



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών

Τομέας Δομοστατικής

**ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ
ΘΕΑΤΡΙΚΩΝ ΣΚΗΝΩΝ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Καραβόγλου-Σχισμένος Γεώργιος
Φωτομάρας Γεώργιος

ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΟΣ ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ Γεώργιος Βλάχος

ΣΥΝΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ – Αλεξάνδρα Σωτηροπούλου

ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΜΒΟΥΛΟΣ

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2017

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Αθήνα είναι η πόλη στην οποία γεννήθηκε το θέατρο και έχει τις περισσότερες θεατρικές σκηνές στον κόσμο, αφού επίσημα αριθμεί εκατό σαράντα οχτώ θέατρα (έναντι εκατό δέκα στο Λονδίνο και ογδόντα στο Παρίσι). Μάλιστα κάθε χρόνο η Ελληνική πρωτεύουσα φιλοξενεί πάνω από χίλιες θεατρικές παραστάσεις. Τα θέατρα είναι μια από τις σημαντικότερες κατηγορίες αιθουσών ακροατηρίου που χρησιμοποιούνται κυρίως για ομιλία και συνεπώς η σωστή λειτουργία τους είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ακουστική τους απόδοση και κατ' επέκταση με τον αρχιτεκτονικό τους σχεδιασμό.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τρεις θεατρικές σκηνές, το θέατρο «Τζένη Καρέζη», το θέατρο «Κάππα» και το θέατρο «Πόρτα». Παρουσιάζονται οι βασικές ακουστικές παράμετροι (ο χρόνος αντήχησης, το κλάσμα των πρώιμων ανακλάσεων, η απόσβεση στάθμης έντασης του ήχου και ο θόρυβος βάθους) που προέκυψαν από τις φυσικές μετρήσεις, γίνεται σύγκριση αυτών για τα τρία θέατρα και επιχειρείται ερμηνεία σε σχέση με τα στοιχεία σχεδιασμού της κάθε αίθουσας. Επίσης γίνεται διερεύνηση των αποτελεσμάτων του πειράματος αντίληψης της ακουστικής και αναζητείται συσχέτιση αυτών με τις φυσικές ακουστικές παραμέτρους.

ABSTRACT

Athens is the birthplace of western drama and of the drama theatre. This city today counts the largest amount of theatres over the world, namely hundred and forty eight, whilst London and Paris count hundred and ten, and eighty theatres respectively. Yet, more than thousand theatrical performances take place in Athens yearly. Apparently, acoustics is critical for speech auditoria (in this case for drama theatres) and this is closely associated with the architecture of the space.

Three drama theaters in Athens are presented in this paper, namely the “Jenny Karezi” Theatre, the “Porta” Theatre, and the “Kappa” Theatre. Basic room acoustic parameters (reverberation time, 50 ms early energy fraction, speech sound level and background noise level) were tested during measurements that were performed in the empty auditoria and comparison was made between the three theaters in order to investigate the association of acoustical design with architectural style and features. Moreover subjective evaluation experiments were carried out during live performances and their results were related to the results of the acoustic measurements.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία επιστεγάζει την ολοκλήρωση του κύκλου σπουδών μας στη σχολή των Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Οφείλουμε λοιπόν να εκφράσουμε τις από καρδίας ευχαριστίες μας σε όλους όσους συνέβαλλαν με τον τρόπο τους στην επίτευξη αυτού του στόχου.

Ειλικρινείς ευχαριστίες εκφράζονται στην καθηγήτρια μας κυρία Αλεξάνδρα Σωτηροπούλου για την ανάθεση, την καθοδήγηση και την πολύτιμη βοήθεια και στήριξη της, όπως και στον καθηγητή μας Γεώργιο Βλάχο για τις πολύτιμες συμβουλές του. Ευχαριστούμε επίσης τον υποψήφιο διδάκτορα Γιάννη Καραγιάννη για την καθοριστική του βοήθεια και το χρόνο που διέθεσε για την υλοποίηση της παρούσας εργασίας.

Επιπλέον, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον Κοσμήτορα της σχολής μας, Δημήτριο Κουτσογιάννη, για την στήριξη του στο έργο μας, την κυρία Γιασεμή Κηλαηδώνη για την πολύτιμη βοήθειά της με τις επιτόπιες μετρήσεις και όχι μόνο, καθώς επίσης και τους ιθύνοντες των θεάτρων για την άδεια εισόδου και τις διευκολύνσεις που μας παρείχαν, αλλά και τους ακροατές, που έλαβαν μέρος στα επιτόπια πειράματα αντίληψης. Επιπρόσθετα, η διεκπεραίωση της εργασίας μας δεν θα ήταν δυνατή χωρίς την πολύτιμη βοήθεια των συμφοιτητών μας, στους οποίους εκφράζονται οι ειλικρινείς ευχαριστίες μας.

Ακόμη, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε από καρδίας τις οικογένειες μας, για την ηθική και οικονομική τους στήριξη σε όλα τα χρόνια των σπουδών. Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τις φίλες και τους φίλους μας που συνέβαλλαν με τον τρόπο τους και τη συμπαράσταση τους στην υλοποίηση της παρούσας εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
2. ΜΟΝΤΕΡΝΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΘΕΑΤΡΟ.....	5
2.1 Το κίνημα του μοντερνισμού	5
2.2 Μοντέρνα θέατρα	7
2.2.1 Μεγάλη Βρετανία : Εθνικό Θέατρο Λονδίνου	8
2.2.2 Μοντέρνα αθηναϊκά θέατρα	10
3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	11
4. ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΘΕΑΤΡΙΚΩΝ ΣΚΗΝΩΝ.....	19
4.1 Ιστορική αναδρομή της ακουστικής επιστήμης.....	19
4.2 Φυσικές παράμετροι της ακουστικής.....	20
4.3 Αρχές σχεδιασμού θεατρικών σκηνών	21
5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	25
5.1 Μεθοδολογία φυσικών ακουστικών μετρήσεων	32
5.2 Πειραματική διαδικασία φυσικών ακουστικών μετρήσεων.....	32
5.3 Μεθοδολογία πειραμάτων αντίληψης.....	38
5.3.1 Θεωρία της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης	38
5.3.2 Τεχνική της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης	39
5.3.3 Ανάλυση σε παράγοντες (Factor Analysis)	40
5.3.4 Ερμηνεία ενός πίνακα παραγόντων	41
5.3.5 Ανάλυση της διακύμανσης	42
5.3.6 Απλή ανάλυση παλινδρόμησης (Simple Regression Analysis).....	43
5.4 Διαδικασία πειραμάτων αντίληψης.....	44
6. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	47
6.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις	47
6.1.1 Χρόνος Αντήρησης (RT)	47
6.1.3 Κλάσμα πρώιμων ανακλάσεων (D50).....	52
6.1.4 Κλάσμα πρώιμων προς καθυστερημένων ανακλάσεων (C80)	57

6.1.5 Απόσβεση της στάθμης έντασης του ήχου (G)	61
6.1.6 Θόρυβος βάθους (L_{Aeq})	66
6.2 Πειράματα υποκειμενικής αντίληψης	67
6.2.1 Πρώτη αίθουσα προς ανάλυση	68
6.2.1 Δεύτερη αίθουσα προς ανάλυση	70
6.2.1 Τρίτη αίθουσα προς ανάλυση	73
6.2.1 Ανάλυση όλων των αιθουσών ταυτόχρονα	75
6.2.5 Ανάλυση απλής γραμμικής παλινδρόμησης	77
7. ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	79
7.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις	79
7.1.1 Θέατρο «Τζένη Καρέζη»	79
7.1.2 Θέατρο «Κάππα»	81
7.1.3 Θέατρο «Πόρτα»	83
7.1.4 Συγκρίσεις θεάτρων	85
7.2 Πειράματα υποκειμενικής αντίληψης	86
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	89
9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	91
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	95
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.....	123
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	137
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ.....	157
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε.....	185
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ.....	203
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ.....	209
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η	215
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Θ	217
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....	219
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Κ.....	223

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Αθήνα είναι η πόλη στην οποία γεννήθηκε το θέατρο και έχει σήμερα τις περισσότερες θεατρικές σκηνές στον κόσμο, αφού επίσημα αριθμεί εκατόν σαράντα οχτώ θέατρα (έναντι εκατόν δέκα στο Λονδίνο και ογδόντα στο Παρίσι). Μάλιστα κάθε χρόνο η Ελληνική πρωτεύουσα φιλοξενεί πάνω από χίλιες θεατρικές παραστάσεις. Τα θέατρα είναι μια από τις σημαντικότερες κατηγορίες αιθουσών ακροατηρίου που χρησιμοποιούνται κυρίως για ομιλία και συνεπώς η σωστή λειτουργία τους είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ακουστική τους απόδοση και κατ' επέκταση με τον αρχιτεκτονικό τους σχεδιασμό, στον οποίο παίζουν σημαντικό ρόλο τα αρχιτεκτονικά στοιχεία των αιθουσών (μορφή, διάκοσμος, μέγεθος κλπ.). Ενδιαφέρον παρουσιάζει το ερώτημα αν κάποια αρχιτεκτονικά ρεύματα, για παράδειγμα ο μοντερνισμός, ο νεοκλασικισμός κλπ., διαθέτουν στοιχεία που ευνοούν την ακουστική απόδοση στον χώρο.

Η παρούσα εργασία αποτελεί μέρος μεγαλύτερης έρευνας του εργαστηρίου Ηχοτεχνίας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, όπου στόχος της είναι η καταγραφή του ακουστικού στίγματος θεάτρων της πατρίδας μας από διάφορες αρχιτεκτονικές περιόδους και η επιρροή των στοιχείων σχεδιασμού τους στην ακουστική τους απόδοση.

Ειδικότερα η παρούσα διατριβή εστιάζει στην ακουστική θεάτρων από την εποχή του μοντερνισμού στην Ελλάδα. Πρόκειται για πειραματική εργασία σε πραγματικό χώρο και περιλαμβάνει φυσικές ακουστικές μετρήσεις, καθώς και πειράματα αντίληψης της ακουστικής σε τρία αθηναϊκά θέατρα κατά την διάρκεια ζωντανών παραστάσεων.

2. ΜΟΝΤΕΡΝΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΘΕΑΤΡΟ

2.1 Το κίνημα του μοντερνισμού

Ο μοντερνισμός είναι ένα πολιτιστικό κίνημα που εμφανίστηκε στην Ευρώπη στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, ενώ στην Ελλάδα έκανε την εμφάνισή του κυρίως μετά το 1950. Κύριο στοιχείο αυτού του κινήματος ήταν η ρήξη με τον ακαδημαϊσμό της εποχής. Ο μοντερνισμός αγάγιασε τις απόψεις εκείνων που υποστήριζαν ότι οι «παραδοσιακές» μορφές τέχνης, αρχιτεκτονικής, λογοτεχνίας, θρησκευτικής πίστης, κοινωνικής οργάνωσης και καθημερινής ζωής ακολουθούσαν ξεπερασμένα πρότυπα. Επηρέασε γενικά τον τρόπο ζωής εκείνης της εποχής και κατ' επέκταση την αρχιτεκτονική.

Ως αρχιτεκτονικό κίνημα επιδίωξε να κόψει όλους τους στιλιστικούς και ιστορικούς δεσμούς με το παρελθόν, απορρίπτοντας για παράδειγμα το διακοσμητικό χαρακτήρα του κινήματος όπως του Art Nouveau ή τις χειροποίητες κατασκευές του στυλ Arts και Crafts. Έτσι κύριο γνώρισμα της μοντέρνας αρχιτεκτονικής είναι η αφαιρετική προσπάθεια που βασίζεται στην λιτότητα, καταργώντας κάθε περιττό στολίδι, όπως απλά λέει το γνωστό ρητό του Louis Sullivan «*form follows function*» (η μορφή ακολουθεί την λειτουργία).

Ο αρχιτεκτονικός μοντερνισμός υπήρξε αλληλένδετος με την ευρύτατη εξέλιξη της οικοδομικής επιστήμης και γενικότερα των διαδικασιών της παραγωγής και της εργασίας, που εκτυλίχθηκαν στο τέλος του 19ου αιώνα και στις αρχές του 20ου. Η μοντέρνα αρχιτεκτονική εμφανίζεται στα περισσότερα μανιφέστα της εποχής ως περίπου συνώνυμη του μπετόν, του γυαλιού και του χάλυβα. Άλλα χαρακτηριστικά της στοιχεία είναι τα καθαρά σχήματα και τα μεγάλα ανοίγματα. Σημαντικοί αρχιτέκτονες που συνεισέφεραν στην ανάπτυξη του συγκεκριμένου ρεύματος είναι μεταξύ άλλων ο Γάλλος Le Corbusier και ο Γερμανός Walter Gropius. Τέτοια κτήρια στον παγκόσμιο χάρτη είναι το διάσημο Empire State Building στην Νέα Υόρκη των ΗΠΑ (εικ. 2.1), το οποίο σχεδιάστηκε από τον Gregory Johnson και το κτίριο του Bauhaus στο Ντεσάου της Γερμανίας (εικ. 2.2), το οποίο σχεδιάστηκε από τον ίδιο τον Gropius και αποτέλεσε την επιτομή της μοντέρνας αρχιτεκτονικής στη χώρα αυτή.



Εικόνα 2.1: Empire State Building NY,USA



Εικόνα 2.2: Bauhaus Ντεσάου, Γερμανία

Μετά το τέλος του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου, όταν και άρχισε να εμφανίζεται έντονα το συγκεκριμένο ρεύμα στην Αθήνα, παρατηρήθηκε ξέφρενος ρυθμός ανάπτυξης οικοδομικών περιοχών, με αποτέλεσμα την κατασκευή πολλών αρχιτεκτονικών έργων με αυτόν τον χαρακτήρα. Μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι ο Πύργος των Αθηνών (εικ. 2.3) στην Λεωφόρο Μεσογείων, ο οποίος σχεδιάστηκε από τους Ιωάννη Βικέλα και Ιωάννη Κυμπρίτη και το ξενοδοχείο Χίλτον (εικ 2.4) στην Λεωφόρο Βασιλίσσης Σοφίας, το οποίο σχεδιάστηκε από τον Εμμανουήλ Βουρέκα.



Εικόνα 2.3: Πύργος των Αθηνών



Εικόνα 2.4: Ξενοδοχείο Χίλτον

Παρόλη την ξέφρενη σπουδή με την οποία αναπτύχθηκε η αρχιτεκτονική του μοντερνισμού, υπήρξε και αντίκτυπο στην κλίμακα και την αισθητική της πόλης. Ένα από τα σοβαρά προβλήματα που παρατηρήθηκαν είναι η έλλειψη πρόνοιας για μία ομαλή οπτική μετάβαση από ένα ιδιωτικό και μικρότερης κλίμακας συνήθως νεοκλασικό (που επικρατούσαν μέχρι τότε), σε ένα μεγαλύτερο μοντέρνο κτήριο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα συνύπαρξης τέτοιων κτηρίων βρίσκεται στην οδό Σταδίου 48 (εικ. 2.5).



Εικόνα 2.5: Κτήριο γραφείων στην Σταδίου 48 του αρχιτέκτονα Βαλεντή (1956) και αριστερά του το Μέγαρο Αθηνογένους (άγνωστου αρχιτέκτονα, 1875).

2.2 Μοντέρνα θέατρα

Το κίνημα του μοντερνισμού, όπως ήταν επόμενο, επηρέασε και την αρχιτεκτονική των θεάτρων. Στο εξωτερικό, με παράδειγμα το Εθνικό Θέατρο του Λονδίνου στην Μεγάλη Βρετανία αλλά και στην Αθήνα, υπάρχουν θέατρα με χαρακτηριστικά του μοντέρνου κινήματος.

2.2.1 Μεγάλη Βρετανία : Εθνικό Θέατρο Λονδίνου

Το Εθνικό Θέατρο του Λονδίνου σχεδιάστηκε από τον Denys Lasdun και άνοιξε το 1976. Είναι από τους πλέον κρατικά χρηματοδοτούμενους καλλιτεχνικούς χώρους στην Μεγάλη Βρετανία και στεγάζει διάφορων ειδών θεατρικές παραστάσεις από έργα του Shakespeare έως και διεθνές κλασικό μελόδραμα. Το θέατρο αποτελείται από τρεις αίθουσες, το Olivier Theatre, το Lyttelton Theatre και το Dorfman Theatre, οι οποίες παρουσιάζονται αναλυτικότερα παρακάτω.



Εικόνα 2.6: Εξωτερική άποψη Εθνικού Θεάτρου του Λονδίνου

- Olivier Theatre

Το Olivier Theatre πήρε το όνομά του από τον πρώτο καλλιτεχνικό διευθυντή του θεάτρου Laurence Olivier· έχει ανοιχτή σκηνή και η πλατεία του είναι διατεταγμένη σε σχήμα βεντάλιας χωρητικότητας 1100 ατόμων. Ο σχεδιασμός της αίθουσας έγινε με πρότυπο το αρχαίο ελληνικό θέατρο της Επιδαύρου.



Εικόνα 2.7: Εσωτερική άποψη του Olivier Theatre

- Lyttleton Theatre

Το Lyttleton Theatre πήρε το όνομά του από τον πρώτο πρόεδρο του διοικητικού συμβουλίου του θεάτρου Oliver Lyttelton· πρόκειται για θέατρο προσκηνίου και έχει χωρητικότητα 890 ατόμων.



Εικόνα 2.8: Εσωτερική άποψη του Lyttelton Theatre

- Dorfman Theatre

Το Dorfman Theatre πήρε το όνομά του από τον βασικό χορηγό του θεάτρου Lloyd Dorfman, διευθυντή της εταιρείας Travelex Group. Είναι το πιο μικρό και λιτό από τα τρία θέατρα και έχει χωρητικότητα 400 ατόμων.



Εικόνα 2.9: Εσωτερική άποψη του Dorfman Theatre

2.2.2 Μοντέρνα αθηναϊκά θέατρα

Σε αντίθεση με το εξωτερικό, όταν εμφανίστηκε ο μοντερνισμός στην Αθήνα δημιουργήθηκαν θέατρα σχετικά περιορισμένης χωρητικότητας (περίπου 300-400 θέσεων) χωρίς πλούσιο εσωτερικό διάκοσμο, με λιτές γραμμές και με κυρίαρχο στοιχείο κατασκευής του φέροντα οργανισμού το οπλισμένο σκυρόδεμα.

Στα πλαίσια της παρούσης εργασίας επιλέχθηκαν τρία μοντέρνα αθηναϊκά θέατρα, το θέατρο «Τζένη Καρέζη», το θέατρο «Κάππα» και το θέατρο «Πόρτα», τα οποία παρουσιάζονται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 5.

3. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

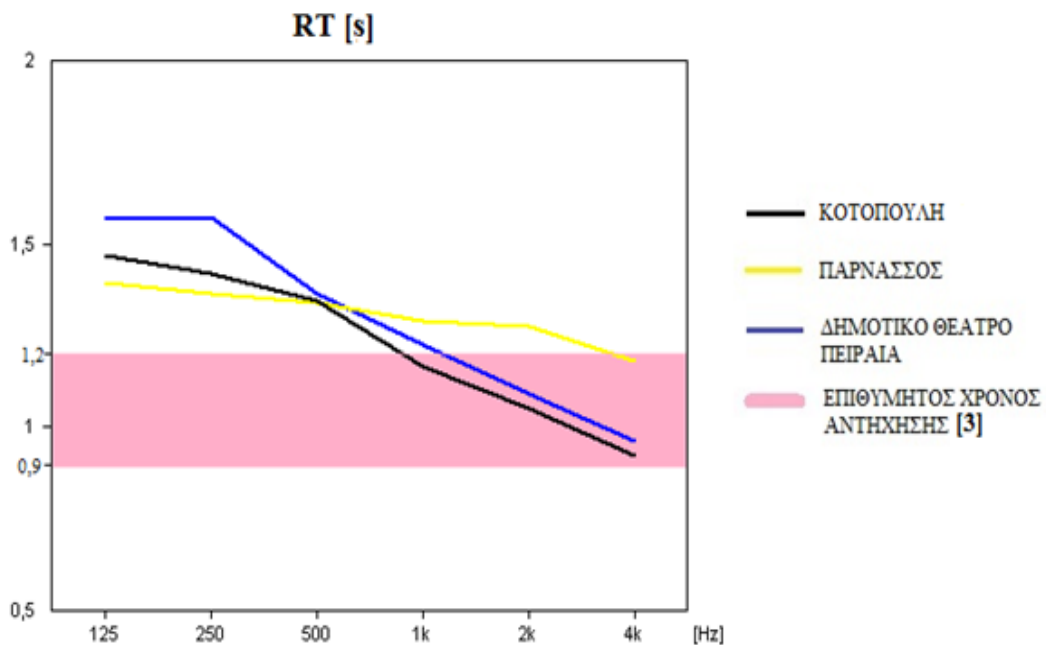
Η πρώτη και πλέον εμπειριστατωμένη μελέτη που πραγματεύεται την αρχιτεκτονική και ακουστική αιθουσών ακροατηρίου είναι η μελέτη του Beranek που συνοψίζεται στα δύο βιβλία του, που δημοσιεύτηκαν το 1962 [1] και το 1996 [2]. Η μελέτη αυτή εστιάζει αποκλειστικά σε αίθουσες συναυλιών και μελοδράματος της κλασσικής περιόδου από όλη την υφήλιο.

Μία ακόμα σημαντική μελέτη ακουστικής που αξίζει να αναφερθεί πραγματοποιήθηκε από την Acoustical Society of America και δημοσιεύτηκε το 1986 [3]. Η εργασία αυτή εστίασε αποκλειστικά σε φυσικές ακουστικές μετρήσεις, χωρίς εκτενή ανάλυση, που έγιναν σε διάφορες μοντέρνες θεατρικές σκηνές μελοδράματος ανά τον κόσμο (Καναδάς, Ιαπωνία, Ολλανδία και σε αρκετές πολιτείες των ΗΠΑ).

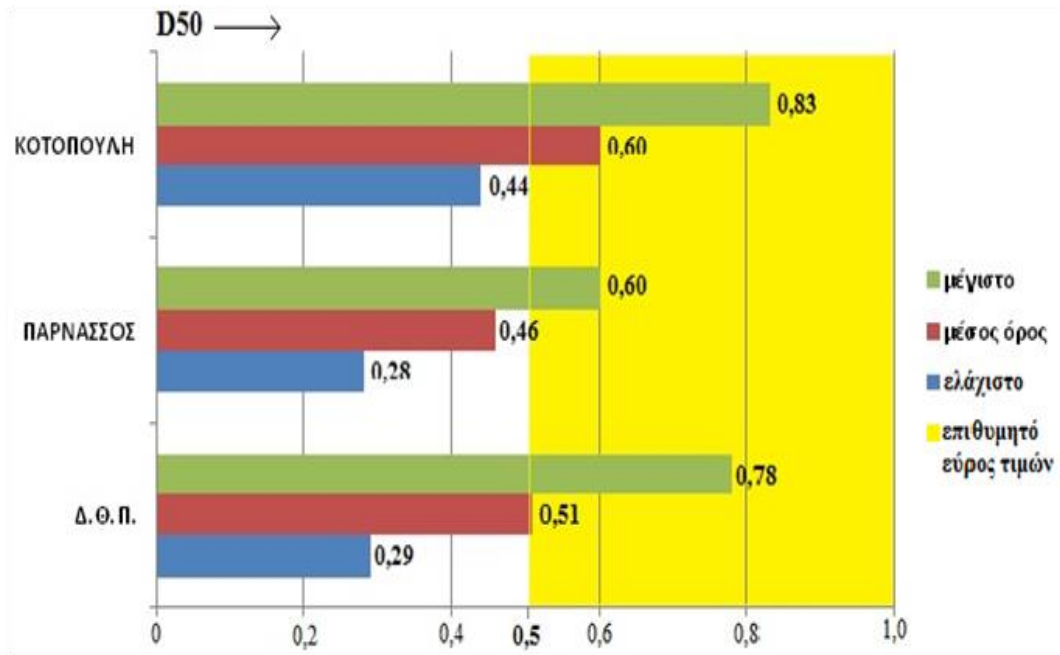
Από τις πιο αξιόλογες μελέτες περί της αρχιτεκτονικής και ακουστικής θεάτρων είναι η εργασία του Barron (1993) [4]. Αυτή είναι μία πειραματική εργασία σε αίθουσες ακροατηρίου της Μεγάλης Βρετανίας από διάφορα αρχιτεκτονικά ρεύματα μεταξύ αυτών συγκαταλέγονται δώδεκα θεατρικές σκηνές. Εκεί ο συγγραφέας αυτός έκανε φυσικές ακουστικές μετρήσεις, καθώς και μετρήσεις της αντίληψης της ακουστικής στα θέατρα αυτά, επιχειρώντας να συσχετίσει αρχιτεκτονικά στοιχεία των θεάτρων με την ακουστική τους απόδοση. Πραγματοποίησε εκτενή μελέτη των φυσικών παραμέτρων του ήχου, για παράδειγμα του χρόνου αντήχησης, του κλάσματος πρώιμων ανακλάσεων κλπ., ενώ η αντίστοιχη μελέτη του για την αντίληψη της ακουστικής έγινε σε περιορισμένο βαθμό. Γι' αυτόν τον σκοπό χρησιμοποίησε ακουστικούς για να καταγράψει την αντίληψη του ήχου, επιλέγοντας αυθαίρετα μικρό αριθμό διπολικών σημειολογικών κλιμάκων και τα πειραματικά αυτά αποτελέσματα τα ανέλυσε διαισθητικά με βάση την προσωπική του εμπειρία. Η εργασία του Barron παρόλο που διερευνά τον ρόλο των αρχιτεκτονικών στοιχείων στην ακουστική απόδοση του χώρου, δεν κάνει διαχωρισμό διακριτών αρχιτεκτονικών ρευμάτων.

Στα πλαίσια της ευρύτερης μελέτης της ομάδας του εργαστηρίου της Ηχοτεχνίας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου έχει γίνει έρευνα [5] σε αθηναϊκά θέατρα του νεοκλασικισμού και του μεσοπολέμου, η οποία αφορά φυσικές ακουστικές μετρήσεις και πειράματα υποκειμενικής αντίληψης, τα οποία είναι

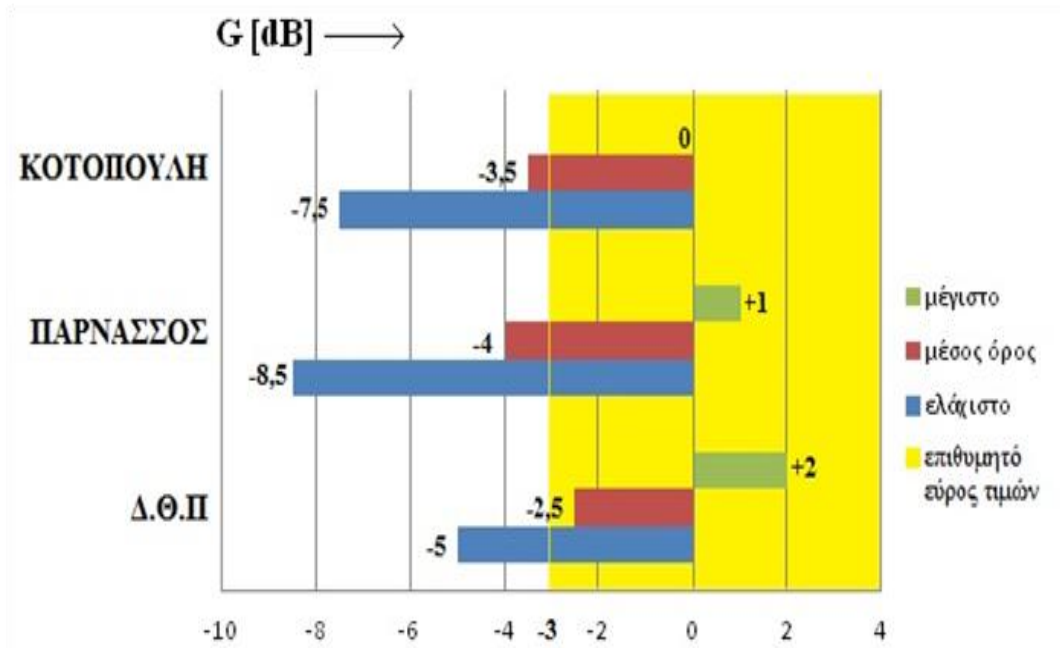
ακόμα εν εξελίξει. Τα αποτελέσματα των φυσικών ακουστικών μετρήσεων αναφέρονται στον χρόνο αντήχησης (RT), στην απόσβεση της στάθμης έντασης του ήχου (G), στο κλάσμα πρώιμων ανακλάσεων (D50) και στον θόρυβο βάθους (L_{Aeq}). Παρακάτω φαίνονται τα διαγράμματα των εν λόγω αποτελεσμάτων και θα αποτελέσουν αντικείμενο σύγκρισης με τα αποτελέσματα της παρούσης έρευνας στη συνέχεια.



Διάγραμμα 3.1: Μετρήσεις χρόνου αντήχησης θεάτρων νεοκλασικισμού και μεσοπολέμου (χωρίς ακροατήριο, με σκηνή ανοιχτή).



Διάγραμμα 3.2: Μετρήσεις κλάσματος πρώιμων ανακλάσεων (D50) θεάτρων νεοκλασικισμού και μεσοπολέμου στις μεσαίες συχνότητες (μ.ο. 500 Hz, 1000 Hz). Επιθυμητή τιμή ≥ 0.5 . (χωρίς ακροατήριο, με σκηνή ανοιχτή).



Διάγραμμα 3.3: Μετρήσεις της απόσβεσης του συνολικού ήχου (G) θεάτρων νεοκλασικισμού και μεσοπολέμου στις μεσαίες συχνότητες (μ.ο. 500 Hz, 1000 Hz). Τιμή αναφοράς (0 dB) είναι η στάθμη της ηχητικής πηγής στα πρώτα καθίσματα. Επιθυμητή τιμή $\geq -3\text{dB}$. (χωρίς ακροατήριο, με σκηνή ανοιχτή).

Η μέθοδος της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης για την αντίληψη της ακουστικής σε αίθουσες ακροατηρίου εισήχθη για πρώτη φορά από τον Βρετανό καθηγητή Hawkes. Με την βοήθεια αυτής της μεθόδου μελέτησε την ακουστική της αίθουσας Royal Festival Hall στο Λονδίνο την δεκαετία του 60 στην οποία επιβάλλετο να γίνουν διορθωτικές επεμβάσεις. Αναντίρρητα, η συγκεκριμένη μέθοδος αποτέλεσε το εφαλτήριο ενδελεχούς έρευνας σε ζητήματα ακουστικής αιθουσών συναυλιών απασχολώντας πολλούς μελετητές όπως η Sotiropoulou et al(1995) [6], ο Γερμανός H. Wilkens(1977) [7] κ.α.

Έτσι λοιπόν, από την διατριβή της Sotiropoulou et al (1995) [6], εξήχθησαν τέσσερις παράγοντες για την ακουστική σε χώρους συναυλιών με την βοήθεια της παραπάνω μεθόδου, οι οποίοι παρέμειναν ίδιοι και στα τρία πειράματα που πραγματοποιήθηκαν, ήτοι δύο στην αίθουσα Fairfield Hall Croydon, London, και ένας στην αίθουσα Queen Elizabeth Hall, London. Οι παράγοντες που εξήχθησαν ήταν οι ακόλουθοι: Body (Δυναμικό), Tonal Quality (Τονική Ποιότητα), Clarity (Ευκρίνεια) και Proximity (Εγγύτητα). Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες με τις διπολικές κλίμακες και τις αντίστοιχες φορτίσεις για κάθε παράγοντα.

Factor	Associated scales	Factor loadings
1. CLARITY	clear – muddy	-0.86
	distinct – blurred	-0.84
	hazy – clear	0.83
	blurred – clear	0.83
	dim – bright	0.58
	restricted – unrestricted	0.57
	brilliant – dull	-0.55
	limited – unlimited	0.54
	spacious – cramped	-0.51
	2. BODY	mighty – small
sonorous – thin		0.68
voluminous – thin		0.66
full-bodied – thin		0.65
expanded – contracted		0.60
full – empty		0.54
dry – resonant		-0.52
extended – short		0.49
faint – loud		-0.47
enveloping – distant		0.47
3. TONAL QUALITY	of harsh tone – of smooth tone	0.80
	rough – smooth	0.76
	cold – warm	0.67
	non-intimate – intimate	0.49
	of poor tone – of rich tone	0.47
	unbalanced – balanced	0.46
4. PROXIMITY	distant – near	0.81
	remote – near	0.77
	enveloping – distant	-0.63

Πίνακας 3.1: Concert A in FHC

Factor	Associated scales	Factor loadings
1. BODY	mighty – small	0.77
	limited – unlimited	-0.72
	faint – loud	-0.70
	full – empty	0.67
	expanded – contracted	0.67
	restricted – unrestricted	-0.67
	sonorous – thin	0.62
	voluminous – thin	0.61
	full-bodied – thin	0.61
	dry – resonant	-0.54
	brilliant – dull	0.52
	extended – short	0.50
	of poor tone – of rich tone	-0.49
	spacious – cramped	0.46
	enveloping – distant	0.45
	2. CLARITY	clear – muddy
distinct – blurred		-0.87
hazy – clear		0.77
blurred – clear		0.76
brilliant – dull		-0.69
dim – bright		0.61
unbalanced – balanced		0.48
3. PROXIMITY		remote – near
	distant – near	0.83
	enveloping – distant	-0.77
	voluminous – thin	-0.53
	full-bodied – thin	-0.52
	4. TONAL QUALITY	of harsh tone – of smooth tone
rough – smooth		0.78
cold – warm		0.68
unbalanced – balanced		0.50
of poor tone – of rich tone		0.49

Πίνακας 3.2: Concert B in FHC

Factor	Associated scales	Factor loadings	
1. BODY	full – empty	0.82	
	sonorous – thin	0.76	
	voluminous – thin	0.75	
	enveloping – distant	0.75	
	dry – resonant	-0.70	
	full-bodied – thin	0.67	
	cold – warm	-0.64	
	expanded – contracted	0.63	
	extended – short	0.59	
	faint – loud	-0.58	
	mighty – small	0.55	
	brilliant – dull	0.49	
	2. TONAL QUALITY	rough – smooth	0.81
		restricted – unrestricted	0.71
spacious – cramped		-0.69	
of harsh tone – of smooth tone		0.65	
of poor tone – of rich tone		0.64	
limited – unlimited		0.62	
3. CLARITY		hazy – clear	0.84
	clear – muddy	-0.83	
	distinct – blurred	-0.81	
	blurred – clear	0.75	
	brilliant – dull	-0.56	
	dim – bright	0.46	
4. PROXIMITY	distant – near	0.86	
	remote – near	0.79	
	non-intimate – intimate	0.61	
	enveloping – distant	-0.46	

Πίνακας 3.3: ConcertC in QEH

Ακολουθως, από την διατριβή του H.Wilkens (1977) [7] στο Βερολίνο για την ακουστική αιθουσών για κονσέρτα, στην οποία χρησιμοποιήθηκαν ακουστικά και εγγεγραμμένος ήχος κατά την διάρκεια των πειραμάτων εξήχθησαν τρεις παράγοντες, δηλαδή: Perception of strength and extension of sound (Αντίληψη της δύναμης και της έκτασης του ήχου), Perception of clarity (Αντίληψη της ευκρίνειας) και Perception of tone color (Αντίληψη της τονικής χροιάς). Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες με τις διπολικές κλίμακες και τις αντίστοιχες φορτίσεις για κάθε παράγοντα.

1 small (klein)	-- large (groß)
2 pleasant (angenehm)	-- unpleasant (unangenehm)
3 unclear (undeutlich)	-- clear (deutlich)
4 soft (weich)	-- hard (hart)
5 brilliant (brillant)	-- dull (matt)
6 rounded (rund)	-- pointed (spitz)
7 vigorous (kräftig)	-- muted (gedämpft)
8 appealing (gefällig)	-- unappealing (gefällt nicht)
9 blunt (stumpf)	-- sharp (scharf)
10 diffuse (diffus)	-- concentrated (konzentriert)
11 overbearing (aufdringlich)	-- reticent (zurückhaltend)
12 light (hell)	-- dark (dunkel)
13 muddy (verschwoonen)	-- clear (klar)
14 dry (trocken)	-- reverberant (hallig)
15 weak (schwach)	-- strong (stark)
16 emphasised treble (höhenbetont)	-- treble not emphasised (nicht höhenbetont)
17 emphasised bass (tiefenbetont)	-- bass not emphasised (nicht tiefenbetont)
18 beautiful (schön)	-- ugly (häßlich)
19 soft (leise)	-- loud (laut)

Fig. 2.6 Semantic rating scales used in acoustic evaluations of concert halls (WILKENS, 1975, 1977)

Tabelle III.
Faktorladungsmatrix und Kommunalitäten für alle Versuchspersonen; die Gütebeurteilung der beiden Personengruppen unterschiedlichen Geschmacks sind gesondert aufgetragen.

Rating scales	Factors			Communalities h^2
	1	2	3	
(40 subjects)				
1 klein	0,95	-0,16	0,08	0,94
3 undeutlich	-0,16	0,84	0,38	0,88
4 weich	0,21	0,90	0,91	0,88
5 brilliant	-0,70	0,34	-0,56	0,93
6 rund	0,11	0,90	0,94	0,89
7 kräftig	-0,87	0,04	-0,41	0,93
9 stumpf	0,88	0,26	0,73	0,95
10 diffus	-0,37	0,72	0,44	0,87
11 aufdringlich	-0,74	0,04	-0,41	0,93
12 hell	0,08	0,39	-0,79	0,79
13 verschwommen	-0,24	0,79	0,46	0,91
14 trocken	0,83	0,37	-0,18	0,87
15 schwach	0,91	0,05	0,34	0,95
16 höhenbetont	-0,33	0,23	-0,83	0,87
17 tiefenbetont	-0,37	0,42	0,48	0,74
19 leise	0,90	0,01	0,34	0,91
(15 subjects)				
2 angenehm	0,19	-0,81	0,35	0,87
8 gefällt	-0,14	-0,93	-0,02	0,91
18 schön	-0,01	-0,90	0,25	0,88
(17 subjects)				
2 angenehm	-0,70	-0,70	0,29	0,83
8 gefällt	-0,66	-0,67	0,05	0,90
18 schön	-0,65	-0,65	0,13	0,87

Fig. 2.7 Results of factor analysis of acoustic evaluations in concert halls (WILKENS, 1977)

Πίνακας 3.4: Αποτελέσματα μελέτης του H.Wilkens [6]

Επίσης, είναι σκόπιμο να αναφερθεί η ύπαρξη μιας άλλης μελέτης της Sotiropoulou et al (2008) [8], στην οποία μελετάται η υποκειμενική αξιολόγηση της ακουστικής σε αίθουσες συναυλιών τζαζ. Η διατριβή συνίσταται από μια σειρά υποκειμενικών ακουστικών αξιολογήσεων ηχογραφημένων παραστάσεων τζαζ σε γνωστές διακεκριμένες λέσχες τζαζ. Οι παράγοντες που εξήχθησαν ήταν Tonal Quality (Τονική Ποιότητα), Clarity (Ευκρίνεια), Body (Δυναμικό) και Proximity (Εγγύτητα). Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες με τις διπολικές κλίμακες, τις αντίστοιχες φορτίσεις για κάθε παράγοντα, καθώς και τα ποσοστά διακύμανσης.

Factor	Associated scales	Factor loadings	Percentage Variance	Cummulative Percentage Variance
1. TONAL QUALITY	Smooth Rough	0.86	21.00	21.00
	Smooth Harsh	0.86		
	Gentle Harsh	0.85		
	Harsh Velvety	-0.82		
	Smooth Sharp	0.80		
	Even Uneven	0.77		
	Edgy Smooth	-0.68		
	Clear Noisy	0.67		
	Balanced Unbalanced	0.67		
	Preferred Non preferred	0.56		
	Loud Silent	-0.52		
	Light Heavy	0.46		
	Faint Strong	0.43		
Intune Out of tune	0.35			
2. CLARITY	Clear Dull	0.78	15.60	36.60
	Brilliant Dim	0.76		
	Crystal Muddy	0.75		
	Clear Blurred	0.74		
	Colored Dark	0.70		
	Dark Brilliant	-0.62		
	Clear Hazy	0.61		
	Broad Narrow	0.57		
	Dark Transparent	-0.42		
	Cool Warm	-0.40		
Dark Bright	-0.39			
3. BODY	Poor Rich	-0.80	11.10	47.70
	Live Dead	0.72		
	Full Bodied Thin	0.66		
	Faint Strong	-0.57		
	Woody Metallic	0.57		
	Loud Silent	0.56		
	Dark Bright	-0.54		
Broad Narrow	0.40			
4. PROXIMITY	Near Remote	0.85	9.60	57.30
	Near Distant	0.81		
	Close Distant	0.79		

Πίνακας 3.5: Παράγοντες που καθορίζουν την αντίληψη του ακροατηρίου ηχογραφημένης τζαζ μουσικής

Μια ακόμα αξιοσημείωτη έρευνα είναι η μελέτη της Β. Μιχαλοπούλου [9], η οποία διερευνά την αντίληψη της ακουστικής σε αίθουσες προορισμένες για θεατρικές παραστάσεις από το φοιτητικό κοινό. Η ανάλυση της παρήγαγε τέσσερις παράγοντες: Αντίληψη της δυναμικής του ήχου, Ευκρίνεια, Εγγύτητα και Τονική ποιότητα. Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες με τις διπολικές κλίμακες και τις αντίστοιχες φορτίσεις για κάθε παράγοντα.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ	ΔΙΠΟΛΙΚΕΣ	ΚΛΙΜΑΚΕΣ	ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ
1.ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ	ΜΕ ΥΠΟΣΤΑΣΗ	-ΧΩΡΙΣ ΥΠΟΣΤΑΣΗ	0,792
	ΜΕ ΟΓΚΟ	-ΧΩΡΙΣ ΟΓΚΟ	0,774
	ΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ	-ΜΗ ΠΡΟΤΙΜΗΤΕΟΣ	0,739
	ΑΨΥΧΟΣ	-ΖΩΝΤΑΝΟΣ	-0,731
	ΔΥΝΑΤΟΣ	-ΑΔΥΝΑΜΟΣ	0,693
	ΜΕ ΚΑΚΗ ΓΕΝΙΚΗ ΕΝΤΥΠΩΣΗ	-ΜΕ ΚΑΛΗ ΓΕΝΙΚΗ ΕΝΤΥΠΩΣΗ	-0,676
	ΛΑΜΠΡΟΣ	-ΣΚΟΤΕΙΝΟΣ	0,562
	ΕΞΑΣΘΕΝΗΜΕΝΟΣ	-ΔΥΝΑΤΟΣ	-0,556
2.ΕΥΚΡΙΝΕΙΑ	ΜΕ ΥΨΗΛΗ ΑΚΟΥΣΤΟΤΗΤΑ	-ΜΕ ΧΑΜΗΛΗ ΑΚΟΥΣΤΟΤΗΤΑ	0,807
	ΜΕ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ	-ΑΠΟΥΣΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ	-0,706
	ΔΥΣΧΕΡΗΣ ΣΤΗΝ ΑΚΡΟΑΣΗ	-ΕΥΧΕΡΗΣ ΣΤΗΝ ΑΚΡΟΑΣΗ	-0,662
	ΜΕ ΕΥΚΡΙΝΕΙΑ	-ΧΩΡΙΣ ΕΥΚΡΙΝΕΙΑ	0,659
	ΕΥΔΙΑΚΡΙΤΟΣ	-ΔΥΣΔΙΑΚΡΙΤΟΣ	0,651
ΥΨΗΛΗΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ	-ΞΗΡΟΣ	0,540	
3.ΕΓΓΥΤΗΤΑ	ΑΠΟΜΑΚΡΟΣ	-ΕΓΓΥΣ	-0,814
	ΜΕ ΑΜΕΣΟΤΗΤΑ	-ΑΠΟΜΑΚΡΟΣ	0,747
	ΔΙΑΥΓΗΣ	-ΜΠΕΡΔΕΜΕΝΟΣ	0,650
	ΓΕΜΑΤΟΣ	-ΚΕΝΟΣ	0,594
	ΠΤΩΧΟΣ ΣΕ ΤΟΝΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ	-ΠΛΟΥΣΙΟΣ ΣΕ ΤΟΝΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ	-0,508
4.ΤΟΝΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ	ΟΞΥΣ	-ΜΗ ΟΞΥΣ	0,774
	ΤΡΑΧΥΣ	-ΜΑΛΑΚΟΣ	0,736
	ΔΙΑΠΕΡΑΣΤΙΚΟΣ	-ΜΗ ΔΙΑΠΕΡΑΣΤΙΚΟΣ	0,687
	ΣΤΡΟΓΓΥΛΕΜΕΝΟΣ	-ΑΙΧΜΗΡΟΣ	-0,650

Πίνακας 3.6: Παράγοντες που καθορίζουν την αντίληψη του ακροατηρίου θεάτρου πρόζας

Η παρούσα εργασία αποτελεί συνέχεια της παραπάνω έρευνας και επιχειρεί την διερεύνηση της ακουστικής θεάτρων του μοντερνισμού, μέσω φυσικών ακουστικών μετρήσεων και πειραμάτων αντίληψης, το οποίο δεν έχει υπάρξει αντικείμενο ενασχόλησης άλλων ερευνητών.

Η μελέτη της ομάδας του εργαστηρίου της Ηχοτεχνίας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου είναι από τις ελάχιστες προσπάθειες που διερευνά την αντίληψη της ακουστικής θεατρικών σκηνών με την χρήση της θεωρίας της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης.

4. ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΘΕΑΤΡΙΚΩΝ ΣΚΗΝΩΝ

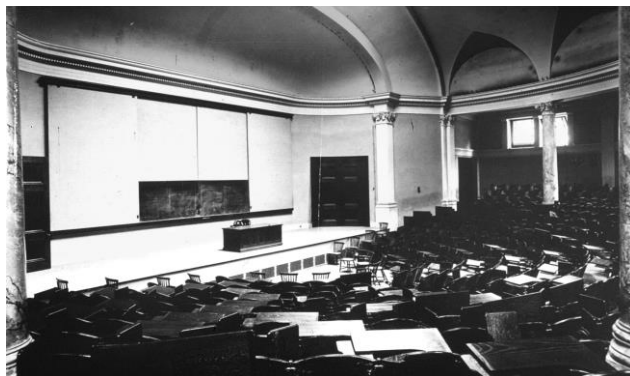
4.1 Ιστορική αναδρομή της ακουστικής επιστήμης

Η επιστήμη της ακουστικής εξελίχθηκε στην στροφή του 19^{ου} αιώνα χάρις την μεγαλοφυΐα του W.C. Sabine [10], ο οποίος θεωρείται «πατέρας» της αρχιτεκτονικής ακουστικής. Πρόκειται για έναν Αμερικάνο φυσικό, στον οποίο ανετέθη το 1895 να βελτιώσει την ακουστική του αμφιθεάτρου διαλέξεων του μουσείου Fogg Art στο Cambridge, USA.



Εικόνα 4.1 Wallace Clement Sabine

Ο Sabine, εξ 'αιτίας της πενιχρής γνώσης της εποχής, διεξήγαγε πειράματα στο Sander's Theater, το οποίο θεωρούνταν ακουστικά άριστο, λόγω των παχιών μαξιλαριών στα έδρανα, όπως παρατήρησε ο ίδιος. Ένα από τα συμπεράσματα του ήταν ότι το σώμα ενός μέσου ανθρώπου μειώνει τον χρόνο αντήχησης όσο περίπου έξι μαξιλάρια καταφέρνοντας έτσι να προσδιορίσει προσεγγιστικά την ηχοαπορρόφηση του ανθρώπου. Μετά τα πειράματα κατέληξε ότι υπάρχει ξεκάθαρη σχέση μεταξύ της ποιότητας της ακουστικής, του μεγέθους της αίθουσας και της ποσότητας της υπάρχουσας ηχοαπορροφητικής επιφάνειας. Έτσι διατύπωσε την κλασική θεωρία της αντήχησης, η οποία αποτελεί από τότε την βάση της αρχιτεκτονικής ακουστικής [ΠΑΡ.Α/Α.7.9].



Εικόνα 4.2: Εσωτερική άποψη αμφιθεάτρου Fogg Art Museum, Cambridge, USA.

4.2 Φυσικές παράμετροι της ακουστικής

Έκτοτε η ακουστική αιθουσών για ομιλία έχει υπάρξει αντικείμενο επιστημονικής έρευνας και πληθώρα αιθουσών έχουν κατασκευαστεί με βάση αυτή.

Οι φυσικές ακουστικές παράμετροι που τυγχάνουν ευρείας αποδοχής και χρησιμοποιούνται στον σύγχρονο σχεδιασμό θεατρικών σκηνών είναι οι ακόλουθες:

1. Η **απόσβεση της στάθμης έντασης του ήχου (G)** είναι από τις αρχαιότερες παραμέτρους που αντιλαμβάνεται άμεσα ο ακροατής και αναφέρεται στην πτώση της στάθμης της ηχητικής ενέργειας συναρτήσει της απόστασης από τον ομιλητή. Για θεατρικές σκηνές αυτή η πτώση ιδανικά δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 3 dB [4].
2. Ο **χρόνος αντήχησης (RT)** της αίθουσας περιγράφει τη διάρκεια του ήχου αφού σταματήσει η πηγή μέσα στον χώρο, ενώ οι ιδανικές τιμές του ποικίλουν ανάλογα με την χρήση του χώρου και τον όγκο του· είναι η πρώτη παράμετρος με την διατύπωση της οποίας η αρχιτεκτονική ακουστική έγινε επιστήμη [10].
3. Παράγωγο του κλασικού χρόνου αντήχησης αποτελεί ο **χρόνος απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων (EDT)**. Αντίθετα με τον κλασικό χρόνο αντήχησης που αναφέρεται σε όλη την διάρκεια της απόσβεσης του ήχου, το EDT προσδιορίζεται από την απόσβεση των πρώιμων ανακλάσεων. Αυτό το κριτήριο προτάθηκε λίγο μετά τα μέσα του 20^{ου} αιώνα [11, 12].
4. Το **κλάσμα πρώιμων ανακλάσεων (D50)** μας πληροφορεί για την αναλογία του ήχου που φθάνει απευθείας ή από κοντινές ανακλαστικές επιφάνειες στον ακροατή ως προς τον συνολικό ήχο και σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία [4] αυτό το κλάσμα ιδανικά πρέπει να έχει τιμές 0,5 ή και παραπάνω. Αυτό σημαίνει ότι τουλάχιστον την μισή ηχητική ενέργεια που δέχεται ο ακροατής πρέπει να την στέλνουν κοντινές αντανακλαστικές επιφάνειες ή ο απευθείας ήχος. Το κλάσμα των πρώιμων ανακλάσεων προτάθηκε στο δεύτερο ήμισυ του 20^{ου} αιώνα από τον Thiele [13] για να αποτιμήσει την ευκρίνεια της ομιλίας.

5. Ο **θόρυβος βάθους (L_{Aeq})** είναι μια εξαιρετικά σημαντική και αυτονόητη παράμετρος, της οποίας το ανεκτό όριο για θεατρικές σκηνές χωρίς φασματική ανάλυση είναι 31dBA. Το όριο αυτό υπολογίστηκε λαμβάνοντας υπόψιν το κριτήριο θορύβου για πολύ καλές συνθήκες ακουστικής (NC 25) και μετατράπηκε σε μονάδα μέτρησης dBA.

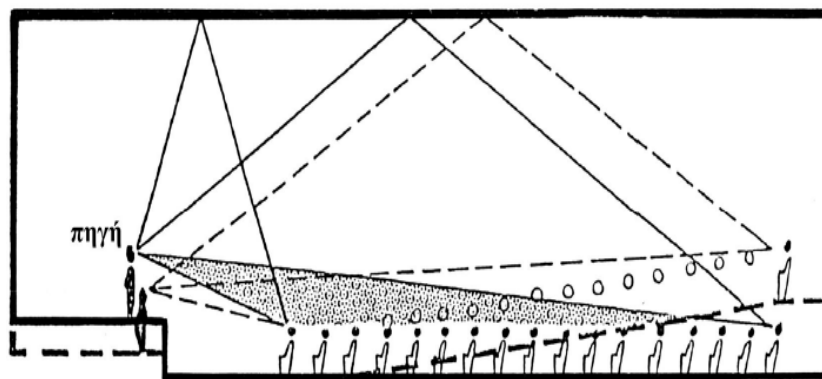
Περισσότερες πληροφορίες για τις παραπάνω παραμέτρους παρατίθενται στο Παράρτημα Α.

4.3 Αρχές σχεδιασμού θεατρικών σκηνών

Οι βασικές αρχές ακουστικού σχεδιασμού θεατρικών σκηνών που απορρέουν από την ικανοποίηση των ανωτέρω παραμέτρων είναι οι ακόλουθες:

- Εξασφάλιση απρόσκοπτης πορείας απευθείας ήχου.

Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση εξέδρας για τον ομιλητή, την χρήση κεκλιμένου δαπέδου για το ακροατήριο ή τον συνδυασμό αυτών των δύο.

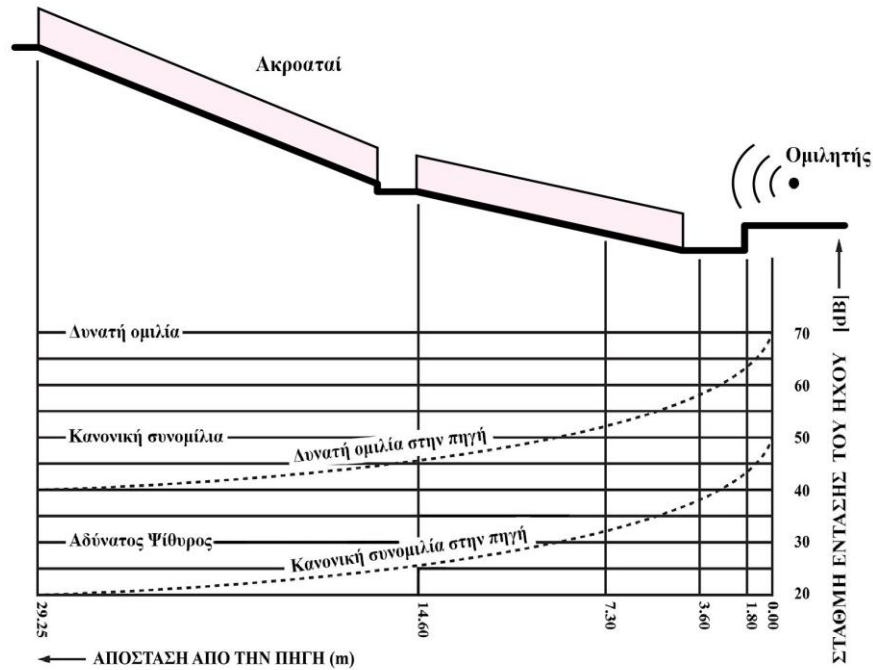


Εικόνα 4.3: Τομή κατά μήκος αίθουσας με ενδεικτική θέση εξέδρας και κλίση δαπέδου

- Ελαχιστοποίηση αποστάσεων ομιλητή και ακροατηρίου

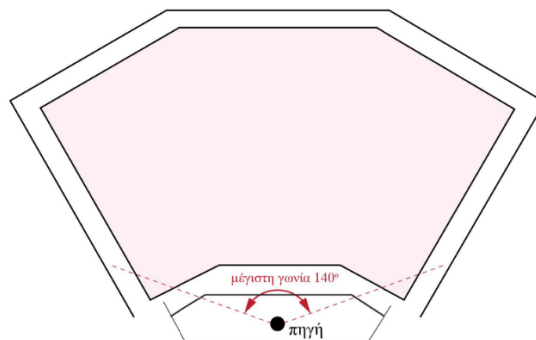
Αυτό επιτυγχάνεται με τη μείωση της χωρητικότητας της αίθουσας, την χρήση αβαθών εξωστών και την χρήση αμφιθεατρικής διάταξης του

κοινού. Επισημαίνεται ότι η μέγιστη αποδεκτή απόσταση ομιλητή-ακροατών είναι τα 20 m και πέραν αυτού του ορίου η στάθμη έντασης του ήχου μειώνεται αισθητά. Παρακάτω φαίνεται η πτώση αυτής της στάθμης σε συνάρτηση με την απόσταση από την πηγή.



Εικόνα 4.4: Πτώση της στάθμης απευθείας ήχου της φωνής του ομιλητή συναρτήσει της απόστασης από την πηγή

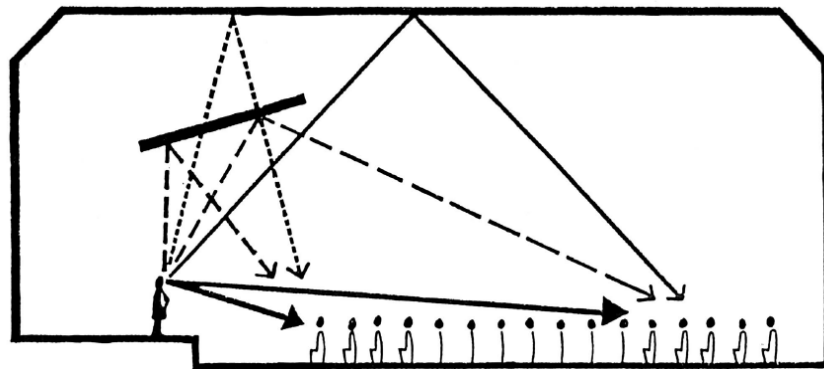
Επίσης είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι το ακροατήριο πρέπει να είναι διατεταγμένο εντός στερεάς γωνίας 140° ως προς τον ομιλητή. Πέραν αυτής της γωνίας η κατευθυντικότητα της ανθρώπινης φωνής είναι σημαντικά μειωμένη.



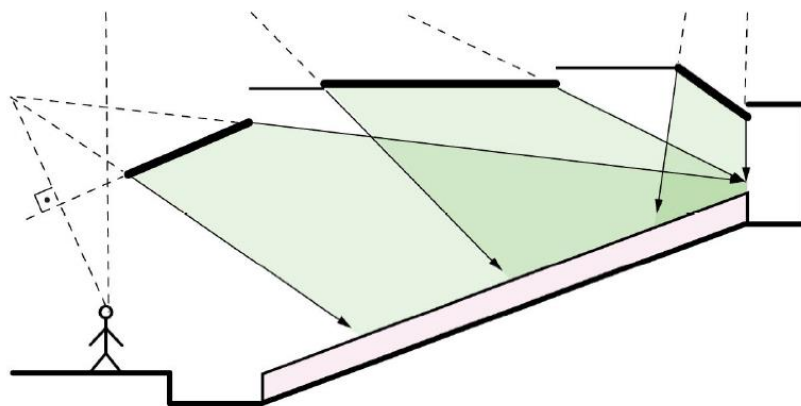
Εικόνα 4.5: Αμφιθεατρική διάταξη με διατεταγμένο ακροατήριο εντός γωνίας 140°

- Εξασφάλιση πρώιμων ανακλάσεων

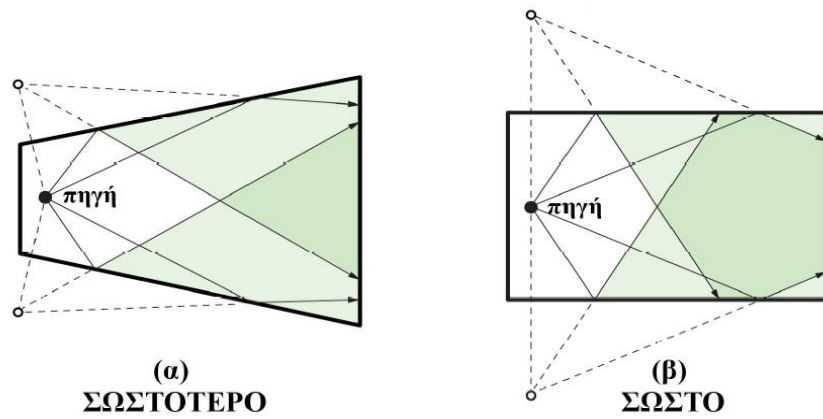
Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση ανακλαστικών επιφανειών, οι οποίες μπορούν να τοποθετηθούν πάνω από τον ομιλητή, στην οροφή ή στις πλευρικές παρειές. Η επιφάνειά τους πρέπει να είναι σχετικά μεγάλη ως προς το μήκος κύματος του ήχου και πρόκειται για άκαμπτα υλικά με λείο και σκληρό τελείωμα π.χ. επίχρισμα, γυψοσανίδες κλπ.



Εικόνα 4.6: Τομή κατά μήκος αίθουσας διαλέξεων, με υψηλή οροφή. Ανακλαστήρας τοποθετημένος πάνω από τον ομιλητή.



Εικόνα 4.7: Τομή κατά μήκος αίθουσας διαλέξεων. Ανακλαστική ψευδοροφή τοποθετημένη με κατάλληλη κλίση.



Εικόνα 4.8: Κατόψεις. Η κάτοψη σχήματος βεντάλιας (α), προτιμάται έναντι της ορθογωνικής κάτοψης (β), διότι προβάλλει τον ήχο αποτελεσματικότερα στα πίσω καθίσματα.

- Ελαχιστοποίηση του θορύβου βάθους

Αποτελεί αντικείμενο του σχεδιασμού της ηχοπροστασίας του κτηρίου.

- Βελτιστοποίηση του χρόνου αντήχησης

Από την θεωρία του Sabine [10] είναι γνωστό ότι ο χρόνος αντήχησης αποτελεί συνάρτηση του όγκου και των ηχοαπορροφητικών υλικών της αίθουσας, οπότε απαιτείται κατάλληλος συνδυασμός αυτών των δύο παραμέτρων.

5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Η παρούσα εργασία εστιάζει στην μελέτη της ακουστικής των τριών μοντέρνων θεάτρων που προαναφέρθηκαν μέσω της καταγραφής φυσικών ακουστικών παραμέτρων και της αντίληψης του μέσου θεατρόφιλου κοινού στην Αθήνα.

Αρχικά παρουσιάζονται τα υπό εξέταση θέατρα, για τα οποία περισσότερες πληροφορίες παρατίθενται στο Παράρτημα Ζ.

Θέατρο «Τζένη Καρέζη»

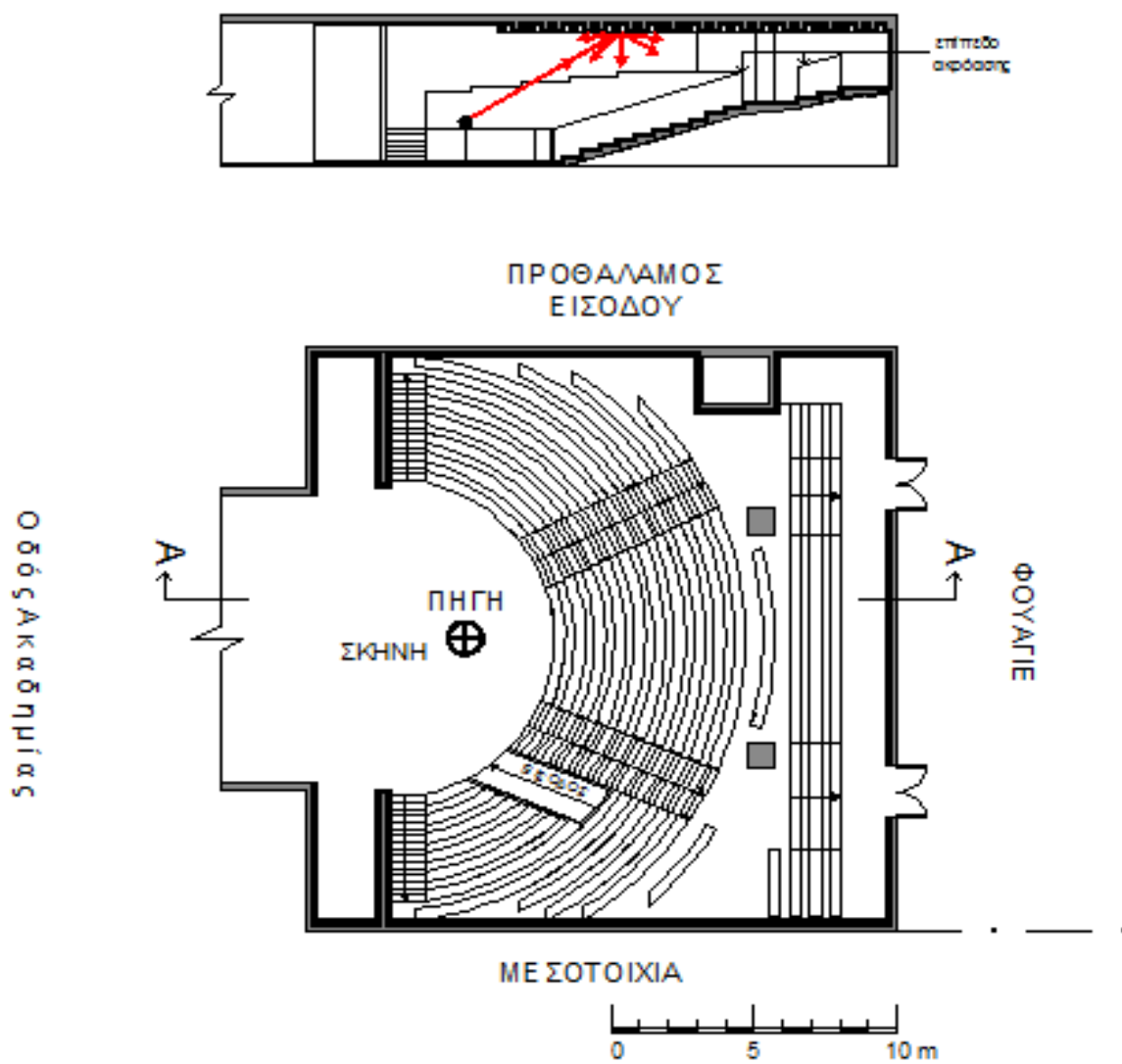
Το θέατρο «Τζένη Καρέζη» (πρώην «Αθήναιον») βρίσκεται στην οδό Ακαδημίας 3 στο κέντρο της Αθήνας, είναι χωρητικότητας 300 θέσεων και σχεδιάστηκε το 1978 από τον αρχιτέκτονα Λάμπρο Γ. Γκοτοβό σε πολυκατοικία που στεγάζονταν αίθουσες ομιλίας. Κάηκε ολοσχερώς και ανακαινίστηκε το 1989 μέσα σε μόλις 14 μέρες. Το συγκεκριμένο θέατρο είναι εμπνευσμένο από το θέατρο της αρχαίας ελληνικής Επιδαύρου, κάτι το οποίο φαίνεται από την αμφιθεατρική του διάταξη. Κάποια αξιοσημείωτα χαρακτηριστικά της αίθουσας είναι οι μικρές διαστάσεις που οφείλονται στη διάταξη της, η φατνωματική οροφή και τα καθίσματα που είναι ντυμένα με στόφα.



Εικόνα 5.1: Εξωτερική άποψη του θεάτρου «Τζένη Καρέζη»



Εικόνα 5.2: Εσωτερική άποψη του θεάτρου «Τζένη Καρέζη»



Εικόνα 5.3: Κάτοψη και τομή θεάτρου «Τζένη Καρέζη»

Θέατρο «Κάππα»

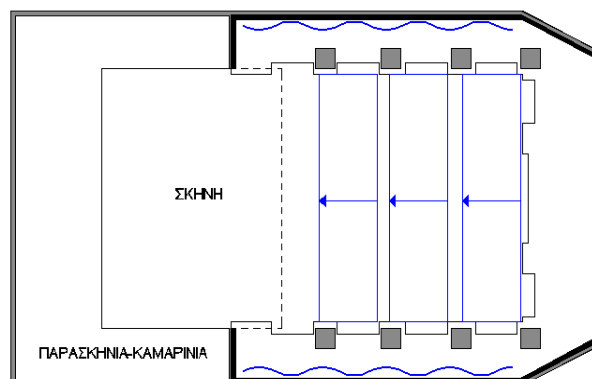
Το θέατρο «Κάππα» βρίσκεται στην οδό Κυψέλης 2 στο κέντρο της Αθήνας, είναι χωρητικότητας 340 θέσεων και σχεδιάστηκε το 1976 από τον αρχιτέκτονα Ρήγα Ε. Αρβανίτη στην θέση παλιού σινεμά. Αποτελεί θέατρο προσκηνίου και είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι το 1997, όταν και ανακαινίστηκε, πραγματοποιήθηκε ακουστική μελέτη. Βασικό χαρακτηριστικό της αίθουσας είναι η έντονη ηχοαπορρόφηση που υπάρχει στον χώρο και προέρχεται από τα καθίσματα, τα οποία είναι ντυμένα με στόφα μεγάλου πάχους, καθώς επίσης και από την ύπαρξη μοκέτας, αλλά και ηχοαπορροφητικής επένδυσης στον πίσω τοίχο της αίθουσας. Ακόμα αξίζει να αναφερθεί η ύπαρξη κυρτών ανακλαστήρων οροφής, ανακλαστήρων κυματοειδούς μορφής στους πλαϊνούς τοίχους και η ήπια κλίση του δαπέδου.



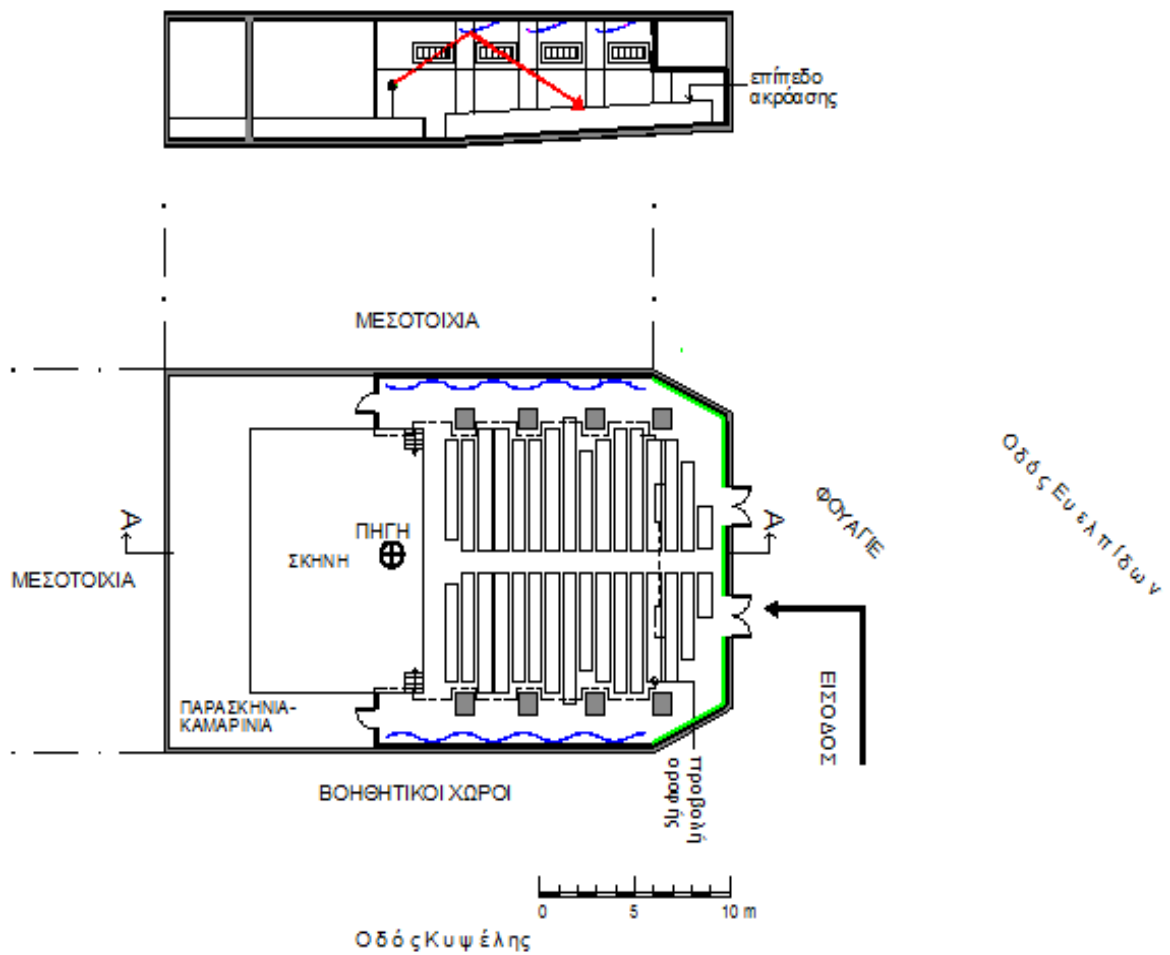
Εικόνα 5.4: Εξωτερική άποψη του θεάτρου «Κάππα»



Εικόνα 5.5: Εσωτερική άποψη του θεάτρου «Κάππα»



Εικόνα 5.6: Κάτοψη οροφής θεάτρου «Κάππα» (με μπλε χρώμα φαίνονται οι ανακλαστήρες)



Εικόνα 5.7: Κάτοψη και τομή θεάτρου «Κάππα» (με πράσινο χρώμα φαίνεται η ύπαρξη ηχοαπορροφητικής μοκέτας στον πίσω τοίχο και με μπλε οι ανακλαστήρες)

Θέατρο «Πόρτα»

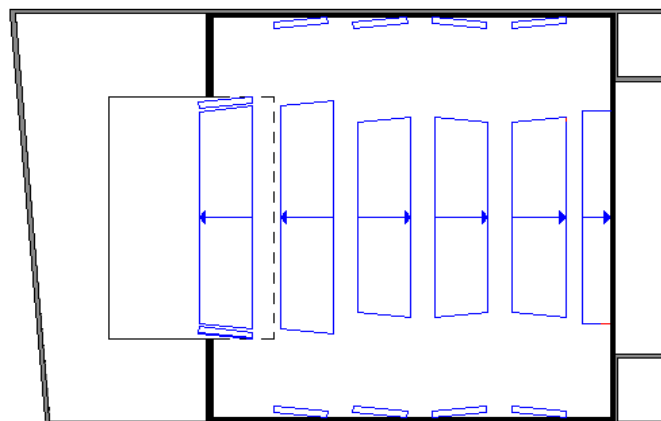
Το θέατρο «Πόρτα» βρίσκεται στην Λεωφόρο Μεσογείων 59 στο κέντρο της Αθήνας, είναι χωρητικότητας 320 θέσεων και σχεδιάστηκε το 1984 από τον αρχιτέκτονα Μ. Φωτιάδη στον χώρο ενός παλιού σινεμά. Αποτελεί θέατρο προσκηνίου και είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι την χρονιά που σχεδιάστηκε, πραγματοποιήθηκε ακουστική μελέτη από τον Ε. Τζεκάκη και τον Ν. Τσινίκα (βλέπε Παράρτημα Κ). Βασικά χαρακτηριστικά της αίθουσας είναι η ύπαρξη ανακλαστήρων στους πλαϊνούς τοίχους και στην οροφή, η ήπια κλίση του δαπέδου αλλά και η ηχοαπορροφητική επένδυση στον πίσω τοίχο.



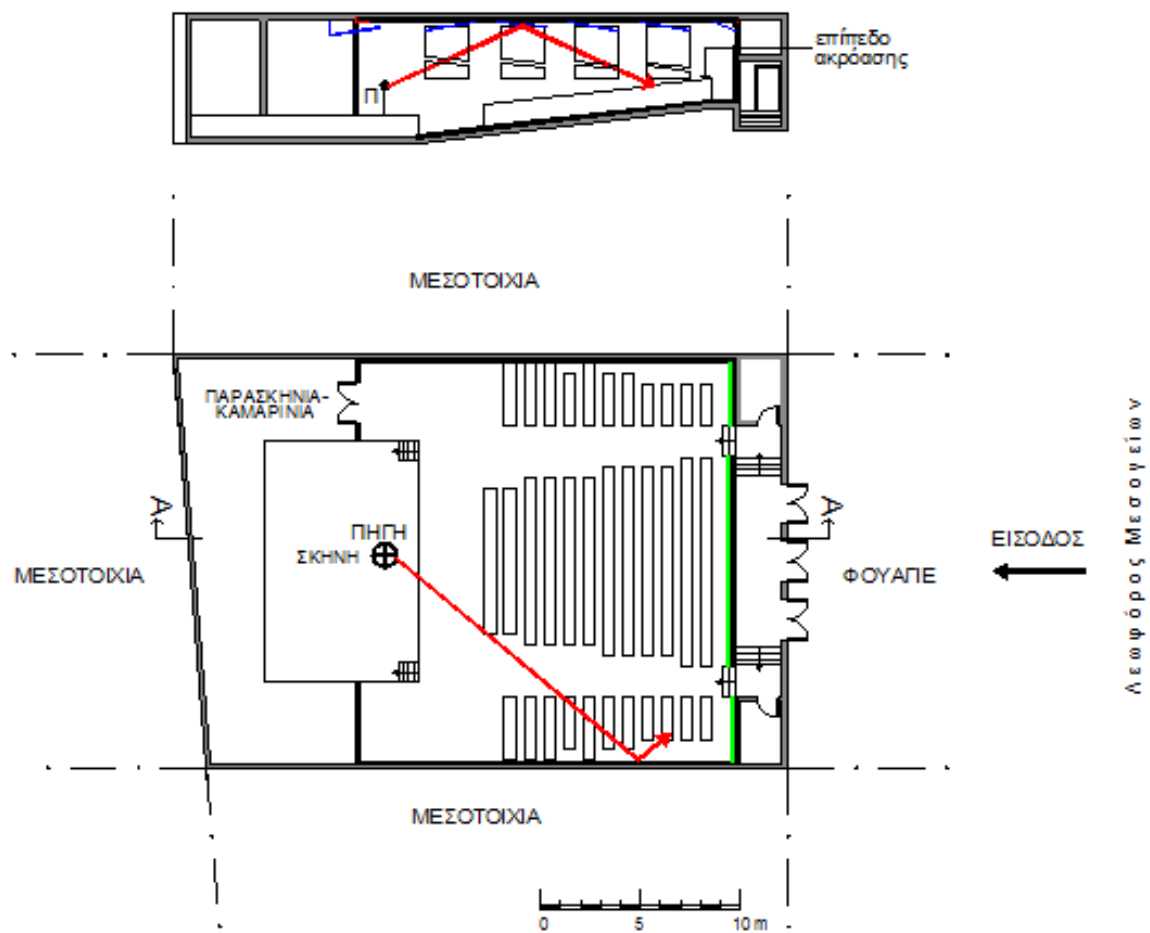
Εικόνα 5.8: Εξωτερική άποψη του θεάτρου «Πόρτα»



Εικόνα 5.9: Εσωτερική άποψη του θεάτρου «Πόρτα»



Εικόνα 5.10: Κάτοψη οροφής θεάτρου «Πόρτα» (με μπλε χρώμα φαίνονται οι ανακλαστήρες)



Εικόνα 5.11: Κάτοψη και τομή θεάτρου «Πόρτα» (με πράσινο χρώμα φαίνεται η ύπαρξη ηχοαπορρόφησης στον πίσω τοίχο και με μπλε οι ανακλαστήρες)

Τα βασικά χαρακτηριστικά των αιθουσών φαίνονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα:

Θέατρο	«Τζένη Καρέζη»	«Κάππα»	«Πόρτα»
Χρονολογία	1978 Ανακαίνιση: 1989	1976 Ανακαίνιση: 1997	1984 Ανακαίνιση: 2014
Αρχιτέκτονας	Λάμπρος Γ. Γκοτοβός	Ρήγας Ε. Αρβανίτης	Μ. Φωτιάδης
Χωρητικότητα (άτομα)	300	340	320
Όγκος (m ³)	1350	1360	1840
Όγκος ανά άτομο (m ³)	4,50	4,00	4,80
Μήκος (m)	20,25	18,60	18,90
Πλάτος (m)	21,50	18,00	20,20
Ύψος (m) [min-max]	2,10-5,00	2,60-5,70	4,00-5,90
Εμβαδό (m ²)	370	324	383
RT _{mid} (s)*	0,75	0,60	0,77

Πίνακας 5.1: Βασικά στοιχεία των τριών αιθουσών. RT_{mid}: Χρόνος αντήχησης στις μεσαίες συχνότητες (500, 1000 Hz). * Αποτελέσματα έπεται από σχετική διόρθωση για να ληφθεί υπόψη η παρουσία ακροατηρίου

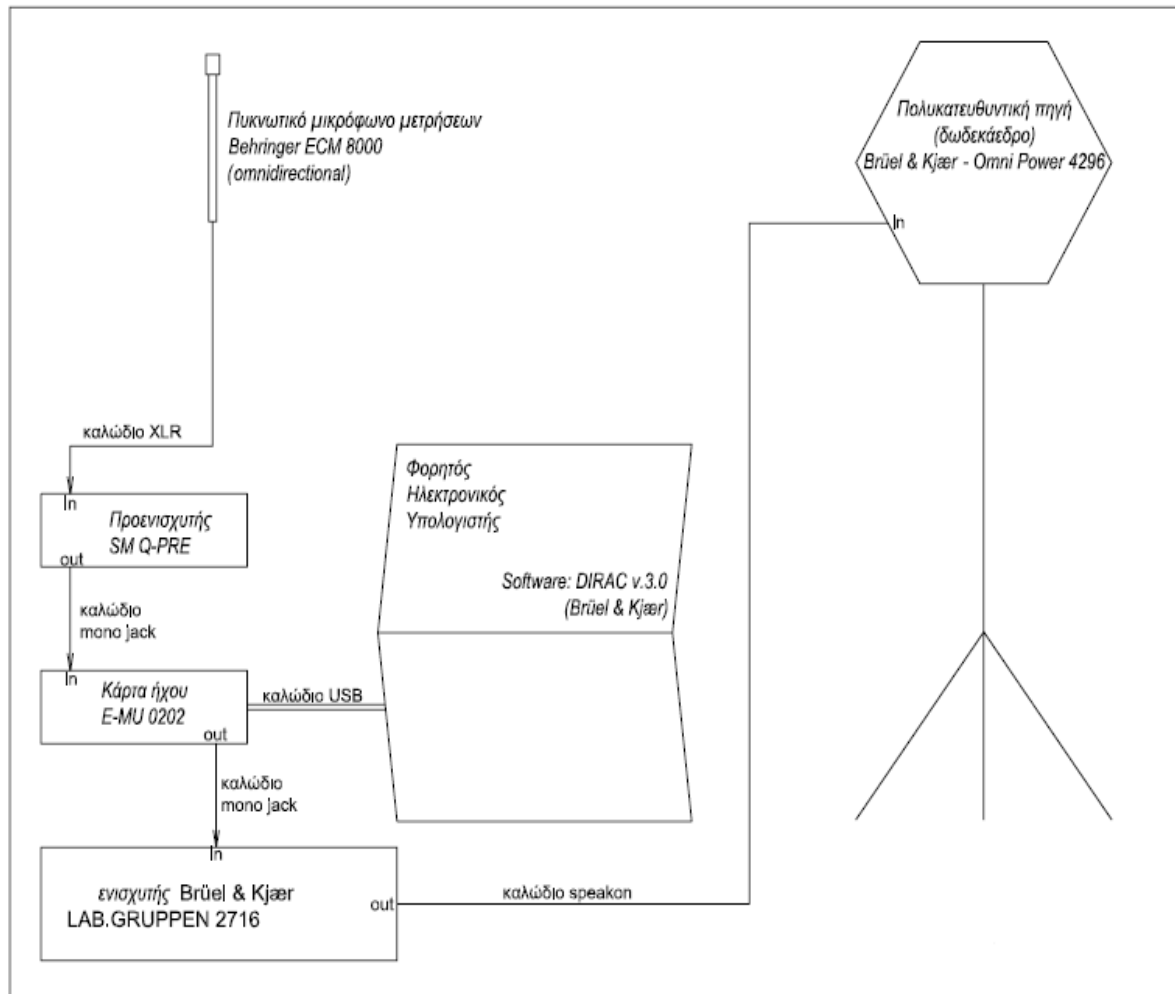
5.1 Μεθοδολογία φυσικών ακουστικών μετρήσεων

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την αποτίμηση της ακουστικής κάθε αίθουσας εστιάζει στην καταγραφή φυσικών ακουστικών παραμέτρων και την ερμηνεία αυτών. Αυτές οι παράμετροι είναι ο χρόνος αντήχησης (RT), ο χρόνος απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων (EDT), το κλάσμα των πρώιμων ανακλάσεων (D50), ο λόγος των πρώιμων προς των καθυστερημένων ανακλάσεων (C80), η απόσβεση της στάθμης έντασης του ήχου (G) καθώς και ο θόρυβος βάθους (L_{Aeq}). Ο χρόνος αντήχησης και ο χρόνος απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων αναγνωρίζονται ως αντιπροσωπευτικές παράμετροι της ακουστικής χώρων ακροατηρίου. Το κλάσμα των πρώιμων ανακλάσεων είναι χρήσιμο για την αποτίμηση της ευκρίνειας της ομιλίας, ενώ ο λόγος των πρώιμων προς των καθυστερημένων ανακλάσεων εκφράζει την διαύγεια του ήχου κλασσικού ρεπερτορίου. Η τελευταία παράμετρος είναι σημαντική για χώρους συναυλιών και όχι ιδιαίτερα για θεατρικές σκηνές, παρόλο αυτά έγινε η καταγραφή της στην παρούσα εργασία για λόγους πληρότητας.

5.2 Πειραματική διαδικασία φυσικών ακουστικών μετρήσεων

Οι ακουστικές μετρήσεις έγιναν με σύγχρονο εξοπλισμό της Brüel & Kjaer και με την βοήθεια του λογισμικού Dirac v.3.0. Χρησιμοποιήθηκαν μονοφωνικές εγγραφές της απόκρισης της κάθε αίθουσας σε απλή κυματομορφή (impulse response) με την τοποθέτηση ισότροπης ηχητικής πηγής στην σκηνή και μικροφώνου σε διάφορες θέσεις μέσα στην αίθουσα σύμφωνα με το σχετικό ISO [14]. Το impulse response είναι η ηχητική πίεση που αναπτύσσεται στο χώρο συναρτήσει του χρόνου σαν αποτέλεσμα ηχητικής διέγερσης.

Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και η κατάλληλη διάταξή τους απεικονίζονται αναλυτικά στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 5.1: Αναλυτική διάταξη εξοπλισμού

Το σήμα διέγερσης που παρήχθη από την ηχητική πηγή ήταν exponential sweep στις οκταβικές ζώνες 63 Hz έως 8 kHz, από τις οποίες λήφθηκαν υπόψιν για την ανάλυση των δεδομένων οι ζώνες των 125, 250, 500, 1000, 2000 και 4000 Hz. Για καλύτερη απεικόνιση του impulse response πραγματοποιήθηκαν επαναλήψεις της εκπομπής του σήματος προκαθορισμένης διάρκειας. Ο αριθμός των επαναλήψεων και η διάρκεια του σήματος προσδιορίστηκαν έπειτα από δοκιμές για κάθε θέατρο ξεχωριστά.

Χρησιμοποιήθηκε δωδεκάεδρη πολυκατευθυντική ηχητική πηγή, η οποία τοποθετήθηκε σε απόσταση 1,5 m από το δάπεδο της σκηνής. Είναι σημαντικό να αναφερθεί, ότι η ηχητική πηγή πρέπει να παράγει ήχο αρκετά υψηλής στάθμης έντασης, ώστε να υπάρχει κατάλληλο περιθώριο πτώσης της [ΠΑΡ.Α/Α.7.9], λαμβάνοντας υπόψιν τον θόρυβο βάθους, καθώς και ένα περιθώριο ασφαλείας 15 dB. Στην πράξη όμως, επειδή δεν είναι εφικτό να δημιουργηθεί τέτοιος ήχος,

μετριέται ο χρόνος αντήχησης για μικρότερη πτώση (για παράδειγμα 20 ή 30 dB που είναι γνωστός ως T20 ή T30 αντίστοιχα) και μετατρέπεται από το λογισμικό αναλογικά στον κανονικό χρόνο αντήχησης.

Η θέση του μικροφώνου πρέπει να τοποθετείται τουλάχιστον 1 m (περίπου το ένα τέταρτο του μήκους κύματος του ήχου) από κάθε ανακλαστική επιφάνεια και στο ύψος του επιπέδου ακρόασης. Επιπλέον, το μικρόφωνο πρέπει να απέχει περισσότερο από μία ελάχιστη απόσταση από την ηχητική πηγή, η οποία υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$d_{\min} = 2 \sqrt{\frac{V}{cT}}$$

όπου,

V: ο όγκος της αίθουσας [m³]

c: η ταχύτητα διάδοσης του ήχου [340m/sec]

T: ο εκτιμώμενος χρόνος αντήχησης [sec]

Επίσης, η απόσταση μεταξύ διαδοχικών θέσεων μέτρησης πρέπει να είναι τουλάχιστον 2 m (περίπου το μισό του μήκους κύματος του ήχου). Τέλος, σύμφωνα με το ISO [14] για αίθουσες με χωρητικότητα κάτω από 500 άτομα, ο αριθμός των θέσεων μέτρησης πρέπει να είναι τουλάχιστον έξι, ισοκατανεμημένες μέσα στην αίθουσα.

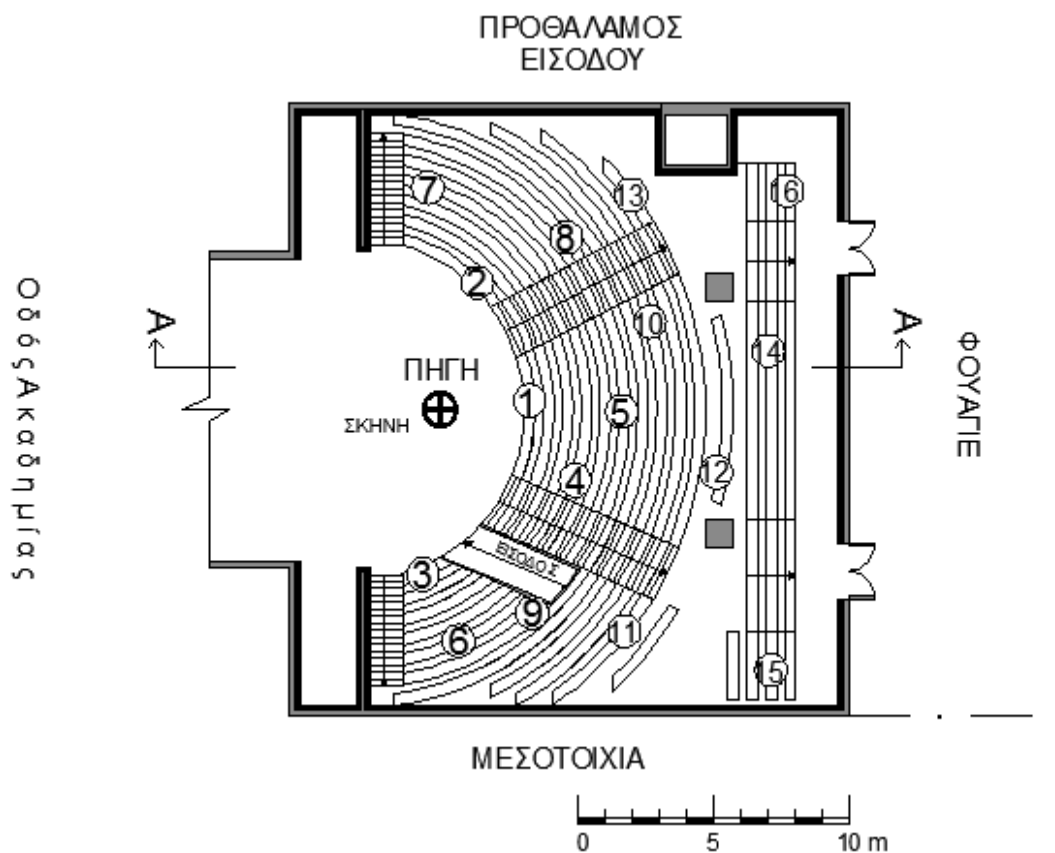
Σύμφωνα με τα παραπάνω μετρήθηκαν όλες οι παράμετροι που προαναφέρθηκαν, εκτός από τον θόρυβο βάθους, ο οποίος μετρήθηκε με απλό ντεσιμπελόμετρο. Κατά την διάρκεια όλων των μετρήσεων και στα τρία θέατρα επικρατούσαν οι ίδιες συνθήκες, δηλαδή η αίθουσα ήταν άδεια, οι πόρτες εισόδου της ήταν κλειστές, όπως και ο κλιματισμός, ενώ ο φωτισμός παρέμεινε ανοιχτός. Για τον θόρυβο βάθους έγινε μία επιπλέον μέτρηση, όπου ο κλιματισμός ήταν ανοιχτός.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί, ότι παρά τους περιορισμούς της μεθόδου (άδεια αίθουσα και μόνο μία ηχητική πηγή) τα αποτελέσματα είναι συγκρίσιμα με άλλα της βιβλιογραφίας.

Παρακάτω φαίνονται οι υπό εξέταση αίθουσες με τις ακριβείς θέσεις μέτρησης και την θέση της πηγής.

Τζένη Καρέζη

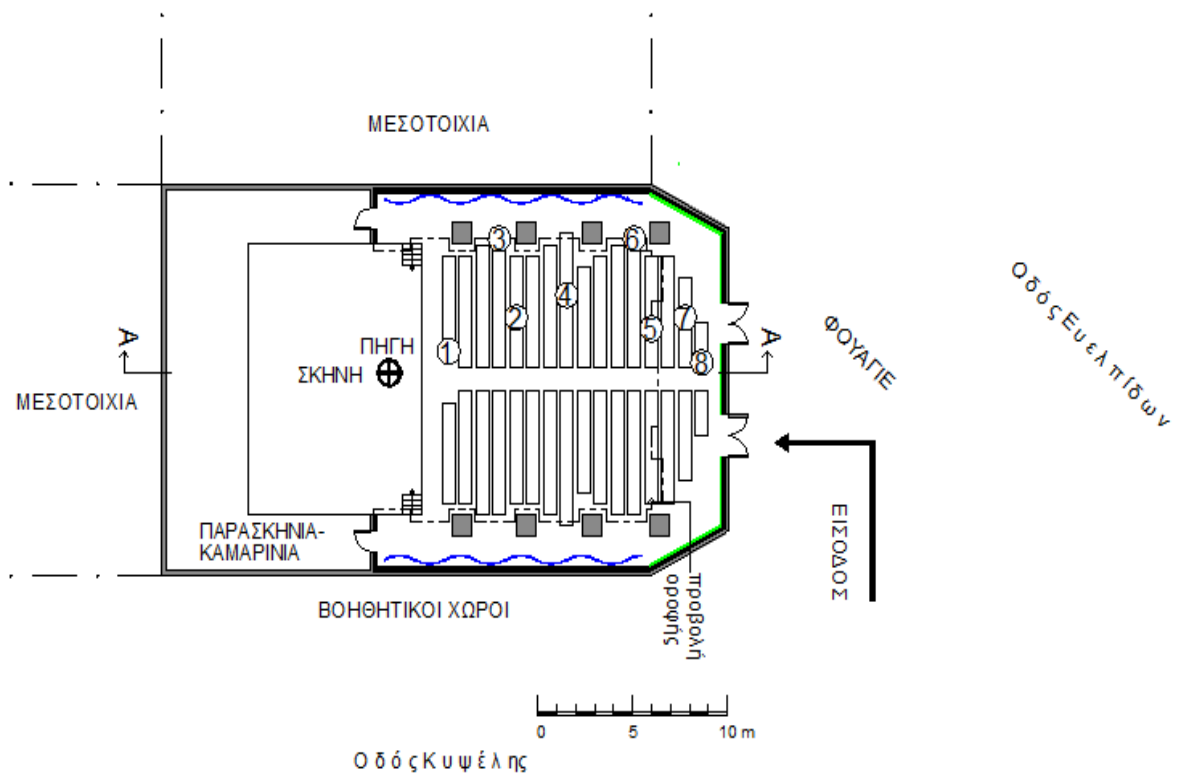
Στο θέατρο «Τζένη Καρέζη» έγιναν 16 μετρήσεις, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Οι επαναλήψεις του σήματος διέγερσης ήταν 4 με διάρκεια κάθε επανάληψης 1,37 sec.



Σχήμα 5.2: Κάτοψη θεάτρου «Τζένη Καρέζη»

Κάππα

Στο θέατρο «Κάππα» έγιναν 8 μετρήσεις στο ήμισυ της αίθουσας, όπως φαίνεται παρακάτω, καθώς σύμφωνα με το ISO [14] σε αίθουσες με άξονα συμμετρίας οι ακουστικές παράμετροι παραμένουν ίδιες σε θέσεις συμμετρικές προς τον άξονα αυτό. Επίσης, λόγω εξώστη πάνω από το ακροατήριο απαιτείται να γίνουν παραπάνω μετρήσεις στις θέσεις που βρίσκονται στα όριά του. Οι επαναλήψεις του σήματος διέγερσης ήταν 4 με διάρκεια κάθε επανάληψης 1,37 sec.



Σχήμα 5.3: Κάτοψη θεάτρου «Κάππα»

Πόρτα

Στο θέατρο «Πόρτα» έγιναν 10 μετρήσεις στο ήμισυ της αίθουσας, λόγω συμμετρικής μορφής, όπως φαίνεται παρακάτω. Οι επαναλήψεις του σήματος διέγερσης ήταν 3 με διάρκεια κάθε επανάληψης 1,37 sec.



Σχήμα 5.4: Κάτοψη θεάτρου «Πόρτα»

5.3 Μεθοδολογία πειραμάτων αντίληψης

5.3.1 Θεωρία της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης

Η θεωρία της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης (semantic differential theory) που αναπτύχθηκε από τον C.Osgood (Osgood et al 1957) [15] αποτελεί μια σημαντική θεωρία της Ψυχολογίας. Κεντρικό στοιχείο της συγκεκριμένης θεωρίας είναι ο ισχυρισμός ότι η αντίληψη του ανθρώπου οργανώνεται ψυχολογικά πάνω σε έναν πεπερασμένο αριθμό ανεξάρτητων διαστάσεων (παραγόντων). Οι ανεξάρτητες αυτές διαστάσεις μπορούν να καθοριστούν στην πράξη με την υποκειμενική αντίληψη σε ένα σύνολο διαφορετικών κρίσεων. Αυτό μπορεί να γίνει για παράδειγμα με την υποκειμενική κρίση πάνω σε έναν αριθμό κλιμάκων υποκειμενικής αξιολόγησης και στη συνέχεια με χρήση κατάλληλων μαθηματικών μεθόδων όπως η παραγοντική ανάλυση.

Η τεχνική της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης χρησιμοποιεί σαν εργαλείο μέτρησης την κλίμακα σημειολογικής διαβάθμισης (semantic rating scale) έτσι ώστε να μετρήσει υποκειμενικές απαντήσεις. Η κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε στην εργασία αποτελείται από μία ευθεία γραμμή που στα δύο τις άκρα απαντώνται αντίθετα επίθετα που περιγράφουν τον ήχο. Η κλίμακα είναι μια συνεχής γραμμή που καθώς μεταβαίνουμε από το ένα άκρο στο άλλο καταγράφεται η σταδιακή μετάβαση της ποιότητας του ήχου βάσει των χαρακτηριστικών που βρίσκονται στα δύο άκρα. Παρακάτω φαίνονται ορισμένα παραδείγματα.

Τραχύς | _____ / _____ | Μαλακός

Πλούσιος | _____ / _____ | Πτωχός

Ζητήθηκε από τους ερωτώμενους να σημειώσουν πάνω στην κλίμακα σε κατάλληλη απόσταση από τα άκρα ώστε να εκφράζεται η εκτίμηση τους. Στο ερωτηματολόγιο που μοιράστηκε υπήρχαν είκοσι έξι κλίμακες [ΠΑΡ.ΣΤ].

Εξ' ορισμού η κλίμακα σημειολογικής διαβάθμισης είναι μια διαστημική κλίμακα ίσων διαστημάτων. Το κέντρο της γραμμής της κλίμακας θεωρείται ως το ουδέτερο σημείο, ενώ ίσες ποσότητες αλλαγής της ποιότητας του ήχου αντιστοιχούν σε ίσα διαστήματα στην κλίμακα. Η κλίμακα σημειολογικής διαβάθμισης θεωρείται και αντιμετωπίζεται ως μονοδιάστατη. Περαιτέρω πληροφορίες για την μεθοδολογία των κλιμάκων υπάρχουν στο Παράρτημα Θ.

5.3.2 Τεχνική της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης

Η βασική υπόθεση είναι ότι οι δύο πόλοι μια κλίμακας αναφέρονται σε έναν πολύ μικρότερο αριθμό ανεξάρτητων θεωρήσεων. Η υπόθεση που γίνεται εδώ είναι ότι ο αριθμός αυτός είναι μεγαλύτερος από ένα.

Το πρώτο τμήμα της υπόθεσης υποστηρίζει ότι μια αντίληψη οργανώνεται ψυχολογικά πάνω σε κάποιες ανεξάρτητες διαστάσεις (Osgood et al, 1957) [15]. Η λέξη διάσταση χρησιμοποιείται μεταφορικά και έχει την έννοια των αξόνων του ορθογώνιου συστήματος συντεταγμένων.

Οι διαστάσεις μπορούν να καθοριστούν εμπειρικά υποβάλλοντας μια αντίληψη σε μια σειρά διαφορετικών κρίσεων, για παράδειγμα υποβάλλοντάς την σε έναν αριθμό κλιμάκων σημειολογικής διαβάθμισης και χρησιμοποιώντας μαθηματικές μεθόδους όπως η Ανάλυση σε Παράγοντες. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να μειώσουμε τον αριθμό των κλιμάκων σε έναν μικρότερο αριθμό διαστάσεων που δεν συσχετίζονται μεταξύ τους.

Το δεύτερο τμήμα της υπόθεσης, ότι παραπάνω από μία ανεξάρτητες αντιλήψεις για την ακουστική μπορούν να προκύψουν από τις κλίμακες σημειολογικής διαβάθμισης, προέρχεται από την εδραιωμένη άποψη ότι η ακουστική αντίληψη δεν προέρχεται από μία μόνο ακουστική εμπειρία.

Ένας εγγενής περιορισμός της μεθόδου είναι ότι τα αποτελέσματα (factors) εξαρτώνται απόλυτα από τις κλίμακες που εισήχθησαν αρχικά στην ανάλυση. Μία κλίμακα που έχει παραληφθεί στο αρχικό πείραμα δεν είναι δυνατόν ποτέ να προκύψει σε κανένα παράγοντα.

5.3.3 Ανάλυση σε παράγοντες (Factor Analysis)

Η ανάλυση σε παράγοντες, η οποία χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιεί συσχετίσεις για να παράγει έναν μικρότερο αριθμό διαστάσεων (που δεν συσχετίζονται) ή παραγόντων. Η έννοια παράγοντας χρησιμοποιείται στην θέση της λέξης διάσταση όταν γίνεται αναφορά στα αποτελέσματα της ανάλυσης σε παράγοντες.

Το μαθηματικό μοντέλο της ανάλυσης σε παράγοντες περιγράφεται στο Παράρτημα Β [ΠΑΡ.Β/Β.1.1]. Εκεί αναφέρεται ότι η ανάλυση παραγόντων μπορεί να απαντηθεί σε δύο τύπους, την ανάλυση σε κύριες συνιστώσες και την κλασσική ανάλυση σε παράγοντες.

Η παραγωγή των παραγόντων και η περιστροφή τους είναι δύο πολύ σημαντικά βήματα στην συγκεκριμένη ανάλυση.

Εξίσου σημαντική είναι η απόφαση που αφορά τον αριθμό των παραγόντων που θα αποτελέσουν το αποτέλεσμα της ανάλυσης. Δυστυχώς, δεν υπάρχει κάποιο συγκεκριμένο κριτήριο, παρόλα αυτά όμως όταν οι παράγοντες που έχουν επιλεγεί εξηγούν ένα μεγάλο ποσοστό της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων θεωρούνται επαρκείς. Διάφορα κριτήρια είναι διαθέσιμα για την επιλογή των παραγόντων που θα απορρίπτονται και αναφέρονται στο Παράρτημα Β [ΠΑΡ.Β/Β.1.2].

Ο σκοπός της περιστροφής του αρχικού πίνακα παραγόντων είναι για να προκύψουν πιο απλοί και ερμηνεύσιμοι παράγοντες. Στην εργασία χρησιμοποιήθηκε ορθογώνια περιστροφή έτσι ώστε οι παράγοντες που προκύπτουν να είναι ανεξάρτητοι. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι περιστροφής του αρχικού πίνακα παραγόντων και αναφέρονται στο Παράρτημα Β [ΠΑΡ.Β/Β.1.3].

5.3.4 Ερμηνεία ενός πίνακα παραγόντων

Η ερμηνεία ενός πίνακα μετά την περιστροφή μπορεί να επιτευχθεί εξετάζοντας την φόρτιση που έχει κάθε κλίμακα σε κάθε παράγοντα. Το όνομα που δίνεται σε κάθε παράγοντα είναι μια απλοποιημένη έννοια· η ακριβής του έννοια μπορεί να βρεθεί αν ληφθούν υπόψη και οι υπόλοιπες κλίμακες που έχουν υψηλή φόρτιση στον παράγοντα αυτό. Ένα παράδειγμα φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

TZENH KAPEZH			
Παράγοντας	Διπολικές κλίμακες		Φορτίσεις
I.	-Υψηλής αντίληψης	-Ξηρός	0,840
	-Πλούσιος	-Πτωχός	0,831
	-Ευδιάκριτος	-Δυσδιάκριτος	0,744
	-Γεμάτος	-Κενός	0,728
	-Με υπόσταση	-Χωρίς υπόσταση	0,711
	-Με όγκο	-Χωρίς όγκο	0,690
	-Διαυγής	-Μπερδεμένος	0,658
	-Δυνατός	-Αδύναμος	0,635
	-Ψυχρός	-Ζωντανός	-0,634
	-Υψηλός	-Χαμηλός	0,627
	-Με υψηλή ακουστότητα	-Με χαμηλή ακουστότητα	0,584
	II.	-Με κακή γενική εντύπωση	-Με καλή γενική εντύπωση
-Τραχύς		-Μαλακός	0,590
-Οξύς		-Μη οξύς	0,565
-Προπηγμένος		-Μη προπηγμένος	-0,557
-Με παρουσία θορύβου		-Με απουσία θορύβου	0,504

Πίνακας 5.2: Παράδειγμα φορτίσεων κλιμάκων

Τέλος, μια χαμηλή φόρτιση σε έναν παράγοντα είναι το αποτέλεσμα απουσίας συσχέτισης της κλίμακας αυτής με τις υπόλοιπες που εμφανίζονται στον ίδιο παράγοντα. Φορτίσεις που βρίσκονται κάτω από το τυπικό σφάλμα της φόρτισης δεν λαμβάνονται υπόψη στα αποτελέσματα. Η μέθοδος του υπολογισμού του τυπικού σφάλματος της φόρτισης αναφέρεται στο Παράρτημα Β [ΠΑΡ.Β/Β.1.4].

5.3.5 Ανάλυση της διακύμανσης

Πέρα από τους παράγοντες που προέκυψαν σε κάθε αίθουσα, χρήσιμο είναι να απαντηθεί και το ερώτημα αν οι ακροατές ανάλογα με την θέση στην οποία βρισκόντουσαν ή ανάλογα με την αίθουσα αξιολόγησαν διαφορετικά την ακουστική. Αυτό είχε υπολογιστεί στον αρχικό σχεδιασμό του πειράματος και τα ερωτηματολόγια διανεμηθήκαν σε συγκεκριμένες θέσεις και όχι τυχαία σε κάθε αίθουσα.

Έτσι, τα δεδομένα ήταν κατάλληλα να υποβληθούν στον έλεγχο ανάλυσης της διακύμανσης (Analysis of Variance), Cooper (1969) [16]. Στην μέθοδο αυτή γίνεται η μηδενική υπόθεση ότι η αξιολόγηση των ακροατών από θέση σε θέση και από αίθουσα σε αίθουσα διαφέρει σημαντικά. Σημαντικό είναι το επίπεδο εμπιστοσύνης που υιοθετείται για την αποδοχή ή μη της αρχικής υπόθεσης. Στην εργασία υιοθετήθηκε επίπεδο εμπιστοσύνης 1%, που ερμηνεύεται ως εξής: Αν η υπόθεση γίνει δεκτή για το παρόν επίπεδο εμπιστοσύνης τότε ενενήντα εννέα φορές στις εκατό αν επαναληφθεί το ίδιο πείραμα το αποτέλεσμα θα είναι ίδιο. Η μέθοδος της ανάλυσης της διακύμανσης αναφέρεται στο Παράρτημα Β [ΠΑΡ.Β/Β.2].

Καταληκτικά, απαραίτητη προϋπόθεση για να γίνει γραμμική συσχέτιση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης σε παράγοντες με φυσικά μετρήσιμα μεγέθη του ήχου σε έναν χώρο είναι τα πρώτα να έχουν αποδειχθεί ότι διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά από θέση σε θέση και από αίθουσα σε αίθουσα.

5.3.6 Απλή ανάλυση παλινδρόμησης (Simple Regression Analysis)

Στην στατιστική η ανάλυση παλινδρόμησης περιλαμβάνει τεχνικές για μοντελοποίηση και ανάλυση διαφόρων μεταβλητών με στόχο την συσχέτιση μίας εξαρτημένης μεταβλητής με μία ή περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές. Πιο συγκεκριμένα, η ανάλυση παλινδρόμησης βοηθάει να κατανοήσουμε πως μία τυπική τιμή μίας εξαρτημένης μεταβλητής αλλάζει όταν μία ανεξάρτητη μεταβλητή ποικίλλει ενώ ταυτόχρονα οι υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές παραμένουν σταθερές.

Η Linear Regression Analysis είναι η ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης που βασίζεται σε μία ευθύγραμμη εξίσωση. Η Nonlinear Regression Analysis είναι η ανάλυση μη γραμμικής παλινδρόμησης που καθορίζει τις αξίες των παραμέτρων για μια εξίσωση, η οποία συνδυάζει μία σειρά από αξίες στοιχείων πολύ περισσότερων από αυτά της γραμμικής ανάλυσης. Επιπρόσθετα, έχουμε την Simple Regression δηλαδή την ανάλυση απλής παλινδρόμησης στην οποία η ανεξάρτητη μεταβλητή είναι μία και την Multiple Regression δηλαδή την ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης στην οποία οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι περισσότερες της μίας και συσχετισμένες μεταξύ τους. Στην εργασία χρησιμοποιήθηκε η Simple Linear Regression Analysis για την εξαγωγή αποτελεσμάτων γιατί θεωρήθηκε ότι οι ανεξάρτητες μεταβλητές που εισήχθησαν στην ανάλυση δεν είναι συσχετισμένες μεταξύ τους. Η μέθοδος της ανάλυσης παλινδρόμησης αναφέρεται στο Παράρτημα Β [ΠΑΡ.Β/Β.3].

Οι μεταβλητές της εργασίας είναι οι ακόλουθες: η εξαρτημένη μεταβλητή είναι η αντίληψη της ακουστικής που εκφράζεται μέσω του μεγέθους Mean Factor Score, ενώ οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι οι φυσικές παράμετροι του ήχου. Συγκεκριμένα αυτές οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία είναι οι εξής : T30 ή RT, D50, G και L_{Aeq} σε όλο το φάσμα συχνοτήτων. Συνεπώς, προσπαθήσαμε να κατανοήσουμε πως επηρεάζουν οι φυσικές παράμετροι του ήχου την αντίληψη της ακουστικής.

5.4 Διαδικασία πειραμάτων αντίληψης

Με την χρήση κλιμάκων σημειολογικής διαβάθμισης δημιουργήθηκε ερωτηματολόγιο, που διανεμήθηκε στα τρία θέατρα, των οποίων τα βασικά χαρακτηριστικά αναφέρονται συνοπτικά στον Πίνακα 5.1.

Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε αποτελείται, όπως προαναφέρθηκε, από είκοσι έξι διπολικές κλίμακες υποκειμενικής αξιολόγησης του ήχου, το οποίο προέκυψε από την έρευνα της Β. Μιχαλοπούλου [9]. Η μόνη αλλαγή που έγινε ήταν ο διαχωρισμός της παρακάτω κλίμακας

Με ευκρίνεια |—————| Χωρίς ευκρίνεια

σε δύο ξεχωριστές κλίμακες που φαίνονται στη συνέχεια:

Με ευκρίνεια |—————| Χωρίς ευκρίνεια
στην ακρόαση στην ακρόαση
ανδρικών ρόλων ανδρικών ρόλων

Με ευκρίνεια |—————| Χωρίς ευκρίνεια
στην ακρόαση στην ακρόαση
γυναικείων ρόλων γυναικείων ρόλων

Αυτή η αλλαγή έγινε, καθώς ο ήχος που παράγεται από τους άντρες ηθοποιούς βρίσκεται σε χαμηλές συχνότητες, ενώ ο ήχος που παράγεται από τις γυναίκες ηθοποιούς βρίσκεται σε υψηλές συχνότητες.

Η διανομή των ερωτηματολογίων έγινε και στα τρία θέατρα κατά την διάρκεια ζωντανών παραστάσεων στις αντίστοιχες θέσεις που έγιναν οι φυσικές ακουστικές

μετρήσεις (βλ. Σχήμα 5.2, 5.3, 5.4). Περιμετρικά κάθε θέσης μοιράστηκαν εννέα ερωτηματολόγια, έτσι ώστε το στατιστικό δείγμα να έχει μεγαλύτερη αξιοπιστία.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται συγκεντρωτικά ο αριθμός των ερωτηματολογίων που διανεμήθηκαν και ο αριθμός των ερωτηματολογίων που συγκεντρώθηκαν.

	ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ	
	διανεμήθηκαν	συγκεντρώθηκαν
ΘΕΑΤΡΟ		
ΤΖΕΝΗ ΚΑΡΕΖΗ	144	61
ΚΑΠΠΑ	72	43
ΠΟΡΤΑ	90	55
ΣΥΝΟΛΙΚΑ	306	159

Πίνακας 5.3 : Διανομή ερωτηματολογίων

Οι θεατρικές παραστάσεις επιλέχθηκαν λόγω διαθεσιμότητας και ήταν οι εξής:

- «Ταρτούφος ή Οι Απατεώνες» στο θέατρο «Τζένη Καρέζη»
- «Δείπνο Ηλιθίων» στο θέατρο «Κάππα»
- «Οι αναστατώσεις του οικότροφου Τέρλες» στο θέατρο «Πόρτα»

Είναι σκόπιμο να αναφέρουμε ότι και οι τρεις παραστάσεις αποτελούν παραδείγματα σύγχρονου θεατρικού λόγου.

Περισσότερες πληροφορίες για τις παραστάσεις, όπως η περίληψη, οι πρωταγωνιστές κλπ., υπάρχουν στο Παράρτημα Ι.

Τα ερωτηματολόγια μοιράστηκαν στην αρχή κάθε παράστασης ύστερα από αναλυτική επεξήγηση για τον τρόπο συμπλήρωσης τους και συλλέχθηκαν στο τέλος, ώστε το κοινό να έχει διαμορφώσει πλήρη εικόνα για την ακουστική της αίθουσας. Επίσης, πρέπει να αναφερθεί ότι κατά την διάρκεια και των τριών παραστάσεων δεν έγινε χρήση μεγάλων, καθώς και ότι ο κλιματισμός ήταν κλειστός, αφού τα πειράματα διεξήχθησαν τον Οκτώβριο.

Όπως είναι προφανές το κοινό και η ηχητική πηγή ήταν διαφορετικά σε κάθε θέατρο, έτσι ώστε να υπάρξει μια πιο αντικειμενική καταγραφή του μέσου θεατρόφιλου κοινού στην Αθήνα.

6. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

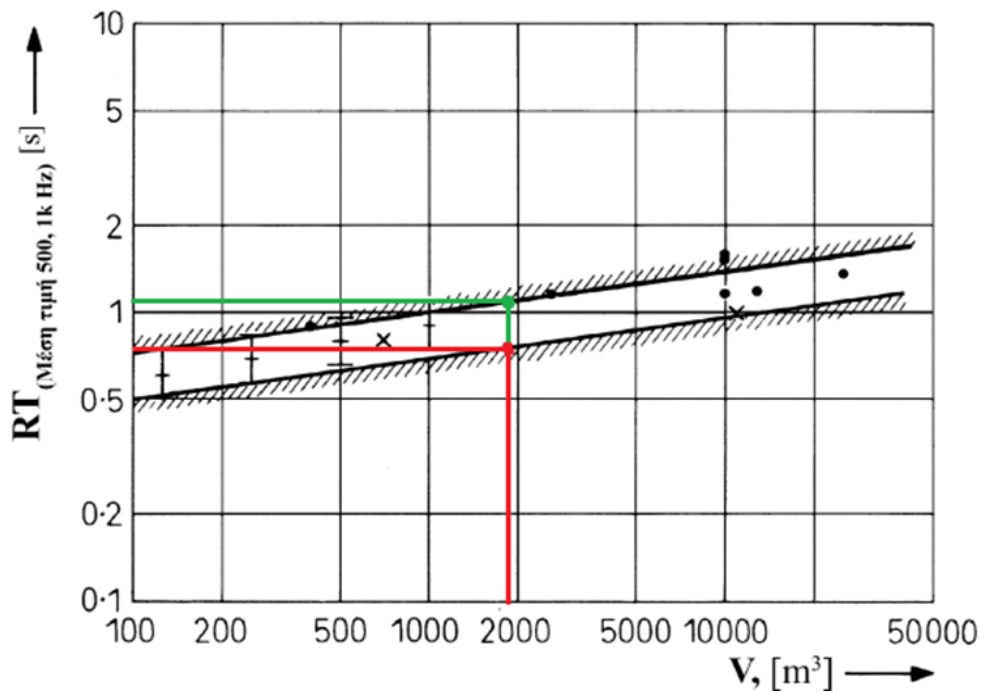
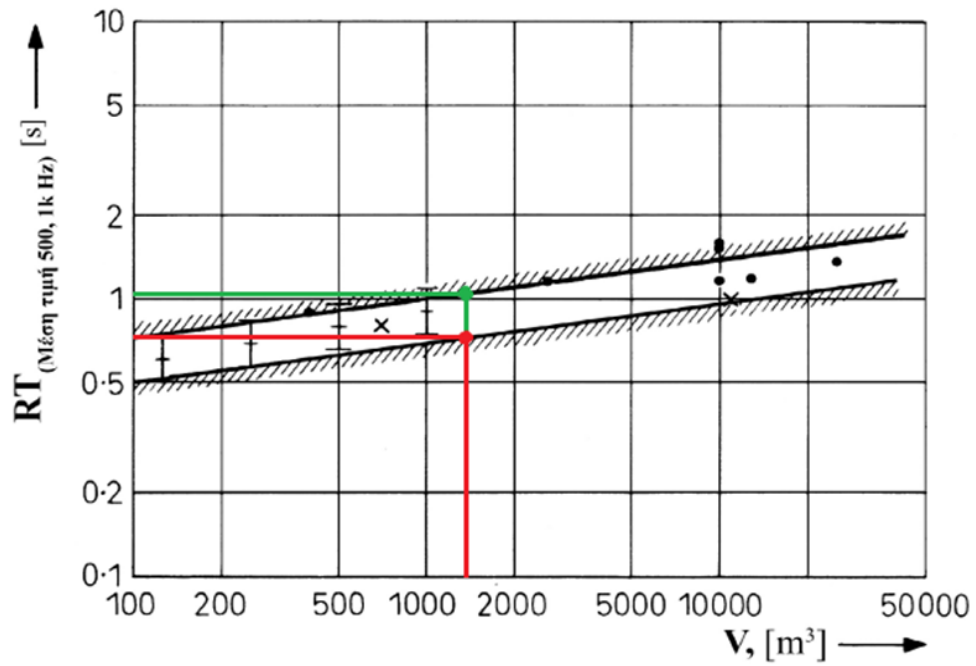
6.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις

Οι μετρήσεις των φυσικών ακουστικών παραμέτρων πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με την μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Έπειτα έγινε πινακοποίηση των δεδομένων ανάλογα με την κάθε αίθουσα και τις παραμέτρους που μετρήθηκαν, όπως φαίνεται αναλυτικά στο Παράρτημα Ε.

6.1.1 Χρόνος Αντήχησης (RT)

Για τον χρόνο αντήχησης λήφθηκαν υπόψιν τα αποτελέσματα του T30. Στη συνέχεια υπολογίσθηκε ο μέσος όρος των θέσεων μέτρησης για κάθε συχνότητα σε κάθε αίθουσα ξεχωριστά και δημιουργήθηκαν τα αντίστοιχα διαγράμματα για περίπτωση αίθουσας με ακροατήριο, μετά από κατάλληλη τροποποίηση [ΠΑΡ.Α/Α.7.9].

Στα παρακάτω διαγράμματα (διάγρ. 6.1) σημειώνονται τα επιθυμητά όρια του χρόνου αντήχησης ανάλογα με τον όγκο της αίθουσας. Έτσι για όγκο περίπου 1350 m^3 (δηλαδή όσος είναι ο όγκος των θεάτρων «Τζένη Καρέζη» και «Κάππα»), λαμβάνεται επιθυμητό εύρος τιμών από 0,7 έως 1,1 sec. Αντίστοιχα για όγκο περίπου ίσο με 1850 m^3 (δηλαδή όσος είναι ο όγκος του θεάτρου «Πόρτα») λαμβάνονται τα ίδια όρια με πριν λόγω της μικρής απόκλισης που παρατηρείται, όπως φαίνεται στα παρακάτω διαγράμματα.



Διάγραμμα 6.1: Επιθυμητές τιμές Χρόνου Αντήρησης (RT) για αίθουσες ακρόασης ομιλίας συναρτήσει του όγκου (V) του χώρου.

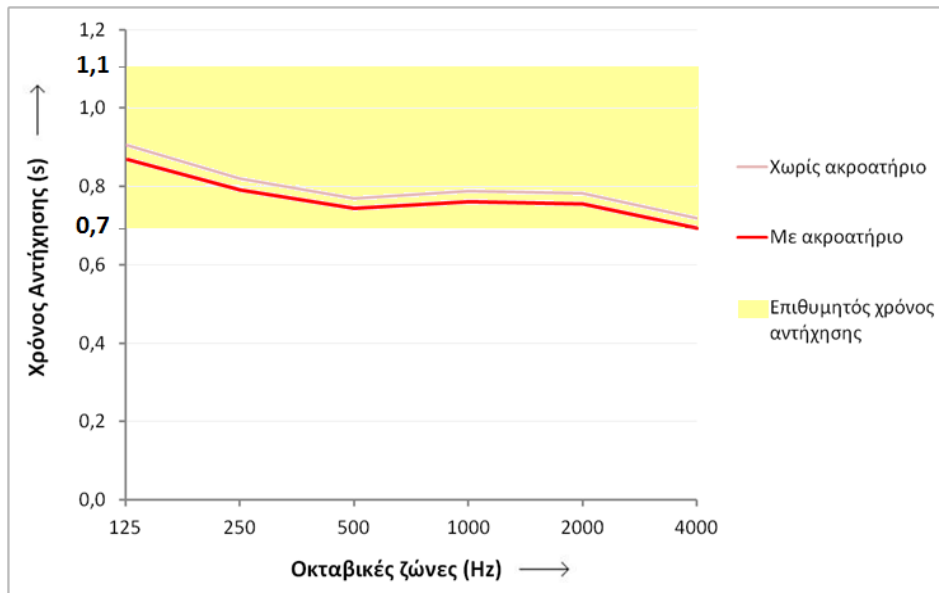
Άνω όριο: επιτυγχάνονται σχετικά υψηλές στάθμες ήχου (με πράσινο χρώμα)

Κάτω όριο: επιτυγχάνεται σχετικά υψηλή υποκειμενική ευκρίνεια (με κόκκινο χρώμα)

(Cremel et al 1982) [17]

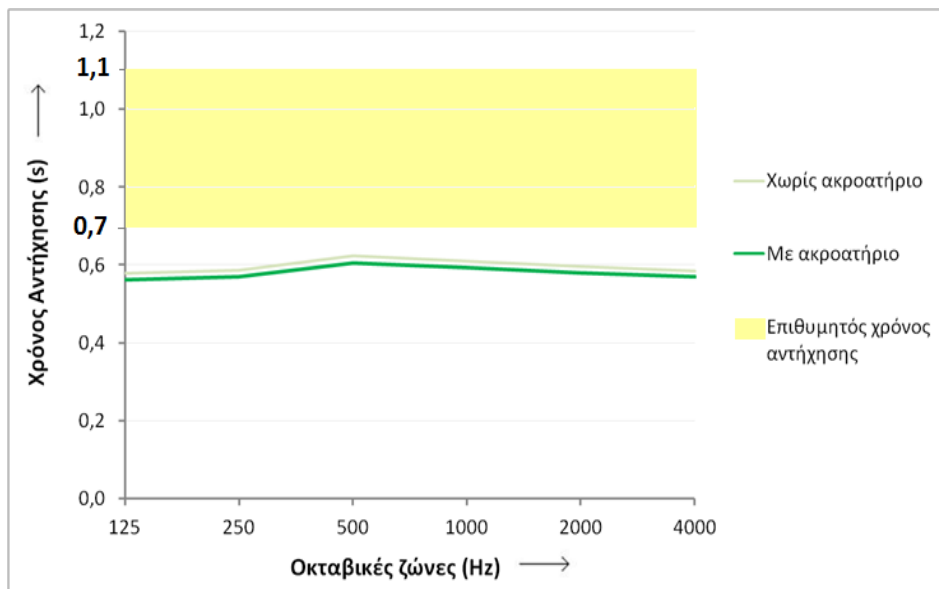
Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα του χρόνου αντήχησης συναρτήσει των συχνοτήτων για κάθε αίθουσα και συγκεντρωτικά για όλες τις αίθουσες μαζί.

Τζένη Καρέζη



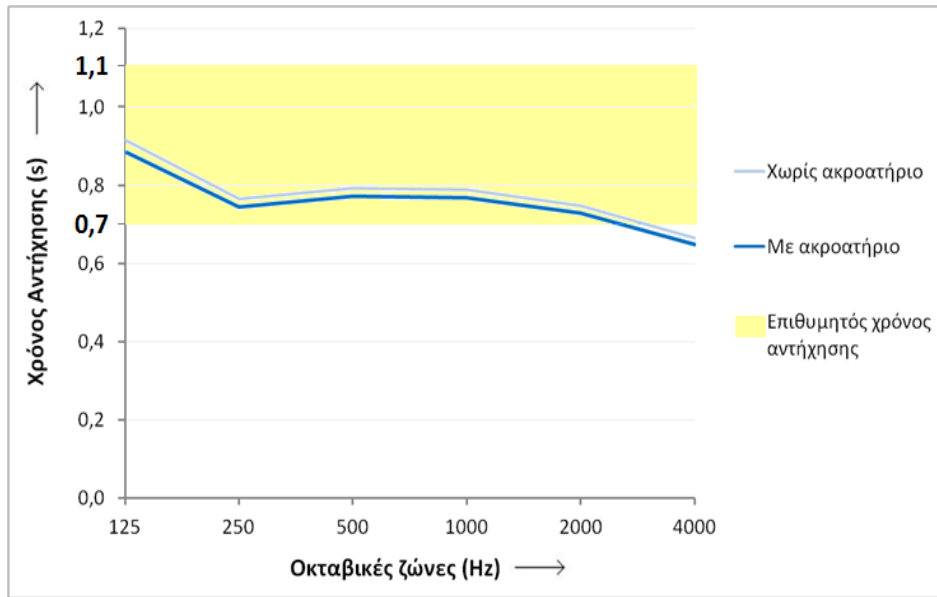
Διάγραμμα 6.2: Διάγραμμα χρόνου αντήχησης στο «Τζένη Καρέζη»

Κάππα



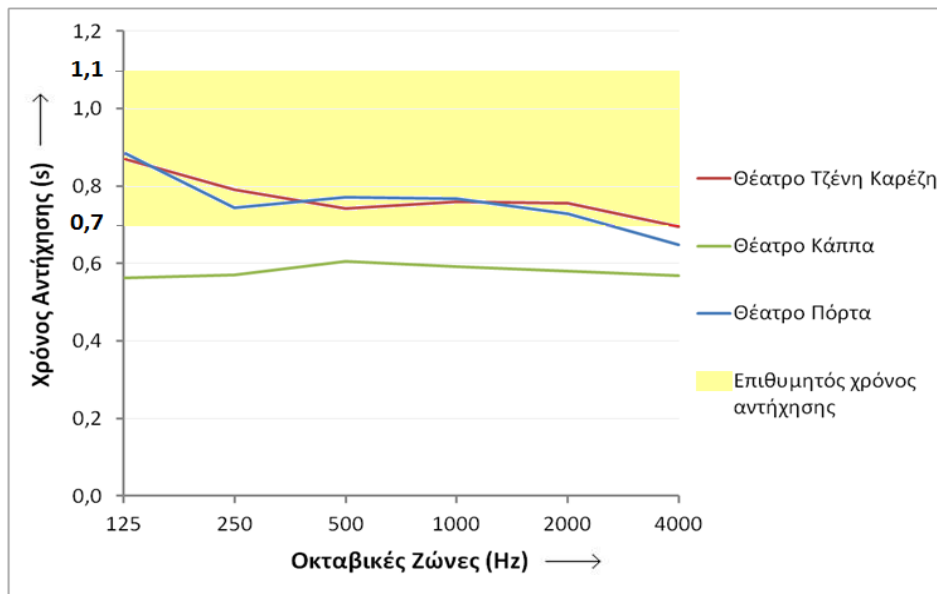
Διάγραμμα 6.3: Διάγραμμα χρόνου αντήχησης στο «Κάππα»

Πόρτα



Διάγραμμα 6.4: Διάγραμμα χρόνου αντήχησης στο «Πόρτα»

Όλα τα θέατρα μαζί

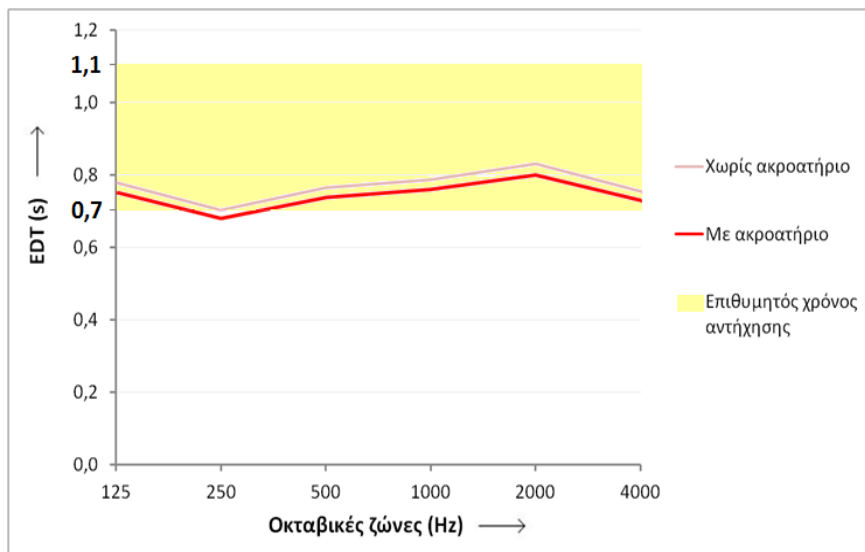


Διάγραμμα 6.5: Διάγραμμα χρόνου αντήχησης (RT) όλων των θεάτρων μαζί (με ακροατήριο)

6.1.2 Χρόνος απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων (EDT)

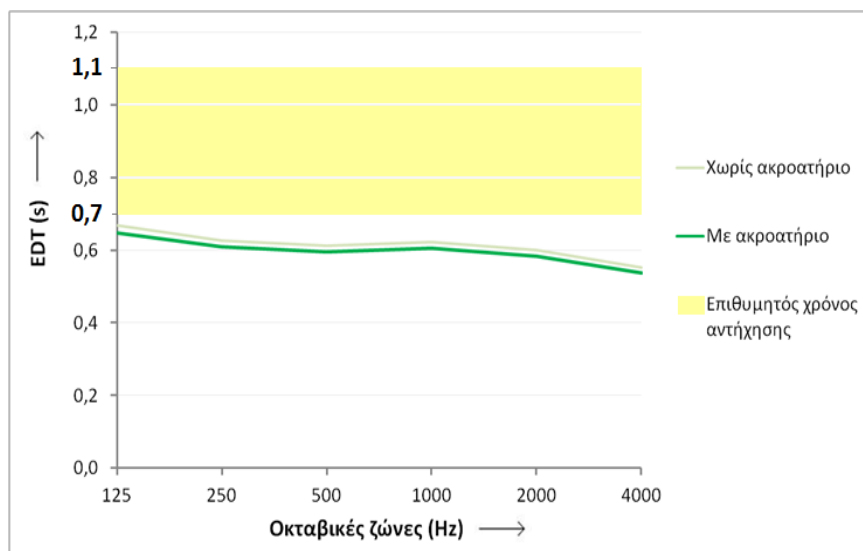
Για τον υπολογισμό του χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων τηρήθηκε η ίδια διαδικασία όπως με τον χρόνο αντήχησης, καθώς και το ίδιο επιθυμητό εύρος τιμών. Έτσι δημιουργήθηκαν τα παρακάτω διαγράμματα.

Τζένη Καρέζη



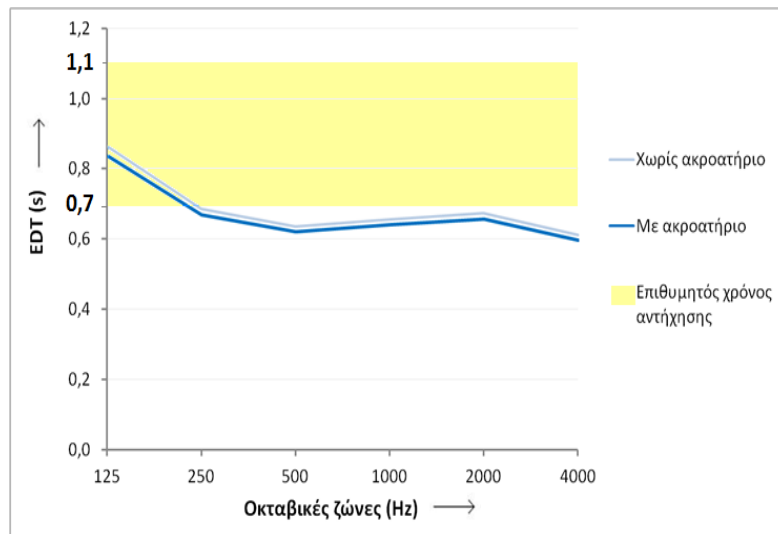
Διάγραμμα 6.6: Διάγραμμα χρόνου απόσβεσης πρώιμων ανακλάσεων στο «Τζένη Καρέζη»

Κάππα



Διάγραμμα 6.7: Διάγραμμα χρόνου απόσβεσης πρώιμων ανακλάσεων στο «Κάππα»

Πόρτα



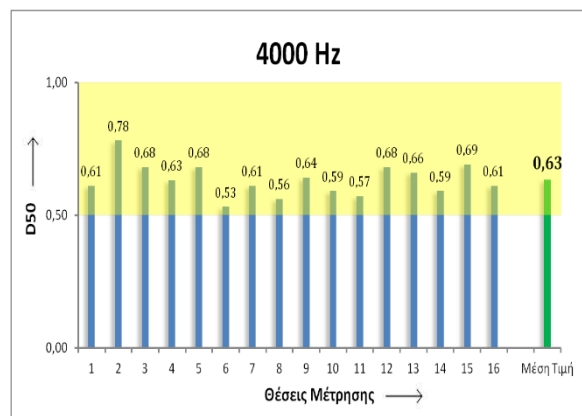
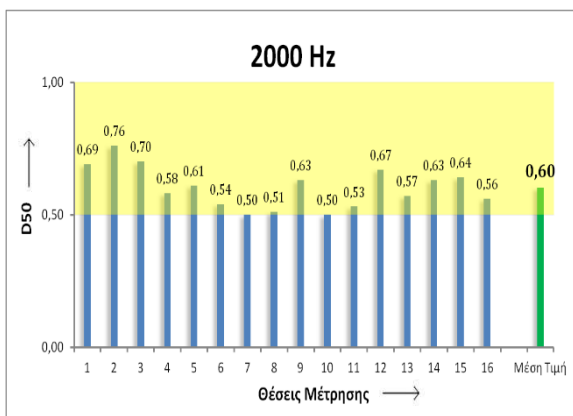
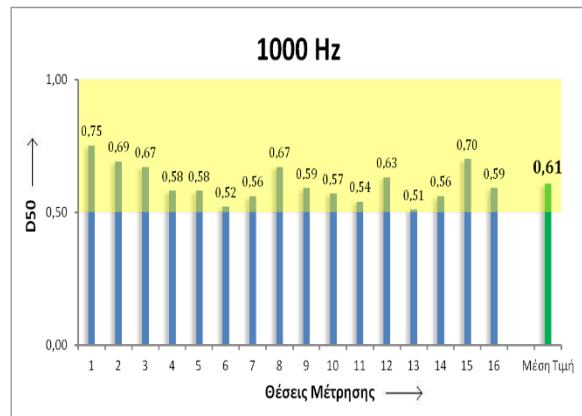
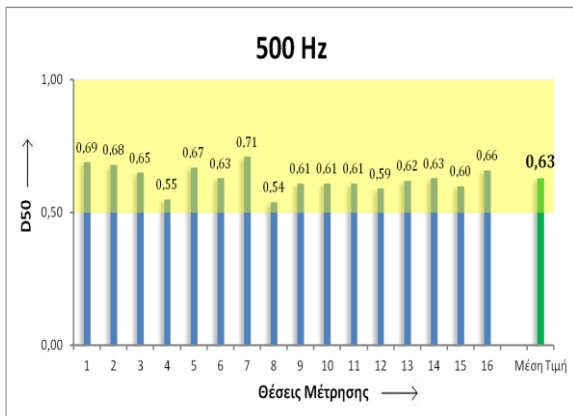
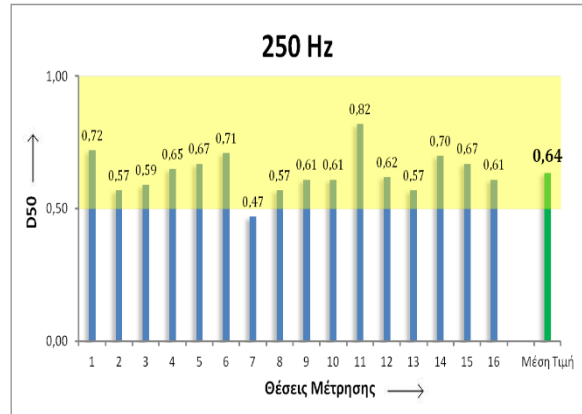
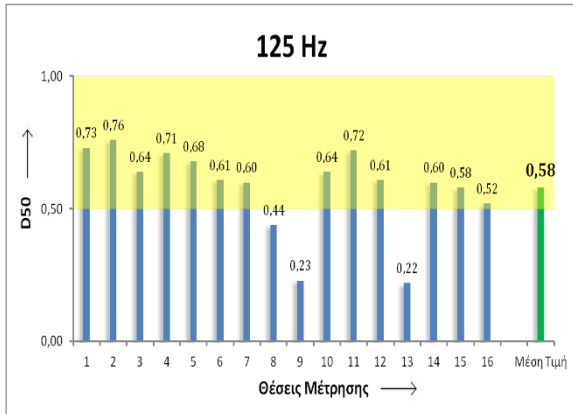
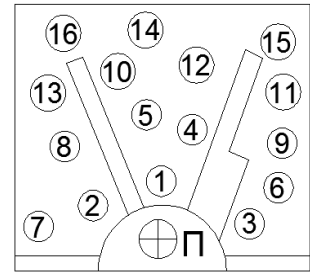
Διάγραμμα 6.8: Διάγραμμα χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων στο «Πόρτα»

6.1.3 Κλάσμα πρώιμων ανακλάσεων (D50)

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων του κλάσματος πρώιμων ανακλάσεων για κάθε θέατρο και συγκεκριμένα οι ανά συχνότητα τιμές των θέσεων μέτρησης, καθώς και τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα στις υψηλές, μεσαίες και χαμηλές συχνότητες.

Τζένη Καρέζη

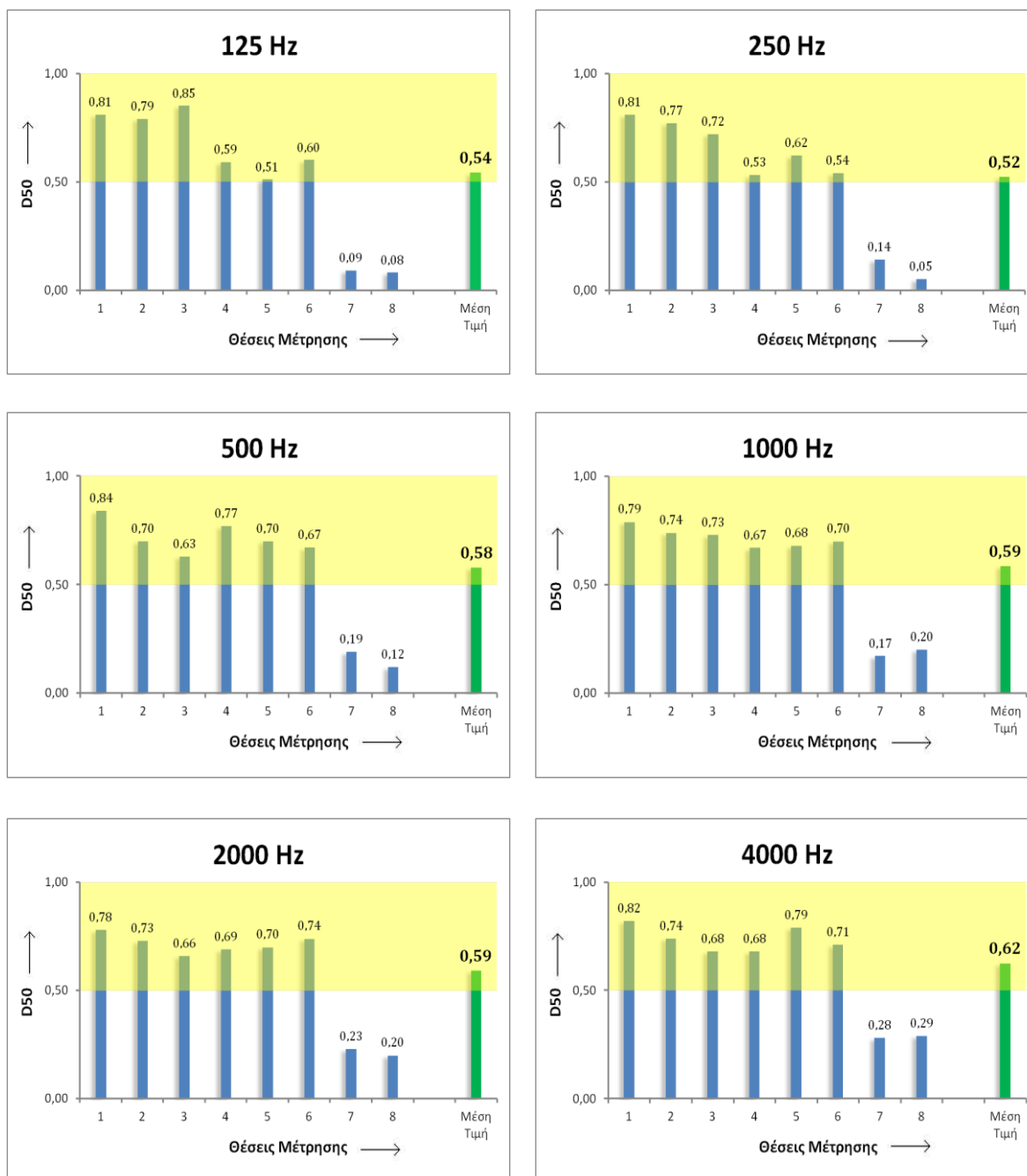
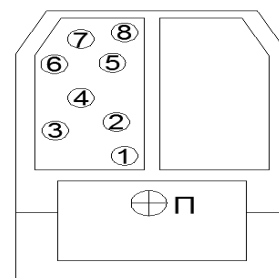
Στα δεξιά φαίνεται ένα σκαρίφημα της κάτοψης του θεάτρου, όπου ενδεικτικά φαίνονται οι θέσεις μέτρησης, καθώς και η θέση της πηγής (Π= ηχητική πηγή).



Διάγραμμα 6.9: Διαγράμματα κλάσματος πρώιμων ανακλάσεων (D50), όπου με μπλε χρώμα φαίνονται οι τιμές για κάθε θέση μέτρησης, με πράσινο η μέση τιμή και με κίτρινο η περιοχή επιθυμητών τιμών ($\geq 0,50$)

Κάππα

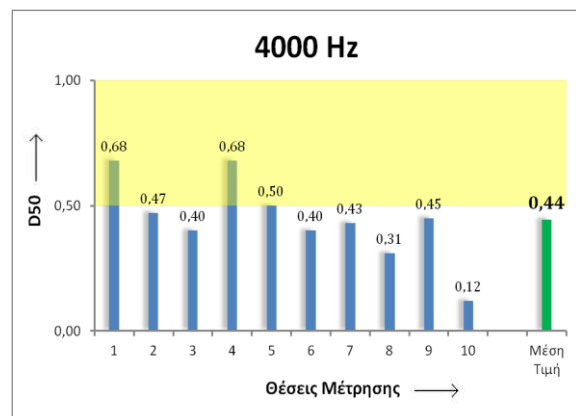
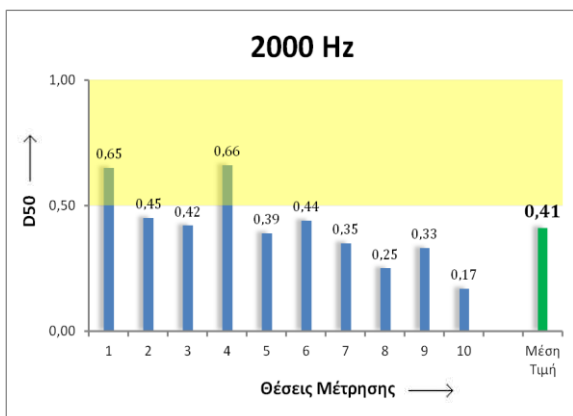
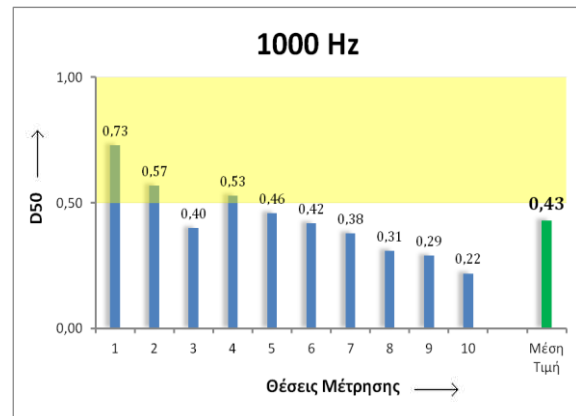
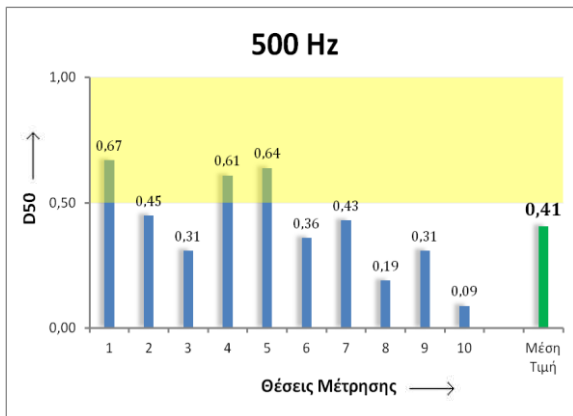
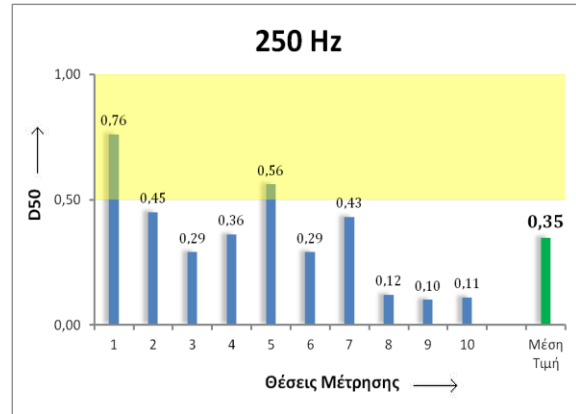
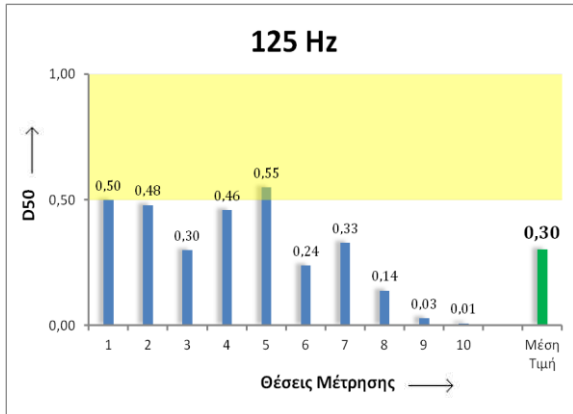
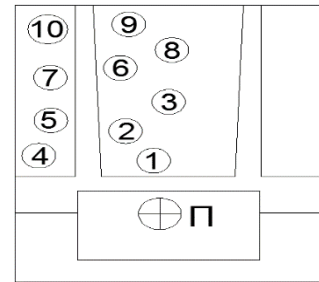
Στα δεξιά φαίνεται ένα σκαρίφημα της κάτοψης του θεάτρου, όπου ενδεικτικά φαίνονται οι θέσεις μέτρησης, καθώς και η θέση της πηγής (Π= ηχητική πηγή).



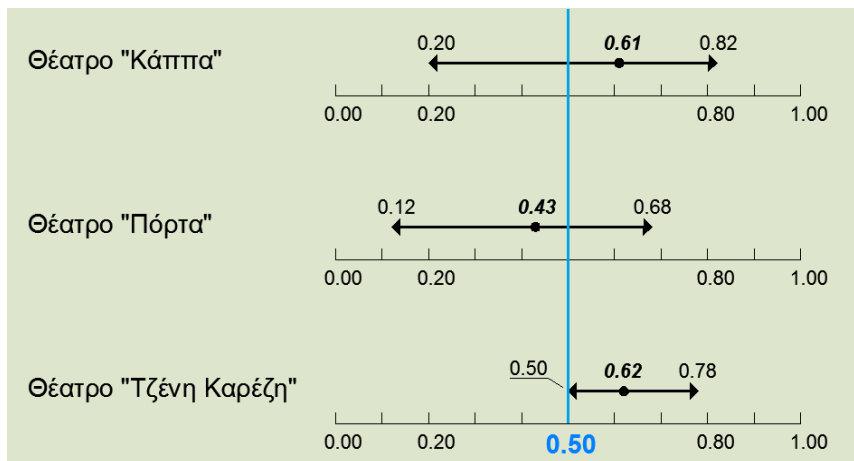
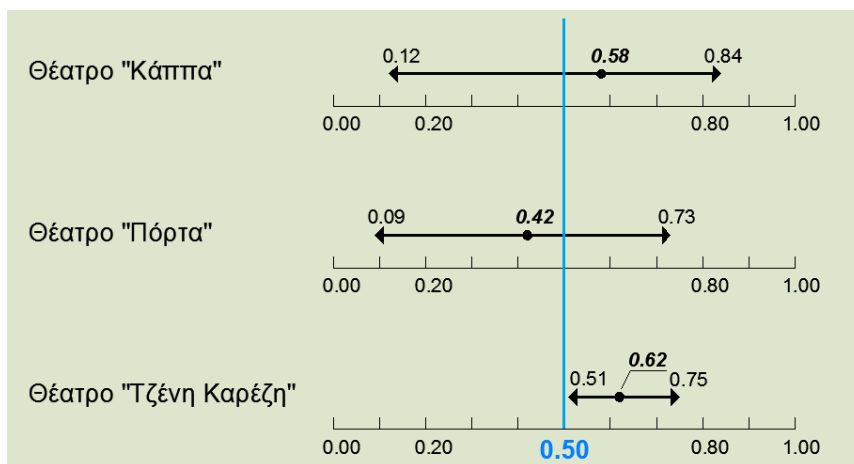
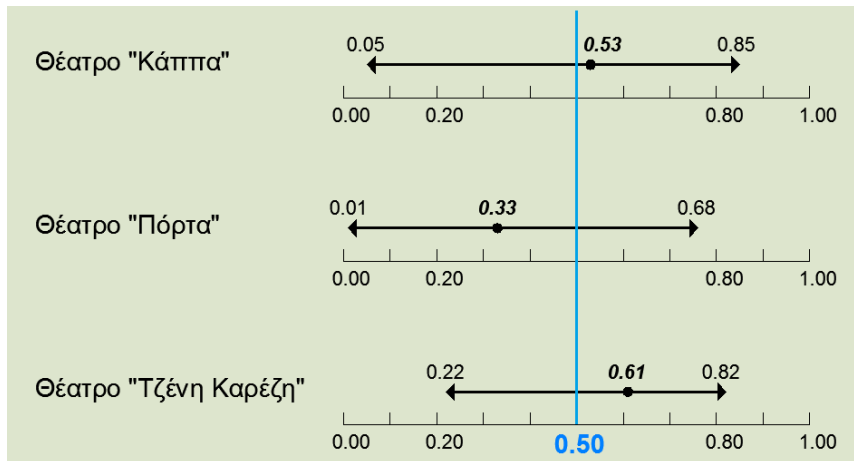
Διάγραμμα 6.10: Διαγράμματα κλάσματος πρώιμων ανακλάσεων (D50), όπου με μπλε χρώμα φαίνονται οι τιμές για κάθε θέση μέτρησης, με πράσινο η μέση τιμή και με κίτρινο η περιοχή επιθυμητών τιμών ($\geq 0,50$)

Πόρτα

Στα δεξιά φαίνεται ένα σκαρίφημα της κάτοψης του θεάτρου, όπου ενδεικτικά φαίνονται οι θέσεις μέτρησης, καθώς και η θέση της πηγής (Π= ηχητική πηγή).



Διάγραμμα 6.11: Διαγράμματα κλάσματος πρώιμων ανακλάσεων (D50), όπου με μπλε χρώμα φαίνονται οι τιμές για κάθε θέση μέτρησης, με πράσινο η μέση τιμή και με κίτρινο η περιοχή επιθυμητών τιμών ($\geq 0,50$)



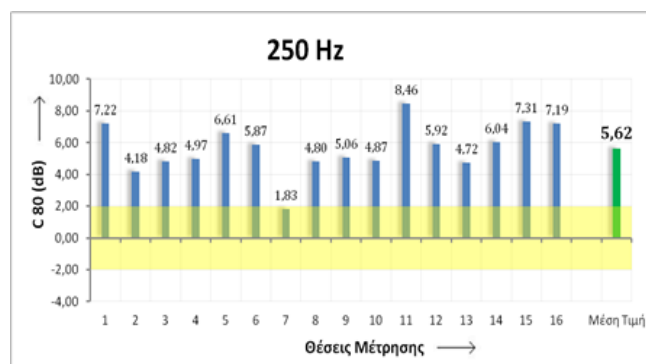
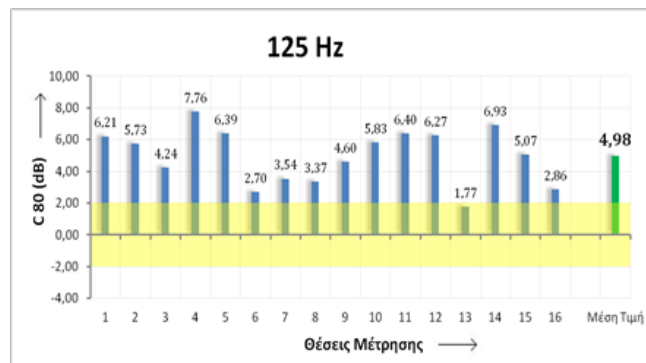
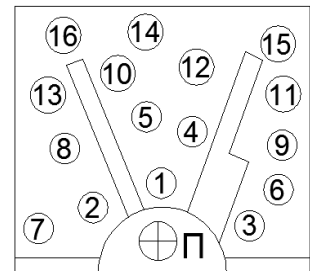
Διάγραμμα 6.12: Διαγράμματα κλάσματος πρώιμων ανακλάσεων (D50) στις χαμηλές συχνότητες (μ.ο. 125 Hz, 250 Hz) (άνω), στις μεσαίες συχνότητες (μ.ο. 500 Hz, 1000 Hz) (μέση) και στις υψηλές συχνότητες (μ.ο. 2000 Hz, 4000 Hz) (κάτω). Δίδονται μέση τιμή [•], ελάχιστη και μέγιστη. Με γαλάζια γραμμή φαίνεται η επιθυμητή τιμή (0,5).

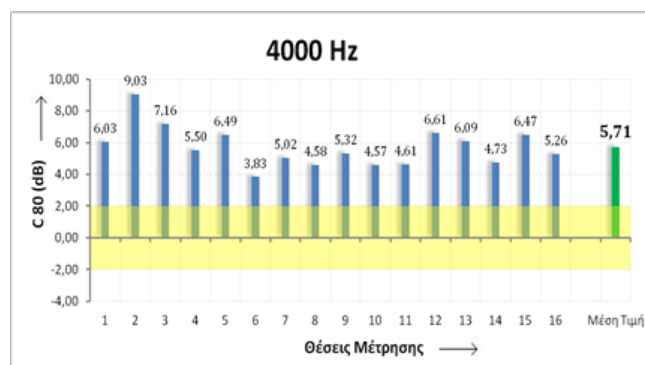
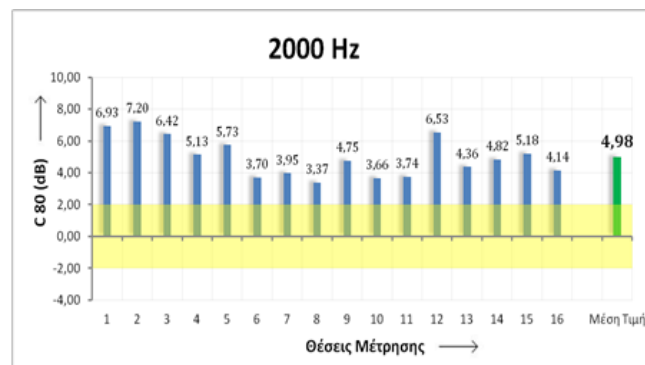
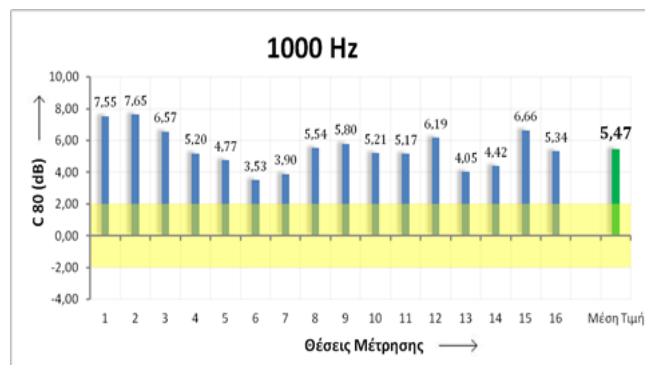
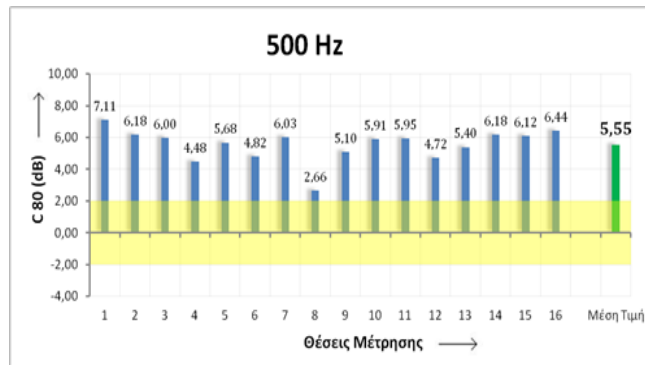
6.1.4 Κλάσμα πρώιμων προς καθυστερημένων ανακλάσεων (C80)

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων του κλάσματος των πρώιμων προς καθυστερημένων ανακλάσεων για κάθε θέατρο και συγκεκριμένα οι ανά συχνότητα τιμές των θέσεων μέτρησης.

Τζένη Καρέζη

Στα δεξιά φαίνεται ένα σκαρίφημα της κάτοψης του θεάτρου, όπου ενδεικτικά φαίνονται οι θέσεις μέτρησης, καθώς και η θέση της πηγής (Π= ηχητική πηγή).

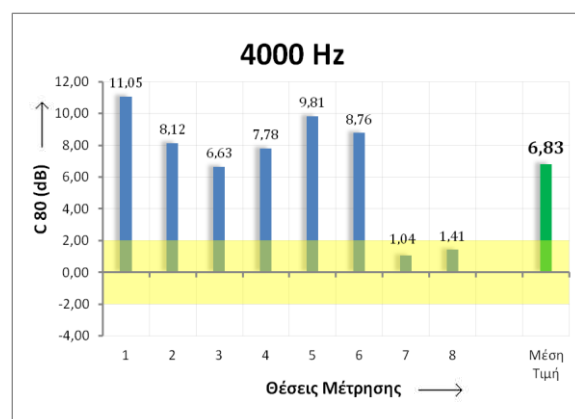
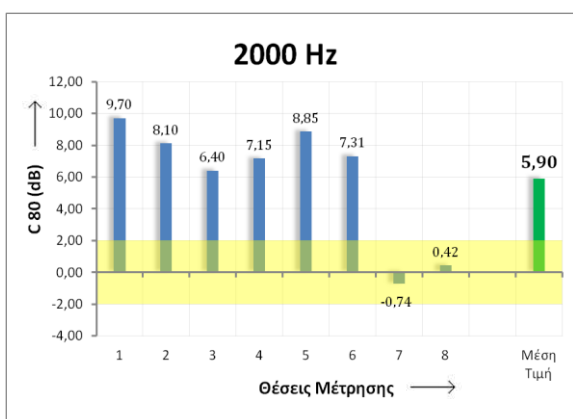
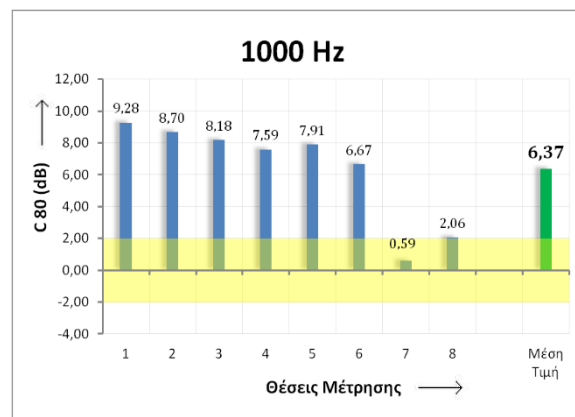
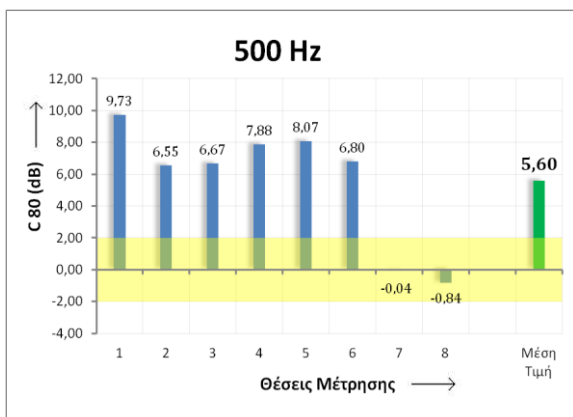
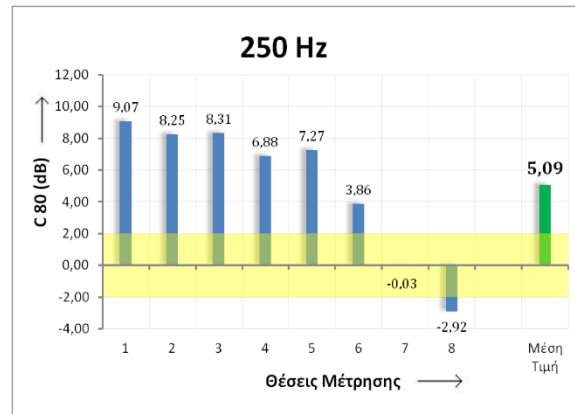
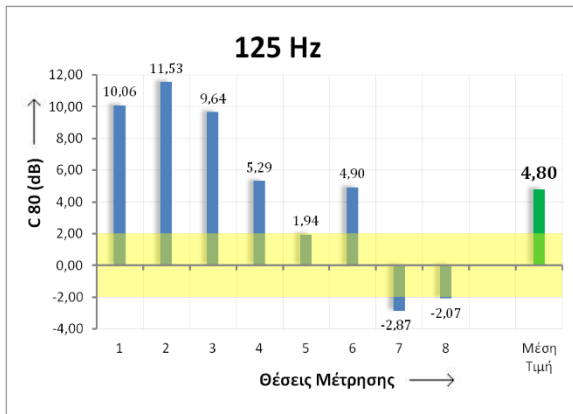
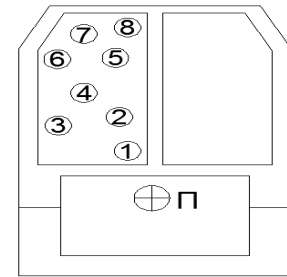




Διάγραμμα 6.13: Διαγράμματα κλάσματος πρώιμων προς καθυστερημένων ανακλάσεων (C80), όπου με μπλε χρώμα φαίνονται οι τιμές για κάθε θέση μέτρησης, με πράσινο η μέση τιμή και με κίτρινο η περιοχή επιθυμητών τιμών, κυρίως για μουσικές σκηνές (από -2,00 dB έως +2,00 dB)

Κάππα

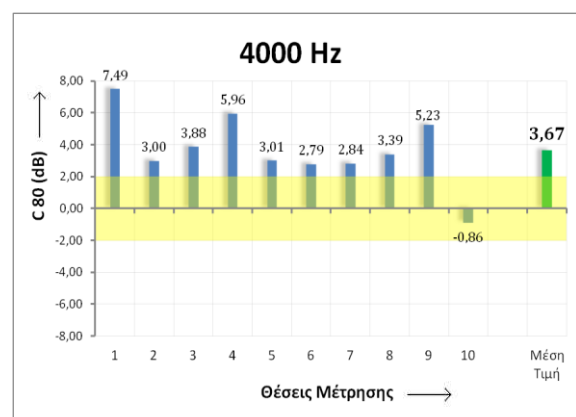
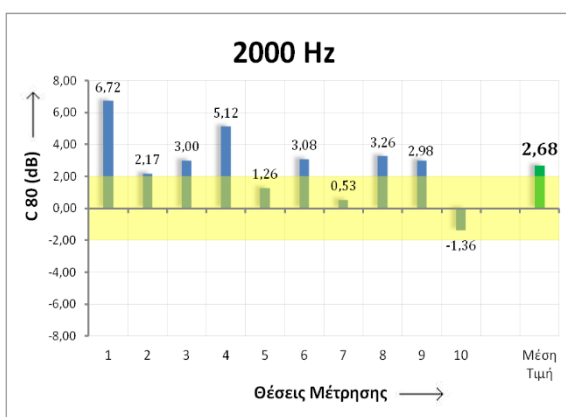
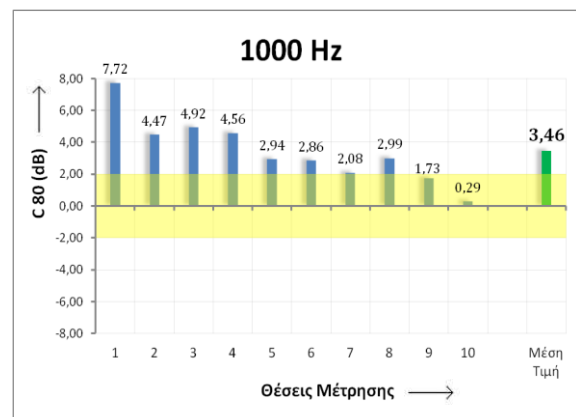
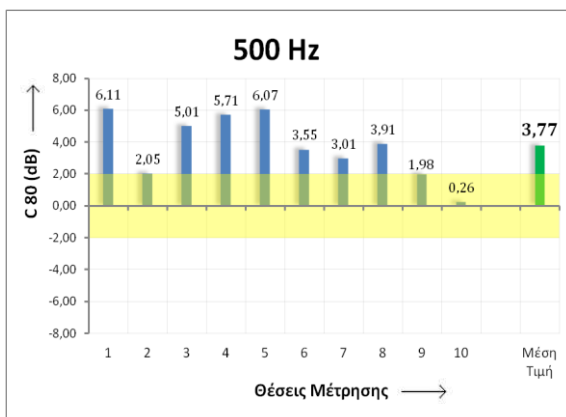
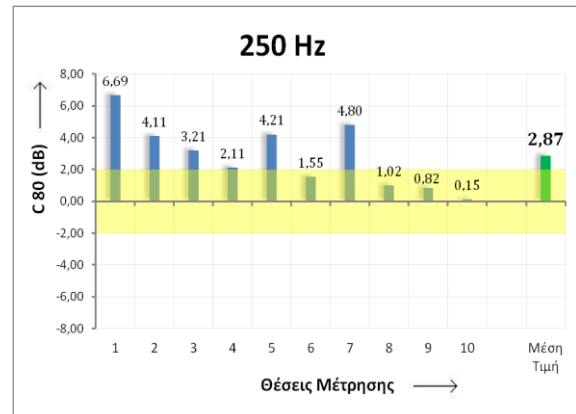
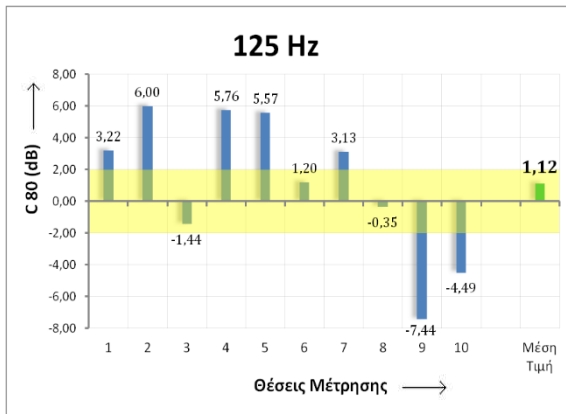
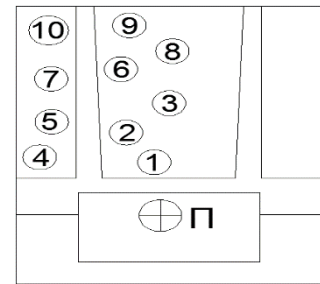
Στα δεξιά φαίνεται ένα σκαρίφημα της κάτοψης του θεάτρου, όπου ενδεικτικά φαίνονται οι θέσεις μέτρησης, καθώς και η θέση της πηγής (Π= ηχητική πηγή).



Διάγραμμα 6.14: Διαγράμματα κλάσματος πρώιμων προς καθυστερημένων ανακλάσεων (C80), όπου με μπλε χρώμα φαίνονται οι τιμές για κάθε θέση μέτρησης, με πράσινο η μέση τιμή και με κίτρινο η περιοχή επιθυμητών τιμών, κυρίως για μουσικές σκηνές (από -2,00 dB έως +2,00 dB)

Πόρτα

Στα δεξιά φαίνεται ένα σκαρίφημα της κάτοψης του θεάτρου, όπου ενδεικτικά φαίνονται οι θέσεις μέτρησης, καθώς και η θέση της πηγής (Π= ηχητική πηγή).



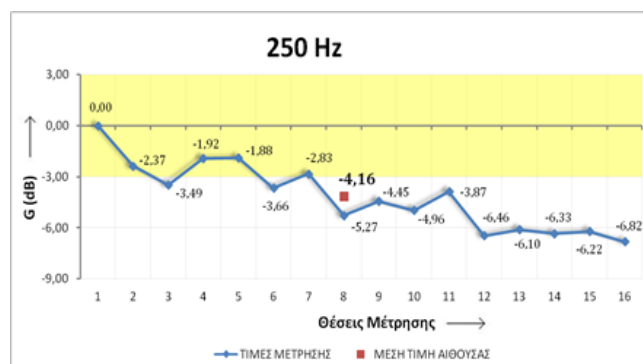
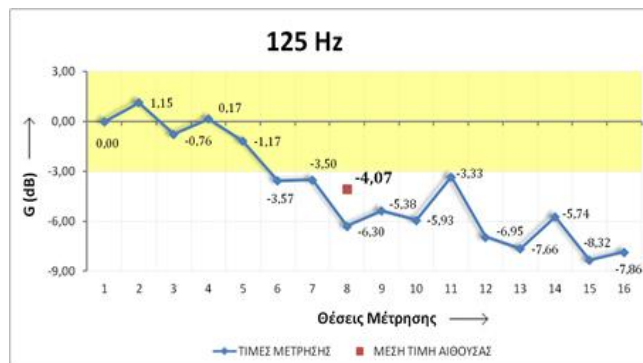
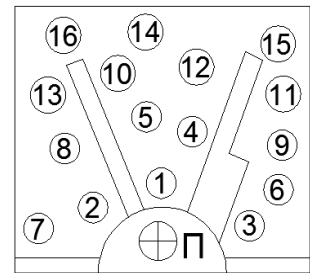
Διάγραμμα 6.15: Διαγράμματα κλάσματος πρώιμων προς καθυστερημένων ανακλάσεων (C80), όπου με μπλε χρώμα φαίνονται οι τιμές για κάθε θέση μέτρησης, με πράσινο η μέση τιμή και με κίτρινο η περιοχή επιθυμητών τιμών, κυρίως για μουσικές σκηνές (από -2,00 dB έως +2,00 dB)

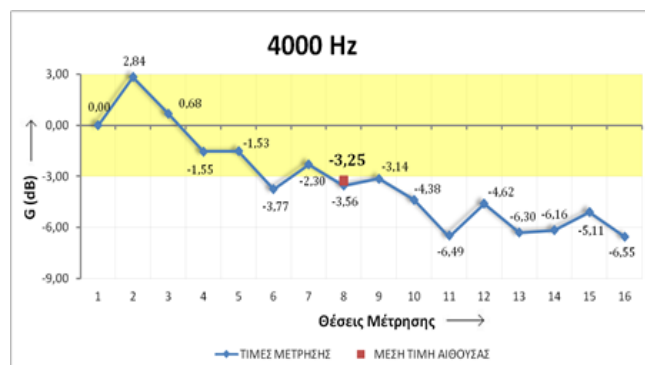
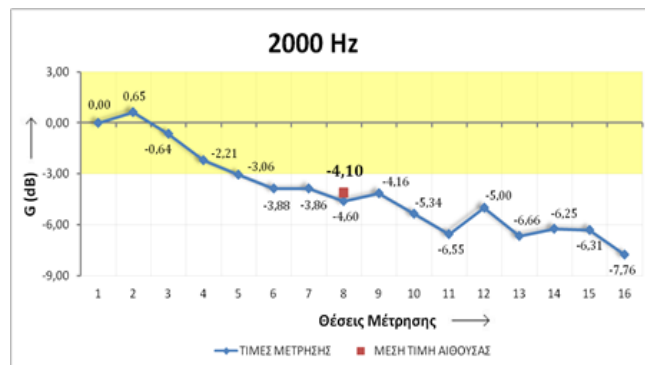
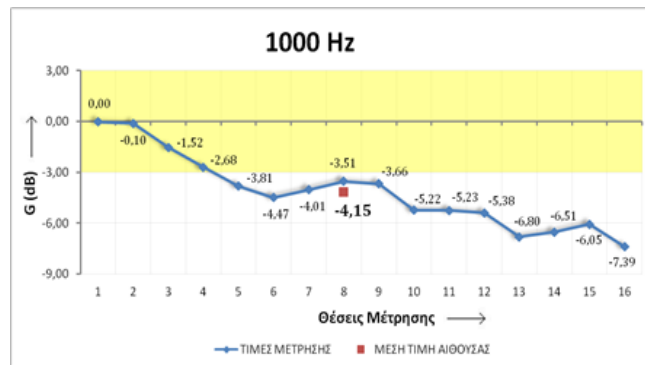
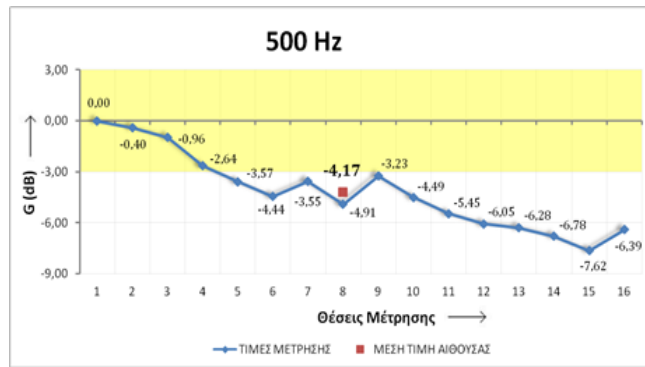
6.1.5 Απόσβεση της στάθμης έντασης του ήχου (G)

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων της απόσβεσης της στάθμης έντασης του ήχου για κάθε θέατρο και συγκεκριμένα οι ανά συχνότητα τιμές των θέσεων μέτρησης. Ως θέση αναφοράς λήφθηκε η πιο κοντινή θέση από την πηγή.

Τζένη Καρέζη

Στα δεξιά φαίνεται ένα σκαρίφημα της κάτοψης του θεάτρου, όπου ενδεικτικά φαίνονται οι θέσεις μέτρησης, καθώς και η θέση της πηγής (Π= ηχητική πηγή).

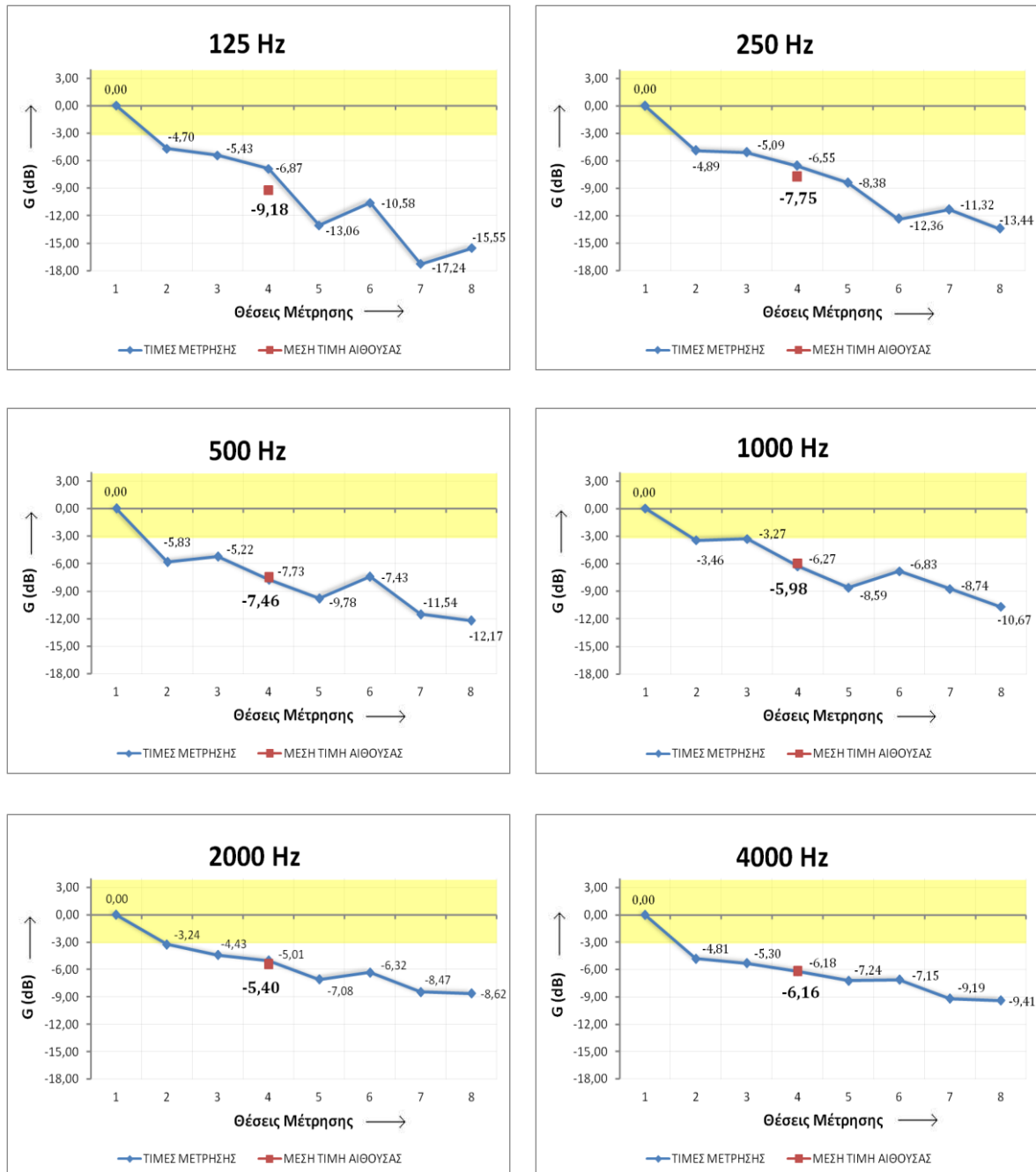
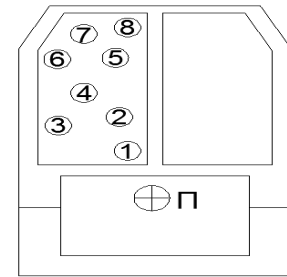




Διάγραμμα 6.16: Διαγράμματα απόσβεσης στάθμης έντασης ήχου (G), όπου με κίτρινο χρώμα φαίνεται η επιθυμητή περιοχή απόσβεσης ($\geq -3,00$ dB). Ως θέση αναφοράς λήφθηκε η θέση μέτρησης 1.

Κάρτα

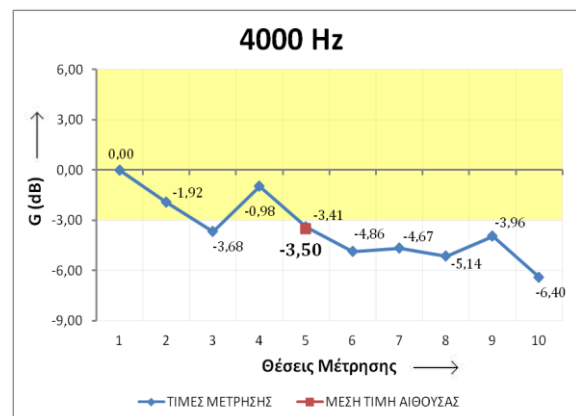
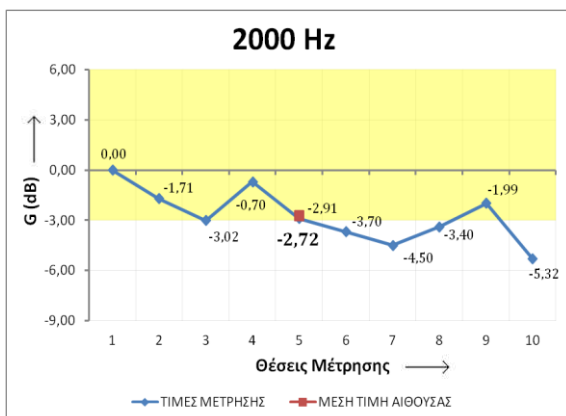
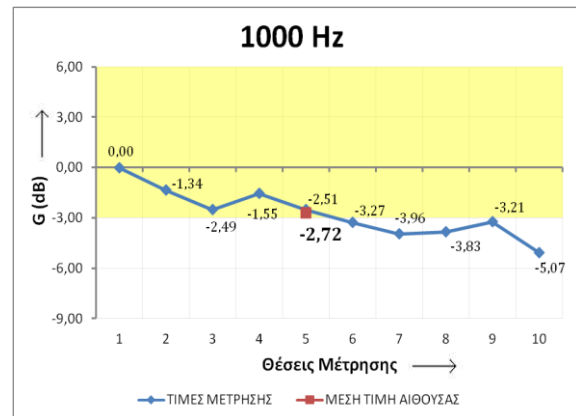
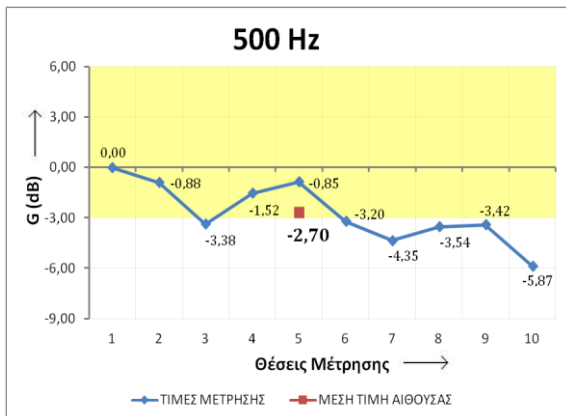
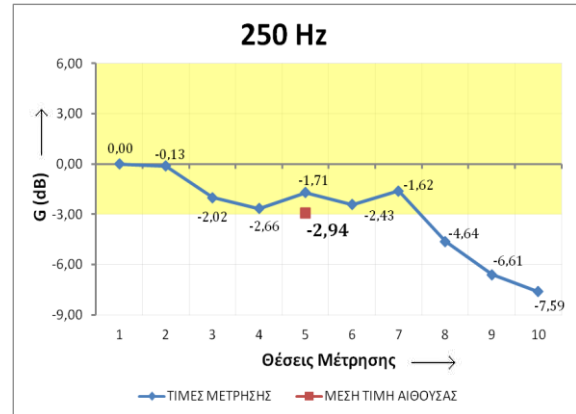
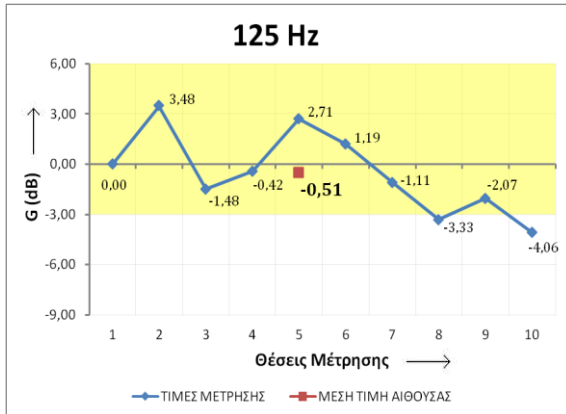
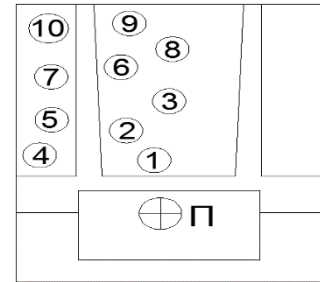
Στα δεξιά φαίνεται ένα σκαρίφημα της κάτοψης του θεάτρου, όπου ενδεικτικά φαίνονται οι θέσεις μέτρησης, καθώς και η θέση της πηγής (Π= ηχητική πηγή).



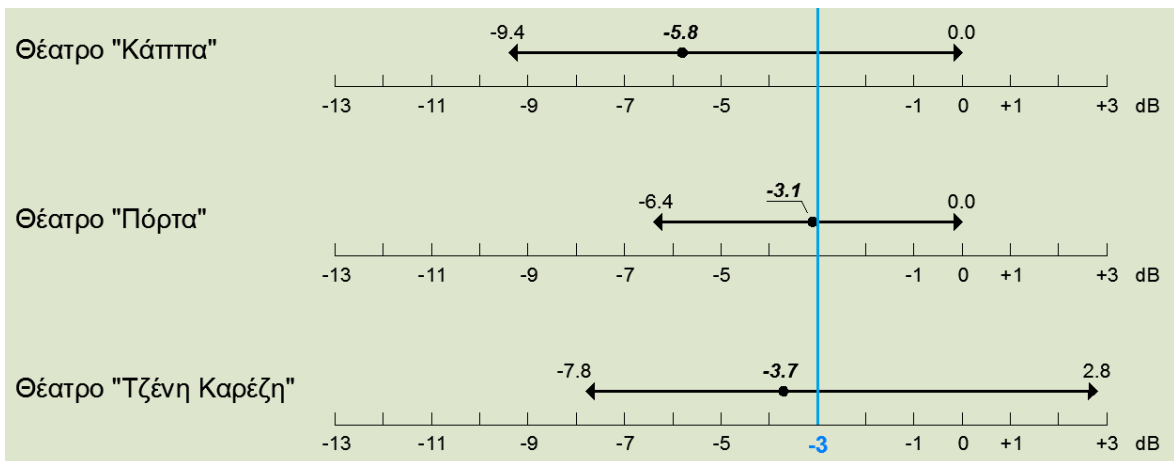
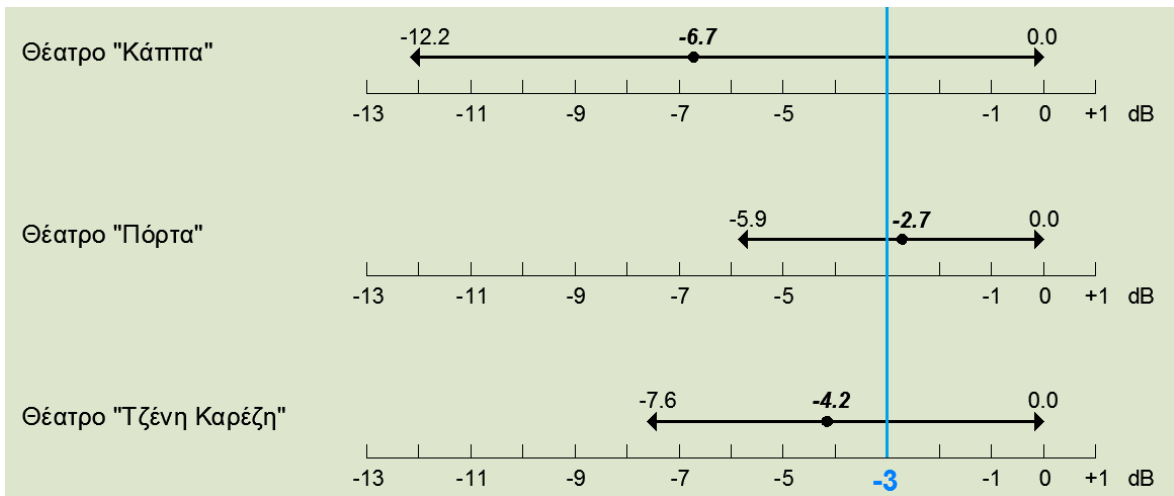
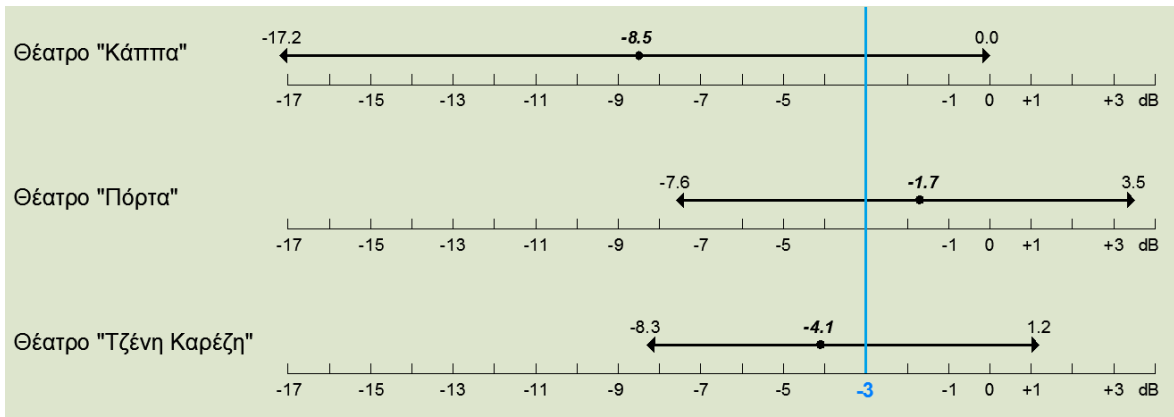
Διάγραμμα 6.17: Διαγράμματα απόσβεσης στάθμης έντασης ήχου (G), όπου με κίτρινο χρώμα φαίνεται η επιθυμητή περιοχή απόσβεσης ($\geq -3,00$ dB). Ως θέση αναφοράς λήφθηκε η θέση μέτρησης 1(μπροστινά καθίσματα).

Πόρτα

Στα δεξιά φαίνεται ένα σκαρίφημα της κάτοψης του θεάτρου, όπου ενδεικτικά φαίνονται οι θέσεις μέτρησης, καθώς και η θέση της πηγής (Π= ηχητική πηγή).



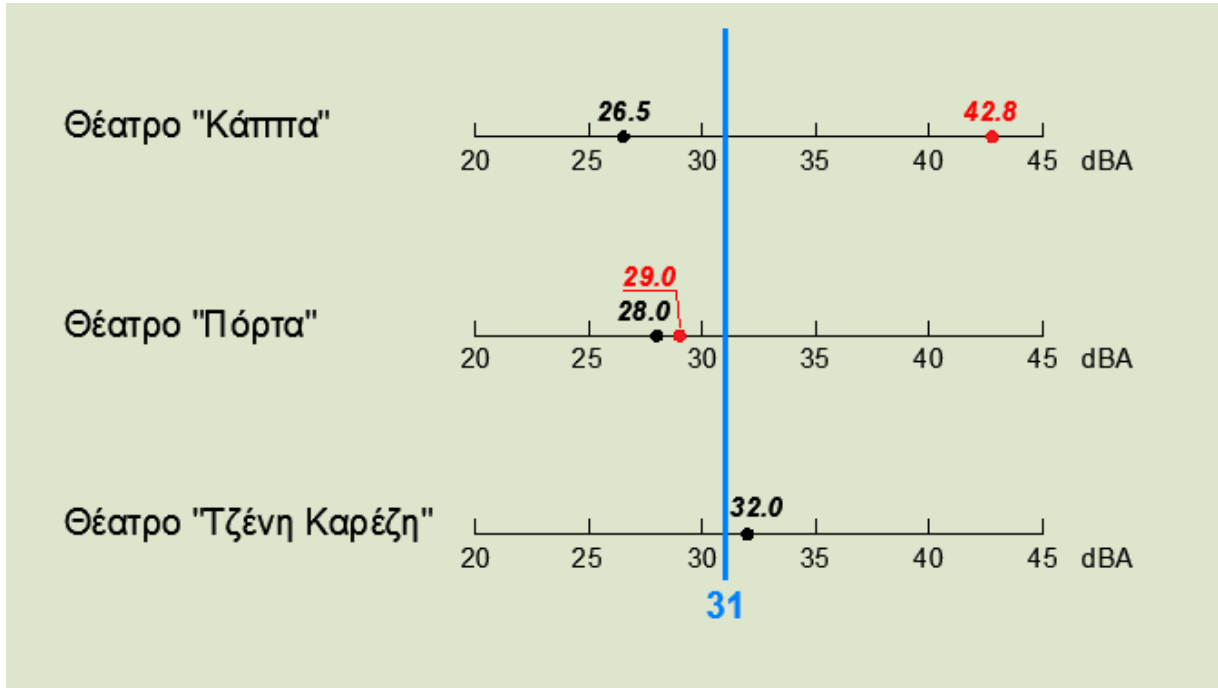
Διάγραμμα 6.18: Διαγράμματα απόσβεσης στάθμης έντασης ήχου (G), όπου με κίτρινο χρώμα φαίνεται η επιθυμητή περιοχή απόσβεσης ($\geq -3,00$ dB). Ως θέση αναφοράς λήφθηκε η θέση μέτρησης 1 (μπροστινά καθίσματα).



Διάγραμμα 6.19: Διαγράμματα απόσβεσης στάθμης έντασης ήχου (G) στις χαμηλές συχνότητες (μ.ο. 125 Hz, 250 Hz) (άνω), στις μεσαίες συχνότητες (μ.ο. 500 Hz, 1000 Hz) (μέση) και στις υψηλές συχνότητες (μ.ο. 2000 Hz, 4000 Hz) (κάτω). Δίδονται μέση τιμή [●], ελάχιστη και μέγιστη. Με γαλάζια γραμμή φαίνεται το κατώτατο επιθυμητό όριο ($\geq -3,00$ dB). Ως θέση αναφοράς λήφθηκε η θέση μέτρησης 1 (μπροστινά καθίσματα).

6.1.6 Θόρυβος βάθους (L_{Aeq})

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων του θορύβου βάθους για κάθε θέατρο.



Διάγραμμα 6.20: Διαγράμματα θορύβου βάθους (L_{Aeq}), όπου με γαλάζια γραμμή φαίνεται το ανώτατο ανεκτό όριο για θεατρικές σκηνές (≤ 31 dBA)

[●]: Θόρυβος βάθους χωρίς κλιματισμό

[●]: Θόρυβος βάθους με κλιματισμό

6.2 Πειράματα αντίληψης

Η ανάλυση των δεδομένων βασίστηκε στην μέθοδο της ανάλυσης κατά παράγοντες η οποία και αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Πραγματοποιήθηκαν συνολικά τέσσερις αναλύσεις, μία ανάλυση χωριστά για κάθε μία από τις τρεις αίθουσες και μία για όλες τις αίθουσες μαζί. Αρχικά εξήχθη η default τιμή σε παράγοντες για κάθε μία από αυτές. Λόγω πληρότητας όμως, επιτράπηκε στο παραγοντικό μοντέλο να εξάγει από δύο παράγοντες έως και την default τιμή της κάθε ανάλυσης. Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε ανάλυση της διακύμανσης για να διαπιστωθεί αν είναι στατιστικώς σημαντική η μεταβολή της αντίληψης ως προς τον κάθε παράγοντα, σε σχέση με την μεταβολή των θέσεων στις τρεις πρώτες αναλύσεις και σε σχέση με τη μεταβολή των αιθουσών στην τελευταία. Όπου διαπιστώθηκε αυτό, προχωρήσαμε σε απλή γραμμική παλινδρόμηση του υποκειμενικού παράγοντα θέτοντας ως ανεξάρτητες μεταβλητές ορισμένες από τις φυσικές παραμέτρους σε μία προσπάθεια να εξακριβώσουμε αν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του εκάστοτε παράγοντα και των αντίστοιχων φυσικών παραμέτρων. Χάριν πληρότητας πραγματοποιήθηκε μία ακόμα ανάλυση διακύμανσης μεταξύ των τριών θεάτρων μόνο ως προς την γενική εντύπωση.

Με βάση την θεωρία περί τυπικού σφάλματος [ΠΑΡ.Β/Β.1.4] παρήχθη ο κάτωθεν πίνακας.

	ΤΥΠΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ	
	ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ	
ΘΕΑΤΡΟ	I	II
ΤΖΕΝΗ ΚΑΡΕΖΗ	0,326	0,332
ΚΑΠΠΑ	0,380	0,387
ΠΟΡΤΑ	0,337	0,344
ΣΥΝΟΛΙΚΑ	0,204	0,205

Πίνακας 6.1: Τυπικά σφάλματα σε κάθε ανάλυση

Όλα τα παραπάνω υλοποιήθηκαν με την βοήθεια του προγράμματος SPSS, αναλυτικές οδηγίες του οποίου παρουσιάζονται στο Παράρτημα Γ. Με τα κριτήρια που έχουν ήδη αναφερθεί οδηγηθήκαμε στα παρακάτω αποτελέσματα (αναλυτικότερα στο Παράρτημα Δ).

6.2.1 Πρώτη αίθουσα προς ανάλυση

Τζένη Καρέζη

Στην αρχή έγινε ανάλυση κατά παράγοντες, εξάγοντας από δύο έως οχτώ (default τιμή) παράγοντες. Καταλήξαμε ότι η ερμηνεία αποτελεσμάτων γίνεται καλύτερα μέσω δύο παραγόντων, οι οποίοι εξηγούν το 42,16% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων. Ο παράγοντας I εξηγεί το 30,84% της συνολικής διακύμανσης, ενώ ο παράγοντας II εξηγεί το 11,32% της συνολικής διακύμανσης. Παρακάτω φαίνονται αναλυτικότερα τα αποτελέσματα της ανάλυσης κατά παράγοντες.

ΤΖΕΝΗ ΚΑΡΕΖΗ			
Παράγοντας	Διπολικές κλίμακες		Φορτίσεις
I.	-Υψηλής αντήχησης	-Ξηρός	0,840
	-Πλούσιος	-Πτωχός	0,831
	-Ευδιάκριτος	-Δυσδιάκριτος	0,744
	-Γεμάτος	-Κενός	0,728
	-Με υπόσταση	-Χωρίς υπόσταση	0,711

	-Με όγκο	-Χωρίς όγκο	0,690
	-Διαυγής	-Μπερδεμένος	0,658
	-Δυνατός	-Αδύναμος	0,635
	-Άψυχος	-Ζωντανός	-0,634
	-Υψηλός	-Χαμηλός	0,627
	-Με υψηλή ακουστότητα	-Με χαμηλή ακουστότητα	0,584
II.			
	-Με κακή γενική εντύπωση	-Με καλή γενική εντύπωση	0,602
	-Τραχύς	-Μαλακός	0,590
	-Οξύς	-Μη οξύς	0,565
	-Προτιμητέος	-Μη προτιμητέος	-0,557
	-Με παρουσία θορύβου	-Με απουσία θορύβου	0,504

Πίνακας 6.2: Αποτελέσματα ανάλυσης κατά παράγοντες

Πραγματοποιήθηκε ακόμα ανάλυση της διακύμανσης για τους δύο παράγοντες που παράχθηκαν, τα αποτελέσματα της οποίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Παράγοντας	F (στατιστικό)	Επίπεδο σημαντικότητας
I.	0,687	0,754
II.	1,591	0,130

Πίνακας 6.3: Αποτελέσματα ανάλυσης της διακύμανσης

6.2.1 Δεύτερη αίθουσα προς ανάλυση

Κάππα

Στην αρχή έγινε ανάλυση κατά παράγοντες, εξάγοντας από δύο έως έξι (default τιμή) παράγοντες. Καταλήξαμε ότι η ερμηνεία αποτελεσμάτων γίνεται καλύτερα μέσω δύο παραγόντων, οι οποίοι εξηγούν το 53,09% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων. Ο παράγοντας I εξηγεί το 42,78% της συνολικής διακύμανσης, ενώ ο παράγοντας II εξηγεί το 10,31% της συνολικής διακύμανσης. Παρακάτω φαίνονται αναλυτικότερα τα αποτελέσματα της ανάλυσης κατά παράγοντες.

ΚΑΠΠΑ			
Παράγοντας	Διπολικές κλίμακες		Φορτίσεις
I.	-Πλούσιος	-Πτωχός	0,852
	-Με όγκο	-Χωρίς όγκο	0,843
	-Με υπόσταση	-Χωρίς υπόσταση	0,826

-Με υψηλή ακουστότητα	-Με χαμηλή ακουστότητα	0,810
-Ευδιάκριτος	-Δυσδιάκριτος	0,794
-Λαμπρός	-Σκοτεινός	0,794
-Με κακή γενική εντύπωση	-Με καλή γενική εντύπωση	-0,788
-Δυνατός	-Αδύναμος	0,765
-Γεμάτος	-Κενός	0,753
-Υψηλός	-Χαμηλός	0,749
-Εξασθενημένος	-Δυνατός	-0,744
-Υψηλής αντήχησης	-Ξηρός	0,733
-Με ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων	- Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων	0,709
-Διαυγής	-Μπερδεμένος	0,690
-Αψυχος	-Ζωντανός	-0,660
- Με ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων	-Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων	0,638
-Απόμακρος	-Εγγύς	-0,628

	-Προτιμητέος	-Μη προτιμητέος	0,616
	-Με αμεσότητα	-Απόμακρος	0,613
II.			
	-Τραχύς	-Μαλακός	0,793
	-Οξύς	-Μη οξύς	0,666
	-Με παρουσία θορύβου	-Με απουσία θορύβου	0,644

Πίνακας 6.4: Αποτελέσματα ανάλυσης κατά παράγοντες

Πραγματοποιήθηκε ακόμα ανάλυση της διακύμανσης για τους δύο παράγοντες που παράχθηκαν, τα αποτελέσματα της οποίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Παράγοντας	F (στατιστικό)	Επίπεδο σημαντικότητας
I.	0,900	0,519
II.	0,575	0,771

Πίνακας 6.5: Αποτελέσματα ανάλυσης της διακύμανσης

6.2.1 Τρίτη αίθουσα προς ανάλυση

Πόρτα

Στην αρχή έγινε ανάλυση κατά παράγοντες, εξάγοντας από δύο έως επτά (default τιμή) παράγοντες. Καταλήξαμε ότι η ερμηνεία αποτελεσμάτων γίνεται καλύτερα μέσω δύο παραγόντων, οι οποίοι εξηγούν το 47,09% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων. Ο παράγοντας I εξηγεί το 33,96% της συνολικής διακύμανσης, ενώ ο παράγοντας II εξηγεί το 13,13% της συνολικής διακύμανσης. Παρακάτω φαίνονται αναλυτικότερα τα αποτελέσματα της ανάλυσης κατά παράγοντες

ΠΟΡΤΑ			
Παράγοντας	Διπολικές κλίμακες		Φορτίσεις
I.	-Ευδιάκριτος	-Δυσδιάκριτος	0,813
	-Γεμάτος	-Κενός	0,761
	-Με όγκο	-Χωρίς όγκο	0,759
	-Προτιμητέος	-Μη προτιμητέος	0,753
	-Διαυγής	-Μπερδεμένος	0,737
	-Πλούσιος	-Πτωχός	0,731
	-Με υπόσταση	-Χωρίς υπόσταση	0,707
	-Άψυχος	-Ζωντανός	-0,672
	-Δυνατός	-Αδύναμος	0,665

	-Δυσχερής στην ακρόαση	- Ευχερής στην ακρόαση	-0,643
	-Πτωχός σε τονική ποιότητα	- Πλούσιος σε τονική ποιότητα	-0,629
	-Με υψηλή ακουστότητα	-Με χαμηλή ακουστότητα	0,600
	-Απόμακρος	-Εγγύς	-0,566
II.			
	- Οξύς	- Μη οξύς	0,881
	-Τραχύς	-Μαλακός	0,756
	- Με παρουσία θορύβου	- Με απουσία θορύβου	0,718
	-Υψηλός	-Χαμηλός	0,586
	-Διαπεραστικός	-Μη διαπεραστικός	0,572

Πίνακας 6.6: Αποτελέσματα ανάλυσης κατά παράγοντες

Πραγματοποιήθηκε ακόμα ανάλυση της διακύμανσης για τους δύο παράγοντες που παράχθηκαν, τα αποτελέσματα της οποίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Παράγοντας	F (στατιστικό)	Επίπεδο σημαντικότητας
I.	0,640	0,740
II.	1,274	0,284

Πίνακας 6.7: Αποτελέσματα ανάλυσης της διακύμανσης

6.2.1 Ανάλυση όλων των αιθουσών ταυτόχρονα

Όλες οι αίθουσες μαζί

Στη συνέχεια προχωρήσαμε σε μία ταυτόχρονη ανάλυση και των τριών αιθουσών μαζί. Αρχικά έγινε ανάλυση κατά παράγοντες, εξάγοντας από δύο έως πέντε (default τιμή) παράγοντες. Καταλήξαμε ότι η ερμηνεία αποτελεσμάτων γίνεται καλύτερα μέσω δύο παραγόντων, οι οποίοι εξηγούν το 45,84% της συνολικής διακύμανσης των δεδομένων. Ο παράγοντας I εξηγεί το 35,62% της συνολικής διακύμανσης, ενώ ο παράγοντας II εξηγεί το 10,22% της συνολικής διακύμανσης. Παρακάτω φαίνονται αναλυτικότερα τα αποτελέσματα της ανάλυσης κατά παράγοντες.

ΟΛΕΣ ΟΙ ΑΙΘΟΥΣΕΣ ΜΑΖΙ			
Παράγοντας	Διπολικές κλίμακες		Φορτίσεις
I.	- Πλούσιος	- Πτωχός	0,808
	- Ευδιάκριτος	- Δυσδιάκριτος	0,793
	- Με όγκο	- Χωρίς όγκο	0,758
	-Γεμάτος	-Κενός	0,758
	-Με υπόσταση	-Χωρίς υπόσταση	0,752
	-Διαυγής	-Μπερδεμένος	0,711
	-Υψηλής αντήχησης	-Ξηρός	0,697
	- Δυνατός	- Αδύναμος	0,693

	- Με υψηλή ακουστότητα	- Με υψηλή ακουστότητα	0,673
	-Άψυχος	-Ζωντανός	-0,664
	-Υψηλός	-Χαμηλός	0,652
	-Με κακή γενική εντύπωση	- Με καλή γενική εντύπωση	-0,641
	-Προτιμητέος	-Μη προτιμητέος	0,638
	-Απόμακρος	-Εγγύς	-0,585
	-Εξασθενημένος	-Δυνατός	-0,558
II.			
	-Τραχύς	-Μαλακός	0,715
	-Οξύς	-Μη οξύς	0,703
	-Με παρουσία θορύβου	-Με απουσία θορύβου	0,634

Πίνακας 6.8: Αποτελέσματα ανάλυσης κατά παράγοντες

Πραγματοποιήθηκε ανάλυση της διακύμανσης για τους δύο παράγοντες που παράχθηκαν, τα αποτελέσματα της οποίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Παράγοντας	F (στατιστικό)	Επίπεδο σημαντικότητας
I.	2,368	0,097
II.	5,186	0,007

Πίνακας 6.9: Αποτελέσματα ανάλυσης της διακύμανσης

Ακόμα πραγματοποιήθηκε μία ανάλυση της διακύμανσης μόνο για την κλίμακα της γενικής εντύπωσης, τα αποτελέσματα της οποίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Κλίμακα	F (στατιστικό)	Επίπεδο σημαντικότητας
Γενική εντύπωση	2,117	0,124

Πίνακας 6.10: Αποτελέσματα ανάλυσης της διακύμανσης

6.2.5 Ανάλυση απλής γραμμικής παλινδρόμησης

Για την Simple Linear Regression Analysis χρησιμοποιήθηκαν τα Mean Factor Scores από την τέταρτη ανάλυση του παράγοντα II ως εξαρτημένη μεταβλητή και ως ανεξάρτητες μεταβλητές χρησιμοποιήθηκαν μερικές φυσικές παράμετροι (Παράρτημα Δ), οι οποίες ήταν ο χρόνος αντήχησης, το κλάσμα των πρώιμων ανακλάσεων, η απόσβεση της στάθμης έντασης του ήχου σε όλο το φάσμα των συχνοτήτων, καθώς και ο θόρυβος βάθους .

	MEAN FACTOR SCORE
	ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ
ΑΙΘΟΥΣΑ	II.
ΤΖΕΝΗ ΚΑΡΕΖΗ	-0,324
ΚΑΠΠΑ	0,196
ΠΟΡΤΑ	0,217

Πίνακας 6.11: Τιμές Mean Factor Score

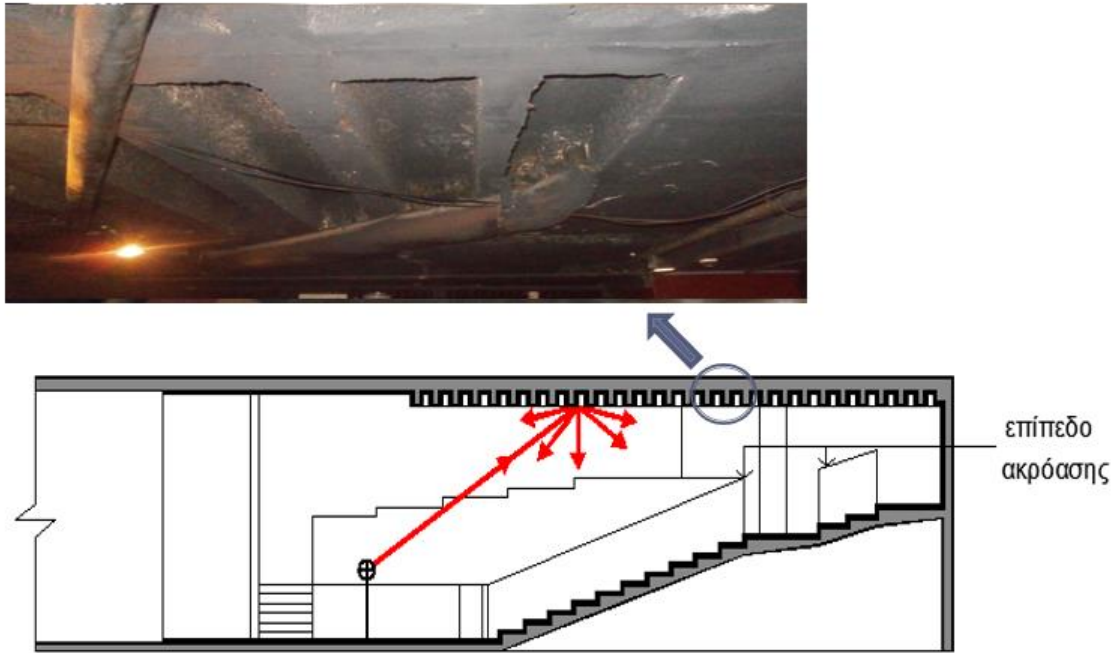
7. ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

7.1 Φυσικές ακουστικές μετρήσεις

7.1.1 Θέατρο «Τζένη Καρέζη»

Τα αποτελέσματα για τον χρόνο αντήχησης (RT) με ακροατήριο κυμάνθηκαν σε όλο το φάσμα συχνοτήτων από 0,69 sec έως 0,87 sec με μέσο όρο στις μεσαίες συχνότητες (RT_{mid}) 0,75 sec. Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως υπάρχει μικρή διαφορά του χρόνου αντήχησης με και χωρίς ακροατήριο, κάτι το οποίο αποτελεί μια επιτυχία της ακουστικής της αίθουσας, καθώς ανεξαρτήτου του αριθμού των ακροατών δεν αλλοιώνεται η ποιότητα της ακουστικής του θεάτρου. Παρατηρείται ότι σε όλο το φάσμα των συχνοτήτων ο χρόνος αντήχησης βρίσκεται μέσα στα επιθυμητά όρια. Αυτό το εύρημα προκύπτει, επειδή ο όγκος της αίθουσας (4,50 m³) είναι σχετικά μικρός και η ηχοαπορρόφησή της προέρχεται κυρίως από τα καθίσματα, τα οποία είναι ντυμένα με στόφα. Επιπλέον παρατηρείται ότι ο όγκος ανά άτομο [ΠΑΡ.Α/Α.7.9] είναι μέσα στα επιθυμητά όρια, επομένως υπάρχει ελάχιστη ανάγκη για ηχοαπορρόφηση, η οποία καλύπτεται επαρκώς.

Όσον αφορά το κλάσμα των πρώιμων ανακλάσεων (D50) οι τιμές του κυμάνθηκαν σε όλο το φάσμα συχνοτήτων από 0,58 έως 0,64 με μέσο όρο στις μεσαίες συχνότητες 0,62, ο οποίος βρίσκεται αρκετά κοντά στην επιθυμητή τιμή (0,5). Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει πλούσιος πρώιμος ήχος, αλλά και ισορροπία με τις καθυστερημένες ανακλάσεις, καθώς η αίθουσα έχει σχεδιαστεί, έτσι ώστε να υπάρχει αμφιθεατρική διάταξη του κοινού με κεκλιμένο δάπεδο μεγάλης κλίσης. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται η απρόσκοπτη πορεία του απευθείας ήχου, καθώς και η ελαχιστοποίηση της απόστασης του ομιλητή από το ακροατήριο (η μέγιστη απόσταση του ομιλητή από την πιο απομακρυσμένη θέση είναι περίπου 13 m). Η ύπαρξη φωνωματικής οροφής εξασφαλίζει επαρκή διάχυση του ήχου, κάτι που προσθέτει στον ήχο ζωντάνια και όγκο, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 7.1: Λεπτομέρεια φωτιστικής οροφής και τομή του θεάτρου «Τζένη Καρέζη»

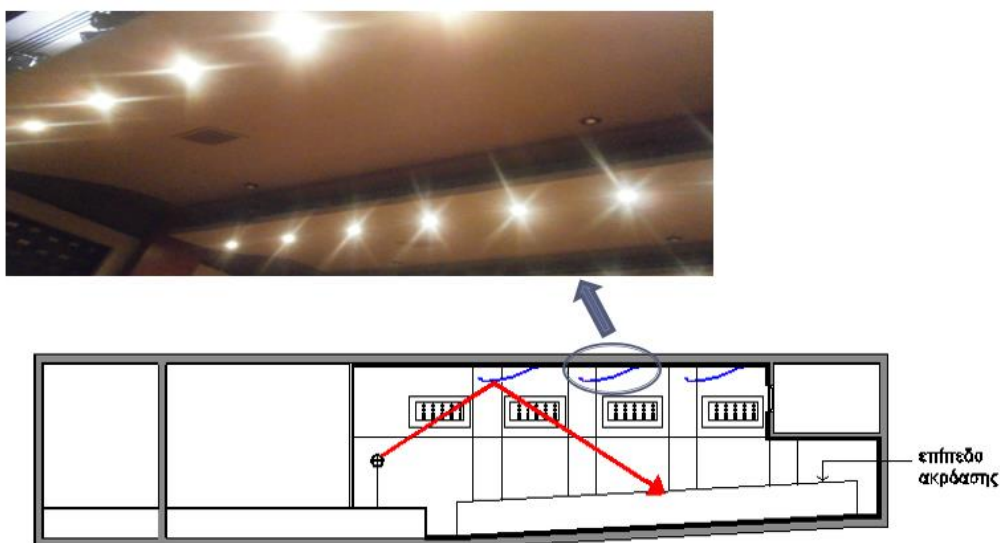
Για την απόσβεση της στάθμης έντασης του ήχου (G) οι τιμές κυμάνθηκαν σε όλο το φάσμα συχνοτήτων από $-3,25$ dB έως $-4,17$ dB με μέσο όρο στις μεσαίες συχνότητες $-4,16$ dB και με μέγιστη πτώση $-7,62$ dB στην πιο απομακρυσμένη θέση. Όπως φαίνεται από τις παραπάνω τιμές η απόσβεση της στάθμης έντασης του ήχου είναι σχετικά περιορισμένη λόγω των μικρών αποστάσεων μεταξύ ομιλητή και ακροατή. Επομένως για κανονική εκφορά λόγου (50 dB) ο ήχος που καταφτάνει ακόμα και στην πιο απομακρυσμένη θέση διατηρείται σε ικανοποιητική στάθμη [ΠΑΡ.Α/Α.7.9]. Το όριο της πτώσης των 3 dB που προαναφέρθηκε είναι ιδιαίτερα αυστηρό, καθώς αναφέρεται σε ομιλία αρκετά χαμηλής στάθμης έντασης (ψίθυρος). Σε αυτήν την περίπτωση πρέπει να τοποθετηθούν μεγάφωνα κατά την διάρκεια παραστάσεων.

Τέλος, μετρήθηκε στάθμη θορύβου βάθους (L_{Aeq}) 32 dB, η οποία ξεπερνάει οριακά το ανώτατο όριο των 31 dB, αφού το θέατρο δεν είναι πλήρως προστατευμένο από τον αστικό θόρυβο, καθώς τα παρασκήνια του θεάτρου βλέπουν στην οδό Ακαδημίας.

7.1.2 Θέατρο «Κάππα»

Τα αποτελέσματα για τον χρόνο αντήχησης (RT) με ακροατήριο κυμάνθηκαν σε όλο το φάσμα συχνοτήτων από 0,56 sec έως 0,61 sec με μέσο όρο στις μεσαίες συχνότητες (RT_{mid}) 0,60 sec. Όπως και στο προηγούμενο θέατρο ο χρόνος αντήχησης παρουσιάζει μικρή διαφορά με και χωρίς ακροατήριο. Παρατηρείται ότι αυτή η παράμετρος βρίσκεται χαμηλότερα από την επιθυμητή ζώνη, καθώς ο όγκος ανά άτομο ($4,00 \text{ m}^3$) είναι κοντά στον ιδανικό, ενώ υπάρχει αρκετή ηχοαπορρόφηση στον χώρο. Αυτή προέρχεται από τα καθίσματα, τα οποία είναι ντυμένα με στόφα μεγάλου πάχους, καθώς επίσης και από την ύπαρξη μοκέτας, αλλά και ηχοαπορροφητικής επένδυσης στον πίσω τοίχο της αίθουσας.

Στη συνέχεια υπολογίστηκε το κλάσμα των πρώιμων ανακλάσεων (D50), οι τιμές του οποίου κυμάνθηκαν σε όλο το φάσμα συχνοτήτων από 0,52 έως 0,62 με μέσο όρο στις μεσαίες συχνότητες 0,58, ο οποίος βρίσκεται αρκετά κοντά στην επιθυμητή τιμή. Όπως και πριν φαίνεται ότι υπάρχει πλούσιος πρώιμος ήχος σε ισορροπία με τις καθυστερημένες ανακλάσεις. Ο πρώιμος ήχος αυτός προέρχεται σε μεγάλο βαθμό από τις πρώτες ανακλάσεις, που προσφέρουν κυρίως οι κυρτοί ανακλαστήρες οροφής (σχήμα 7.2). Επιπλέον, υπάρχει έντονη διάχυση στον χώρο λόγω των φατνωμάτων στην άνω ζώνη της αίθουσας, τα οποία στο εσωτερικό τους φέρουν διακοσμητικά στοιχεία, λόγω της ύπαρξης υποστυλωμάτων και λόγω πλευρικών ανακλαστήρων κυματοειδούς μορφής στα πλάγια της αίθουσας (σχήμα 7.3).



Σχήμα 7.2: Λεπτομέρεια ανακλαστήρα οροφής και τομή του θεάτρου «Κάππα»



Σχήμα 7.3: Πλευρικός ανακλαστήρας κυματοειδούς μορφής και διακοσμητικά στοιχεία θεάτρου «Κάππα»

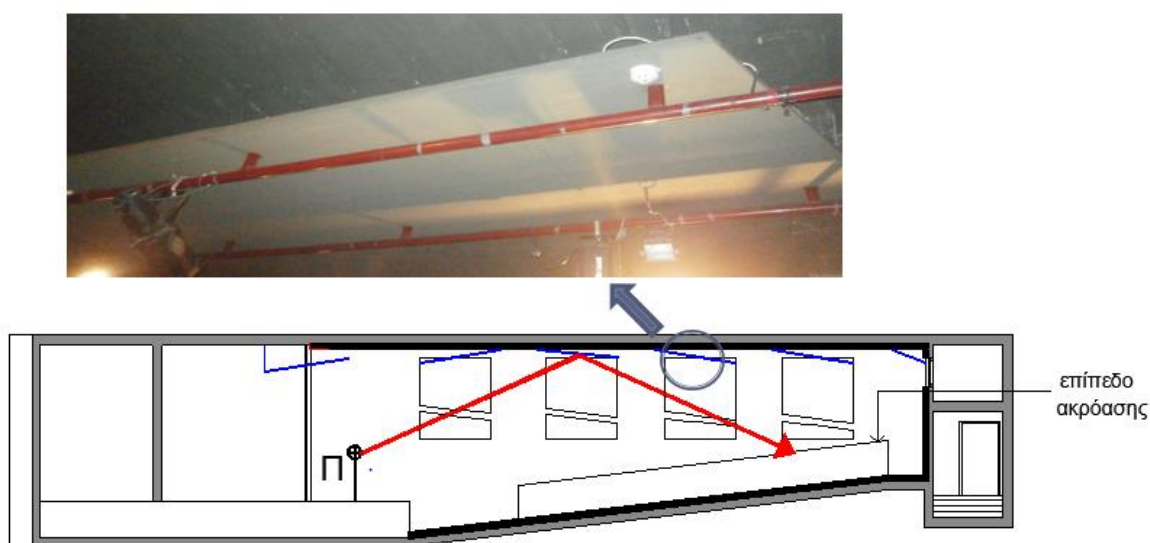
Όσον αφορά την απόσβεση της στάθμης έντασης του ήχου (G) οι τιμές κυμάνθηκαν σε όλο το φάσμα συχνοτήτων από $-5,40$ dB έως $-9,18$ dB με μέσο όρο στις μεσαίες συχνότητες $-6,72$ dB και με μέγιστη πτώση $-12,17$ dB στην πλέον απομακρυσμένη θέση. Αυτή η μεγάλη απόσβεση οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχει αρκετή ηχοαπορρόφηση, καθώς και ότι οι τελευταίες θέσεις είναι σε σχετικά μεγάλη απόσταση από τον ομιλητή. Άρα για κανονική εκφορά λόγου ισχύουν τα ίδια με πριν και για χαμηλές στάθμες έντασης ήχου θα πρέπει να τοποθετηθούν μεγάφωνα στην αίθουσα.

Τέλος, μετρήθηκε στάθμη θορύβου βάθους (L_{Aeq}) $26,5$ dB με κλειστό σύστημα κλιματισμού, η οποία είναι κάτω από το ανώτατο όριο, όμως στην μέτρηση με ανοιχτό σύστημα κλιματισμού παρατηρήθηκε ότι η στάθμη θορύβου ήταν $42,8$ dB, δηλαδή αρκετά πάνω από το όριο. Αυτό σημαίνει είτε ότι κατά την διάρκεια της παράστασης ο κλιματισμός πρέπει να παραμείνει κλειστός είτε ότι πρέπει να γίνει κατάλληλη τροποποίηση του.

7.1.3 Θέατρο «Πόρτα»

Τα αποτελέσματα για τον χρόνο αντήχησης (RT) με ακροατήριο κυμάνθηκαν σε όλο το φάσμα συχνοτήτων από 0,65 sec έως 0,89 sec με μέσο όρο στις μεσαίες συχνότητες (RT_{mid}) 0,77 sec. Όπως και στα προηγούμενα δύο θέατρα υπάρχει μικρή διαφορά του χρόνου αντήχησης με και χωρίς ακροατήριο. Παρατηρείται ότι σε όλο το φάσμα των συχνοτήτων ο χρόνος αντήχησης βρίσκεται μέσα στα επιθυμητά όρια. Αυτό προκύπτει, επειδή ο όγκος ανά άτομο ($4,80 \text{ m}^3$) βρίσκεται εντός ορίων και έχουν χρησιμοποιηθεί σωστά οι ηχοαπορροφητικές επενδύσεις στο χώρο.

Στη συνέχεια, παρατηρείται ότι οι τιμές του κλάσματος των πρώιμων ανακλάσεων ($D50$) κυμάνθηκαν σε όλο το φάσμα συχνοτήτων από 0,30 έως 0,44 με μέσο όρο στις μεσαίες συχνότητες 0,42, ο οποίος είναι αρκετά κοντά στο επιθυμητό όριο. Αυτό οφείλεται στους ανακλαστήρες που έχουν τοποθετηθεί στις πλευρικές παρειές, καθώς και στην οροφή της αίθουσας, όπως φαίνονται στο σχήμα 7.4. Το γεγονός ότι αυτή η παράμετρος είναι ελαφρώς κάτω από αυτό το όριο είναι αποτέλεσμα της φειδωλής τροφοδοσίας πρώιμων ανακλάσεων σε όλο το εύρος της αίθουσας, ειδικότερα στις πλαϊνές θέσεις, λόγω του σχετικά μεγάλου πλάτους της, καθώς επίσης και επειδή οι ανακλαστήρες οροφής δεν είναι τοποθετημένοι από άκρη σε άκρη.



Σχήμα 7.4: Λεπτομέρεια ανακλαστήρα οροφής και τομή του θεάτρου «Πόρτα»

Για την απόσβεση της στάθμης έντασης του ήχου (G) οι τιμές κυμάνθηκαν σε όλο το φάσμα συχνοτήτων από -0,51 dB έως -3,50 dB με μέσο όρο στις μεσαίες συχνότητες -2,71 dB. Παρατηρείται ότι βρίσκεται μέσα στα επιθυμητά όρια, καθώς η απόσταση ακροατή-ομιλητή είναι σχετικά μικρή, όπως και η ηχοαπορρόφηση μέσα στο χώρο.

Τέλος, μετρήθηκε στάθμη θορύβου βάθους (L_{Aeq}) 28 dB με κλειστό σύστημα κλιματισμού και 29 dB με ανοιχτό, όπου και στις δύο περιπτώσεις δεν ξεπερνιέται το ανώτατο όριο στάθμης θορύβου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το κτίριο είναι προστατευμένο από τον αστικό θόρυβο.

7.1.4 Συγκρίσεις θεάτρων

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των μοντέρνων θεάτρων (βλ. Διάγραμμα 6.5, Διάγραμμα 6.12, Διάγραμμα 6.19) με αυτά προγενέστερων εποχών (βλ. Διάγραμμα 3.1, Διάγραμμα 3.2, Διάγραμμα 3.3) παρατηρείται ότι στα μοντέρνα αθηναϊκά θέατρα λόγω κατάλληλου συνδυασμού όγκου και ηχοαπορρόφησης ο χρόνος αντήχησης (RT) κρίνεται σε γενικές γραμμές ικανοποιητικός σε αντίθεση με τα άλλα θέατρα, όπου ο χρόνος αντήχησης ξεπερνάει τα επιθυμητά όρια, κυρίως λόγω μεγάλου όγκου των αιθουσών. Στη συνέχεια, για το κλάσμα των πρώιμων ανακλάσεων (D50) στις μεσαίες συχνότητες τα αποτελέσματα είναι συγκρίσιμα και μέσα στα επιθυμητά όρια, καθώς σε όλες τις αίθουσες έχει γίνει κατάλληλος σχεδιασμός. Τέλος, παρατηρείται ότι αναφορικά με την απόσβεση της στάθμης έντασης του ήχου (G) στις μεσαίες συχνότητες τα μοντέρνα αθηναϊκά θέατρα υστερούν ελαφρώς σε σχέση με τα υπόλοιπα θέατρα λόγω αυξημένης ηχοαπορρόφησης.

Όσον αφορά την στάθμη θορύβου βάθους (L_{Aeq}) δεν παρουσιάζονται μεγάλες διαφοροποιήσεις μεταξύ των υπό εξέταση μοντέρνων θεάτρων, καθώς υπάρχει σχετικά καλή ηχοπροστασία από τον αστικό θόρυβο. Ο χρόνος απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων (EDT) ως παράγωγο του χρόνου αντήχησης κυμάνθηκε στα ίδια πλαίσια και επιλέχθηκε να μην αξιολογηθεί στο παρόν κεφάλαιο. Τέλος, το κλάσμα πρώιμων προς καθυστερημένων ανακλάσεων (C80) παρατηρήθηκε ότι ήταν ιδιαίτερα αυξημένο και στα τρία μοντέρνα θέατρα συγκριτικά με το επιθυμητό εύρος τιμών που τέθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο (από +2 dB έως -2 dB), το οποίο αναφέρεται κυρίως για μουσικές σκηνές, επιβεβαιώνοντας ότι οι θεατρικές σκηνές δεν ενδείκνυνται για μουσική.

7.2 Πειράματα αντίληψης

Τα αποτελέσματα των φυσικών ακουστικών παραμέτρων αποδεικνύουν ότι η ακουστική των αθηναϊκών μοντέρνων θεάτρων είναι ικανοποιητική, αλλά αυτό αποκτά αξία μόνο αν η αντίληψη του μέσου αθηναϊκού θεατρόφιλου κοινού το επιβεβαιώσει. Αυτό καθιστά τον ακουστικό σχεδιασμό μιας θεατρικής σκηνής σύνθετη διαδικασία.

Έτσι θα πρέπει να αξιολογήσουμε τα αποτελέσματα της Ανάλυσης σε Παράγοντες για κάθε αίθουσα ξεχωριστά καθώς και στο σύνολό τους, με σκοπό να κατανοήσουμε πώς τελικά ο ακροατής αντιλαμβάνεται την ακουστική σε μια θεατρική σκηνή. Η γνώση αυτή, θα αποτελέσει σημαντικό εργαλείο στον ακουστικό σχεδιασμό τέτοιων αιθουσών ώστε να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των ακροατών.

Τα αποτελέσματα της εργασίας επιβεβαιώνουν την θεωρία της σημειολογικής διαφορικής ανάλυσης (semantic differential theory). Βρέθηκε δηλαδή ότι η αντίληψη της ακουστικής θεατρικών σκηνών οργανώνεται πάνω σε έναν μικρό αριθμό ανεξάρτητων παραγόντων.

Αναφέρουμε λοιπόν, πως στην πρώτη θεατρική σκηνή «Τζένη Καρέζη» το αθροιστικό ποσοστό της διακύμανσης είναι 42,16%. Ο παράγοντας που κυριαρχεί στην αντίληψη της ακουστικής (παράγων I) αναφέρεται σε ήχο πλούσιο, ευδιάκριτο και με όγκο, με χαρακτηριστικές κλίμακες «Υψηλής αντήχησης – Ξηρός», «Πλούσιος – Πτωχός» και «Ευδιάκριτος – Δυσδιάκριτος», ο οποίος εξηγεί το 30,84% της συνολικής διακύμανσης. Ακολουθεί ο παράγοντας, που περιγράφει ήχο τραχύ, οξύ και θορυβώδη (παράγων II), με χαρακτηριστικές κλίμακες «Με κακή γενική εντύπωση – Με καλή γενική εντύπωση», «Τραχύς – Μαλακός» και «Οξύς – Μη οξύς», ο οποίος εξηγεί το 11,32% της συνολικής διακύμανσης. Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί πως οι χαρακτηρισμοί γενική εντύπωση και προτιμητέος βρίσκονται και στους δύο παράγοντες.

Όσον αφορά την δεύτερη θεατρική σκηνή «Κάππα» το αθροιστικό ποσοστό της διακύμανσης είναι 53,09%. Εξήχθησαν οι ίδιοι παράγοντες με πριν, με κυρίαρχο παράγοντα (παράγων I) αυτόν που αναφέρεται σε ήχο πλούσιο, ευδιάκριτο και με όγκο, με χαρακτηριστικές κλίμακες «Πλούσιος – Πτωχός», «Με όγκο – Χωρίς όγκο» και «Με υπόσταση – Χωρίς υπόσταση», ο οποίος εξηγεί το 42,78% της

συνολικής διακύμανσης. Ακολουθεί ο παράγοντας, που περιγράφει ήχο τραχύ, οξύ και θορυβώδη (παράγων II), με χαρακτηριστικές κλίμακες «Τραχύς – Μαλακός», «Οξύς – Μη οξύς» και «Με παρουσία θορύβου – Με απουσία θορύβου», ο οποίος εξηγεί το 10,31% της συνολικής διακύμανσης. Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί πως οι χαρακτηρισμοί γενική εντύπωση και προτιμητέος βρίσκονται στον παράγοντα I.

Εν συνεχεία, στην τρίτη θεατρική σκηνή «Πόρτα» το αθροιστικό ποσοστό της διακύμανσης είναι 47,09%. Όπως και πριν ο κυρίαρχος παράγοντας (παράγων I) αναφέρεται σε ήχο πλούσιο, ευδιάκριτο και με όγκο, με χαρακτηριστικές κλίμακες «Ευδιάκριτος – Δυσδιάκριτος», «Γεμάτος – Κενός» και «Με όγκο – Χωρίς όγκο», ο οποίος εξηγεί το 33,96% της συνολικής διακύμανσης. Ακολουθεί ο παράγοντας, που περιγράφει ήχο τραχύ, οξύ και θορυβώδη (παράγων II), με χαρακτηριστικές κλίμακες «Οξύς – Μη οξύς», «Τραχύς – Μαλακός» και «Με παρουσία θορύβου – Με απουσία θορύβου», ο οποίος εξηγεί το 13,13% της συνολικής διακύμανσης. Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί πως οι χαρακτηρισμοί γενική εντύπωση και προτιμητέος βρίσκονται στον παράγοντα I.

Έπειτα, από την ανάλυση της διακύμανσης για κάθε θέατρο ξεχωριστά παρατηρήθηκε ότι δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική μεταβολή στον τρόπο που το ακροατήριο αντιλαμβάνεται τον ήχο από θέση σε θέση σε κανένα από τα τρία θέατρα, κάτι που αποδεικνύει την καλή ακουστική τους, όπως έδειξαν και οι φυσικές ακουστικές μετρήσεις.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση και των τριών αιθουσών μαζί δίνουν μια ορθή συσχέτιση των δεδομένων. Προκύπτουν οι ίδιοι δύο παράγοντες όπως στις προηγούμενες αναλύσεις που εξηγούν το 45,84% της συνολικής διακύμανσης με ποσοστά 35,62% (παράγων I) και 10,22% (παράγων II). Αυτό σημαίνει ότι το κοινό και στα τρία θέατρα αντιλήφθηκε την ακουστική περίπτωση με τον ίδιο τρόπο, καθώς την διαχώρισε σε δύο διαστάσεις, εκ των οποίων η πρώτη αναφέρεται σε ήχο πλούσιο, ευδιάκριτο και με όγκο, η οποία ήταν και η πιο καθοριστική, ενώ η δεύτερη σε ήχο τραχύ, οξύ και θορυβώδη. Παρατηρείται ακόμα ότι η γενική εντύπωση και η προτίμηση εξαρτώνται από τον παράγοντα I.

Όσον αφορά την ανάλυση της διακύμανσης μεταξύ των τριών θεάτρων μόνο ως προς την γενική εντύπωση δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική μεταβολή. Αυτό

σημαίνει ότι σε γενικές γραμμές δημιουργήθηκε η ίδια εντύπωση στο κοινό ως προς την ακουστική.

Από την ανάλυση της διακύμανσης που έγινε για κάθε παράγοντα της αντίληψης μεταξύ των τριών θεάτρων παρατηρήθηκε ότι δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική μεταβλητότητα για τον παράγοντα I. Αυτό σημαίνει ότι αυτά τα θέατρα έχουν ίδια ακουστική, όπως αυτή αποτιμάται από τον μέσο ακροατή ως προς τον παράγοντα I. Αντίθετα, για τον παράγοντα II, που διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διακύμανση (0,007) για επίπεδο εμπιστοσύνης 1%, εφαρμόστηκε ανάλυση απλής γραμμικής παλινδρόμησης. Τα αποτελέσματά της έδειξαν ότι δεν υπήρξε συσχέτιση για το ίδιο επίπεδο εμπιστοσύνης ανάμεσα στον παράγοντα II και στις φυσικές ακουστικές παραμέτρους που επιλέχθηκαν. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε διάφορους λόγους, όπως:

- Κατά τις φυσικές ακουστικές μετρήσεις η πηγή υπήρξε μοναδική και συγκεκριμένη, δηλαδή σε μία θέση επάνω στην σκηνή, ενώ κατά τη διάρκεια των πειραμάτων της αντίληψης η ηχητική πηγή (ηθοποιοί) ήταν κατανομημένη σε διάφορες θέσεις της σκηνής.
- Μπορεί κατά την διάρκεια των ζωντανών παραστάσεων να υπήρξαν αστάθμητοι παράγοντες, που επηρέασαν το ακροατήριο και δεν μπορούσαν να ληφθούν υπόψιν κατά την διάρκεια των φυσικών ακουστικών μετρήσεων, για παράδειγμα επιπλέον θόρυβος που μπορεί να προκλήθηκε από το ίδιο το ακροατήριο ή από άλλους εξωγενείς παράγοντες.
- Είναι πιθανό ότι η μεταβολή που παρουσιάστηκε στην αντίληψη να εξηγείται από κάποια παράμετρο που δεν εξετάστηκε στην παρούσα εργασία ή ότι νέες παράμετροι χρειάζεται να προταθούν στην βιβλιογραφία για τον σκοπό αυτό.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας είμαστε σε θέση να εξάγουμε κάποια συμπεράσματα σχετικά με την ακουστική των υπό εξέταση μοντέρνων αθηναϊκών θεατρικών σκηνών.

Από τα αποτελέσματα των φυσικών ακουστικών μετρήσεων προκύπτει ότι τα θέατρα αυτά είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να έχουν καλή ακουστική. Αυτό το εύρημα μπορεί να βοηθήσει τον σύγχρονο μηχανικό, έτσι ώστε να δανειστεί τα αρχιτεκτονικά τους στοιχεία σε μελλοντικές μελέτες.

Τα παρόντα ευρήματα διαφωτίζουν ως προς τους παράγοντες με βάση τους οποίους κρίνεται η ακουστική θεάτρων από το θεατρόφιλο κοινό της Αθήνας. Αυτό μπορεί να αποτελέσει εφαλτήριο για περαιτέρω έρευνα με σκοπό την συσχέτιση των ευρημάτων που προέκυψαν από τα πειράματα αντίληψης με φυσικές ακουστικές παραμέτρους, ώστε να οδηγηθούμε σε κατάλληλες αρχές σχεδιασμού.

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Beranek, L.L. (1962). Music, Acoustics and Architecture. New York: John Wiley & Sons, Inc.
2. Beranek, L.L. (1996). Concert and Opera Halls, How they sound. New York: Am. Inst. Physics press for the Acoust. Soc. Am.
3. Acoustical Society of America (1985). Theaters for drama performance: Recent experiences in acoustical design. New York: Am. Inst. Physics.
4. Barron, M. (1993). Auditorium Acoustics and Architectural Design. London: E & FN Spon. Also 2nd ed.(2010) e-book, London, New York: Spon press.
5. 8ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ 2016.
6. Sotiropoulou A., Hawkes R.J., & Fleming D.B (1995). Concert hall acoustic evaluations by ordinary concert-goers: I Multi-dimensional description of evaluations. *Acustica* 81.
7. Lehmann, P. & Wilkens, H. (1980). Zusammenhang subjectiver Beurteilungen von Konzertsälen mit raumakustischen Kriterien. *Acustica*, 45, pp. 256-268.
8. 7ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ 2014.
9. Μιχαλοπούλου, Β. (2009). ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΘΕΑΤΡΟΥ ΠΡΟΖΑΣ.
10. Sabine, W.C. (1922). Collected papers on acoustics. Cambridge Mass: Harvard Univ. Press.
11. Jordan, V.L. (1968). Einige Bemerkungen über Anhall und Anfangsnachhall in Musikräumen. *Applied Acoustics*, 1, p. 29.
12. Eysholdt, U. (1976). Subjective investigations and digital simulations of sound fields from concert halls. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen.
13. Thiele, R. (1953). Directional distribution and sequence of sound reflections in rooms. *Acustica*, 3, pp. 291-302.
14. STD. ISO 3382-ENGL 1997.
15. Osgood, C.E., Suci, G.J. & Tannenbaum, P.H. (1957). The measurement of meaning. Urbana, Chicago and London: Univ. of Illinois Press.

16. Cooper D. E. (1969), Statistics for experimentalists. Pergamon Press, London.
17. Cremer, L., Müller, H.A. & Schultz, T.J. (1982). Principles and Applications of Room Acoustics. Vol. I, II. London and New York: Applied Science Publ., Stuttgart: S. Hirzel Verlag GmbH.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

«ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΤΙΡΙΑΚΗΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ»

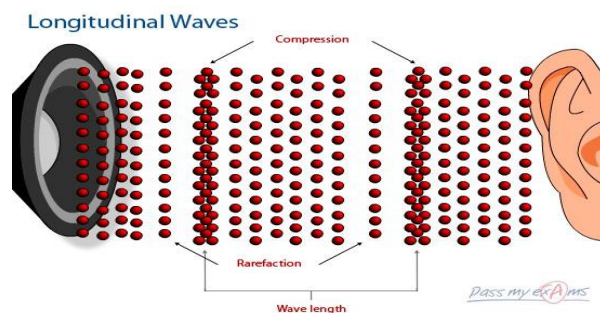
A.1 Εισαγωγή

Η ακουστική μελετά τις ιδιότητες και τη συμπεριφορά του ήχου, καθώς επίσης και τις εφαρμογές του. Αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι της αρχιτεκτονικής, αφού διερευνά την αλληλεπίδραση του ήχου με τα δομικά υλικά και τις μορφές και συνεισφέρει στην καλύτερη αντίληψη του.

A.2 Ήχος και ηχητικές παράμετροι

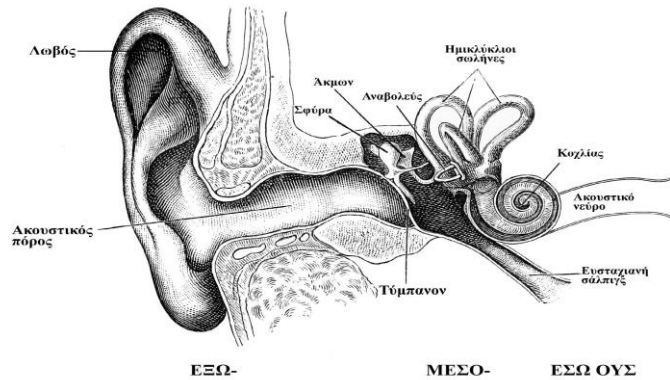
Ως ήχος ορίζεται η μηχανική διαταραχή που διαδίδεται με ορισμένη ταχύτητα μέσα σε ένα μέσο (υγρό, στερεό και αέριο), το οποίο μπορεί να αναπτύξει εσωτερικές δυνάμεις (π.χ. Ελαστικότητας, εσωτερικής τριβής) και έχει τέτοιο χαρακτήρα, ώστε να μπορεί να διεγείρει το αισθητήριο της ακοής και να προκαλέσει ακουστικό αίσθημα.

Ο ήχος παράγεται όταν μια ηχητική πηγή ταλαντώνεται, δηλαδή κάνει παλμικές κινήσεις. Λόγω των ελαστικών ιδιοτήτων του υλικού η ενέργεια της ταλάντωσης μεταφέρεται από κάθε μόριο στα γειτονικά του, προκαλώντας μεταβολές πίεσης. Έτσι δημιουργούνται πυκνώματα (περιοχές υψηλής πίεσης) και αραιώματα (περιοχές χαμηλής πίεσης), τα οποία «ταξιδεύουν» μέσα στο υλικό παράλληλα στη διεύθυνση ταλάντωσης των μορίων του.



Σχήμα A.1: Πυκνώματα και αραιώματα

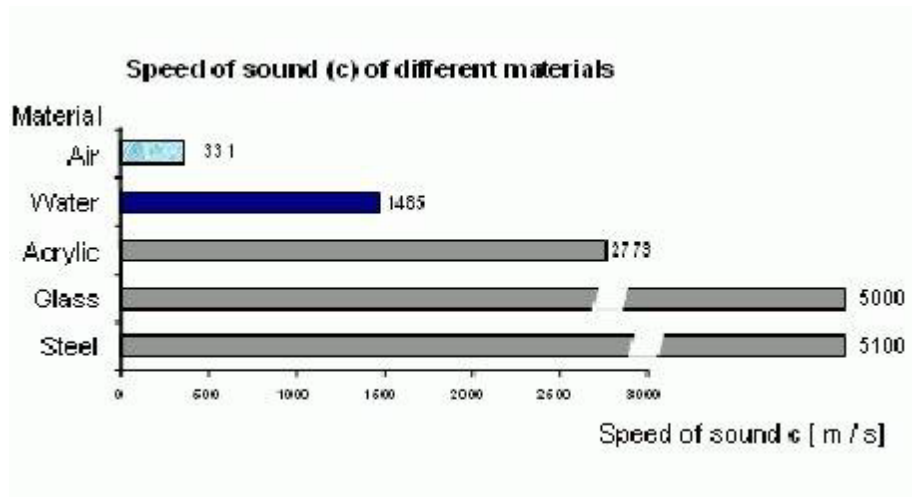
Ο ήχος, μέσω του ακουστικού πόρου θέτει το τύμπανο σε παλμική κίνηση. Αυτή, μέσω της σφύρας του άκμονος και του αναβολέως (ακουστικά οστάρια που λειτουργούν εν είδει μοχλού) μεταβιβάζεται στην ωοειδή θυρίδα και από εκεί, μέσα στον κοχλία.



Σχήμα Α.2: Ανατομία του οργάνου της ακοής

Ο κοχλίας είναι ένας οστεώδης συσπειρωμένος σωλήνας στο έσω ούς, θεμελιώδης για την αντίληψη της ακοής και είναι γεμάτος με υγρό μέσα στο οποίο θα κινηθεί ο ήχος. Η παλμική κίνηση (ήχος) μέσα στο υγρό του κοχλίου, από τον αιθουσαίο σωλήνα μεταφέρεται (μέσω του ελικοτήρηματος) στον τυμπανιαίο σωλήνα· εκεί θέτει σε κίνηση τη βασική μεμβράνη και τις τριχοειδείς απολήξεις (hair cells) του ακουστικού νεύρου (οι οποίες είναι εμφυτευμένες στην κάτω επιφάνεια της βασικής μεμβράνης)· αυτή η κινητική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια που τελικά διαβιβάζεται στον εγκέφαλο.

Η **ταχύτητα** του ήχου είναι η ταχύτητα διάδοσης των ηχητικών κυμάτων, συμβολίζεται με c και μετριέται σε m/sec (μέτρα ανά δευτερόλεπτο). Η ταχύτητα του ήχου είναι διαφορετική σε κάθε μέσο διάδοσης και εξαρτάται από το υλικό του μέσου καθώς επίσης και από την θερμοκρασία. Στα στερεά ο ήχος διαδίδεται γρηγορότερα από ότι στα υγρά και ακόμα πιο αργά στα αέρια.



Σχήμα A.3: Ταχύτητα διάδοσης ήχου σε διαφορετικά μέσα

Στην περίπτωση που το μέσο είναι ο αέρας ισχύει η παρακάτω σχέση:

$$c = 332 \sqrt{1 + \frac{T}{273}}$$

Στην ακουστική χώρων χρησιμοποιούμε την ταχύτητα του ήχου στον αέρα σε θερμοκρασία δωματίου που λαμβάνεται γύρω στους 20°C, είναι ίδια για όλες τις συχνότητες και ισούται με 340 m/s.

Η φυσική περιγραφή ενός ήχου επιτυγχάνεται με την βοήθεια αναφοράς στην συχνότητα και στην στάθμη του ήχου.

Η **περίοδος** του ήχου είναι ο χρόνος που χρειάζεται το ηχητικό κύμα για να πραγματοποιήσει έναν πλήρη κύκλο, συμβολίζεται με T και μετράται σε δευτερόλεπτα *sec*.

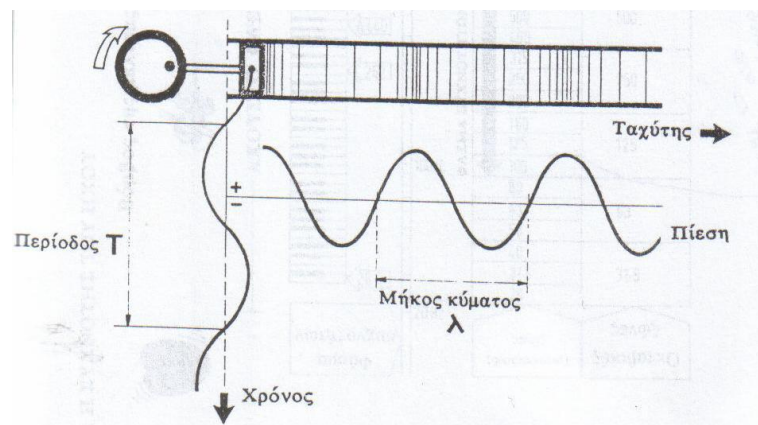
Η **συχνότητα** του ήχου είναι ο ρυθμός με τον οποίο πάλλονται τα σωματίδια του αέρα κατά τη διάδοση του ηχητικού κύματος, συμβολίζεται με f και ορίζεται ως ο αριθμός των κορυφών που διαμορφώνονται σε χρονικό διάστημα ενός δευτερολέπτου και μετράται σε Hz (Hertz), ενώ παράλληλα είναι το αντίστροφο της περιόδου T , δηλαδή $f = \frac{1}{T}$.

Frequency



Σχήμα A.4: Απεικόνιση χαμηλών και υψηλών συχνοτήτων

Ως **μήκος κύματος** του ήχου ορίζεται η απόσταση που διανύει το ηχητικό κύμα μέχρι να ολοκληρωθεί ένα πλήρης κύκλος, συμβολίζεται με λ και μετράται σε m (μέτρα).



Σχήμα A.5: Σχηματική παράσταση των φυσικών ιδιοτήτων του ήχου

Οι ηχητικές παράμετροι (μήκος κύματος του ήχου, ταχύτητα, περίοδος, συχνότητα) συνδέονται με τη σχέση:

$$c = \frac{\lambda}{T}$$

ή

$$c = \lambda * f$$

A.3 Οκτάβα, Τριτοκτάβα

Τα ακουστικά προβλήματα αντιμετωπίζονται σε συνάρτηση με τη συχνότητα, αφού οι περισσότεροι ήχοι αποτελούνται από διάφορες συχνότητες, χαμηλές, μεσαίες, υψηλές.

Η **οκτάβα** είναι ένα θεμελιώδες μουσικό διάστημα που αντιστοιχεί στον διπλασιασμό της συχνότητας, δηλαδή ο λόγος της αρχικής συχνότητας f_1 προς την τελική συχνότητα f_2 ισούται με 2 ($\frac{f_2}{f_1} = 2$). Η οκτάβα είναι μονάδα μέτρησης διαστήματος συχνοτήτων και λαμβάνει την ονομασία της από την κεντρική συχνότητα του κάθε διαστήματος ($f_o = \sqrt{f_1 * f_2}$). Ο λόγος των κεντρικών συχνοτήτων σε δύο διαδοχικές οκτάβες ισούται με δύο. Οι κεντρικές συχνότητες του ακουστού ηχητικού φάσματος είναι οι 20 , 40 , 80 , 160 , 315 , 630 , 1.250 , 2.500 , 5.000 , 10.000 , 20.000 Hz και οι κεντρικές συχνότητες από τις οκτάβες που χρησιμοποιούνται για την ακουστική χώρου είναι οι 125 , 250 , 500 , 1.000 , 2.000 , 4.000 Hz.

Ορισμένες φορές, για μεγαλύτερη ανάλυση, χρησιμοποιούμε την **τριτοκτάβα**, ζώνη συχνοτήτων, στην οποία ισχύει $\frac{f_2}{f_1} = 2^{1/3}$. Οι κεντρικές συχνότητες του ακουστού ηχητικού φάσματος είναι οι 20 , 31.5 , 40 , 50 , 63 , 80 , 100 , 125 , 160 , 200 , 250 , 315 , 400 , 500 , 630 , 800 , 1.000 , 1.250 , 1.600 , 2.000 , 2.500 , 3.150 , 4.000 , 5.000 , 6.300 , 8.000 , 10.000 , 12.500 , 16.000 , 20.000 Hz.



Σχήμα A.6: Οκταβικές και τριτοκταβικές ζώνες του φάσματος

A.4 Στάθμη έντασης του ήχου

Ηχητική ένταση σε ένα σημείο του ηχητικού πεδίου και προς μια καθορισμένη διεύθυνση είναι το πηλίκο της μέσης ηχητικής ισχύος που διαπερνά κάθετα μια στοιχειώδη επιφάνεια διά του εμβαδού της επιφανείας.

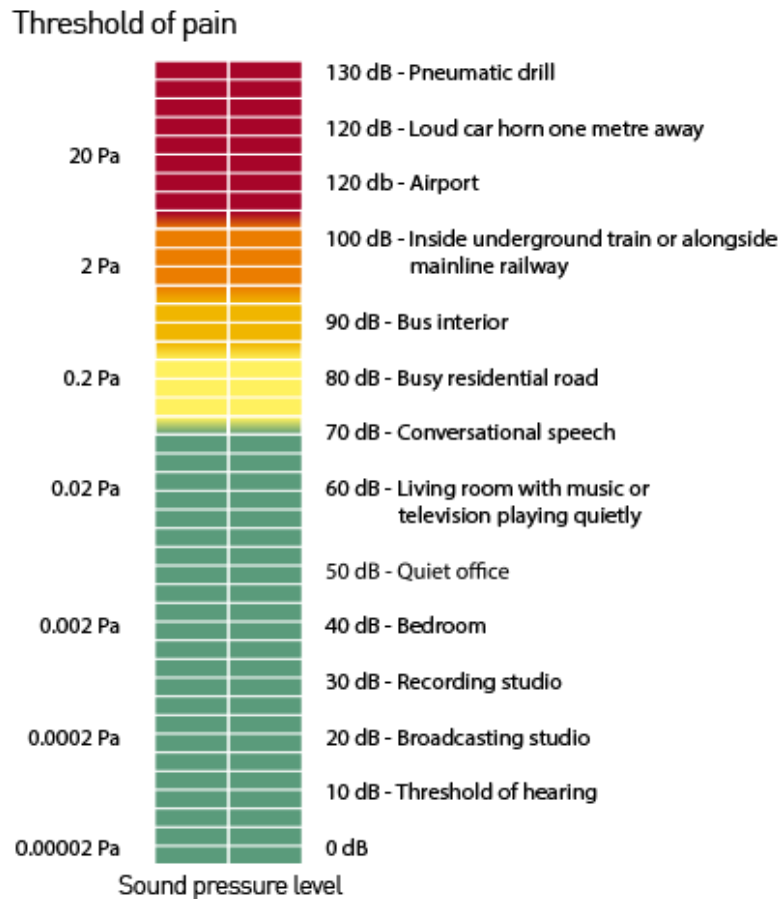
Η στάθμη έντασης του ήχου υποκειμενικά, είναι εκείνο που διαφοροποιεί έναν έντονο ήχο από έναν αδύναμο ήχο.

Η ηχητική πίεση σε συγκεκριμένο σημείο του ηχητικού πεδίου είναι η διαφορά της στατικής πίεσης του μέσου από την ολική πίεση που υπάρχει σε αυτό το σημείο. Ως ηχητική πίεση αναφοράς λαμβάνεται στον αέρα ίση με 0,00002 N/m².

Η στάθμη έντασης του ήχου μετριέται σε dB (Decibel). Το όργανο της ακοής λειτουργεί σε λογαριθμική κλίμακα, για αυτό για να υπολογιστεί η στάθμη του ήχου χρησιμοποιείται λογάριθμος, όπως φαίνεται στην παρακάτω σχέση

$$\left[\frac{\text{ΣΤΑΘΜΗ ΕΝΤΑΣΗΣ}}{\text{ΤΟΥ ΗΧΟΥ}} \right] = 10 \log \left[\frac{\text{ΗΧΗΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ}}{\text{ΗΧΗΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ ΑΝΑΦΟΡΑΣ}} \right]^2, \text{ [dB]}$$

Για συνεχείς ήχους η ελάχιστη μεταβολή στην στάθμη του ήχου που γίνεται ευχερώς αντιληπτή είναι 3 dB.



Σχήμα A.7: Αντιστοιχία ηχητικής πίεσης και στάθμης έντασης του ήχου

Τα dB δεν προστίθενται αλγεβρικά, αλλά πρέπει πρώτα να προσθέσουμε τα αντίστοιχα τετράγωνα των πιέσεων και μετά να λογαριθμήσουμε το άθροισμα. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται ένας πιο απλός τρόπος άθροισης ήχων, όπου για κάθε διαφορά στάθμης των δύο ηχητικών πηγών που προσθέτουμε αντιστοιχεί ένας αριθμός, τον οποίο προσθέτουμε στην υψηλότερη στάθμη ήχου.



Σχήμα A.8: Πρόσθεση Decibel

Για παράδειγμα, αν προσθέσουμε δύο ήχους 60 dB που παράγονται ταυτόχρονα, η συνολική στάθμη δεν είναι 120 dB, αλλά 63 dB.

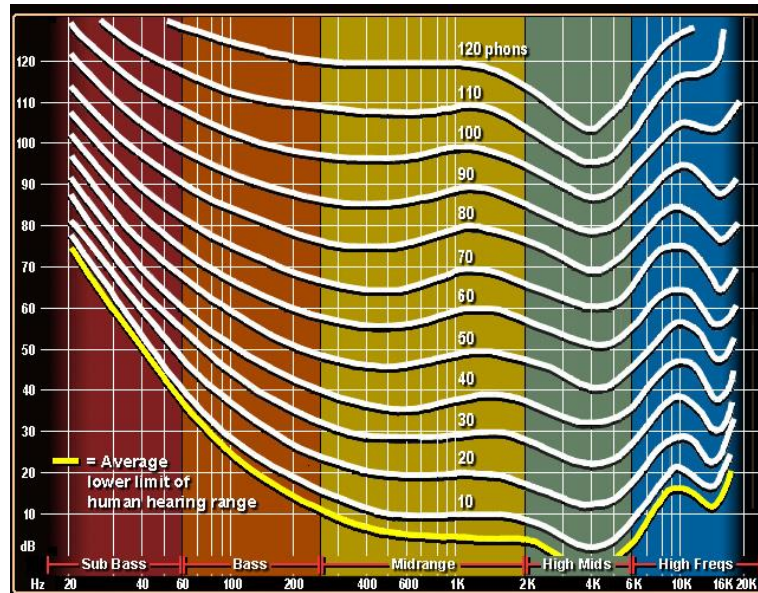


A.5. Ακουστότητα και αντίληψη του ήχου

Ακουστότητα είναι η αντίληψη της στάθμης έντασης ενός ήχου. Η στάθμη ακουστότητας είναι το υποκειμενικό εκείνο χαρακτηριστικό γνώρισμα του ήχου, το οποίο παρέχει το μέγεθος της ακουστικής εντυπώσεως, που προκαλείται στο ακουστικό σύστημα του ανθρώπου.

Γενικά, η στάθμη ακουστότητας που αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο σύστημα ακοής, δεν ταυτίζεται με την στάθμη ηχητικής έντασης ή την στάθμη ακουστικής πίεσης. Αυτό συμβαίνει επειδή το ανθρώπινο αυτί παρουσιάζει διαφορετική ευαισθησία στις διάφορες ακουστές συχνότητες.

Η κλίμακα της στάθμης ακουστότητας σε μονάδες ρηον ταυτίζεται αριθμητικά με την κλίμακα της στάθμης έντασης σε dB μόνο στην συχνότητα αναφοράς, δηλαδή στην συχνότητα των 1000 Hz. Για όλες τις άλλες συχνότητες η μετάβαση από την κλίμακα της στάθμης ακουστότητας στην κλίμακα της στάθμης έντασης γίνεται με την βοήθεια του διαγράμματος των ισοακουστικών καμπυλών, δημιουργήματα των H. Fletcher και W.A. Munson. Η ισοακουστική καμπύλη των μηδέν ρηον ονομάζεται «κατώφλι ακουστότητας».



Σχήμα A.9: Καμπύλες ισοακουστότητας κατά Fletcher & Munson

Η **αντίληψη** του ήχου αποτελεί βασική αίσθηση σε πολλούς οργανισμούς και πραγματοποιείται μέσω της ακοής. Χρησιμοποιείται για διάφορους λόγους, όπως επικοινωνία, ψυχαγωγία, μουσική σύνθεση, προειδοποίηση και αποφυγή κινδύνων. Στον άνθρωπο η ακοή εκτείνεται για ήχους με συχνότητα μεταξύ 20 Hz και 20.000 Hz. Το εύρος αυτό διαφέρει και σε μεγαλύτερες ηλικίες παρατηρείται μείωση της αντίληψης υψηλών συχνοτήτων. Ήχοι με συχνότητα κάτω ή άνω των ορίων αυτών ονομάζονται υπόηχοι ή υπέρηχοι αντιστοίχως και δεν γίνονται αντιληπτοί από το ανθρώπινο αυτί. Σε άλλους οργανισμούς το φάσμα της ακοής διαφέρει, για παράδειγμα στον σκύλο το εύρος ακοής εκτείνεται μεταξύ 40 Hz και 60.000 Hz. Οι υπόηχοι και οι υπέρηχοι, αν και δεν γίνονται αντιληπτοί από τον άνθρωπο, μπορεί να έχουν βλαπτική επίδραση στην υγεία του. Η μέγιστη ευαισθησία του οργάνου της ακοής παρατηρείται μεταξύ 3000 Hz και 4000 Hz. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι η ευαισθησία του οργάνου της ακοής σταδιακά μειώνεται στη χαμηλή περιοχή του φάσματος.

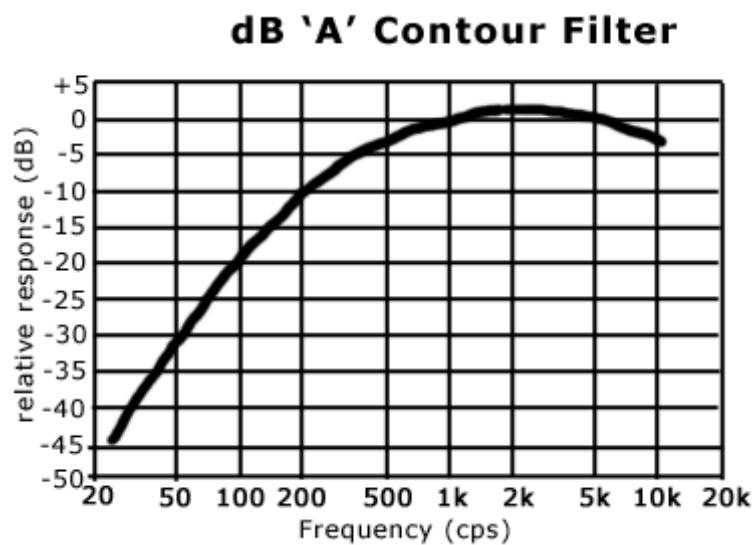


Σχήμα A.10: Εύρος συχνοτήτων της ανθρώπινης ακοής

A.6 A-σταθμισμένη ηχοστάθμη (dBA)

Η **A-σταθμισμένη ηχοστάθμη** είναι ένα μονότιμο μέγεθος που αποτιμά τη στάθμη έντασης του ήχου σε dB, ενώ ταυτόχρονα λαμβάνει υπόψιν την ποικίλη ευαισθησία του οργάνου της ακοής στις διαφορετικές περιοχές και η μονάδα μέτρησης του είναι dBA. Για να προσομοιαστεί καλύτερα η υποκειμενική αντίληψη του ανθρώπου για την ένταση του ήχου, πρέπει να περιοριστεί η επίδραση των υψηλών και χαμηλών συχνοτήτων σε σχέση με τις μεσαίες συχνότητες, γι' αυτό και η συγκεκριμένη ηχοστάθμη είναι η πιο διαδεδομένη σε σχέση με τις υπόλοιπες (καμπύλες φίλτρων B,C και D). Επίσης αποκαλείται και στάθμη θορύβου.

Το dBA σταθμίζει τη στάθμη έντασης του ήχου στις διάφορες περιοχές του φάσματος σύμφωνα με την ευαισθησία του οργάνου της ακοής σε κάθε μία από αυτές και μετά αθροίζει τις διάφορες στάθμες.



Σχήμα A.11: Καμπύλη A-στάθμισης

Οι συντελεστές A-στάθμισης (W_A) προκύπτουν από τον ακόλουθο τύπο:

$$W_A = 10 \log \left[\frac{1.562339 \cdot f^4}{(f^2 + 107.65265^2) \cdot (f^2 + 737.86223^2)} \right] + 10 \log \left[\frac{2.24288 \cdot 10^6 \cdot f^4}{(f^2 + 20.598997^2) \cdot (f^2 + 12194.22^2)} \right]$$

Παρακάτω φαίνονται οι συντελεστές που προκύπτουν για τις διάφορες οκταβικές ζώνες

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΑΙ Α-ΣΤΑΘΜΙΣΗΣ

Οκτ. ζώνες	125	250	500	1000	2000	4000	[Hz]
Συντελεσταιί	-16	-9	-3	0	+1	+1	[dB]

A.7 Ακουστική κλειστού χώρου

Τα ηχητικά κύματα σπανίως διαδίδονται σε εντελώς ελεύθερα πεδία, καθώς στην διαδρομή τους θα συναντήσουν πολλών ειδών εμπόδια. Για την ακουστική των κλειστών χώρων μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα τεχνητά και ορατά εμπόδια, όπως οι επιφάνειες, τα έπιπλα ενός δωματίου και οι άνθρωποι. Έτσι προκαλούνται κάποια φαινόμενα τα όποια κρίνεται σκόπιμο να αναφερθούν γιατί μπορεί να ενισχύσουν την καλή ακουστική ή να δημιουργήσουν προβλήματα.

A.7.1 Διάδοση ήχου

Ο ήχος που λαμβάνουν οι άνθρωποι μέσα σε ένα κλειστό χώρο μπορεί να διαχωριστεί σε τρεις συνιστώσες: απευθείας ήχος, πρώιμες ανακλάσεις και αντήχηση. Ο **απευθείας ήχος** είναι ο πρώτος ήχος που φτάνει στο αυτί του ακροατή, ο οποίος «ταξιδεύει» απευθείας από την πηγή.

Ακολουθείται από τις **πρώιμες ανακλάσεις** του ήχου από τους πλαϊνούς τοίχους, την οροφή κλπ., οι οποίες φτάνουν αργότερα, επειδή χρειάζεται να διανύσουν μεγαλύτερη απόσταση. Οι πρώιμες ανακλάσεις μπορούν να φτάσουν στον ακροατή μέχρι και 50 ms (100 ms για μεγάλες αίθουσες) από τη στιγμή που παράχθηκε ο ήχος και ορίζεται ως κλάσμα των πρώιμων ανακλάσεων (EEF_{50} ή D_{50}) ο λόγος της ηχητικής ενέργειας που φτάνει στον ακροατή εντός 50 ms προς την συνολική ηχητική ενέργεια που φτάνει σε αυτόν. Υπολογιστικά προσδιορίζεται από τον παρακάτω τύπο (Barron,1988):

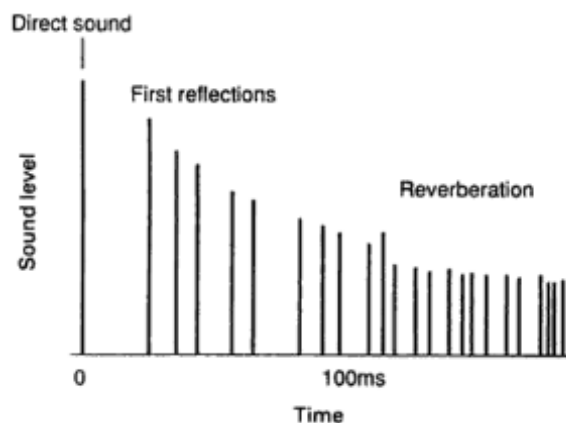
$$EEF_{50} = \frac{(d+e_r)}{(d+e_r+1)}$$

όπου:

d: ενέργεια απευθείας ήχου, ως προς τον απευθείας ήχο της ίδιας πηγής στο ύπαιθρο σε απόσταση 10 m. { $d = 100 / r$ } όπου r : απόσταση από την πηγή σε m.

e_r : ανακλώμενη ηχητική ενέργεια που φθάνει στον ακροατή εντός 50 ms μετά τον απευθείας ήχο, ως προς τον απευθείας ήχο της ίδιας πηγής στο ύπαιθρο σε απόσταση 10 m. { $e_r = (31200 T/V) e^{-0.04*r/T} (1-e^{-1.11/T})$ } όπου V : όγκος του χώρου σε m^3 και T : χρόνος αντήχησης σε s.

1: ηχητική ενέργεια που φθάνει στον ακροατή μετά τα 50 ms, ως προς τον απευθείας ήχο της ίδιας πηγής στο ύπαιθρο σε απόσταση 10m. { $1 = (31200 T/V) e^{-0.04*r/T} e^{-1.11/T}$ }.



Σχήμα A.12: Ηχητικές ακτίνες σε κλειστούς χώρους

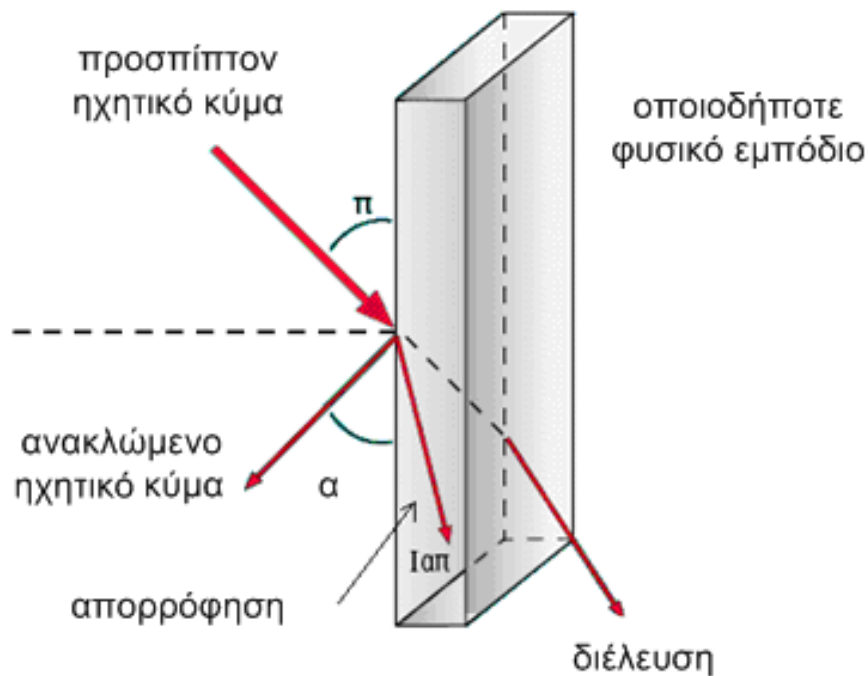
Μία ακόμα παράμετρος που πρέπει να αναφερθεί είναι το κλάσμα των πρώιμων προς των καθυστερημένων ανακλάσεων (C_{50}). Αυτή η παράμετρος προκύπτει μέσω του D_{50} όπως φαίνεται παρακάτω και εκφράζεται σε dB. Η συγκεκριμένη παράμετρος συνήθως υπολογίζεται για τον πρώιμο ήχο που φθάνει στο ακροατήριο μετά τα 80 ms (C_{80}).

$$C_{50} = 10 \log \left(\frac{D_{50}}{1 - D_{50}} \right)$$

Η ηχητική ενέργεια που φτάνει στον ακροατή μετά το χρονικό όριο των 50 ms (100 ms για μεγάλες αίθουσες) ονομάζεται **αντήχηση**, στην οποία θα αναφερθούμε εκτενώς παρακάτω.

A.7.2 Ανάκλαση

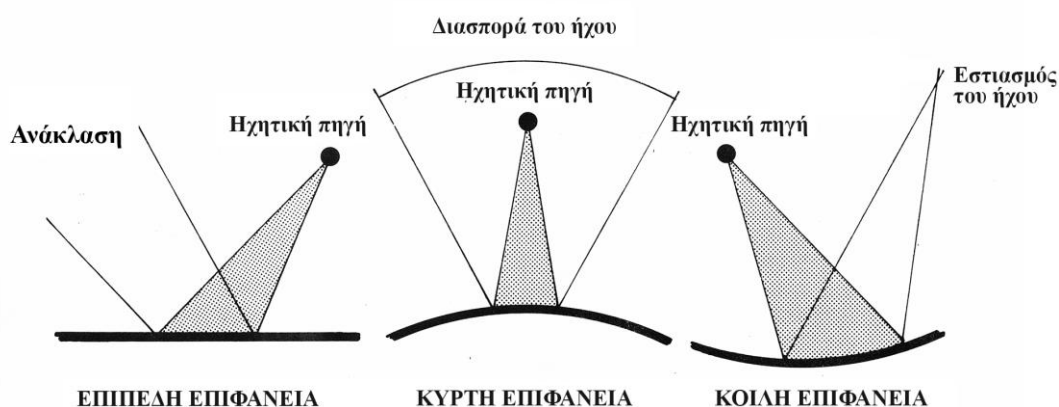
Ως **ανάκλαση** ορίζεται η αλλαγή στην πορεία του ήχου λόγω πρόσπτωσης σε μια επιφάνεια. Η γωνία ανάκλασης (α) είναι ίδια με τη γωνία πρόσπτωσης (π), και η διεύθυνση του ανακλώμενου κύματος είναι συμμετρική ως προς το νοητό άξονα που περνά από το σημείο κρούσης και είναι κάθετος στην επιφάνεια.



Σχήμα A.13: Πρόσπτωση ηχητικού κύματος σε επίπεδη ανακλαστική επιφάνεια

Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται ακριβώς η διαδικασία της ανάκλασης των ηχητικών κυμάτων, όπου ένα μέρος της ενέργειας του ανακλάται και το υπόλοιπο μεταβιβάζεται στο εμπόδιο, στο οποίο καταναλώνεται με δύο τρόπους: κάποιο ποσοστό της απορροφάται από το ίδιο το εμπόδιο και κάποιο θέτει σε κίνηση την επιφάνειά του, δημιουργώντας ένα νέο κύμα που εκπέμπεται από την άλλη του πλευρά.

Η διασπορά του ήχου ποικίλλει ανάλογα με την επιφάνεια πρόσπτωσης, η οποία ονομάζεται ανακλαστήρας. Υπάρχουν διάφοροι τύποι ανακλαστήρων μερικοί εκ των οποίων έχουν ευεργετικά αποτελέσματα ανάλογα με την μορφή τους. Ο επίπεδος και ακόμα περισσότερο ο κυρτός ανακλαστήρας έχουν καλύτερη επιρροή στην ανάκλαση του ήχου σε σχέση με τον κοίλο, ο οποίος καλύτερα να αποφεύγεται καθώς δημιουργεί προβλήματα εστιασμού.



Σχήμα A.14: Επιρροή της μορφής του κελύφους του χώρου στην ανάκλαση του ήχου

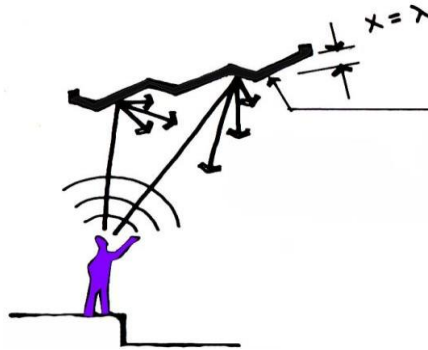
A.7.3 Διέλευση

Το φαινόμενο της **διέλευσης** παρατηρείται, εφόσον δεν ισχύουν ιδανικές συνθήκες, όπου ένα μέρος της ηχητικής ενέργειας «εισχωρεί» στο υλικό, το οποίο τίθεται με τη σειρά του σε ταλάντωση, δημιουργώντας ένα νέο ηχητικό κύμα που εκπέμπεται από την άλλη του πλευρά. Η αποτροπή της διέλευσης του ήχου αποτελεί το κυριότερο ζητούμενο στην ηχομόνωση χώρων.

A.7.4 Διάχυση

Ως **διάχυση** ορίζεται ο σκεδασμός μιας ανακλώμενης ηχητικής ακτίνας σε ασθενέστερες ακτίνες τυχαίας κατανομής. Το φαινόμενο αυτό πραγματοποιείται όταν το μέγεθος (x) της ανακλαστικής επιφάνειας ισούται με το μήκος κύματος (λ) του ήχου. Για να πραγματοποιηθεί αυτό το φαινόμενο τοποθετούνται ειδικά διαμορφωμένες κατασκευές, οι οποίες «διασπούν» το ηχητικό κύμα στις

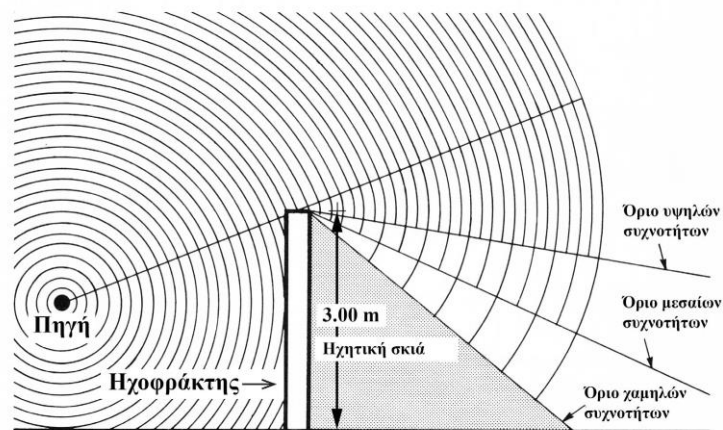
επιμέρους συχνότητες, από τις οποίες αποτελείται, δημιουργώντας ένα πεδίο ανάκλασης που απλώνεται ομοιόμορφα σε όλη την έκταση του χώρου.



Σχήμα A.15: Το φαινόμενο της διάχυσης

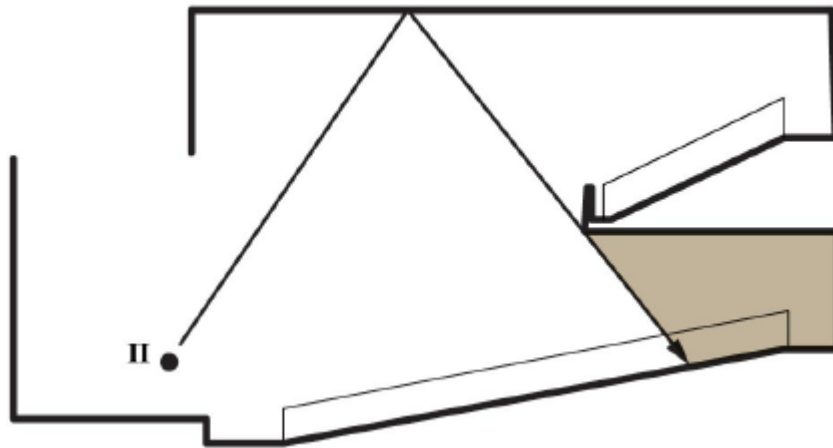
A.7.5 Περίθλαση

Η **περίθλαση** είναι η το φαινόμενο της διάχυσης των κυμάτων προς όλες τις κατευθύνσεις όταν αυτά συναντούν ένα εμπόδιο ή μία οπή με διαστάσεις παραπλήσιες του μήκους κύματος. Το φαινόμενο αυτό έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία ασαφούς ηχητικής σκιάς (shadow zone), δηλαδή μείωση της στάθμης του ήχου. Ο βαθμός περίθλασης εξαρτάται από το μήκος κύματος του ήχου σε σχέση με το μέγεθος του εμποδίου. Οι υψηλές συχνότητες που έχουν σχετικά μικρό μήκος κύματος δεν περιθλώνται σε αντίθεση με τις χαμηλές συχνότητες, οι οποίες περιθλώνται στην άλλη πλευρά του εμποδίου.



Σχήμα A.16: Το φαινόμενο της περίθλασης

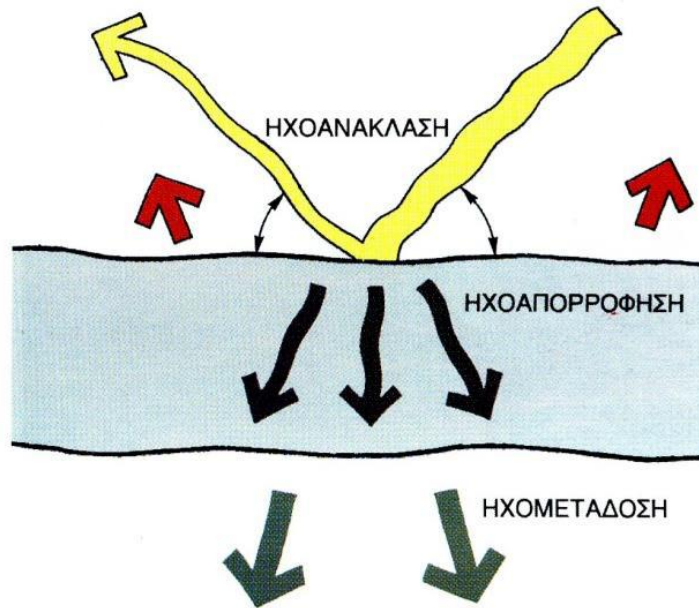
Στους κλειστούς χώρους το φαινόμενο της περίθλασης πραγματοποιείται όταν υπάρχει βαθύς εξώστης (μεγαλύτερος των 2-3 m). Σε αυτήν την περίπτωση οι περισσότερες θέσεις που βρίσκονται κάτω από τον εξώστη στερούνται υψίσυχνους ήχους, για αυτόν τον λόγο τέτοιοι εξώστες, όπως στην παρακάτω εικόνα, πρέπει να αποφεύγονται.



Σχήμα A.17: Απεικόνιση ηχητικής σκιάς κάτω από βαθύ εξώστη

A.7.8 Ηχοαπορρόφηση

Κατά την πρόσπτωση του ήχου σε κάποιο πέτασμα του χώρου, ένα ποσό του ανακλάται και ένα άλλο απορροφάται. **Ηχοαπορρόφηση** ονομάζεται το ποσό του ήχου το οποίο απορροφάται. Όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα ένα μέρος της ηχητικής ενέργειας μετατρέπεται σε θερμότητα εντός του υλικού (ηχοαπορρόφηση) και το υπόλοιπο μεταδίδεται ως ηχητική ενέργεια στο μέσο, που υπάρχει πίσω από το πέτασμα (ηχομετάδοση).



Σχήμα A.18: Το φαινόμενο της ηχοαπορρόφησης

Για τον υπολογισμό της ηχοαπορρόφησης χρησιμοποιείται ο συντελεστής ηχοαπορρόφησης «α», ο οποίος ορίζεται ως το ποσοστό εκ του προσπίπτοντος επί του υλικού ήχου, που δεν ανακλάται και συνδέεται άμεσα με τη γωνία πρόσπτωσης. Η τιμή του συντελεστή ηχοαπορρόφησης κυμαίνεται από 0 έως 1, από την πλήρη ανάκλαση έως την πλήρη απορρόφηση του ήχου.

Επίσης ορίζεται ως ηχοαπορρόφηση επιφάνειας το γινόμενο του συντελεστή «α» επί το εμβαδό της επιφάνειας.

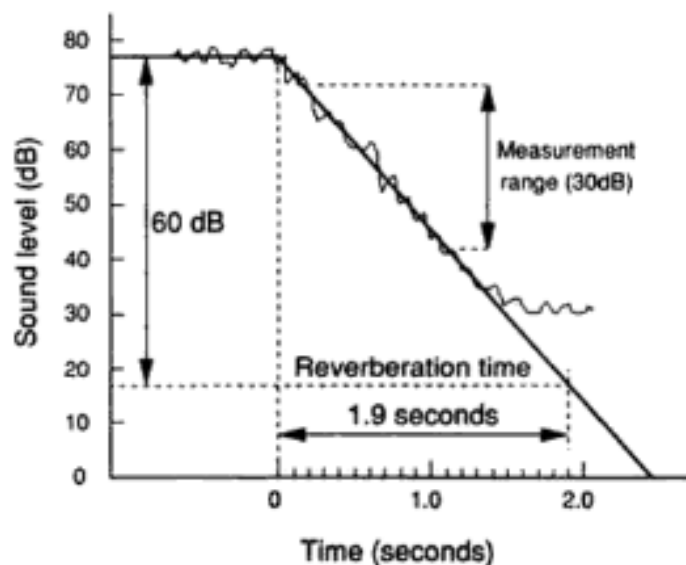
A.7.9 Αντήχηση και χρόνος αντήχησης (RT)

Αντήχηση είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ένας ήχος συνεχίζει να υπάρχει στον χώρο και να είναι ακουστός ακόμη και όταν ο μηχανισμός που τον δημιουργεί έχει πάψει να υφίσταται. Ο **χρόνος αντήχησης (RT)** είναι το μέγεθος του χρόνου που χρειάζεται για να επιτευχθεί μείωση της ηχητικής πίεσης, (που δημιουργείται στο χώρο αυτό από μία ηχητική πηγή) κατά 60 dB, μετά την παύση της, για κάθε συχνότητα και μετριέται σε sec.

Αντί της μέτρησης ή υπολογισμού του χρόνου αντήχησης, σύμφωνα με το βασικό ορισμό, συνήθως μετριέται ή υπολογίζεται στα διάφορα σημεία μιας αίθουσας το χρονικό διάστημα που απαιτείται για τη μείωση της στάθμης από -

5dB σε -35dB (μείωση κατά 30 dB) ή από -5 dB σε -20dB (μείωση κατά 15 dB) ή από 0 dB σε -10 dB (μείωση κατά 10 dB). Για την εύρεση του χρόνου αντήχησης τα αποτελέσματα της πρώτης κατηγορίας μέτρησης διπλασιάζονται, της δεύτερης τετραπλασιάζονται και της τρίτης εξαπλασιάζονται. Τα αντίστοιχα αποτελέσματα συμβολίζονται ως T30 T15 και EDT (από τα αρχικά του όρου Early Decay Time που μπορεί να αποδοθεί ως «αρχικώς» ή «πρώιμος» χρόνος αντήχησης). Η μείωση της στάθμης συναρτήσει του χρόνου δεν είναι ομαλή επομένως, γενικά, οι παράμετροι αυτές δεν έχουν τις ίδιες τιμές.

Για αίθουσες μουσικής ο χρόνος αντήχησης είναι συνήθως πάνω από 2 sec, ενώ ειδικά για αίθουσες «rock» μουσικής όπου επικρατούν μπάσα, πρέπει να είναι μικρότερος από 1.2 sec. Αντίθετα, σε χώρους ομιλίας ο χρόνος αντήχησης δεν πρέπει να ξεπερνά το 1 sec.



Σχήμα A.19: Σχηματική απεικόνιση της απόσβεσης του ήχου σε κλειστό χώρο

Ο Sabine καθόρισε πειραματικά την μεταβλητή αυτή ως:

$$R T = \frac{0.16 V}{\sum_i F_i \alpha_i + Vx}, \quad [s]$$

όπου:

RT: χρόνος αντήχησης [s]

V : όγκος του χώρου [m³]

F_i: επιφάνεια του νιοστού υλικού του χώρου [m²]

α_i: συντελεστής ηχοαπορρόφησης του νιοστού υλικού [%] ή [Sab]

x: ηχοαπορρόφηση του αέρα ανά μονάδα όγκου [%] ή [Sab]

v: το πλήθος των ηχοαπορροφητικών υλικών στο χώρο

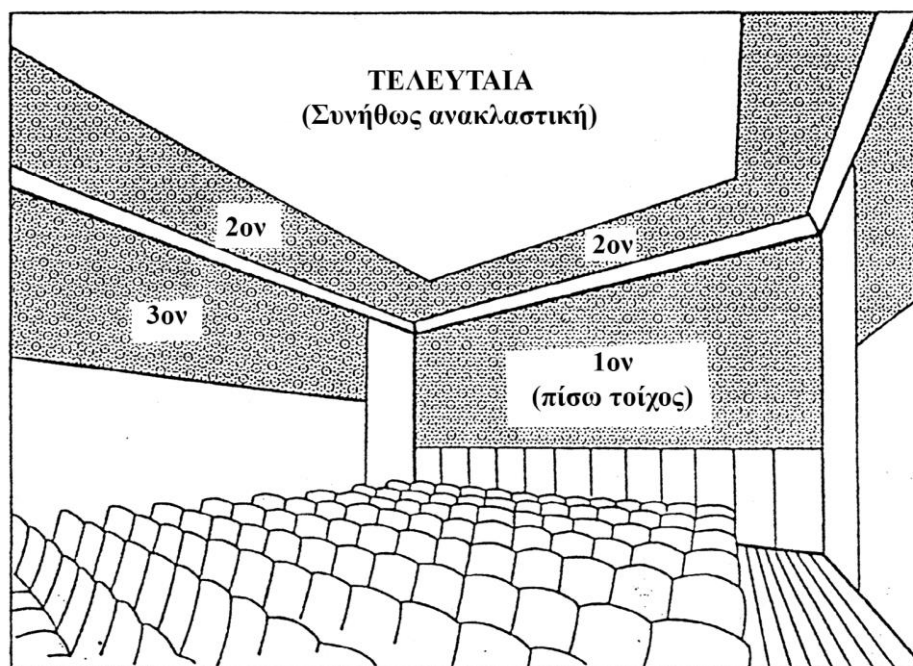
Απαραίτητη προϋπόθεση για να ισχύει ο παραπάνω τύπος είναι το διάχυτο ηχητικό πεδίο.

Με τη χρήση του συγκεκριμένου τύπου μπορούν να υπολογιστούν τα τετραγωνικά ηχοαπορρόφησης που απαιτούνται, εφόσον δίνεται ο χρόνος αντήχησης.

Ιδιαίτερη προσοχή κατά την χρήση αυτού του τύπου θα πρέπει να δωθεί σε χώρους με μεγάλη αναλογία ηχοαπορρόφησης (δηλαδή σε χώρους όπου χρησιμοποιείται ηχοαπορροφητικό δάπεδο και οροφή), καθώς και σε αίθουσες με μορφολογημένη οροφή που ανακλά σχεδόν το σύνολο του ήχου απευθείας στο ακροατήριο.

Τέλος, επισημαίνεται ότι κατά κανόνα ο πραγματικός χρόνος αντήχησης προκύπτει μικρότερος των υπολογισμών, κάτι μπορεί να αποδειχθεί ολέθριο για παράδειγμα σε αίθουσες συναυλιών.

Η επιλογή τοποθέτησης των ηχοαπορροφητικών υλικών σε μία αίθουσα καλό είναι να ακολουθεί τον κανόνα που απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα A.20: Βέλτιστη τοποθέτηση ηχοαπορροφητικών υλικών σε αίθουσα ομιλίας

Χρόνος αντήχησης με ακροατήριο

Στις περισσότερες περιπτώσεις ο χρόνος αντήχησης μετρίεται χωρίς ακροατήριο χάριν ευκολίας και για τον υπολογισμό του με ακροατήριο πρέπει να γίνει κατάλληλη τροποποίηση, έτσι ώστε να ληφθεί υπόψιν η ηχοαπορρόφηση του κοινού.

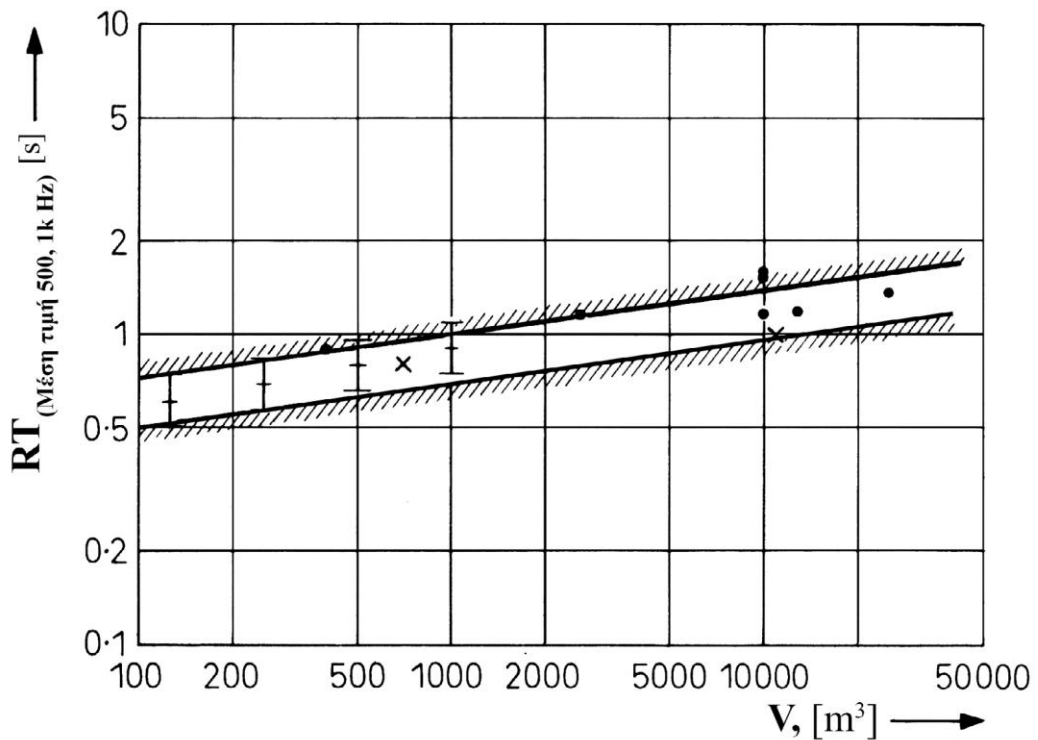
Μέσω του τύπου του χρόνου αντήχησης, μπορεί να υπολογιστεί η επιφάνεια των ηχοαπορροφητικών υλικών δεδομένου του όγκου της αίθουσας. Έπειτα, υπολογίζεται η πρόσθετη ηχοαπορρόφηση που προσφέρει το ακροατήριο (σχήμα A.20) και προκύπτει εκ νέου η συνολική ηχοαπορροφητική επιφάνεια. Τέλος, μέσω της παραπάνω διαδικασίας καταλήγουμε στον χρόνο αντήχησης έχοντας λάβει υπόψιν την ύπαρξη ακροατηρίου.

No	ΥΛΙΚΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΑΙ [S_{ab}/m^2] Οκταβικές ζώνες [Hz]					
		125	250	500	1000	2000	4000
1	Ακροατήριο ²	0.39	0.57	0.80	0.94	0.92	0.92
2	Ντυμένα με στόφα καθίσματα, μη κατειλημένα ²	0.32	0.50	0.73	0.87	0.85	0.85
3	Δερμάτινα καθίσματα, μη κατειλημένα ²	0.12	0.20	0.28	0.34	0.34	0.34
4	Επίχρισμα ή παχύ ξύλο 2.5 cm με κενό ²	0.19	0.14	0.09	0.06	0.06	0.05
5	Επίχρισμα επι beton ²	0.12	0.09	0.07	0.05	0.05	0.05
6	beton ²	0.02	0.02	0.02	0.04	0.05	0.05
7	Επένδυση λεπτού ξύλου ²	0.42	0.21	0.10	0.08	0.06	0.06
8	Κουρτίνα (βελούδο με πτυχές) ²	0.06	0.31	0.44	0.80	0.75	0.75
9	Αέρας ³	-	-	-	0.003 ⁴	0.007 ⁴	0.02 ⁴
10	Επίχρισμα 3 cm επι πλέγματος μεταλλικού ¹	0.14	0.10	0.06	0.05	0.04	0.03
11	Γυψοσανίδα, 2 στρώσεις 3.2 cm ¹	0.28	0.12	0.10	0.17	0.13	0.09
12	Υαλοπίνακες ¹	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
13	Τσιμεντένιο δάπεδο ¹	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
14	Πλαστικό δάπεδο	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
15	Ξύλινο παρκέ επί τσιμεντένιας βάσης ¹	0.04	0.04	0.07	0.06	0.06	0.07
16	Σανίδι επί δοκίδων ¹	0.15	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10
17	Μοκέτα παχειά επί τσιμεντένιας βάσης ¹	0.02	0.06	0.14	0.37	0.60	0.65
18	Μοκέτα παχειά με λαστιχένιο υπόστρωμα ¹	0.08	0.24	0.57	0.69	0.71	0.73
19	Μοκέτα λεπτή επί τσιμεντένιας βάσης ¹	0.02	0.04	0.08	0.20	0.35	0.40

Σημειώσεις:
¹(Beranek, 1996)
²(Barron, 1993)
³(Parkin & Humphreys, 1969)
⁴Οι συντελεστές ηχοαπορρόφησης δίδονται ανά m³ αέρα.

Σχήμα Α.21: Συντελεστές ηχοαπορρόφησης

Για τον υπολογισμό του επιθυμητού εύρους τιμών του χρόνου αντήχησης με ακροατήριο μπορεί να ληφθεί υπόψιν το παρακάτω διάγραμμα, όπου φαίνεται η ιδανική συσχέτιση όγκου και χρόνου αντήχησης.



Σχήμα A.22: Επιθυμητές τιμές του χρόνου αντήχησης (RT) για αίθουσες ακρόασης ομιλίας με ακροατήριο συναρτήσει του όγκου (V) του χώρου

Ένα ακόμα σημαντικό κριτήριο για να υπάρχει επιθυμητός χρόνος αντήχησης αφορά τον όγκο ανά άτομο της αίθουσας, συνιστώμενες τιμές του οποίου φαίνονται παρακάτω.

Συνιστώμενος όγκος ανά άτομο [m³] (Doelle 1972)		
Ελάχιστος 2.3	Βέλτιστος 3.1	Μέγιστος 4.3

A.7.10 Ηχώ

Ένας ακροατής, που βρίσκεται σε έναν χώρο δέχεται διαδοχικά το απευθείας ηχητικό κύμα, καθώς και εκείνα που έρχονται από τις διάφορες ανακλάσεις σε διαφορές χρόνου, που εξαρτώνται από τις διαφορές δρόμου των διαφόρων ηχητικών κυμάτων.

Αν από μια πηγή που βρίσκεται σε έναν κλειστό χώρο εκπνεμφθεί ένας ήχος, ο ήχος αυτός γίνεται αμέσως ακουστός από κάποιον που βρίσκεται στον ίδιο χώρο. Αν αμέσως μετά ακουστεί το ανακλώμενο ηχητικό σήμα σαν ξεχωριστό ηχητικό γεγονός, το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **ηχώ**.

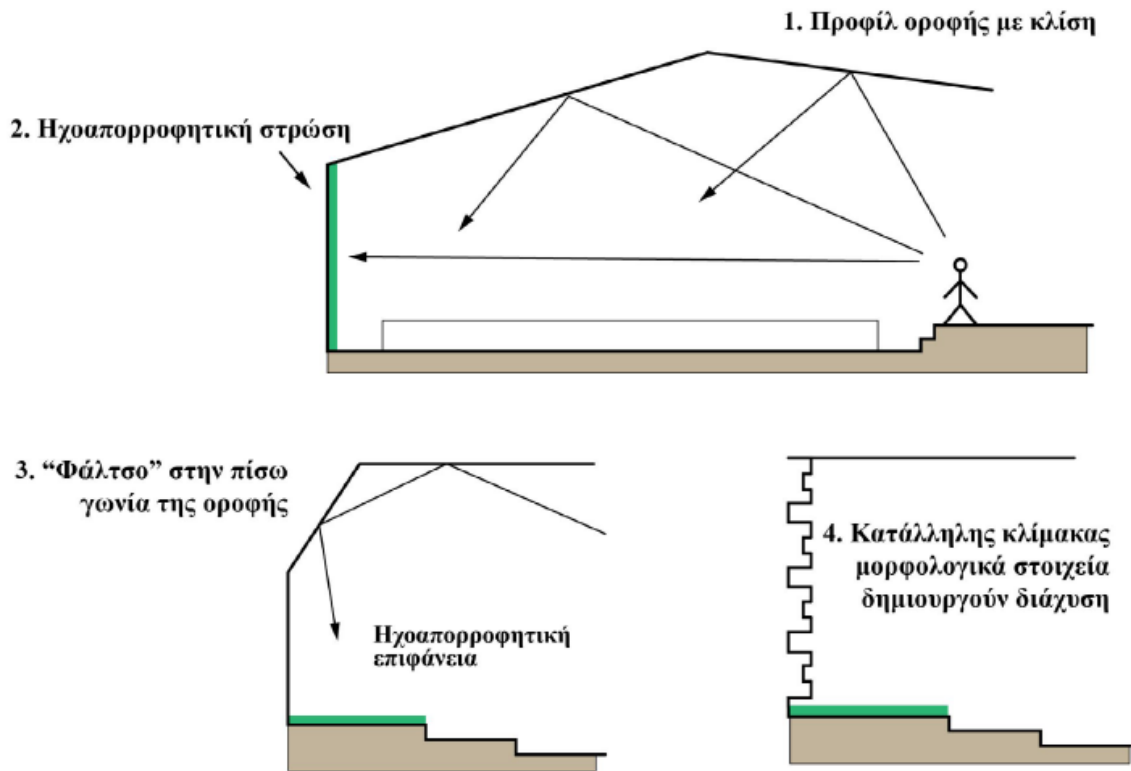
Για χρονικές διαφορές μικρότερες από 0,035s, που αντιστοιχούν σε διαφορές πορείας 12 m δε δημιουργείται ηχώ. Στην περίπτωση αυτή, τα ανακλώμενα κύματα ενεργούν προσθετικά, αυξάνοντας την ακουστική εντύπωση. Για χρονικές διαφορές μεταξύ 0.035s και 0.05s δημιουργείται ένα φαινόμενο, που πλησιάζει τόσο περισσότερο προς την ηχώ, όσο οι διαφορές πλησιάζουν προς το μεγαλύτερο όριο. Τέλος, για χρονικές διαφορές μεγαλύτερες από 0,05s για ήχους μικρής διάρκειας ή από 0,01s για ήχους μεγαλύτερης διάρκειας (που αντιστοιχούν σε διαφορές δρόμου περίπου 14 m και 34m) εμφανίζεται η ηχώ. Ως στοιχείο συγκρίσεως αναφέρεται ότι μια μέση συλλαβή διαρκεί 0,1 s και το διάστημα μεταξύ δύο λέξεων είναι 0,2 s περίπου.



Σχήμα A.23: Προϋποθέσεις δημιουργίας ηχούς

$$[(SAB)-(SB)] \geq \left\{ \begin{array}{l} 14.0 \text{ m (ομιλία)} \\ 34.0 \text{ m (μουσική)} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{HX}\Omega$$

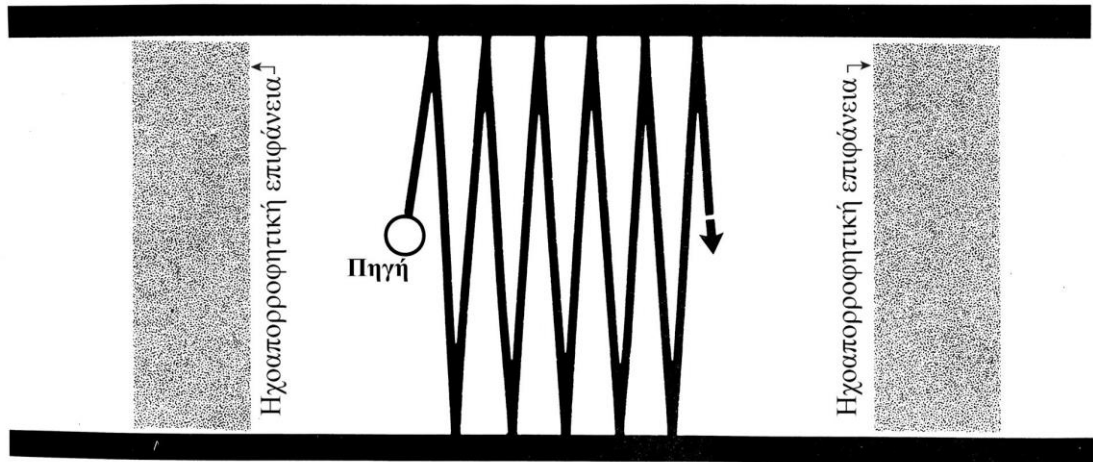
Παρακάτω φαίνονται ορισμένες τεχνικές σχεδιασμού αποφυγής της ηχούς.



Σχήμα A.24: Τεχνικές σχεδιασμού αποφυγής της ηχούς σε κλειστό χώρο

A.7.11 Πλαταγισμός (Flutter echo)

Ο πλαταγισμός είναι το αποτέλεσμα μίας σχετικά έντονης επαναλαμβανόμενης ανάκλασης που μπορεί να συμβεί για παράδειγμα μεταξύ παράλληλων ανακλαστικών επιφανειών, υπό την προϋπόθεση ότι οι άλλες επιφάνειες του χώρου είναι ηχοαπορροφητικές. Ο πλαταγισμός συνήθως συνοδεύεται από κάποια χρωματική αλλοίωση του ήχου, διότι κάποιες συχνότητες αυτού αντιστοιχούν σε στάσιμα κύματα (συχνότητες συντονισμού) του χώρου.



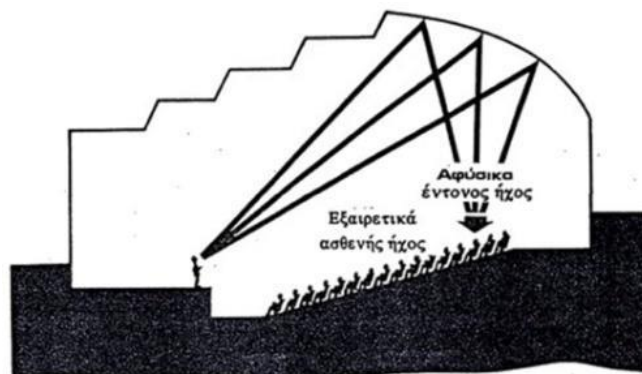
Σχήμα A.25: Σχηματική απεικόνιση ανάπτυξης πλαταγισμού (SRL, 1976)

Ορισμένοι τρόποι σχεδιασμού αποφυγής πλαταγισμού είναι η εξής :

- Αποφυγή παραλληλίας μεταξύ αντικρουστών παρειών του χώρου.
- Χρήση ηχοαπορροφητικής επένδυσης σε μία τουλάχιστον επιφάνεια για κάθε ζεύγος παραλλήλων παρειών του χώρου.
- Χρήση μορφολογικών στοιχείων (δημιουργία διάχυτου ήχου) σε μία τουλάχιστον επιφάνεια για κάθε ζεύγος παραλλήλων παρειών του χώρου.

A.7.12 Εστιασμός του ήχου

Οι ανακλάσεις μίας σημειακής πηγής σε κοίλες επιφάνειες δημιουργούν φαινόμενα εστιασμού. Τα φαινόμενα αυτά είναι ανεπιθύμητα, επειδή δημιουργούν μεγάλη ανομοιομορφία (με ισχυρή συγκέντρωση) της ηχητικής ισχύος σε περιορισμένη ζώνη .



Σχήμα A.26: Φαινόμενο εστιασμού (SRL, 1976)

Ορισμένες τεχνικές αποφυγής πλαταγισμού είναι η εξής :

- Αποφυγή κοίλων επιφανειών.
- Χρήση στοιχείων διάχυσης στις κοίλες επιφάνειες.
- Χρήση αναρτημένων στοιχείων που αποτρέπουν τον εστιασμό του ήχου στην κοίλη οροφή.
- Χρήση ηχοαπορροφητικής επένδυσης σε κοίλες επιφάνειες.
- Τα εστιακά σημεία της κοίλης επιφάνειας να επιλέγονται εκτός του επιπέδου ακρόασης.

A.7.13 Στάθμη θορύβου σε χώρους ομιλίας

Ο έλεγχος του θορύβου είναι πρωταρχικής σημασίας στόχος στον ακουστικό σχεδιασμό χώρων ομιλίας. Για ομιλία σε κλειστούς χώρους σχετικά χαμηλού χρόνου αντήχησης (<1 sec) με απόσταση μεταξύ ομιλητή και ακροατή περίπου ενός μέτρου, αν η στάθμη θορύβου είναι μέχρι 35 dBA, η κατανόηση ομιλίας είναι απόλυτα ικανοποιητική και, με θόρυβο της τάξεως των 45 dBA, αρκετά ικανοποιητική. Με μεγάλη προσπάθεια του ομιλητή και εάν ο θόρυβος δεν έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, είναι δυνατή κάποια κατανόηση της ομιλίας με θόρυβο μέχρι 65 dBA. Τα όρια αυτά πρέπει να μειωθούν στην περίπτωση κατά την οποία ο ακροατής έχει κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά προβλήματα ακοής, μεγάλη ηλικία.

Η εκτίμηση της ανεκτής στάθμης θορύβου δεν είναι ιδιαίτερα εύκολη, διότι σημαντικό ρόλο στο θέμα αυτό παίζει ο υποκειμενικός παράγοντας. Βέβαια, έχουν προταθεί στη βιβλιογραφία τιμές ανεκτής στάθμης θορύβου σε συνάρτηση με τη χρήση του χώρου και ονομάζονται κριτήρια θορύβου (Noise Criteria - NC). Γενικά, προτείνεται η στάθμη της φωνής να είναι τουλάχιστον κατά 10 dBA μεγαλύτερη εκείνης του θορύβου .

Δραστηριότητα	NC
Αποδεκτές συνθήκες εργασίας με την ελάχιστη λεκτική παρέμβαση. (Βιομηχανικές περιοχές, εμπορικές περιοχές, όπως γκαράζ, κλειστά πάρκινγκ αυτοκινήτων, πλυντήρια, κ.τ.λ.)	45 - 55
Αποδεκτές οι μέτριες συνθήκες ακουστικής. (Χώροι με μηχανήματα γραφείου, καφετέριες, χώροι εργοστασίων, διάδρομοι, μπάνια, κ.τ.λ.)	40 - 45
Απαιτούμενες οι σχετικά καλές συνθήκες ακουστικής. (Μεγάλα γραφεία, εστιατόρια, κ.τ.λ.)	35 - 40
Απαιτούμενες οι καλές συνθήκες ακουστικής. (Ιδιωτικά γραφεία, τάξεις, βιβλιοθήκες, κ.τ.λ.)	30 - 35
Ύπνος, ξεκούραση. (Σπίτια, διαμερίσματα, ξενοδοχεία, νοσοκομεία, κ.τ.λ.)	20 - 30
Απαιτούμενες οι πολύ καλές συνθήκες ακουστικής. (Αμφιθέατρα, θέατρα, εκκλησίες, κ.τ.λ.)	25
Απαιτούμενες οι άριστες συνθήκες ακουστικής. (Αίθουσες συναυλιών, τηλεοπτικά στούντιο.)	20
Απαιτούμενες οι εξειδικευμένες συνθήκες ακουστικής. (Πειραματικά ακουστικά εργαστήρια, κ.τ.λ.)	15

Σχήμα Α.27: :Κριτήρια θορύβου (αποδεκτές τιμές θορύβου) σε dB ανάλογα με τη λειτουργία του χώρου (SRL, 1976)

Γίνεται διάκριση σε τρεις κατηγορίες της στάθμης ηχητικής πίεσης σε ένα χώρο με συγκεκριμένη χρήση:

1. Η επιθυμητή στάθμη (ανώτατο όριο), η οποία καθορίζεται από τα κριτήρια ποιότητας και άνεσης ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζεται.
2. Η στάθμη, η οποία στατιστικά αναμένεται να υπάρξει στο χώρο αυτό.
3. Η στάθμη, η οποία μετριέται σε ένα χώρο σε δεδομένη στιγμή και με συγκεκριμένες συνθήκες.

Επειδή η στάθμη ηχητικής πίεσης δεν είναι, γενικά, σταθερή κατά τη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος, το οποίο ενδεχομένως παρουσιάζει ενδιαφέρον, είναι απαραίτητη η γνώση της στατιστικής κατανομής της στάθμης κατά τη διάρκεια του διαστήματος αυτού. Το διάστημα αυτό μπορεί να είναι, π.χ., ένα λεπτό, μια ώρα, οχτώ ώρες, διάρκεια νύχτας, διάρκεια ημέρας, 2 4 ώρες.

Ένα μέγεθος το οποίο χρησιμοποιείται συχνά είναι η ισοδύναμη στάθμη ηχητικής πίεσης και είναι η μέση τετραγωνική τιμή για το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα. Ο υπολογισμός του μεγέθους αυτού είναι εξαιρετικά δυσχερής. Όμως υπάρχουν εύχρηστα όργανα, τα οποία μετρούν απευθείας το L_{Aeq} κατά το διάστημα μέτρησης. Το μέγεθος αυτό μπορεί να οριστεί και μετρηθεί είτε σε ζώνες συχνοτήτων είτε συνολικά σε dBA.

Η ισοδύναμη στάθμη ηχητικής πίεσης είναι ένα μέγεθος το οποίο δίνει μια σαφή εικόνα για τη μέση, μετριέται εύκολα και με απλές, σχετικά χαμηλού κόστους συσκευές.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

«ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ»

B.1 Ανάλυση σε παράγοντες (Factor Analysis)

B.1.1 Θεωρία της μεθόδου

Η παραγοντική ανάλυση είναι μια στατιστική μέθοδος που έχει σκοπό να βρει την ύπαρξη κοινών παραγόντων ανάμεσα σε μια ομάδα μεταβλητών. Έτσι εκφράζοντας αυτούς τους παράγοντες μπορούμε:

- Να μειώσουμε τις διαστάσεις του προβλήματος. Αντί να δουλεύουμε με τις αρχικές μεταβλητές να δουλέψουμε με λιγότερες αφού οι παράγοντες είναι έτσι κατασκευασμένοι ώστε να διατηρούν όσο γίνεται την πληροφορία που υπήρχε στις αρχικές μεταβλητές.
- Να δημιουργήσουμε νέες μεταβλητές, τους παράγοντες, στις οποίες μπορούμε με έναν υποκειμενικό τρόπο να αναγνωρίσουμε ως κάποιες μη μετρήσιμες μεταβλητές όπως η αντίληψη του ήχου από τον ακροατή.
- Να εξηγήσουμε τις συσχετίσεις που υπάρχουν στα δεδομένα, για τις οποίες έχουμε υποθέσει ότι οφείλονται αποκλειστικά στην ύπαρξη κάποιων παραγόντων που δημιούργησαν τα δεδομένα.

Αυτό που πρέπει να έχει κανείς υπόψη του είναι πως η παραγοντική ανάλυση προσπαθεί περισσότερο να ερμηνεύσει την δομή παρά την μεταβλητότητα.

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι της παραγοντικής ανάλυσης, η Ανάλυση σε Κύριες Συνιστώσες (principal component analysis) και η κλασσική Ανάλυση Παραγόντων.

Το μοντέλο της ανάλυσης σε κύριες συνιστώσες εκφράζεται ως:

$$x_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + \dots + a_{in}F_n$$

Όπου: x_i : για $i=1\dots n$ είναι οι αρχικές μεταβλητές

F_j : για $i=1\dots n$ είναι οι παράγοντες

n : ο συνολικός αριθμός παραγόντων, που αντιστοιχεί στο σύνολο των μεταβλητών

Η κλασσική παραγοντική ανάλυση εκφράζεται ως:

$$x_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + \dots + a_{im}F_m + d_iU_i$$

Όπου: U_i : μοναδικός παράγοντας που αντιστοιχεί στην μεταβλητή για

$i=1\dots m$

d_j : γ

m : ο συνολικός αριθμός παραγόντων

Το μοντέλο της κλασσικής ανάλυσης παραγόντων υποθέτει την ύπαρξη της μοναδικής συσχέτισης που συνδέεται με κάθε μεταβλητή και την ύπαρξη κάποιας σχέσης μεταξύ των μεταβλητών. Η μοναδική συσχέτιση υπολογίζεται και εξάγεται από τις εξισώσεις έτσι ώστε η λύση των εξισώσεων να βασίζεται μόνο στην συνήθη συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών. Και στα δύο μοντέλα οι συντελεστές a_{ij} επιλέγονται με τέτοιο τρόπο ώστε να ικανοποιούν τις ακόλουθες συνθήκες:

- 1) Οι παράγοντες είναι γραμμικοί συνδυασμοί των αρχικών μεταβλητών
- 2) Οι παράγοντες είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους και
- 3) Οι παράγοντες έχουν εξαχθεί με φθίνουσα σειρά ως προς την σημασία, για παράδειγμα ο πρώτος παράγοντας αντιστοιχεί στο μεγαλύτερο ποσοστό της συσχέτισης των αρχικών δεδομένων.

Ο υπολογισμός των συντελεστών a_{ij} αποκαλείται φόρτιση παραγόντων.

B.1.2 Εξαγωγή των αρχικών παραγόντων

Ποικιλία μεθόδων είναι διαθέσιμες για την επίλυση μοντέλων της ανάλυσης παραγόντων. Αυτές οι μέθοδοι έχουν σκοπό να καταλήξουν σε αυτό που αποκαλείται αρχικός πίνακας παραγόντων. Αυτό που είναι κοινό σε όλες αυτές τις

μεθόδους είναι ότι ο πρώτος παράγοντας που εξάγεται τείνει να είναι ένας γενικός παράγοντας· σχεδόν κάθε μεταβλητή παρουσιάζει σημαντική φόρτιση στο πρώτο παράγοντα.

Δεδομένου του αρχικού πίνακα παραγόντων είναι πιθανό να αποφασίσει κανείς τον αριθμό των παραγόντων που θα διατηρηθούν. Αν και για αυτή την απόφαση δεν υπάρχει κάποιο απόλυτο κριτήριο, η ανάλυση μπορεί να τερματιστεί όταν ο αριθμός των παραγόντων που έχουν διατηρηθεί ερμηνεύουν ένα σημαντικά υψηλό ποσοστό της συσχέτισης των αρχικών δεδομένων.

Πληθώρα κριτηρίων είναι διαθέσιμα για την απόφαση των παραγόντων που δεν θα ληφθούν υπόψη. Σύμφωνα με το κριτήριο του Kaiser, παράγοντες με ιδιοτιμή μικρότερη της μονάδας αγνοούνται. Αυτό επειδή τέτοιοι παράγοντες αποτελούνται από διακύμανση σφάλματος που είναι δύσκολο να ερμηνευτεί.

Ένα ακόμη κριτήριο είναι αυτό που βασίζεται στο γράφημα των ιδιοτιμών ως προς τον αύξοντα αριθμό των παραγόντων (scree plot). Το σημείο από το οποίο και μετά η καμπύλη έχει απότομη πτώση υποδεικνύει ότι μέχρι εκεί θα διατηρηθούν και θα εκτιμηθούν οι παράγοντες.

B.1.3 Περιστροφή των παραγόντων

Ο σκοπός της περιστροφής του αρχικού πίνακα παραγόντων είναι η εύρεση απλών και ερμηνεύσιμων παραγόντων.

Οι βασικές μέθοδοι περιστροφής είναι οι ακόλουθοι:

- **Varimax** : Προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει τον αριθμό των μεταβλητών που έχουν μεγάλες επιβαρύνσεις για κάθε παράγοντα
- **Quartimax** : Προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει τον αριθμό των παραγόντων που εξηγούν μια μεταβλητή.
- **Equimax** : Συνδυασμός των Varimax και Quartimax
- **Oblique** : Μη ορθογώνια περιστροφή. Οι άξονες που προκύπτουν δεν είναι πια ορθογώνιοι (και οι παράγοντες δεν είναι ανεξάρτητοι). Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων είναι πιο δύσκολη.

B.1.4 Υπολογισμός του τυπικού σφάλματος φόρτισης

Ο υπολογισμός του τυπικού σφάλματος της φόρτισης που επιδρά σ' ένα παράγοντα μπορεί να υπολογιστεί από τον ακόλουθη σχέση:

$$[\text{τυπικό σφάλμα φόρτισης}] = [\text{τυπικό σφάλμα συσχέτισης}] * \sqrt{\frac{n}{n+1-r}}$$

Όπου n :το πλήθος των μεταβλητών

r :η σειρά εξαγωγής του παράγοντα, π.χ. $r=1,2,3$ για τον πρώτο, δεύτερο και τρίτο παράγοντα αντιστοίχως

Το τυπικό σφάλμα της συσχέτισης για συγκεκριμένο επίπεδο σημαντικότητας (στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε επίπεδο σημαντικότητας 1%) είναι μία συνάρτηση του μεγέθους του δείγματος που χρησιμοποιείται στην ανάλυση και μπορεί να βρεθεί από τον παρακάτω πίνακα (Child 1970).

Τιμές των συσχετίσεων που απαιτούνται		
Μέγεθος του δείγματος	Επίπεδο σημαντικότητας 5%	Επίπεδο σημαντικότητας 1%
5	0,755	0,875
10	0,576	0,714
15	0,483	0,605
20	0,425	0,538
25	0,380	0,488
30	0,338	0,440
35	0,320	0,417
40	0,300	0,394
45	0,280	0,370
50	0,262	0,346
60	0,248	0,328
70	0,233	0,308
80	0,220	0,290
90	0,206	0,272

100	0,194	0,255
150	0,158	0,209
200	0,137	0,182
250	0,125	0,163
500	0,088	0,115

Το συμπέρασμα που συνάγεται από την εκτίμηση του τυπικού σφάλματος της φόρτισης είναι ότι οι αριθμητικές τιμές της κάθε μεταβλητής ακολουθούν την κανονική κατανομή.

B.2 Ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA – Analysis of Variance)

Η Ανάλυση της Διακύμανσης χρησιμοποιείται για να εξετασθεί η υπόθεση ότι οι μέσες τιμές δύο ή περισσότερων δειγμάτων είναι ίσες, με την προϋπόθεση ότι τα δείγματα ακολουθούν κανονική κατανομή. Το ANOVA test δείχνει σε πιο ποσοστό σημαντικότητας οι τιμές που προέκυψαν είναι πραγματικά διαφορετικές ή η διακύμανση τους είναι τυχαία.

Στην ουσία ελέγχουμε την παρακάτω μηδενική υπόθεση ως προς την εναλλακτική :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_j$$

Έχουμε τον παρακάτω πίνακα :

Treatment (Επίπεδο)	Παρατηρήσεις				Άθροισμα	Μέσος Όρος
1	Y_{11}	Y_{12}	...	Y_{1n}	$Y_{1.}$	\bar{Y}_1
2	Y_{21}	Y_{22}	...	Y_{2n}	$Y_{2.}$	\bar{Y}_2

...	
a	Y_{a1}	Y_{a2}	...	Y_{an}	$Y_{a.}$	$\bar{Y}_{a.}$
					$Y_{..}$	$\bar{Y}_{..}$

Όπου :

$$y_{i.} = \sum_{j=1}^n y_{ij} , \bar{y}_{i.} = \frac{y_{i.}}{n} \text{ και } y_{..} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n y_{ij} , \bar{y}_{..} = \frac{y_{..}}{N}$$

και ειδικότερα

- N : Συνολικός αριθμός παρατηρήσεων
- n : Αριθμός παρατηρήσεων σε κάθε επίπεδο
- $1 < i < a$ και $1 < j < n$

Ένα μοντέλο που θα περιγράφει καλύτερα τα δεδομένα είναι :

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Όπου :

τ_i = το ποσό που επιδρά το i επίπεδο στο μοντέλο $\sum_{i=1}^a \tau_i = 0$

μ = σταθερό

ε_{ij} = τα σφάλματα τα οποία είναι ανεξάρτητα και ακολουθούν $N(0, \sigma^2)$

Έτσι προχωράμε στον έλεγχο της υπόθεσης :

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_a$$

$$H_1 : \tau_1 \neq 0 \text{ για τουλάχιστον ένα } i$$

$$SST = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{y_{..}^2}{N} \quad \text{και} \quad SStr = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a y_{i.}^2 - \frac{y_{..}^2}{N}$$

$$SST = SStr + SSe$$

Η ποσότητα SSe (άθροισμα τετραγώνων των σφαλμάτων) μετρά την συνολική μεταβλητότητα εντός του δείγματος.

Η ποσότητα SStr (άθροισμα τετραγώνων αποκλίσεων των μέσων τιμών των δειγμάτων για κάθε παράγοντα, από τον γενικό μέσο) αποτελεί το μέτρο μεταξύ των δειγμάτων μεταβλητότητας.

Οι βαθμοί ελευθερίας είναι για :

- Διασπορά παράγοντα : $a-1$
- Διασπορά υπολοίπων : $a(n-1) = an - a = N - a$
- Οι συνολικοί βαθμοί ελευθερίας είναι $a(n-1)$ (οι βαθμοί ελευθερίας έχουν προσθετική ιδιότητα)

$$\text{Ορίζουμε : } MS_{tr} = \frac{SS_{tr}}{a-1}, \quad MS_E = \frac{SS_E}{N-a} \quad \text{και} \quad F_0 = \frac{MS_{tr}}{MS_E}$$

F_0 είναι ο λόγος των τετραγώνων που οφείλονται στη παλινδρόμηση και στα υπόλοιπα.

$$\text{Αποδεικνύεται ότι : } F_0 = \frac{MS_{tr}}{MS_E} \approx F_{a, a-1, N-a}$$

B.3 Απλή γραμμική ανάλυση παλινδρόμησης (Simple Linear Regression Analysis)

Απλή Γραμμική Παλινδρόμηση

Η ανάλυση (απλής) παλινδρόμησης είναι μια στατιστική μεθοδολογία η οποία απεικονίζει ουσιαστικά την σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών έτσι ώστε η μια μεταβλητή να μπορεί να προβλεφθεί από την άλλη.

Χρησιμοποιείται πλέον ευρέως σαν μεθοδολογία σε τομείς όπως κοινωνικές επιστήμες, βιολογία, οικονομικά αλλά και στην διοίκηση επιχειρήσεων (για προβλέψεις τιμών, πωλήσεων κλπ.).

Ορισμένα παραδείγματα εφαρμογής της μεθοδολογίας είναι:

- Η διερεύνηση της σχέσης πωλήσεων και διαφημιστικής δαπάνης (και πρόβλεψη πωλήσεων), η διερεύνηση ύψους και βάρους, εισοδήματος και κατανάλωσης κλπ.

Το πρώτο βήμα για να πραγματοποιηθεί η μελέτη αυτή είναι η κατασκευή μιας μαθηματικής εξίσωσης (μοντέλου) που να περιγράφει την σχέση μεταξύ των 2 υπό εξέταση μεταβλητών. Εδώ θα μελετήσουμε την απλούστερη περίπτωση (που όμως έχει μεγάλη εφαρμογή και χρησιμοποιείται ευρέως σε πραγματικά προβλήματα) της απλής γραμμικής σχέσης μεταξύ των 2 υπό εξέταση μεταβλητών.

Μοντέλο Απλής Γραμμικής Παλινδρόμησης

Στη περίπτωση αυτή έχουμε μια εξαρτημένη μεταβλητή (Y) και μια ανεξάρτητη μεταβλητή X (predictor variable) μέσω της οποίας υπολογίζονται οι τιμές της Y και η εξίσωση(παλινδρόμησης) η οποία τις συνδέει είναι γραμμική.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \epsilon_i$$

όπου

- Y_i είναι η τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής στην i παρατήρηση της X μεταβλητής.
- β_0, β_1 παράμετροι
- X_i είναι η τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής στην i παρατήρηση

- ε_i είναι το τυχαίο σφάλμα και ισχύει $E(\varepsilon_i) = 0$ και $\sigma^2(\varepsilon_i) = \sigma^2$. Επίσης τα σφάλματα θεωρούμε ότι είναι ασυσχέτιστα, δηλαδή ισχύει $\sigma(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0$, για κάθε $i \neq j$
- Οι ακριβείς τιμές της Y διαφέρουν από τις αναμενόμενες κατά ένα «ανεξήγητο» τυχαίο σφάλμα: $Y_i = E[Y_i] + \varepsilon_i = b_0 + b_1 X_i + \varepsilon_i$

Υποθέσεις της απλής γραμμικής παλινδρόμησης

- Η σχέση ανάμεσα στα X και Y μοιάζει με μία ευθεία.
- Οι τιμές της ανεξάρτητης μεταβλητής X θεωρούνται γνωστές (όχι τυχαίες); η μοναδική τυχειότητα στις τιμές της Y εμφανίζεται από την ύπαρξη του σφάλματος ε_i .
- Τα σφάλματα ε_i κατανέμονται κανονικά με μέσο 0 και διακύμανση σ^2 . Τα σφάλματα διαδοχικών παρατηρήσεων είναι ασυσχέτιστα (δεν αλληλεξαρτώνται).
 - Άρα: $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$

Χαρακτηριστικά Μοντέλου Παλινδρόμησης

- Η εξαρτημένη μεταβλητή Y_i αποτελείται από 2 μέρη. Απο το σταθερό όρο (ντετερμινιστικό) $\beta_0 + \beta_1 X_i$ και από τον τυχαίο όρο ε_i . Επομένως η εξαρτημένη μεταβλητή Y είναι μια τυχαία μεταβλητή.
- Απο την στιγμή που ισχύει ότι $E(\varepsilon_i) = 0$, ισχύει οτι $E(Y_i) = \beta_0 + \beta_1 X_i$. Η μεταβλητή Y_i απέχει από την προβλεπόμενη τιμή μέσω της εξίσωσης παλινδρόμησης εξαιτίας του τυχαίου όρου ε_i .
- Ισχύει ότι $\sigma^2(Y_i) = \sigma^2(\beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i) = \sigma^2(\varepsilon_i) = \sigma^2$
- τα τυχαία σφάλματα ε_i θεωρούμε ότι είναι ασυσχέτιστα.

Ερμηνεία παραμέτρων παλινδρόμησης

- β_0 : Είναι ουσιαστικά το σημείο τομής της ευθείας (εξίσωσης) παλινδρόμησης με τον άξονα των Y . Δίνει ουσιαστικά το μέσο της συνάρτησης πιθανότητας στο $X=0$. Όταν η τιμή $X=0$ δεν παίζει κάποιο ρόλο στο μοντέλο, δεν έχει η παράμετρος κάποιο συγκεκριμένο νόημα.
- β_1 : Είναι η κλίση της ευθείας παλινδρόμησης και σημαίνει αλλαγή στην μέση τιμή της συνάρτησης πιθανότητας του Y ανά μονάδα αύξησης του X .

Παράδειγμα

Έχουμε για 10 χρόνια δεδομένα για εισόδημα και κατανάλωση μιας οικογένειας και θέλουμε να εκτιμήσουμε το γραμμικό μοντέλο το οποίο συνδέει το εισόδημα και την κατανάλωση.

$$Income(Y) = \alpha + \beta * consumption(X) + \varepsilon$$

'Εισόδημα'	'Κατανάλωση'
15478	11214
14574	10321
21456	14587
18541	15624
19213	15420
22147	15641
20011	13548
19654	11110
21547	12584
17412	9852

Διαμορφώνουμε τα δεδομένα και δημιουργούμε στο R το γραμμικό μοντέλο το οποίο συνδέει εισόδημα και κατανάλωση.

Εκτιμήθηκαν οι εκτιμητές του μοντέλου με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.

$$\hat{\alpha} = 9816.5516$$

$$\hat{\beta} = 0.7072$$

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-2541.7	-2079.1	620.6	1309.8	2830.9

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	9816.5516	4057.3107	2.419	0.0419 *
consumption	0.7072	0.3081	2.295	0.0508 .

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2102 on 8 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.3971, Adjusted R-squared: 0.3217

F-statistic: 5.268 on 1 and 8 DF, p-value: 0.05084

Παρατηρούμε ένα $R^2 = 0.3971$ το οποίο είναι ένδειξη για την έλλειψη γραμμικότητας της σχέσης εισοδήματος και κατανάλωσης (μόλις το 39,71% της διακύμανσης του εισοδήματος εξηγείται από την κατανάλωση). Καμία από τις 2 παραμέτρους δεν φαίνεται να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από το μηδέν όπως φαίνεται με τους t ελέγχους. Επίσης, με τον έλεγχο F φαίνεται ότι η υπόθεση ότι οι συντελεστές μπορούν να μηδενίζονται ταυτόχρονα δεν απορρίπτεται. Επομένως το μοντέλο δεν φαίνεται σε καμία περίπτωση κατάλληλο για συμπερασματολογία και προβλέψεις.

Γραμμική Παλινδρόμηση Άλλη μία Θεώρηση Ανάλυση Παλινδρόμησης

Με την ανάλυση παλινδρόμησης (regression analysis) εξετάζουμε τη σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών με σκοπό την πρόβλεψη των τιμών της

μιας, μέσω των τιμών της άλλης (ή των άλλων). Σε κάθε πρόβλημα παλινδρόμησης διακρίνουμε δύο είδη μεταβλητών: τις ανεξάρτητες ή ελεγχόμενες ή επεξηγηματικές (independent, predictor, casual, input, explanatory variables) και τις εξαρτημένες ή απόκρισης (dependent, response variables). Σε πειραματικές έρευνες, ανεξάρτητη μεταβλητή X είναι εκείνη την οποία μπορούμε να ελέγξουμε, δηλαδή, να καθορίσουμε τις τιμές της (π.χ. το ύψος της διαφημιστικής δαπάνης ενός προϊόντος, ο αριθμός των λειτουργούντων ταμείων σε ένα υποκατάστημα τραπέζης, η ποσότητα λιπάσματος, η θερμοκρασία επεξεργασίας ενός προϊόντος). Εξαρτημένη μεταβλητή Y είναι εκείνη στην οποία αντανακλάται το αποτέλεσμα των μεταβολών στις ανεξάρτητες μεταβλητές (π.χ. η ζήτηση ενός προϊόντος, ο χρόνος αναμονής των πελατών ενός υποκαταστήματος τραπέζης, η απόδοση μιας καλλιέργειας, η αντοχή ενός υλικού). Σε μη πειραματικές έρευνες (δειγματοληψίες) η διάκριση μεταξύ ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών δεν είναι πάντοτε σαφής γιατί καμία μεταβλητή δεν είναι ελεγχόμενη αλλά όλες είναι τυχαίες (π.χ. το ύψος και το βάρος των φοιτητών, οι ώρες μελέτης των φοιτητών ενός πανεπιστημιακού τμήματος και η απόδοση τους σε ένα τεστ, οι εβδομάδες εμπειρίας ενός εργάτη σε μια επιχείρηση και ο αριθμός των ελαττωματικών προϊόντων που παράγει, η κατάταξη δέκα προϊόντων από έναν κριτή και η κατάταξη των ιδίων προϊόντων από έναν άλλο κριτή, ο αριθμός των πωλήσεων μουσικών CD σε μια περιοχή και ο αριθμός των νέων στην ίδια περιοχή). Ας θεωρήσουμε δύο μεταβλητές X , Y . Αν οι μεταβλητές αυτές συνδέονται με μια σχέση της μορφής $Y = f(X)$ μέσω της οποίας για κάθε τιμή της X μπορούμε να προβλέψουμε ακριβώς την τιμή της Y , δηλαδή, αν οι τιμές της Y δεν υπόκεινται σε σφάλματα, τότε λέμε ότι οι δύο μεταβλητές συνδέονται με τη συναρτησιακή-προσδιοριστική (deterministic) σχέση $Y = f(X)$. Για παράδειγμα, το ρεύμα που καταναλώνει μια οικογένεια σε ένα δίμηνο και το ποσό που πληρώνει για την κατανάλωση αυτή συνδέονται με συναρτησιακή-προσδιοριστική σχέση. Επίσης, το ποσό που καταθέτει κάποιος στο Ταμιευτήριο και ο τόκος που παίρνει για το ποσό αυτό, συνδέονται με συναρτησιακή-προσδιοριστική σχέση. Σε αυτές τις περιπτώσεις τα σημεία του διαγράμματος διασποράς βρίσκονται όλα πάνω στην καμπύλη που έχει εξίσωση $Y = f(X)$ και όσες φορές και αν επαναλάβουμε το πείραμα θέτοντας το X στο ίδιο επίπεδο $X = x$, θα παίρνουμε πάντα την ίδια τιμή για το Y .

Για παράδειγμα, η εξίσωση $Y = (X - 4)^2 + 1$ (που παριστάνει μια παραβολή) περιγράφει προσδιοριστικά τη σχέση μεταξύ των X και Y του παρακάτω πίνακα:

x_i	1	2	3	4	5	6	7
y_i	10	5	2	1	2	5	10

Οι μη προσδιοριστικές σχέσεις μεταξύ μεταβλητών ονομάζονται στοχαστικές – στατιστικές (stochastic, probabilistic) σχέσεις. Στην περίπτωση αυτή, αν επαναλάβουμε το πείραμα πολλές φορές θέτοντας το X στο ίδιο επίπεδο $X = x_i$ τότε στην τιμή i x της X δεν αντιστοιχεί μια μόνο τιμή i y της Y αλλά, γενικά, αντιστοιχεί ένα πλήθος διαφορετικών τιμών της Y . Για παράδειγμα, αν X είναι η τιμή ενός προϊόντος και Y είναι η ζήτησή του, η Y βρίσκεται σε στοχαστική σχέση-εξάρτηση από τη X , γιατί η ζήτηση ενός προϊόντος επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες όπως είναι το ύψος του εισοδήματος των καταναλωτών, οι τιμές ομοειδών προϊόντων, οι καταναλωτικές συνήθειες, κ.ά.

Γενικά, δύο μεταβλητές που συνδέονται είτε με συναρτησιακή-προσδιοριστική σχέση είτε με στοχαστική σχέση λέγονται «εξαρτημένες». Αν υπάρχει εξάρτηση μεταξύ δύο μεταβλητών, τότε μπορούμε τη μια από αυτές να τη χαρακτηρίσουμε ως «αιτία» και την άλλη ως «αποτέλεσμα». Αυτό όμως, μόνο στην περίπτωση που η εξάρτηση οφείλεται σε σχέση αιτιότητας των δύο μεταβλητών και όχι σε μια απλή συμμεταβολή η οποία μπορεί να οφείλεται σε εξάρτηση των δύο μεταβλητών από μια τρίτη μεταβλητή. Αν, για παράδειγμα, X είναι το ετήσιο εισόδημα μιας οικογένειας και Y, Z είναι τα ποσά που ξοδεύει η οικογένεια αυτή σε ένα έτος για κρέας και για αγορά λογοτεχνικών βιβλίων, τότε: αν διαπιστώσουμε σε ένα σύνολο οικογενειών σχέση μεταξύ των X και Y (ή μεταξύ των X και Z) δεχόμαστε ότι υπάρχει εξάρτηση μεταξύ των δύο μεταβλητών και τότε μπορούμε να χαρακτηρίσουμε τη X ως «αιτία» και την Y (ή τη Z) ως «αποτέλεσμα». Αν όμως διαπιστωθεί σχέση μεταξύ των Y και Z (που είναι πολύ πιθανό, αφού και οι δύο μεταβάλλονται με το ετήσιο εισόδημα X) ασφαλώς θα πρόκειται για «νόθα» εξάρτηση.

Απλή Γραμμική Παλινδρόμηση

Αν το διάγραμμα διασποράς δύο μεταβλητών X και Y έχει μορφή επιμήκους κεκλιμένης έλλειψης ή πλατυσμένου J , η σχέση των X και Y είναι κατά προσέγγιση γραμμική. Στην περίπτωση αυτή έχουμε την απλούστερη μορφή παλινδρόμησης, την **απλή γραμμική παλινδρόμηση** όπου υπάρχει μόνο μια ανεξάρτητη μεταβλητή X και η εξαρτημένη μεταβλητή Y μπορεί να προσεγγισθεί ικανοποιητικά από μια γραμμική συνάρτηση του X .

Η γραμμική σχέση $Y = \alpha + \beta \cdot X$ δε μπορεί, ασφαλώς, να περιγράψει τη γραμμική στοχαστική εξάρτηση των μεταβλητών X και Y αφού αν, για παράδειγμα, X είναι η τιμή ενός προϊόντος και Y είναι η ζήτηση του προϊόντος αυτού, και διατηρήσουμε τη X στο ίδιο επίπεδο $1 \ X = x_1$ τότε οι αντίστοιχες τιμές του Y θα είναι φυσικά διαφορετικές στις διάφορες επαναλήψεις. Επίσης, αν X είναι η ποσότητα λιπάσματος και Y είναι η απόδοση μιας καλλιέργειας, και διατηρήσουμε τη X στο ίδιο επίπεδο $1 \ X = x_1$ τότε οι αντίστοιχες τιμές του Y θα είναι φυσικά διαφορετικές στις διάφορες επαναλήψεις αφού παράγοντες όπως, η θερμοκρασία, οι βροχοπτώσεις, η ποιότητα του εδάφους, θα επηρεάζουν, επίσης, την παραγωγή. Επιπλέον, συμβαίνει να παρατηρούνται και σφάλματα μέτρησης των τιμών της Y (λόγω οργάνων ή ελλιπούς πληροφόρησης). Έτσι, για $1 \ X = x_2$ το αντίστοιχο Y_1 είναι μια τυχαία μεταβλητή $1 \ Y$ που ακολουθεί κάποια κατανομή. Ομοίως, για $X = x_2$ θα έχουμε κάποια άλλη κατανομή Y_2 κ.ο.κ.

Επομένως, στην εξίσωση $Y = \alpha + \beta \cdot X$, πρέπει να προσθέσουμε έναν ακόμη όρο ε ο οποίος, για δεδομένη τιμή της X , να περιγράφει τη διαφορά της παρατηρούμενης από τη θεωρητική $(\alpha + \beta \cdot X)$ τιμή της Y . Δηλαδή, $\varepsilon = Y - (\alpha + \beta \cdot X)$. Ο όρος αυτός ονομάζεται κατάλοιπο (residual) και πρακτικά είναι η απόσταση της πραγματικής τιμής από την γραμμή (regression line). Προκύπτει, επομένως, το στοχαστικό μοντέλο

$$Y = \alpha + \beta \cdot X + \varepsilon .$$

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

«ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ SPSS 17.0»

Στο παρών Παράρτημα γίνεται η παρουσίαση της λειτουργίας του προγράμματος SPSS 17.0

Γ.1 Ανάλυση σε παράγοντες (Factor Analysis)

Τα βήματα που ακολουθήθηκαν είναι :

- Βήμα 1

Στο παράθυρο Data Editor γίνεται η καταχώρηση των δεδομένων όπως φαίνεται παρακάτω. Στην πρώτη στήλη βάζουμε τον αύξοντα αριθμό κατά ίδιες θέσεις (ομαδοποίηση), στην δεύτερη στήλη τον αριθμό της θέσης που μοιράστηκαν τα ερωτηματολόγια για το πείραμα και στην τρίτη στήλη κωδικοποιημένα το φύλο του ακροατή που έλαβε μέρος για να μπορεί να γίνει και περαιτέρω ανάλυση με βάση την θέση ή το φύλλο. Οι επόμενες στήλες θα αντιπροσωπεύουν τις μεταβλητές που θα χρησιμοποιήσουμε, συνεπώς μπορούμε να καθορίσουμε το όνομα κάθε μίας. Επιλέγουμε έπειτα κάτω αριστερά την επιλογή Variable view, για να μπορέσουμε να ορίσουμε τις παραμέτρους (όνομα, τύπος και πλάτος – σε χαρακτήρες- της μεταβλητής στην Data view κ.α.) κάθε στήλης, όπως στα παρακάτω σχήματα.

	AA	ΘΕΣΗ	ΦΥΛΛΟ	VAR01	VAR02	VAR03	VAR04	VAR05	VAR06	VAR07	VAR08	VAR09	VAR10	VAR11	VAR12	Vj
1	1	1	2	.20	.26	.10	.84	.91	.12	.92	.13	.88	.15	.64	.50	.16
2	2	1	2	.09	.08	.17	.91	.92	.13	.91	.10	.79	.07	.70	.12	.13
3	3	1	2	.22	.24	.46	.88	.52	.38	.60	.09	.59	.17	.41	.38	.58
4	4	1	2	.23	.26	.20	.82	.83	.13	.85	.16	.86	.18	.16	.23	.17
5	5	1	2	.05	.06	.07	.09	.96	.09	.94	.04	.96	.06	.54	.53	.05
6	6	1	1	.07	.05	.11	.86	.80	.51	.80	.23	.57	.32	.53	.49	.45
7	7	2	2	.47	.10	.08	.80	.85	.10	.22	.75	.86	.48	.12	.11	.13
8	8	2	2	.61	.12	.06	.81	.89	.11	.23	.80	.89	.52	.10	.12	.12
9	9	2	2	.37	.38	.40	.42	.63	.46	.58	.26	.67	.23	.70	.35	.36
10	10	2	1	.04	.02	.16	.86	.99	.07	.96	.14	.96	.02	.55	.53	.26
11	11	3	2	.09	.09	.08	.88	.87	.13	.84	.20	.71	.20	.47	.31	.31
12	12	3	1	.86	.94	.90	.87	.86	.88	.90	.05	.92	.05	.91	.08	.06
13	13	3	2	.14	.12	.14	.92	.82	.20			.42	.76	.27	.28	
14	14	4	1	.02	.02	.02	.99	.96	.07	.92	.03	.98	.03	.99	.98	.05
15	15	4	2	.37	.79	.41	.49	.51	.14	.64	.57	.75	.59	.33	.84	.71
16	16	5	2	.77	.08	.18	.97	.97	.17	.51	.49	.48	.26	.74	.49	.51
17	17	5	2	.00	.00	.00	1.00	1.00	.45	.99	.00	.56	.00	.54	.56	.57
18	18	5	1	.70	.43	.81	.68	.70	.43	.76	.31	.80	.38	.86	.16	.50
19	19	7	2	.26	.27	.49	.70	.69	.52	.53	.31	.53	.35	.78	.74	.51
20	20	7	2	.10	.10	.11	.93	.93	.14	.81	.20	.78	.20	.82	.80	.13
21	21	7	2	.12	.26	.14	.89	.90	.09	.79	.28	.86	.24	.29	.42	.16
22	22	7	1	.25	.25	.34	.52	.45	.51	.39	.45	.60	.44	.37	.36	.43
23	23	7	2	.14	.30	.46	.83	.89	.40	.47	.20	.57	.32	.60	.46	.41

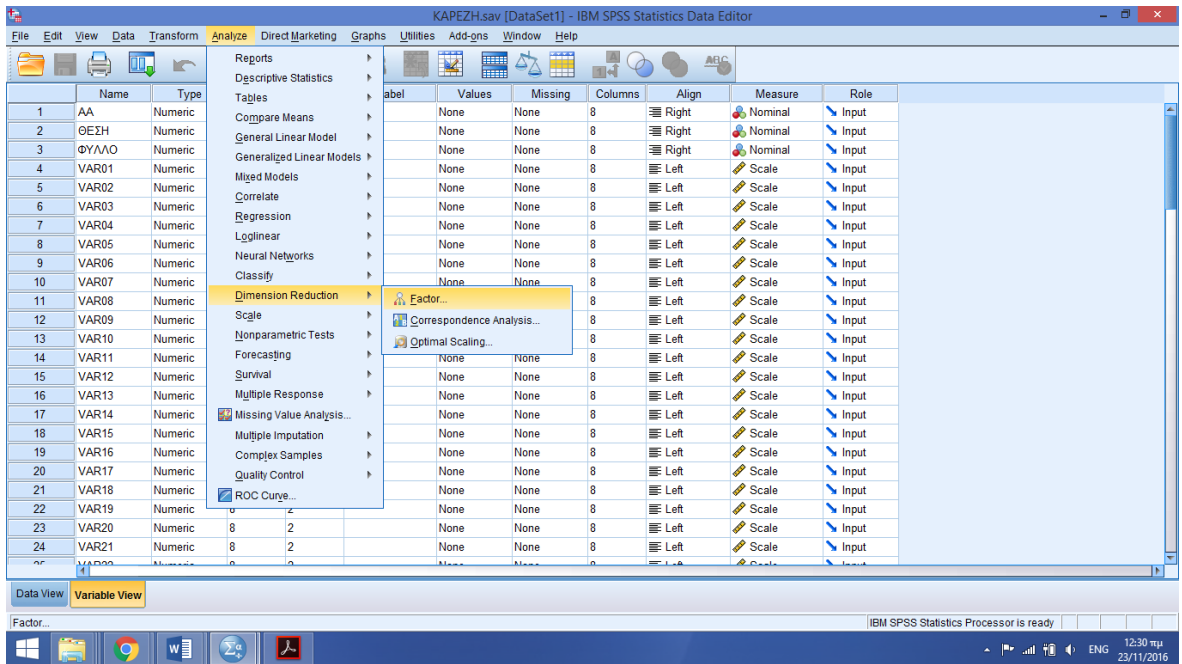
Εικόνα Γ.1: Data view

	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
1	AA	Numeric	8	0	A/A	None	None	8	Right	Nominal	Input
2	ΘΕΣΗ	Numeric	8	0		None	None	8	Right	Nominal	Input
3	ΦΥΛΛΟ	Numeric	8	0		None	None	8	Right	Nominal	Input
4	VAR01	Numeric	8	2		None	None	8	Left	Scale	Input
5	VAR02	Numeric	8	2		None	None	8	Left	Scale	Input
6	VAR03	Numeric	8	2		None	None	8	Left	Scale	Input
7	VAR04	Numeric	8	2		None	None	8	Left	Scale	Input
8	VAR05	Numeric	8	2		None	None	8	Left	Scale	Input
9	VAR06	Numeric	8	2		None	None	8	Left	Scale	Input
10	VAR07	Numeric	8	2		None	None	8	Left	Scale	Input
11	VAR08	Numeric	8	2		None	None	8	Left	Scale	Input
12	VAR09	Numeric	8	2		None	None	8	Left	Scale	Input
13	VAR10	Numeric	8	2		None	None	8	Left	Scale	Input
14	VAR11	Numeric	8	2		None	None	8	Left	Scale	Input
15	VAR12	Numeric	8	2		None	None	8	Left	Scale	Input
16	VAR13	Numeric	8	2		None	None	8	Left	Scale	Input
17	VAR14	Numeric	8	2		None	None	8	Left	Scale	Input
18	VAR15	Numeric	8	2		None	None	8	Left	Scale	Input
19	VAR16	Numeric	8	2		None	None	8	Left	Scale	Input
20	VAR17	Numeric	8	2		None	None	8	Left	Scale	Input
21	VAR18	Numeric	8	2		None	None	8	Left	Scale	Input
22	VAR19	Numeric	8	2		None	None	8	Left	Scale	Input
23	VAR20	Numeric	8	2		None	None	8	Left	Scale	Input
24	VAR21	Numeric	8	2		None	None	8	Left	Scale	Input

Εικόνα Γ.2: Variable view

- Βήμα 2

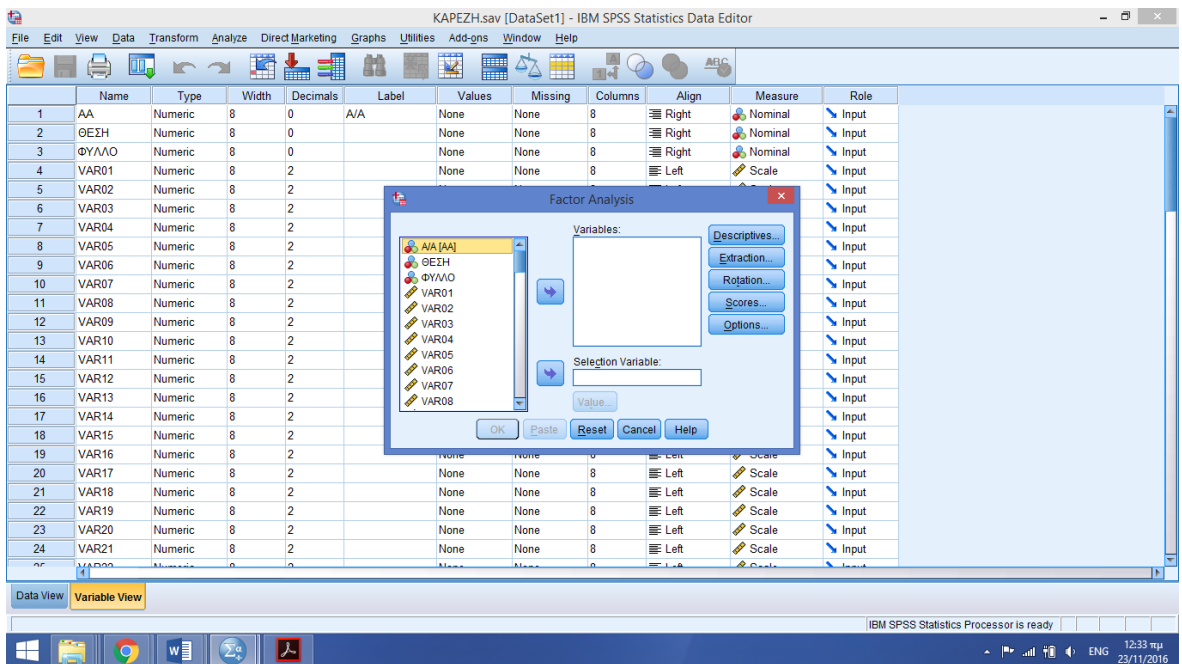
Από την γραμμή μενού στην κορυφή του παραθύρου γίνεται επιλογή Analyze και από το πτυσσόμενο μενού γίνεται η επιλογή Dimension Reduction.



Εικόνα Γ.3: Dimension Reduction

- Βήμα 3

Από αυτό το πτυσσόμενο μενού γίνεται η επιλογή Factor και έτσι ανοίγει το πλαίσιο διαλόγου Factor Analysis.

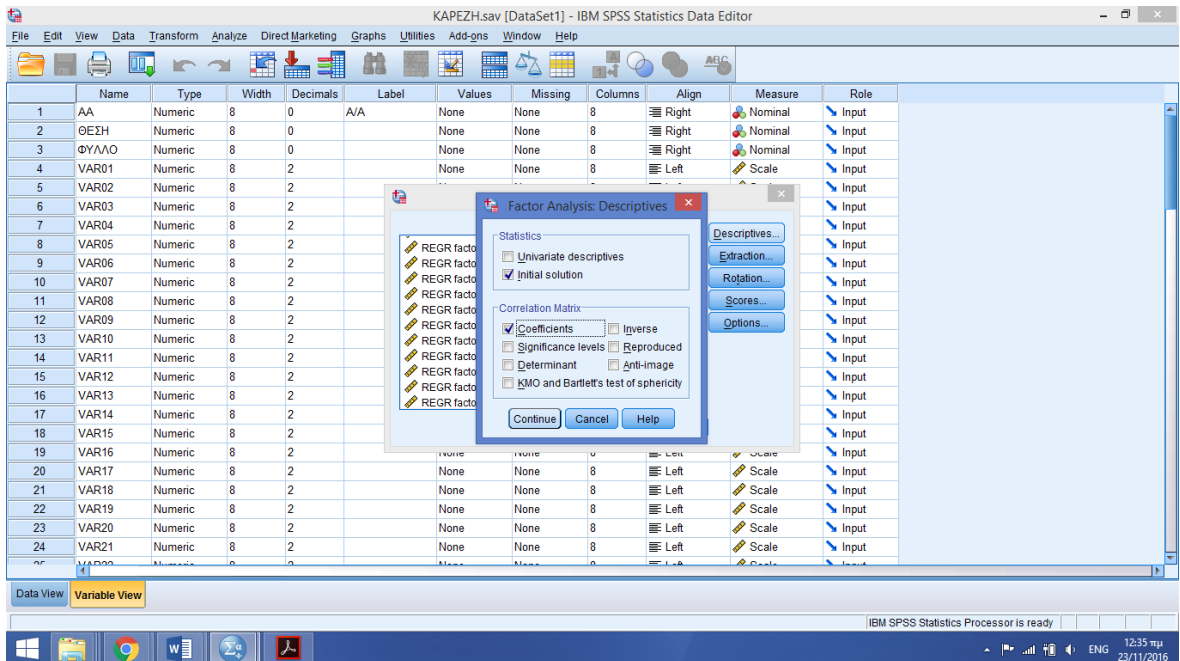


Εικόνα Γ.4: Factor Analysis

Στο βήμα αυτό επιλέγουμε τις είκοσι έξι μεταβλητές (VAR01 έως VAR26) και πατώντας το κουμπί με το βέλος τις τοποθετούμε στην θέση Variables.

- Βήμα 4

Πατώντας Descriptives εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο.

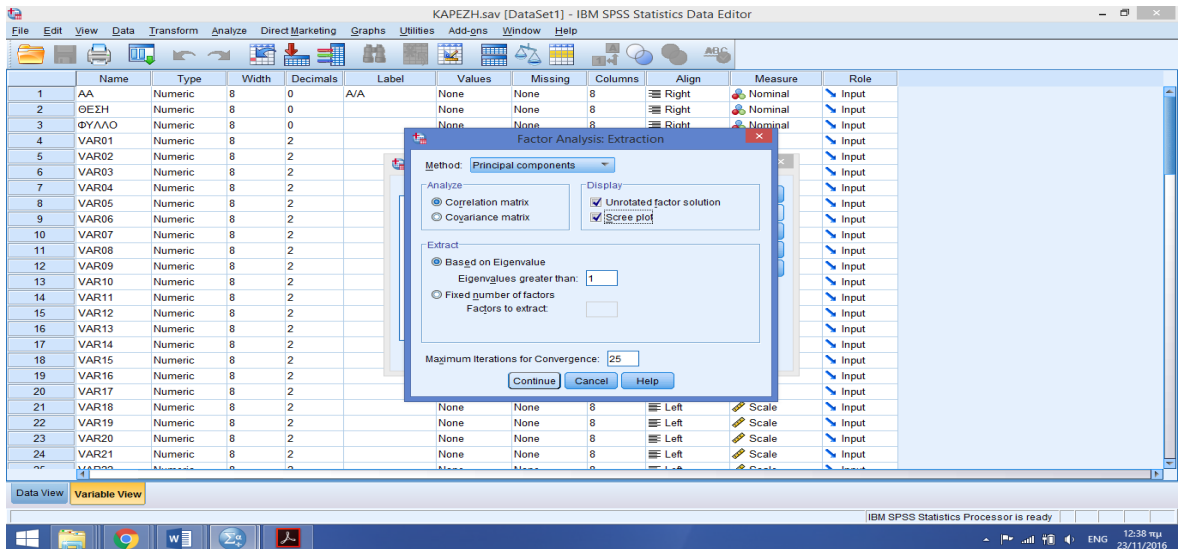


Εικόνα Γ.5: Descriptives

Επιλέγουμε το Coefficients και εν συνεχεία Continue

- Βήμα 5

Επιλέγουμε Extraction και στο παράθυρο που ανοίγει επιλέγεται Scree plot. Όπως φαίνεται η επιλογή Number of factors είναι απενεργοποιημένη, υπάρχει όμως η δυνατότητα να επιλέξουμε εμείς τον αριθμό των παραγόντων σε περίπτωση που το default αποτέλεσμα που προκύψει κριθεί ανεπαρκές.

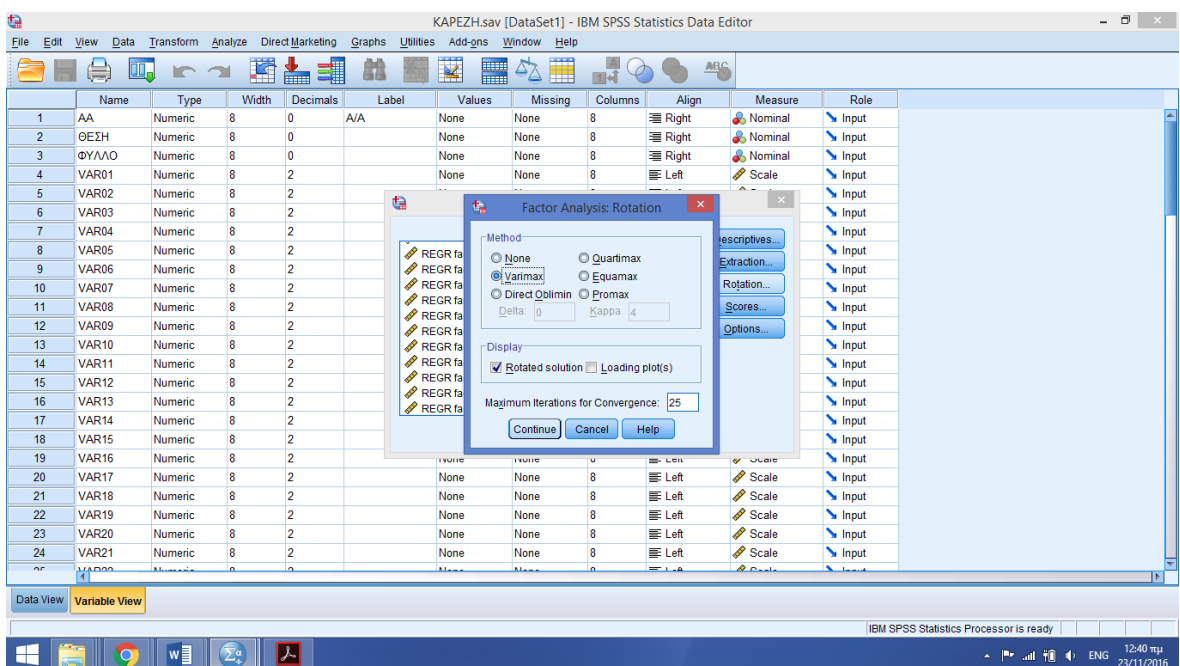


Εικόνα Γ.6: Extraction

Γίνεται η επιλογή Continue για να κλείσει αυτό το παράθυρο διαλόγου και στην συνέχεια γίνεται η επιλογή Rotation

- Βήμα 6

Όπως φαίνεται στο παρακάτω εικονίδιο εδώ γίνεται η επιλογή της μεθόδου περιστροφής. Για ορθογώνια περιστροφή των παραγόντων γίνεται η επιλογή Varimax .

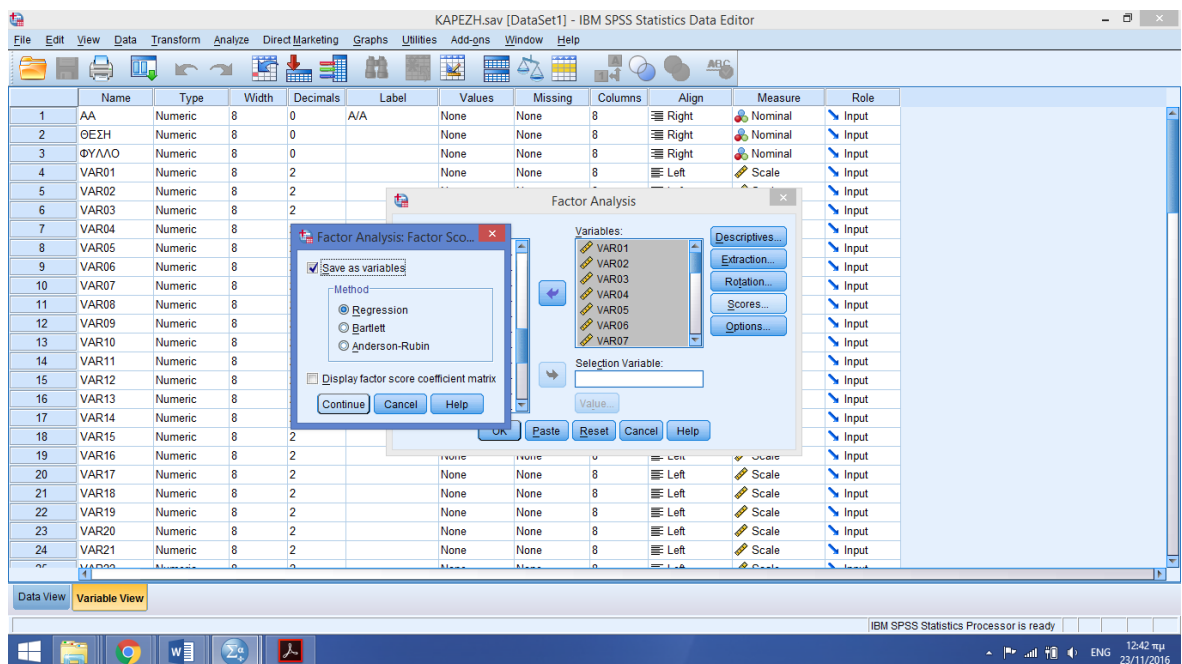


Εικόνα Γ.7: Rotation

Πατώντας Continue κλείνει αυτό το παράθυρο διαλόγου και ακολούθως γίνεται η επιλογή Scores.

- Βήμα 7

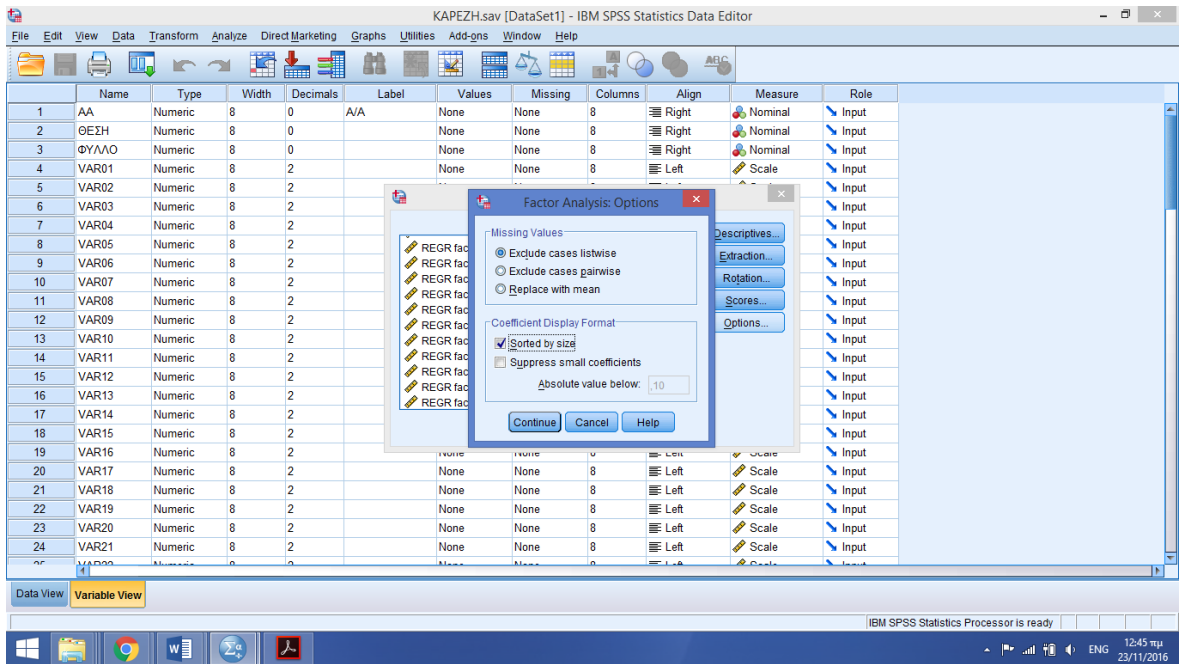
Εδώ κάνουμε την επιλογή Save as variables (Regression) έτσι ώστε τα factor scores να εμφανιστούν στο Data view μετά την ανάλυση, ακριβώς δεξιά από την τελευταία μεταβλητή, με την μορφή FACX_1 , όπου X ο αριθμός των παραγόντων.



Εικόνα Γ.8: Scores

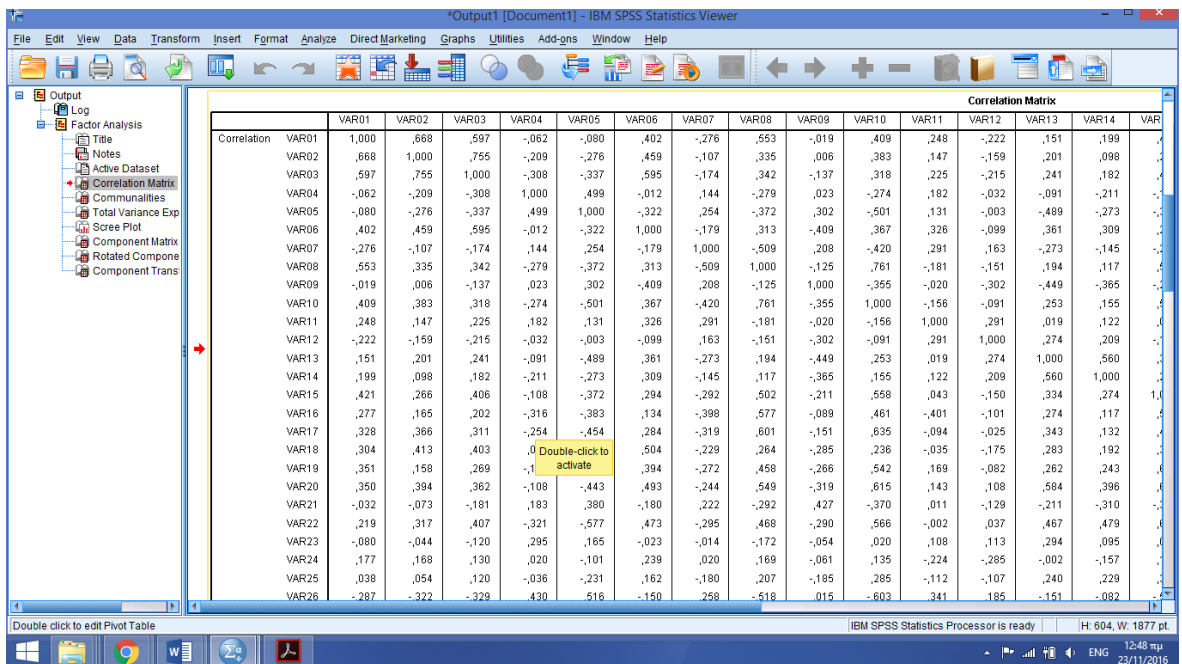
- Βήμα 8

Στην ενότητα Options, κάτω από την Coefficient Display Format (Μορφή παρουσίασης συντελεστών) γίνεται η επιλογή Sorted by size (Ταξινόμηση κατά μέγεθος) για να ταξινομηθούν τα φορτία των παραγόντων κατά μέγεθος.

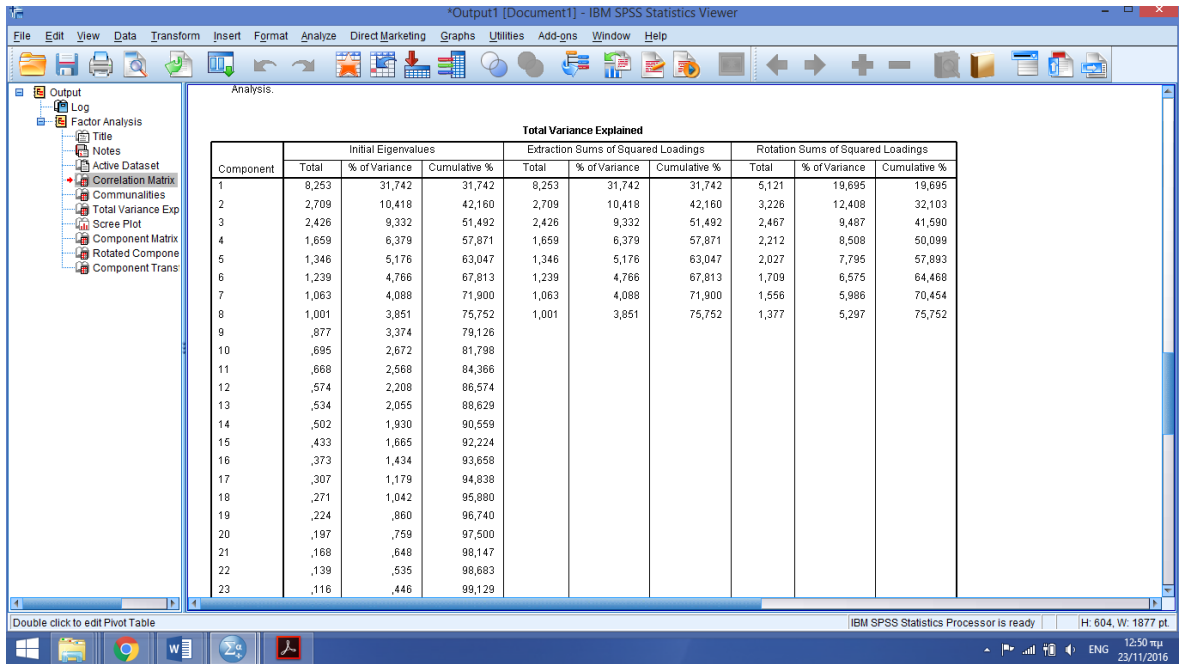


Εικόνα Γ.9: Options

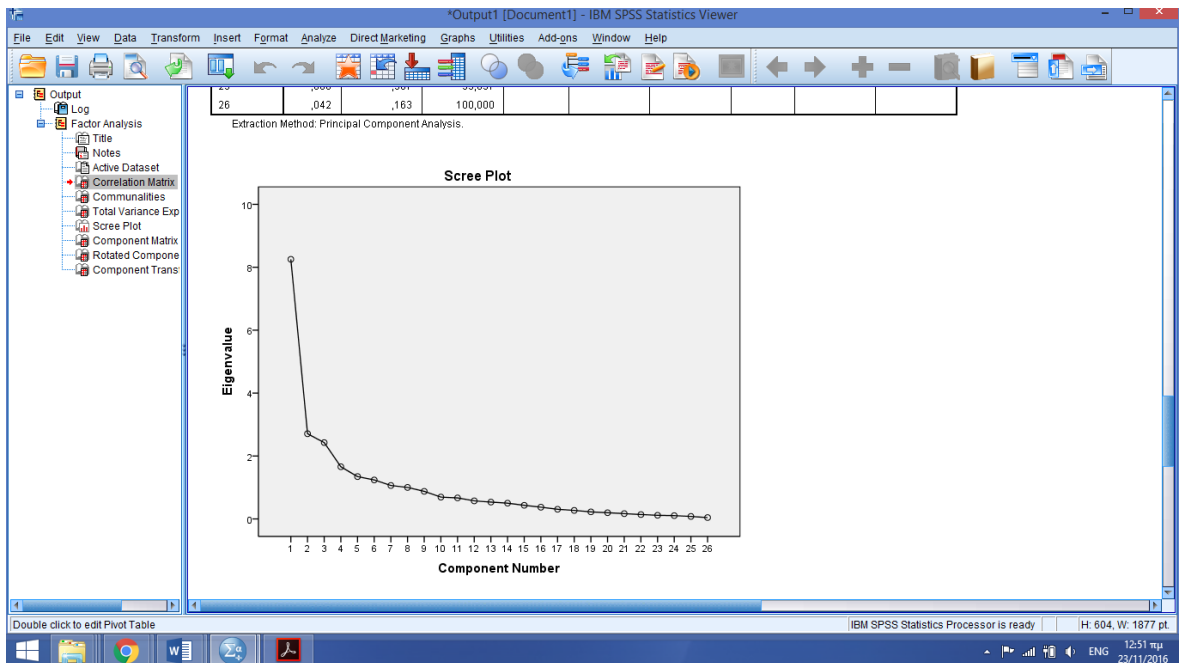
Πατώντας Continue κλείνει αυτό το παράθυρο διαλόγου και στην συνέχεια επιλέγουμε OK . Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παραγόντων εμφανίζονται στο Output και έχουν την παρακάτω μορφή.



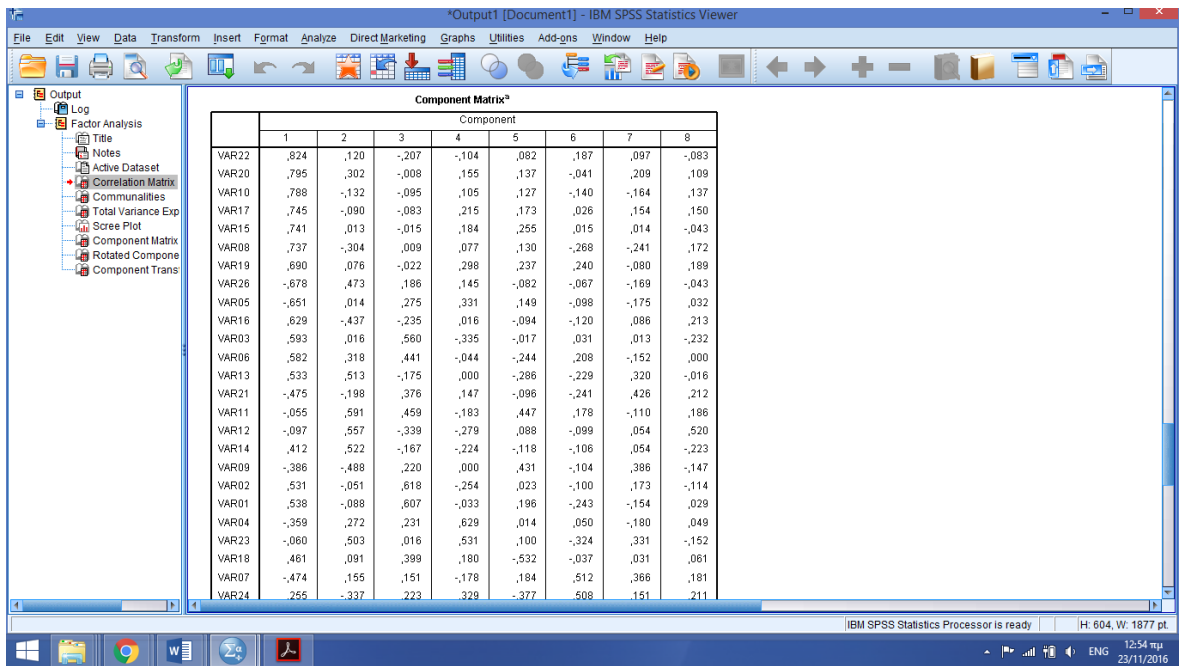
Εικόνα Γ.10: Correlation Matrix



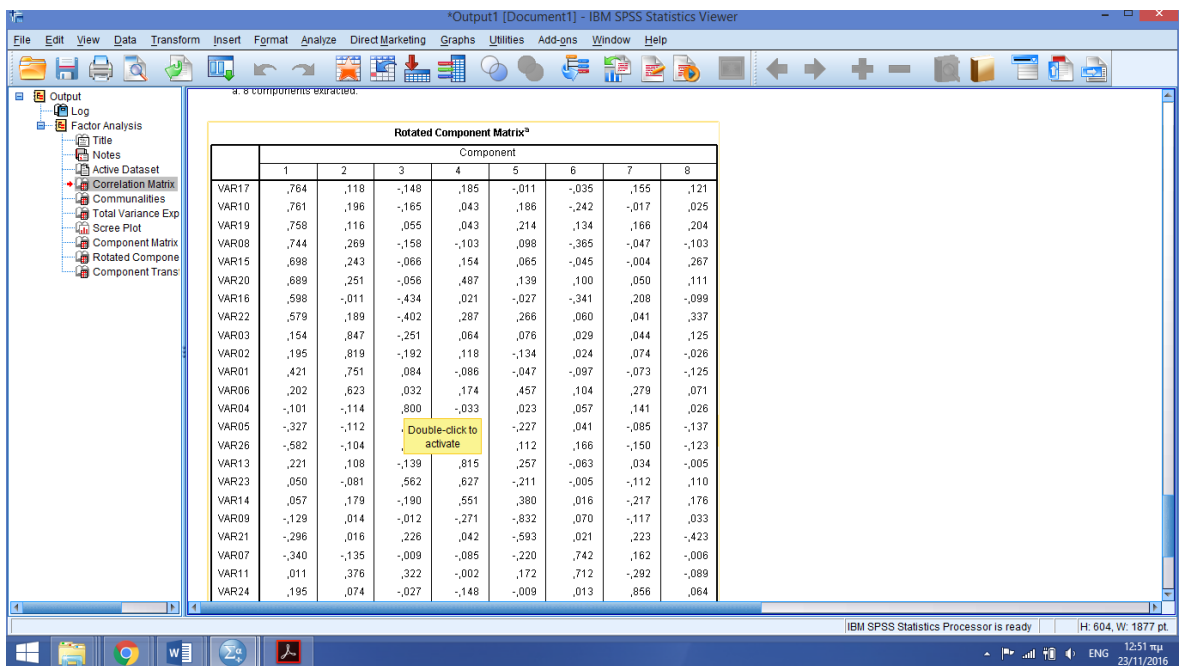
Εικόνα Γ.11: Total Variance Explained



Εικόνα Γ.12: Scree Plot



Εικόνα Γ.13: Component Matrix



Εικόνα Γ.14: Rotated Component Matrix

Διαδοχικά εμφανίζονται οι πίνακες :

- Correlation matrix (πίνακας συσχετίσεων): Στον πίνακα αυτό παρουσιάζονται μεταβλητές που έχουν ισχυρή συσχέτιση.

- Total Variance Explained (ερμηνεία συνολικής διακύμανσης): Εδώ παρουσιάζονται οι ιδιοτιμές και τα ποσοστά διακύμανσης των παραγόντων. Σημειώνεται ότι παράγοντες με ιδιοτιμή μικρότερη της μονάδας αγνοούνται καθώς αποτελούνται από διακύμανση σφάλματος που είναι δύσκολο να ερμηνευθεί.
- Scree plot: Στο γράφημα αυτό απεικονίζονται οι παράγοντες συναρτήσει των ιδιοτιμών τους.
- Component matrix (πίνακας συντελεστών): Στον πίνακα αυτό παρουσιάζονται οι φορτίσεις των παραγόντων πριν την περιστροφή του.
- Rotated component matrix (περιεστρεμμένος πίνακας συντελεστών): Στον πίνακα αυτό παρουσιάζονται οι φορτίσεις των παραγόντων μετά την περιστροφή του.

Γ.2 Ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA – Analysis of Variance)

- Βήμα 1

Έχοντας τρέξει την ανάλυση, έχουν εξαχθεί τα factor scores (βρίσκονται δεξιά του τελευταίου παράγοντα, σε μορφή FACX_1) από τα προηγούμενα βήματα. Από την γραμμή μενού στην κορυφή του παραθύρου γίνεται η επιλογή Analyze, από το πτυσσόμενο μενού γίνεται η επιλογή Compare means και στην συνέχεια επιλέγουμε one-way ANOVA.

	VAR19	VAR20	VAR21	VAR22	VAR23	VAR24	VAR25	VAR26	FAC1_1	FAC2_1	var	var	var	var
1	.15	.32	.79	.30	.70	.23	.23	.84	-.51428	-.40949				
2	.22	.25	.93	.06	.03	.68	.04	.97	-1.06546	-.48290				
3	.51	.33	.80	.25	.86	.50	.15	.89	.66994	.60471				
4	.23	.21	.88	.16	.20	.87	.14	.16	-.58613	-2.33709				
5	.06	.08	.95	.05	.52	.04	.09	.94	-1.49566	.22626				
6	.13	.49	.50	.36	.91	.62	.48	.79	.60647	1.28064				
7	.29	.18	.78	.21	.12	.82	.15	.56	-.18578	-2.78902				
8	.22	.25	.80	.19	.17	.14	.14	.55	-.02385	-2.69196				
9	.32	.36	.62	.31	.79	.38	.37	.87	.62234	.64509				
10	.12	.17	.90	.07	.39	.65	.21	.84	-1.22598	-.09306				
11	.31	.33	.80	.32	.81	.78	.38	.72	-.04652	-.02477				
12	.12	.06	.92	.03	.11	.92	.09	.82	-.31017	-.54929				
13	.54	.71	.48	.06	.85	.85	.48	.73						
14	.03	.03	.98	.04	.10	.02	.04	.99	-1.89525	.92108				
15	.08	.57	.88	.12	.88	.31	.08	.56	.94965	-.21345				
16	.52	.52	.70	.13	.98	.56	.42	.94	.82295	1.19880				
17	.00	.26	1.00	.00	.93	.56	.00	1.00	-.89636	2.09616				
18	.34	.44	.49	.56	.61	.53	.37	.41	1.34852	.07673				
19	.62	.68	.39	.66	.73	.21	.65	.55	2.24004	1.44183				
20	.50	.19	.45	.18	.90	.30	.04	.93	-.49406	1.16464				
21	.26	.17	.45	.24	.75	.80	.69	.69	-.03975	-.62209				
22	.60	.45	.65	.50	.33	.74	.62	.40	1.86356	-.92945				
23	.11	.49	.83	.44	.89	.06	.09	.73	.69253	1.40526				

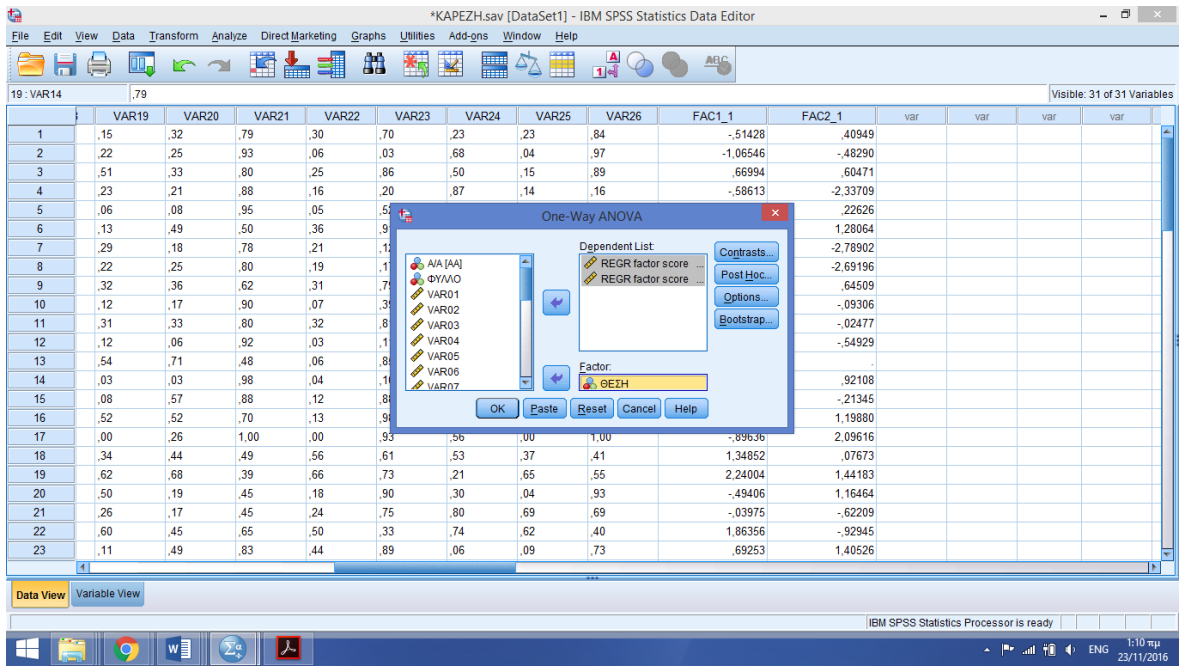
Εικόνα Γ.15: Factor Scores

	VAR19	VAR20	VAR21	VAR22	VAR23	VAR24	VAR25	VAR26	FAC1_1	FAC2_1	var	var	var	var
1	.15	.32	.79	.30	.70	.23	.23	.84	-.51428	-.40949				
2	.22	.25	.93	.06	.03	.68	.04	.97	-1.06546	-.48290				
3	.51	.33	.80	.25	.86	.50	.15	.89	.66994	.60471				
4	.23	.21	.88	.16	.20	.87	.14	.16	-.58613	-2.33709				
5	.06	.08	.95	.05	.52	.04	.09	.94	-1.49566	.22626				
6	.13	.49	.50	.36	.91	.62	.48	.79	.60647	1.28064				
7	.29	.18	.78	.21	.12	.82	.15	.56	-.18578	-2.78902				
8	.22	.25	.80	.19	.17	.14	.14	.55	-.02385	-2.69196				
9	.32	.36	.62	.31	.79	.38	.37	.87	.62234	.64509				
10	.12	.17	.90	.07	.39	.65	.21	.84	-1.22598	-.09306				
11	.31	.33	.80	.32	.81	.78	.38	.72	-.04652	-.02477				
12	.12	.06	.92	.03	.11	.92	.09	.82	-.31017	-.54929				
13	.54	.71	.48	.06	.85	.85	.48	.73						
14	.03	.03	.98	.04	.10	.02	.04	.99	-1.89525	.92108				
15	.08	.57	.88	.12	.88	.31	.08	.56	.94965	-.21345				
16	.52	.52	.70	.13	.98	.56	.42	.94	.82295	1.19880				
17	.00	.26	1.00	.00	.93	.56	.00	1.00	-.89636	2.09616				
18	.34	.44	.49	.56	.61	.53	.37	.41	1.34852	.07673				
19	.62	.68	.39	.66	.73	.21	.65	.55	2.24004	1.44183				
20	.50	.19	.45	.18	.90	.30	.04	.93	-.49406	1.16464				
21	.26	.17	.45	.24	.75	.80	.69	.69	-.03975	-.62209				
22	.60	.45	.65	.50	.33	.74	.62	.40	1.86356	-.92945				
23	.11	.49	.83	.44	.89	.06	.09	.73	.69253	1.40526				

Εικόνα Γ.16: One-Way ANOVA

- Βήμα 2

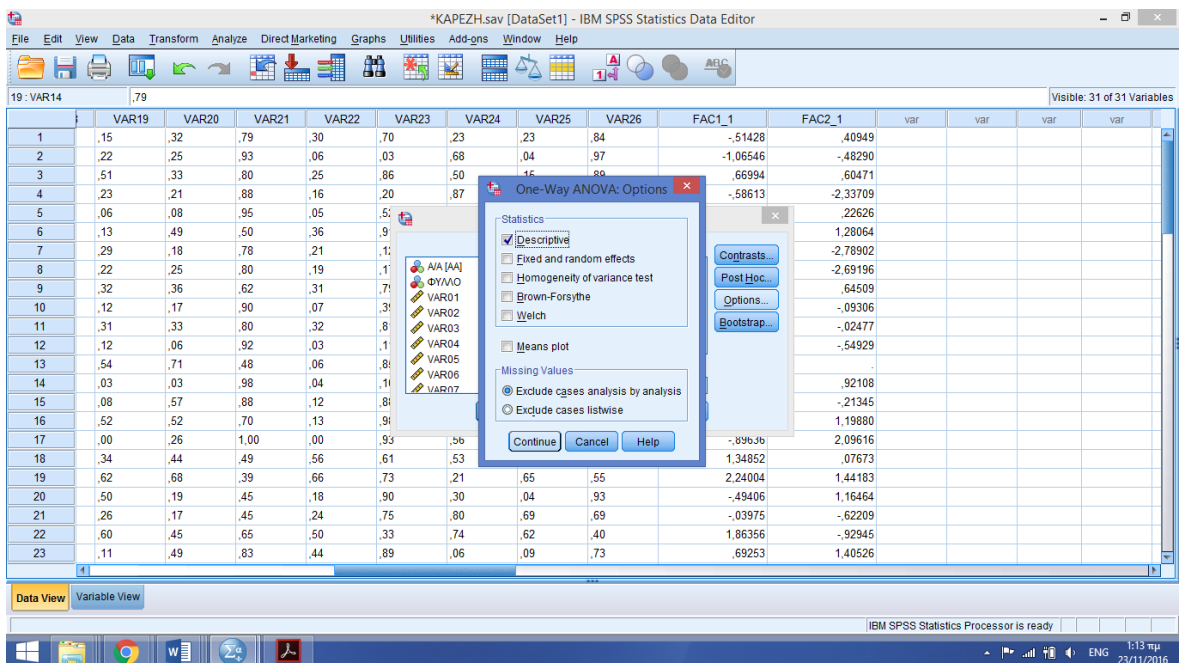
Τώρα έχει ανοίξει το πλαίσιο διαλόγου του One-Way ANOVA. Στην στήλη Dependent list τοποθετούμε όλα τα factor scores (REGR factor score 1 of X), και στην στήλη factor τοποθετούμε την στήλη θέση (δεύτερη στήλη με τον κωδικό θέση που μοιράστηκαν τα ερωτηματολόγια).



Εικόνα Γ.17: Dependent list και Factor

- Βήμα 3

Επιλέγουμε μόνο τα options και στο νέο παράθυρο που ανοίγει επιλέγουμε Descriptive.



Εικόνα Γ.18: Options

- Βήμα 4

Επιλέγουμε Continue και στην συνέχεια OK . Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παραγόντων εμφανίζονται στο Output και έχουν την παρακάτω μορφή.

The screenshot shows the IBM SPSS Statistics Viewer window with the 'Descriptives' table selected. The table provides statistical data for two REGR factor scores across 14 cases.

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum	
					Lower Bound	Upper Bound			
REGR factor score 1 for analysis 1	14	-.3975203	,87735092	,35817701	-1,3182436	,5232030	-1,49566	,66994	
	2	-.1700601	,86749086	,29851099	-.9888595	,6587393	-1,22598	,62234	
	3	-.1783428	,18642736	,13182405	-1,8533262	1,4966406	-.31017	-.04652	
	4	1,1946452	1,21824872	,54481739	-1,3180103	1,7073008	-1,89525	1,05997	
	5	3	,4250371	1,17415136	,67789660	-2,4917166	3,3417908	-.89636	1,34852
	6	3	,0075898	,32232047	,18609181	-.7930987	,8082782	-.36089	,23720
	7	5	,8524620	1,18135916	,52831988	-.6143891	2,3193132	-.49406	2,24004
	8	3	-.3970875	,99992698	,57730811	-2,8810439	2,0888688	-1,34255	,64960
	10	4	-.6946868	1,01066562	,50533281	-2,3028813	,9135077	-1,60610	,58784
	11	6	-.2717177	1,12802854	,46051572	-1,4555111	,9120756	-1,39641	1,49506
	12	5	-.1787918	1,15581751	,51689731	-1,2563452	1,6139288	-1,03667	1,52991
	13	4	-.1579679	1,68024448	,84012224	-2,5156760	2,8316118	-1,55722	2,40500
	14	6	-.1898628	,59486383	,24285214	-.4354085	,8131341	-.58245	,91194
Total	57	,0000000	1,00000000	,13245324	-.2653357	,2653357	-1,89525	2,40500	
REGR factor score 2 for analysis 1	6	-.0498160	1,25736797	,51331832	-1,3893428	1,2897108	-2,33709	1,28064	
	2	5	-.12897293	1,53643774	,68711585	-3,1974687	,6180101	-2,78902	,84509
	3	2	-.2870274	,37089136	,26225979	-3,6193540	3,0452993	-.54929	-.02477
	4	5	,2806501	,84647486	,37855506	-.7703873	1,3316874	-.78889	1,30870
	5	3	1,1238986	1,01179601	,58416070	-1,3895420	3,6373393	,07673	2,09816
	6	3	,3133760	,86808790	,38151756	-1,3281616	1,9549136	-.31205	1,00390
	7	5	,4920377	1,16730264	,52203361	-.9573599	1,9414354	-.92945	1,44193
	8	3	-.4138963	,80913235	,46715278	-2,4236925	1,5962998	-1,19315	,42216
	10	4	,0827110	,80450316	,40225158	-1,1974331	1,3628550	-1,04312	,67697
	11	6	,3079498	,45922130	,18747631	-.1739734	,7898730	-.36397	,89010
	12	5	-.4418489	,35300868	,15787028	-.8801671	-.0035307	-.74636	-.04051
	13	4	-.2717094	,96017411	,48008706	-1,7995607	1,2561418	-1,36662	,84591
	14	6	,2508272	,74353272	,30354596	-.5294626	1,0311169	-.56152	1,06853
Total	57	,0000000	1,00000000	,13245324	-.2653357	,2653357	-2,78902	2,09816	

Εικόνα Γ.19: Descriptives

The screenshot shows the IBM SPSS Statistics Viewer window with the ANOVA table selected. The table provides statistical data for two REGR factor scores across 14 cases.

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
REGR factor score 1 for analysis 1	Between Groups	8,841	12	,737	,687	,754
	Within Groups	47,159	44	1,072		
	Total	56,000	56			
REGR factor score 2 for analysis 1	Between Groups	16,944	12	1,412	1,591	,130
	Within Groups	39,056	44	,888		
	Total	56,000	56			

Εικόνα Γ.20: ANOVA

Διαδοχικά εμφανίζονται οι πίνακες :

- Descriptives

- ANOVA: Στον πίνακα αυτό επιστρατεύεται η F στατιστική για να ελεγχθεί η βασική μηδενική υπόθεση. Στην τελευταία στήλη του παρόντος πίνακα εμφανίζεται το παρατηρούμενο επίπεδο σημαντικότητας (Significance level) το οποίο συγκρινόμενο με το επίπεδο σημαντικότητας που έχει υιοθετηθεί κάνει δεκτή ή όχι την αρχική μηδενική υπόθεση (για να είναι αποδεκτή πρέπει το παρατηρούμενο επίπεδο σημαντικότητας να είναι μικρότερο ή ίσο με αυτό που έχει υιοθετηθεί).

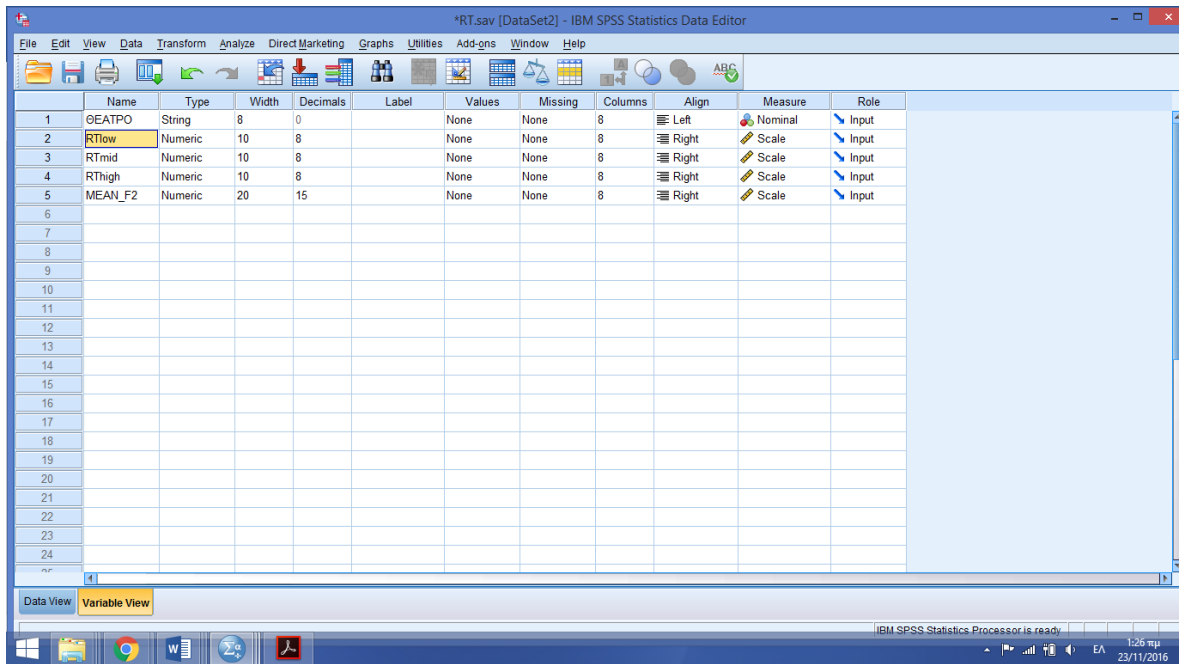
Γ.3 Απλή γραμμική ανάλυση παλινδρόμησης (Simple Linear Regression Analysis)

Πρώτα από όλα έχουμε μορφώσει τον πίνακα στο πρόγραμμα με τις στήλες που θα χρειαστούμε. Δηλαδή, τα ονόματα των θεάτρων, τα μεγέθη των φυσικών παραμέτρων που θα χρησιμοποιηθούν στις πρώτες στήλες και τα Mean Factor Scores στις τελευταίες στήλες, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.

	ΘΕΑΤΡΟ	RTlow	RTmid	RThigh	MEAN_F2	var	var	var	var	var	var	var	var	var	var	var
1	ΚΑΡΕΖΗ	.83000000	.75000000	.72500000	-.323663800											
2	ΚΑΠΠΑ	.56600000	.60000000	.57400000	.1956397000											
3	ΠΟΡΤΑ	.81500000	.77000000	.68900000	.2168010000											
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																

Εικόνα Γ.21: Data View

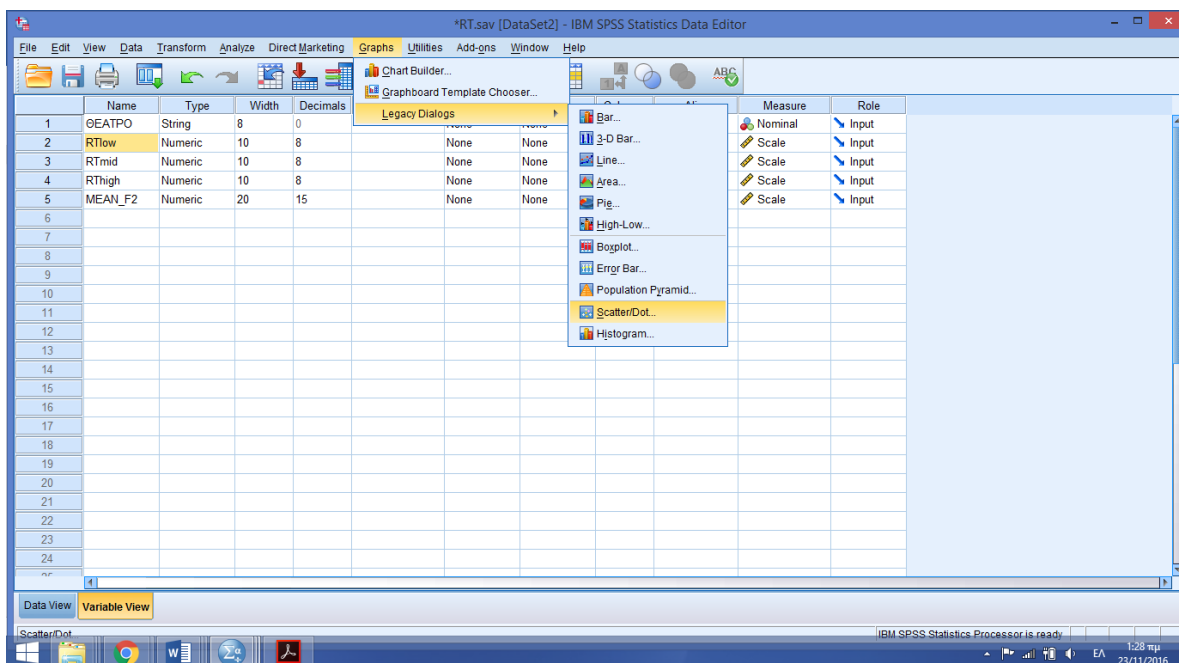
Προσέχουμε όμως στην Variable View οι τιμές που θα χρησιμοποιηθούν να επιλεγθούν ως μεγέθη «Scale» κάτω από την επιλογή Measure, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα Γ.22: Variable View

- Βήμα 1

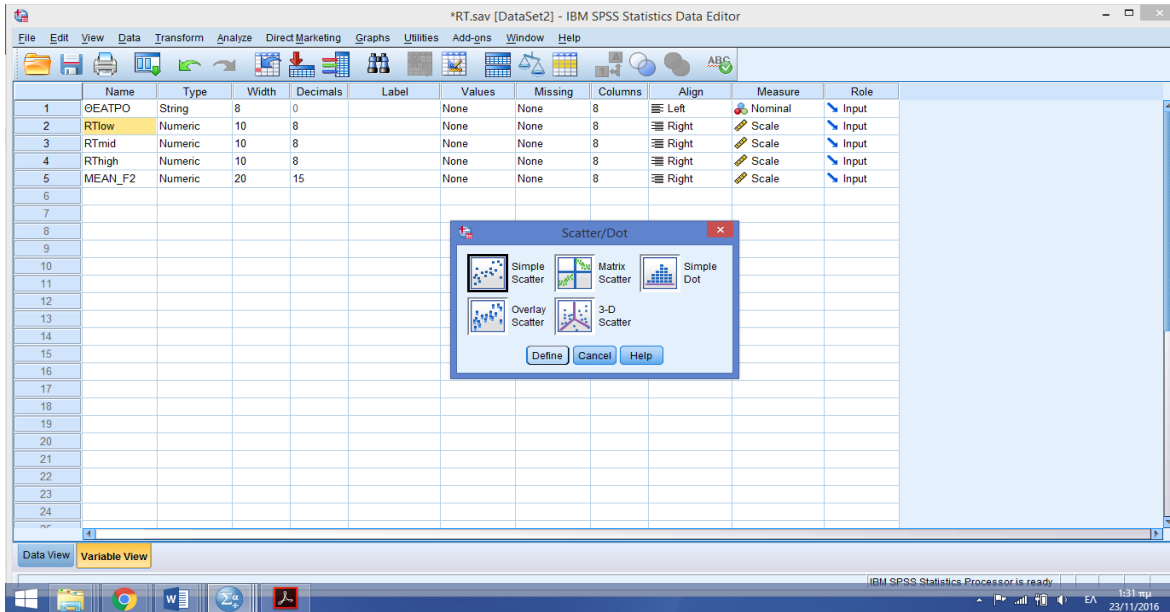
Αρχικά φτιάχνουμε ένα απλό γράφημα για να δούμε οπτικά εάν ο ισχυρισμός μας για γραμμικότητα έχει βάση. Όπως φαίνεται και από την παρακάτω εικόνα αρχικά επιλέγουμε Graphs, έπειτα τοποθετώντας τον κέρσορα επάνω στο Legacy Dialogs ανοίγουν νέες επιλογές από τις οποίες επιλέγουμε Scatter/Dot.



Εικόνα Γ.23: Scatter/Dot

- Βήμα 2

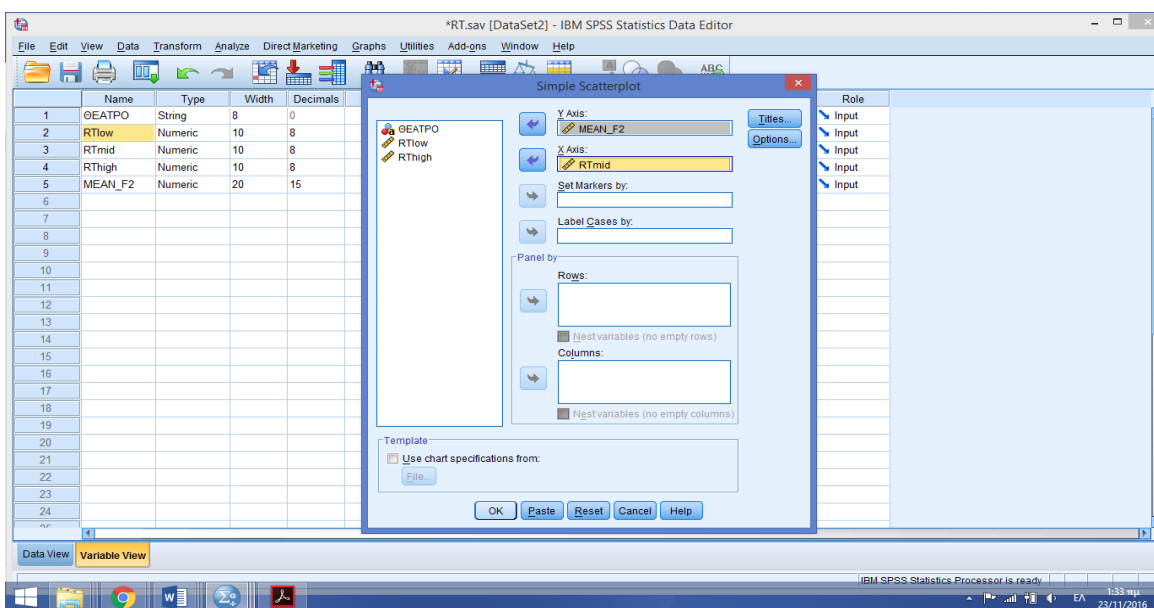
Από το νέο παράθυρο που ανοίγεται επιλέγουμε το Simple Scatter και τέλος για επικύρωση το Define όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα Γ.24: Simple Scatter

- Βήμα 3

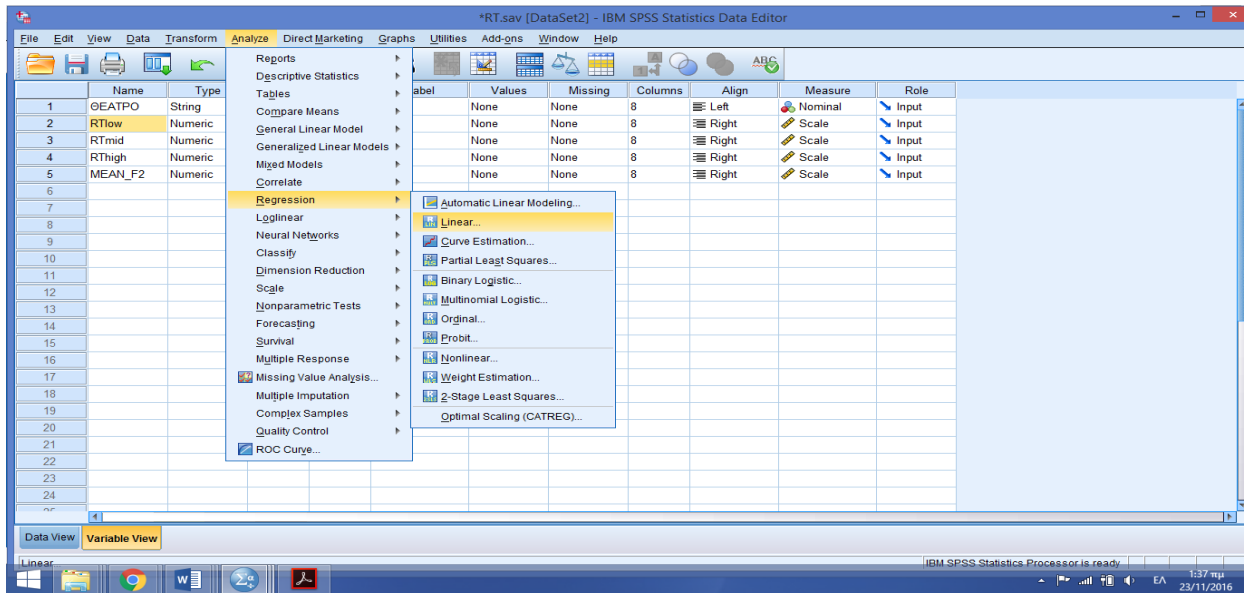
Στο νέο παράθυρο που ανοίγεται τοποθετούμε την εξαρτημένη μεταβλητή στον άξονα y (Y_Axis) και την/τις ανεξάρτητη/τες μεταβλητή/τές στον άξονα x (X_Axis) και επικυρώνουμε με OK, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα Γ.25: Y_Axis και X_axis

- Βήμα 4

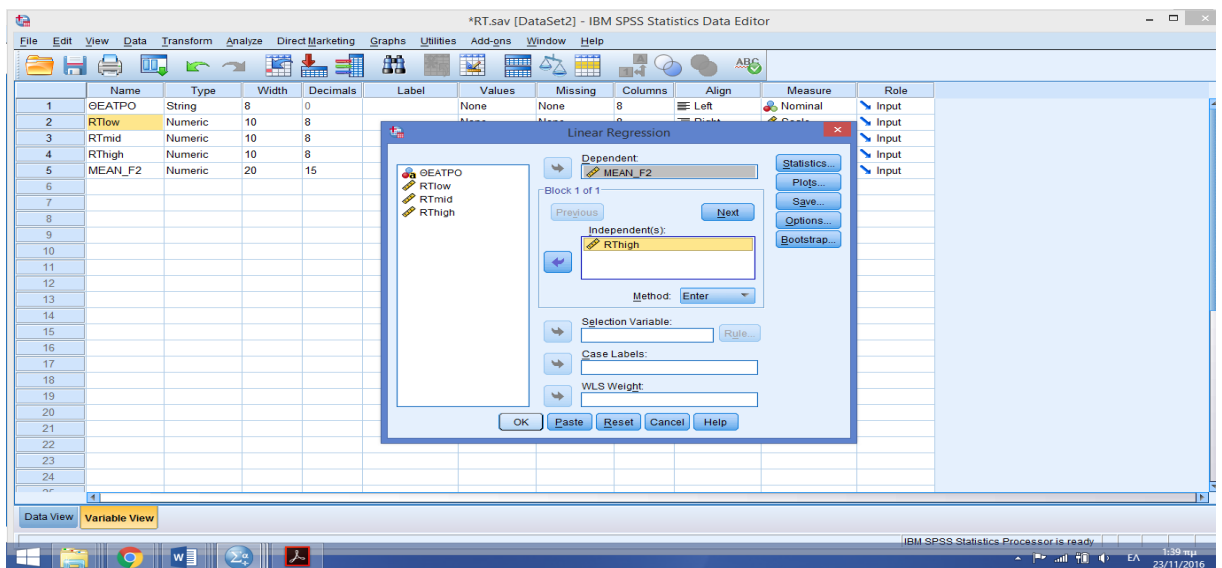
Από την γραμμή μενού στην κορυφή του παραθύρου γίνεται επιλογή Analyze και από το πτυσσόμενο μενού γίνεται η επιλογή Regression και από το επόμενο πτυσσόμενο μενού γίνεται η τελική επιλογή Linear.



Εικόνα Γ.26: Linear Regression

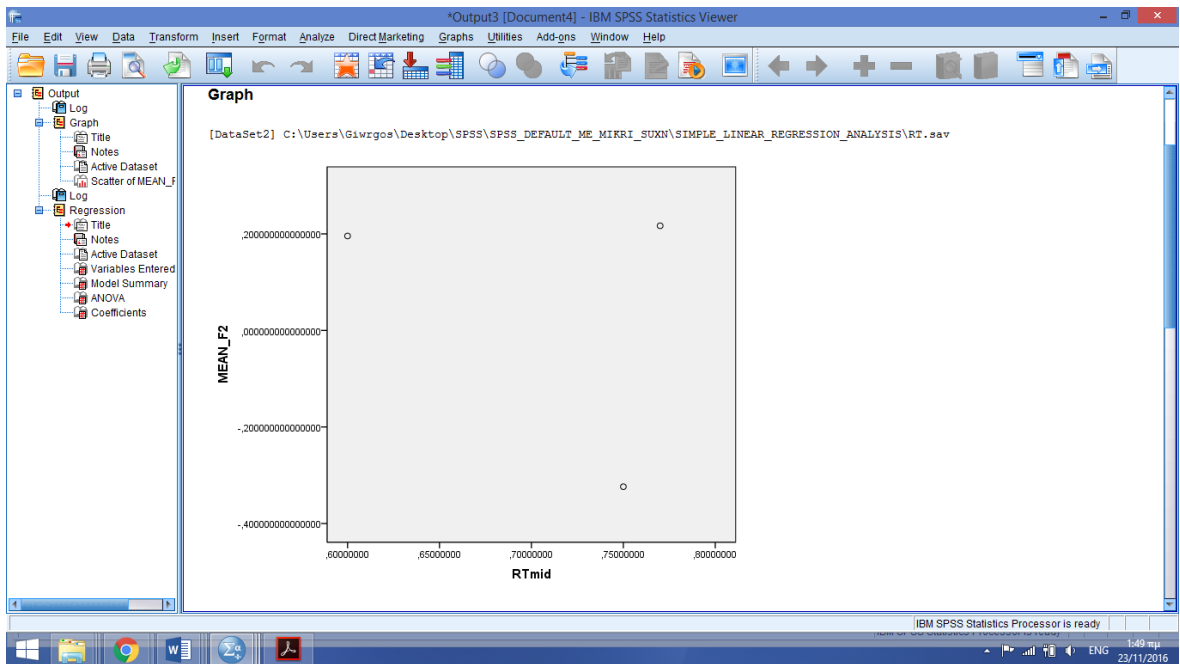
- Βήμα 5

Από το νέο παράθυρο που ανοίγει τοποθετούμε κατάλληλα την εξαρτημένη (Dependent) και τις ανεξάρτητες μεταβλητές (Independent(s)). Τελικά επικυρώνουμε με OK.

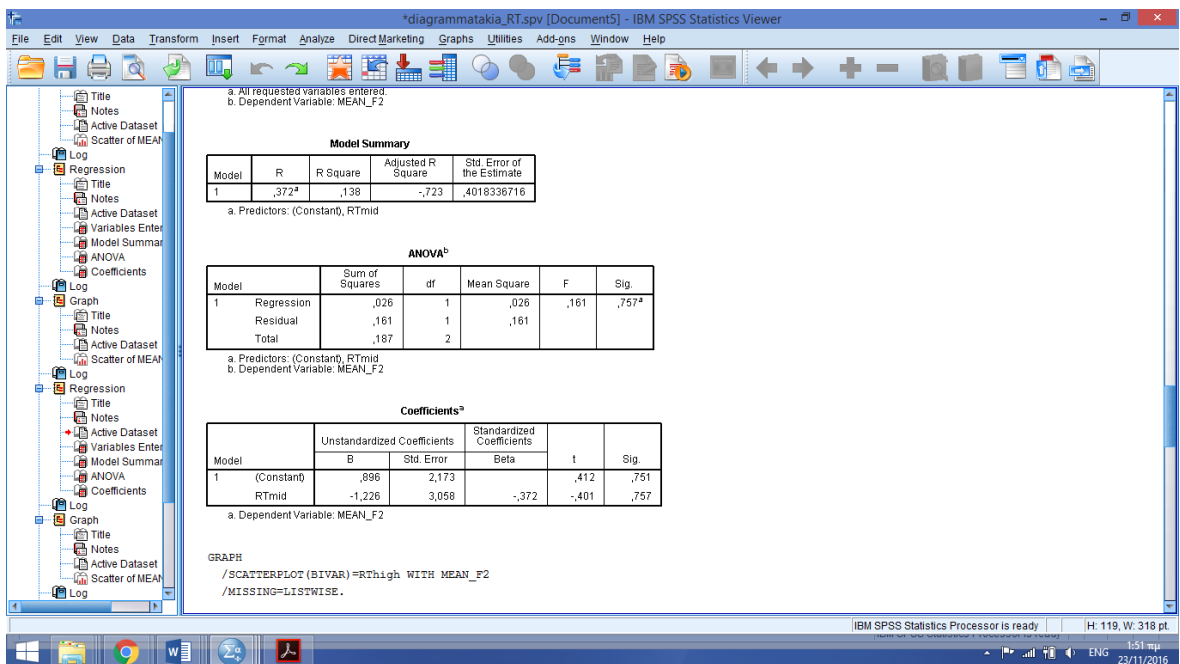


Εικόνα Γ.27: Dependent και Independent

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παραγόντων εμφανίζονται στο Output και έχουν την παρακάτω μορφή.



Εικόνα Γ.28: Graph



Εικόνα Γ.29: Model Summary και ANOVA^b

Διαδοχικά εμφανίζονται οι πίνακες :

- Το πρώτο γράφημα μας δείχνει με μια πρώτη πρόχειρη ματιά εάν υπάρχει γραμμικότητα μεταξύ των μεταβλητών.
- Ο πίνακας Model Summary περιέχει την τιμή R^2 που πολύ απλοϊκά δείχνει πόσο πιθανό είναι να υπάρχει γραμμικότητα ανάμεσα στις ζητούμενες μεταβλητές. Για το παραπάνω παράδειγμα έχουμε $R^2 = 0,434 \rightarrow R^2 \times 100\% = 43,4\%$ πιθανότητα να είναι ορθή η αρχική μας υπόθεση ότι υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ των μεταβλητών Mean Factor score και της φυσικής παραμέτρου EDT στις χαμηλές συχνότητες.
- Ο πίνακας ANOVA περιέχει την τιμή του επιπέδου σημαντικότητας (Significance Level) το οποίο συγκρινόμενο με το επίπεδο σημαντικότητας που έχει υιοθετηθεί κάνει δεκτή ή όχι την αρχική υπόθεση (για να είναι αποδεκτή πρέπει το παρατηρούμενο επίπεδο σημαντικότητας να είναι μικρότερο ή ίσο με αυτό που έχει υιοθετηθεί).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

«ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ SPSS 17.0»

Δ.1 Θέατρο «Τζένη Καρέζη»

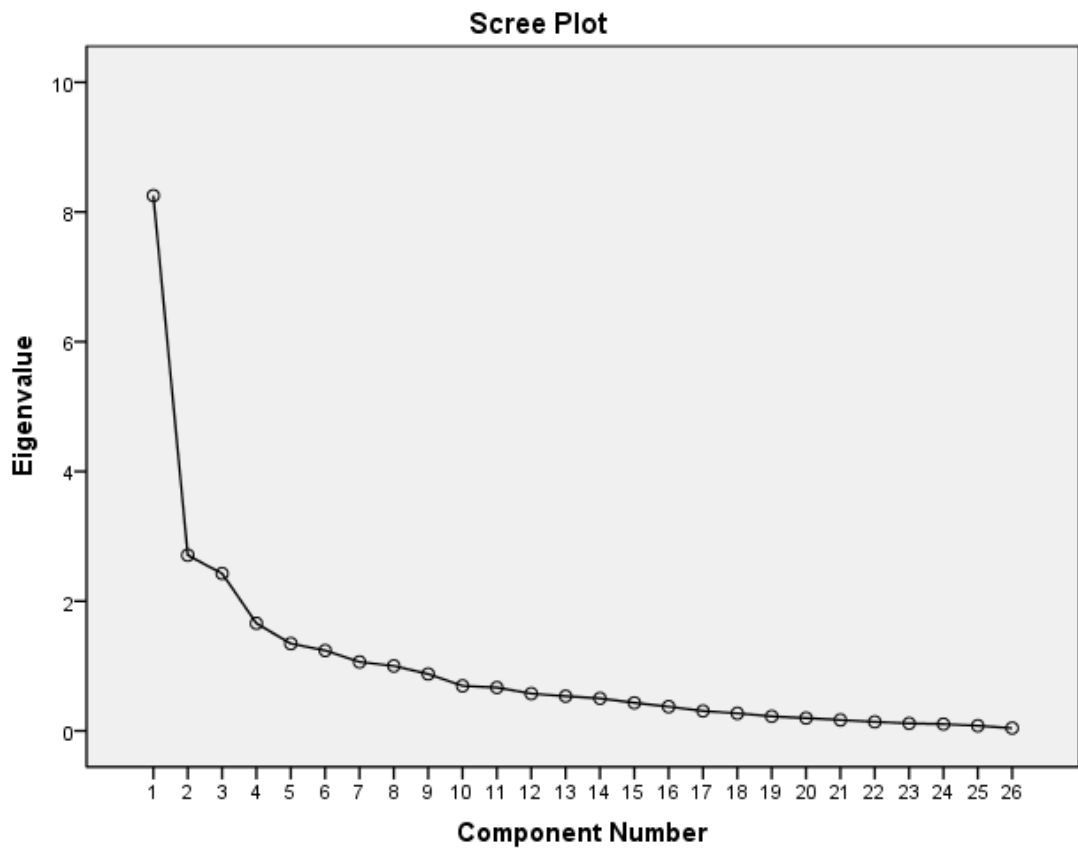
Factor Analysis

Component	Total Variance Explained								
	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	8,253	31,742	31,742	8,253	31,742	31,742	8,018	30,837	30,837
2	2,709	10,418	42,160	2,709	10,418	42,160	2,944	11,323	42,160
3	2,426	9,332	51,492						
4	1,659	6,379	57,871						
5	1,346	5,176	63,047						
6	1,239	4,766	67,813						
7	1,063	4,088	71,900						
8	1,001	3,851	75,752						
9	,877	3,374	79,126						
10	,695	2,672	81,798						
11	,668	2,568	84,366						
12	,574	2,208	86,574						
13	,534	2,055	88,629						
14	,502	1,930	90,559						
15	,433	1,665	92,224						
16	,373	1,434	93,658						
17	,307	1,179	94,838						
18	,271	1,042	95,880						
19	,224	,860	96,740						
20	,197	,759	97,500						
21	,168	,648	98,147						
22	,139	,535	98,683						
23	,116	,446	99,129						
24	,104	,400	99,529						
25	,080	,307	99,837						
26	,042	,163	100,000						

Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
	1	8,253	31,742	31,742	8,253	31,742	31,742	8,018	30,837
2	2,709	10,418	42,160	2,709	10,418	42,160	2,944	11,323	42,160
3	2,426	9,332	51,492						
4	1,659	6,379	57,871						
5	1,346	5,176	63,047						
6	1,239	4,766	67,813						
7	1,063	4,088	71,900						
8	1,001	3,851	75,752						
9	,877	3,374	79,126						
10	,695	2,672	81,798						
11	,668	2,568	84,366						
12	,574	2,208	86,574						
13	,534	2,055	88,629						
14	,502	1,930	90,559						
15	,433	1,665	92,224						
16	,373	1,434	93,658						
17	,307	1,179	94,838						
18	,271	1,042	95,880						
19	,224	,860	96,740						
20	,197	,759	97,500						
21	,168	,648	98,147						
22	,139	,535	98,683						
23	,116	,446	99,129						
24	,104	,400	99,529						
25	,080	,307	99,837						
26	,042	,163	100,000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.



Rotated Component Matrix^a

	Component	
	1	2
Υψηλής αντήχησης-Ξηρός	,840	,132
Πλούσιος-Πτωχός	,831	-,052
Ευδιάκριτος-Δυσδιάκριτος	,744	-,292
Γεμάτος-Κενός	,728	-,140
Με υπόσταση-Χωρίς υπόσταση	,711	-,241
Με όγκο-Χωρίς όγκο	,690	-,067
Διαυγής-Μπερδεμένος	,658	-,450
Δυνατός-Αδύναμος	,635	,192
Άψυχος-Ζωντανός	-,634	,148
Υψηλός-Χαμηλός	,627	,392
Με υψηλή ακουστότητα-Με χαμηλή ακουστότητα	,584	-,106
Διαπεραστικός-Μη διαπεραστικός	,510	,426
Με ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων- Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων	,509	-,159
Με ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων- Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων	,509	-,197
Απόμακρος-Εγγύς	-,506	-,096
Εξασθενημένος-Δυνατός	-,478	-,398
Λαμπρός-Σκοτεινός	,470	-,006
Με αμεσότητα-Απόμακρος	,439	,001
Πτωχός σε τονική ποιότητα-Πλούσιος σε τονική ποιότητα	-,432	,249
Με κακή γενική εντύπωση-Με καλή γενική εντύπωση	-,566	,602
Τραχύς-Μαλακός	,068	,590
Οξύς-Μη οξύς	,020	,565
Προτιμητέος-Μη προτιμητέος	,525	-,557
Με παρουσία θορύβου-Με απουσία θορύβου	,045	,504
Στρογγυλεμένος-Αιχμηρός	,180	-,382
Δυσχερής στην ακρόαση-Ευχερής στην ακρόαση	-,295	,340

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 3 iterations.

ONE WAY ANOVA

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
REGR factor score 1 for analysis 1	6	-,3975203	,87735092	,35817701	-1,3182436	,5232030	-1,49566	,66994
2	5	-,1700601	,66749086	,29851099	-,9988595	,6587393	-1,22598	,62234
3	2	-,1783428	,18642736	,13182405	-1,8533262	1,4966406	-,31017	-,04652
4	5	,1946452	1,21824872	,54481739	-1,3180103	1,7073008	-1,89525	1,05997
5	3	,4250371	1,17415136	,67789660	-2,4917166	3,3417908	-,89636	1,34852
6	3	,0075898	,32232047	,18609181	-,7930987	,8082782	-,36089	,23720
7	5	,8524620	1,18135916	,52831988	-,6143891	2,3193132	-,49406	2,24004
8	3	-,3970875	,99992698	,57730811	-2,8810439	2,0868688	-1,34255	,64960
10	4	-,6946868	1,01066562	,50533281	-2,3028813	,9135077	-1,60610	,58784
11	6	-,2717177	1,12802854	,46051572	-1,4555111	,9120756	-1,39641	1,49506
12	5	,1787918	1,15581751	,51689731	-1,2563452	1,6139288	-1,03667	1,52991
13	4	,1579679	1,68024448	,84012224	-2,5156760	2,8316118	-1,55722	2,40500
14	6	,1888628	,59486383	,24285214	-,4354085	,8131341	-,58245	,91194
Total	57	,0000000	1,00000000	,13245324	-,2653357	,2653357	-1,89525	2,40500
REGR factor score 2 for analysis 1	6	-,0498160	1,25736797	,51331832	-1,3693428	1,2697108	-2,33709	1,28064
2	5	-1,2897293	1,53643774	,68711585	-3,1974687	,6180101	-2,78902	,64509
3	2	-,2870274	,37089136	,26225979	-3,6193540	3,0452993	-,54929	-,02477
4	5	,2806501	,84647486	,37855506	-,7703873	1,3316874	-,78889	1,30870
5	3	1,1238986	1,01179601	,58416070	-1,3895420	3,6373393	,07673	2,09616
6	3	,3133760	,66080780	,38151756	-1,3281616	1,9549136	-,31305	1,00390
7	5	,4920377	1,16730264	,52203361	-,9573599	1,9414354	-,92945	1,44183
8	3	-,4136963	,80913235	,46715278	-2,4236925	1,5962998	-1,19315	,42216
10	4	,0827110	,80450316	,40225158	-1,1974331	1,3628550	-1,04312	,67697
11	6	,3079498	,45922130	,18747631	-,1739734	,7898730	-,36397	,89010
12	5	-,4418489	,35300868	,15787028	-,8801671	-,0035307	-,74636	-,04051
13	4	-,2717094	,96017411	,48008706	-1,7995607	1,2561418	-1,36662	,84591
14	6	,2508272	,74353272	,30354596	-,5294626	1,0311169	-,56152	1,06853
Total	57	,0000000	1,00000000	,13245324	-,2653357	,2653357	-2,78902	2,09616

ANOVA

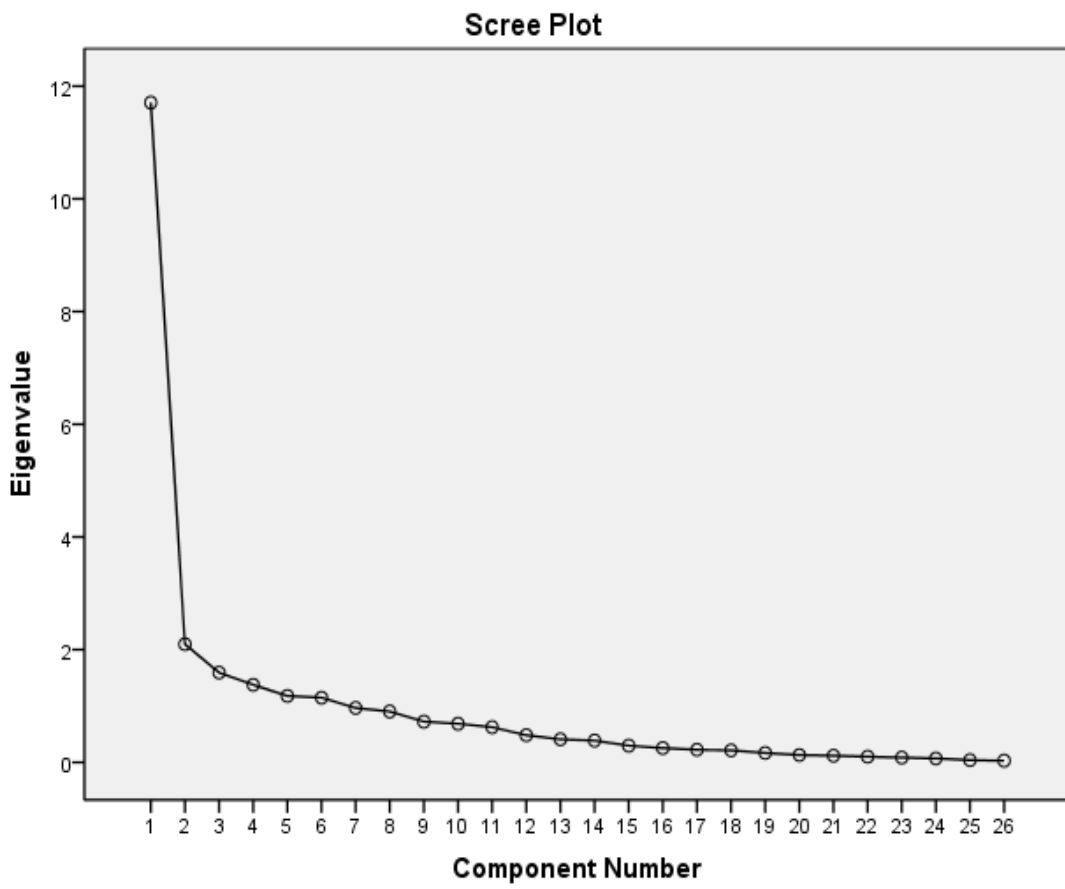
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
REGR factor score 1 for analysis 1	Between Groups	8,841	12	,737	,687	,754
	Within Groups	47,159	44	1,072		
	Total	56,000	56			
REGR factor score 2 for analysis 1	Between Groups	16,944	12	1,412	1,591	,130
	Within Groups	39,056	44	,888		
	Total	56,000	56			

Δ.2 Θέατρο «Κάππα»

Factor Analysis

Component	Total Variance Explained								
	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	11,708	45,033	45,033	11,708	45,033	45,033	11,125	42,787	42,787
2	2,097	8,064	53,097	2,097	8,064	53,097	2,681	10,310	53,097
3	1,592	6,124	59,220						
4	1,376	5,293	64,514						
5	1,178	4,532	69,046						
6	1,148	4,414	73,460						
7	,965	3,713	77,173						
8	,902	3,471	80,644						
9	,723	2,780	83,425						
10	,685	2,636	86,061						
11	,624	2,400	88,460						
12	,481	1,852	90,312						
13	,408	1,568	91,880						
14	,387	1,488	93,367						
15	,296	1,140	94,507						
16	,252	,969	95,477						
17	,223	,859	96,335						
18	,213	,818	97,154						
19	,167	,644	97,797						
20	,131	,502	98,299						
21	,118	,454	98,754						
22	,101	,387	99,141						
23	,084	,324	99,465						
24	,070	,269	99,734						
25	,039	,151	99,884						
26	,030	,116	100,000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.



Rotated Component Matrix^a

	Component	
	1	2
Πλούσιος-Πτωχός	,852	-,090
Με όγκο-Χωρίς όγκο	,843	,082
Με υπόσταση-Χωρίς υπόσταση	,826	-,166
Με υψηλή ακουστότητα-Με χαμηλή ακουστότητα	,810	-,260
Ευδιάκριτος-Δυσδιάκριτος	,794	-,073
Λαμπρός-Σκοτεινός	,794	-,218
Με κακή γενική εντύπωση- Με καλή γενική εντύπωση	-,788	,225
Δυνατός-Αδύναμος	,765	,045
Γεμάτος-Κενός	,753	-,314
Υψηλός-Χαμηλός	,749	-,072
Εξασθενημένος _Δυνατός	-,744	,239
Υψηλής αντήχησης-Ξηρός	,733	-,072
Με ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων- Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων	,709	-,101
Διαυγής-Μπερδεμένος	,690	-,033
Άψυχος-Ζωντανός	-,660	,122
Με ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων- Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων	,638	-,382
Απόμακρος -Εγγύς	-,628	,174
Προτιμητέος -Μη προτιμητέος	,616	-,339
Με αμεσότητα-Απόμακρος	,613	-,139
Δυσχερής στην ακρόαση-Ευχερής στην ακρόαση	-,594	-,069
Διαπεραστικός-Μη διαπεραστικός	,319	,300
Τραχύς-Μαλακός	-,088	,793
Οξύς-Μη οξύς	,101	,666
Με παρουσία θορύβου-Με απουσία θορύβου	-,146	,644
Πτωχός σε τονική ποιότητα-Πλούσιος σε τονική ποιότητα	-,414	,494
Στρογγυλεμένος-Απόμακρος	,158	-,370

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 3 iterations.

ONE WAY ANOVA

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
					REG 1 for analysis 1	6		
R factor score 1	6	,3548659	1,60809443	,65650180	-1,3327257	2,0424576	-1,98895	2,60447
R factor score 2	6	-,1005640	,92917751	,37933513	-1,0756759	,8745480	-1,29487	1,23487
R factor score 3	4	,4370113	,92034827	,46017414	-1,0274682	1,9014908	-,83200	1,27559
R factor score 4	4	-,7124195	,70355117	,35177558	-1,8319264	,4070874	-1,36814	,21933
R factor score 5	5	,2050446	,47662241	,21315202	-,3867603	,7968495	-,53221	,77301
R factor score 6	5	,3448450	1,13121425	,50589439	-1,0597430	1,7494330	-,97470	1,94296
R factor score 7	4	,0683660	1,09146695	,54573347	-1,6684015	1,8051334	-,99657	1,46333
Total	40	,0000000	1,00000000	,15811388	-,3198155	,3198155	-1,98895	2,60447
REG 1 for analysis 1	6	,4309116	1,34697398	,54989983	-,9826509	1,8444741	-1,41713	2,44714
R factor score 1	6	-,5815002	1,53725756	,62758277	-2,1947531	1,0317527	-3,16711	1,43758
R factor score 2	6	,1020983	,96734200	,39491572	-,9130648	1,1172615	-1,35443	1,47852
R factor score 3	4	-,1550492	1,02703365	,51351683	-1,7892889	1,4791906	-1,24804	,72786
R factor score 4	4	,4809657	,62393004	,31196502	-,5118462	1,4737776	-,13631	1,15364
R factor score 5	5	-,0874018	,78143853	,34946993	-1,0576858	,8828823	-1,40849	,62208
R factor score 6	5	-,1345412	,71613217	,32026404	-1,0237367	,7546544	-,72436	1,06810
R factor score 7	4	,0242475	,28837921	,14418961	-,4346281	,4831232	-,23376	,42546
Total	40	,0000000	1,00000000	,15811388	-,3198155	,3198155	-3,16711	2,44714

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
REGR factor score 1 for analysis 1	Between Groups	6,414	7	,916	,900	,519
	Within Groups	32,586	32	1,018		
	Total	39,000	39			
REGR factor score 2 for analysis 1	Between Groups	4,358	7	,623	,575	,771
	Within Groups	34,642	32	1,083		
	Total	39,000	39			

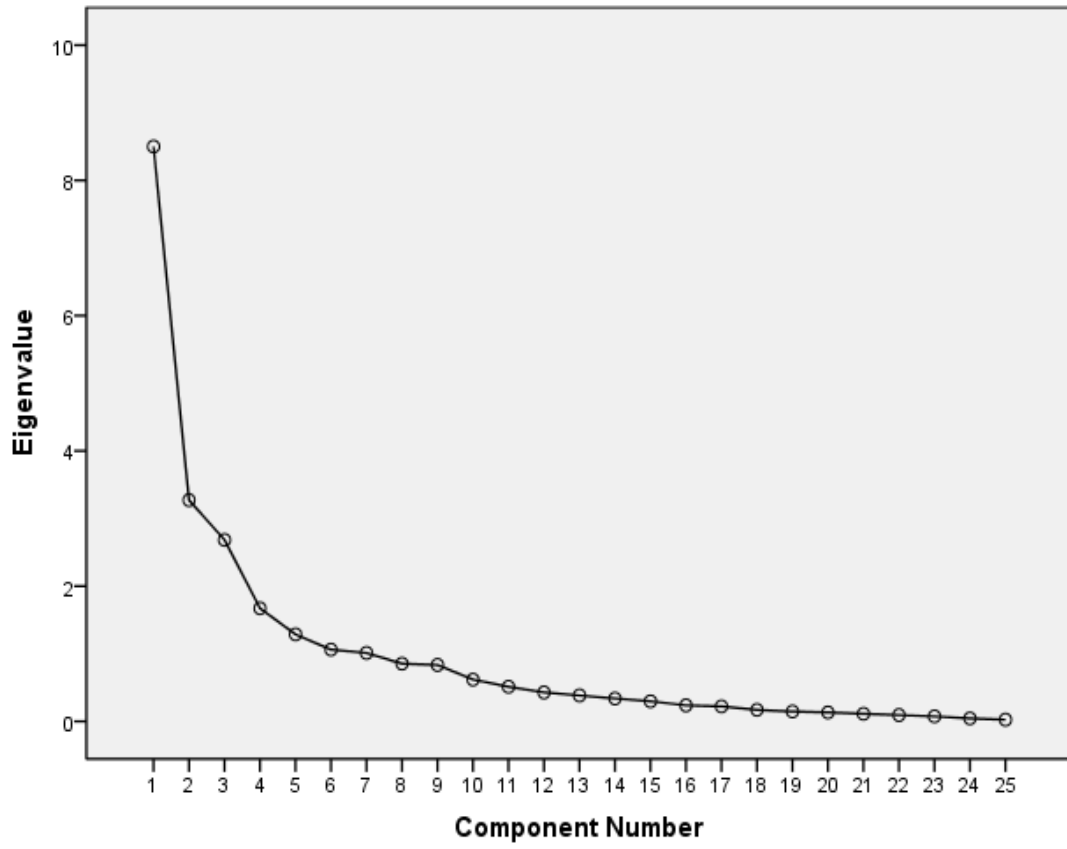
Δ.3 Θέατρο Πόρτα»

Factor Analysis

Total Variance Explained									
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	8,501	34,003	34,003	8,501	34,003	34,003	8,492	33,967	33,967
2	3,272	13,088	47,092	3,272	13,088	47,092	3,281	13,125	47,092
3	2,683	10,732	57,823						
4	1,672	6,686	64,510						
5	1,287	5,147	69,657						
6	1,060	4,242	73,898						
7	1,011	4,045	77,944						
8	,853	3,412	81,356						
9	,834	3,337	84,693						
10	,618	2,473	87,166						
11	,511	2,044	89,209						
12	,428	1,712	90,921						
13	,384	1,535	92,456						
14	,338	1,353	93,809						
15	,297	1,189	94,998						
16	,236	,945	95,943						
17	,221	,885	96,827						
18	,170	,680	97,507						
19	,145	,581	98,088						
20	,132	,527	98,615						
21	,111	,445	99,060						
22	,093	,373	99,432						
23	,073	,293	99,725						
24	,044	,175	99,901						
25	,025	,099	100,000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Scree Plot



Rotated Component Matrix^a

	Component	
	1	2
Ευδιάκριτος-Δυσδιάκριτος	,813	,031
Γεμάτος-Κενός	,761	-,008
Με όγκο-Χωρίς όγκο	,759	-,105
Προτιμητέος-Μη προτιμητέος	,753	,166
Διαυγής-Μπερδεμένος	,737	-,117
Πλούσιος-Πτωχός	,731	-,007
Με υπόσταση-Χωρίς υπόσταση	,707	-,035
Άψυχος-Ζωντανός	-,672	,236
Δυνατός-Αδύναμος	,665	,365
Δυσχερής στην ακρόαση-Ευχερής στην ακρόαση	-,643	,062
Πτωχός σε τονική ποιότητα-Πλούσιος σε τονική ποιότητα	-,629	,236
Με υψηλή ακουστότητα-Με χαμηλή ακουστότητα	,600	,228
Απόμακρος-Εγγύς	-,566	,007
Υψηλής αντήχησης-Ξηρός	,537	,067
Με κακή γενική εντύπωση- Με καλή γενική εντύπωση	-,503	,397
Με αμεσότητα-Απόμακρος	,482	-,096
Λαμπρός-Σκοτεινός	,480	-,021
Στρογγυλεμένος-Αιχμηρός	,468	-,399
Με ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων-Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων	,437	-,038
Εξασθενημένος-Δυνατός	-,426	,244
Οξύς-Μη οξύς	,010	,881
Τραχύς-Μαλακός	-,188	,756
Με παρουσία θορύβου-Με απουσία θορύβου	-,151	,718
Υψηλός-Χαμηλός	,546	,586
Διαπεραστικός-Μη διαπεραστικός	,443	,572

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 3 iterations.

ONE WAY ANOVA

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
					REGR factor score 1 for analysis 1	6		
2	7	,1099448	1,05045653	,39703525	-,8615654	1,0814551	-1,13338	1,36066
3	8	,2683018	1,21125633	,42824378	-,7443339	1,2809374	-1,29887	2,13108
4	4	-,3370163	1,00167669	,50083834	-1,9309074	1,2568748	-1,19822	,78299
5	6	-,6349054	,37199973	,15186825	-1,0252952	-,2445156	-1,19885	-,10500
6	4	,5451024	1,12277037	,56138518	-1,2414758	2,3316806	-1,13018	1,26411
7	5	-,2699420	1,19365864	,53382037	-1,7520650	1,2121810	-1,71863	1,52534
8	6	,0587936	1,13251170	,46234597	-1,1297046	1,2472917	-1,26695	2,04645
10	3	,3349120	,67807753	,39148825	-1,3495260	2,0193499	-,22554	1,08865
Total	49	,0000000	1,00000000	,14285714	-,2872335	,2872335	-1,71863	2,13108
REGR factor score 2 for analysis 1	6	,7442466	1,29522692	,52877418	-,6150107	2,1035039	-1,48590	1,69664
2	7	-,1646656	,82239626	,31083657	-,9252553	,5959241	-1,55581	,73784
3	8	-,2122757	,90710847	,32071127	-,9706374	,5460859	-1,41298	1,11623
4	4	,5577739	,76146353	,38073177	-,6538845	1,7694323	-,41084	1,44396
5	6	-,1340111	,53416993	,21807396	-,6945881	,4265659	-,60382	,79283
6	4	,1091313	1,09242073	,54621037	-1,6291539	1,8474164	-1,35878	1,21269
7	5	-,7537000	,54373010	,24316349	-1,4288301	-,0785699	-1,21071	-,07800
8	6	-,2682589	1,47534676	,60230779	-1,8165404	1,2800225	-2,01943	2,25796
10	3	,6332952	,78518881	,45332897	-1,3172219	2,5838123	,16792	1,53985
Total	49	,0000000	1,00000000	,14285714	-,2872335	,2872335	-2,01943	2,25796

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
REGR factor score 1 for analysis 1	Between Groups	5,444	8	,681	,640	,740
	Within Groups	42,556	40	1,064		
	Total	48,000	48			
REGR factor score 2 for analysis 1	Between Groups	9,749	8	1,219	1,274	,284
	Within Groups	38,251	40	,956		
	Total	48,000	48			

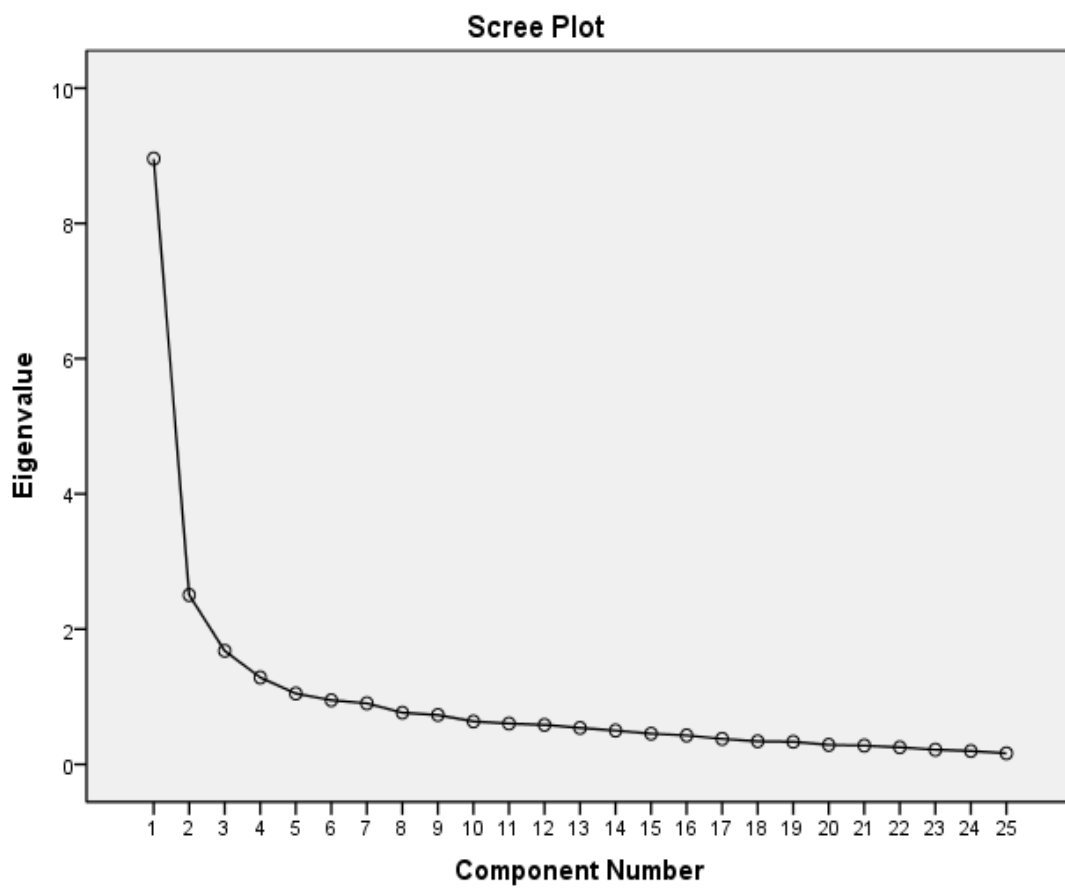
Δ.4 ΟΛΑ ΤΑ ΘΕΑΤΡΑ ΜΑΖΙ

Factor Analysis

Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
	1	8,957	35,829	35,829	8,957	35,829	35,829	8,905	35,622
2	2,503	10,014	45,843	2,503	10,014	45,843	2,555	10,221	45,843
3	1,678	6,714	52,557						
4	1,285	5,140	57,697						
5	1,047	4,188	61,885						
6	,948	3,792	65,676						
7	,902	3,608	69,284						
8	,763	3,053	72,337						
9	,730	2,921	75,258						
10	,634	2,535	77,792						
11	,603	2,414	80,206						
12	,584	2,336	82,542						
13	,538	2,152	84,695						
14	,500	2,000	86,695						
15	,454	1,817	88,512						
16	,428	1,711	90,223						
17	,377	1,507	91,731						
18	,341	1,364	93,095						
19	,334	1,334	94,430						
20	,287	1,149	95,579						
21	,277	1,110	96,689						
22	,252	1,007	97,696						
23	,216	,864	98,560						
24	,196	,786	99,346						
25	,164	,654	100,000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.



Rotated Component Matrix^a

	Component	
	1	2
Πλούσιος-Πτωχός	,808	-,001
Ευδιάκριτος-Δυσδιάκριτος	,793	-,080
Με όγκο-Χωρίς όγκο	,758	-,007
Γεμάτος-Κενός	,758	-,077
Με υπόσταση-Χωρίς υπόσταση	,752	-,104
Διαυγής-Μπερδεμένος	,711	-,181
Υψηλής αντήχησης-Ξηρός	,697	,170
Δυνατός-Αδύναμος	,693	,253
Με υψηλή ακουστότητα-Με χαμηλή ακουστότητα	,673	,044
Άψυχος-Ζωντανός	-,664	,161
Υψηλός-Χαμηλός	,652	,395
Με κακή γενική εντύπωση- Με καλή γενική εντύπωση	-,641	,371
Προτιμητέος-Μη προτιμητέος	,638	-,280
Απόμακρος-Εγγύς	-,585	-,018
Εξασθενημένος-Δυνατός	-,558	,000
Με ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων- Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων	,539	-,042
Λαμπρός-Σκοτεινός	,530	-,092
Πτωχός σε τονική ποιότητα-Πλούσιος σε τονική ποιότητα	-,526	,291
Με αμεσότητα-Απόμακρος	,517	-,062
Δυσχερής στην ακρόαση-Ευχερής στην ακρόαση	-,517	,119
Τραχύς-Μαλακός	-,100	,715
Οξύς-Μη οξύς	,028	,703
Με παρουσία θορύβου-Με απουσία θορύβου	-,070	,634
Διαπεραστικός-Μη διαπεραστικός	,427	,524
Στρογγυλεμένος-Αιχμηρός	,256	-,459

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 3 iterations.

ONE WAY ANOVA

Descriptives

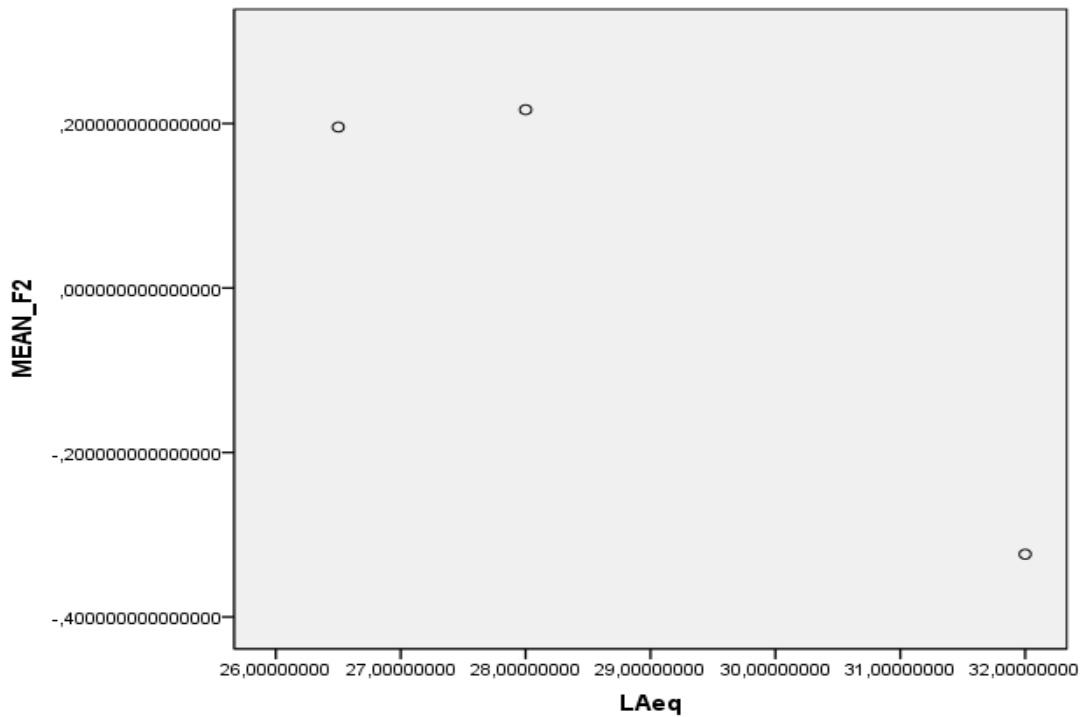
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
					REGR factor score 1 for analysis 1	57		
2	40	,2717316	1,16247511	,18380345	-,1000459	,6435092	-1,84412	2,92586
3	49	-,0227151	,97620227	,13945747	-,3031131	,2576830	-1,80808	1,95701
Total	146	,0000000	1,00000000	,08276059	-,1635730	,1635730	-1,89102	2,92586
REGR factor score 2 for analysis 1	57	-,3236638	,93946047	,12443458	-,5729362	-,0743914	-3,02334	1,32882
2	40	,1956397	,86619720	,13695780	-,0813836	,4726630	-2,81254	2,42508
3	49	,2168010	1,08501373	,15500196	-,0948513	,5284534	-1,58356	2,82473
Total	146	,0000000	1,00000000	,08276059	-,1635730	,1635730	-3,02334	2,82473

ANOVA

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
REGR factor score 1 for analysis 1	Between Groups		4,649	2	2,324	2,368	,097
	Within Groups		140,351	143	,981		
	Total		145,000	145			
REGR factor score 2 for analysis 1	Between Groups		9,805	2	4,903	5,186	,007
	Within Groups		135,195	143	,945		
	Total		145,000	145			

Simple Linear Regression Analysis

Mean Factor Score Παράγοντα II – LAeq



Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,955 ^a	,912	,824	,128563676167 277

a. Predictors: (Constant), LAeq

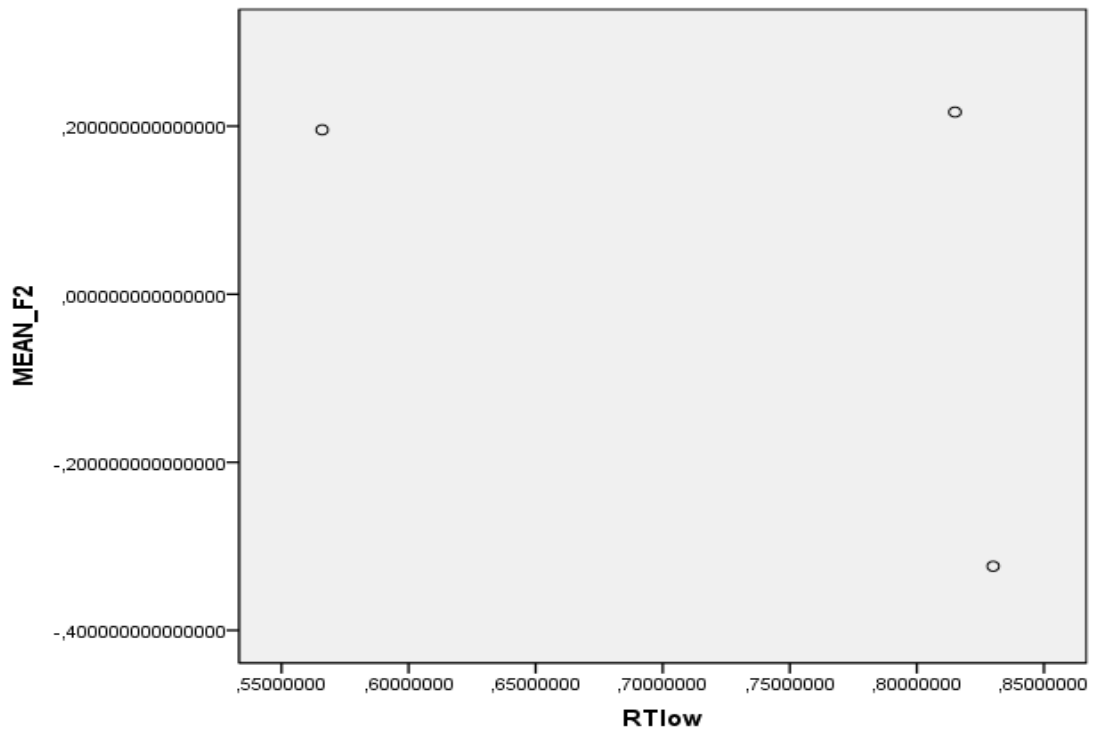
ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,171	1	,171	10,338	,192 ^a
	Residual	,017	1	,017		
	Total	,187	2			

a. Predictors: (Constant), LAeq

b. Dependent Variable: MEAN_F2

Mean Factor Score Παράγοντα II – RT (χαμηλές συχνότητες)



Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,514 ^a	,264	-,472	,371390934075 102

a. Predictors: (Constant), RTlow

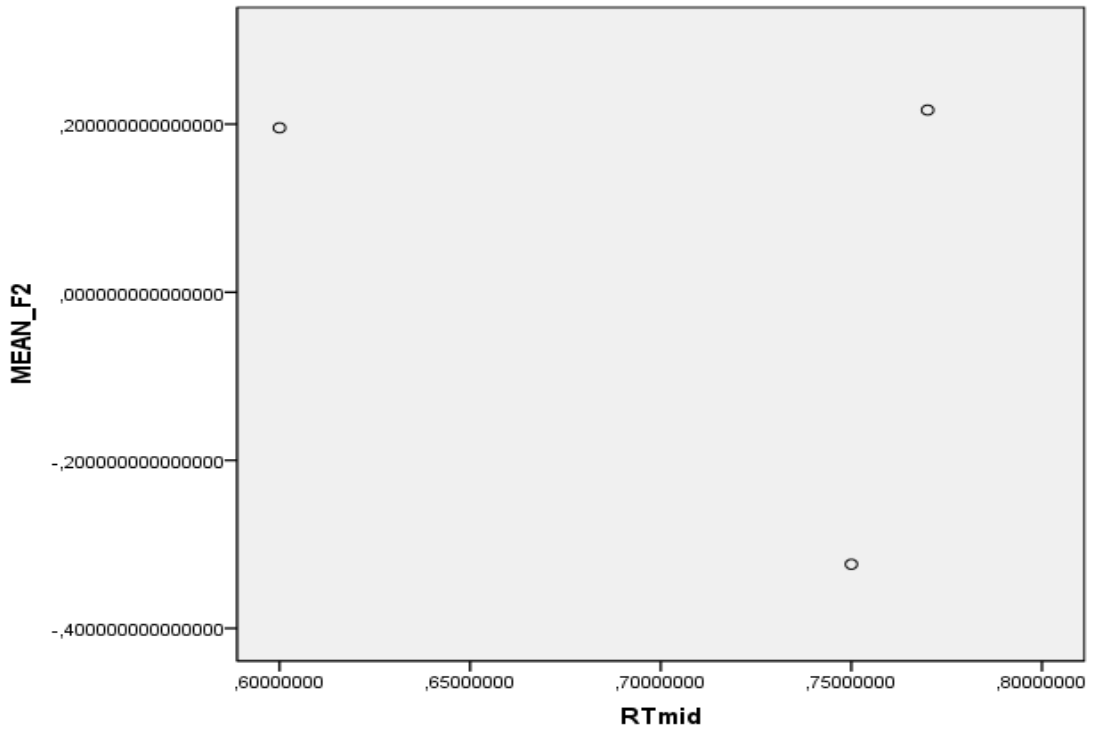
ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,049	1	,049	,359	,656 ^a
	Residual	,138	1	,138		
	Total	,187	2			

a. Predictors: (Constant), RTlow

b. Dependent Variable: MEAN_F2

Mean Factor Score Παράγοντα II – RT (μεσαίες συχνότητες)



Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,372 ^a	,138	-,723	,401833671686 729

a. Predictors: (Constant), RTmid

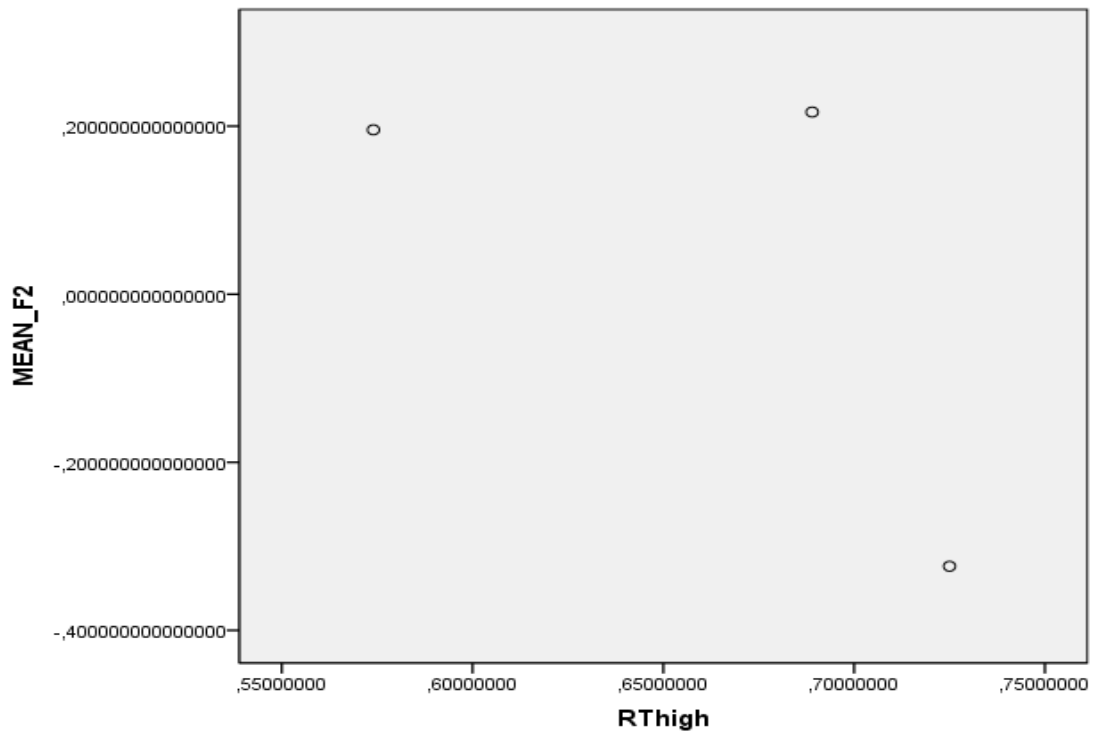
ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,026	1	,026	,161	,757 ^a
	Residual	,161	1	,161		
	Total	,187	2			

a. Predictors: (Constant), RTmid

b. Dependent Variable: MEAN_F2

Mean Factor Score Παράγοντα II – RT (υψηλές συχνότητες)



Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,659 ^a	,434	-,132	,325666834737 635

a. Predictors: (Constant), RThigh

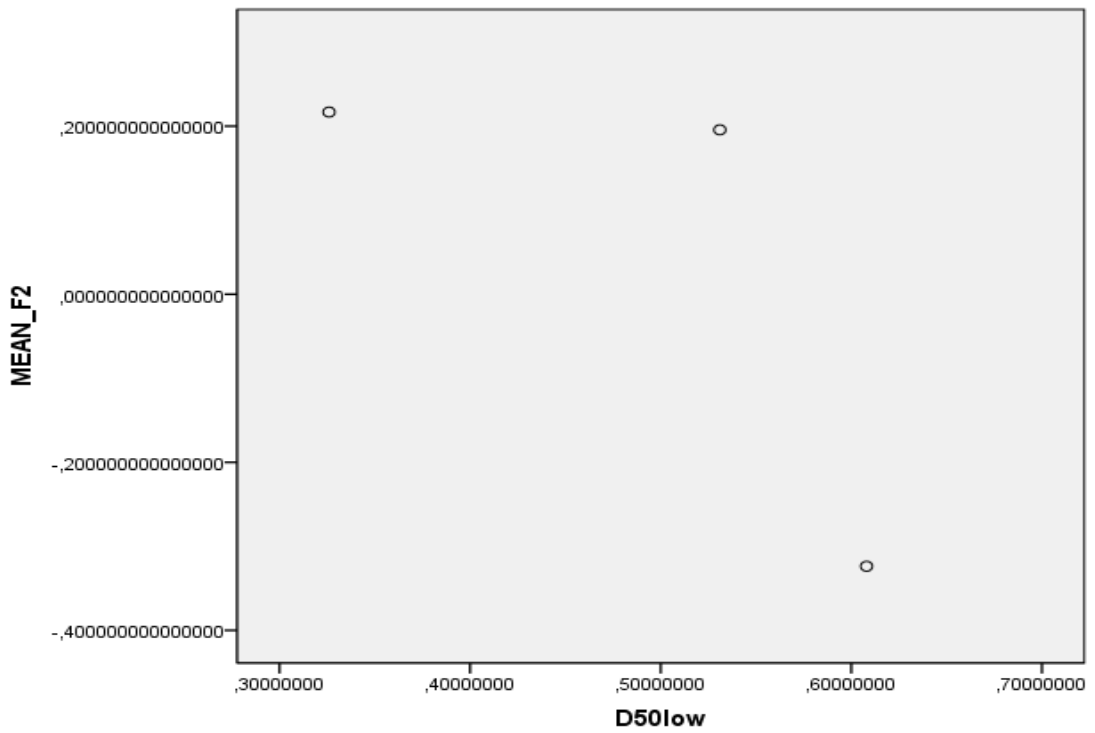
ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,081	1	,081	,767	,542 ^a
	Residual	,106	1	,106		
	Total	,187	2			

a. Predictors: (Constant), RThigh

b. Dependent Variable: MEAN_F2

Mean Factor Score Παράγοντα II – D50 (χαμηλές συχνότητες)



Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,735 ^a	,540	,080	,293601885354 999

a. Predictors: (Constant), D50low

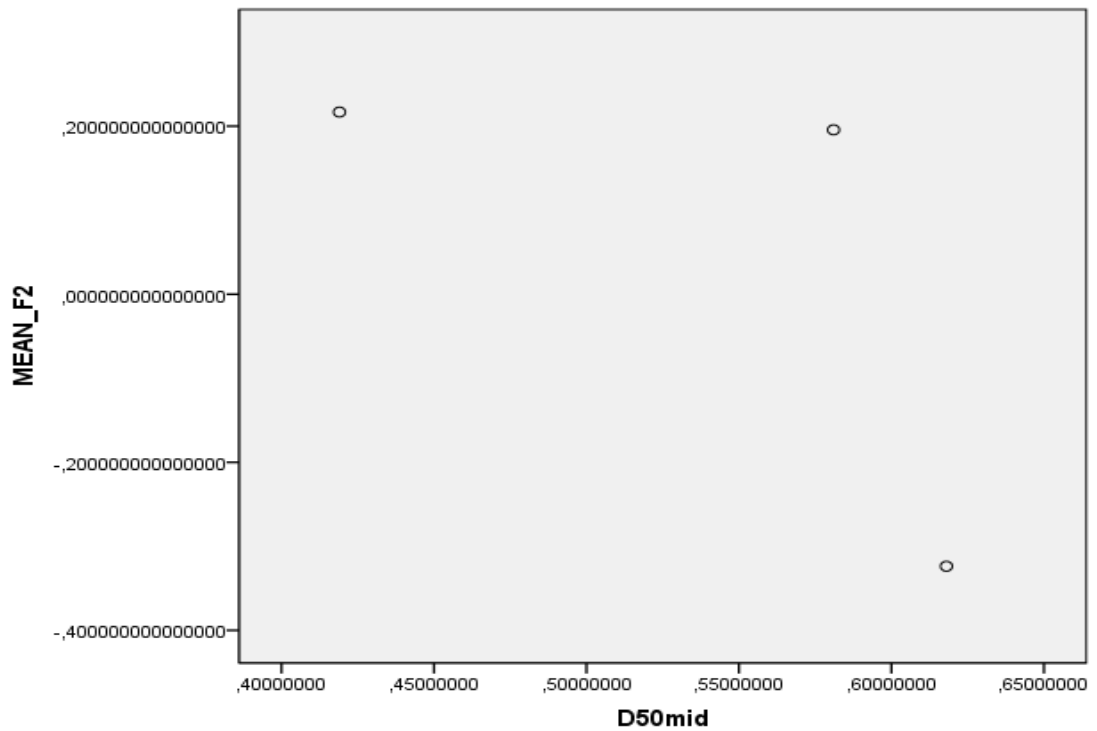
ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,101	1	,101	1,174	,474 ^a
	Residual	,086	1	,086		
	Total	,187	2			

a. Predictors: (Constant), D50low

b. Dependent Variable: MEAN_F2

Mean Factor Score Παράγοντα II – D50 (μεσαίες συχνότητες)



Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,670 ^a	,449	-,103	,321473742150 207

a. Predictors: (Constant), D50mid

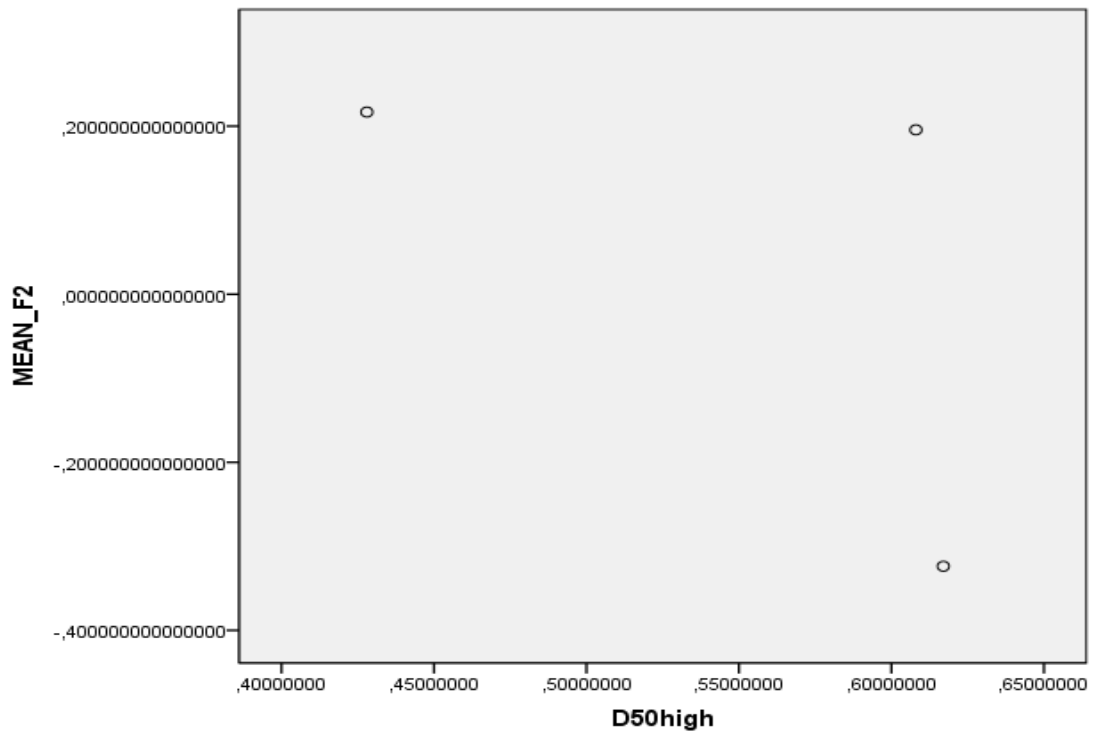
ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,084	1	,084	,813	,533 ^a
	Residual	,103	1	,103		
	Total	,187	2			

a. Predictors: (Constant), D50mid

b. Dependent Variable: MEAN_F2

Mean Factor Score Παράγοντα II – D50 (υψηλές συχνότητες)



Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,565 ^a	,319	-,362	,357198342673 524

a. Predictors: (Constant), D50high

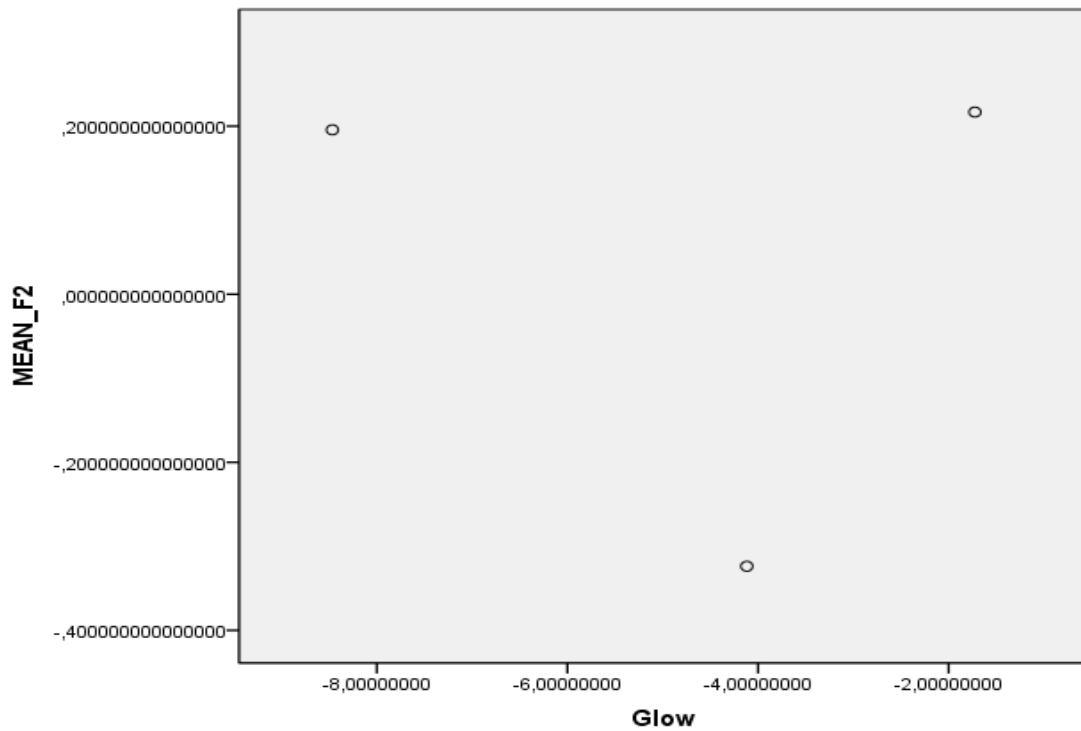
ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,060	1	,060	,469	,618 ^a
	Residual	,128	1	,128		
	Total	,187	2			

a. Predictors: (Constant), D50high

b. Dependent Variable: MEAN_F2

Mean Factor Score Παράγοντα II – G (χαμηλές συχνότητες)



Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,131 ^a	,017	-,966	,429179314338 326

a. Predictors: (Constant), Glow

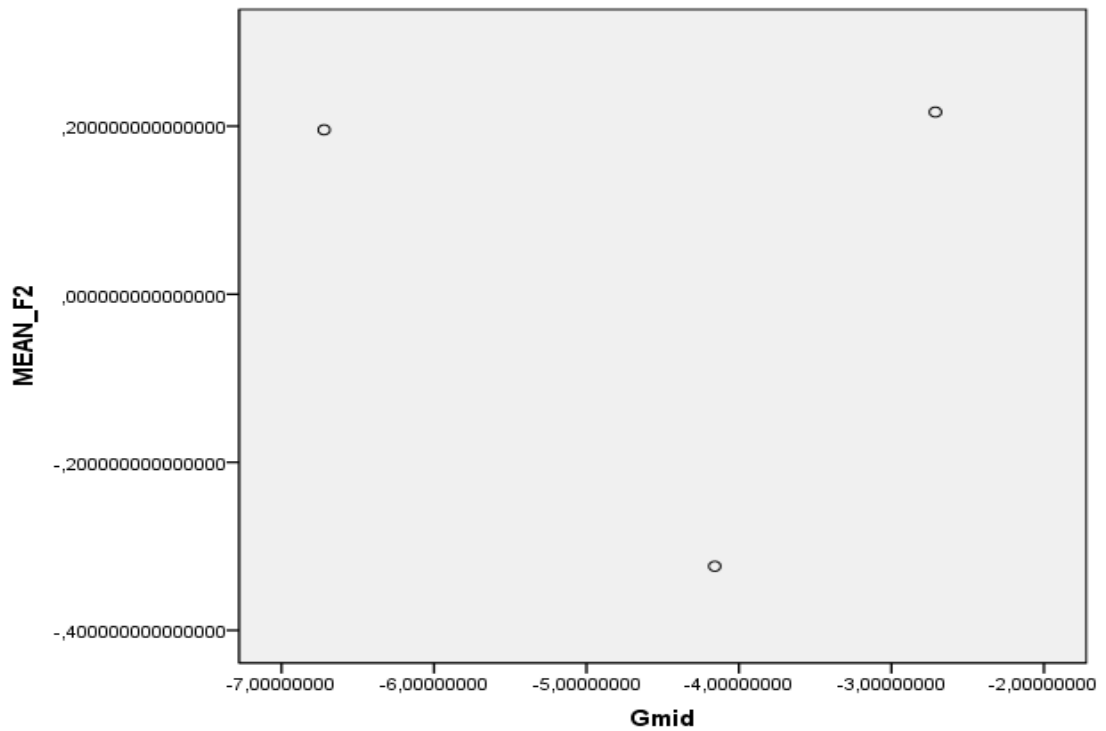
ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,003	1	,003	,017	,916 ^a
	Residual	,184	1	,184		
	Total	,187	2			

a. Predictors: (Constant), Glow

b. Dependent Variable: MEAN_F2

Mean Factor Score Παράγοντα II – G (μεσαίες συχνότητες)



Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,124 ^a	,015	-,969	,429548754209 309

a. Predictors: (Constant), Gmid

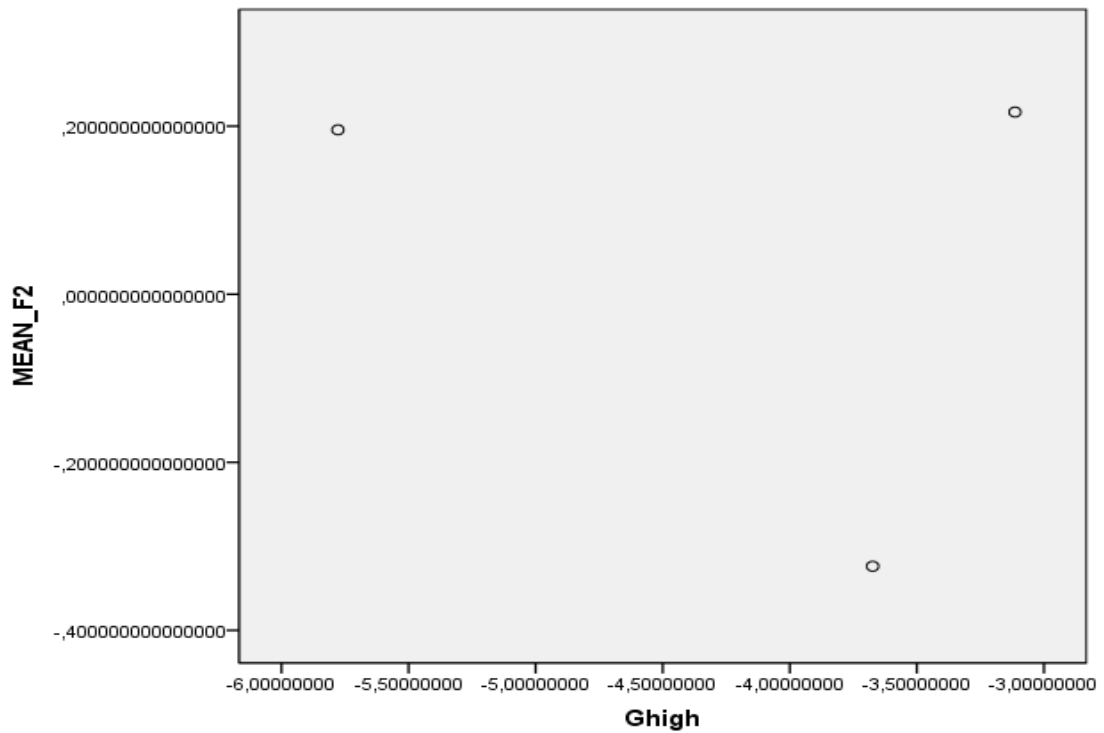
ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,003	1	,003	,016	,921 ^a
	Residual	,185	1	,185		
	Total	,187	2			

a. Predictors: (Constant), Gmid

b. Dependent Variable: MEAN_F2

Mean Factor Score Παράγοντα II – G (υψηλές συχνότητες)



Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,284 ^a	,081	-,838	,415036043701788

a. Predictors: (Constant), Ghigh

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,015	1	,015	,088	,816 ^a
	Residual	,172	1	,172		
	Total	,187	2			

a. Predictors: (Constant), Ghigh

b. Dependent Variable: MEAN_F2

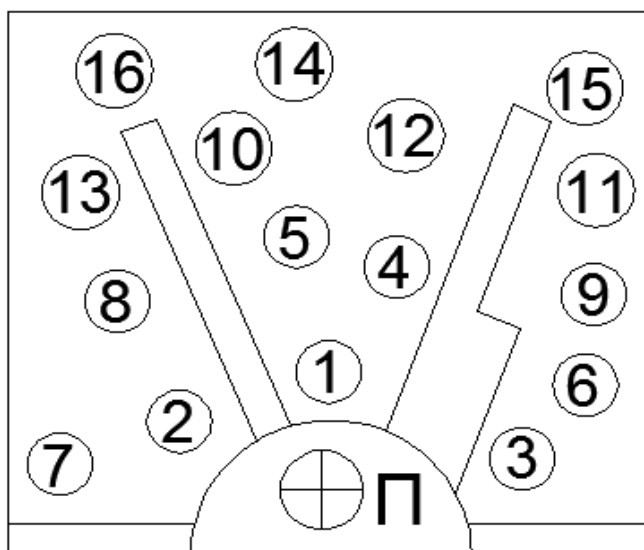
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε

«ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΦΥΣΙΚΩΝ ΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ»

Στο Παράρτημα αυτό παρουσιάζονται για κάθε αίθουσα τα αναλυτικά αποτελέσματα των φυσικών ακουστικών μετρήσεων στον πραγματικό χώρο σε πινακοποιημένη μορφή. Συγκεκριμένα μετρήθηκαν ο χρόνος αντήχησης για πτώση 20 dB T20, ο χρόνος αντήχησης RT ή T30 (πτώση 30 dB), ο χρόνος απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων EDT, το κλάσμα των πρώιμων ανακλάσεων EEF50 ή D50, ο λόγος των πρώιμων-προς-καθυστερημένων ανακλάσεων C80, η απόσβεση της στάθμης έντασης ήχου G και ο θόρυβος βάθους L_{Aeq} για περιπτώσεις με κλειστό και ανοιχτό σύστημα κλιματισμού, όπου ήταν εφικτό.

Ε.1 Θέατρο «Τζένη Καρέζη»

Παρακάτω φαίνεται η κάτοψη του θεάτρου, όπου ενδεικτικά φαίνονται οι θέσεις μέτρησης, καθώς και η θέση της πηγής.



ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ (T20) [sec]							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		0,76	0,84	0,57	0,83	0,80	0,70
2		0,77	0,92	0,83	0,77	0,80	0,69
3		1,00	0,85	0,71	0,86	0,81	0,70
4		0,80	0,69	0,66	0,76	0,77	0,73
5		0,86	0,73	0,76	0,78	0,79	0,71
6		0,77	0,79	0,85	0,75	0,79	0,72
7		0,73	0,62	0,76	0,77	0,83	0,72
8		0,89	0,84	0,69	0,73	0,75	0,74
9		1,10	0,88	0,69	0,80	0,81	0,70
10		0,95	0,76	0,77	0,83	0,78	0,74
11		0,77	0,80	0,79	0,76	0,78	0,70
12		1,00	0,62	0,82	0,77	0,83	0,73
13		0,91	0,69	0,75	0,80	0,81	0,75
14		0,81	0,83	0,78	0,71	0,75	0,73
15		0,78	0,83	0,77	0,79	0,79	0,72
16		0,83	0,77	0,75	0,81	0,82	0,71
Μέση Τιμή		0,86	0,78	0,75	0,78	0,80	0,72

Πίνακας Ε.1: Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων χρόνου αντήχησης T20 για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ (T30) [sec]							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέση μέτρησης							
1		0,73	0,79	0,76	0,79	0,78	0,71
2		0,87	0,86	0,79	0,80	0,79	0,69
3		1,06	0,86	0,78	0,82	0,80	0,70
4		0,88	0,80	0,75	0,81	0,77	0,71
5		0,98	0,74	0,75	0,78	0,77	0,71
6		0,79	0,86	0,80	0,78	0,77	0,73
7		0,74	0,75	0,74	0,77	0,81	0,73
8		0,94	0,82	0,78	0,77	0,75	0,73
9		1,06	0,81	0,72	0,79	0,80	0,69
10		1,07	0,82	0,77	0,80	0,79	0,74
11		0,86	0,78	0,79	0,78	0,78	0,72
12		1,14	0,96	0,76	0,78	0,81	0,73
13		0,98	0,80	0,78	0,79	0,79	0,75
14		0,68	0,84	0,77	0,77	0,74	0,72
15		0,99	0,84	0,81	0,79	0,78	0,71
16		0,73	0,80	0,76	0,79	0,79	0,74
χωρίς ακροατήριο							
Μέση Τιμή		0,91	0,82	0,77	0,79	0,78	0,72
RTmid		0,78					
με ακροατήριο							
Μέση Τιμή		0,87	0,79	0,74	0,76	0,76	0,69
RTmid		0,75					

Πίνακας Ε.2: Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων χρόνου αντήχησης T30 ή RT για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

EDT [sec]							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέση μέτρησης							
13		0,71	0,62	0,75	0,77	0,69	0,70
2		0,93	0,81	0,71	0,69	0,82	0,65
3		0,86	0,87	0,79	0,71	0,78	0,71
4		0,52	0,79	0,89	0,75	0,80	0,76
5		0,55	0,57	0,71	0,79	0,85	0,76
6		1,06	0,77	0,87	0,93	0,87	0,87
7		1,07	0,80	0,79	0,83	0,78	0,78
8		0,75	0,65	0,89	0,89	0,90	0,74
9		0,72	0,70	0,72	0,72	0,90	0,78
10		0,82	0,76	0,67	0,75	0,87	0,79
11		0,67	0,57	0,68	0,73	0,92	0,80
12		0,63	0,65	0,73	0,74	0,69	0,71
13		0,76	0,69	0,83	0,84	0,88	0,79
14		0,76	0,75	0,70	0,91	0,79	0,79
15		0,89	0,67	0,77	0,80	0,88	0,70
16		0,76	0,58	0,73	0,77	0,89	0,78
χωρίς ακροατήριο							
Μέσος Όρος		0,78	0,70	0,76	0,79	0,83	0,76
με ακροατήριο							
Μέσος Όρος		0,75	0,68	0,74	0,76	0,80	0,73

Πίνακας Ε.3: Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων EDT για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

D50							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		0,73	0,72	0,69	0,75	0,69	0,61
2		0,76	0,57	0,68	0,69	0,76	0,78
3		0,64	0,59	0,65	0,67	0,70	0,68
4		0,71	0,65	0,55	0,58	0,58	0,63
5		0,68	0,67	0,67	0,58	0,61	0,68
6		0,61	0,71	0,63	0,52	0,54	0,53
7		0,60	0,47	0,71	0,56	0,50	0,61
8		0,44	0,57	0,54	0,67	0,51	0,56
9		0,23	0,61	0,61	0,59	0,63	0,64
10		0,64	0,61	0,61	0,57	0,50	0,59
11		0,72	0,82	0,61	0,54	0,53	0,57
12		0,61	0,62	0,59	0,63	0,67	0,68
13		0,22	0,57	0,62	0,51	0,57	0,66
14		0,60	0,70	0,63	0,56	0,63	0,59
15		0,58	0,67	0,60	0,70	0,64	0,69
16		0,52	0,61	0,66	0,59	0,56	0,61
Μέση Τιμή		0,58	0,64	0,63	0,61	0,60	0,63

Πίνακας Ε.4: Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων κλάσματος των πρώιμων ανακλάσεων D50 για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

C80 [dB]							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		6,21	7,22	7,11	7,55	6,93	6,03
2		5,73	4,18	6,18	7,65	7,20	9,03
3		4,24	4,82	6,00	6,57	6,42	7,16
4		7,76	4,97	4,48	5,20	5,13	5,50
5		6,39	6,61	5,68	4,77	5,73	6,49
6		2,70	5,87	4,82	3,53	3,70	3,83
7		3,54	1,83	6,03	3,90	3,95	5,02
8		3,37	4,80	2,66	5,54	3,37	4,58
9		4,60	5,06	5,10	5,80	4,75	5,32
10		5,83	4,87	5,91	5,21	3,66	4,57
11		6,40	8,46	5,95	5,17	3,74	4,61
12		6,27	5,92	4,72	6,19	6,53	6,61
13		1,77	4,72	5,40	4,05	4,36	6,09
14		6,93	6,04	6,18	4,42	4,82	4,73
15		5,07	7,31	6,12	6,66	5,18	6,47
16		2,86	7,19	6,44	5,34	4,14	5,26
Μέση Τιμή		4,98	5,62	5,55	5,47	4,98	5,71

Πίνακας Ε.5: Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων λόγου των πρώιμων-προς-καθυστερημένων ανακλάσεων C80 για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

G [dB]							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		-141,95	-134,31	-134,40	-135,07	-132,07	-136,95
2		-140,80	-136,68	-134,80	-135,17	-131,42	-134,11
3		-142,71	-137,80	-135,36	-136,59	-132,71	-136,27
4		-141,78	-136,23	-137,04	-137,75	-134,28	-138,50
5		-143,12	-136,19	-137,97	-138,88	-135,13	-138,48
6		-145,52	-137,97	-138,84	-139,54	-135,95	-140,72
7		-145,45	-137,14	-137,95	-139,08	-135,93	-139,25
8		-148,25	-139,58	-139,31	-138,58	-136,67	-140,51
9		-147,33	-138,76	-137,63	-138,73	-136,23	-140,09
10		-147,88	-139,27	-138,89	-140,29	-137,41	-141,33
11		-145,28	-138,18	-139,85	-140,30	-138,62	-143,44
12		-148,90	-140,77	-140,45	-140,45	-137,07	-141,57
13		-149,61	-140,41	-140,68	-141,87	-138,73	-143,25
14		-147,69	-140,64	-141,18	-141,58	-138,32	-143,11
15		-150,27	-140,53	-142,02	-141,12	-138,38	-142,06
16		-149,81	-141,13	-140,79	-142,46	-139,83	-143,50

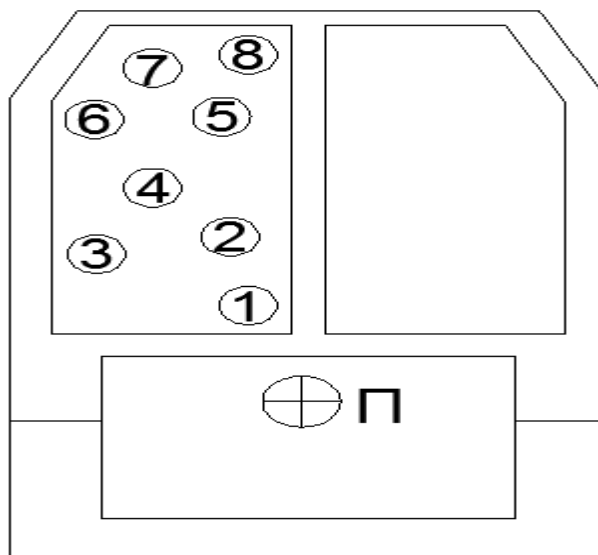
Πίνακας Ε.6: Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων της απόσβεσης της στάθμης έντασης ήχου G για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

	L_{Aeq} [dBA]
ΧΩΡΙΣ A/C	32,0
ΜΕ A/C	Δεν έγινε μέτρηση

Πίνακας Ε.7: Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων του θορύβου βάθους για περιπτώσεις με κλειστό και ανοιχτό σύστημα κλιματισμού.

Ε.2 Θέατρο «Κάππα»

Παρακάτω φαίνεται η κάτοψη του θεάτρου, όπου ενδεικτικά φαίνονται οι θέσεις μέτρησης, καθώς και η θέση της πηγής.



ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ (T20) [sec]							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		0,46	0,50	0,50	0,55	0,55	0,46
2		0,62	0,72	0,60	0,57	0,57	0,60
3		0,73	0,56	0,63	0,56	0,60	0,56
4		0,55	0,67	0,66	0,62	0,60	0,58
5		0,63	0,53	0,45	0,59	0,58	0,61
6		0,58	0,62	0,56	0,58	0,60	0,62
7		0,66	0,52	0,47	0,60	0,64	0,60
8		0,47	0,57	0,64	0,64	0,61	0,58
Μέση Τιμή		0,59	0,59	0,56	0,59	0,59	0,58

Πίνακας Ε.8: Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων χρόνου αντήχησης T20 για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ (T30) [sec]							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		0,44	0,52	0,60	0,56	0,57	0,50
2		0,67	0,64	0,62	0,62	0,58	0,60
3		0,70	0,58	0,62	0,59	0,60	0,58
4		0,53	0,61	0,65	0,62	0,59	0,59
5		0,54	0,56	0,66	0,63	0,59	0,61
6		0,63	0,60	0,60	0,60	0,60	0,61
7		0,68	0,55	0,61	0,61	0,64	0,61
8		0,45	0,63	0,62	0,66	0,61	0,58
χωρίς ακροατήριο							
Μέσος Όρος		0,58	0,59	0,62	0,61	0,60	0,58
RTmid				0,62			
με ακροατήριο							
Μέσος Όρος		0,56	0,57	0,61	0,59	0,58	0,57
RTmid				0,60			

Πίνακας Ε.9: Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων χρόνου αντήχησης T30 ή RT για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

EDT [sec]							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		0,54	0,62	0,51	0,61	0,55	0,50
2		0,49	0,52	0,75	0,56	0,55	0,58
3		0,35	0,62	0,65	0,58	0,65	0,65
4		0,77	0,58	0,60	0,62	0,66	0,63
5		0,74	0,57	0,55	0,58	0,54	0,45
6		0,77	0,80	0,63	0,80	0,71	0,53
7		0,84	0,66	0,63	0,56	0,53	0,54
8		0,84	0,64	0,58	0,67	0,60	0,54
χωρίς ακροατήριο							
Μέσος Όρος		0,67	0,63	0,61	0,62	0,60	0,55
με ακροατήριο							
Μέσος Όρος		0,65	0,61	0,60	0,60	0,58	0,54

Πίνακας Ε.10: Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων EDT για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων

D50							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		0,81	0,81	0,84	0,79	0,78	0,82
2		0,79	0,77	0,70	0,74	0,73	0,74
3		0,85	0,72	0,63	0,73	0,66	0,68
4		0,59	0,53	0,77	0,67	0,69	0,68
5		0,51	0,62	0,70	0,68	0,70	0,79
6		0,60	0,54	0,67	0,70	0,74	0,71
7		0,09	0,14	0,19	0,17	0,23	0,28
8		0,08	0,05	0,12	0,20	0,20	0,29
Μέση Τιμή		0,54	0,52	0,58	0,59	0,59	0,62

Πίνακας Ε.11: Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων κλάσματος των πρώιμων ανακλάσεων D50 για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

C80 [dB]							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		10,06	9,07	9,73	9,28	9,70	11,05
2		11,53	8,25	6,55	8,70	8,10	8,12
3		9,64	8,31	6,67	8,18	6,40	6,63
4		5,29	6,88	7,88	7,59	7,15	7,78
5		1,94	7,27	8,07	7,91	8,85	9,81
6		4,90	3,86	6,80	6,67	7,31	8,76
7		-2,87	-0,03	-0,04	0,59	-0,74	1,04
8		-2,07	-2,92	-0,84	2,06	0,42	1,41
Μέση Τιμή		4,80	5,09	5,60	6,37	5,90	6,83

Πίνακας Ε.12: Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων λόγου των πρώιμων-προς-καθυστερημένων ανακλάσεων C80 για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

G [dB]							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		-144,96	-138,30	-138,70	-141,03	-138,48	-141,89
2		-149,66	-143,19	-144,53	-144,49	-141,72	-146,70
3		-150,39	-143,39	-143,92	-144,30	-142,91	-147,19
4		-151,83	-144,85	-146,43	-147,30	-143,49	-148,07
5		-158,02	-146,68	-148,48	-149,62	-145,56	-149,13
6		-155,54	-150,66	-146,13	-147,86	-144,80	-149,04
7		-162,20	-149,62	-150,24	-149,77	-146,95	-151,08
8		-160,51	-151,74	-150,87	-151,70	-147,10	-151,30

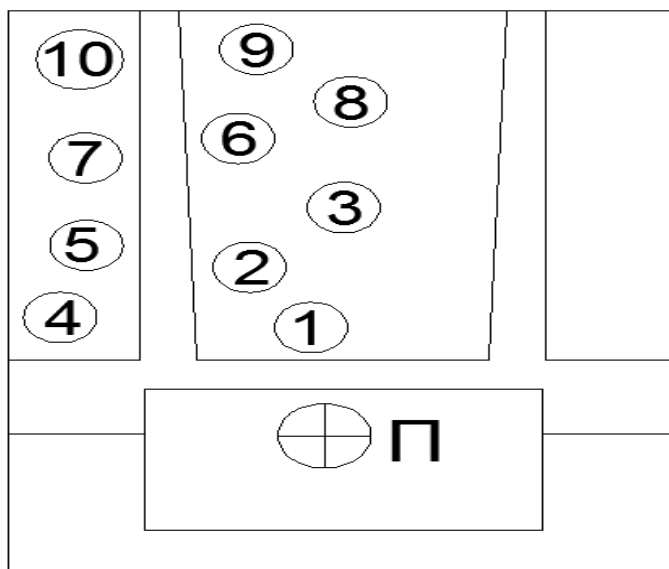
Πίνακας Ε.13: Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων της απόσβεσης της στάθμης έντασης ήχου G για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

	L_{Aeq} [dBA]
ΧΩΡΙΣ A/C	26,5
ΜΕ A/C	42,8

Πίνακας Ε.14: Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων του θορύβου βάθους για περιπτώσεις με κλειστό και ανοιχτό σύστημα κλιματισμού.

Ε.3 Θέατρο «Πόρτα»

Παρακάτω φαίνεται η κάτοψη του θεάτρου, όπου ενδεικτικά φαίνονται οι θέσεις μέτρησης, καθώς και η θέση της πηγής.



ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ (T20) [sec]							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέση μέτρησης							
1		0,96	0,75	0,74	0,80	0,78	0,64
2		1,04	0,69	0,74	0,77	0,76	0,64
3		0,79	0,76	0,80	0,78	0,73	0,65
4		1,08	0,71	0,78	0,71	0,71	0,63
5		0,82	0,76	0,56	0,74	0,72	0,62
6		0,82	0,57	0,62	0,80	0,75	0,65
7		0,90	0,73	0,79	0,73	0,73	0,67
8		0,89	0,77	0,74	0,76	0,83	0,70
9		1,07	0,74	0,73	0,79	0,73	0,69
10		0,80	0,75	0,71	0,79	0,74	0,66
Μέση Τιμή		0,92	0,72	0,72	0,77	0,75	0,65

Πίνακας Ε.15: Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων χρόνου αντήχησης T20 για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΤΗΧΗΣΗΣ (T30) [sec]							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέση μέτρησης							
1		0,96	0,79	0,77	0,85	0,77	0,66
2		0,95	0,71	0,76	0,78	0,75	0,63
3		0,76	0,84	0,79	0,80	0,74	0,66
4		0,97	0,74	0,79	0,70	0,71	0,62
5		0,93	0,76	0,81	0,78	0,73	0,65
6		0,93	0,57	0,77	0,80	0,76	0,66
7		0,99	0,80	0,78	0,76	0,75	0,67
8		0,89	0,79	0,78	0,79	0,81	0,71
9		1,00	0,85	0,87	0,82	0,72	0,71
10		0,78	0,80	0,83	0,81	0,75	0,68
χωρίς ακροατήριο							
Μέσος Όρος		0,92	0,76	0,79	0,79	0,75	0,66
RTmid		0,79					
με ακροατήριο							
Μέσος Όρος		0,89	0,74	0,77	0,77	0,73	0,65
RTmid		0,77					

Πίνακας Ε.16: Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων χρόνου αντήχησης T30 ή RT για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

EDT [sec]							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέση μέτρησης							
1		1,34	0,87	0,79	0,66	0,69	0,65
2		0,46	0,70	0,72	0,74	0,64	0,65
3		1,26	0,59	0,53	0,61	0,69	0,57
4		0,77	0,57	0,61	0,65	0,70	0,60
5		0,43	0,59	0,51	0,65	0,78	0,71
6		0,62	0,74	0,60	0,63	0,71	0,64
7		0,96	0,44	0,59	0,75	0,76	0,61
8		0,94	0,75	0,61	0,64	0,53	0,53
9		0,94	0,77	0,59	0,57	0,54	0,56
10		0,93	0,85	0,81	0,67	0,70	0,61
χωρίς ακροατήριο							
Μέσος Όρος		0,86	0,69	0,64	0,66	0,67	0,61
με ακροατήριο							
Μέσος Όρος		0,84	0,67	0,62	0,64	0,66	0,60

Πίνακας Ε.17: Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων χρόνου απόσβεσης των πρώιμων ανακλάσεων EDT για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

D50							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		0,50	0,76	0,67	0,73	0,65	0,68
2		0,48	0,45	0,45	0,57	0,45	0,47
3		0,30	0,29	0,31	0,40	0,42	0,40
4		0,46	0,36	0,61	0,53	0,66	0,68
5		0,55	0,56	0,64	0,46	0,39	0,50
6		0,24	0,29	0,36	0,42	0,44	0,40
7		0,33	0,43	0,43	0,38	0,35	0,43
8		0,14	0,12	0,19	0,31	0,25	0,31
9		0,03	0,10	0,31	0,29	0,33	0,45
10		0,01	0,11	0,09	0,22	0,17	0,12
Μέση Τιμή		0,30	0,35	0,41	0,43	0,41	0,44

Πίνακας Ε.18: Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων κλάσματος των πρώιμων ανακλάσεων D50 για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

C80 [dB]							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		3,22	6,69	6,11	7,72	6,72	7,49
2		6,00	4,11	2,05	4,47	2,17	3,00
3		-1,44	3,21	5,01	4,92	3,00	3,88
4		5,76	2,11	5,71	4,56	5,12	5,96
5		5,57	4,21	6,07	2,94	1,26	3,01
6		1,20	1,55	3,55	2,86	3,08	2,79
7		3,13	4,80	3,01	2,08	0,53	2,84
8		-0,35	1,02	3,91	2,99	3,26	3,39
9		-7,44	0,82	1,98	1,73	2,98	5,23
10		-4,49	0,15	0,26	0,29	-1,36	-0,86
Μέση Τιμή		1,12	2,87	3,77	3,46	2,68	3,67

Πίνακας Ε.19: Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων λόγου των πρώιμων-προς-καθυστερημένων ανακλάσεων C80 για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

G [dB]							
	Οκτ. ζώνες (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Θέσεις μέτρησης							
1		-146,70	-137,71	-138,07	-139,24	-136,30	-139,79
2		-143,22	-137,84	-138,95	-140,58	-138,01	-141,71
3		-148,18	-139,73	-141,45	-141,73	-139,32	-143,47
4		-147,12	-140,37	-139,59	-140,79	-137,00	-140,77
5		-143,99	-139,42	-138,92	-141,75	-139,21	-143,20
6		-145,51	-140,14	-141,27	-142,51	-140,00	-144,65
7		-147,81	-139,33	-142,42	-143,20	-140,80	-144,46
8		-150,03	-142,35	-141,61	-143,07	-139,70	-144,93
9		-148,77	-144,32	-141,49	-142,45	-138,29	-143,75
10		-150,76	-145,30	-143,94	-144,31	-141,62	-146,19

Πίνακας E.20: Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων της απόσβεσης της στάθμης έντασης ήχου G για κάθε θέση μέτρησης σε όλο το φάσμα συχνοτήτων.

	L_{Aeq} [dBA]
ΧΩΡΙΣ A/C	28,0
ΜΕ A/C	29,0

Πίνακας E.21: Πίνακας αναλυτικών αποτελεσμάτων του θορύβου βάθους για περιπτώσεις με κλειστό και ανοιχτό σύστημα κλιματισμού.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ

«ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ-ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ»

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΕΙΡΑΜΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΗΧΟΥ ΣΕ
ΜΟΝΤΕΡΝΑ ΘΕΑΤΡΑ

1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

Ημερομηνία

Θέατρο

Θέση.....

Έργο.....

Παρακαλώ βάλτε σταυρό σε ένα κουτάκι για κάθε ερώτηση

1. Με τι συχνότητα παρακολουθείτε θεατρικές παραστάσεις?

Μεγάλη

Μέτρια

Μικρή

2. Φύλο

Άρρεν

Θήλυ

3. Ηλικία

έως 18

18-28

Άνω των 29

4. Μιλάτε και καταλαβαίνετε καλά Ελληνικά?

Ναι

Όχι

2)ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ:

Αφού παρακολουθήσετε την παράσταση ή μέρος της, καλείστε να συμπληρώσετε πάνω στις ακόλουθες γραμμές (κλίμακες), μεταξύ των άκρων τους, την άποψή σας για την αντίληψη στην ακουστική του χώρου, έτσι όπως εσείς την αφουγκράζεστε. Π.χ αν θεωρείτε πως ο ήχος είναι σχετικά ενοχλητικός μπορείτε να απαντήσετε όπως παρακάτω. Διευκρινίζεται ότι με την άποψή σας καλείστε να κρίνετε την ποιότητα του ΗΧΟΥ στον χώρο και όχι τις ικανότητες του ηθοποιού.

Ενοχλητικός |-----| **Ευχάριστος**

Μην διστάσετε να χρησιμοποιήσετε όλο το μήκος της κάθε γραμμής (κλίμακας)

Με ευχαριστίες

Με ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων |-----| **Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση ανδρικών ρόλων**

Με ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων |-----| **Χωρίς ευκρίνεια στην ακρόαση γυναικείων ρόλων**

Με υψηλή ακουστότητα |-----| **Με χαμηλή ακουστότητα**

Δυσχερής στην ακρόαση |-----| **Ευχερής στην ακρόαση**

Άψυχος |-----| **Ζωντανός**

Δυνατός |-----| **Αδύναμος**

**Πτωχός σε
τονική ποιότητα**

**Πλούσιος σε
τονική ποιότητα**

Διαυγής

Μπερδεμένος

Εξασθενημένος

Δυνατός

Ευδιάκριτος

Δυσδιάκριτος

Τραχύς

Μαλακός

Οξύς

Μη οξύς

Υψηλός

Χαμηλός

Διαπεραστικός

**Μη
Διαπεραστικός**

Γεμάτος

Κενός

Προτιμητέος

**Μη
Προτιμητέος**

Με υπόσταση |—————| **Χωρίς
υπόσταση**

Λαμπρός |—————| **Σκοτεινός**

Με όγκο |—————| **Χωρίς όγκο**

**Υψηλής
αντήχησης** |—————| **Ξηρός**

Απόμακρος |—————| **Εγγύς**

Πλούσιος |—————| **Πτωχός**

**Με παρουσία
θορύβου** |—————| **Απουσία
θορύβου**

Στρογγυλεμένος |—————| **Αιχμηρός**

Με αμεσότητα |—————| **Απόμακρος**

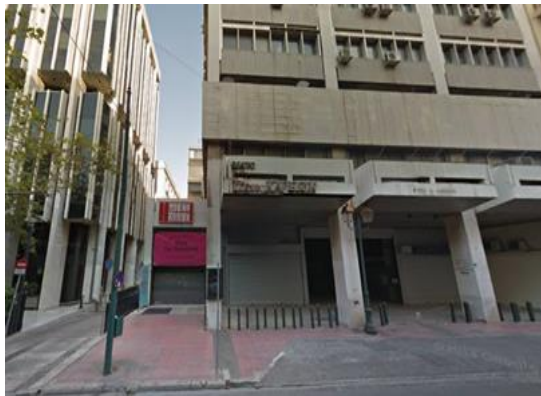
**Με κακή
γενική εντύπωση** |—————| **Με καλή
γενική εντύπωση**

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ

«ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΘΕΑΤΡΩΝ»

Για την καλύτερη κατανόηση των τριών αιθουσών παραθέτουμε κάποιες χαρακτηριστικές φωτογραφίες.

Ζ.1 Θέατρο «Τζένη Καρέζη»



Εικόνα Ζ.1: Εξωτερική άποψη του θεάτρου «Τζένη Καρέζη»



Εικόνα Ζ.2: Εσωτερική άποψη του θεάτρου «Τζένη Καρέζη» (σκηνή)



Εικόνα Z.3: Εσωτερική άποψη του θεάτρου «Τζένη Καρέζη» (πλατεία)



Εικόνα Z.4: Εσωτερική άποψη του θεάτρου «Τζένη Καρέζη» (φατνωματική οροφή)

Ζ.2 Θέατρο «Κάππα»



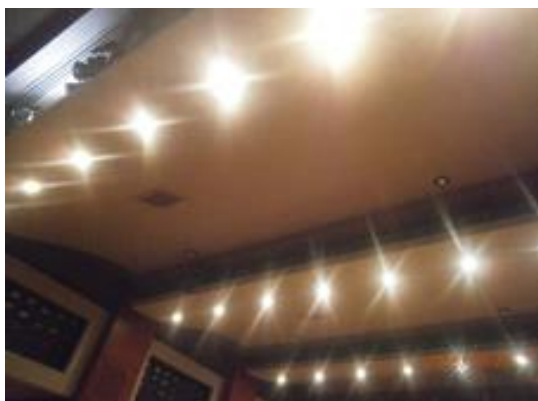
Εικόνα Ζ.5: Εξωτερική άποψη του θεάτρου «Κάππα»



Εικόνα Ζ.6: Εσωτερική άποψη του θεάτρου «Κάππα» (σκηνή)



Εικόνα Ζ.7: Εσωτερική άποψη του θεάτρου «Κάππα» (πλατεία)



Εικόνα Z.8: Εσωτερική άποψη του θεάτρου «Κάππα» (ανακλαστές οροφής και διακοσμητικά στοιχεία διάχυσης)



Εικόνα Z.9: Εσωτερική άποψη του θεάτρου «Κάππα» (κυματοειδής ανακλαστήρας πλευρικών παρειών και λεπτομέρεια πάχους)

Ζ.3 Θέατρο «Πόρτα»



Εικόνα Ζ.10: Εξωτερική άποψη του θεάτρου «Πόρτα»



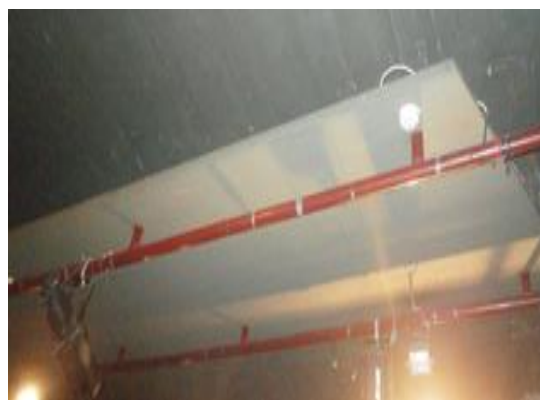
Εικόνα Ζ.11: Εσωτερική άποψη του θεάτρου «Πόρτα» (σκηνή)



Εικόνα Ζ.12: Εσωτερική άποψη του θεάτρου «Πόρτα» (πλατεία)



Εικόνα Z.13: Εσωτερική άποψη του θεάτρου «Πόρτα» (πλευρικοί ανακλαστήρες)



Εικόνα Z.14: Εσωτερική άποψη του θεάτρου «Πόρτα» (ανακλαστήρες οροφής)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η

«ΑΓΓΛΙΚΗ ΟΡΟΛΟΓΙΑ»

Η. Αγγλική ορολογία λέξεων και μετάφραση

1. Clarity (Ευκρίνεια)
2. Liveness (Ζωντάνια)
3. Subjective diffusion (Υποκειμενική διάχυση)
4. Tonal quality (Τονική ποιότητα)
5. Rich (Πλούσιος)
6. Distant (Απόμακρος)
7. Splendid tonal quality (Πλούσιος σε τονική ποιότητα)
8. Enjoyable (Ευχάριστος)
9. Faint (Εξασθενημένος)
10. Smooth (Απαλός)
11. Full (Γεμάτος)
12. Rough (Σκληρός)
13. Profound (Βαθύς)
14. Reverberant (Με αντήχηση)
15. Brilliant (Λαμπρός)
16. Massive (Δυνατός)
17. Voluminous (Με όγκο)
18. Dim (Σκοτεινός)
19. Sharp (Οξύς)

20. Shallow (Πηχός)
21. Well-defined (Ευδιάκριτος)
22. Clear (Καθαρός)
23. Harsh (Τραχύς)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Θ

«ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ»

ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΙΣΕΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΨΥΧΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ – ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Οι κοινωνικές μετρήσεις αντιμετωπίζουν συνήθως πολλά προβλήματα λόγω διάφορων κοινωνικών παραγόντων. Για αυτό οι κοινωνικοί ερευνητές βρίσκουν διάφορους τρόπους με τους οποίους παρακάμπτουν ή ξεπερνούν πολλά από τα προαναφερθέντα προβλήματα.

Η μέτρηση των μεταβλητών μιας στατιστικής έρευνας γίνεται με την βοήθεια μιας κλίμακας μέτρησης.

Οι Stevens (1951), Torgenson (1958) κατατάσσουν σε τέσσερις κατηγορίες, τις κλίμακες μέτρησης που χρησιμοποιούνται στις ανθρωπολογικές μελέτες, για να μετρήσουν διάφορες μεταβλητές :

- **Ονομαστική κλίμακα** : Στην οποία η κατάταξη των υποκειμένων γίνεται σε καλά προσδιορισμένες, σαφώς διακρίσιμες μεταξύ τους, ισοδύναμες, και οπωσδήποτε αμοιβαία αποκλειόμενες κατηγορίες. Δηλαδή, ένα υποκείμενο ή ορθότερα μια παρατηρησιακή μονάδα, δεν είναι δυνατό να ανήκει σε περισσότερες από μία κατηγορίες αλλά μόνο σε μια, η οποία διακρίνεται από τις υπόλοιπες με σαφή τρόπο. Παραδείγματα μεταβλητών που παίρνουν τιμές από ονομαστικές κλίμακες είναι :το φύλο, ο τόπος διαμονής, το θρήσκευμα, η πολιτική τοποθέτηση.
- **Τακτική κλίμακα** : Στην οποία η ένταξη των υποκειμένων γίνεται σε κατηγορίες σαφείς, ισοδύναμες, αλλά και διατεταγμένες μεταξύ τους. Δηλαδή οι τακτική κλίμακα έχει όλα τα χαρακτηριστικά της ονομαστικής κλίμακας συν το στοιχείο της διάταξης. Υπάρχει επομένως μια κλιμάκωση των κατηγοριών ως προς ένα ιδιαίτερο, συγκεκριμένο χαρακτηριστικό αλλά οι κατηγορίες δεν ισαπέχουν ως προς το ιδιαίτερο αυτό χαρακτηριστικό.

- **Κλίμακα ίσων διαστημάτων (Equal interval scales)** : Στην οποία τα υποκείμενα εντάσσονται σε σαφώς καθορισμένες, αμοιβαία αποκλειόμενες, διατεταγμένες κατηγορίες και η οποία όμως έχει και το εξής επιπλέον χαρακτηριστικό : χρησιμοποιεί σταθερή μονάδα μέτρησης. Ο χρόνος, η απόσταση, η ηλικία, η θερμοκρασία σε κλίμακα Celsius ή Fahrenheit είναι κλασικά παραδείγματα κλιμάκων ίσων διαστημάτων.
- **Αναλογική κλίμακα μέτρησης** : Η οποία διατηρεί όλα τα χαρακτηριστικά των κλιμάκων ίσων διαστημάτων, και επιπλέον διαθέτουν πραγματικό σημείο αναφοράς το οποίο αντιστοιχεί στο απόλυτο μηδέν. Το σημείο αυτό είναι ένα γνήσιο σημείο, ένα εναρκτήριο σημείο με την έννοια ότι το χαρακτηριστικό ή η ιδιότητα που μετράει η κλίμακα στο σημείο αυτό δεν υπάρχει. Κλασικά παραδείγματα αναλογικής κλίμακας είναι η ταχύτητα, η πίεση του αίματος, το βάρος, η επιτάχυνση και η μάζα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

«ΘΕΑΤΡΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ»

Ι.1 Θέατρο «Τζένη Καρέζη»

Θεατρική παράσταση: **Ταρτούφος ή οι απατεώνες**

Περίληψη

Ο Ταρτούφος, ένας ψευδοθρησκευόμενος μικροαπατεώνας που παρουσιάζεται ως υπέρμαχος της ενάρετης ζωής, φιλοξενείται από μια πλούσια, αστική οικογένεια του Παρισιού και διαταράσσει τις ενδοοικογενειακές σχέσεις επηρεάζοντας τον πατέρα της οικογένειας, Οργκόν. Παρόλες τις εκκλήσεις των υπολοίπων μελών της οικογένειας που προσπαθούν να τον πείσουν ότι ο Ταρτούφος είναι κατ' επίφαση μόνο άνθρωπος της εκκλησίας, ο Οργκόν επιμένει ότι η παρουσία του μέσα στο σπίτι είναι προς όφελος ολόκληρης της οικογένειας.

Είναι τελικά ο Ταρτούφος επικίνδυνος όπως τον περιγράφουν ή είναι ένας κοινός απατεώνας που είχε την «ατυχία» να πέσει μέσα στο λάκκο των λεόντων, σε μια οικογένεια που είναι και οι ίδιοι θιασώτες μιας υποκριτικής στάσης ζωής;

Μήπως τα πράγματα δεν είναι όπως δείχνουν και ο Οργκόν δεν είναι ένα αφελές υποχείριο αλλά έχει έναν άλλο λόγο που επέτρεψε στον Ταρτούφο να αναστατώσει την οικογένειά του;

Ο Ταρτούφος είναι ένα έργο που η λογοκρισία της εποχής του κράτησε μακριά από τη σκηνή επί πέντε χρόνια. Χρειάστηκε τη στήριξη του βασιλιά Λουδοβίκου XIV, για να καταφέρει παιχτεί και να γνωρίσει τελικά πρωτοφανή επιτυχία, σε τέτοιο βαθμό μάλιστα που το όνομα «Ταρτούφος» να έχει καταχωρηθεί στο επίσημο λεξικό της Γαλλικής Ακαδημίας ως συνώνυμο της λέξης «απατεώνας».

Σκηνοθεσία-Διασκευή: Αιμίλιος Χειλάκης, Μανώλης Δούνιας

Πρωταγωνιστούν: Αιμίλιος Χειλάκης, Άλκις Κούρκουλος, Ράνια Οικονομίδου, Αθηνά Μαξίμου, Άγγελος Μπούρας, Γιάννα Παπαγεωργίου, Αλέξανδρος Βάρθης, Γιώργος Λιάντος, Τσιμάρας Τζανάτος, Φραγκίσκη Μουστάκη, Δήμητρα Βαμβακάρη

I.2 Θέατρο «Κάππα»

Θεατρική παράσταση: **Δείπνο Ηλιθίων**

Περίληψη

Ο Πιερ Μπροσάν (Πυγμαλίων Δαδακαρίδης), πλούσιος μεγαλοεκδότης στο Παρίσι, οργανώνει κάθε εβδομάδα με τους πλούσιους φίλους του ένα... ιδιότυπο δείπνο: Καθένας βρίσκει έναν «ηλίθιο», τον καλεί στο δείπνο, τρώνε, πίνουν, διασκεδάζουν, γελούν εις βάρος των ανυποψίαστων καλεσμένων τους και στο τέλος, αυτός που έχει φέρει τον πιο τέλειο «ηλίθιο», στέφεται νικητής!

Ο Φρανσουά Πινιόν (Σπύρος Παπαδόπουλος), ένας αθώος, αφελής, καλοπροαίρετος άνθρωπος, είναι ο πολλά υποσχόμενος «ηλίθιος» του Πιερ γι' αυτήν την εβδομάδα. Τον καλεί στον σπίτι του για να γνωριστούν και εν συνεχεία να πάνε στο δείπνο. Κι εδώ αρχίζει μία σειρά από ανατροπές, όπου διαλύονται τα πάντα. Ο Πινιόν με την αφέλεια και την αθωότητά του, προκαλεί απανωτούς σεισμούς. Μέσα σε λίγη ώρα, ο άτρωτος "man of the year", Πιερ, αποδομείται και γίνεται αξιοθρήνητος ανθρωπάκος. Τελικά, ποιος απ' τους δύο είναι ο ηλίθιος; Ο ευρών αμειφθήσεται!

Σκηνοθεσία: Σπύρος Παπαδόπουλος

Πρωταγωνιστούν: Σπύρος Παπαδόπουλος, Πυγμαλίων Δαδακαρίδης, Βασίλης Ρίσβας, Άννα Μενενάκου, Ξανθή Γεωργίου, Τάκης Παπαματθαίου

1.3 Θέατρο «Πόρτα»

Θεατρική παράσταση: Οι αναστατώσεις του οικοτρόφου Τέρλες

Περίληψη

Ο νεαρός Τέρλες ανακαλύπτει συνεχώς τον εαυτό του και τον κόσμο μέσα σε ένα αυστηρό ίδρυμα των αρχών του εικοστού αιώνα, όπου εκπαιδεύονται τα παιδιά των καλύτερων οικογενειών της Αυστρίας. Σ' ένα στρατιωτικό οικοτροφείο της Αυστροουγγαρίας οι νεαροί οικότροφοι θα “συλλάβουν” τον συμμαθητή τους να κλέβει. Δεν θα τον παραδώσουν όμως για να τιμωρηθεί αλλά αντίθετα θα βρουν την ευκαιρία να τον “χρησιμοποιήσουν ως όργανο” ξεσπώντας πάνω του - σχεδόν-ασυνείδητα όλη τους την καταπιεσμένη ορμή και σεξουαλικότητα. Το ιδιαίτερο σε αυτή την ιστορία του Μούζιλ είναι πως το αυτοβιογραφικό περιστατικό των εφηβικών του χρόνων αποτελεί μια άριστη αφορμή, μια παραβολή της μετέπειτα ευρωπαϊκής ιστορίας αλλά και της ανθρώπινης φύσης με όλα τα πάθη και τις αντινομίες της. Άλλωστε το “σκοτεινό” της κομμάτι δεν κρύβεται τόσο στην βιαιότητα αυτών των παιδιών αλλά στον τρόπο που κατάφεραν στη συνέχεια να “τακτοποιήσουν” μέσα και έξω τους αυτή την υπόθεση. Πράξη που άλλωστε συνέχισαν να κάνουν και ως ενήλικες αν αναλογιστεί κανείς τα εγκλήματα πολέμου που ακολούθησαν.

Οι “Αναστατώσεις του οικότροφου Τέρλες” είναι ένα βιβλίο προφητικό, γιατί περιγράφει με ακρίβεια τις δικτατορίες του εικοστού αιώνα. Παράλληλα αποτελεί μια θαυμάσια ανάλυση της εφηβείας καθώς βασίζεται σε αληθινά γεγονότα. Τέσσερις νέοι ηθοποιοί θα αφηγηθούν και θα αναπαραστήσουν την προφητική και σκοτεινή αυτή νουβέλα που παραμένει ακόμη και σήμερα επικίνδυνα επίκαιρη.

Σκηνοθεσία-Διασκευή: Γεωργία Μαυραγάνη

Πρωταγωνιστούν: Διαμαντής Αδαμαντίδης, Βασίλης Σαφός, Γρηγόρης Μπαλάς, Μπλερίμ Δαμπιράι

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Κ

«ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΑΤΡΟΥ “ΠΟΡΤΑ”»

Η εργασία αυτή δημοσιεύθηκε στα πρακτικά του ελληνογιογκοσλαβικού συνεδρίου ακουστικής το 1984 στην Αθήνα

Tzekakis Emmanuel & Tsinikas Nikos
Department of Architecture, University of Thessaloniki

Τζεκάκης Εμμανουήλ Τσινίκας Νίκος
Τμήμα Αρχιτεκτόνων, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Acoustical design of the ODEON theatre
Ακουστικός σχεδιασμός του θεάτρου ODEON

Περίληψη

Το θέατρο ODEON σχεδιάστηκε από τον αρχιτέκτονα Μ. Φωτιάδη μέσα στο χώρο ενός παλιού σινεμά. Ο σχεδιασμός της ακουστικής του χώρου, καλύπτει το θέμα της γεωμετρίας, ώστε να διασφαλίζεται μια ομαλή κατανομή ανακλώμενου ήχου και το θέμα του ελέγχου του χρόνου αντήχησης, ώστε να συνδυάζεται η ικανοποιητική ευκρίνεια με την απαραίτητη στάθμη ήχου.

Introduction

The Odeon theatre was redesigned by the architect M. Fotiadis, out of an old cinema. Its acoustical design covers two main aspects, namely the geometry of the room in order to ensure a normal reflected sound distribution and the reverberation time control, in order to combine intelligibility with adequate sound level throughout the room.

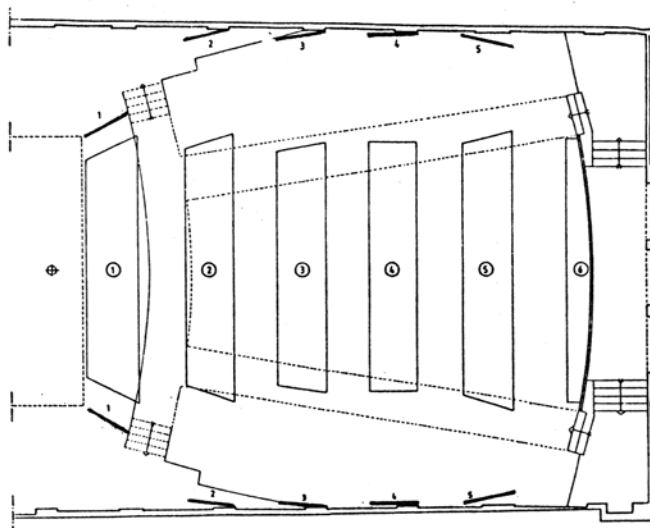


Figure I : Floor plan of the room after redesign.

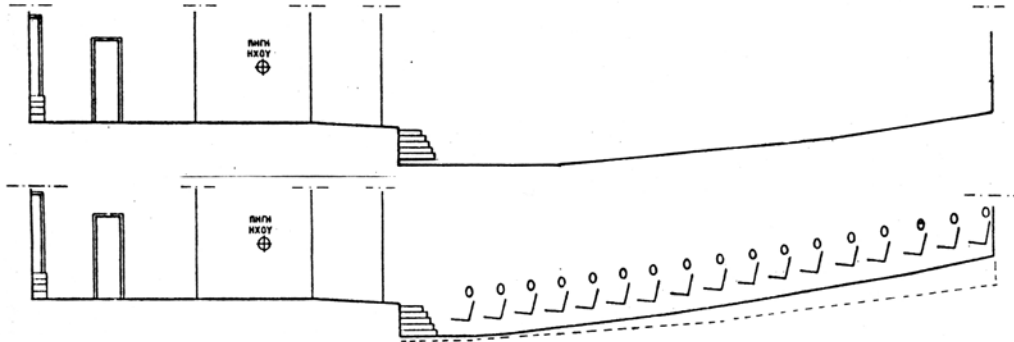


Figure 2 : Above old, below new floor inclination.

Room description

The old cinema was a simple, box shaped room without any balconies, with a volume of about 2.500 m^3 and about 600 seats. Its transformation into a theatre resulted in a volume reduction, in order to provide space for the stage, and in a reduction in the number of seats.

The final volume of the theatre is 1.800 m^3 . The total number of seats is 470, covering an area of about 212 m^2 .

The floor area is about 325 m^2 and the total wall area is 440 m^2 . The access to the room is from the back side only through two double doors. The new stage has an opening of about 40 m^2 . The floor plan of the room is shown in figure 1.

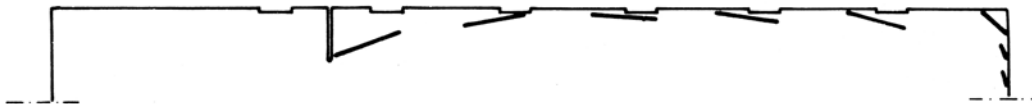


Figure 3 : Cross section along the main axis of the room, showing the ceiling reflectors.

Geometrical design

Combining optical and acoustical requirements, the inclination of the floor was increased (see figure 2). Along the main axis of the room, five reflectors were designed, introducing needed reflections from the ceiling. In addition smaller reflectors were designed to cover the upper part of the back wall, in order to deflect delayed reflections from reaching the first rows (see figure 3).

The differences in the reflected sound distribution pattern, resulting from the introduction of the reflectors can be seen in figure 4.

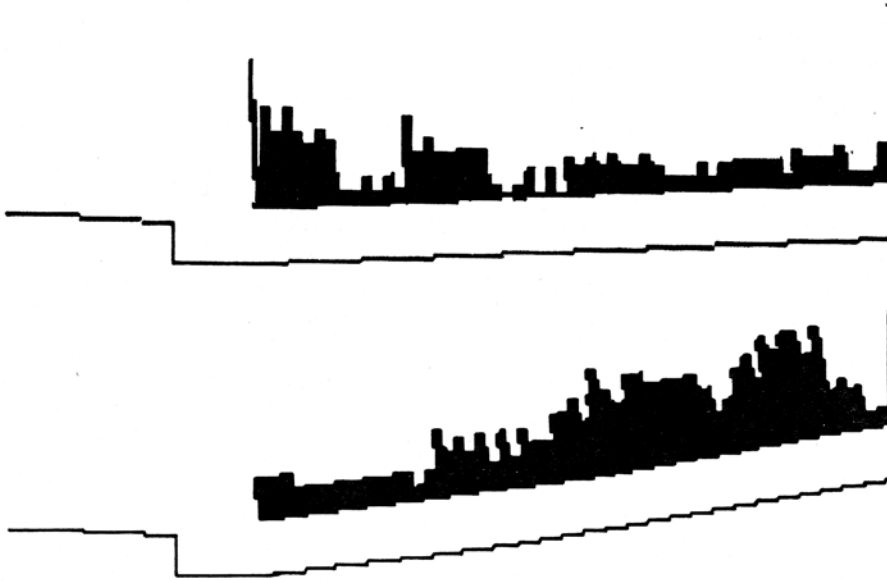


Figure 4 : Computer simulated energy distribution, along the main axis of the room. Above without, below with the ceiling reflectors.

Additional reflections for the seats near the side walls are provided by the side reflectors. Each of these reflectors has a different inclination. The general layout as seen from the stage is given in figure 5.

Due to the fact that the room has a relatively low ceiling, the geometrical design is expected to provide a pattern of strong first reflections, increasing the intelligibility adequately.

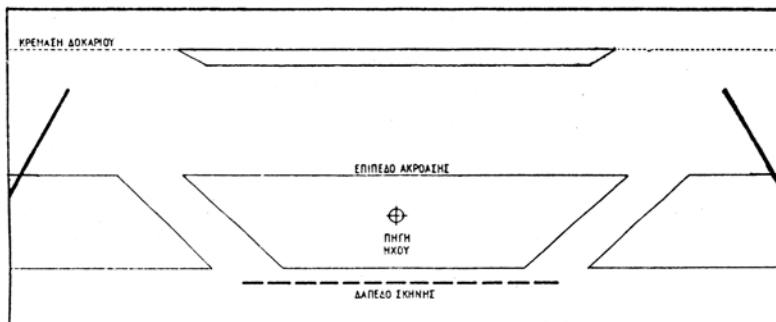


Figure 5 : Cross section of the room (view from the stage) showing the side reflectors.

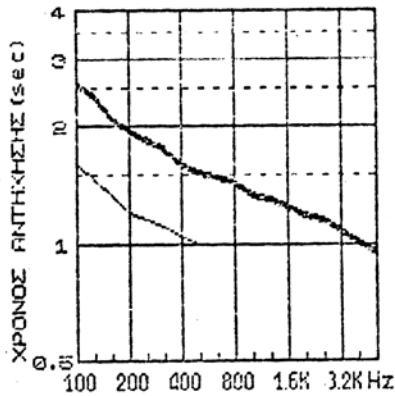


Figure 6 : Reverberation time prediction, untreated unoccupied room.

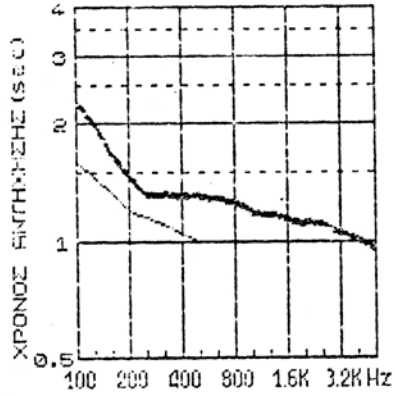


Figure 7 : Reverberation time prediction, untreated occupied room.

Reverberation time control

The volume of the room is very small, under 4 m³ per seat, to allow for an easy control of the reverberation time through absorbers. In addition the old upholstered seating is not going to be changed, adding to the difficulty.

The empty room, untreated, with the reflectors installed, is expected to have a reverberation time of about 1,5 secs (figure 6). The occupied room is expected to have a reverberation time of about 1,3 secs, the small reduction being the result of the upholstered seating (see figure 7). Introducing low frequency absorption, about 130 m² of the panels shown in figure 9, results in a considerable reduction of the reverberation time at low frequencies.

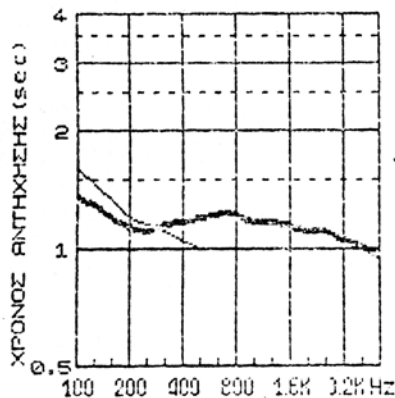


Figure 8 : Reverberation time prediction, occupied room, treated with low frequency absorbers.

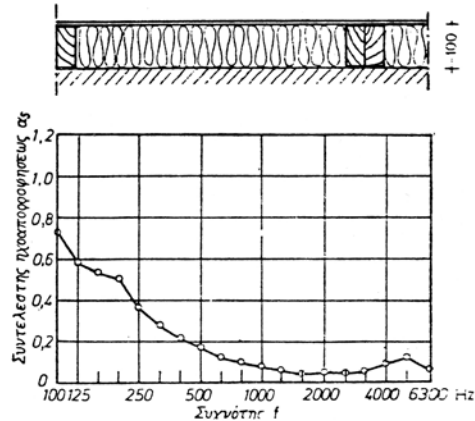


Figure 9 : Used low frequency absorber.



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ

ΠΡΑΚΤΙΚΑ

18 - 20 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 1984, ΑΘΗΝΑ, ΕΛΛΑΔΑ

ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ - 84

ΔΕΥΤΕΡΟ ΚΟΙΝΟ ΕΛΛΗΝΟΓΙΟΥΓΚΟΣΛΑΒΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

ΠΕΜΠΤΟ ΕΤΗΣΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ

ZBORNIK RADOVA

V GODIŠNJI SASTANAK GRČKOG AKUSTIČKOG DRUŠTVA

DRUGI SASTANAK AKUSTIČARA GRČKE I JUGOSKAVIJE

AKUSTIKA - 84

18 - 20 OKTOBAR, ATINA, GRČKA

XIV GODIŠNJI SASTANAK STRUČNE KOMISIJE ZA AKUSTIKU



ΠΙΑΣΙΟ®
ΕΚΔΟΤΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ