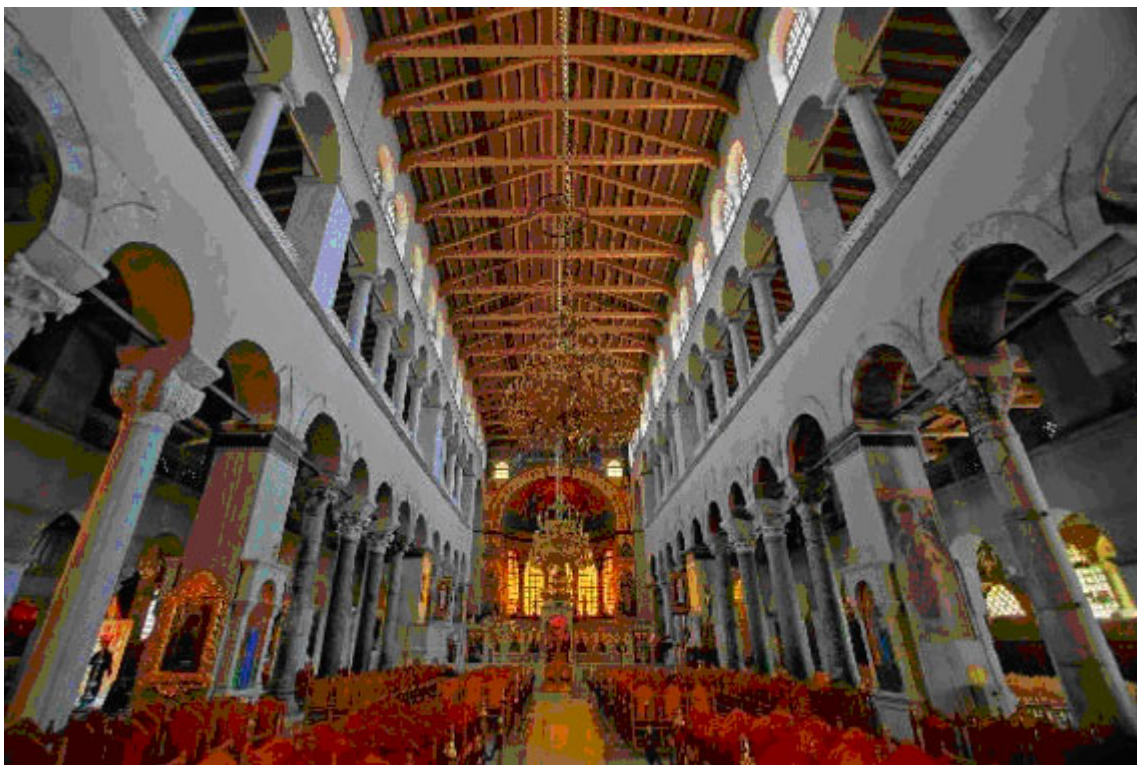
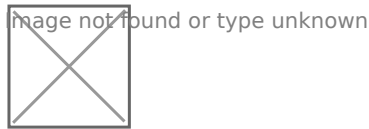


Ακουστική εκκλησιών: η... παραμελημένη πλευρά της πίστης (Γιώργος Καμπουράκης, αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.)

/ [Πεμπτουσία· Ορθοδοξία-Πολιτισμός-Επιστήμες](#)



Το πρόβλημα της ακουστικής ευκτηρίων χώρων έχει εν πολλοίς απαντηθεί επιστημονικά και πρακτικά, αρκετά καλά τα τελευταία χρόνια. Παρά ταύτα, οι περισσότερες εκκλησίες οι οποίες οικοδομήθηκαν τα τελευταία 40 χρόνια δεν έχουν ενστερνισθεί τις ακουστικές δυνατότητες που προσφέρονται. Το αποτέλεσμα αυτής της παράλειψης φαίνεται έκδηλα στην ποιότητα του ήχου ειδικά στις μονωδίες. Στις περισσότερες περιπτώσεις γίνεται προσπάθεια βελτίωσης με ηλεκτρακουστικά μέσα (μεγάφωνα κλπ), εγχείρημα που απαιτεί εξειδίκευση, αλλά και πάλι τα αποτελέσματα όσον αφορά στην ποιότητα του ήχου είναι αμφιλεγόμενα. Μπορεί να βελτιώνεται ο ηχητικός όγκος, αλλά δύσκολα οι εκκλησιαζόμενοι καταλαβαίνουν το περιεχόμενο της Θείας λειτουργίας.

“...λαλοῦντες ἑαυτοῖς ψαλμοῖς καὶ ὕμνοις καὶ ᾠδαῖς πνευματικαῖς, ᾄδοντες καὶ ψάλλοντες ἐν τῇ καρδίᾳ ὑμῶν τῷ Κυρίῳ, ...”

Εφεσίους 5,19.

Από μελέτες που έχουμε κάνει τα τελευταία χρόνια (Γ. Καμπουράκης- Α. Σωτηροπούλου- Γ. Πουλάκος) στα εργαστήρια του ΕΜΠ, προκύπτουν ενδιαφέροντα συμπεράσματα, σχετικά με την ιστορική διαδρομή των ακουστικών απαιτήσεων και λύσεων, τους τελευταίους 10 αιώνες στην αρχιτεκτονική των ευκτηρίων χώρων, διαφόρων θρησκειών και δογμάτων.

Δεν θα ασχοληθούμε με την εις βάθος ανάλυση της αρχιτεκτονικής των Ναών, παρά μόνον όσον απαιτείται για την επεξήγηση των ζητημάτων της ακουστικής.

Θα πρέπει να πούμε εκ προοιμίου, ότι εν γένει η καταληπτότητα του λόγου (από καθαρά ακουστική άποψη) δεν απασχόλησε τους εκκλησιαστικούς παράγοντες παγκοσμίως και για το 99% του χρόνου ύπαρξης των Αβραμογενών Θρησκειών. **Ο βασικός ορισμός της «καταληπτότητας» είναι: το επί τοις εκατόν ποσοστό των λέξεων που αναγνωρίζει ο ακροατής.** Το μέγεθος αυτό συναρτάται με τις εν γένει ακουστικές συνθήκες κατά την μέτρηση του, όπως πχ ο θόρυβος περιβάλλοντος, η αντήχηση που δημιουργεί ένας χώρος η άρθρωση του ομιλούντος κλπ.

Ο λόγος που δεν δόθηκε ιδιαίτερη βαρύτητα στην καταληπτότητα ως ακουστική παράμετρο των Ναών οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι η συντριπτική πλειοψηφία των ακροατών της Θείας λειτουργίας γνώριζαν, ή όφειλαν να γνωρίζουν, το περιεχόμενο της και την αλληλουχία των δρωμένων. Άλλωστε για μεγάλα μέρη της λειτουργίας το πλήρωμα συνόδευε στους ύμνους τους ψάλτες. Η μόνη περίπτωση όπου η καταληπτότητα χρειαζόταν ήταν η από Άμβωνος διδασκαλία ή σε μερικές περιπτώσεις, ανακοινώσεις εκκλησιαστικού ή γενικότερου χαρακτήρα. Από την εμπειρία γνωρίζουμε ότι η καταληπτότητα βελτιώνεται με την μείωση της απόστασης μεταξύ του ομιλητή και του ακροατή. Στην ειδική δε περίπτωση που θα πρέπει η ακουστική επικοινωνία να είναι μυστική (άρα εξόχως χαμηλόφωνη) ο ομιλητής πλησιάζει σχεδόν εν επαφή με το αυτί του ακροατή. Στους Ναούς η μείωση της αποστάσεως γίνεται με την τοποθέτηση του Άμβωνα σχεδόν στο κέντρο τους και σε ύψος περίοπτο. Βλέπουμε λοιπόν ότι η λειτουργική (και με τις δύο έννοιες) ανάγκη καταληπτότητας ορίζει την αρχιτεκτονική γεωμετρία αυτού και άλλων στοιχείων του Ναού.

Σήμερα οι απαιτήσεις της ηχητικής ποιότητας έχουν αυξηθεί σημαντικά, τόσο εντός όσο και εκτός του Ναού. Δυστυχώς όμως μια σειρά ακουστικών μύθων

εξακολουθούν να κατατρύχουν τον χώρο της σχεδίασης και κατασκευής των Ναών. Το βασικότερο ίσως πρόβλημα είναι ότι στην αρχική φάση σχεδίασης ενός Ναού δεν υπάρχει ή δεν προβλέπεται να υπάρχει σύμβουλος ακουστικής-ηλεκτρακουστικής, επίσης δεν υπάρχουν Ναοδομικές προδιαγραφές σχετικές με την ακουστική των Ναών. Αυτό συνήθως κοστίζει σημαντικά εκ των υστέρων, δεδομένου ότι η διόρθωση των παραλείψεων ή λαθών στοιχίζει τουλάχιστον 50%-80% περισσότερο από την σωστή κατασκευή στον σωστό χρόνο.

Πέραν όμως του κόστους σε πολλές περιπτώσεις ανακύπτουν ανυπέρβλητα ζητήματα αισθητικής ή/και λειτουργικότητας. Η ενσωμάτωση τρεχουσών τεχνολογιών είναι συνήθως το πρόβλημα στην σύγχρονη Ναοδομία. Από την ογκώδη σύγχρονη βιβλιογραφία που αφορά θέματα σχετικά με τους Ναούς, η συντριπτική πλειοψηφία αναφέρεται σε ιστορικά κτίσματα ενώ ελάχιστα στις σύγχρονες κατασκευές και τις λύσεις που δίνουν ώστε να εναρμονίζονται με τις σύγχρονες ή τις ανάγκες του αμέσου μέλλοντος. Στα θέματα ακουστικής και της ποιότητας ήχου οι αναφορές είναι ελάχιστες. Προφανώς δεν υπάρχει σχετική «ζήτηση» ή ενδιαφέρον. Όμως είναι ευχής έργον το ότι υπάρχει σωρεία μελετών για την Βυζαντινή μουσική εν γένει.

Αλλά το ερώτημα που ανακύπτει είναι πως γίνεται να ακούγεται σωστά η Βυζαντινή μουσική σε χώρους που δεν έχουν την κατάλληλη ακουστική. Άρα **η ενασχόληση με την ακουστική των Ναών συμβάλλει σημαντικά στην ευχάριστη πρόσληψη από το εκκλησίασμα του περιεχομένου της Θείας λειτουργίας**, και βεβαίως αυτή η ευχαρίστηση συμβάλλει στο «Άνω σχώμεν τας καρδίας».

Η ακουστική του Ναού περνάει ιστορικά από διάφορα στάδια που έχουν σχέση με την λειτουργία και τα εντός του δρώμενα. Έτσι, για παράδειγμα, ο χρόνος αντήχησης (RT_{60}) παρατηρείται να αυξάνεται σημαντικά τον 16^ο -17^ο αιώνα στις Καθολικές εκκλησίες (Baroque) και ο κύριος λόγος είναι η χρήση του εκκλησιαστικού οργάνου που έχει καλύτερη απόδοση όταν η αντήχηση είναι μεγαλύτερη. Ο χρόνος αντήχησης (RT_{60} ή EDT σε δευτερόλεπτα) είναι ένας βασικός δείκτης του ηχητικού πεδίου ενός χώρου, που μπορεί να μετρηθεί με σχετική ακρίβεια, και δείχνει πόσο γρήγορα «απορροφάται» η ηχητική ενέργεια από τον χώρο.

Όλοι ξέρουμε πως οι χώροι με μεγάλη αντήχηση δεν είναι ευνοϊκοί στην λεκτική επικοινωνία. Για να επικοινωνήσουμε σε τέτοιους χώρους, πρέπει να μιλάμε δυνατά αλλά κυρίως αργά και καθαρά. Αργά ώστε η ακουστική ενέργεια της προηγούμενης λέξης να μην επικαλύπτει την επόμενη. Αυτή η επικάλυψη που εμποδίζει την λεκτική επικοινωνία είναι όμως πολύ ευνοϊκή για την μουσική και ως

ένα σημείο για το τραγούδι (ύμνους). Ο χρόνος αντήχησης μεταβάλλεται ανάλογα με το πλήθος των παρισταμένων (το πλήρωμα απορροφά ηχητική ενέργεια), αλλά διαμορφώνεται κυρίως από τις αρχικές αρχιτεκτονικές επιλογές.

Ένα χονδροειδές παράδειγμα για την κατανόηση του χρόνου αντήχησης είναι το εξής: τοποθετώντας σε μια λεκάνη με μια οπή στον πυθμένα, φυσικά σφουγγάρια και κατόπιν προσθέτοντας χρωματιστό νερό, θα διαπιστώσουμε ότι οι λεπτομέρειες της επιφάνειας των σφουγγαριών διακρίνονται μέχρι να καλυφθούν τελείως από το νερό. Διακόπτοντας την παροχή νερού η στάθμη πέφτει και μπορούμε πάλι να διακρίνουμε τις λεπτομέρειες της επιφάνειας των σφουγγαριών. Σε αυτήν την διαδικασία θα παρατηρήσουμε ότι πρώτα χάνουμε της λεπτομέρειες των βαθύτερων σημείων της επιφάνειας των σφουγγαριών (αδύνατοι ήχοι) και τελευταία των υψηλότερων (δυνατοί ήχοι). Ο χρόνος αντήχησης θα μπορούσε να παρομοιασθεί με τον χρόνο που απαιτείται όταν διακόψουμε την παροχή νερού μέχρι να φθάσει η στάθμη του νερού λόγω απορροής σε μια συγκεκριμένη στάθμη. Η διαφορά στάθμης στην περίπτωση της λεκάνης μετράται σε μέτρα εκατοστά ή χιλιοστά ή ότι άλλο. Η ηχητική στάθμη μετράται συνήθως σε Ντεσιμπέλ (dB), και στην περίπτωση του χρόνου αντηχίσεως είναι ο χρόνος που απαιτείται ώστε να πέσει η στάθμη κατά 60 Ντεσιμπέλ (μείωση της ηχητικής πίεσης κατά χίλιες φορές).

Σε πολλές περιπτώσεις η στάθμη του περιβαλλοντικού θορύβου είναι αρκετά μεγάλη και δεν επιτρέπει την ακριβή μέτρηση του ΧΑ. Τότε χρησιμοποιούνται είτε δυνατότερες πηγές ηχητικής διέγερσης του χώρου (πχ εκπυρσοκρότηση πιστολιού) ή άλλες μαθηματικές μέθοδοι εκτίμησης του ΧΑ. Στους χώρους με μεγάλο όγκο πχ Μητροπολιτικούς Ναούς η μέτρηση του ΧΑ είναι μια απαιτητική διαδικασία που χρειάζεται όργανα ακριβείας και εμπειρία. Στους τρουλαίους Ναούς (οτιδήποτε μετά τρούλου) η ύπαρξη του τρούλου έχει πολύ σημαντικές επιπτώσεις στην ακουστική του Ναού και δεν έχει να κάνει με την γεωμετρία της αρχιτεκτονικής αλλά με βασικές φυσικές αρχές ρευστομηχανικής και θερμοδυναμικής. Εν γένει στους Ναούς μεγάλου ύψους δημιουργούνται θερμοκρασιακές βαθμίδες που αλλοιώνουν τις παραδοχές ανάκλασης και διάχυσης του ήχου.

Από την μελέτη διαφόρων τύπων ορθόδοξων Ναών προκύπτει σαν χονδρική εκτίμηση ότι ο χρόνος αντήχησης στο κενό εσωτερικό τους είναι, με μικρή σχετικά απόκλιση, ίσος με δεκαπέντε εκατοστά του μέγιστου ύψους τους (Ύψος Χ 15/100). Για παράδειγμα στην περίπτωση της Αγίας Σοφίας με ύψος 55,6 μ ο κανόνας αυτός δίνει ως χρόνο αντήχησης 8,34 δευτερόλεπτα (στον κενό Ναό) αντί των 10 δλτ που έχει μετρηθεί (σφάλμα 16%).

Στους Ναούς με εμβαδόν δαπέδου μικρότερο από 250 τετρ. μέτρα τα ακουστικά

προβλήματα είναι εν γένει μικρά, εκτός ελαχίστων εξαιρέσεων όπου το μέσο ύψος είναι αρκετά μεγαλύτερο από τον μέσο όρο. Για αυτό το μέγεθος κατόψεως, το μέσο ύψος είναι περίπου 5.5μ για τους μικρότερους και 10 μ για τους μεγαλύτερους, οπότε το ψηλότερο σημείο του τρούλου αν υπάρχει είναι 9 μ και 17 μ αντίστοιχα. Η απόσταση των 17 μέτρων είναι χονδρικά το όριο μεταξύ πηγής (πχ ομιλητή) και επίπεδης επιφάνειας ανάκλασης πέρα από το οποίο δημιουργείται το φαινόμενο της ηχούς (η φωνή ακούγεται ευδιάκριτα δεύτερη και τρίτη φορά). Τα μεγάλα ακουστικά προβλήματα παρατηρούνται στους μεγάλους Ναούς όταν δεν έχουν αντιμετωπισθεί στην φάση σχεδίασης ή έστω κατασκευής τους. Ακόμη όμως και στους μικρούς Ναούς μπορεί η ακουστική να μην είναι αρκετά καλή ιδιαίτερα σε αυτούς των νεωτέρων χρόνων. Οι παλαιότεροι Ναοί έχουν εν γένει καλύτερη ακουστική. Ένας από τους λόγους είναι η σύνθεση των εσωτερικών επιχρισμάτων. Στις παλαιότερες εποχές οι τεχνίτες χρησιμοποιούσαν το τρίχωμα των αιγών (κατσικιών και όχι προβάτων) στα επιχρίσματα για δύο λόγους. Ο πρώτος ήταν η συνεκτικότητα που αποκτούσε το επίχρισμα (ένα είδος οπλισμού δηλαδή) και ο δεύτερος εξ ίσου σημαντικός το ότι αυτές οι επιφάνειες ήταν καλύτερες για τις νωπογραφίες (fresco) της αγιογράφησης του Ναού. Όμως η προσθήκη της «γιδότριχας» αυξάνει σημαντικά την ηχοαπορροφητικότητα του επιχρίσματος, δηλαδή του τοίχου, οπότε μείωνε τον χρόνο αντήχησης του Ναού.



Στους μεγάλους Ναούς εκείνο που συμβάλλει στην καλή ακουστική είναι η σύνθεση των ακουστικών όγκων.

Ο Ναός λόγω των βασικών παραδοσιακών μοντέλων πάνω στα οποία βασίζεται χωρίζεται σε όγκους που ο καθένας τους συμβάλλει με τον όγκο του και τα χαρακτηριστικά του στο γενικό ηχητικό πεδίο. Δεν μπορεί να υπάρξει καλύτερο παράδειγμα από αυτό της «Αγίας του Θεού Σοφίας» (Κων/πολη). Ο όγκος της (>250000 μ³ και χωρητικότητα 15.910 ατόμων) σε συνδυασμό με τις πολύ σκληρές επιφάνειες (μάρμαρο κλπ) δίνει μεγάλους χρόνους αντήχησης, όμως η ακουστική του χώρου είναι απρόσμενα καλή.

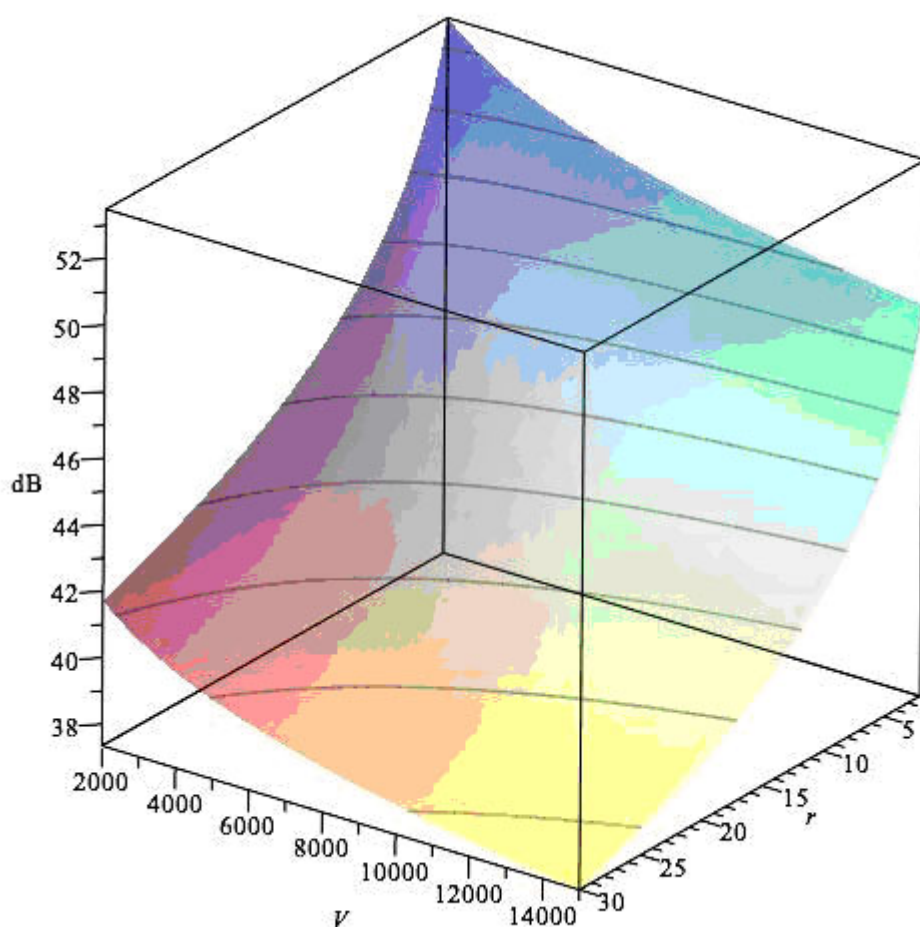
Δεν υπάρχουν στοιχεία που να στηρίζουν την άποψη πως οι Ανθέμιος και Ισίδωρος μελέτησαν ιδιαίτερα τα ζητήματα ακουστικής. Το ακουστικό αποτέλεσμα μάλλον προέκυψε σαν αποτέλεσμα της γενικότερης φιλοσοφίας τους, βασισμένης στα αλεξανδρινά εγχειρίδια κατασκευών του Ήρωνα. Ήσαν και οι δύο πρωτοπόροι της μαθηματικής σκέψης της εποχής τους, και ο Ναός βρίθει από αναλογίες 6:10:16 (χρυσή τομή) και άλλες. Οι μελέτες του Ανθέμιου σχετικά με την κατανομή και ανάκλαση του φωτός σε πολλές περιπτώσεις σχετίζονται με τις αντίστοιχες για τον ήχο.



Το εσωτερικό του ναού της Αγίας Σοφίας, όπως είναι σήμερα.

Παρ όλον ότι οι θολωτές επιφάνειες είναι ανεπιθύμητες στην ακουστική των αιθουσών στην περίπτωση των Ναών μπορούν να συντελέσουν στην διάχυση της ηχητικής ενέργειας εφόσον η γεωμετρία τους είναι κατάλληλη. Η διάχυση είναι εν γένει επιθυμητή γιατί αποτρέπει την δημιουργία σοβαρής ανομοιομορφίας στην ένταση του ήχου από σημείο σε σημείο μέσα στον χώρο. Στην περίπτωση της «Αγίας Σοφίας» η επίδραση των θόλων συμβάλλει θετικά στην εξουδετέρωση ιδιοσυντονισμών από άλλες παράλληλες επιφάνειες. Ο λόγος είναι πως ο θόλος που λειτουργεί ως κοίλο κάτοπτρο εστιάζει την ηχητική ενέργεια εντός του (η εστία του για τις μακρινές πηγές βρίσκεται σε απόσταση περίπου ίση με το μισό της ακτίνας καμπυλότητας του θόλου από το ψηλότερο σημείο του) οπότε κάτω

από τον θόλο (τρούλο) δημιουργείται διάχυση της ηχητικής ενέργειας. [Για την ιστορία θα πρέπει να πούμε πως μετά την κατάρρευση του αρχικού τρούλου από τους σεισμούς του Αυγούστου 553 και Δεκεμβρίου του 557 ο Ισίδωρος ο νεώτερος (γιος του Ισίδωρου) κατασκεύασε τον σημερινό τρούλο κατά 6 μ ψηλότερο από τον προηγούμενο (558-562). Τα ακουστικά χαρακτηριστικά του επισκευασθέντος τρούλου είναι λίγο καλλίτερα από εκείνα του προηγούμενου. Αυτό προέκυψε από μελέτες προσομοίωσης με ηλεκτρονικούς λογισμητήρες (H/Y) που έχουν γίνει κατά καιρούς από διάφορους μελετητές.

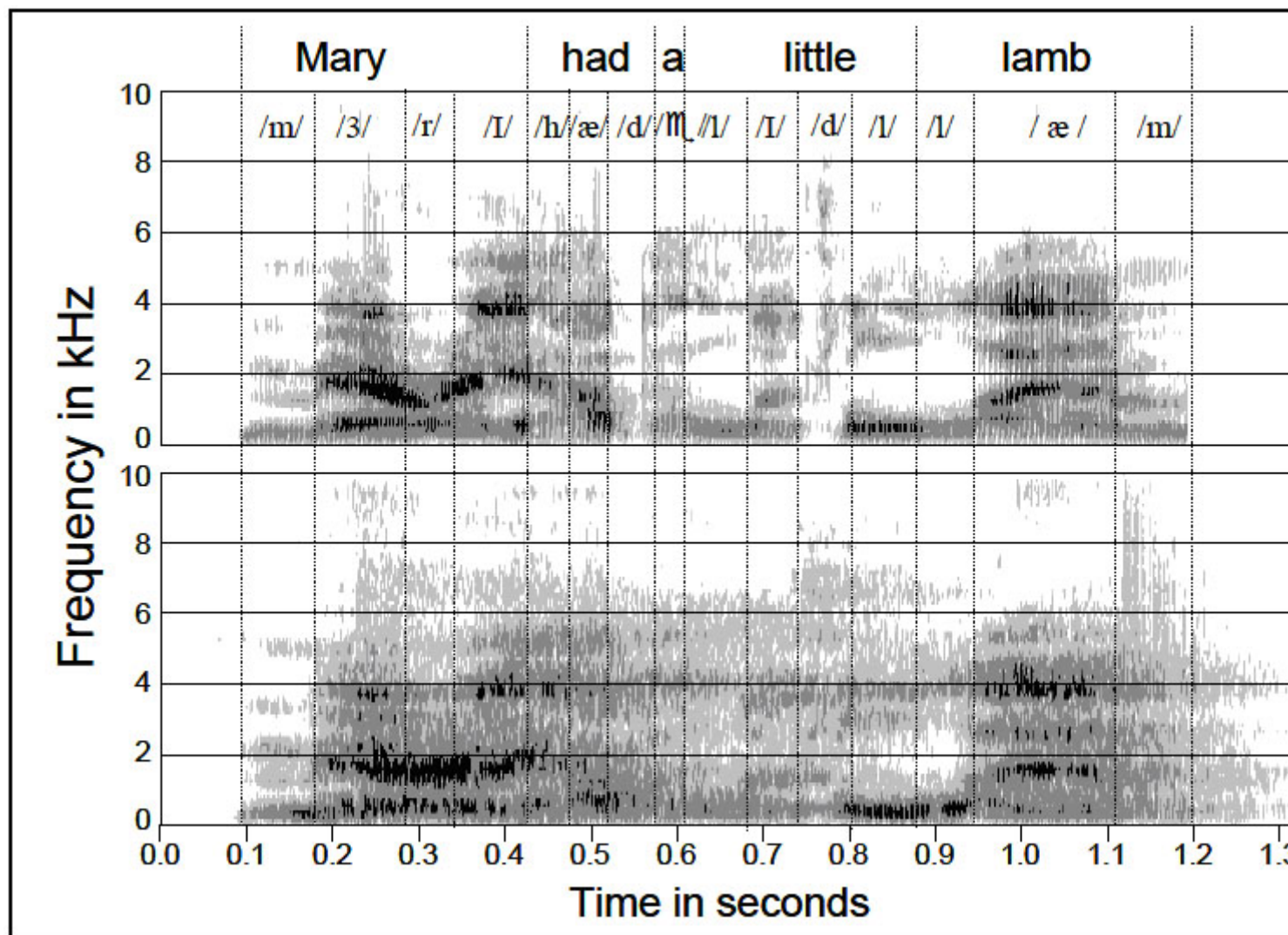


Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται η μεταβολή του ηχητικού όγκου σε σχέση με τον όγκο (V) του Ναού και την απόσταση (r) από την πηγή (Ιερέας, Ψάλτης κλπ, με υψωμένη φωνή 70 dB, 1000 Hz).

Σε μεγάλη απόσταση από την πηγή στους μεγάλους Ναούς ο χρήσιμος ηχητικός όγκος είναι μικρότερος από τον θόρυβο περιβάλλοντος (περίπου 40 dB(A)) οπότε απαιτείται ηλεκτροακουστική ενίσχυση.

Σε αντίθεση με τους Ναούς μικρού μεγέθους, στους μεγάλους Ναούς η απορρόφηση της ηχητικής ενέργειας από τον αέρα δεν είναι αμελητέα. Η απορρόφηση του αέρα μεταβάλλεται κυρίως με την σχετική υγρασία (η οποία εκφράζει το ποσόν των υδρατμών που περιέχεται στον αέρα). Η

ηχοαπορροφητικότητα του αέρα μειώνεται όσο αυξάνει η σχετική υγρασία κυρίως στις ψηλές συχνότητες. Στις χαμηλές συχνότητες η μείωση της ηχητικής ενέργειας από την απορρόφηση του αέρα είναι πολύ μικρή. Έτσι στις χαμηλές συχνότητες ο χρόνος αντήχησης μπορεί να φτάσει τα 12 δλτ ενώ στις ψηλές πέφτει στα 4 δλτ με φθίνουσα τάση.



Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται η επίδραση του χρόνου αντήχησης τόσο στην συχνοτική ανάλυση μιας φράσης (προκειμένου της κλασικής «Mary had a little lamb») όσο και στις εντάσεις φωνής (η απόσταση μεταξύ μαύρου και λευκού 30 dB). Είναι προφανής η δυσκολία αναγνώρισης των φωνημάτων (βασικών στοιχείων της άρθρωσης) στην κάτω εικόνα σχέση με την πάνω όπου οι φθόγγοι είναι διακριτοί. Η αλλοίωση των φθόγγων μπορεί να κάνει την φράση ακατάληπτη.

Έτσι ο αέρας στους μεγάλους Ναούς, λειτουργεί σαν φίλτρο που αλλάζει το συχνοτικό περιεχόμενο της ψαλμωδίας και του λόγου. Αυτό που συνήθως λείπει από την υλοποίηση των σύγχρονων μεγάλων Ναών είναι η διάχυση του ήχου που στους παλαιότερους υπάρχει όχι τόσο σαν αρχιτεκτονική επιδίωξη αλλά σαν παράγωγο άλλων αισθητικών και λειτουργικών αναζητήσεων.

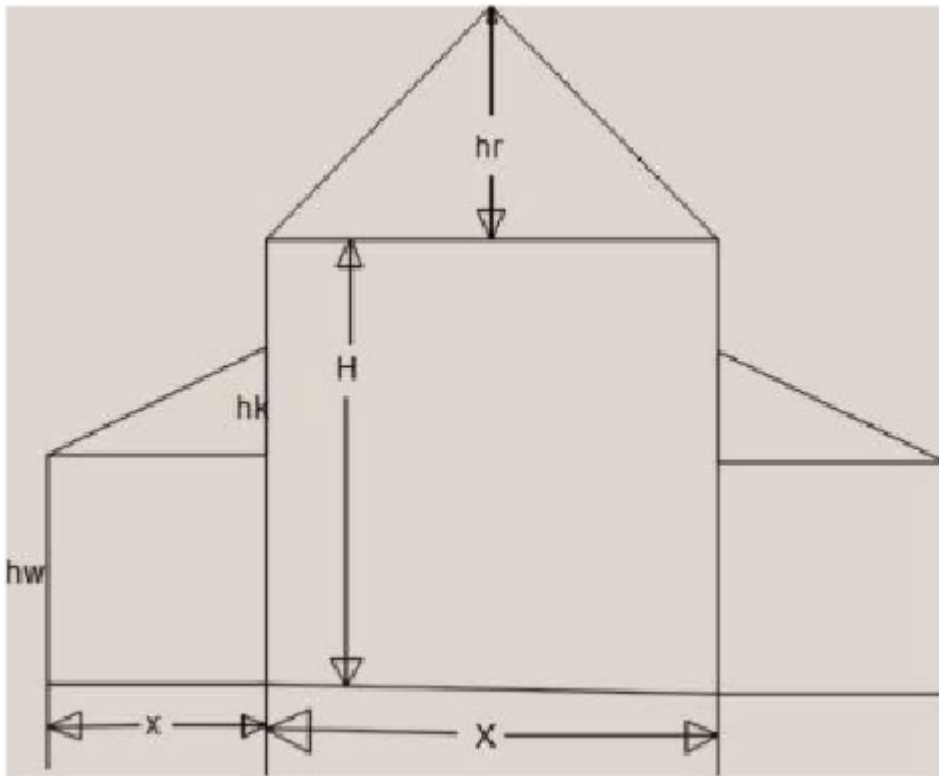
Οι σημερινές ανάγκες καταληπτότητας είναι μεγαλύτερες από ότι στο παρελθόν. Εν γένει το εκκλησίασμα δεν θυμάται από στήθους τα κείμενα των οποίων η

γλώσσα θα μπορούσε να θεωρηθεί «δύσκολη» (και ποιητικά υπέροχη). Η συνοδεία των ψαλτών από το εκκλησίασμα είναι σπάνια. Έτσι η κατανόηση των δρωμένων απαιτεί καλύτερη ακουστική ή οποία δεν εξασφαλίζεται πάντα με την προσθήκη ηλεκτρακουστικών βοηθημάτων παρά μόνον αν έχουν μελετηθεί εξ αρχής και από έμπειρους μελετητές. Σπανίως συναντάμε εγκαταστάσεις που λύνουν περισσότερα προβλήματα από όσα δημιουργούν (συνήθως οι «φθηνές» εγκαταστάσεις δεν βασίζονται σε μελέτες που έχουν εκπονηθεί για τον συγκεκριμένο Ναό αλλά σε εμπειρικές «συνταγές» των εγκαταστατών. Σε αυτές τις περιπτώσεις το αποτέλεσμα είναι ζήτημα τύχης). Ο Ναός της μονής Ευαγγελισμού της Θεοτόκου στην Ορμύλια Χαλκιδικής είναι ένα παράδειγμα όπου η τεχνολογία συνεργάζεται αρμονικά με την παράδοση και το αποτέλεσμα είναι ομολογουμένως εντυπωσιακό.

Κατά την άποψη μας είναι απαραίτητη η θέσπιση βασικών προδιαγραφών ακουστικής-ηλεκτρακουστικής από τις αρμόδιες εκκλησιαστικές αρχές για τους Ναούς οι οποίοι πρόκειται να κατασκευαστούν. Οι προδιαγραφές αυτές θα πρέπει να αφορούν τόσο το εσωτερικό όσο και τον περιβάλλοντα χώρο όπου εκεί θα πρέπει να συνάδουν με τις γενικότερες οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Πρόκειται για δύσκολο έργο το οποίο όμως θα βελτιώσει σημαντικά την λειτουργική επικοινωνία αλλά και την μείωση προβλημάτων .

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΜΙΑΣ ΤΡΙΚΛΙΤΗΣ ΒΑΣΙΛΙΚΗΣ

Τα βασικά ακουστικά μεγέθη της τρίκλιτης Βασιλικής θα εκφρασθούν με παράμετρο το πλάτος του κεντρικού κλίτους X .



Το $\phi=1,618$ είναι η βασική τιμή του λόγου της χρυσής τομής. Όμως μπορεί να χρησιμο-ποιηθεί και οποιοσδήποτε άλλος λόγος που εξυπηρετεί την αρχιτε-κτονική του Ναού.

$L=X*a$ το μήκος του Ναού προκύπτει πολλαπλασιάζοντας το X (πλάτος του κεντρικού κλίτους) επί τον συντελεστή αναλογίας a σε πολλές περιπτώσεις $a=\phi$.

$H=c*X$ το ύψος του κεντρικού κλίτους μέχρι την βάση της στέγης (ο συντελεστής c είναι συνήθως περίπου ίσος με την μονάδα αλλά μπορεί να επιλεγεί και άλλος).

$x=X*b$ το πλάτος του δεξιού κλίτους (ίσο με αυτό του αριστερού) προκύπτει πολλαπλασιάζοντας το X επί τον συντελεστή αναλογίας b .

$hr=X/4$ το ύψος της στέγης του κεντρικού κλίτους (συνήθως εξυπηρετεί).

$hw=f*X$ το ύψος του μη κεντρικού κλίτους από το δάπεδο μέχρι την βάση της οροφής, με συντελεστή αναλογίας f (συνήθως ίσος με $X/2$).

$hk=x/2$ το ύψος της στέγης του μη κεντρικού κλίτους από την βάση της μέχρι το ψηλότερο σημείο της.

Διαλέγοντας **$a=\varphi$, $c=1$, $b=1/\varphi=0,618$, $f=X/2$.**

Τότε

Ο όγκος του Ναού είναι **$V=3.13 \cdot X^3$** , το εμβαδόν δαπέδου **$S\Delta=3,62 \cdot X^2$** ενώ η συνολική επιφάνεια είναι **$ST=17,4 \cdot X^2$** .

[Στα μεγέθη αυτά δεν συμπεριλαμβάνεται ο όγκος και τα εμβαδά του ιερού διότι το ιερό αποτελεί ξεχωριστό τμήμα του Ναού εν γένει «απομονωμένο» από τον κυρίως Ναό]

Θεωρώντας ότι η μέση απορροφητικότητα του κενού Ναού είναι 0,1 και του πληρώματος 0,8 τότε ο αναμενόμενος χρόνος αντηχήσεως είναι (στα 500 Hz)

Για κενό Ναό **$RT60=0.29 \cdot X$ δλτ (κατά Sabine)**

Για πλήρη Ναό **$RT60=0,118 \cdot X$ δλτ (κατά Eyring)**