

## ΗΛΕΚΤΡΟΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

### ΑΣΚΗΣΗ 5 - ΜΕΡΟΣ Α (Για εργαστηριακή επίδειξη)

#### ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΛΕΙΣΤΩΝ ΧΩΡΩΝ

##### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως είναι γνωστό, η ακριβής προσομοίωση των ακουστικών χαρακτηριστικών των διαφόρων κλειστών χώρων, επιτυγχάνεται πλέον με την χρήση υπολογιστικών μεθόδων που υλοποιούνται σε λογισμικό που λειτουργεί σε υπολογιστές. Τέτοιες προσομοιώσεις, επιτυγχάνουν **ακριβή πρόβλεψη** της απόκρισης των χώρων, **για συγκεκριμένες θέσεις και χαρακτηριστικά της πηγής και του δέκτη** (π.χ. κατευθυντικότητα, είδος ακουστικού σήματος, κλπ.) **καθώς και παραμέτρους του συγκεκριμένου χώρου** (π.χ. γεωμετρία, υλικά τοίχων, κλπ.) και γι' αυτόν τον λόγο επιτρέπουν την σε βάθος διερεύνηση της ακουστικής του κάθε χώρου, με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια από ότι οι γενικές σχέσεις που υλοποιήθηκαν στην **Άσκηση 4** και μάλιστα χωρίς την ανάγκη της χρήσης των μετρήσεων που επίσης περιεγράφηκαν στην παραπάνω Άσκηση. Τα αποτελέσματα μιας τέτοιας προσομοίωσης μπορούν μάλιστα να γίνουν ακουστά μέσω της διαδικασίας **Εικονικής Ακρόασης (Auralisation)**.

Για την υλοποίηση της Άσκησης θα χρησιμοποιηθεί το λογισμικό CATT-Acoustic v.9 (<http://www.catt.se/>), το οποίο επιτρέπει τέτοια προσομοίωση, πρόβλεψη, ανάλυση και ακρόαση, σε περιβάλλον PC Windows. **Αντικείμενο της Άσκησης είναι η ακουστική βελτιστοποίηση ενός υπάρχοντος χώρου, με την κατάλληλη επιλογή υλικών ηχοαπορρόφησης για τις διάφορες επιφάνειες του χώρου.** Ο χώρος αυτός θα έχει ήδη οριστεί γεωμετρικά σε αρχείο του προγράμματος CATT-Acoustic, χωρίς όμως τα κατάλληλα χαρακτηριστικά ηχοαπορρόφησης για την προβλεπόμενη χρήση του. **Έτσι, θα πρέπει να οριστεί η κατάλληλη ηχοαπορρόφηση και να μελετηθούν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, με στόχο την βελτιστοποίηση των παραμέτρων του Χρόνου Αντήχησης και καταληπτότητας.**

##### 2. ΘΕΩΡΙΑ

###### 2.1. Υπολογιστική πρόβλεψη κρουστικής απόκρισης

Όπως είναι γνωστό (δες μάθημα Η/Α), ακριβής ακουστική προσομοίωση της απόκρισης χώρων επιτυγχάνεται με την μέθοδο της Γεωμετρικής Θεωρίας αξιοποιώντας τεχνικές των Ακουστικών Ειδώλων (image model method) και Ιχνηλάτησης Ακτίνων (Ray Tracing). Η μέθοδος αυτή απαιτεί ως παραμέτρους την 3-διάστατη γεωμετρική περιγραφή του χώρου μέσω των επιφανειών του (π.χ. οροφής, τοίχων, πατώματος) που ορίζονται από κατάλληλο αριθμό σημείων με συντεταγμένες (x, y, z) σε καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Στις επιφάνειες αυτές, αντιστοιχούνται υλικά με συγκεκριμένες ηχοαπορροφητικές ιδιότητες, συνήθως μέσω χρήσης κατάλληλης βάσης δεδομένων. Οι θέσεις της πηγής και του δέκτη ορίζονται επίσης σαν συντεταγμένες, ενώ ειδικά για τις πηγές είναι δυνατό να καθοριστούν η διεύθυνση εκπομπής τους, η κατευθυντικότητά τους, η ηχοστάθμη και το φάσμα που εκπέμπει η πηγή.

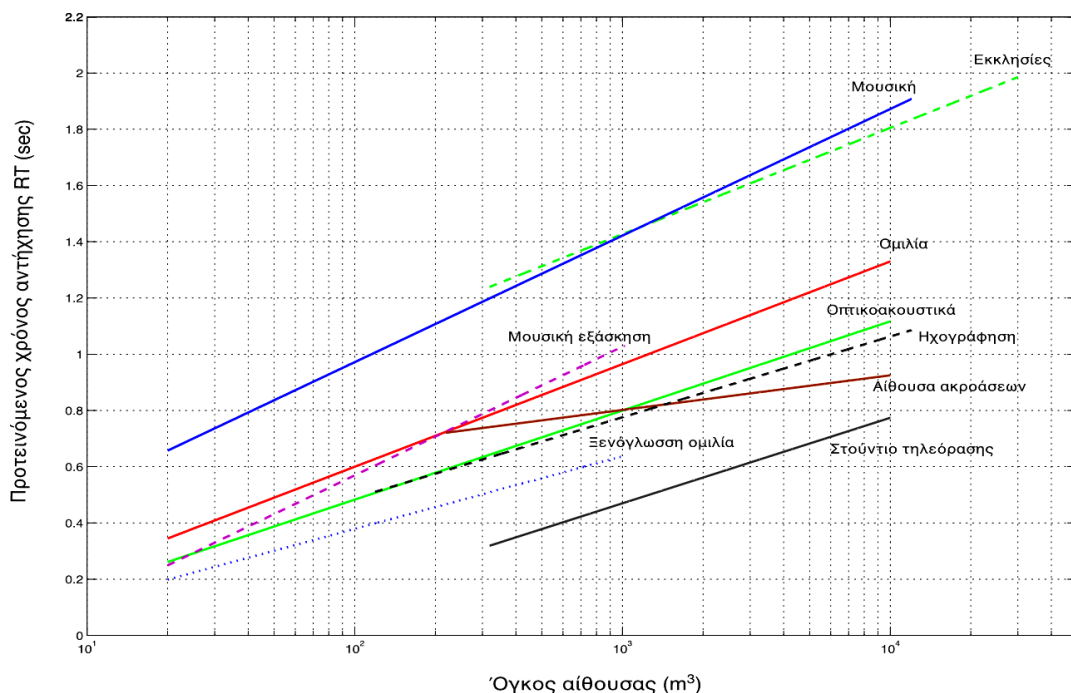
Για το παραπάνω σύνολο παραμέτρων, και υποθέτοντας ότι η πηγή εκπέμπει ένα ιδανικό ηχητικό σήμα που περιγράφεται από τη συνάρτηση  $\delta(t)$ , και για κάθε ανάκλαση-είδωλο υπολογίζεται η σχετική καθυστέρηση ως προς το κατευθείαν σήμα που ταξιδεύει στον δέκτη, το πλάτος και η γωνία άφιξης, έτσι ώστε τελικά να μπορεί να καταχωρηθεί η συνολική ακουστική απόκριση του χώρου (ηχογράμμα, echogram) στην παραπάνω διέγερση, υπό μορφή κρουστικής απόκρισης,  $h(t)$ . Στην πράξη, η παραπάνω βασική προσέγγιση διαφοροποιείται ανάλογα με την υπολογιστική υλοποίησή της. Για παράδειγμα, κατά την εκτέλεση του αλγορίθμου υπολογισμού είναι δυνατό να υπολογίζεται και ένα ποσοστό διαχεόμενου ήχου που προκύπτει από κάθε ανάκλαση, το οποίο εξαρτάται από τα υλικά των επιφανειών του υπό μελέτη χώρου.

Από τον παραπάνω υπολογισμό της κρουστικής απόκρισης του συγκεκριμένου χώρου, είναι πλέον δυνατό να υπολογισθούν οι ακουστικές παράμετροί του (π.χ. Χρόνος Αντήησης, Στάθμη Λόγου Κατευθείαν προς Ανακλώμενου Ήχου, κλπ), όπως περιγράφηκε στο σχετικό κεφάλαιο του μαθήματος.

**2.2. Επιθυμητές τιμές ακουστικών παραμέτρων**

Ο καθορισμός των βέλτιστων τιμών για όλες τις ακουστικές παραμέτρους που είναι δυνατό να υπολογισθούν από την κρουστική απόκριση, είναι αρκετά σύνθετο θέμα και πέρα από τους στόχους της Άσκησης αυτής, αλλά γενικά εξαρτάται από τον όγκο και την προβλεπόμενη χρήση του χώρου. Στην παρούσα Άσκηση, το ζητούμενο είναι η **βελτιστοποίηση 3 μόνο ακουστικών παραμέτρων**: (α) του Χρόνου Αντήησης RT60 (β) της καταληπτότητας ομιλίας κατά RASTI και (γ) η ευκρίνεια 50.

Για την εκτίμηση της βέλτιστης τιμής του Χρόνου Αντήησης θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι καμπύλες του **Σχήματος 1**, λαμβάνοντας υπ’ όψη ότι ο προς βελτιστοποίηση χώρος θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί κυρίως σαν θέατρο και σαν χώρος διαλέξεων.



**Σχήμα 1:** Επιθυμητές τιμές Χρόνου Αντήησης κλειστών χώρων

Για την παράμετρο RASTI, θα πρέπει να επιτευχθεί η υψηλότερη δυνατή τιμή (σημειώνεται ότι η ιδανική τιμή της παραμέτρου αυτής είναι 1).

### 3. Μεθοδολογία

#### 3.1. Ορισμός του Υπό μελέτη χώρου

Η προσομοίωση της απόκρισης ενός ακουστικού χώρου στο περιβάλλον του CATT-Acoustic απαιτεί, όπως προαναφέρθηκε, ως πρώτο βήμα τον γεωμετρικό ορισμό του χώρου. Ο ορισμός αυτός γίνεται σε ASCII αρχεία τύπου \*.GEO (geometry) και ακολουθεί ένα συγκεκριμένο συντακτικό. Σε γενικές γραμμές, η γενική δομή ενός τέτοιου αρχείου είναι η ακόλουθη:

;Σχόλια Περιγραφή αρχείου

;

;ορισμός τοπικών/καθολικών μεταβλητών

GLOBAL h = 4.5 ;hall height

LOCAL win\_h= 1.2 ;window height

;παράλληλα αρχεία με ορισμούς αντικειμένων

INCLUDE stage.geo

; ορισμοί συντελεστών απορρόφησης και διάχυσης των υλικών αν δεν υπάρχουν στην βιβλιοθήκη σε μπάντες οκτάβας

ABS absname <a125 a250 a500 a1K a2K a4K> L <d125 d250 d500 d1K d2K d4K>

; Ορισμός σημείων σε καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων

CORNERS

id x y z

; Διανυσματικός Ορισμός απλών επιφανειών /επιφανειών με ανοίγματα (πόρτες, παράθυρα κλπ)

PLANES

```
[id name          /      / absname      ]
[id name          /      / (a /      / a_abs) (b /      / b_abs) ]
```

Εδώ φαίνεται η δομή ενός τέτοιου αρχείου ενώ μπορεί να υπάρχουν δηλώσεις που αφορούν εντολές που διευκολύνουν τον ορισμό της γεωμετρίας του χώρου. Οι δηλώσεις που ξεκινούν με τη λέξη ABS ορίζουν τους συντελεστές απορρόφησης του υλικού absname στις συχνότητες 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1KHz, 2KHz και 4KHz (τιμές a125, a250, a500, a1K, a2K, a4K αντίστοιχα, εκφρασμένες επί τοις εκατό), καθώς και τους συντελεστές διάχυσης του συγκεκριμένου υλικού (τιμές d125, d250, d500, d1K, d2K, d4K αντίστοιχα, εκφρασμένες επί τοις εκατό). Η δήλωση των συντελεστών διάχυσης είναι γενικά προαιρετική.

Στον τομέα CORNERS του GEO αρχείου δηλώνονται οι συντεταγμένες των σημείων που στη συνέχεια στον τομέα PLANES θα ορίσουν τα επίπεδα που οριοθετούν το χώρο. Οι επιφάνειες αυτές ορίζονται με διανυσματικό τρόπο, ακολουθώντας δηλαδή τον κανόνα του δεξιού χεριού. Με αυτό τον τρόπο το πρόγραμμα είναι σε θέση να αναγνωρίσει την

επιφάνεια πρόσπτωσης του ηχητικού κύματος.

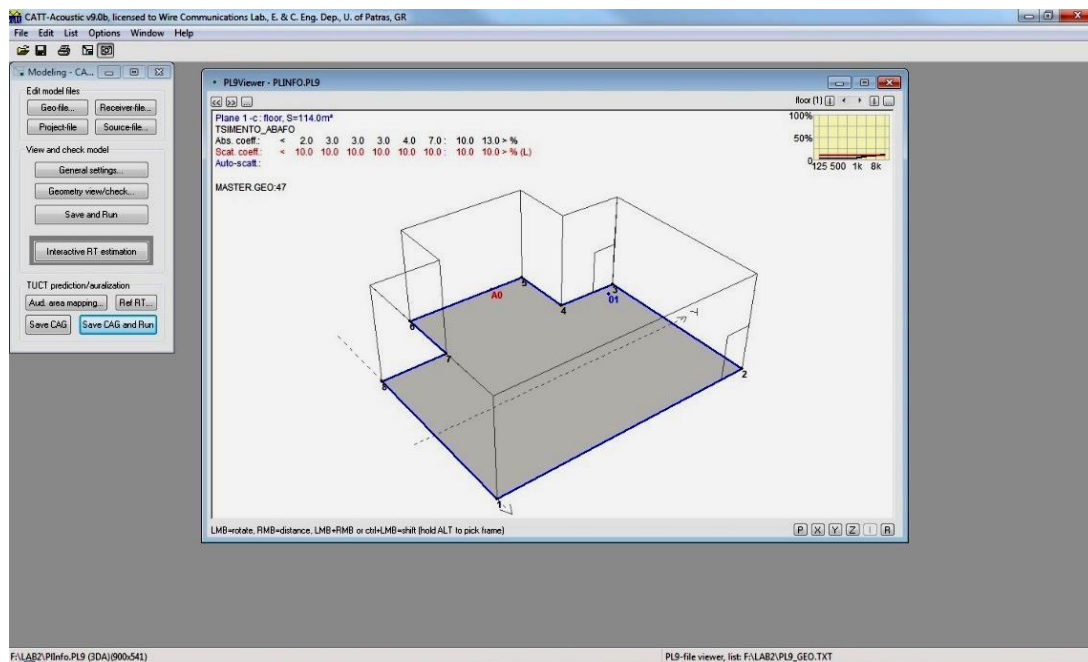
Ο γεωμετρικός ορισμός του υπό εξέταση χώρου γίνεται στο αρχείο MASTER.GEO (το οποίο δίνεται έτοιμο), θεωρώντας ότι όλες οι επιφάνειες του χώρου είναι από τσιμέντο (δηλ. όπως έχει κατασκευαστεί αρχικά ο χώρος, χωρίς καμία επέμβαση).

### 3.2. Ορισμός θέσεων πηγής / ων – δέκτη / ών

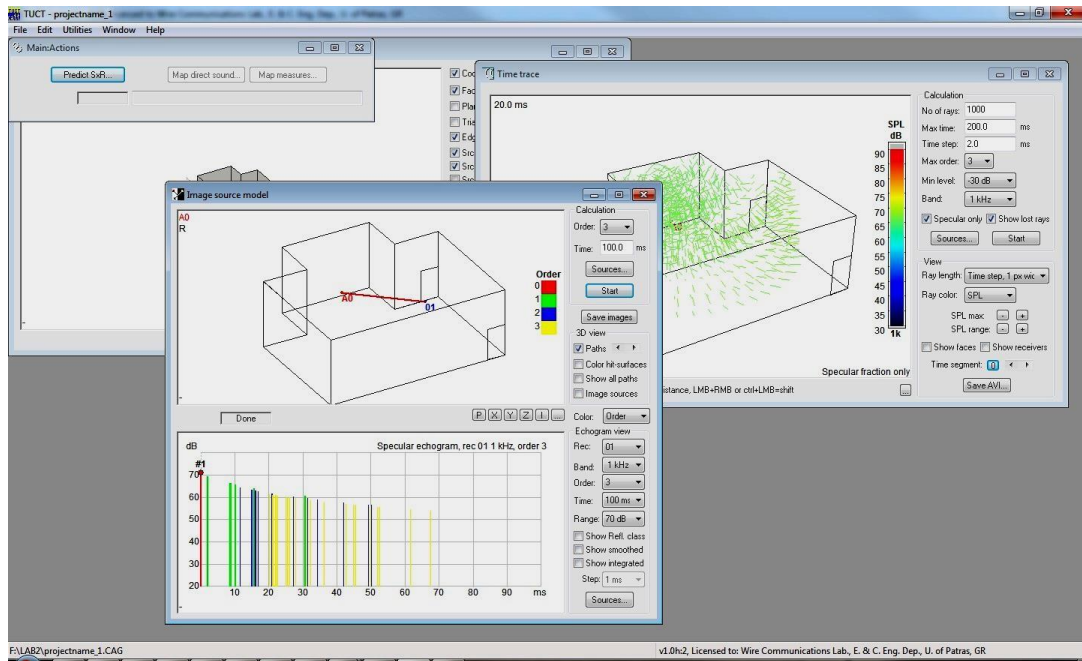
Ο ορισμός των θέσεων πηγής - δεκτών γίνεται στα αρχεία SRC.LOC και REC.LOC αντίστοιχα μέσω της δήλωσης των συντεταγμένων τους. Εκτός όμως από τον ορισμό σημειακών δεκτών, το CATT-Acoustic παρέχει τη δυνατότητα ορισμού "περιοχών" ακροατηρίου (audience planes), κάτι που επιτρέπει την γραφική απεικόνιση (χαρτογράφηση - mapping) συγκεκριμένων ακουστικών παραμέτρων σε "περιοχές" και όχι σε σημεία.

### 3.3. Υπολογισμός ακουστικής απόκρισης

Το CATT-Acoustic είναι δομημένο σε δύο βασικά ανεξάρτητα τμήματα και συνοδεύεται από διάφορα προγράμματα (modules) τα οποία επιτελούν επιπλέον εργασίες. Το CATT-Acoustic (Εικόνα 1), αποτελεί τον πυρήνα του προγράμματος και είναι το περιβάλλον στο οποίο σχεδιάζεται και ελέγχεται το γεωμετρικό μοντέλο του χώρου. Είναι επίσης εφικτό με γρήγορο και διαδραστικό τρόπο, να γίνει μία πρώτη εκτίμηση του χρόνου αντήχησης εφαρμόζοντας διαφορετικά υλικά στο μοντέλο χρησιμοποιώντας το module "Interactive RT estimation". Ο υπολογισμός γίνεται με τρία διαφορετικά μοντέλα, κατά Sabine, κατά Eyring, και με τη μέθοδο ιχνηλάτησης ακτίνων (ray tracing). Η λεπτομερής ανάλυση των διάφορων ακουστικών παραμέτρων γίνεται με το TUCT (The Universal Cone- Tracer) (Σχήμα 2).



**Σχήμα 2:** Το περιβάλλον του CATT-Acoustic για την ανάπτυξη του γεωμετρικού μοντέλου του χώρου.



Σχήμα 3: Το περιβάλλον του TUCT

Ο υπολογισμός της κρουστικής απόκρισης είναι μία σχετικά χρονοβόρος διαδικασία (η διάρκεια ολοκλήρωσής της αυξάνει με την πολυπλοκότητα του χώρου, την τάξη των ανακλάσεων που λαμβάνονται υπόψιν και το μήκος του χρονικού παραθύρου της κρουστικής απόκρισης που θέλουμε να υπολογίσουμε), γεγονός που οφείλεται στο γεωμετρικό προσδιορισμό των θέσεων των ακουστικών ειδώλων. Το TUCT υποστηρίζει τρία επίπεδα ανάλυσης ανάλογα με την χρήση που θέλουμε να κάνουμε (πρόβλεψη παραμέτρων – ακρόαση – εξαντλητικά αναλυτική μελέτη).

### 3.4. Προσομοίωση – Βελτιστοποίηση Ακουστικής του Χώρου

Σκοπός της άσκησης είναι με βάση την Παράγραφο 2.2 να βρεθεί η βέλτιστη τιμή του Χρόνου Αντήρησης  $T_{60}$  για τον υπό μελέτη χώρο ο οποίος προορίζεται για συνεδριακή χρήση. Αρχικά ανοίγετε τα αρχεία που έχουν ήδη ορισμένη τη γεωμετρία του υπο μελέτη χώρου.

- 1) Με την πρώτη εκτέλεση (“Save and Run”) του “View and check model” ελέγχουμε προσεκτικά αν όλες οι επιφάνειες είναι σωστά προσανατολισμένες.
- 2) Ανοίγουμε τη βιβλιοθήκη υλικών από το μενού *Window>Surface properties* και επιλέγουμε για κάθε επιφάνεια κάποιο κατάλληλο υλικό χωρίς να δίνουμε σημασία στις ακουστικές παραμέτρους.
- 3) Για αυτό το αρχικό μοντέλο ανοίγουμε την εφαρμογή του TUCT και κάνουμε υπολογισμό των ακουστικών παραμέτρων. Αποθηκεύουμε τα δεδομένα.

Στο επόμενο βήμα θα γίνει αλλαγή υλικών στην αίθουσα για βελτίωση των ακουστικών παραμέτρων. Για το σκοπό αυτό ακολουθούμε την παρακάτω διαδικασία στο περιβάλλον του CATT-Acoustic:

- 1) Ανοίγουμε τη βιβλιοθήκη υλικών (“*Window>Surface properties*”) και παράλληλα το “Interactive RT estimation”.
- 2) Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που έχουμε πάρει για το αρχικό μοντέλο επιλέγουμε κατάλληλα υλικά για να διαμορφώσουμε τον χρόνο αντήρησης στα επιθυμητά επίπεδα. Μπορούμε να ορίσουμε εμείς κάποιο υλικό με ειδικά χαρακτηριστικά που να πληρούν τις απαιτήσεις μας σε απορρόφηση.

- 3) Επιλέγοντας μία επιφάνεια στο παράθυρο του *Interactive RT estimation* και κάνοντας διπλό κλικ σε κάποιο υλικό στο παράθυρο της βιβλιοθήκης, η επιφάνεια αλλάζει με το νέο υλικό και παράλληλα αλλάζει σε πραγματικό χρόνο ο χρόνος αντήχησης. Με αυτό τον τρόπο κάνουμε δοκιμές ώστε να πετύχουμε τον αναμενόμενο χρόνο αντήχησης. Όταν θεωρούμε ότι έχουμε πετύχει τα αποτελέσματα που θέλουμε πατάμε OK και εξάγουμε το αρχείο με τις αλλαγές.
- 4) Ανοίγουμε το αρχείο με τις αλλαγές και τις ενσωματώνουμε στο MASTER.GEO. Έπειτα κάνουμε “*save and run*” εκ νέου και ανοίγουμε το νέο «βελτιωμένο» μοντέλο με το TUCT. Τρέχουμε την προσομοίωση ώστε να πάρουμε τα αναλυτικά αποτελέσματα.

## ΑΣΚΗΣΗ 5- ΜΕΡΟΣ Β

### ΜΕΛΕΤΗ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

#### Οδηγίες – παραδοτέα για κατ’ οίκον εξάσκηση

##### 1. Στόχος

Θα πρέπει να αναλύσετε και να αξιολογήσετε τα χαρακτηριστικά ηχείων σε σχέση με την καταλληλότητα τους κατά τον σχεδιασμό μιας ηλεκτροακουστικής (H/A) εγκατάστασης. Χρησιμοποιώντας το σύνδεσμο <http://www.clfgroup.org/>, επιλέξτε και εγκαταστήστε το σχετικό λογισμικό ελεύθερης πρόσβασης για την επισκόπηση των χαρακτηριστικών ηχείων (CLF viewer). Εξοικειωθείτε με τη χρήση του λογισμικού επιλέγοντας, συγκρίνοντας και εξετάζοντας τα χαρακτηριστικά διαφορετικών τύπων ηχείων, όπως δίνονται από τη σχετική βάση δεδομένων (CLF Files).

Με τη βοήθεια της θεωρίας, εστιάστε στα δεδομένα (data) όπως εμφανίζονται στην εφαρμογή επισκόπησης CLF viewer:

- 6dB w. hor (Οριζόντια γωνία για κάλυψη 6 dB)
- 6dB w. ver (Κάθετη γωνία για κάλυψη 6 dB)
- Axial Q (Αξονικός παράγοντας κατευθυντικότητας Q)
- Sensitivity (Στάθμη ευαισθησίας, dB/W/m)
- Impedance (Σύνθετη αντίσταση, Ω)
- Maximum input power (μέγιστη ισχύς εισόδου W)
- gain (κέρδος, dB)

Χρησιμοποιώντας το σύνδεσμο <http://www.clfgroup.org/>, θα πρέπει να επιλεγεί αρχείο CLF που θεωρείτε ότι θα ήταν κατάλληλο για χρήση – εφαρμογή σε κάλυψη χώρου ανοικτού (υπαίθριου) κινηματογράφου

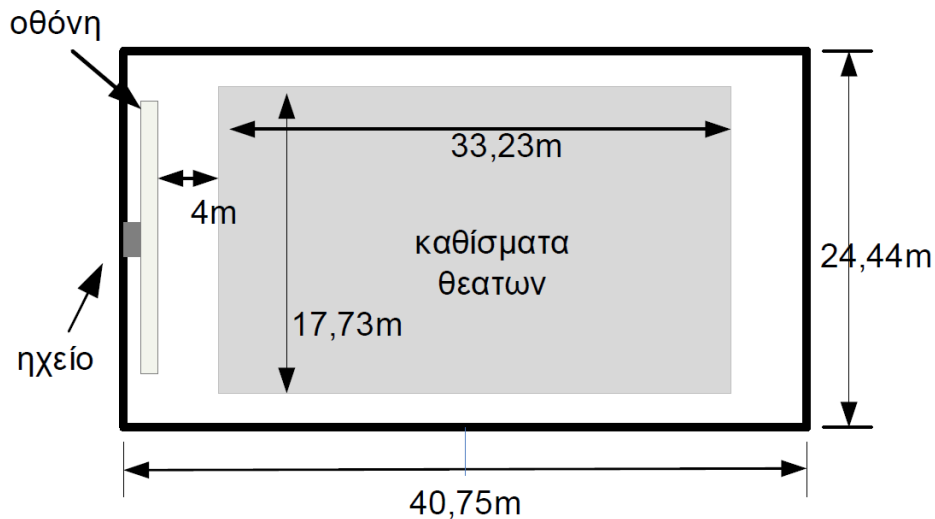
Για τη μελέτη της εγκατάστασης αυτής θα πρέπει να υλοποιήσετε ηλεκτροακουστική μοντελοποίηση και πρόβλεψη της κάλυψης του χώρου ανοικτού (υπαίθριου) κινηματογράφου με την χρήση του ελεύθερου λογισμικού Y-S3 Yamaha Sound Simulator (<https://asia-latinamerica-mea.yamaha.com/en/products/proaudio/software/ys3/index.html>)

υποθέτοντας ότι στον χώρο αυτό θα τοποθετηθεί ηλεκτροακουστική εγκατάσταση αποτελούμενη μόνο από το συγκεκριμένο ηχείο που θα επιλέξετε από τη βάση clf.

Σημειωτέο ότι αντίστοιχα λογισμικά προσφέρονται και από άλλες εταιρείες H/A συστημάτων.

## 2. Αντικείμενο

Ο χώρος που θα εξομοιωθεί είναι ένα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο με διαστάσεις Μ: 40,75m, Π: 24,44m. Στον χώρο υπάρχουν θέσεις ακροατών με καθίσματα όπως δίνεται στο **Σχήμα 1**. Θεωρήστε ότι το δάπεδο του κινηματογράφου μαζί με τα καθίσματα εμφανίζουν ενιαίο συντελεστή απορρόφησης με μέση τιμή 0,8 (παρόλο που αυτό το δεδομένο δεν θα απαιτηθεί κατά την υλοποίηση της άσκησης).



**Σχήμα 1** κάτοψη του ανοικτού κινηματογράφου

Για την παρούσα μελέτη, θεωρούμε ότι ηχητική πηγή θα παράγεται από **ηχείο 2 δρόμων, με μεγάφωνο χαμηλών συχνοτήτων διαμέτρου 15 inch**, του οποίου τα τεχνικά χαρακτηριστικά θα πρέπει να εξαχθούν από αρχείο CF2, μετά από διερεύνηση στη βάση δεδομένων που υπάρχει στο σύνδεσμο <http://www.clfgroup.org/>.

Το ηχείο αυτό θα τοποθετηθεί κεντρικά πίσω από την οθόνη και σε κατάλληλο ύψος που θα πρέπει να διερευνηθεί και να επιλεγεί κατάλληλα, ενώ η κλίση του θα πρέπει να ρυθμιστεί ώστε να επιτυγχάνει την καλύτερη δυνατή κάλυψη στο ακροατήριο.

Θεωρήστε ότι η επιφάνεια του ακροατηρίου είναι αυτή που εμφανίζεται από την αρχική διάταξη που θα αναρτηθεί στο eclass.

## 3. Μέθοδος

Στο ελεύθερο λογισμικό Y-S3 θα πρέπει να εξομοιώσετε απλοποιημένη εκδοχή του χώρου του κινηματογράφου και θα χρησιμοποιήσετε κατάλληλο ηχείο του συγκεκριμένου κατασκευαστή που υπάρχει στη βάση δεδομένων του λογισμικού αυτού, όπως και στη βάση δεδομένων του CLF.

Αρχικά, τοποθετήστε το ηχείο στο κεντρικό σημείο πίσω από την οθόνη και σε ύψος 3m. Εξετάστε – επιλέξτε την καταλληλότερη λύση για ύψος και στόχευση, με δεδομένο ότι σε ένα τέτοιο κινηματογράφο **απαιτείται να επιτυγχάνεται ηχοστάθμη της τάξης των 86dB** στο κέντρο της περιοχής του ακροατηρίου και συνεπώς, **αντίστοιχη και ομοιογενής** κάλυψη του συνολικού ακροατηρίου με όρια  $\pm 3 dB$ . Επιλέξτε την καταλληλότερη γωνία κλίσης του ηχείου για την καλύτερη ηχητική κάλυψη.

Ρυθμίστε την ισχύ τροφοδοσίας (κέρδος λειτουργίας ενισχυτή) ώστε να επιτυγχάνεται αυτή η ηχοστάθμη.

#### 4. Παραδοτέα

Με επιλογή κατάλληλου ηχείου από το πεδίο Array, τοποθέτηση του σε κατάλληλο ύψος και κλίση και με κατάλληλες επιλογές από το πεδίο Config του προγράμματος (**Σχήμα 2**, δεξιά στο κύκλο), υπολογίστε την απαίτηση σε ηλεκτρική ισχύ (Watt) που θα χρειαστεί το ηχείο από τον ενισχυτή ώστε να παράγει την απαιτούμενη ηχοστάθμη καθώς και το ηλεκτρικό κέρδος σε dB με το οποίο θα πρέπει να λειτουργήσει ο ενισχυτής. Με βάση τις παραπάνω συνθήκες λειτουργίας της εγκατάστασης, επιλέξτε από τη λίστα που υπάρχει στο σχετικό πεδίο της εφαρμογής, τον κατάλληλο ενισχυτή και αιτιολογήστε την επιλογή σας.

Ελέγξτε για το αν η διάταξη αυτή επιτρέπει αποδεκτή κάλυψη του ακροατηρίου, **σημειώνοντας την απόκλιση από τα 86 dB που έχει επιτευχθεί**. Για τον έλεγχο της ισχύος του ενισχυτή και την ρύθμιση του ηλεκτρικού κέρδους, χρησιμοποιείστε και το **Σχήμα 3**.

Με την εκτέλεση της προσομοίωσης, υπολογίστε και συμπεριλάβετε στην αναφορά σας τα εξής αποτελέσματα:

(α) χρωματική απεικόνιση και για τις δύο τοποθετήσεις ηχείων (αρχική σε ύψος 3m και τελική που επιλέξατε), της κατανομής στον παραλληλεπίπεδο χώρο, της στάθμης ηχητικής πίεσης (απευθείας πεδίο) στη συχνοτική ζώνη των 1000 Hz καθώς και για το συνολικό εύρος συχνοτήτων (επιλογή FFT). Απεικονίστε

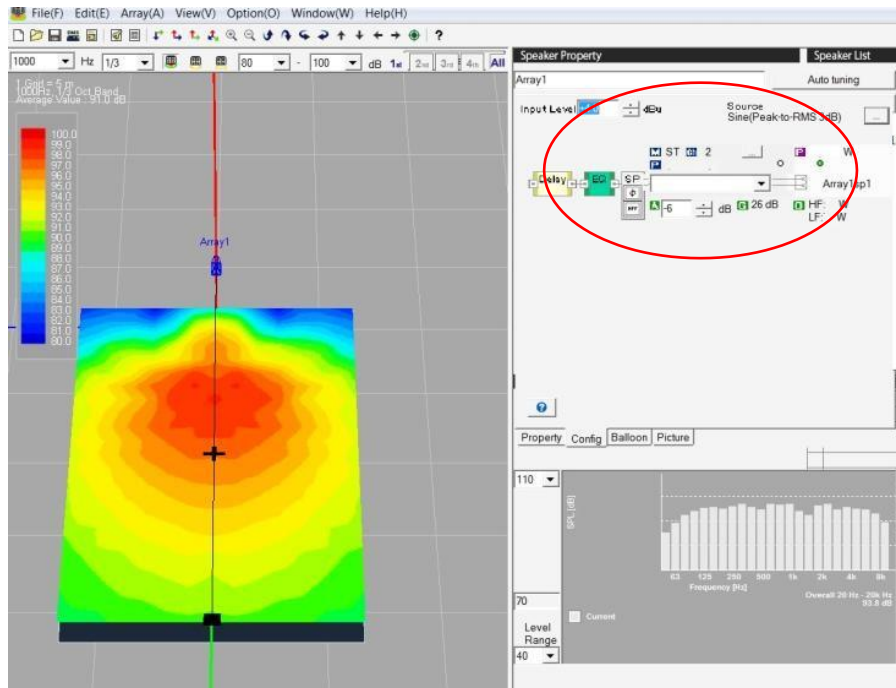
(β) σχόλια για το αν η διάταξη που επιλέξατε επιτρέπει αποδεκτή κάλυψη του ακροατηρίου, σημειώνοντας την απόκλιση από τα 86 dB που έχει επιτευχθεί.

(γ) καταγράψτε την απαίτηση σε ηλεκτρική ισχύ (Watt) που θα χρειαστεί το ηχείο από τον ενισχυτή ώστε να παράγει την απαιτούμενη ηχοστάθμη καθώς και το ηλεκτρικό κέρδος σε dB με το οποίο θα πρέπει να λειτουργήσει ο ενισχυτής.

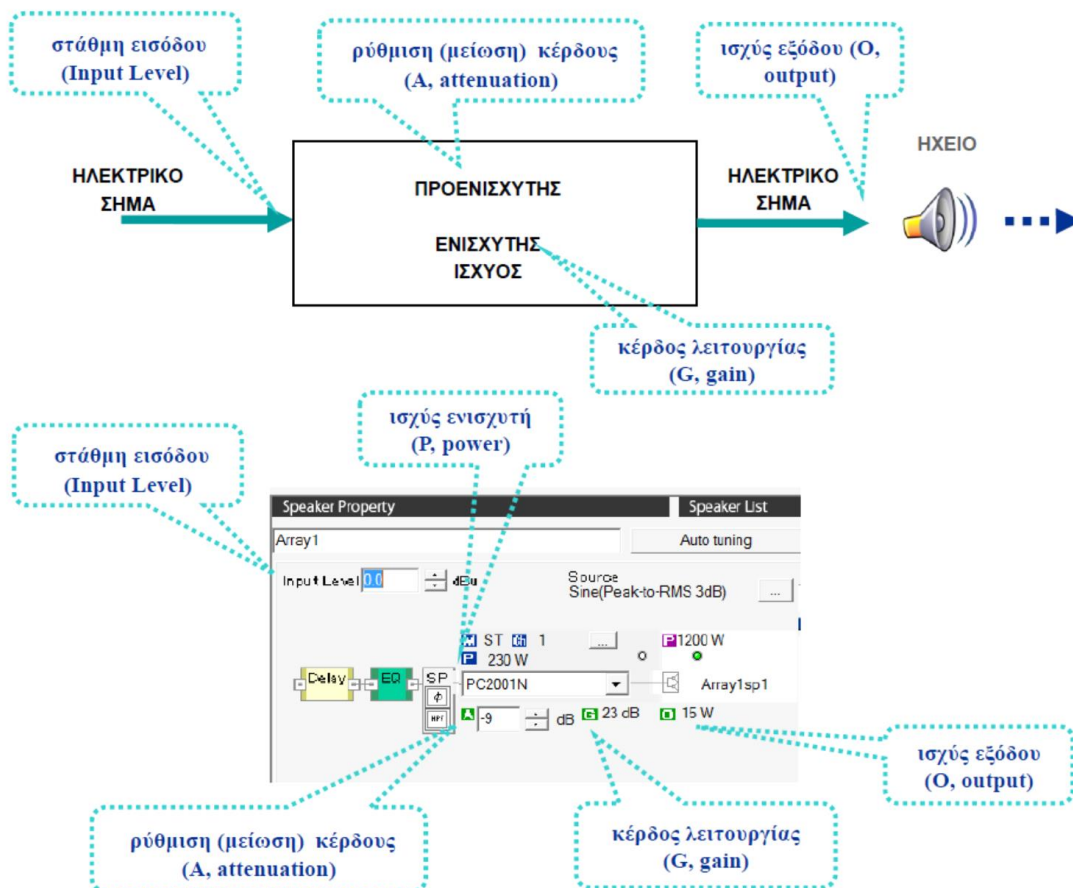
(δ) με βάση τις παραπάνω συνθήκες λειτουργίας της εγκατάστασης, και μετά την επιλογή του κατάλληλου ενισχυτή, σχεδιάστε τη δομή και τα υποσυστήματα που θα απαιτηθούν για τη λειτουργία της εγκατάστασης

(ε) υπολογίστε με βάση διαδικτυακές πηγές το προσεγγιστικό κόστος της συνολικής εγκατάστασης.





Σχήμα 2: πεδίο ηλεκτρικών ρυθμίσεων στο λογισμικό Y-S3



Σχήμα 3: ρύθμιση ηλεκτρικού κέρδους στο λογισμικό Y-S3