

Δημοσιεύτηκε στα πρακτικά του συνεδρίου ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ 2022 Θεσσαλονίκη

Μορφές σύγχρονων αιθουσών συναυλίας : προβλήματα αρχιτεκτονικού & ακουστικού σχεδιασμού

Νίκος Μπάρκας Μιχάλης Αθανασίου Βασίλης Σαράντης
nbarkas@arch.dth.gr athanamih@gmail.com vasilis.sarantis@outlook.com.gr
Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών ΔΠΘ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι διαφορετικές απαιτήσεις ακουστικής άνεσης στους χώρους λόγου και μουσικής, μετά την αρχαιότητα επανήλθαν κατά την Αναγέννηση, παίρνοντας μια επικρατούσα, αλλά ατελή, λύση την εποχή του Μπαρόκ. Για τη διάταξη και τη μορφή αυτών των αιθουσών επιλέχθηκαν συγκεκριμένα πρότυπα που κατέληγαν στην ορθογώνια διάταξη τύπου shoebox, μια μορφή μπαρόκ που κυριαρχεί μέχρι τις μέρες μας.

Μια εναλλακτική εκδοχή εμφανίστηκε στην Φιλαρμονική του Βερολίνου (1963), με τη διάταξη τύπου vineyard, μορφή που ανάγεται σε προτάσεις θεατρικού σχεδιασμού για θέατρα ανοικτής σκηνής ή αρένες. Κατά τη σύγχρονη εποχή (20ος - 21ος αιώνας) οι αίθουσες συναυλιών είναι πλέον χώροι εξοπλισμένοι με άρτια τεχνολογικά μέσα και συνεχίζουν να προβάλλουν ως σύμβολα του πλούτου και της ανάπτυξης ενός τόπου.

Forms of modern concert halls: architectural & acoustic design problems

ABSTRACT

The different acoustic comfort requirements in speech and music spaces, after the classical era, returned during the Renaissance, receiving a prevailing, but incomplete, solution during the Baroque era. For the layout and form of these rooms, specific stereotypes were chosen that resulted in the rectangular, uni-axial layout (shoebox type), a baroque form that dominates until nowadays.

The emergence of an alternative version with the vineyard layout appeared at the Berlin Philharmonic (1963), a format that goes back to theatrical design proposals for open stage or arena. In the modern era (20th - 21st century) concert halls are places equipped with advanced technological means and continue to stand as symbols of the wealth and development of a place.

Εισαγωγή

Μέχρι και τα τέλη του 17ου αιώνα οι μουσικές εκδηλώσεις φιλοξενούνταν στα μεγάλα, συνήθως ορθογώνια, σαλόνια των ανακτόρων. Ύστερα από τις κοινωνικές

αναταράξεις που διαπέρασαν την Ευρώπη τον 18ο αιώνα, προέκυψε η ανάγκη κατασκευής δημοσίων αιθουσών συναυλίας που, συνήθως, προσομοίαζαν σε σχήμα, μέγεθος και αναλογίες με τα ανακτορικά σαλόνια. Είναι ένας τύπος αίθουσας σχετικά μικρής χωρητικότητας, με αναλογίες διπλού, όρθιου κύβου, που λόγω των υψηλών πλάγιων τοίχων πήρε αργότερα το όνομα shoebox (κουτί παπουτσιών) (Haydn Saal – 1700, Hanover Square Rooms - 1775, Alles Gewandhaus Concert Hall - 1780) [1]

Για να εξασφαλιστεί μεγαλύτερη χωρητικότητα σε θεατές και μουσικούς, ο J. Meyer πρότεινε τη διατήρηση των αναλογιών αυτού του τύπου, αυξάνοντας ομοιόμορφα τις βασικές διαστάσεις, σε συνδυασμό με την αντικατάσταση των ξύλινων επενδύσεων από άλλα, συμπαγή υλικά, για να διατηρηθεί η υψηλή αντήχηση. Μέχρι τα μέσα του 19ου αιώνα ο τύπος shoebox θεωρείτο ο πιο επιτυχημένος ακουστικά τύπος αίθουσας. Όμως η απαίτηση για περαιτέρω αύξηση της χωρητικότητας οδήγησε στην προθήκη θεωρείων και εξωστών κατά μήκος των πλάγιων πλευρών, κίνηση που επέτρεψε την εμφάνιση πρόσθετων ηχο-ανακλάσεων, τυχαίων διευθύνσεων. Ο συνδυασμός του μακρόστενου ορθογώνιου σχήματος με μεγάλο όγκο και ανακλαστικές επενδύσεις στις νέες αίθουσες εξασφάλισε υψηλά επίπεδα αντήχησης, έγκαιρες ηχο-ανακλάσεις, διαύγεια και λαμπρότητα στις χαμηλές συχνότητες, που ανταποκρινόταν στη μουσική εκείνης της περιόδου (Neues Gewandhaus - 1844, Musikvereinsaal - 1869, Concertgebouw - 1888, Συμφωνική Βοστώνης - 1900). [2]

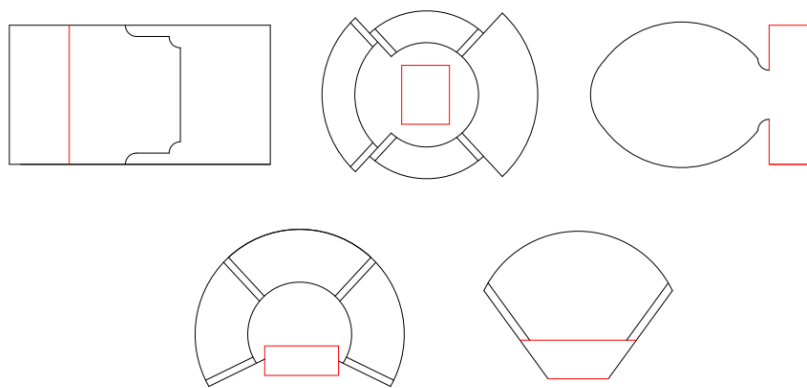
Η μετεξέλιξη της ακουστικής από τον εμπειρισμό σε επιστήμη, χάρη στη θεωρία του W. Cl. Sabine, στα τέλη του 1890, επέτρεψε την αξιολόγηση των εσωτερικών επενδύσεων για τον έλεγχο της αντήχησης, οπότε ο σχεδιασμός αιθουσών απέκτησε επιλογές πέρα από τον επικρατέστερο (μέχρι τότε) τύπο shoebox. Στη δεκαετία του '50 πρωτο-εμφανίστηκε στη Στουτγάρδη (MozartSaal - 1956) ο τύπος vineyard (αμπελώνας), που σχεδόν έναν αιώνα μετά τα εγκαίνια της αίθουσας στη Βιέννη, έγινε γνωστός όταν υιοθετήθηκε από τον αρχιτέκτονα H. Scharoun στη Φιλαρμονική του Βερολίνου (1963 - 2.440 θέσεις). [3] Επρόκειτο για την εφαρμογή του κυκλικού σχήματος της αρένας σε αίθουσα συναυλιών, ένα νεωτερισμό που είχε ήδη τεθεί ως προβληματισμός στο θεατρικό σχεδιασμό από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα (Σχήμα 1), ο οποίος χάρη στη ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας άρχισε να διαδίδεται και να κατακτά μερίδιο στις προτιμήσεις του κοινού. [4]

Στις αίθουσες τύπου vineyard οι θεατές ομαδοποιούνται σε τμήματα κερκίδων που εγκιβωτίζονται ανάμεσα σε χαμηλούς τοίχους και διατάσσονται αμφιθεατρικά, θυμίζοντας τα αμπέλια στις πλαγιές των λόφων. Το νεωτερικό σχήμα της Φιλαρμονικής του Βερολίνου μετέφερε την ορχήστρα στο κέντρο της αίθουσας, με τους θεατές περιμετρικά, μια θαρρητή αρχιτεκτονική διαρρύθμιση που γενίκευσε τη διευθέτηση της Concertgebouw του Αμστερνταμ, με το μικρό πλήθος των θέσεων δίπλα και πίσω από τη σκηνή. Το προτέρημα του τύπου vineyard είναι η αύξηση της χωρητικότητας με ταυτόχρονη μείωση της μέσης απόστασης των θεατών από τη σκηνική εξέδρα. Παράλληλα, εξαλείφθηκε ο διαχωρισμός μεταξύ κοινού και μουσικών, αρχιτεκτονική και ιδεολογική κίνηση που αποτέλεσε τομή στη σχεδιαστική φιλοσοφία των αιθουσών συναυλίας [2]

Καθώς στη δεκαετία του 1950 είχε γίνει ήδη κατανοητή η σημασία των πρώιμων ανακλάσεων, σε αντίθεση με τους ορθογώνιους τοίχους και την επίπεδη οροφή των shoebox, στη Φιλαρμονική επιλέχθηκε ένα επτάπλευρο εσωτερικό κέλυφος, ανισόπεδη οροφή σε σχήμα τέντας με κορυφή πάνω από την ορχήστρα και το εκκλησιαστικό όργανο (orgue) μακριά από την εξέδρα. Το βασικό στοιχείο που

άλλαξε ριζικά το σχεδιασμό της αίθουσας ήταν η τοποθέτηση ανακλαστήρων ως αιωρούμενων πετασμάτων πάνω από την ορχήστρα, αλλά και στις προσόψεις των εξωστών, που σε συνδυασμό με την ικανή κλίση των κερκίδων, εξασφαλίζουν οπτική άνεση και άμεσο ήχο στο βάθος μιας αίθουσας. Η επιτυχία της Φιλαρμονικής του Βερολίνου προσέδωσε ευελιξία στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και παράλληλα άνοιξε τους ορίζοντες της ακουστικής, από τις απλές στις σύνθετες γεωμετρικές μορφές. Η μελέτη των αιθουσών έγινε τρισδιάστατη και αρχικά βασίστηκε σε προπλάσματα μεγάλης κλίμακας, μέχρι να υποστηριχθεί από τους σύγχρονους Η/Υ. [3]

Ο ακουστικός σχεδιασμός μιας αίθουσας συναυλιών ακολουθεί συγκεκριμένες διαδικασίες και προϋποθέσεις, όπως κελύφη με μεγάλα ανοίγματα, ανοικτό δομικό κάναβο, ποικίλες ανισοσταθμίες, ηχοπροστασία της αίθουσας, επιλογή της κατάλληλης αναλογίας επιφάνειας & όγκου ανά θεατή / μουσικό και ρύθμιση της αντήχησης, σε συνάρτηση με το λειτουργικό πρόγραμμα και το επιθυμητό είδος της μουσικής. Παράλληλα απαιτείται να εξασφαλιστούν οι σύγχρονοι χώροι εξυπηρέτησης - κίνησης θεατών / μουσικών, η προσπέλαση / πρόσβαση των ΑΜΕΑ, καθώς και ο φωτιστικός - ηχητικός εξοπλισμός. [5]



*Σχήμα 1 Σκαριφήματα αιθουσών μουσικής (με κόκκινο η περιοχή της ορχήστρας)
πάνω από αριστερά : shoebox, vineyard, πέταλο,
κάτω από αριστερά : ανοικτή σκηνή, κόρνα*

1. Η μεθοδολογία της έρευνας

Η προτεινόμενη ανακοίνωση αποτελεί τμήμα μιας ευρύτερης (σε εξέλιξη) έρευνας, η οποία επικεντρώνεται στα προβλήματα σχεδιασμού, τις τεχνολογικές εφαρμογές, τα υλικά και τις τεχνικές κατασκευής των σύγχρονων αιθουσών συναυλίας. Αφορά ένα αρχικό δείγμα δέκα (10) αιθουσών, με βιβλιογραφική και δικτυακή έρευνα από διασταυρωμένες πληροφορίες που περιλαμβάνουν :

- τη θέση, το κοινωνικό και πολιτιστικό πλαίσιο κατασκευής του κτιρίου
- το μέγεθος, τη μορφή και τα υλικά κατασκευής του κελύφους
- τη μορφή, τη διάταξη και τις προσφερόμενες ανέσεις της αίθουσας,
- ακουστικές παραμέτρους (όπως χωρητικότητα, όγκος και χρόνος αντήχησης).

Για τη συνοπτική καταχώρηση των δεδομένων κάθε αίθουσας σχεδιάστηκε μια πρωτότυπη καρτέλα. Για τη σφαιρική θεώρηση των δεδομένων του δείγματος συγκροτήθηκε ένας συνοπτικός πίνακας. Στις γραμμές (με λατινική αρίθμηση) αναγράφονται με χρονική σειρά οι αίθουσες του δείγματος:

I. Wiener Musikverein Αυστρία, II. Berlin Philharmonien, III. Kioto Concert Hall, 1995, Ιαπωνία, IV. Walt Disney Concert Hall, 2003, ΗΠΑ, V. Guangzhou Opera House, 2010, Κίνα, VI. Harpa Concert Hall, 2011, Ισλανδία, VII. Stavanger Concert Hall, 2012, Νορβηγία, VIII. Blaibach Concerthaus, 2014, Γερμανία, IX. National Radio Symphony 2014, Πολωνία, X. CKK Jordanki, 2015, Πολωνία, XI. Philharmonie de Paris, 2015, Γαλλία, XII. Elbphilharmonie Hamburg, 2016, Γερμανία

	A	B	Γ	Δ	E	ΣΤ	Z	H
I	1870	ΚΣ	1680	S	+	+	+	-
II	1963	ΚΣ	2440	V	-	+	+	-
III	1995	ΚΣ	1833	S	-	+	+	-
IV	2003	ΚΣ	2265	V	-	+	+	-
V	2010	ΚΣ	1800	V	-	+	-	-
VI	2011	ΚΣ	1800	S	-	+	+	-
VII	2012	ΚΣ	1500	S	-	+	+	-
VIII	2014	AA	200	S	+	-	-	-
IX	2014	ΚΣ	1800	S	-	+	+	-
X	2015	ΚΣ	882	S	+	+	-	+
XI	2015	ΚΣ	2400	V	-	+	-	+
XII	2016	ΚΣ	2100	V	-	+	+	+

Στις στήλες με κεφαλαία γράμματα σημαίνουνται: (A) η χρονολογία αρχικής κατασκευής, (B) αυτόνομη αίθουσα AA ή κτιριακό συγκρότημα ΚΣ, (Γ) η χωρητικότητα της αίθουσας, (Δ) τύπος shoebox S ή vineyard V, (E) πολλαπλές χρήσεις της αίθουσας (+ ή -), (ΣΤ) αίθουσα δοκιμών (+ ή -), (Z) εκκλησιαστικό όργανο και (H) κινητή σκηνική εξέδρα (+ ή -). [2]

2. Ανάλυση παραδειγματικών αιθουσών της έρευνας

3.1 Wiener Musikverein

Η Wiener Musikverein είναι η έδρα της Φιλαρμονικής της Βιέννης. Η κατασκευή του κτιρίου (1863-70) στο κέντρο της αυστριακής πρωτεύουσας πραγματοποιήθηκε με σχέδια του δανού αρχιτέκτονα Th. von Hansen, σε νεοκλασική μορφή και διακόσμηση κατά το ρεύμα του αυστηρού Ιστορικισμού,.



Σχήμα 3.1 Η όψη του κτιρίου [2]



Σχήμα 3.2 Η αίθουσα [3]

Η κεντρική αίθουσα Musikvereinsaal έχει ορθογώνια κάτοψη (μήκος 36μ, πλάτος 16μ και ύψος 20μ), με ισόγειο και εξώστη, συνολικής χωρητικότητας 1680 θέσεων. Παρά το μεγάλο όγκο, τη μεγάλη πυκνότητα ακροατηρίου και τα οριζόντια δάπεδα, θεωρείται πρότυπο ακουστικού σχεδιασμού για τη μουσική του γερμανικού ρομαντισμού και είναι διαχρονικά δημοφιλής στους μουσικούς και το κοινό.

Αποτελεί κλασικό παράδειγμα αίθουσας shoebox με υψηλή αντήχηση και πρώιμες ανακλάσεις από τους επιμήκεις, πλάγιους τοίχους. Το σχήμα της δεν συμβαδίζει με τα δεδομένα των σύγχρονων κανονισμών κίνησης και πυρασφάλειας. Χάρη στο σχετικά περιορισμένο πλάτος της εξασφαλίζει πρώιμες ανακλάσεις, αλλά εξαιτίας του μεγάλου μήκους της δυσχεραίνει την οπτική άνεση και, ιδίως στον εξώστη, αυξάνει τα μειονεκτήματα της ηχο-διάδοσης. [3]

3.2 Berlin Philharmonie

Σχεδιάστηκε από τον γερμανό αρχιτέκτονα H. Scharoun και κατασκευάστηκε στην περιοχή Tiergarten (Δ. Βερολίνο, 1956 - 63), για να αντικαταστήσει την παλιά Φιλαρμονική που καταστράφηκε από βομβαρδισμούς. Εξωτερικά το κτίριο φέρει έντονες καμπύλες και γωνίες, που τονίζουν το κίτρινο μεταλλικό περίβλημά της. Σχεδιάστηκε από μέσα προς τα έξω, δηλαδή υπακούει στην επιθυμητή μορφή της αίθουσας, με τον (τότε) μη συμβατικό τύπο vineyard, την ορχήστρα σε κεντρική θέση και το κοινό περιμετρικά (ποσοστό 30% των θέσεων στα πλάγια και πίσω από την ορχήστρα), εξασφαλίζοντας χωρητικότητα 2.325 θέσεων με εξαιρετική οπτική και οικεία ατμόσφαιρα (μέγιστη απόσταση του κοινού 32μ από την εξέδρα. [6]

Ο L. Cremer θεωρούσε μειονέκτημα την πολυπλοκότητα της διάταξης και τη διευρυμένη έκταση των καθισμάτων γύρω από την ορχήστρα (για την έλλειψη έγκαιρων ανακλάσεων). Προς τούτο ο Scharoun απέδωσε σχηματικά την ορχήστρα στο κέντρο μιας κοιλάδας, όπου τα ανυψωμένα πρανή των πλατωμάτων του αμπελώνα περιμετρικά και οι χαμηλοί τοίχοι των 12 εξωστών (ο καθένας σε διαφορετική στροφή και στάθμη) σε ακανόνιστες θέσεις γύρω από την ορχήστρα κατά τα 3/4, εξασφαλίζουν ποικιλία ανακλαστικών επιφανειών και περιορίζουν τις χρονικές καθυστερήσεις (< 50ms, παρά την έκταση του κοινού) και αποτρέποντας τους συντονισμούς. [7]

Για να επιτευχθεί η προσδοκώμενη αντήχηση, ο Cremer υπολόγισε μια αναλογία 11m³/θ. Επίσης πρότεινε χαμηλές οροφές στους περιμετρικούς εξώστες και κυρτά

τμήματα τέντας, σε μορφή σύννεφου, πάνω από την ορχήστρα, ώστε να ρυθμιστεί ο όγκος και να ελεγχθούν οι χαμηλές συχνότητες με 136 ξύλινους διαχυτές. [8]



Σχήμα 3.3. Η όψη του του κτιρίου [2]



Σχήμα 3.4. Η αίθουσα [2]

3.3 Harpa Concert Hall

Το Harpa Concert Hall χτίστηκε στο λιμάνι του Ρέικιαβικ της Ισλανδίας. Το όνομά του αναφέρεται στην άρπα και το κτίριο ξεχωρίζει σαν ένας γλυπτός όγκος από τον τοπικό βασάλτη, στο όριο μεταξύ στεριάς και θάλασσας. Εξωτερικά, το κέλυφος συντίθεται από κρυσταλλικά πετάσματα που λάμπουν στη διάρκεια της ημέρας ή φωτίζονται από λυχνίες LED κατά τη διάρκεια της νύχτας. [2]



Σχήμα 3.5 Το εξωτερικό κέλυφος [2]



Σχήμα 3.6 Η αίθουσα συναυλιών [2]

Το Harpa σχεδιάστηκε ως ένας πολύ-χώρος που θα στεγάσει συναυλίες, συνέδρια και ξενοδοχείο. Το Eldborg, η μεγαλύτερη αίθουσα του διαθέτει 1.800 θέσεις και χαρακτηρίζεται για την εξαιρετική ακουστική απόδοση διαφόρων ειδών μουσικής. Κτίστηκε ακολουθώντας την αρχή «θάλαμος μέσα σε θάλαμο» και διαθέτει συζευγμένους όγκους ενσωματωμένους στους πλευρικούς τοίχους (με ανοικτές ή κλειστές πόρτες από σκυρόδεμα), οι οποίοι ρυθμίζουν τον χρόνο αντήχησης (σε γεμάτη αίθουσα από 1,4 ως 3,3 s στις μέσες συχνότητες) σε συνδυασμό με ηχο-απορροφητικά πετά-

σματα που καλύπτουν ολόκληρο ή μέρος των τοιχωμάτων. Με αυτό τον τρόπο, η αίθουσα μετατρέπεται σ' ένα μεγάλο μουσικό όργανο που ρυθμίζεται ακουστικά για κάθε διακεκριμένη εκδήλωση. [2]

3.4. *Philharmonie de Paris*

Ο αρχιτέκτονας J. Nouvel κέρδισε τον διαγωνισμό της αρχιτεκτονικής μελέτης για τη νέα Φιλαρμονική στο Παρίσι (2007), ενώ στην ακουστική μελέτη συνεργάστηκαν ο H. Marshall (Marshall Day Acoustics) και ο Y. Toyota (Nagata Acoustics). Το κτίριο βρίσκεται στην ανατολική πλευρά του Parc de La Villette, έχει τη μορφή βράχου και επενδύθηκε με 340.000 πετάσματα αλουμινίου. [2]



Σχήμα 3.7 Άποψη του κτιρίου [2]



Σχήμα 3.8 Η αίθουσα συναυλιών [2]

Η κεντρική αίθουσα της Φιλαρμονικής είναι ένας μονοκόμματος όγκος 37.700 m³ χωρητικότητας 2.400 θέσεων, του οποίου η αντήχηση ρυθμίζεται με πετάσματα μεταβλητής ηχοαπορρόφησης. Η ακουστική της μελετήθηκε αναλυτικά με διάφορα λογισμικά σε ψηφιακό περιβάλλον τρισδιάστατης προσομοίωσης (για τις πρώιμες ανακλάσεις, την ηχητική ισχύ, το χρόνο αντήχησης, τη διαύγεια) και τελειοποιήθηκε σε μακέτα 1 : 10 με σήμα από ακτίνες λέιζερ. [3]

4. Συμπεράσματα

Η επίλυση των προβλημάτων μιας αίθουσας συναυλιών επηρεάζεται από μια σωρεία μεταβλητών, που καθεμιά και σφαιρικά όλες μαζί διαμορφώνουν την ιδιομορφία κάθε αίθουσας. Η αρχιτεκτονική αυτών των ειδικών κτιρίων γνώρισε μεγάλη ανάπτυξη από την νεότερη εποχή των μεγάλων Βασιλείων στην Ευρώπη, μέχρι και τις μέρες μας σε παγκόσμια κλίμακα, στη φανερή προσπάθεια να επιδειχτεί η ανωτερότητα των αρχόντων και των πόλεων που οικοδομούν τέτοια μεγαλοπρεπή κτίρια.

Η ελευθερία που δόθηκε στους αρχιτέκτονες αφορούσε το κέλυφος των κτιρίων, ενώ στις αίθουσες επιλέχθηκαν συγκεκριμένα στερεότυπα που, σε συνδυασμό με την περιορισμένη γνώση περί της ακουστικής των αιθουσών και την τυπική, ορθογώνια, μονο-αξονική διάταξη shoebox (υψηλοί πλευρικοί τοίχοι, θεωρεία και εξώστες με

κλασικιστική διακόσμηση) συνθέτουν μια μορφή μπαρόκ που θεωρείται πρότυπο ακουστικής απόδοσης και κυριαρχεί μέχρι τις μέρες μας. Η επανάσταση στον ακουστικό σχεδιασμό των αιθουσών καθυστέρησε μέχρι τη δεκαετία του '60, όταν η κατασκευή της Φιλαρμονικής του Βερολίνου (1963) αποκάλυψε τη νέα μορφή της διάταξης vineyard, που ανάγεται στα θέατρα ανοικτής σκηνής ή αρένας. Ο νέος τύπος φαίνεται να εξασφαλίζει καλύτερες πρώιμες ανακλάσεις, ενώ υπερτερεί στην ευελιξία που εξασφαλίζει στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και στην οπτική άνεση.

Με την πρόοδο της τεχνολογίας, κατά το σχεδιασμό μιας αίθουσας συναυλιών δεν αρκεί πλέον η δυσδιάστατη μελέτη, αλλά ένα σύνολο τρισδιάστατων σχεδίων, εξέλιξη που απαιτεί τη συνεργασία διαφόρων τεχνικών και επιστημών. Παράλληλα με μια σειρά τυπικών προδιαγραφών και κανόνων, απαιτείται η ευαισθησία του αρχιτέκτονα στην εννοχήστρωση αυτής της πολύπλευρης συνεργασίας.

5. Βιβλιογραφικές πηγές

- [1] Mauvan, J.: «Shoebox, an analysis of the concert hall and its adaption to small-scale music performance space», Victoria University of Wellington 2011
- [2] Αθανασίου, Μ.Κ. - Σαράντης, Β.: « Αίθουσες συναυλιών της σύγχρονης εποχής : αρχιτεκτονικός & ακουστικός σχεδιασμός» Ερευνητική εργασία - Διάλεξη, TAM-ΔΠΘ, Ξάνθη 2022
- [3] Toyota Y - Komoda M - Beckmann D - Quiquerez M -Bergal E: «Concert Halls by Nagata Acoustics, Thirty Years of Acoustical Design for Music Venues and Vineyard-style Auditoria», Switzerland, Springer, 2020
- [4] Μπάρκας, Ν.: «Θεατρικός χώρος & Τεχνολογία», σημειώσεις μαθήματος, TAM-ΔΠΘ, 2018
- [5] Μερκούρη Ε.: «Η εξέλιξη των αιθουσών μουσικής από την Αναγέννηση μέχρι σήμερα», Ερευνητική εργασία - Διάλεξη, TAM-ΔΠΘ, Ξάνθη 2016
- [6] Beranek, L.: «Acoustics», Cambridge MA, 1993
- [7] Barron, M.: «Auditorium Acoustics and Architectural Design», Spon Press, 1993
- [8] Forsyth M.: «Buildings for Music», The MIT Press, 1985