού λόγου. Μακρόχρονες ακουστικές έρευνες σε υπαίθριους χώρους, έδειξαν ότι οι βασικές αρχές σχεδιασμού είναι :

- η εξουδετέρωση /ο υποβιβασμός των εξωτερικών θορύβων (ηχοπροστασία, ακουστική άνεση),

- η αρμονική ανάπτυξη των λειτουργικών στοιχείων του θεατρικού χώρου στα μέτρα της ανθρώπινης φωνητικής και ακουστικής κλίμακας (θεατρική μορφή, μέγεθος, χωρητικότητα),

- η ευχερής ανάδειξη του κατευθείαν ήχου και η ενίσχυση του με έγκαιρες ηχοανακλάσεις (ένα αυτοδύναμο φυσικό μεγάφωνο από το δάπεδο, το σκηνικό βάθος και το συνδυασμό τους),

- ο έλεγχος /η υποβάθμιση των ύστερων ηχοανακλάσεων (περιορισμός της αντήχησης, εξαφάνιση της ηχούς) [2], [3].

Για τη βελτιστοποίηση του ακουστικού σχεδιασμού υπαίθριων θεάτρων (ιδίως σε περιπτώσεις δυσμενούς ηχητικού περιβάλλοντος) απαιτείται η συνδυασμένη αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων μιας ανοικτής κάτοψης και ο περιορισμός των ορίων του θεατρικού χώρου. Σε αυτή την κατεύθυνση, επιλογές που ανάγονται στην οικεία μορφή του ελληνο-ρωμαϊκού θεάτρου περιλαμβάνουν :

- ελάττωση της χωρητικότητας και του αξονικού αναπτύγματος, με την προώθηση του προσκηνίου στο εσωτερικό της ορχήστρας (κατά το μισό ή τρίτο της ακτίνας),

- προσομοίωση μιας κλειστής κάτοψης από το κοίλο και το κτίριο της σκηνής, με περιορισμό των ανοιγμάτων στις παρόδους,

- κατάλληλη διαμόρφωση του σκηνικού βάθους και των πλευρικών του απολήξεων (παρασκήνια) για την εξουδετέρωση των βλαπτικών, πλαγίων ηχοανακλάσεων [2], [4].

Η υπαίθρια ηχοπροστασία στοχεύει στην εκμετάλλευση της ακουστικής περιθλασης, με την παρεμβολή φυσικών ή τεχνητών ηχοφραγμάτων ανάμεσα στις πηγές θορύβου και την προστατευόμενη περιοχή. Η έκταση, και η οριακή συχνότητα της ακουστικής σκιάς, καθώς και η απομείωση του θορύβου, ως συνάρτηση του ενεργού ύψους και της θέσης του ηχοφράγματος, υπολογίζονται αναλυτικά με τον τύπο του Bruckmayer, σύμφωνα με τη θεωρία των Huygens-Fresnel, για σφαιρικό ή επίπεδο κύμα (οριακές συνθήκες κατά Fresnel ή Sommerfeld) [5], [6].

Στον Ελληνικό Κτιριοδομικό Κανονισμό, όπου τα επιτρεπόμενα όρια ακουστικής άνεσης αναφέρονται σε μέσες, ωριαίες ηχοστάθμες, δεν περιλαμβάνονται ειδικά κριτήρια για Θέατρα. Η διεθνής πρακτική, για την ηχοπροστασία της θεατρικής λειτουργίας υιοθετεί στις καμπύλες NC-25 ως 30 (Noise Criteria), ενώ για πολιτιστικούς χώρους υψηλής σπουδαιότητας, προτείνεται η διόρθωση των στατιστικά ισοδύναμων μεγεθών, με τη μέγιστη, αναμενόμενη τιμή θορύβου [6], [7].

Βασικό κριτήριο της αρχιτεκτονικής ακουστικής είναι ο λόγος S/N (σήμα προς θόρυβο) [8], [9]. Σε μια εύχρηστη μέθοδο ακουστικής αξιολόγησης ενός χώρου, διερευνάται η χωρική κατανομή αυτού του κριτηρίου, υπολογίζοντας τα παράγωγα μεγέθη της «Ανάδυσης» και της «Φασματικής Πυκνότητας» (Emergence / Densite Spectrale, δηλαδή η ευδιάκριτη διαφορά στάθμης μεταξύ μηνύματος και θορύβου βάθους σε σφαιρικές-συχνοτικές τιμές), σύμφωνα με τα βαθμονομημένα όρια : άριστη (>25 dB), καλή (20-25 dB), μέτρια (15-20 dB), μη ικανοποιητική (<15dB) [10].

1. Το Θέατρο Κήπου πριν την ανακατασκευή

Το Δημοτικό Θέατρο Κήπου είναι ο μοναδικός υπαίθριος πολιτιστικός χώρος στο κέντρο της Θεσσαλονίκης (παραλία Λευκού Πύργου), όπου ιστορικά φιλοξενήθηκαν πολυάριθμοι, υπαίθριοι χώροι αναψυχής. Ύστερα από διαδοχικές μετατροπές, ο θεατρικός χώρος αναπτύχθηκε σε έκταση περίπου τριών στρεμμάτων (στο βόρειο τμήμα του πάρκου, δυτικά της κεντρικής αλέας) με πρόσβαση επί της οδού Ν. Γερμανού, σε απόσταση περίπου 80 μέτρων νοτιοδυτικά του κόμβου της ΧΑΝΘ.

Την τελευταία περίοδο λειτουργίας (μετά την ανακαίνιση της δεκαετίας του '80) το Θέατρο Κήπου, με χωρητικότητα 630 θέσεων, εμφάνισε σοβαρά μειονεκτήματα όπως η διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου, η διάταξη των λειτουργικών στοιχείων (περιορισμένη ορατότητα, δυσχερής επικοινωνία σκηνης-παρασκηνίων), η έλλειψη ασφάλειας και βοηθητικών χώρων. Ωστόσο το σημαντικότερο πρόβλημα, ως αποτέλεσμα της ανύπαρκτης ηχοπροστασίας του χώρου, ήταν η φτωχή ακουστική άνεση :

- ο θόρυβος βάθους κυμαινόταν στα 66 dB(A) (συχνοτικό ακρότατο 81dB στα 50 Hz), με σημαντικές υπερβάσεις [69 ως 75 dB(A)] από τη βαριά κυκλοφορία στη Ν. Γερμανού, τη λειτουργία των αναψυκτηρίων και την παράνομη διέλευση μοτοσικλετών,

- το σκηνικό βάθος (κοίλο ως προς το χώρο) συγκέντρωνε ένα τμήμα των θορύβων του περιβάλλοντος και το αντανακλούσε προς το προσκήνιο και την πλατεία,

- το εκτεταμένο αξονικό ανάπτυγμα και η χαμηλή κλίση της πλατείας προκαλούσαν σε μεγάλο τμήμα των θέσεων εξασθένηση του κατευθείαν ήχου και φτωχές γωνίες ακρόασης (< 5⁰),

- η διάταξη των λειτουργικών στοιχείων (πλατεία, ορχήστρα, προσκήνιο, σκηνικό βάθος) δεν προσέφερε στο χώρο φυσική, μεγαφωνική ενίσχυση.

Όπως φαίνεται στη 1^η στήλη του Πίνακα 1, η ανάδυση υπολείπεται κατά 5-10 dB του θορύβου βάθους σε μεγάλο μέρος της πλατείας, καθιστώντας υποχρεωτική τη λειτουργία μιας ηλεκτρακουστικής εγκατάστασης (τρία μικρόφωνα ισχυρού βάθους-περιορισμένης ζώνης στο όριο του προσκηνίου και δύο ηχοστήλες μεγαφώνων στις άκρες της σκηνης). Αυτή η εξέλιξη περιόριζε τις κινήσεις των ηθοποιών και αλλοίωνε τα χαρακτηριστικά της φωνής τους, αυξάνοντας την απόσταση του κοινού από τα δρώμενα. Συχνά μέσα από το ηλεκτρακουστικό σύστημα ενισχυόταν ο θόρυβος βάθους, ενώ αναπόφευκτα, η κατανομή των ηχητικών εντάσεων και η καταλη-

πτότητα της ομιλίας εμφάνιζαν έντονες αποκλίσεις (>10dB μεταξύ των ακραίων θέσεων).

Πίνακας 1 : Αξιολόγηση της ακουστικής λειτουργίας του χώρου

Πηγή : ηθοποιός (85dB στο 1m)	ΠΡΟ	ΜΟΝΤΕΛΟ	ΜΕΤΑ
Ενίσχυση (dB)	15 - 20	5,5 - 6,5	3,5 - 4,5
Μέση απόσταση θεατών (m)	16	27	22
Απομείωση λόγω απόστασης (dB)	-24	-28,5	-26,5
Θόρυβος βάθους (dB)	66	40 - 45	48 - 52
Ανάδυση (dB)	~ 10	~ 20	10 - 15
Απόκλιση ακραίων σειρών (dB)	` +/- 5	` +/- 2,5	` +/- 1,5

2. Προτάσεις σχεδιασμού – Ακουστική μελέτη

Η ηχητική χαρτογράφηση της περιοχής και η διεξοδική ανάλυση των ηχομετρήσεων (11-12/1995) έδειξαν το μέγεθος της παρενόχλησης από τη συνεχή κυκλοφορία του κόμβου (στάθμες μέχρι 81dB), τη σοβαρή επίδραση της περιορισμένης διάρκειας του πράσινου ρεύματος στους βασικούς άξονες (μόνο το 42% της περιόδου των φαναριών, συχνό φρενάρισμα-μαρσάρισμα), καθώς και την ανατροφοδότηση του θορύβου εξαιτίας της τοπογραφίας (άξονες ανάντι, απομειώσεις μικρότερες της ηχοδιάδοσης κυλινδρικού κύματος, αντανακλάσεις από το κτίριο της ΧΑΝΘ).

Οι βασικές αρχές σχεδιασμού, όπως προτάθηκαν στην προκαταρκτική μελέτη σκοπιμότητας (9/1994), διαμορφώθηκαν στο πλαίσιο της μελετητικής ομάδας (1-6/1996) και εγκρίθηκαν από τον Κύριο του Έργου προέβλεπαν :

α) την ανάπλαση της ευρύτερης περιοχής προς όφελος των δραστηριοτήτων αναψυχής και πολιτισμού (ενοποίηση οικοδομικών τετραγώνων ΕΜΣ-ΧΑΝΘ με το πάρκο, επανασχεδιασμός κεντρικής αλέας, επαναχάραξη του κόμβου)

Το σύνολο αυτών των προτάσεων εγκαταλείφθηκε.

β) την πεζοδρόμηση της οδού Ν. Γερμανού, την απαγόρευση λειτουργίας ηλεκτροακουστικών συστημάτων στα γειτονικά αναψυκτήρια και την αστυνόμευση της περιοχής

Η πεζοδρόμηση (ή έστω η μερική διακοπή της κυκλοφορίας, όπως ίσχυε πριν την ανακατασκευή) δεν εφαρμόζεται.

γ) την οριακή μετακίνηση του θεατρικού χώρου, με παράλληλη ενσωμάτωση ενός αριθμού δέντρων

Η νέα χωροθέτηση προέκυψε με ολίσθηση του χώρου στη σκιά του κτιρίου της ΧΑΝΘ, την απομάκρυνση της εισόδου από την κεντρική αλέα και την περιστροφή του κεντρικού θεατρικού άξονα (το βασικό σώμα των προστατευτικών μέτρων) προς το κύριο μέτωπο του κόμβου,

δ) ένα σύνολο ηχοπροστατευτικών μέτρων ενεργού ύψους 7,5m, το είδος και μέγεθος των οποίων αποτέλεσε πεδίο διαρκών διαπραγματεύσεων και τροποποιήσεων (από την προκαταρκτική μελέτη μέχρι και την κατασκευή)

Η πρόταση καταβύθισης του θεατρικού χώρου κατά 4-4,5m μειώθηκε αρχικά στα 3,36m, λόγω της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα. Εκτός του περιμετρικού θώρακα ύψους 3,5m, η ηχοπροστασία ενισχύθηκε με ένα κλειστό περιστύλιο στη στέψη

του κοίλου (ύψους 4,5m για την προστασία της εισόδου των θεατών) και ένα οριζόντιο στέγαστρο (ύψους 8,5m για την σκίαση του κοίλου και της ορχήστρας, το οποίο τελικά περιορίστηκε στο ημικύκλιο πίσω από το κοίλο). Η αναλυτική παρουσίαση του υπολογιστικού μοντέλου και της χάραξης των ηχοπροστατευτικών διατάξεων θα αποτελέσει αντικείμενο άλλης διαπραγμάτευσης,

ε) τον πλήρη επανασχεδιασμό ενός θεατρικού χώρου κλειστής κάτοψης σε διάταξη ελληνο-ρωμαϊκού τύπου

Ο ακουστικός σχεδιασμός προέβλεπε τη συρρίκνωση του αξονικού αναπτύγματος (κοίλο, ορχήστρα, προσκήνιο) σε μια σκιασμένη περιοχή 33-36m. Η ορχήστρα (ακτίνας 10m) στο κέντρο της σύνθεσης περικλείεται από το αμφιθέατρο (σε άνοιγμα 225° , με 12 βαθμίδες, κλίση 23° , χωρητικότητα περίπου 1050 θέσεων και γωνίες ακρόασης 11° - 15°) και το σκηνικό πλαίσιο (πλάτος 20m) με τις πλευρικές του πτέρυγες (πλάτος 4-6m) μπροστά από το κτίριο της σκηνής. Ο προσκήνιος χώρος στην κατώτερη στάθμη (ωφέλιμου βάθους 7,5m) εισχωρούσε στο εσωτερικό της περιφέρειας (κατά 3,8m), εξασφαλίζοντας θετικές ηχοανακλάσεις (από την ορχήστρα, το σκηνικό πλαίσιο και το συνδυασμό τους) και σκιασμό των παρόδων (λοξοί διάδρομοι ανάμεσα στις άκρες του κοίλου και το κτίριο της σκηνής προς τις εξόδους κινδύνου).

Όπως φαίνεται στη 2^η στήλη του Πίνακα 1 (το υπολογιστικό μοντέλο της ακουστικής πρότασης), ο αναμενόμενος θόρυβος βάθους θα κυμαινόταν από NC-30 ως 35 (απομείωση 21dB) και η προβλεπόμενη ανάδυσση θα υπερέβαινε τα 20 dB (αποκλίσεις +/-2,5 dB στις ακραίες βαθμίδες).

3. Τροποποιήσεις – αξιολόγηση της εφαρμογής

Η ελάττωση του επιτρεπόμενου αμφιθεατρικού ύψους (7 βαθμίδες, χωρητικότητα 800 θέσεων, λόγω της μικρής καταβύθισης) έτεινε σε δυσανάλογο περιορισμό της έκτασης του θεατρικού χώρου. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος οι αρχιτεκτονικές επιλογές οδηγήθηκαν στην υιοθέτηση μιας σύνθετης διαμόρφωσης βαθμίδων (διατηρώντας την κλίση του κοίλου και τις διαστάσεις της σκηνής, δηλαδή αυξάνοντας τον κεντρικό και τον εγκάρσιο άξονα του χώρου).

Μετά την έναρξη των εκσκαφών, ο εντοπισμός αρχαιολογικών ευρημάτων έθεσε σε μεγάλη καθυστέρηση και οικονομική επιβάρυνση το πρόγραμμα της κατασκευής. Μπροστά στον κίνδυνο της ματαίωσης του Έργου, αλλά και της οριστικής εξαφάνισης του Θεάτρου Κήπου, η ομάδα επίβλεψης των Τεχνικών Υπευθύνων προχώρησε σε τροποποιήσεις της Μελέτης (ανύψωση της ορχήστρας κατά 70cm μέχρι τη στάθμη -2,70m, κατάργηση της 1^{ης} βαθμίδας, διατήρηση της έκτασης του θεατρικού χώρου).

Μέσα από μια διαδικασία διαδοχικών τροποποιήσεων (περιορισμό του σκιασμένου αναπτύγματος, επέκταση της ορχήστρας και του προσκηνίου χώρου), η ακουστική λειτουργία του Θεάτρου Κήπου οδηγήθηκε σε ακυρώσεις (ποιοτικά κρίσιμες και ποσοτικά οριακές) των προβλέψεων του ακουστικού μοντέλου :

-η μείωση της καταβύθισης περιόρισε την ηχοπροστασία του προσκηνίου, ωθώντας τους ηθοποιούς στο χώρο της ορχήστρας,

-η τροποποίηση των γεωμετρικών αναλογιών συνέτεινε στη μετακίνηση του σκηνικού χώρου προς το κέντρο (έξω από τα προβλεπόμενα όρια της ζώνης Haas, σε σχέση με το σκηνικό πλαίσιο),

-η ανάδυση του ωφέλιμου σήματος δεν ενισχύθηκε από την αναμενόμενη ακουστική συνεισφορά των λειτουργικών στοιχείων του θεατρικού χώρου.

Όπως φαίνεται στη 3^η στήλη του Πίνακα 1, οι μετρήσεις αξιολόγησης (7/98) εμφανίζουν το θόρυβο βάθους μεταξύ NC-35 και NC-40 (περίπου +3 dB ως προς τον αναμενόμενο, με σημαντικές υπερβάσεις 7-11dB λόγω της συνεχιζόμενης κυκλοφορίας στη Ν. Γερμανού) και την ανάδυση περίπου 15 dB (-6 dB ως προς το αναμενόμενο, με αποκλίσεις +/-1,5 dB στις ακραίες βαθμίδες). Αυτή η εξέλιξη έχει ως αποτέλεσμα την αδυναμία διαρκούς εξασφάλισης σταθερά ικανοποιητικών συνθηκών ακουστικής άνεσης κατά τη διάρκεια των παραστάσεων.

4. Ταυτότητα του Έργου

Το Έργο χρηματοδοτήθηκε με 440εκ. δρχ. από το ΥΠΕΧΩΔΕ και κατασκευάστηκε από την κοινοπραξία ΔΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΕ – Ζ. ΑΘΑΝΑΣΙΑΔΗΣ ΑΤΕ. Δι-οίκηση και Τεχνικός Υπεύθυνος του Έργου ήταν η ομάδα ΣΑΡΙΣΑ με τους Γ. Γαϊτανάκη, Ι. Λεβέντη, Ε. Νούλη, Α. Ξυροτύρη, Ν. Σιπητάνο και Χ. Τοκατλίδη.

Η Αρχιτεκτονική Μελέτη του Έργου εκπονήθηκε από τους αρχιτέκτονες Γ. Αθανασόπουλο, Α. Βανό, Γ. Βλάχο, Τ. Βασιλειάδη, Γ. Παπακόστα, Ε. Σταύρακα, Μ. Φρύσσα με σύμβουλο το συγγραφέα. Η Στατική Μελέτη από τον Κρ. Σαλπικτή με συνεργάτη τον Γ. Γιαντσίδη και σύμβουλο τον Ι. Παπαδόπουλο. Η Η/Μ Μελέτη από τον Δ. Σακιζλή με συμβούλους τους Δ. Κεραμίδα και Γ. Ταρκάση[11].

Η αρχική ιδέα της ανακατασκευής του Θεάτρου Κήπου ανήκει στο συγγραφέα. Διατυπώθηκε στη Προκαταρκτική Μελέτη Σκοπιμότητας, που εκπονήθηκε από τους αρχιτέκτονες Γ. Αικατερινάρη, Α. Βανό και Μ. Φρύσσα, με σύμβουλο το συγγραφέα. Η συμπληρωματική Μελέτη Ηχοπροστασίας – Ακουστικής είναι προϊόν συνεργασίας του Α. Βανού και του συγγραφέα. Η ηχητική χαρτογράφηση της περιοχής σχεδιάστηκε από τους Α. Βανό, Δ. Κεραμίδα και το συγγραφέα και υλοποιήθηκε από το συγγραφέα.

5. Αναφορές

- [1] Αθανασόπουλος Χ.Γ. «Προβλήματα στις Εξελίξεις του Συγχρόνου Θεάτρου», Ι. Σιδέρης, 1976, Αθήνα
- [2] Canac Fr. «L' Acoustique des Theatres Antiques», CNRS, 1967, Paris
- [3] Μάρκας Ν.Κ. «Η Ακουστική ως Παράμετρος Σχεδιασμού στο Αρχαίο Ελληνικό Θέατρο» Μνημείο & Περιβάλλον, τεύχος 2, 1994, Θεσσαλονίκη
- [4] Izenour G. «Theater Design» Mc Graw-Hill, 1977, New York
- [5] Bruneau M. «Introduction aux Theories de l' Acoustique», 1984, Le Mans.
- [6] Stryjenski J. «L' Acoustique Applique a l' Urbanisme», 1975, Geneve.
- [7] Αθανασόπουλος Χ. «Προστασία Κτιρίων» 1991, Αθήνα.
- [8] Vian J.V. «Criteres Acoustiques d' une Salle» CSTB, 1983, Grenoble
- [9] Liepp E. « Qualites Acoustiques des Lieux d' Ecoute», CNRS, 1981, Paris
- [10] Storm S. «Room Acoustical Parameters with High Correlation to Subjective Preference», ELAB 1982, Trondheim
- [11] «Μετασχηματισμοί του Αστικού Τοπίου», Οργανισμός Θεσσαλονίκης, ΥΠΕΧΩΔΕ, επιμελητής Α. Παπαδόπουλος, Α. Λιβάνης