

Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών
Ακουστικός Σχεδιασμός και Ψηφιακός Ήχος

Διπλωματική Εργασία

«Συγκριτική μελέτη ηχητικών συστημάτων στο Ωδείο
Ηρώδου του Αττικού ως προς την χωρική τοποθέτησή τους
και ανάλογα με το είδος της εκδήλωσης»

Ευφροσύνη Ιωσηφίδου

Επιβλέπων καθηγητής: Καλλίρης Γεώργιος

Πάτρα, Ιούνιος 2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία της φοιτήτριας («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

«Συγκριτική μελέτη ηχητικών συστημάτων στο Ωδείο
Ηρώδου του Αττικού ως προς την χωρική τοποθέτησή τους
και ανάλογα με το είδος της εκδήλωσης»

Ευφροσύνη Ιωσηφίδου

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής

Καλλίρης Γεώργιος

Δρ. Μηχ., Καθηγητής Τεχνολογίας
Ήχου και Εικόνας στα ηλεκτρονικά
ΜΜΕ και στα Νέα Μέσα, ΑΠΘ
Διευθυντής Προγράμματος Σπουδών
στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα
«Ακουστικός Σχεδιασμός και
Ψηφιακός Ήχος» στο ΕΑΠ

Συν-Επιβλέπουσα Καθηγήτρια

Χουρμουζιάδου Καλλιόπη

Αρχιτέκτων Μηχανικός (ΑΠΘ),
με Μεταπτυχιακό και Διδακτορικό
στον Αρχιτεκτονικό και Ακουστικό
Σχεδιασμό (SSoA)

Πάτρα, Ιούνιος 2026

Ευχαριστίες

Πρώτα και πάνω απ' όλους, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την υπομονή και στήριξή της. Τον Τάσο που είναι πάντα δίπλα μου, στα εύκολα και στα δύσκολα. Την Αθηνούλα μου, που κατάφερε μια μεγάλη δική της νίκη δίπλα μου, προσφέροντας με χαρά από τον χρόνο με την μαμά της! Και φυσικά την δική μου μαμά, που προσπαθεί πάντα να δίνει πριν προλάβουμε να ζητήσουμε. Η παρούσα εργασία δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί χωρίς την υποστήριξη πολύ αγαπημένων συναδέλφων και καθηγητών. Ο Ζαχαρίας Σταμούλος και ο Παναγιώτης Γαλιάδης με βοήθησαν σε ό,τι χρειάστηκα με μεγάλη προθυμία και η συμβολή τους ήταν καθοριστική· χωρίς αυτούς δεν θα είχα καταφέρει να φέρω εις πέρας αυτή την προσπάθεια. Ιδιαίτερα σημαντικοί σε αυτή την πορεία υπήρξαν και οι καθηγητές μου: ο Γιώργος Καλλίρης, που κατά τη διάρκεια του μεταπτυχιακού πίστεψε σε εμένα και με στήριξε, και ο Μηνάς Σηφάκης, που ήδη από τις προπτυχιακές μου σπουδές με έφερε πιο κοντά στον κόσμο της ακουστικής. Ευχαριστώ, επίσης, τον πολύτιμο συνεργάτη Στέφανο Ιωαννίδη, που μέσα από τη συνεργασία μας μου έδωσε το κίνητρο να ξεκινήσω αυτό το ταξίδι. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Εργοακουστική (EA Group) για την παραχώρηση της παντοκατευθυντικής πηγής, καθώς και τη United Technical Group και τη DOREMI (Αλβέρτος Νικόλαος) για την παραχώρηση των ηχητικών συστημάτων που χρησιμοποιήθηκαν στις μετρήσεις. Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στο Φεστιβάλ Αθηνών και Επιδαύρου και στην Εφορεία Αρχαιοτήτων Πόλης Αθηνών για την άδεια πρόσβασης και πραγματοποίησης των μετρήσεων στο Ωδείο Ηρώδου του Αττικού. Ευχαριστώ επίσης την AFMG για την παραχώρηση εκπαιδευτικής άδειας χρήσης του EASE 5, η οποία κατέστησε δυνατή την ανάπτυξη και τη μελέτη του ακουστικού μοντέλου του χώρου.

Περίληψη

Η παρούσα εργασία διερευνά και συγκρίνει διαφορετικές διατάξεις ηχητικών πηγών και συστημάτων στο Ωδείο Ηρώδου του Αττικού, με στόχο την αξιολόγηση της ακουστικής τους απόδοσης και την ανάδειξη των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων κάθε περίπτωσης. Η μελέτη βασίζεται σε επιτόπιες ακουστικές μετρήσεις και σε ακουστική προσομοίωση του χώρου.

Στις επιτόπιες μετρήσεις εξετάστηκαν τρεις περιπτώσεις: μια παντοκατευθυντική πηγή, ένα επιδαπέδιο και ένα αναρτώμενο σύστημα ηλεκτροακουστικής ενίσχυσης. Παράλληλα, αναπτύχθηκε τρισδιάστατο ακουστικό μοντέλο του Ωδείου, το οποίο επικυρώθηκε με βάση τα αποτελέσματα των μετρήσεων για την παντοκατευθυντική πηγή και χρησιμοποιήθηκε για τη συγκριτική εξέταση των διαφορετικών διατάξεων υπό κοινές και ελεγχόμενες συνθήκες. Η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε με βάση την ηχητική στάθμη και την ομοιομορφία της κάλυψης, τη συχνотική και χρονική συμπεριφορά, την καταληπτότητα της ομιλίας και την ευκρίνεια της ομιλίας και της μουσικής.

Τα αποτελέσματα ανέδειξαν ότι υπάρχουν πράγματι διαφορές μεταξύ των εξεταζόμενων διατάξεων. Το αναρτώμενο σύστημα παρουσίασε μεγαλύτερη ομοιομορφία ηχητικής κάλυψης και συχνотικής συμπεριφοράς, ενώ το επιδαπέδιο σύστημα εμφάνισε στις μετρήσεις πλεονέκτημα στους δείκτες καταληπτότητας και ευκρίνειας της ομιλίας. Η παντοκατευθυντική πηγή παρουσίασε μεγαλύτερες χωρικές μεταβολές και χαμηλότερη απόδοση στους δείκτες ομιλίας, αναδεικνύοντας τη διαφορετική συμπεριφορά μιας σημειακής πηγής χωρίς ηλεκτροακουστική ενίσχυση. Συνολικά, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η καταλληλότητα κάθε διάταξης εξαρτάται από τις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής και δεν μπορεί να προσδιοριστεί από έναν μεμονωμένο ακουστικό δείκτη.

Λέξεις – Κλειδιά

Ωδείο Ηρώδου του Αττικού, Ηλεκτροακουστικές εγκαταστάσεις σε αρχαία θέατρα και ωδεία, Ακουστικές μετρήσεις, Κριτήρια ποιότητας ηχητικών συστημάτων, Ακουστική προσομοίωση αρχαίου ωδείου, Συγκριτική μελέτη ακουστικής απόδοσης.

«A comparative acoustic analysis of sound system design
and spatial deployment at the Odeon of Herodes Atticus
according to the type of the event»

Effrosyni Iosifidou

Abstract

This study investigates and compares different configurations of sound sources and sound systems at the Odeon of Herodes Atticus, with the aim of evaluating their acoustic performance and identifying the advantages and disadvantages of each case. The study is based on in-situ acoustic measurements and acoustic simulation of the venue.

Three cases were examined during the in-situ measurements: an omnidirectional source, a ground-stacked and a flown sound reinforcement system. In parallel, a three-dimensional acoustic model of the Odeon was developed, validated against the measurement results obtained with the omnidirectional source, and subsequently used to compare the different configurations under common and controlled conditions. The evaluation was based on sound pressure level and coverage uniformity, frequency response, temporal behavior, speech intelligibility, speech clarity and music clarity.

The results showed that there are indeed differences among the configurations examined. The flown system provided greater uniformity in sound coverage and frequency response, while the ground-stacked system showed an advantage in the measurements of speech intelligibility and clarity metrics. The omnidirectional source exhibited greater spatial variations and lower performance in the speech-related metrics, reflecting the different behavior of a point source without electroacoustic reinforcement. Overall, the results indicate that the suitability of each configuration depends on the requirements of the specific application and cannot be determined by a single acoustic parameter.

Keywords

Odeon of Herodes Atticus, Sound Reinforcement Systems in Ancient Theatres and Odeons, Acoustic Measurements, Sound System Quality Criteria, Acoustic Simulation of an Ancient Odeon, Comparative Study of Acoustic Performance.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	v
Abstract	vi
Περιεχόμενα	viii
Κατάλογος Εικόνων	x
Κατάλογος Σχημάτων	xi
Κατάλογος Πινάκων	xvii
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια.....	xx
1 Εισαγωγή.....	1
2 Γενικές πληροφορίες για τα αρχαία ωδεία.....	4
2.1 Σύνομη ιστορική αναδρομή.....	4
2.2 Το Ωδείο Ηρώδου του Αττικού.....	10
2.3 Εισαγωγή στην ακουστική των αρχαίων ωδείων και του ΩΗΑ	13
2.4 Σύγχρονη κατάσταση και χρήση του ΩΗΑ	14
3 Θεωρητικό υπόβαθρο.....	17
3.1 Μετάδοση του ήχου σε ημιυπαίθριους χώρους	17
3.1.1 Ελεύθερο πεδίο και εξασθένιση με την απόσταση	17
3.1.2 Ανάκλαση και διάχυση	18
3.2 Κρουστική απόκριση χώρου	20
3.3 Ακουστικές παράμετροι	21
3.3.1 Στάθμη ηχητικής πίεσης (SPL)	21
3.3.2 Απόκριση συχνότητας	22
3.3.3 Χρόνος αντήχησης (RT)	23
3.3.4 Χρόνος πρώιμης απόσβεσης (EDT).....	24
3.3.5 Καταληπτότητα της ομιλίας (STI)	25
3.3.6 Ευκρίνεια (C50 και C80)	26
3.4 Ηχητικά συστήματα και βασικά χαρακτηριστικά	27
3.4.1 Δομή και λειτουργία ενός ηχητικού συστήματος	27
3.4.2 Βασικά χαρακτηριστικά ηχείων	29
3.4.2.1 Ευαισθησία και παραγόμενη ηχητική στάθμη	29
3.4.2.2 Απόκριση συχνότητας	30
3.4.2.3 Κατευθυντικότητα και κάλυψη	30
3.4.3 Συστοιχίες ηχείων και αλληλεπίδραση μεταξύ πηγών.....	31
3.4.4 Τοποθέτηση και διάταξη ηχείων στο χώρο.....	33
3.5 Κριτήρια αξιολόγησης ηχητικών συστημάτων	34
4 Μεθοδολογία μετρήσεων	37
4.1 Εξοπλισμός και διαδικασία μετρήσεων	37
4.2 Παντοκατευθυντική πηγή.....	40
4.3 Επιδαπέδιο ηχητικό σύστημα.....	42
4.4 Αναρτώμενο ηχητικό σύστημα	45
4.5 Επεξεργασία και εξαγωγή αποτελεσμάτων.....	47
4.6 Αξιολόγηση των συνθηκών των μετρήσεων.....	48
5 Μοντέλο ακουστικής προσομοίωσης του ΩΗΑ	52
5.1 Δημιουργία μοντέλου του χώρου	53

5.2	Προσομοίωση παντοκατευθυντικής πηγής	59
5.3	Προσομοίωση επιδαπέδιου ηχητικού συστήματος	60
5.4	Προσομοίωση αναρτώμενου ηχητικού συστήματος.....	60
5.5	Βαθμονόμηση και επικύρωση του μοντέλου	65
6	Αποτελέσματα μετρήσεων και ακουστικής προσομοίωσης	74
6.1	Ηχητική στάθμη και χωρική κατανομή.....	75
6.2	Συχνотική απόκριση.....	76
6.3	Χρόνος αντήχησης	80
6.4	Χρόνος πρώιμης απόσβεσης	83
6.5	Καταληπτότητα της ομιλίας STI.....	84
6.6	Ευκρίνεια της ομιλίας C50.....	86
6.7	Ευκρίνεια της μουσικής C80.....	89
7	Συγκριτική αξιολόγηση των διαφορετικών διατάξεων	92
7.1	Στάθμη και ομοιομορφία κάλυψης	93
7.2	Συχνотική συμπεριφορά.....	94
7.3	Χρονική συμπεριφορά	96
7.4	Απόδοση για ομιλία	98
7.5	Απόδοση για μουσική	99
7.6	Συνολική σύγκριση	100
8	Πρόταση σχεδιαστικής προσέγγισης	103
8.1	Σύγχρονες κατευθύνσεις στον σχεδιασμό ήχου σε αρχαίους χώρους παραστάσεων	103
8.1.1	Παραδείγματα ακουστικών εφαρμογών.....	103
8.1.2	Παραδείγματα ηλεκτροακουστικών εφαρμογών	106
8.2	Σύγχρονες απαιτήσεις και δυνατότητες για το ΩΗΑ	110
9	Συμπεράσματα	113
	Βιβλιογραφία.....	116
	Παράρτημα Α: Τεχνικά φυλλάδια εξοπλισμού μετρήσεων	122
	Παράρτημα Β: Τεχνικά φυλλάδια ηχητικού εξοπλισμού	133
	Παράρτημα C: Αναλυτικά αποτελέσματα μετρήσεων.....	151
	Πίνακες μετρήσεων.....	151
	Ηχητική στάθμη SPL(A).....	167
	Συχνотική απόκριση.....	169
	Κρουστική απόκριση.....	170
	Χρόνος αντήχησης T_{0pt}	171
	Χρόνος πρώιμης απόσβεσης EDT	174
	Καταληπτότητα της ομιλίας STI.....	176
	Δείκτης ευκρίνειας της ομιλίας C50	179
	Δείκτης ευκρίνειας της μουσικής C80	182
	Παράρτημα D: Αναλυτικά αποτελέσματα υπολογισμών.....	185
	Πίνακες υπολογισμών	185
	Ηχητική στάθμη απευθείας ήχου (directSPL).....	235
	Συνολική ηχητική στάθμη (totalSPL)	239
	Συχνотική απόκριση (frequency response)	243
	Κρουστική απόκριση (echogram)	247
	Χρόνος αντήχησης T20.....	251

Χρόνος πρώιμης απόσβεσης EDT	256
Καταληπτότητα της ομιλίας STI.....	262
Ευκρίνεια της ομιλίας C50.....	266
Ευκρίνεια της μουσικής C80.....	274

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2.1 Τρισδιάστατη απεικόνιση του Ωδείου του Περικλή μαζί με τα χορηγικά μνημεία της οδού Τρίποδων (πηγή: Ancient Athens 3D, 2021)	6
Εικόνα 2.2 Αεροφωτογραφία του θεάτρου και του ωδείου της ρωμαϊκής πόλης της Πομπηίας στην Ιταλία (πηγή: Υπουργείο Πολιτισμού & Αθλητισμού, 2015)	6
Εικόνα 2.3 Το ωδείο της Λυών στη Γαλλία (πηγή: Service archéologique de la Ville de Lyon, χ.χ.)	6
Εικόνα 2.4 Αεροφωτογραφία του ωδείου της Πάτρας (πηγή: Υπουργείο Πολιτισμού & Αθλητισμού, 2015).....	7
Εικόνα 2.5 Το ωδείο της Εφέσου στην Τουρκία (πηγή: Σταθόπουλος, 2025)	7
Εικόνα 2.6 Το ωδείο της Πάφου στην Κύπρο (πηγή: Δήμος Πάφου, 2019)	7
Εικόνα 2.7 Γενική άποψη του ωδείου της Νικόπολης (πηγή: Υπουργείο Πολιτισμού & Αθλητισμού, 2015).....	8
Εικόνα 2.8 Το ωδείο της Ρόδου (πηγή: Υπουργείο Πολιτισμού & Αθλητισμού, 2015)	8
Εικόνα 2.9 Η σκηνή, η ανατολική πάροδος και τμήμα του κοίλου του ωδείου της Κω (πηγή: Υπουργείο Πολιτισμού & Αθλητισμού, 2015).....	8
Εικόνα 2.10 Το ρωμαϊκό ωδείο του Αμμάν στην Ιορδανία (πηγή: Wikimedia Commons, φωτογραφία του J. S., CC BY-SA 3.0, 2001).....	9
Εικόνα 2.11 Το αρχαίο ωδείο στη Γόρτυνα (πηγή: Υπουργείο Πολιτισμού & Αθλητισμού, 2015)	9
Εικόνα 2.12 Το ωδείο της Θεσσαλονίκης (πηγή: Βελένης – Αδάμ-Βελένη, 2023)	9
Εικόνα 2.13 Φωτογραφία του ΩΗΑ που χρονολογείται μεταξύ 1868-1875 (πηγή: Wikimedia Commons, φωτογραφία του B.F., 1868-1875).....	10
Εικόνα 2.14 Σύγχρονη φωτογραφία του ΩΗΑ (πηγή: Wikimedia Commons, 2017)	11
Εικόνα 2.15 Αναπαράσταση του ΩΗΑ, όπου φαίνεται ο τοίχος της σκηνής και η οροφή (πηγή: Καλογερέα, 2022).....	12
Εικόνα 2.16 Το ΩΗΑ κατά τη διάρκεια παράστασης (πηγή: Καλογερέα, 2022).....	15
Εικόνα 4.1 Φωτογραφία από μέτρηση της παντοκατευθυντικής πηγής	41
Εικόνα 4.2 Φωτογραφία από μέτρηση του επιδαπέδιου ηχητικού συστήματος.....	43
Εικόνα 4.3 Φωτογραφία από μέτρηση του αναρτώμενου ηχητικού συστήματος	46
Εικόνα 5.1 Αρχιτεκτονικά σχέδια του ΩΗΑ (πηγή: Φεστιβάλ Αθηνών Επιδαύρου).....	53
Εικόνα 5.2 Όψεις του τρισδιάστατου μοντέλου του ΩΗΑ στο λογισμικό SketchUp	54
Εικόνα 5.3 Διαφορετικές οπτικές του τρισδιάστατου μοντέλου του ΩΗΑ στο λογισμικό EASE 5	55
Εικόνα 5.4 Τρισδιάστατη απεικόνιση της παντοκατευθυντικής πηγής από το μοντέλο προσομοίωσης και πίνακας με τις ρυθμίσεις του ηχείου σε κάθε θέση.....	59
Εικόνα 5.5 Τρισδιάστατη απεικόνιση του επιδαπέδιου ηχητικού συστήματος από το μοντέλο προσομοίωσης.....	61

Εικόνα 5.6 Η διαμόρφωση των συστοιχιών ηχείων του επιδαπέδιου ηχητικού συστήματος (στιγμιότυπο οθόνης του λογισμικού EASE).....	62
Εικόνα 5.7 Τρισδιάστατη απεικόνιση του αναρτώμενου ηχητικού συστήματος από το μοντέλο προσομοίωσης.....	63
Εικόνα 5.8 Η διαμόρφωση των συστοιχιών ηχείων του αναρτώμενου ηχητικού συστήματος (στιγμιότυπο οθόνης του λογισμικού EASE)	64
Εικόνα 5.9 Ρυθμίσεις των φίλτρων ισοστάθμισης για την προσομοίωση του δωδεκάεδρου ηχείου NOR276 και γράφημα της τελικής συχνοτικής απόκρισης.....	65
Εικόνα 5.10 Παράμετροι που επιλέχθηκαν για τους υπολογισμούς με τη μέθοδο AURA	66
Εικόνα 8.1 Το αρχαίο θέατρο των Συρακουσών χωρίς και με την προσθήκη σύγχρονου σκηνικού με ακουστικές ιδιότητες (πηγή: Bo et al., 2015).....	104
Εικόνα 8.2 Αναπαραστάσεις του velarium σε ρωμαϊκά θέατρα: (a) σχέδιο του Cesare Cesariano και (b) αναπαράσταση του velarium στο ρωμαϊκό θέατρο της Ασπένδου κατά Izenour (πηγή: d’Ambrosio Alfano et al., 2015).....	104
Εικόνα 8.3 Γενική άποψη του Αρχαίου Θεάτρου της Οράγγης κατά τη διάρκεια εργασιών συντήρησης, όπου φαίνεται το σκέπαστρο με τη σκηνική υποδομή (φωτογραφία: Marc Panneau, 2023· πηγή: Institut ARKAIA, n.d.).....	105
Εικόνα 8.4 Ηλεκτροακουστική εγκατάσταση περιορισμένης οπτικής παρουσίας στο αρχαίο θέατρο του Tindari (πηγή: K-array, n.d.).....	106
Εικόνα 8.5 Ηχητικές πηγές περιμετρικά της περιοχής της ορχήστρας στο Αρχαίο Θέατρο Πυθαγορείου (πηγή: ACOU, n.d.)	107
Εικόνα 8.6 Επίγεια (αριστερά) και αναρτώμενη (δεξιά) σημειακή διάταξη ηχείων χαμηλών συχνοτήτων στο ρωμαϊκό θέατρο της Itálica (πηγή: Orrán et al., 2023).....	107
Εικόνα 8.7 Αντιστροφή της συμβατικής διάταξης σκηνής και ακροατηρίου στο Αρχαίο Θέατρο του Plovdiv κατά την παραγωγή Fire Feast (πηγή: Tanchev, n.d.)	108
Εικόνα 8.8 Η χωρική εμπειρία L’Odyssée Sonore στο Αρχαίο Θέατρο της Οράγγης (πηγή: L’Odyssée Sonore, n.d.).....	109
Εικόνα 8.9 Χρήση ακουστικών κατά την εμπειρία L’Odyssée Sonore στο Αρχαίο Θέατρο της Οράγγης (φωτογραφία: Cyril Cortez, πηγή: POP Tourisme, 2025)	109
Εικόνα 8.10 Ηχεία αναρτημένα σε μεταλλική κατασκευή στην πρόσοψη της σκηνής του Αρχαίου Θεάτρου της Οράγγης (φωτογραφία: Carole Raddato, 2014, πηγή: Wikimedia Commons, CC BY-SA 2.0).....	111
Εικόνα 8.11 Αναρτώμενο σύστημα ενίσχυσης ήχου στο Αρχαίο Θέατρο της Οράγγης κατά τη διάρκεια συναυλίας (φωτογραφία: Elya Bouyssou, 2025, πηγή: Le Dauphiné Libéré)	111

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2.1 Τα μέρη του αρχαίου ελληνικού θεάτρου (πηγή: Βικιπαίδεια, «Αρχαίο ελληνικό θέατρο», 2025).....	4
Σχήμα 3.1 Απευθείας διάδοση και ανακλάσεις του ήχου στο αρχαίο θέατρο της Επιδαύρου (πηγή: Mourjopoulos, 2013, βάσει Psarras et al., 2013)	19
Σχήμα 3.2 Χαρακτηριστική μορφή κρουστικής απόκρισης όπου διακρίνονται οι τρεις βασικές περιοχές. (πηγή: Κοντομίχος & Ζαρούχας, 2013).....	21

Σχήμα 3.3 Προσδιορισμός του χρόνου αντήχησης RT μέσω του T20 από την καμπύλη ενεργειακής απόσβεσης. (πηγή: Wikiwand, n.d.)	24
Σχήμα 3.4 Αρχή λειτουργίας της συνάρτησης μεταφοράς διαμόρφωσης (MTF) (πηγή: Ruvalcaba Esquivel, 2005).....	26
Σχήμα 3.5 Βασική αλυσίδα ενός συστήματος ηχητικής ενίσχυσης (πηγή: ίδια επεξεργασία)	28
Σχήμα 3.6 Οριζόντια και κατακόρυφη γωνία κάλυψης ηχείου, οριζόμενη από τα σημεία -6 dB ως προς τον κύριο άξονα (πηγή: McCarthy, 1998).....	31
Σχήμα 3.7 Χωρική κατανομή της ηχητικής ενέργειας κατά την αλληλεπίδραση μεταξύ πηγών, όπου φαίνεται η κτενωτή απόκριση συχνότητας (πηγή: McCarthy, 2007)	32
Σχήμα 4.1 Συνδεσμολογία του συστήματος μετρήσεων.....	38
Σχήμα 4.2 Πλάνο σημείων μέτρησης στον χώρο.....	39
Σχήμα 4.3 Το δωδεκάεδρο ηχείο NOR276 και η συχνотική του απόκριση, όπως δίνεται από τον κατασκευαστή (πηγή: Norsonic, 2014)	40
Σχήμα 4.4 Συνδεσμολογία της διάταξης με την παντοκατευθυντική πηγή	41
Σχήμα 4.5 Χωροθέτηση της διάταξης της παντοκατευθυντικής πηγής.....	42
Σχήμα 4.6 Συνδεσμολογία της διάταξης του επιδαπέδιου ηχητικού συστήματος.....	44
Σχήμα 4.7 Χωροθέτηση της διάταξης του επιδαπέδιου ηχητικού συστήματος.....	44
Σχήμα 4.8 Συνδεσμολογία της διάταξης του αναρτώμενου ηχητικού συστήματος	46
Σχήμα 4.9 Χωροθέτηση της διάταξης του αναρτώμενου ηχητικού συστήματος	47
Σχήμα 4.10 Μέση τιμή του λόγου σήματος προς θόρυβο (S/N) ανά συχνотική ζώνη	49
Σχήμα 5.1 Σύγκριση μετρημένου και υπολογισμένου χρόνου αντήχησης στις μεσαίες συχνότητες (Mid-Band) στο EASE.....	57
Σχήμα 5.2 Σύγκριση μεταξύ μέτρησης (κόκκινη γραμμή) και υπολογισμού του RT σε επιλεγμένες θέσεις του κοίλου. Με πράσινο χρώμα ο υπολογισμός κατά Sabine, με μπλε κατά Eyring και με μωβ μέσω του AURA/Schroeder	67
Σχήμα 5.3 Διάγραμμα διασποράς μεταξύ μετρήσεων – υπολογισμών για το SPL	72
Σχήμα 5.4 Διάγραμμα διασποράς μεταξύ μετρήσεων – υπολογισμών για το EDT.....	72
Σχήμα 5.5 Διάγραμμα διασποράς μεταξύ μετρήσεων – υπολογισμών για το STI	72
Σχήμα 5.6 Διάγραμμα διασποράς μεταξύ μετρήσεων – υπολογισμών για το C50.....	73
Σχήμα 5.7 Διάγραμμα διασποράς μεταξύ μετρήσεων – υπολογισμών για το C80.....	73
Σχήμα 6.1 Μέση συχνотική απόκριση κάθε διάταξης από τις μετρήσεις στις θέσεις του κοίλου, υπολογισμένη από το REW (Average RMS).....	77
Σχήμα 6.2 Μέση συχνотική απόκριση κάθε προσομοιωμένου σεναρίου, υπολογισμένη από τη μέση τιμή (average) TotalSPL(Z) στο λογισμικό EASE.....	77
Σχήμα 6.3 Εύρος μεταβολής της ηχητικής στάθμης (Lmax–Lmin) ανά συχνотότητα για τις θέσεις στο κοίλο των διατάξεων που μετρήθηκαν.....	79
Σχήμα 6.4 Εύρος μεταβολής της ηχητικής στάθμης (Lmax–Lmin) ανά συχνотότητα για τις θέσεις στο κοίλο των σεναρίων που προσομοιώθηκαν.....	79
Σχήμα 6.5 Μέση τιμή του υπολογισμένου RT (sec) ανά διάταξη	81
Σχήμα 6.6 Μέση τιμή του RT στο 1kHz ανά διάταξη (η γραμμή σφάλματος ισούται με την μέση τιμή ± την τυπική απόκλιση).....	82
Σχήμα 6.7 Μέση τιμή του EDT στο 1kHz ανά διάταξη (η γραμμή σφάλματος ισούται με την μέση τιμή ± την τυπική απόκλιση)	84
Σχήμα 6.8 Μέση τιμή του STI ανά διάταξη (η γραμμή σφάλματος ισούται με την μέση τιμή ± την τυπική απόκλιση).....	85

Σχήμα 6.9 Μέση τιμή του C50 (dB) ανά διάταξη και για τις ζώνες των 500Hz, 1kHz και 2kHz (η γραμμή σφάλματος ισούται με την μέση τιμή $\pm$ την τυπική απόκλιση)	88
Σχήμα 6.10 Μέση τιμή του C80 (dB) ανά διάταξη και για τις ζώνες των 500Hz, 1kHz και 2kHz (η γραμμή σφάλματος ισούται με την μέση τιμή $\pm$ την τυπική απόκλιση)	90

Σχήμα Γ. 1 Μετρημένη ηχητική στάθμη SPL (dBA) για την παντοκατευθυντική πηγή..	167
Σχήμα Γ. 2 Μετρημένη ηχητική στάθμη SPL (dBA) για το επιδαπέδιο ηχητικό σύστημα	167
Σχήμα Γ. 3 Μετρημένη ηχητική στάθμη SPL (dBA) για το αναρτώμενο ηχητικό σύστημα	168
Σχήμα Γ. 4 Όλες οι μετρήσεις της συχνοτικής απόκρισης για την παντοκατευθυντική πηγή	169
Σχήμα Γ. 5 Όλες οι μετρήσεις της συχνοτικής απόκρισης για το επιδαπέδιο σύστημα ...	169
Σχήμα Γ. 6 Όλες οι μετρήσεις της συχνοτικής απόκρισης για το αναρτώμενο σύστημα.	169
Σχήμα Γ. 7 Όλες οι μετρήσεις της κρουστικής απόκρισης για την παντοκατευθυντική πηγή	170
Σχήμα Γ. 8 Όλες οι μετρήσεις της κρουστικής απόκρισης για το επιδαπέδιο σύστημα...	170
Σχήμα Γ. 9 Όλες οι μετρήσεις της κρουστικής απόκρισης για το αναρτώμενο σύστημα	170
Σχήμα Γ. 10 Το T _{opt} (sec) ανά θέση μέτρησης για την παντοκατευθυντική πηγή	171
Σχήμα Γ. 11 Όλες οι μετρήσεις του T _{opt} (sec) για την παντοκατευθυντική πηγή	171
Σχήμα Γ. 12 Το T _{opt} (sec) ανά θέση μέτρησης για το επιδαπέδιο σύστημα.....	172
Σχήμα Γ. 13 Όλες οι μετρήσεις του T _{opt} (sec) για το επιδαπέδιο σύστημα.....	172
Σχήμα Γ. 14 Το T _{opt} (sec) ανά θέση μέτρησης για το αναρτώμενο σύστημα	173
Σχήμα Γ. 15 Όλες οι μετρήσεις του T _{opt} (sec) για το αναρτώμενο σύστημα	173
Σχήμα Γ. 16 Το EDT (sec) ανά θέση μέτρησης για την παντοκατευθυντική πηγή	174
Σχήμα Γ. 17 Το EDT (sec) ανά θέση μέτρησης για το επιδαπέδιο σύστημα.....	174
Σχήμα Γ. 18 Το EDT (sec) ανά θέση μέτρησης για το αναρτώμενο σύστημα	175
Σχήμα Γ. 19 Το STI ανά θέση μέτρησης για την παντοκατευθυντική πηγή.....	176
Σχήμα Γ. 20 Όλες οι μετρήσεις του STI για την παντοκατευθυντική πηγή	176
Σχήμα Γ. 21 Το STI ανά θέση μέτρησης για το επιδαπέδιο σύστημα	177
Σχήμα Γ. 22 Όλες οι μετρήσεις του STI για το επιδαπέδιο σύστημα	177
Σχήμα Γ. 23 Το STI ανά θέση μέτρησης για το αναρτώμενο σύστημα.....	178
Σχήμα Γ. 24 Όλες οι μετρήσεις του STI για το αναρτώμενο σύστημα.....	178
Σχήμα Γ. 25 Το C50 ανά θέση μέτρησης για την παντοκατευθυντική πηγή.....	179
Σχήμα Γ. 26 Όλες οι μετρήσεις του C50 για την παντοκατευθυντική πηγή.....	179
Σχήμα Γ. 27 Το C50 ανά θέση μέτρησης για το επιδαπέδιο σύστημα.....	180
Σχήμα Γ. 28 Όλες οι μετρήσεις του C50 για το επιδαπέδιο σύστημα	180
Σχήμα Γ. 29 Το C50 ανά θέση μέτρησης για το αναρτώμενο σύστημα	181
Σχήμα Γ. 30 Όλες οι μετρήσεις του C50 για το αναρτώμενο σύστημα	181
Σχήμα Γ. 31 Το C80 ανά θέση μέτρησης για την παντοκατευθυντική πηγή.....	182
Σχήμα Γ. 32 Όλες οι μετρήσεις του C80 για την παντοκατευθυντική πηγή.....	182
Σχήμα Γ. 33 Το C80 ανά θέση μέτρησης για το επιδαπέδιο σύστημα.....	183
Σχήμα Γ. 34 Όλες οι μετρήσεις του C80 για το επιδαπέδιο σύστημα	183
Σχήμα Γ. 35 Το C80 ανά θέση μέτρησης για το αναρτώμενο σύστημα	184
Σχήμα Γ. 36 Όλες οι μετρήσεις του C80 για το αναρτώμενο σύστημα	184

Σχήμα Δ. 1 Χάρτης του DirectSPL στο σενάριο S1 (standard mapping, resolution 1m).	235
Σχήμα Δ. 2 Κατανομή του DirectSPL στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	235
Σχήμα Δ. 3 Χάρτης του DirectSPL στο σενάριο S2 (standard mapping, resolution 1m).	236
Σχήμα Δ. 4 Κατανομή του DirectSPL στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	236
Σχήμα Δ. 5 Χάρτης του DirectSPL στο σενάριο S3 (standard mapping, resolution 1m).	237
Σχήμα Δ. 6 Κατανομή του DirectSPL στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	237
Σχήμα Δ. 7 Χάρτης του DirectSPL στο σενάριο S4 (standard mapping, resolution 1m).	238
Σχήμα Δ. 8 Κατανομή του DirectSPL στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	238
Σχήμα Δ. 9 Χάρτης του TotalSPL στο σενάριο S1 (standard mapping, resolution 1m) ..	239
Σχήμα Δ. 10 Κατανομή του TotalSPL στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	239
Σχήμα Δ. 11 Χάρτης του TotalSPL στο σενάριο S2 (standard mapping, resolution 1m)	240
Σχήμα Δ. 12 Κατανομή του TotalSPL στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	240
Σχήμα Δ. 13 Χάρτης του TotalSPL στο σενάριο S3 (standard mapping, resolution 1m)	241
Σχήμα Δ. 14 Κατανομή του TotalSPL στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	241
Σχήμα Δ. 15 Χάρτης του TotalSPL στο σενάριο S4 (standard mapping, resolution 1m)	242
Σχήμα Δ. 16 Κατανομή του TotalSPL στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	242
Σχήμα Δ. 17 Μέση τιμή της συχνοτικής απόκρισης για τις θέσεις στο κοίλο στο σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	243
Σχήμα Δ. 18 Μέση τιμή της συχνοτικής απόκρισης για τις θέσεις στο κοίλο στο σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	244
Σχήμα Δ. 19 Μέση τιμή της συχνοτικής απόκρισης για τις θέσεις στο κοίλο στο σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	245
Σχήμα Δ. 20 Μέση τιμή της συχνοτικής απόκρισης για τις θέσεις στο κοίλο στο σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	246
Σχήμα Δ. 21 Κρουστική απόκριση για θέσεις στον κεντρικό άξονα του θεάτρου (C-3, C-12, 6-1, 6-12) και στον άξονα παράλληλα στον νότιο τοίχο (A-3, A-12, 2-1, 2-12), για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	247
Σχήμα Δ. 22 Κρουστική απόκριση για θέσεις στον κεντρικό άξονα του θεάτρου (C-3, C-12, 6-1, 6-12) και στον άξονα παράλληλα στον νότιο τοίχο (A-3, A-12, 2-1, 2-12), για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	248
Σχήμα Δ. 21 Κρουστική απόκριση για θέσεις στον κεντρικό άξονα του θεάτρου (C-3, C-12, 6-1, 6-12) και στον άξονα παράλληλα στον νότιο τοίχο (A-3, A-12, 2-1, 2-12), για το σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	249
Σχήμα Δ. 24 Κρουστική απόκριση για θέσεις στον κεντρικό άξονα του θεάτρου (C-3, C-12, 6-1, 6-12) και στον άξονα παράλληλα στον νότιο τοίχο (A-3, A-12, 2-1, 2-12), για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	250
Σχήμα Δ. 25 Κατανομή του T20 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	251

Σχήμα Δ. 26 Φασματική απεικόνιση του T20 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	251
Σχήμα Δ. 27 Κατανομή του T20 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	252
Σχήμα Δ. 28 Φασματική απεικόνιση του T20 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	252
Σχήμα Δ. 29 Κατανομή του T20 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	253
Σχήμα Δ. 30 Φασματική απεικόνιση του T20 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	254
Σχήμα Δ. 31 Κατανομή του T20 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	255
Σχήμα Δ. 32 Φασματική απεικόνιση του T20 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	255
Σχήμα Δ. 33 Κατανομή του EDT στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	256
Σχήμα Δ. 34 Φασματική απεικόνιση του EDT στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	256
Σχήμα Δ. 35 Κατανομή του EDT στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	257
Σχήμα Δ. 36 Φασματική απεικόνιση του EDT στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	258
Σχήμα Δ. 37 Κατανομή του EDT στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	259
Σχήμα Δ. 38 Φασματική απεικόνιση του EDT στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	259
Σχήμα Δ. 39 Κατανομή του EDT στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	260
Σχήμα Δ. 40 Φασματική απεικόνιση του EDT στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	260
Σχήμα Δ. 41 Χάρτης του STI στο σενάριο S1 (standard mapping, resolution 1m).....	262
Σχήμα Δ. 42 Κατανομή του STI στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	262
Σχήμα Δ. 41 Χάρτης του STI στο σενάριο S2 (standard mapping, resolution 1m).....	263
Σχήμα Δ. 44 Κατανομή του STI στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	263
Σχήμα Δ. 45 Χάρτης υπολογισμού του STI για το επιδαπέδιο ηχοσύστημα (S3).....	264
Σχήμα Δ. 46 Κατανομή του STI στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	264
Σχήμα Δ. 47 Χάρτης του STI στο σενάριο S4 (standard mapping, resolution 1m).....	265
Σχήμα Δ. 48 Κατανομή του STI στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	265
Σχήμα Δ. 49 Χάρτης του C50 στο σενάριο S1 (standard mapping, resolution 1m).....	266
Σχήμα Δ. 50 Κατανομή του C50 σε όλο το φάσμα (πάνω) και στο 1kHz (κάτω) στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	266

Σχήμα Δ. 51 Φασματική απεικόνιση του C50 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	267
Σχήμα Δ. 52 Χάρτης του C50 στο σενάριο S2 (standard mapping, resolution 1m)	268
Σχήμα Δ. 53 Κατανομή του C50 σε όλο το φάσμα (πάνω) και στο 1kHz (κάτω) στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	268
Σχήμα Δ. 54 Φασματική απεικόνιση του C50 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	269
Σχήμα Δ. 55 Χάρτης του C50 στο σενάριο S3 (standard mapping, resolution 1m)	270
Σχήμα Δ. 56 Κατανομή του C50 σε όλο το φάσμα (πάνω) και στο 1kHz (κάτω) στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	270
Σχήμα Δ. 57 Φασματική απεικόνιση του C50 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	271
Σχήμα Δ. 58 Χάρτης του C50 στο σενάριο S4 (standard mapping, resolution 1m)	272
Σχήμα Δ. 59 Κατανομή του C50 σε όλο το φάσμα (πάνω) και στο 1kHz (κάτω) στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	272
Σχήμα Δ. 60 Φασματική απεικόνιση του C50 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	273
Σχήμα Δ. 61 Χάρτης του C80 στο σενάριο S1 (standard mapping, resolution 1m)	274
Σχήμα Δ. 62 Κατανομή του C80 σε όλο το φάσμα (πάνω) και στο 1kHz (κάτω) στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	274
Σχήμα Δ. 63 Φασματική απεικόνιση του C80 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	275
Σχήμα Δ. 64 Χάρτης του C80 στο σενάριο S2 (standard mapping, resolution 1m)	276
Σχήμα Δ. 65 Κατανομή του C80 σε όλο το φάσμα (πάνω) και στο 1kHz (κάτω) στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	276
Σχήμα Δ. 66 Φασματική απεικόνιση του C80 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	277
Σχήμα Δ. 67 Χάρτης του C80 στο σενάριο S3 (standard mapping, resolution 1m)	278
Σχήμα Δ. 68 Κατανομή του C80 σε όλο το φάσμα (πάνω) και στο 1kHz (κάτω) στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	278
Σχήμα Δ. 69 Φασματική απεικόνιση του C80 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	279
Σχήμα Δ. 70 Χάρτης του C80 στο σενάριο S4 (standard mapping, resolution 1m)	280
Σχήμα Δ. 71 Κατανομή του C80 σε όλο το φάσμα (πάνω) και στο 1kHz (κάτω) στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	280
Σχήμα Δ. 72 Φασματική απεικόνιση του C80 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	281

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1. Κάποια από τα ωδεία της αρχαιότητας που διατηρούνται σε σχετικά καλή κατάσταση σε κατάταξη ανάλογα με την χωρητικότητά τους.....	5
Πίνακας 3.1. Κριτήρια και παράμετροι αξιολόγησης των ηχητικών συστημάτων	36
Πίνακας 4.1. Μετεωρολογικά δεδομένα κατά τη διεξαγωγή των μετρήσεων (πηγή: www.meteo.gr).....	48
Πίνακας 4.2. Στατιστικά στοιχεία του λόγου σήματος προς θόρυβο (S/N) ανά συχνотική ζώνη και διάταξη	49
Πίνακας 5.1. Δομικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο	56
Πίνακας 5.2. Οι ρυθμίσεις των ηχητικών πηγών του επιδαπέδιου ηχητικού συστήματος (στιγμιότυπο οθόνης του EASE).....	61
Πίνακας 5.3. Οι ρυθμίσεις των ηχητικών πηγών του αναρτώμενου ηχητικού συστήματος (στιγμιότυπο οθόνης του EASE).....	63
Πίνακας 5.2. Τύποι υπολογισμού των στατιστικών μεγεθών Bias, RMSE και R^2	69
Πίνακας 5.3. Τιμές από τις μετρήσεις της παντοκατευθυντικής πηγής NOR276.....	69
Πίνακας 5.4. Τιμές από τους υπολογισμούς της προσομοίωσης της παντοκατευθυντικής πηγής NOR276.....	70
Πίνακας 5.5. Συγκριτικός πίνακας μέτρησης και προσομοίωσης	70
Πίνακας 6.1. Συνοπτικά αποτελέσματα μετρήσεων και υπολογισμών για την ηχητική στάθμη SPL (dBA)	75
Πίνακας 6.2. Συνοπτικά αποτελέσματα υπολογισμών για την απευθείας ηχητική στάθμη directSPL (dBA).....	76
Πίνακας 6.3. Εύρος μεταβολής της ηχητικής στάθμης ανά συχνότητα μεταξύ των θέσεων του κοίλου για τις μετρήσεις και τις προσομοιώσεις.....	78
Πίνακας 6.4. Μέσος τιμή του μετρημένου RT (sec) ανά διάταξη.....	80
Πίνακας 6.6. Συνοπτικά αποτελέσματα μετρήσεων και υπολογισμών για το RT (sec)	82
Πίνακας 6.7. Συνοπτικά αποτελέσματα μετρήσεων και υπολογισμών για το EDT (sec) ...	83
Πίνακας 6.8. Συνοπτικά αποτελέσματα μετρήσεων και υπολογισμών για το STI	84
Πίνακας 6.9. Συνοπτικά αποτελέσματα μετρήσεων και υπολογισμών για το C50 (dB) στα 500Hz.....	86
Πίνακας 6.10. Συνοπτικά αποτελέσματα μετρήσεων και υπολογισμών για το C50 (dB) στο 1kHz.....	87
Πίνακας 6.11. Συνοπτικά αποτελέσματα μετρήσεων και υπολογισμών για το C50 (dB) στο 2kHz.....	87
Πίνακας 6.12. Συνοπτικά αποτελέσματα μετρήσεων και υπολογισμών για το C80 (dB) στα 500Hz.....	89
Πίνακας 6.13. Συνοπτικά αποτελέσματα μετρήσεων και υπολογισμών για το C80 (dB) στο 1kHz.....	89
Πίνακας 6.14. Συνοπτικά αποτελέσματα μετρήσεων και υπολογισμών για το C80 (dB) στο 2kHz.....	90
Πίνακας 7.1. Συνοπτική σύγκριση των τριών διατάξεων με βάση τα εξεταζόμενα κριτήρια αξιολόγησης.....	101
Πίνακας Γ. 1 Τιμές μετρήσεων ηχητικής στάθμης SPL(A) για όλες τις διατάξεις	151

Πίνακας Γ. 2 Τιμές μετρήσεων του RT για όλες τις διατάξεις.....	153
Πίνακας Γ. 3 Τιμές μετρήσεων του EDT για όλες τις διατάξεις	155
Πίνακας Γ. 4 Τιμές μετρήσεων του STI για όλες τις διατάξεις.....	158
Πίνακας Γ. 5 Τιμές μετρήσεων του C50 για όλες τις διατάξεις	160
Πίνακας Γ. 6 Τιμές μετρήσεων του C80 για όλες τις διατάξεις	162
Πίνακας Γ. 7 Τιμές S/N από τις μετρήσεις για όλες τις διατάξεις.....	164

Πίνακας Δ. 1 Τιμές υπολογισμών από το σενάριο προσομοίωσης της παντοκατευθυντικής πηγής Norsonic NOR276 για χρήση στην βαθμονόμηση και επικύρωση του μοντέλου (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	185
Πίνακας Δ. 2 Τιμές υπολογισμών από το σενάριο S1, με προσομοίωση της ιδανικής παντοκατευθυντικής πηγής και τοποθέτηση στο κέντρο της ορχήστρας (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	195
Πίνακας Δ. 3 Τιμές υπολογισμών από το σενάριο S2, με προσομοίωση της ιδανικής παντοκατευθυντικής πηγής και τοποθέτηση στο κέντρο της σκηνής (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	205
Πίνακας Δ. 4 Τιμές υπολογισμών από το σενάριο S3, με προσομοίωση του επιδαπέδιου συστήματος (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	215
Πίνακας Δ. 5 Τιμές υπολογισμών από το σενάριο S4, με προσομοίωση του αναρτώμενου συστήματος (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	225
Πίνακας Δ. 6 Τιμές της συχνотικής απόκρισης για τις θέσεις στο κοίλο στο σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	243
Πίνακας Δ. 7 Τιμές της συχνотικής απόκρισης για τις θέσεις στο κοίλο στο σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	244
Πίνακας Δ. 8 Τιμές της συχνотικής απόκρισης για τις θέσεις στο κοίλο στο σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	245
Πίνακας Δ. 9 Τιμές της συχνотικής απόκρισης για τις θέσεις στο κοίλο στο σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms).....	246
Πίνακας Δ. 10 Τιμές του T20 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	251
Πίνακας Δ. 11 Τιμές του T20 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	253
Πίνακας Δ. 12 Τιμές του T20 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	254
Πίνακας Δ. 13 Τιμές του T20 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	255
Πίνακας Δ. 14 Τιμές του EDT στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	257
Πίνακας Δ. 15 Τιμές του EDT στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	258
Πίνακας Δ. 16 Τιμές του EDT στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	259
Πίνακας Δ. 17 Τιμές του EDT στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	261
Πίνακας Δ. 18 Τιμές του C50 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	267

Πίνακας Δ. 19 Τιμές του C50 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	269
Πίνακας Δ. 20 Τιμές του C50 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	271
Πίνακας Δ. 21 Τιμές του C50 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	273
Πίνακας Δ. 22 Τιμές του C80 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	275
Πίνακας Δ. 23 Τιμές του C80 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	277
Πίνακας Δ. 24 Τιμές του C80 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	279
Πίνακας Δ. 25 Τιμές του C80 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)	281

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

ΩΗΑ	Ωδείο Ηρώδου του Αττικού
ΕΜΠ	Εθνικό Μετσόβιο Πανεπιστήμιο
ΚΑΣ	Κεντρικό Αρχαιολογικό Συμβούλιο
A	Equivalent sound absorption area – Ισοδύναμη επιφ. ηχοαπορρόφησης (m ²)
AFMG	Ahnert Feistel Media Group
AURA	Analysis Utility for Room Acoustics
AVB	Audio Video Bridging
C50	Clarity Index, 50ms – Δείκτης ευκρίνειας της ομιλίας
C80	Clarity Index, 80ms – Δείκτης ευκρίνειας της μουσικής
CAESAR	Combined Acoustic Evaluation and Speech Analysis Routine
CAT6A	Category 6A – Καλώδιο δικτύου κατηγορίας 6A
dB(A)	A-weighted decibel
dB(Z)	Z-weighted decibel
dBFS	Decibels relative to Full Scale
EASE	Enhanced Acoustic Simulator for Engineers
EDT	Early Decay Time – Χρόνος πρώιμης απόσβεσης
FFT	Fast Fourier Transform – Γρήγορος μετασχηματισμός Φουριέ
FOH	Front of House – Θέση Ηχολήπτη
h(t)	Κρουστική απόκριση ως συνάρτηση του χρόνου
IR	Impulse Response – Κρουστική απόκριση
JND	Just Noticeable Difference – Ελάχιστη αντιληπτή διαφορά
$L_{\max}-L_{\min}$	Εύρος μεταβολής της ηχητικής στάθμης (dB)
L_p	Sound Pressure Level – Στάθμη ηχητικής πίεσης (σύμβολο)
MTF	Modulation Transfer Function – Συνάρτηση μεταφοράς διαμόρφωσης
p	Sound Pressure – Ηχητική πίεση (Pa)
R^2	Coefficient of Determination – Συντελεστής προσδιορισμού
REW	Room EQ Wizard
RMSE	Root Mean Square Error – Ρίζα μέσου τετραγωνικού σφάλματος
RT	Reverberation Time – Χρόνος αντήχησης
SD	Standard deviation – Τυπική απόκλιση
SPL	Sound Pressure Level – Στάθμη ηχητικής πίεσης

S/N	Signal-to-Noise Ratio – Λόγος σήματος προς θόρυβο
STI	Speech Transmission Index – Δείκτης κατανόησης του λόγου
T20	Χρόνος αντήχησης, εκτιμάται από απόσβεση μεταξύ –5 και –25 dB (sec)
T30	Χρόνος αντήχησης, εκτιμάται από απόσβεση μεταξύ –5 και –35 dB (sec)
t_e	Χρονικό όριο διαχωρισμού πρώιμης και όψιμης ενέργειας (sec)
T_{opt}	Βέλτιστη εκτίμηση του χρόνου αντήχησης στο REW
V	Volume – Όγκος (m^3)
XLR	XLR connector – Σύνδεσμος XLR

1 Εισαγωγή

Η ακουστική των αρχαίων ελληνικών θεάτρων και ωδείων αποτελεί ένα αντικείμενο εκτενούς μελέτης από την επιστημονική κοινότητα της ακουστικής. Με τη χρήση σύγχρονων υπολογιστικών εργαλείων έχει επιτευχθεί ακόμη και η προσομοίωση του ηχητικού αποτελέσματος που είχαν καταφέρει οι αρχιτέκτονές τους. Κάποια καλά διατηρημένα θέατρα και ωδεία είναι διεθνώς γνωστά για την ιδιαίτερη ακουστική τους. Πέρα όμως από αυτό, οι κατασκευαστές τους έχουν επιτύχει κάτι εξίσου μοναδικό και αξιοσημείωτο: να δημιουργήσουν χώρους ζωντανής καλλιτεχνικής δραστηριότητας μέχρι και την εποχή μας, σχεδόν δύο χιλιετίες μετά.

Το πέρασμα του χρόνου φυσικά δεν έχει αφήσει τους χώρους αυτούς αναλλοίωτους και η σημερινή ακουστική συμπεριφορά δεν είναι ίδια με αυτό που άκουγαν οι πρώτοι θεατές τους. Παράλληλα, στις περισσότερες σύγχρονες εκδηλώσεις κρίνεται απαραίτητη η χρήση ηλεκτρακουστικού εξοπλισμού, τόσο για ενίσχυση του φυσικού ήχου, όσο και για αναπαραγωγή προηχογραφημένου υλικού. Αυτή η νέα παράμετρος δίνει μια διαφορετική διάσταση στις συνθήκες ακρόασης και χρήζει περαιτέρω μελέτης.

Το θέμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας επικεντρώνεται σε έναν τέτοιο χώρο, το Ωδείο Ηρώδου του Αττικού (ΩΗΑ), και ειδικότερα στη διερεύνηση της ηχητικής κάλυψης του υπό τις υφιστάμενες συνθήκες λειτουργίας. Πιο συγκεκριμένα μελετώνται οι τρόποι ηχητικής ενίσχυσης που εφαρμόζονται σήμερα ανάλογα με τις ανάγκες των εκδηλώσεων και αξιολογούνται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των διαφορετικών τρόπων τοποθέτησης των ηχητικών συστημάτων. Παράλληλα, εξετάζεται η απόκριση μιας παντοκατευθυντικής πηγής, η οποία χρησιμοποιείται αφενός ως αναφορά για τη συμπεριφορά του χώρου και την επικύρωση του ακουστικού μοντέλου και αφετέρου ως περίπτωση φυσικής σημειακής πηγής, όπως η ανθρώπινη φωνή χωρίς ηλεκτροακουστική ενίσχυση και αποτελεί μια από τις εξεταζόμενες διατάξεις στο πλαίσιο της συγκριτικής αξιολόγησης. Τέλος, δημιουργείται ακουστικό μοντέλο του χώρου σε εξειδικευμένο λογισμικό προσομοίωσης, με σκοπό την περαιτέρω ανάλυση της συμπεριφοράς των διαφορετικών διατάξεων ηχητικής κάλυψης.

Το ΩΗΑ αποτελεί ένα σημείο αναφοράς για τα καλλιτεχνικά δρώμενα της χώρας, αλλά ταυτόχρονα η ιδιαίτερα μεγάλη ιστορική και αρχαιολογική του αξία επιβάλλει αυστηρούς

περιορισμούς ως προς τη σύγχρονη χρήση του. Η προστασία του μνημείου και η ελαχιστοποίηση των πιθανών φθορών αποτελούν πρωταρχική προϋπόθεση για οποιαδήποτε τεχνική εφαρμογή στον χώρο. Η δυνατότητα μόνιμων επεμβάσεων ακουστικής βελτίωσης είναι εξαιρετικά περιορισμένη, ενώ η απώλεια σημαντικών στοιχείων της αρχικής κατασκευής, με κυριότερη την καταστροφή της οροφής, έχει μεταβάλει την αρχική ακουστική του συμπεριφορά. Συνεπώς για τη διεξαγωγή πολλών σύγχρονων εκδηλώσεων καθίσταται απαραίτητη η χρήση ηλεκτροακουστικού εξοπλισμού, η εγκατάσταση του οποίου υπόκειται επίσης σε συγκεκριμένους χωρικούς και τεχνικούς περιορισμούς. Παρόλα αυτά, προκύπτει ότι η επιλογή και τοποθέτηση ηχητικού εξοπλισμού προσεγγίζεται κάθε φορά από τον μηχανικό ήχου της εκάστοτε παραγωγής, χωρίς να έχει γίνει μέχρι τώρα κάποια γενική μελέτη που να λειτουργεί σαν κατευθυντήρια βάση. Αυτή η ανάγκη αποτέλεσε το κίνητρο για την παρούσα εργασία.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιλαμβάνει μετρήσεις κρουστικής απόκρισης των συστημάτων ήχου όπως τοποθετούνται και ρυθμίζονται για παραστάσεις, καθώς και ακουστικές προσομοιώσεις αντίστοιχων ψηφιακών μοντέλων για συγκριτική διερεύνηση και ανάλυση. Εξετάστηκαν τρεις διαφορετικές διατάξεις: μια παντοκατευθυντική πηγή, ένα επιδαπέδιο ηχητικό σύστημα και ένα αναρτώμενο. Μέσα από τη σύγκρισή τους επιδιώκεται να προσδιοριστούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα καθεμιάς και να διερευνηθεί κατά πόσο η απόδοσή τους ανταποκρίνεται στις διαφορετικές απαιτήσεις της ομιλίας και της μουσικής στο ΩΗΑ.

Το κείμενο αποτελείται συνολικά από εννέα κεφάλαια. Μετά το παρόν εισαγωγικό κεφάλαιο, ακολουθεί το δεύτερο με μια σύντομη ιστορική αναδρομή, γενικές πληροφορίες για τα αρχαία ελληνικά και ρωμαϊκά ωδεία και περιγραφή της χρήσης και της κατασκευής τους με έμφαση στην ακουστική. Γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στο ΩΗΑ ως προς την ιστορία του από την κατασκευή του μέχρι και σήμερα. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια αναφορά στη βασική θεωρία πάνω στην οποία βασίστηκε η ακόλουθη μελέτη και επεξηγούνται οι ακουστικές παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν σε μετρήσεις και υπολογισμούς. Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφονται η διαδικασία και οι τεχνικές λεπτομέρειες των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στο χώρο για κάθε ηχητικό σύστημα, ενώ στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία της δημιουργίας του τρισδιάστατου μοντέλου, η ακουστική προσομοίωση του χώρου μέσω εξειδικευμένου λογισμικού και η διαμόρφωση των σεναρίων προσομοίωσης. Τα αποτελέσματα τόσο των μετρήσεων, όσο και των

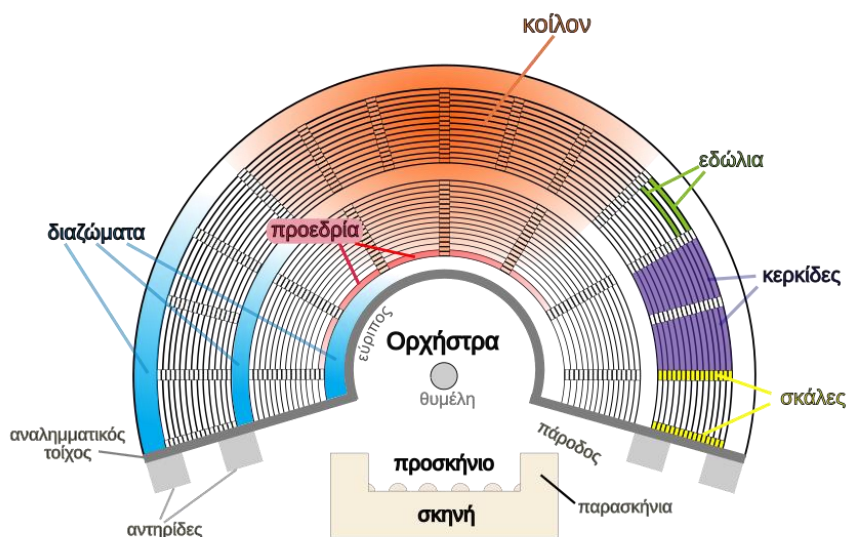
υπολογισμών περιγράφονται συνοπτικά στο έκτο κεφάλαιο και αναλυτικά στοιχεία παρατίθενται στα παραρτήματα C και D. Η συγκριτική αξιολόγηση των διαφορετικών διατάξεων πραγματοποιείται στο έβδομο κεφάλαιο με βάση τα επιμέρους κριτήρια ακουστικής απόδοσης και την καταλληλότητά τους για διαφορετικές χρήσεις του χώρου. Στο όγδοο κεφάλαιο εξετάζονται σύγχρονες προσεγγίσεις στον σχεδιασμό του ήχου σε αρχαίους χώρους παραστάσεων και, με βάση τα αποτελέσματα της εργασίας, διατυπώνονται κατευθύνσεις για έναν μελλοντικό σχεδιασμό στο ΩΗΑ, ενώ η εργασία ολοκληρώνεται στο ένατο κεφάλαιο με τα βασικά συμπεράσματα και τις προτάσεις για περαιτέρω μελέτη.

2 Γενικές πληροφορίες για τα αρχαία ωδεία

2.1 Σύντομη ιστορική αναδρομή

Η τέχνης αποτελούν αναμφίβολα ένα εξέχον κομμάτι της ζωής των αρχαίων Ελλήνων. Χορός, μουσική, ποίηση, ρητορική και αργότερα η εξέλιξη του αρχαίου δράματος, όλα αυτά δημιουργούν την ανάγκη ύπαρξης χώρων συγκέντρωσης ακροατηρίου. Έτσι εμφανίζονται τα πρώτα θέατρα και ωδεία περίπου τον 5^ο αι. π.Χ., όπου πραγματοποιούνται συγκεντρώσεις τόσο καλλιτεχνικού όσο και πολιτικού περιεχομένου. (πηγή: Χλέπα, 2002)

Πρόκειται για οικοδομήματα αλληλένδετα, που συνυπήρχαν και εξελίχθηκαν παράλληλα, διαθέτοντας αρκετές ομοιότητες στη δομή, αλλά διαφορετικό σκοπό και χρήση. Τα ωδεία γνώρισαν την μεγαλύτερη εξέλιξή τους και εξάπλωση κατά τα ρωμαϊκά χρόνια και συνήθως χτίζονταν δίπλα σε κάποιο θέατρο. Η χρήση τους περιλάμβανε περισσότερο μουσικές ακροάσεις και θεάματα, όπως και διαλέξεις, ρητορικές ομιλίες, απαγγελίες ποιημάτων, παραστάσεις μίμων και χορούς παντομίμας. (πηγή: Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού, 2015)



Σχήμα 2.1 Τα μέρη του αρχαίου ελληνικού θεάτρου (πηγή: Βικιπαίδεια, «Αρχαίο ελληνικό θέατρο», 2025)

Τρία βασικά μέρη διαμορφώνονται στην βασική δομή και των δύο οικημάτων: η σκηνή, η ορχήστρα και το κοίλο. Στη σκηνή βρίσκονταν τα αποδυτήρια των ηθοποιών, στην ορχήστρα δρούσε ο χορός και στο κοίλο κάθονταν οι θεατές. Στο Σχήμα 2.1 φαίνονται τα

μέρη αυτά και κάποια επιμέρους στοιχεία τους. (πηγή: Βικιπαίδεια, «Αρχαίο ελληνικό θέατρο», 2025). Οι κύριες διαφορές στα ωδεία σε σχέση με τα θέατρα είναι ότι κατασκευάζονταν από ιδιώτες για μικρότερο και επιλεγμένο κοινό, συνεπώς διαθέτουν μικρότερο μέγεθος, στέγη και πιο πλούσιο εσωτερικό διάκοσμο. (πηγή: Χλέπα, 2002)

Το Ωδείο του Περικλή (Εικόνα 2.1), κάτω από τον λόφο της ακρόπολης, χρονολογείται στα μέσα του 5^{ου} αι. π.Χ. και θεωρείται το αρχαιότερο γνωστό κτίσμα του είδους. Σήμερα σώζονται μόνο κάποια ερείπιά του. Άλλα σημαντικά ωδεία, πέραν του ΩΗΑ και που έχουν διατηρηθεί σε καλή κατάσταση, βρίσκονται στη Νικόπολη, τη Γόρτυνα, την Πάτρα, τη Ρόδο, την Κω και τη Θεσσαλονίκη για τον ελληνικό χώρο (πηγή: Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού, 2015), ενώ ευρύτερα στη Μεσόγειο υπάρχει στην Έφεσο (Τουρκία), την Πομπηία (Ιταλία), τη Λυών (Γαλλία), την Πάφο (Κύπρος), στο Αμμάν (Ιορδανία) κ.α.

Στις επόμενες σελίδες ακολουθούν κάποιες φωτογραφίες των ωδείων που αναφέρθηκαν παραπάνω, ενώ ο Πίνακας 2.1 δείχνει την χωρητικότητά τους σε θεατές. Φαίνεται η εξέχουσα περίπτωση του ΩΗΑ, που αποτελεί το αντικείμενο της παρούσας εργασίας.

Πίνακας 2.1. Κάποια από τα ωδεία της αρχαιότητας που διατηρούνται σε σχετικά καλή κατάσταση σε κατάταξη ανάλογα με την χωρητικότητά τους

Ωδείο	Περίοδος κατασκευής	Χωρητικότητα θεατών
Ηρώδου Αττικού	161 μ.Χ.	4680
Πομπηίας	75 π.Χ.	3500
Λυών	100 μ.Χ.	3000
Πάτρας	α' μισό του 2 ^{ου} αι. μ.Χ.	2200-2500
Εφέσου	μέσα 2 ^{ου} αι. μ.Χ.	1500
Πάφου	2 ^{ος} αι. μ.Χ.	περίπου 1200
Νικόπολης	1 ^{ος} αι. μ.Χ.	1000
Ρόδου	2 ^{ος} αι. μ.Χ.	800
Κω	πιθανά 2 ^{ος} ή 3 ^{ος} αι. μ.Χ.	750
Αμμάν	2 ^{ος} αι. μ.Χ.	500
Γόρτυνας	100 μ.Χ.	400
Θεσσαλονίκης	1 ^{ος} – 3 ^{ος} αι. μ.Χ.	300



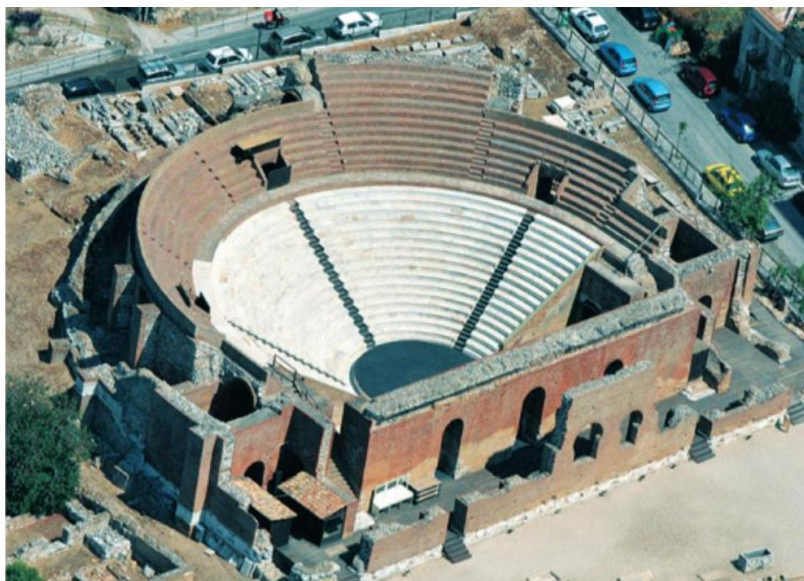
Εικόνα 2.1 Τρισδιάστατη απεικόνιση του Ωδείου του Περικλή μαζί με τα χορηγικά μνημεία της οδού Τρίποδων (πηγή: Ancient Athens 3D, 2021)



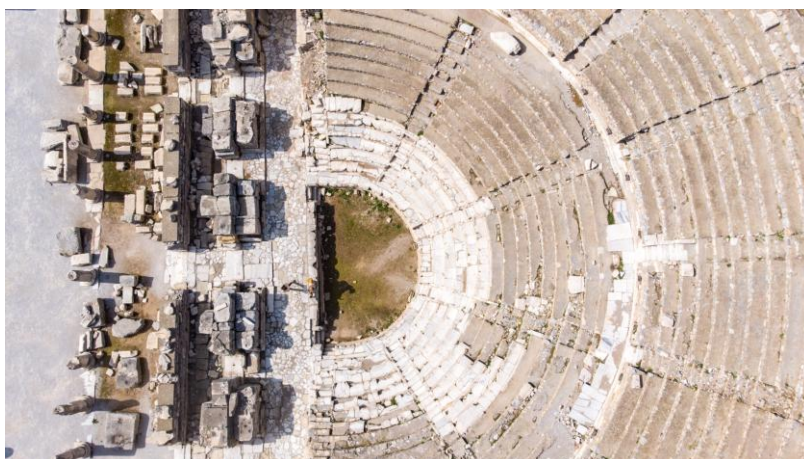
Εικόνα 2.2 Αεροφωτογραφία του θεάτρου και του ωδείου της ρωμαϊκής πόλης της Πομπηίας στην Ιταλία (πηγή: Υπουργείο Πολιτισμού & Αθλητισμού, 2015)



Εικόνα 2.3 Το ωδείο της Λυών στη Γαλλία (πηγή: Service archéologique de la Ville de Lyon, χ.χ.)



Εικόνα 2.4 Αεροφωτογραφία του ωδείου της Πάτρας (πηγή: Υπουργείο Πολιτισμού & Αθλητισμού, 2015)



Εικόνα 2.5 Το ωδείο της Εφέσου στην Τουρκία (πηγή: Σταθόπουλος, 2025)



Εικόνα 2.6 Το ωδείο της Πάφου στην Κύπρο (πηγή: Δήμος Πάφου, 2019)



Εικόνα 2.7 Γενική άποψη του ωδείου της Νικόπολης (πηγή: Υπουργείο Πολιτισμού & Αθλητισμού, 2015)



Εικόνα 2.8 Το ωδείο της Ρόδου (πηγή: Υπουργείο Πολιτισμού & Αθλητισμού, 2015)



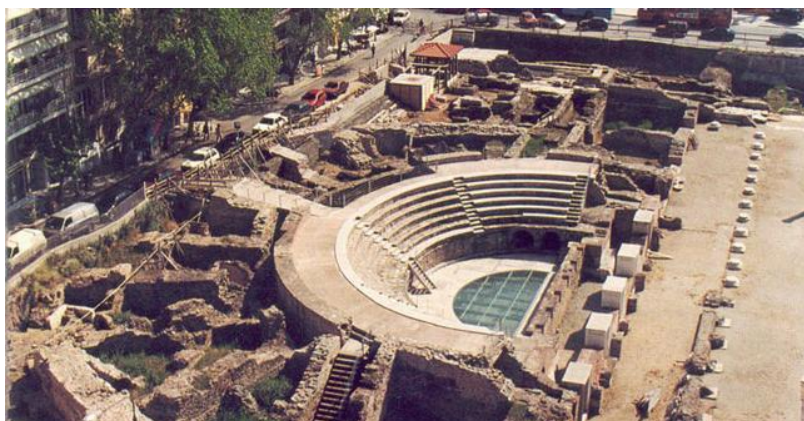
Εικόνα 2.9 Η σκηνή, η ανατολική πάροδος και τμήμα του κοίλου του ωδείου της Κω (πηγή: Υπουργείο Πολιτισμού & Αθλητισμού, 2015)



Εικόνα 2.10 Το ρωμαϊκό ωδείο του Αμμάν στην Ιορδανία (πηγή: Wikimedia Commons, φωτογραφία του J. S., CC BY-SA 3.0, 2001)



Εικόνα 2.11 Το αρχαίο ωδείο στη Γόρτυνα (πηγή: Υπουργείο Πολιτισμού & Αθλητισμού, 2015)



Εικόνα 2.12 Το ωδείο της Θεσσαλονίκης (πηγή: Βελένης – Αδάμ-Βελένη, 2023)

2.2 Το Ωδείο Ηρώδου του Αττικού

Το Ωδείο Ηρώδου του Αττικού (ΩΗΑ) βρίσκεται στη νοτιοδυτική πλευρά του λόφου της Ακρόπολης των Αθηνών. Κατασκευάστηκε το 161 μ.Χ. από τον Τιβέριο Κλαύδιο Ηρώδη τον Αττικό, στη μνήμη της συζύγου του Ρηγίλλης και προορίζονταν κυρίως για παραστάσεις μουσικής. Απέκτησε μεγάλη φήμη από την στιγμή που κατασκευάστηκε και θεωρήθηκε σαν κατασκευαστικό θαύμα. Ο ιστορικός Πανσανίας τον έχει χαρακτηρίσει ως το αξιολογότερο οικοδόμημα του είδους του, ενώ ο Φιλόστρατος αναφέρει ότι η τεράστια στέγη του αποτελεί μεγάλο τεχνολογικό επίτευγμα της εποχής. (Κορρές, 2012)

Καταστράφηκε έναν αιώνα αργότερα, το 267 μ.Χ., από πυρκαγιά κατά την επιδρομή των Ερούλων και έπειτα ενσωματώθηκε στην οχύρωση της πόλης. Με τις τροποποιήσεις που έγιναν στο πέρασμα του χρόνου και τις επιχώσεις, το μνημείο δεν αναγνωρίζονταν πλέον, έως και το 1849, όπου ξεκίνησαν οι πρώτες οργανωμένες ανασκαφές από αρχαιολόγους, ενώ εκτεταμένες εργασίες αναστήλωσης ξεκίνησαν τη δεκαετία του 1950. (πηγή: Βικιπαίδεια, «Ωδείο Ηρώδου του Αττικού», 2025)



Εικόνα 2.13 Φωτογραφία του ΩΗΑ που χρονολογείται μεταξύ 1868-1875 (πηγή: Wikimedia Commons, φωτογραφία του B.F., 1868-1875)

Μετά την Απελευθέρωση και τη δημιουργία του Ελληνικού Κράτους, ο χώρος φιλοξένησε εκδηλώσεις μέγιστης σημασίας για τη χώρα. Το 1867 δόθηκε η πρώτη παράσταση αρχαίου δράματος, η Αντιγόνη του Σοφοκλή, προς τιμή των γάμων του Γεωργίου Α' και της Όλγας. Το 1920 πραγματοποιούνται οι Γιορτές της Νίκης του Ελληνικού Στρατού στη Μικρά Ασία, με την παρουσία του Ελευθέριου Βενιζέλου. Το 1936 η Κυβέρνηση Μεταξά ιδρύει ετήσιες περιόδους εορτών με παραστάσεις αρχαίων δραμάτων από το Εθνικό Θέατρο, ενώ κατά την Γερμανική Κατοχή ανεβαίνουν παραστάσεις της Κρατικής Ορχήστρας Αθηνών και της Εθνικής Λυρικής Σκηνής, όπου εμφανίζεται μεταξύ άλλων η Μαρία Κάλλας. (Athens Epidaurus Festival, n.d.)

Το 1955 ιδρύεται το Φεστιβάλ Αθηνών και το ΩΗΑ γίνεται η έδρα του με εμφανίσεις καλλιτεχνών παγκοσμίου φήμης, όπως η Νάνα Μούσχουρη, ο Φράνκ Σινάτρα, ο Yanni, η Μονσεράτ Καμπαγιέ, η Λάιζα Μινέλι, ο Έλτον Τζον, ο Πλάθιντο Ντομίνγκο, η Νταϊάνα Ρος, ο Λουτσιάνο Παβαρότι, ο Ρουντόλφ Νουρέγιεφ, η Μάρθα Γκράχαμ, ο Σβιατοσλάβ Ρίχτερ, ο Χοσέ Καρρέρας, η Φιλαρμονική Ορχήστρα της Νέας Υόρκης, υπό τη διεύθυνση του Λέοναρντ Μπερνστάιν. (Βικιπαίδεια, «Ωδείο Ηρώδου του Αττικού», 2025)



Εικόνα 2.14 Σύγχρονη φωτογραφία του ΩΗΑ (πηγή: Wikimedia Commons, 2017)

Κατασκευαστικά, ο χώρος θυμίζει περισσότερο θέατρο παρά ωδείο. Σε αυτό συμβάλει εκτός από το σχήμα και το μεγάλο μέγεθός του σε σχέση με τα υπόλοιπα ωδεία. Η διάμετρος του κοίλου είναι 76 μέτρα, της ορχήστρας 19 μέτρα και η σκηνή με δυο κλιμακοστάσια αριστερά – δεξιά που διευκολύνουν την πρόσβαση στο κοίλο εκτείνονται σε μήκος 92 μέτρων. Το κοίλο χωρίζεται σε δυο διαζώματα με 19 σειρές έκαστο, ενώ κάτω

υπάρχει και μια επιπλέον σειρά με προεδρία, δηλαδή θέσεις επισήμων. Συνολικά έχει χωρητικότητα 5000 ακροατές, αλλά υπολογίζεται ότι αρχικά έφτανε στις 6000. Το προσκήνιο είναι υπερυψωμένο σε σχέση με την ορχήστρα και τρεις θύρες οδηγούν στη σκηνή, ενώ πίσω από τη σκηνή υπήρχε κτίσμα που δεν σώζεται, το μετασκήνιο. Μεγάλα παράθυρα στον νότιο τοίχο βοηθούσαν στον φωτισμό. Η πρόσοψη εξωτερικά διέθετε αέτωμα πλάτους 42 μέτρων και η κορυφή υπολογίζεται στα 44 μέτρα. Σήμερα σώζεται έως τα 28-29 μέτρα. (πηγή: Κορρές, 2012)

Στα υλικά κατασκευής κυριαρχεί το μάρμαρο, καθώς και τα έδρανα είναι από συμπαγές μάρμαρο, αλλά και η ορχήστρα είναι στρωμένη με πλάκες μαρμάρου. Οι τοίχοι της σκηνής, από πωρόλιθο, σχηματίζουν μια τυπική ρωμαϊκή πρόσοψη (*scaenae frons*) με πλούσιο διάκοσμο και εσοχές με αγάλματα. Η οροφή σύμφωνα με αναφορές ήταν από κέδρο και καλυμμένη με κεραμίδια. Μια αναπαράσταση του μνημείου όπως χτίστηκε αρχικά δίνεται στην Εικόνα 2.15.



Εικόνα 2.15 Αναπαράσταση του ΩΗΑ, όπου φαίνεται ο τοίχος της σκηνής και η οροφή (πηγή: Καλογερέα, 2022)

2.3 Εισαγωγή στην ακουστική των αρχαίων ωδείων και του ΩΗΑ

Λόγω της χρήσης τους, τα ωδεία είχαν ανάγκη ποιοτικής ακουστικής και ευκρίνειας του λόγου, κάτι που είχαν αντιληφθεί οι κατασκευαστές τους. Αυτό φαίνεται από σύγγραμμα που έχει διασωθεί από τον 1^ο αι. μ.Χ., του Λατίνου αρχιτέκτονα Βιτρούβιου, το οποίο περιέχει κατασκευαστικές λεπτομέρειες που αφορούν τη λειτουργικότητα, την οπτική, αλλά και την ακουστική των χώρων του θεάματος. (πηγή: Χλέπα, 2002)

Στο κείμενο αναφέρονται κάποιοι παράγοντες που λαμβάνονταν υπόψη για την καλή ακουστική των θεάτρων γενικότερα, καθώς και κάποιες τεχνικές για ενίσχυση και βελτίωση του συνολικού αποτελέσματος (πηγή: Χλέπα, 2002). Μεταξύ αυτών ήταν (Καφάση, 2012):

1. η σωστή επιλογή της τοποθεσίας ώστε να μην δημιουργείται ηχώ από κοντινά αντικείμενα, να υπάρχει κατάλληλη κλίση στο έδαφος για την εστίαση του ήχου κλπ.
2. οι περιβαλλοντικοί παράγοντες στην επιλεγμένη περιοχή, όπως η αποφυγή τοποθεσιών με έντονο αέρα
3. η χρήση λίθων για την κατασκευή που συμβάλλει περισσότερο στην ανάκλαση και διάχυση του ήχου απ' ό,τι το ξύλο
4. ο σχεδιασμός κυκλικού κοίλου, που βασιζόταν σε θεωρία διάδοσης του ήχου κατά κυκλικά κύματα, και η κλίση του, που συμβάλει στη μετάδοση του απευθείας ήχου
5. η κλίση του κοίλου και το ύψος των καθισμάτων ώστε ο ήχος να φτάνει «αρμονικά» στους ακροατές
6. η κατασκευή ορειχάλκινων ή πήλινων ηχείων για βελτίωση της αντήχησης

Περαιτέρω χαρακτηριστικά που διαμορφώνουν την ακουστική των ωδείων αποτελούν η ύπαρξη στέγης που ενισχύει την αντήχηση του χώρου, η διαμόρφωση της σκηνής η οποία λειτουργούσε ως κάτοπτρο και ανακλούσε τον ήχο προς το κοίλο (πηγή: Υπουργείο Πολιτισμού και Αθλητισμού, 2015), ενώ με τον περίτεχνο διάκοσμο δημιουργούσε παράλληλα και διάχυση. Από την άλλη μεριά η αντήχηση περιοριζόταν από τα μεγάλα παράθυρα που διέθεταν οι χώροι και από την απορρόφηση του κοινού. Όλα αυτά είχαν ως αποτέλεσμα ήχο με χαμηλότερη καθαρότητα και καταληπτότητα, αλλά υψηλότερη ένταση, που βοηθούσε ιδιαίτερα τα πιο αδύναμα όργανα, όπως η λύρα και η κιθάρα. (Rindel-Nielsen, 2006)

Ειδικότερα για την ακουστική του ΩΗΑ έχουν γίνει κάποιες σύγχρονες μελέτες αλλά η κάθε μία με διαφορετική στόχευση. Αυτές που παρουσιάζουν προσομοιώσεις της ακουστικής κατά την αρχική του κατάσταση επιβεβαιώνουν τις παραπάνω παρατηρήσεις. Ο χρόνος αντήχησης εκτιμάται ότι ήταν περίπου 2.2sec. Οι πρώτες ανακλάσεις έφταναν στον ακροατή από την διάχυση που δημιουργούν οι κερκίδες και από τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και πλούσιο διάκοσμο της σκηνής. Οι καθυστερημένες ανακλάσεις από την οροφή βοηθούσαν στην εκτέλεση μουσικής και στην φωνητική ερμηνεία, αλλά δυσχέραιναν την κατανόηση του λόγου. (Καφάση, 2012)

Στην παρούσα κατάσταση, η ξύλινη στέγη δεν υπάρχει και μεγάλο μέρος των περιμετρικών τοίχων και της σκηνής έχει καταρρεύσει, αλλά παραμένει η διάχυση του ήχου από τη σκηνή και τις κερκίδες με την τόσο έντονη κλίση. Αυτό σημαίνει ότι από ακουστικής άποψης υπάρχουν αλλαγές, τόσο στον χρόνο αντήχησης, ο οποίος έχει μειωθεί αισθητά, όσο και στον δείκτη κατανόησης του λόγου, που αντιστρόφως έχει βελτιωθεί. Ο χώρος έχει πιο «ξηρή» ακουστική, πιο ισορροπημένη μετάδοση και καθαρότητα του ήχου και βελτίωση στην ευκρίνεια του λόγου. (Αθανασίου, 2024)

2.4 Σύγχρονη κατάσταση και χρήση του ΩΗΑ

Το ΩΗΑ αποτελεί σήμερα σημείο αναφοράς στην ελληνική πολιτισμική σκηνή. Η μοιραία αλλαγή στην ακουστική του έχει οδηγήσει σε μια εντύπωση ότι πρόκειται απλώς για ένα μικρότερο υπαίθριο θέατρο για κάθε είδους χρήση (Αθανασίου, 2024). Οι εκδηλώσεις που πραγματοποιούνται σε αυτό αφορούν όλα τα είδη, όπως όπερες, συναυλίες κλασικής και σύγχρονης μουσικής, θεατρικές παραγωγές, αρχαίου δράματος ή σύγχρονες, παραστάσεις χορού κ.α. Θεωρείται ιδανικός χώρος για ακρόαση συμφωνικής μουσικής και όπερας χωρίς ενίσχυση του ήχου, ενώ για τις υπόλοιπες περιπτώσεις η τοποθέτηση ηχητικού εξοπλισμού είτε για αναπαραγωγή είτε για ενίσχυση αποτελεί τον κανόνα.

Από την άλλη μεριά, όμως, ο χώρος είναι ένα αρχαιολογικό μνημείο και υπόκειται στους κανόνες της διεύθυνσης αρχαιοτήτων ως προς τη χρήση του. Ισχύει και εφαρμόζεται από το Κεντρικό Αρχαιολογικό Συμβούλιο (ΚΑΣ) ειδικός κανονισμός σχετικά με τον τεχνολογικό εξοπλισμό και τις σκηνικές κατασκευές που μπορούν να τοποθετηθούν στον χώρο. Δεν επιτρέπεται καμία μόνιμη εγκατάσταση εξοπλισμού ή βάσεων στήριξης, δεν επιτρέπονται καλώδια που θα τρίβονται πάνω στο αρχαίο μάρμαρο, τα πάντα θα πρέπει να

έχουν προσωρινό χαρακτήρα και να αφαιρούνται χωρίς να αφήνουν οποιοδήποτε σημάδι στο μνημείο. Ειδικότερα για τον ήχο, η στάθμη του ελέγχεται σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια μιας παράστασης και επιβάλλεται αυστηρό ανώτατο όριο.



Εικόνα 2.16 Το ΩΗΑ κατά τη διάρκεια παράστασης (πηγή: Καλογερέα, 2022)

Τις μέρες που γράφεται η παρούσα ΔΕ έχει ανακοινωθεί η προσωρινή παύση λειτουργίας και η διενέργεια εργασιών αποκατάστασης και συντήρησης του ΩΗΑ. Τελευταίες μελέτες δείχνουν ότι το μνημείο έχει υποστεί βιοδιάβρωση, δηλαδή φθορά από μικροοργανισμούς που βρίσκονται σε λιμνάζοντα νερά, ότι φθείρεται από ριζικά συστήματα σε σημεία που υπάρχει συσσώρευση χώματος και ότι υπάρχουν ρηγματώσεις από το φαινόμενο της συστολής – διαστολής λόγω διαφορών θερμοκρασίας και παλαιότερων επεμβάσεων (Βίδος, 2025). Μεγαλύτερα προβλήματα εντοπίζονται στον τοίχο οριοθέτησης του κοίλου, που δεν έχει συντηρηθεί ποτέ αλλά και δέχεται μεγάλη επιβάρυνση από τη λειτουργία του φεστιβάλ. Επιπλέον το περίγραμμα της σκηνικής αίθουσας θα αποκατασταθεί και το ψηφιδωτό δάπεδο στη σκηνή θα αποκαλυφθεί και θα προστατευθεί με στέγαστρο. Τέλος θα τοποθετηθεί μεταλλική κατασκευή για στέγαση στην οροφή της σκηνικής αίθουσας. (Κώττη, 2026)

Για τον ήχο η ίδια ανακοίνωση αναφέρει ότι τα «επίπεδα θορύβου που δέχεται το μνημείο (και κατ' επέκτασιν οι δονήσεις που το καταπονούν), βρέθηκαν να είναι κατά πολύ πάνω από τα «θεωρητικά ασφαλή» όρια, ήτοι της τάξεως των 20–25dB dB(Z) (βάσει

συχνότητας).» Επίσης, «για την πλήρη διασφάλιση της (ηχοστατικής) προστασίας του νότιου τοίχου του ΩΗΑ, προτείνεται η κατάργηση πύργων ηχείων (Flying Line Arrays): Για την κάλυψη των αναγκών ηχητικής ενίσχυσης των εκδηλώσεων προτείνεται να χρησιμοποιείται μεγαφωνικός εξοπλισμός εδάφους. Ο κλωβός θα είναι πλήρως κλειστός περιμετρικά, με μοναδική ανοιχτή πλευρά την πρόσθια, η οποία θα λειτουργεί ως αποκλειστική επιφάνεια εκπομπής προς το ακροατήριο. [...] Σε καμία περίπτωση δεν θα επιτρέπεται η εγκατάσταση ηχείων (ανεξαρτήτως τύπου), εντός των ανοιγμάτων ή/και των παρόδων ή/και επί του νοτίου τοίχου. Οι μέγιστες επιτρεπτές τιμές θα εξαρτηθούν από τα όρια ασφαλείας του νοτίου τοίχου.», Τέλος αναφέρεται ότι «απολύτως αναγκαία είναι η σύνταξη (από το Εργαστήριο Ακουστικής ΕΜΠ) και η εφαρμογή Ακουστικού Κανονισμού Χρήσης, με στόχο την αποτύπωση των τεχνικών προδιαγραφών που θα εξασφαλίζουν την προστασία του μνημείου, με τρόπο κατανοητό και εφαρμόσιμο.» (Κώττη, 2026)

Σε σχέση με τα παραπάνω, πρέπει να διευκρινιστεί ότι η παρούσα εργασία εξετάζει τις διαφορετικές διατάξεις από την πλευρά της ακουστικής και ηλεκτροακουστικής απόδοσής τους στο ακροατήριο και δεν αποτελεί μελέτη της επίδρασης του παραγόμενου ήχου στη δομική κατάσταση και τη διατήρηση του μνημείου. Τα ζητήματα αυτά αποτελούν διαφορετικό αντικείμενο μελέτης και, ως εκ τούτου, δεν περιλαμβάνονται στα κριτήρια της συγκριτικής αξιολόγησης που πραγματοποιείται στην παρούσα εργασία.

3 Θεωρητικό υπόβαθρο

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται συνοπτικά το θεωρητικό υπόβαθρο που είναι απαραίτητο για την κατανόηση της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε και του τρόπου αξιολόγησης των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας. Η σημερινή μορφή του ΩΗΑ είναι ανοιχτή (*open-air*), παρουσιάζει όμως ακουστική συμπεριφορά χαρακτηριστική ημιυπαίθριου χώρου (*semi-open space*), λόγω και της παρουσίας σημαντικών ανακλαστικών επιφανειών (Vassilantonopoulos & Mourjopoulos, 2009). Συνεπώς, αρχικά περιγράφονται οι βασικές αρχές μετάδοσης του ήχου σε ημιυπαίθριους χώρους και η έννοια της κρουστικής απόκρισης, μέσω της οποίας μελετάται η χρονική συμπεριφορά του ηχητικού πεδίου. Ακολουθούν οι ακουστικές παράμετροι και οι δείκτες που επιλέχθηκαν για την αξιολόγηση των μετρήσεων και των προσομοιώσεων, καθώς και η επίδραση του θορύβου βάθους στην ποιότητα των μετρήσεων. Τέλος, τα επιμέρους μεγέθη συνδέονται με τα βασικά κριτήρια αξιολόγησης της ηχητικής κάλυψης, της απόδοσης για ομιλία και για μουσική, τα οποία χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για τη συγκριτική εξέταση των διαφορετικών διατάξεων πηγών.

3.1 Μετάδοση του ήχου σε ημιυπαίθριους χώρους

Η μετάδοση του ήχου σε έναν ημιυπαίθριο χώρο εξαρτάται από τη γεωμετρία του, τις ακουστικές ιδιότητες των επιφανειών, τη θέση πηγής και δέκτη και την κατευθυντικότητα της πηγής. Οι παράγοντες αυτοί διαμορφώνουν τόσο τον άμεσο ήχο όσο και την ανακλώμενη ηχητική ενέργεια και, κατά συνέπεια, το ηχητικό πεδίο στις διαφορετικές θέσεις ακρόασης (Long, 2014). Στη συνέχεια περιγράφονται οι βασικές αρχές μετάδοσης του ήχου σε έναν χώρο όπως το ΩΗΑ, με έμφαση στη διάδοση του άμεσου ήχου και την εξασθένησή του με την απόσταση, καθώς και στη συμβολή των ανακλάσεων και της διάχυσης.

3.1.1 Ελεύθερο πεδίο και εξασθένηση με την απόσταση

Ως ελεύθερο ηχητικό πεδίο ορίζεται ένα ιδανικό περιβάλλον, όπου η ηχητική ενέργεια διαδίδεται σφαιρικά από την πηγή προς τον δέκτη χωρίς την παρεμβολή εμποδίων. Όσο αυξάνεται η απόσταση από την πηγή, ο ήχος κατανέμεται σε όλο και μεγαλύτερη επιφάνεια

και η ηχητική ένταση μειώνεται αντιστρόφως ανάλογα με το τετράγωνο της απόστασης (Long, 2014). Η στάθμη ηχητικής πίεσης L_p μεταξύ δύο σημείων σε απόσταση r_1 και r_2 από την πηγή ακολουθεί την παρακάτω σχέση:

$$L_{p2} = L_{p1} - 20 \log \frac{r_2}{r_1} \quad (1)$$

Επομένως, σε ιδανικές συνθήκες ελεύθερου πεδίου, κάθε διπλασιασμός της απόστασης από μια σημειακή πηγή προκαλεί μείωση της στάθμης ηχητικής πίεσης κατά περίπου 6dB (Long, 2014). Σε πραγματικές συνθήκες, όμως, η διάδοση σε εξωτερικούς χώρους δεν είναι απόλυτα ιδανική και η εξασθένηση επηρεάζεται επιπλέον από το έδαφος, τον άνεμο, την απορρόφηση από τον αέρα, τα φυτά και τα εμπόδια που συναντά (Σκαρλάτος, 2018).

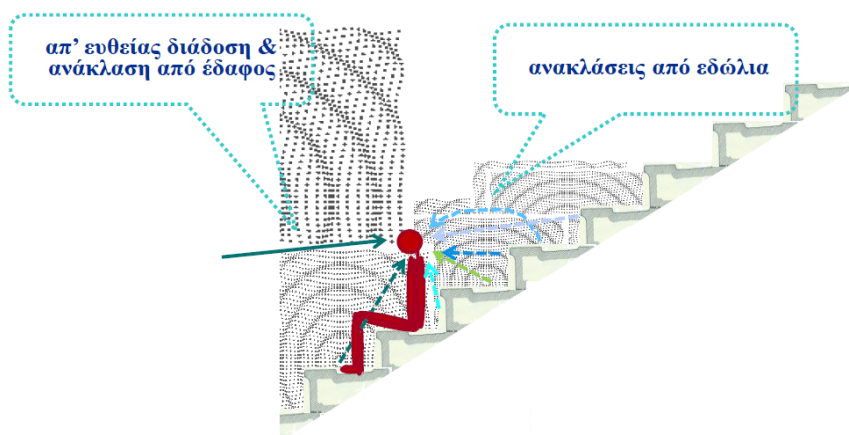
Στην περίπτωση του ΩΗΑ, εφαρμόζονται εν μέρει οι συνθήκες του ελεύθερου πεδίου, αλλά δεν επαρκούν για την περιγραφή της διάδοσης του ήχου. Το ηχητικό πεδίο διαμορφώνεται από τον συνδυασμό του άμεσου ήχου και των ανακλάσεων στις επιφάνειες του χώρου.

3.1.2 Ανάκλαση και διάχυση

Όταν ένα ηχητικό κύμα προσπίπτει σε μια επιφάνεια, μέρος της ενέργειάς του απορροφάται και το υπόλοιπο ανακλάται προς τον χώρο. Η μορφή της ανάκλασης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας, τη γεωμετρία της και τη σχέση των διαστάσεών της με το μήκος κύματος του προσπίπτοντος ήχου. Όταν πρόκειται για μεγάλη και λεία επιφάνεια, το κύμα ανακλάται με γωνία ίση με τη γωνία πρόσπτωσης, ενώ όταν η επιφάνεια παρουσιάζει γεωμετρικές ανωμαλίες, μέρος της ανακλώμενης ηχητικής ενέργειας διασκορπίζεται προς διαφορετικές κατευθύνσεις, δημιουργείται δηλαδή διάχυση. Το φαινόμενο αυτό εξαρτάται από τη σχέση μεταξύ μήκους κύματος και διαστάσεων των ανωμαλιών της επιφάνειας, επομένως μεταβάλλεται με τη συχνότητα (Long, 2014; Σκαρλάτος, 2018).

Οι ανακλώμενες συνιστώσες του ήχου που φτάνει στον ακροατή ακολουθούν μεγαλύτερες διαδρομές και επομένως έχουν μια καθυστέρηση ως προς το απευθείας σήμα. Η χρονική κατανομή και η στάθμη των ανακλάσεων εξαρτώνται από τη γεωμετρία του χώρου, τη θέση πηγής και δέκτη και τα χαρακτηριστικά των επιφανειών. Οι ανακλάσεις που φθάνουν λίγο μετά τον απευθείας ήχο χαρακτηρίζονται ως πρώιμες ανακλάσεις και συμμετέχουν σημαντικά στη διαμόρφωση της αντιλαμβανόμενης στάθμης και της σαφήνειας του ήχου (Long, 2014· Σκαρλάτος, 2018). Στα αρχαία θέατρα, η γεωμετρία του κοίλου και η

διαμόρφωση των βαθμίδων δημιουργούν ένα χαρακτηριστικό σύνολο πρώιμων ανακλάσεων, όπου εκτός από τον απευθείας ήχο, στον ακροατή φθάνει η ανάκλαση από το έδαφος ή την ορχήστρα, καθώς και διαδοχικές ανακλάσεις από τα εδώλια. Η συγκεκριμένη συμπεριφορά απεικονίζεται στο Σχήμα 3.1 (Mourjopoulos, 2013).



Σχήμα 3.1 Απευθείας διάδοση και ανακλάσεις του ήχου στο αρχαίο θέατρο της Επιδαύρου
(πηγή: Mourjopoulos, 2013, βάσει Psarras et al., 2013)

Όταν οι ανακλάσεις φθάνουν σε μικρό χρονικό διάστημα μετά τον απευθείας ήχο, μπορούν να συνεισφέρουν θετικά στην αντιλαμβανόμενη ηχητική ενέργεια χωρίς να γίνονται αντιληπτές ως διακριτές επαναλήψεις. Η συμπεριφορά αυτή συνδέεται με το φαινόμενο προτεραιότητας (precedence effect), σύμφωνα με το οποίο ο ακροατής συσχετίζει τις κοντινές χρονικά ανακλάσεις με τον απευθείας ήχο και η ενέργειά τους συμβάλλει στην ενίσχυση του αντιλαμβανόμενου σήματος (Mourjopoulos, 2013).

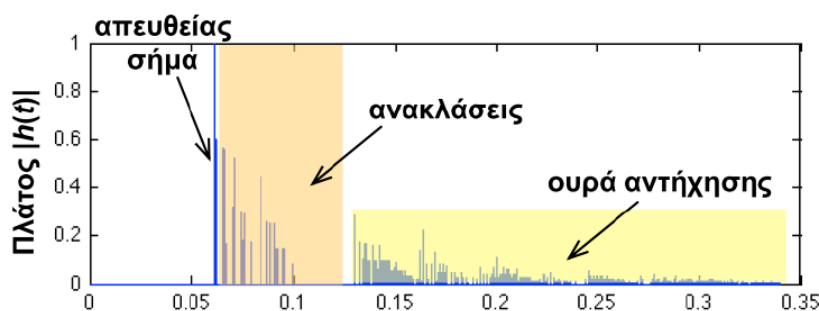
Τέλος, καθώς αυξάνεται ο αριθμός των ανακλάσεων και διαφοροποιούνται οι διευθύνσεις άφιξής τους, το ηχητικό πεδίο αποκτά περισσότερο σύνθετο χαρακτήρα. Στην περίπτωση του ΩΗΑ, οι ανακλάσεις από το κοίλο, τα εδώλια και τα σωζόμενα τμήματα του σκηνικού οικοδομήματος συμμετέχουν μαζί με τον απευθείας ήχο στη συνολική απόκριση που καταγράφεται σε κάθε θέση ακρόασης. Για τον λόγο αυτό, η αξιολόγηση της συμπεριφοράς του χώρου και των συστημάτων ενίσχυσης δεν μπορεί να βασιστεί αποκλειστικά στη γεωμετρική εξασθένηση του απευθείας ήχου, αλλά απαιτεί την εξέταση της συνολικής κρουστικής απόκρισης, η οποία παρουσιάζεται στην επόμενη ενότητα.

3.2 Κρουστική απόκριση χώρου

Η κρουστική απόκριση ενός χώρου (Room Impulse Response – RIR) περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο μεταδίδεται ο ήχος από μια συγκεκριμένη θέση πηγής προς μια συγκεκριμένη θέση δέκτη. Ουσιαστικά, αντιστοιχεί στην απόκριση του συστήματος πηγή-χώρος-δέκτης σε έναν πολύ σύντομο ηχητικό παλμό και περιλαμβάνει τόσο τον απευθείας ήχο όσο και την ενέργεια που φθάνει στον δέκτη μέσω των ανακλάσεων. Επομένως, η μορφή της εξαρτάται από τη γεωμετρία και τα χαρακτηριστικά του χώρου, καθώς και από τη θέση της πηγής και του δέκτη (Long, 2014).

Ο προσδιορισμός της RIR γίνεται με χρήση κατάλληλων σημάτων διέγερσης και επεξεργασίας του καταγεγραμμένου σήματος, παρέχοντας την απόκριση του συστήματος στο πεδίο του χρόνου. Επιπλέον, μέσω του μετασχηματισμού Fourier η ίδια απόκριση μπορεί να αναπαρασταθεί και στο πεδίο της συχνότητας, επιτρέποντας την εξέταση της συχνοτικής συμπεριφοράς του συστήματος. Στην ψηφιακή επεξεργασία ο μετασχηματισμός πραγματοποιείται συνήθως μέσω του γρήγορου μετασχηματισμού Fourier (Fast Fourier Transform – FFT), από τον οποίο μπορούν να προκύψουν το πλάτος και η φάση της απόκρισης ως συνάρτηση της συχνότητας (Long, 2014). Η επεξεργασία της κρουστικής απόκρισης επιτρέπει έτσι την εξαγωγή ακουστικών παραμέτρων για την αντικειμενική περιγραφή και αξιολόγηση του ηχητικού πεδίου.

Στο γράφημα μιας κρουστικής απόκρισης διακρίνονται τρεις βασικές περιοχές: ο απευθείας ήχος, οι πρώιμες ανακλάσεις και το αντηχητικό πεδίο. Ο απευθείας ήχος φθάνει πρώτος στον δέκτη, ακολουθώντας τη συντομότερη διαδρομή από την πηγή. Στη συνέχεια εμφανίζονται οι πρώιμες ανακλάσεις, οι οποίες προέρχονται από τις επιφάνειες του χώρου και φθάνουν με μικρή καθυστέρηση. Με την πάροδο του χρόνου, ο αριθμός και η πυκνότητα των ανακλάσεων αυξάνονται και σχηματίζεται το αντηχητικό τμήμα της απόκρισης, στο οποίο η ηχητική ενέργεια εξασθενεί σταδιακά (Long, 2014). Η χαρακτηριστική αυτή μορφή παρουσιάζεται στο **Σχήμα 3.2**, όπου διακρίνεται η άφιξη του απευθείας ήχου, η περιοχή των πρώιμων ανακλάσεων και η σταδιακή μετάβαση στο αντηχητικό πεδίο.



Σχήμα 3.2 Χαρακτηριστική μορφή κρουστικής απόκρισης όπου διακρίνονται οι τρεις βασικές περιοχές. (πηγή: Κοντομίχος & Ζαρούχας, 2013)

Στην παρούσα εργασία, η κρουστική απόκριση έχει ιδιαίτερη σημασία, καθώς αποτελεί τη βάση τόσο για την επεξεργασία των επιτόπιων μετρήσεων όσο και για την εξαγωγή των αντίστοιχων αποτελεσμάτων από το υπολογιστικό μοντέλο. Η διαδικασία καταγραφής και ανάλυσης περιγράφεται στο Κεφάλαιο 4.

3.3 Ακουστικές παράμετροι

Η αξιολόγηση της ακουστικής συμπεριφοράς ενός χώρου και της απόδοσης ενός ηχητικού συστήματος βασίζεται σε ένα σύνολο αντικειμενικών ακουστικών παραμέτρων, καθεμία από τις οποίες περιγράφει διαφορετική πτυχή του ηχητικού πεδίου. Από την επεξεργασία της κρουστικής απόκρισης μπορούν να εξαχθούν μεγέθη που αφορούν τη στάθμη και τη συχνотική συμπεριφορά του ήχου, καθώς και δείκτες που σχετίζονται με τη χρονική απόκριση, την ευκρίνεια και την καταληπτότητα (Long, 2014· Σκαρλάτος, 2018). Στις επόμενες υποενότητες παρουσιάζονται συνοπτικά οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται στην παρούσα εργασία για την αξιολόγηση και τη σύγκριση των διαφορετικών ηχητικών συστημάτων.

3.3.1 Στάθμη ηχητικής πίεσης (SPL)

Η στάθμη ηχητικής πίεσης (Sound Pressure Level – SPL) εκφράζεται σε decibel (dB) και ορίζεται ως η λογαριθμική σχέση της ενεργού τιμής της ηχητικής πίεσης p_1 προς μια πίεση αναφοράς. Για τον ήχο στον αέρα, ως πίεση αναφοράς χρησιμοποιείται η τιμή $p_0 = 20\mu\text{Pa}$, η οποία προσεγγίζει το κατώφλι ακοής του ανθρώπου στις μεσαίες συχνότητες (Long, 2014· Σκαρλάτος, 2018).

$$L_1 = 20 \log \frac{p_1}{p_0} \quad (2)$$

όπου p_1 είναι η ενεργός τιμή της μετρούμενης ηχητικής πίεσης και p_0 η πίεση αναφοράς.

Στην ακουστική χώρων και στην αξιολόγηση ηχητικών συστημάτων, η στάθμη ηχητικής πίεσης δεν εξετάζεται μόνο ως απόλυτη τιμή, αλλά και ως προς τη μεταβολή της μεταξύ διαφορετικών θέσεων ακρόασης. Η σύγκριση των τιμών SPL σε διαφορετικές θέσεις επιτρέπει την εκτίμηση της ομοιομορφίας του ηχητικού πεδίου.

Η στάθμη μπορεί επίσης να εξετάζεται ανά ζώνη συχνοτήτων, παρέχοντας πληροφορίες για τη μεταβολή της ηχητικής ενέργειας στο φάσμα, παράμετρος που παρουσιάζεται παρακάτω.

3.3.2 Απόκριση συχνότητας

Η απόκριση συχνότητας (Frequency Response) περιγράφει τη μεταβολή της στάθμης ενός ηχητικού συστήματος ή ενός ακουστικού πεδίου ως συνάρτηση της συχνότητας. Συνήθως παρουσιάζεται γραφικά με τη συχνότητα στον οριζόντιο άξονα και τη στάθμη σε dB στον κατακόρυφο, επιτρέποντας την παρατήρηση των περιοχών του φάσματος που εμφανίζεται ενίσχυση ή εξασθένηση της ηχητικής ενέργειας. Η απόκριση συχνότητας επηρεάζεται από τα χαρακτηριστικά της ηχητικής πηγής, όπως η κατευθυντικότητα της, από την απόσταση μεταξύ πηγής και δέκτη, καθώς και από τις ανακλάσεις στις επιφάνειες του χώρου. Οι παράγοντες αυτοί επιδρούν με διαφορετικό τρόπο στις επιμέρους συχνότητες, με αποτέλεσμα η καταγραφόμενη απόκριση να μεταβάλλεται από θέση σε θέση (Long, 2014· Σκαρλάτος, 2018).

Οι διαφοροποιήσεις της συχνотικής απόκρισης συνδέονται με την έννοια του χρωματισμού του ήχου, δηλαδή τη μεταβολή της φασματικής ισορροπίας του αρχικού σήματος. Ενίσχυση ή εξασθένηση σε επιμέρους περιοχές του φάσματος μπορεί να μεταβάλει τη χροιά του αντιλαμβανόμενου ήχου, ακόμη και όταν η συνολική ηχητική στάθμη παραμένει παρόμοια (Long, 2014· Σκαρλάτος, 2018).

Για την αξιολόγηση ενός ηχητικού συστήματος ενδιαφέρον παρουσιάζει επομένως όχι μόνο η μορφή της συχνотικής απόκρισης σε μία θέση, αλλά και η ομοιομορφία της στις διαφορετικές θέσεις ακρόασης. Μικρές διαφοροποιήσεις μεταξύ των θέσεων υποδηλώνουν

ομοιόμορφη συχνοτική κάλυψη, ενώ πιο έντονες αποκλίσεις σε συγκεκριμένες περιοχές του φάσματος υποδεικνύουν ανομοιογενή απόδοση του συστήματος στον χώρο.

3.3.3 Χρόνος αντήχησης (RT)

Ο χρόνος αντήχησης (Reverberation Time – RT) αποτελεί ίσως τη βασικότερη παράμετρο περιγραφής ενός ηχητικού πεδίου. Ορίζεται ως ο χρόνος που απαιτείται ώστε η στάθμη της ηχητικής ενέργειας να μειωθεί κατά 60dB μετά τη διακοπή της ηχητικής πηγής και εκφράζεται σε δευτερόλεπτα. (Long, 2014· Σκαρλάτος, 2018).

Εξαρτάται από τον όγκο του χώρου, τη γεωμετρία του, την ηχοαπορρόφηση των επιφανειών και τη συχνότητα. Ένας από τους παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την τιμή του και παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην περίπτωση του ΩΗΑ είναι η παρουσία ακροατηρίου, καθώς η ύπαρξη ή όχι θεατών αλλάζει τη συνολική ηχοαπορρόφηση και κατά συνέπεια μεταβάλλει τον χρόνο αντήχησης. Για τον λόγο αυτό, σε χώρους θεάματος η συνθήκη αυτή πρέπει να λαμβάνεται πάντα υπόψη (Κοντομίχος & Ζαρούχας, 2013).

Στη θεωρία, η βασική σχέση υπολογισμού του RT διατυπώθηκε από τον Sabine και τον συνδέει με τον όγκο V (m^3) του χώρου και τη συνολική ισοδύναμη επιφάνεια ηχοαπορρόφησης (A):

$$RT = 0.161 \frac{V}{A} \quad (3)$$

Η σχέση του Sabine βασίζεται στην παραδοχή ύπαρξης ενός διάχυτου ηχητικού πεδίου και παρουσιάζει αποκλίσεις όταν αυτή η συνθήκη δεν ικανοποιείται ή όταν η απορρόφηση του χώρου είναι υψηλή. Για τον λόγο αυτό έχουν διατυπωθεί και άλλες σχέσεις πρόβλεψης, όπως η σχέση του Eyring, οι οποίες διευρύνουν τη δυνατότητα εκτίμησης του χρόνου αντήχησης σε διαφορετικές συνθήκες (Long, 2014· Σκαρλάτος, 2018).

Άλλος τρόπος προσδιορισμού του RT είναι μέσω της κλίσης της καμπύλης ενεργειακής απόσβεσης που προκύπτει από την κρουστική απόκριση. Θεωρητικά αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα που απαιτείται για τη μείωση της στάθμης κατά 60dB από την αρχική της τιμή. Στην πράξη όμως, δεν είναι πάντοτε εφικτό αυτό το εύρος των 60dB και έτσι χρησιμοποιούνται μικρότερα τμήματα της καμπύλης απόσβεσης και προεκτείνονται αντίστοιχα. Έτσι, ο T20 προσδιορίζεται από την κλίση της καμπύλης μεταξύ -5 και -25dB,

Reverberation time RT / T60

Level [dB]

-5 dB

-20 dB

Decay / linear fit

10 dB headroom

T20

Time [s]

Στην περίπτωση ημιυπαίθριων χώρων, όπως το ΩΗΑ, σημαντικό μέρος της ηχητικής ενέργειας διαφεύγει προς το ελεύθερο περιβάλλον και δεν αναπτύσσονται στον ίδιο βαθμό οι συνθήκες διάχυτου αντηχητικού πεδίου που χαρακτηρίζουν έναν κλειστό χώρο. Επομένως, ο χρόνος αντήχησης δεν έχει ακριβώς την ίδια ερμηνεία με αυτήν που έχει στις κλειστές αίθουσες. Εξακολουθεί, ωστόσο, να αποτελεί χρήσιμο αντικειμενικό μέγεθος για την περιγραφή της ενεργειακής απόσβεσης και, όταν προσδιορίζεται με κοινή μεθοδολογία, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη συγκριτική αξιολόγηση διαφορετικών συνθηκών ή διατάξεων.

Ο χρόνος πρώιμης απόσβεσης (Early Decay Time – EDT) αποτελεί ακουστική παράμετρο που περιγράφει τον ρυθμό μείωσης της ηχητικής ενέργειας κατά το αρχικό τμήμα της απόσβεσης. Ο υπολογισμός του βασίζεται στον χρόνο που απαιτείται για πτώση της

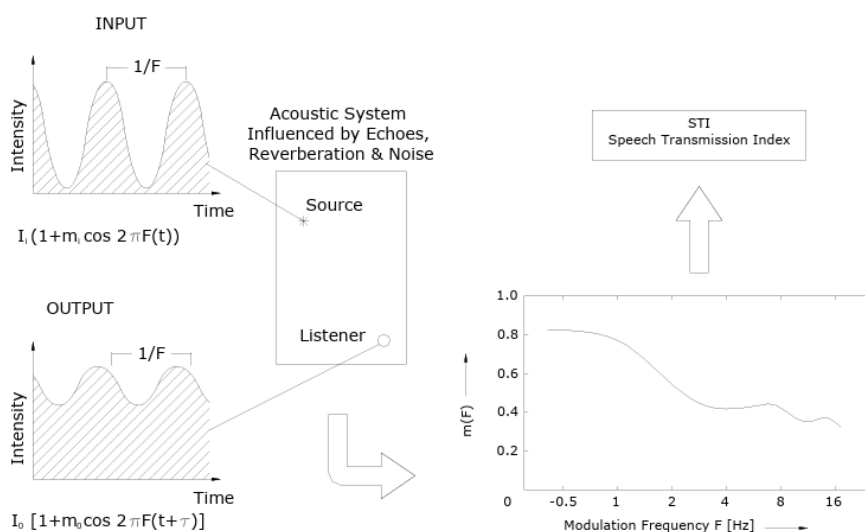
ενέργειας κατά 10dB (από 0 έως -10dB), ο οποίος πολλαπλασιάζεται επί έξι ώστε να αναχθεί σε χρόνο αντίστοιχο με συνολική πτώση 60dB. Όπως και ο χρόνος αντήχησης, ο EDT προσδιορίζεται ανά συχνοτική ζώνη (Κοντομίχος et al., 2013· Long, 2014).

Παρότι ο EDT και ο RT περιγράφουν τη χρονική απόσβεση της ηχητικής ενέργειας, διαφέρουν ως προς το τμήμα της καμπύλης που εξετάζουν. Ο EDT προσδιορίζεται από την αρχική απόσβεση, ενώ οι T20 και T30 από μεταγενέστερα τμήματά της. Η αρχική αυτή περιοχή σχετίζεται περισσότερο με την υποκειμενική αντίληψη της αντήχησης, με μεγαλύτερες τιμές EDT να αντιστοιχούν σε εντονότερη αίσθηση αντήχησης και μικρότερες σε ταχύτερη αρχική απόσβεση της ηχητικής ενέργειας. Για τον λόγο αυτό, ο EDT χρησιμοποιείται συμπληρωματικά προς τον RT για την αξιολόγηση της χρονικής συμπεριφοράς ενός χώρου και μπορεί να αναδείξει χαρακτηριστικά της αρχικής απόσβεσης που δεν αποτυπώνονται εξίσου από τον χρόνο αντήχησης (Κοντομίχος et al., 2013· Long, 2014· Σκαρλάτος, 2018).

3.3.5 Καταληπτότητα της ομιλίας (STI)

Ο δείκτης κατανόησης του λόγου (Speech Transmission Index – STI) αποτελεί αντικειμενικό δείκτη αξιολόγησης της καταληπτότητας της ομιλίας και εκφράζει τον βαθμό στον οποίο ένα σύστημα μετάδοσης διατηρεί τη χρήσιμη πληροφορία του σήματος ομιλίας από την πηγή έως τον ακροατή. Η ομιλία χαρακτηρίζεται από χρονικές διακυμάνσεις του πλάτους της, η διατήρηση των οποίων είναι σημαντική για την καταληπτότητά της. Παράγοντες όπως ο θόρυβος, η αντήχηση και οι ανακλάσεις μπορούν να μειώσουν το βάθος αυτών των διαμορφώσεων και να υποβαθμίσουν την καταληπτότητα του μεταδιδόμενου λόγου (Κοντομίχος et al., 2013· Ruvalcaba Esquivel, 2005).

Ο υπολογισμός του STI βασίζεται στη συνάρτηση μεταφοράς διαμόρφωσης (Modulation Transfer Function – MTF), η οποία εκφράζει τον βαθμό στον οποίο διατηρούνται οι διαμορφώσεις του αρχικού σήματος κατά τη μετάδοσή του μέσω ενός ακουστικού συστήματος. Η αρχή αυτή παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.4, όπου φαίνεται η μεταβολή μεταξύ του αρχικού και του λαμβανόμενου διαμορφωμένου σήματος λόγω της επίδρασης του θορύβου, των ανακλάσεων και της αντήχησης (Ruvalcaba Esquivel, 2005).



Σχήμα 3.4 Αρχή λειτουργίας της συνάρτησης μεταφοράς διαμόρφωσης (MTF) (πηγή: Ruvalcaba Esquivel, 2005).

Η MTF μπορεί επίσης να προσδιοριστεί από την κρουστική απόκριση του συστήματος, επιτρέποντας έτσι τον υπολογισμό του STI από μία μέτρηση της κρουστικής απόκρισης (Κοντομίχος et al., 2013· Ruvalcaba Esquivel, 2005). Ο STI λαμβάνει τιμές από 0 έως 1, με τις υψηλότερες τιμές να αντιστοιχούν σε καλύτερη μετάδοση και καταληπτότητα της ομιλίας.

3.3.6 Ευκρίνεια (C50 και C80)

Η ευκρίνεια (Clarity) αποτελεί ακουστική παράμετρο που προκύπτει από την ενεργειακή ανάλυση της κρουστικής απόκρισης και εκφράζει τον λογαριθμικό λόγο της πρώιμης προς τη μεταγενέστερη ηχητική ενέργεια, οι οποίες διαχωρίζονται με βάση ένα χρονικό όριο t_e . Υπολογίζεται σε dB από τη σχέση (Κοντομίχος et al., 2013):

$$C_{t_e} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{\int_0^{t_e} |h(t)|^2 dt}{\int_{t_e}^{\infty} |h(t)|^2 dt} \right) \quad (\text{dB}) \quad (4)$$

όπου $h(t)$ είναι η κρουστική απόκριση και t_e το χρονικό όριο διαχωρισμού. Ανάλογα με την επιλογή του χρονικού αυτού ορίου προκύπτουν δύο δείκτες: ο C50 για την αξιολόγηση της

ευκρίνειας της ομιλίας, με $t_e = 50\text{ms}$, και ο C80 για την αξιολόγηση της ευκρίνειας της μουσικής, με $t_e = 80\text{ms}$ (Κοντομίχος et al., 2013· Long, 2014).

Μεγαλύτερες τιμές των δεικτών αντιστοιχούν σε μεγαλύτερη αναλογία πρώιμης προς μεταγενέστερη ηχητική ενέργεια και, κατά συνέπεια, σε αυξημένη τιμή ευκρίνειας. Στην περίπτωση του C50, η τάση αυτή συνδέεται γενικά με βελτιωμένη ευκρίνεια της ομιλίας. Για τον C80, ωστόσο, η αύξηση δεν συνεπάγεται απαραίτητα καλύτερη ακουστική απόδοση για μουσική, καθώς η επιθυμητή ισορροπία μεταξύ πρώιμης και μεταγενέστερης ενέργειας εξαρτάται από το είδος της μουσικής και τις ακουστικές απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής (Long, 2014).

3.4 Ηχητικά συστήματα και βασικά χαρακτηριστικά

Παρακάτω ακολουθεί μια συνοπτική περιγραφή της βασικής θεωρίας των ηλεκτροακουστικών / ηχητικών συστημάτων, καθώς κύριο αντικείμενο της μελέτης δεν αποτελεί η ακουστική συμπεριφορά του χώρου αυτού καθαυτού, αλλά η απόδοση των διαφορετικών ηχητικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται σε αυτόν. Παρουσιάζεται η βασική δομή ενός συστήματος ηχητικής ενίσχυσης και εξετάζονται τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται άμεσα με τη διάταξη και τη χωροθέτηση των ηχείων.

Σημειώνεται ότι η θεωρία των ηλεκτροακουστικών συστημάτων περιλαμβάνει ένα ευρύ σύνολο παραμέτρων που αφορούν τα επιμέρους στοιχεία και τη λειτουργία τους, όπως η ισχύς, η ευαισθησία, η εμπίδηση, η απόκριση συχνότητας και η κατευθυντικότητα των ηχείων. Η αναλυτική παρουσίαση των παραμέτρων αυτών υπερβαίνει το αντικείμενο της παρούσας εργασίας. Το ενδιαφέρον εστιάζεται στη σύγκριση διαφορετικών τρόπων εγκατάστασης και χωροθέτησης των ηχητικών συστημάτων στο ΩΗΑ και εξετάζονται μόνο τα χαρακτηριστικά που είναι απαραίτητα για την κατανόηση της επίδρασης της διάταξης και της θέσης των ηχείων στο παραγόμενο ηχητικό πεδίο.

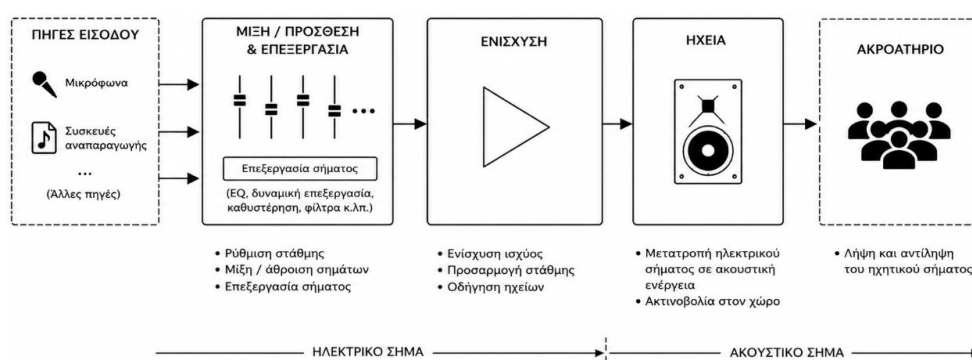
3.4.1 Δομή και λειτουργία ενός ηχητικού συστήματος

Τα ηλεκτροακουστικά συστήματα χρησιμοποιούνται για την αναπαραγωγή και ενίσχυση της ομιλίας, της μουσικής και γενικότερα οποιουδήποτε ηχητικού περιεχομένου σε έναν χώρο, με στόχο την επαρκή και κατάλληλη μετάδοσή του προς το ακροατήριο. Η τελική

ακουστική απόδοση ενός τέτοιου συστήματος δεν καθορίζεται μόνο από τα επιμέρους στοιχεία που το αποτελούν, αλλά και από τον τρόπο με τον οποίο αυτά συνδυάζονται, τοποθετούνται και αλληλοεπιδρούν με τον χώρο στον οποίο λειτουργούν (Long, 2014).

Αποτελείται από μια αλληλουχία ηλεκτροακουστικών και ηλεκτρονικών διατάξεων μέσω των οποίων το αρχικό ηχητικό σήμα λαμβάνεται, δέχεται επεξεργασία, ενισχύεται και τελικά αναπαράγεται στον χώρο. Στη βασική του μορφή περιλαμβάνει μία διάταξη εισόδου, όπως ένα μικρόφωνο ή άλλη πηγή ηχητικού σήματος, μία βαθμίδα μίξης και επεξεργασίας, τη βαθμίδα ενίσχυσης ισχύος και τα ηχεία, τα οποία μετατρέπουν το ηλεκτρικό σήμα σε ακουστική ενέργεια και το ακτινοβολούν προς τον χώρο και το ακροατήριο (Long, 2014). Η βασική αυτή διαδοχή των επιμέρους βαθμίδων αναφέρεται και ως audio signal chain.

Στην είσοδο του συστήματος, το μικρόφωνο μετατρέπει την ακουστική ενέργεια σε ηλεκτρικό σήμα, ενώ στην περίπτωση προηχογραφημένου υλικού το σήμα παρέχεται απευθείας από την αντίστοιχη πηγή αναπαραγωγής. Ακολουθεί η επεξεργασία των επιμέρους σημάτων, κατά την οποία μπορούν να πραγματοποιηθούν ρυθμίσεις της στάθμης, της συχνотικής απόκρισης, της δυναμικής περιοχής και της χρονικής τους διαχείρισης. Τα επεξεργασμένα σήματα αθροίζονται (μιζάρονται) και το τελικό αποτέλεσμα οδηγείται στη βαθμίδα ενίσχυσης και έπειτα στα ηχεία, τα οποία αποτελούν το τελευταίο στάδιο της ηλεκτροακουστικής αλυσίδας πριν από τη διάδοση του ήχου στον χώρο (Long, 2014). Η βασική δομή της αλυσίδας παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.5.



Σχήμα 3.5 Βασική αλυσίδα ενός συστήματος ηχητικής ενίσχυσης (πηγή: ίδια επεξεργασία)

3.4.2 Βασικά χαρακτηριστικά ηχείων

Τα ηχεία χαρακτηρίζονται από ένα μεγάλο σύνολο ηλεκτροακουστικών παραμέτρων, η αναλυτική παρουσίαση των οποίων δεν είναι απαραίτητη για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας. Στην ενότητα αυτή επιλέγονται και παρουσιάζονται η ευαισθησία και η παραγόμενη ηχητική στάθμη, η απόκριση συχνότητας και η κατευθυντικότητα, καθώς τα χαρακτηριστικά αυτά συνδέονται άμεσα με τα μεγέθη που χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για την αξιολόγηση των διαφορετικών ηχητικών συστημάτων και με τη μελέτη της διάταξης και της χωροθέτησής τους (McCarthy, 1998· Long, 2014).

3.4.2.1 Ευαισθησία και παραγόμενη ηχητική στάθμη

Η ευαισθησία (sensitivity) εκφράζει την ηχητική στάθμη που μπορεί να παράγει ένα ηχείο για δεδομένη ηλεκτρική ισχύ εισόδου και υπό καθορισμένες συνθήκες μέτρησης. Συνήθως προσδιορίζεται ως η στάθμη ηχητικής πίεσης που μετριέται σε απόσταση 1m, για ισχύ εισόδου 1W, και εκφράζεται σε dB SPL. Επομένως, μεγαλύτερη ευαισθησία σημαίνει ότι για την ίδια ηλεκτρική ισχύ το ηχείο μπορεί να παράγει υψηλότερη ηχητική στάθμη (McCarthy, 1998· Long, 2014).

Εκτός από την ευαισθησία, η παραγόμενη ηχητική στάθμη εξαρτάται από την ισχύ που παρέχεται στο ηχείο και από την απόσταση του δέκτη. Η αύξηση της ηλεκτρικής ισχύος οδηγεί σε αύξηση της παραγόμενης στάθμης, εντός των ορίων λειτουργίας του ηχείου, ενώ κατά τη διάδοση του ήχου η στάθμη μειώνεται με την αύξηση της απόστασης (Long, 2014). Για σημειακή πηγή σε συνθήκες ελεύθερου πεδίου, ο διπλασιασμός της απόστασης αντιστοιχεί θεωρητικά σε μείωση της στάθμης κατά περίπου 6dB, όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 3.1.1.

Η ευαισθησία αποτελεί σημαντικό χαρακτηριστικό για τη σχεδίαση ενός ηχητικού συστήματος, καθώς καθορίζει την ηχητική στάθμη που μπορεί να παραχθεί από ένα ηχείο για δεδομένη ισχύ εισόδου. Ένα ηχείο υψηλότερης ευαισθησίας μπορεί να επιτύχει την ίδια στάθμη με μικρότερη απαιτούμενη ισχύ ή, αντίστοιχα, υψηλότερη στάθμη για την ίδια ισχύ. Η επιλογή της κατάλληλης ευαισθησίας συνδέεται επομένως με την επίτευξη της απαιτούμενης στάθμης στην περιοχή ακρόασης και αποτελεί βασική παράμετρο κατά τον σχεδιασμό ενός συστήματος ηχητικής ενίσχυσης (McCarthy, 1998· Long, 2014).

3.4.2.2 Απόκριση συχνότητας

Η απόκριση συχνότητας (frequency response) περιγράφει τη μεταβολή της παραγόμενης ηχητικής στάθμης σε συνάρτηση με τη συχνότητα, για καθορισμένες συνθήκες μέτρησης. Ένα ηχείο δεν αναπαράγει όλες τις συχνότητες με την ίδια στάθμη, αλλά παρουσιάζει ενισχύσεις και εξασθενήσεις στις επιμέρους περιοχές του φάσματος, ενώ η λειτουργία του περιορίζεται σε συγκεκριμένο συχνοτικό εύρος (Long, 2014· McCarthy, 1998).

Η μορφή της απόκρισης συχνότητας αποτελεί ένδειξη του τρόπου με τον οποίο το ηχείο μεταβάλλει το φασματικό περιεχόμενο του αρχικού σήματος. Αποκλίσεις μεταξύ των επιμέρους συχνοτήτων μπορούν να οδηγήσουν σε χρωματισμό του αναπαραγόμενου ήχου, δηλαδή σε μεταβολή της αντιλαμβανόμενης χροιάς σε σχέση με το αρχικό σήμα. Για τον λόγο αυτό, κατά την αξιολόγηση ενός ηχείου ενδιαφέρον παρουσιάζει τόσο το εύρος συχνοτήτων που μπορεί να αναπαράγει όσο και η ομαλότητα της απόκρισής του μέσα σε αυτό (Long, 2014).

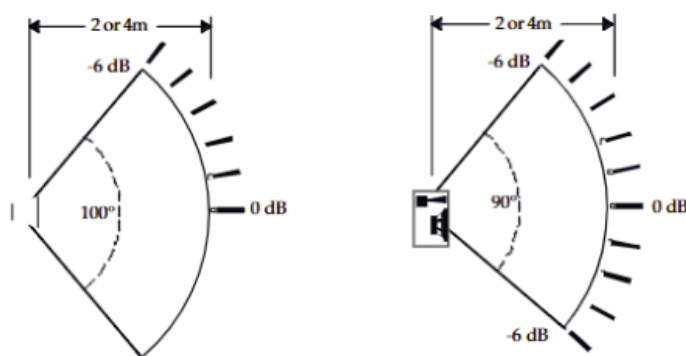
Επομένως η απόκριση συχνότητας έχει άμεση επίδραση στην πιστότητα αναπαραγωγής ενός ηχητικού συστήματος. Όσο πιο ομαλή είναι, τόσο μικρότερη και η μεταβολή της φασματικής ισορροπίας του αναπαραγόμενου σήματος. Η συμπεριφορά αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική σε συστήματα που προορίζονται για αναπαραγωγή τόσο ομιλίας όσο και μουσικής, όπου απαιτείται η επαρκής απόδοση διαφορετικών περιοχών του ακουστικού φάσματος (McCarthy, 1998· Long, 2014).

3.4.2.3 Κατευθυντικότητα και κάλυψη

Η ηχητική ενέργεια που ακτινοβολείται από ένα ηχείο δεν κατανέμεται απαραίτητα ομοιόμορφα προς όλες τις διευθύνσεις και η κατευθυντικότητα (directivity) είναι το μέγεθος που περιγράφει τη μεταβολή της ακτινοβολίας της πηγής σε συνάρτηση με τη διεύθυνση. Η συμπεριφορά αυτή εξαρτάται επιπλέον από τη συχνότητα, με αποτέλεσμα το ίδιο ηχείο να παρουσιάζει διαφορετική κατανομή της ακτινοβολούμενης ενέργειας στις επιμέρους περιοχές του φάσματος (Long, 2014).

Η αποτύπωση της κατευθυντικότητας γίνεται μέσω πολικών διαγραμμάτων, τα οποία παρουσιάζουν τη μεταβολή της στάθμης σε σχέση με τη γωνία ως προς τον κύριο άξονα ακτινοβολίας. Συνήθως εξετάζονται χωριστά για το οριζόντιο και για το κατακόρυφο

επίπεδο, ενώ η γωνία κάλυψης προσδιορίζει την περιοχή μέσα στην οποία η στάθμη παραμένει εντός συγκεκριμένων ορίων σε σχέση με την τιμή επί του άξονα. Τα όρια που χρησιμοποιούνται συχνά είναι τα σημεία στα οποία η στάθμη έχει μειωθεί κατά 6dB σε σχέση με τον κύριο άξονα (McCarthy, 1998).



Σχήμα 3.6 Οριζόντια και κατακόρυφη γωνία κάλυψης ηχείου, οριζόμενη από τα σημεία -6 dB ως προς τον κύριο άξονα (πηγή: McCarthy, 1998)

Η κατευθυντικότητα αποτελεί σημαντικό χαρακτηριστικό κατά τον σχεδιασμό ενός συστήματος ηχητικής ενίσχυσης, καθώς καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο η ακτινοβολούμενη ηχητική ενέργεια κατανέμεται στον χώρο και, κατά συνέπεια, την περιοχή του ακροατηρίου που καλύπτεται από το ηχείο. Παράλληλα, η μεταβολή της κατευθυντικότητας με τη συχνότητα σημαίνει ότι η απόκριση εκτός του κύριου άξονα μπορεί να διαφοροποιείται τόσο ως προς τη στάθμη όσο και ως προς τη συχνотική της κατανομή. Η κατάλληλη κατευθυντικότητα και γωνία κάλυψης επιτρέπουν επομένως την αποτελεσματικότερη κατεύθυνση της ηχητικής ενέργειας προς την επιθυμητή περιοχή και συμβάλλουν στην επίτευξη ομοιόμορφης κάλυψης του ακροατηρίου (McCarthy, 1998· Long, 2014).

3.4.3 Συστοιχίες ηχείων και αλληλεπίδραση μεταξύ πηγών

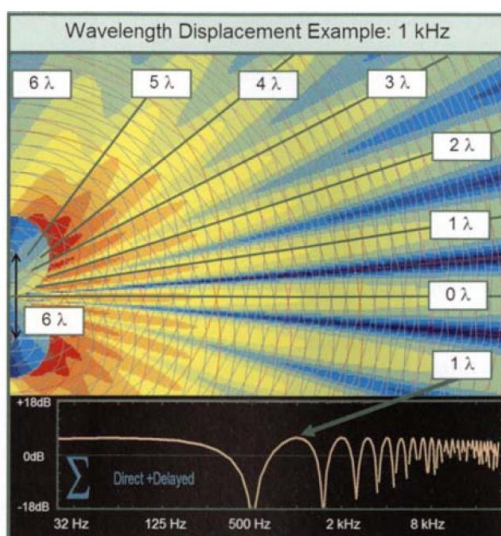
Η χρήση πολλαπλών ηχείων επιτρέπει την κάλυψη μεγαλύτερων ή γεωμετρικά σύνθετων περιοχών σε ένα ακροατήριο. Αυτό σημαίνει ότι η τελική συμπεριφορά του ηχητικού συστήματος εξαρτάται όχι μόνο από τα χαρακτηριστικά του κάθε ηχείου μεμονωμένα, αλλά και από τον τρόπο με τον οποίο οι πηγές αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους (McCarthy, 2007).

Στην περιοχή όπου δύο ή περισσότερα ηχεία ακτινοβολούν ταυτόχρονα, τα ηχητικά κύματα που παράγουν προστίθενται. Το αποτέλεσμα της πρόσθεσης εξαρτάται από τη σχετική στάθμη και τη διαφορά φάσης των σημάτων στη συγκεκριμένη θέση. Ανάλογα με τις συνθήκες αυτές, η συμβολή μπορεί να είναι εποικοδομητική ή καταστροφική, προκαλώντας αντίστοιχα ενίσχυση ή εξασθένηση της συνολικής στάθμης (McCarthy, 2007).

Καθώς η σχέση φάσης μεταβάλλεται με τη συχνότητα, η επίδραση της πρόσθεσης δεν είναι ίδια σε όλο το φάσμα. Χαρακτηριστική περίπτωση αποτελεί το κτενωτό φίλτρο (comb filtering), κατά το οποίο η απόκριση συχνότητας εμφανίζει διαδοχικές κορυφές και βυθίσεις. Η θέση τους στο φάσμα καθορίζεται από τη χρονική διαφορά και, αντίστοιχα, τη διαφορά διαδρομής μεταξύ των σημάτων που φθάνουν στον δέκτη (McCarthy, 2007).

Αντίστοιχα, η σχέση μεταξύ των σημάτων μεταβάλλεται και με τη θέση του δέκτη, καθώς αλλάζουν οι αποστάσεις του από τις επιμέρους πηγές. Ως αποτέλεσμα, η συνολική ακτινοβολία μιας συστοιχίας δεν κατανέμεται ομοιόμορφα προς όλες τις διευθύνσεις, αλλά σχηματίζει περιοχές διαφορετικής στάθμης. Με τον τρόπο αυτό, η διάταξη και η απόσταση μεταξύ των ηχείων διαμορφώνουν την κατευθυντική συμπεριφορά της συστοιχίας (McCarthy, 2007).

Η σχέση μεταξύ της χωρικής κατανομής και της αντίστοιχης κτενωτής απόκρισης συχνότητας παρουσιάζεται χαρακτηριστικά στο Σχήμα 3.7.



Σχήμα 3.7 Χωρική κατανομή της ηχητικής ενέργειας κατά την αλληλεπίδραση μεταξύ πηγών, όπου φαίνεται η κτενωτή απόκριση συχνότητας (πηγή: McCarthy, 2007)

Επομένως, κατά τον σχεδιασμό μιας συστοιχίας επιδιώκεται ο ελεγχόμενος συνδυασμός της ακτινοβολίας των επιμέρους ηχείων, ώστε να περιορίζονται ανεπιθύμητες ακυρώσεις και έντονες μεταβολές της απόκρισης στην περιοχή ακρόασης. Η συμπεριφορά αυτή εξαρτάται άμεσα από τη γεωμετρία της διάταξης και τις σχετικές θέσεις των πηγών, στοιχεία που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την τοποθέτηση των ηχείων στον χώρο (McCarthy, 2007).

3.4.4 Τοποθέτηση και διάταξη ηχείων στο χώρο

Η θέση και ο προσανατολισμός των ηχείων καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο η ηχητική ενέργεια κατανέμεται στην περιοχή του ακροατηρίου. Παράμετροι όπως το ύψος τοποθέτησης και η απόσταση από τις επιμέρους θέσεις ακρόασης επηρεάζουν την γεωμετρία της κάλυψης και τις ηχητικές στάθμες που αναπτύσσονται σε αυτήν, ενώ η κατεύθυνση του κύριου άξονα και η γωνία κάλυψης προσδιορίζουν την περιοχή προς την οποία κατευθύνεται η ακτινοβολούμενη ενέργεια. Η κατάλληλη χωροθέτηση επιδιώκει επομένως την επαρκή κάλυψη του ακροατηρίου και τον περιορισμό μεγάλων διαφοροποιήσεων της ηχητικής στάθμης μεταξύ των θέσεων ακρόασης (McCarthy, 2007).

Σε συστήματα που περιλαμβάνουν περισσότερα ηχεία, η διάταξή τους πρέπει επιπλέον να λαμβάνει υπόψη την επικάλυψη των επιμέρους περιοχών κάλυψης και όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, στις περιοχές όπου περισσότερες πηγές συνεισφέρουν ταυτόχρονα, οι διαφορές διαδρομής και φάσης μπορούν να προκαλέσουν ενισχύσεις και ακυρώσεις. Η κατάλληλη θέση και ο προσανατολισμός των ηχείων επιτρέπουν την κάλυψη της επιθυμητής περιοχής του ακροατηρίου, περιορίζοντας παράλληλα την ανεπιθύμητη επικάλυψη μεταξύ των επιμέρους πηγών (McCarthy, 2007).

Η τοποθέτηση επηρεάζει επίσης τη σχέση μεταξύ του απευθείας ήχου και της ενέργειας που φθάνει στο ακροατήριο μέσω ανακλάσεων. Η κατεύθυνση της ακτινοβολίας προς την επιθυμητή περιοχή και ο περιορισμός της προς επιφάνειες που δεν απαιτείται να καλυφθούν μπορούν να μειώσουν την ανεπιθύμητη διέγερση του χώρου και να αυξήσουν τη σχετική συνεισφορά του απευθείας ήχου στις θέσεις ακρόασης. Η παράμετρος αυτή αποκτά ιδιαίτερη σημασία σε χώρους όπου η γεωμετρία και οι ανακλαστικές επιφάνειες δημιουργούν σύνθετες συνθήκες διάδοσης (McCarthy, 2007· Long, 2014).

Στην περίπτωση του ΩΗΑ, η γεωμετρία του χώρου και η έκταση της περιοχής του ακροατηρίου καθιστούν τη χωροθέτηση των ηχείων ιδιαίτερα σημαντική για την κατανομή του ήχου στις θέσεις ακρόασης. Διαφορετικές επιλογές ως προς τη θέση, τον προσανατολισμό και τη διάταξη των ηχείων μπορούν να οδηγήσουν σε διαφοροποιήσεις ως προς την κάλυψη και την ομοιομορφία του ηχητικού πεδίου στην περιοχή του ακροατηρίου. Η διερεύνηση των διαφοροποιήσεων αυτών αποτελεί αντικείμενο της συγκριτικής αξιολόγησης που πραγματοποιείται στην παρούσα εργασία.

3.5 Κριτήρια αξιολόγησης ηχητικών συστημάτων

Η θεωρητική ανάλυση που προηγήθηκε αποτελεί τη βάση για την αξιολόγηση των διαφορετικών ηχητικών συστημάτων που εξετάζονται στην παρούσα εργασία. Γενικά η απόδοση ενός τέτοιου συστήματος δεν μπορεί να αποτιμηθεί από ένα μόνο μέγεθος. Διαμορφώνεται από τα χαρακτηριστικά του ηχητικού συστήματος και του παραγόμενου ηχητικού πεδίου, αλλά και από τον τρόπο με τον οποίο η ακουστική συμπεριφορά μεταβάλλεται μεταξύ των επιμέρους θέσεων ακρόασης. Για τον λόγο αυτό, η σύγκριση των συστημάτων απαιτεί τη συνεκτίμηση περισσότερων παραμέτρων, οι οποίες επιτρέπουν την αντικειμενική αποτίμηση διαφορετικών πλευρών της απόδοσής τους.

Πιο συγκεκριμένα, για την αξιολόγηση της ακουστικής συμπεριφοράς εξετάζονται η επάρκεια της ηχητικής στάθμης, η ομοιομορφία της κάλυψης στην περιοχή του ακροατηρίου και η ομαλότητα της συχνотικής απόκρισης. Παράλληλα, η χρονική εξέλιξη του ήχου και η σχέση μεταξύ πρώιμης και όψιμης ηχητικής ενέργειας συνδέονται με διαφορετικές πλευρές της ακουστικής ποιότητας, όπως τη σαφήνεια της μουσικής και την καταληπτότητα της ομιλίας. Για την ποσοτική αποτίμηση των χαρακτηριστικών αυτών χρησιμοποιούνται αντικειμενικές ακουστικές παράμετροι, για ορισμένες από τις οποίες η βιβλιογραφία παρέχει ενδεικτικές τιμές ή περιοχές αναφοράς. Στην περίπτωση των αρχαίων υπαίθριων θεάτρων, ωστόσο, οι τιμές αυτές πρέπει να ερμηνεύονται λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαίτερες συνθήκες διάδοσης του ήχου σε ανοικτό χώρο (Astolfi et al., 2020).

Ως προς τη στάθμη, στα συστήματα ηχητικής ενίσχυσης βασικός στόχος του σχεδιασμού είναι η επίτευξη επαρκούς και ομοιόμορφης κάλυψης της περιοχής ακρόασης, η οποία συνδέεται άμεσα με τη διάταξη και τη χωροθέτηση των ηχείων. Η επάρκεια αφορά την επίτευξη της απαιτούμενης ηχητικής στάθμης, ενώ η ομοιομορφία τις όσο το δυνατόν

μικρότερες διαφοροποιήσεις της μεταξύ των θέσεων ακρόασης. Η εξέταση της ηχητικής στάθμης σε περισσότερες θέσεις επιτρέπει επομένως την αξιολόγηση και των δύο χαρακτηριστικών (McCarthy, 2007).

Ως προς τη συχνοτική συμπεριφορά, επιδιώκεται ομαλή απόκριση συχνότητας και όσο το δυνατόν μικρότερη διαφοροποίησή της μεταξύ των θέσεων ακρόασης. Η σύγκριση των αποκρίσεων στις επιμέρους θέσεις επιτρέπει έτσι να εντοπιστούν έντονες συχνοτικές αποκλίσεις και να αξιολογηθεί η συνέπεια της συμπεριφοράς του συστήματος στην περιοχή του ακροατηρίου (McCarthy, 2007· Long, 2014).

Η χρονική συμπεριφορά του ηχητικού πεδίου εξετάζεται μέσω του χρόνου αντήχησης (RT) και του χρόνου πρώιμης απόσβεσης (EDT), οι οποίοι περιγράφουν διαφορετικές πλευρές της απόσβεσης της ηχητικής ενέργειας (Long, 2014). Οι επιθυμητές τιμές των παραμέτρων αυτών σε κλειστούς χώρους εξαρτώνται από τον όγκο και τη χρήση τους, με μικρότερους χρόνους να ευνοούν γενικά την ομιλία και μεγαλύτερους τη μουσική (Long, 2014· De Giorgi et al., 2022). Η εφαρμογή αντίστοιχων τιμών αναφοράς σε αρχαία υπαίθρια θέατρα απαιτεί, ωστόσο, ιδιαίτερη προσοχή, καθώς οι συνθήκες διάδοσης και απόσβεσης του ήχου διαφέρουν από εκείνες ενός κλειστού χώρου (Astolfi et al., 2020). Για τον λόγο αυτό, στην παρούσα εργασία οι παράμετροι RT και EDT χρησιμοποιούνται κυρίως συγκριτικά μεταξύ των διαφορετικών συστημάτων και θέσεων ακρόασης και όχι ως προς μία συγκεκριμένη βέλτιστη τιμή.

Η απόδοση του συστήματος για την ομιλία αξιολογείται μέσω των παραμέτρων STI και C50, καθώς συνδέονται με τη σαφήνεια και την καταληπτότητα του λόγου. Για το STI, τιμές μεταξύ 0,60 και 0,75 αντιστοιχούν σε καλή καταληπτότητα, ενώ τιμές μεγαλύτερες από 0,75 χαρακτηρίζονται ως εξαιρετικές. Για το C50, υψηλότερες τιμές υποδηλώνουν γενικά ευνοϊκότερες συνθήκες για τη σαφήνεια της ομιλίας, ενώ μεταβολή περίπου 1.1dB αντιστοιχεί στην ελάχιστη αντιληπτή διαφορά της παραμέτρου (Just Noticeable Difference – JND) (Bradley et al., 1999).

Η αξιολόγηση της απόδοσης για τη μουσική λαμβάνει υπόψη διάφορες παραμέτρους, όπως τη στάθμη και την ομοιομορφία της κάλυψης, τη συχνοτική συμπεριφορά και τη χρονική εξέλιξη του ήχου. Σε συνδυασμό με τα παραπάνω εξετάζεται και η παράμετρος C80, η οποία χρησιμοποιείται ως δείκτης της σαφήνειας της μουσικής. Για κλειστούς χώρους αναφέρονται ενδεικτικά τιμές γύρω από το 0dB για συμφωνική μουσική και περιοχή περίπου -2 έως +2dB για οργανική μουσική, ενώ για την όπερα είναι επιθυμητές υψηλότερες τιμές, περίπου 1 έως 4dB (De Giorgi et al., 2022). Ωστόσο, οι περιοχές αυτές

δεν μπορούν να εφαρμοστούν αυτούσιες σε αρχαία υπαίθρια θέατρα. Χαρακτηριστικά, οι Astolfi et al. (2020) κατέγραψαν στο αρχαίο θέατρο της Τυνδαρίδας μέση τιμή C80 ίση με 17.5dB, την οποία αποδίδουν στη μειωμένη όψιμη ηχητική ενέργεια που χαρακτηρίζει τις υπαίθριες συνθήκες. Για τον λόγο αυτό, στην περίπτωση του ΩΗΑ οι βιβλιογραφικές περιοχές χρησιμοποιούνται ως ενδεικτικά σημεία αναφοράς και όχι ως απόλυτα κριτήρια αξιολόγησης.

Συνοπτικά, η αξιολόγηση των διαφορετικών ηχητικών συστημάτων βασίζεται στη συνεκτίμηση των παραπάνω κριτηρίων, ώστε να εξετάζονται τόσο τα επιμέρους χαρακτηριστικά του παραγόμενου ηχητικού πεδίου όσο και η συμπεριφορά τους στις διαφορετικές θέσεις ακρόασης. Ο Πίνακας 3.1 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις παραμέτρους που χρησιμοποιούνται για κάθε κριτήριο αξιολόγησης.

Πίνακας 3.1. Κριτήρια και παράμετροι αξιολόγησης των ηχητικών συστημάτων

Κριτήριο	Παράμετροι που εξετάζονται
Στάθμη και ομοιομορφία κάλυψης	<i>SPL</i> , μεταβολή μεταξύ θέσεων ακρόασης
Συχνотική συμπεριφορά	Απόκριση συχνότητας ανά θέση
Χρονική συμπεριφορά	<i>RT</i> , <i>EDT</i>
Απόδοση για ομιλία	<i>STI</i> , <i>C50</i>
Απόδοση για μουσική	<i>SPL</i> και χωρική ομοιομορφία, Απόκριση συχνότητας, <i>RT/EDT</i> , <i>C80</i>

4 Μεθοδολογία μετρήσεων

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η διαδικασία των μετρήσεων ήχου που πραγματοποιήθηκαν στον χώρο του ΩΗΑ, για τρεις διαφορετικές διατάξεις: μια δωδεκάεδρη παντοκατευθυντική πηγή, ένα επιδαπέδιο ηχητικό σύστημα και ένα αναρτώμενο με τα ηχεία χαμηλών συχνοτήτων τοποθετημένα στο έδαφος. Η μέτρηση με την παντοκατευθυντική πηγή χρησιμοποιήθηκε επίσης για την εκτίμηση της ακουστικής συμπεριφοράς του χώρου και την επικύρωση του μοντέλου προσομοίωσης, ενώ οι άλλες δύο σημειώνεται ότι αφορούν συστήματα εγκατεστημένα για παραστάσεις που επρόκειτο να λάβουν χώρα εκείνες τις ημέρες. Οι τρεις περιπτώσεις εξετάζονται στη συνέχεια συγκριτικά ως προς την απόδοσή τους σε διαφορετικές θέσεις ακρόασης. Στις ενότητες παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικότερα η διαδικασία, ο εξοπλισμός και οι συνθήκες μέτρησης για κάθε περίπτωση.

4.1 Εξοπλισμός και διαδικασία μετρήσεων

Για τις μετρήσεις επιλέχθηκε το ελεύθερο λογισμικό μετρήσεων Room EQ Wizard (REW) εγκατεστημένο σε φορητό ηλεκτρονικό υπολογιστή και σε συνδυασμό με βαθμονομημένο μικρόφωνο μετρήσεων. Παρακάτω δίνεται λίστα του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε, ενώ οι πλήρεις τεχνικές προδιαγραφές τους παρατίθενται στο Παράρτημα Α.

- Μικρόφωνο μετρήσεων: MiniDSP UMIK-1
- Φορητός ηλεκτρονικός υπολογιστής: ASUS Vivobook X1505VA
- Λογισμικό μετρήσεων: REW v5.31.3
- Κονσόλα μίξης ήχου: Yamaha DM3

Για τον προσδιορισμό της ακουστικής απόκρισης του συστήματος το REW χρησιμοποιεί τη μέθοδο διέγερσης με λογαριθμικό ημιτονικό σάρωμα (logarithmic sine sweep). Το σήμα διέγερσης παράγεται ψηφιακά από το λογισμικό και αναπαράγεται μέσω του συστήματος εξόδου ακουστικών (headphone output), ενώ το σήμα που κατέγραψε το μικρόφωνο χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της κρουστικής απόκρισης (impulse response) μέσω της διαδικασίας αποσυνέλιξης (deconvolution). Η μέθοδος αυτή επιτρέπει τον προσδιορισμό της χρονικής και φασματικής απόκρισης του υπό μελέτη ακουστικού πεδίου. (Mulcahy, 2024)

Το μικρόφωνο UMIK-1 που χρησιμοποιήθηκε, όπως προτείνεται από το λογισμικό, είναι τύπου USB, συνεπώς ενσωματώνει τον μετατροπέα αναλογικού σε ψηφιακό σήμα (A/D converter) και λειτουργεί ως αυτόνομη συσκευή εισόδου. Η χρονική ευθυγράμμιση μεταξύ του σήματος διέγερσης και του καταγεγραμμένου σήματος προσδιορίζεται εσωτερικά από το λογισμικό μέσω ανάλυσης της κρουστικής απόκρισης της σάρωσης. Ως εκ τούτου, δεν απαιτείται η χρήση εξωτερικού σήματος αναφοράς ή σύνδεση loopback για τον συγχρονισμό των καναλιών, όπως συμβαίνει σε μετρητικές διατάξεις που χρησιμοποιούν ανεξάρτητες αναλογικές συσκευές εισόδου και εξόδου. Επιπλέον, η εφαρμογή αρχείου βαθμονόμησης (calibration file) για το μικρόφωνο επιτρέπει τη διόρθωση της συχνοτικής απόκρισής του, συμβάλλοντας στη βελτίωση της ακρίβειας των μετρήσεων. (Mulcahy, 2024)

Με βάση τα παραπάνω, εφαρμόστηκε η συνδεσμολογία που παρουσιάζεται στο **Σχήμα 4.1** και παρέμεινε σταθερή σε όλες τις μετρήσεις. Το σήμα διέγερσης από την έξοδο του φορητού υπολογιστή οδηγούνταν σε είσοδο της κονσόλας ήχου Yamaha DM3 και από εκεί προς το εκάστοτε σύστημα υπό μέτρηση, ενώ το σήμα που καταγραφόταν από το μικρόφωνο UMIK-1 μεταφερόταν μέσω USB απευθείας στον φορητό υπολογιστή και στο REW. Οι ρυθμίσεις επεξεργασίας της κονσόλας διατηρήθηκαν ουδέτερες (flat), ώστε να μην εισάγεται πρόσθετη επεξεργασία στο σήμα, και πραγματοποιούνταν μόνο η απαραίτητη ρύθμιση της στάθμης εξόδου. Η επιμέρους συνδεσμολογία και η διάταξη των ηχείων περιγράφονται στις επόμενες ενότητες ανάλογα με το σύστημα που εξετάζεται.

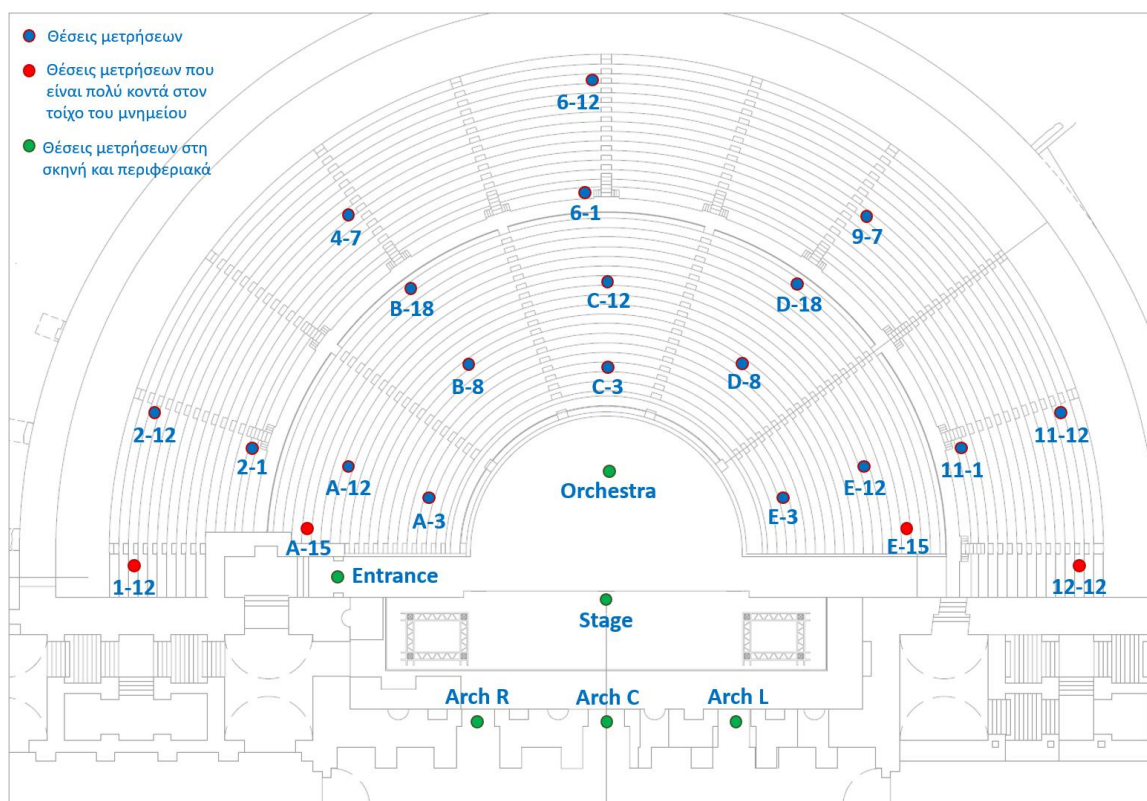


Σχήμα 4.1 Συνδεσμολογία του συστήματος μετρήσεων

Το ύψος του μικροφώνου ήταν στο 1m από το πάτωμα, δηλαδή περίπου το ύψος του αυτιού ενός καθήμενου ακροατή. Η ρύθμιση εισόδου και εξόδου στο λειτουργικό σύστημα του φορητού υπολογιστή ρυθμίστηκε στο 80%, ενώ το επίπεδο στις επιλογές μέτρησης του REW (make a measurement) στα -12dBFS. Το μήκος του σήματος σάρωσης ήταν 256k με μία επανάληψη.

Για κάθε σύστημα πραγματοποιήθηκε ρύθμιση της ηχητικής στάθμης (calibration), ώστε στη θέση του ηχολήπτη (FOH) να επιτυγχάνεται στάθμη 90dB SPL. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί στο ανώτατο επιτρεπόμενο όριο που τίθεται από τους κανονισμούς του χώρου και χρησιμοποιήθηκε ως κοινή στάθμη αναφοράς για τα τρία συστήματα, ώστε οι μετρήσεις τους να πραγματοποιηθούν υπό συγκρίσιμες συνθήκες.

Κατά την επιλογή των θέσεων μέτρησης έπρεπε να ληφθούν υπόψη τόσο η ανάγκη κάλυψης της συνολικής έκτασης του ακροατηρίου, όσο και ο περιορισμένος χρόνος διαθεσιμότητας του ΩΗΑ. Για τον λόγο αυτό επιλέχθηκαν 18 θέσεις σε διαφορετικά σημεία του κοίλου, καθώς και κάποιες επιπλέον θέσεις στην περιοχή του νότιου τοίχου, στην ορχήστρα και στη σκηνή (Σχήμα 4.2).



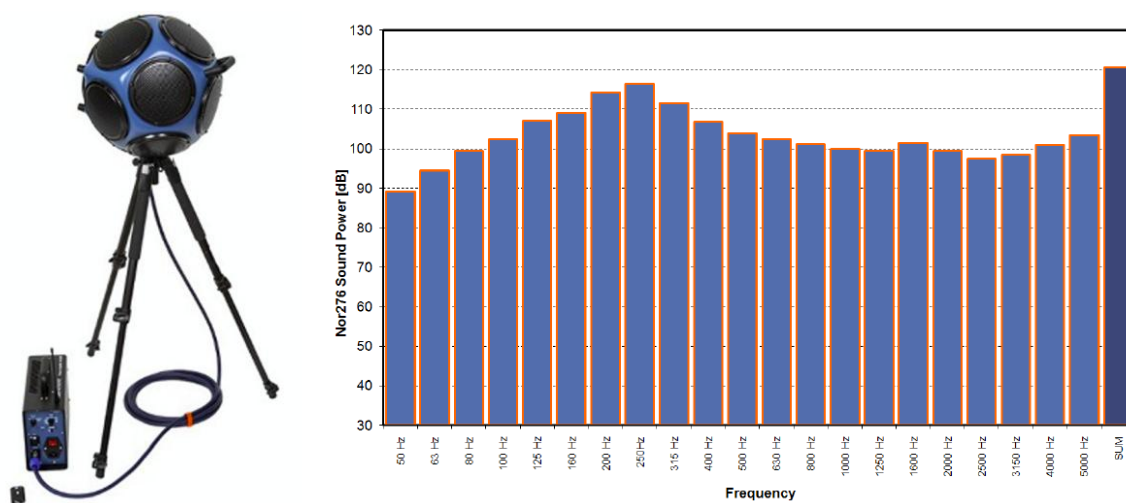
Σχήμα 4.2 Πλάνο σημείων μέτρησης στον χώρο

Μερικές από τις πρόσθετες θέσεις χρησιμοποιήθηκαν για την ευρύτερη καταγραφή της ακουστικής συμπεριφοράς του χώρου, ενώ για τη συγκριτική αξιολόγηση των τριών συστημάτων χρησιμοποιήθηκαν οι 18 θέσεις μέτρησης στο κοίλο. Η ονομασία των σημείων μέτρησης ακολούθησε, για λόγους διευκόλυνσης, την αρίθμηση των διαζωμάτων και των θέσεων που εφαρμόζεται στα εισιτήρια του θεάτρου.

4.2 Παντοκατευθυντική πηγή

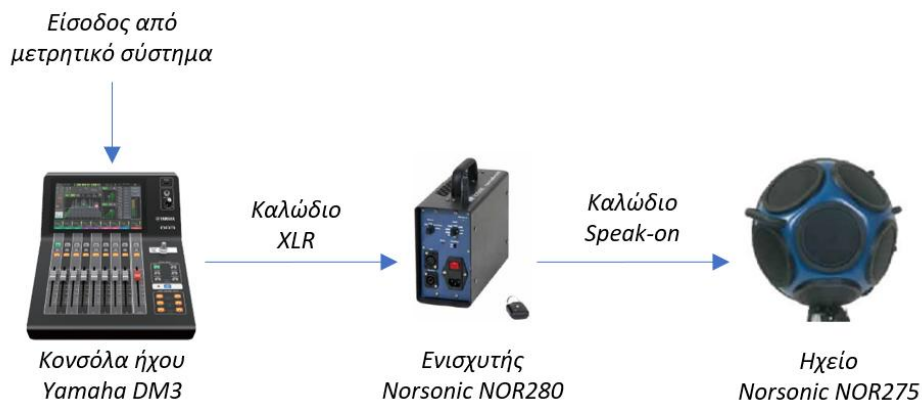
Η πρώτη διάταξη που μετρήθηκε ήταν μία παντοκατευθυντική πηγή, η οποία χρησιμοποιήθηκε με διπλό σκοπό. Αφενός, ως σημειακή πηγή αναφοράς για την εκτίμηση της ακουστικής συμπεριφοράς του χώρου και την επικύρωση του μοντέλου προσομοίωσης και αφετέρου, για την προσομοίωση του φυσικού ήχου που εκπέμπεται από ένα σημείο, όπως η ανθρώπινη φωνή. Με τον τρόπο αυτό, η συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιείται τόσο για την επικύρωση του μοντέλου όσο και στη συγκριτική αξιολόγηση με τα δύο συστήματα ηχητικής ενίσχυσης.

Το ηχείο που χρησιμοποιήθηκε είναι το δωδεκάεδρο ηχείο αναφοράς NOR276 της Norsonic, σε συνδυασμό με τον ενισχυτή NOR280 της ίδιας εταιρείας. Όπως φαίνεται από την **Σχήμα 4.3** η συχνотική απόκριση του ηχείου παρουσιάζει περιορισμό στις χαμηλές συχνότητες και μεγαλύτερη απόδοση στις μεσαίες συχνότητες. Ολόκληρο το τεχνικό φυλλάδιο του ηχείου και του ενισχυτή που το συνοδεύει παρατίθενται στο Παράρτημα Β.



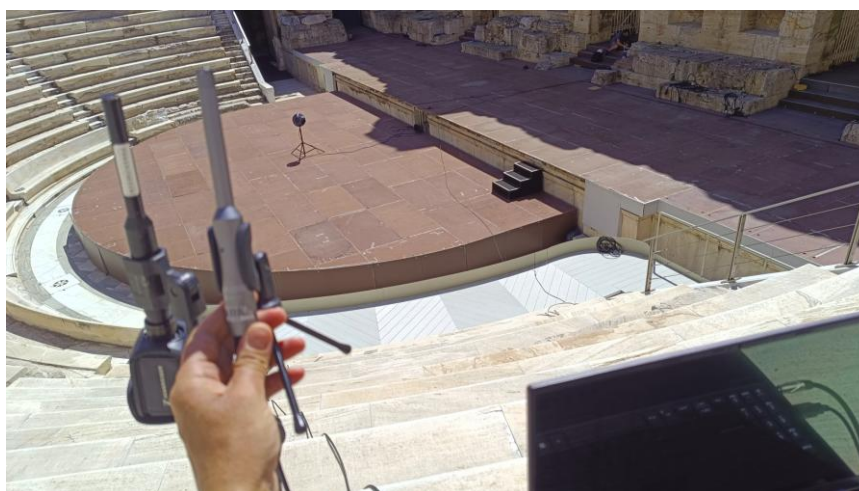
Σχήμα 4.3 Το δωδεκάεδρο ηχείο NOR276 και η συχνотική του απόκριση, όπως δίνεται από τον κατασκευαστή (πηγή: Norsonic, 2014)

Η επιμέρους συνδεσμολογία της παντοκατευθυντικής πηγής φαίνεται στο **Σχήμα 4.4**. Η έξοδος της κονσόλας οδηγείται στον ενισχυτή και από εκεί στο δωδεκάεδρο ηχείο.

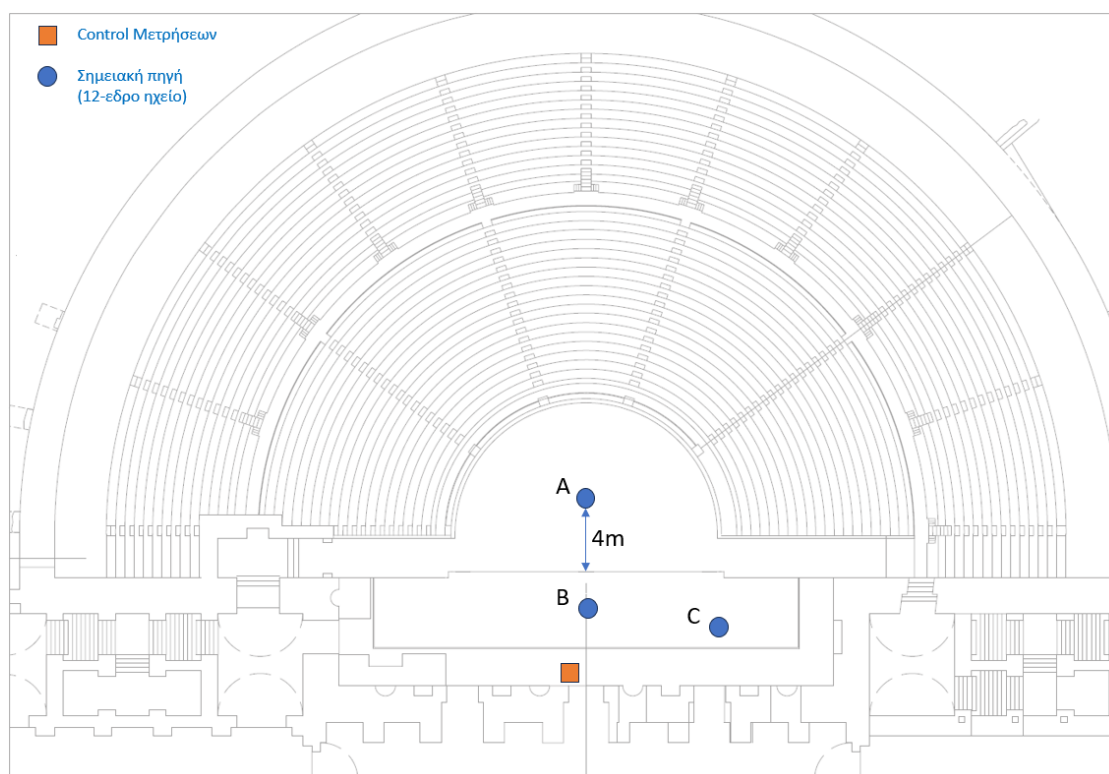


Σχήμα 4.4 Συνδεσμολογία της διάταξης με την παντοκατευθυντική πηγή

Χωροταξικά, η πηγή τοποθετήθηκε στο κέντρο της ορχήστρας (σημείο Α στο **Σχήμα 4.4**) και πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε όλες τις θέσεις που σημειώνονται στο **Σχήμα 4.2**. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκαν συμπληρωματικές μετρήσεις με την πηγή τοποθετημένη στο κέντρο του προσκηνίου (θέση Β) και σε θέση στην άκρη του προσκηνίου (θέση C), και για δύο θέσεις ακρόασης, τις C-3 και 6-1 (FOH). Για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων και τη συγκριτική αξιολόγηση των συστημάτων χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις με την παντοκατευθυντική πηγή στη θέση Α, ενώ οι συμπληρωματικές μετρήσεις με την πηγή στις θέσεις Β και C δεν αξιοποιήθηκαν τελικά στην ανάλυση που ακολουθεί.



Εικόνα 4.1 Φωτογραφία από μέτρηση της παντοκατευθυντικής πηγής



Σχήμα 4.5 Χωροθέτηση της διάταξης της παντοκατευθυντικής πηγής

4.3 Επιδαπέδιο ηχητικό σύστημα

Η δεύτερη διάταξη αφορά ένα επιδαπέδιο ηχητικό σύστημα, το οποίο επιλέγεται στο ΩΗΑ περισσότερο για θεατρικές παραστάσεις ή για συναυλίες με μικρότερες απαιτήσεις ηχητικής ενίσχυσης. Η κύρια συστοιχία μαζί με τα ηχεία χαμηλών συχνοτήτων τοποθετείται στο επίπεδο της σκηνής και συμπληρώνεται από επιμέρους ηχεία, ώστε να επιτυγχάνεται η κάλυψη τόσο των κεντρικών όσο και των πλάγιων προς τη σκηνή θέσεων του ακροατηρίου.

Πιο συγκεκριμένα για το σύστημα που μετρήθηκε, η κύρια συστοιχία (Main PA) αποτελούνταν από έξι καμπίνες L-Acoustics KARA II και ένα ηχείο χαμηλών συχνοτήτων L-Acoustics SB18, ανά πλευρά. Για την κάλυψη των εξωτερικών περιοχών (Out-fill) χρησιμοποιήθηκαν τρεις επιπλέον καμπίνες KARA II ανά πλευρά, ενώ για τις πολύ πλάγιες θέσεις των άνω διαζωμάτων (Up-fill) χρησιμοποιήθηκαν δύο ηχεία L-Acoustics X12 ανά πλευρά. Επιπλέον, για την κάλυψη των μπροστινών θέσεων του ακροατηρίου χρησιμοποιήθηκαν συνολικά τέσσερα ηχεία L-Acoustics X8, τοποθετημένα περιμετρικά της ορχήστρας ως Front-fill.

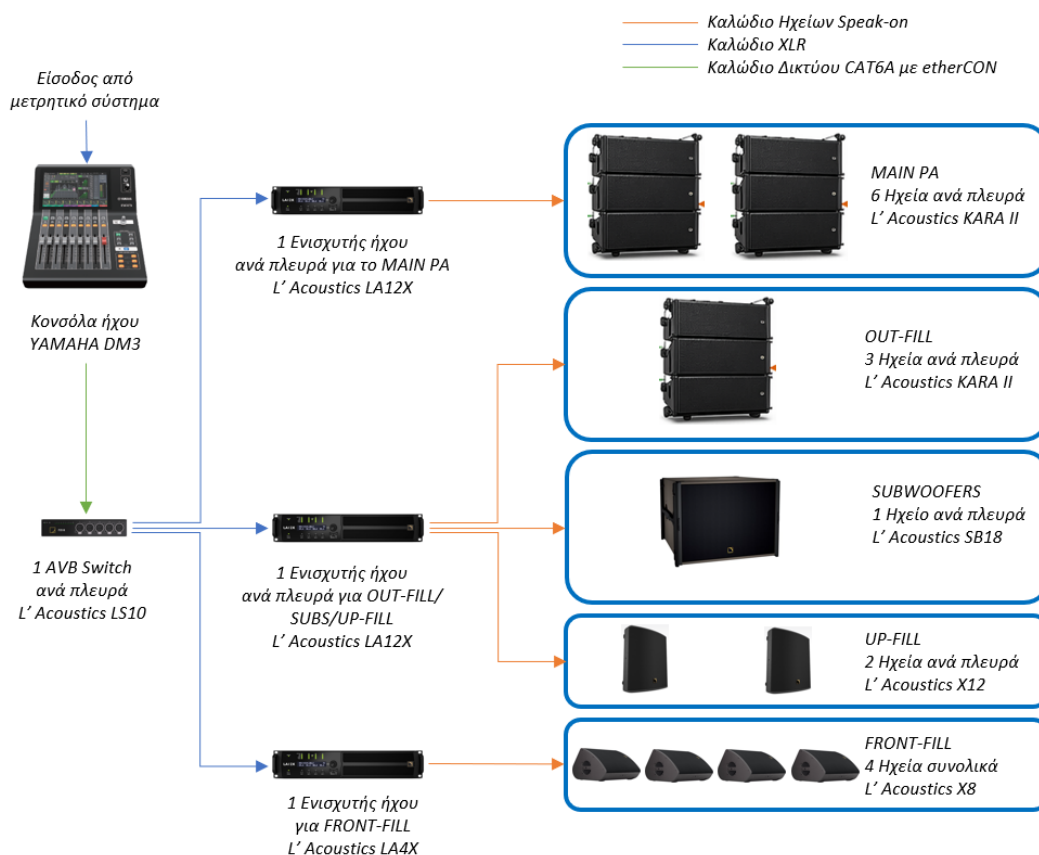
Το σύστημα τροφοδοτούνταν από τους αντίστοιχους ενισχυτές, ενώ η μετάδοση του σήματος από την κονσόλα προς το σύστημα πραγματοποιούνταν μέσω δικτύου AVB. Ο εξοπλισμός από την έξοδο της κονσόλας και έπειτα ήταν ο ακόλουθος:

- 2 x L-Acoustics LS10 AVB Switch
- 4 x L-Acoustics LA12X Amplifier
- 1 x L-Acoustics LA4X Amplifier
- 12 x L-Acoustics KARA II Line Array Speaker (Main PA, 6 ανά πλευρά)
- 6 x L-Acoustics KARA II Line Array Speaker (Out-fill, 3 ανά πλευρά)
- 2 x L-Acoustics SB18 Subwoofer (1 ανά πλευρά)
- 4 x L-Acoustics X12 Point Source Speakers (Up-fill, 2 ανά πλευρά)
- 4 x L-Acoustics X8 Point Source Speakers (Front-fill)

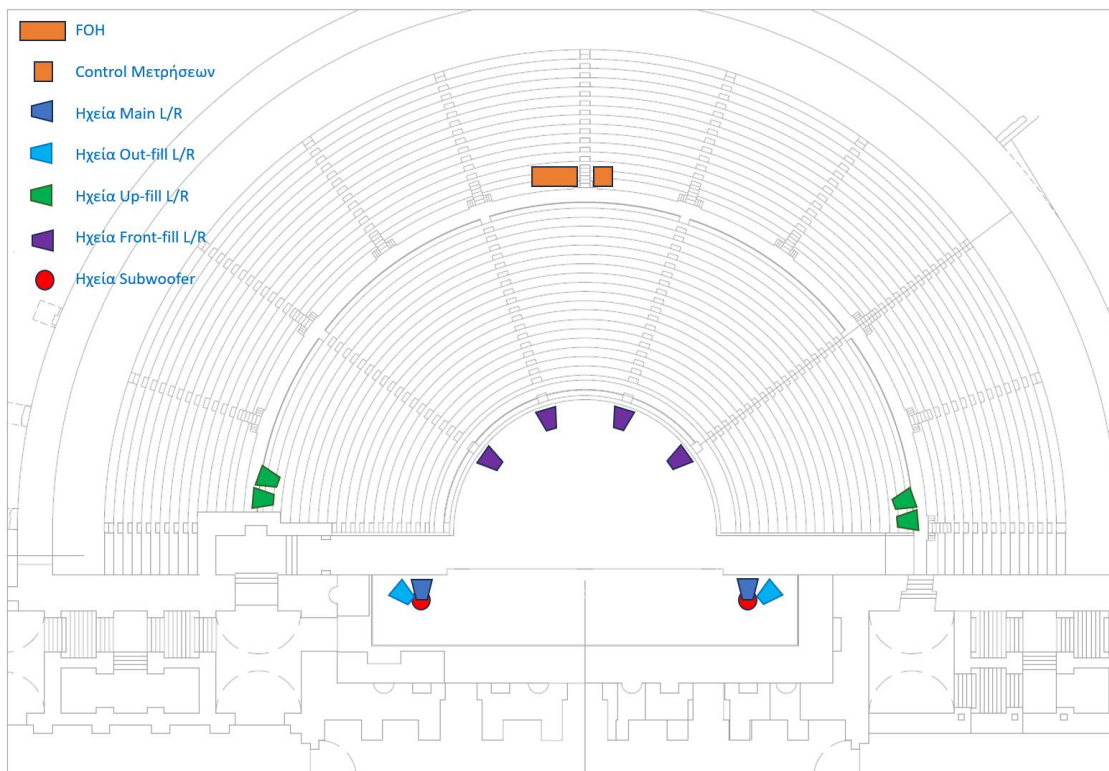
Το αναλυτικό δομικό διάγραμμα της συνδεσμολογίας του συστήματος παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.6, ενώ η χωροθέτησή του παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.7. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με την κοινή διαδικασία που περιεγράφηκε στην Παράγραφο 4.1.



Εικόνα 4.2 Φωτογραφία από μέτρηση του επιδαπέδιου ηχητικού συστήματος



Σχήμα 4.6 Συνδεσμολογία της διάταξης του επιδαπέδιου ηχητικού συστήματος



Σχήμα 4.7 Χωροθέτηση της διάταξης του επιδαπέδιου ηχητικού συστήματος

4.4 Αναρτώμενο ηχητικό σύστημα

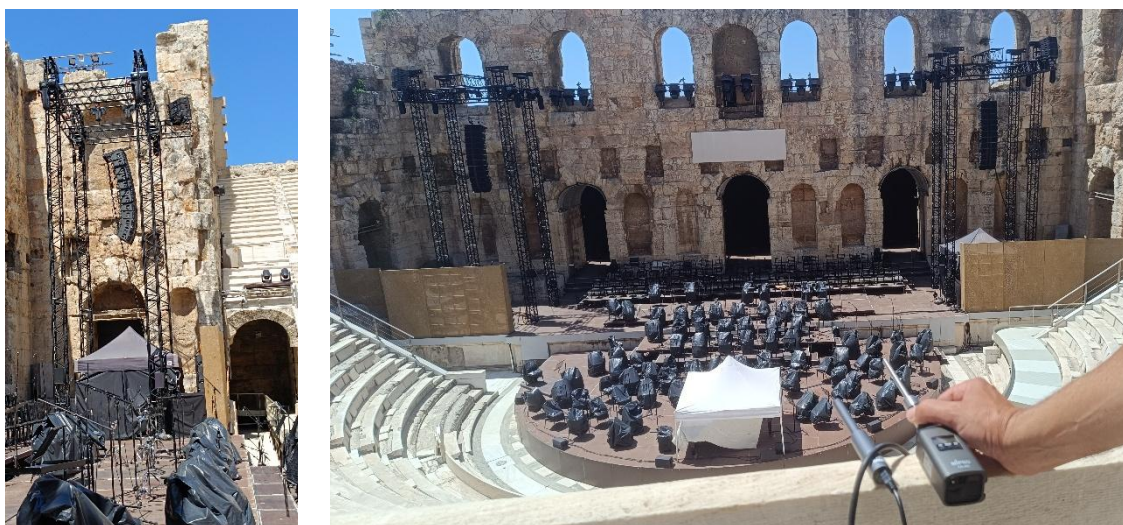
Η τελευταία διάταξη που μετρήθηκε ήταν ένα αναρτώμενο σύστημα ηχητικής ενίσχυσης, με τις κύριες συστοιχίες ηχείων αναρτημένες από μεταλλικά δικτυώματα αλουμινίου. Η διάταξη αυτή προτιμάται στο ΩΗΑ κυρίως για συναυλίες υψηλών απαιτήσεων και επιτρέπει την χρήση μεγαλύτερου αριθμού καμπινών ανά πλευρά. Τα ηχεία χαμηλών συχνοτήτων τοποθετούνται στο έδαφος κάτω από τα αναρτώμενα, ενώ σε αντιστοιχία με το επιδαπέδιο σύστημα παραμένουν τα συμπληρωματικά ηχεία για τις πλάγιες περιοχές.

Στη διάταξη που μετρήθηκε, το κύριο σύστημα (Main PA) αποτελούνταν από δώδεκα καμπίνες L-Acoustics KARA II και δύο ηχεία χαμηλών συχνοτήτων L-Acoustics KS28 ανά πλευρά. Για την κάλυψη των εξωτερικών περιοχών (Out-fill) χρησιμοποιήθηκαν τρεις επιπλέον καμπίνες KARA II ανά πλευρά, ενώ για τις πολύ πλάγιες θέσεις των άνω διαζωμάτων (Up-fill) χρησιμοποιήθηκε ένα ηχείο L-Acoustics X12 ανά πλευρά. Επιπλέον, για την κάλυψη των μπροστινών θέσεων του ακροατηρίου χρησιμοποιήθηκαν συνολικά έξι ηχεία L-Acoustics X8, τοποθετημένα περιμετρικά της ορχήστρας ως Front-fill.

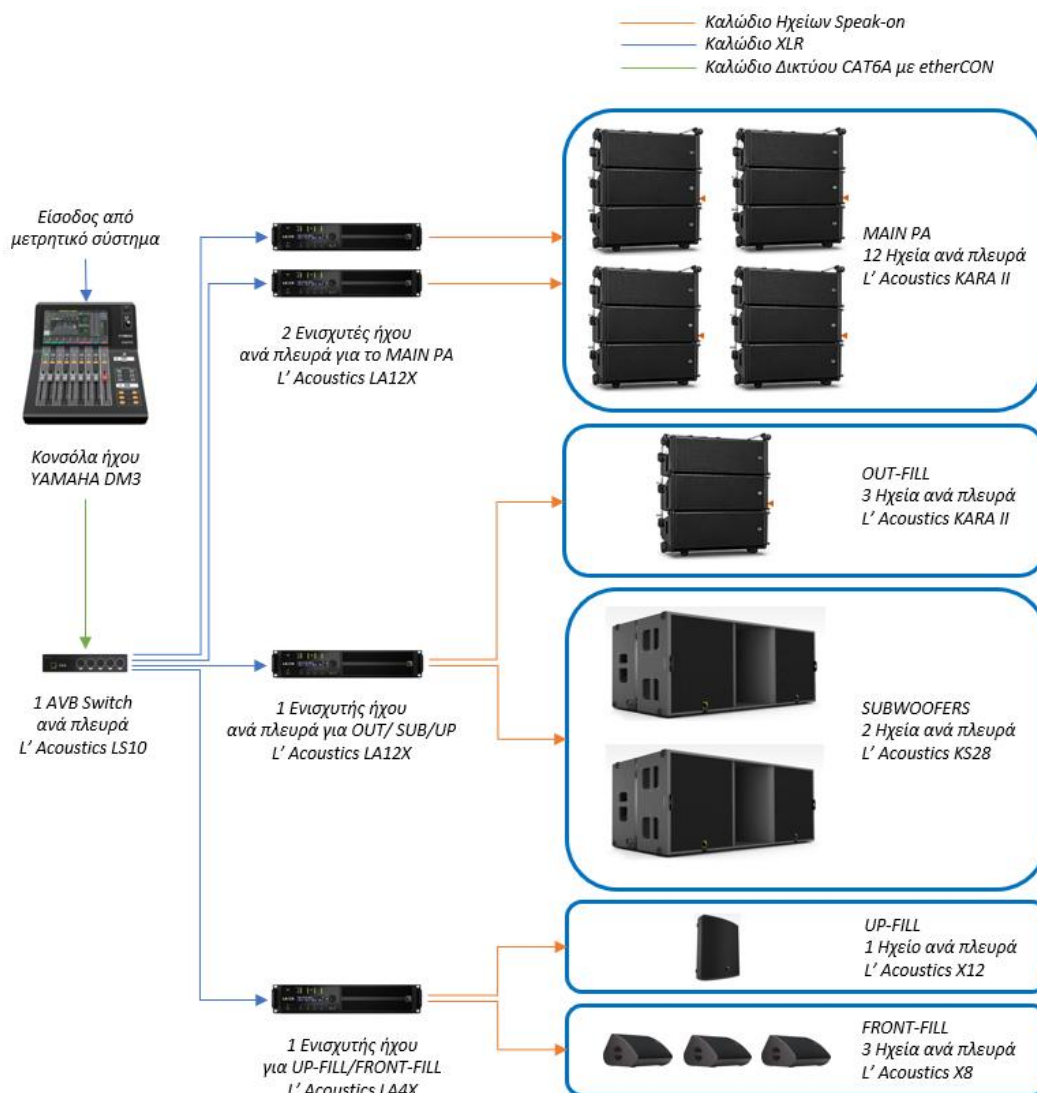
Το σύστημα τροφοδοτούνταν από τους αντίστοιχους ενισχυτές, ενώ η μετάδοση του σήματος από την κονσόλα προς το σύστημα πραγματοποιούνταν μέσω δικτύου AVB. Ο εξοπλισμός από την έξοδο της κονσόλας και έπειτα ήταν ο ακόλουθος:

- 2 x L-Acoustics LS10 AVB Switch
- 6 x L-Acoustics LA12X Amplifier
- 2 x L-Acoustics LA4X Amplifier
- 24 x L-Acoustics KARA II Line Array Speaker (Main PA, 12 ανά πλευρά)
- 6 x L-Acoustics KARA II Line Array Speaker (Out-fill, 3 ανά πλευρά)
- 4 x L-Acoustics KS28 Subwoofer
- 2 x L-Acoustics X12 Point Source Speakers (Up-fill, 1 ανά πλευρά)
- 3 x L-Acoustics X8 Point Source Speakers (Front-fill)

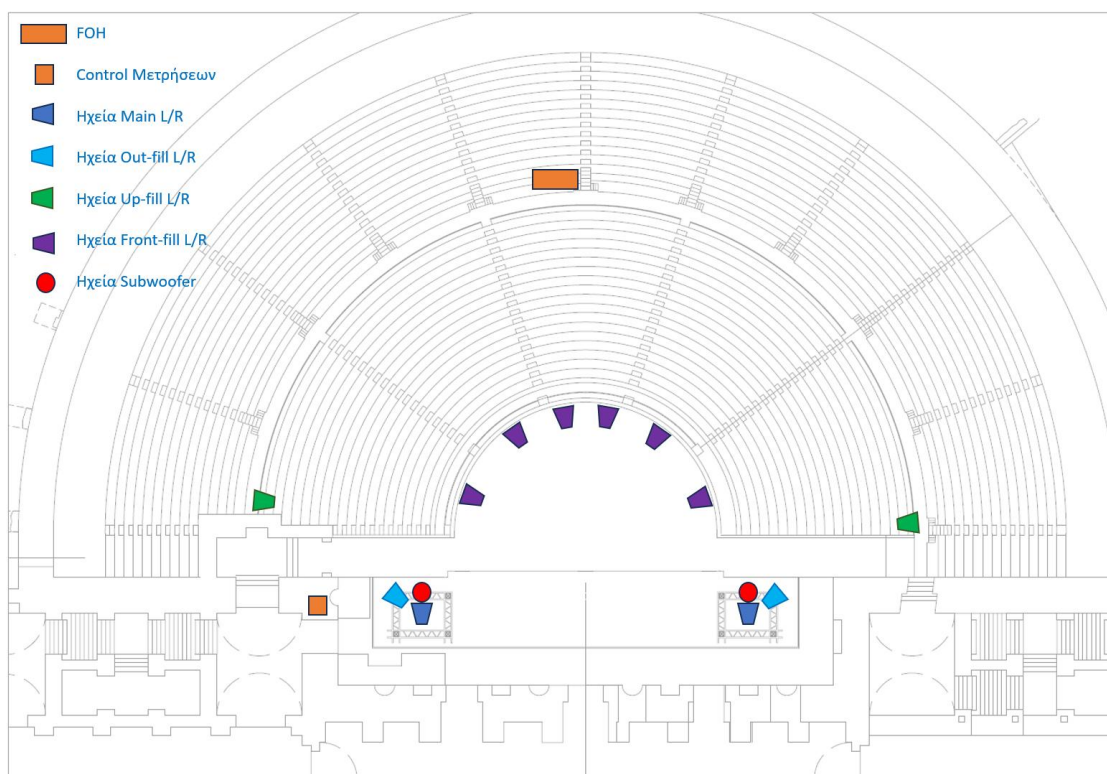
Το αναλυτικό δομικό διάγραμμα συνδεσμολογίας του συστήματος φαίνεται στο **Σχήμα 4.8** και η τοποθέτηση στο χώρο στο **Σχήμα 4.9**. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με την κοινή διαδικασία που περιεγράφηκε στην Παράγραφο 4.1.



Εικόνα 4.3 Φωτογραφία από μέτρηση του αναρτώμενου ηχητικού συστήματος



Σχήμα 4.8 Συνδεσμολογία της διάταξης του αναρτώμενου ηχητικού συστήματος



Σχήμα 4.9 Χωροθέτηση της διάταξης του αναρτώμενου ηχητικού συστήματος

4.5 Επεξεργασία και εξαγωγή αποτελεσμάτων

Για κάθε θέση μέτρησης αποθηκεύτηκε η αντίστοιχη κρουστική απόκριση, από την οποία εξάχθηκαν οι ακουστικές παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια για την ανάλυση και τη συγκριτική αξιολόγηση των τριών διατάξεων. Η επεξεργασία των μετρήσεων και η εξαγωγή των αποτελεσμάτων σε πίνακες τιμών πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του REW v5.31.3 και του Aurora 5.0 μέσω του Audacity v2.4.1.

Μέσω του REW εξάχθηκαν η ηχητική στάθμη (SPL), η απόκριση συχνότητας, ο χρόνος αντήχησης (RT), ο χρόνος πρώιμης απόσβεσης (EDT) και οι δείκτες ευκρίνειας C50 και C80. Για την εκτίμηση του χρόνου αντήχησης χρησιμοποιήθηκε η παράμετρος T_{0pt} του REW. Παράλληλα, οι αποθηκευμένες κρουστικές αποκρίσεις αναλύθηκαν μέσω του Aurora 5.0 για την εξαγωγή του δείκτη κατανόησης του λόγου (STI) και την εκτίμηση του λόγου σήματος προς θόρυβο (S/N).

Τα αποτελέσματα οργανώθηκαν ανά σύστημα και θέση μέτρησης, ώστε να είναι δυνατή η εξέταση της συμπεριφοράς κάθε συστήματος και η μεταξύ τους σύγκριση.

4.6 Αξιολόγηση των συνθηκών των μετρήσεων

Από την περιγραφή της μεθόδου των μετρήσεων γίνεται κατανοητό ότι πρόκειται για μια διαδικασία που απαιτεί, για κάποιο εύλογο χρονικό διάστημα, τη διαθεσιμότητα του χώρου και του εξοπλισμού. Στην πράξη, το ημερήσιο πρόγραμμα του ΩΗΑ ήταν ιδιαίτερα περιορισμένο, ενώ έπρεπε παράλληλα να τηρηθούν οι προβλεπόμενες ώρες κοινής ησυχίας. Για τον λόγο αυτό, οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε διαφορετικές ημέρες κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, με χρονική απόσταση μεταξύ τους. Η διαφοροποίηση αυτή εισάγει δύο παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την αξιολόγηση: τη μεταβολή των μετεωρολογικών δεδομένων και του θορύβου βάθους, τόσο μεταξύ των επιμέρους μετρήσεων όσο και σε σχέση με τις συνθήκες κατά την ώρα των παραστάσεων.

Ως προς τις μετεωρολογικές συνθήκες, οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε διαφορετικές ημέρες και ώρες, με αντίστοιχες μεταβολές στη θερμοκρασία, την υγρασία και την ταχύτητα του ανέμου. Ο Πίνακας 4.1 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τις ημερομηνίες και ώρες διεξαγωγής των μετρήσεων, καθώς και τα αντίστοιχα μετεωρολογικά δεδομένα.

Πίνακας 4.1. Μετεωρολογικά δεδομένα κατά τη διεξαγωγή των μετρήσεων (πηγή: www.meteo.gr)

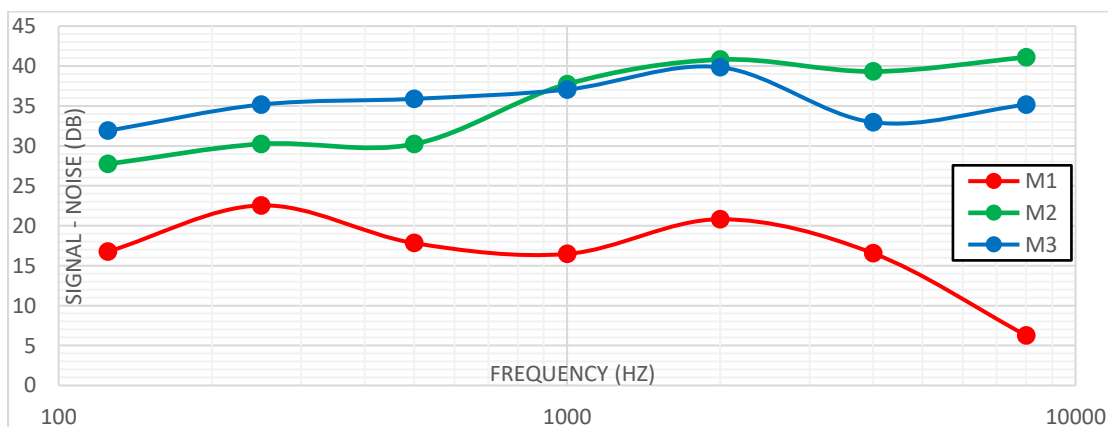
	Παντοκατευθυντική πηγή	Επιδαπέδιο ηχητικό σύστημα	Αναρτώμενο ηχητικό σύστημα
Ημέρα	28 Αυγ. 2025	22 Σεπτ. 2025	13 Ιουλ. 2025
Ωρα	10.00-13.00	12.00-15.00	12.00-15.00
Θερμοκρασία	26-30 °C	26-30 °C	32-35 °C
Υγρασία	35-41 %	37-46 %	24-28%
Πίεση	1013	1016	1015
Άνεμος	1.4 m/s	0.8 m/s	3.6 m/s

Παράλληλα, για την εκτίμηση της επίδρασης του θορύβου στις μετρήσεις εξετάστηκε ο λόγος σήματος προς θόρυβο (S/N) ανά συχνοτική ζώνη. Οι τιμές του S/N παρουσίασαν μεταβολές όχι μόνο ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούσαν στον χώρο, αλλά και με τη θέση μέτρησης. Ο Πίνακας 4.2 παρουσιάζει για κάθε διάταξη τη μέση τιμή, την τυπική απόκλιση (SD), την ελάχιστη τιμή S/N, καθώς και τη θέση στην οποία εμφανίστηκε η εκάστοτε ελάχιστη τιμή. Αναλυτικοί πίνακες παρατίθενται στο Παράρτημα C.

Πίνακας 4.2. Στατιστικά στοιχεία του λόγου σήματος προς θόρυβο (S/N) ανά συχνοτική ζώνη και διάταξη

	Συχνότητα (Hz)						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
M1 – Παντοκατευθυντική πηγή							
Μέση τιμή	16.8	22.5	17.8	16.5	20.8	16.5	6.3
Τυπική απόκλιση	6.2	6.5	3.8	4.7	4.4	6.6	6.5
Ελάχιστη τιμή	3.1	13.5	9.6	6.1	12.0	5.4	-6.5
Θέση εμφάνισης ελάχιστης τιμής	4-7	11-1	2-12	2-12	2-12	2-12	4-7
M2 – Επιδαπέδιο ηχητικό σύστημα							
Μέση τιμή	27.7	30.2	30.2	37.7	40.8	39.3	41.1
Τυπική απόκλιση	8.5	7.0	5.5	2.4	2.7	4.9	5.1
Ελάχιστη τιμή	6.3	18.1	20.7	32.7	35.6	30.0	31.4
Θέση εμφάνισης ελάχιστης τιμής	6-1	2-12	11-12	11-12	2-12	11-12	11-12
M3 – Αναρτώμενο ηχητικό σύστημα							
Μέση τιμή	31.9	35.2	35.9	37.1	39.8	33.0	35.2
Τυπική απόκλιση	8.4	3.3	4.5	5.0	3.3	4.0	4.2
Ελάχιστη τιμή	11.6	29.1	26.6	22.7	32.0	25.8	27.0
Θέση εμφάνισης ελάχιστης τιμής	D-18	D-8	A-3	A-3	2-12	2-12	11-12

Για την ευκρινέστερη σύγκριση των τριών διατάξεων, στο Σχήμα 4.10 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές του S/N ανά συχνοτική ζώνη.



Σχήμα 4.10 Μέση τιμή του λόγου σήματος προς θόρυβο (S/N) ανά συχνοτική ζώνη

Κατά τη μέτρηση της παντοκατευθυντικής πηγής υπήρχε έντονη τουριστική δραστηριότητα στους δρόμους γύρω από το μνημείο και στον αρχαιολογικό χώρο της Ακρόπολης, με αποτέλεσμα αυξημένο θόρυβο βάθους από ομιλίες, φωνές και πλανόδιους μουσικούς. Παράλληλα, οι περιορισμοί της πηγής ως προς τη μέγιστη παραγόμενη στάθμη και τη συχνοτική της απόκριση καθιστούσαν εντονότερη την επίδραση του θορύβου στις καταγραφές. Οι χαμηλότερες τιμές S/N εμφανίστηκαν κυρίως στις υψηλές συχνότητες, με τη μέση τιμή στα 8kHz να περιορίζεται στα 6.3dB και την ελάχιστη να φτάνει τα -6.5dB στη θέση 4-7. Λόγω των συνθηκών αυτών, σε ορισμένες περιπτώσεις χρειάστηκε να πραγματοποιηθούν επαναλήψεις των μετρήσεων όταν ο θόρυβος βάθους επηρέαζε σημαντικά την καταγραφή, χωρίς ωστόσο να επιτυγχάνεται πάντα ουσιαστική βελτίωση στο αποτέλεσμα της μέτρησης.

Κατά τη μέτρηση του επιδαπέδιου συστήματος οι συνθήκες ήταν γενικά ευνοϊκές, με χαμηλή ταχύτητα ανέμου και περιορισμένο θόρυβο βάθους. Αντίστοιχα, οι τιμές του S/N παρέμειναν υψηλές στο μεγαλύτερο μέρος του εξεταζόμενου συχνοτικού εύρους, ιδιαίτερα από το 1kHz και πάνω, όπου ακόμη και οι ελάχιστες τιμές ανά συχνοτική ζώνη ήταν μεγαλύτερες των 30dB. Εξαίρεση αποτέλεσαν τα 125Hz, όπου παρατηρήθηκε μεγαλύτερη διακύμανση μεταξύ των θέσεων και καταγράφηκε ελάχιστη τιμή 6.3dB στη θέση 6-1. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές παρεμβολές από εξωτερικές πηγές θορύβου.

Τέλος, κατά τη μέτρηση του αναρτώμενου συστήματος επικρατούσαν υψηλότερη θερμοκρασία και μεγαλύτερη ταχύτητα ανέμου σε σχέση με τις άλλες δύο ημέρες μετρήσεων. Οι κατά διαστήματα ριπές ανέμου δημιουργούσαν πρόσθετο θόρυβο και επηρέαζαν στιγμιαία τις συνθήκες καταγραφής. Παρ' όλα αυτά, το S/N διατηρήθηκε σε σχετικά υψηλά επίπεδα στο μεγαλύτερο μέρος του συχνοτικού εύρους, με μέσες τιμές από 31.9 έως 39.8dB. Η μεγαλύτερη μεταβλητότητα εμφανίστηκε στα 125Hz, όπου η ελάχιστη τιμή μειώθηκε στα 11.6dB στη θέση D-18.

Συνολικά, οι συνθήκες κατά τη διεξαγωγή των μετρήσεων παρουσίασαν διαφοροποιήσεις μεταξύ των τριών περιπτώσεων, τόσο ως προς τους μετεωρολογικούς παράγοντες όσο και ως προς τον θόρυβο βάθους. Η μεγαλύτερη επίδραση του θορύβου παρατηρήθηκε στις μετρήσεις της παντοκατευθυντικής πηγής, ενώ στις δύο διατάξεις ηχητικής ενίσχυσης οι υψηλότερες τιμές S/N υποδεικνύουν μικρότερη επίδρασή του στις καταγραφές. Οι παραπάνω συνθήκες λαμβάνονται υπόψη κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων που

παρουσιάζονται στα επόμενα κεφάλαια, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις όπου εμφανίζονται μεγαλύτερες αποκλίσεις ή ενδείξεις μειωμένης αξιοπιστίας των επιμέρους ακουστικών παραμέτρων.

Ένα τελευταίο σχόλιο σχετικά με την αξιολόγηση των μετρήσεων αφορά τον χρόνο πρώιμης απόσβεσης (EDT), καθώς σε μεγάλο μέρος των μετρήσεων το REW εμφάνισε ενδείξεις μειωμένης αξιοπιστίας ως προς την εκτίμησή του. Για τον λόγο αυτό, οι τιμές του EDT διατηρούνται στην ανάλυση, αλλά εξετάζονται με επιφύλαξη και σε συνδυασμό με τις υπόλοιπες ακουστικές παραμέτρους, ώστε να αποφεύγεται η εξαγωγή συμπερασμάτων που βασίζονται αποκλειστικά στη συγκεκριμένη παράμετρο.

5 Μοντέλο ακουστικής προσομοίωσης του ΩΗΑ

Για περαιτέρω ανάλυση κρίθηκε απαραίτητη η δημιουργία τρισδιάστατου μοντέλου ακουστικής προσομοίωσης. Παρότι οι επιτόπιες μετρήσεις παρέχουν άμεση εικόνα της συμπεριφοράς των τριών διατάξεων στον πραγματικό χώρο, τα αποτελέσματά τους επηρεάζονται όχι μόνο από τη θέση και τη διαμόρφωση του εκάστοτε συστήματος, αλλά και από παράγοντες όπως οι επιμέρους ρυθμίσεις του συστήματος, οι μετεωρολογικές συνθήκες και ο θόρυβος βάθους. Μέσω της προσομοίωσης είναι δυνατή η εξέταση των διαφορετικών διατάξεων υπό ελεγχόμενες και κοινές συνθήκες, ώστε να απομονώνεται σε μεγαλύτερο βαθμό η επίδραση της θέσης και της διάταξης των ηχητικών πηγών. Συνεπώς το μοντέλο δεν επιδιώκει την πλήρη αναπαράσταση των συνθηκών μέτρησης αλλά την επαρκώς ακριβή αναπαράσταση της ακουστικής συμπεριφοράς του χώρου, ώστε να αποτελέσει κοινή βάση για την αξιολόγηση των εναλλακτικών διατάξεων ηχητικών συστημάτων.

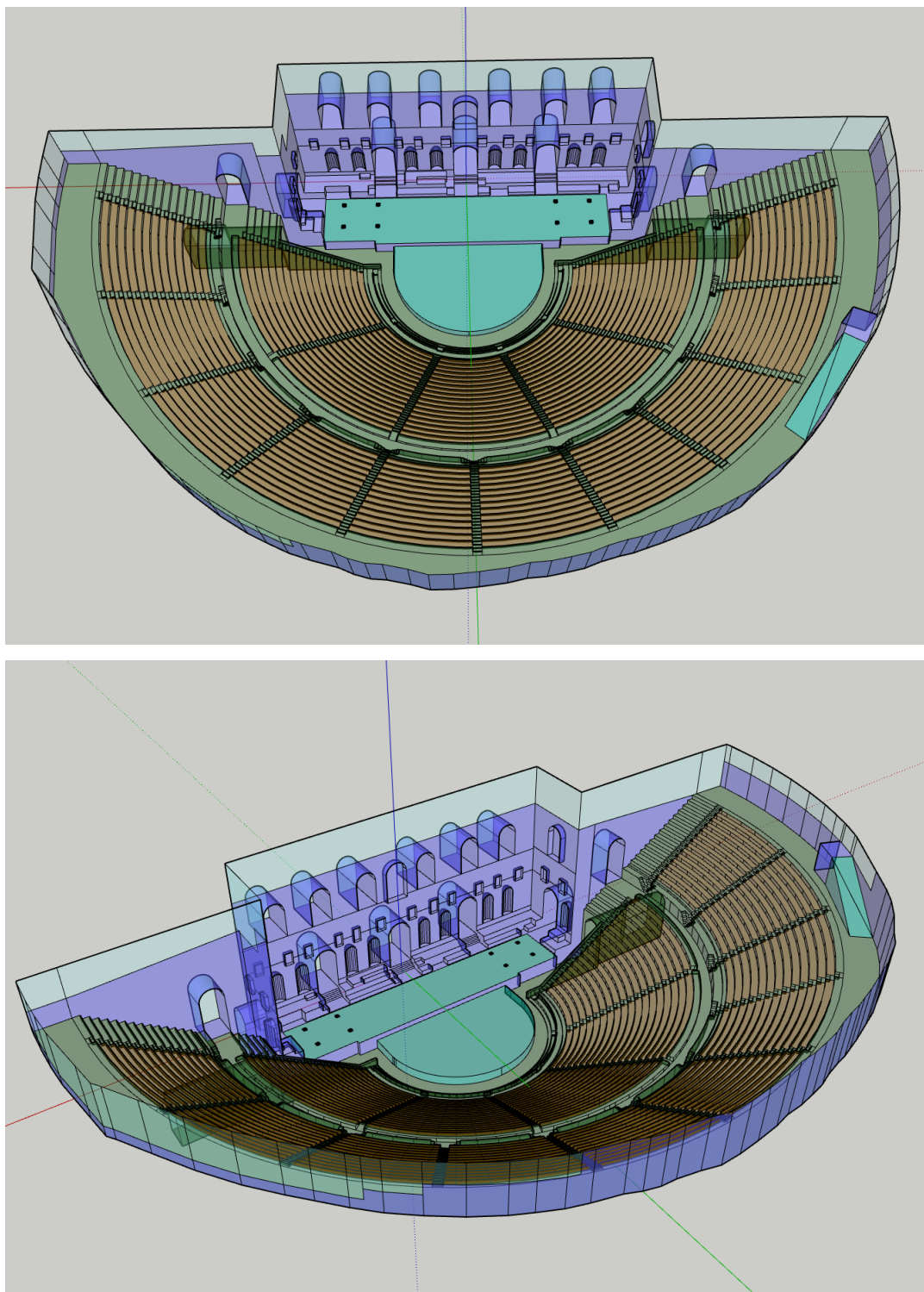
Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιλάμβανε τρία στάδια: τη δημιουργία του μοντέλου, την επιβεβαίωση της αξιοπιστίας του και την προσομοίωση των διαφορετικών διατάξεων των ηχητικών συστημάτων. Χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό EASE 5 Third Edition της AFMG, το οποίο παρέχει διάφορες δυνατότητες υπολογιστικών μεθόδων, εκ των οποίων οι δύο που εφαρμόστηκαν στην παρούσα μελέτη είναι η στατιστική μέθοδος (Standard Mapping) και το AURA, με τον αλγόριθμο CAESAR. Με το Standard Mapping υπολογίζεται ο απευθείας ήχος (direct sound) με βάση τη γεωμετρία του χώρου, την απόσταση πηγής-δέκτη και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των πηγών, ενώ για την εκτίμηση του αντηχητικού πεδίου χρησιμοποιείται η στατιστική προσέγγιση. Αντίθετα, μέσω του AURA υπολογίζεται η κρουστική απόκριση στις θέσεις των δεκτών του μοντέλου και εξάγονται οι αντίστοιχες τιμές ακουστικών παραμέτρων.

Η χρήση των δύο μεθόδων κρίθηκε αναγκαία, διότι η κάθε μια εξυπηρετεί διαφορετικές ανάγκες της ανάλυσης. Μέσω του AURA εξάχθηκαν οι τιμές των παραμέτρων για κάθε δέκτη και με την αντιστοίχιση των δεκτών με τις θέσεις των επιτόπιων μετρήσεων καθίσταται δυνατή η άμεση σύγκριση μεταξύ υπολογισμού και μέτρησης. Αντίθετα για τη δημιουργία χαρτών στο σύνολο του ακροατηρίου η μέθοδος Standard Mapping προσέφερε σημαντικά μικρότερο υπολογιστικό χρόνο ιδιαίτερα σε ένα μοντέλο τέτοιας πολυπλοκότητας.

Η δημιουργία του μοντέλου βασίστηκε στα αρχιτεκτονικά σχέδια που διαθέτει το Φεστιβάλ Αθηνών Επιδαύρου (Εικόνα 5.1).

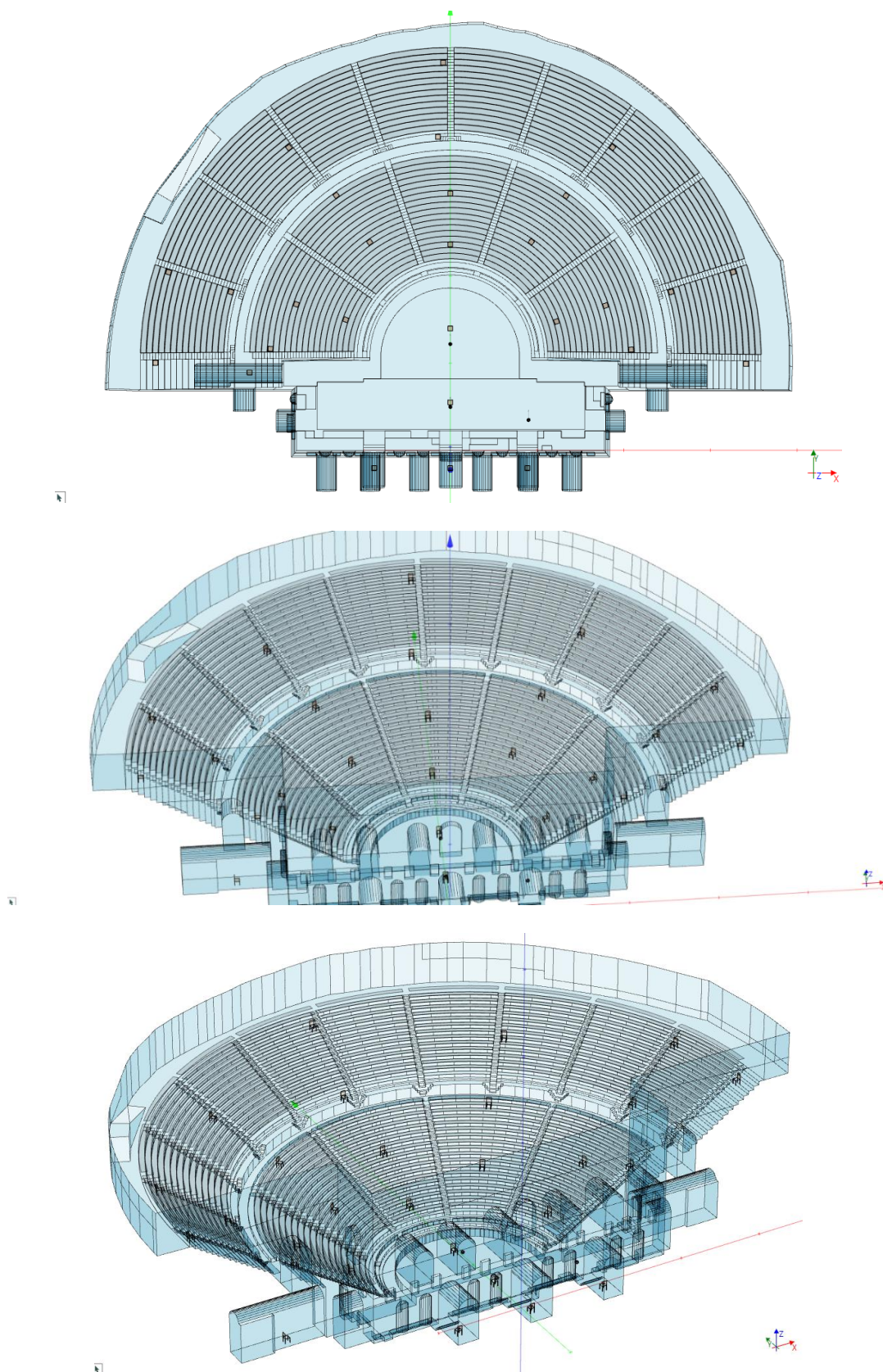


Αρχικά δημιουργήθηκε η τρισδιάστατη αναπαράσταση στο λογισμικό SketchUp Pro 2022 (Εικόνα 5.2).



Εικόνα 5.2 Όψεις του τρισδιάστατου μοντέλου του ΩΗΑ στο λογισμικό SketchUp

Έπειτα το μοντέλο εισάχθηκε στο λογισμικό EASE 5 (Εικόνα 5.3).



Εικόνα 5.3 Διαφορετικές οπτικές του τρισδιάστατου μοντέλου του ΩΗΑ στο λογισμικό EASE 5

Τα βασικά δομικά υλικά του χώρου είναι μάρμαρο Πεντέλης στο κοίλο, πορώδης λίθος στους περιμετρικούς τοίχους και ξύλο στη σκηνή (The Ancient Theatre Archive, 2025). Για το μοντέλο επιλέχθηκαν αντίστοιχα υλικά από την τυπική βιβλιοθήκη του EASE, στα οποία πραγματοποιήθηκαν μικρές προσαρμογές. Πιο συγκεκριμένα, για τις σκληρές επιφάνειες του μαρμάρου και του πορώδους λίθου ορίστηκε συντελεστής διάχυσης (scattering) 30%, ενώ για την ανοιχτή οροφή επιλέχθηκε επιφάνεια με συντελεστή απορρόφησης 0.85. Τέλος, κατά την διάρκεια των μετρήσεων του επιδαπέδιου και του αναρτώμενου συστήματος, το κοίλο ήταν καλυμμένο με τα μαξιλαράκια που χρησιμοποιούνται για τους θεατές, των οποίων η πρόσθετη απορρόφηση που δημιουργούν προσεγγίστηκε με αύξηση της απορρόφησης του μαρμάρου κατά περίπου 0.01-0.02 ανάλογα με τη συχνотική ζώνη. Ο Πίνακας 5.1 περιέχει τις τελικές επιλογές των υλικών, τη συνολική επιφάνεια που καταλαμβάνει το καθένα και τον συντελεστή απορρόφησής του.

Πίνακας 5.1. Δομικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο

*Limestone walls

21.0 %

2 082.42 m²

Marble or glazed tile

16.9 %

1 676.54 m²

Opening, 85% absorbin...

35.4 %

3 520.60 m²

Plywood, 3/4" air space...

3.8 %

378.14 m²

Seats WITH Pillow

23.0 %

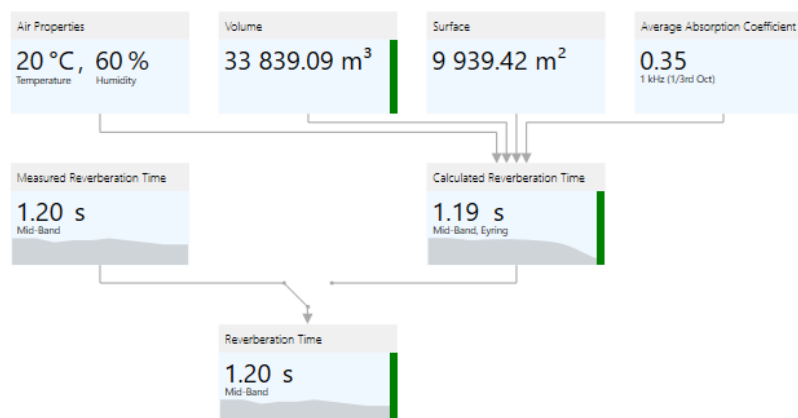
2 281.72 m²

Label	Description	Surface Area [m ²]	Percentage [%]	Equiv. Abs. Area [m ²]
*Limestone walls	Massive constructions and hard surfaces	2 082.42	21.0	72.88
Marble or glazed tile	Acoustic absorbers and diffusers, miscella...	1 676.54	16.9	23.47
Opening, 85% absorbing NSC	Opening to outside/absorbing space, 100...	3 520.60	35.4	2 992.51
Plywood, 3/4" air space at back	Gypsum board, wood and plywood panels	378.14	3.8	57.36
Seats WITH Pillow	Marble or glazed tile and leather covered...	2 281.72	23.0	327.81

Label	Avg.	31.5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	16 kHz
*Limestone walls	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05
Marble or glazed tile	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Opening, 85% absorbing NSC	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Plywood, 3/4" air space at back	0.15	0.21	0.21	0.20	0.18	0.15	0.12	0.10	0.11	0.12	0.12
Seats WITH Pillow	0.14	0.12	0.14	0.21	0.18	0.15	0.15	0.15	0.13	0.10	0.10

Για την επιλογή και την προσαρμογή των ακουστικών ιδιοτήτων των υλικών πραγματοποιήθηκε αρχικά σύγκριση μεταξύ του μετρημένου χρόνου αντήχησης και της τιμής που υπολογίζεται από το μοντέλο. Για το επιδαπέδιο και το αναρτώμενο σύστημα, ο χρόνος αντήχησης στις μεσαίες συχνότητες που μετρήθηκε ήταν περίπου 1.2sec, ενώ ο αντίστοιχος υπολογισμός με τη σχέση Eyring δίνει τιμή 1.19sec, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.1. Στην περίπτωση της παντοκατευθυντικής πηγής υπήρχε μικρή διαφοροποίηση στη διαμόρφωση του χώρου, καθώς κατά τη συγκεκριμένη μέτρηση δεν υπήρχαν σκηνικά

ούτε τα μαξιλαράκια του κοινού. Για τον λόγο αυτό, στο αντίστοιχο μοντέλο χρησιμοποιήθηκαν οι αρχικές τιμές απορρόφησης του μαρμάρου, χωρίς την παραπάνω προσαύξηση, και ο αντίστοιχος χρόνος αντήχησης αυξήθηκε περίπου στα 1.4sec. Η αναλυτικότερη σύγκριση των αποτελεσμάτων του χρόνου αντήχησης παρουσιάζεται στην παράγραφο 6.3.



Σχήμα 5.1 Σύγκριση μετρημένου και υπολογισμένου χρόνου αντήχησης στις μεσαίες συχνότητες (Mid-Band) στο EASE

Το μοντέλο ολοκληρώθηκε από την εισαγωγή των θέσεων των δεκτών (Listeners) κατά προσέγγιση στις ίδιες θέσεις που πραγματοποιήθηκαν οι επιτόπιες μετρήσεις, διατηρώντας την ίδια ονομασία, ώστε να είναι δυνατή η άμεση αντιστοίχισή τους. Παράλληλα, ορίστηκαν οι περιοχές του ακροατηρίου (Audience Areas) σε όλη την έκταση του κοίλου, για την απεικόνιση της χωρικής κατανομής των ακουστικών παραμέτρων. Οι επιμέρους διατάξεις των πηγών περιγράφονται στις επόμενες ενότητες ξεχωριστά για κάθε σύστημα.

Πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι για την ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε τελικά επιλογή από όλες τις θέσεις και χρησιμοποιήθηκαν αυτές που βρίσκονται εντός του κοίλου, καθώς αυτό αποτελεί και την κύρια περιοχή ενδιαφέροντος όπου βρίσκονται οι ακροατές. Οι πρόσθετες θέσεις κοντά στον νότιο τοίχο, στην ορχήστρα, στη σκηνή και στις καμάρες δεν συμπεριλήφθηκαν στην αξιολόγηση. Οι θέσεις αυτές βρίσκονται σε άμεση γειτνίαση με ανακλαστικές επιφάνειες, όπου η επίδραση μεμονωμένων ανακλάσεων είναι εντονότερη και μικρές διαφοροποιήσεις στη θέση του δέκτη μπορούν να προκαλέσουν σημαντικότερες μεταβολές στις υπολογιζόμενες ακουστικές παραμέτρους.

Για την ακουστική προσομοίωση δημιουργήθηκαν διαφορετικά σενάρια, τα οποία επιλέχθηκαν ώστε να προσεγγίζουν τις συνθήκες των επιτόπιων μετρήσεων:

- προσομοίωση της παντοκατευθυντικής πηγής NOR276, με προσαρμοσμένη συχνотική απόκριση, για την επικύρωση του μοντέλου (σενάριο S0)
- παντοκατευθυντική πηγή αναφοράς του EASE τοποθετημένη στο κέντρο της ορχήστρας (σενάριο S1)
- παντοκατευθυντική πηγή αναφοράς του EASE τοποθετημένη στο κέντρο της σκηνής (σενάριο S2)
- επιδαπέδια διάταξη του ηχητικού συστήματος (σενάριο S3)
- αναρτώμενη διάταξη του ηχητικού συστήματος (σενάριο S4)

Διευκρινίζεται ότι στην πρώτη περίπτωση η συχνотική απόκριση της πηγής προσαρμόστηκε μέσω φίλτρων ώστε να προσεγγίζει εκείνη του δωδεκάεδρου ηχείου NOR276 που χρησιμοποιήθηκε στις επιτόπιες μετρήσεις και το σενάριο χρησιμοποιήθηκε για την επικύρωση του μοντέλου. Αντίθετα, στις προσομοιώσεις που συμπεριλήφθηκαν στη συγκριτική αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκε η παντοκατευθυντική πηγή του EASE με επίπεδη συχνотική απόκριση, ως πηγή αναφοράς για την εξέταση της ακουστικής απόκρισης του χώρου στο σύνολο του εξεταζόμενου συχνотικού εύρους.

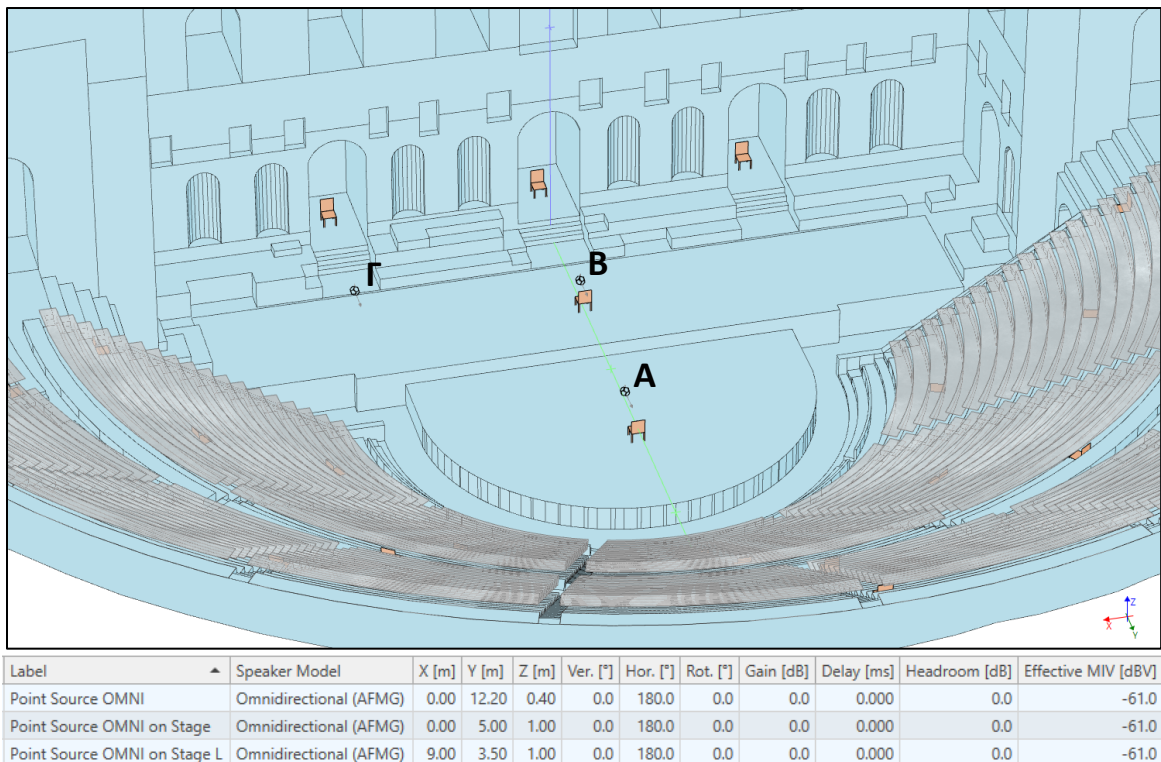
Από τις προσομοιώσεις εξήχθησαν χάρτες κατανομής, γραφήματα και συγκριτικοί πίνακες για τις ακόλουθες ακουστικές παραμέτρους:

- Ηχητική στάθμη DirectSPL και TotalSPL
- Απόκριση συχνότητας
- Κρουστική απόκριση (IR/echogram)
- Χρόνος αντήχησης (T20)
- Χρόνος πρώιμης απόσβεσης (EDT)
- Δείκτης κατανόησης του λόγου (STI)
- Δείκτης ευκρίνειας της ομιλίας C50 (στις συχνότητες 500Hz, 1 και 2kHz)
- Δείκτης ευκρίνειας της μουσικής C80 (στις συχνότητες 500Hz, 1 και 2kHz)

5.2 Προσομοίωση παντοκατευθυντικής πηγής

Στο μοντέλο της παντοκατευθυντικής πηγής χρησιμοποιήθηκε το Omnidirectional Source version 2 της AFMG, το οποίο περιλαμβάνεται στην ενσωματωμένη βιβλιοθήκη του EASE. Πρόκειται για μια ιδανική παντοκατευθυντική πηγή με επίπεδη απόκριση συχνότητας, η οποία επιτρέπει την ομοιόμορφη διέγερση του χώρου στο εξεταζόμενο συχνотικό εύρος. Μέσα από αυτό το σενάριο είναι εφικτή η εξέταση της ακουστικής συμπεριφοράς του χώρου χωρίς την επίδραση της συχνотικής απόκρισης ενός πραγματικού ηχείου.

Ορίστηκαν θέσεις για την πηγή όπως παρουσιάζονται στην Εικόνα 5.4 και σύμφωνα με τα σημεία που αυτή τοποθετήθηκε κατά τις μετρήσεις. Η θέση Α βρίσκεται στο κέντρο της ορχήστρας (orchestra), η θέση Β στο κέντρο της σκηνής (stage) και η θέση Γ εκτός του κεντρικού άξονα της σκηνής (stage side). Οι προσομοιώσεις για τις θέσεις Α και Β χρησιμοποιήθηκαν ως δύο ξεχωριστά σενάρια, τα S1 και S2, ενώ η θέση Γ εξετάστηκε συμπληρωματικά και δεν συμπεριλήφθηκε στην τελική ανάλυση.



Εικόνα 5.4 Τρισδιάστατη απεικόνιση της παντοκατευθυντικής πηγής από το μοντέλο προσομοίωσης και πίνακας με τις ρυθμίσεις του ηχείου σε κάθε θέση

5.3 Προσομοίωση επιδαπέδιου ηχητικού συστήματος

Στο μοντέλο του επιδαπέδιου συστήματος επιλέχθηκαν τα ίδια ηχεία με εκείνα των επιτόπιων μετρήσεων, διατηρώντας τον αριθμό των ηχείων, τις θέσεις και τις κατευθύνσεις τους. Οι σχετικές ηχητικές στάθμες μεταξύ των επιμέρους πηγών καθορίστηκαν κατόπιν δοκιμών, με στόχο την επίτευξη όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφης κάλυψης του ακροατηρίου, αλλά και την τήρηση του ορίου των 90dB SPL στη θέση του ηχολήπτη 6-1. Φίλτρα ισοστάθμισης δεν εφαρμόστηκαν και γενικότερα, επιδιώχθηκε να μην υπάρχουν περαιτέρω ρυθμίσεις που θα επηρέαζαν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.

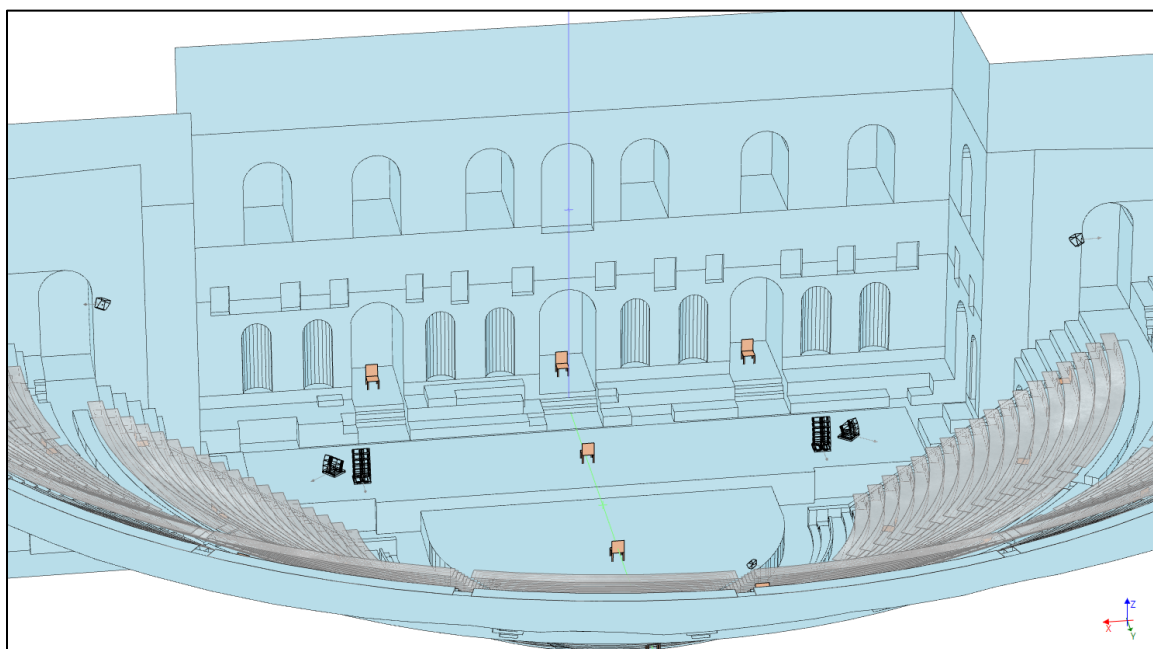
Τα ηχεία χαμηλών συχνοτήτων (subwoofers) δεν συμπεριλήφθηκαν στο μοντέλο, καθώς το συχνοτικό εύρος λειτουργίας τους βρίσκεται κάτω από τις συχνοτικές ζώνες για τις οποίες εξάγονται τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης προσομοίωσης στο EASE, οι οποίες ξεκινούν από τα 125Hz. Κατά συνέπεια, η προσθήκη τους δεν θα επηρέαζε τις ακουστικές παραμέτρους που εξετάζονται μέσω του μοντέλου.

Στην **Εικόνα 5.5** απεικονίζεται το τρισδιάστατο μοντέλο της διάταξης, ο Πίνακας 5.2 παρουσιάζει τις επιμέρους ρυθμίσεις των πηγών που εφαρμόστηκαν στην προσομοίωση, ενώ η διαμόρφωση των συστοιχιών ηχείων στο EASE παρουσιάζεται στην **Εικόνα 5.6**.

5.4 Προσομοίωση αναρτώμενου ηχητικού συστήματος

Αντίστοιχη διαδικασία ακολουθήθηκε και για την προσομοίωση του αναρτώμενου συστήματος. Χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια ηχεία με εκείνα της διάταξης των επιτόπιων μετρήσεων, διατηρώντας τον αριθμό, τις θέσεις και τις κατευθύνσεις τους. Οι σχετικές ηχητικές στάθμες μεταξύ των επιμέρους πηγών καθορίστηκαν, όπως και στο επιδαπέδιο σύστημα, με στόχο την επίτευξη όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφης κάλυψης του ακροατηρίου και την τήρηση του ορίου των 90dB SPL στη θέση του ηχολήπτη 6-1. Τέλος, τα ηχεία χαμηλών συχνοτήτων (subwoofers) δεν συμπεριλήφθηκαν στο μοντέλο.

Στην **Εικόνα 5.7** απεικονίζεται το τρισδιάστατο μοντέλο της διάταξης, ο Πίνακας 5.3 παρουσιάζει τις επιμέρους ρυθμίσεις των πηγών που εφαρμόστηκαν στην προσομοίωση, ενώ η διαμόρφωση των συστοιχιών ηχείων στο EASE παρουσιάζεται στην **Εικόνα 5.8**.

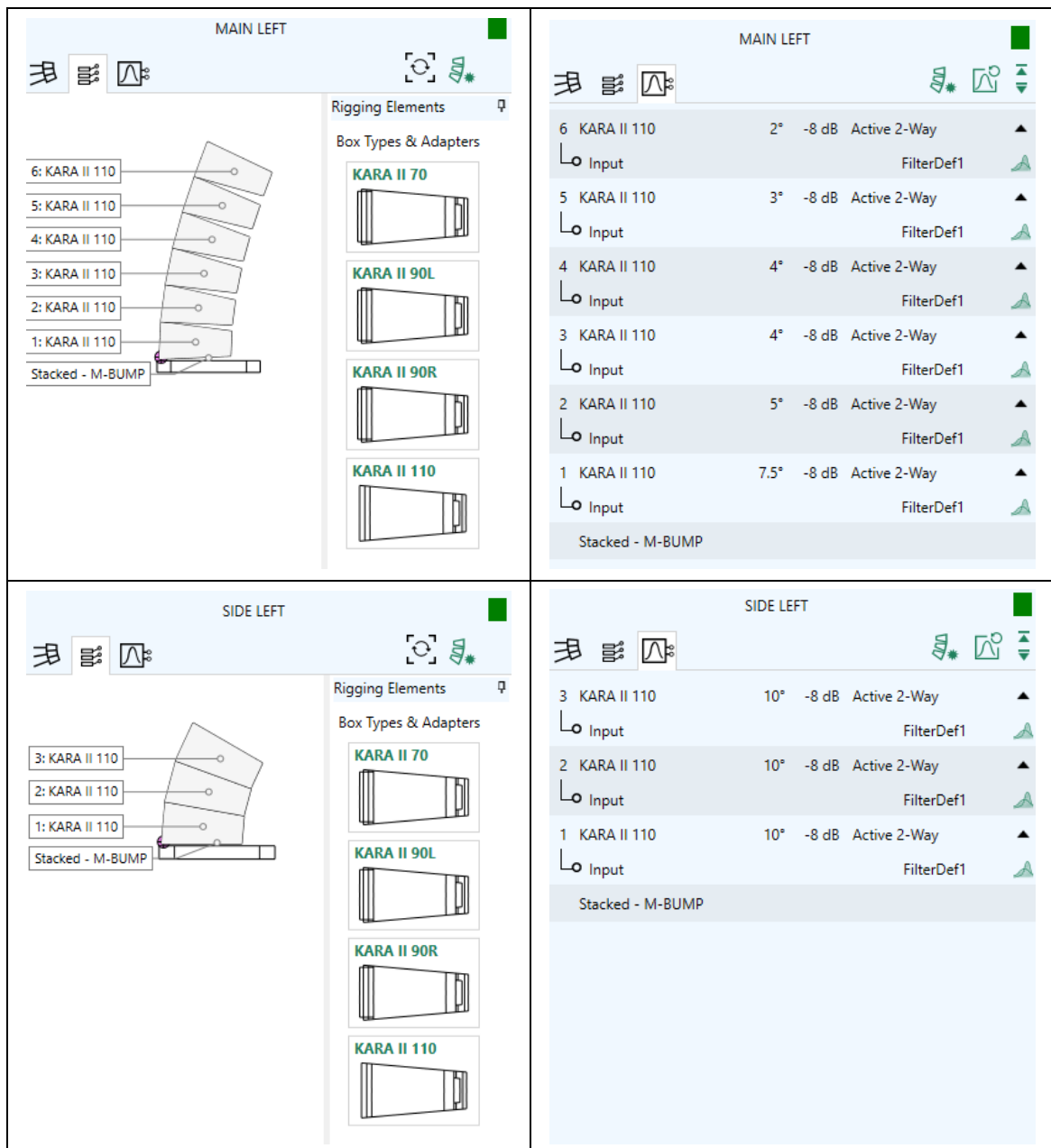


Εικόνα 5.5 Τρισδιάστατη απεικόνιση του επιδαπέδιου ηχητικού συστήματος από το μοντέλο προσομοίωσης

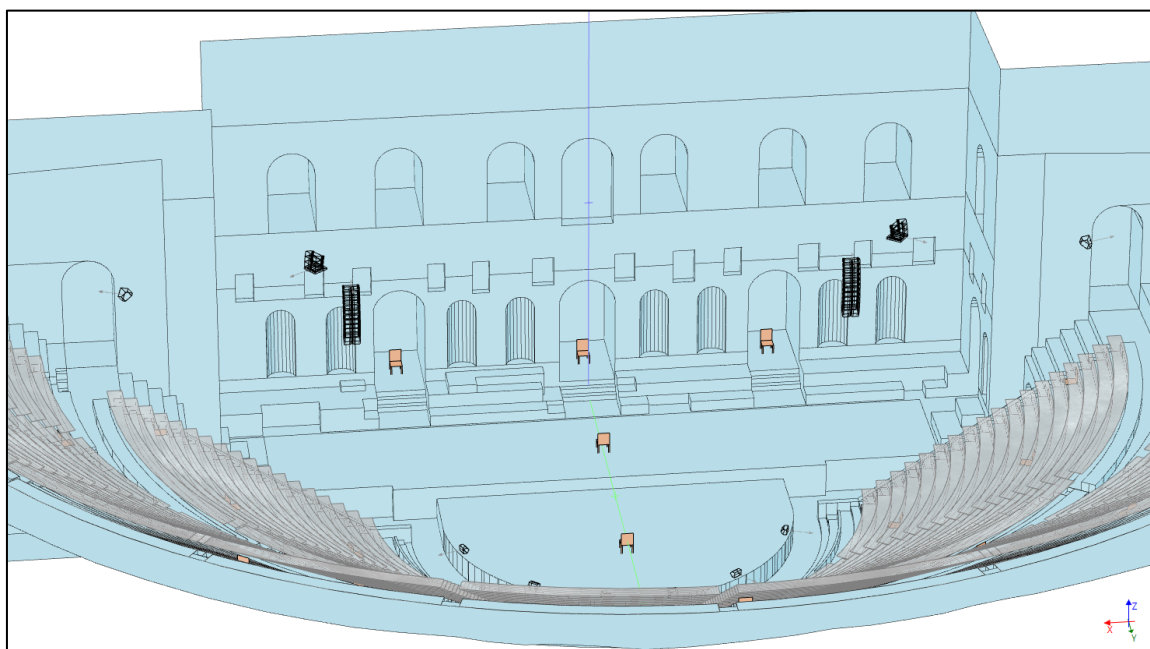
Πίνακας 5.2. Οι ρυθμίσεις των ηχητικών πηγών του επιδαπέδιου ηχητικού συστήματος (στιγμιότυπο οθόνης του EASE)

Vis.	Act.	Label	Speaker Model	X [m]	Y [m]	Z [m]	Ver. [°]	Hor. [°]	Rot. [°]	Gain [dB]	Delay [ms]
👁	I	MAIN LEFT	K SERIES KARA II (L-ACOUSTICS)	10.50	7.40	0.70	0.0	-175.0	0.0	0.0	0.000
👁	I	MAIN RIGHT	K SERIES KARA II (L-ACOUSTICS)	-10.50	7.40	0.70	0.0	175.0	0.0	0.0	0.000
👁	I	SIDE LEFT	K SERIES KARA II (L-ACOUSTICS)	12.00	7.30	1.20	0.0	130.0	0.0	0.0	0.000
👁	I	SIDE RIGHT	K SERIES KARA II (L-ACOUSTICS)	-12.00	7.30	1.20	0.0	-130.0	0.0	0.0	0.000
👁	I	OUTFILL LEFT	X SERIES X12 (L-ACOUSTICS)	22.00	7.80	10.50	20.0	135.0	90.0	0.0	0.000
👁	I	OUTFILL RIGHT	X SERIES X12 (L-ACOUSTICS)	-22.00	7.80	10.50	20.0	-135.0	90.0	0.0	0.000
👁	I	FRONT FILL 1	X SERIES X8 (L-ACOUSTICS)	-2.00	18.30	-0.35	0.0	-162.0	90.0	0.0	0.000
👁	I	FRONT FILL 2	X SERIES X8 (L-ACOUSTICS)	2.00	18.30	-0.35	0.0	162.0	90.0	0.0	0.000
👁	I	FRONT FILL 3	X SERIES X8 (L-ACOUSTICS)	-5.80	16.00	-0.35	0.0	-128.0	90.0	0.0	0.000
👁	I	FRONT FILL 4	X SERIES X8 (L-ACOUSTICS)	5.80	16.00	-0.35	0.0	128.0	90.0	0.0	0.000

Label	Block Label	Block Gain [dB]	Block Delay [ms]	Total Gain [dB]	Total Delay [ms]	Headroom [dB]	Effective MIV [dBV]
MAIN LEFT	Main PA	-22.0	0.000	-22.0	0.000	22.0	17.0
MAIN RIGHT	Main PA	-22.0	0.000	-22.0	0.000	22.0	17.0
SIDE LEFT	Side Fills	-22.0	0.000	-22.0	0.000	22.0	17.0
SIDE RIGHT	Side Fills	-22.0	0.000	-22.0	0.000	22.0	17.0
OUTFILL LEFT	Out Fills	-11.0	0.000	-11.0	0.000	11.0	17.0
OUTFILL RIGHT	Out Fills	-11.0	0.000	-11.0	0.000	11.0	17.0
FRONT FILL 1	Front Fills C	-9.0	0.000	-9.0	0.000	9.0	17.0
FRONT FILL 2	Front Fills C	-9.0	0.000	-9.0	0.000	9.0	17.0
FRONT FILL 3	Front Fills L/R	-11.0	0.000	-11.0	0.000	11.0	17.0
FRONT FILL 4	Front Fills L/R	-11.0	0.000	-11.0	0.000	11.0	17.0



Εικόνα 5.6 Η διαμόρφωση των συστοιχιών ηχείων του επιδαπέδιου ηχητικού συστήματος (στιγμιότυπο οθόνης του λογισμικού EASE)

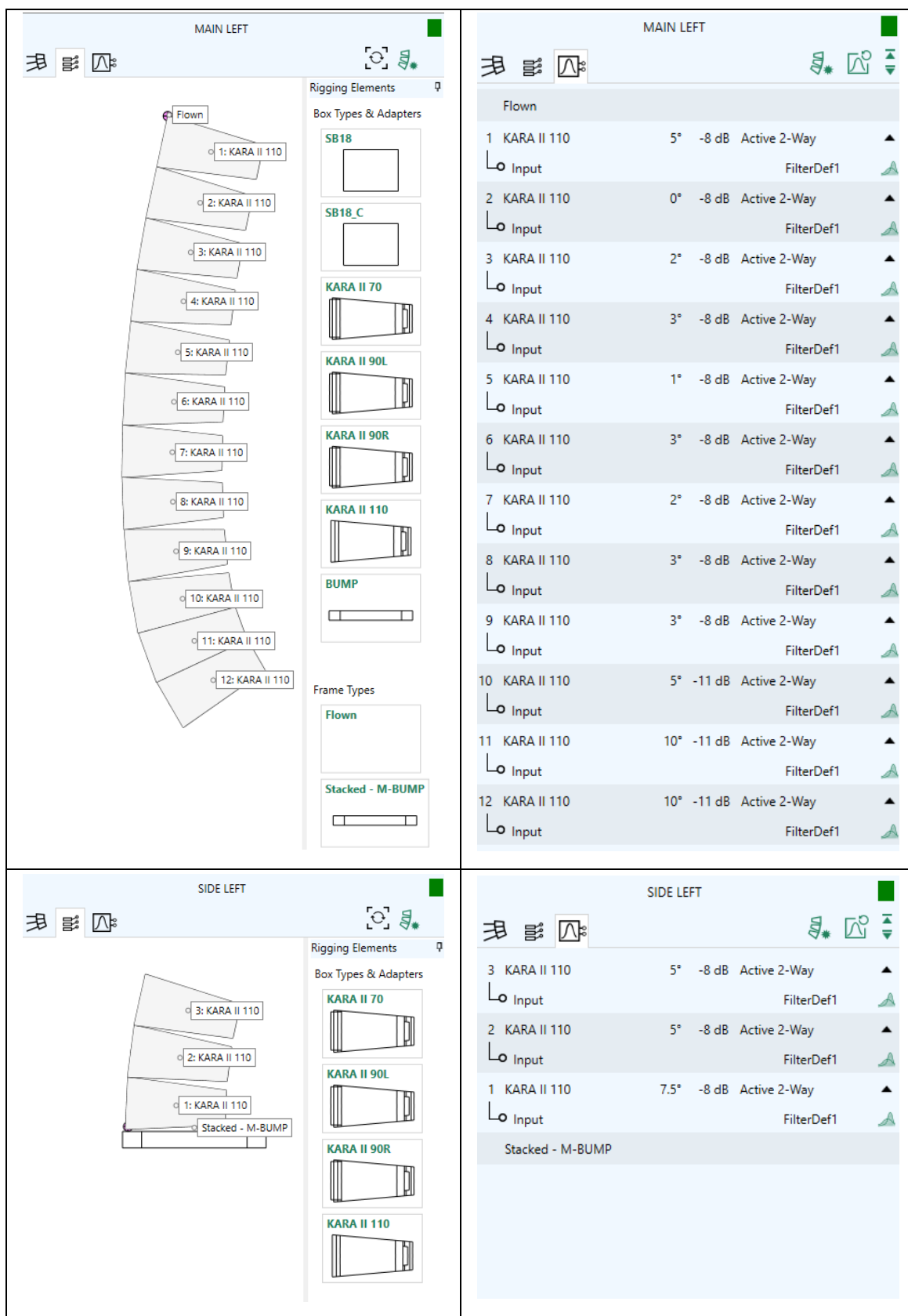


Εικόνα 5.7 Τρισδιάστατη απεικόνιση του αναρτώμενου ηχητικού συστήματος από το μοντέλο προσομοίωσης

Πίνακας 5.3. Οι ρυθμίσεις των ηχητικών πηγών του αναρτώμενου ηχητικού συστήματος (στιγμιότυπο οθόνης του EASE)

Vis.	Act.	Label	Speaker Model	X [m]	Y [m]	Z [m]	Ver. [°]	Hor. [°]	Rot. [°]	Gain [dB]	Delay [ms]
👁	I	MAIN LEFT	K SERIES KARA II (L-ACOUSTICS)	11.50	5.30	9.00	12.0	180.0	0.0	0.0	0.000
👁	I	MAIN RIGHT	K SERIES KARA II (L-ACOUSTICS)	-11.50	5.30	9.00	12.0	180.0	0.0	0.0	0.000
👁	I	SIDE LEFT	K SERIES KARA II (L-ACOUSTICS)	13.50	7.30	11.00	0.0	126.0	0.0	0.0	0.000
👁	I	SIDE RIGHT	K SERIES KARA II (L-ACOUSTICS)	-13.50	7.30	11.00	0.0	-126.0	0.0	0.0	0.000
👁	I	OUTFILL LEFT	X SERIES X12 (L-ACOUSTICS)	22.00	7.80	10.50	20.0	110.0	90.0	0.0	0.000
👁	I	OUTFILL RIGHT	X SERIES X12 (L-ACOUSTICS)	-22.00	7.80	10.50	20.0	-110.0	90.0	0.0	0.000
👁	I	FRONT FILL 1	X SERIES X8 (L-ACOUSTICS)	-1.50	18.50	-0.35	0.0	-167.0	90.0	0.0	0.000
👁	I	FRONT FILL 2	X SERIES X8 (L-ACOUSTICS)	1.50	18.50	-0.35	0.0	167.0	90.0	0.0	0.000
👁	I	FRONT FILL 3	X SERIES X8 (L-ACOUSTICS)	-4.60	17.20	-0.35	0.0	-142.0	90.0	0.0	0.000
👁	I	FRONT FILL 4	X SERIES X8 (L-ACOUSTICS)	4.60	17.20	-0.35	0.0	142.0	90.0	0.0	0.000
👁	I	FRONT FILL 5	X SERIES X8 (L-ACOUSTICS)	-7.40	13.50	-0.35	0.0	-110.0	90.0	0.0	0.000
👁	I	FRONT FILL 6	X SERIES X8 (L-ACOUSTICS)	7.40	13.50	-0.35	0.0	110.0	90.0	0.0	0.000

Label	Block Label	Block Gain [dB]	Block Delay [ms]	Total Gain [dB]	Total Delay [ms]	Headroom [dB]	Effective MIV [dBV]
MAIN LEFT	Main PA	-22.0	0.000	-22.0	0.000	22.0	17.0
MAIN RIGHT	Main PA	-22.0	0.000	-22.0	0.000	22.0	17.0
SIDE LEFT	Side Fills	-20.0	0.000	-20.0	0.000	20.0	17.0
SIDE RIGHT	Side Fills	-20.0	0.000	-20.0	0.000	20.0	17.0
OUTFILL LEFT	Out Fills	-19.0	0.000	-19.0	0.000	19.0	17.0
OUTFILL RIGHT	Out Fills	-19.0	0.000	-19.0	0.000	19.0	17.0
FRONT FILL 1	Front Fills	-19.0	0.000	-19.0	0.000	19.0	9.0
FRONT FILL 2	Front Fills	-19.0	0.000	-19.0	0.000	19.0	9.0
FRONT FILL 3	Front Fills	-19.0	0.000	-19.0	0.000	19.0	9.0
FRONT FILL 4	Front Fills	-19.0	0.000	-19.0	0.000	19.0	9.0
FRONT FILL 5	Front Fills	-19.0	0.000	-19.0	0.000	19.0	9.0
FRONT FILL 6	Front Fills	-19.0	0.000	-19.0	0.000	19.0	9.0

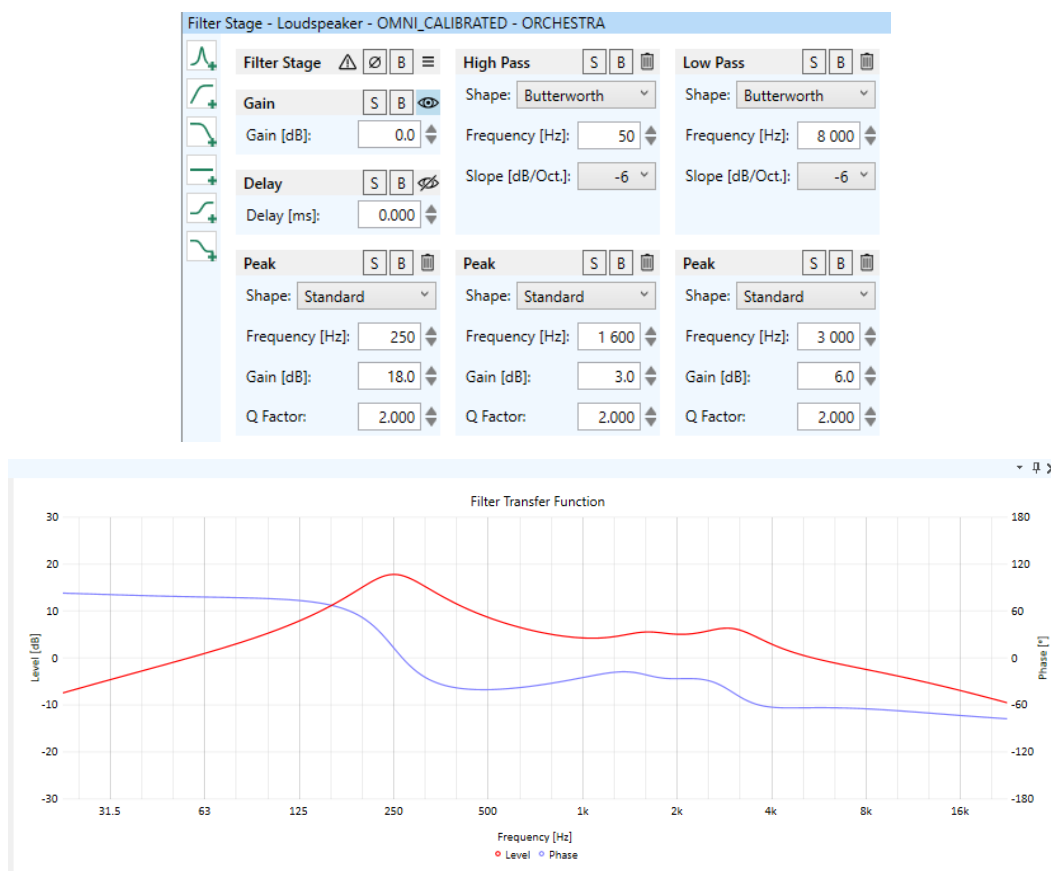


Εικόνα 5.8 Η διαμόρφωση των συστοιχιών ηχείων του αναρτώμενου ηχητικού συστήματος (στιγμιότυπο οθόνης του λογισμικού EASE)

5.5 Βαθμονόμηση και επικύρωση του μοντέλου

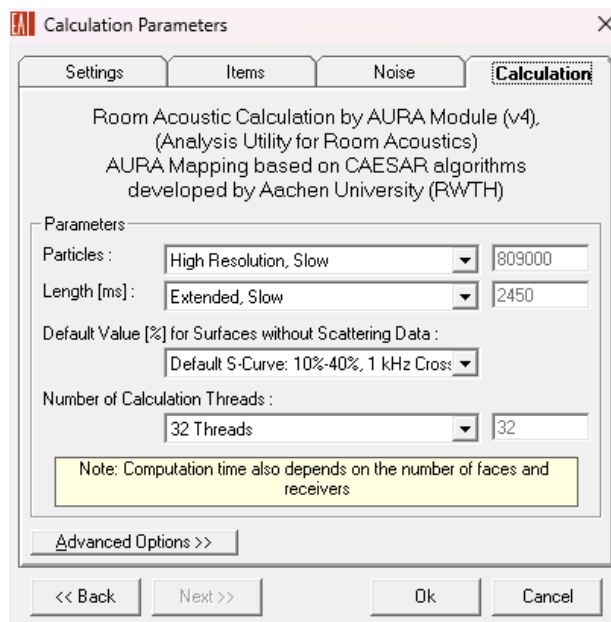
Προϋπόθεση για την χρήση του μοντέλου ως μέσου πρόβλεψης αποτελεί η επικύρωσή του μέσω σύγκρισης μεταξύ μετρημένων και υπολογισμένων τιμών. Για το σκοπό αυτό, από τις διατάξεις που περιγράφονται στο κεφάλαιο 4 επιλέχθηκε η παντοκατευθυντική πηγή, καθώς αποτελεί μια πηγή αναφοράς με περιορισμένο αριθμό μεταβλητών, και με βάση αυτή δημιουργήθηκε ένα σενάριο με στόχο την πληρέστερη δυνατή αναπαράσταση των συνθηκών της αντίστοιχης μέτρησης, ώστε να είναι δυνατή η άμεση σύγκριση.

Από τα μοντέλα προσομοίωσης χρησιμοποιήθηκε για την επικύρωση αυτό της παντοκατευθυντικής πηγής, όπως περιεγράφηκε στις παραγράφους 5.1 και 5.2. Η θέση της πηγής είναι στο σημείο Α που φαίνεται στην Εικόνα 5.4, ενώ στην Omnidirectional Source Version 2 της AFMG εφαρμόστηκαν φίλτρα ισοστάθμισης, ώστε η συχνотική της απόκριση να προσεγγίζει εκείνη της Norsonic NOR276. Οι ρυθμίσεις των φίλτρων παρουσιάζονται στην Εικόνα 5.9.



Εικόνα 5.9 Ρυθμίσεις των φίλτρων ισοστάθμισης για την προσομοίωση του δωδεκάεδρου ηχείου NOR276 και γράφημα της τελικής συχνотικής απόκρισης

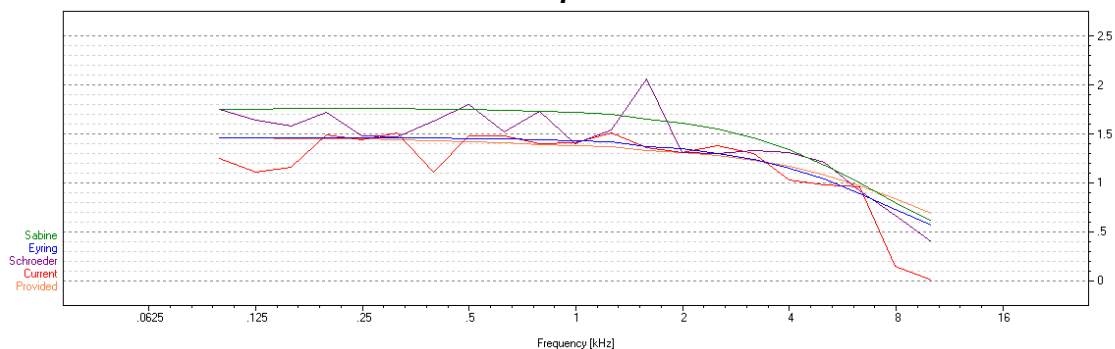
Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε υπολογισμός με τη μέθοδο AURA στις επιλεγμένες θέσεις δεκτών του κοίλου και σύμφωνα με τις ρυθμίσεις που παρουσιάζονται στην **Εικόνα 5.10**.



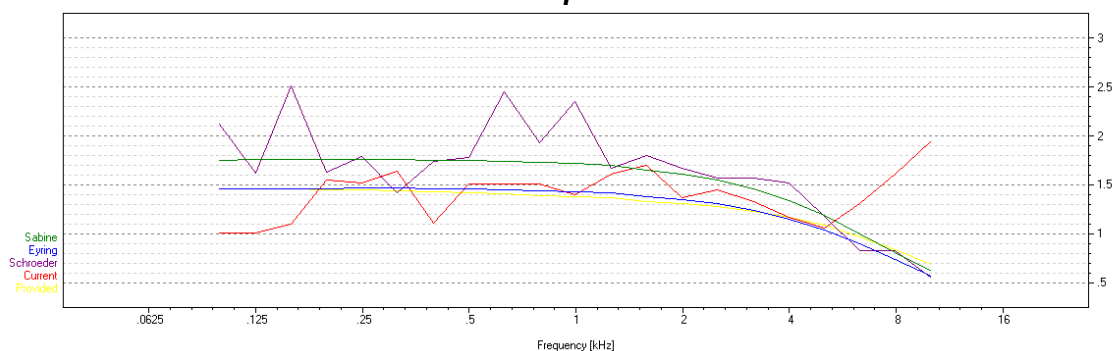
Εικόνα 5.10 Παράμετροι που επιλέχθηκαν για τους υπολογισμούς με τη μέθοδο AURA

Ως πρώτο στάδιο της βαθμονόμησης εξετάστηκε η συμφωνία του χρόνου αντήχησης μεταξύ μετρήσεων και μοντέλου. Ο υπολογισμός με τη σχέση Eyring παρουσίασε καλή συμφωνία με τον μέσο όρο των μετρήσεων, ιδιαίτερα στη μεσαία συχνотική περιοχή έως και τα 4kHz, όπου η μετρημένη μέση τιμή ήταν περίπου 1.4sec και η αντίστοιχη υπολογισμένη τιμή περίπου 1.3sec. Σε δεύτερο στάδιο, και κατά την εξέταση των αποτελεσμάτων του AURA, παρατηρήθηκαν μεγαλύτερες αποκλίσεις στις τιμές του T20. Για την περαιτέρω διερεύνησή τους πραγματοποιήθηκε πρόσθετος υπολογισμός μέσω του AURA Response, από τον οποίο διαπιστώθηκε ότι οι αποκλίσεις δεν ήταν σταθερές, αλλά διαφοροποιούνταν ανάλογα με τη θέση και τη συχνотική ζώνη. Η συμπεριφορά αυτή παρουσιάζεται ενδεικτικά στο **Σχήμα 5.2**, όπου συγκρίνονται οι μετρημένες τιμές του T20 με τις αντίστοιχες τιμές που προκύπτουν από τη σχέση Eyring και από το AURA/Schroeder για επιλεγμένες θέσεις του κοίλου.

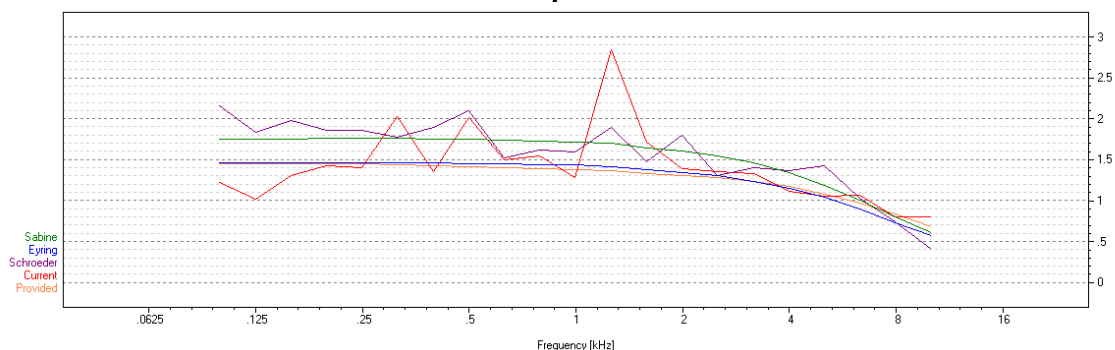
Θέση C-3



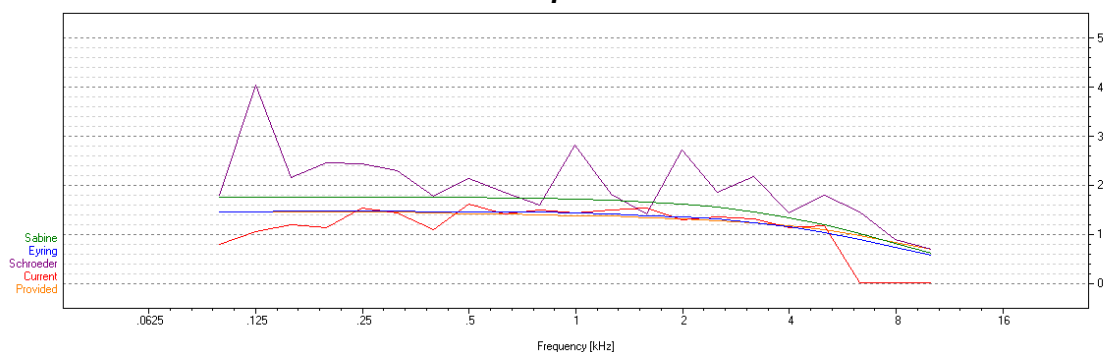
Θέση 6-1



Θέση A-12



Θέση D-18



Σχήμα 5.2 Σύγκριση μεταξύ μέτρησης (κόκκινη γραμμή) και υπολογισμού του RT σε επιλεγμένες θέσεις του κοίλου. Με πράσινο χρώμα ο υπολογισμός κατά Sabine, με μπλε κατά Eyring και με μωβ μέσω του AURA/Schroeder

Συμπερασματικά, εφόσον ο χρόνος αντήχησης που υπολογίζεται με τη σχέση Eyring παρουσιάζει καλή συμφωνία με τις μετρήσεις, δεν κρίθηκε σκόπιμη περαιτέρω μεταβολή των συντελεστών απορρόφησης των υλικών, καθώς αυτή θα μπορούσε να επηρεάσει αρνητικά την ήδη καλή συμφωνία της συνολικής συμπεριφοράς του μοντέλου με τον πραγματικό χώρο. Οι αποκλίσεις που παρατηρήθηκαν στις τιμές του T20 μέσω του AURA λαμβάνονται υπόψη κατά την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης και αποτελούν έναν από τους περιορισμούς του μοντέλου.

Μετά την εξέταση του χρόνου αντήχησης, εξήχθησαν οι αναλυτικές τιμές των ακουστικών παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν για τη σύγκριση μεταξύ μετρήσεων και μοντέλου:

1. TotalSPL
2. EDT
3. STI
4. C50 στις συχνότητες 500Hz, 1kHz και 2kHz
5. C80 στις συχνότητες 500Hz, 1kHz και 2kHz

Τα μεγέθη TotalSPL, EDT και STI εξετάστηκαν ως προς τις συνολικές τιμές που προκύπτουν από την ανάλυση, ενώ οι δείκτες ευκρίνειας C50 και C80 εξετάστηκαν στις συχνότητες 500Hz, 1kHz και 2kHz. Η επιλογή αυτή επικεντρώνει τη σύγκριση στη μεσαία συχνотική περιοχή, η οποία παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την αξιολόγηση της ομιλίας και της μουσικής.

Για την ποσοτική σύγκριση της συμφωνίας μεταξύ μέτρησης και προσομοίωσης χρησιμοποιήθηκαν τρία μεγέθη της στατιστικής: το μέσο σφάλμα (Bias), η ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (Root Mean Square Error – RMSE) και το τετράγωνο του συντελεστή γραμμικής συσχέτισης Pearson (R^2). Το Bias εκφράζει τη μέση συστηματική απόκλιση μεταξύ υπολογισμών και μετρήσεων (Wikipedia, 2025). Στην παρούσα ανάλυση η διαφορά ορίζεται ως υπολογισμένη μείον μετρημένη τιμή, επομένως θετικό Bias υποδηλώνει τάση υπερεκτίμησης από το μοντέλο, ενώ αρνητικό Bias τάση υποεκτίμησης. Το RMSE αποτελεί δείκτη του συνολικού μεγέθους των αποκλίσεων και λόγω του τετραγωνισμού των σφαλμάτων, επηρεάζεται περισσότερο από τις μεγαλύτερες αποκλίσεις (Statistics Fundamentals Team, 2026). Συνεπώς, μικρές τιμές RMSE σημαίνουν συμφωνία μεταξύ μοντέλου και υπολογισμού, μεγάλες τιμές δείχνουν σημαντικές αποκλίσεις. Τέλος, το R^2 χρησιμοποιείται συμπληρωματικά και εξετάζει τη γραμμική συσχέτιση μεταξύ των υπολογισμένων και των μετρημένων τιμών, δηλαδή αν οι τιμές υπολογισμού ακολουθούν

το ίδιο μοτίβο με την μέτρηση και αν υπάρχει σταθερή μετατόπιση, ή αλλιώς δίνει ένα ποσοστό διακύμανσης (Wikipedia, 2026). Οι τιμές του κυμαίνονται από 0 έως 1, όπου πλησιέστερα στη μονάδα υποδηλώνεται ισχυρότερη γραμμική συσχέτιση. Ο Πίνακας 5.1 δείχνει τον τύπο υπολογισμού για κάθε μέγεθος.

Πίνακας 5.4. Τύποι υπολογισμού των στατιστικών μεγεθών Bias, RMSE και R^2

	Τύπος υπολογισμού
Bias	$\text{Bias} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (C_i - M_i)$
RMSE	$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (C_i - M_i)^2}$
R^2	$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^n (M_i - \bar{M})(C_i - \bar{C})]^2}{\sum_{i=1}^n (M_i - \bar{M})^2 \sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}$

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα, ο Πίνακας 5.5 παρουσιάζει τις τιμές των μετρήσεων της παντοκατευθυντικής πηγής, ο Πίνακας 5.6 τους υπολογισμούς του ίδιου συστήματος από το μοντέλο προσομοίωσης και ο Πίνακας 5.7 τα αποτελέσματα της μεταξύ τους σύγκρισης.

Πίνακας 5.5. Τιμές από τις μετρήσεις της παντοκατευθυντικής πηγής NOR276

Θέσεις	SPL	EDT	STI	C50 500Hz	C50 1kHz	C50 2kHz	C80 500Hz	C80 1kHz	C80 2kHz
C-3	100.2	1.1	0.73	4.0	7.7	7.4	4.7	8.8	8.2
C-12	94.6	1.3	0.64	6.6	2.6	2.2	7.9	3.9	3.3
6-1 FOH	89.7	1.3	0.58	3.0	1.3	0.9	4.9	3.1	2.7
6-12	88.0	1.5	0.59	2.3	1.8	2.9	3.8	3.2	4.0
A-3	98.3	1.1	0.67	2.3	4.4	4.6	4.6	5.6	6.1
A-12	94.2	1.2	0.62	5.4	3.9	2.8	7.0	4.8	4.5
2-1	90.5	1.5	0.56	4.0	3.3	4.3	5.4	4.1	5.1
2-12	88.0	1.7	0.55	3.0	3.7	3.5	3.7	4.4	4.0
E-3	99.0	0.8	0.69	3.9	6.3	4.9	6.6	8.2	6.5
E-12	95.2	1.2	0.66	5.5	4.4	4.6	7.1	5.8	6.6
11-1	90.8	1.7	0.61	5.6	2.7	3.0	7.0	4.1	4.2
11-12	88.3	1.5	0.58	4.6	3.9	3.9	5.6	4.7	4.8

B-8	96.6	1.3	0.65	4.8	3.8	4.0	6.4	5.3	5.0
B-18	92.4	1.3	0.62	4.4	1.8	2.5	6.4	2.9	4.0
4-7	89.5	1.7	0.53	2.5	0.9	0.6	7.0	3.2	3.0
D-8	96.9	1.2	0.69	6.6	4.9	6.2	8.2	6.4	7.3
D-18	92.8	1.1	0.61	5.4	2.4	2.7	7.9	4.1	4.0
9-7	89.9	1.3	0.59	3.3	0.8	2.5	5.4	2.9	4.5

Πίνακας 5.6. Τιμές από τους υπολογισμούς της προσομοίωσης της παντοκατευθυντικής πηγής NOR276

Θέσεις	SPL	EDT	STI	C50 500Hz	C50 1kHz	C50 2kHz	C80 500Hz	C80 1kHz	C80 2kHz
C-3	96.7	1.3	0.66	2.9	3.1	3.5	4.3	4.6	4.9
C-12	92.7	1.8	0.61	1.8	1.9	2.4	2.9	3.0	3.5
6-1 FOH	90.2	1.8	0.58	1.2	1.3	1.5	1.9	2.1	2.4
6-12	87.7	1.7	0.57	0.7	0.8	1.2	1.6	1.8	2.4
A-3	96.6	1.4	0.65	3.4	3.6	3.9	4.5	4.7	4.9
A-12	92.7	1.8	0.58	0.4	0.6	1.0	2.1	2.2	2.7
2-1	89.9	1.9	0.54	0.0	0.2	0.6	0.9	1.3	1.8
2-12	87.5	2.1	0.54	-0.4	0.1	0.5	0.4	0.9	1.5
E-3	96.5	1.4	0.65	3.4	3.5	3.8	4.5	4.6	4.9
E-12	92.7	1.8	0.57	0.4	0.6	1.1	1.9	2.3	2.7
11-1	90.0	1.9	0.54	0.0	0.3	0.6	1.1	1.4	1.9
11-12	87.4	2.1	0.54	-0.5	-0.1	0.3	0.2	0.6	1.2
B-8	94.4	1.5	0.62	1.8	2.0	2.2	3.5	3.7	4.0
B-18	90.9	1.8	0.57	0.4	0.6	0.9	2.1	2.4	2.8
4-7	88.9	1.7	0.54	-1.2	-1.0	-0.7	1.2	1.5	2.0
D-8	94.4	1.6	0.62	1.8	2.0	2.4	3.5	3.8	4.2
D-18	90.8	1.8	0.57	0.8	0.8	1.1	2.2	2.3	2.8
9-7	88.8	1.8	0.53	-1.3	-1.0	-0.6	1.1	1.4	1.9

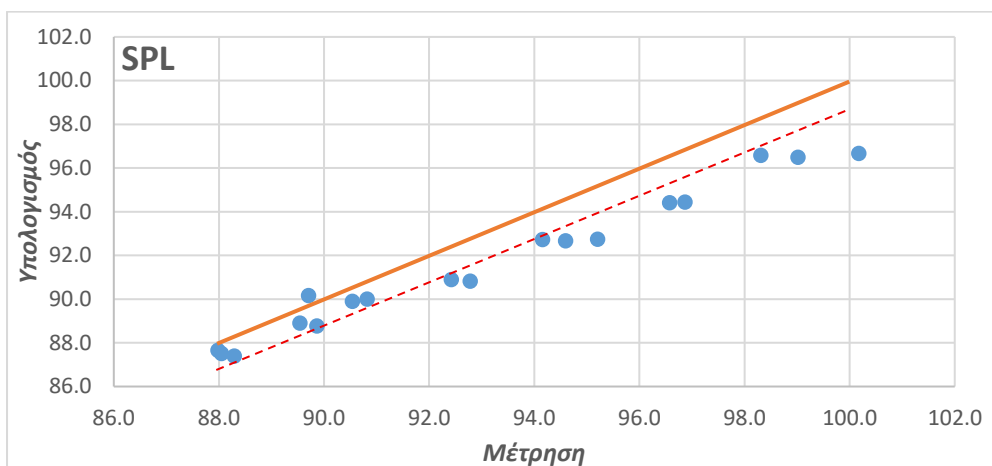
Πίνακας 5.7. Συγκριτικός πίνακας μέτρησης και προσομοίωσης

	SPL	EDT	STI	C50 500Hz	C50 1kHz	C50 2kHz	C80 500Hz	C80 1kHz	C80 2kHz
	(dB)	(sec)		(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)
Bias	-1.5	0.4	-0.04	-3.4	-2.3	-2.1	-3.9	-2.3	-2.0
RMSE	1.7	0.4	0.04	3.9	2.6	2.5	4.2	2.5	2.3
R²	0.98	0.55	0.79	0.01	0.50	0.38	0.03	0.53	0.42

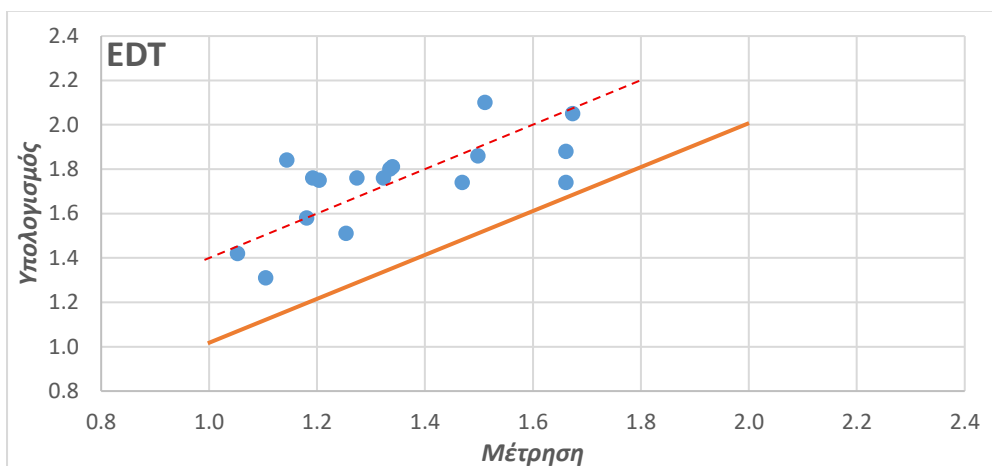
Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων προκύπτει καλή συμφωνία για το TotalSPL, με Bias περίπου 1.5dB, γεγονός που υποδεικνύει σχετικά μικρή απόκλιση μεταξύ υπολογισμένων και μετρημένων ηχητικών σταθμών. Αντίστοιχα, για το STI παρατηρείται σχεδόν μηδενικό Bias, δηλαδή δεν εμφανίζεται σημαντική τάση υπερεκτίμησης ή υποεκτίμησης από το μοντέλο. Μεγαλύτερες αποκλίσεις εμφανίζονται στο EDT, με $R^2 = 0.55$ και Bias περίπου 0.4sec. Η σύγκριση της συγκεκριμένης παραμέτρου αξιολογείται με επιφύλαξη, καθώς, όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 4.6, σε μέρος των μετρήσεων το REW εμφάνισε ενδείξεις μειωμένης αξιοπιστίας ως προς την εκτίμηση του EDT.

Αποκλίσεις παρατηρούνται επίσης στους δείκτες ευκρίνειας C50 και C80. Στη συχνοτική περιοχή μεταξύ 500Hz και 2kHz το μοντέλο παρουσιάζει γενικά τάση υποεκτίμησης των μετρημένων τιμών, με αποκλίσεις της τάξης των 2–4dB, ενώ οι χαμηλές τιμές του R^2 υποδηλώνουν περιορισμένη αντιστοιχία ως προς τη μεταβολή των τιμών μεταξύ των διαφορετικών θέσεων. Κατά την ερμηνεία των αποκλίσεων αυτών πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι συνθήκες των επιτόπιων μετρήσεων της παντοκατευθυντικής πηγής. Όπως αναλύθηκε στην παράγραφο 4.6, κατά τη συγκεκριμένη μέτρηση υπήρχε αυξημένος θόρυβος βάθους, ενώ σε ορισμένες θέσεις και συχνοτικές ζώνες καταγράφηκαν χαμηλές τιμές S/N. Συνεπώς, οι αποκλίσεις μεταξύ μετρήσεων και προσομοίωσης δεν μπορούν να αποδοθούν αποκλειστικά στην πολύπλοκη γεωμετρία του χώρου και τους περιορισμούς του μοντέλου, αλλά μπορεί να σχετίζονται και με τις συνθήκες των μετρήσεων.

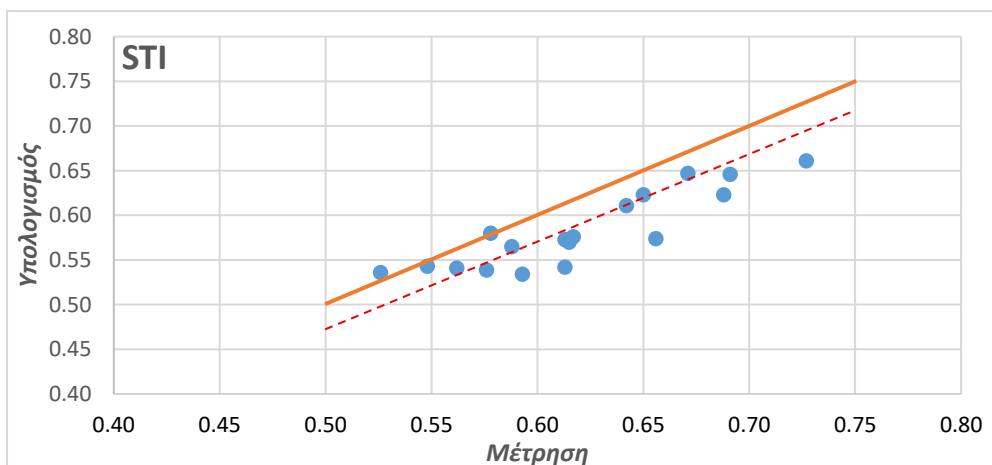
Η σύγκριση αναλύεται περαιτέρω στα σχήματα που ακολουθούν (Σχήμα 5.3 - Σχήμα 5.7) με τη βοήθεια διαγραμμάτων διασποράς (scatter plots), όπου απεικονίζονται οι θέσεις στο κοίλο ανάλογα με την τιμή μέτρησης (οριζόντιος άξονας) και την τιμή υπολογισμού (κάθετος άξονας). Η εγγύτητα των σημείων στη γραμμή ισότητας (πορτοκαλί) αποτελεί ένδειξη συμφωνίας μεταξύ μέτρησης και προσομοίωσης.



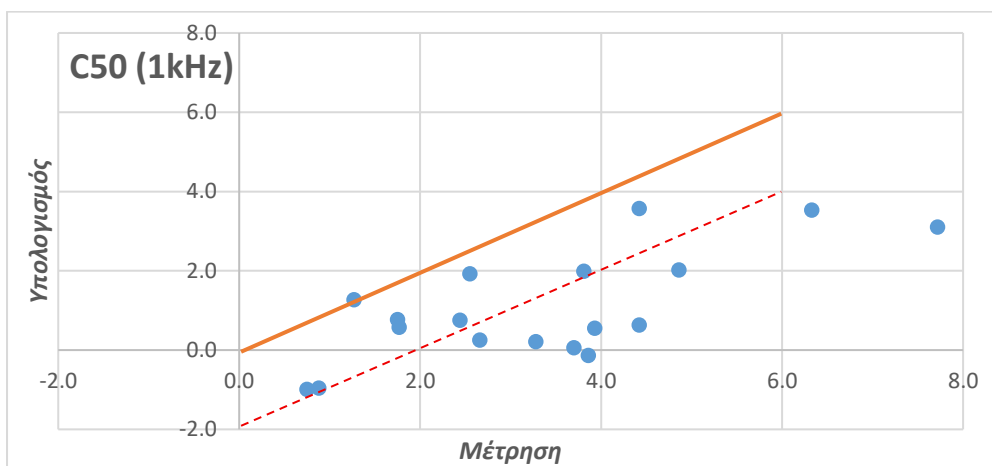
Σχήμα 5.3 Διάγραμμα διασποράς μεταξύ μετρήσεων – υπολογισμών για το SPL



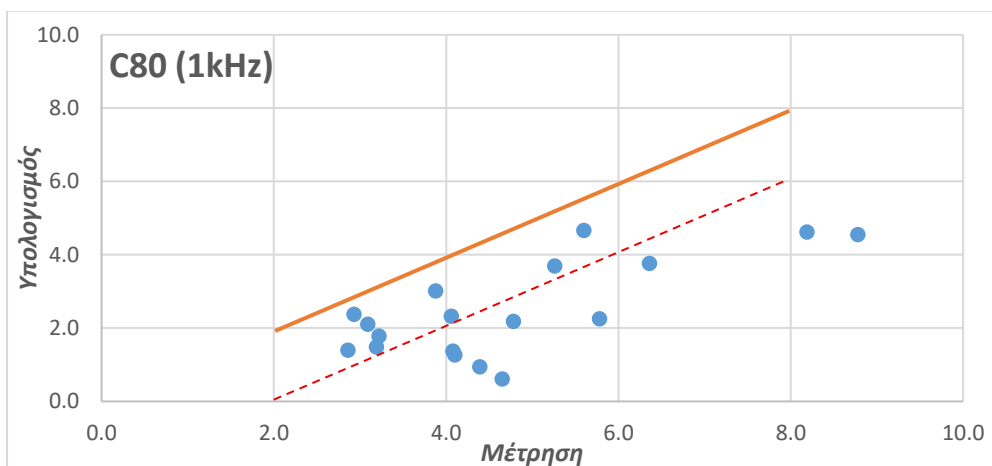
Σχήμα 5.4 Διάγραμμα διασποράς μεταξύ μετρήσεων – υπολογισμών για το EDT



Σχήμα 5.5 Διάγραμμα διασποράς μεταξύ μετρήσεων – υπολογισμών για το STI



Σχήμα 5.6 Διάγραμμα διασποράς μεταξύ μετρήσεων – υπολογισμών για το C50



Σχήμα 5.7 Διάγραμμα διασποράς μεταξύ μετρήσεων – υπολογισμών για το C80

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι το μοντέλο αναπαράγει με επάρκεια τη συνολική ακουστική συμπεριφορά του χώρου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο συγκριτικής αξιολόγησης διαφορετικών διατάξεων ηχητικών συστημάτων, παρά τις επιμέρους αποκλίσεις που παρατηρούνται σε ορισμένες παραμέτρους και θέσεις. Οι περιορισμοί αυτοί λαμβάνονται υπόψη κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

6 Αποτελέσματα μετρήσεων και ακουστικής προσομοίωσης

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των επιτόπιων μετρήσεων και των υπολογισμών της ακουστικής προσομοίωσης για τις παραμέτρους που χρησιμοποιούνται στη συγκριτική αξιολόγηση. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται κάποια στατιστικά μεγέθη, όπως η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση (SD), η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή. Στόχος είναι η περιεκτική αποτύπωση της συμπεριφοράς κάθε διάταξης τόσο συνολικά όσο και στις επιμέρους θέσεις αξιολόγησης.

Λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς των μετρήσεων και του μοντέλου που αναλύθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, οι μετρημένες και οι υπολογισμένες τιμές παρουσιάζονται παράλληλα ανά ακουστική παράμετρο, χωρίς όμως να αναμένεται απόλυτη συμφωνία μεταξύ τους. Έμφαση δίνεται περισσότερο στις διαφορές μεταξύ των εξεταζόμενων διατάξεων και στη μεταβολή των τιμών μεταξύ των επιμέρους θέσεων αξιολόγησης.

Για τη διευκόλυνση της παρουσίασης των αποτελεσμάτων χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι συμβολισμοί:

- | | |
|----------------|--|
| Μετρήσεις: | <ul style="list-style-type: none">• M1 – Παντοκατευθυντική πηγή• M2 – Επιδαπέδιο σύστημα• M3 – Αναρτώμενο σύστημα |
| Προσομοιώσεις: | <ul style="list-style-type: none">• S1 – Παντοκατευθυντική πηγή στο κέντρο της ορχήστρας• S2 – Παντοκατευθυντική πηγή στο κέντρο της σκηνής• S3 – Επιδαπέδιο σύστημα• S4 – Αναρτώμενο σύστημα |

Λόγω του μεγάλου όγκου των δεδομένων, στο κυρίως κείμενο της εργασίας παρουσιάζονται μόνο τα στοιχεία που είναι απαραίτητα για τη συγκριτική αξιολόγηση. Τα πλήρη δεδομένα παρατίθενται με λεπτομέρεια σε παραρτήματα. Στο Παράρτημα C υπάρχουν αναλυτικοί πίνακες με τις τιμές των μετρήσεων ανά θέση, σύστημα και ακουστική παράμετρο, μαζί με χάρτες χωρικής κατανομής, γραφικές παραστάσεις και κρουστικές αποκρίσεις. Αντίστοιχα, στο Παράρτημα D δίνονται πίνακες από τους ακουστικούς υπολογισμούς για κάθε σενάριο προσομοίωσης και συνοδεύονται από συμπληρωματικούς πίνακες, γραφήματα κατανομής, χάρτες γραφήματα και κρουστικές αποκρίσεις.

6.1 Ηχητική στάθμη και χωρική κατανομή

Ο Πίνακας 6.1 παρουσιάζει συγκριτικά τις τιμές ηχητικής στάθμης SPL(A) από τις μετρήσεις και τις αντίστοιχες τιμές TotalSPL από τις προσομοιώσεις.

Πίνακας 6.1. Συνοπτικά αποτελέσματα μετρήσεων και υπολογισμών για την ηχητική στάθμη SPL (dBA)

		Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
	Μετρήσεις				
M1	Παντοκατευθυντική πηγή	93.1	4.0	88.0	100.2
M2	Επιδαπέδιο σύστημα	91.0	3.2	83.7	96.6
M3	Αναρτώμενο σύστημα	90.9	1.3	87.7	92.3
	Προσομοιώσεις				
S1	Παντοκατευθυντική στο κέντρο της ορχήστρας	88.1	3.2	83.7	93.3
S2	Παντοκατευθυντική στο κέντρο της σκηνής	87.5	2.6	83.4	91.7
S3	Επιδαπέδιο σύστημα	90.2	2.3	85.7	94.8
S4	Αναρτώμενο σύστημα	90.8	1.3	88.0	92.6

Στις μετρήσεις, οι μέσες τιμές των τριών διατάξεων βρίσκονται σχετικά κοντά μεταξύ τους, με περίπου 93dB(A) για το M1 και 91dB(A) για τα M2 και M3. Μεγαλύτερες όμως διαφορές εμφανίζονται ως προς τη μεταβολή της στάθμης μεταξύ των θέσεων αξιολόγησης. Το M1 παρουσιάζει SD 4dB και συνολικό εύρος τιμών περίπου 12dB. Παρόμοιες τιμές βλέπουμε στο M2, με SD 3dB και σχεδόν 13dB εύρος, ενώ το M3 εμφανίζει σαφώς μικρότερες μεταβολές της ηχητικής στάθμης μεταξύ των θέσεων, με SD 1.3dB και εύρος 4.6dB αντίστοιχα.

Στις προσομοιώσεις οι μέσες τιμές TotalSPL κυμαίνονται από 87.5 έως περίπου 91dB(A). Τα σενάρια S1 και S2 παρουσιάζουν τις χαμηλότερες μέσες στάθμες, ενώ τα S3 και S4 είναι κατά 2-3dB υψηλότερες. Η τυπική απόκλιση στα S1, S2 και S3 κυμαίνεται μεταξύ 2.3-3.2dB και το εύρος τιμών είναι περίπου 9dB, ενώ στο S4 περιορίζεται στο 1.3dB και το

αντίστοιχο εύρος τιμών είναι 5dB, παρουσιάζοντας τη μεγαλύτερη ομοιομορφία μεταξύ των προσομοιωμένων περιπτώσεων.

Συμπληρωματικά για τις προσομοιώσεις υπολογίστηκε το DirectSPL, το οποίο αφορά τη στάθμη που προκύπτει από τη συνεισφορά μόνο του απευθείας ήχου για κάθε θέση και επομένως επιτρέπει την εξέταση της άμεσης κάλυψης που παρέχει η κάθε διάταξη, χωρίς την συνεισφορά των ανακλάσεων. (Πίνακας 6.2)

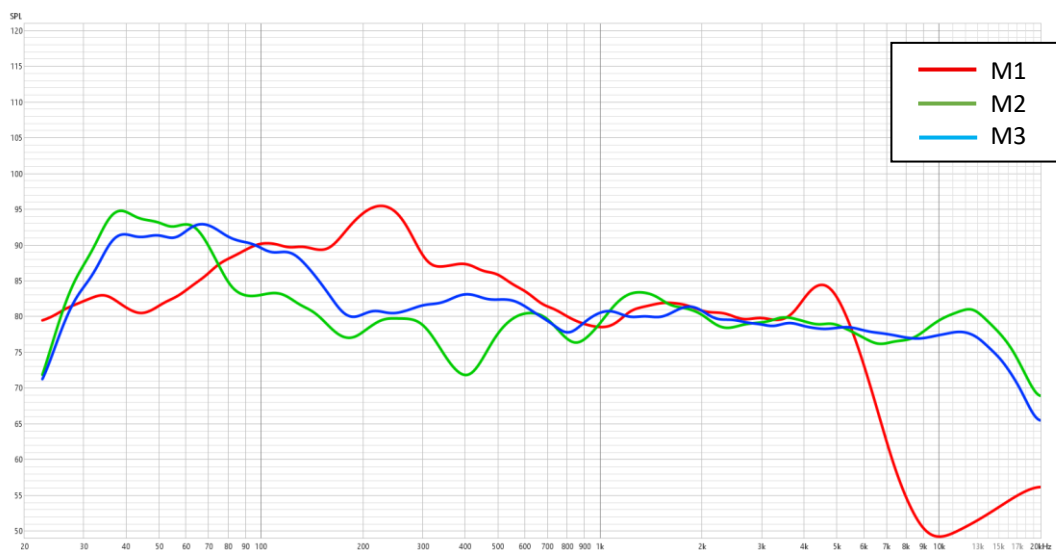
Πίνακας 6.2. Συνοπτικά αποτελέσματα υπολογισμών για την απευθείας ηχητική στάθμη directSPL (dBA)

		Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
	Προσομοιώσεις				
S1	Παντοκατευθυντική στο κέντρο της ορχήστρας	81.3	3.5	76.8	87.1
S2	Παντοκατευθυντική στο κέντρο της σκηνής	79.5	2.8	75.4	84.3
S3	Επιδαπέδιο σύστημα	86.1	2.4	81.9	90.3
S4	Αναρτώμενο σύστημα	86.4	0.7	85.2	87.5

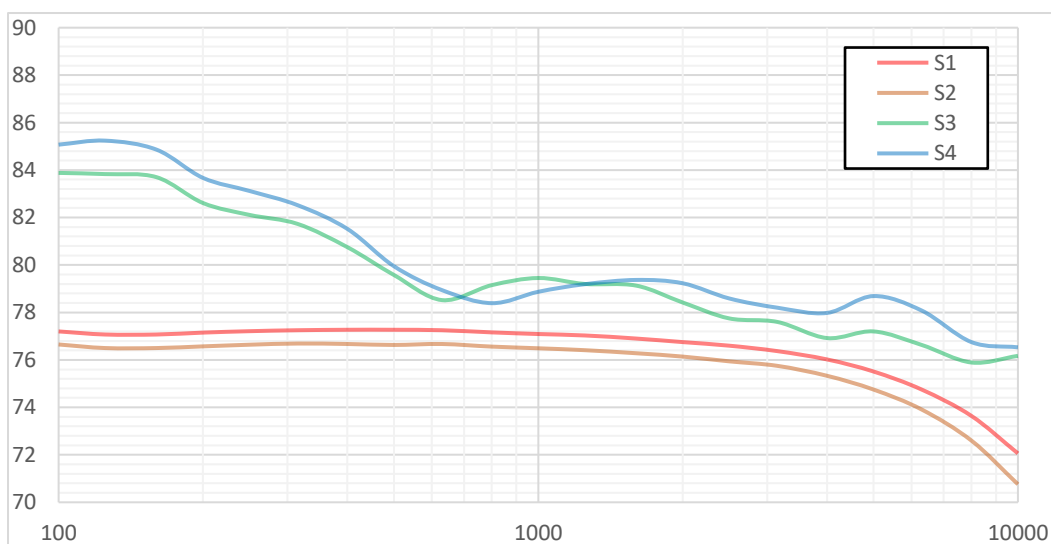
Παρατηρούμε ότι στο Direct SPL η διαφορά ως προς την ομοιομορφία της κάλυψης γίνεται ακόμη πιο εμφανής. Τα S1, S2 και S3 διατηρούν SD 2.5-3.5dB και εύρος τιμών μεταξύ 8.4 και 10.3dB, ενώ το S4 παρουσιάζει SD μόλις 0.7dB και συνολικό εύρος 2.2dB, επιβεβαιώνοντας τη μεγαλύτερη ομοιομορφία της άμεσης κάλυψης του αναρτώμενου συστήματος.

6.2 Συχνотική απόκριση

Για τη μελέτη της συχνотικής απόκρισης δημιουργήθηκε το Σχήμα 6.1 που παρουσιάζει τη μέση συχνотική απόκριση κάθε διάταξης, όπως υπολογίζεται από τις επιμέρους αποκρίσεις των εξεταζόμενων θέσεων μέσω της λειτουργίας AverageRMS του REW. Αντίστοιχα στο Σχήμα 6.2 παρουσιάζεται η μέση συχνотική απόκριση των σεναρίων προσομοίωσης, με βάση τη μέση τιμή (Average) που υπολογίζεται από το EASE για το TotalSPL.



Σχήμα 6.1 Μέση σχετική απόκριση κάθε διάταξης από τις μετρήσεις στις θέσεις του κοίλου, υπολογισμένη από το REW (Average RMS)



Σχήμα 6.2 Μέση σχετική απόκριση κάθε προσομοιωμένου σεναρίου, υπολογισμένη από τη μέση τιμή (average) TotalSPL(Z) στο λογισμικό EASE

Στο Σχήμα 6.1 με τις μετρήσεις παρατηρούνται σημαντικές διαφοροποιήσεις στις χαμηλές και χαμηλομεσαίες συχνότητες, ενώ στο εύρος περίπου 1-4kHz οι αποκρίσεις και των τριών διατάξεων συγκλίνουν. Πιο συγκεκριμένα η M1 εμφανίζει έντονα τη χαρακτηριστική σχετική απόκριση της παντικατευθυντικής πηγής, με μια ενίσχυση περίπου στα 200–250Hz και σημαντική πτώση της στάθμης μετά τα 6kHz περίπου. Επομένως η συγκεκριμένη καμπύλη δεν μπορεί να αποδοθεί αποκλειστικά στην ακουστική συμπεριφορά του χώρου. Η καμπύλη M2 εμφανίζει έντονη ενίσχυση στην χαμηλή περιοχή

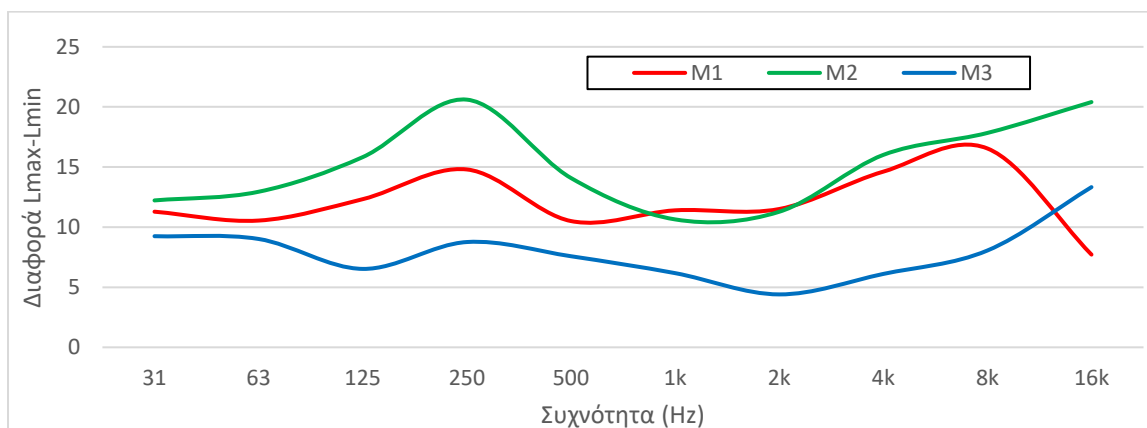
των 40-70Hz, κάποιες έντονες βυθίσεις γύρω στα 200, 400 και 850Hz, ενώ πάνω από το 1kHz η απόκριση παρουσιάζει ομαλότερη εξέλιξη. Καλύτερη εικόνα παρουσιάζει η M3, όπου παραμένει η κορυφή στις χαμηλές συχνότητες, μεταξύ 40-100Hz, αλλά δεν ακολουθείται από την αντίστοιχη βύθιση στις μεσαίες, συνεπώς η απόκριση εξελίσσεται ομαλά στο υπόλοιπο φάσμα.

Στο Σχήμα 6.2 από τις προσομοιώσεις, τα S3 και S4 παρουσιάζουν παρόμοια γενική τάση μεταξύ τους, αλλά και σε σχέση με τις αντίστοιχες μετρήσεις M2 και M3. Παρατηρείται υψηλότερη στάθμη στις χαμηλότερες συχνотικές ζώνες έως περίπου τα 500Hz και ομαλότερη εξέλιξη στο υπόλοιπο φάσμα. Στην περίπτωση της παντοκατευθυντικής πηγής S1 και S2 φαίνεται αντίστοιχα ομαλή απόκριση, με την S2 να έχει συστηματικά χαμηλότερη στάθμη από το S1. Η διαφορά αυτή συνδέεται με τη διαφορετική θέση της πηγής και, κατά συνέπεια, με τις μεγαλύτερες αποστάσεις από τις θέσεις των ακροατών.

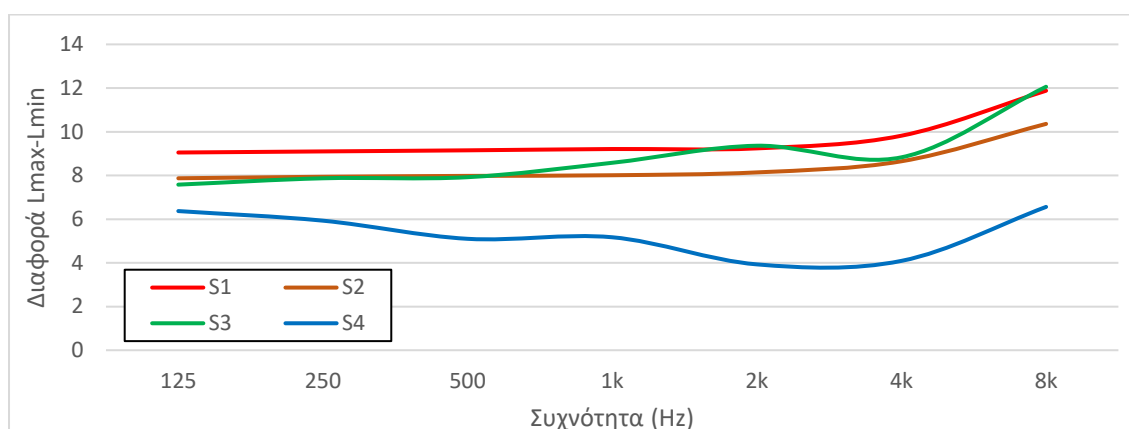
Συμπληρωματικά, για κάθε συχνотική ζώνη υπολογίστηκε το εύρος μεταβολής της ηχητικής στάθμης μεταξύ των θέσεων ακρόασης, ως διαφορά της μέγιστης από την ελάχιστη τιμή SPL ($L_{\max} - L_{\min}$). Με τον τρόπο αυτό εξετάζεται η χωρική ομοιομορφία της συχνотικής απόκρισης. Ο Πίνακας 6.3 περιέχει τα αποτελέσματα.

Πίνακας 6.3. Εύρος μεταβολής της ηχητικής στάθμης ανά συχνότητα μεταξύ των θέσεων του κοίλου για τις μετρήσεις και τις προσομοιώσεις

Συχνότητα (Hz)	M1	M2	M3	S1	S2	S3	S4
31	11.3	12.2	9.2				
63	10.5	12.9	9.0				
125	12.3	15.8	6.5	9.1	7.9	7.6	6.4
250	14.8	20.6	8.8	9.1	7.9	7.9	5.9
500	10.5	14.1	7.6	9.2	8.0	7.9	5.1
1k	11.4	10.6	6.2	9.2	8.0	8.6	5.2
2k	11.5	11.3	4.4	9.2	8.1	9.4	3.9
4k	14.6	16.0	6.1	9.8	8.7	8.8	4.1
8k	16.5	17.8	8.1	11.9	10.4	12.1	6.6
16k	7.7	20.4	13.3				



Σχήμα 6.3 Εύρος μεταβολής της ηχητικής στάθμης ($L_{\max}-L_{\min}$) ανά συχνότητα για τις θέσεις στο κοίλο των διατάξεων που μετρήθηκαν



Σχήμα 6.4 Εύρος μεταβολής της ηχητικής στάθμης ($L_{\max}-L_{\min}$) ανά συχνότητα για τις θέσεις στο κοίλο των σεναρίων που προσομοιώθηκαν

Στις μετρήσεις, το μικρότερο εύρος μεταβολής εμφανίζεται στο M3, όπου από 125Hz έως 8kHz οι τιμές του κυμαίνονται μεταξύ 4.4-8.8dB, ενώ στα M1 και M2 παρατηρούνται μεγαλύτερες μεταβολές, οι οποίες σε ορισμένες ζώνες υπερβαίνουν τα 15dB. Αντίστοιχη εικόνα προκύπτει από τις προσομοιώσεις, όπου το S4 παρουσιάζει επίσης το μικρότερο εύρος, από 3.9 έως 6.6dB, ενώ για τα S1, S2 και S3 εμφανίζονται μεγαλύτερες διαφοροποιήσεις μεταξύ των θέσεων. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με την εικόνα των επιμέρους συχνотικών αποκρίσεων των μετρήσεων που παρατίθενται στο Παράρτημα C και των γραφημάτων μέσης, μέγιστης και ελάχιστης τιμής των προσομοιώσεων που παρατίθενται στο Παράρτημα D.

6.3 Χρόνος αντήχησης

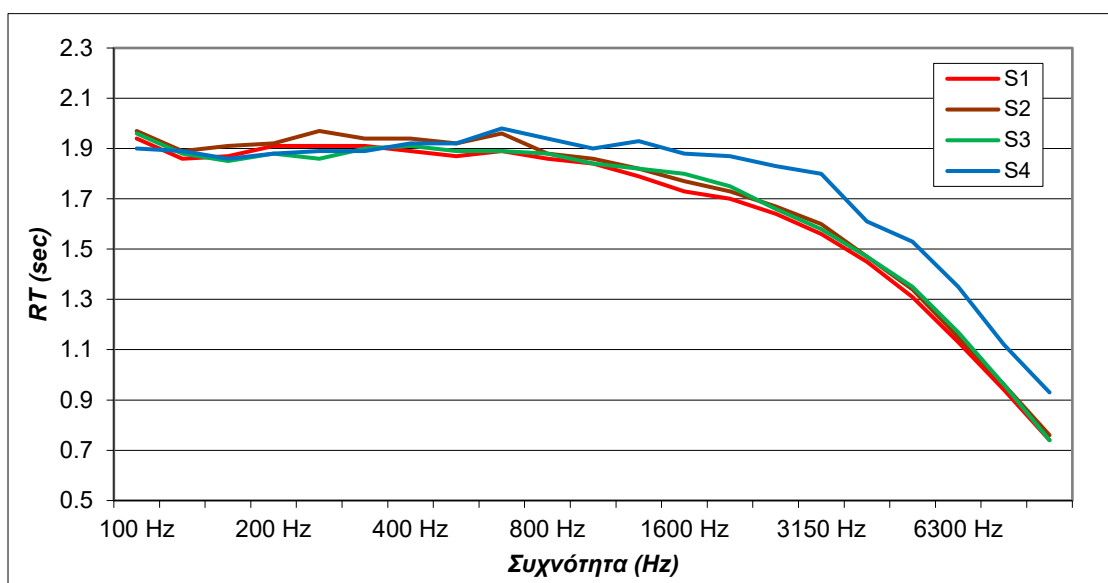
Ο χρόνος αντήχησης των μετρήσεων αξιολογήθηκε μέσω της παραμέτρου $T_{0.01}$ του REW, η οποία υπολογίζεται από τμήμα της καμπύλης απόσβεσης που παρουσιάζει την καλύτερη γραμμική προσαρμογή. Η επιλογή αυτή χρησιμοποιήθηκε λόγω των διαφοροποιήσεων στο διαθέσιμο δυναμικό εύρος των μετρήσεων, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις όπου η καταγραφή επηρεαζόταν περισσότερο από τον θόρυβο βάθους. Στις προσομοιώσεις χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης T20. Καθώς πρόκειται για διαφορετικούς τρόπους εκτίμησης του χρόνου αντήχησης, η σύγκριση των απόλυτων τιμών τους εξετάζεται με επιφύλαξη.

Για κάθε διάταξη υπολογίστηκε η μέση τιμή των εξεταζόμενων θέσεων ανά συχνотική ζώνη. Ο Πίνακας 6.4 παρουσιάζει τις τιμές που προκύπτουν από τις μετρήσεις. Η M1 εμφανίζει υψηλότερες τιμές RT, ενώ οι M2 και M3 έχουν παρόμοια συμπεριφορά με τιμές περίπου 1.1-1.3sec. Η διαφοροποίηση της M1 συνδέεται κυρίως με τις διαφορετικές συνθήκες διαμόρφωσης του χώρου κατά τη συγκεκριμένη μέτρηση, καθώς δεν υπήρχαν τα σκηνικά και τα μαξιλαράκια του κοινού που ήταν τοποθετημένα κατά τις μετρήσεις των άλλων δύο διατάξεων.

Πίνακας 6.4. Μέσος τιμή του μετρημένου RT (sec) ανά διάταξη

	Συχνότητα (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
M1	1.3	1.3	1.5	1.5	1.6	1.5	1.2	1.2
M2	1.3	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0
M3	1.3	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.2	1.0

Στο Σχήμα 6.5 παρακάτω απεικονίζονται γραφικά τα αντίστοιχα αποτελέσματα από τις προσομοιώσεις S1-S4 (οι τιμές αναλυτικά δίνονται στο παράρτημα D). Τα διαφορετικά σενάρια παρουσιάζουν γενικά παρόμοια εξέλιξη του T20 ως προς τη συχνότητα, με μικρές διαφοροποιήσεις μεταξύ τους. Μικρή απόκλιση εμφανίζει το S4, κυρίως στις υψηλότερες συχνότητες μετά το 1kHz. Η γενικά περιορισμένη διαφοροποίηση του RT μεταξύ των σεναρίων είναι αναμενόμενη, καθώς η γεωμετρία και οι ακουστικές ιδιότητες του χώρου παραμένουν σταθερές και μεταβάλλεται μόνο η διάταξη των πηγών.



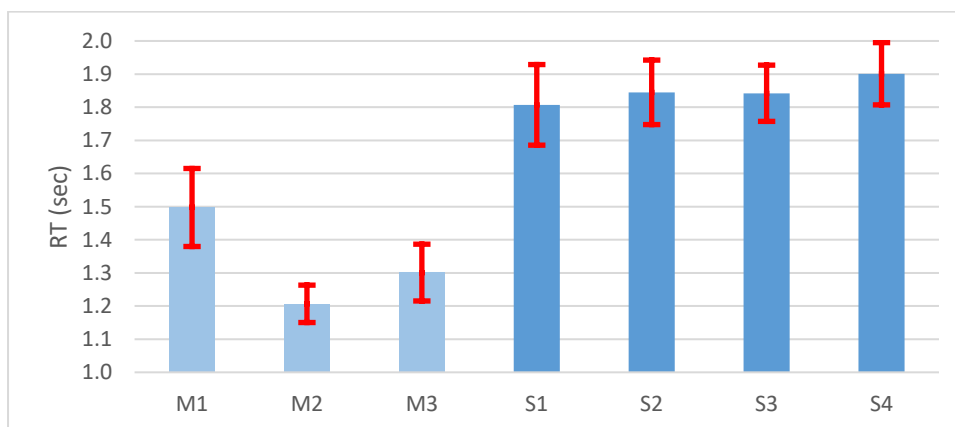
Σχήμα 6.5 Μέση τιμή του υπολογισμένου RT (sec) ανά διάταξη

Στις υπολογισμένες τιμές T20 παρατηρείται γενικά υπερεκτίμηση σε σχέση με τις μετρήσεις, της τάξης περίπου των 0.5sec. Η απόκλιση αυτή διερευνήθηκε μέσω του AURA Response κατά τη βαθμονόμηση και επικύρωση του μοντέλου, όπως αναλύθηκε στην παράγραφο 5.5. Δεδομένου ότι ο χρόνος αντήχησης που υπολογίστηκε με τη σχέση Eyring παρουσίασε ικανοποιητική συμφωνία με τις μετρήσεις, δεν πραγματοποιήθηκε περαιτέρω προσαρμογή των ακουστικών ιδιοτήτων του μοντέλου. Για τον λόγο αυτό, οι τιμές T20 της προσομοίωσης χρησιμοποιούνται κυρίως για την εξέταση των σχετικών διαφορών μεταξύ των σεναρίων και όχι ως απόλυτη πρόβλεψη του χρόνου αντήχησης του χώρου.

Συνοπτικά και για εύκολη σύγκριση των διαφορετικών περιπτώσεων δίνεται παρακάτω ο Πίνακας 6.5 που αφορά τη ζώνη του 1kHz και παρουσιάζει τη μέση τιμή, τη τυπική απόκλιση, τη μέγιστη και την ελάχιστη τιμή των εξεταζόμενων θέσεων. Η σύγκριση αποτυπώνει την υψηλότερη τιμή του T20 στις προσομοιώσεις σε σχέση με τις μετρήσεις, αλλά παράλληλα δείχνει μικρή τυπική απόκλιση και περιορισμένο εύρος τιμών σε όλες τις εξεταζόμενες περιπτώσεις.

Πίνακας 6.5. Συνοπτικά αποτελέσματα μετρήσεων και υπολογισμών για το RT (sec)

		Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
Μετρήσεις στο 1kHz					
M1	Παντοκατευθυντική πηγή	1.5	0.12	1.3	1.8
M2	Επιδαπέδιο σύστημα	1.2	0.06	1.1	1.3
M3	Αναρτώμενο σύστημα	1.3	0.09	1.2	1.6
Προσομοιώσεις στο 1kHz					
S1	Παντοκατευθυντική στο κέντρο της ορχήστρας	1.8	0.12	1.6	2.0
S2	Παντοκατευθυντική στο κέντρο της σκηνής	1.8	0.10	1.6	2.0
S3	Επιδαπέδιο σύστημα	1.8	0.08	1.7	2.0
S4	Αναρτώμενο σύστημα	1.9	0.09	1.7	2.1



Σχήμα 6.6 Μέση τιμή του RT στο 1kHz ανά διάταξη (η γραμμή σφάλματος ισούται με την μέση τιμή $\pm$ την τυπική απόκλιση)

6.4 Χρόνος πρώιμης απόσβεσης

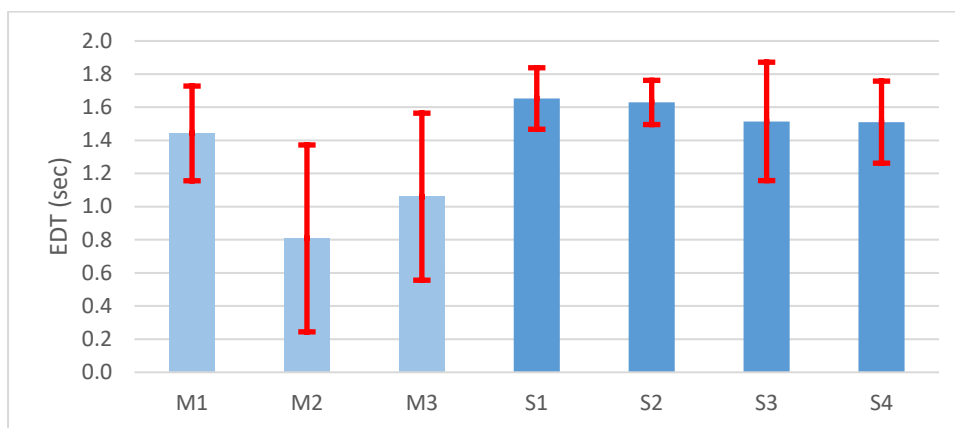
Ακολουθεί η ανάλυση του χρόνου πρώιμης απόσβεσης EDT στο 1kHz. Ο Πίνακας 6.6 περιλαμβάνει τη μέση τιμή, την τυπική απόκλιση, την ελάχιστη και τη μέγιστη τιμή, ενώ τα αποτελέσματα παρουσιάζονται και γραφικά στο Σχήμα 6.7.

Έχει ήδη αναφερθεί στην παράγραφο 4.6 ότι οι τιμές που προκύπτουν από τις μετρήσεις για τον δείκτη EDT αξιολογούνται με ιδιαίτερη επιφύλαξη, καθώς το REW εμφάνισε ενδείξεις μειωμένης αξιοπιστίας για μεγάλο μέρος των αποτελεσμάτων. Παράλληλα, παρατηρείται σημαντική μεταβλητότητα μεταξύ των θέσεων, με σχετικά υψηλές τιμές SD και χαμηλές ελάχιστες τιμές στα M2 και M3, οι οποίες κυμαίνονται μεταξύ 0.2-0.4sec. Για τον λόγο αυτό, οι διαφορές του EDT μεταξύ των μετρημένων περιπτώσεων δεν χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή ισχυρών συγκριτικών συμπερασμάτων.

Στις προσομοιώσεις οι τιμές παρουσιάζουν μικρότερη μεταβλητότητα μεταξύ των θέσεων. Οι μέσες τιμές του EDT κυμαίνονται μεταξύ 1.5-1.7sec με SD 0.2-0.4sec και εύρος τιμών μικρότερο από 1sec.

Πίνακας 6.6. Συνοπτικά αποτελέσματα μετρήσεων και υπολογισμών για το EDT (sec)

		Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
Μετρήσεις στο 1kHz					
M1	Παντοκατευθυντική πηγή	1.4	0.3	0.9	1.9
M2	Επιδαπέδιο σύστημα	0.8	0.6	0.2	1.8
M3	Αναρτώμενο σύστημα	1.1	0.5	0.4	2.1
Προσομοιώσεις στο 1kHz					
S1	Παντοκατευθυντική στο κέντρο της ορχήστρας	1.7	0.2	1.3	2.0
S2	Παντοκατευθυντική στο κέντρο της σκηνής	1.6	0.1	1.4	1.8
S3	Επιδαπέδιο σύστημα	1.5	0.4	1.0	2.1
S4	Αναρτώμενο σύστημα	1.5	0.2	1.1	1.9



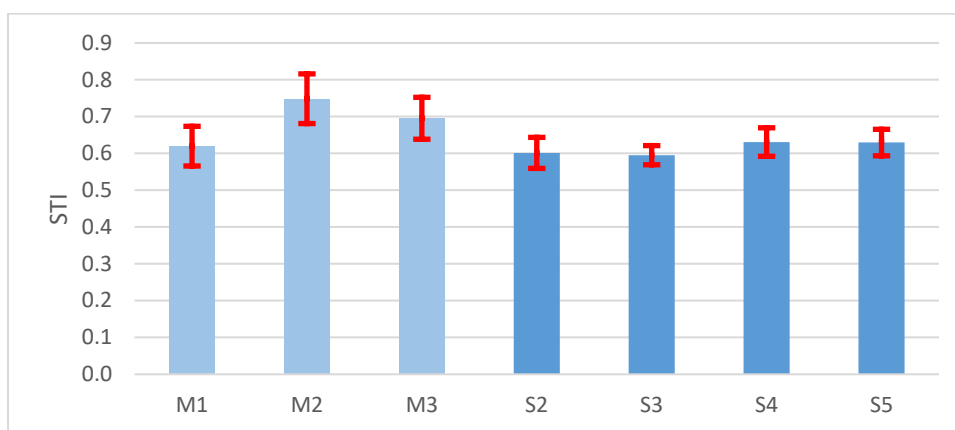
Σχήμα 6.7 Μέση τιμή του EDT στο 1kHz ανά διάταξη (η γραμμή σφάλματος ισούται με την μέση τιμή $\pm$ την τυπική απόκλιση)

6.5 Καταληπτότητα της ομιλίας STI

Επόμενη παράμετρος που εξετάζεται είναι ο δείκτης κατανόησης του λόγου STI, για τον οποίο δημιουργήθηκε ο Πίνακας 6.7 με τη μέση τιμή, την τυπική απόκλιση, την ελάχιστη και τη μέγιστη τιμή, ενώ η γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.8.

Πίνακας 6.7. Συνοπτικά αποτελέσματα μετρήσεων και υπολογισμών για το STI

		Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
Μετρήσεις					
M1	Παντοκατευθυντική πηγή	0.62	0.05	0.53	0.73
M2	Επιδαπέδιο σύστημα	0.75	0.07	0.62	0.85
M3	Αναρτώμενο σύστημα	0.70	0.06	0.61	0.83
Προσομοιώσεις					
S1	Παντοκατευθυντική στο κέντρο της ορχήστρας	0.60	0.04	0.55	0.68
S2	Παντοκατευθυντική στο κέντρο της σκηνής	0.60	0.03	0.55	0.64
S3	Επιδαπέδιο σύστημα	0.63	0.04	0.56	0.68
S4	Αναρτώμενο σύστημα	0.63	0.04	0.58	0.71



Σχήμα 6.8 Μέση τιμή του STI ανά διάταξη (η γραμμή σφάλματος ισούται με την μέση τιμή $\pm$ την τυπική απόκλιση)

Στις μετρήσεις, η M2 παρουσιάζει τη υψηλότερη μέση τιμή STI, ίση με 0.75, ακολουθεί η M3 με 0.7 και τελευταία είναι η M1 με 0.62. Η τυπική απόκλιση κυμαίνεται σε όλες τις διατάξεις μεταξύ 0.05-0.07, ενώ το συνολικό εύρος τιμών είναι περίπου 0.2.

Στις προσομοιώσεις οι διαφορές μεταξύ των σεναρίων είναι μικρότερες. Οι S1 και S2 παρουσιάζουν μέση τιμή περίπου 0.60, ενώ οι S3 και S4 περίπου 0.63. Η τυπική απόκλιση είναι περίπου 0.04 σε όλα τα σενάρια και το εύρος τιμών κυμαίνεται περίπου μεταξύ 0.10 και 0.13. Σε σύγκριση με τις αντίστοιχες μετρήσεις, στα S3 και S4 υπολογίζονται χαμηλότερες τιμές STI από εκείνες που καταγράφηκαν στα M2 και M3.

Συνολικά, οι μετρήσεις δείχνουν ότι το STI διαφοροποιείται ανάλογα με τη διάταξη και τη θέση ακρόασης, με το επιδαπέδιο σύστημα να παρουσιάζει την υψηλότερη μέση τιμή. Οι προσομοιώσεις εμφανίζουν την ίδια γενική διαφοροποίηση μεταξύ των παντοκατευθυντικών πηγών και των συστημάτων ηλεκτροακουστικής ενίσχυσης, αλλά σε μικρότερο βαθμό και χωρίς ουσιαστική διαφορά μεταξύ S3 και S4.

6.6 Ευκρίνεια της ομιλίας C50

Στη συνέχεια εξετάζεται ο δείκτης ευκρίνειας της ομιλίας C50 σε τρεις συχνοτικές ζώνες. Ο Πίνακας 6.8 παρουσιάζει τα αποτελέσματα στα 500Hz, ο Πίνακας 6.9 στο 1kHz και ο Πίνακας 6.10 στα 2kHz. Η συνολική εικόνα των αποτελεσμάτων παρουσιάζεται γραφικά στο Σχήμα 6.9.

Υπενθυμίζεται η διαπίστωση που έγινε στην παράγραφο 5.5, όπου για τον C50 εμφανίστηκαν μεγαλύτερες αποκλίσεις μεταξύ μετρήσεων και προσομοίωσης, ιδιαίτερα στα 500Hz. Για τον λόγο αυτό, η σύγκριση των απόλυτων τιμών στη συγκεκριμένη συχνοτική ζώνη γίνεται με επιφύλαξη.

Πίνακας 6.8. Συνοπτικά αποτελέσματα μετρήσεων και υπολογισμών για το C50 (dB) στα 500Hz

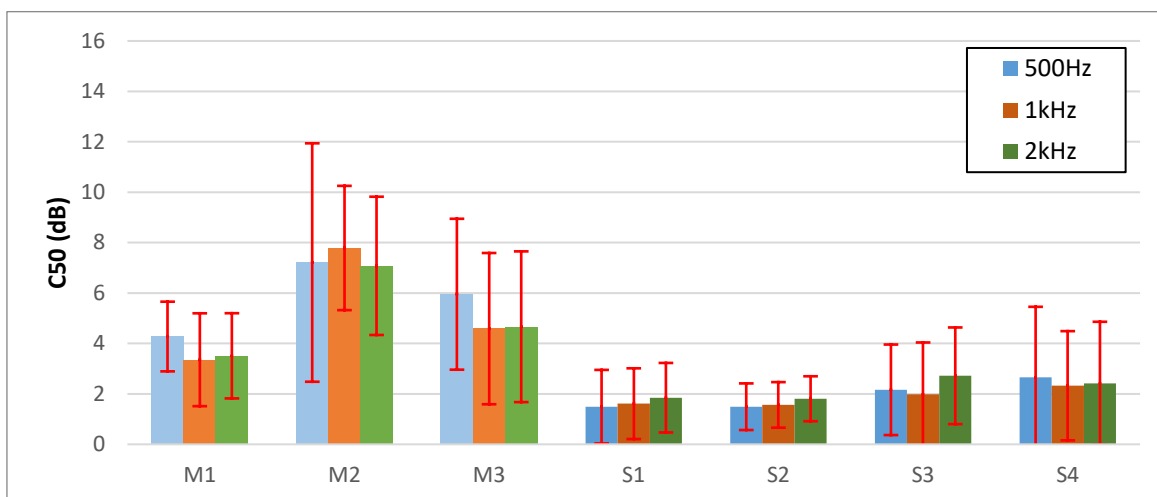
		Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
	Μετρήσεις στα 500Hz				
M1	Παντοκατευθυντική πηγή	4.3	1.4	2.3	6.6
M2	Επιδαπέδιο σύστημα	7.2	4.7	-1.0	14.4
M3	Αναρτώμενο σύστημα	6.0	3.0	0.5	11.5
	Προσομοιώσεις στα 500Hz				
S1	Παντοκατευθυντική στο κέντρο της ορχήστρας	1.5	1.5	-0.7	4.2
S2	Παντοκατευθυντική στο κέντρο της σκηνής	1.5	0.9	-0.4	3.1
S3	Επιδαπέδιο σύστημα	2.2	1.8	-1.8	5.0
S4	Αναρτώμενο σύστημα	2.7	2.8	-3.4	6.9

Πίνακας 6.9. Συνοπτικά αποτελέσματα μετρήσεων και υπολογισμών για το C50 (dB) στο 1kHz

		Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
Μετρήσεις στο 1kHz					
M1	Παντοκατευθυντική πηγή	3.4	1.8	0.8	7.7
M2	Επιδαπέδιο σύστημα	7.8	2.5	4.1	12.1
M3	Αναρτώμενο σύστημα	4.6	3.0	-1.0	10.3
Προσομοιώσεις στο 1kHz					
S1	Παντοκατευθυντική στο κέντρο της ορχήστρας	1.6	1.4	-0.6	4.2
S2	Παντοκατευθυντική στο κέντρο της σκηνής	1.6	0.9	-0.2	3.2
S3	Επιδαπέδιο σύστημα	2.0	2.1	-2.4	5.6
S4	Αναρτώμενο σύστημα	2.3	2.2	-2.0	5.6

Πίνακας 6.10. Συνοπτικά αποτελέσματα μετρήσεων και υπολογισμών για το C50 (dB) στο 2kHz

		Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
Μετρήσεις στα 2kHz					
M1	Παντοκατευθυντική πηγή	3.5	1.7	0.6	7.4
M2	Επιδαπέδιο σύστημα	7.1	2.7	2.4	12.2
M3	Αναρτώμενο σύστημα	4.7	3.0	-1.6	11.3
Προσομοιώσεις στα 2kHz					
S1	Παντοκατευθυντική στο κέντρο της ορχήστρας	1.8	1.4	-0.3	4.3
S2	Παντοκατευθυντική στο κέντρο της σκηνής	1.8	0.9	0.1	3.3
S3	Επιδαπέδιο σύστημα	2.7	1.9	-0.9	5.8
S4	Αναρτώμενο σύστημα	2.4	2.4	-2.7	7.1



Σχήμα 6.9 Μέση τιμή του C50 (dB) ανά διάταξη και για τις ζώνες των 500Hz, 1kHz και 2kHz (η γραμμή σφάλματος ισούται με την μέση τιμή $\pm$ την τυπική απόκλιση)

Στις μετρήσεις διακρίνεται σαφής διαφοροποίηση μεταξύ των τριών διατάξεων. Το M2 παρουσιάζει σταθερά τις υψηλότερες μέσες τιμές C50, περίπου 7-8dB και στις τρεις εξεταζόμενες συχνотικές ζώνες, χωρίς όμως αντίστοιχη ομοιομορφία μεταξύ των θέσεων ακρόασης. Η μεγαλύτερη μεταβολή εμφανίζεται στα 500Hz, όπου το εύρος των τιμών υπερβαίνει τα 15dB. Το M3 ακολουθεί με χαμηλότερες μέσες τιμές και επίσης σημαντικές χωρικές μεταβολές, οι οποίες οδηγούν σε αρνητικές τιμές C50 σε ορισμένες θέσεις. Αντίθετα, το M1 εμφανίζει τις χαμηλότερες μέσες τιμές, αλλά μικρότερη μεταβολή μεταξύ των θέσεων σε σχέση με τα δύο συστήματα ηλεκτροακουστικής ενίσχυσης.

Στις προσομοιώσεις οι διαφορές των μέσων τιμών μεταξύ των σεναρίων είναι περισσότερο περιορισμένες. Τα S1 και S2 παρουσιάζουν τις χαμηλότερες μέσες τιμές C50 και παράλληλα τη μικρότερη μεταβολή μεταξύ των θέσεων. Στα S3 και S4 οι μέσες τιμές είναι υψηλότερες, αλλά συνοδεύονται από μεγαλύτερες χωρικές μεταβολές, με το εύρος να φτάνει περίπου τα 10dB στο S4. Παράλληλα, σε ορισμένες θέσεις εμφανίζονται αρνητικές τιμές C50 και στις προσομοιώσεις.

Συνολικά, τόσο οι μετρήσεις όσο και οι προσομοιώσεις δείχνουν ότι οι υψηλότερες μέσες τιμές C50 δεν συνδέονται απαραίτητα με μεγαλύτερη ομοιομορφία μεταξύ των θέσεων ακρόασης. Η διαφοροποίηση μεταξύ των απόλυτων τιμών μέτρησης και προσομοίωσης αξιολογείται με την επιφύλαξη που προέκυψε κατά την επικύρωση του μοντέλου, ιδιαίτερα στα 500Hz.

6.7 Ευκρίνεια της μουσικής C80

Αντίστοιχα με τον C50, αντιμετωπίζεται και ο δείκτης ευκρίνειας της μουσικής C80. Οι τρεις ξεχωριστές συχνοτικές ζώνες παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν, ο Πίνακας 6.11 για τα 500Hz, ο Πίνακας 6.12 για το 1kHz, ο Πίνακας 6.13 για τα 2kHz και συμπληρωματικά το ενιαίο γράφημα στο Σχήμα 6.10.

Πίνακας 6.11. Συνοπτικά αποτελέσματα μετρήσεων και υπολογισμών για το C80 (dB) στα 500Hz

		Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
Μετρήσεις στα 500Hz					
M1	Παντοκατευθυντική πηγή	6.1	1.4	3.7	8.2
M2	Επιδαπέδιο σύστημα	9.9	4.5	2.2	17.0
M3	Αναρτώμενο σύστημα	8.7	3.4	2.3	13.3
Προσομοιώσεις στα 500Hz					
S1	Παντοκατευθυντική στο κέντρο της ορχήστρας	2.9	1.4	0.7	5.2
S2	Παντοκατευθυντική στο κέντρο της σκηνής	3.1	1.4	0.2	4.7
S3	Επιδαπέδιο σύστημα	4.0	1.4	0.9	6.3
S4	Αναρτώμενο σύστημα	3.4	1.8	0.8	7.7

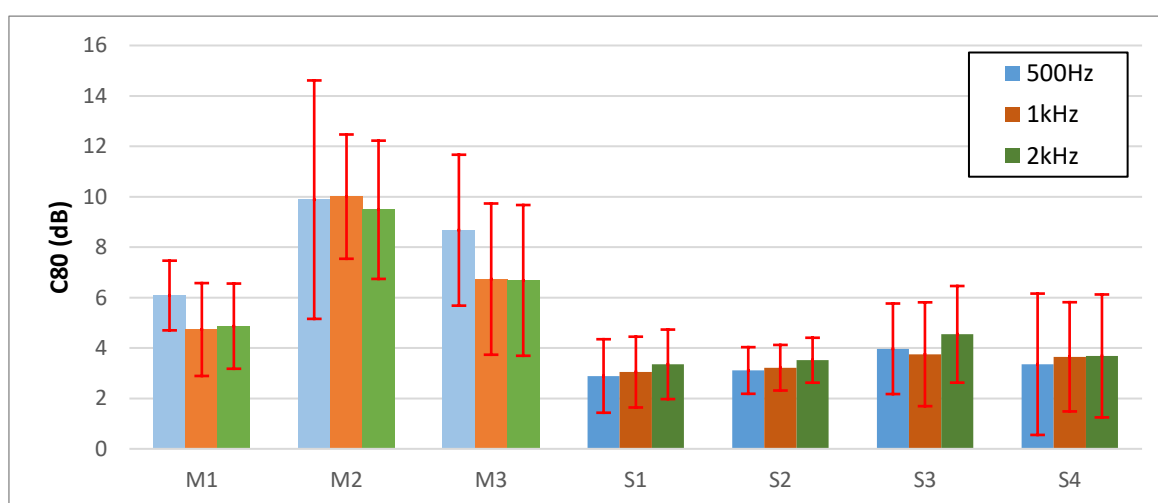
Πίνακας 6.12. Συνοπτικά αποτελέσματα μετρήσεων και υπολογισμών για το C80 (dB) στο 1kHz

		Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
Μετρήσεις στο 1kHz					
M1	Παντοκατευθυντική πηγή	4.7	1.7	2.9	8.8
M2	Επιδαπέδιο σύστημα	10.0	2.9	5.0	15.3
M3	Αναρτώμενο σύστημα	6.7	3.4	0.0	12.3
Προσομοιώσεις στο 1kHz					
S1	Παντοκατευθυντική στο κέντρο της ορχήστρας	3.0	1.3	1.1	5.3

S2	Παντοκατευθυντική στο κέντρο της σκηνής	3.2	1.3	0.6	4.9
S3	Επιδαπέδιο σύστημα	3.8	1.7	0.4	7.0
S4	Αναρτώμενο σύστημα	3.7	1.7	1.5	6.9

Πίνακας 6.13. Συνοπτικά αποτελέσματα μετρήσεων και υπολογισμών για το C80 (dB) στο 2kHz

		Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
Μετρήσεις στα 2kHz					
M1	Παντοκατευθυντική πηγή	4.9	1.5	2.7	8.2
M2	Επιδαπέδιο σύστημα	9.5	3.0	3.9	15.6
M3	Αναρτώμενο σύστημα	6.7	2.8	3.2	13.1
Προσομοιώσεις στα 2kHz					
S1	Παντοκατευθυντική στο κέντρο της ορχήστρας	3.4	1.3	1.5	5.5
S2	Παντοκατευθυντική στο κέντρο της σκηνής	3.5	1.3	0.9	5.0
S3	Επιδαπέδιο σύστημα	4.5	1.7	1.0	7.8
S4	Αναρτώμενο σύστημα	3.7	2.0	1.3	8.0



Σχήμα 6.10 Μέση τιμή του C80 (dB) ανά διάταξη και για τις ζώνες των 500Hz, 1kHz και 2kHz (η γραμμή σφάλματος ισούται με την μέση τιμή $\pm$ την τυπική απόκλιση)

Στις μετρήσεις, ο C80 παρουσιάζει γενικά παρόμοια συμπεριφορά με τον C50. Το M2 εμφανίζει τις υψηλότερες μέσες τιμές και στις τρεις εξεταζόμενες συχνοτικές ζώνες, οι οποίες φτάνουν περίπου τα 10dB, αλλά παράλληλα παρουσιάζει σημαντικές μεταβολές μεταξύ των θέσεων ακρόασης. Η μεγαλύτερη μεταβολή εμφανίζεται και πάλι στα 500Hz, όπου το εύρος των τιμών προσεγγίζει τα 15dB. Το M3 ακολουθεί με χαμηλότερες μέσες τιμές και επίσης σημαντικές χωρικές μεταβολές, ενώ το M1 παρουσιάζει τις χαμηλότερες μέσες τιμές αλλά μεγαλύτερη ομοιομορφία μεταξύ των θέσεων. Σε αντίθεση με τον C50, οι μετρημένες τιμές του C80 παραμένουν θετικές σε όλες τις εξεταζόμενες περιπτώσεις.

Στις προσομοιώσεις οι τιμές του C80 είναι γενικά χαμηλότερες από τις αντίστοιχες μετρήσεις και οι διαφορές μεταξύ των σεναρίων περισσότερο περιορισμένες. Τα S1 και S2 παρουσιάζουν παρόμοια συμπεριφορά μεταξύ τους, με μέσες τιμές περίπου 3-3.5dB και σχετικά μικρή μεταβολή μεταξύ των θέσεων. Αντίστοιχα, τα S3 και S4 εμφανίζουν μεταξύ τους παρόμοια συμπεριφορά, με ελαφρώς υψηλότερες μέσες τιμές στο S3 και μεγαλύτερη χωρική μεταβολή σε σχέση με τα S1 και S2.

Συνολικά, τόσο στις μετρήσεις όσο και στις προσομοιώσεις παρατηρείται αντίστοιχη τάση με εκείνη του C50: οι περιπτώσεις με υψηλότερες μέσες τιμές C80 δεν παρουσιάζουν απαραίτητα και μεγαλύτερη ομοιομορφία μεταξύ των θέσεων ακρόασης. Παράλληλα, οι χαμηλότερες τιμές που προκύπτουν από τις προσομοιώσεις είναι συνεπείς με τις αποκλίσεις μεταξύ μέτρησης και μοντέλου που είχαν ήδη διαπιστωθεί κατά την επικύρωσή του.

7 Συγκριτική αξιολόγηση των διαφορετικών διατάξεων

Μετά την παρουσίαση των μετρήσεων και των υπολογισμών, ακολουθεί η συγκριτική αξιολόγηση των διαφορετικών διατάξεων, με στόχο να διερευνηθεί εάν κάποια από αυτές παρουσιάζει πλεονεκτήματα έναντι των υπολοίπων. Για τη διαδικασία αυτή χρησιμοποιούνται τα κριτήρια που αναπτύχθηκαν στην παράγραφο 3.5, δηλαδή η επάρκεια και η ομοιομορφία της ηχητικής κάλυψης, η συχνотική συμπεριφορά, η χρονική συμπεριφορά, η ευκρίνεια της ομιλίας και η ευκρίνεια της μουσικής.

Για κάθε κριτήριο εξετάζονται παράλληλα οι τιμές που προέκυψαν από τις επιτόπιες μετρήσεις και αυτές από τις αντίστοιχες προσομοιώσεις, ώστε οι δύο προσεγγίσεις να παρέχουν συμπληρωματικά στοιχεία για τη συμπεριφορά των διαφορετικών διατάξεων. Όπως ήδη έχει αναφερθεί στο κεφάλαιο 5, το μοντέλο δεν αποσκοπεί στην πλήρη αναπαραγωγή των συνθηκών των μετρήσεων, αλλά στη δημιουργία μιας κοινής βάσης για την αξιολόγηση των διαφορετικών διατάξεων. Για τον λόγο αυτό, η σύγκριση επικεντρώνεται κυρίως στις σχετικές μεταβολές των παραμέτρων και όχι στην απόλυτη συμφωνία τους.

Η προσέγγιση αυτή συνδέεται και με τους διαφορετικούς παράγοντες που επηρεάζουν τα δύο σύνολα αποτελεσμάτων. Οι μετρήσεις αφορούν την πραγματική τοποθέτηση και λειτουργία στον χώρο, αλλά πραγματοποιήθηκαν σε διαφορετικές συνθήκες από εκείνες μιας παράστασης ως προς τον θόρυβο βάθους, την παρουσία κοινού και τα καιρικά δεδομένα. Ειδικότερα ως προς τον θόρυβο βάθους, η ανάλυση του λόγου S/N στην παράγραφο 4.6, έδειξε χαμηλότερες τιμές στις μετρήσεις της παντοκατευθυντικής πηγής, ιδιαίτερα στις υψηλότερες συχνότητες. Η διαφοροποίηση αυτή λαμβάνεται υπόψη κατά την ερμηνεία των αντίστοιχων μετρημένων τιμών. Από την άλλη πλευρά, οι προσομοιώσεις επιτρέπουν την εξέταση των διαφορετικών διατάξεων υπό κοινές και ελεγχόμενες συνθήκες, χωρίς τους παραπάνω παράγοντες, δηλαδή τον εξωτερικό θόρυβο, τις μεταβολές στη θερμοκρασία και την υγρασία ή την απορρόφηση λόγω της παρουσίας κοινού. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να εξεταστεί πιο άμεσα ο ρόλος της διαφορετικής χωροθέτησης των πηγών.

Μια επιπλέον διαφορά μεταξύ των μετρήσεων και των προσομοιώσεων αφορά τα ηχεία χαμηλών συχνοτήτων (subwoofers), που έχει ήδη αναφερθεί στην παράγραφο 5.3. Στις μετρήσεις τα subwoofers βρίσκονταν σε κανονική λειτουργία και η συνεισφορά τους

αποτυπώνεται στα αποτελέσματα, ενώ στις προσομοιώσεις δεν κατέστη δυνατό να ενσωματωθούν στα αντίστοιχα μοντέλα. Η διαφοροποίηση αυτή αφορά κυρίως τη συχνοτική απόκριση και τη χωρική κατανομή της ηχητικής ενέργειας στις χαμηλότερες συχνότητες και λαμβάνεται υπόψη κατά τη σύγκριση των αντίστοιχων αποτελεσμάτων.

Τέλος, κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων λαμβάνονται υπόψη οι περιορισμοί και οι αποκλίσεις που διαπιστώθηκαν κατά την επικύρωση του μοντέλου στην παράγραφο 5.5, ιδιαίτερα για τις παραμέτρους στις οποίες εμφανίστηκαν μεγαλύτερες διαφορές μεταξύ μετρήσεων και προσομοιώσεων.

7.1 Στάθμη και ομοιομορφία κάλυψης

Το πρώτο κριτήριο αξιολόγησης αφορά την επάρκεια της ηχητικής στάθμης και την ομοιομορφία της κάλυψης στον χώρο. Για τον σκοπό αυτό εξετάζονται η συνολική ηχητική στάθμη SPL(A) και η μεταβολή της μεταξύ των θέσεων του ακροατηρίου. Ο Πίνακας 6.1 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τα αντίστοιχα αποτελέσματα, ενώ για τα σενάρια προσομοίωσης εξετάζεται επιπλέον το DirectSPL, ώστε να αξιολογηθεί ξεχωριστά η κατανομή της άμεσης ηχητικής ενέργειας.

Στις μετρήσεις, οι μέσες ηχητικές στάθμες των τριών διατάξεων βρίσκονται σχετικά κοντά μεταξύ τους, επομένως η σημαντικότερη διαφοροποίηση εντοπίζεται στην ομοιομορφία της κάλυψης. Η παντοκατευθυντική πηγή και το επιδαπέδιο σύστημα παρουσιάζουν μεγαλύτερες μεταβολές της στάθμης μεταξύ των θέσεων ακρόασης, ενώ στο αναρτώμενο σύστημα η χωρική μεταβλητότητα είναι σαφώς μικρότερη. Ενδεικτικά, η τυπική απόκλιση περιορίζεται στο αναρτώμενο σύστημα στο 1.3dB, έναντι περίπου 3-4dB στις άλλες δύο περιπτώσεις.

Η ίδια τάση προκύπτει και από τις προσομοιώσεις. Οι διαφορές μεταξύ των μέσων τιμών του TotalSPL είναι περιορισμένες, ενώ το αναρτώμενο σύστημα παρουσιάζει και πάλι τη μικρότερη μεταβολή της στάθμης μεταξύ των θέσεων ακρόασης. Επομένως, τόσο οι μετρήσεις όσο και οι προσομοιώσεις δείχνουν ότι, ως προς το συγκεκριμένο κριτήριο, το κύριο πλεονέκτημα του αναρτώμενου συστήματος είναι η μεγαλύτερη ομοιομορφία της κάλυψης του ακροατηρίου.

Η εξέταση του DirectSPL ενισχύει περαιτέρω αυτή την εκτίμηση, καθώς απομονώνει τη συνεισφορά του άμεσου πεδίου από εκείνη των ανακλάσεων. Ο Πίνακας 6.2 δείχνει ότι η διαφορά μεταξύ των διατάξεων γίνεται ακόμη εντονότερη, με το αναρτώμενο σύστημα να παρουσιάζει τυπική απόκλιση μόλις 0.7dB. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι η ομοιομορφία του αναρτώμενου συστήματος οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην άμεση κάλυψή του και όχι τόσο στη συνεισφορά των ανακλάσεων.

Συνολικά, μετρήσεις και προσομοιώσεις συγκλίνουν στο ίδιο συμπέρασμα. Η παντοκατευθυντική πηγή και το επιδαπέδιο σύστημα παρουσιάζουν μεγαλύτερες χωρικές μεταβολές της στάθμης, ενώ το αναρτώμενο σύστημα συνδυάζει επαρκή ηχητική στάθμη με σαφώς μεγαλύτερη ομοιομορφία κάλυψης και παρουσιάζει, επομένως, το σημαντικότερο πλεονέκτημα μεταξύ των τριών διατάξεων.

7.2 Συχνотική συμπεριφορά

Για την αξιολόγηση της συχνотικής συμπεριφοράς εξετάζονται τόσο η μέση συχνотική απόκριση κάθε διάταξης όσο και η μεταβολή της ηχητικής στάθμης μεταξύ των θέσεων ακρόασης ανά συχνотική ζώνη. Το Σχήμα 6.1 και το Σχήμα 6.2 παρουσιάζουν τις μέσες συχνотικές αποκρίσεις των μετρήσεων και των προσομοιώσεων αντίστοιχα, ενώ ο Πίνακας 6.3 παρουσιάζει το εύρος μεταβολής της στάθμης μεταξύ των θέσεων. Το δεύτερο στοιχείο είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τη συγκριτική αξιολόγηση, καθώς ζητούμενο δεν είναι μόνο η μορφή της μέσης απόκρισης, αλλά και η διατήρηση παρόμοιας συχνотικής συμπεριφοράς στο μεγαλύτερο δυνατό μέρος του ακροατηρίου.

Στις μετρήσεις εμφανίζονται διαφορές στη μορφή της μέσης συχνотικής απόκρισης των τριών διατάξεων, οι οποίες είναι εντονότερες στις χαμηλές και χαμηλομεσαίες συχνότητες. Η απόκριση της παντοκατευθυντικής πηγής επηρεάζεται εμφανώς από τα συχνотικά χαρακτηριστικά της ίδιας της πηγής, ενώ η συμπεριφορά της στις υψηλότερες συχνότητες πρέπει να αξιολογείται με επιφύλαξη λόγω των χαμηλότερων τιμών S/N που καταγράφηκαν στην περιοχή αυτή. Το επιδαπέδιο σύστημα παρουσιάζει εντονότερες διακυμάνσεις στη χαμηλή και χαμηλομεσαία περιοχή, ενώ το αναρτώμενο σύστημα εμφανίζει συνολικά ομαλότερη εξέλιξη της μέσης απόκρισης. Στην περιοχή περίπου 1-4kHz οι τρεις περιπτώσεις εμφανίζουν μια παρόμοια γενική συμπεριφορά.

Η σημαντικότερη διαφορά μεταξύ των τριών διατάξεων εμφανίζεται στη μεταβολή της ηχητικής στάθμης μεταξύ των θέσεων ακρόασης ανά συχνотική ζώνη. Το αναρτώμενο σύστημα παρουσιάζει συστηματικά μικρότερο εύρος μεταβολής στο εξεταζόμενο συχνотικό φάσμα, ενώ στην παντοκατευθυντική πηγή και στο επιδαπέδιο σύστημα εμφανίζονται μεγαλύτερες αποκλίσεις, οι οποίες σε ορισμένες συχνотικές ζώνες υπερβαίνουν τα 15dB. Ειδικά για την παντοκατευθυντική πηγή, οι μεγαλύτερες μεταβολές στις υψηλές συχνότητες πρέπει να εξετάζονται σε συνδυασμό με τις αντίστοιχα χαμηλές τιμές S/N. Παρ' όλα αυτά, η συνολική εικόνα των μετρήσεων δείχνει ότι το αναρτώμενο σύστημα διατηρεί περισσότερο σταθερή συχνотική συμπεριφορά μεταξύ των διαφορετικών θέσεων του ακροατηρίου.

Αντίστοιχη τάση προκύπτει και από τις προσομοιώσεις. Οι δύο θέσεις της παντοκατευθυντικής πηγής παρουσιάζουν σχετικά ομαλή μέση συχνотική απόκριση, ενώ το επιδαπέδιο και το αναρτώμενο σύστημα ακολουθούν παρόμοια γενική εξέλιξη. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η αυξημένη στάθμη στις χαμηλότερες συχνотικές ζώνες των δύο συστημάτων, καθώς στις προσομοιώσεις δεν περιλαμβάνονται τα ηχεία χαμηλών συχνотήτων. Εφόσον αντίστοιχη συμπεριφορά δεν εμφανίζεται στα σενάρια της παντοκατευθυντικής πηγής, το φαινόμενο δεν φαίνεται να οφείλεται αποκλειστικά στα ακουστικά χαρακτηριστικά του χώρου, αλλά πιθανότατα συνδέεται και με τα χαρακτηριστικά των κυρίως ηχείων και την αλληλεπίδρασή τους με αυτόν. Παράλληλα, ως προς τη μεταβολή της στάθμης μεταξύ των θέσεων, το αναρτώμενο σύστημα παρουσιάζει και στις προσομοιώσεις το μικρότερο εύρος, περίπου 4-7dB στο εξεταζόμενο συχνотικό φάσμα. Η εμφάνιση της ίδιας τάσης υπό τις κοινές και ελεγχόμενες συνθήκες της προσομοίωσης ενισχύει επομένως το συμπέρασμα των μετρήσεων ως προς τη μεγαλύτερη συχνотική ομοιομορφία του αναρτώμενου συστήματος.

Κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη η απουσία των ηχείων χαμηλών συχνотήτων από τα μοντέλα προσομοίωσης. Η διαφοροποίηση αυτή επηρεάζει κυρίως την άμεση σύγκριση της απόκρισης χαμηλών συχνотήτων με τις αντίστοιχες μετρήσεις. Παρ' όλα αυτά, η αυξημένη στάθμη στις χαμηλότερες συχνотικές ζώνες εμφανίζεται στα μοντέλα τόσο του επιδαπέδιου όσο και του αναρτώμενου συστήματος, παρά την απουσία των subwoofers. Επομένως, η συγκεκριμένη συμπεριφορά δεν μπορεί να αποδοθεί αποκλειστικά στη λειτουργία τους.

Συνολικά, μετρήσεις και προσομοιώσεις συγκλίνουν ως προς τη βασική διαφοροποίηση μεταξύ των διατάξεων, με το αναρτώμενο σύστημα να παρουσιάζει τη μικρότερη μεταβολή της συχνοτικής συμπεριφοράς μεταξύ των θέσεων ακρόασης. Σε συνδυασμό με τη μεγαλύτερη ομοιομορφία της ηχητικής στάθμης που διαπιστώθηκε στην προηγούμενη ενότητα, προκύπτει μέχρι το σημείο αυτό σαφές πλεονέκτημα του αναρτώμενου συστήματος ως προς τη σταθερότητα της ηχητικής απόδοσης στο ακροατήριο.

7.3 Χρονική συμπεριφορά

Η χρονική συμπεριφορά εξετάστηκε αρχικά σαν χαρακτηριστικό του ίδιου του χώρου. Ακολούθως, όμως, χρησιμοποιήθηκε για την διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο επηρεάζεται από τη διαφορετική θέση, διάταξη και κατευθυντικότητα των πηγών. Για τον σκοπό αυτό αξιολογούνται παρακάτω ο χρόνος αντήχησης (RT) και ο χρόνος πρώιμης απόσβεσης (EDT). Συμπληρωματικά και όπου ήταν απαραίτητο, εξετάστηκαν οι κρουστικές αποκρίσεις που παρουσιάζονται στο Παράρτημα C για μετρήσεις και D για τις προσομοιώσεις.

Εφόσον ο χρόνος αντήχησης αποτελεί χαρακτηριστικό του χώρου, η αλλαγή της ηχητικής διάταξης δεν αναμένεται από μόνη της να του προκαλεί μεταβολές. Η γενική εικόνα των αποτελεσμάτων συμφωνεί με αυτή την παρατήρηση, καθώς οι διαφορές μεταξύ των διατάξεων είναι σχετικά περιορισμένες, ιδιαίτερα στις προσομοιώσεις όπου η γεωμετρία και τα χαρακτηριστικά του χώρου παραμένουν κοινά. Οι επιμέρους αποκλίσεις μπορεί να σχετίζονται με τη διαφορετική θέση και κατευθυντικότητα των πηγών και, κατά συνέπεια, με τον διαφορετικό τρόπο διέγερσης του χώρου.

Υπενθυμίζεται ότι δεν χρησιμοποιήθηκε ο ίδιος τρόπος εκτίμησης του χρόνου αντήχησης. Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε ο T_{0pt} του REW, ενώ για τις προσομοιώσεις χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης T20 του EASE/AURA. Επιπλέον, κατά την επικύρωση του μοντέλου διαπιστώθηκε συστηματική απόκλιση μεταξύ των υπολογισμένων και των μετρημένων τιμών του χρόνου αντήχησης. Για τον λόγο αυτό, μεγαλύτερη σημασία αποδίδεται στη γενική τάση και στις σχετικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των διατάξεων παρά στην άμεση αντιπαραβολή των απόλυτων τιμών.

Κατόπιν διερευνήθηκε ο δείκτης EDT, ο οποίος παρέχει συμπληρωματική πληροφορία για την αρχική απόσβεση του ηχητικού πεδίου και μπορεί να παρουσιάζει μεγαλύτερη

εξάρτηση από τη θέση της πηγής και του δέκτη, καθώς και από την κατευθυντικότητα της πηγής. Επομένως, μπορεί να αναδείξει τοπικές διαφοροποιήσεις ακόμη και όταν ο συνολικός χρόνος αντήχησης παραμένει σχετικά σταθερός.

Πράγματι στις μετρήσεις εντοπίζονται μεγαλύτερες διαφοροποιήσεις του EDT μεταξύ των διατάξεων και των θέσεων ακρόασης, με το επιδαπέδιο σύστημα να παρουσιάζει χαμηλότερες μέσες τιμές, το αναρτώμενο λίγο υψηλότερες και την παντοκατευθυντική πηγή ακόμη πιο υψηλές. Η τάση αυτή, ωστόσο, θα ερμηνευτεί με επιφύλαξη, διότι, όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 4.6, για σημαντικό μέρος των αποτελεσμάτων το REW εμφάνισε ενδείξεις μειωμένης αξιοπιστίας ως προς την εκτίμησή του. Οι διαφοροποιήσεις αυτές, επομένως, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτόνομα για την εξαγωγή ασφαλούς συμπεράσματος σχετικά με την υπεροχή κάποιας διάταξης.

Διαφορετική εικόνα εμφανίζουν οι τιμές του EDT στις προσομοιώσεις, όπου παρουσιάζει μικρότερη μεταβλητότητα μεταξύ των θέσεων και περιορισμένες διαφορές μεταξύ των σεναρίων. Η διαφορετική εικόνα σε σχέση με τις μετρήσεις δεν επιτρέπει την ασφαλή εξαγωγή συμπεράσματος ως προς την αιτία της απόκλισης, ιδιαίτερα λόγω της μειωμένης αξιοπιστίας μέρους των μετρημένων τιμών. Για τον λόγο αυτό, ο EDT αξιοποιείται υποστηρικτικά στην αξιολόγηση της χρονικής συμπεριφοράς και όχι ως ανεξάρτητο κριτήριο επιλογής μεταξύ των διατάξεων.

Τέλος, η εξέταση των κρουστικών αποκρίσεων συμπληρώνει την παραπάνω ανάλυση και χρησιμοποιείται κυρίως για την ποιοτική αξιολόγηση της χρονικής κατανομής της ηχητικής ενέργειας και των διαφοροποιήσεων μεταξύ των θέσεων. Για τον σκοπό αυτό εξετάζονται σε επιλεγμένες θέσεις η άμεση άφιξη, η πρώιμη ανακλώμενη ενέργεια και η μεταγενέστερη απόσβεση. Λόγω του μεγάλου πλήθους των δεδομένων, τα αντίστοιχα γραφήματα δεν εντάχθηκαν στο κύριο σώμα της εργασίας.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, η χρονική συμπεριφορά δεν αναδεικνύει σαφές πλεονέκτημα κάποιας από τις εξεταζόμενες διατάξεις. Ο RT χαρακτηρίζεται κυρίως από την ακουστική συμπεριφορά του χώρου και παρουσιάζει σχετικά περιορισμένες διαφοροποιήσεις, ενώ οι μεγαλύτερες μεταβολές του EDT δεν μπορούν να αξιοποιηθούν αυτόνομα λόγω των περιορισμών που διαπιστώθηκαν στην αξιοπιστία των μετρημένων τιμών. Οι κρουστικές αποκρίσεις λειτουργούν συμπληρωματικά, αποτυπώνοντας τις επιμέρους διαφοροποιήσεις στη χρονική κατανομή της ηχητικής ενέργειας.

7.4 Απόδοση για ομιλία

Η αξιολόγηση της απόδοσης των διατάξεων για εφαρμογές ομιλίας βασίζεται στη συνδυαστική εξέταση των δεικτών STI και C50, οι οποίοι σχετίζονται με την ομιλία μέσα από διαφορετικά κριτήρια ο καθένας.

Ως προς τον STI, οι μετρήσεις αναδεικνύουν σαφή διαφοροποίηση μεταξύ των τριών διατάξεων. Η παντοκατευθυντική πηγή βρίσκεται οριακά στην κατηγορία «καλό», ενώ τα δύο συστήματα ηλεκτροακουστικής ενίσχυσης παρουσιάζουν υψηλότερη καταληπτότητα της ομιλίας, με το επιδαπέδιο σύστημα να προσεγγίζει την κατηγορία «άριστο» και να υπερέχει του αναρτώμενου. Στις προσομοιώσεις η εικόνα είναι περισσότερο ομοιόμορφη: τα σενάρια της παντοκατευθυντικής πηγής κατατάσσονται ως «καλά», ενώ τα δύο συστήματα ηλεκτροακουστικής ενίσχυσης παρουσιάζουν μικρή βελτίωση, χωρίς όμως να αναδεικνύεται σαφής υπεροχή του ενός έναντι του άλλου.

Παρόμοια εικόνα προκύπτει από τις μετρήσεις του C50, όπου το επιδαπέδιο σύστημα παρουσιάζει συνολικά υψηλότερες τιμές από το αναρτώμενο σύστημα και την παντοκατευθυντική πηγή. Η διαφοροποίηση γίνεται σαφέστερη στις ζώνες 1 και 2kHz, όπου το επιδαπέδιο σύστημα διατηρεί ευνοϊκότερη συμπεριφορά και στις θέσεις με τις χαμηλότερες τιμές C50. Στα 500Hz εμφανίζεται μεγαλύτερη μεταβλητότητα μεταξύ των θέσεων, επομένως η συγκεκριμένη ζώνη παρέχει λιγότερο σαφή εικόνα για τη μεταξύ τους σύγκριση.

Στις προσομοιώσεις, τα δύο συστήματα ηλεκτροακουστικής ενίσχυσης παρουσιάζουν επίσης γενικά υψηλότερες τιμές C50 από τα σενάρια της παντοκατευθυντικής πηγής. Η διαφορά μεταξύ επιδαπέδιου και αναρτώμενου συστήματος είναι, ωστόσο, αρκετά μικρότερη από εκείνη που εμφανίζεται στις μετρήσεις και δεν προκύπτει σταθερή υπεροχή κάποιας από τις δύο διατάξεις. Η απόκλιση αυτή πρέπει να εξετάζεται και σε συνδυασμό με τους περιορισμούς που διαπιστώθηκαν κατά την επικύρωση του μοντέλου για τον C50, όπου η συμφωνία μεταξύ μετρήσεων και προσομοιώσεων ήταν πιο περιορισμένη.

Συνολικά, οι δύο δείκτες συγκλίνουν ως προς το πλεονέκτημα της ηλεκτροακουστικής ενίσχυσης έναντι της παντοκατευθυντικής πηγής για εφαρμογές ομιλίας. Η σύγκριση μεταξύ των δύο συστημάτων ενίσχυσης είναι λιγότερο ξεκάθαρη: οι μετρήσεις αναδεικνύουν πλεονέκτημα του επιδαπέδιου συστήματος τόσο ως προς τον STI όσο και ως προς τον C50, ιδιαίτερα στις ζώνες 1 και 2kHz, ενώ στις προσομοιώσεις οι μεταξύ τους

διαφορές παραμένουν περιορισμένες. Επομένως, τα αποτελέσματα παρέχουν ισχυρότερη ένδειξη υπέρ του επιδαπέδιου συστήματος για εφαρμογές ομιλίας, χωρίς όμως η διαφοροποίηση αυτή να επιβεβαιώνεται στον ίδιο βαθμό από το μοντέλο.

7.5 Απόδοση για μουσική

Η αξιολόγηση της απόδοσης των διατάξεων για μουσική βασίζεται σε ένα σύνολο παραγόντων που αναλύθηκαν στις προηγούμενες ενότητες, όπως η ομοιομορφία της ηχητικής κάλυψης, η συχνотική και χρονική συμπεριφορά. Συμπληρωματικά, εξετάζεται ο δείκτης C80, ο οποίος σχετίζεται με τη μουσική ευκρίνεια.

Στις μετρήσεις, το επιδαπέδιο σύστημα παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές C80 στις εξεταζόμενες συχνотικές ζώνες, με το αναρτώμενο σύστημα να ακολουθεί και την παντοκατευθυντική πηγή να εμφανίζει τις χαμηλότερες. Ωστόσο, η υψηλότερη τιμή του C80 δεν συνεπάγεται από μόνη της καλύτερη συνολική απόδοση για μουσική, καθώς η αξιολόγηση του δείκτη δεν βασίζεται στη μεγιστοποίησή του. Παράλληλα, στα δύο συστήματα ηλεκτροακουστικής ενίσχυσης εμφανίζονται μεγαλύτερες μεταβολές του C80 μεταξύ των θέσεων, γεγονός που δείχνει ότι οι μέσες τιμές δεν αποτυπώνουν πλήρως τη χωρική συμπεριφορά του δείκτη.

Στις προσομοιώσεις, οι διαφορές μεταξύ των διατάξεων είναι μικρότερες. Τα δύο συστήματα ηλεκτροακουστικής ενίσχυσης παρουσιάζουν γενικά υψηλότερες τιμές C80 από τα σενάρια της παντοκατευθυντικής πηγής, χωρίς όμως να προκύπτει σταθερή υπεροχή του επιδαπέδιου ή του αναρτώμενου συστήματος. Όπως και στην περίπτωση του C50, η περιορισμένη συμφωνία που διαπιστώθηκε κατά την επικύρωση του μοντέλου ως προς τον C80 επιβάλλει επιφύλαξη στην άμεση σύγκριση των απόλυτων τιμών. Μεγαλύτερη σημασία έχει επομένως η γενική τάση που εμφανίζεται μεταξύ των διαφορετικών διατάξεων.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η σύγκριση των δύο θέσεων της παντοκατευθυντικής πηγής στις προσομοιώσεις. Παρότι η μεταφορά της από το κέντρο της ορχήστρας στο κέντρο της σκηνής προκαλεί μικρή μεταβολή στις συνολικές μέσες τιμές του C80, διαφοροποιεί τη χωρική κατανομή του δείκτη, κυρίως στις ακραίες θέσεις των άνω διαζωμάτων. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι η θέση μιας σημειακής πηγής μπορεί να

επηρεάζει τοπικά την ευκρίνεια της μουσικής, χωρίς η επίδραση αυτή να αποτυπώνεται απαραίτητα στις συνολικές μέσες τιμές.

Συνολικά, τα αποτελέσματα του C80 δεν αναδεικνύουν από μόνα τους σαφή υπεροχή ενός από τα δύο συστήματα ηλεκτροακουστικής ενίσχυσης για μουσικές εφαρμογές. Οι μετρήσεις δείχνουν υψηλότερη ευκρίνεια της μουσικής για το επιδαπέδιο σύστημα, χωρίς όμως η διαφοροποίηση αυτή να επιβεβαιώνεται στον ίδιο βαθμό από τις προσομοιώσεις. Αντίθετα, το αναρτώμενο σύστημα παρουσιάζει το σημαντικότερο πλεονέκτημά του όταν ο C80 εξετάζεται σε συνδυασμό με τα προηγούμενα κριτήρια, καθώς εμφανίζει μεγαλύτερη ομοιομορφία τόσο στην ηχητική κάλυψη όσο και στη συχνотική συμπεριφορά. Με βάση τη συνδυαστική αυτή αξιολόγηση, το αναρτώμενο σύστημα παρουσιάζει περισσότερο ισορροπημένη συνολική συμπεριφορά για μουσικές εφαρμογές.

7.6 Συνολική σύγκριση

Με βάση τον παραπάνω σχολιασμό, μπορεί πλέον να πραγματοποιηθεί μια συνολική σύγκριση των τριών διαφορετικών διατάξεων που μελετήθηκαν και να αξιολογηθούν τα βασικά χαρακτηριστικά τους ως προς τις διαφορετικές χρήσεις του χώρου. Ο Πίνακας 7.1 συνοψίζει τα αποτελέσματα των επιμέρους κριτηρίων, όπως αυτά προέκυψαν από τη συνδυαστική εξέταση μετρήσεων και προσομοιώσεων.

Η συνολική σύγκριση αναδεικνύει διαφορετικά χαρακτηριστικά για καθεμία από τις τρεις εξεταζόμενες περιπτώσεις, χωρίς να προκύπτει μία διάταξη που να υπερέχει ως προς το σύνολο των κριτηρίων. Οι διαφοροποιήσεις αυτές αποκτούν μεγαλύτερη σημασία όταν εξετάζονται σε σχέση με τις διαφορετικές χρήσεις του χώρου.

Πίνακας 7.1. Συνοπτική σύγκριση των τριών διατάξεων με βάση τα εξεταζόμενα κριτήρια αξιολόγησης

Κριτήριο αξιολόγησης	Παντοκατευθυντική πηγή	Επιδαπέδιο σύστημα	Αναρτώμενο σύστημα
Επάρκεια ηχητικής στάθμης	Χαμηλότερη μέση ηχητική στάθμη, μεγαλύτερη εξάρτηση από την απόσταση πηγής – δέκτη	Υψηλή στάθμη, με διαφοροποιήσεις μεταξύ θέσεων	Υψηλή στάθμη, με πιο σταθερή κατανομή μεταξύ των θέσεων
Ομοιομορφία της κάλυψης	Περιορισμένη, μεγάλες μεταβολές ανάλογα με την απόσταση από την πηγή	Ικανοποιητική με αισθητές χωρικές διαφοροποιήσεις	Υψηλή ομοιομορφία, με μικρές χωρικές διαφοροποιήσεις
Συχνотική συμπεριφορά	Εντονότερη επίδραση του χώρου και της θέσης της πηγής	Μεγαλύτερες διαφοροποιήσεις μεταξύ των θέσεων	Μικρές διαφοροποιήσεις μεταξύ των θέσεων
Χρονική συμπεριφορά	Αντανακλά κυρίως την ακουστική συμπεριφορά του χώρου	Δεν προκύπτει σαφής μεταβολή	Δεν προκύπτει σαφής μεταβολή
Απόδοση για μετάδοση ομιλίας	Περιορισμένη απόδοση ως προς STI και C50	Υψηλότερες τιμές STI και C50 στις μετρήσεις	Ενδιάμεσες τιμές STI και C50 στις μετρήσεις, μικρότερες χωρικές διαφοροποιήσεις
Απόδοση για μουσική	Χαμηλές τιμές C80, εξάρτηση από τη θέση της πηγής	Υψηλότερες τιμές C80 στις μετρήσεις, μεγαλύτερες χωρικές διαφοροποιήσεις	Ενδιάμεσες τιμές C80 στις μετρήσεις, ισορροπημένη χωρική και συχνотική συμπεριφορά

Στην περίπτωση των χρήσεων του χώρου χωρίς ηλεκτροακουστική ενίσχυση, η παντοκατευθυντική πηγή παρουσίασε μεγαλύτερες μεταβολές της ηχητικής στάθμης και της συχνотικής συμπεριφοράς μεταξύ των θέσεων ακρόασης, καθώς και χαμηλότερες τιμές στους δείκτες ευκρίνειας σε σχέση με τα δύο συστήματα ηλεκτροακουστικής ενίσχυσης. Ως προς την ερμηνεία των αποτελεσμάτων αυτών, η παντοκατευθυντική πηγή παρέχει ενδείξεις για τη συμπεριφορά μιας φυσικής σημειακής πηγής, όπως η ανθρώπινη φωνή, χωρίς όμως να μπορεί να αναπαραστήσει τη συμπεριφορά μιας σύνθετης και εκτεταμένης

πηγής, όπως μια ορχήστρα. Η προσομοίωση μιας τέτοιας περίπτωσης θα απαιτούσε τη χρήση πολλαπλών πηγών κατανεμημένων στον χώρο της σκηνής, ώστε να προσεγγίζεται η χωρική κατανομή των επιμέρους οργάνων. Επιπλέον, η εξέταση των δύο θέσεων της παντοκατευθυντικής πηγής έδειξε ότι η μεταβολή της θέσης της μπορεί να προκαλέσει τοπικές διαφοροποιήσεις στην ακουστική συμπεριφορά, χωρίς αυτές να αποτυπώνονται απαραίτητα στις συνολικές μέσες τιμές. Η παρατήρηση αυτή είναι ιδιαίτερα εμφανής στον C80 στις ακραίες θέσεις των άνω διαζωμάτων και αναδεικνύει τη σημασία της χωρικής εξέτασης των αποτελεσμάτων παράλληλα με τους συνοπτικούς στατιστικούς δείκτες.

Ως προς την επιλογή συστήματος ηλεκτροακουστικής ενίσχυσης ανά χρήση, τα αποτελέσματα παρέχουν ενδείξεις που συμφωνούν με την υφιστάμενη πρακτική λειτουργίας του χώρου. Το επιδαπέδιο σύστημα εμφανίζει χαρακτηριστικά που ευνοούν περισσότερο εφαρμογές στις οποίες η καταληπτότητα και η ευκρίνεια της ομιλίας έχουν αυξημένη σημασία, όπως οι θεατρικές παραγωγές. Αντίθετα, το αναρτώμενο σύστημα προσφέρει περισσότερο ομοιόμορφη κάλυψη και συχνотική συμπεριφορά στο σύνολο του ακροατηρίου, χαρακτηριστικά ιδιαίτερα σημαντικά για μουσικές εφαρμογές. Η διάκριση αυτή δεν προκύπτει από έναν μεμονωμένο ακουστικό δείκτη, αλλά από τη συνδυαστική αξιολόγηση της συνολικής συμπεριφοράς των δύο συστημάτων.

Τα παραπάνω αποτελέσματα αποτελούν αφετηρία για τη διερεύνηση εναλλακτικών προσεγγίσεων στον σχεδιασμό του ήχου στο ΩΗΑ. Στο επόμενο κεφάλαιο εξετάζονται ιδέες που θα μπορούσαν να συμβάλουν τόσο στη βελτίωση της απόδοσης των συστημάτων ηλεκτροακουστικής ενίσχυσης όσο και στην κάλυψη των σύγχρονων απαιτήσεων των παραγωγών.

8 Πρόταση σχεδιαστικής προσέγγισης

Η συγκριτική αξιολόγηση των διατάξεων που εξετάστηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια ανέδειξε ότι πράγματι η επιλογή της κατάλληλης διάταξης ηλεκτροακουστικής ενίσχυσης συνδέεται με τη χρήση του χώρου και τις απαιτήσεις κάθε εφαρμογής. Η διαπίστωση αυτή ανοίγει το πεδίο για μια πιο ανοιχτή προσέγγιση στον σχεδιασμό του ήχου στον χώρο. Στην ίδια κατεύθυνση οδηγούν και οι ανάγκες των σύγχρονων παραγωγών για μεγαλύτερη ευελιξία και νέες δυνατότητες πολυκάναλης και χωρικής αναπαραγωγής του ήχου. Στο πλαίσιο αυτό, το παρόν κεφάλαιο εξετάζει παραδείγματα ακουστικών και ηλεκτροακουστικών εφαρμογών σε άλλους αρχαίους χώρους παραστάσεων, με στόχο τη διερεύνηση ιδεών και κατευθύνσεων που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν και στο ΩΗΑ. Ο σχεδιασμός του ήχου εξετάζεται έτσι σε ένα ευρύτερο πλαίσιο, σε συνδυασμό με την προστασία του μνημείου, τις τεχνικές υποδομές και τις ανάγκες των σύγχρονων χρήσεων του.

8.1 Σύγχρονες κατευθύνσεις στον σχεδιασμό ήχου σε αρχαίους χώρους παραστάσεων

Η συνεχιζόμενη χρήση αρχαίων θεάτρων και ωδείων για σύγχρονες παραστάσεις έχει οδηγήσει στην εφαρμογή ή τη μελέτη διαφορετικών λύσεων για την προσαρμογή τους στις σημερινές ανάγκες. Οι λύσεις αυτές εκτείνονται από προσωρινές ή αναστρέψιμες ακουστικές παρεμβάσεις έως σύγχρονες ηλεκτροακουστικές εγκαταστάσεις και νέες κατασκευές που εξυπηρετούν περισσότερες από μία λειτουργίες. Στη συνέχεια παρουσιάζονται επιλεγμένα παραδείγματα από αντίστοιχους χώρους, όχι ως πρότυπα προς άμεση εφαρμογή στο ΩΗΑ, αλλά ως διαφορετικές προσεγγίσεις που μπορούν να συμβάλουν στη διαμόρφωση μιας πρότασης προσαρμοσμένης στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και τις απαιτήσεις του.

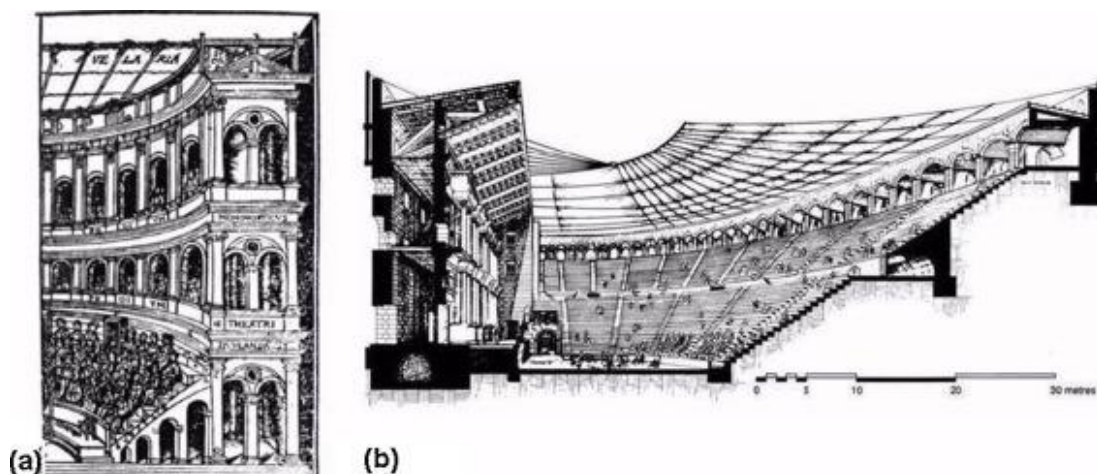
8.1.1 Παραδείγματα ακουστικών εφαρμογών

Στο πεδίο της ακουστικής υπάρχουν περιπτώσεις αρχαίων χώρων στις οποίες έχουν μελετηθεί παρεμβάσεις με στόχο τη βελτίωση της ακουστικής τους συμπεριφοράς κατά τη σύγχρονη χρήση τους. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η αξιοποίηση προσωρινών ή

αναστρέψιμων κατασκευών, οι οποίες μπορούν να εξυπηρετούν τις λειτουργικές ανάγκες των παραστάσεων και παράλληλα να συμβάλλουν στην ακουστική του χώρου. Στο αρχαίο θέατρο των Συρακουσών, οι Bo et al. (2015) μελέτησαν μέσω ακουστικής προσομοίωσης την επίδραση διαφορετικών σκηνικών στοιχείων και διατύπωσαν κατευθύνσεις για τον σχεδιασμό τους, ώστε η παρουσία τους να συμβάλλει παράλληλα στην ακουστική λειτουργία του θεάτρου (Εικόνα 8.1). Αντίστοιχα, οι d'Ambrosio Alfano et al. (2015) εξέτασαν στα αρχαία θέατρα της Πομπηίας και του Benevento τη δυνατότητα χρήσης κατάλληλων *velaria*, δηλαδή αναδιπλούμενων καλύψεων πάνω από το κοίλο, ως μέσου που, πέρα από την προστασία των θεατών από τον ήλιο, θα μπορούσε να επηρεάσει θετικά και την ακουστική συμπεριφορά των χώρων. Στην Εικόνα 8.2 παρουσιάζονται δύο χαρακτηριστικές αναπαραστάσεις της μορφής που θα μπορούσαν να έχουν τέτοιες κατασκευές.



Εικόνα 8.1 Το αρχαίο θέατρο των Συρακουσών χωρίς και με την προσθήκη σύγχρονου σκηνικού με ακουστικές ιδιότητες (πηγή: Bo et al., 2015)



Εικόνα 8.2 Αναπαραστάσεις του *velarium* σε ρωμαϊκά θέατρα: (α) σχέδιο του Cesare Cesariano και (β) αναπαράσταση του *velarium* στο ρωμαϊκό θέατρο της Ασπένδου κατά Izenour (πηγή: d'Ambrosio Alfano et al., 2015)

Μια περίπτωση με ιδιαίτερο ενδιαφέρον αποτελεί το Αρχαίο Θέατρο της Οράγγης, όπου μια σύγχρονη κατασκευή συνδυάζει την προστασία του μνημείου με τις λειτουργικές ανάγκες της σύγχρονης χρήσης του. Στο πλαίσιο των εργασιών αποκατάστασης του 2005–2006 κατασκευάστηκε νέο στέγαστρο πάνω από τη σκηνή, με στόχο την προστασία του μνημειακού σκηνικού οικοδομήματος, ενώ στη νέα κατασκευή ενσωματώθηκαν και σκηνικές υποδομές, όπως σημεία ανύψωσης και ράγες φωτισμού (RL&A, n.d.) (Εικόνα 8.3). Παράλληλα, κατά τον σχεδιασμό του στεγάστρου αντιμετωπίστηκε και η ακουστική του επίδραση, καθώς η νέα επιφάνεια μπορούσε να προκαλέσει έντονες ανακλάσεις προς το θέατρο. Για τον περιορισμό τους, κάτω από τη στεγανή οροφή αναρτήθηκε κατασκευή από μεταλλικό πλέγμα και ακουστικό ύφασμα, με στόχο την αύξηση της ηχητικής απορρόφησης και τη μείωση των ανακλάσεων (Koch Membranen, n.d.). Συνεπώς, το παράδειγμα αφορά μια σύγχρονη παρέμβαση που συνδυάζει την προστασία του μνημείου, τις τεχνικές ανάγκες της λειτουργίας του και την αντιμετώπιση της ακουστικής επίδρασης της ίδιας της κατασκευής.



Εικόνα 8.3 Γενική άποψη του Αρχαίου Θεάτρου της Οράγγης κατά τη διάρκεια εργασιών συντήρησης, όπου φαίνεται το σκέπαστρο με τη σκηνική υποδομή (φωτογραφία: Marc Panneau, 2023· πηγή: Institut ARKAIA, n.d.)

8.1.2 Παραδείγματα ηλεκτροακουστικών εφαρμογών

Στο πεδίο της ηλεκτροακουστικής συναντώνται επίσης διαφορετικές προσεγγίσεις ως προς τη χωροθέτηση και την ένταξη των ηχητικών πηγών σε αρχαίους χώρους παραστάσεων. Στο αρχαίο θέατρο του Tindari στη Σικελία, για παράδειγμα, έχει χρησιμοποιηθεί σύστημα περιορισμένης οπτικής παρουσίας, αποτελούμενο από δύο λεπτές κατακόρυφες συστοιχίες ηχείων στις πλευρές της σκηνής (Εικόνα 8.4). Η συγκεκριμένη επιλογή επέτρεψε την ηλεκτροακουστική υποστήριξη της παράστασης με περιορισμένη επέμβαση στην εικόνα του αρχαίου θεάτρου (K-array, n.d.). Μια διαφορετική διάταξη συναντάται στο Αρχαίο Θέατρο Πυθαγορείου στη Σάμο, όπου οι ηχητικές πηγές έχουν τοποθετηθεί περιμετρικά της περιοχής της ορχήστρας, όπως φαίνεται στην Εικόνα 8.5. Η εφαρμογή παρουσιάζει ενδιαφέρον ως παράδειγμα κατανεμημένης χωροθέτησης σε έναν αρχαίο χώρο μικρότερης κλίμακας (ACOU, n.d.).



Εικόνα 8.4 Ηλεκτροακουστική εγκατάσταση περιορισμένης οπτικής παρουσίας στο αρχαίο θέατρο του Tindari (πηγή: K-array, n.d.)



Εικόνα 8.5 Ηχητικές πηγές περιμετρικά της περιοχής της ορχήστρας στο Αρχαίο Θέατρο Πυθαγορείου (πηγή: ACOU, n.d.)

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η μελέτη των Orrán et al. (2023) για το ρωμαϊκό θέατρο της Itálica στην Ισπανία, στην οποία εξετάστηκαν τρεις διαφορετικές διατάξεις ηχείων χαμηλών συχνοτήτων. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονταν μια επίγεια και μια αναρτώμενη σημειακή διάταξη, οι οποίες παρουσιάζονται στην Εικόνα 8.6. Η αναρτώμενη σημειακή διάταξη παρουσίασε μικρότερες μεταβολές της στάθμης και του φάσματος στο ακροατήριο και τη μικρότερη ηχητική επιβάρυνση στις γύρω περιοχές, αναδεικνύοντας μια διαφορετική δυνατότητα χωροθέτησης των ηχείων χαμηλών συχνοτήτων σε αρχαίο υπαίθριο θέατρο.



Εικόνα 8.6 Επίγεια (αριστερά) και αναρτώμενη (δεξιά) σημειακή διάταξη ηχείων χαμηλών συχνοτήτων στο ρωμαϊκό θέατρο της Itálica (πηγή: Orrán et al., 2023)

Πέρα από τις διαφορετικές δυνατότητες χωροθέτησης των ηχητικών πηγών, συναντώνται και εφαρμογές στις οποίες η σύγχρονη τεχνολογία εντάσσεται σε μια ευρύτερη επαναπροσέγγιση της χρήσης του αρχαίου χώρου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η παραγωγή Fire Feast στο Αρχαίο Θέατρο του Plovdiv το 2019, όπου αντιστράφηκε η συμβατική σχέση σκηνής και ακροατηρίου, με τους θεατές να τοποθετούνται στη σκηνή και τους σολίστ στις μαρμάρινες κερκίδες. Παράλληλα, χρησιμοποιήθηκε σύστημα ανάλυσης του ζωντανού ηχητικού σήματος, μέσω του οποίου οι προβολές και τα οπτικά στοιχεία μεταβάλλονταν σε πραγματικό χρόνο σε συνάρτηση με τη μουσική (Tanchev, n.d.) (Εικόνα 8.7).



Εικόνα 8.7 Αντιστροφή της συμβατικής διάταξης σκηνής και ακροατηρίου στο Αρχαίο Θέατρο του Plovdiv κατά την παραγωγή Fire Feast (πηγή: Tanchev, n.d.)

Μια διαφορετική προσέγγιση εφαρμόζεται στο Αρχαίο Θέατρο της Οράγγης με το έργο L'Odyssée Sonore, μια χωρική εμπειρία (immersive experience) που αξιοποιεί τεχνολογία επαυξημένου ήχου (augmented sound technology) και επιτρέπει στους επισκέπτες να κινούνται ελεύθερα στον χώρο (Εικόνα 8.8). Αντί για συμβατική αναπαραγωγή μέσω ηχείων, κάθε επισκέπτης χρησιμοποιεί ακουστικά υψηλής ευκρίνειας με τεχνολογία γεωεντοπισμού (Εικόνα 8.9). Καθώς αυτός κινείται στο θέατρο, η θέση του εντοπίζεται και το ηχητικό περιεχόμενο που αναπαράγεται στα ακουστικά μεταβάλλεται ανάλογα, δημιουργώντας διαφορετική ακουστική εμπειρία κατά τη διαδρομή του (L'Odyssée Sonore, n.d.).



Εικόνα 8.8 Η χωρική εμπειρία L'Odysée Sonore στο Αρχαίο Θέατρο της Οράγγης (πηγή: L'Odysée Sonore, n.d.)



Εικόνα 8.9 Χρήση ακουστικών κατά την εμπειρία L'Odysée Sonore στο Αρχαίο Θέατρο της Οράγγης (φωτογραφία: Cyril Cortez, πηγή: POP Tourisme, 2025)

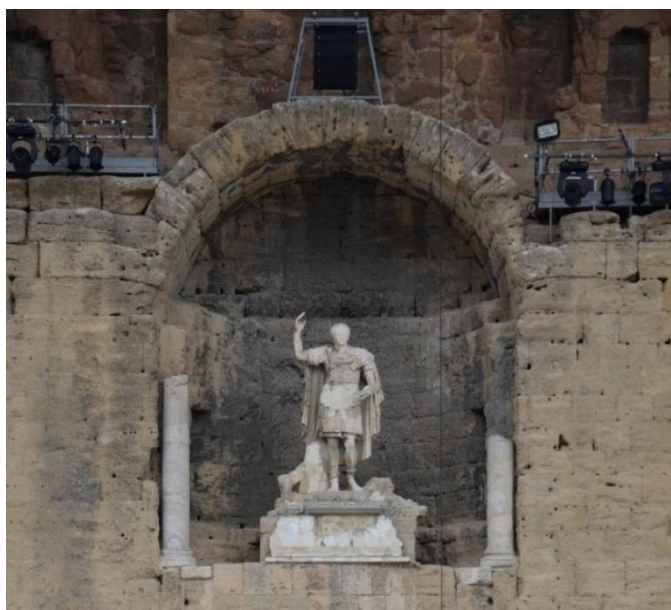
8.2 Σύγχρονες απαιτήσεις και δυνατότητες για το ΩΗΑ

Το μεγάλο εύρος των παραγωγών που φιλοξενεί το ΩΗΑ απαιτεί μεγαλύτερη ευελιξία ως προς τις δυνατότητες χωροθέτησης και διαμόρφωσης των ηχητικών συστημάτων. Οι διαφορετικές απαιτήσεις της ομιλίας και της μουσικής, αλλά και η χρήση πολυκάναλων και χωρικών εφαρμογών, προϋποθέτουν συστήματα που μπορούν να προσαρμόζονται στα χαρακτηριστικά κάθε παραγωγής. Παράλληλα, σε έναν χώρο με τον μνημειακό χαρακτήρα του ΩΗΑ, ο σχεδιασμός πρέπει να λαμβάνει υπόψη την προστασία και την οπτική ανάδειξη του μνημείου, καθώς και τους περιορισμούς που αυτές επιβάλλουν στην εγκατάσταση του εξοπλισμού. Το ζητούμενο επομένως δεν περιορίζεται στην επιλογή μιας συγκεκριμένης διάταξης ηχείων, αλλά επεκτείνεται στην πρόβλεψη κατάλληλων τεχνικών υποδομών που θα μπορούν να υποστηρίξουν διαφορετικές διατάξεις και χρήσεις του χώρου.

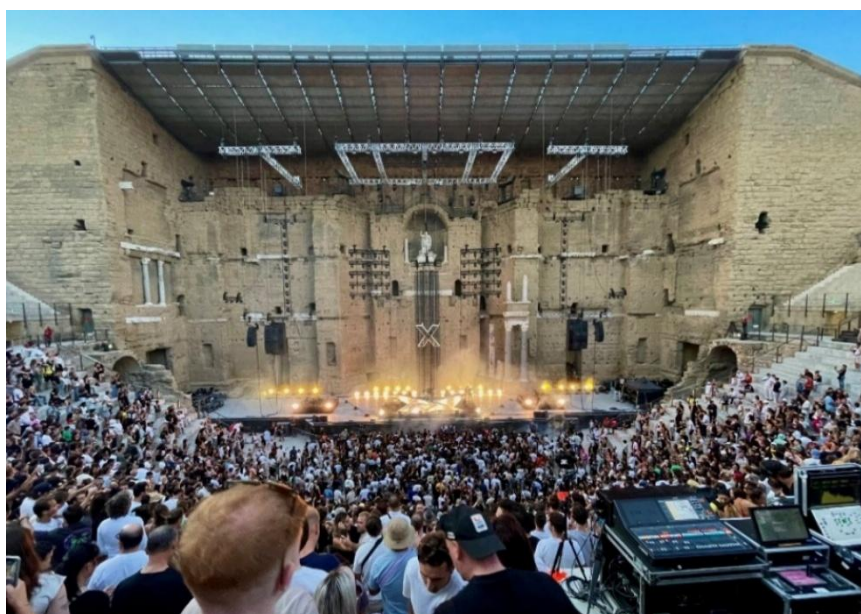
Μια αντίστοιχη λογική συναντάται στο Αρχαίο Θέατρο της Οράγγης, όπου η σύγχρονη λειτουργία του χώρου υποστηρίζεται από μόνιμες τεχνικές υποδομές. Το σύγχρονο στέγαστρο πάνω από τη σκηνή ενσωματώνει τεχνικές υποδομές για την υποστήριξη των αναγκών των παραγωγών, όπως σημεία ανύψωσης και ράγες φωτισμού (RL&A, n.d.), ενώ στον χώρο έχουν εγκατασταθεί και τρεις μηχανοκίνητες αναρτώμενες τεχνικές κατασκευές για τις ανάγκες ήχου και φωτισμού (FL Structure, n.d.). Οι δυνατότητες διαφορετικής αξιοποίησης των υποδομών του χώρου φαίνονται και σε φωτογραφίες από σύγχρονες παραγωγές: σε μία περίπτωση διακρίνονται μικρότερες συστοιχίες ηχείων τοποθετημένες σε μεταλλικές κατασκευές στην πρόσοψη της σκηνής (Εικόνα 8.10), ενώ σε άλλη συναυλιακή παραγωγή χρησιμοποιήθηκε μεγαλύτερο σύστημα ηλεκτροακουστικής ενίσχυσης, αναρτημένο σε μεγάλο ύψος εκατέρωθεν της σκηνής (Εικόνα 8.11). Το παράδειγμα της Οράγγης δείχνει έτσι πώς η πρόβλεψη κατάλληλων τεχνικών υποδομών μπορεί να παρέχει διαφορετικές δυνατότητες εγκατάστασης του ηχητικού εξοπλισμού ανάλογα με τις ανάγκες της εκάστοτε παραγωγής.

Η κατεύθυνση προς μια πιο ευέλικτη προσέγγιση υποστηρίζεται και από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας. Παρότι καμία από τις διατάξεις ηλεκτροακουστικής ενίσχυσης δεν υπερείχε ως προς τα εξεταζόμενα κριτήρια, το αναρτώμενο σύστημα παρουσίασε μεγαλύτερη ομοιομορφία ηχητικής κάλυψης και συχνотικής συμπεριφοράς, προσφέροντας έτσι μια κατάλληλη αφετηρία για περαιτέρω διερεύνηση. Το επιδαπέδιο σύστημα εμφάνισε στις μετρήσεις πλεονέκτημα ως προς την καταληπτότητα και την ευκρίνεια της ομιλίας, δείχνοντας παράλληλα ότι οι συγκεκριμένοι δείκτες αποτελούν πεδίο στο οποίο μια

αναρτώμενη διάταξη θα μπορούσε να βελτιωθεί περαιτέρω. Στην ίδια κατεύθυνση, το παράδειγμα της Itálica που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα δείχνει ότι μπορούν να εξεταστούν διαφορετικές δυνατότητες χωροθέτησης των ηχείων χαμηλών συχνοτήτων, πέρα από την τοποθέτησή τους στο επίπεδο της σκηνής (Orrán et al., 2023).



Εικόνα 8.10 Ηχεία αναρτημένα σε μεταλλική κατασκευή στην πρόσοψη της σκηνής του Αρχαίου Θεάτρου της Οράγγης (φωτογραφία: Carole Raddato, 2014, πηγή: Wikimedia Commons, CC BY-SA 2.0)



Εικόνα 8.11 Αναρτώμενο σύστημα ενίσχυσης ήχου στο Αρχαίο Θέατρο της Οράγγης κατά τη διάρκεια συναυλίας (φωτογραφία: Elya Bouyssou, 2025, πηγή: Le Dauphiné Libéré)

Με βάση τα παραπάνω, μια μελλοντική μελέτη θα μπορούσε να επικεντρωθεί στην ανάπτυξη μιας βελτιωμένης αναρτώμενης διάταξης για το ΩΗΑ, με στόχο τη διατήρηση των πλεονεκτημάτων της ως προς την ομοιομορφία της κάλυψης και τη συχνотική συμπεριφορά και τη βελτίωση της απόδοσής της ως προς την καταληπτότητα και την ευκρίνεια της ομιλίας. Η μελέτη αυτή θα απαιτούσε στοχευμένη έρευνα και εκτεταμένες ακουστικές προσομοιώσεις, ώστε να εξεταστούν διαφορετικές δυνατότητες χωροθέτησης τόσο των κύριων ηχείων όσο και των ηχείων χαμηλών συχνοτήτων, καθώς και η αξιοποίηση πρόσθετων καταναεμημένων ηχητικών πηγών. Οι τελευταίες θα μπορούσαν να διευρύνουν τις δυνατότητες προσαρμογής του συστήματος στις διαφορετικές χρήσεις του χώρου και παράλληλα να υποστηρίζουν πολυκάναλες και χωρικές εφαρμογές. Μια τέτοια συνολική προσέγγιση θα πρέπει να ενσωματώνει εξ αρχής τις σύγχρονες απαιτήσεις των παραγωγών και να εξετάζει τις διαφορετικές ηχητικές πηγές ως μέρη ενός ενιαίου και ευέλικτου συστήματος. Η ανάπτυξη και βελτιστοποίηση μιας τέτοιας διάταξης απαιτεί ωστόσο ξεχωριστή και εκτεταμένη μελέτη και για τον λόγο αυτό δεν εντάχθηκε στο αντικείμενο της παρούσας εργασίας.

Η προσέγγιση που διατυπώνεται εδώ δεν αποτελεί πρόταση συγκεκριμένου συστήματος ή καθορισμένων θέσεων εγκατάστασης, αλλά ένα σύνολο κατευθύνσεων για έναν μελλοντικό σχεδιασμό στο ΩΗΑ. Η εφαρμογή τους θα πρέπει να εξεταστεί σε συνδυασμό με τις απαιτήσεις προστασίας του μνημείου, την οπτική ένταξη των τεχνικών εγκαταστάσεων, τη δυνατότητα αναστρεψιμότητας των παρεμβάσεων και τους κατασκευαστικούς και λειτουργικούς περιορισμούς του χώρου. Στο πλαίσιο αυτό, η ακουστική και ηλεκτροακουστική απόδοση, η ευελιξία των τεχνικών υποδομών και οι απαιτήσεις των σύγχρονων παραγωγών θα ήταν σκόπιμο να αντιμετωπιστούν ως παράμετροι ενός ενιαίου σχεδιασμού.

9 Συμπεράσματα

Η συγκριτική μελέτη των διαφορετικών διατάξεων στο ΩΗΑ έδειξε ότι δεν προκύπτει μία λύση που να υπερέχει ως προς όλα τα εξεταζόμενα κριτήρια. Η παντοκατευθυντική πηγή εμφάνισε μεγαλύτερες χωρικές μεταβολές και χαμηλότερη απόδοση στους δείκτες που σχετίζονται με την ομιλία, αποτυπώνοντας τη συμπεριφορά μιας σημειακής πηγής χωρίς ηλεκτροακουστική ενίσχυση. Από τα δύο συστήματα ενίσχυσης, το αναρτώμενο παρουσίασε συνολικά μεγαλύτερη ομοιομορφία ως προς την ηχητική κάλυψη και τη συχνотική συμπεριφορά, ενώ το επιδαπέδιο εμφάνισε στις μετρήσεις πλεονέκτημα ως προς την καταληπτότητα και την ευκρίνεια της ομιλίας. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν τη σημασία της θέσης και της κατευθυντικότητας των ηχητικών πηγών για την απόδοση στο ακροατήριο, ενώ παράλληλα δείχνουν ότι η επιλογή της κατάλληλης διάταξης δεν μπορεί να βασιστεί σε έναν μεμονωμένο ακουστικό δείκτη. Η κατάλληλη χωροθέτηση εξαρτάται συνεπώς από την εκάστοτε χρήση και τις απαιτήσεις της.

Η συνδυαστική χρήση επιτόπιων μετρήσεων και ακουστικής προσομοίωσης ανέδειξε τη συμπληρωματική αξία των δύο προσεγγίσεων. Η προσομοίωση επιτρέπει την εξέταση και σύγκριση διαφορετικών διατάξεων υπό κοινές και ελεγχόμενες συνθήκες, χωρίς όμως να αναπαράγει με ακρίβεια όλες τις παραμέτρους της πραγματικής ακουστικής συμπεριφοράς, όπως έδειξαν και οι αποκλίσεις που παρατηρήθηκαν στους δείκτες ευκρίνειας. Αντίστοιχα, οι επιτόπιες μετρήσεις αποτυπώνουν την πραγματική λειτουργία του συστήματος, επηρεάζονται όμως από μεταβαλλόμενους παράγοντες, όπως ο θόρυβος βάθους και οι περιβαλλοντικές συνθήκες, οι οποίοι μπορεί να διαφέρουν και από τις συνθήκες μιας παράστασης. Η αξιολόγηση μιας διάταξης είναι επομένως πληρέστερη όταν η προσομοίωση χρησιμοποιείται ως εργαλείο σχεδιασμού και τα αποτελέσματά της επιβεβαιώνονται επιτόπου μέσω ακουστικών μετρήσεων.

Μια πρώτη κατεύθυνση για περαιτέρω διερεύνηση αφορά τη συστηματική χαρτογράφηση του θορύβου βάθους, η οποία παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για το ΩΗΑ λόγω της θέσης του εντός του αστικού ιστού και της άμεσης έκθεσής του σε αστικές πηγές θορύβου. Η χαρτογράφηση του θορύβου σε όλο τον χώρο, σε διαφορετικές ώρες της ημέρας και σε διάστημα μερικών ημερών, θα επέτρεπε την πληρέστερη αποτύπωση της χωρικής και χρονικής μεταβολής του. Με τον τρόπο αυτό θα μπορούσε να διερευνηθεί εάν συγκεκριμένες περιοχές του ακροατηρίου είναι συστηματικά περισσότερο εκτεθειμένες

στον εξωτερικό θόρυβο, αλλά και πώς μεταβάλλονται οι συνθήκες θορύβου κατά τη διάρκεια του εικοσιτετράωρου. Μια τέτοια χαρτογράφηση θα παρείχε ένα χρήσιμο υπόβαθρο αναφοράς για την ερμηνεία ακουστικών μετρήσεων που πραγματοποιούνται εκτός ωρών παράστασης και τη συσχέτισή τους με τις συνθήκες που επικρατούν κατά τις συνήθεις ώρες λειτουργίας του χώρου.

Μια δεύτερη κατεύθυνση αφορά την περαιτέρω εξέλιξη και βελτίωση του ακουστικού μοντέλου. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η διερεύνηση των αιτιών των αποκλίσεων που εμφανίστηκαν μεταξύ μετρήσεων και προσομοίωσης στους δείκτες που σχετίζονται με την ομιλία, καθώς και η εξέταση πιθανών βελτιώσεων του μοντέλου ως προς την πρόβλεψή τους. Παράλληλα, θεωρείται απαραίτητη η συμπλήρωση των μοντέλων των ηλεκτροακουστικών διατάξεων με τα ηχεία χαμηλών συχνοτήτων, καθώς στις προσομοιώσεις παρατηρήθηκαν αυξημένες στάθμες στις χαμηλότερες συχνοτικές ζώνες ακόμη και χωρίς τη συνεισφορά τους. Η ενσωμάτωσή τους θα επέτρεπε να εξεταστεί η συνολική χαμηλοσυχνοτική απόκριση και η αλληλεπίδρασή τους με τα κύρια συστήματα και τον χώρο. Συμπληρωματικά, η περιοχή των χαμηλών συχνοτήτων θα μπορούσε να διερευνηθεί με λογισμικό που βασίζεται σε κυματικές μεθόδους, ώστε να αποτυπωθούν πληρέστερα τα φαινόμενα που δεν περιγράφονται επαρκώς από την προσέγγιση του υφιστάμενου μοντέλου.

Η χρήση της παντοκατευθυντικής πηγής ανέδειξε επίσης ένα πεδίο που θα μπορούσε να διερευνηθεί περαιτέρω ως προς τις φυσικές μουσικές πηγές χωρίς ηλεκτροακουστική ενίσχυση. Η συγκεκριμένη πηγή επιτρέπει την εξέταση της συμπεριφοράς μιας σημειακής πηγής, όπως μπορεί προσεγγιστικά να θεωρηθεί η ανθρώπινη φωνή, δεν μπορεί όμως να αναπαραστήσει μια σύνθετη και εκτεταμένη πηγή, όπως μια ορχήστρα. Η ανάπτυξη ενός μοντέλου με πολλαπλές πηγές κατανεμημένες στον χώρο της σκηνής θα μπορούσε να προσεγγίσει πληρέστερα αυτή τη συνθήκη και να επιτρέψει τη σύγκρισή της με τις διατάξεις ηλεκτροακουστικής ενίσχυσης. Μια τέτοια μελέτη παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για το ΩΗΑ, καθώς ο χώρος θεωρείται ιδιαίτερα κατάλληλος για την ακρόαση συμφωνικής μουσικής και όπερας με φυσικό ήχο, και θα μπορούσε να συμβάλει στην περαιτέρω διερεύνηση του ρόλου και της αναγκαιότητας της ηλεκτροακουστικής ενίσχυσης σε μουσικές εφαρμογές αυτής της φύσης.

Τέλος, μετά την ολοκλήρωση των εργασιών αποκατάστασης και την επαναλειτουργία του χώρου, θα ήταν ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα η επανεξέταση της ακουστικής του συμπεριφοράς.

Η επανάληψη των μετρήσεων μετά τις επεμβάσεις θα έδινε τη δυνατότητα σύγκρισης με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης και εντοπισμού πιθανών μεταβολών που οφείλονται στις εργασίες και στις νέες προσθήκες στον χώρο. Παράλληλα, η προσαρμογή του ακουστικού μοντέλου στη νέα διαμόρφωση θα επέτρεπε την εξέταση των συστημάτων ηλεκτροακουστικής ενίσχυσης υπό τις νέες συνθήκες λειτουργίας. Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας μπορούν έτσι να λειτουργήσουν ως σημείο αναφοράς για τη μελλοντική ακουστική μελέτη του Ωδείου και για τον σχεδιασμό των ηχητικών συστημάτων σύμφωνα με τις ανάγκες των σύγχρονων χρήσεών του.

Βιβλιογραφία

Ακολουθούν οι βιβλιογραφικές αναφορές (πηγές) της Εργασίας.

1. Χλέπα, Ελ.-Α. (2002). *Χρήση θεάτρων και ωδείων*. Διάζωμα. Ανακτήθηκε στις 18 Ιανουαρίου 2026 από <https://diazoma.gr/θεατροπαιδεια/χρήση-θεάτρων-και-ωδείων/>.
2. Βικιπαίδεια. (2025). *Αρχαίο ελληνικό θέατρο* [Εικόνα]. Ανακτήθηκε στις 18 Ιανουαρίου 2026 από https://el.wikipedia.org/wiki/Αρχαίο_ελληνικό_θέατρο.
3. Υπουργείο Πολιτισμού & Αθλητισμού. (2015). *Ένα ταξίδι σε αρχαία θέατρα και ωδεία του κόσμου* (Ψηφιακά Βιβλία). Αρχαίο Θέατρο στον κύκλο του χρόνου. Ανακτήθηκε στις 21 Ιανουαρίου 2026 από <https://ancienttheater.culture.gr/el/psifiaka-vivlia>.
4. Υπουργείο Πολιτισμού & Αθλητισμού. (2015). *Ένα ταξίδι σε αρχαία θέατρα και ωδεία του κόσμου* [PDF]. Ανακτήθηκε στις 16 Ιανουαρίου 2026 από <https://ancienttheater.culture.gr/el/theatra-wdeia-tou-arxaiou-kosμου>.
5. Τσαλκάνης, Δ. (2021). *Acropolis South Slope*. Ancient Athens 3D. Ανακτήθηκε στις 21 Ιανουαρίου 2026 από <https://ancientathens3d.com/el/acropolis-south-slope/>.
6. Site officiel du Service archéologique de la Ville de Lyon. (χ.χ.). *Odeon*. Ανακτήθηκε στις 22 Ιανουαρίου 2026 από http://www.archeologie.lyon.fr/archeo/sections/fr/sites_archeologiques/69005_lyon/odeon7043.
7. Ντούσον, Μ.-Δ. (2008). *Εφεσος (Αρχαιότητα), Βουλευτήριο – Ωδείο*. Εγκυκλοπαίδεια Μείζονος Ελληνισμού, Μ. Ασία. Ανακτήθηκε στις 22 Ιανουαρίου 2026 από <http://www.ehw.gr/l.aspx?id=12606>.
8. Σταθόπουλος, Δ. (2025). *Ένα ταξίδι 3000 ετών, στους μαρμαρίνους δρόμους της Εφέσου*. Travel.gr Experience & Explore. Ανακτήθηκε στις 22 Ιανουαρίου 2026 από https://www.travel.gr/arts_and_culture/ena-taxidi-3-000-eton-stoys-marmarinoys-dr/.
9. Δήμος Πάφου. (2019). *Αρχαίο Ωδείο*. Τουριστικός Οδηγός Δήμου Πάφου. Ανακτήθηκε στις 22 Ιανουαρίου 2026 από <https://www.explorepafos.org/place/%CE%B1%CF%81%CF%87%CE%B1%CE%AF%CE%BF-%CF%89%CE%B4%CE%B5%CE%AF%CE%BF/>.
10. Ρωμαϊκό ωδείο του Αμμάν. (2025). Βικιπαίδεια, Η Ελεύθερη Εγκυκλοπαίδεια. Ανακτήθηκε στις 22 Ιανουαρίου 2026 από https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A1%CF%89%CE%BC%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CF%8C_%CF%89%CE%B4%CE%B5%CE%AF%CE%BF_%CF%84%CE%BF%CF%85_%CE%91%CE%BC%CE%BC%CE%AC%CE%BD.
11. Strzelecki, S. (2001). *Amman-Odeon* [Φωτογραφία]. Wikimedia Commons. Ανακτήθηκε στις 22 Ιανουαρίου 2026 από [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amman-Odeon\(js\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amman-Odeon(js).jpg).

12. Βελένης, Γ. – Αδάμ-Βελένη, Π. (χ.χ.). *Ωδείο Θεσσαλονίκης*. Διάζωμα. Ανακτήθηκε στις 22 Ιανουαρίου 2026 από <https://diazoma.gr/theaters/%cf%89%ce%b4%ce%b5%ce%af%ce%bf-%ce%b8%ce%b5%cf%83%cf%83%ce%b1%ce%bb%ce%bf%ce%bd%ce%af%ce%ba%ce%b7%cf%82/>.
13. Καφάση, Αλ. (2012). *Ακουστική Αρχαίων Θεάτρων* (Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο). Ανακτήθηκε στις 17 Ιανουαρίου 2026 από <https://www.openbook.gr/akoystiki-ton-archaion-theatron/>.
14. Υπουργείο Πολιτισμού & Αθλητισμού. (2015). *Από το ξύλο στην πέτρα, Η εξέλιξη του θεατρικού οικοδομήματος στην αρχαιότητα* (Ψηφιακά Βιβλία). Αρχαίο Θέατρο στον κύκλο του χρόνου. Ανακτήθηκε στις 21 Ιανουαρίου 2026 από <https://ancienttheater.culture.gr/el/psifiaka-vivlia>.
15. Rindel, J. H., & Nielsen, M. L. (2006). *The ERATO project and its contribution to our understanding of the acoustics of ancient Greek and Roman theatres*. In ERATO Project Symposium, Proceedings (pp. 1-10). Ανακτήθηκε στις 6 Φεβρουαρίου 2026 από https://orbit.dtu.dk/en/publications/the-erato-project-and-its-contribution-to-our-understanding-of-th/?utm_source=chatgpt.com.
16. Ωδείο Ηρώδου του Αττικού. (2025). Βικιπαίδεια, Η Ελεύθερη Εγκυκλοπαίδεια. Ανακτήθηκε στις 6 Φεβρουαρίου 2026 από https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A9%CE%B4%CE%B5%CE%AF%CE%BF_%CE%97%CF%81%CF%8E%CE%B4%CE%BF%CF%85_%CF%84%CE%BF%CF%85_%CE%91%CF%84%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D.
17. Κορρές, Μ. (2012). *Στεγασμένοι χώροι μουσικής της Αρχαιότητας: το Ηρώδειο* (Περίληψη της ομιλίας του καθ. Μ. Κορρέ στο Μέγαρο Μουσικής Αθηνών στις 20 Μαρτίου 2012). Διάζωμα. Ανακτήθηκε στις 6 Φεβρουαρίου 2026 από <https://diazoma.gr/dimosievmata/%CE%BC%CE%B1%CE%BD%CF%8E%CE%BB%CE%B7%CF%82-%CE%BA%CE%BF%CF%81%CF%81%CE%AD%CF%82-%CF%83%CF%84%CE%B5%CE%B3%CE%B1%CF%83%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%BF%CE%B9-%CF%87%CF%8E%CF%81%CE%BF%CE%B9-%CE%BC%CE%BF/>.
18. Athens Epidaurus Festival. (n.d.). *Ωδείο Ηρώδου Αττικού*. Ανακτήθηκε στις 18 Φεβρουαρίου 2026 από <https://aefestival.gr/choroi/odeio-irodou-attikou/>.
19. Bonfils, Félix (1831-1885) - Athens - Theatre Odeion about 1868-1875.jpg. (2025). *Wikimedia Commons*. Ανακτήθηκε στις 6 Φεβρουαρίου 2026 από [https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Bonfils,_F%C3%A9lix_\(1831-1885\)_-Athens_-_Theatre_Odeion_about_1868-1875.jpg&oldid=1091452656](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Bonfils,_F%C3%A9lix_(1831-1885)_-Athens_-_Theatre_Odeion_about_1868-1875.jpg&oldid=1091452656).
20. Καλογερέα, Α. (2022). *Ωδείο Ηρώδου του Αττικού*. UrbanLife.gr. Ανακτήθηκε στις 18 Φεβρουαρίου 2026 από <https://urbanlife.gr/urban-city/odio-irodou-tou-attikou/>.

21. Athanasiou, Chr. (2024). Whispers Through Marble: The Enigmatic Acoustics of Herodes Atticus Odeon. Roman Empire Times. Ανακτήθηκε στις 20 Φεβρουαρίου 2026 από <https://romanempiretimes.com/whispers-through-marble-the-enigmatic-acoustics-of-herodes-atticus-odeon/>.
22. File:2017-05-11 Theatre of Herodes Atticus.jpg. (2024, November 19). *Wikimedia Commons*. Ανακτήθηκε στις 6 Φεβρουαρίου 2026 από https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:2017-05-11_Theatre_of_Herodes_Atticus.jpg&oldid=959208009.
23. Βίδος, Κ. (2025). Η βιοδιάβρωση «τρώει» το Ηρώδειο – Οι τελευταίες παραστάσεις πριν το λίστινγκ. Το Βήμα. Ανακτήθηκε στις 22 Φεβρουαρίου 2026 από <https://www.tovima.gr/print/culture/to-liftingk-tou-irodeiou/>.
24. Κώττη, Α. (2026). «Λίστινγκ» για το Ηρώδειο, μικρές παρεμβάσεις, στέγαση σκηνής, αλλαγή φωτισμού, μικρότερη ένταση ήχου. The President. Ανακτήθηκε στις 22 Φεβρουαρίου 2026 από <https://www.thepresident.gr/2026/02/20/liftingk-to-irodeio-mikres-paremvaseis-stegasi-skinis-allagi/>.
25. Vassilantonopoulos, S. L., & Mourjopoulos, J. N. (2009). The acoustics of roofed ancient odeia: The case of Herodes Atticus Odeion. *Acta Acustica united with Acustica*, 95(2), 291–299. Ανακτήθηκε στις 4 Μαΐου 2026 από https://dael.euracoustics.org/landing_pages/aaua/64797.html.
26. Long, M. (2014). *Architectural acoustics* (2nd ed.). Oxford: Academic Press.
27. Σκαρλάτος, Δ. (2018). Εφαρμοσμένη ακουστική: Ηχοπροστασία (5η έκδ.). Πάτρα: Εκδόσεις Gotsis
28. Mourjopoulos, J. (2013, February). Ήχος και αρχαίο θέατρο [Παρουσίαση]. Εργαστήριο Ενσύρματης Τηλεπικοινωνίας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Τεχνολογίας Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Πατρών.
29. Psarras, S., Hatziantoniou, P., Kountouras, M., Tatlas, N.-A., Mourjopoulos, J. N., & Skarlatos, D. (2013). Measurements and analysis of the Epidaurus Ancient Theatre acoustics. *Acta Acustica united with Acustica*, 99(1). Ανακτήθηκε στις 5 Μαΐου 2026 από https://dael.euracoustics.org/landing_pages/aaua/65274.html.
30. Κοντομίχος, Φ., Ζαρούχας, Θ., & Χατζηαντωνίου, Π. (2013). Ακουστική χώρου: Βασικές αρχές και σύγχρονες εξελίξεις στην κτηριακή ακουστική. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
31. Wikiwand. (n.d.). Reverberation. Ανακτήθηκε στις 6 Μαΐου 2026 από <https://www.wikiwand.com/en/Reverberation>.
32. Ruvalcaba Esquivel, D. (2005). Variability of acoustic parameters over audience areas in auditoria (Master's thesis, Chalmers University of Technology).

33. McCarthy, B. (1998). Meyer Sound design reference for sound reinforcement. Berkley: Meyer Sound.
34. McCarthy, B. (2007). Sound systems: Design and optimization: Modern techniques and tools for sound system design and alignment. Oxford: Focal Press.
35. Astolfi, A., Bo, E., Aletta, F., & Shtrepi, L. (2020). Measurements of acoustical parameters in the ancient open-air theatre of Tyndaris (Sicily, Italy). Applied Sciences, 10(16), 5680. Ανακτήθηκε στις 10 Μαΐου 2026 από <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/16/5680>.
36. Bradley, J. S., Reich, R., & Norcross, S. G. (1999). A just noticeable difference in C50 for speech. Applied Acoustics, 58(2), 99–108. Ανακτήθηκε στις 10 Μαΐου 2026 από <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X98000759>.
37. De Giorgi, M. G., Congedo, P. M., Baglivo, C., Bonomolo, M., & Milone, D. (2022). Experimental characterization and acoustic correction of a multipurpose performance hall: The Italian Theatre “Cavallino Bianco”. Buildings, 12(9), 1344. Ανακτήθηκε στις 12 Μαΐου 2026 από <https://www.mdpi.com/2075-5309/12/9/1344>.
38. Mulcahy, J. (2024). REW Help Contents. REW Room Acoustics Software. Ανακτήθηκε στις 9 Μαρτίου 2026 από <https://www.roomeqwizard.com/help.html>.
39. MiniDSP Ltd. (2026) UMIK-1. Ανακτήθηκε στις 9 Μαρτίου 2026 από <https://www.minidsp.com/products/acoustic-measurement/umik-1>.
40. Norsonic. (2014). PD NoiseExcit (Ed. 6 Rev. 1) [Technical datasheet]. Ανακτήθηκε στις 20 Μαρτίου 2026 από <https://rion-norsonic.be/assets/assets/1/noise-excitation.pdf>.
41. Yamaha Corporation (2025). DM3 Data Sheet [Technical datasheet]. Ανακτήθηκε στις 19 Απριλίου 2026 από <https://europe.yamaha.com/en/business/audio/products/mixers/dm3/>.
42. The Ancient Theatre Archive. (2025). Ωδείο Ηρώδου Αττικού (Αθήνα, Ελλάδα). Ανακτήθηκε στις 22 Απριλίου 2026 από <https://ancienttheatrescom.wpcomstaging.com/theatre/herodes-atticus-odeum-athens-greece/>.
43. Wikipedia contributors. (2025). Bias of an estimator. In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Ανακτήθηκε στις 12 Μαΐου 2026 από https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Bias_of_an_estimator&oldid=1319410180.
44. Statistics Fundamentals Team. (2026). RMSE (Root Mean Square Error): Formula, calculation & interpretation. Statistics Fundamentals. Ανακτήθηκε στις 12 Μαΐου 2026 από <https://statisticsfundamentals.com/simple-linear-regression/rmse/>.
45. Wikipedia contributors. (2026). Coefficient of determination. In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Ανακτήθηκε στις 12 Μαΐου 2026 από https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Coefficient_of_determination&oldid=1363755489.

46. Bo, E., Astolfi, A., Pellegrino, A., Pelegrín-García, D., Puglisi, G. E., Shtrepi, L., & Rychtáriková, M. (2015). The modern use of ancient theatres related to acoustic and lighting requirements: Stage design guidelines for the Greek theatre of Syracuse. *Energy and Buildings*, 95, 106–115. Ανακτήθηκε στις 15 Μαΐου 2026 από <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778814011104?via%3Dihub>.
47. d'Ambrosio Alfano, F. R., Iannace, G., Ianniello, C., & Ianniello, E. (2015). "Velaria" in ancient Roman theatres: Can they have an acoustic role? *Energy and Buildings*, 95, 98–105. Ανακτήθηκε στις 15 Μαΐου 2026 από <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778815002029?via%3Dihub>.
48. RL&A Architectes. (n.d.). Théâtre antique – Orange (84). Ανακτήθηκε στις 16 Μαΐου 2026 από <https://rla.archi/en/projects/ancient-theatre-orange-84>.
49. Koch Membranen GmbH. (n.d.). Römisches Theater. Ανακτήθηκε στις 16 Μαΐου 2026 από <https://kochmembranen.de/innenarchitektur/referenzen/oeffentliche-einrichtungen/roemisches-theater>.
50. Institut ARKAIA. (n.d.). Théâtre antique d'Orange. Aix-Marseille Université. Ανακτήθηκε στις 18 Μαΐου 2026 από <https://institut-arkaia.univ-amu.fr/en/fieldwork/orange>.
51. K-array. (n.d.). Greek Theatre of Tindari. Ανακτήθηκε στις 16 Μαΐου 2026 από <https://www.k-array.com/en/case-studies/greek-theatre-tindari>.
52. ACOU. (n.d.). Performing arts projects. Ανακτήθηκε στις 16 Μαΐου 2026 από <https://www.acou.gr/performing-arts>.
53. Orrán, C. K., Gomez-Agustina, L., & Bensusan, A. G. (2023). Subwoofer array design for optimal acoustic performance and minimal noise pollution in the Roman theatre of Italica, Spain. In *INTER-NOISE 2022 – 51st International Congress and Exposition on Noise Control Engineering* (pp. 2331–2341). The Institute of Noise Control Engineering of the USA, Inc. Ανακτήθηκε στις 18 Μαΐου 2026 από <https://ince.publisher.ingentaconnect.com/content/ince/incec/2023/00000265/00000005/art00041>.
54. Tanchev, P. (n.d.). Fire Feast. Petko Tanchev. Ανακτήθηκε στις 20 Μαΐου 2026 από <https://petkotanchev.art/en/projects/82-fire-feast>.
55. L'Odyssée Sonore. (n.d.). L'Odyssée Sonore. Ανακτήθηκε στις 20 Μαΐου 2026 από <https://www.odyssee-sonore.com/en/home/>.
56. POP Tourisme. (2025). The Sound Odyssey, at the Ancient Theatre of Orange. Ανακτήθηκε στις 23 Μαΐου 2026 από <https://www.poptourisme.fr/en/lodysee-sonore-nouvelle-edition-2025-au-theatre-antique-dorange/>

57. FL Structure. (n.d.). Antique Theatre of Orange. Ανακτήθηκε στις 23 Μαΐου 2026 από <https://flstructure.com/en/references/antique-theatre-of-orange/>.
58. Raddato, C. (2014). Ancient Theatre of Orange [Photograph]. Wikimedia Commons. Ανακτήθηκε στις 23 Μαΐου 2026 από [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ancient_Theatre_of_Orange_\(16563637574\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ancient_Theatre_of_Orange_(16563637574).jpg).
59. Bouyssou, E. (2025, August 25). Avec son projet X, Adriatique a offert un show électro et visuel au théâtre antique d'Orange [Photograph]. Ανακτήθηκε στις 23 Μαΐου 2026 από <https://www.ledauphine.com/culture-loisirs/2025/08/26/adriatique-presente-x-electro-et-show-visuel-au-theatre-antique-d-orange>.

Παράρτημα Α: Τεχνικά φυλλάδια εξοπλισμού μετρήσεων

Παρακάτω δίνονται τα τεχνικά φυλλάδια του εξοπλισμού μετρήσεων.



UMIK-1

The UMIK-1 is an omni-directional USB measurement microphone providing Plug & Play acoustic measurement. From speaker & room acoustic measurement to recording, this microphone provides low noise and accurate results you can rely on. Forget about driver installation, OS compatibility and un-calibrated mics. The Umik-1 is a USB Audio class 1 device automatically recognized by all Operating Systems (Windows/Mac/Linux). It is provided with a unique calibration file based on the serial number and the recommended microphone for Dirac Live tuning.

Technical specifications

Item	Description
Capsule Type & Polar pattern	6mm electret, Omni-Directional
Microphone body	Die cast aluminum
Frequency response	20 Hz - 20kHz +/-1dB with calibration loaded
USB Audio	USB Audio class 1.0 Driverless interface for Windows, Mac & Linux
Resolution & Sample rate	24bit ADC @ 48kHz
Max SPL for 1% THD @ 1kHz	133dB SPL @ 0dB analog gain setting
Calibration file	Unique microphone calibration .txt file referenced to the Serial Number Includes on axis & 90deg - Frequency / Amplitude / Sensitivity drift
Power	USB Powered (5V) - Blue LED indicates unit under Power
Weight	120gm for microphone, 600gm complete kit with accessories
Connector	USB Type C (v2 from Jan 2021) miniUSB (v1)
Accessories	1 x hard cardboard case 1 x 2m long USB cable 1 x pivotal microphone mini-stand 1 x microphone clamp 1 x wind screen

Template applications

- Speaker development
- Room acoustic measurements
- Live Sound tuning
- High quality recording

Compatibility

- Windows/Mac/Linux
- All measurement softwares
- Special features such as calibrated SPL measurement enabled under free Room EQ Wizard (REW) and Dirac Live.

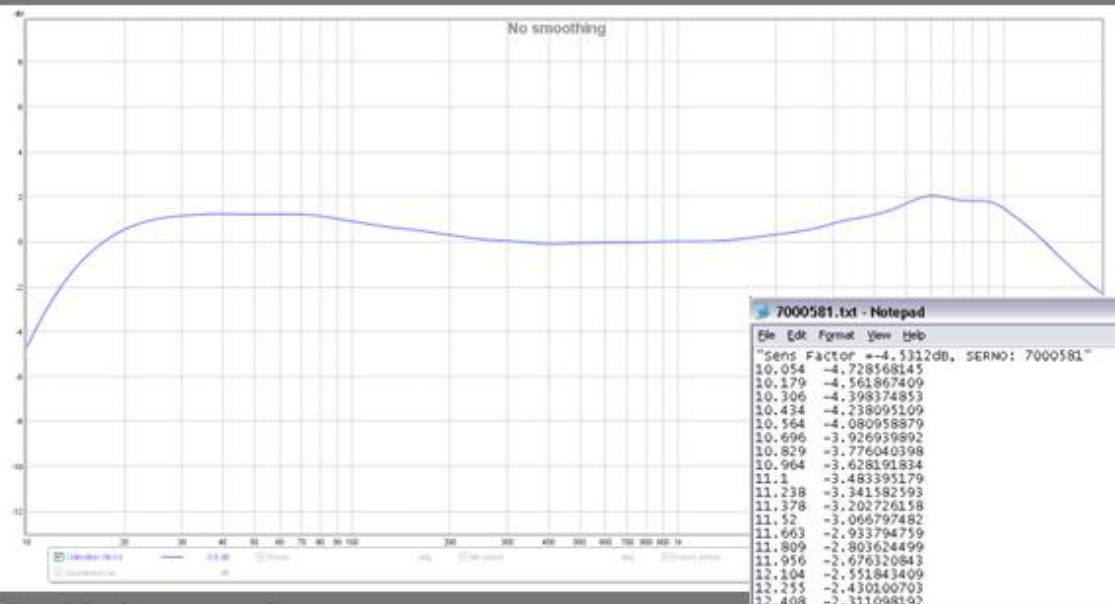


miniDSP Ltd - Features and Specifications are subject to change without prior notice
www.miniDSP.com

miniDSP

UMIK-1

Template calibration file loaded into Room EQ Wizard



Provided accessories



miniDSP Ltd - Features and Specifications are subject to change without prior notice
www.miniDSP.com

System > About

Princess-3
Vivobook_ASUSLaptop X1505VA_X1505VA

 Device specifications

Device name	Princess-3
Processor	13th Gen Intel(R) Core(TM) i9-13900H (2.60 GHz)
Installed RAM	16.0 GB (15.6 GB usable)
Device ID	FAC039EA-DF1F-4A60-A787-193DDB26CFE8
Product ID	00342-21360-59079-AAOEM
System type	64-bit operating system, x64-based processor
Pen and touch	No pen or touch input is available for this display



Vivobook 15 X1505VA-MA884W



Color	Cool Silver (15)	
Part Number	90NB10P2-M014X0	
EAN	4711636083805	
Display	15,6" (39,6 cm), WQHD+ (2880 x 1620), OLED, 16:9, 120Hz, 0,2ms, 400 cd/m ² (Peak 600), 100% DCI-P3, Nano Edge	
Processor	Intel® Core™ i9-13900H (24M Cache, up to 5.4 GHz)	
Graphics card	Intel® Iris® X®	
Memory	16GB DDR4 (8GB DDR4 Onboard + 8GB DDR4 SO-DIMM)	1x DDR4 SO-DIMM slot
Storage	1TB PCIe Gen4 M.2 SSD	1x M.2 2280 PCIe 4.0x4
Port	3.5mm Combo Audio Jack HDMI 1.4 USB 2.0 Type-A (data speed up to 480Mbps) 2x USB 3.2 Gen 1 Type-A (data speed up to 5Gbps) USB 3.2 Gen 1 Type-C with support for power delivery (data speed up to 5Gbps)	
Webcam	HD WebCam with camera cover	
WLAN & Bluetooth	Wi-Fi 6E (802.11ax Triple band 1*1 + Bluetooth® 5.3 Wireless Card)	
Keyboard	Chiclet Keyboard with Num-key (DE Layout)	
Touchpad	Touchpad	
Sound	Built-in array microphone Built-in speaker SonicMaster	
Battery	3 Cells 50 Wh	
Power adapter	19V 3.42A (65W), Plug type: DC coaxial connectors ø4.5mm	
Dimensions	35.68 x 22.76 x 1.99 ~ 1.99 cm	
Package size	481 x 65 x 288 mm (L x B x H)	
Weight	1,70 kg	
WEEE	1,95 kg	
Security	BIOS Booting User Password Protection, BIOS setup user password, McAfee®, McAfee® 30 days free trial, Trusted Platform Module (Firmware TPM)	
Operating System	Windows 11 Home with Microsoft 365 (30-day trial)	
Warranty	24 months international warranty	

All ASUS notebooks are manufactured by ASUS Computer Inc. and comply with European standards, the ISO 9001 directive and, with regard to the environmental directive, ISO 14001. All ASUS products comply with the European standard for electrical safety CE/EN60950. ASUS/Intel/Computer Inc. also complies with the OHSAS 18001 safety standard. All trademarks and brand names are the property of their respective owners. Product images and product features are subject to change without notice. Optical deviations of the pictures are possible.



Digital Mixing Console **DM3**

Overview

A DM3 Dante-equipped compact digital mixing console features versatile capabilities and portability for a wide range of applications. Offering superb sound quality, fast and easy setup and operation, and professional-level features.



Features

- 8 + 1 fader configuration
- 9-inch multi-touch screen
- Input mixing channels: 16 mono + 1 stereo + 2 FX return
- Buses: 1 Stereo, 6 Mix, 2 FX, 2 Matrix (Supports Input to Matrix)
- Local I/O: 16 Mic/Line (12 XLR + 4 XLR/TRS Phones Combo) inputs, and 8 (XLR) outputs
- Dante: 16 inputs, and 16 outputs
- USB: 18 inputs, and 18 outputs
- 18 Effects, and GEQ on Mix 1-6 and Stereo channels
- Sampling rate: 48kHz/96kHz
- Intuitive user interface optimized for multi-touch screen operation.
- "QuickPro Presets™" provide instant access to pro sound setups.
- DAW Remote for smooth DAW operation with physical controllers
- Seamlessly integrated remote control and offline editing via DM3 Editor.
- Wireless remote control of a DM3 is possible via an iPad app.
- Individual wireless Mix/Matrix mixing can be simultaneously performed by up to 10 different iPad, iPhone, iPod touch, or Android devices.
- Direct 2-track recording to standard USB flash drives, or serious multitrack recording to a DAW via Dante or USB.
- Dimensions (W x H x D): 320 mm x 140 mm x 455 mm (12.6" x 5.6" x 18.0")
- Net weight: 6.5 kg (14.3lb)



Specifications

1/3

Functional Specifications

Mixing Capacity	Input Mixing Channels	16 mono, 1 stereo, 2 FX return	FX	Number of FXs	2
	Mix Buses	6		Number of FX Programs	18
	Matrices	2 (Input to Matrix supported)	GEQ	Available Channels	Stereo, MIX1-6
	Stereo Buses	1	Dante	Number of I/O Channels	16 in / 16 out
	FX Buses	2		Dante Patch from Console	No
Local Connectors	Cue Buses	1	Recording	USB Memory Recording	Yes
	Analog Input	16 mic/line (12 XLR + 4 XLR/TRS Phones Combo)		Multitrack Recording	Yes (via USB/Dante)
	Analog Output	8 (XLR)		5.1 Surround Panning	No
	Dante I/O	Primary / Secondary	Broadcast Functions	Surround Monitor	No
	Expansion Slot	No		Mix Minus	No
	Word Clock I/O	No		L-Mono / R-Mono / LR-Mono	No
	MIDI I/O	No (MIDI protocol supported)			
	GPI	No	Monitor	Solo Mode	No
	USB	1 (File Save/Load, 2 Track Rec/Play)		Oscillator	Sine Wave / Pink Noise / Burst Noise
	USB to Host	1 (18 in/18 out audio interface, MIDI)	Other Functions	Port to Port	No
	Ethernet	Yes		GPI	No
	Foot Switch	No		MIDI	Yes (USB MIDI)
Scene Memory	Phones	1		OSC Server	Yes
	DC power IN	1 (XLR 4pin)		Wireless Mic Monitoring	No
	Number of Scenes	200		DAW Remote	Yes
	Recall Safe	Yes		RTA	Yes
	Focus Recall	No		Output Port Delay	No
	Fade Time	Yes (0s ~ 60s)		Cascade	No
	Preview	No		User Level	Yes
	Selective Load / Save	No		Help File	No
Input Channel Functions	Global Paste	No	User Interface	Display	9-inch multi-touch screen
	Tactile Control Keys	No (on-screen)		Faders	8 + 1
	Gain Compensation	No		Channel Encoder	No
	Digital Gain	Yes (-24dB ~ +24dB)		Channel Name / Color Display	Yes (On screen)
	HPF	20Hz ~ 600Hz		Custom Fader Banks	Yes
	PEQ	4 Band Full PEQ (RTA overlay support)		User Defined Keys	6
	Dynamics 1	Gate / Ducking		User Defined Knobs	No
	Dynamics 2	Comp		Touch and Turn Knob	Yes
	Input Delay	Yes (0ms ~ 1000ms)		Monitor Level Knob	No
	Pan	Center Nominal		iPad Stay	No
	DCA Group	No		Rack-mounting	Yes
	MUTE Group	6	Software	Editor	DM3 Editor
	Number of Inserts	1 (V2.0 or later)		StageMix	DM3 StageMix
	Automixer	Yes (Up to 8ch, V3.0 or later)		MonitorMix	Yes
	Direct Out	No		ProVisionaire Control/Touch	Yes
	Quick Pro Preset	Yes		Nuendo Live: Control Integration	No
Output Channel Functions	PEQ	4 Band Full PEQ (RTA overlay support)		Console File Converter	No
	GEQ	Yes			
	Dynamics 2	Compressor			
	Output Channel Delay	Yes (0ms ~ 1000ms)			
	MUTE Group	6			
	Number of Inserts	1 (V2.0 or later)			
	Quick Pro Preset	Yes			



Specifications

2/3

General Specifications

Mixing Capacity	Input channels	16 Mono, 1 Stereo, 2 FX Return
	Buses	1 Stereo, 6 Mix, 2 FX, 2 Matrix (Supports Input to Matrix)
Local Connectors	Analog IN	16 Mic/Line (12 XLR + 4 XLR/TRS Phones Combo)
	Analog OUT	8 (XLR)
	Dante I/O	2 (etherCON : Primary/Secondary), 16 In/Out
	Ethernet	1 (RJ-45)
	USB to Host	1 (USB Type-B)
	USB to Device	1 (USB Type-A)
	Phones	1 (TRS Phones)
	DC power IN	1 (XLR 4pin)
User Interface		9-inch multi-touch screen 9 x 100 mm motorized fader (Resolution=1024 steps) (8 channels + 1 main) 1 x Rotary Encoder (Touch and Turn)
Recording & Playback	PC (via USB to Host) (USB 2.0)	Recording 18 track Playback 18 track
	USB storage device	Recording 2 track (USB hard disk/SSD/flash memory) Playback 2 track (USB hard disk/SSD/flash memory)
Sampling rate		96 kHz/48 kHz
Signal delay		Less than 1.3 ms (CH INPUT to OMNI OUT @Fs=96 kHz)
Frequency Response		+0.5, -1.0 dB 20 Hz-20 kHz, reference to the nominal output level@1 kHz, INPUT to OMNI OUT
THD *1		Less than 0.01% 20 Hz - 20 kHz@+4 dBu into 10 kΩ, INPUT to OMNI OUT, Input Gain= Min
Hum & Noise *2		-126 dBu typ., Equivalent Input Noise, Input Gain= Max. -84 dBu, Residual output noise, ST main off
Dynamic Range		110 dB typ., DA Converter, 106 dB typ., INPUT to OMNI OUT, Input Gain=Min.
Crosstalk @1 kHz *3		-100 dB, adjacent INPUT/OMNI OUT channels, Input Gain= Min.
Power Requirements		DC24 V/2.5 A, PA-L500 (100 V-240 V, 50 Hz/60 Hz)
Power Consumption		43 W
Dimensions (W x H x D)		320 mm x 140 mm x 455 mm
Weight		6.5 kg
Temperature Range		Operating Temperature Range: 0 to 40°C Storage Temperature Range: -20 to 60°C
Accessories		Owner's Manual, Power Adapter (PA-L500, including power cord), DOWNLOAD INFORMATION

Options	Rack mount kit RK-DM3
*1 Total Harmonic Distortion is measured with a -18 dB/octave filter@80 kHz.	
*2 Hum & Noise are measured with an A-Weight filter.	
*3 Crosstalk is measured with a -30 dB/octave filter@22 kHz.	

Analog IN Standards

INPUT 1-16

Input impedance	10 kΩ
Source impedance	50-600 Ω Mics & 600 Ω Lines
Input level (GAIN : +64 dB)	Sensitivity*1 -80 dBu (78 μV) Specified level -60 dBu (0.775 mV) Max non-clip level -40 dBu (7.75 mV)
Input level (GAIN : 0 dB)	Sensitivity*1 -16 dBu (123 mV) Specified level +4 dBu (1.23 V) Max non-clip level -24 dBu (1.23 V)
Connectors	CH 1-12: XLR-3-31 *1 (Balanced) CH 13-16: Combo Jack *1, *4 (Balanced)

*1 Sensitivity is the input level required to output +4 dBu (1.23 V) or the specified level, when all faders and level controls are set to maximum.

*2 The XLR-3-31 connector is a balanced type (1=GND, 2=HOT, 3=COLD).

*3 The TRS phone connector is a balanced type (Tip=HOT, Ring=COLD, Sleeve=GND).

Analog OUT Standards

OMNI OUT 1-8

Output impedance	75 Ω
Load impedance	10 kΩ Lines
Output level	Specified level +4 dBu (1.23 V) Max non-clip level -24 dBu (12.3 V)
Connectors	XLR-3-32 *1 (Balanced)

*1 The XLR-3-32 connector is a balanced type (1=GND, 2=HOT, 3=COLD).

PHONES

Output impedance	10 Ω
Load impedance	40 Ω Phones
Output level	Specified level 2.5 mW Max non-clip level 100 mW
Connectors	Stereo Phone Jack (TRS) *1 (Unbalanced)

*1 Stereo Phone Jack (TRS) connector is an unbalanced type (Tip=LEFT, Ring=RIGHT, Sleeve=GND).



Specifications

3/3

Digital IN/OUT Standards

Dante Primary/Secondary

Format	Dante
Data Length	24-bit/32-bit
Level	1000BASE-T
Audio	16 ch input/16 ch output
Connectors	etherCON (CAT5e) x 2

USB TO HOST (for DAW)

Format	USB 2.0
Data Length	32-bit
Level	USB 2.0
Audio	18 ch input/18 ch output
Connectors	USB Type-B

USB TO DEVICE (for 2Tr REC/PLAY)

Format	USB 2.0
Data Length	24-bit
Level	USB 2.0
Audio	Playback: MP3 or WAV file data Record: MP3 or WAV file data
Connectors	USB Type-A

Control IN/OUT Standards

NETWORK connectors

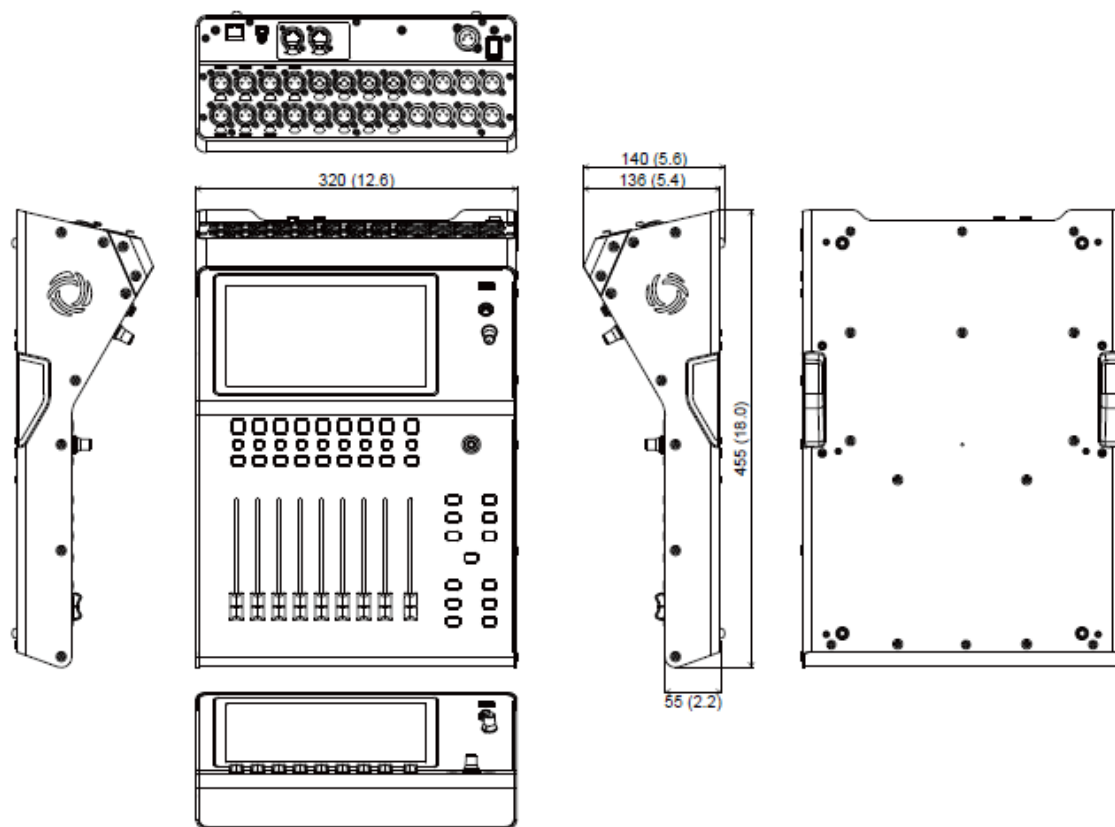
Format	IEEE802.3
Level	10BASE-T/100BASE-TX
Connectors	RJ-45



Digital Mixing Console **DM3**

Dimensions

Unit: mm (inch)



Options

- | | |
|-----------------------|--------------------------|
| • Rack Mount Kit | RK-DM3 |
| • I/O Rack | Tio1608-D |
| • I/O Rack | Tio1608-D2 |
| • Powered Loudspeaker | DZR315-D / DZR315-DW |
| • Powered Loudspeaker | DZR15-D / DZR15-DW |
| • Powered Loudspeaker | DZR12-D / DZR12-DW |
| • Powered Loudspeaker | DZR10-D / DZR10-DW |
| • Powered Loudspeaker | DXS18XLF-D / DXS18XLF-DW |
| • Powered Loudspeaker | DXS15XLF-D / DXS15XLF-DW |

Software

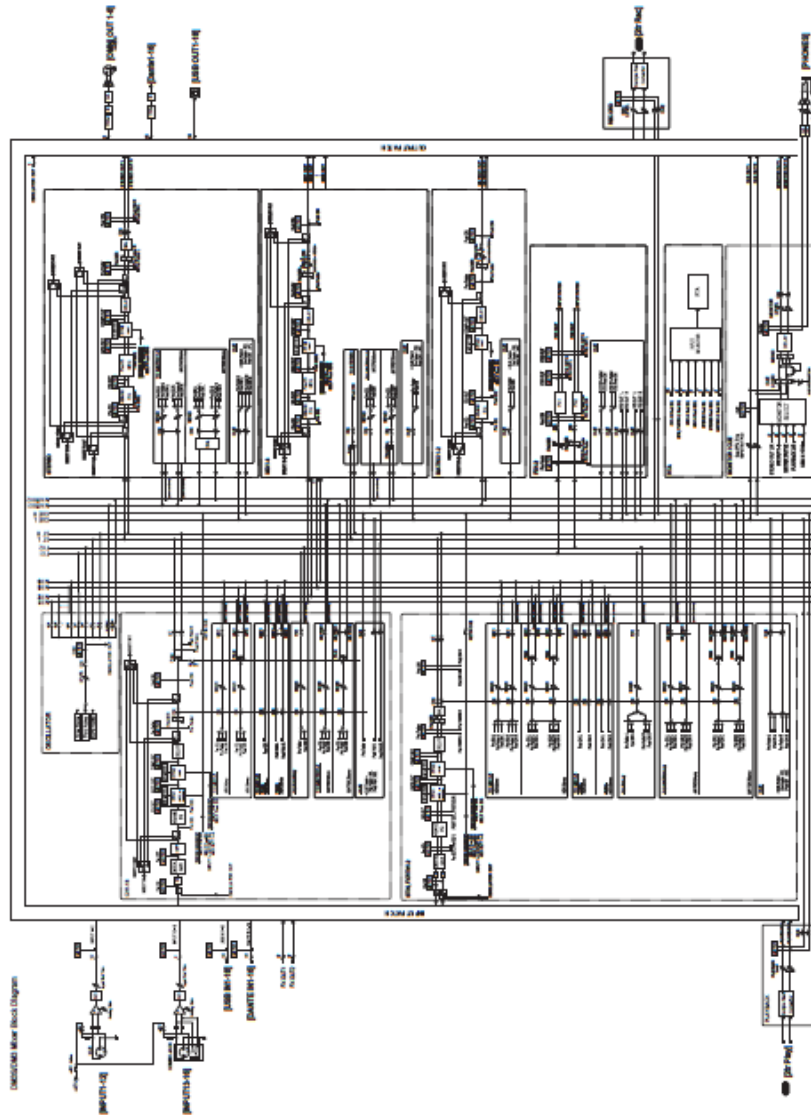
- DM3 Editor
- DM3 StageMix
- MonitorMix
- Cubase AI
- VST Rack Elements



Architectural and Engineering Specifications for DM3

The Yamaha DM3 digital mixing console shall be compact and versatile, suited to a variety of applications including live sound reinforcement, live streaming, corporate events, home or studio recording, and fixed installations. It shall be intuitive and easy to use, equipped with a 9-inch multi-touch screen and 8 + 1 faders. DM3 shall provide a mixing capacity of 16 mono and 1 stereo input channels, 2 stereo effects returns, 6 mix buses, 2 effects sends, 1 stereo bus and 2 matrix buses. It shall support the routing of input channels direct to matrix. The internal signal processing shall allow operation at sample rates of 96kHz and 48kHz. The rear panel shall include XLR connections for 16 mic/line inputs with recallable pre-amp settings, 4 of which are combined with TRS connections. It shall have 8 XLR connections for OMNI OUT. There shall be an RJ-45 connection for networking, USB-A for computer connection capable of 18 channel multi-track recording, and a 4-pin socket for 24V power supply. The rear panel Dante connections shall support 16 channels in and out for networking with various additional Dante devices. It shall include an AUTO SETUP feature for certain devices including Yamaha Tio1608-D2 i/o rack and DZR-D and DXS-XLF-D powered loudspeakers. On the top panel there shall be a USB-B socket for portable storage device capable of stereo audio recording and playback, and a ¼ inch TRS headphone socket. The top panel shall also feature a TOUCH AND TURN rotary encoder, 6 FADER BANK keys, a HOME key and 6 USER DEFINED KEYS. Above each of the 9 100mm motorized faders there shall be illuminated keys for ON, CUE and SEL. DM3 shall be compatible with a range of software applications including DM3 Editor, DM3 StageMix, MonitorMix and ProVisionaire, and it shall provide remote control capability for Digital Audio Workstation software such as Cubase and Nuendo. An optional rack-mount kit shall be available. Dimensions shall be 320 (W) x 140 (H) x 455 (D) mm, and weight shall be 6.5kg.

Block Diagrams



*All information subject to change without notice.
*All trademarks and registered trademarks are property of their respective owners.
Created in July, 2025

YAMAHA CORPORATION
P.O. BOX 1, Hamamatsu Japan

Παράρτημα Β: Τεχνικά φυλλάδια ηχητικού εξοπλισμού

Παρακάτω δίνονται τα τεχνικά φυλλάδια του ηχητικού εξοπλισμού που μετρήθηκε.

Product Data



Noise Excitation Equipment for Building Acoustics Measurements

Loudspeaker Systems Nor275 and Nor276

Power Amplifier Nor280

Tapping Machine Nor277

Norsonic is a leading supplier of noise excitation equipment as well as sound measuring systems for building acoustics. With more than 40 years of experience and by carefully listening to our customer's requirements we have developed a complete range of noise excitation equipment. Besides, fulfilling the technical requirements set in the ISO140 and ISO3382 standards, our products is featuring a unique combination of small dimensions, low weight but yet robust and easy to use.

A field assessment often requires the equipment to be carried up several floors. It is therefore important that the equipment is as small and light weighted as possible. However, new building constructions often have a much better sound insulation than previous constructions. It is therefore important that the emitted sound power is as high as possible in order to get a good signal to noise ratio in the receiving room. These are contrary requirements not easy to achieve with standard commercial equipment. Norsonic has therefore designed extremely powerful and light-weighted loudspeakers and a power amplifier with equalization, ensuring that the power is distributed to the frequencies that are required

The Tapping Machine Nor277 follows the same design philosophy; light weighted, small and robust, with a weight of only 10 kg including the battery option. It is the first tapping machine with a built in self calibration test for hammer fall speed and rotational speed.



Innovative sound instrumentation

www.norsonic.com





Dodecahedron Loudspeaker Nor276

A multitude of applications within the field of building acoustics requires the use of isotropic sound fields. The loudspeaker Nor276 has been designed to comply with these requirements and satisfies the ISO 140-3 Annex C (Laboratory measurements), ISO 140-4 Annex A (Field measurements) and the ISO 3382-1 Annex A (Reverberation Time measurements). The output power level is up to 120 dB re. 1pW for a pink noise signal.

The speaker comes with a tripod ensuring correct placement so that unwanted reflections and structural transmissions are kept at a minimum. The rugged cabinet is made of fibre glass and the speaker elements themselves are protected by grids to further enhance the concept.

The low weight of less than 9 kg has been obtained by the use of specially designed loudspeaker elements with neodyme magnets.

The Nor276 has been designed for continuous operation for more than one hour at full power. It is designed to be used with Nor280 Power Amplifier only. Using other amplifiers may damage the speaker and will void the warranty.

Features Nor276

- Conforms to ISO 140-3 Annex C standard for airborne laboratory insulation
- Conforms to ISO 3382-1 Annex A 3,1 standard for reverberation time.
- Conforms to DIN 52210
- Powerful - 120 dB LW
- Lightweight, portable and rugged design for field use.

Specifications

Physical design	Nor276
Sound power output:	Using the Nor280 with pink noise, and equalisation: 120 dB (Lin)
Speakers:	12x6"
Power (broadband):	200 W _{RMS} Peak 1000 W
Impedance:	2,7Ω
Diameter:	355 mm (14")
Weight:	<9 kg (19,8 lb)
Tripod mounting rod:	1" diameter
Accessories incl.:	- Speakon NL4FC plug replaced by a 5m assembled cable, if ordered with Nor280 - Tripod

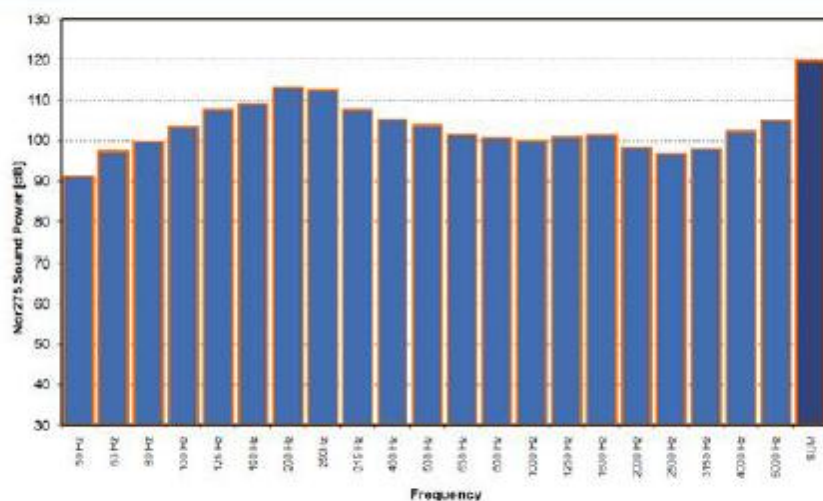
The speaker input socket accepts Speakon NL4FC connectors. A mounting rod (Ø=1") makes tripod mounting easy and safe.

The Nor280 Power Amplifier has an equalization circuitry matched to the loudspeakers Nor275 and Nor276, designed to boost the high and low frequencies to improve the system performance when used for building acoustics. The sound power graph below includes the sound power spectrum with the effects of the equalization circuitry.

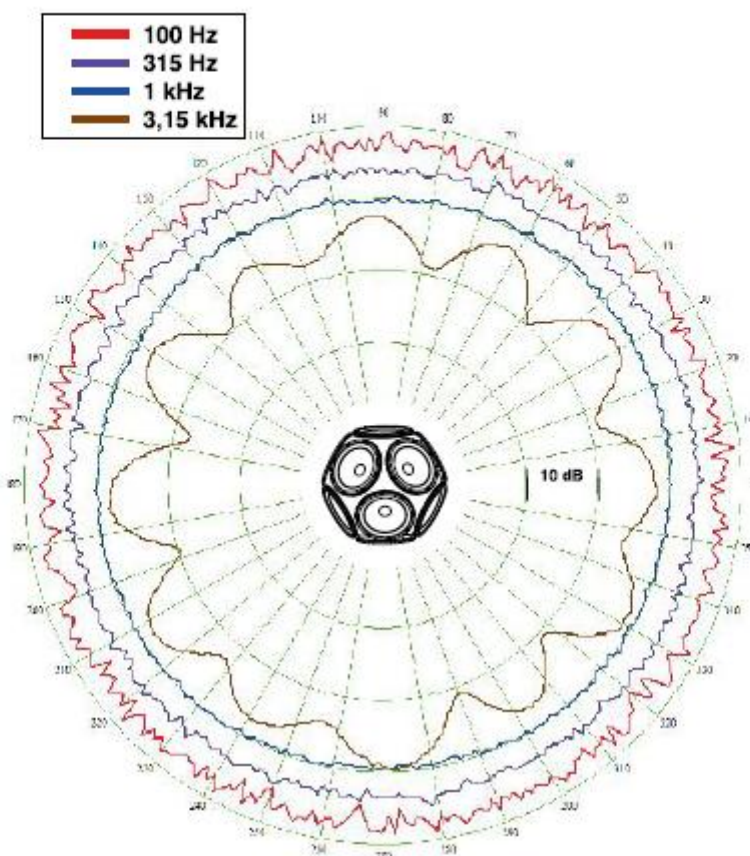




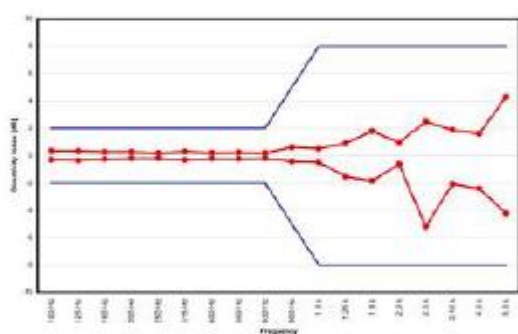
Dodecahedron Loudspeaker Nor276 and Power Amplifier Nor276 in situ with a Sound Analyser Nor140 fitted with wireless Bluetooth module for data transmission between sender and receivers room.



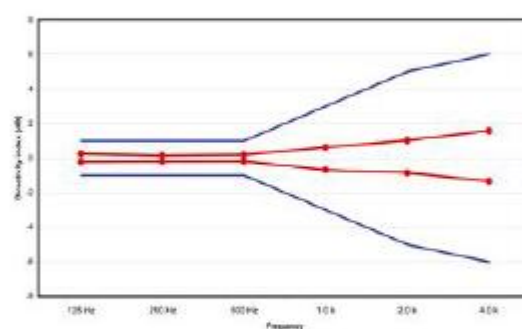
Typical sound power level vs. frequency of the Dodecahedron Loudspeaker Nor276 when used with the pink noise source and equalizer included in the Power Amplifier Nor280.



Sound power in different directions for Nor276. The measurement is done in a horizontal plane through the centre of the loudspeaker. The graph shows the respons for a sinusoidal signal at 100 Hz, 315 Hz, 1 kHz and 3,15 kHz.



Maximum and minimum directivity indices in different directions according to the requirements in ISO 140-3 and ISO 140-4 compared to the tolerance limits.



Maximum and minimum directivity indices in different directions according to the requirements in ISO 3382-1 compared to the tolerance limits.



! 6 kg
120 dB LW



Hemi-dodecahedron Loudspeaker Nor275

A powerful sound source designed for building acoustics measurements per ISO-140/4 Annex A (Field measurements). The source provides uniform sound radiation. When used with the power amplifier Nor280, the high sound power level ensures accurate descriptors in measurement conditions that include high background levels, high sound insulation properties and large room volumes.

Nor275 is designed for placement on the floor and uses the floor as a mirror for emitted sound.

The loudspeaker is designed to operate at full power for more than one hour continuously.

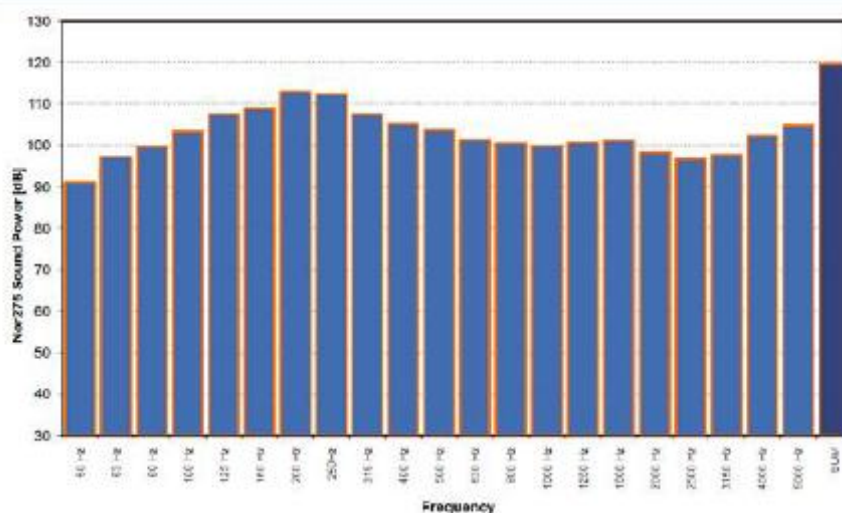
The Nor275 is designed to be used with the Nor280 power amplifier only. Using other amplifiers may damage the speaker and will void the warranty.

Features Nor275

- Nor275 fulfill ISO 140-4 Annex A standard for airborne insulation measurements in field.
- Powerful - 120 dB LW
- Lightweight, portable and rugged design for field use.

Specifications

Physical design	Hemi-dodecahedron
Sound power output:	Using the Nor280 with pink noise, and equalisation: 120 dB (Lin)
Speakers:	6x6"
Power (broadband):	100 WRMS (max) Peak 500 W
Impedance:	5.3 Ω
Diameter:	355 mm (14")
Height:	195 mm (7.6")
Weight:	6 kg (13.2 lb)
Accessories incl.:	- Speakon NL4FC plug replaced by a 5m assembled cable, if ordered with Nor280



Typical sound power level vs. frequency of the Hemi-dodecahedron Loudspeaker Nor275 when used with the pink noise source and equalizer included in the Power Amplifier Nor280.

Power Amplifier Nor280

Our aim is to take the latest technology available to help our customers complete their measurements faster but without loss of precision. With the Nor280 we have again met this objective. This power amplifier is the 4th generation of specially designed units for building acoustic measurements from Norsonic. It is less than half the size and weight, but twice as powerful as its predecessors; it replaces the Nor260 as the preferred amplifier to drive the Norsonic range of full and hemi dodecahedron instrumentation loudspeakers.

Unique design

The ISO 140 Building Acoustics Standards place heavy demands on loudspeakers and as such many may be destroyed if traditional PA power amplifiers are used to drive them. These amplifiers are normally very powerful and designed to give a flat frequency response covering a much wider frequency range than the speaker system can handle. Feeding these systems with broadband pink or red/white noise may destroy the speaker; the low frequency content of the noise causes the speaker cone to move with much higher amplitude than its design limits. Hence, the speaker coil or the cone itself may be destroyed. In addition a lot of energy is wasted in the low frequency area below 15Hz.

To overcome this problem, and to optimise the power where it is needed, a unique built in equalization network compensates for the falling frequency response of the speaker system in both the low and high frequency areas. This also ensures that the 5 dB requirement between neighbour frequency bands are met when used in combination with the Nor275 or Nor276 loudspeakers. A part of the equalization network is a high pass filter that removes low frequency signals that lie below the required frequency range for building acoustic measurements and a low pass filter that removes all frequencies above 12kHz. This feature protects the speakers from distortion and concentrates power into the frequency bands where it is needed,

Powerful

The class D amplifier construction ensures low weight, high power output and low heat dissipation. The amplifier delivers up to 500 W_{RMS} into a 4 ohm load and an output current of up to 35 Amp!

Protection circuits

Both the input and output of the amplifier are short circuit protected and an automatic system will guard against overheating and too high signal voltage on the input. The built in cooling fan is normally not running. Only at high room temperatures or prolonged use of the amplifier at full power

! 3,5 kg
500W_{rms}



Features Nor280:

- Specially designed for Building Acoustic measurements
- Lightweight and rugged construction
- Self contained noise generator
- 500 Wrms output power
- Emits 120 dB sound power level in the 50—5000 Hz frequency range when used with Norsonic dodecahedron loudspeakers types Nor275 or Nor276
- Wireless remote control of noise generator (optional)
- Equalization network to optimise acoustic output from speaker
- Balanced signal input for low noise and limited cross talk problems

Applications

- Sound insulation measurements
- Reverberation time measurements
- Absorption coefficient measurements

will the fan switch on. It will however, immediately switch off when the input signal goes off; this feature makes the unit well suited to reverberation measurements in areas of low background noise.

Noise generation

The internal noise generator features both Pink, White and Red/White noise excitation signals. The noise or line signal can be attenuated in 5 dB steps to -35dB. By adding option 1, you may switch on/off the signal remotely and wireless from another room. The balanced line input ensures minimum cross talk and induced noise when using long signal cables.



Specifications

Output:	Short-circuit and over-temperature protected
Output connector:	Speakon NL4MP
Output power:	500 W _{RMS} into 4ohm 250 W _{RMS} into 8ohm THD+N < 0,1% The built-in LP and HP filters ensure that the output power matches the Norsonic Nor275 and Nor276 series of dodecahedron loudspeakers
Peak power:	>1 kW _{PEAK} into 4ohm
Output current:	Maximum 35 A
Input:	Balanced input to avoid ground loops and cross talk to signal cables
Input connector:	XLR
Input sensitivity:	1.0 V _{RMS}
Input impedance:	10 kΩ/220 pF
Dimensions:	275 x 110 x 246 [mm] 11 x 4,3 x 9,7 [inch]
Weight:	3,5 kg
Temperature:	-20 to +35 °C
Rel. Humidity:	0-90%
Enclosure class:	IP20
Mains:	220 VAC (±10%) or 110 VAC (±10%)
Fuse:	T 3,15A (220 V), T 6A (110 V)
EMC and Safety Standards:	EN55103-1, EN55103-2, IEC61340-5 part 1&2, IEC61010, FCC part 15b part 1&2
Accessories incl.:	Mains cable, Output connector
Ordering info:	Option 1: Wireless on/off remote control (must be specified when ordering)
CE conformity:	EMC compliance according to EN50081-1 and EN50082-1, Safety according to EN61010-1-1993 and Machine directive 89/392
Optional accessories:	Nor1494/5: Cable (5m) for connecting Nor275 or Nor276 to Power Amplifier Nor280. Nor1494/01: Opt. 1 : Special length; add/subtract per metre (maximum length is 25m).



Rugged flight case Nor1327B with room for the Dodecahedron Loudspeaker Nor276, tripod, Power Amplifier Nor280, Sound Analyser Nor140 and miscellaneous accessories.



Tapping Machine Nor277

The tapping machine Nor277 is the third generation of tapping machines from Norsonic for performing standardised impact noise tests (foot fall noise). It incorporates all the experience from the former generations into a compact, light, yet a rugged unit with the construction based on an extruded aluminium chassis. The hammers are made of hardened stainless steel, ensuring non deformation of the hammer shape even after years in use. The unit weight is only 10 kg including the optional battery. Retractable feet ensure easy transportation and storage.

The unit has the required five hammers each weighting 500g, with a fall height of 40 mm and 100 ms between each hammer impact. A crystal controlled servo system ensures the correct tapping frequency is maintained at all times and temperatures. A level gauge mounted on the top helps the user to align the unit when adjusting the fall height.

An electronic self calibration test system monitors the speed of the falling hammers as well as the frequency of impacts. Errors are indicated on the front by a LED for each hammer. A gauge is included to facilitate verification of the fall height. Fall height adjustments are carried out by adjustments of the tapping machine's three feet.

In its standard version the Nor277 is operated off mains, but battery operation off an internal battery is available as an optional extension (Option 1). This optional extension must be specified on ordering.

Nor277 is equipped with RS232 serial interface for controlling the operation. As an option the unit may be equipped with a wireless hand-switch for remote start and stop (Option 2). In this way, the hammer operation can be switched on and off from the receiving room where the measuring instrumentation normally is located.

The Tapping Machine Nor277 is a rugged and lightweight construction – the weight is not more than 10 kg – designed with field applications in mind.

(Separate Product Data sheet is available)

Features Nor277:

- Remote operation from hand switch or PC
- Mains or battery operation
- Low weight
- Compact
- Rugged construction
- Built in self check of hammer fall speed, and tapping sequence.
- Retractable feet

Applications

- Impact sound transmission testing according to ISO140, part VI, VII and VIII, ASTM E-492 and ASTM E-1007.

Specifications

Hammers:	5 hammers @ 500 g. Effective falling height 40 mm (adjustable)
Tapping sequence:	10 impacts per second, rpm controlled via servo feedback loop.
Power:	84 – 264 V, 47 – 63 Hz
Battery operation:	Optional built-in Li-Ion rechargeable battery. Battery capacity: Typical 1 hour with intermittent use and 45 minutes of continuous operation. Battery de-rating: <5% loss in capacity per 100 discharge/charge cycles. Battery charging time: 2 hours
Power consumption:	Less than 30 W
Dimensions: H x L x W:	230 x 495 x 165 (265 feet extended) mm. Add 50 mm to the height for handle.
Weight:	10 kg (22 lb) including battery and wireless remote option
Ordering info:	Option 1: Battery operation, must be specified when ordering Option 2: Wireless remote control, must be specified when ordering
Acc. incl.:	Instruction manual, mains cable, small rod used for the verification of the fall height.
Optional acc.:	Carrying case/Shipping case Nor1336
CE conformity:	EMC compliance according to EN50081-1 and EN50082-1, Safety according to EN61010-1:1993 and Machine directive 89/392

LS10 AVB SWITCH



LS10 is a plug-and-play Avnu-certified AVB switch that integrates seamlessly within the L-Acoustics ecosystem to further simplify connectivity, uniting audio and control distribution. LS10 runs out-of-the-box AVB, providing a reliable network solution that does not require IT expertise.

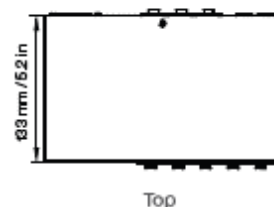
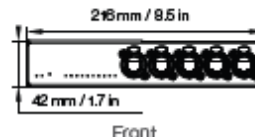
On its own or as an integral part of the LA-RAK II AVB, LS10 distributes audio and control via front and rear etherCON™ connectors and SFP cages, enabling long-distance optical links. Two units mounted side-by-side on LS10-RAKSHELF, the dedicated 1U rack shelf, allow to create a seamless redundant network effortlessly. Upgrading LA-RAK II to LA-RAK II AVB is possible.

The rugged LS10 incorporates features designed to overcome the challenges of touring events but also installation applications. The quick, 5-second, startup time allows for rapid recovery in case of power loss. A configurable GPO port enables status monitoring and the auxiliary DC input offers ultimate reliability.

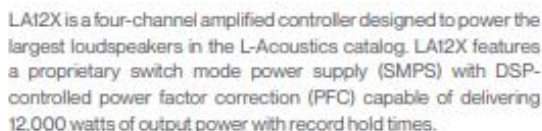
With LS10, lightning-quick setup of a stable distribution of your AVB signal is ensured without the need for extensive IT knowledge or experience.

SPECIFICATIONS

General	
Main rating	100 V - 240 V AC (±10%), 50 Hz - 60 Hz
Power consumption	10 W (normal operation) 20 W (backup operation)
Operating temperature	-5 °C / 23 °F to 50 °C / 122 °F
Connectors	
Network connectivity	8 Neutrik etherCON™ (5 on Front, 3 on Rear) 2 SFP cages (Rear) compliant with SFP transceivers
Power connectivity	1 IEC inlet with lock compatible to Schurter V-Lock™
External backup DC input	24V DC (±10%) / 0.5 A
External backup DC output	24V DC (±10%) / 0.5 A
User configurable GPO	1 potential free GPO on Phoenix connector
AVB	
AVB Ports	10 AVB ports at 1 Gb/s
AVB Bridge	IEEE 802.1BA-2011 standard Augmented by AvnuProAV11 requirements
Number of supported streams	160
Time to forward AVB streams after power up	5 seconds
Features	
Management	gPTP grandmaster capable RSTP
Port Sensing	Auto negotiation
Auto Cross over	MDI / MDIX (allows use of straight or cross cables)
Auto Sensing	Full or Half Duplex
Interface	Power status LED, fault status LED Link up/activity status LEDs Reset to factory settings button micro USB
Physical data	
Height x Width	1.7" x 9.5" (1U x 1/2 U)
Weight	1.5 kg / 2.2 lb



LS10, SFP cages, 1U and 1/2 U rack shelves are trademarks of L-Acoustics. All other trademarks are the property of their respective owners.



Packaged in a 2U chassis, LA12X integrates powerful DSP resources with built-in loudspeaker optimization tools and the proprietary L-DRIVE system to protect the loudspeakers and the amplified controller. Beyond analog and AES/EBU inputs, LA12X features AVB inputs and allows for seamless redundancy following the Milan-AVB protocol.

Amplification and power supply			
Output power, all channels loaded	4 channels at 2.7 Ω	4 channels at 4 Ω	4 channels at 8 Ω
Output power CEA-2006 / 400A (1% THD, 1 kHz, all channels driven)	3300 W	2600 W	1400 W
Amplification class	High efficiency class D		
Power supply model	Universal Switched Mode Power Supply (SMPS) with Power Factor Correction (PFC)		
Mains rating	100 V - 240 V $\pm$ 10%, 50-60 Hz		
Audio specifications			
Frequency response (20 Hz - 20 kHz, 8 Ω load, 60 W output power)	$\pm$ 0.1 dB		
Distortion THD+N (20 Hz - 20 kHz, 8 Ω load, 60 W output power)	$\leq$ 0.05%		
Output dynamic range (20 Hz - 20 kHz, 8 Ω , A-weighted, Digital input)	$\approx$ 114 dB		
Noise level (20 Hz - 20 kHz, 8 Ω , A-weighted, Digital input)	$\approx$ -75 dBV		
DSP			
Digital Signal Processor (DSP)	Dual SHARC 32-bit, floating point, 96 kHz sampling rate		
I/O routing	4 x 4 routing and summation		
Per output channel	Built-in EQ station with 8 IIR, 4 FIR EQ filters Array morphing (LF contour, zoom factor), Air absorption compensation filters Internal IIR and FIR EQ algorithms for speaker phase linearization and improved impulse responses Output delay from 0 to 1000 ms		
Technologies			
Loudspeaker Management	L-DRIVE advanced system protection (excursion, temperature and over-voltage)		
Circuits protection			
Mains and power supply	Over and under voltage / over temperature / overcurrent / inrush current protection		
Power outputs	Over current limiting / DC / short circuit / over temperature		
Inputs / Outputs			
AVB input with support of Milan seamless dual networking	4 channels 48 kHz / 96 kHz from 1 stream of up to 8 channels		
AES/EBU XLR inputs (shared with analog A & C)	4 channels (2 x AES/EBU, 44.1-192 kHz sampling rate) With active XLR link outputs and bypass relay		
Analog XLR inputs (shared with AES/EBU A & C)	4 channels with XLR link outputs		
Loudspeaker output	2 x 4-point speakON™ / 1 x 8-point CA-COM		
Control and monitoring			
Network connection	Dual-port Ethernet Gigabit interface etherCON™ I/O		
Third-party control solutions	Q-SYS® / Crestron® / Control4® / Savant® / HT TPAP		
Operating conditions			
Temperature	Room temperature from 0° C / 32° F to +50° C / 122° F		
Physical data			
Dimensions W x H x D	483 x 88 [2U] x 419.1 mm / 19 x 3.5 [2U] x 16.5 in		
Weight	14.5 kg / 32 lb		



LA4X AMPLIFIED CONTROLLER



The LA4X is an amplified controller based on a 4-input by 4-output architecture and an exclusive green power module providing maximized efficiency. With LA4X, L-Acoustics® speakers can get all the benefits of self-powered speakers, while keeping the versatility of the separated amplification approach.

For applications requiring a high count of loudspeaker enclosures with optimized cost of amplification, the LA4X can efficiently operate as a conventional amplified controller driving speakers in parallel from its four amplification channels, with the added benefit of the 4 inputs when using passive loudspeaker enclosures.

Packaged in a 2U chassis, LA4X integrates powerful DSP resources with built-in loudspeaker optimization tools and the proprietary L-DRIVE system to protect the loudspeakers and the amplified controller. In addition to analog and AES/EBU inputs, LA4X features Milan-AVB audio network connectivity.

SPECIFICATIONS

Amplification and power supply		
Output power, all channels loaded	4 channels at 4 Ω	4 channels at 8 Ω
Output power EIA (1% THD, 1 kHz, all channels driven)	1000 W	1000 W
Amplification class	High efficiency class D	
Power supply model	Universal Switched Mode Power Supply (SMPS) with Power Factor Correction (PFC)	
Mains rating	100 V - 240 V - ±10%, 50-60 Hz	
Audio specifications		
Frequency response (20 Hz - 20 kHz, 8 Ω load, 60 W output power)	± 0.25 dB	
Distortion THD+N (20 Hz - 20 kHz, 8 Ω load, 60 W output power)	< 0.05%	
Output dynamic range (20 Hz - 20 kHz, 8 Ω, A-weighted, Digital input)	> 110 dB	
Noise level (20 Hz - 20 kHz, 8 Ω, A-weighted, Digital input)	< -70 dBV	
DSP		
Digital Signal Processor (DSP)	SHARC 32-bit, floating point, 96 kHz sampling rate	
I/O routing	4 x 4 routing and summation	
Per output channel	Built-in EQ station with 8 IIR, 4 FIREQ filters Array morphing (LF contour, zoom factor), Air absorption compensation filters Internal IIR and FIR EQ algorithms for speaker phase linearization and improved impulse responses Output delay from 0 to 1000 ms	
Technologies		
Loudspeaker Management	L-DRIVE advanced system protection (excursion, temperature and over-voltage)	
Circuits protection		
Mains and power supply	Over and under voltage / over temperature / overcurrent / inrush current protection	
Power output	Over current limiting / DC / short circuit / over temperature	
Inputs / Outputs		
AVB input	4 channels 48 kHz / 96 kHz from 1 stream of up to 8 channels	
AES/EBU XLR inputs (shared with analog A & C)	4 channels (2 x AES/EBU, 44.1 - 192 kHz sampling rate) With active XLR link outputs and bypass relay	
Analog XLR inputs (shared with AES/EBU A & C)	4 channels with XLR link outputs	
Loudspeaker outputs	4 x 4-point speakON™	
Control and monitoring		
Network connection	Dual-port Ethernet Gigabit interface etherCON™ I/O	
Third-party control solutions	Q-SYS® / Crestron® / Control4® / Savant® / HTTP API	
Operating conditions		
Temperature	Room temperature from 0° C / 32° F to +50° C / 122° F	
Physical data		
Dimensions W x H x D	483 x 88 (2U) x 406 mm / 19 x 3.5 (2U) x 16 in	
Weight	11.3 kg / 24.9 lb	



LA4X, SP5, SP4, SP3, SP2, SP1, SP0, SP-1, SP-2, SP-3, SP-4, SP-5, SP-6, SP-7, SP-8, SP-9, SP-10, SP-11, SP-12, SP-13, SP-14, SP-15, SP-16, SP-17, SP-18, SP-19, SP-20, SP-21, SP-22, SP-23, SP-24, SP-25, SP-26, SP-27, SP-28, SP-29, SP-30, SP-31, SP-32, SP-33, SP-34, SP-35, SP-36, SP-37, SP-38, SP-39, SP-40, SP-41, SP-42, SP-43, SP-44, SP-45, SP-46, SP-47, SP-48, SP-49, SP-50, SP-51, SP-52, SP-53, SP-54, SP-55, SP-56, SP-57, SP-58, SP-59, SP-60, SP-61, SP-62, SP-63, SP-64, SP-65, SP-66, SP-67, SP-68, SP-69, SP-70, SP-71, SP-72, SP-73, SP-74, SP-75, SP-76, SP-77, SP-78, SP-79, SP-80, SP-81, SP-82, SP-83, SP-84, SP-85, SP-86, SP-87, SP-88, SP-89, SP-90, SP-91, SP-92, SP-93, SP-94, SP-95, SP-96, SP-97, SP-98, SP-99, SP-100, SP-101, SP-102, SP-103, SP-104, SP-105, SP-106, SP-107, SP-108, SP-109, SP-110, SP-111, SP-112, SP-113, SP-114, SP-115, SP-116, SP-117, SP-118, SP-119, SP-120, SP-121, SP-122, SP-123, SP-124, SP-125, SP-126, SP-127, SP-128, SP-129, SP-130, SP-131, SP-132, SP-133, SP-134, SP-135, SP-136, SP-137, SP-138, SP-139, SP-140, SP-141, SP-142, SP-143, SP-144, SP-145, SP-146, SP-147, SP-148, SP-149, SP-150, SP-151, SP-152, SP-153, SP-154, SP-155, SP-156, SP-157, SP-158, SP-159, SP-160, SP-161, SP-162, SP-163, SP-164, SP-165, SP-166, SP-167, SP-168, SP-169, SP-170, SP-171, SP-172, SP-173, SP-174, SP-175, SP-176, SP-177, SP-178, SP-179, SP-180, SP-181, SP-182, SP-183, SP-184, SP-185, SP-186, SP-187, SP-188, SP-189, SP-190, SP-191, SP-192, SP-193, SP-194, SP-195, SP-196, SP-197, SP-198, SP-199, SP-200, SP-201, SP-202, SP-203, SP-204, SP-205, SP-206, SP-207, SP-208, SP-209, SP-210, SP-211, SP-212, SP-213, SP-214, SP-215, SP-216, SP-217, SP-218, SP-219, SP-220, SP-221, SP-222, SP-223, SP-224, SP-225, SP-226, SP-227, SP-228, SP-229, SP-230, SP-231, SP-232, SP-233, SP-234, SP-235, SP-236, SP-237, SP-238, SP-239, SP-240, SP-241, SP-242, SP-243, SP-244, SP-245, SP-246, SP-247, SP-248, SP-249, SP-250, SP-251, SP-252, SP-253, SP-254, SP-255, SP-256, SP-257, SP-258, SP-259, SP-260, SP-261, SP-262, SP-263, SP-264, SP-265, SP-266, SP-267, SP-268, SP-269, SP-270, SP-271, SP-272, SP-273, SP-274, SP-275, SP-276, SP-277, SP-278, SP-279, SP-280, SP-281, SP-282, SP-283, SP-284, SP-285, SP-286, SP-287, SP-288, SP-289, SP-290, SP-291, SP-292, SP-293, SP-294, SP-295, SP-296, SP-297, SP-298, SP-299, SP-300, SP-301, SP-302, SP-303, SP-304, SP-305, SP-306, SP-307, SP-308, SP-309, SP-310, SP-311, SP-312, SP-313, SP-314, SP-315, SP-316, SP-317, SP-318, SP-319, SP-320, SP-321, SP-322, SP-323, SP-324, SP-325, SP-326, SP-327, SP-328, SP-329, SP-330, SP-331, SP-332, SP-333, SP-334, SP-335, SP-336, SP-337, SP-338, SP-339, SP-340, SP-341, SP-342, SP-343, SP-344, SP-345, SP-346, SP-347, SP-348, SP-349, SP-350, SP-351, SP-352, SP-353, SP-354, SP-355, SP-356, SP-357, SP-358, SP-359, SP-360, SP-361, SP-362, SP-363, SP-364, SP-365, SP-366, SP-367, SP-368, SP-369, SP-370, SP-371, SP-372, SP-373, SP-374, SP-375, SP-376, SP-377, SP-378, SP-379, SP-380, SP-381, SP-382, SP-383, SP-384, SP-385, SP-386, SP-387, SP-388, SP-389, SP-390, SP-391, SP-392, SP-393, SP-394, SP-395, SP-396, SP-397, SP-398, SP-399, SP-400, SP-401, SP-402, SP-403, SP-404, SP-405, SP-406, SP-407, SP-408, SP-409, SP-410, SP-411, SP-412, SP-413, SP-414, SP-415, SP-416, SP-417, SP-418, SP-419, SP-420, SP-421, SP-422, SP-423, SP-424, SP-425, SP-426, SP-427, SP-428, SP-429, SP-430, SP-431, SP-432, SP-433, SP-434, SP-435, SP-436, SP-437, SP-438, SP-439, SP-440, SP-441, SP-442, SP-443, SP-444, SP-445, SP-446, SP-447, SP-448, SP-449, SP-450, SP-451, SP-452, SP-453, SP-454, SP-455, SP-456, SP-457, SP-458, SP-459, SP-460, SP-461, SP-462, SP-463, SP-464, SP-465, SP-466, SP-467, SP-468, SP-469, SP-470, SP-471, SP-472, SP-473, SP-474, SP-475, SP-476, SP-477, SP-478, SP-479, SP-480, SP-481, SP-482, SP-483, SP-484, SP-485, SP-486, SP-487, SP-488, SP-489, SP-490, SP-491, SP-492, SP-493, SP-494, SP-495, SP-496, SP-497, SP-498, SP-499, SP-500, SP-501, SP-502, SP-503, SP-504, SP-505, SP-506, SP-507, SP-508, SP-509, SP-510, SP-511, SP-512, SP-513, SP-514, SP-515, SP-516, SP-517, SP-518, SP-519, SP-520, SP-521, SP-522, SP-523, SP-524, SP-525, SP-526, SP-527, SP-528, SP-529, SP-530, SP-531, SP-532, SP-533, SP-534, SP-535, SP-536, SP-537, SP-538, SP-539, SP-540, SP-541, SP-542, SP-543, SP-544, SP-545, SP-546, SP-547, SP-548, SP-549, SP-550, SP-551, SP-552, SP-553, SP-554, SP-555, SP-556, SP-557, SP-558, SP-559, SP-560, SP-561, SP-562, SP-563, SP-564, SP-565, SP-566, SP-567, SP-568, SP-569, SP-570, SP-571, SP-572, SP-573, SP-574, SP-575, SP-576, SP-577, SP-578, SP-579, SP-580, SP-581, SP-582, SP-583, SP-584, SP-585, SP-586, SP-587, SP-588, SP-589, SP-590, SP-591, SP-592, SP-593, SP-594, SP-595, SP-596, SP-597, SP-598, SP-599, SP-600, SP-601, SP-602, SP-603, SP-604, SP-605, SP-606, SP-607, SP-608, SP-609, SP-610, SP-611, SP-612, SP-613, SP-614, SP-615, SP-616, SP-617, SP-618, SP-619, SP-620, SP-621, SP-622, SP-623, SP-624, SP-625, SP-626, SP-627, SP-628, SP-629, SP-630, SP-631, SP-632, SP-633, SP-634, SP-635, SP-636, SP-637, SP-638, SP-639, SP-640, SP-641, SP-642, SP-643, SP-644, SP-645, SP-646, SP-647, SP-648, SP-649, SP-650, SP-651, SP-652, SP-653, SP-654, SP-655, SP-656, SP-657, SP-658, SP-659, SP-660, SP-661, SP-662, SP-663, SP-664, SP-665, SP-666, SP-667, SP-668, SP-669, SP-670, SP-671, SP-672, SP-673, SP-674, SP-675, SP-676, SP-677, SP-678, SP-679, SP-680, SP-681, SP-682, SP-683, SP-684, SP-685, SP-686, SP-687, SP-688, SP-689, SP-690, SP-691, SP-692, SP-693, SP-694, SP-695, SP-696, SP-697, SP-698, SP-699, SP-700, SP-701, SP-702, SP-703, SP-704, SP-705, SP-706, SP-707, SP-708, SP-709, SP-710, SP-711, SP-712, SP-713, SP-714, SP-715, SP-716, SP-717, SP-718, SP-719, SP-720, SP-721, SP-722, SP-723, SP-724, SP-725, SP-726, SP-727, SP-728, SP-729, SP-730, SP-731, SP-732, SP-733, SP-734, SP-735, SP-736, SP-737, SP-738, SP-739, SP-740, SP-741, SP-742, SP-743, SP-744, SP-745, SP-746, SP-747, SP-748, SP-749, SP-750, SP-751, SP-752, SP-753, SP-754, SP-755, SP-756, SP-757, SP-758, SP-759, SP-760, SP-761, SP-762, SP-763, SP-764, SP-765, SP-766, SP-767, SP-768, SP-769, SP-770, SP-771, SP-772, SP-773, SP-774, SP-775, SP-776, SP-777, SP-778, SP-779, SP-780, SP-781, SP-782, SP-783, SP-784, SP-785, SP-786, SP-787, SP-788, SP-789, SP-790, SP-791, SP-792, SP-793, SP-794, SP-795, SP-796, SP-797, SP-798, SP-799, SP-800, SP-801, SP-802, SP-803, SP-804, SP-805, SP-806, SP-807, SP-808, SP-809, SP-810, SP-811, SP-812, SP-813, SP-814, SP-815, SP-816, SP-817, SP-818, SP-819, SP-820, SP-821, SP-822, SP-823, SP-824, SP-825, SP-826, SP-827, SP-828, SP-829, SP-830, SP-831, SP-832, SP-833, SP-834, SP-835, SP-836, SP-837, SP-838, SP-839, SP-840, SP-841, SP-842, SP-843, SP-844, SP-845, SP-846, SP-847, SP-848, SP-849, SP-850, SP-851, SP-852, SP-853, SP-854, SP-855, SP-856, SP-857, SP-858, SP-859, SP-860, SP-861, SP-862, SP-863, SP-864, SP-865, SP-866, SP-867, SP-868, SP-869, SP-870, SP-871, SP-872, SP-873, SP-874, SP-875, SP-876, SP-877, SP-878, SP-879, SP-880, SP-881, SP-882, SP-883, SP-884, SP-885, SP-886, SP-887, SP-888, SP-889, SP-890, SP-891, SP-892, SP-893, SP-894, SP-895, SP-896, SP-897, SP-898, SP-899, SP-900, SP-901, SP-902, SP-903, SP-904, SP-905, SP-906, SP-907, SP-908, SP-909, SP-910, SP-911, SP-912, SP-913, SP-914, SP-915, SP-916, SP-917, SP-918, SP-919, SP-920, SP-921, SP-922, SP-923, SP-924, SP-925, SP-926, SP-927, SP-928, SP-929, SP-930, SP-931, SP-932, SP-933, SP-934, SP-935, SP-936, SP-937, SP-938, SP-939, SP-940, SP-941, SP-942, SP-943, SP-944, SP-945, SP-946, SP-947, SP-948, SP-949, SP-950, SP-951, SP-952, SP-953, SP-954, SP-955, SP-956, SP-957, SP-958, SP-959, SP-960, SP-961, SP-962, SP-963, SP-964, SP-965, SP-966, SP-967, SP-968, SP-969, SP-970, SP-971, SP-972, SP-973, SP-974, SP-975, SP-976, SP-977, SP-978, SP-979, SP-980, SP-981, SP-982, SP-983, SP-984, SP-985, SP-986, SP-987, SP-988, SP-989, SP-990, SP-991, SP-992, SP-993, SP-994, SP-995, SP-996, SP-997, SP-998, SP-999, SP-1000, SP-1001, SP-1002, SP-1003, SP-1004, SP-1005, SP-1006, SP-1007, SP-1008, SP-1009, SP-1010, SP-1011, SP-1012, SP-1013, SP-1014, SP-1015, SP-1016, SP-1017, SP-1018, SP-1019, SP-1020, SP-1021, SP-1022, SP-1023, SP-1024, SP-1025, SP-1026, SP-1027, SP-1028, SP-1029, SP-1030, SP-1031, SP-1032, SP-1033, SP-1034, SP-1035, SP-1036, SP-1037, SP-1038, SP-1039, SP-1040, SP-1041, SP-1042, SP-1043, SP-1044, SP-1045, SP-1046, SP-1047, SP-1048, SP-1049, SP-1050, SP-1051, SP-1052, SP-1053, SP-1054, SP-1055, SP-1056, SP-1057, SP-1058, SP-1059, SP-1060, SP-1061, SP-1062, SP-1063, SP-1064, SP-1065, SP-1066, SP-1067, SP-1068, SP-1069, SP-1070, SP-1071, SP-1072, SP-1073, SP-1074, SP-1075, SP-1076, SP-1077, SP-1078, SP-1079, SP-1080, SP-1081, SP-1082, SP-1083, SP-1084, SP-1085, SP-1086, SP-1087, SP-1088, SP-1089, SP-1090, SP-1091, SP-1092, SP-1093, SP-1094, SP-1095, SP-1096, SP-1097, SP-1098, SP-1099, SP-1100, SP-1101, SP-1102, SP-1103, SP-1104, SP-1105, SP-1106, SP-1107, SP-1108, SP-1109, SP-1110, SP-1111, SP-1112, SP-1113, SP-1114, SP-1115, SP-1116, SP-1117, SP-1118, SP-1119, SP-1120, SP-1121, SP-1122, SP-1123, SP-1124, SP-1125, SP-1126, SP-1127, SP-1128, SP-1129, SP-1130, SP-1131, SP-1132, SP-1133, SP-1134, SP-1135, SP-1136, SP-1137, SP-1138, SP-1139, SP-1140, SP-1141, SP-1142, SP-1143, SP-1144, SP-1145, SP-1146, SP-1147, SP-1148, SP-1149, SP-1150, SP-1151, SP-1152, SP-1153, SP-1154, SP-1155, SP-1156, SP-1157, SP-1158, SP-1159, SP-1160, SP-1161, SP-1162, SP-1163, SP-1164, SP-1165, SP-1166, SP-1167, SP-1168, SP-1169, SP-1170, SP-1171, SP-1172, SP-1173, SP-1174, SP-1175, SP-1176, SP-1177, SP-1178, SP-1179, SP-1180, SP-1181, SP-1182, SP-1183, SP-1184, SP-1185, SP-1186, SP-1187, SP-1188, SP-1189, SP-1190, SP-1191, SP-1192, SP-1193, SP-1194, SP-1195, SP-1196, SP-1197, SP-1198, SP-1199, SP-1200, SP-1201, SP-1202, SP-1203, SP-1204, SP-1205, SP-1206, SP-1207, SP-1208, SP-1209, SP-1210, SP-1211, SP-1212, SP-1213, SP-1214, SP-1215, SP-1216, SP-1217, SP-1218, SP-1219, SP-1220, SP-1221, SP-1222, SP-1223, SP-1224, SP-1225, SP-1226, SP-1227, SP-1228, SP-1229, SP-1230, SP-1231, SP-1232, SP-1233, SP-1234, SP-1235, SP-1236, SP-1237, SP-1238, SP-1239, SP-1240, SP-1241, SP-1242, SP-1243, SP-1244, SP-1245, SP-1246, SP-1247, SP-1248, SP-1249, SP-1250, SP-1251, SP-1252, SP-1253, SP-1254, SP-1255, SP-1256, SP-1257, SP-1258, SP-1259, SP-1260, SP-1261, SP-1262, SP-1263, SP-1264, SP-1265, SP-1266, SP-1267, SP-1268, SP-1269, SP-1270, SP-1271, SP-1272, SP-1273, SP-1274, SP-1275, SP-1276, SP-1277, SP-1278, SP-1279, SP-1280, SP-1281, SP-1282, SP-1283, SP-1284, SP-1285, SP-1286, SP-1287, SP-1288, SP-1289, SP-1290, SP-1291, SP-1292, SP-1293, SP-1294, SP-1295, SP-1296, SP-1297, SP-1298, SP-1299, SP-1300, SP-1301, SP-1302, SP-1303, SP-1304, SP-1305, SP-1306, SP-1307, SP-1308, SP-1309, SP-1310, SP-1311, SP-1312, SP-1313, SP-1314, SP-1315, SP-1316, SP-1317, SP-1318, SP-1319, SP-1320, SP-1321, SP-1322, SP-1323, SP-1324, SP-1325, SP-1326, SP-1327, SP-1328, SP-1329, SP-1330, SP-1331, SP-1332, SP-1333, SP-1334, SP-1335, SP-1336, SP-1337, SP-1338, SP-1339, SP-1340, SP-1341, SP-1342, SP-1343, SP-1344, SP-1345, SP-1346, SP-1347, SP-1348, SP-1349, SP-1350, SP-1351, SP-1352, SP-1353, SP-1354, SP-1355, SP-1356, SP-1357, SP-1358, SP-1359, SP-1360, SP-1361, SP-1362, SP-1363, SP-1364, SP-1365, SP-1366, SP-1367, SP-1368, SP-1369, SP-1370, SP-1371, SP-1372, SP-1373, SP-1374, SP-1375, SP-1376, SP-1377, SP-1378, SP-1379, SP-1380, SP-1381, SP-1382, SP-1383, SP-1384, SP-1385, SP-1386, SP-1387, SP-1388, SP-1389, SP-1390, SP-1391, SP-1392, SP-1393, SP-1394, SP-1395, SP-1396, SP-1397, SP-1398, SP-1399, SP-1400, SP-1401, SP-1402, SP-1403, SP-1404, SP-1405, SP-1406, SP-1407, SP-1408, SP-1409, SP-1410, SP-1411, SP-1412, SP-1413, SP-1414, SP-1415, SP-1416, SP-1417, SP-1418, SP-1419, SP-1420, SP-1421, SP-1422, SP-1423, SP-1424, SP-1425, SP-1426, SP-1427, SP-1428, SP-1429, SP-1430, SP-1431, SP-1432, SP-1433, SP-1434, SP-1435, SP-1436, SP-1437, SP-1438, SP-1439, SP-1440, SP-1441, SP-1442, SP-1443, SP-1444, SP-1445, SP-1446, SP-1447, SP-1448, SP-1449, SP-1450, SP-1451, SP-1452, SP-1453, SP-1454, SP-1455, SP-1456, SP-1457, SP-1458, SP-1459, SP-1460, SP-1461, SP-1462, SP-1463, SP-1464, SP-1465, SP-1466, SP-1467, SP-1468, SP-1469, SP-1470, SP-1471, SP-1472, SP-1473, SP-1474, SP-1475, SP-1476, SP-1477, SP-1478, SP-1479, SP-1480, SP-1481, SP-1482, SP-1483, SP-1484, SP-1485, SP-1486, SP-1487, SP-1488, SP-1489, SP-1490, SP-1491, SP-1492, SP-1493, SP-1494, SP-1495, SP-1496, SP-1497, SP-1498, SP-1499, SP-1500, SP-1501, SP-1502, SP-1503, SP-1504, SP-1505, SP-1506, SP-1507, SP-1508, SP-1509, SP-1510, SP-1511, SP-1512, SP-1513, SP-1514, SP-1515, SP-1516, SP-1517, SP-1518, SP-1519, SP-1520, SP-1521, SP-1522, SP-1523, SP-1524, SP-1525, SP-1526, SP-1527, SP-1528, SP-1529, SP-1530, SP-1531, SP-1532, SP-1533, SP-1534, SP-1535, SP-1536, SP-1537, SP-1538, SP-1539, SP-1540, SP-1541, SP-1542, SP-1543, SP-1544, SP-1545, SP-1546, SP-1547, SP-1548, SP-1549, SP-1550, SP-1551, SP-1552, SP-1553, SP-1554, SP-1555, SP-1556, SP-155

KARA II LONG THROW LINE SOURCE



Part of the K Series, Kara II is a modular line source element designed for production applications beyond 35 m of throw. Assembled as a variable curvature line source with high SPL per line length, Kara II is ideal for applications that require precise vertical control and long-throw capabilities such as performing arts, congregations, large corporate, or special events.

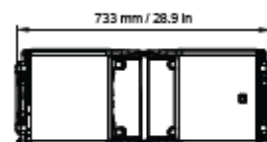
Based on the Kara design, Kara II adds flexibility with Panflex™. A single Kara II enclosure offers four horizontal directivity patterns: 70° or 110° symmetrical or 90° asymmetrical on either side. With a tighter control of the directivity, the 70° setting brings an additional 2 dB compared to the 110° setting increasing throw capability. Ultra-precise audience coverage and smooth SPL distribution is granted by the combination of Panflex and a large choice of inter-element angles.

The rugged Kara II is made for touring. It features ergonomic side and rear handles as well as enclosure protection elements. The captive rigging system is fitted with a visual safety indication making for secured and effortless deployment. A comprehensive set of rigging accessories enable flown and stacked deployment in various configurations.

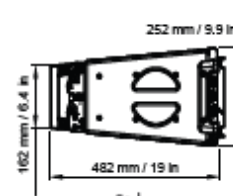
SPECIFICATIONS

Description	2-way active WST enclosure, amplified by LA4X / LA8 / LA12X
Usable bandwidth (-10 dB)	55 Hz - 20 kHz ([KARA II 70])
Maximum SPL¹	142 dB ([KARA II 70])
Nominal directivity (-6 dB)	Vertical : depending on number of elements and array curvature Horizontal : 70° / 110° symmetric or 90° asymmetric
Transducers	LF: 2 x 8" neodymium cone driver HF: 1 x 3" neodymium diaphragm compression driver
Acoustical load	LF: Bass-reflex HF: DOSC waveguide, Panflex
Nominal impedance	LF: 8 Ω HF: 8 Ω
Connectors	IN: 1 x 4-point speakON LINK: 1 x 4-point speakON
Rigging and handling	4-point captive rigging system 2 side handles, 2 rear handles Inter-enclosure angles [deg]: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 7.5, 10
Weight (net)	26 kg / 57 lb
Cabinet	Premium grade Baltic birch plywood
Front	Coated steel grill Acoustically neutral 3D fabric
Rigging components	High grade steel with anti-corrosion coating
Finish	Dark grey brown Pantone 426 C
IP	IP55

¹. Peak level at 1 m under free field conditions using pink noise with crest factor 4 [preset specified in brackets].



Front



Side



Top

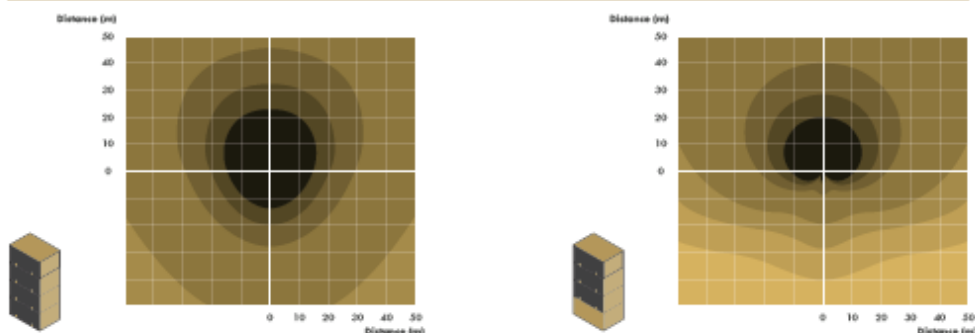
KS28 SUBWOOFER



Description	High power subwoofer: 2 x 18" amplified by LA12X
Low frequency limit (-10 dB)	25 Hz ([KS28_100])
Maximum SPL¹	143 dB ([KS28_100])
Directivity	Standard or cardioid
Transducers	2 x 18" neodymium, aluminium die cast basket
Acoustical load	Bass-reflex enclosure, L-Vents
Nominal impedance	4 Ω
Connectors	IN: 4-point speakON®
Rigging and handling	Flush-fitting 2-point rigging system 6 ergonomic handles 2 ground runners 8 side runners
Weight (net)	79 kg / 174 lbs
Cabinet	Premium grade beech and birch plywood
Front	Steel grill with anti-corrosion coating Acoustically neutral 3D fabric
Rigging components	High grade steel with anti-corrosion coating
Finish	Dark grey brown PANTONE® 426 C
IP	IP55

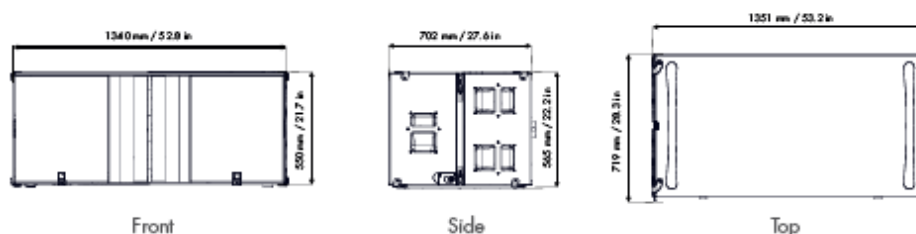
¹ Peak level at 1 m under half space conditions using pink noise with crest factor 4 (preset specified in brackets).

ISOCONTOUR



► SPL mapping of a block of four KS28 in standard (left) and cardioid (right) arrangements, using surfaces of equal sound pressure with three dB step colored scale.

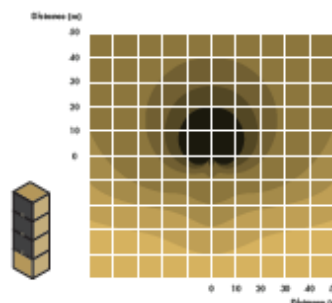
DIMENSIONS



ISOCONTOUR, IN-2.0 (6/15/17) © Isocontour, all rights reserved. Information subject to change without prior notice.



¹ Peak level at 1 m under half space conditions using pink noise with crest factor 4 (preset specified in brackets).



► SPL mapping of a block of four SB18 in standard (left) and cardioid (right) arrangements, using surfaces of equal sound pressure with three dB step colored scale.

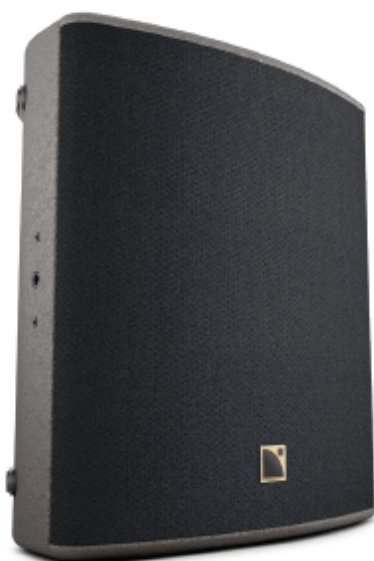
Technical drawings of the 1000 mm x 750 mm x 21.8 mm cabinet showing Front, Side, and Top views.

- Front View:** Shows the cabinet's profile with a height dimension of 21.8 mm.
- Side View:** Shows the cabinet's depth with a dimension of 757 mm / 29.8 in.
- Top View:** Shows the cabinet's footprint with a width dimension of 750 mm / 29.5 in.

X12 MULTI-PURPOSE ENCLOSURE



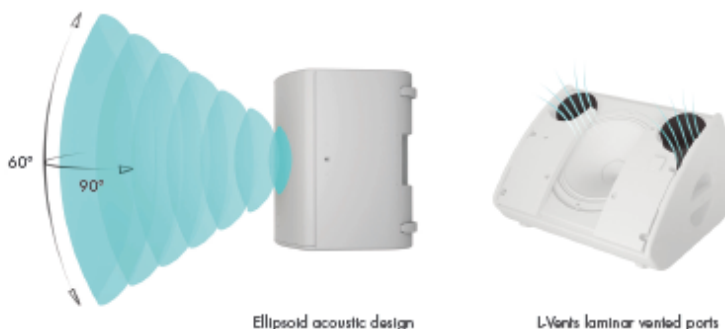
ELECTRO-ACOUSTICS



The X12 is a multipurpose coaxial system perfectly suited to all short throw sound reinforcement applications. The enclosure features a 3" diaphragm compression driver coaxially loaded by a 12" low frequency transducer in a bass-reflex cabinet. The L-Vents laminar vented ports reduce turbulence and port noise at high levels to increase LF efficiency.

The X12 operates from 59 Hz to 20 kHz. The coaxial transducer arrangement and its ellipsoid acoustic design produce a 90° x 60° directivity pattern with a smooth tonal response free of secondary lobes over the entire frequency range.

The internal passive crossover network uses custom filters. The L-Acoustics amplified controllers L-Drive parameters ensure the linearization and protection of the transducers.



Ellipsoid acoustic design

L-Vents laminar vented ports

PHYSICAL

With a cabinet combining the properties of birch and beech plywood, X12 weighs 20 kg and its elegance makes for an easy integration in any situation. Ergonomic handles provide a solid grip and efficient handling. An optional white or RAL color program means that it can melt into any architecture. The X12 provides a stage monitoring angle setting of 35° with regard to vertical or 55° thanks to its built-in risers.



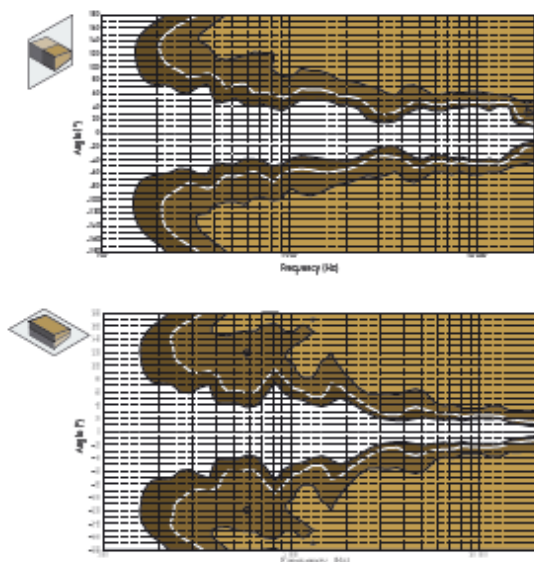
Elegance as a FOH PA or stage monitor

SPECIFICATIONS

Description	Passive 2-way coaxial enclosure, controlled and amplified by LA4X / LA8
Usable bandwidth (-10 dB)	59 Hz - 20 kHz ([X12] preset)
Maximum SPL¹	136 dB ([X12] preset)
Nominal directivity	Vertical: 90° Horizontal: 60°
Monitoring angle²	35° without risers 55° with risers
Transducers	LF: 1 x 12" neodymium, bass-reflex, laminar vents HF: 1 x 3" neodymium compression driver, ellipsoid waveguide
Nominal impedance	8 Ω
Connectors	IN: SpeakON® LINK: SpeakON®
Rigging and handling	2 x handles DIN580-compatible M8 threaded insert 4 x M10 threaded inserts 2 x 35 mm pole sockets
Weight (net)	20 kg / 44.1 lb
Cabinet	First grade Baltic birch and beech plywood
Finish	Dark grey brown Pantone® 426C Pure white RAL® 9010 Custom RAL® code on special order
IP	IP43

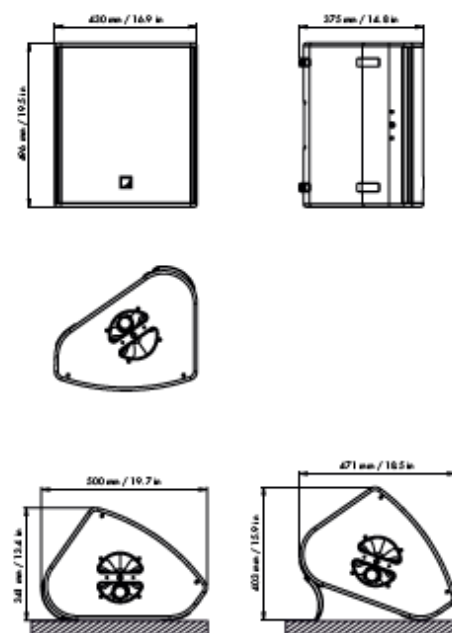
1- Peak level at 1 m under free field conditions using pink noise with crest factor 4 (preset specified in brackets).
2- With regard to vertical.

BEAMWIDTH



► Dispersion angle diagram of a single X12 in vertical (top) and horizontal (bottom) plane using lines of equal sound pressure at -3 dB, -6 dB, -12 dB.

DIMENSIONS



X12_95_BA_3.0/0817

X8 LIVE MONITORING ENCLOSURE



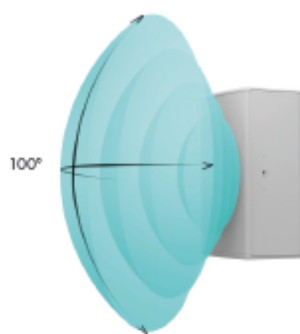
ELECTRO-ACOUSTICS



The X8 is a coaxial system designed for live monitoring and short throw sound reinforcement applications with minimum visual impact. The X8 features a 1.5" diaphragm compression driver coaxially loaded by an 8" low frequency transducer in a bass-reflex cabinet. The L-Vents laminar vented ports reduce turbulence and port noise at high levels to increase LF efficiency.

The X8 operates from 60 Hz to 20 kHz. The coaxial transducer arrangement and its partial horn produce a 100° axisymmetric directivity output with a smooth tonal response free of secondary lobes over the entire frequency range.

The internal passive crossover network uses custom filters. The L-Acoustics amplified controllers LDrive parameters ensure the linearization and protection of the transducers.



Conical directivity



L-Vents laminar vented ports

PHYSICAL

With a cabinet combining the properties of birch and beech plywood, X8 weighs 12 kg and its elegance makes for an easy integration in any situation. It provides an angle setting of 35° with regard to vertical for stage monitoring. An optional white or RAL color program means that it can melt into any architecture.



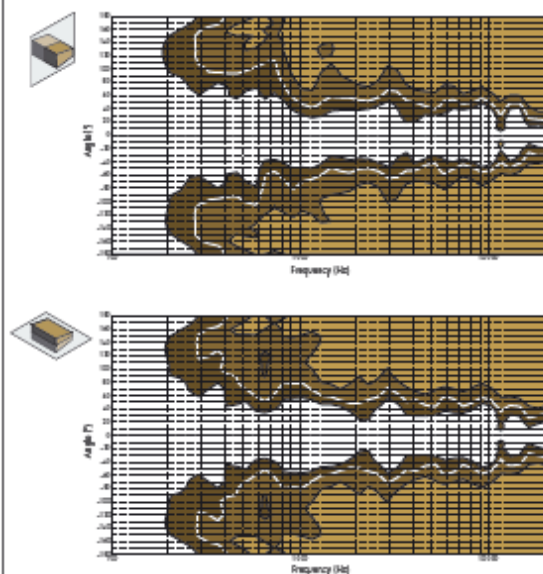
Sleek design

SPECIFICATIONS

Description	Passive 2-way coaxial enclosure, controlled and amplified by LA4X / LA8
Usable bandwidth (-10 dB)	60 Hz - 20 kHz ([X8] preset)
Maximum SPL ¹	129 dB ([X8] preset)
Nominal directivity	Axiallysymmetric100°
Monitoring angle ²	35°
Transducers	LF: 1 x 8", bass-reflex, laminar vents HF: 1 x 1.5" neodymium compression driver
Nominal impedance	8 Ω
Connectors	IN: SpeakON® LINK: SpeakON®
Rigging and handling	1 x handle DIN580-compatible M8 threaded insert 4 x M10 threaded inserts 35 mm pole socket
Weight (net)	12 kg / 26.5 lb
Cabinet	First grade Baltic birch and beech plywood
Finish	Dark grey brown Pantone® 426C Pure white RAL® 9010 Custom RAL® code on special order
IP	IP43

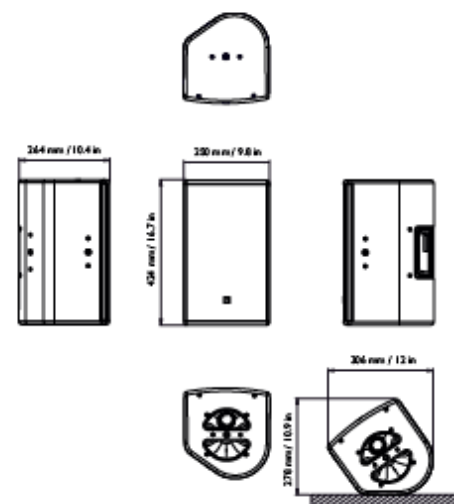
1- Peak level at 1 m under free field conditions using 12 dB crest factor pink noise with preset specified in brackets.
2- With regard to vertical.

BEAMWIDTH



► Dispersion angle diagram of a single X8 in vertical (top) and horizontal (bottom) plane using lines of equal sound pressure at -3 dB, -6 dB, -12 dB.

DIMENSIONS



RE_SPL_EN_201603-17

Παράρτημα C: Αναλυτικά αποτελέσματα μετρήσεων

Πίνακες μετρήσεων

Παρακάτω δίνονται αναλυτικοί πίνακες των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν.

Τιμές σημειωμένες με πορτοκαλί χρώμα και πλάγια γραφή χαρακτηρίζονται από το REW σαν μη αξιόπιστες.

Τιμές σημειωμένες με κόκκινο χρώμα και έντονη γραφή αφορούν κελιά όπου το REW δεν επέστρεφε τιμές και συμπληρώθηκαν χειροκίνητα με τη μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής.

Πίνακας Γ. 1 Τιμές μετρήσεων ηχητικής στάθμης SPL(A) για όλες τις διατάξεις

SPL (dB)											
Θέση	Πλήρες Φάσμα	Συχνότητα (Hz)									
		32	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
ΠΑΝΤΟΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΗ ΠΗΓΗ											
C-3	100	91.4	95.4	99.8	103.4	94.6	90.9	91.5	93.1	86.5	66.1
C-12	95	84.3	93.1	96.6	96.8	92.4	86.6	85.4	84.5	77.6	60.7
6-1 FOH	90	89.0	84.8	88.4	90.8	88.3	81.9	80.7	79.4	71.8	58.4
6-12	88	88.3	89.2	89.4	88.8	85.2	80.2	80.5	78.5	69.9	59.0
A-3	98	83.5	92.1	99.1	102.7	93.2	88.6	89.4	89.9	82.3	63.1
A-12	94	81.1	91.2	95.9	96.7	91.3	86.3	85.6	84.0	75.9	60.0
2-1	91	82.5	85.1	90.9	91.2	88.1	82.3	82.6	82.0	74.1	59.7
2-12	88	80.1	85.0	89.5	89.1	84.6	79.6	80.0	80.3	72.5	59.5
E-3	99	88.6	94.6	100.2	103.0	95.1	89.4	89.3	90.6	83.0	63.3
E-12	95	81.9	92.6	96.8	97.5	91.8	86.5	87.1	86.5	79.1	61.2
11-1	91	88.8	88.3	90.7	91.4	89.1	82.9	82.4	81.3	73.7	59.6
11-12	88	82.6	85.4	89.7	88.6	86.1	80.8	80.0	78.8	71.3	59.2
B-8	97	81.9	92.1	97.1	100.0	93.4	87.7	87.2	87.7	79.8	61.5
B-18	92	83.5	89.1	92.0	93.1	90.4	84.3	83.8	83.8	76.0	59.9
4-7	90	87.3	86.6	87.8	91.0	88.0	81.0	80.7	79.8	71.9	59.3
D-8	97	84.9	92.6	97.7	100.1	93.2	88.0	88.3	88.1	80.6	61.9
D-18	93	84.1	90.6	93.3	94.1	90.8	84.0	83.8	84.1	76.6	60.2
9-7	90	83.6	86.1	89.5	91.6	87.7	81.1	81.3	80.9	72.7	59.2
A-15	93	77.5	90.4	96.5	92.4	90.1	84.7	84.6	86.1	78.5	60.8
1-12	88	91.4	89.6	88.8	86.5	86.2	79.1	80.5	79.6	72.2	59.4
E-15	94	87.4	91.9	96.3	93.9	91.5	84.8	86.0	84.1	75.5	59.9
12-12	88	79.2	86.2	88.7	86.6	86.4	80.2	81.1	79.8	72.9	59.8

Orchestra	112	95.1	104.8	109.3	109.7	107.0	101.7	103.3	106.6	99.9	78.4
Stage	103	83.7	97.9	104.4	103.8	97.6	93.7	95.7	97.4	90.1	68.9
Kamara Left	92	78.6	85.0	93.9	95.1	87.9	83.7	84.4	84.2	77.4	60.7
Kamara Center	97	93.6	92.3	97.8	99.2	91.0	87.5	88.3	91.2	84.1	64.0
Kamara Right	93	84.8	85.9	94.0	94.8	88.7	84.5	85.8	85.7	77.7	60.7
Right Entrance	94	80.2	92.3	97.0	98.1	90.4	84.0	84.2	84.8	77.5	61.2
ΕΠΙΔΑΠΕΔΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ											
C-3	90	97.7	99.1	89.4	81.8	79.0	83.3	84.5	82.7	82.0	81.0
C-12	90	97.2	99.5	89.6	80.6	78.1	82.9	83.7	82.6	80.6	78.6
6-1 FOH	90	92.7	92.1	79.9	79.6	82.7	84.3	83.7	81.2	78.1	74.5
6-12	91	95.8	97.0	85.4	77.5	84.2	85.6	85.7	79.4	77.2	73.1
A-3	95	100.5	100.3	94.2	91.4	84.9	88.2	88.3	85.9	88.3	89.2
A-12	97	94.1	95.0	89.7	84.9	87.6	90.0	89.9	89.7	89.1	88.7
2-1	89	92.9	91.7	81.1	76.5	78.3	83.3	83.1	80.7	79.2	78.2
2-12	84	88.3	87.4	78.4	70.7	73.5	79.4	78.7	73.7	71.2	68.8
E-3	93	100.4	100.2	92.2	88.2	83.1	86.8	87.3	85.3	85.4	84.8
E-12	95	92.4	93.6	86.5	83.0	84.7	88.7	88.8	87.3	85.5	84.8
11-1	90	92.9	91.8	81.0	75.7	80.7	83.5	83.8	83.2	80.8	79.8
11-12	85	90.1	89.2	80.8	74.6	76.1	79.9	80.6	76.1	73.4	71.3
B-8	93	98.0	98.6	90.3	84.1	82.7	86.5	87.1	85.2	83.6	81.6
B-18	92	96.0	98.2	90.7	85.2	87.0	87.3	84.0	83.5	83.9	83.2
4-7	91	94.0	93.9	83.8	80.2	84.6	85.2	85.3	82.5	78.7	75.1
D-8	92	97.8	98.2	89.5	84.4	80.8	84.7	86.1	85.5	83.9	81.9
D-18	93	95.7	97.1	89.0	86.0	84.5	88.1	86.6	83.2	82.2	79.5
9-7	89	92.1	90.5	81.3	77.3	80.2	82.0	84.8	82.1	77.4	73.6
A-15	91	91.0	91.3	84.3	78.7	82.1	83.4	84.4	84.3	83.4	83.4
1-12	81	87.5	88.2	79.7	73.0	73.1	75.8	75.9	73.5	68.7	64.1
E-15	91	90.2	90.3	83.3	76.8	81.1	83.7	84.2	83.2	84.4	85.0
12-12	80	88.2	88.0	77.3	72.8	72.0	74.5	74.5	72.3	67.4	62.4
Orchestra	89	96.6	96.5	89.4	91.4	82.9	82.2	82.0	78.9	76.7	75.0
Stage	86	91.3	91.3	84.7	85.6	77.1	79.3	79.9	77.2	74.4	71.7
Kamara Left	88	89.3	91.0	83.7	80.8	78.6	82.2	82.5	79.2	77.3	77.3
Kamara Center	84	92.6	91.9	81.1	80.3	76.5	78.3	79.1	75.4	71.4	69.0
Kamara Right	87	90.1	91.4	86.1	83.3	79.3	81.7	80.3	77.6	75.4	74.9
Right Entrance	94	102.9	100.5	89.4	88.4	88.6	90.3	87.1	84.6	82.7	82.0
ΑΝΑΡΤΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ											
C-3	92	95.7	97.1	88.5	83.3	85.4	85.4	86.2	85.2	83.1	78.0
C-12	91	95.4	99.3	93.7	87.2	84.2	84.7	83.5	82.0	79.9	74.6
6-1 FOH	90.6	87.1	90.3	87.9	86.7	85.6	81.5	84.4	83.1	82.0	76.8
6-12	88	89.9	93.5	89.4	80.1	82.8	81.0	81.8	79.1	76.7	71.2
A-3	91	94.7	98.1	94.4	85.5	84.0	82.6	84.3	83.7	84.7	84.5
A-12	92	90.5	96.5	94.1	86.5	86.5	84.6	84.6	84.3	83.7	81.9
2-1	92	89.6	94.5	90.9	88.0	88.3	85.1	84.8	82.5	81.1	76.6

2-12	89	87.4	92.0	91.3	84.6	82.3	80.5	82.5	82.3	81.3	77.2
E-3	92	95.9	97.1	93.8	87.2	86.0	84.1	85.1	84.5	83.5	79.9
E-12	92	91.3	96.0	93.2	86.8	87.2	85.5	84.9	83.3	81.5	79.1
11-1	92	90.0	93.4	90.7	88.8	89.8	85.9	84.5	81.8	80.4	76.8
11-12	89	86.7	90.6	91.1	84.5	82.3	80.5	82.4	81.7	76.8	71.9
B-8	92	94.8	96.2	93.8	84.2	86.6	86.7	85.5	83.9	82.5	78.8
B-18	91	91.9	97.5	91.9	86.9	87.9	84.6	84.4	82.2	79.5	76.6
4-7	91	90.0	93.3	90.9	84.2	85.9	83.3	84.4	82.4	81.4	77.8
D-8	92	94.4	95.7	92.6	84.8	86.8	85.0	85.1	83.2	81.1	76.0
D-18	91	92.0	95.8	89.9	88.1	87.5	84.8	84.2	82.3	80.0	73.3
9-7	90	90.5	92.5	90.2	85.4	85.4	84.5	83.5	80.4	78.8	74.5
A-15	92	90.3	96.9	95.1	87.3	85.7	84.8	84.5	82.7	83.8	82.7
1-12	89	83.4	91.5	92.0	82.3	80.4	79.7	82.7	82.7	82.9	80.0
E-15	91	89.3	95.5	94.5	87.1	85.4	85.2	84.7	82.9	81.3	80.0
12-12	87	82.2	88.3	88.4	79.8	77.2	78.4	80.0	80.5	78.6	75.1
Orchestra	90	94.7	97.6	91.2	89.1	85.8	82.6	81.6	81.0	80.4	76.6
Stage	87	92.3	95.0	90.3	83.7	81.9	81.6	80.5	77.9	73.8	66.3
Kamara Left	86	89.8	92.8	86.2	82.7	81.8	79.7	79.4	76.6	71.8	64.0
Kamara Center	84	89.8	91.8	87.5	83.5	80.1	78.0	77.3	75.0	70.6	62.6
Kamara Right	86	89.4	92.1	88.3	83.0	82.0	80.6	80.0	77.1	72.3	65.5
Right Entrance	88	100.5	99.0	91.4	85.4	83.4	81.1	80.7	78.5	75.8	72.9

Πίνακας Γ. 2 Τιμές μετρήσεων του RT για όλες τις διατάξεις

RT / T _{opt} (sec)											
Θέση	Πλήρες Φάσμα	Συχνότητα (Hz)									
		32	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
ΠΑΝΤΟΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΗ ΠΗΓΗ											
C-3	1.3		1.3	1.4	1.6	1.3	1.4	1.4	1.2	1.1	
C-12	1.4		1.3	1.0	1.4	1.4	1.8	1.4	1.2	1.1	
6-1 FOH	1.4		1.7	1.7	1.6	1.4	1.6	1.5	1.2	1.0	
6-12	1.6		1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.4	1.2	1.2	
A-3	1.3		1.3	1.3	1.3	1.7	1.3	1.2	1.1	1.0	
A-12	1.3		1.6	1.2	1.7	1.6	1.6	1.7	1.1	1.1	
2-1	1.4		1.2	1.2	1.5	1.4	1.6	1.6	1.3	1.3	
2-12	1.5		1.2	1.3	1.2	1.7	1.6	1.6	1.4	1.2	
E-3	1.2		1.1	1.1	1.3	1.4	1.4	1.3	1.1	1.1	
E-12	1.4		0.9	1.2	1.5	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0	
11-1	0.9		1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.1	1.1	
11-12	1.5		0.8	1.6	1.7	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	
B-8	1.3		1.0	1.2	1.5	1.3	1.5	1.4	1.1	1.3	
B-18	1.2		1.4	1.4	1.6	1.3	1.3	1.4	1.2	1.5	

4-7	0.0		1.4	1.4	1.5	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	
D-8	1.3		0.9	1.0	1.3	1.5	1.5	1.5	1.2	1.1	
D-18	1.4		1.2	1.3	1.4	1.3	1.5	1.5	1.2	1.2	
9-7	1.6		1.4	1.5	1.5	1.6	1.4	1.4	1.2	1.3	
A-15	1.4		1.6	1.2	1.8	1.6	1.6	1.5	1.2	1.2	
1-12	0.3		1.4	1.4	2.1	1.9	2.3	1.7	1.2	1.2	
E-15	1.5		1.2	1.6	1.5	1.7	1.6	1.4	1.2	1.2	
12-12	0.4		0.9	1.4	1.9	2.2	2.3	1.7	1.2	1.2	
Orchestra	0.9		1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	1.2	0.8	0.8	
Stage	1.1		0.9	0.9	1.1	1.3	1.3	1.3	1.0	1.0	
Kamara Left	1.3		1.0	1.0	1.3	1.5	1.4	1.4	1.2	1.1	
Kamara Center	1.3		1.0	0.8	1.0	1.3	1.4	1.4	1.1	0.8	
Kamara Right	1.2		1.4	1.2	1.4	1.9	1.6	1.3	1.1	1.0	
Right Entrance	1.3		1.2	0.9	1.4	1.4	1.5	1.5	1.3	1.0	
ΕΠΙΔΑΠΕΔΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ											
C-3	1.2		1.3	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.1	1.3	
C-12	1.2		1.2	1.4	1.1	1.1	1.2	1.3	1.1	1.2	
6-1 FOH	1.3		1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.1	1.3	
6-12	1.4		1.4	1.1	1.1	1.1	1.3	1.3	1.1	1.3	
A-3	1.2		1.4	1.1	1.0	1.1	1.1	1.2	1.1	0.9	
A-12	1.1		1.6	1.1	1.2	1.1	1.1	1.2	1.0	0.9	
2-1	1.2		1.5	1.3	1.0	1.2	1.2	1.2	1.0	1.0	
2-12	1.3		1.4	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.1	0.8	
E-3	1.1		1.2	0.8	0.7	1.0	1.1	1.3	1.0	1.0	
E-12	1.2		1.1	1.2	1.1	1.0	1.2	1.2	1.1	1.0	
11-1	1.2		1.1	1.2	1.1	1.2	1.1	1.2	1.1	0.9	
11-12	1.2		1.7	1.2	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.1	
B-8	1.2		1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0	
B-18	0.9		1.4	1.2	1.2	1.4	1.3	1.3	1.1	1.3	
4-7	1.3		1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.0	
D-8	1.2		1.3	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0	
D-18	1.1		1.2	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.1	1.2	
9-7	1.3		1.5	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.1	1.1	
A-15	1.2		1.2	1.0	1.2	1.3	1.2	1.3	1.1	1.0	
1-12	1.3		1.6	1.1	1.0	1.4	1.3	1.3	1.1	0.7	
E-15	1.3		1.5	1.1	1.0	1.1	1.2	1.2	1.1	1.0	
12-12	1.3		1.0	1.2	1.2	1.4	1.3	1.3	1.2	0.7	
Orchestra	1.2		1.5	1.1	1.0	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0	
Stage	1.2		1.0	1.0	1.0	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0	
Kamara Left	1.2		1.8	1.0	1.2	1.2	1.1	1.2	1.1	1.0	
Kamara Center	1.2		1.5	1.0	1.0	1.2	1.2	1.2	1.1	0.9	
Kamara Right	1.2		1.6	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1	
Right Entrance	1.1		1.3	1.1	1.1	0.9	1.1	1.1	1.0	0.9	

ΑΝΑΡΤΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ											
C-3	1.2		1.2	1.1	1.2	1.3	1.3	1.2	1.1	0.9	
C-12	1.2		1.1	1.1	1.3	1.2	1.6	1.3	1.2	1.0	
6-1 FOH	1.3		1.2	1.2	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2	1.1	
6-12	1.3		1.2	1.2	1.2	1.2	1.4	1.4	1.2	1.0	
A-3	1.2		1.3	0.9	1.2	1.2	1.2	1.1	1.2	1.0	
A-12	1.3		1.5	1.2	1.2	1.1	1.3	1.2	1.2	1.0	
2-1	1.2		1.4	1.2	1.2	1.2	1.3	1.2	1.2	1.0	
2-12	1.1		1.3	0.8	1.1	1.4	1.4	1.3	1.1	0.9	
E-3	1.1		1.2	1.1	1.3	1.1	1.2	1.2	1.1	0.8	
E-12	1.1		1.1	1.0	1.0	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0	
11-1	1.2		1.2	1.2	1.1	0.9	1.3	1.2	1.1	0.9	
11-12	1.2		1.6	1.1	1.2	1.2	1.3	1.2	1.0	0.8	
B-8	1.2		1.2	1.1	1.3	1.0	1.3	1.2	1.2	1.0	
B-18	1.3		1.6	1.0	1.3	1.3	1.3	1.4	1.2	1.0	
4-7	1.3		1.5	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.2	1.0	
D-8	1.1		1.1	1.0	1.1	1.3	1.2	1.2	1.1	0.9	
D-18	1.2		1.1	1.0	1.1	1.2	1.3	1.3	1.1	0.9	
9-7	1.3		1.3	1.2	1.4	1.2	1.3	1.3	1.1	0.9	
A-15	1.2		1.2	1.0	1.1	1.2	1.3	1.3	1.2	1.0	
1-12	1.3		1.4	1.1	1.2	1.5	1.4	1.4	1.2	1.0	
E-15	1.2		1.4	1.0	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	0.9	
12-12	1.3		1.5	1.2	1.0	1.3	1.4	1.3	1.1	0.9	
Orchestra	1.2		1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.2	1.0	
Stage	1.2		1.2	1.2	1.1	0.9	1.2	1.2	1.1	0.8	
Kamara Left	1.1		1.7	1.4	1.1	1.0	1.3	1.3	1.1	0.8	
Kamara Center	1.2		1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.2	1.1	0.8	
Kamara Right	1.2		1.2	1.1	1.3	1.2	1.3	1.4	1.1	0.9	
Right Entrance	1.4		1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.0	

Πίνακας Γ. 3 Τιμές μετρήσεων του EDT για όλες τις διατάξεις

EDT (sec)											
Θέση	Πλήρες Φάσμα	Συχνότητα (Hz)									
		32	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
ΠΑΝΤΟΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΗ ΠΗΓΗ											
C-3	1.1		1.5	1.2	0.9	1.4	0.9	1.2	0.6	0.2	
C-12	1.3		1.5	1.2	1.3	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	
6-1 FOH	1.3		12.8	1.5	1.3	1.2	1.2	1.4	1.1	1.2	
6-12	1.5		1.8	0.9	1.6	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	
A-3	1.1		1.0	1.0	0.8	1.4	1.2	1.2	0.9	0.8	
A-12	1.2		0.8	0.9	1.3	1.2	1.9	1.5	1.2	1.2	

2-1	1.5		2.0	1.3	1.4	1.6	1.9	1.5	1.3	1.5	
2-12	1.7		1.3	1.1	1.5	1.9	1.8	2.3	1.7	0.1	
E-3	0.8		0.8	0.8	0.7	1.0	0.9	1.2	0.5	0.7	
E-12	1.2		0.8	1.0	1.2	1.3	1.5	1.3	1.2	1.2	
11-1	1.7		10.4	1.9	1.5	1.3	1.5	1.4	1.2	1.2	
11-12	1.5		0.4	1.0	1.6	1.7	1.8	1.4	1.4	0.0	
B-8	1.3		1.1	1.4	1.0	1.2	1.5	1.4	1.0	1.1	
B-18	1.3		0.9	1.2	1.1	1.1	1.6	1.5	1.4	1.5	
4-7	1.7		14.1	1.5	1.3	1.0	1.4	1.3	0.1	0.0	
D-8	1.2		1.1	1.3	1.0	0.8	1.3	1.2	1.0	1.0	
D-18	1.1		1.0	0.9	1.0	1.0	1.3	1.3	1.2	1.4	
9-7	1.3		0.7	1.2	1.2	1.3	1.5	1.4	1.3	1.4	
A-15	1.4		0.9	1.1	1.7	1.3	1.6	1.6	1.1	1.2	
1-12	0.1		1.0	1.9	2.3	2.1	2.3	2.3	0.1	0.1	
E-15	1.2		0.5	0.7	1.7	0.9	1.7	1.2	1.3	1.3	
12-12	0.1		0.8	1.6	2.3	1.9	2.5	2.2	0.0	0.0	
Orchestra	0.0		0.2	0.2	0.3	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	
Stage	1.2		0.8	1.0	0.8	0.8	0.9	1.1	1.6	0.0	
Kamara Left	1.0		0.7	0.8	1.1	1.2	1.2	1.1	0.9	0.8	
Kamara Center	0.9		2.7	0.7	0.8	1.1	0.9	0.9	0.9	0.9	
Kamara Right	1.0		0.7	0.7	1.1	1.2	1.0	1.0	0.9	1.1	
Right Entrance	1.3		1.0	1.1	1.3	1.6	1.6	1.5	1.2	1.3	
ΕΠΙΔΑΠΕΔΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ											
C-3	0.4		0.7	0.8	0.6	0.9	0.5	0.4	0.4	0.3	
C-12	0.6		0.7	0.5	0.3	0.9	0.6	0.6	0.3	0.1	
6-1 FOH	0.5		1.0	1.0	0.3	0.1	0.3	0.4	0.3	0.2	
6-12	0.5		0.6	0.4	0.8	0.1	0.3	0.1	0.5	0.1	
A-3	0.6		1.5	0.2	0.2	0.7	0.8	1.1	1.1	0.1	
A-12	0.1		1.1	0.5	0.6	0.1	0.6	0.7	0.1	0.0	
2-1	1.4		2.0	1.1	1.6	1.1	1.8	1.4	1.4	1.2	
2-12	1.3		1.4	1.5	1.4	1.5	1.7	1.5	1.2	1.4	
E-3	1.1		2.0	1.6	0.6	1.0	1.5	1.3	1.2	0.9	
E-12	0.2		1.4	0.4	0.6	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1	
11-1	1.6		1.9	1.2	1.3	1.7	1.6	1.5	1.7	0.4	
11-12	1.4		1.9	1.3	0.9	1.2	1.6	1.5	1.3	1.3	
B-8	0.7		0.6	0.4	0.3	0.5	0.7	0.8	0.8	0.8	
B-18	0.8		0.9	0.4	0.2	0.1	0.5	0.7	0.7	0.5	
4-7	0.8		1.0	0.5	0.5	0.3	0.5	0.7	0.8	0.6	
D-8	0.7		1.0	0.7	0.3	0.7	0.7	0.6	0.7	0.7	
D-18	0.6		1.1	0.4	0.3	0.4	0.3	0.5	0.5	0.4	
9-7	0.5		1.0	0.5	0.4	0.3	0.4	0.4	0.5	0.3	
A-15	0.8		2.3	1.1	1.7	0.4	1.6	1.8	0.8	0.1	
1-12	1.5		1.7	1.9	2.0	1.5	1.6	1.5	1.5	1.5	

E-15	0.3		2.5	1.2	1.3	1.4	1.4	1.1	0.8	0.0	
12-12	1.6		1.0	0.6	1.7	1.4	1.6	1.6	1.6	1.5	
Orchestra	1.2		1.0	0.6	0.1	1.0	1.3	1.6	1.5	0.9	
Stage	1.4		1.8	0.6	0.4	1.5	1.5	1.6	1.5	1.2	
Kamara Left	1.0		0.5	0.4	1.0	1.3	1.2	1.2	1.2	0.8	
Kamara Center	1.1		1.0	0.9	0.9	1.4	1.5	1.3	1.3	1.1	
Kamara Right	1.3		1.5	0.4	0.8	0.9	1.3	1.5	1.4	1.1	
Right Entrance	0.7		1.0	0.7	0.6	0.6	0.7	0.9	0.7	0.4	
ΑΝΑΡΤΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ											
C-3	0.5		0.8	0.9	0.7	0.6	0.7	0.6	0.4	0.3	
C-12	0.6		0.7	0.8	0.3	0.5	0.5	1.2	0.4	0.2	
6-1 FOH	0.2		1.1	0.6	0.4	0.3	0.7	0.4	0.1	0.1	
6-12	0.5		0.7	0.6	0.6	0.3	0.4	0.3	0.3	0.1	
A-3	1.3		1.1	1.0	1.0	1.4	1.6	1.9	1.6	0.4	
A-12	1.1		1.2	0.7	0.8	1.2	1.5	1.7	1.2	0.3	
2-1	1.3		1.2	0.8	0.5	0.6	1.2	1.2	1.8	1.7	
2-12	2.2		0.9	1.1	0.7	1.5	2.1	2.3	2.9	3.3	
E-3	1.0		1.1	1.0	0.8	1.1	1.2	1.3	1.2	0.4	
E-12	1.2		1.1	0.8	1.0	1.2	1.5	1.4	1.6	0.9	
11-1	1.3		1.2	1.0	0.7	0.7	1.2	1.7	2.0	0.8	
11-12	2.0		1.1	1.0	0.7	1.3	1.9	2.4	2.9	2.9	
B-8	0.9		1.0	1.0	0.7	1.0	1.2	1.1	0.9	0.7	
B-18	0.6		0.6	0.8	0.4	0.3	0.7	0.6	0.6	0.5	
4-7	0.6		0.8	0.7	0.5	0.5	0.6	0.7	0.5	0.9	
D-8	0.9		1.2	1.0	0.8	0.8	1.0	1.1	0.9	0.6	
D-18	0.6		0.7	1.1	0.3	0.4	0.7	0.8	0.6	0.5	
9-7	0.7		1.2	0.7	0.3	0.5	0.4	0.6	0.7	0.4	
A-15	1.2		0.7	0.6	1.0	1.5	1.6	1.7	1.8	0.3	
1-12	2.5		1.7	1.3	1.6	1.9	2.3	3.0	3.5	0.0	
E-15	1.3		1.2	0.6	1.2	1.4	2.0	2.0	1.6	0.7	
12-12	2.1		1.3	0.8	2.5	1.8	1.9	2.5	2.7	0.0	
Orchestra	0.8		0.8	0.6	0.5	1.2	1.8	2.0	0.9	0.3	
Stage	1.3		0.9	0.4	1.3	1.5	1.7	1.7	1.4	0.9	
Kamara Left	1.9		1.3	1.4	2.0	1.8	2.2	2.0	1.9	1.5	
Kamara Center	1.5		1.0	0.6	1.3	1.5	1.7	1.8	1.6	1.2	
Kamara Right	1.9		1.3	1.0	1.9	1.9	2.2	2.1	1.9	1.6	
Right Entrance	1.1		0.8	1.1	1.4	1.7	2.1	1.9	1.6	0.6	

Πίνακας Γ. 4 Τιμές μετρήσεων του STI για όλες τις διατάξεις

STI											
Θέση	Πλήρες Φάσμα	Συχνότητα (Hz)									
		32	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
ΠΑΝΤΟΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΗ ΠΗΓΗ											
C-3	0.73			0.54	0.79	0.61	0.75	0.76	0.83	0.80	
C-12	0.64			0.52	0.57	0.76	0.60	0.62	0.67	0.70	
6-1 FOH	0.58			0.45	0.52	0.63	0.59	0.58	0.57	0.58	
6-12	0.59			0.53	0.51	0.62	0.58	0.61	0.62	0.52	
A-3	0.67			0.57	0.78	0.59	0.67	0.67	0.75	0.75	
A-12	0.62			0.61	0.60	0.71	0.61	0.62	0.63	0.59	
2-1	0.56			0.55	0.48	0.63	0.60	0.63	0.56	0.31	
2-12	0.55			0.58	0.46	0.56	0.60	0.61	0.60	0.28	
E-3	0.69			0.58	0.77	0.63	0.74	0.67	0.78	0.69	
E-12	0.66			0.62	0.59	0.71	0.62	0.68	0.72	0.61	
11-1	0.61			0.41	0.51	0.69	0.61	0.59	0.65	0.59	
11-12	0.58			0.68	0.40	0.65	0.63	0.62	0.59	0.28	
B-8	0.65			0.51	0.70	0.68	0.65	0.65	0.72	0.57	
B-18	0.62			0.58	0.53	0.68	0.58	0.63	0.71	0.50	
4-7	0.53			0.48	0.47	0.64	0.56	0.58	0.53	0.22	
D-8	0.69			0.53	0.71	0.73	0.68	0.71	0.73	0.61	
D-18	0.61			0.58	0.56	0.71	0.62	0.62	0.69	0.43	
9-7	0.59			0.54	0.50	0.65	0.56	0.62	0.67	0.50	
A-15	0.65			0.67	0.44	0.72	0.62	0.66	0.76	0.54	
1-12	0.55			0.49	0.49	0.68	0.55	0.67	0.54	0.18	
E-15	0.65			0.72	0.58	0.74	0.61	0.71	0.67	0.56	
12-12	0.58			0.59	0.47	0.70	0.66	0.71	0.51	0.15	
Orchestra	0.88			0.85	0.84	0.91	0.86	0.90	0.98	0.96	
Stage	0.71			0.74	0.63	0.72	0.66	0.76	0.83	0.65	
Kamara Left	0.54			0.62	0.53	0.55	0.56	0.57	0.55	0.38	
Kamara Center	0.65			0.71	0.68	0.64	0.64	0.68	0.77	0.52	
Kamara Right	0.54			0.69	0.58	0.55	0.57	0.60	0.57	0.29	
Right Entrance	0.47			0.56	0.54	0.49	0.52	0.48	0.53	0.30	
ΕΠΙΔΑΠΕΔΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ											
C-3	0.72			0.63	0.81	0.66	0.74	0.75	0.76	0.79	
C-12	0.78			0.78	0.83	0.66	0.81	0.79	0.84	0.90	
6-1 FOH	0.81			0.48	0.83	0.93	0.83	0.80	0.83	0.88	
6-12	0.85			0.76	0.69	0.94	0.88	0.89	0.76	0.90	
A-3	0.75			0.86	0.87	0.70	0.75	0.77	0.77	0.88	
A-12	0.85			0.76	0.67	0.91	0.86	0.85	0.89	0.94	
2-1	0.68			0.55	0.47	0.66	0.73	0.67	0.68	0.80	
2-12	0.62			0.57	0.52	0.61	0.71	0.62	0.53	0.69	

E-3	0.70			0.73	0.74	0.62	0.72	0.73	0.70	0.82	
E-12	0.84			0.76	0.68	0.84	0.86	0.87	0.91	0.90	
11-1	0.71			0.55	0.51	0.70	0.68	0.71	0.83	0.85	
11-12	0.63			0.54	0.65	0.56	0.72	0.65	0.57	0.69	
B-8	0.74			0.75	0.81	0.81	0.77	0.74	0.73	0.79	
B-18	0.78			0.84	0.86	0.92	0.84	0.69	0.78	0.90	
4-7	0.77			0.73	0.78	0.89	0.78	0.78	0.81	0.79	
D-8	0.70			0.74	0.80	0.64	0.70	0.69	0.75	0.81	
D-18	0.78			0.80	0.83	0.81	0.86	0.75	0.75	0.84	
9-7	0.77			0.71	0.77	0.83	0.75	0.83	0.83	0.80	
A-15	0.75			0.69	0.60	0.81	0.68	0.75	0.83	0.90	
1-12	0.45			0.49	0.53	0.51	0.45	0.43	0.49	0.51	
E-15	0.77			0.61	0.49	0.76	0.79	0.77	0.83	0.93	
12-12	0.47			0.36	0.49	0.51	0.45	0.46	0.49	0.49	
Orchestra	0.59			0.77	0.94	0.60	0.58	0.55	0.57	0.68	
Stage	0.59			0.72	0.81	0.58	0.58	0.60	0.60	0.68	
Kamara Left	0.61			0.79	0.61	0.61	0.61	0.63	0.60	0.69	
Kamara Center	0.56			0.63	0.63	0.61	0.54	0.57	0.54	0.60	
Kamara Right	0.59			0.78	0.70	0.66	0.64	0.53	0.53	0.64	
Right Entrance	0.68			0.68	0.71	0.69	0.72	0.64	0.71	0.78	
ΑΝΑΡΤΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ											
C-3	0.71			0.67	0.66	0.71	0.68	0.72	0.75	0.80	
C-12	0.74			0.68	0.84	0.71	0.80	0.69	0.79	0.87	
6-1 FOH	0.80			0.72	0.81	0.82	0.74	0.81	0.87	0.96	
6-12	0.83			0.70	0.65	0.85	0.85	0.86	0.84	0.93	
A-3	0.61			0.63	0.69	0.57	0.49	0.60	0.72	0.85	
A-12	0.69			0.71	0.69	0.71	0.66	0.64	0.78	0.84	
2-1	0.65			0.65	0.75	0.78	0.65	0.58	0.63	0.79	
2-12	0.65			0.63	0.79	0.63	0.64	0.62	0.68	0.76	
E-3	0.67			0.64	0.67	0.70	0.65	0.66	0.70	0.79	
E-12	0.67			0.64	0.67	0.70	0.65	0.66	0.70	0.79	
11-1	0.69			0.63	0.73	0.81	0.71	0.66	0.68	0.81	
11-12	0.63			0.62	0.80	0.63	0.58	0.64	0.68	0.68	
B-8	0.66			0.58	0.69	0.70	0.68	0.62	0.66	0.74	
B-18	0.71			0.69	0.80	0.80	0.71	0.71	0.71	0.74	
4-7	0.71			0.70	0.72	0.80	0.69	0.71	0.70	0.80	
D-8	0.64			0.60	0.67	0.68	0.63	0.62	0.69	0.74	
D-18	0.71			0.62	0.80	0.80	0.68	0.68	0.75	0.82	
9-7	0.74			0.70	0.82	0.75	0.75	0.73	0.73	0.85	
A-15	0.64			0.72	0.69	0.60	0.64	0.62	0.66	0.83	
1-12	0.67			0.67	0.69	0.51	0.57	0.70	0.75	0.90	
E-15	0.66			0.69	0.71	0.63	0.62	0.65	0.71	0.81	
12-12	0.64			0.67	0.58	0.50	0.56	0.67	0.78	0.89	

Orchestra	0.65			0.68	0.76	0.65	0.59	0.60	0.72	0.87	
Stage	0.51			0.77	0.56	0.52	0.47	0.48	0.51	0.62	
Kamara Left	0.44			0.48	0.50	0.47	0.46	0.41	0.40	0.47	
Kamara Center	0.45			0.67	0.57	0.49	0.43	0.40	0.45	0.51	
Kamara Right	0.44			0.60	0.44	0.50	0.45	0.42	0.41	0.50	
Right Entrance	0.56			0.52	0.58	0.55	0.44	0.55	0.60	0.76	

Πίνακας Γ. 5 Τιμές μετρήσεων του C50 για όλες τις διατάξεις

C50											
Θέση	Πλήρες Φάσμα	Συχνότητα (Hz)									
		32	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
ΠΑΝΤΟΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΗ ΠΗΓΗ											
C-3	7.6		0.8	1.2	7.8	4.0	7.7	7.4	9.4	9.9	
C-12	2.4		0.8	-1.7	1.1	6.6	2.6	2.2	3.6	5.0	
6-1 FOH	0.3		-8.7	-1.3	-0.3	3.0	1.3	0.9	-0.6	1.4	
6-12	0.6		-2.5	-2.8	-1.0	2.3	1.8	2.9	2.4	3.2	
A-3	6.1		0.8	2.3	8.1	2.3	4.4	4.6	6.7	6.9	
A-12	2.3		2.1	0.9	0.9	5.4	3.9	2.8	2.3	1.8	
2-1	2.2		0.8	-0.7	-1.4	4.0	3.3	4.3	3.0	2.1	
2-12	2.5		1.6	0.3	-2.6	3.0	3.7	3.5	5.1	6.4	
E-3	6.7		3.4	2.6	8.1	3.9	6.3	4.9	8.3	7.3	
E-12	4.2		1.7	1.8	2.6	5.5	4.4	4.6	5.7	5.7	
11-1	2.2		-10.0	-3.5	0.4	5.6	2.7	3.0	4.3	4.9	
11-12	3.3		5.3	5.5	-1.6	4.6	3.9	3.9	4.6	6.5	
B-8	4.8		3.7	0.4	5.7	4.8	3.8	4.0	5.7	5.2	
B-18	3.2		3.8	0.8	-0.4	4.4	1.8	2.5	5.7	4.9	
4-7	2.2		-7.3	-0.1	-2.4	2.5	0.9	0.6	3.9	3.4	
D-8	5.6		3.6	-0.2	6.5	6.6	4.9	6.2	6.5	6.8	
D-18	2.9		1.6	-1.8	-0.1	5.4	2.4	2.7	5.5	5.9	
9-7	1.1		2.2	-1.4	-4.0	3.3	0.8	2.5	4.2	4.1	
A-15	5.7		5.1	4.3	-0.2	6.8	3.9	5.1	7.9	7.7	
1-12	7.2		2.5	0.7	0.8	6.1	1.9	5.2	7.5	6.2	
E-15	5.4		6.0	6.5	2.9	7.5	4.3	6.8	4.9	4.5	
12-12	8.1		4.5	2.5	0.4	7.1	5.3	7.1	9.9	6.7	
Orchestra	14.2		14.2	10.7	10.8	13.7	10.7	11.9	16.0	15.3	
Stage	5.9		5.6	5.9	0.9	4.5	2.5	5.3	8.0	7.9	
Kamara Left	-0.6		4.6	1.9	-1.0	-0.1	-0.1	0.0	-1.4	-2.0	
Kamara Center	5.3		2.2	6.0	3.8	3.4	2.4	3.7	7.0	6.2	
Kamara Right	0.7		6.5	5.3	0.8	0.0	-0.2	0.5	0.1	-1.6	
Right Entrance	-0.6		0.8	-0.6	-1.0	-1.3	0.1	-1.9	0.1	-0.4	

ΕΠΙΔΑΠΕΔΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ											
C-3	6.7		3.6	-0.9	8.0	3.7	7.2	7.6	7.8	9.3	
C-12	7.2		2.4	7.1	8.9	4.0	8.5	8.6	10.6	12.8	
6-1 FOH	8.4		-0.1	2.1	9.4	13.3	10.5	8.9	10.3	12.3	
6-12	8.7		4.7	6.6	5.2	14.4	12.1	12.2	8.1	12.7	
A-3	9.0		2.5	11.0	11.0	6.3	8.1	7.6	7.4	11.9	
A-12	11.3		0.2	7.4	0.7	12.2	9.6	9.4	11.5	13.8	
2-1	4.3		-4.3	0.6	-3.6	2.9	6.0	3.9	3.5	7.7	
2-12	1.2		-3.1	0.7	-3.8	2.6	4.3	2.4	-2.5	3.1	
E-3	5.4		1.2	5.4	5.5	2.8	5.7	5.8	4.5	8.7	
E-12	10.8		-0.9	7.4	-1.7	9.1	9.9	10.7	12.3	13.1	
11-1	6.6		-4.8	-0.7	-3.7	4.6	4.1	5.4	8.7	10.4	
11-12	2.0		-1.2	-1.0	-10.0	-1.0	4.9	3.2	0.0	3.8	
B-8	5.1		2.7	4.9	10.3	7.6	7.0	5.4	4.8	6.9	
B-18	7.4		-2.3	7.0	12.1	13.0	10.1	5.6	7.8	13.4	
4-7	6.4		-3.0	7.5	9.0	12.3	8.2	7.3	8.7	9.2	
D-8	4.9		0.2	4.7	9.2	1.8	4.8	5.0	5.9	7.5	
D-18	6.6		-2.0	6.7	10.2	10.0	11.1	7.4	7.1	10.1	
9-7	8.3		-1.0	6.1	9.3	10.4	8.2	11.1	10.1	11.2	
A-15	8.9		-2.2	4.4	3.9	9.4	4.6	6.6	9.2	11.5	
1-12	-5.3		-5.3	-2.0	-12.1	-2.4	-5.7	-8.3	-6.1	-3.4	
E-15	10.7		0.4	2.3	0.2	6.7	6.8	7.8	9.4	14.3	
12-12	-5.8		-3.6	-0.7	-13.2	-7.1	-6.5	-8.1	-6.9	-3.8	
Orchestra	1.9		-3.4	8.0	13.9	2.8	0.9	0.1	0.8	4.2	
Stage	2.4		-1.2	6.1	8.7	1.7	1.0	1.9	2.2	4.4	
Kamara Left	3.4		8.2	7.6	0.4	1.9	1.8	2.7	1.1	4.5	
Kamara Center	-1.8		-5.2	1.3	1.4	1.9	-1.1	-1.5	-2.6	0.0	
Kamara Right	2.2		4.4	8.3	4.6	3.8	3.4	-0.2	-1.1	2.9	
Right Entrance	3.2		-2.2	2.1	5.9	5.2	5.3	2.2	5.4	7.7	
ΑΝΑΡΤΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ											
C-3	6.0		-0.6	-6.4	2.3	4.6	5.1	6.1	7.3	9.6	
C-12	6.2		2.4	3.2	9.9	5.9	8.4	5.6	8.8	12.0	
6-1 FOH	10.6		-0.6	5.3	8.2	9.9	7.7	9.5	12.0	16.2	
6-12	7.9		0.3	2.7	6.3	11.5	10.3	11.3	10.9	13.7	
A-3	6.0		0.3	2.7	4.4	0.5	-1.0	2.4	6.1	10.3	
A-12	6.6		1.5	5.0	2.2	4.8	3.7	3.3	7.7	10.2	
2-1	3.2		1.1	2.0	7.1	7.1	2.4	-1.6	2.4	7.5	
2-12	4.7		-0.1	2.0	6.3	3.0	2.9	2.8	4.6	6.9	
E-3	5.8		0.0	3.4	8.2	4.3	1.3	5.0	6.5	9.9	
E-12	5.0		0.7	1.9	2.7	3.7	3.9	3.9	5.6	8.6	
11-1	5.3		1.4	2.1	5.5	7.4	5.1	3.5	4.7	8.9	
11-12	3.3		-0.5	1.0	6.4	2.9	0.7	3.0	4.6	4.5	
B-8	2.7		-4.2	-3.2	5.3	4.1	3.1	2.1	2.7	5.9	

B-18	4.9		-0.3	4.1	10.7	9.8	6.3	6.1	5.3	5.7	
4-7	7.0		0.1	3.1	7.8	9.4	6.5	6.7	7.2	10.4	
D-8	2.6		-3.3	-1.3	3.9	3.0	2.4	2.0	3.8	5.3	
D-18	5.7		1.8	2.9	10.7	7.6	5.4	4.9	6.8	8.5	
9-7	7.1		1.8	6.0	9.9	7.5	8.5	7.4	6.9	10.5	
A-15	6.0		3.5	6.5	3.0	1.1	3.0	2.3	4.2	10.2	
1-12	7.7		4.3	5.8	3.0	-4.2	0.8	5.0	7.1	11.9	
E-15	5.6		4.3	4.7	4.8	2.7	2.5	3.6	6.1	9.0	
12-12	7.1		4.3	6.0	0.2	-1.8	1.3	4.3	7.8	11.5	
Orchestra	6.0		3.6	3.5	6.9	3.4	3.1	2.8	7.1	12.0	
Stage	-0.5		2.5	2.3	0.9	-1.9	-3.0	-2.8	-2.8	-0.6	
Kamara Left	-3.6		2.7	-1.5	-2.4	-4.2	-7.9	-7.0	-6.5	-4.6	
Kamara Center	-4.2		0.4	0.1	-2.1	-3.3	-10.6	-9.7	-7.3	-5.4	
Kamara Right	-3.8		-1.2	-2.1	-4.4	-2.3	-6.5	-6.5	-6.1	-2.8	
Right Entrance	2.5		5.0	-2.2	0.5	-0.2	-2.8	1.0	2.3	7.1	

Πίνακας Γ. 6 Τιμές μετρήσεων του C80 για όλες τις διατάξεις

C80											
Θέση	Πλήρες Φάσμα	Συχνότητα (Hz)									
		32	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
ΠΑΝΤΟΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΗ ΠΗΓΗ											
C-3	8.5		1.5	1.5	8.7	4.7	8.8	8.2	10.7	11.4	
C-12	3.7		1.8	-0.8	3.1	7.9	3.9	3.3	4.6	6.0	
6-1 FOH	1.9		-7.9	-0.1	1.2	4.9	3.1	2.7	1.7	3.1	
6-12	1.8		-1.1	-0.5	0.1	3.8	3.2	4.0	3.6	4.3	
A-3	7.2		2.7	3.4	8.7	4.6	5.6	6.1	8.0	8.3	
A-12	4.0		8.1	5.3	1.3	7.0	4.8	4.5	4.2	3.7	
2-1	3.3		2.1	0.3	-0.1	5.4	4.1	5.1	4.4	3.2	
2-12	3.5		2.3	3.9	-1.3	3.7	4.4	4.0	5.8	5.9	
E-3	8.4		5.3	5.9	9.2	6.6	8.2	6.5	9.9	8.8	
E-12	6.4		7.0	5.2	4.9	7.1	5.8	6.6	7.9	7.8	
11-1	3.3		-9.3	-2.7	2.0	7.0	4.1	4.2	5.6	6.1	
11-12	4.4		6.3	6.9	0.7	5.6	4.7	4.8	5.7	6.4	
B-8	6.2		4.9	1.4	6.9	6.4	5.3	5.0	7.5	7.1	
B-18	5.2		4.4	3.1	3.9	6.4	2.9	4.0	7.2	6.5	
4-7	3.3		-6.9	1.1	1.5	7.0	3.2	3.0	5.4	5.0	
D-8	6.8		4.7	0.9	7.4	8.2	6.4	7.3	8.1	8.4	
D-18	5.0		3.4	2.1	2.8	7.9	4.1	4.0	7.2	7.2	
9-7	3.4		3.6	2.0	-0.1	5.4	2.9	4.5	6.2	5.9	
A-15	6.6		6.8	6.2	0.7	7.7	4.5	5.8	8.8	8.5	
1-12	5.6		3.9	2.0	1.9	6.5	2.3	5.5	5.9	4.9	

E-15	6.5		8.4	8.3	4.9	8.3	5.2	7.8	6.1	5.7	
12-12	8.2		4.8	3.8	1.4	7.5	5.7	7.4	8.0	5.0	
Orchestra	17.8		16.3	11.9	13.1	16.6	14.4	16.6	20.5	20.1	
Stage	10.0		7.0	7.1	5.0	8.8	7.4	10.0	13.1	12.5	
Kamara Left	1.9		6.5	6.3	1.0	2.4	2.5	2.0	1.2	1.0	
Kamara Center	7.9		2.4	8.2	5.4	5.8	5.4	6.6	10.5	9.7	
Kamara Right	2.8		8.2	6.5	2.9	1.9	1.9	2.9	2.5	1.3	
Right Entrance	2.6		3.6	2.6	3.4	1.4	2.5	0.9	2.9	2.1	
ΕΠΙΔΑΠΕΔΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ											
C-3	10.0		5.4	2.1	11.3	7.0	9.8	9.9	11.0	13.9	
C-12	10.2		5.0	8.5	11.1	6.6	10.5	10.5	12.4	15.7	
6-1 FOH	11.8		5.1	5.3	11.6	15.3	12.8	11.2	12.4	15.0	
6-12	12.3		7.9	10.8	7.3	17.0	15.3	15.6	11.6	16.8	
A-3	10.7		3.3	11.9	14.1	8.6	9.6	8.8	8.6	13.4	
A-12	13.1		1.4	9.6	8.6	13.8	11.5	11.0	13.7	16.3	
2-1	5.9		-2.6	2.7	0.8	6.1	6.9	5.9	5.2	9.5	
2-12	2.8		-0.9	2.3	1.9	4.3	5.0	3.9	-0.3	4.9	
E-3	7.0		2.6	5.9	10.3	4.9	6.8	7.0	5.8	9.7	
E-12	12.3		0.5	9.8	9.9	11.8	11.6	12.2	13.8	14.7	
11-1	7.9		-2.1	3.5	0.7	6.4	5.6	6.8	9.6	12.0	
11-12	3.6		-0.5	3.1	1.6	2.2	6.3	4.6	1.5	5.8	
B-8	10.1		7.2	11.5	13.0	10.8	10.7	9.7	10.3	13.2	
B-18	9.9		1.1	11.6	14.4	15.5	13.0	8.7	11.7	17.6	
4-7	8.8		-0.2	8.4	11.8	15.2	11.6	11.3	12.1	13.7	
D-8	9.9		5.0	7.5	12.3	7.1	8.8	8.9	11.0	13.4	
D-18	10.0		0.6	10.4	13.1	12.4	13.7	11.2	11.5	15.8	
9-7	10.3		2.1	7.9	10.1	13.1	10.7	13.7	13.6	14.5	
A-15	10.5		-1.3	6.0	5.7	10.1	5.9	7.8	11.2	14.0	
1-12	-2.3		-0.9	-0.6	-6.7	-0.8	-3.8	-4.4	-4.0	-2.1	
E-15	12.1		2.0	5.3	2.6	8.1	8.1	9.1	10.5	15.3	
12-12	-2.5		1.1	0.6	-2.4	-4.3	-4.4	-6.1	-5.3	-2.0	
Orchestra	4.3		2.0	10.1	15.6	4.8	3.2	2.4	3.1	7.1	
Stage	4.5		1.3	9.7	10.6	3.3	2.8	3.6	4.0	6.5	
Kamara Left	5.6		8.6	10.0	2.9	3.6	4.3	4.4	3.8	7.0	
Kamara Center	1.5		0.0	3.4	4.2	4.0	1.8	1.8	1.4	3.7	
Kamara Right	4.1		6.2	9.9	6.7	5.7	4.8	1.6	1.6	5.2	
Right Entrance	6.2		3.6	6.0	7.4	7.7	8.0	5.6	8.1	11.5	
ΑΝΑΡΤΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ											
C-3	9.1		2.9	-1.0	7.6	8.2	6.6	8.4	10.7	13.4	
C-12	9.0		6.3	6.2	12.8	10.2	10.4	7.0	9.9	14.0	
6-1 FOH	12.7		4.6	9.4	12.8	13.3	9.3	10.9	12.9	17.4	
6-12	10.8		4.9	8.8	9.2	13.2	12.3	13.1	12.7	16.1	
A-3	7.3		3.6	5.2	6.9	2.3	0.0	3.2	6.8	11.1	

A-12	8.1		3.1	8.5	7.6	7.2	5.8	4.7	8.7	11.3	
2-1	6.4		3.4	5.3	11.1	10.0	7.0	5.0	4.7	8.7	
2-12	5.9		5.3	3.7	9.3	5.0	4.2	3.8	5.2	7.5	
E-3	7.1		2.7	6.1	9.2	5.7	2.5	5.9	7.5	11.0	
E-12	6.3		2.4	6.1	5.7	6.5	5.5	5.0	6.3	9.4	
11-1	7.3		3.9	6.5	9.6	10.7	7.9	5.4	5.5	9.7	
11-12	4.6		4.2	3.9	9.2	5.2	2.6	4.1	4.9	4.8	
B-8	5.2		2.1	0.2	6.6	5.4	4.2	4.2	5.4	8.2	
B-18	9.1		7.3	5.5	13.1	13.0	9.9	9.3	8.9	10.5	
4-7	9.6		4.9	7.0	9.9	11.4	9.0	9.0	9.0	13.4	
D-8	5.5		0.4	1.9	6.1	6.5	4.4	3.9	6.8	9.2	
D-18	9.3		6.7	4.7	13.8	12.5	8.6	7.5	10.5	14.7	
9-7	9.2		3.1	6.3	11.7	10.0	11.2	9.9	9.8	14.8	
A-15	7.7		5.7	8.7	6.9	3.5	5.5	4.2	5.6	11.4	
1-12	8.4		5.9	7.9	5.0	-2.2	1.5	5.4	7.5	12.5	
E-15	7.4		6.4	8.7	6.6	5.2	4.4	5.1	7.2	10.4	
12-12	7.8		6.5	7.7	1.5	-0.7	2.2	4.8	8.3	12.1	
Orchestra	8.2		8.1	8.3	10.0	5.0	4.4	3.9	8.5	13.9	
Stage	2.2		6.5	9.4	3.5	0.9	-1.6	-0.5	0.7	3.5	
Kamara Left	-1.8		5.9	0.5	-0.4	-1.7	-5.8	-5.1	-4.7	-2.2	
Kamara Center	-0.4		5.4	9.0	2.9	0.0	-5.9	-5.4	-3.6	-1.1	
Kamara Right	-1.7		3.3	2.1	-1.9	0.0	-4.6	-4.8	-4.6	-1.2	
Right Entrance	4.4		7.2	1.2	3.1	2.3	-1.4	2.0	4.2	9.2	

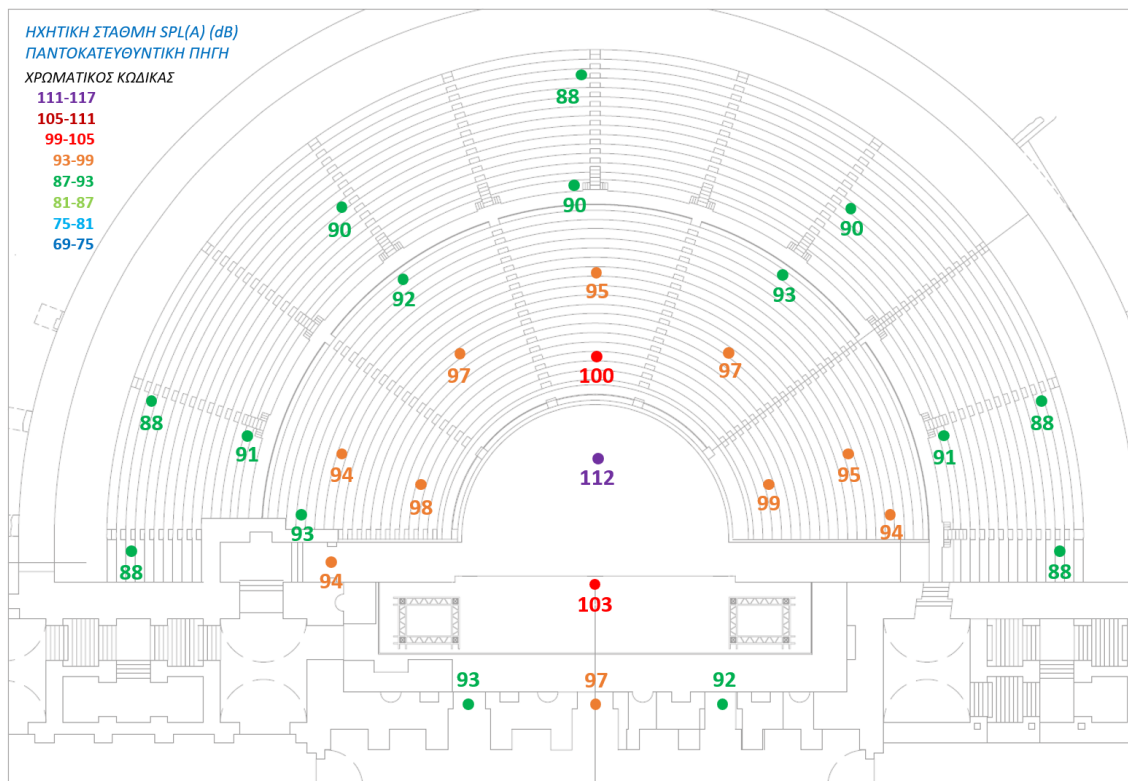
Πίνακας Γ. 7 Τιμές S/N από τις μετρήσεις για όλες τις διατάξεις

Σήμα προς Θόρυβο (Signal to Noise, S/N)											
Θέση	Πλήρες Φάσμα	Συχνότητα (Hz)									
		32	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
ΠΑΝΤΟΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΗ ΠΗΓΗ											
C-3	24.7	6.0	16.6	28.7	34.1	19.4	22.9	24.8	26.1	15.6	24.4
C-12	21.0	1.9	8.3	18.0	22.4	19.3	18.1	20.7	23.8	15.2	29.7
6-1 FOH	17.2	-123	-121	15.9	22.8	14.5	14.7	19.2	18.8	9.3	29.9
6-12	15.2	-2.6	5.7	17.6	19.6	16.1	14.9	18.3	14.3	6.9	31.6
A-3	23.1	-1.2	12.9	23.3	31.9	17.8	19.6	26.7	23.9	14.5	27.2
A-12	20.8	-0.8	12.8	23.3	27.5	18.7	17.5	24.4	21.7	10.0	26.4
2-1	8.7	1.3	6.7	12.8	14.3	14.0	12.8	16.5	7.5	-1.2	19.6
2-12	6.0	-116	-8.4	13.6	16.1	9.6	6.1	12.0	5.4	-3.0	19.9
E-3	23.4	-10.4	-7.5	12.1	31.6	23.6	25.3	27.3	23.8	11.9	24.6
E-12	19.3	0.1	7.8	24.0	22.1	19.0	15.8	23.9	19.7	8.4	24.8
11-1	19.1	-130	-7.8	7.8	13.5	22.0	18.9	22.8	19.3	9.7	30.8
11-12	8.8	-120	0.8	15.0	14.7	14.6	11.8	15.2	7.5	-1.7	22.2

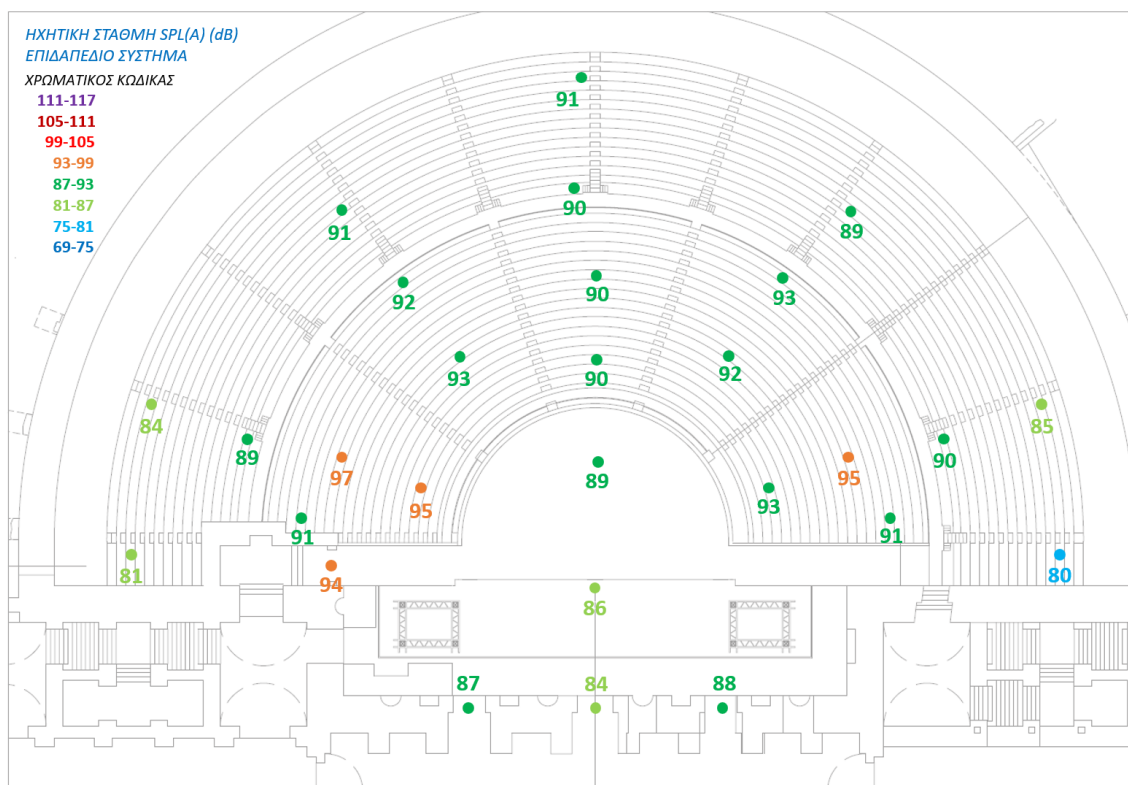
B-8	17.3	-2.5	13.5	21.8	26.1	19.9	19.3	23.6	17.9	1.2	16.8
B-18	14.2	-122	-0.7	13.3	21.4	17.9	11.5	19.8	13.5	5.0	25.1
4-7	7.1	-123	-126	3.1	15.5	13.0	12.7	15.1	5.6	-6.5	19.9
D-8	20.9	-115	7.6	16.0	27.8	23.9	21.8	26.3	20.1	9.2	24.8
D-18	14.4	4.8	9.5	21.2	26.5	20.9	18.1	18.1	13.9	3.9	23.4
9-7	15.3	3.7	3.6	14.1	17.7	16.7	14.6	20.0	15.1	4.2	26.9
A-15	17.6	2.2	10.2	23.2	13.7	19.9	13.9	21.3	18.4	6.4	25.8
1-12	6.5	-16.8	2.0	9.3	14.0	14.1	10.2	14.1	5.1	-1.0	19.9
E-15	19.7	7.6	10.8	25.2	20.5	19.6	19.5	25.6	19.7	5.8	27.0
12-12	4.7	-3.0	-4.2	13.5	14.0	15.6	13.4	12.9	2.9	-2.5	17.1
Orchestra	34.4	-107	8.0	32.3	28.0	27.5	34.4	38.7	36.2	23.7	27.8
Stage	23.8	-2.3	17.9	29.6	27.4	18.6	24.6	27.3	24.8	11.2	21.5
Kamara Left	13.5	-3.0	11.3	22.9	26.9	20.4	21.9	22.3	12.6	3.5	21.4
Kamara Center	17.7	7.6	15.1	29.3	31.4	21.8	23.0	23.8	18.1	5.4	20.0
Kamara Right	11.7	-115	8.3	21.6	22.4	17.9	21.4	20.6	11.0	-0.5	18.4
Right Entrance	11.2	-117	11.5	23.5	26.0	19.3	20.4	17.5	11.2	-1.4	18.7
ΕΠΙΔΑΠΕΔΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ											
C-3	41.5	28.3	34.7	34.3	34.4	28.8	37.9	41.9	41.1	44.2	71.8
C-12	38.4	18.7	33.7	30.0	31.1	23.6	36.9	40.9	40.6	36.2	61.5
6-1 FOH	38.9	12.9	10.3	6.3	22.8	34.8	39.0	39.9	42.2	38.3	64.1
6-12	37.3	22.2	28.9	22.3	24.6	35.6	38.2	41.8	32.8	38.3	63.7
A-3	42.7	36.0	39.1	42.5	39.8	30.3	37.8	39.3	42.8	48.3	80.2
A-12	46.6	23.7	29.6	36.2	36.0	37.3	42.1	45.3	49.1	46.9	70.8
2-1	37.9	12.0	12.1	20.4	20.7	24.1	36.5	39.7	38.2	40.3	68.0
2-12	32.4	23.0	25.7	19.3	18.1	21.3	34.7	35.6	30.2	31.7	57.9
E-3	42.3	20.7	21.3	28.0	37.5	33.0	38.6	41.3	42.9	45.6	71.0
E-12	44.9	29.2	37.7	35.6	34.9	35.3	41.9	44.6	45.7	46.7	74.9
11-1	36.5	29.2	28.0	19.6	19.0	31.5	36.1	38.4	35.4	38.1	66.6
11-12	31.7	9.8	21.8	21.6	23.8	20.7	32.7	35.9	30.0	31.4	57.9
B-8	41.7	31.0	40.4	32.1	35.6	33.5	38.6	42.3	41.2	44.5	70.6
B-18	40.6	19.4	33.6	30.5	32.7	37.2	40.6	39.9	38.8	43.6	73.3
4-7	37.5	21.9	25.5	26.7	29.8	33.7	34.3	41.8	36.9	37.1	64.5
D-8	39.6	22.5	28.2	32.9	34.1	22.5	36.6	42.5	40.5	44.6	70.9
D-18	39.3	31.1	35.4	34.3	38.8	30.0	38.6	38.7	39.0	44.4	70.6
9-7	40.5	14.8	20.8	26.6	30.7	31.0	37.9	44.6	40.0	39.5	65.8
A-15	44.6	16.2	30.6	33.7	30.5	34.6	38.2	44.0	46.1	46.8	73.2
1-12	25.1	22.6	23.4	13.5	15.1	16.8	26.5	27.5	24.8	23.7	48.4
E-15	40.4	28.0	35.9	31.2	26.4	27.4	33.5	41.5	41.2	46.6	76.7
12-12	23.2	3.2	8.6	4.7	14.7	15.0	25.5	27.4	23.5	19.4	42.7
Orchestra	34.4	30.0	41.4	34.3	41.0	22.1	33.7	37.0	34.3	35.3	59.4
Stage	35.7	26.6	34.2	33.8	35.9	23.4	32.1	38.7	36.5	36.8	61.2
Kamara Left	33.3	18.1	28.4	25.0	27.3	24.2	32.1	36.2	31.8	32.9	59.1
Kamara Center	30.9	18.9	29.1	21.0	24.8	21.2	28.0	33.6	31.6	32.0	59.3

Kamara Right	32.5	16.8	32.7	26.7	30.3	27.0	33.0	32.1	32.1	33.0	60.9
Right Entrance	38.7	38.3	38.4	28.8	32.4	29.1	38.1	40.8	41.3	42.3	69.0
ΑΝΑΡΤΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ											
C-3	38.2	33.5	34.5	36.5	34.8	37.8	40.4	41.3	36.6	38.4	60.1
C-12	31.5	29.8	40.2	34.7	40.1	33.5	37.5	38.2	29.0	31.8	56.0
6-1 FOH	35.5	19.0	32.2	35.3	38.4	37.0	37.3	42.4	33.0	36.8	61.0
6-12	36.4	26.8	34.1	35.5	30.9	37.3	38.3	42.3	34.3	35.2	57.4
A-3	34.2	23.5	26.2	38.9	35.5	26.6	22.7	34.5	36.6	39.2	65.7
A-12	33.9	14.9	32.7	29.1	36.7	39.3	40.8	40.7	31.3	34.7	56.7
2-1	35.9	11.8	21.8	15.5	31.3	36.5	35.2	41.3	34.7	37.4	59.7
2-12	27.7	20.2	23.1	28.0	32.3	31.6	33.1	32.0	25.8	27.4	51.0
E-3	41.7	25.3	32.8	40.9	38.9	41.7	41.3	44.0	40.0	42.4	61.7
E-12	35.0	29.1	43.0	43.0	39.7	41.6	43.4	42.4	32.8	33.0	60.0
11-1	34.3	21.6	28.7	36.3	37.1	38.2	38.4	41.3	30.9	33.9	58.8
11-12	28.6	8.4	20.3	35.4	32.2	28.8	32.0	34.7	27.1	27.0	49.8
B-8	32.2	16.1	21.5	24.6	35.0	37.9	42.3	38.0	29.5	31.7	56.3
B-18	38.5	18.0	29.2	33.8	34.4	37.2	38.1	41.6	37.7	37.7	62.7
4-7	30.8	26.8	32.5	33.7	34.3	36.4	32.1	37.7	27.6	31.7	57.9
D-8	36.0	13.1	16.9	24.2	29.1	36.7	35.0	40.6	34.6	36.9	57.7
D-18	36.0	14.1	20.0	11.6	32.6	40.2	42.0	42.4	34.1	36.7	56.3
9-7	37.6	27.2	29.9	37.1	39.6	27.8	37.1	41.8	37.5	40.8	63.4
A-15	32.0	11.0	14.8	25.9	34.4	36.6	37.8	37.9	28.2	32.6	60.4
1-12	31.0	18.2	31.7	37.6	30.3	27.4	32.2	34.9	27.9	34.4	60.2
E-15	22.0	18.6	32.7	40.7	36.1	35.9	33.6	34.1	19.0	20.0	45.0
12-12	30.5	15.0	27.2	35.1	25.6	27.4	33.2	35.6	28.8	31.4	57.2
Orchestra	30.5	26.3	40.1	37.4	38.3	34.9	39.0	38.3	27.9	30.4	44.2
Stage	30.0	24.1	32.6	30.4	33.4	35.3	32.3	37.7	28.6	27.0	20.0
Kamara Left	23.3	4.4	17.6	5.2	18.0	35.8	36.5	31.6	21.0	19.5	28.3
Kamara Center	30.6	31.9	29.4	29.3	30.2	32.5	33.6	37.8	28.8	27.1	38.6
Kamara Right	31.7	24.0	30.6	31.1	28.5	32.4	31.7	36.7	30.2	29.4	25.3
Right Entrance	31.7	32.9	43.8	37.9	35.0	35.3	35.7	37.9	29.1	30.4	43.7

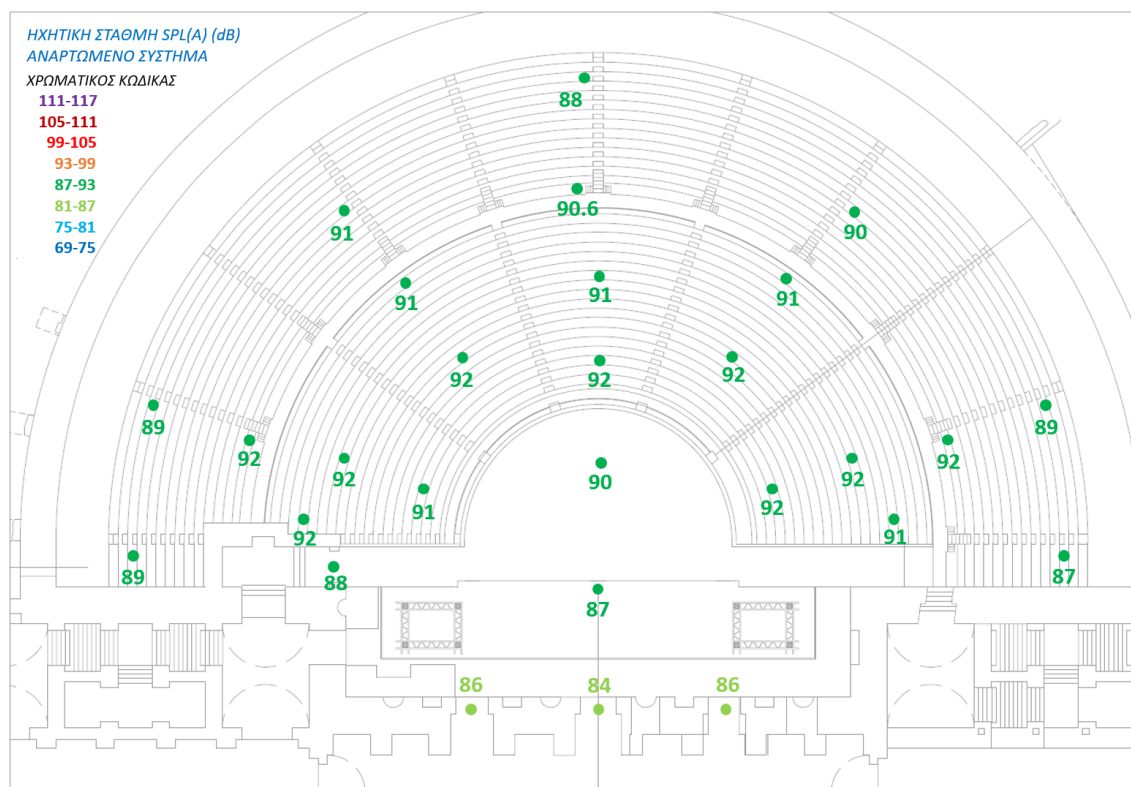
Ηχητική στάθμη $SPL(A)$



Σχήμα Γ. 1 Μετρημένη ηχητική στάθμη SPL (dBA) για την παντοκατευθυντική πηγή

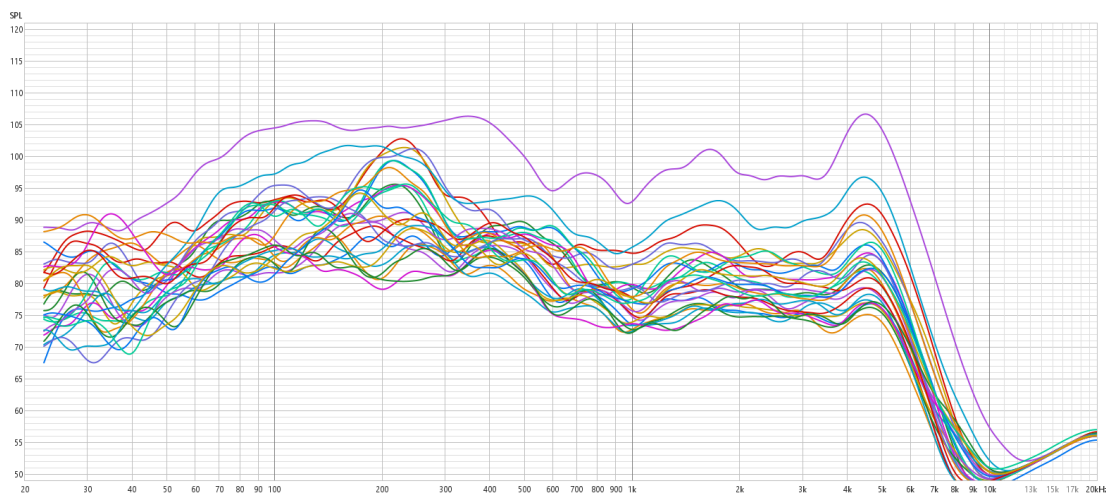


Σχήμα Γ. 2 Μετρημένη ηχητική στάθμη SPL (dBA) για το επιδαπέδιο ηχητικό σύστημα

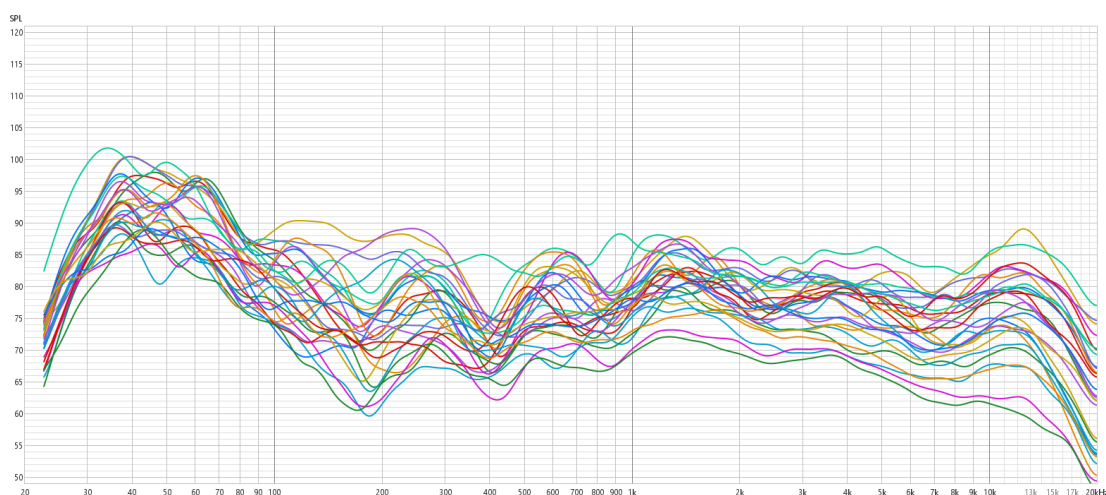


Σχήμα Γ. 3 Μετρημένη ηχητική στάθμη SPL (dBA) για το αναρτώμενο ηχητικό σύστημα

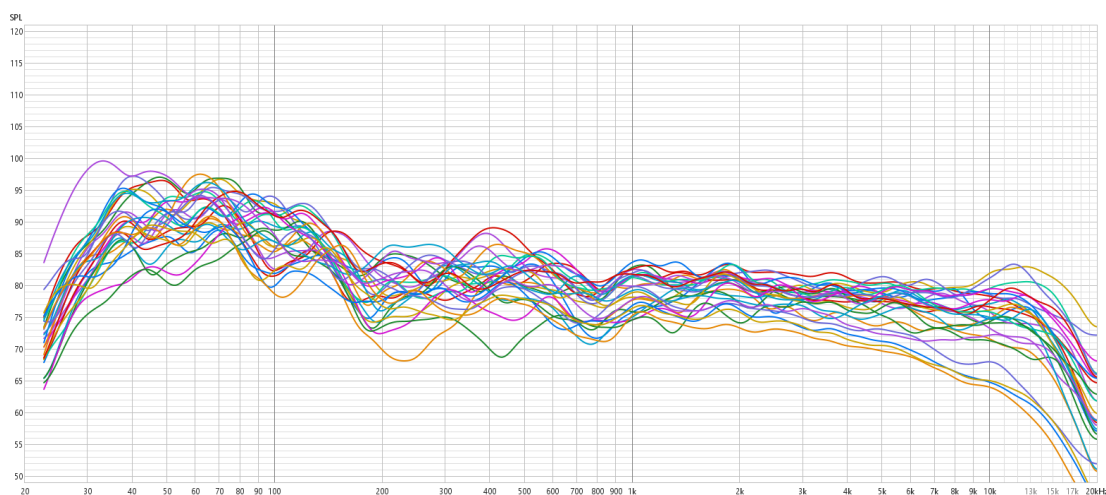
Συχνотική απόκριση



Σχήμα Γ. 4 Όλες οι μετρήσεις της συχνотικής απόκρισης για την παντοκατευθυντική πηγή

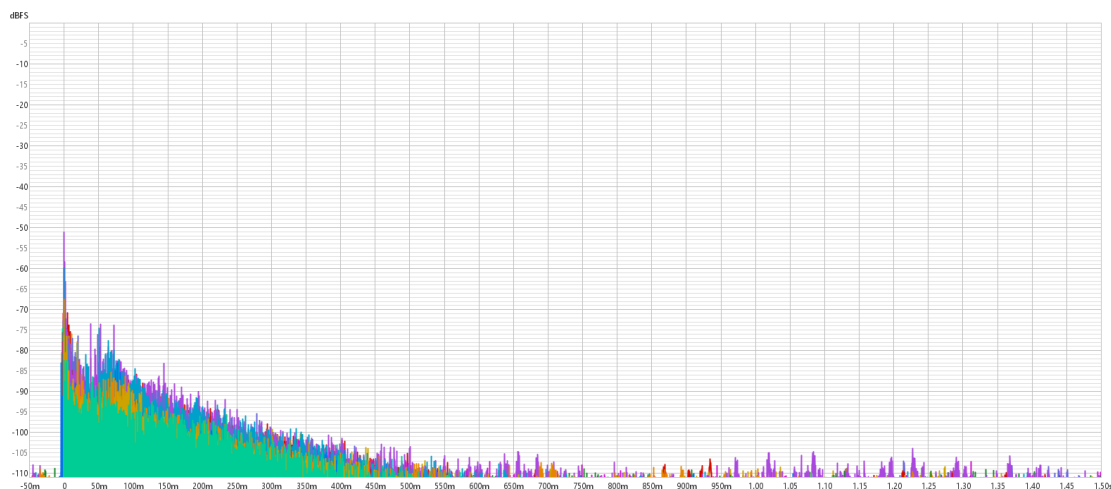


Σχήμα Γ. 5 Όλες οι μετρήσεις της συχνотικής απόκρισης για το επιδαπέδιο σύστημα

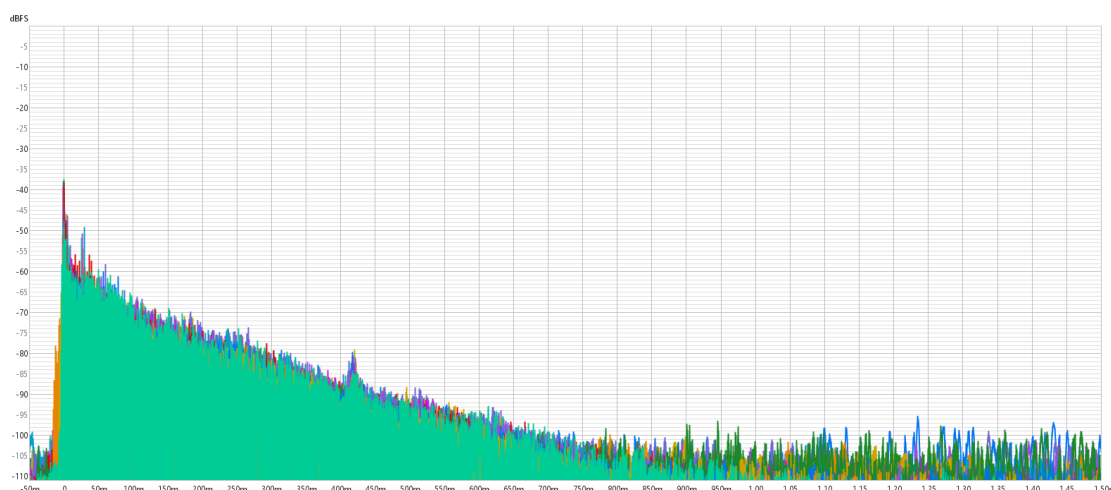


Σχήμα Γ. 6 Όλες οι μετρήσεις της συχνотικής απόκρισης για το αναρτώμενο σύστημα

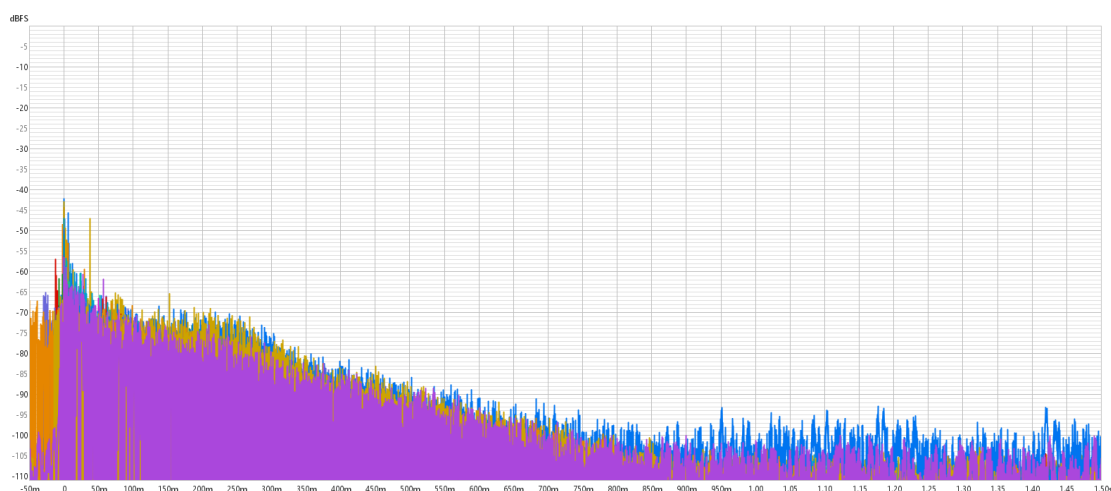
Κρουστική απόκριση



Σχήμα Γ. 7 Όλες οι μετρήσεις της κρουστικής απόκρισης για την παντοκατευθυντική πηγή

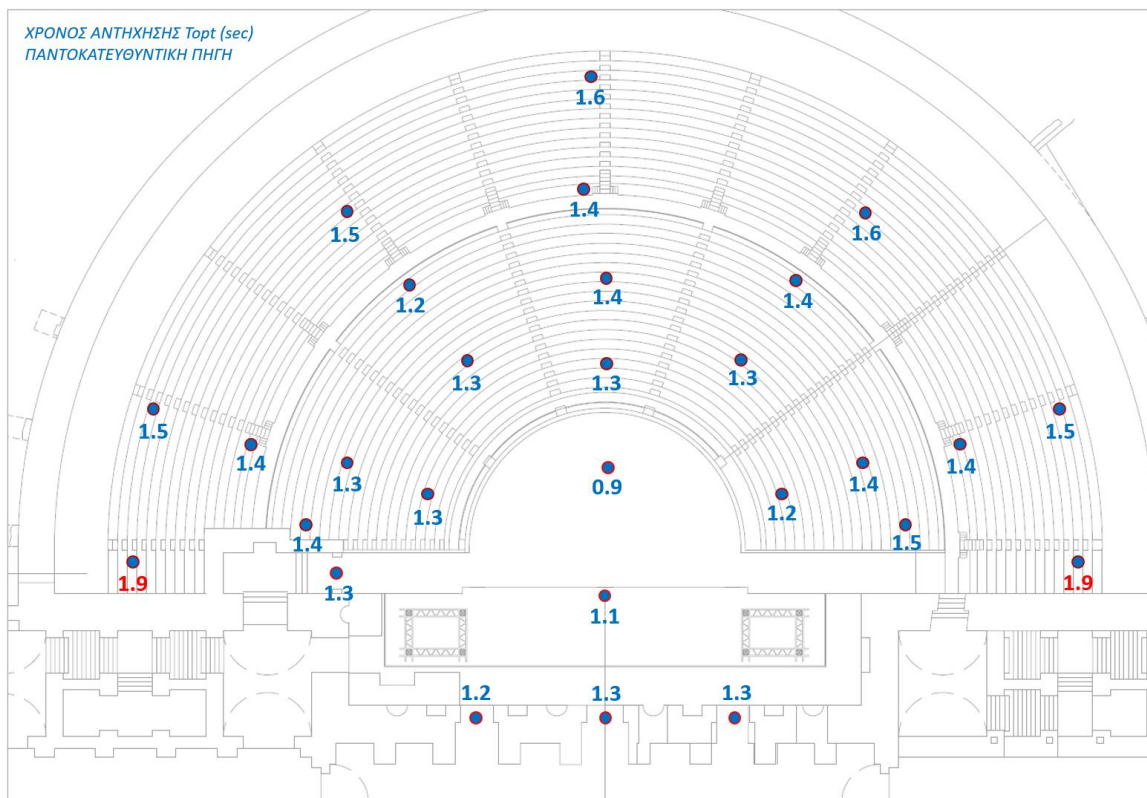


Σχήμα Γ. 8 Όλες οι μετρήσεις της κρουστικής απόκρισης για το επιδαπέδιο σύστημα

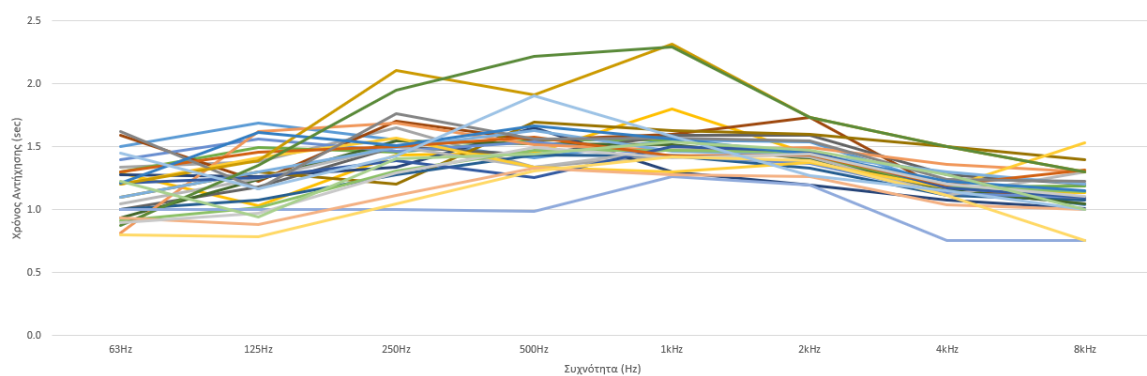


Σχήμα Γ. 9 Όλες οι μετρήσεις της κρουστικής απόκρισης για το αναρτώμενο σύστημα

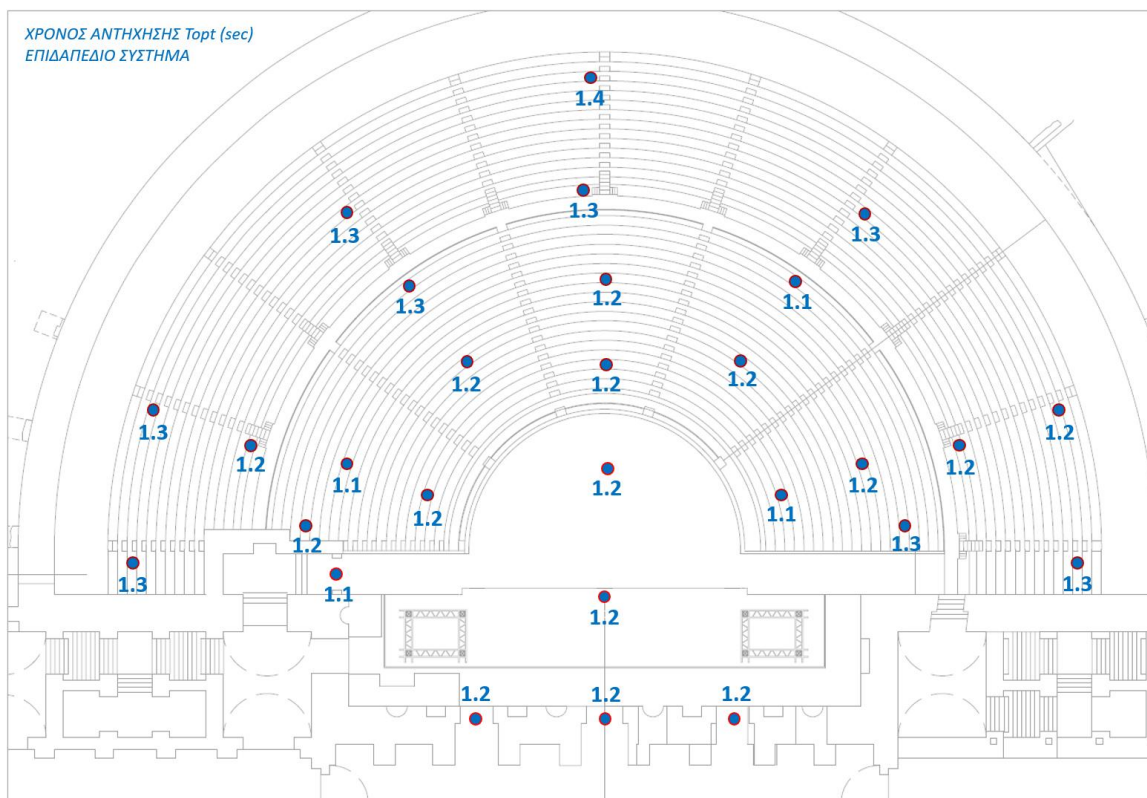
Χρόνος αντήχησης T_{opt}



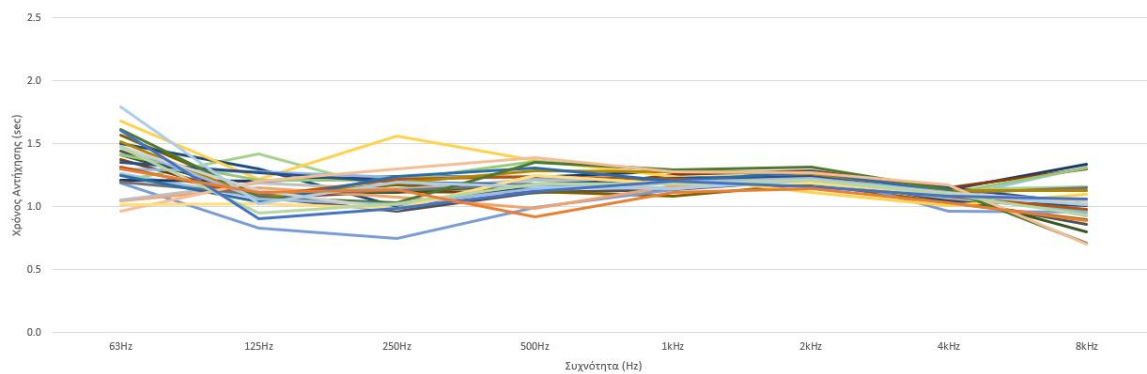
Σχήμα Γ. 10 Το T_{opt} (sec) ανά θέση μέτρησης για την παντοκατευθυντική πηγή



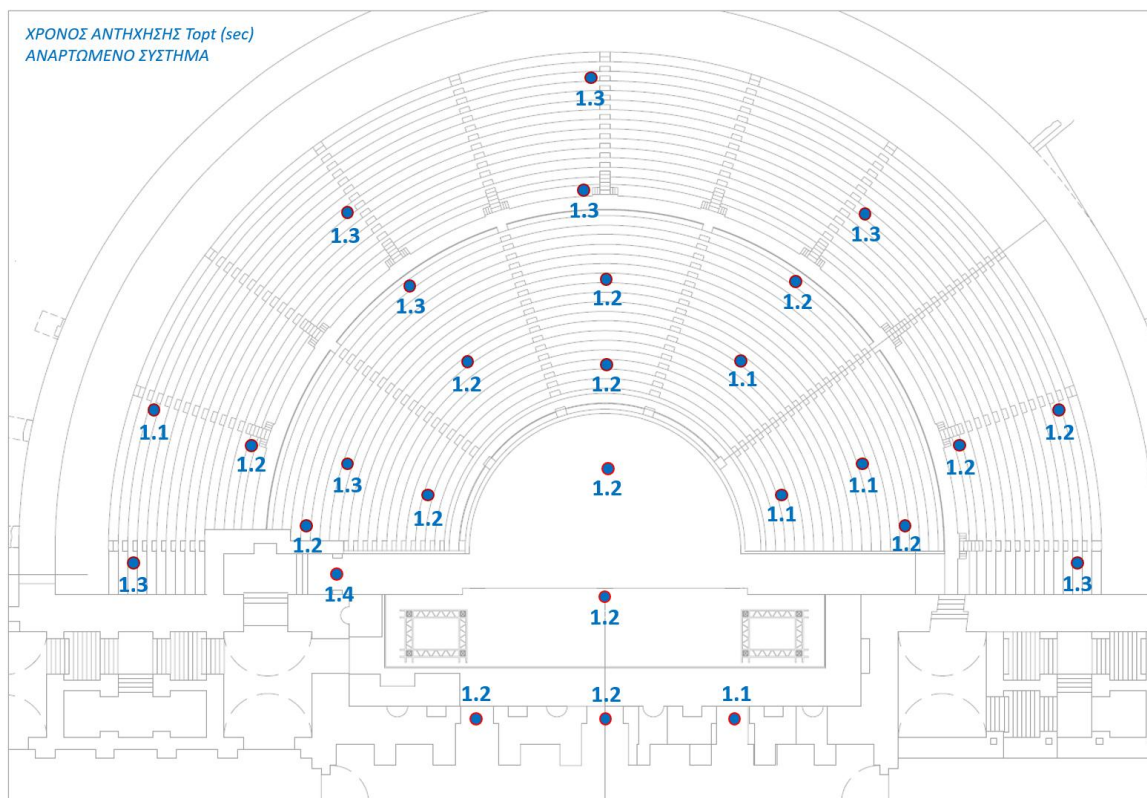
Σχήμα Γ. 11 Όλες οι μετρήσεις του T_{opt} (sec) για την παντοκατευθυντική πηγή



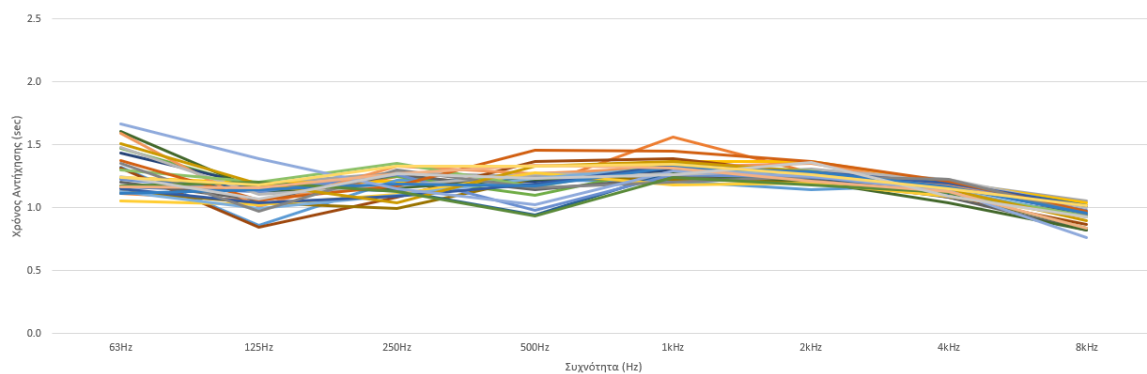
Σχήμα Γ. 12 Το T_{opt} (sec) ανά θέση μέτρησης για το επιδαπέδιο σύστημα



Σχήμα Γ. 13 Όλες οι μετρήσεις του T_{opt} (sec) για το επιδαπέδιο σύστημα

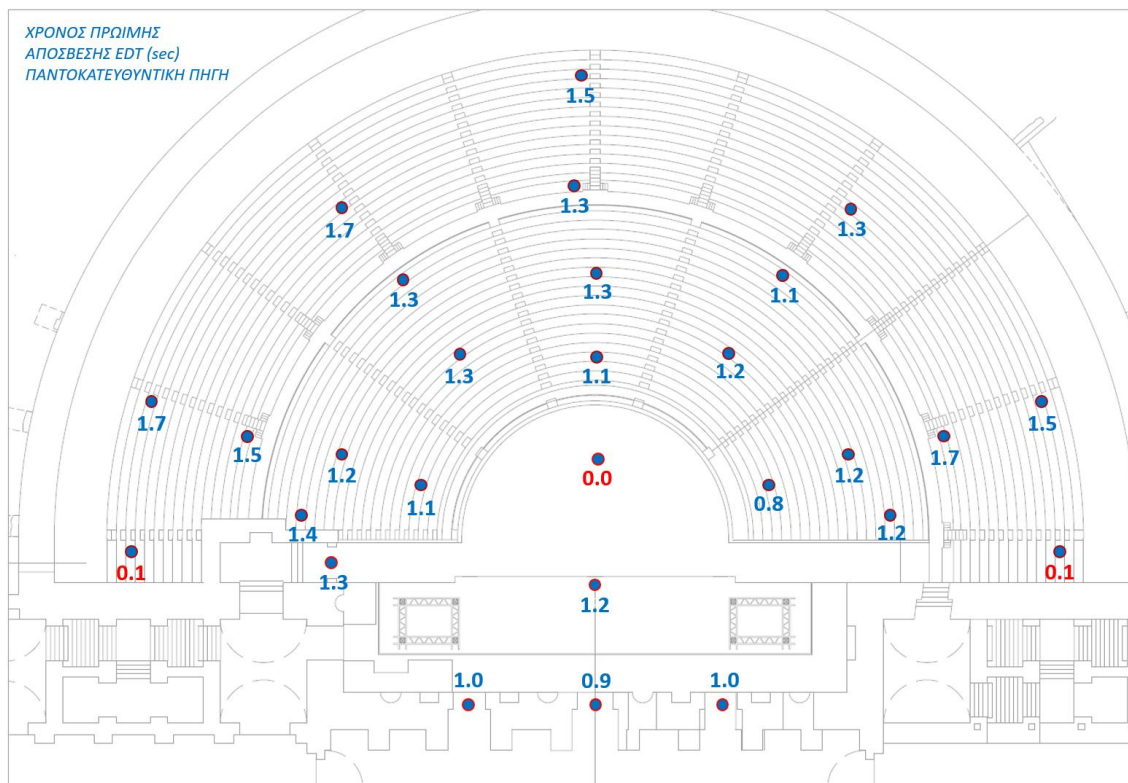


Σχήμα Γ. 14 Το T_{opt} (sec) ανά θέση μέτρησης για το αναρτώμενο σύστημα

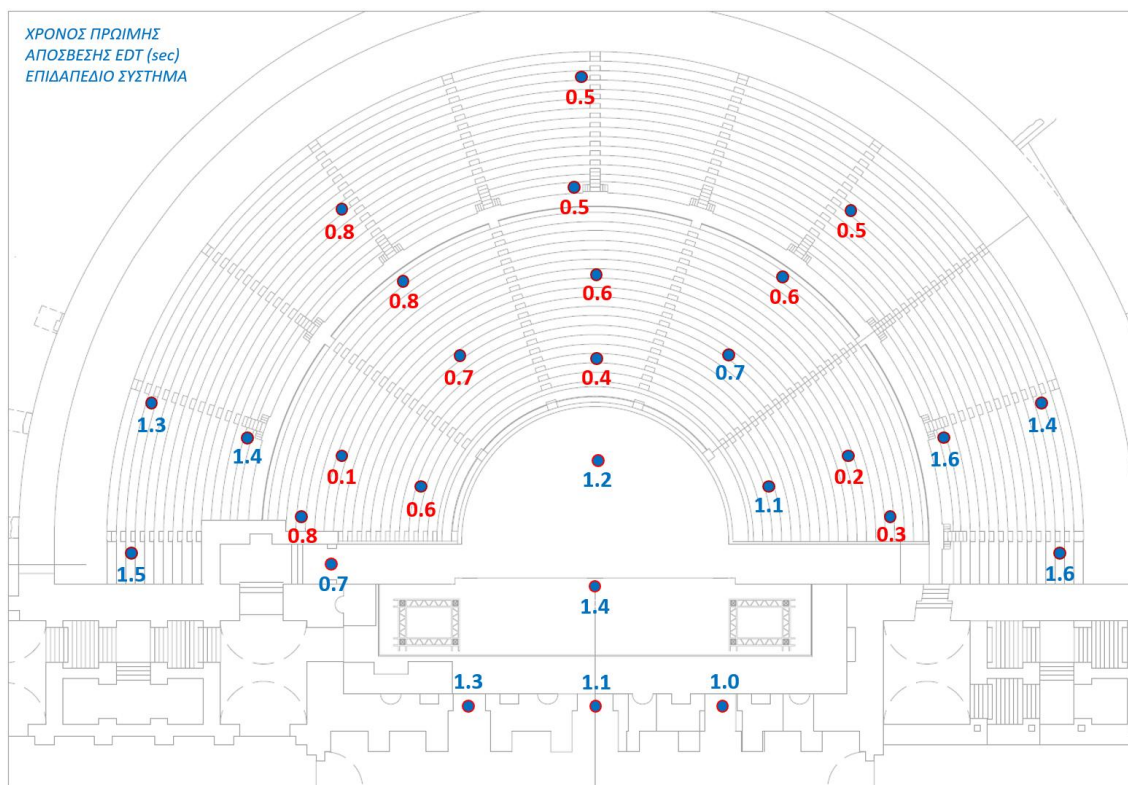


Σχήμα Γ. 15 Όλες οι μετρήσεις του T_{opt} (sec) για το αναρτώμενο σύστημα

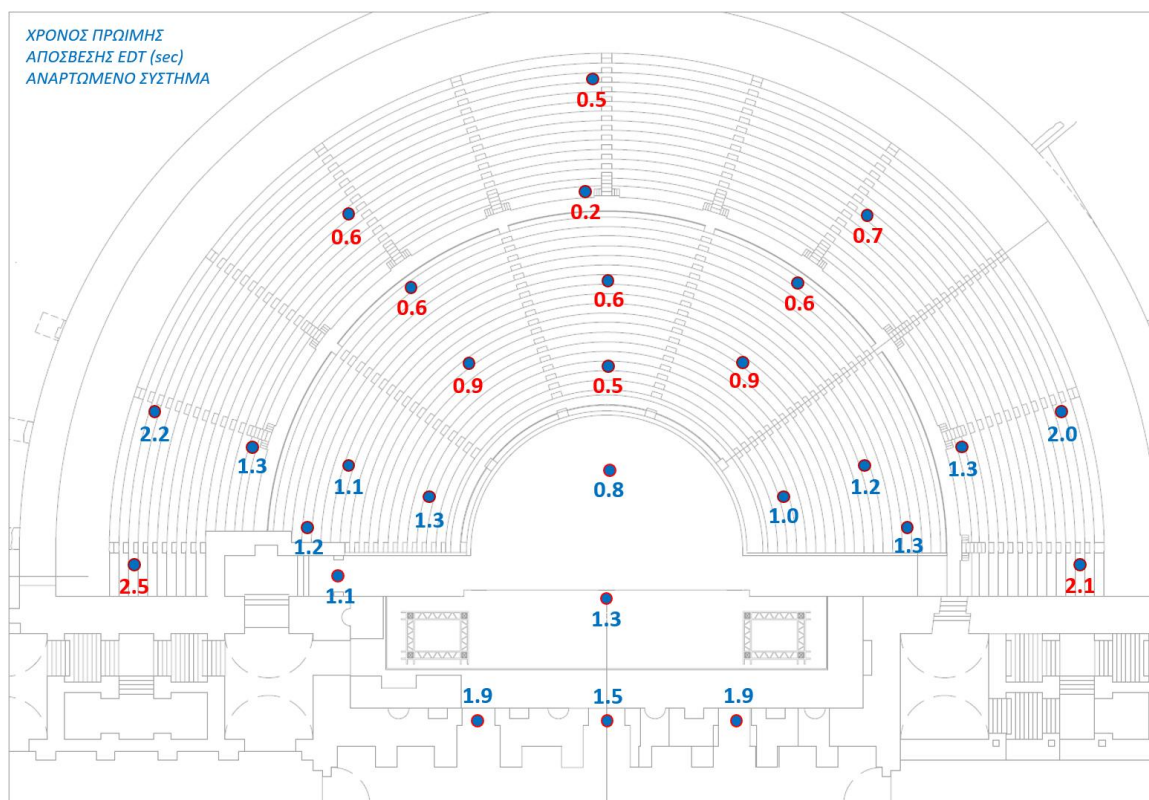
Χρόνος πρώιμης απόσβεσης EDT



Σχήμα Γ. 16 Το EDT (sec) ανά θέση μέτρησης για την παντοκατευθυντική πηγή



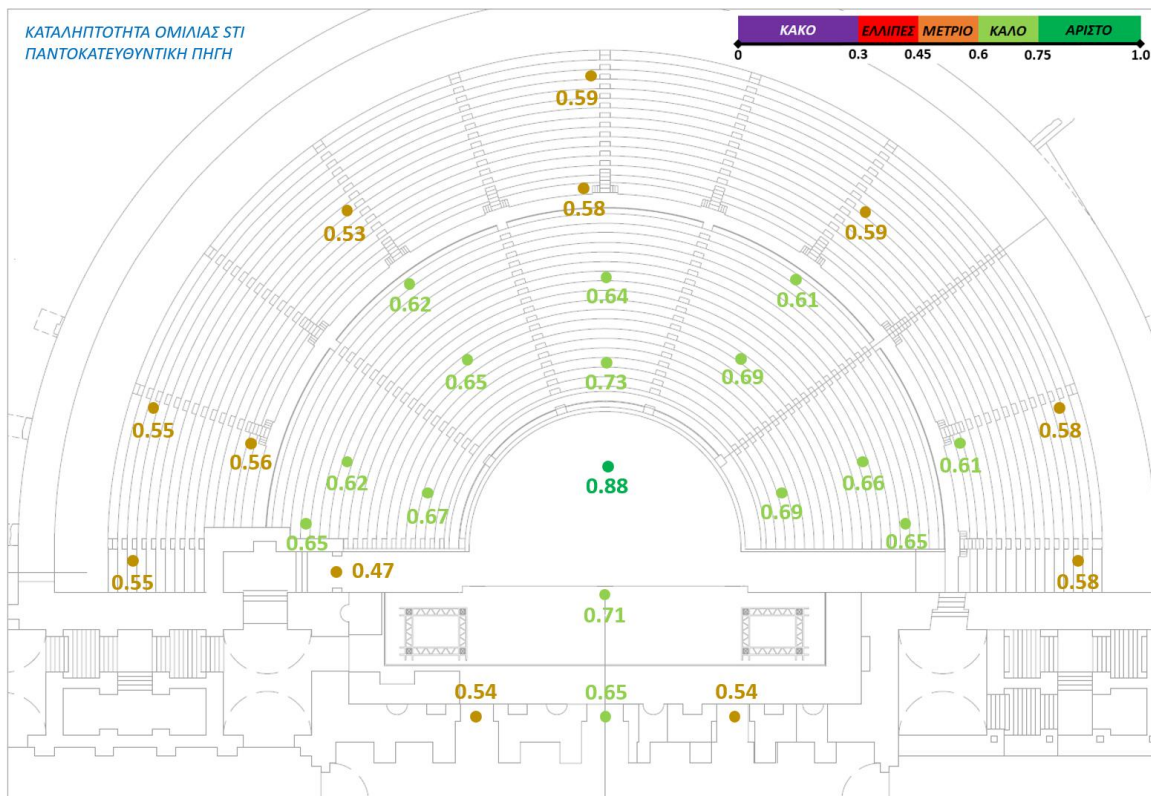
Σχήμα Γ. 17 Το EDT (sec) ανά θέση μέτρησης για το επιδαπέδιο σύστημα



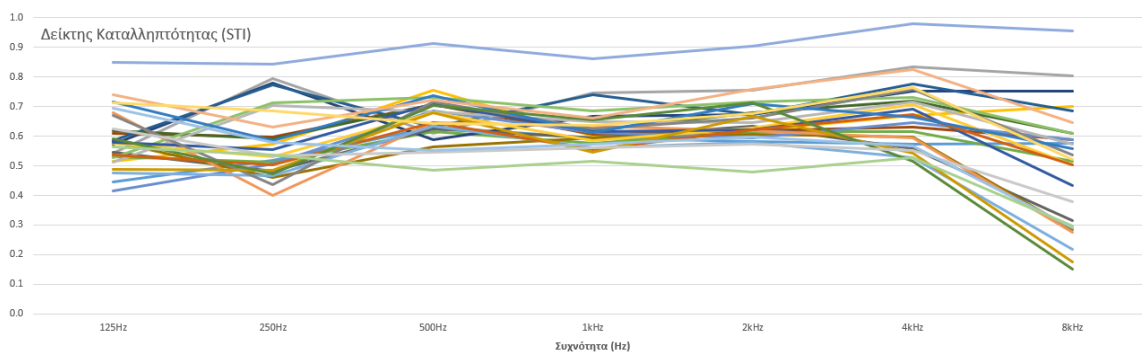
Σχήμα Γ. 18 Το EDT (sec) ανά θέση μέτρησης για το αναρτώμενο σύστημα

Σημείωση: Ο χρόνος πρώιμης απόσβεσης χαρακτηρίστηκε από το μετρητικό λογισμικό REW σαν μη αξιόπιστος. Ως εκ τούτου παρουσιάζεται εδώ συμπληρωματικά, αλλά δεν λαμβάνεται υπόψη για την διεξαγωγή συμπερασμάτων. Στους χάρτες, οι τιμές που παρουσιάζονται με κόκκινη γραφή δεν λαμβάνονται καθόλου υπόψη.

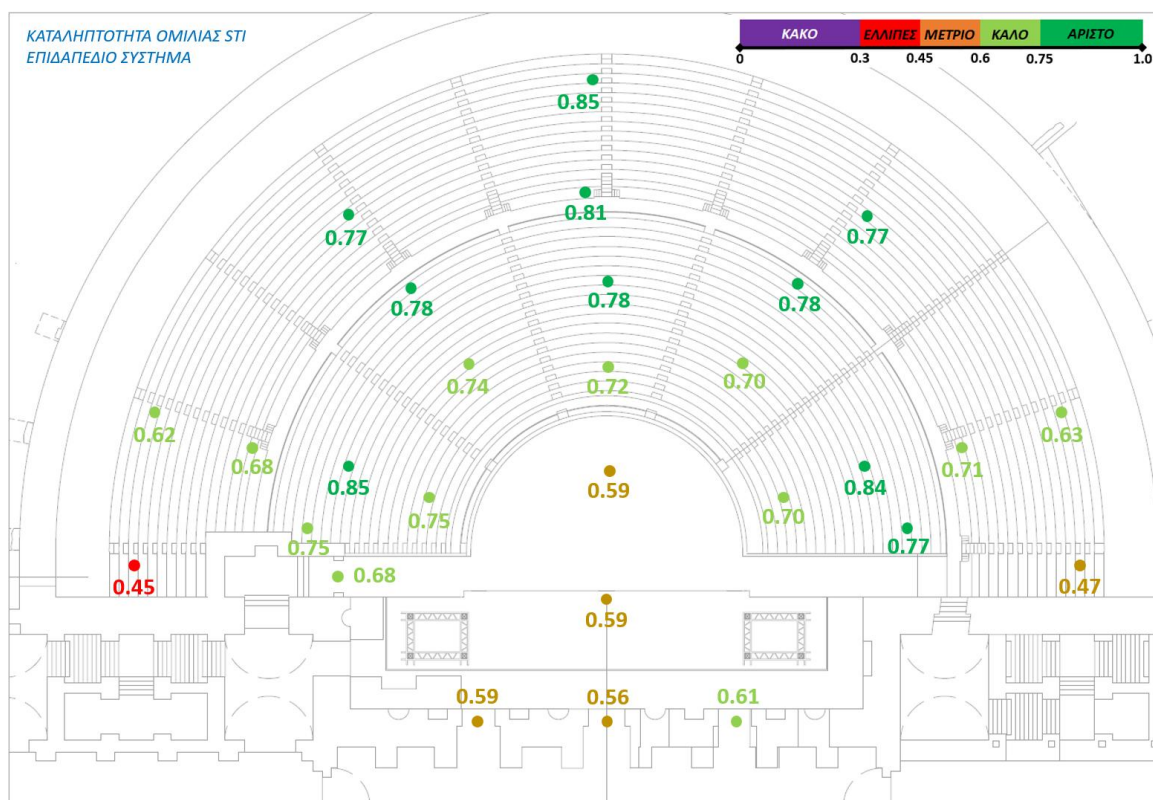
Καταληπτότητα της ομιλίας STI



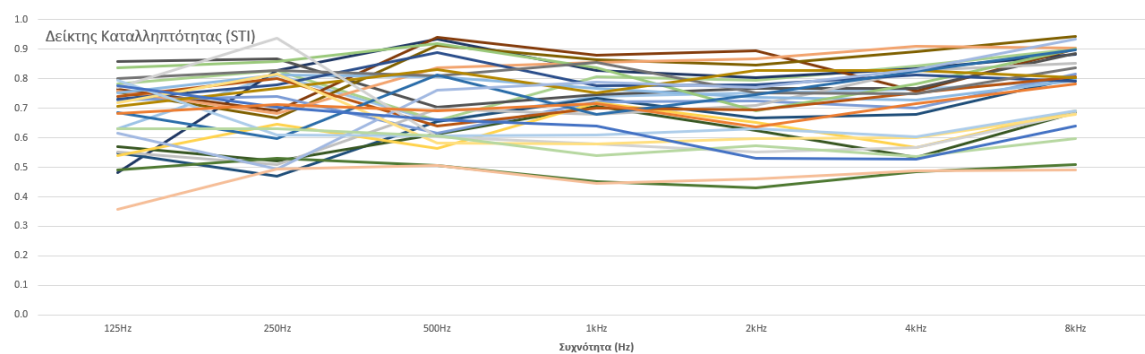
Σχήμα Γ. 19 Το STI ανά θέση μέτρησης για την παντοκατευθυντική πηγή



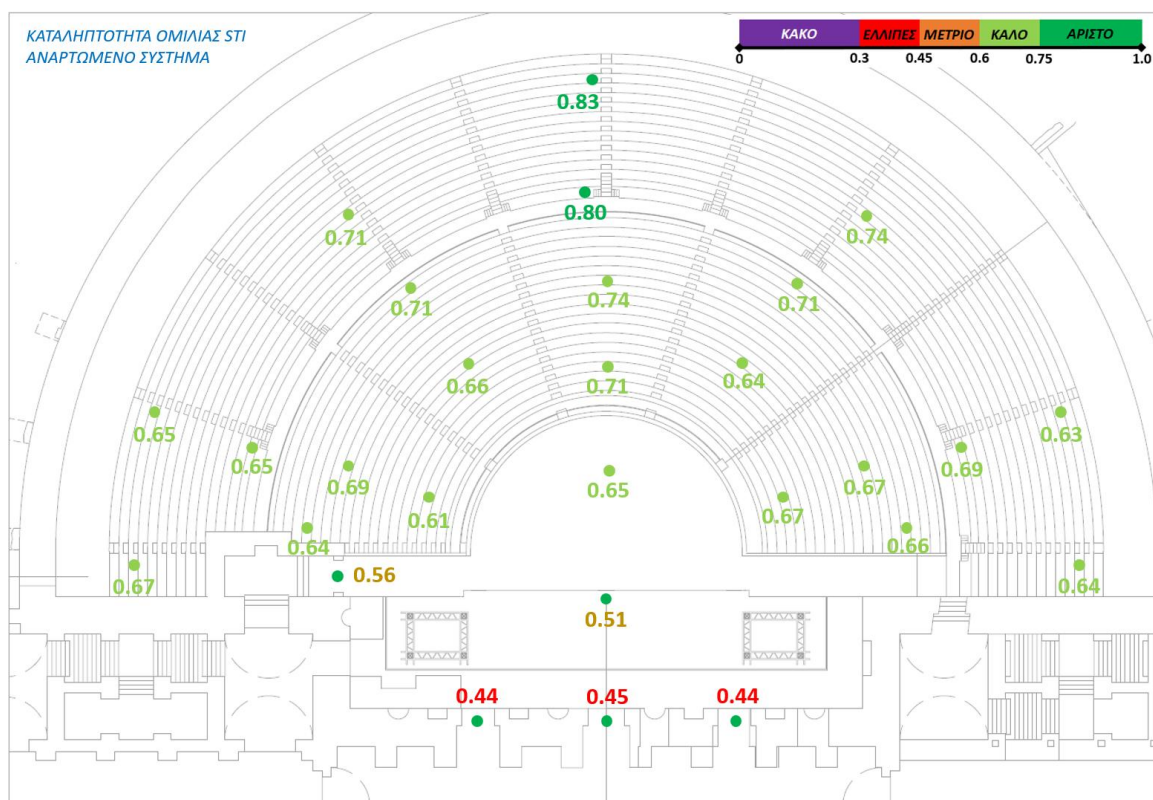
Σχήμα Γ. 20 Όλες οι μετρήσεις του STI για την παντοκατευθυντική πηγή



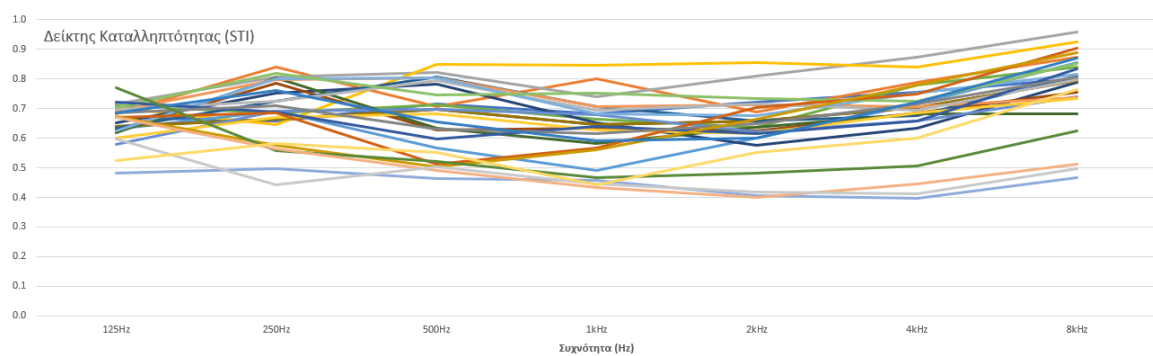
Σχήμα Γ. 21 Το STI ανά θέση μέτρησης για το επιδαπέδιο σύστημα



Σχήμα Γ. 22 Όλες οι μετρήσεις του STI για το επιδαπέδιο σύστημα

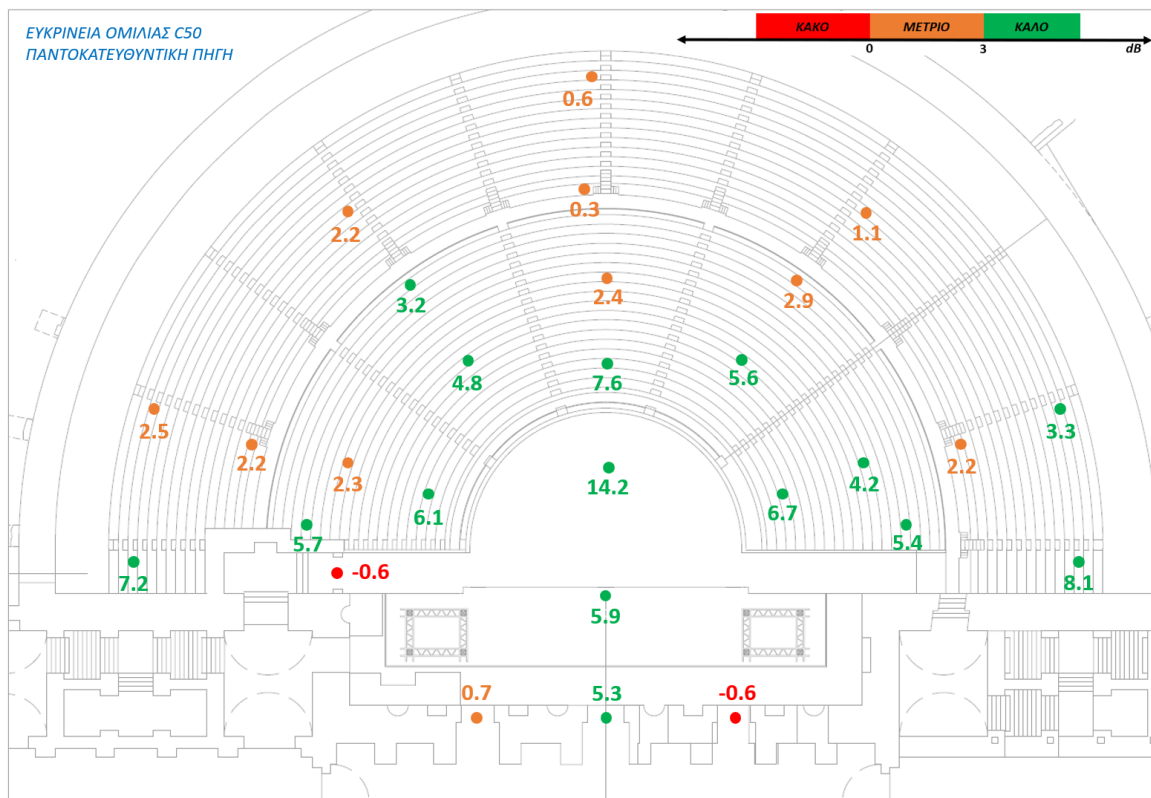


Σχήμα Γ. 23 Το STI ανά θέση μέτρησης για το αναρτώμενο σύστημα

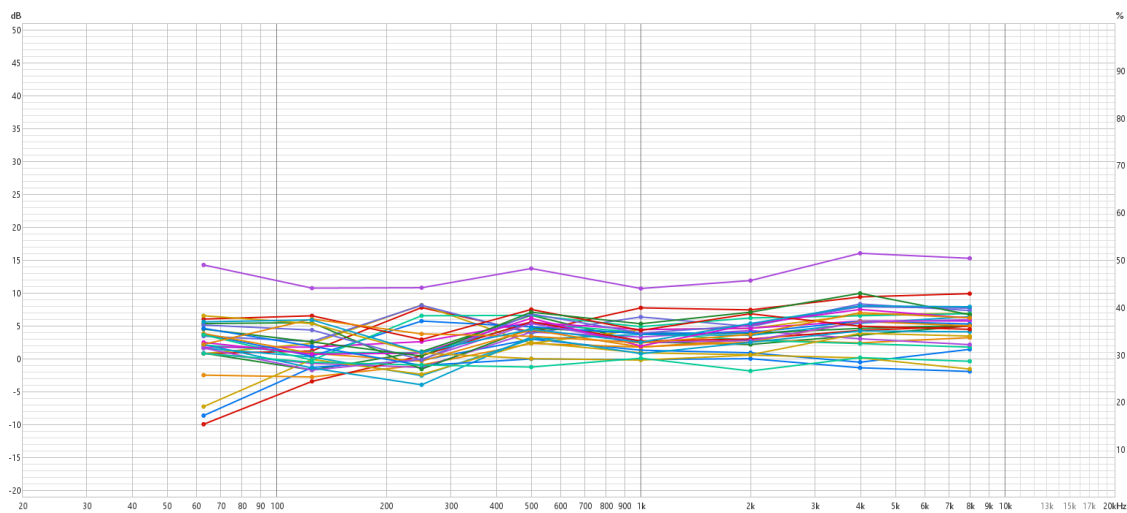


Σχήμα Γ. 24 Όλες οι μετρήσεις του STI για το αναρτώμενο σύστημα

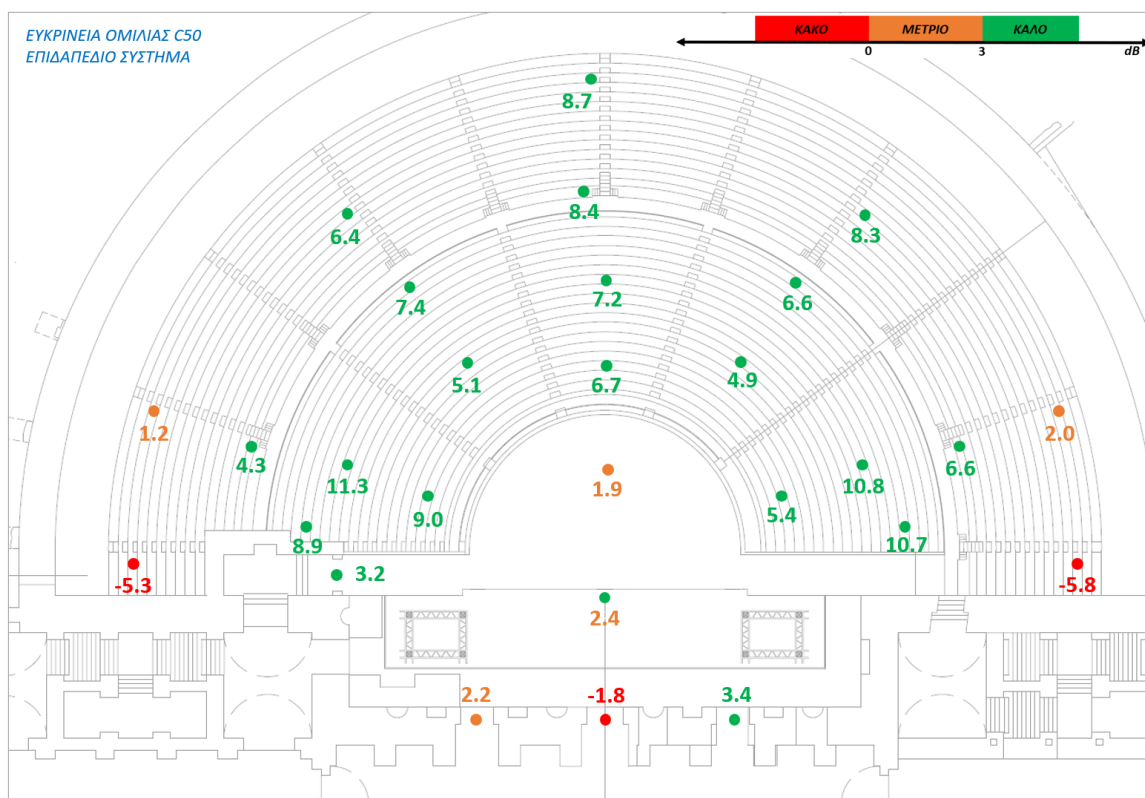
Δείκτης ευκρίνειας της ομιλίας C50



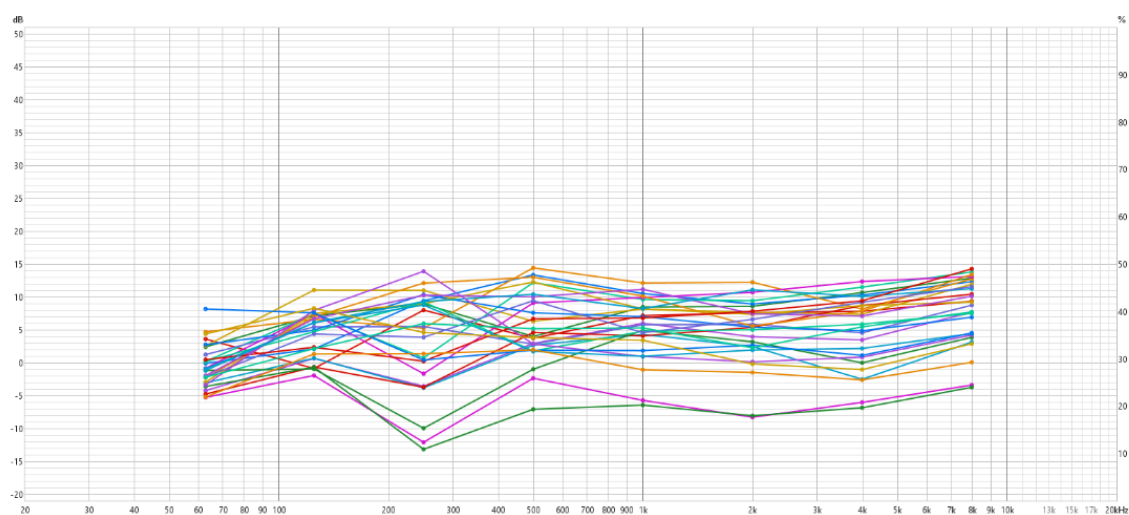
Σχήμα Γ. 25 Το C50 ανά θέση μέτρησης για την παντοκατευθυντική πηγή



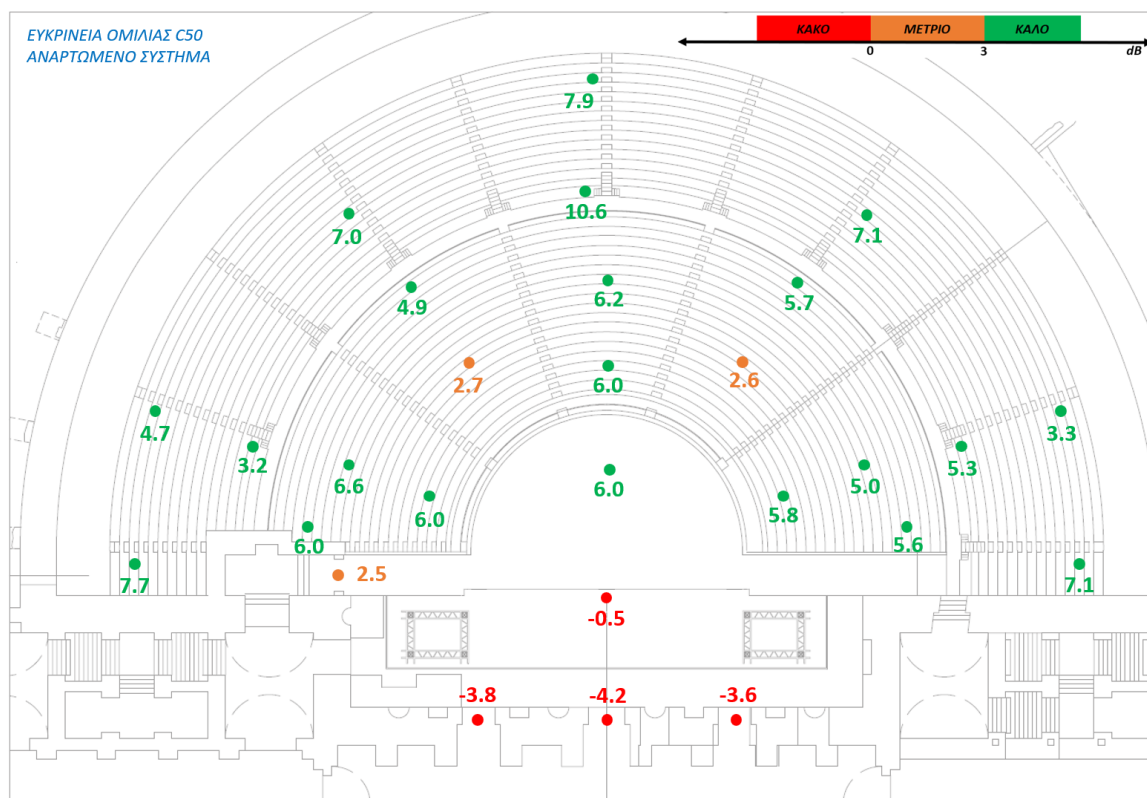
Σχήμα Γ. 26 Όλες οι μετρήσεις του C50 για την παντοκατευθυντική πηγή



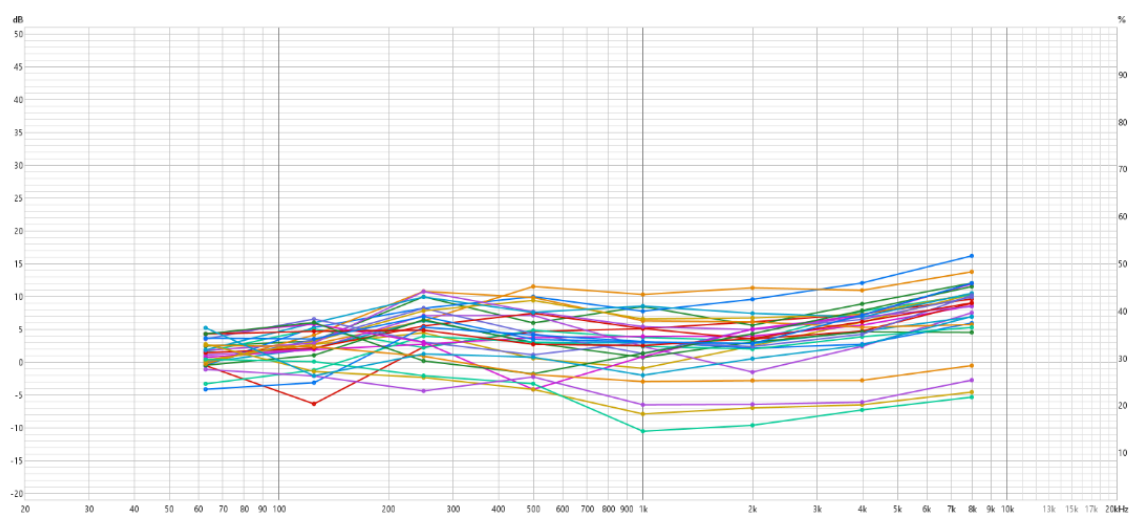
Σχήμα Γ. 27 Το C50 ανά θέση μέτρησης για το επιδαπέδιο σύστημα



Σχήμα Γ. 28 Όλες οι μετρήσεις του C50 για το επιδαπέδιο σύστημα

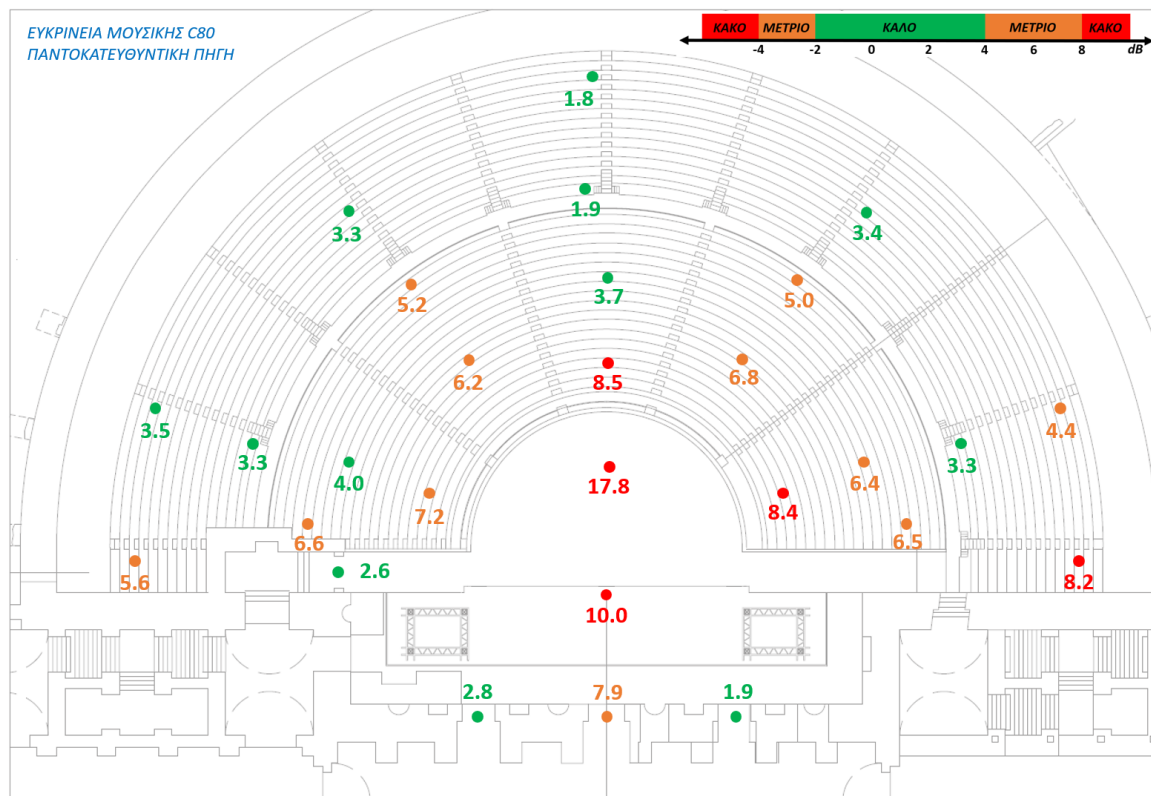


Σχήμα Γ. 29 Το C50 ανά θέση μέτρησης για το αναρτώμενο σύστημα

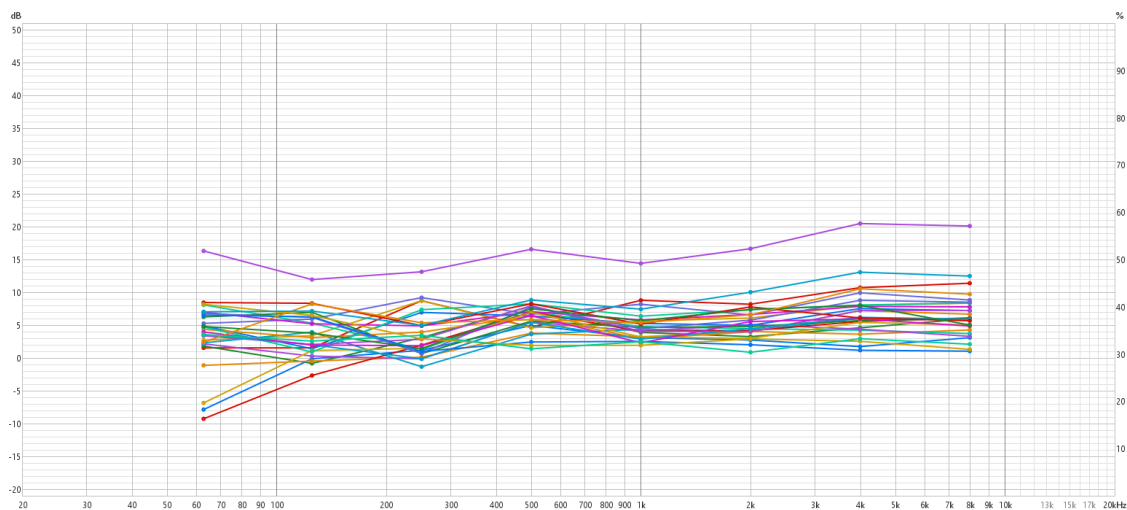


Σχήμα Γ. 30 Όλες οι μετρήσεις του C50 για το αναρτώμενο σύστημα

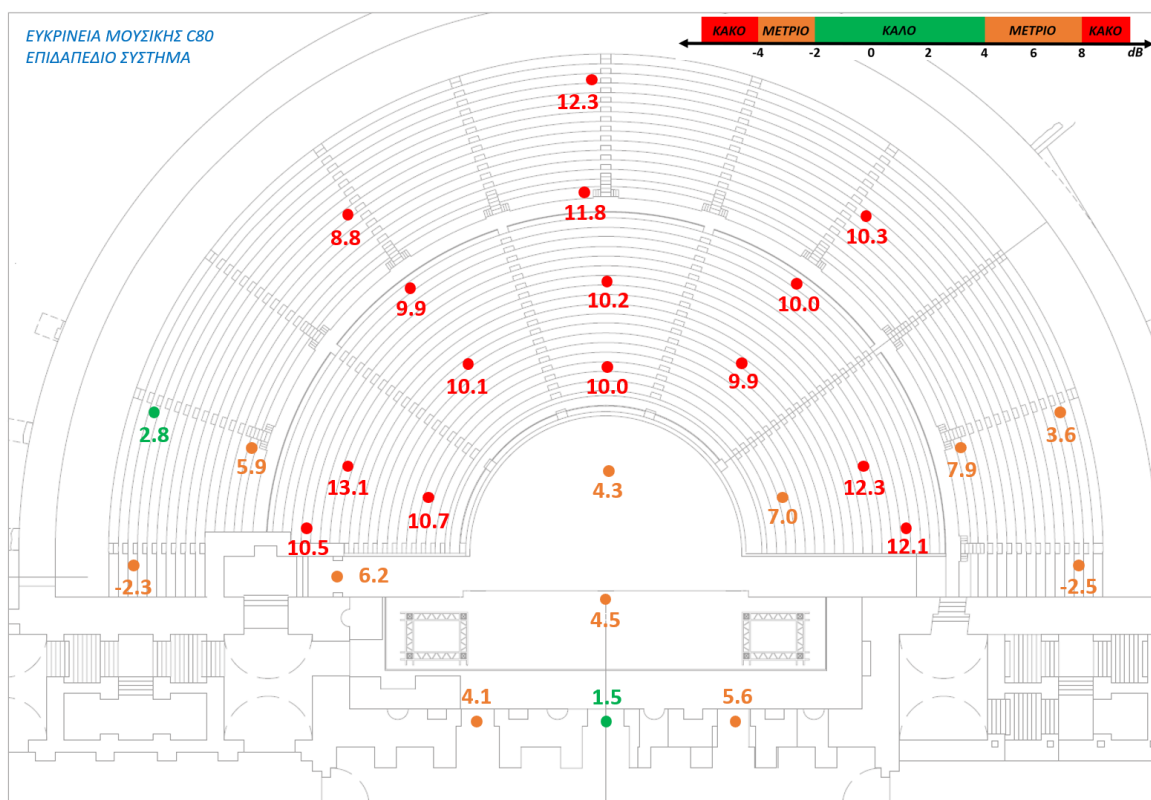
Δείκτης ευκρίνειας της μουσικής C80



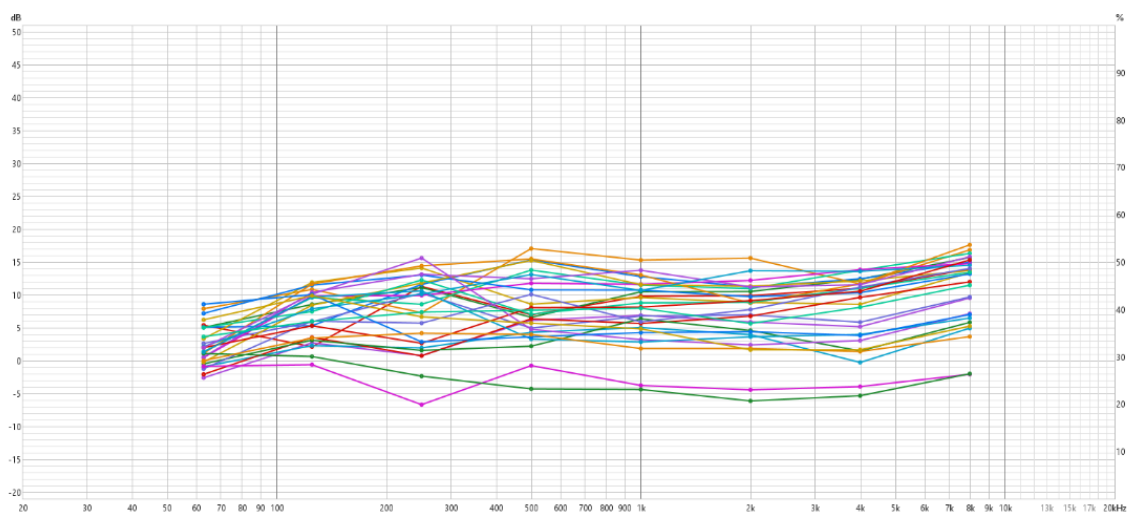
Σχήμα Γ. 31 Το C80 ανά θέση μέτρησης για την παντοκατευθυντική πηγή



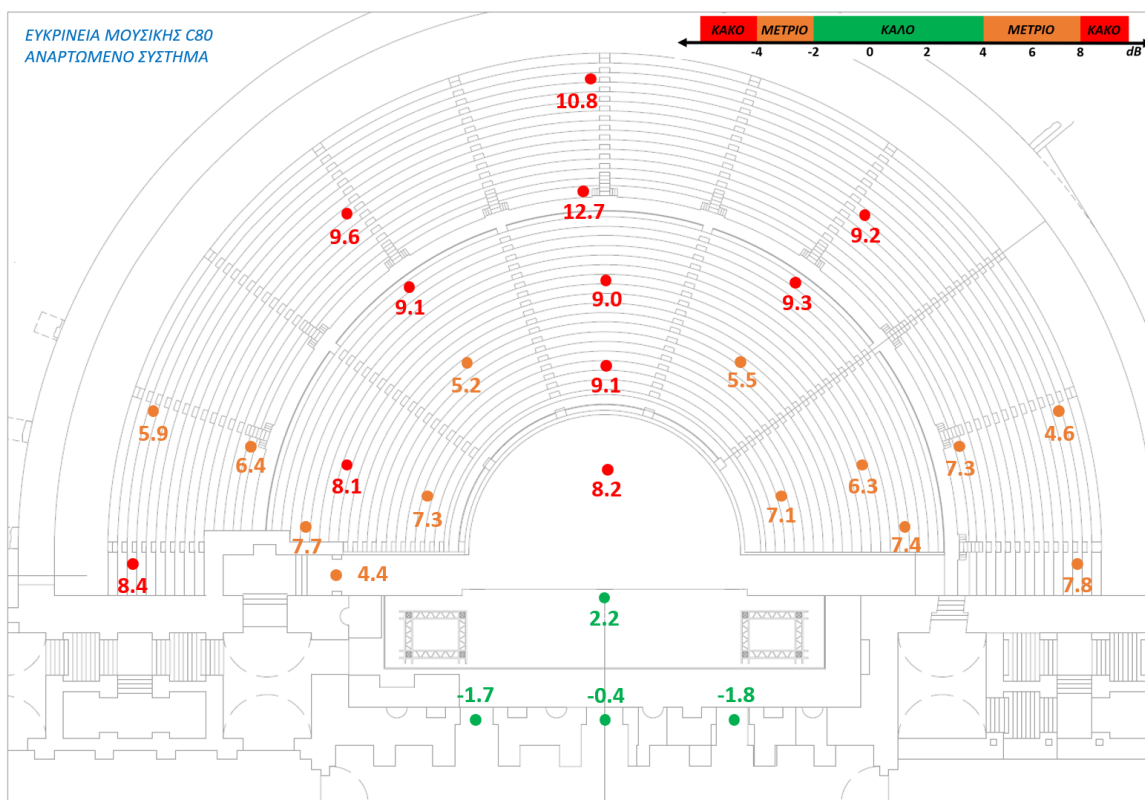
Σχήμα Γ. 32 Όλες οι μετρήσεις του C80 για την παντοκατευθυντική πηγή



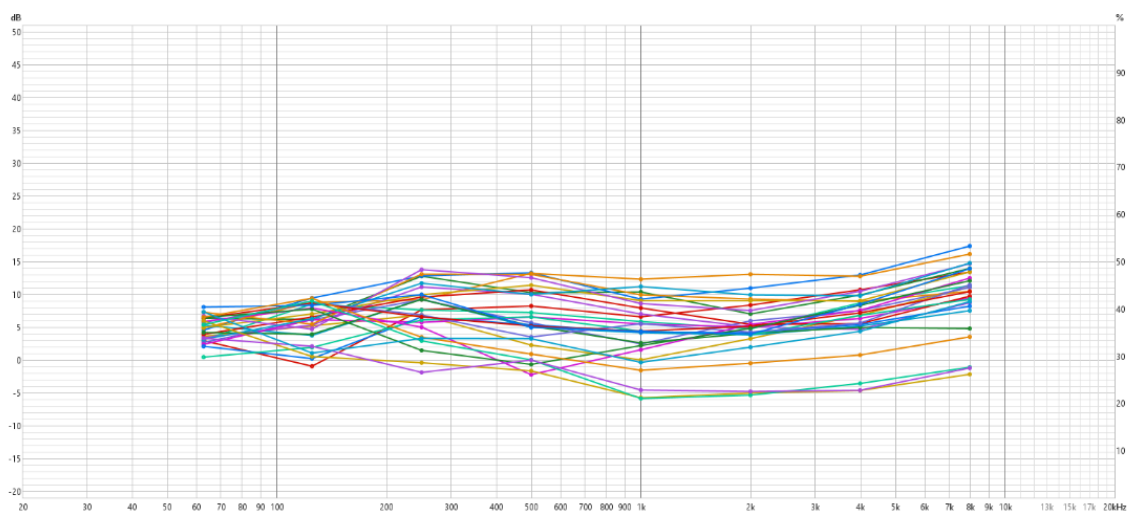
Σχήμα Γ. 33 Το C80 ανά θέση μέτρησης για το επιδαπέδιο σύστημα



Σχήμα Γ. 34 Όλες οι μετρήσεις του C80 για το επιδαπέδιο σύστημα



Σχήμα Γ. 35 Το C80 ανά θέση μέτρησης για το αναρτώμενο σύστημα



Σχήμα Γ. 36 Όλες οι μετρήσεις του C80 για το αναρτώμενο σύστημα

Παράρτημα D: Αναλυτικά αποτελέσματα υπολογισμών

Πίνακες υπολογισμών

Πίνακας Δ. 1 Τιμές υπολογισμών από το σενάριο προσομοίωσης της παντοκατευθυντικής πηγής Norsonic NOR276 για χρήση στην βαθμονόμηση και επικύρωση του μοντέλου (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

ΠΑΝΤΟΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΗ ΠΗΓΗ ΜΕ ΦΙΛΤΡΟ ΙΣΟΣΤΑΘΜΙΣΗΣ									
Θέση	Δείκτης	Πλήρες Φάσμα	Συχνότητα (Hz)						
			125	250	500	1000	2000	4000	8000
C-3	Direct SPL (Z)	80.8	71.4	78.7	72.1	67.2	67.9	66.0	59.3
C-3	Direct SPL (A)	75.7	56.8	70.3	68.4	67.1	69.0	67.0	58.5
C-3	Total SPL (Z)	88.0	78.5	85.9	79.3	74.2	74.6	72.4	65.1
C-3	Total SPL (A)	82.7	64.0	77.6	75.6	74.1	75.8	73.5	64.3
C-3	EDT	1.3	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.2	0.9
C-3	T10	1.5	1.7	1.7	1.7	1.6	1.4	1.2	0.9
C-3	T20	1.7	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.3	0.9
C-3	T30	1.8	2.1	2.0	1.9	1.9	1.7	1.4	1.0
C-3	Arrival Time	32							
C-3	Definition	69	65	65	66	67	69	72	82
C-3	C50	3.4	2.8	2.7	2.9	3.1	3.5	4.1	6.5
C-3	C80	4.9	4.2	4.1	4.3	4.6	4.9	5.6	8.4
C-3	Sound Strength	5.6	6.0	6.1	6.0	5.8	5.5	5.2	4.4
C-3	STI (M)	0.66							
C-3	Articulation Loss (M)	4.7							
C-12	Direct SPL (Z)	76.9	67.5	74.9	68.2	63.3	64.0	62.0	55.0
C-12	Direct SPL (A)	71.8	53.0	66.5	64.5	63.2	65.2	63.1	54.2
C-12	Total SPL (Z)	84.0	74.6	82.0	75.3	70.2	70.6	68.3	60.5
C-12	Total SPL (A)	78.7	60.1	73.6	71.6	70.2	71.8	69.4	59.7
C-12	EDT	1.8	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.1
C-12	T10	1.8	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.5	1.1
C-12	T20	1.9	2.2	2.1	2.1	1.9	1.8	1.5	1.1
C-12	T30	2.1	2.3	2.3	2.2	2.1	1.9	1.6	1.1
C-12	Arrival Time	50							
C-12	Definition	63	58	59	60	61	63	68	79
C-12	C50	2.3	1.5	1.6	1.8	1.9	2.4	3.2	5.9
C-12	C80	3.4	2.6	2.6	2.9	3.0	3.5	4.5	7.4
C-12	Sound Strength	1.6	2.1	2.1	2.1	1.8	1.5	1.1	-0.3
C-12	STI (M)	0.61							
C-12	Articulation Loss (M)	6.2							
6-1	Direct SPL (Z)	73.9	64.5	71.8	65.2	60.3	60.9	58.8	51.4

6-1	Direct SPL (A)	68.7	49.9	63.5	61.5	60.2	62.1	59.9	50.6
6-1	Total SPL (Z)	81.5	72.2	79.6	72.8	67.7	68.0	65.7	57.3
6-1	Total SPL (A)	76.2	57.6	71.2	69.1	67.7	69.2	66.7	56.6
6-1	EDT	1.8	2.1	2.1	2.0	1.9	1.7	1.5	1.0
6-1	T10	2.0	2.3	2.2	2.1	2.0	1.8	1.6	1.0
6-1	T20	2.1	2.3	2.3	2.2	2.0	1.8	1.6	1.1
6-1	T30	2.2	2.4	2.4	2.3	2.1	1.9	1.6	1.2
6-1	Arrival Time	71							
6-1	Definition	59	56	55	57	57	59	63	76
6-1	C50	1.6	1.0	0.9	1.2	1.3	1.5	2.3	4.9
6-1	C80	2.4	1.6	1.6	1.9	2.1	2.4	3.3	6.1
6-1	Sound Strength	-1.0	-0.4	-0.3	-0.5	-0.7	-1.1	-1.6	-3.5
6-1	STI (M)	0.58							
6-1	Articulation Loss (M)	7.4							
6-12	Direct SPL (Z)	71.1	61.8	69.1	62.4	57.4	58.0	55.8	47.9
6-12	Direct SPL (A)	65.9	47.2	60.7	58.7	57.4	59.2	56.9	47.2
6-12	Total SPL (Z)	79.1	69.8	77.1	70.4	65.2	65.5	63.0	54.0
6-12	Total SPL (A)	73.7	55.2	68.8	66.7	65.2	66.7	64.1	53.3
6-12	EDT	1.7	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.5	1.2
6-12	T10	1.9	2.2	2.1	2.1	2.0	1.8	1.5	1.0
6-12	T20	2.1	2.5	2.3	2.3	2.1	1.9	1.6	1.1
6-12	T30	2.2	2.8	2.7	2.3	2.1	1.9	1.7	1.1
6-12	Arrival Time	98							
6-12	Definition	56	52	52	54	54	57	60	73
6-12	C50	1.0	0.3	0.3	0.7	0.8	1.2	1.7	4.4
6-12	C80	2.0	1.2	1.2	1.6	1.8	2.4	3.0	5.9
6-12	Sound Strength	-3.6	-2.7	-2.8	-2.9	-3.2	-3.6	-4.3	-6.9
6-12	STI (M)	0.57							
6-12	Articulation Loss (M)	8.0							
A-3	Direct SPL (Z)	80.1	70.7	78.0	71.4	66.5	67.2	65.3	58.6
A-3	Direct SPL (A)	75.0	56.1	69.7	67.7	66.4	68.4	66.3	57.8
A-3	Total SPL (Z)	87.9	78.5	85.9	79.3	74.1	74.5	72.3	64.9
A-3	Total SPL (A)	82.6	64.0	77.5	75.6	74.1	75.6	73.3	64.1
A-3	EDT	1.4	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.2	0.8
A-3	T10	1.5	1.7	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	0.9
A-3	T20	1.7	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.4	0.9
A-3	T30	1.9	2.1	2.0	2.0	1.8	1.7	1.5	1.0
A-3	Arrival Time	35							
A-3	Definition	71	68	68	69	69	71	74	84
A-3	C50	3.9	3.2	3.3	3.4	3.6	3.9	4.6	7.2
A-3	C80	5.0	4.3	4.4	4.5	4.7	4.9	5.8	8.6
A-3	Sound Strength	5.5	6.0	6.0	6.0	5.7	5.4	5.0	4.1
A-3	STI (M)	0.65							

A-3	Articulation Loss (M)	5.1							
A-12	Direct SPL (Z)	76.5	67.1	74.4	67.8	62.9	63.5	61.6	54.5
A-12	Direct SPL (A)	71.4	52.5	66.1	64.1	62.8	64.7	62.6	53.7
A-12	Total SPL (Z)	84.1	74.7	82.1	75.3	70.3	70.7	68.4	60.3
A-12	Total SPL (A)	78.7	60.1	73.7	71.6	70.2	71.9	69.4	59.6
A-12	EDT	1.8	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.5	1.1
A-12	T10	1.8	2.0	2.0	2.0	1.8	1.6	1.4	1.0
A-12	T20	1.9	2.2	2.1	2.0	1.9	1.7	1.5	1.0
A-12	T30	2.0	2.3	2.3	2.1	2.0	1.8	1.6	1.1
A-12	Arrival Time	53							
A-12	Definition	55	51	51	52	53	56	60	73
A-12	C50	0.9	0.2	0.1	0.4	0.6	1.0	1.8	4.3
A-12	C80	2.6	1.8	1.7	2.1	2.2	2.7	3.6	6.5
A-12	Sound Strength	1.6	2.1	2.2	2.1	1.9	1.6	1.1	-0.5
A-12	STI (M)	0.58							
A-12	Articulation Loss (M)	7.5							
2-1	Direct SPL (Z)	73.3	63.9	71.2	64.5	59.6	60.2	58.1	50.6
2-1	Direct SPL (A)	68.1	49.3	62.8	60.8	59.5	61.4	59.2	49.8
2-1	Total SPL (Z)	81.3	72.0	79.3	72.6	67.5	67.9	65.4	56.7
2-1	Total SPL (A)	75.9	57.5	70.9	68.9	67.5	69.0	66.4	56.0
2-1	EDT	1.9	2.2	2.1	2.1	1.9	1.7	1.5	1.1
2-1	T10	2.1	2.3	2.3	2.2	2.0	1.8	1.6	1.1
2-1	T20	2.1	2.4	2.2	2.2	2.0	1.8	1.6	1.1
2-1	T30	2.2	2.9	2.5	2.2	2.0	1.9	1.7	1.1
2-1	Arrival Time	77							
2-1	Definition	53	49	49	50	51	54	58	72
2-1	C50	0.5	-0.2	-0.2	0.0	0.2	0.6	1.4	4.1
2-1	C80	1.6	0.6	0.7	0.9	1.3	1.8	2.6	5.6
2-1	Sound Strength	-1.3	-0.5	-0.6	-0.7	-0.9	-1.3	-1.9	-4.2
2-1	STI (M)	0.54							
2-1	Articulation Loss (M)	9.1							
2-12	Direct SPL (Z)	70.9	61.5	68.9	62.2	57.2	57.8	55.6	47.6
2-12	Direct SPL (A)	65.7	47.0	60.5	58.5	57.1	59.0	56.6	46.9
2-12	Total SPL (Z)	79.0	69.7	77.0	70.3	65.1	65.4	62.7	53.6
2-12	Total SPL (A)	73.5	55.1	68.7	66.6	65.0	66.6	63.8	53.0
2-12	EDT	2.1	2.3	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.2
2-12	T10	2.1	2.3	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.2
2-12	T20	2.2	2.4	2.3	2.3	2.1	2.0	1.6	1.2
2-12	T30	2.2	2.4	2.6	2.3	2.2	1.9	1.7	1.2
2-12	Arrival Time	101							
2-12	Definition	52	47	47	48	50	53	58	72
2-12	C50	0.3	-0.5	-0.5	-0.4	0.1	0.5	1.4	4.1
2-12	C80	1.2	0.2	0.3	0.4	0.9	1.5	2.5	5.3

2-12	Sound Strength	-3.7	-2.9	-2.9	-3.0	-3.3	-3.7	-4.6	-7.3
2-12	STI (M)	0.54							
2-12	Articulation Loss (M)	9.0							
E-3	Direct SPL (Z)	80.0	70.6	77.9	71.3	66.4	67.1	65.2	58.5
E-3	Direct SPL (A)	74.9	56.0	69.6	67.6	66.3	68.3	66.2	57.7
E-3	Total SPL (Z)	87.8	78.4	85.8	79.2	74.0	74.4	72.2	64.8
E-3	Total SPL (A)	82.5	63.9	77.4	75.5	74.0	75.5	73.2	64.0
E-3	EDT	1.4	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.2	0.8
E-3	T10	1.5	1.8	1.7	1.7	1.6	1.4	1.3	0.9
E-3	T20	1.7	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.4	0.9
E-3	T30	1.8	2.0	2.0	2.0	1.8	1.7	1.4	1.0
E-3	Arrival Time	35							
E-3	Definition	71	68	68	69	69	71	74	83
E-3	C50	3.9	3.3	3.3	3.4	3.5	3.8	4.5	7.0
E-3	C80	5.0	4.3	4.4	4.5	4.6	4.9	5.7	8.6
E-3	Sound Strength	5.4	5.9	5.9	5.9	5.6	5.3	4.9	4.1
E-3	STI (M)	0.65							
E-3	Articulation Loss (M)	5.1							
E-12	Direct SPL (Z)	76.5	67.0	74.4	67.7	62.8	63.5	61.5	54.4
E-12	Direct SPL (A)	71.3	52.5	66.0	64.0	62.8	64.6	62.5	53.6
E-12	Total SPL (Z)	84.1	74.7	82.1	75.4	70.3	70.7	68.4	60.3
E-12	Total SPL (A)	78.7	60.2	73.7	71.7	70.2	71.9	69.4	59.6
E-12	EDT	1.8	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.5	1.1
E-12	T10	1.8	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.4	1.0
E-12	T20	1.9	2.2	2.0	2.0	1.9	1.7	1.5	1.0
E-12	T30	2.0	2.3	2.2	2.1	2.0	1.8	1.6	1.1
E-12	Arrival Time	53							
E-12	Definition	55	51	51	52	54	56	60	73
E-12	C50	0.9	0.2	0.2	0.4	0.6	1.1	1.8	4.3
E-12	C80	2.6	1.7	1.7	1.9	2.3	2.7	3.6	6.4
E-12	Sound Strength	1.6	2.2	2.2	2.1	1.9	1.6	1.1	-0.5
E-12	STI (M)	0.57							
E-12	Articulation Loss (M)	7.6							
11-1	Direct SPL (Z)	73.2	63.8	71.1	64.5	59.6	60.2	58.1	50.5
11-1	Direct SPL (A)	68.0	49.3	62.8	60.8	59.5	61.3	59.1	49.8
11-1	Total SPL (Z)	81.4	72.1	79.4	72.7	67.6	67.9	65.5	56.7
11-1	Total SPL (A)	76.0	57.5	71.0	69.0	67.5	69.1	66.5	56.1
11-1	EDT	1.9	2.2	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.1
11-1	T10	2.0	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.6	1.1
11-1	T20	2.1	2.4	2.3	2.1	2.0	1.9	1.6	1.1
11-1	T30	2.2	2.5	2.4	2.2	2.1	2.0	1.6	1.2
11-1	Arrival Time	77							
11-1	Definition	53	48	49	50	51	54	58	72

11-1	C50	0.5	-0.3	-0.2	0.0	0.3	0.6	1.5	4.0
11-1	C80	1.7	0.8	0.8	1.1	1.4	1.9	2.8	5.7
11-1	Sound Strength	-1.2	-0.5	-0.5	-0.6	-0.8	-1.2	-1.8	-4.1
11-1	STI (M)	0.54							
11-1	Articulation Loss (M)	9.1							
11-12	Direct SPL (Z)	70.9	61.5	68.8	62.2	57.2	57.8	55.6	47.6
11-12	Direct SPL (A)	65.7	47.0	60.5	58.5	57.1	58.9	56.6	46.9
11-12	Total SPL (Z)	78.9	69.5	77.0	70.2	65.0	65.2	62.6	53.4
11-12	Total SPL (A)	73.4	54.9	68.6	66.4	64.9	66.3	63.6	52.8
11-12	EDT	2.1	2.3	2.3	2.2	2.2	2.0	1.8	1.3
11-12	T10	2.0	2.2	2.2	2.2	2.0	1.9	1.6	1.2
11-12	T20	2.1	2.3	2.2	2.2	2.1	1.9	1.7	1.1
11-12	T30	2.2	2.5	2.4	2.3	2.1	2.0	1.8	1.1
11-12	Arrival Time	101							
11-12	Definition	50	46	45	47	49	52	57	71
11-12	C50	0.0	-0.7	-0.9	-0.5	-0.1	0.3	1.3	3.9
11-12	C80	0.8	0.1	-0.2	0.2	0.6	1.2	2.2	5.1
11-12	Sound Strength	-3.9	-3.0	-2.9	-3.1	-3.4	-3.9	-4.7	-7.4
11-12	STI (M)	0.54							
11-12	Articulation Loss (M)	9.2							
B-8	Direct SPL (Z)	78.4	68.9	76.3	69.6	64.7	65.4	63.5	56.6
B-8	Direct SPL (A)	73.2	54.4	67.9	65.9	64.7	66.6	64.5	55.8
B-8	Total SPL (Z)	85.7	76.4	83.7	77.1	72.0	72.3	70.1	62.4
B-8	Total SPL (A)	80.4	61.8	75.4	73.4	71.9	73.5	71.2	61.7
B-8	EDT	1.5	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5	1.3	1.0
B-8	T10	1.7	2.0	2.0	1.8	1.7	1.6	1.3	1.0
B-8	T20	1.9	2.1	2.1	2.0	1.8	1.7	1.5	1.0
B-8	T30	2.0	2.2	2.2	2.1	2.0	1.8	1.5	1.1
B-8	Arrival Time	43							
B-8	Definition	63	59	59	60	61	62	66	78
B-8	C50	2.3	1.6	1.6	1.8	2.0	2.2	3.0	5.5
B-8	C80	4.0	3.4	3.3	3.5	3.7	4.0	4.8	7.8
B-8	Sound Strength	3.3	3.8	3.9	3.8	3.6	3.2	2.9	1.7
B-8	STI (M)	0.62							
B-8	Articulation Loss (M)	5.8							
B-18	Direct SPL (Z)	74.9	65.5	72.8	66.2	61.2	61.9	59.9	52.6
B-18	Direct SPL (A)	69.7	50.9	64.5	62.5	61.2	63.1	60.9	51.8
B-18	Total SPL (Z)	82.3	72.9	80.2	73.6	68.4	68.8	66.5	58.1
B-18	Total SPL (A)	76.9	58.4	71.9	69.9	68.4	70.0	67.5	57.4
B-18	EDT	1.8	2.0	2.0	2.0	1.8	1.7	1.5	1.1
B-18	T10	1.9	2.3	2.2	2.1	2.0	1.7	1.5	1.0
B-18	T20	2.0	2.2	2.2	2.1	2.0	1.8	1.6	1.1
B-18	T30	2.1	2.4	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.1

B-18	Arrival Time	64							
B-18	Definition	55	51	52	52	53	55	59	72
B-18	C50	0.9	0.2	0.3	0.4	0.6	0.9	1.5	4.1
B-18	C80	2.7	1.8	1.9	2.1	2.4	2.8	3.5	6.6
B-18	Sound Strength	-0.3	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.3	-0.8	-2.7
B-18	STI (M)	0.57							
B-18	Articulation Loss (M)	7.8							
4-7	Direct SPL (Z)	72.1	62.7	70.0	63.4	58.4	59.0	56.9	49.1
4-7	Direct SPL (A)	66.9	48.1	61.7	59.7	58.3	60.2	57.9	48.4
4-7	Total SPL (Z)	80.3	71.0	78.3	71.6	66.5	66.9	64.3	55.4
4-7	Total SPL (A)	74.9	56.4	69.9	67.9	66.4	68.0	65.3	54.7
4-7	EDT	1.7	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.1
4-7	T10	2.0	2.2	2.2	2.1	1.9	1.8	1.5	1.0
4-7	T20	2.1	2.2	2.3	2.2	2.0	1.8	1.6	1.1
4-7	T30	2.2	2.4	2.3	2.2	2.2	2.0	1.6	1.1
4-7	Arrival Time	88							
4-7	Definition	46	42	42	43	44	46	51	64
4-7	C50	-0.7	-1.5	-1.4	-1.2	-1.0	-0.7	0.1	2.5
4-7	C80	1.8	0.9	1.0	1.2	1.5	2.0	2.9	5.7
4-7	Sound Strength	-2.3	-1.5	-1.6	-1.7	-1.9	-2.3	-3.0	-5.5
4-7	STI (M)	0.54							
4-7	Articulation Loss (M)	9.4							
D-8	Direct SPL (Z)	78.3	68.9	76.2	69.6	64.7	65.4	63.4	56.6
D-8	Direct SPL (A)	73.2	54.3	67.9	65.9	64.6	66.5	64.5	55.8
D-8	Total SPL (Z)	85.8	76.4	83.7	77.1	72.0	72.3	70.1	62.4
D-8	Total SPL (A)	80.4	61.8	75.4	73.4	71.9	73.5	71.2	61.7
D-8	EDT	1.6	1.8	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.0
D-8	T10	1.7	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.3	1.0
D-8	T20	1.9	2.1	2.0	2.0	1.8	1.7	1.5	1.0
D-8	T30	2.0	2.1	2.2	2.0	1.9	1.8	1.5	1.0
D-8	Arrival Time	43							
D-8	Definition	63	59	59	60	61	63	67	78
D-8	C50	2.3	1.6	1.6	1.8	2.0	2.4	3.1	5.5
D-8	C80	4.1	3.3	3.3	3.5	3.8	4.2	5.0	7.8
D-8	Sound Strength	3.3	3.9	3.9	3.8	3.6	3.2	2.9	1.7
D-8	STI (M)	0.62							
D-8	Articulation Loss (M)	5.8							
D-18	Direct SPL (Z)	74.9	65.5	72.8	66.2	61.2	61.9	59.8	52.5
D-18	Direct SPL (A)	69.7	50.9	64.4	62.5	61.2	63.0	60.9	51.8
D-18	Total SPL (Z)	82.2	72.8	80.2	73.5	68.4	68.8	66.4	58.1
D-18	Total SPL (A)	76.8	58.3	71.8	69.8	68.3	69.9	67.4	57.4
D-18	EDT	1.8	2.1	2.1	2.0	1.9	1.7	1.5	1.1
D-18	T10	2.0	2.2	2.2	2.1	2.0	1.8	1.5	1.1

D-18	T20	2.0	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.6	1.1
D-18	T30	2.2	2.4	2.4	2.1	2.1	1.9	1.6	1.1
D-18	Arrival Time	64							
D-18	Definition	56	53	53	54	54	56	60	73
D-18	C50	1.1	0.5	0.5	0.8	0.8	1.1	1.8	4.3
D-18	C80	2.7	1.9	2.0	2.2	2.3	2.8	3.7	6.7
D-18	Sound Strength	-0.3	0.3	0.3	0.3	0.0	-0.4	-0.9	-2.7
D-18	STI (M)	0.57							
D-18	Articulation Loss (M)	7.7							
9-7	Direct SPL (Z)	72.1	62.7	70.0	63.3	58.4	59.0	56.9	49.1
9-7	Direct SPL (A)	66.9	48.1	61.6	59.6	58.3	60.2	57.9	48.4
9-7	Total SPL (Z)	80.2	70.9	78.2	71.5	66.4	66.7	64.2	55.2
9-7	Total SPL (A)	74.8	56.3	69.8	67.8	66.3	67.9	65.2	54.5
9-7	EDT	1.8	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.5	1.1
9-7	T10	1.9	2.2	2.1	2.0	2.0	1.8	1.5	1.0
9-7	T20	2.1	2.4	2.3	2.3	2.1	1.9	1.6	1.1
9-7	T30	2.2	2.4	2.2	2.3	2.1	2.1	1.7	1.1
9-7	Arrival Time	88							
9-7	Definition	46	41	42	43	44	46	51	64
9-7	C50	-0.7	-1.5	-1.4	-1.3	-1.0	-0.6	0.1	2.6
9-7	C80	1.7	0.8	0.9	1.1	1.4	1.9	2.7	5.7
9-7	Sound Strength	-2.4	-1.7	-1.7	-1.8	-2.0	-2.4	-3.1	-5.7
9-7	STI (M)	0.53							
9-7	Articulation Loss (M)	9.5							
A-15	Direct SPL (Z)	75.4	66.0	73.3	66.7	61.7	62.4	60.4	53.1
A-15	Direct SPL (A)	70.2	51.4	64.9	63.0	61.7	63.6	61.4	52.4
A-15	Total SPL (Z)	83.1	73.8	81.1	74.5	69.4	69.7	67.4	59.2
A-15	Total SPL (A)	77.8	59.2	72.8	70.7	69.3	70.9	68.4	58.5
A-15	EDT	2.0	2.2	2.2	2.1	2.0	1.8	1.6	1.0
A-15	T10	1.9	2.1	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.2
A-15	T20	2.0	2.2	2.2	2.1	2.0	1.8	1.6	1.1
A-15	T30	2.0	2.4	2.1	2.2	2.1	1.8	1.6	1.1
A-15	Arrival Time	60							
A-15	Definition	58	54	54	55	56	59	64	75
A-15	C50	1.5	0.8	0.7	1.0	1.1	1.6	2.4	4.9
A-15	C80	2.8	1.9	1.9	2.2	2.4	3.0	3.9	6.8
A-15	Sound Strength	0.6	1.2	1.3	1.2	1.0	0.6	0.1	-1.6
A-15	STI (M)	0.58							
A-15	Articulation Loss (M)	7.5							
1-12	Direct SPL (Z)	70.8	61.4	68.8	62.1	57.1	57.7	55.5	47.4
1-12	Direct SPL (A)	65.6	46.9	60.4	58.4	57.0	58.9	56.5	46.8
1-12	Total SPL (Z)	79.4	70.2	77.5	70.8	65.6	65.9	63.4	54.5
1-12	Total SPL (A)	74.0	55.6	69.1	67.0	65.5	67.0	64.5	53.8

1-12	EDT	2.3	2.7	2.6	2.5	2.3	2.2	2.0	1.0
1-12	T10	2.2	2.3	2.4	2.3	2.1	2.0	1.9	1.4
1-12	T20	2.2	2.4	2.4	2.3	2.1	1.9	1.7	1.2
1-12	T30	2.2	2.4	2.4	2.2	2.1	1.9	1.7	1.2
1-12	Arrival Time	102							
1-12	Definition	65	61	62	63	64	65	70	83
1-12	C50	2.7	1.9	2.1	2.2	2.5	2.8	3.7	6.8
1-12	C80	3.4	2.6	2.7	2.8	3.2	3.6	4.5	8.0
1-12	Sound Strength	-3.2	-2.4	-2.4	-2.5	-2.8	-3.3	-3.9	-6.4
1-12	STI (M)	0.61							
1-12	Articulation Loss (M)	6.3							
E-15	Direct SPL (Z)	75.3	65.9	73.3	66.6	61.7	62.3	60.3	53.1
E-15	Direct SPL (A)	70.2	51.4	64.9	62.9	61.6	63.5	61.4	52.3
E-15	Total SPL (Z)	83.1	73.8	81.0	74.4	69.3	69.7	67.4	59.1
E-15	Total SPL (A)	77.7	59.3	72.7	70.7	69.2	70.8	68.4	58.4
E-15	EDT	2.0	2.3	2.3	2.2	2.0	1.9	1.7	1.0
E-15	T10	1.9	2.2	2.1	2.1	1.9	1.8	1.6	1.2
E-15	T20	2.0	2.3	2.2	2.1	2.0	1.8	1.6	1.1
E-15	T30	2.1	2.3	2.3	2.1	2.1	1.9	1.6	1.1
E-15	Arrival Time	61							
E-15	Definition	59	53	54	55	57	59	63	77
E-15	C50	1.5	0.6	0.7	1.0	1.2	1.6	2.3	5.1
E-15	C80	2.8	1.8	2.0	2.2	2.5	3.0	3.8	7.1
E-15	Sound Strength	0.6	1.3	1.2	1.1	0.9	0.6	0.1	-1.7
E-15	STI (M)	0.58							
E-15	Articulation Loss (M)	7.5							
12-12	Direct SPL (Z)	70.8	61.4	68.7	62.1	57.1	57.7	55.5	47.4
12-12	Direct SPL (A)	65.5	46.8	60.4	58.4	57.0	58.8	56.5	46.7
12-12	Total SPL (Z)	79.5	70.2	77.6	70.8	65.6	65.9	63.4	54.5
12-12	Total SPL (A)	74.1	55.6	69.2	67.1	65.5	67.1	64.4	53.8
12-12	EDT	2.5	2.7	2.7	2.6	2.5	2.3	2.1	1.0
12-12	T10	2.2	2.4	2.3	2.4	2.2	2.0	1.9	1.5
12-12	T20	2.2	2.4	2.4	2.3	2.2	2.0	1.8	1.3
12-12	T30	2.2	2.5	2.3	2.1	2.3	2.0	1.8	1.2
12-12	Arrival Time	102							
12-12	Definition	65	61	61	62	64	67	70	83
12-12	C50	2.7	1.9	2.0	2.1	2.6	3.0	3.8	6.8
12-12	C80	3.4	2.5	2.5	2.8	3.3	3.8	4.6	8.0
12-12	Sound Strength	-3.2	-2.4	-2.3	-2.5	-2.8	-3.2	-3.9	-6.4
12-12	STI (M)	0.61							
12-12	Articulation Loss (M)	6.2							
Orchestra	Direct SPL (Z)	96.9	87.4	94.8	88.2	83.3	84.1	82.3	76.3
Orchestra	Direct SPL (A)	91.9	72.9	86.4	84.5	83.3	85.2	83.4	75.4

Orchestra	Total SPL (Z)	98.9	89.4	96.8	90.2	85.4	86.2	84.4	78.2
Orchestra	Total SPL (A)	93.9	74.8	88.4	86.5	85.3	87.4	85.4	77.3
Orchestra	EDT	0.1	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0
Orchestra	T10	1.1	1.3	1.3	1.3	1.2	1.0	0.9	0.8
Orchestra	T20	1.1	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	0.7
Orchestra	T30	1.4	1.6	1.6	1.5	1.4	1.3	1.1	0.8
Orchestra	Arrival Time	5							
Orchestra	Definition	92	91	91	91	92	93	94	96
Orchestra	C50	10.9	9.9	9.9	10.0	10.5	11.1	11.7	13.7
Orchestra	C80	13.6	12.3	12.3	12.4	13.1	13.9	14.7	17.6
Orchestra	Sound Strength	17.1	16.8	16.9	16.9	17.0	17.1	17.2	17.5
Orchestra	STI (M)	0.89							
Orchestra	Articulation Loss (M)	1.4							
Stage	Direct SPL (Z)	85.4	76.0	83.3	76.7	71.8	72.6	70.8	64.4
Stage	Direct SPL (A)	80.4	61.4	75.0	73.0	71.8	73.7	71.8	63.5
Stage	Total SPL (Z)	89.8	80.4	87.8	81.1	76.2	76.7	74.7	67.6
Stage	Total SPL (A)	84.6	65.8	79.4	77.4	76.1	77.9	75.7	66.8
Stage	EDT	1.0	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	1.2
Stage	T10	1.4	1.6	1.5	1.5	1.5	1.3	1.2	0.6
Stage	T20	1.6	1.8	1.8	1.8	1.6	1.5	1.3	0.8
Stage	T30	1.8	2.0	1.9	1.9	1.8	1.6	1.4	0.9
Stage	Arrival Time	19							
Stage	Definition	58	53	54	54	56	58	61	71
Stage	C50	1.3	0.6	0.6	0.8	1.0	1.4	1.9	3.9
Stage	C80	6.2	5.3	5.3	5.5	5.9	6.4	7.2	10.0
Stage	Sound Strength	7.6	7.9	7.9	7.9	7.8	7.7	7.4	6.9
Stage	STI (M)	0.63							
Stage	Articulation Loss (M)	5.5							
Arch Left	Direct SPL (Z)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Arch Left	Direct SPL (A)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Arch Left	Total SPL (Z)	83.5	74.4	81.8	75.0	69.8	70.1	67.8	59.5
Arch Left	Total SPL (A)	78.0	59.9	73.4	71.3	69.7	71.3	68.8	58.8
Arch Left	EDT	1.5	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.2	0.9
Arch Left	T10	1.7	1.8	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	0.9
Arch Left	T20	1.8	1.9	2.0	1.8	1.8	1.6	1.4	1.0
Arch Left	T30	2.0	2.0	2.1	2.2	1.9	1.7	1.5	1.0
Arch Left	Arrival Time	68							
Arch Left	Definition	42	39	39	40	41	44	48	61
Arch Left	C50	-1.4	-2.0	-2.0	-1.8	-1.5	-1.0	-0.4	1.9
Arch Left	C80	1.2	1.0	1.0	1.2	1.6	2.2	2.9	5.5
Arch Left	Sound Strength	0.8	1.9	1.9	1.7	1.4	1.0	0.5	-1.3
Arch Left	STI (M)	0.51							
Arch Left	Articulation Loss (M)	10.6							

Arch Center	Direct SPL (Z)	0.0	69.4	76.8	70.2	65.3	65.9	64.0	57.2
Arch Center	Direct SPL (A)	0.0	54.9	68.4	66.5	65.2	67.1	65.1	56.4
Arch Center	Total SPL (Z)	83.7	75.6	82.9	76.2	71.1	71.6	69.4	61.5
Arch Center	Total SPL (A)	78.3	61.0	74.6	72.5	71.1	72.8	70.4	60.7
Arch Center	EDT	1.5	1.6	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	0.8
Arch Center	T10	1.6	1.8	1.8	1.8	1.7	1.5	1.3	0.9
Arch Center	T20	1.8	1.9	1.9	1.9	1.8	1.6	1.4	1.0
Arch Center	T30	1.9	2.1	2.0	2.0	1.9	1.7	1.5	1.0
Arch Center	Arrival Time	51							
Arch Center	Definition	43	38	38	39	41	44	47	59
Arch Center	C50	-1.2	-2.2	-2.2	-2.0	-1.6	-1.1	-0.5	1.6
Arch Center	C80	1.9	2.3	2.2	2.4	2.9	3.5	4.3	6.7
Arch Center	Sound Strength	1.1	3.1	3.1	2.9	2.8	2.5	2.1	0.7
Arch Center	STI (M)	0.54							
Arch Center	Articulation Loss (M)	9.2							
Arch Right	Direct SPL (Z)	78.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Arch Right	Direct SPL (A)	73.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Arch Right	Total SPL (Z)	85.0	74.4	81.7	74.9	69.6	70.0	67.6	59.3
Arch Right	Total SPL (A)	79.6	59.8	73.3	71.1	69.6	71.1	68.7	58.6
Arch Right	EDT	1.4	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.2	0.9
Arch Right	T10	1.6	1.8	1.8	1.7	1.6	1.4	1.3	1.0
Arch Right	T20	1.8	2.0	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.0
Arch Right	T30	1.9	2.2	2.2	2.0	1.9	1.7	1.5	1.0
Arch Right	Arrival Time	40							
Arch Right	Definition	43	36	37	37	39	42	45	57
Arch Right	C50	-1.3	-2.5	-2.4	-2.3	-2.0	-1.4	-0.9	1.2
Arch Right	C80	3.2	0.9	0.8	0.9	1.4	2.0	2.7	5.2
Arch Right	Sound Strength	2.5	1.8	1.8	1.6	1.3	0.9	0.4	-1.5
Arch Right	STI (M)	0.56							
Arch Right	Articulation Loss (M)	8.4							
Entrance	Direct SPL (Z)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Entrance	Direct SPL (A)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Entrance	Total SPL (Z)	83.6	74.2	81.5	74.9	69.7	69.7	67.3	58.6
Entrance	Total SPL (A)	78.2	59.7	73.2	71.1	69.6	70.9	68.4	57.9
Entrance	EDT	1.5	1.7	1.7	1.6	1.6	1.4	1.3	0.9
Entrance	T10	1.6	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.3	0.9
Entrance	T20	1.8	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.4	1.0
Entrance	T30	2.0	2.2	2.2	2.0	1.9	1.7	1.5	1.0
Entrance	Arrival Time	51							
Entrance	Definition	41	39	39	39	40	43	47	59
Entrance	C50	-1.7	-1.9	-2.0	-1.9	-1.8	-1.2	-0.5	1.6
Entrance	C80	1.7	0.5	0.5	0.6	0.9	1.4	2.2	4.6
Entrance	Sound Strength	1.0	1.7	1.7	1.6	1.3	0.6	0.0	-2.3

Entrance	STI (M)	0.53							
Entrance	Articulation Loss (M)	9.6							

Πίνακας Δ. 2 Τιμές υπολογισμών από το σενάριο S1, με προσομοίωση της ιδανικής παντοκατευθυντικής πηγής και τοποθέτηση στο κέντρο της ορχήστρας (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

ΠΑΝΤΟΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΗ ΠΗΓΗ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΟΡΧΗΣΤΡΑΣ									
Θέση	Δείκτης	Πλήρες Φάσμα	Συχνότητα (Hz)						
			125	250	500	1000	2000	4000	8000
C-3	Direct SPL (Z)	88.6	80.4	80.4	80.3	80.3	80.3	80.1	79.3
C-3	Direct SPL (A)	87.1	64.8	72.0	77.2	80.3	81.4	81.0	78.2
C-3	Total SPL (Z)	94.9	86.8	86.9	87.0	86.8	86.5	86.1	84.8
C-3	Total SPL (A)	93.3	71.2	78.6	83.9	86.8	87.7	87.0	83.8
C-3	EDT	1.0	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.1	0.9
C-3	T10	1.1	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.2	0.8
C-3	T20	1.3	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.3	0.9
C-3	T30	1.5	1.8	1.8	1.8	1.7	1.6	1.3	0.9
C-3	Arrival Time	33							
C-3	Definition	77	70	69	69	70	71	75	84
C-3	C50	5.2	3.7	3.6	3.5	3.6	4.0	4.7	7.1
C-3	C80	6.9	5.2	5.1	5.0	5.2	5.5	6.3	9.0
C-3	Sound Strength	4.6	5.3	5.4	5.5	5.3	5.1	4.8	4.1
C-3	STI (M)	0.68							
C-3	Articulation Loss (M)	4.3							
C-12	Direct SPL (Z)	84.7	76.5	76.5	76.5	76.5	76.4	76.1	74.9
C-12	Direct SPL (A)	83.1	60.9	68.2	73.4	76.4	77.5	77.0	73.9
C-12	Total SPL (Z)	90.9	82.9	82.9	83.0	82.8	82.5	82.0	80.0
C-12	Total SPL (A)	89.2	67.2	74.6	79.9	82.8	83.7	82.9	79.1
C-12	EDT	1.5	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.5	1.0
C-12	T10	1.5	1.7	1.8	1.8	1.7	1.6	1.4	1.1
C-12	T20	1.5	1.8	1.9	1.9	1.8	1.7	1.4	1.0
C-12	T30	1.6	1.9	2.0	1.9	1.9	1.7	1.5	1.0
C-12	Arrival Time	51							
C-12	Definition	73	64	65	64	65	66	71	82
C-12	C50	4.3	2.6	2.6	2.5	2.6	2.9	3.8	6.6
C-12	C80	5.5	3.6	3.7	3.6	3.7	4.1	5.0	8.1
C-12	Sound Strength	0.3	1.3	1.4	1.5	1.3	1.1	0.6	-0.7
C-12	STI (M)	0.63							
C-12	Articulation Loss (M)	5.5							
6-1	Direct SPL (Z)	81.5	73.5	73.5	73.5	73.4	73.3	72.8	71.2
6-1	Direct SPL (A)	79.9	57.9	65.1	70.3	73.4	74.5	73.8	70.3
6-1	Total SPL (Z)	88.4	80.5	80.6	80.6	80.4	80.1	79.3	76.8

6-1	Total SPL (A)	86.7	64.9	72.2	77.5	80.4	81.3	80.2	75.9
6-1	EDT	1.4	1.8	1.8	1.8	1.7	1.6	1.4	1.0
6-1	T10	1.5	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.5	1.0
6-1	T20	1.7	2.0	2.1	2.0	1.9	1.8	1.5	1.1
6-1	T30	1.7	2.1	2.1	2.1	1.9	1.9	1.6	1.1
6-1	Arrival Time	73							
6-1	Definition	68	60	60	60	60	61	66	78
6-1	C50	3.3	1.8	1.8	1.8	1.8	2.0	2.9	5.5
6-1	C80	4.3	2.5	2.5	2.5	2.6	2.9	4.0	6.8
6-1	Sound Strength	-2.5	-1.1	-1.0	-0.9	-1.1	-1.4	-2.1	-4.0
6-1	STI (M)	0.60							
6-1	Articulation Loss (M)	6.7							
6-12	Direct SPL (Z)	78.7	70.8	70.7	70.7	70.6	70.5	69.8	67.6
6-12	Direct SPL (A)	77.0	55.2	62.4	67.5	70.6	71.6	70.8	66.7
6-12	Total SPL (Z)	86.0	78.3	78.3	78.3	78.1	77.8	76.7	73.6
6-12	Total SPL (A)	84.2	62.6	69.9	75.1	78.1	78.9	77.7	72.8
6-12	EDT	1.5	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.0
6-12	T10	1.5	1.9	1.9	1.9	1.8	1.6	1.4	1.0
6-12	T20	1.7	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.5	1.0
6-12	T30	1.8	2.1	2.1	2.1	2.0	1.8	1.5	1.1
6-12	Arrival Time	100							
6-12	Definition	65	57	57	56	58	59	64	75
6-12	C50	2.6	1.3	1.3	1.1	1.3	1.5	2.4	4.7
6-12	C80	3.8	2.3	2.3	2.2	2.4	2.6	3.7	6.3
6-12	Sound Strength	-5.2	-3.3	-3.3	-3.3	-3.4	-3.7	-4.6	-7.3
6-12	STI (M)	0.58							
6-12	Articulation Loss (M)	7.2							
A-3	Direct SPL (Z)	87.9	79.7	79.7	79.7	79.6	79.6	79.4	78.5
A-3	Direct SPL (A)	86.4	64.1	71.3	76.5	79.6	80.7	80.3	77.5
A-3	Total SPL (Z)	94.9	86.8	86.9	87.0	86.8	86.4	86.0	84.5
A-3	Total SPL (A)	93.2	71.2	78.6	83.9	86.8	87.6	86.9	83.5
A-3	EDT	1.1	1.4	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	0.7
A-3	T10	1.2	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.2	0.9
A-3	T20	1.3	1.6	1.6	1.7	1.6	1.5	1.3	0.9
A-3	T30	1.5	1.8	1.8	1.8	1.7	1.6	1.3	0.9
A-3	Arrival Time	36							
A-3	Definition	79	73	72	72	72	73	77	86
A-3	C50	5.7	4.3	4.2	4.1	4.2	4.3	5.2	7.7
A-3	C80	6.9	5.3	5.2	5.2	5.3	5.4	6.3	9.2
A-3	Sound Strength	4.5	5.3	5.4	5.5	5.3	5.0	4.7	3.8
A-3	STI (M)	0.66							
A-3	Articulation Loss (M)	4.7							
A-12	Direct SPL (Z)	84.2	76.1	76.1	76.1	76.0	75.9	75.6	74.4

A-12	Direct SPL (A)	82.6	60.5	67.7	72.9	76.0	77.1	76.5	73.4
A-12	Total SPL (Z)	90.9	82.9	83.0	83.1	83.0	82.6	82.0	79.9
A-12	Total SPL (A)	89.3	67.3	74.7	79.9	82.9	83.8	82.9	79.0
A-12	EDT	1.3	1.7	1.8	1.7	1.7	1.6	1.4	1.0
A-12	T10	1.4	1.7	1.8	1.7	1.7	1.6	1.3	0.9
A-12	T20	1.5	1.9	1.8	1.9	1.8	1.6	1.4	1.0
A-12	T30	1.6	2.0	1.9	1.9	1.8	1.7	1.5	1.0
A-12	Arrival Time	54							
A-12	Definition	66	57	56	56	57	59	63	75
A-12	C50	2.8	1.2	1.0	1.1	1.2	1.5	2.4	4.9
A-12	C80	4.6	2.7	2.6	2.7	2.8	3.1	4.1	7.0
A-12	Sound Strength	0.3	1.4	1.5	1.5	1.5	1.2	0.7	-0.8
A-12	STI (M)	0.60							
A-12	Articulation Loss (M)	6.7							
2-1	Direct SPL (Z)	80.9	72.9	72.9	72.8	72.8	72.6	72.1	70.4
2-1	Direct SPL (A)	79.3	57.3	64.5	69.7	72.7	73.8	73.1	69.4
2-1	Total SPL (Z)	88.1	80.2	80.3	80.4	80.2	79.9	79.0	76.3
2-1	Total SPL (A)	86.4	64.6	72.0	77.2	80.2	81.1	79.9	75.4
2-1	EDT	1.4	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.4	1.1
2-1	T10	1.6	2.0	2.1	2.0	2.0	1.8	1.5	1.0
2-1	T20	1.7	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.5	1.1
2-1	T30	1.7	2.1	2.1	2.1	1.9	1.8	1.6	1.1
2-1	Arrival Time	78							
2-1	Definition	63	55	54	54	55	56	61	74
2-1	C50	2.3	0.8	0.8	0.6	0.8	1.1	1.9	4.5
2-1	C80	3.5	1.8	1.7	1.7	1.9	2.3	3.3	6.1
2-1	Sound Strength	-2.9	-1.4	-1.2	-1.2	-1.3	-1.6	-2.4	-4.5
2-1	STI (M)	0.56							
2-1	Articulation Loss (M)	8.2							
2-12	Direct SPL (Z)	78.4	70.6	70.5	70.5	70.4	70.2	69.6	67.3
2-12	Direct SPL (A)	76.8	54.9	62.2	67.3	70.4	71.4	70.5	66.4
2-12	Total SPL (Z)	85.7	77.9	78.0	78.0	77.8	77.5	76.4	73.1
2-12	Total SPL (A)	83.9	62.3	69.7	74.9	77.8	78.6	77.3	72.3
2-12	EDT	1.7	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.6	1.3
2-12	T10	1.6	2.0	2.1	2.0	1.9	1.8	1.5	1.1
2-12	T20	1.7	2.0	2.0	2.1	2.0	1.8	1.6	1.1
2-12	T30	1.8	2.3	2.0	2.2	2.0	1.8	1.6	1.1
2-12	Arrival Time	103							
2-12	Definition	62	53	52	52	53	55	61	74
2-12	C50	2.1	0.5	0.3	0.4	0.6	0.9	1.9	4.6
2-12	C80	3.1	1.2	1.0	1.2	1.5	1.9	3.0	5.9
2-12	Sound Strength	-5.6	-3.6	-3.5	-3.5	-3.7	-4.0	-5.0	-7.7
2-12	STI (M)	0.56							

2-12	Articulation Loss (M)	8.1							
E-3	Direct SPL (Z)	87.8	79.6	79.6	79.6	79.5	79.5	79.3	78.4
E-3	Direct SPL (A)	86.3	64.0	71.2	76.4	79.5	80.6	80.2	77.4
E-3	Total SPL (Z)	94.7	86.7	86.8	86.9	86.7	86.3	85.8	84.4
E-3	Total SPL (A)	93.1	71.1	78.5	83.7	86.6	87.5	86.7	83.4
E-3	EDT	1.1	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	0.7
E-3	T10	1.2	1.5	1.6	1.5	1.5	1.4	1.2	0.9
E-3	T20	1.3	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.3	0.9
E-3	T30	1.5	1.8	1.8	1.8	1.7	1.6	1.4	0.9
E-3	Arrival Time	36							
E-3	Definition	79	73	72	72	72	73	77	86
E-3	C50	5.7	4.2	4.1	4.2	4.2	4.3	5.1	7.8
E-3	C80	6.9	5.3	5.2	5.2	5.2	5.4	6.3	9.2
E-3	Sound Strength	4.3	5.1	5.3	5.3	5.2	4.9	4.5	3.7
E-3	STI (M)	0.66							
E-3	Articulation Loss (M)	4.7							
E-12	Direct SPL (Z)	84.2	76.0	76.0	76.0	76.0	75.9	75.5	74.3
E-12	Direct SPL (A)	82.6	60.4	67.7	72.9	75.9	77.0	76.5	73.3
E-12	Total SPL (Z)	90.9	82.9	83.0	83.1	82.9	82.6	81.9	79.8
E-12	Total SPL (A)	89.2	67.3	74.7	79.9	82.9	83.8	82.8	78.9
E-12	EDT	1.4	1.7	1.8	1.8	1.7	1.6	1.4	1.1
E-12	T10	1.4	1.7	1.8	1.8	1.7	1.6	1.3	1.0
E-12	T20	1.5	1.8	1.9	1.9	1.8	1.7	1.4	1.0
E-12	T30	1.6	1.9	1.9	2.0	1.9	1.7	1.5	1.0
E-12	Arrival Time	54							
E-12	Definition	65	56	56	56	56	58	63	75
E-12	C50	2.7	1.1	1.0	1.0	1.1	1.4	2.3	4.8
E-12	C80	4.4	2.6	2.6	2.5	2.6	3.0	4.0	6.9
E-12	Sound Strength	0.2	1.4	1.5	1.6	1.4	1.2	0.6	-0.9
E-12	STI (M)	0.59							
E-12	Articulation Loss (M)	6.9							
11-1	Direct SPL (Z)	80.8	72.8	72.8	72.8	72.7	72.6	72.1	70.3
11-1	Direct SPL (A)	79.2	57.2	64.5	69.6	72.7	73.7	73.0	69.4
11-1	Total SPL (Z)	88.2	80.3	80.4	80.4	80.3	80.0	79.1	76.3
11-1	Total SPL (A)	86.5	64.7	72.1	77.3	80.2	81.1	80.0	75.4
11-1	EDT	1.4	1.8	1.8	1.8	1.8	1.6	1.4	1.1
11-1	T10	1.5	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.4	1.0
11-1	T20	1.7	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8	1.5	1.1
11-1	T30	1.8	2.2	2.0	2.1	2.1	1.8	1.6	1.1
11-1	Arrival Time	79							
11-1	Definition	63	55	54	54	55	56	62	74
11-1	C50	2.3	0.8	0.8	0.7	0.9	1.1	2.1	4.6
11-1	C80	3.6	1.8	1.8	1.8	2.0	2.3	3.4	6.2

11-1	Sound Strength	-2.8	-1.2	-1.1	-1.1	-1.2	-1.5	-2.3	-4.5
11-1	STI (M)	0.56							
11-1	Articulation Loss (M)	8.1							
11-12	Direct SPL (Z)	78.4	70.5	70.5	70.4	70.4	70.2	69.6	67.3
11-12	Direct SPL (A)	76.8	54.9	62.1	67.3	70.3	71.4	70.5	66.4
11-12	Total SPL (Z)	85.5	77.8	77.8	77.9	77.6	77.3	76.2	72.9
11-12	Total SPL (A)	83.7	62.2	69.5	74.7	77.6	78.5	77.2	72.1
11-12	EDT	1.7	2.0	2.0	2.0	2.0	1.8	1.6	1.3
11-12	T10	1.6	1.9	1.9	2.0	1.9	1.8	1.5	1.1
11-12	T20	1.7	2.0	2.0	2.1	1.9	1.8	1.6	1.1
11-12	T30	1.8	2.0	2.1	2.1	2.1	1.9	1.6	1.1
11-12	Arrival Time	103							
11-12	Definition	60	50	50	50	52	54	59	73
11-12	C50	1.8	0.1	0.0	-0.1	0.3	0.6	1.6	4.4
11-12	C80	2.7	0.7	0.7	0.7	1.1	1.5	2.5	5.6
11-12	Sound Strength	-5.8	-3.8	-3.7	-3.7	-3.9	-4.2	-5.1	-8.0
11-12	STI (M)	0.56							
11-12	Articulation Loss (M)	8.4							
B-8	Direct SPL (Z)	86.1	77.9	77.9	77.9	77.9	77.8	77.5	76.5
B-8	Direct SPL (A)	84.6	62.3	69.6	74.8	77.8	79.0	78.5	75.5
B-8	Total SPL (Z)	92.7	84.6	84.7	84.8	84.6	84.3	83.8	82.1
B-8	Total SPL (A)	91.0	69.0	76.4	81.7	84.6	85.5	84.7	81.1
B-8	EDT	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.3	1.0
B-8	T10	1.2	1.6	1.6	1.6	1.6	1.4	1.2	0.9
B-8	T20	1.4	1.8	1.8	1.8	1.7	1.6	1.4	0.9
B-8	T30	1.6	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.5	1.0
B-8	Arrival Time	44							
B-8	Definition	72	64	63	63	64	65	69	80
B-8	C50	4.0	2.5	2.4	2.4	2.5	2.7	3.4	6.0
B-8	C80	5.9	4.4	4.1	4.2	4.2	4.4	5.3	8.3
B-8	Sound Strength	2.2	3.1	3.2	3.3	3.1	2.9	2.4	1.4
B-8	STI (M)	0.64							
B-8	Articulation Loss (M)	5.2							
B-18	Direct SPL (Z)	82.6	74.5	74.5	74.5	74.4	74.3	73.9	72.4
B-18	Direct SPL (A)	81.0	58.9	66.1	71.3	74.4	75.5	74.8	71.4
B-18	Total SPL (Z)	89.2	81.3	81.3	81.4	81.3	81.0	80.1	77.8
B-18	Total SPL (A)	87.5	65.7	73.0	78.3	81.2	82.1	81.1	76.9
B-18	EDT	1.4	1.7	1.8	1.8	1.7	1.6	1.4	1.0
B-18	T10	1.5	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.4	1.0
B-18	T20	1.6	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.5	1.0
B-18	T30	1.7	2.1	2.1	2.0	1.9	1.8	1.5	1.1
B-18	Arrival Time	65							
B-18	Definition	63	56	56	55	56	56	61	73

B-18	C50	2.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.9	4.4
B-18	C80	4.5	2.7	2.7	2.6	2.8	3.0	4.1	7.1
B-18	Sound Strength	-1.6	-0.3	-0.2	-0.1	-0.2	-0.5	-1.2	-3.0
B-18	STI (M)	0.59							
B-18	Articulation Loss (M)	7.2							
4-7	Direct SPL (Z)	79.7	71.7	71.7	71.6	71.6	71.4	70.9	68.9
4-7	Direct SPL (A)	78.0	56.1	63.3	68.5	71.5	72.6	71.8	68.0
4-7	Total SPL (Z)	87.0	79.2	79.3	79.3	79.2	78.8	77.8	74.8
4-7	Total SPL (A)	85.3	63.6	70.9	76.2	79.1	80.0	78.8	74.0
4-7	EDT	1.4	1.7	1.7	1.7	1.7	1.5	1.4	1.1
4-7	T10	1.5	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.4	1.0
4-7	T20	1.6	2.0	1.9	2.0	1.8	1.7	1.5	1.0
4-7	T30	1.7	2.2	2.1	2.1	2.0	1.8	1.5	1.1
4-7	Arrival Time	90							
4-7	Definition	55	46	46	46	47	48	53	66
4-7	C50	0.8	-0.8	-0.7	-0.7	-0.6	-0.3	0.6	2.9
4-7	C80	3.7	2.0	1.9	1.9	2.1	2.5	3.5	6.3
4-7	Sound Strength	-4.1	-2.3	-2.3	-2.2	-2.4	-2.7	-3.5	-6.0
4-7	STI (M)	0.55							
4-7	Articulation Loss (M)	8.5							
D-8	Direct SPL (Z)	86.1	77.9	77.9	77.9	77.8	77.8	77.5	76.5
D-8	Direct SPL (A)	84.5	62.3	69.5	74.7	77.8	78.9	78.4	75.5
D-8	Total SPL (Z)	92.7	84.7	84.8	84.8	84.7	84.4	83.8	82.1
D-8	Total SPL (A)	91.0	69.0	76.4	81.7	84.6	85.5	84.7	81.1
D-8	EDT	1.3	1.5	1.6	1.5	1.5	1.5	1.3	0.9
D-8	T10	1.3	1.6	1.7	1.6	1.6	1.5	1.2	1.0
D-8	T20	1.5	1.8	1.8	1.8	1.7	1.6	1.4	0.9
D-8	T30	1.6	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.4	1.0
D-8	Arrival Time	44							
D-8	Definition	72	64	64	64	64	66	70	80
D-8	C50	4.1	2.5	2.5	2.5	2.6	2.8	3.6	6.1
D-8	C80	6.1	4.4	4.4	4.3	4.4	4.7	5.6	8.6
D-8	Sound Strength	2.2	3.1	3.2	3.3	3.2	2.9	2.5	1.4
D-8	STI (M)	0.64							
D-8	Articulation Loss (M)	5.2							
D-18	Direct SPL (Z)	82.5	74.5	74.5	74.4	74.4	74.3	73.9	72.4
D-18	Direct SPL (A)	80.9	58.9	66.1	71.3	74.3	75.4	74.8	71.4
D-18	Total SPL (Z)	89.1	81.1	81.2	81.3	81.1	80.8	80.0	77.7
D-18	Total SPL (A)	87.4	65.5	72.8	78.1	81.1	82.0	80.9	76.8
D-18	EDT	1.5	1.8	1.8	1.9	1.8	1.7	1.5	1.0
D-18	T10	1.5	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.5	1.0
D-18	T20	1.7	1.9	2.0	2.0	1.9	1.8	1.5	1.1
D-18	T30	1.7	1.9	2.0	2.1	2.0	1.8	1.6	1.1

D-18	Arrival Time	65							
D-18	Definition	65	58	57	57	57	58	63	75
D-18	C50	2.7	1.4	1.3	1.3	1.3	1.4	2.3	4.8
D-18	C80	4.7	2.9	2.8	2.9	3.0	3.3	4.2	7.3
D-18	Sound Strength	-1.8	-0.4	-0.4	-0.3	-0.4	-0.7	-1.3	-3.1
D-18	STI (M)	0.59							
D-18	Articulation Loss (M)	6.9							
9-7	Direct SPL (Z)	79.6	71.7	71.7	71.6	71.6	71.4	70.9	68.9
9-7	Direct SPL (A)	78.0	56.1	63.3	68.5	71.5	72.6	71.8	67.9
9-7	Total SPL (Z)	86.9	79.1	79.2	79.2	79.0	78.7	77.8	74.7
9-7	Total SPL (A)	85.2	63.4	70.8	76.1	79.0	79.9	78.7	73.9
9-7	EDT	1.4	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.4	1.1
9-7	T10	1.5	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.4	1.0
9-7	T20	1.7	1.9	2.0	2.1	1.9	1.8	1.5	1.0
9-7	T30	1.8	2.1	2.0	2.1	2.0	1.8	1.6	1.1
9-7	Arrival Time	90							
9-7	Definition	56	48	47	47	48	50	54	68
9-7	C50	1.0	-0.4	-0.5	-0.5	-0.3	-0.1	0.7	3.2
9-7	C80	3.7	2.0	1.9	1.9	2.1	2.6	3.5	6.4
9-7	Sound Strength	-4.2	-2.5	-2.4	-2.3	-2.5	-2.8	-3.6	-6.1
9-7	STI (M)	0.56							
9-7	Articulation Loss (M)	8.3							
A-15	Direct SPL (Z)	83.1	75.0	75.0	74.9	74.9	74.8	74.4	73.0
A-15	Direct SPL (A)	81.5	59.4	66.6	71.8	74.9	75.9	75.3	72.0
A-15	Total SPL (Z)	90.0	82.1	82.2	82.2	82.1	81.8	81.0	78.8
A-15	Total SPL (A)	88.4	66.5	73.8	79.1	82.1	83.0	81.9	77.9
A-15	EDT	1.5	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.5	0.9
A-15	T10	1.6	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.5	1.1
A-15	T20	1.6	1.9	2.0	2.0	1.8	1.7	1.5	1.1
A-15	T30	1.7	2.0	2.0	2.1	2.0	1.8	1.5	1.1
A-15	Arrival Time	62							
A-15	Definition	69	61	60	60	60	62	67	79
A-15	C50	3.5	1.9	1.8	1.7	1.8	2.2	3.1	5.7
A-15	C80	5.0	3.2	3.1	3.0	3.1	3.6	4.6	7.7
A-15	Sound Strength	-0.7	0.5	0.7	0.7	0.6	0.3	-0.3	-1.9
A-15	STI (M)	0.60							
A-15	Articulation Loss (M)	6.6							
1-12	Direct SPL (Z)	78.3	70.5	70.4	70.4	70.3	70.1	69.5	67.2
1-12	Direct SPL (A)	76.7	54.8	62.1	67.2	70.3	71.3	70.4	66.3
1-12	Total SPL (Z)	86.4	78.7	78.7	78.7	78.5	78.1	77.2	74.1
1-12	Total SPL (A)	84.6	63.1	70.4	75.6	78.5	79.3	78.1	73.2
1-12	EDT	1.9	2.3	2.4	2.4	2.3	2.1	1.9	1.0
1-12	T10	1.9	2.1	2.2	2.2	2.1	1.9	1.8	1.3

1-12	T20	1.8	2.1	2.2	2.1	2.0	1.9	1.7	1.2
1-12	T30	1.9	2.2	2.2	2.0	2.0	2.0	1.7	1.2
1-12	Arrival Time	104							
1-12	Definition	75	68	67	67	68	68	75	85
1-12	C50	4.7	3.3	3.1	3.1	3.2	3.3	4.7	7.5
1-12	C80	5.6	3.8	3.7	3.7	3.9	4.1	5.5	8.7
1-12	Sound Strength	-4.8	-2.9	-2.8	-2.8	-3.0	-3.4	-4.2	-6.8
1-12	STI (M)	0.63							
1-12	Articulation Loss (M)	5.6							
E-15	Direct SPL (Z)	83.0	74.9	74.9	74.9	74.8	74.7	74.4	72.9
E-15	Direct SPL (A)	81.4	59.3	66.5	71.7	74.8	75.9	75.3	72.0
E-15	Total SPL (Z)	89.9	81.9	82.0	82.1	81.9	81.6	80.9	78.6
E-15	Total SPL (A)	88.2	66.3	73.7	78.9	81.9	82.8	81.8	77.7
E-15	EDT	1.6	2.1	2.0	2.0	2.0	1.8	1.6	0.9
E-15	T10	1.6	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.5	1.2
E-15	T20	1.6	2.0	1.9	1.9	1.8	1.7	1.5	1.1
E-15	T30	1.7	2.0	2.0	1.9	2.0	1.8	1.5	1.1
E-15	Arrival Time	62							
E-15	Definition	68	60	60	59	60	62	66	78
E-15	C50	3.4	1.8	1.7	1.6	1.7	2.0	3.0	5.6
E-15	C80	4.9	3.1	3.0	2.9	3.1	3.5	4.6	7.7
E-15	Sound Strength	-0.9	0.4	0.5	0.6	0.4	0.1	-0.4	-2.1
E-15	STI (M)	0.60							
E-15	Articulation Loss (M)	6.8							
12-12	Direct SPL (Z)	78.3	70.4	70.4	70.3	70.3	70.1	69.5	67.2
12-12	Direct SPL (A)	76.6	54.8	62.0	67.2	70.2	71.2	70.4	66.3
12-12	Total SPL (Z)	86.4	78.7	78.7	78.8	78.5	78.2	77.2	74.1
12-12	Total SPL (A)	84.6	63.1	70.3	75.6	78.5	79.3	78.1	73.2
12-12	EDT	1.9	2.5	2.5	2.5	2.4	2.3	1.8	0.9
12-12	T10	2.0	2.2	2.1	2.2	2.1	2.0	1.9	1.3
12-12	T20	1.8	2.1	2.1	2.1	2.0	1.9	1.7	1.2
12-12	T30	1.9	2.1	2.2	2.2	2.1	1.9	1.7	1.2
12-12	Arrival Time	104							
12-12	Definition	75	68	67	67	67	69	74	85
12-12	C50	4.7	3.2	3.1	3.1	3.1	3.4	4.5	7.4
12-12	C80	5.5	3.8	3.7	3.6	3.8	4.1	5.4	8.6
12-12	Sound Strength	-4.8	-2.9	-2.9	-2.8	-3.0	-3.3	-4.2	-6.8
12-12	STI (M)	0.63							
12-12	Articulation Loss (M)	5.5							
Orchestra	Direct SPL (Z)	104.9	96.4	96.4	96.4	96.4	96.4	96.4	96.3
Orchestra	Direct SPL (A)	103.4	80.8	88.1	93.3	96.4	97.6	97.3	95.2
Orchestra	Total SPL (Z)	106.8	98.3	98.3	98.4	98.5	98.5	98.4	98.2
Orchestra	Total SPL (A)	105.4	82.7	90.0	95.2	98.4	99.7	99.3	97.1

Orchestra	EDT	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0
Orchestra	T10	0.8	1.2	1.2	1.2	1.0	0.9	0.8	0.7
Orchestra	T20	0.9	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	0.9	0.7
Orchestra	T30	1.0	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0	0.7
Orchestra	Arrival Time	5							
Orchestra	Definition	95	92	92	92	93	93	94	96
Orchestra	C50	12.7	10.8	10.6	10.6	11.0	11.5	12.1	14.1
Orchestra	C80	16.1	13.4	13.3	13.2	13.7	14.4	15.3	18.4
Orchestra	Sound Strength	17.3	16.7	16.8	16.9	17.0	17.1	17.1	17.6
Orchestra	STI (M)	0.90							
Orchestra	Articulation Loss (M)	1.3							
Stage	Direct SPL (Z)	93.3	85.0	85.0	85.0	85.0	84.9	84.8	84.4
Stage	Direct SPL (A)	91.8	69.4	76.6	81.8	84.9	86.1	85.7	83.3
Stage	Total SPL (Z)	97.2	89.0	89.0	89.1	89.0	88.9	88.5	87.4
Stage	Total SPL (A)	95.6	73.4	80.7	85.9	89.0	90.1	89.4	86.4
Stage	EDT	0.8	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	0.9	1.4
Stage	T10	1.0	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	0.6
Stage	T20	1.2	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.2	0.8
Stage	T30	1.4	1.8	1.8	1.7	1.6	1.6	1.3	0.9
Stage	Arrival Time	19							
Stage	Definition	67	59	58	58	59	61	64	74
Stage	C50	3.0	1.6	1.5	1.4	1.6	1.9	2.5	4.5
Stage	C80	8.2	5.9	5.9	5.9	6.2	6.7	7.6	10.5
Stage	Sound Strength	7.1	7.4	7.5	7.6	7.5	7.4	7.2	6.7
Stage	STI (M)	0.65							
Stage	Articulation Loss (M)	5.1							
Arch Left	Direct SPL (Z)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Arch Left	Direct SPL (A)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Arch Left	Total SPL (Z)	90.5	82.9	83.0	82.8	82.6	82.2	81.5	79.1
Arch Left	Total SPL (A)	88.7	67.3	74.6	79.7	82.6	83.4	82.4	78.2
Arch Left	EDT	1.2	1.5	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	0.8
Arch Left	T10	1.3	1.5	1.6	1.6	1.5	1.4	1.2	0.9
Arch Left	T20	1.5	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.3	0.9
Arch Left	T30	1.6	1.8	1.9	1.8	1.7	1.6	1.4	1.0
Arch Left	Arrival Time	69							
Arch Left	Definition	50	44	43	43	44	46	51	62
Arch Left	C50	-0.1	-1.1	-1.3	-1.3	-1.0	-0.6	0.1	2.2
Arch Left	C80	2.7	1.7	1.6	1.7	2.0	2.4	3.3	5.8
Arch Left	Sound Strength	-0.7	1.3	1.4	1.3	1.1	0.8	0.1	-1.7
Arch Left	STI (M)	0.52							
Arch Left	Articulation Loss (M)	10.1							
Arch Center	Direct SPL (Z)	0.0	78.5	78.4	78.4	78.4	78.3	78.1	77.1
Arch Center	Direct SPL (A)	0.0	62.9	70.1	75.3	78.4	79.5	79.0	76.1

Arch Center	Total SPL (Z)	90.6	84.0	84.0	84.1	83.9	83.7	83.1	81.1
Arch Center	Total SPL (A)	88.8	68.4	75.7	80.9	83.9	84.8	84.0	80.2
Arch Center	EDT	1.1	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0	0.8
Arch Center	T10	1.3	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.3	0.8
Arch Center	T20	1.4	1.7	1.7	1.7	1.7	1.5	1.3	0.9
Arch Center	T30	1.5	1.8	1.8	1.8	1.7	1.6	1.4	1.0
Arch Center	Arrival Time	52							
Arch Center	Definition	52	44	43	43	45	47	51	63
Arch Center	C50	0.4	-1.1	-1.2	-1.2	-0.9	-0.5	0.1	2.2
Arch Center	C80	3.6	2.8	2.7	2.8	3.1	3.7	4.5	7.0
Arch Center	Sound Strength	-0.3	2.4	2.5	2.5	2.4	2.2	1.7	0.4
Arch Center	STI (M)	0.55							
Arch Center	Articulation Loss (M)	8.6							
Arch Right	Direct SPL (Z)	86.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Arch Right	Direct SPL (A)	85.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Arch Right	Total SPL (Z)	92.0	82.8	82.9	82.8	82.5	82.2	81.4	79.0
Arch Right	Total SPL (A)	90.3	67.1	74.5	79.6	82.5	83.3	82.3	78.1
Arch Right	EDT	1.0	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.2	0.8
Arch Right	T10	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.2	0.9
Arch Right	T20	1.4	1.7	1.7	1.7	1.7	1.5	1.3	0.9
Arch Right	T30	1.5	1.8	1.9	1.8	1.8	1.6	1.4	1.0
Arch Right	Arrival Time	41							
Arch Right	Definition	53	42	41	41	42	45	48	61
Arch Right	C50	0.6	-1.5	-1.6	-1.6	-1.3	-0.9	-0.3	2.0
Arch Right	C80	4.9	1.6	1.5	1.4	1.8	2.2	3.1	5.6
Arch Right	Sound Strength	1.4	1.2	1.3	1.2	1.0	0.7	0.1	-1.8
Arch Right	STI (M)	0.57							
Arch Right	Articulation Loss (M)	7.7							
Entrance	Direct SPL (Z)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Entrance	Direct SPL (A)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Entrance	Total SPL (Z)	90.5	82.9	82.9	82.9	82.6	82.0	81.1	78.3
Entrance	Total SPL (A)	88.8	67.3	74.6	79.8	82.6	83.2	82.0	77.4
Entrance	EDT	1.2	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.2	0.9
Entrance	T10	1.2	1.6	1.7	1.7	1.6	1.5	1.3	0.9
Entrance	T20	1.4	1.8	1.8	1.8	1.7	1.6	1.3	0.9
Entrance	T30	1.6	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.4	1.0
Entrance	Arrival Time	52							
Entrance	Definition	51	41	41	41	42	44	48	61
Entrance	C50	0.1	-1.6	-1.7	-1.6	-1.5	-1.1	-0.3	1.9
Entrance	C80	3.4	1.0	0.9	1.0	1.1	1.6	2.5	5.0
Entrance	Sound Strength	-0.4	1.4	1.4	1.4	1.1	0.6	-0.3	-2.6
Entrance	STI (M)	0.55							
Entrance	Articulation Loss (M)	8.8							

Πίνακας Δ. 3 Τιμές υπολογισμών από το σενάριο S2, με προσομοίωση της ιδανικής παντοκατευθυντικής πηγής και τοποθέτηση στο κέντρο της σκηνής (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

ΠΑΝΤΟΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΗ ΠΗΓΗ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΣΚΗΝΗΣ									
Θέση	Δείκτης	Πλήρες Φάσμα	Συχνότητα (Hz)						
			125	250	500	1000	2000	4000	8000
C-3	Direct SPL (Z)	84.3	76.1	76.1	76.1	76.1	76.0	75.6	74.4
C-3	Direct SPL (A)	82.7	60.5	67.8	73.0	76.0	77.1	76.6	73.4
C-3	Total SPL (Z)	91.8	83.8	83.9	84.0	83.8	83.4	82.8	80.8
C-3	Total SPL (A)	90.1	68.2	75.6	80.8	83.8	84.6	83.7	79.8
C-3	EDT	1.2	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.2	0.8
C-3	T10	1.4	1.7	1.8	1.7	1.7	1.6	1.4	0.9
C-3	T20	1.5	1.8	1.8	1.8	1.7	1.6	1.4	1.0
C-3	T30	1.6	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.5	1.0
C-3	Arrival Time	54							
C-3	Definition	67	60	59	59	60	61	65	76
C-3	C50	3.1	1.8	1.6	1.7	1.7	1.9	2.7	4.9
C-3	C80	5.8	4.2	4.0	4.0	4.1	4.4	5.3	8.2
C-3	Sound Strength	1.1	2.2	2.4	2.5	2.3	2.0	1.5	0.1
C-3	STI (M)	0.61							
C-3	Articulation Loss (M)	6.1							
C-12	Direct SPL (Z)	81.7	73.7	73.7	73.6	73.6	73.4	73.0	71.4
C-12	Direct SPL (A)	80.1	58.1	65.3	70.5	73.5	74.6	73.9	70.4
C-12	Total SPL (Z)	89.4	81.5	81.6	81.7	81.5	81.2	80.4	78.0
C-12	Total SPL (A)	87.8	65.9	73.3	78.5	81.5	82.4	81.4	77.1
C-12	EDT	1.3	1.8	1.8	1.8	1.7	1.6	1.3	0.7
C-12	T10	1.6	1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.0
C-12	T20	1.6	1.9	2.0	1.9	1.9	1.7	1.5	1.0
C-12	T30	1.7	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.5	1.1
C-12	Arrival Time	72							
C-12	Definition	67	60	59	59	59	61	65	76
C-12	C50	3.0	1.7	1.6	1.6	1.6	1.9	2.6	4.9
C-12	C80	5.6	4.1	3.9	3.9	4.0	4.3	5.3	8.3
C-12	Sound Strength	-1.4	-0.1	0.1	0.1	0.0	-0.3	-0.9	-2.8
C-12	STI (M)	0.60							
C-12	Articulation Loss (M)	6.7							
6-1	Direct SPL (Z)	79.4	71.5	71.4	71.4	71.3	71.2	70.6	68.6
6-1	Direct SPL (A)	77.8	55.9	63.1	68.3	71.3	72.3	71.5	67.7
6-1	Total SPL (Z)	87.1	79.3	79.4	79.4	79.3	78.9	78.0	75.0
6-1	Total SPL (A)	85.4	63.7	71.0	76.3	79.3	80.1	79.0	74.2
6-1	EDT	1.3	1.9	1.9	2.0	1.8	1.7	1.3	0.7
6-1	T10	1.7	2.1	2.1	2.1	2.0	1.9	1.6	1.1

6-1	T20	1.7	2.0	2.1	2.1	2.0	1.8	1.6	1.1
6-1	T30	1.8	2.1	2.1	2.1	2.0	1.8	1.6	1.2
6-1	Arrival Time	92							
6-1	Definition	65	58	58	58	58	59	63	75
6-1	C50	2.7	1.4	1.4	1.4	1.4	1.7	2.4	4.8
6-1	C80	4.9	3.3	3.2	3.3	3.3	3.7	4.6	7.6
6-1	Sound Strength	-3.9	-2.3	-2.2	-2.1	-2.2	-2.5	-3.3	-5.8
6-1	STI (M)	0.58							
6-1	Articulation Loss (M)	7.5							
6-12	Direct SPL (Z)	77.1	69.3	69.2	69.2	69.1	68.9	68.2	65.6
6-12	Direct SPL (A)	75.4	53.7	60.9	66.0	69.0	70.0	69.1	64.7
6-12	Total SPL (Z)	85.2	77.5	77.5	77.5	77.3	76.9	75.9	72.4
6-12	Total SPL (A)	83.4	61.9	69.2	74.4	77.3	78.1	76.8	71.6
6-12	EDT	1.4	1.9	2.0	1.9	1.8	1.7	1.3	0.7
6-12	T10	1.7	2.0	2.1	2.1	1.9	1.8	1.6	1.1
6-12	T20	1.8	2.0	2.0	2.1	2.0	1.9	1.6	1.1
6-12	T30	1.8	2.1	2.1	2.1	2.0	1.9	1.7	1.2
6-12	Arrival Time	119							
6-12	Definition	66	59	58	59	60	61	64	76
6-12	C50	2.8	1.6	1.5	1.6	1.7	1.9	2.5	5.0
6-12	C80	5.2	3.8	3.6	3.6	3.8	4.1	5.0	8.0
6-12	Sound Strength	-6.2	-4.1	-4.0	-4.0	-4.2	-4.6	-5.5	-8.5
6-12	STI (M)	0.59							
6-12	Articulation Loss (M)	7.1							
A-3	Direct SPL (Z)	85.8	77.6	77.6	77.6	77.6	77.5	77.2	76.2
A-3	Direct SPL (A)	84.3	62.0	69.3	74.5	77.5	78.7	78.1	75.2
A-3	Total SPL (Z)	93.4	85.3	85.5	85.5	85.3	85.1	84.5	82.8
A-3	Total SPL (A)	91.7	69.7	77.1	82.4	85.3	86.2	85.4	81.8
A-3	EDT	1.0	1.4	1.5	1.4	1.4	1.3	1.1	0.7
A-3	T10	1.3	1.6	1.7	1.6	1.6	1.5	1.3	0.9
A-3	T20	1.4	1.7	1.8	1.7	1.7	1.6	1.3	0.9
A-3	T30	1.5	1.9	1.9	1.8	1.9	1.6	1.4	1.0
A-3	Arrival Time	45							
A-3	Definition	72	65	65	64	65	66	70	80
A-3	C50	4.1	2.7	2.6	2.6	2.7	2.9	3.6	6.0
A-3	C80	6.4	4.8	4.7	4.7	4.7	5.0	5.9	8.8
A-3	Sound Strength	2.9	3.8	3.9	4.0	3.8	3.6	3.2	2.1
A-3	STI (M)	0.64							
A-3	Articulation Loss (M)	5.3							
A-12	Direct SPL (Z)	83.0	74.9	74.9	74.8	74.8	74.7	74.3	72.9
A-12	Direct SPL (A)	81.4	59.3	66.5	71.7	74.8	75.8	75.2	71.9
A-12	Total SPL (Z)	90.9	83.0	83.1	83.1	83.0	82.7	82.0	79.7
A-12	Total SPL (A)	89.3	67.3	74.7	80.0	82.9	83.9	82.9	78.8

A-12	EDT	1.2	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.2	0.8
A-12	T10	1.4	1.9	1.8	1.8	1.7	1.6	1.4	0.9
A-12	T20	1.6	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.5	1.0
A-12	T30	1.7	2.0	2.0	1.9	1.9	1.7	1.5	1.0
A-12	Arrival Time	62							
A-12	Definition	68	61	61	60	61	62	66	77
A-12	C50	3.3	2.0	1.9	1.7	1.9	2.1	2.9	5.3
A-12	C80	4.9	3.5	3.4	3.2	3.4	3.7	4.5	7.3
A-12	Sound Strength	0.2	1.4	1.5	1.6	1.4	1.2	0.7	-1.0
A-12	STI (M)	0.62							
A-12	Articulation Loss (M)	6.0							
2-1	Direct SPL (Z)	80.1	72.2	72.1	72.1	72.0	71.9	71.4	69.5
2-1	Direct SPL (A)	78.5	56.6	63.8	69.0	72.0	73.1	72.3	68.6
2-1	Total SPL (Z)	88.6	80.8	80.9	80.9	80.7	80.4	79.4	76.5
2-1	Total SPL (A)	86.9	65.2	72.6	77.8	80.7	81.5	80.4	75.7
2-1	EDT	1.3	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.3	1.0
2-1	T10	1.5	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.4	0.9
2-1	T20	1.6	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.5	1.0
2-1	T30	1.8	2.1	2.1	2.1	2.0	1.8	1.6	1.1
2-1	Arrival Time	85							
2-1	Definition	61	54	54	54	53	54	59	72
2-1	C50	1.9	0.7	0.6	0.6	0.6	0.8	1.6	4.0
2-1	C80	3.3	1.9	1.8	1.8	1.9	2.1	3.0	5.6
2-1	Sound Strength	-2.5	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-1.1	-1.9	-4.3
2-1	STI (M)	0.57							
2-1	Articulation Loss (M)	7.6							
2-12	Direct SPL (Z)	77.9	70.0	70.0	70.0	69.9	69.7	69.0	66.6
2-12	Direct SPL (A)	76.2	54.4	61.6	66.8	69.8	70.9	70.0	65.8
2-12	Total SPL (Z)	86.2	78.5	78.6	78.6	78.4	78.0	76.8	73.4
2-12	Total SPL (A)	84.4	62.9	70.2	75.4	78.3	79.1	77.7	72.6
2-12	EDT	1.4	1.8	1.7	1.7	1.7	1.6	1.3	1.1
2-12	T10	1.7	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.6	0.9
2-12	T20	1.7	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.5	1.1
2-12	T30	1.8	2.2	2.1	2.1	1.9	1.8	1.6	1.1
2-12	Arrival Time	109							
2-12	Definition	56	48	48	48	49	50	56	68
2-12	C50	1.1	-0.3	-0.3	-0.4	-0.2	0.1	1.0	3.4
2-12	C80	2.1	0.5	0.5	0.4	0.7	1.1	2.0	4.4
2-12	Sound Strength	-5.2	-3.0	-3.0	-2.9	-3.1	-3.5	-4.6	-7.5
2-12	STI (M)	0.55							
2-12	Articulation Loss (M)	8.5							
E-3	Direct SPL (Z)	85.8	77.6	77.6	77.6	77.6	77.5	77.2	76.2
E-3	Direct SPL (A)	84.3	62.0	69.3	74.5	77.5	78.7	78.1	75.2

E-3	Total SPL (Z)	93.2	85.2	85.2	85.3	85.2	84.9	84.4	82.6
E-3	Total SPL (A)	91.6	69.5	76.9	82.2	85.1	86.1	85.3	81.6
E-3	EDT	1.1	1.6	1.6	1.5	1.5	1.3	1.1	0.8
E-3	T10	1.3	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.3	0.9
E-3	T20	1.4	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.3	0.9
E-3	T30	1.5	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.4	1.0
E-3	Arrival Time	45							
E-3	Definition	70	62	62	62	62	64	68	78
E-3	C50	3.7	2.1	2.1	2.0	2.2	2.4	3.2	5.6
E-3	C80	5.9	4.1	4.1	4.1	4.2	4.5	5.5	8.2
E-3	Sound Strength	2.7	3.6	3.7	3.8	3.7	3.4	3.0	1.9
E-3	STI (M)	0.63							
E-3	Articulation Loss (M)	5.7							
E-12	Direct SPL (Z)	82.9	74.9	74.8	74.8	74.8	74.7	74.3	72.9
E-12	Direct SPL (A)	81.3	59.3	66.5	71.7	74.7	75.8	75.2	71.9
E-12	Total SPL (Z)	91.4	83.4	83.6	83.6	83.4	83.1	82.4	80.1
E-12	Total SPL (A)	89.7	67.8	75.2	80.4	83.4	84.2	83.3	79.2
E-12	EDT	1.1	1.5	1.6	1.5	1.5	1.4	1.2	0.8
E-12	T10	1.3	1.7	1.7	1.7	1.7	1.5	1.3	0.9
E-12	T20	1.5	1.8	1.8	1.9	1.8	1.7	1.4	1.0
E-12	T30	1.6	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.5	1.0
E-12	Arrival Time	62							
E-12	Definition	67	61	60	60	60	61	65	76
E-12	C50	3.2	1.9	1.8	1.8	1.8	2.0	2.8	5.1
E-12	C80	5.1	3.7	3.6	3.6	3.6	3.8	4.7	7.4
E-12	Sound Strength	0.6	1.9	2.0	2.0	1.9	1.6	1.1	-0.6
E-12	STI (M)	0.61							
E-12	Articulation Loss (M)	6.1							
11-1	Direct SPL (Z)	80.1	72.1	72.1	72.1	72.0	71.9	71.4	69.4
11-1	Direct SPL (A)	78.5	56.5	63.8	68.9	72.0	73.0	72.3	68.5
11-1	Total SPL (Z)	88.5	80.7	80.8	80.8	80.7	80.2	79.3	76.3
11-1	Total SPL (A)	86.7	65.1	72.5	77.7	80.6	81.4	80.2	75.5
11-1	EDT	1.4	1.8	1.8	1.8	1.7	1.6	1.4	1.1
11-1	T10	1.5	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.4	0.9
11-1	T20	1.6	1.9	2.0	1.9	1.8	1.8	1.4	1.0
11-1	T30	1.7	2.0	2.1	2.0	1.9	1.9	1.5	1.1
11-1	Arrival Time	85							
11-1	Definition	59	52	51	51	51	53	57	71
11-1	C50	1.6	0.3	0.2	0.2	0.3	0.5	1.2	3.8
11-1	C80	2.5	1.0	0.9	0.9	1.0	1.3	2.2	5.0
11-1	Sound Strength	-2.6	-0.9	-0.7	-0.7	-0.9	-1.3	-2.1	-4.5
11-1	STI (M)	0.56							
11-1	Articulation Loss (M)	8.2							

11-12	Direct SPL (Z)	77.9	70.0	70.0	69.9	69.9	69.7	69.0	66.6
11-12	Direct SPL (A)	76.2	54.4	61.6	66.8	69.8	70.8	69.9	65.7
11-12	Total SPL (Z)	86.0	78.4	78.4	78.4	78.2	77.8	76.6	73.2
11-12	Total SPL (A)	84.2	62.7	70.0	75.3	78.1	78.9	77.6	72.4
11-12	EDT	1.5	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.4	1.1
11-12	T10	1.7	2.1	2.0	2.0	1.9	1.8	1.6	1.0
11-12	T20	1.7	2.0	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.1
11-12	T30	1.8	2.1	2.1	2.2	2.0	1.9	1.6	1.1
11-12	Arrival Time	109							
11-12	Definition	58	49	49	49	50	52	57	70
11-12	C50	1.4	-0.2	-0.2	-0.3	0.0	0.3	1.2	3.7
11-12	C80	2.0	0.3	0.3	0.2	0.6	0.9	1.9	4.5
11-12	Sound Strength	-5.4	-3.2	-3.2	-3.1	-3.4	-3.7	-4.7	-7.7
11-12	STI (M)	0.56							
11-12	Articulation Loss (M)	8.4							
B-8	Direct SPL (Z)	83.1	75.0	75.0	75.0	74.9	74.8	74.5	73.1
B-8	Direct SPL (A)	81.5	59.4	66.7	71.8	74.9	76.0	75.4	72.1
B-8	Total SPL (Z)	91.6	83.7	83.7	83.8	83.6	83.3	82.6	80.4
B-8	Total SPL (A)	89.9	68.0	75.4	80.7	83.6	84.5	83.6	79.5
B-8	EDT	1.0	1.5	1.5	1.5	1.4	1.3	1.1	0.6
B-8	T10	1.4	1.8	1.8	1.8	1.7	1.6	1.4	1.0
B-8	T20	1.5	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.4	1.0
B-8	T30	1.6	1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.0
B-8	Arrival Time	61							
B-8	Definition	74	68	67	67	67	68	72	81
B-8	C50	4.5	3.3	3.1	3.1	3.2	3.3	4.1	6.4
B-8	C80	6.4	5.0	4.8	4.7	4.9	5.0	5.9	8.8
B-8	Sound Strength	0.9	2.1	2.2	2.3	2.1	1.8	1.3	-0.3
B-8	STI (M)	0.63							
B-8	Articulation Loss (M)	5.7							
B-18	Direct SPL (Z)	80.5	72.5	72.5	72.5	72.4	72.3	71.8	70.0
B-18	Direct SPL (A)	78.9	56.9	64.2	69.3	72.4	73.4	72.7	69.0
B-18	Total SPL (Z)	88.8	81.0	81.0	81.0	80.9	80.5	79.6	76.8
B-18	Total SPL (A)	87.0	65.3	72.7	77.9	80.8	81.7	80.5	76.0
B-18	EDT	1.2	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.2	0.7
B-18	T10	1.6	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.5	1.0
B-18	T20	1.7	1.9	2.0	2.0	1.9	1.8	1.5	1.1
B-18	T30	1.8	2.0	2.1	2.1	2.0	1.8	1.6	1.1
B-18	Arrival Time	82							
B-18	Definition	66	60	59	59	59	61	65	76
B-18	C50	3.0	1.7	1.5	1.6	1.6	1.9	2.7	5.0
B-18	C80	5.0	3.6	3.3	3.5	3.5	3.8	4.7	7.5
B-18	Sound Strength	-2.3	-0.6	-0.5	-0.5	-0.7	-1.0	-1.7	-3.9

B-18	STI (M)	0.58							
B-18	Articulation Loss (M)	7.3							
4-7	Direct SPL (Z)	78.2	70.3	70.3	70.2	70.2	70.0	69.4	67.0
4-7	Direct SPL (A)	76.5	54.7	61.9	67.1	70.1	71.2	70.3	66.1
4-7	Total SPL (Z)	86.9	79.1	79.2	79.2	79.0	78.6	77.6	74.5
4-7	Total SPL (A)	85.1	63.5	70.8	76.0	79.0	79.8	78.6	73.6
4-7	EDT	1.4	1.9	1.9	1.9	1.8	1.6	1.4	0.7
4-7	T10	1.6	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.6	1.1
4-7	T20	1.7	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8	1.5	1.1
4-7	T30	1.8	2.0	2.0	2.1	2.0	1.8	1.6	1.1
4-7	Arrival Time	105							
4-7	Definition	69	62	62	62	63	64	67	79
4-7	C50	3.4	2.2	2.1	2.0	2.3	2.4	3.2	5.7
4-7	C80	5.1	3.5	3.5	3.4	3.7	3.9	4.9	7.8
4-7	Sound Strength	-4.3	-2.4	-2.4	-2.4	-2.5	-2.9	-3.7	-6.4
4-7	STI (M)	0.60							
4-7	Articulation Loss (M)	6.6							
D-8	Direct SPL (Z)	83.1	75.0	75.0	75.0	74.9	74.8	74.4	73.1
D-8	Direct SPL (A)	81.5	59.4	66.6	71.8	74.9	76.0	75.4	72.1
D-8	Total SPL (Z)	91.1	83.1	83.2	83.3	83.1	82.8	82.1	79.9
D-8	Total SPL (A)	89.4	67.5	74.9	80.2	83.1	84.0	83.0	79.0
D-8	EDT	1.1	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.2	0.7
D-8	T10	1.5	1.8	1.8	1.8	1.8	1.6	1.4	1.0
D-8	T20	1.5	1.8	1.9	1.9	1.8	1.7	1.4	1.0
D-8	T30	1.6	1.9	2.0	2.0	1.8	1.7	1.5	1.0
D-8	Arrival Time	61							
D-8	Definition	69	63	62	62	62	63	67	78
D-8	C50	3.6	2.3	2.1	2.1	2.2	2.4	3.2	5.5
D-8	C80	5.7	4.2	4.1	4.1	4.2	4.4	5.3	8.2
D-8	Sound Strength	0.4	1.6	1.7	1.8	1.6	1.3	0.8	-0.8
D-8	STI (M)	0.61							
D-8	Articulation Loss (M)	6.3							
D-18	Direct SPL (Z)	80.5	72.5	72.5	72.5	72.4	72.3	71.8	69.9
D-18	Direct SPL (A)	78.9	56.9	64.1	69.3	72.4	73.4	72.7	69.0
D-18	Total SPL (Z)	88.5	80.7	80.7	80.8	80.6	80.2	79.4	76.6
D-18	Total SPL (A)	86.8	65.0	72.4	77.6	80.6	81.4	80.3	75.7
D-18	EDT	1.2	1.8	1.8	1.8	1.7	1.5	1.2	0.8
D-18	T10	1.6	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.5	1.0
D-18	T20	1.7	2.0	2.0	2.1	1.9	1.8	1.5	1.1
D-18	T30	1.8	2.1	2.1	2.1	2.1	1.8	1.6	1.1
D-18	Arrival Time	82							
D-18	Definition	65	58	58	57	58	59	63	75
D-18	C50	2.7	1.4	1.4	1.3	1.3	1.6	2.4	4.7

D-18	C80	4.6	3.2	3.1	3.0	3.0	3.4	4.3	7.2
D-18	Sound Strength	-2.5	-0.9	-0.8	-0.8	-0.9	-1.2	-2.0	-4.2
D-18	STI (M)	0.58							
D-18	Articulation Loss (M)	7.5							
9-7	Direct SPL (Z)	78.2	70.3	70.3	70.2	70.2	70.0	69.3	67.0
9-7	Direct SPL (A)	76.5	54.7	61.9	67.1	70.1	71.1	70.3	66.1
9-7	Total SPL (Z)	86.9	79.2	79.2	79.3	79.1	78.6	77.7	74.5
9-7	Total SPL (A)	85.1	63.5	70.8	76.1	79.0	79.8	78.6	73.7
9-7	EDT	1.4	1.8	1.9	1.9	1.8	1.7	1.4	0.7
9-7	T10	1.7	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.6	1.1
9-7	T20	1.7	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.5	1.1
9-7	T30	1.8	2.3	2.0	2.1	2.0	1.8	1.6	1.1
9-7	Arrival Time	105							
9-7	Definition	69	63	62	62	62	64	68	79
9-7	C50	3.5	2.2	2.2	2.2	2.2	2.6	3.3	5.8
9-7	C80	5.1	3.5	3.5	3.6	3.5	3.9	4.9	7.8
9-7	Sound Strength	-4.3	-2.4	-2.4	-2.3	-2.4	-2.8	-3.7	-6.4
9-7	STI (M)	0.60							
9-7	Articulation Loss (M)	6.7							
A-15	Direct SPL (Z)	82.7	74.6	74.6	74.6	74.5	74.4	74.0	72.6
A-15	Direct SPL (A)	81.1	59.0	66.2	71.4	74.5	75.6	74.9	71.6
A-15	Total SPL (Z)	90.8	82.9	83.0	83.1	82.8	82.4	81.6	79.2
A-15	Total SPL (A)	89.0	67.3	74.7	79.9	82.8	83.6	82.6	78.3
A-15	EDT	1.3	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.3	1.1
A-15	T10	1.4	1.8	1.8	1.8	1.7	1.6	1.3	0.9
A-15	T20	1.6	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.4	1.0
A-15	T30	1.7	2.0	2.0	2.1	1.9	1.8	1.5	1.0
A-15	Arrival Time	64							
A-15	Definition	60	51	51	51	52	53	58	70
A-15	C50	1.7	0.3	0.2	0.2	0.3	0.5	1.4	3.7
A-15	C80	3.3	1.7	1.6	1.6	1.8	2.0	2.9	5.6
A-15	Sound Strength	-0.2	1.4	1.5	1.5	1.3	1.0	0.3	-1.6
A-15	STI (M)	0.58							
A-15	Articulation Loss (M)	7.3							
1-12	Direct SPL (Z)	78.3	70.4	70.4	70.3	70.2	70.1	69.4	67.1
1-12	Direct SPL (A)	76.6	54.8	62.0	67.2	70.2	71.2	70.4	66.3
1-12	Total SPL (Z)	85.5	77.9	77.9	77.9	77.7	77.2	76.1	72.6
1-12	Total SPL (A)	83.7	62.3	69.6	74.7	77.7	78.3	77.0	71.8
1-12	EDT	1.7	2.2	2.2	2.2	2.1	1.9	1.7	1.4
1-12	T10	1.8	2.1	2.2	2.1	2.0	1.9	1.6	1.1
1-12	T20	1.8	2.2	2.2	2.1	2.1	1.9	1.6	1.2
1-12	T30	2.0	2.4	2.3	2.2	2.4	2.0	1.7	1.2
1-12	Arrival Time	104							

1-12	Definition	57	48	48	48	49	50	56	72
1-12	C50	1.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	0.1	1.1	4.0
1-12	C80	1.8	0.1	0.0	0.1	0.3	0.6	1.6	4.7
1-12	Sound Strength	-5.9	-3.7	-3.6	-3.6	-3.8	-4.3	-5.3	-8.2
1-12	STI (M)	0.55							
1-12	Articulation Loss (M)	8.8							
E-15	Direct SPL (Z)	82.7	74.6	74.6	74.5	74.5	74.4	74.0	72.5
E-15	Direct SPL (A)	81.1	59.0	66.2	71.4	74.5	75.5	74.9	71.6
E-15	Total SPL (Z)	90.5	82.7	82.7	82.8	82.6	82.2	81.4	78.9
E-15	Total SPL (A)	88.8	67.1	74.4	79.7	82.6	83.4	82.3	78.1
E-15	EDT	1.4	1.8	1.8	1.8	1.7	1.6	1.4	1.1
E-15	T10	1.4	1.8	1.8	1.8	1.7	1.6	1.4	1.0
E-15	T20	1.6	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.5	1.0
E-15	T30	1.7	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.5	1.0
E-15	Arrival Time	64							
E-15	Definition	59	50	50	50	51	52	57	70
E-15	C50	1.6	0.1	-0.1	-0.1	0.1	0.4	1.2	3.8
E-15	C80	3.0	1.2	1.1	1.1	1.3	1.7	2.6	5.4
E-15	Sound Strength	-0.4	1.1	1.2	1.3	1.1	0.8	0.1	-1.8
E-15	STI (M)	0.57							
E-15	Articulation Loss (M)	7.7							
12-12	Direct SPL (Z)	78.3	70.4	70.4	70.3	70.2	70.1	69.4	67.1
12-12	Direct SPL (A)	76.6	54.8	62.0	67.2	70.2	71.2	70.4	66.2
12-12	Total SPL (Z)	85.7	78.1	78.1	78.2	77.9	77.4	76.3	72.7
12-12	Total SPL (A)	83.9	62.5	69.8	75.0	77.8	78.6	77.2	71.9
12-12	EDT	1.7	2.1	2.1	2.1	2.0	1.9	1.7	1.4
12-12	T10	1.7	2.0	2.1	2.0	1.9	1.9	1.6	1.1
12-12	T20	1.8	2.2	2.1	2.2	1.9	1.9	1.6	1.1
12-12	T30	1.9	2.2	2.1	2.3	2.1	2.0	1.7	1.1
12-12	Arrival Time	104							
12-12	Definition	55	45	45	45	46	48	54	70
12-12	C50	0.9	-0.8	-0.8	-0.9	-0.7	-0.4	0.8	3.6
12-12	C80	1.3	-0.6	-0.5	-0.6	-0.3	0.0	1.2	4.1
12-12	Sound Strength	-5.7	-3.5	-3.4	-3.4	-3.6	-4.1	-5.1	-8.1
12-12	STI (M)	0.54							
12-12	Articulation Loss (M)	9.3							
Orchestra	Direct SPL (Z)	90.7	82.5	82.4	82.4	82.4	82.4	82.2	81.6
Orchestra	Direct SPL (A)	89.2	66.8	74.1	79.3	82.4	83.5	83.1	80.5
Orchestra	Total SPL (Z)	97.8	89.6	89.7	89.8	89.7	89.5	89.0	87.5
Orchestra	Total SPL (A)	96.2	74.0	81.4	86.7	89.7	90.7	90.0	86.5
Orchestra	EDT	0.6	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5
Orchestra	T10	1.0	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.0	0.7
Orchestra	T20	1.2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.2	0.8

Orchestra	T30	1.4	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.3	0.9
Orchestra	Arrival Time	26							
Orchestra	Definition	39	35	34	34	34	35	37	44
Orchestra	C50	-2.0	-2.7	-2.9	-3.0	-2.9	-2.8	-2.4	-1.0
Orchestra	C80	7.9	6.2	6.1	6.2	6.4	6.8	7.6	9.8
Orchestra	Sound Strength	7.5	8.1	8.2	8.3	8.2	8.0	7.7	6.8
Orchestra	STI (M)	0.64							
Orchestra	Articulation Loss (M)	5.2							
Stage	Direct SPL (Z)	116.0	107.6	107.6	107.6	107.6	107.6	107.6	107.5
Stage	Direct SPL (A)	114.5	92.0	99.2	104.4	107.5	108.7	108.5	106.4
Stage	Total SPL (Z)	116.3	107.9	107.9	107.9	107.9	107.9	107.9	107.9
Stage	Total SPL (A)	114.9	92.3	99.5	104.7	107.9	109.1	108.8	106.7
Stage	EDT	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Stage	T10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Stage	T20	0.3	0.6	0.7	0.7	0.6	0.5	0.4	0.2
Stage	T30	0.8	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	0.9	0.6
Stage	Arrival Time	1							
Stage	Definition	100	99	99	99	99	99	100	100
Stage	C50	23.9	21.7	21.6	21.7	21.9	22.4	23.2	25.7
Stage	C80	25.8	23.3	23.2	23.2	23.5	24.1	25.0	28.2
Stage	Sound Strength	26.9	26.3	26.3	26.4	26.4	26.5	26.7	27.3
Stage	STI (M)	1.00							
Stage	Articulation Loss (M)	1.0							
Arch Left	Direct SPL (Z)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Arch Left	Direct SPL (A)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Arch Left	Total SPL (Z)	91.5	83.7	83.8	83.6	83.3	82.9	82.2	80.2
Arch Left	Total SPL (A)	89.6	68.1	75.4	80.4	83.3	84.1	83.2	79.3
Arch Left	EDT	1.1	1.4	1.5	1.5	1.4	1.3	1.1	0.8
Arch Left	T10	1.3	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.2	0.9
Arch Left	T20	1.5	1.7	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	0.9
Arch Left	T30	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.4	1.0
Arch Left	Arrival Time	69							
Arch Left	Definition	50	52	51	51	53	55	59	70
Arch Left	C50	0.0	0.3	0.2	0.2	0.5	0.8	1.6	3.7
Arch Left	C80	2.4	2.3	2.2	2.1	2.4	2.8	3.6	6.1
Arch Left	Sound Strength	0.2	2.2	2.2	2.1	1.8	1.5	0.9	-0.5
Arch Left	STI (M)	0.54							
Arch Left	Articulation Loss (M)	9.4							
Arch Center	Direct SPL (Z)	0.0	84.6	84.6	84.6	84.6	84.5	84.4	83.9
Arch Center	Direct SPL (A)	0.0	69.0	76.2	81.4	84.5	85.7	85.3	82.9
Arch Center	Total SPL (Z)	91.4	90.2	90.3	90.3	90.1	90.0	89.7	88.8
Arch Center	Total SPL (A)	89.6	74.6	81.9	87.1	90.1	91.1	90.6	87.8
Arch Center	EDT	1.1	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3

Arch Center	T10	1.3	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0	0.5
Arch Center	T20	1.4	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.2	0.8
Arch Center	T30	1.5	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.3	0.9
Arch Center	Arrival Time	38							
Arch Center	Definition	61	85	85	86	86	87	89	93
Arch Center	C50	1.9	7.7	7.5	7.8	8.0	8.3	9.1	11.6
Arch Center	C80	4.0	9.3	9.2	9.4	9.6	10.1	11.0	14.1
Arch Center	Sound Strength	0.6	8.7	8.7	8.7	8.6	8.5	8.4	8.2
Arch Center	STI (M)	0.59							
Arch Center	Articulation Loss (M)	7.0							
Arch Right	Direct SPL (Z)	92.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Arch Right	Direct SPL (A)	91.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Arch Right	Total SPL (Z)	98.4	84.8	84.8	84.6	84.4	84.0	83.5	81.7
Arch Right	Total SPL (A)	96.8	69.2	76.4	81.5	84.4	85.2	84.4	80.8
Arch Right	EDT	0.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.1	0.7
Arch Right	T10	0.9	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.2	0.9
Arch Right	T20	1.2	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.3	0.9
Arch Right	T30	1.3	1.8	1.8	1.8	1.8	1.6	1.4	0.9
Arch Right	Arrival Time	20							
Arch Right	Definition	90	62	61	61	63	65	69	79
Arch Right	C50	9.7	2.1	2.0	2.0	2.2	2.7	3.4	5.7
Arch Right	C80	11.7	3.9	3.8	3.8	4.0	4.4	5.3	8.0
Arch Right	Sound Strength	8.4	3.2	3.2	3.1	2.9	2.6	2.2	1.1
Arch Right	STI (M)	0.77							
Arch Right	Articulation Loss (M)	2.6							
Entrance	Direct SPL (Z)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Entrance	Direct SPL (A)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Entrance	Total SPL (Z)	92.5	83.9	84.0	83.8	83.6	83.0	82.0	79.1
Entrance	Total SPL (A)	90.8	68.3	75.6	80.7	83.6	84.2	83.0	78.3
Entrance	EDT	1.0	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	0.8
Entrance	T10	1.3	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.2	0.8
Entrance	T20	1.4	1.8	1.8	1.8	1.7	1.6	1.3	0.9
Entrance	T30	1.5	1.9	2.0	2.0	1.8	1.7	1.4	1.0
Entrance	Arrival Time	38							
Entrance	Definition	71	41	41	41	42	45	49	60
Entrance	C50	3.8	-1.5	-1.6	-1.5	-1.4	-0.9	-0.2	1.8
Entrance	C80	5.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.4	2.3	4.7
Entrance	Sound Strength	1.9	2.4	2.4	2.3	2.1	1.5	0.7	-1.7
Entrance	STI (M)	0.63							
Entrance	Articulation Loss (M)	5.8							

Πίνακας Δ. 4 Τιμές υπολογισμών από το σενάριο S3, με προσομοίωση του επιδαπέδιου συστήματος (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

ΕΠΙΔΑΠΕΔΙΟ ΗΧΟΣΥΣΤΗΜΑ									
Θέση	Δείκτης	Πλήρες Φάσμα	Συχνότητα (Hz)						
			125	250	500	1000	2000	4000	8000
C-3	Direct SPL (Z)	92.9	86.8	85.9	83.6	84.0	83.4	81.6	83.6
C-3	Direct SPL (A)	90.3	71.1	77.5	80.1	84.1	84.6	82.5	82.2
C-3	Total SPL (Z)	97.5	91.7	90.5	88.3	88.3	87.9	86.5	87.5
C-3	Total SPL (A)	94.8	76.0	82.1	84.9	88.4	89.1	87.5	86.2
C-3	EDT	0.5	1.0	0.9	0.9	1.0	0.8	0.6	0.6
C-3	T10	1.0	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.3	0.6
C-3	T20	1.3	1.8	1.7	1.7	1.7	1.5	1.3	0.8
C-3	T30	1.5	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.4	0.9
C-3	Arrival Time	17							
C-3	Definition	75	59	64	66	71	70	65	83
C-3	C50	4.9	1.6	2.6	2.8	3.8	3.8	2.8	6.9
C-3	C80	9.6	5.3	6.1	6.3	7.0	7.8	8.5	12.8
C-3	Sound Strength	-0.2	1.6	0.8	-0.4	0.6	-0.3	-1.8	0.4
C-3	STI (M)	0.67							
C-3	Articulation Loss (M)	4.5							
C-12	Direct SPL (Z)	89.0	82.6	81.9	80.6	79.6	79.5	79.3	78.9
C-12	Direct SPL (A)	86.6	66.9	73.5	77.2	79.6	80.6	80.2	77.7
C-12	Total SPL (Z)	93.7	88.7	87.0	84.8	84.1	83.3	82.4	81.7
C-12	Total SPL (A)	90.4	73.0	78.5	81.4	84.1	84.5	83.3	80.5
C-12	EDT	0.9	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	0.9	0.6
C-12	T10	1.4	1.8	1.8	1.8	1.9	1.7	1.4	0.8
C-12	T20	1.6	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.5	1.0
C-12	T30	1.7	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.5	1.0
C-12	Arrival Time	36							
C-12	Definition	68	36	45	53	51	61	69	80
C-12	C50	3.3	-2.5	-1.0	0.6	0.2	1.9	3.6	6.1
C-12	C80	5.3	2.6	2.9	3.3	2.8	3.7	5.0	8.0
C-12	Sound Strength	-5.2	-1.4	-2.8	-3.9	-3.7	-4.9	-5.9	-5.6
C-12	STI (M)	0.58							
C-12	Articulation Loss (M)	7.4							
6-1	Direct SPL (Z)	86.7	80.0	79.4	78.5	78.0	78.1	76.3	75.3
6-1	Direct SPL (A)	84.4	64.4	71.1	75.2	78.1	79.3	77.2	74.0
6-1	Total SPL (Z)	92.6	87.6	85.9	83.8	83.6	82.8	80.6	78.7
6-1	Total SPL (A)	89.3	72.0	77.4	80.5	83.6	84.0	81.5	77.6
6-1	EDT	0.8	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.6
6-1	T10	1.7	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	1.6	0.9
6-1	T20	1.7	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.5	1.0

6-1	T30	1.7	2.0	2.0	2.0	1.8	1.9	1.5	1.1
6-1	Arrival Time	57							
6-1	Definition	50	28	34	40	37	45	51	66
6-1	C50	0.1	-4.2	-3.0	-1.8	-2.4	-0.9	0.2	3.0
6-1	C80	5.6	3.0	3.5	4.1	4.3	5.0	5.4	8.1
6-1	Sound Strength	-7.0	-2.5	-3.8	-4.9	-4.2	-5.5	-7.7	-8.6
6-1	STI (M)	0.59							
6-1	Articulation Loss (M)	7.0							
6-12	Direct SPL (Z)	84.2	77.7	77.2	76.0	74.8	74.4	75.2	73.7
6-12	Direct SPL (A)	81.9	62.1	68.8	72.7	74.8	75.6	76.1	72.7
6-12	Total SPL (Z)	89.3	84.5	82.8	80.4	79.7	78.5	77.7	75.5
6-12	Total SPL (A)	85.7	68.8	74.3	77.1	79.6	79.7	78.6	74.6
6-12	EDT	1.2	1.7	1.7	1.8	1.9	1.8	1.1	0.5
6-12	T10	2.0	2.0	2.0	2.1	2.0	1.9	1.8	1.3
6-12	T20	1.7	2.1	2.0	2.0	2.0	1.8	1.5	1.2
6-12	T30	1.8	2.1	2.0	2.1	1.9	1.7	1.6	1.1
6-12	Arrival Time	85							
6-12	Definition	65	46	49	54	50	54	70	80
6-12	C50	2.7	-0.7	-0.2	0.7	-0.1	0.8	3.6	6.0
6-12	C80	5.3	2.7	3.0	3.6	2.9	3.4	6.1	8.6
6-12	Sound Strength	-10.4	-5.6	-7.0	-8.3	-8.2	-9.7	-10.5	-12.0
6-12	STI (M)	0.60							
6-12	Articulation Loss (M)	6.7							
A-3	Direct SPL (Z)	92.1	87.5	86.3	82.5	80.9	79.8	80.5	80.9
A-3	Direct SPL (A)	88.0	71.8	77.8	78.7	80.9	81.0	81.4	79.9
A-3	Total SPL (Z)	96.7	92.0	90.6	87.4	86.2	85.3	85.1	84.8
A-3	Total SPL (A)	92.9	76.4	82.1	83.9	86.2	86.5	86.0	83.8
A-3	EDT	1.1	1.1	1.1	1.3	1.3	1.3	1.2	0.9
A-3	T10	1.2	1.5	1.5	1.6	1.6	1.5	1.2	0.9
A-3	T20	1.4	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.4	0.9
A-3	T30	1.6	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.4	0.9
A-3	Arrival Time	18							
A-3	Definition	78	70	74	71	67	68	76	85
A-3	C50	5.4	3.7	4.6	3.8	3.0	3.2	5.1	7.6
A-3	C80	6.5	5.4	6.1	4.9	4.0	4.2	6.0	8.8
A-3	Sound Strength	-2.4	1.9	0.9	-1.4	-1.6	-2.8	-3.1	-2.6
A-3	STI (M)	0.67							
A-3	Articulation Loss (M)	4.5							
A-12	Direct SPL (Z)	90.8	84.8	83.6	81.1	80.3	81.4	81.5	81.8
A-12	Direct SPL (A)	88.3	69.2	75.2	77.7	80.3	82.5	82.4	80.7
A-12	Total SPL (Z)	94.3	89.6	87.6	84.7	84.0	83.8	83.3	83.0
A-12	Total SPL (A)	90.9	74.0	79.0	81.2	84.0	85.0	84.2	81.9
A-12	EDT	1.4	1.5	1.6	1.8	1.7	1.6	1.4	1.2

A-12	T10	1.4	1.7	1.7	1.8	1.8	1.6	1.4	1.0
A-12	T20	1.5	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.4	1.0
A-12	T30	1.7	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.5	1.0
A-12	Arrival Time	33							
A-12	Definition	76	62	63	61	59	66	74	85
A-12	C50	4.9	2.1	2.3	2.0	1.6	2.9	4.5	7.7
A-12	C80	6.2	3.8	3.6	3.1	2.7	4.3	5.9	9.0
A-12	Sound Strength	-4.3	-0.5	-2.2	-4.1	-3.8	-4.3	-4.8	-4.3
A-12	STI (M)	0.64							
A-12	Articulation Loss (M)	5.3							
2-1	Direct SPL (Z)	89.1	83.6	82.6	80.3	80.8	79.4	77.4	74.9
2-1	Direct SPL (A)	86.1	68.1	74.1	76.9	80.8	80.5	78.3	74.0
2-1	Total SPL (Z)	94.5	89.5	87.9	85.5	85.8	84.6	82.0	79.8
2-1	Total SPL (A)	91.1	74.0	79.4	82.2	85.8	85.7	82.9	78.9
2-1	EDT	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.0	1.6	1.2
2-1	T10	1.5	1.6	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.2
2-1	T20	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.7	1.5	1.0
2-1	T30	1.7	2.0	2.0	2.0	1.8	1.7	1.6	1.0
2-1	Arrival Time	31							
2-1	Definition	78	69	71	74	77	77	77	81
2-1	C50	5.4	3.4	4.0	4.6	5.3	5.4	5.3	6.4
2-1	C80	6.3	4.8	5.3	5.7	6.2	6.0	6.1	7.3
2-1	Sound Strength	-5.4	-0.5	-1.9	-3.1	-2.0	-3.8	-6.2	-7.6
2-1	STI (M)	0.67							
2-1	Articulation Loss (M)	4.4							
2-12	Direct SPL (Z)	87.3	80.8	79.8	78.8	78.4	78.5	78.1	76.7
2-12	Direct SPL (A)	85.2	65.2	71.3	75.6	78.3	79.7	79.0	75.6
2-12	Total SPL (Z)	91.2	85.7	84.1	82.4	82.1	81.7	80.9	79.2
2-12	Total SPL (A)	88.5	70.1	75.6	79.1	82.1	82.9	81.9	78.1
2-12	EDT	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	1.9	1.6	0.5
2-12	T10	1.7	1.8	1.8	1.9	1.8	1.8	1.6	1.2
2-12	T20	1.7	2.1	2.0	1.9	1.9	1.8	1.6	1.1
2-12	T30	1.8	2.4	2.1	2.1	2.1	1.9	1.6	1.1
2-12	Arrival Time	47							
2-12	Definition	80	50	57	70	69	75	83	89
2-12	C50	6.0	-0.1	1.2	3.6	3.4	4.9	6.8	9.0
2-12	C80	7.1	1.4	2.6	4.8	4.6	5.9	7.8	10.2
2-12	Sound Strength	-7.3	-4.4	-5.6	-6.3	-5.7	-6.5	-7.3	-8.2
2-12	STI (M)	0.65							
2-12	Articulation Loss (M)	5.0							
E-3	Direct SPL (Z)	92.1	87.5	86.3	82.4	80.7	79.7	80.5	81.0
E-3	Direct SPL (A)	88.0	71.9	77.8	78.7	80.7	80.9	81.4	80.0
E-3	Total SPL (Z)	96.8	92.1	90.7	87.6	86.2	85.3	85.1	84.9

E-3	Total SPL (A)	92.9	76.4	82.2	84.0	86.2	86.4	86.0	83.9
E-3	EDT	1.1	1.1	1.1	1.3	1.3	1.3	1.2	1.0
E-3	T10	1.2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.2	0.9
E-3	T20	1.4	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.3	0.9
E-3	T30	1.6	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.4	0.9
E-3	Arrival Time	19							
E-3	Definition	77	70	74	71	66	67	76	84
E-3	C50	5.3	3.7	4.6	3.9	2.9	3.1	4.9	7.4
E-3	C80	6.4	5.5	6.1	5.0	4.0	4.0	5.8	8.5
E-3	Sound Strength	-2.4	2.0	0.9	-1.3	-1.6	-2.9	-3.0	-2.5
E-3	STI (M)	0.67							
E-3	Articulation Loss (M)	4.5							
E-12	Direct SPL (Z)	90.8	84.8	83.6	81.1	80.3	81.3	81.3	81.8
E-12	Direct SPL (A)	88.2	69.2	75.1	77.6	80.3	82.5	82.2	80.6
E-12	Total SPL (Z)	94.4	89.7	87.7	84.8	84.1	83.8	83.2	83.1
E-12	Total SPL (A)	90.9	74.1	79.1	81.3	84.1	85.0	84.1	81.9
E-12	EDT	1.4	1.5	1.7	1.7	1.8	1.7	1.4	1.0
E-12	T10	1.4	1.7	1.7	1.7	1.8	1.6	1.4	1.1
E-12	T20	1.6	1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.4	1.0
E-12	T30	1.7	2.0	2.0	2.0	2.0	1.8	1.4	1.0
E-12	Arrival Time	33							
E-12	Definition	76	62	63	62	59	66	74	86
E-12	C50	5.0	2.2	2.3	2.1	1.5	2.9	4.5	8.0
E-12	C80	6.4	3.7	3.6	3.2	2.7	4.4	6.0	9.4
E-12	Sound Strength	-4.2	-0.4	-2.1	-4.0	-3.7	-4.3	-4.9	-4.2
E-12	STI (M)	0.64							
E-12	Articulation Loss (M)	5.3							
11-1	Direct SPL (Z)	89.1	83.6	82.6	80.3	80.8	79.4	77.4	75.0
11-1	Direct SPL (A)	86.1	68.1	74.1	77.0	80.8	80.6	78.4	74.1
11-1	Total SPL (Z)	94.5	89.6	88.0	85.5	85.8	84.5	82.0	80.0
11-1	Total SPL (A)	91.1	74.1	79.5	82.2	85.8	85.6	82.9	79.0
11-1	EDT	1.5	1.7	1.8	1.8	2.0	1.9	1.6	1.1
11-1	T10	1.6	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.6	1.2
11-1	T20	1.6	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.5	1.1
11-1	T30	1.8	2.0	2.0	2.1	1.9	1.9	1.5	1.1
11-1	Arrival Time	31							
11-1	Definition	79	70	73	76	78	79	78	83
11-1	C50	5.8	3.7	4.4	5.0	5.6	5.8	5.5	7.0
11-1	C80	6.6	4.9	5.5	5.9	6.4	6.5	6.2	7.9
11-1	Sound Strength	-5.4	-0.4	-1.8	-3.2	-1.9	-3.9	-6.2	-7.4
11-1	STI (M)	0.68							
11-1	Articulation Loss (M)	4.2							
11-12	Direct SPL (Z)	87.3	80.7	79.7	78.8	78.3	78.5	78.1	76.7

11-12	Direct SPL (A)	85.2	65.2	71.3	75.6	78.3	79.6	79.1	75.6
11-12	Total SPL (Z)	91.2	85.6	84.1	82.4	82.1	81.7	81.0	79.2
11-12	Total SPL (A)	88.5	70.0	75.6	79.2	82.1	82.9	81.9	78.2
11-12	EDT	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.0	1.9	0.5
11-12	T10	1.7	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.6	1.2
11-12	T20	1.7	2.0	2.0	2.1	1.9	1.9	1.5	1.1
11-12	T30	1.8	2.3	2.1	2.2	1.9	1.9	1.6	1.1
11-12	Arrival Time	47							
11-12	Definition	80	51	57	69	69	75	83	89
11-12	C50	6.1	0.2	1.3	3.5	3.4	4.8	6.8	9.2
11-12	C80	6.9	1.5	2.6	4.5	4.4	5.6	7.5	10.1
11-12	Sound Strength	-7.3	-4.5	-5.7	-6.2	-5.7	-6.5	-7.3	-8.2
11-12	STI (M)	0.65							
11-12	Articulation Loss (M)	4.9							
B-8	Direct SPL (Z)	90.5	84.2	83.5	81.9	80.8	80.9	80.6	81.1
B-8	Direct SPL (A)	88.0	68.6	75.1	78.5	80.8	82.0	81.6	79.9
B-8	Total SPL (Z)	94.6	89.5	87.9	85.6	84.8	84.2	83.5	83.5
B-8	Total SPL (A)	91.4	73.8	79.4	82.2	84.7	85.4	84.4	82.3
B-8	EDT	0.9	1.3	1.3	1.3	1.4	1.3	0.9	0.5
B-8	T10	1.4	1.9	1.9	1.8	1.9	1.7	1.4	0.9
B-8	T20	1.5	1.9	1.9	1.8	1.9	1.7	1.4	1.0
B-8	T30	1.7	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.5	1.0
B-8	Arrival Time	27							
B-8	Definition	75	55	60	63	62	68	73	83
B-8	C50	4.7	0.9	1.7	2.3	2.2	3.2	4.3	6.9
B-8	C80	7.2	3.2	3.9	4.4	4.1	5.4	6.7	10.3
B-8	Sound Strength	-3.9	-0.6	-1.9	-3.1	-3.0	-4.0	-4.8	-3.8
B-8	STI (M)	0.63							
B-8	Articulation Loss (M)	5.6							
B-18	Direct SPL (Z)	87.9	81.3	80.7	79.4	79.1	79.1	77.7	78.0
B-18	Direct SPL (A)	85.6	65.7	72.3	76.0	79.1	80.2	78.6	76.6
B-18	Total SPL (Z)	93.5	88.7	86.9	84.4	84.4	83.3	81.3	80.3
B-18	Total SPL (A)	90.1	73.1	78.4	81.0	84.4	84.4	82.3	79.1
B-18	EDT	1.0	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	0.7
B-18	T10	1.4	1.8	1.8	1.9	1.7	1.5	1.4	0.8
B-18	T20	1.6	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.5	1.0
B-18	T30	1.7	2.1	2.0	2.0	1.8	1.7	1.4	1.0
B-18	Arrival Time	49							
B-18	Definition	66	54	57	59	61	62	62	76
B-18	C50	2.9	0.7	1.2	1.5	1.9	2.2	2.2	5.0
B-18	C80	4.9	2.2	2.5	2.7	2.9	3.5	4.5	8.2
B-18	Sound Strength	-6.0	-1.4	-2.8	-4.3	-3.4	-5.0	-7.0	-7.0
B-18	STI (M)	0.62							

B-18	Articulation Loss (M)	6.0							
4-7	Direct SPL (Z)	85.0	79.1	78.3	76.3	75.2	74.7	74.7	74.6
4-7	Direct SPL (A)	82.1	63.5	69.9	72.9	75.1	75.9	75.6	73.7
4-7	Total SPL (Z)	90.5	85.9	84.1	81.5	81.1	79.9	78.4	76.8
4-7	Total SPL (A)	86.9	70.3	75.6	78.1	81.1	81.0	79.3	75.9
4-7	EDT	1.1	1.4	1.4	1.4	1.5	1.4	1.2	0.8
4-7	T10	1.5	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.5	0.9
4-7	T20	1.7	1.9	2.0	2.0	2.0	1.8	1.5	1.0
4-7	T30	1.8	2.0	2.1	2.1	2.0	1.9	1.5	1.1
4-7	Arrival Time	73							
4-7	Definition	59	46	49	50	48	49	59	74
4-7	C50	1.7	-0.7	-0.1	0.1	-0.3	-0.1	1.6	4.6
4-7	C80	3.4	1.2	1.5	1.6	1.1	1.6	3.5	6.9
4-7	Sound Strength	-9.3	-4.2	-5.7	-7.3	-6.7	-8.4	-9.9	-10.7
4-7	STI (M)	0.57							
4-7	Articulation Loss (M)	7.9							
D-8	Direct SPL (Z)	90.5	84.2	83.4	81.9	80.8	80.8	80.6	81.1
D-8	Direct SPL (A)	88.0	68.5	75.1	78.5	80.8	82.0	81.5	79.9
D-8	Total SPL (Z)	94.7	89.6	88.1	85.8	84.8	84.4	83.8	83.7
D-8	Total SPL (A)	91.6	73.9	79.6	82.4	84.8	85.6	84.8	82.5
D-8	EDT	0.8	1.2	1.2	1.3	1.4	1.2	0.8	0.5
D-8	T10	1.3	1.8	1.8	1.8	1.9	1.7	1.4	0.7
D-8	T20	1.5	1.9	1.8	1.9	1.9	1.7	1.5	0.9
D-8	T30	1.7	2.0	1.9	2.0	1.9	1.7	1.4	1.0
D-8	Arrival Time	27							
D-8	Definition	74	54	60	63	62	68	74	82
D-8	C50	4.6	0.8	1.7	2.4	2.2	3.2	4.5	6.5
D-8	C80	7.4	3.2	4.0	4.5	4.1	5.6	7.3	10.6
D-8	Sound Strength	-3.6	-0.6	-1.7	-3.0	-3.0	-3.7	-4.5	-3.6
D-8	STI (M)	0.64							
D-8	Articulation Loss (M)	5.4							
D-18	Direct SPL (Z)	87.9	81.3	80.6	79.3	79.1	79.0	77.7	78.0
D-18	Direct SPL (A)	85.6	65.7	72.3	76.0	79.1	80.2	78.7	76.6
D-18	Total SPL (Z)	93.4	88.6	86.7	84.3	84.3	83.2	81.4	80.5
D-18	Total SPL (A)	90.0	72.9	78.2	80.9	84.3	84.3	82.3	79.3
D-18	EDT	0.9	1.2	1.2	1.3	1.2	1.1	1.0	0.6
D-18	T10	1.5	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.4	0.7
D-18	T20	1.6	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.5	1.0
D-18	T30	1.7	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.5	1.1
D-18	Arrival Time	49							
D-18	Definition	65	57	58	61	62	63	61	73
D-18	C50	2.8	1.1	1.5	1.9	2.1	2.3	2.0	4.3
D-18	C80	5.4	2.7	2.8	3.1	3.2	4.0	5.1	9.0

D-18	Sound Strength	-5.9	-1.5	-3.0	-4.5	-3.5	-5.1	-6.9	-6.8
D-18	STI (M)	0.62							
D-18	Articulation Loss (M)	6.0							
9-7	Direct SPL (Z)	85.0	79.1	78.3	76.3	75.2	74.7	74.7	74.6
9-7	Direct SPL (A)	82.1	63.5	69.9	72.9	75.1	75.9	75.6	73.7
9-7	Total SPL (Z)	90.5	85.8	84.1	81.5	81.2	79.9	78.4	76.8
9-7	Total SPL (A)	86.9	70.2	75.6	78.1	81.2	81.1	79.4	75.9
9-7	EDT	1.2	1.4	1.4	1.5	1.4	1.4	1.2	0.8
9-7	T10	1.5	1.8	1.9	1.9	1.8	1.7	1.5	1.0
9-7	T20	1.7	1.9	2.1	2.1	1.9	1.8	1.5	1.0
9-7	T30	1.8	1.9	2.3	2.0	2.0	1.9	1.5	1.0
9-7	Arrival Time	74							
9-7	Definition	58	47	49	49	47	48	58	73
9-7	C50	1.5	-0.6	-0.1	-0.2	-0.6	-0.3	1.3	4.3
9-7	C80	2.9	1.0	1.2	0.9	0.4	1.0	2.9	6.2
9-7	Sound Strength	-9.2	-4.3	-5.6	-7.3	-6.7	-8.4	-9.8	-10.7
9-7	STI (M)	0.56							
9-7	Articulation Loss (M)	8.1							
A-15	Direct SPL (Z)	90.5	86.9	84.4	81.0	79.3	76.5	77.7	76.4
A-15	Direct SPL (A)	85.5	71.3	75.8	77.4	79.2	77.6	78.6	75.2
A-15	Total SPL (Z)	95.3	92.0	89.1	85.5	84.4	82.3	81.0	79.1
A-15	Total SPL (A)	90.1	76.3	80.4	82.0	84.3	83.4	81.9	77.9
A-15	EDT	1.7	1.6	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.2
A-15	T10	1.5	1.7	1.7	1.8	1.7	1.6	1.4	1.3
A-15	T20	1.6	1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.1
A-15	T30	1.8	2.0	2.0	2.1	2.2	1.9	1.5	1.1
A-15	Arrival Time	17							
A-15	Definition	65	73	69	65	57	52	65	72
A-15	C50	2.8	4.4	3.4	2.7	1.3	0.4	2.6	4.2
A-15	C80	4.0	5.9	4.9	3.9	2.5	1.5	3.6	5.6
A-15	Sound Strength	-6.2	1.9	-0.8	-3.3	-3.5	-6.1	-7.3	-8.3
A-15	STI (M)	0.59							
A-15	Articulation Loss (M)	7.0							
1-12	Direct SPL (Z)	87.9	82.3	81.1	79.2	80.4	78.7	75.3	71.9
1-12	Direct SPL (A)	85.1	66.7	72.6	75.9	80.4	79.8	76.2	71.2
1-12	Total SPL (Z)	91.8	86.7	85.2	82.9	83.8	82.0	78.9	75.4
1-12	Total SPL (A)	88.6	71.1	76.7	79.6	83.7	83.1	79.9	74.6
1-12	EDT	1.9	2.0	2.1	2.2	2.2	2.2	2.0	1.6
1-12	T10	1.8	2.1	2.0	2.1	2.3	2.0	1.6	1.2
1-12	T20	1.9	2.3	2.4	2.2	2.3	2.0	1.7	1.1
1-12	T30	2.1	2.2	2.4	2.3	2.3	2.0	1.7	1.2
1-12	Arrival Time	34							
1-12	Definition	72	56	62	69	76	75	70	73

1-12	C50	4.0	1.1	2.2	3.5	5.0	4.7	3.7	4.2
1-12	C80	5.2	2.5	3.6	4.7	6.0	5.7	4.8	5.6
1-12	Sound Strength	-8.5	-3.3	-4.5	-5.8	-4.1	-6.3	-9.3	-12.2
1-12	STI (M)	0.64							
1-12	Articulation Loss (M)	5.3							
E-15	Direct SPL (Z)	90.6	87.0	84.5	81.1	79.4	76.5	77.8	76.4
E-15	Direct SPL (A)	85.5	71.4	75.9	77.5	79.3	77.7	78.7	75.2
E-15	Total SPL (Z)	95.4	92.1	89.2	85.6	84.5	82.2	81.1	79.0
E-15	Total SPL (A)	90.2	76.5	80.6	82.1	84.4	83.4	82.0	77.9
E-15	EDT	1.7	1.6	1.8	2.0	2.0	2.0	1.7	1.2
E-15	T10	1.5	1.8	1.8	1.8	1.7	1.8	1.4	1.2
E-15	T20	1.7	1.9	2.0	1.9	1.8	1.8	1.4	1.1
E-15	T30	1.8	1.9	2.2	2.0	1.9	1.9	1.5	1.1
E-15	Arrival Time	17							
E-15	Definition	66	74	70	66	58	53	64	72
E-15	C50	2.8	4.6	3.7	2.9	1.4	0.5	2.6	4.0
E-15	C80	4.0	6.2	5.2	4.2	2.7	1.7	3.5	5.3
E-15	Sound Strength	-6.2	2.0	-0.6	-3.2	-3.4	-6.1	-7.1	-8.3
E-15	STI (M)	0.59							
E-15	Articulation Loss (M)	6.9							
12-12	Direct SPL (Z)	87.8	82.2	81.1	79.1	80.3	78.5	75.1	71.6
12-12	Direct SPL (A)	85.0	66.7	72.6	75.8	80.3	79.7	76.1	70.8
12-12	Total SPL (Z)	91.7	86.7	85.1	82.8	83.6	81.8	78.8	75.1
12-12	Total SPL (A)	88.4	71.1	76.6	79.5	83.6	82.9	79.7	74.3
12-12	EDT	1.9	2.1	2.2	2.3	2.2	2.2	1.9	1.6
12-12	T10	1.9	1.9	2.0	2.1	2.2	2.1	1.7	1.3
12-12	T20	1.9	2.2	2.2	2.3	2.1	2.0	1.6	1.3
12-12	T30	2.0	2.4	3.6	2.3	2.1	1.9	1.7	1.2
12-12	Arrival Time	34							
12-12	Definition	70	55	62	68	75	74	69	71
12-12	C50	3.8	0.9	2.1	3.3	4.8	4.5	3.5	3.9
12-12	C80	4.9	2.4	3.5	4.5	5.8	5.4	4.5	5.3
12-12	Sound Strength	-8.7	-3.4	-4.6	-5.9	-4.2	-6.5	-9.5	-12.4
12-12	STI (M)	0.63							
12-12	Articulation Loss (M)	5.6							
Orchestra	Direct SPL (Z)	91.3	88.8	86.1	80.2	75.6	72.9	70.9	68.7
Orchestra	Direct SPL (A)	83.0	73.0	77.2	76.8	75.5	74.0	71.7	67.6
Orchestra	Total SPL (Z)	97.1	93.2	90.9	87.4	86.3	85.4	84.2	84.2
Orchestra	Total SPL (A)	92.7	77.4	82.1	84.0	86.3	86.6	85.1	83.0
Orchestra	EDT	0.8	0.9	1.1	1.2	1.2	1.1	1.0	0.6
Orchestra	T10	1.2	1.5	1.5	1.5	1.6	1.4	1.2	0.8
Orchestra	T20	1.4	1.7	1.8	1.8	1.8	1.6	1.3	0.9
Orchestra	T30	1.6	1.9	1.9	1.9	2.0	1.7	1.4	0.9

Orchestra	Arrival Time	13							
Orchestra	Definition	70	71	70	64	59	61	65	78
Orchestra	C50	3.7	3.9	3.6	2.4	1.5	1.9	2.6	5.6
Orchestra	C80	5.4	6.0	5.2	4.0	3.2	3.5	4.2	7.7
Orchestra	Sound Strength	-2.7	3.0	1.0	-1.3	-1.5	-2.8	-4.1	-3.0
Orchestra	STI (M)	0.65							
Orchestra	Articulation Loss (M)	5.0							
Stage	Direct SPL (Z)	87.9	85.4	81.4	77.0	75.2	75.0	70.6	65.5
Stage	Direct SPL (A)	81.5	69.7	72.3	73.2	75.3	76.2	71.6	64.3
Stage	Total SPL (Z)	94.7	90.9	88.1	85.1	84.1	83.4	81.5	80.6
Stage	Total SPL (A)	90.3	75.2	79.4	81.6	84.1	84.6	82.5	79.4
Stage	EDT	1.1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.2	0.7
Stage	T10	1.4	1.7	1.7	1.7	1.7	1.5	1.3	0.9
Stage	T20	1.6	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.4	0.9
Stage	T30	1.7	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.5	1.0
Stage	Arrival Time	31							
Stage	Definition	58	66	58	54	49	53	53	65
Stage	C50	1.4	2.9	1.4	0.6	-0.2	0.6	0.5	2.6
Stage	C80	3.6	4.3	3.2	2.7	2.0	2.5	2.5	5.5
Stage	Sound Strength	-5.6	0.8	-1.8	-3.7	-3.7	-4.8	-6.8	-6.7
Stage	STI (M)	0.58							
Stage	Articulation Loss (M)	7.4							
Arch Left	Direct SPL (Z)	85.3	83.1	80.5	72.8	65.6	58.9	54.4	48.8
Arch Left	Direct SPL (A)	75.2	67.6	71.7	68.9	65.5	60.0	55.4	47.8
Arch Left	Total SPL (Z)	92.1	88.7	86.5	82.1	80.6	79.1	77.3	75.6
Arch Left	Total SPL (A)	86.7	73.1	77.9	78.6	80.6	80.3	78.3	74.6
Arch Left	EDT	1.4	1.6	1.6	1.7	1.7	1.6	1.4	1.0
Arch Left	T10	1.5	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.4	1.0
Arch Left	T20	1.6	1.9	1.8	1.8	1.9	1.7	1.4	1.0
Arch Left	T30	1.7	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8	1.5	1.0
Arch Left	Arrival Time	28.0							
Arch Left	Definition	20.4	61	57	34	15	10	8	7
Arch Left	C50	-5.9	2.0	1.3	-3.0	-7.4	-9.6	-10.6	-11.3
Arch Left	C80	0.1	4.3	3.7	0.6	-1.3	-1.8	-1.9	0.5
Arch Left	Sound Strength	-9.6	-1.4	-3.3	-6.7	-7.2	-9.1	-11.0	-11.7
Arch Left	STI (M)	0.5							
Arch Left	Articulation Loss (M)	9.5							
Arch Center	Direct SPL (Z)	77.9	75.4	72.4	68.1	64.4	58.4	53.2	47.2
Arch Center	Direct SPL (A)	70.0	59.5	63.5	64.6	64.4	59.5	54.3	46.2
Arch Center	Total SPL (Z)	91.6	87.5	85.2	82.3	81.6	80.4	78.8	77.4
Arch Center	Total SPL (A)	87.5	71.7	76.7	78.8	81.6	81.6	79.8	76.3
Arch Center	EDT	1.2	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.2	0.7
Arch Center	T10	1.4	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.4	0.9

Arch Center	T20	1.6	2.0	1.9	1.9	1.9	1.7	1.4	1.0
Arch Center	T30	1.7	2.1	2.0	2.1	1.9	1.7	1.5	1.0
Arch Center	Arrival Time	82.0							
Arch Center	Definition	69.3	66	65	63	63	62	66	79
Arch Center	C50	3.5	3.0	2.7	2.4	2.3	2.2	2.9	5.8
Arch Center	C80	5.3	4.4	4.2	4.0	3.9	4.0	4.7	8.2
Arch Center	Sound Strength	-8.6	-2.7	-4.6	-6.5	-6.2	-7.8	-9.5	-9.9
Arch Center	STI (M)	0.6							
Arch Center	Articulation Loss (M)	6.9							
Arch Right	Direct SPL (Z)	85.3	83.1	80.4	72.8	65.6	58.9	54.3	48.8
Arch Right	Direct SPL (A)	75.2	67.6	71.6	68.8	65.5	60.0	55.4	47.8
Arch Right	Total SPL (Z)	92.2	88.7	86.5	82.2	80.7	79.4	77.7	76.1
Arch Right	Total SPL (A)	86.9	73.1	77.9	78.6	80.7	80.5	78.6	75.0
Arch Right	EDT	1.3	1.5	1.6	1.7	1.6	1.6	1.3	0.9
Arch Right	T10	1.5	1.8	1.8	1.7	1.8	1.6	1.4	0.9
Arch Right	T20	1.6	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	1.4	1.0
Arch Right	T30	1.7	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.5	1.0
Arch Right	Arrival Time	28.0							
Arch Right	Definition	21.9	61	56	33	15	10	10	13
Arch Right	C50	-5.5	2.0	1.1	-3.0	-7.5	-9.5	-9.6	-8.2
Arch Right	C80	0.4	4.3	3.6	0.7	-1.3	-1.8	-1.6	1.3
Arch Right	Sound Strength	-9.3	-1.4	-3.3	-6.7	-7.1	-8.9	-10.6	-11.2
Arch Right	STI (M)	0.5							
Arch Right	Articulation Loss (M)	9.5							
Entrance	Direct SPL (Z)	83.3	80.7	77.6	73.8	66.7	66.1	66.3	64.1
Entrance	Direct SPL (A)	75.7	65.0	68.8	69.9	66.5	67.2	67.3	62.9
Entrance	Total SPL (Z)	94.0	89.9	87.8	85.1	83.4	82.7	81.4	79.4
Entrance	Total SPL (A)	89.8	74.2	79.2	81.5	83.4	83.9	82.3	78.4
Entrance	EDT	1.2	1.6	1.6	1.5	1.6	1.4	1.1	0.8
Entrance	T10	1.4	1.8	1.8	1.7	1.8	1.6	1.3	0.9
Entrance	T20	1.6	1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	0.9
Entrance	T30	1.7	2.0	2.0	2.2	1.9	1.7	1.5	1.0
Entrance	Arrival Time	33.0							
Entrance	Definition	52.1	54	53	50	38	46	53	59
Entrance	C50	0.4	0.6	0.5	0.0	-2.1	-0.7	0.5	1.6
Entrance	C80	3.0	2.5	2.4	2.3	0.5	1.8	3.2	5.1
Entrance	Sound Strength	-6.3	-0.2	-2.0	-3.8	-4.4	-5.5	-6.8	-8.1
Entrance	STI (M)	0.5							
Entrance	Articulation Loss (M)	8.7							

Πίνακας Δ. 5 Τιμές υπολογισμών από το σενάριο S4, με προσομοίωση του ανατρώμενου συστήματος (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

ΑΝΑΤΡΩΜΕΝΟ ΗΧΟΣΥΣΤΗΜΑ									
Θέση	Δείκτης	Πλήρες Φάσμα	Συχνότητα (Hz)						
			125	250	500	1000	2000	4000	8000
C-3	Direct SPL (Z)	90.3	86.6	83.0	79.8	79.3	79.2	77.8	80.1
C-3	Direct SPL (A)	86.3	70.8	74.1	76.4	79.4	80.4	78.8	78.8
C-3	Total SPL (Z)	96.1	91.6	89.2	86.7	85.8	85.9	84.5	84.5
C-3	Total SPL (A)	92.6	75.8	80.6	83.3	85.9	87.0	85.4	83.3
C-3	EDT	0.7	0.8	1.0	1.1	1.1	1.1	1.0	0.9
C-3	T10	1.8	1.8	1.9	1.9	1.8	2.0	2.0	0.8
C-3	T20	1.6	1.7	1.8	1.8	1.8	1.9	1.6	1.1
C-3	T30	1.7	1.9	1.9	1.8	1.8	1.9	1.6	1.1
C-3	Arrival Time	16							
C-3	Definition	46	36	32	32	38	35	33	61
C-3	C50	-0.7	-2.5	-3.2	-3.4	-2.0	-2.7	-3.1	2.0
C-3	C80	5.0	3.5	2.1	1.9	2.6	3.0	3.9	8.1
C-3	Sound Strength	-3.6	-1.6	-2.1	-3.5	-2.9	-1.7	-4.5	-3.9
C-3	STI (M)	0.59							
C-3	Articulation Loss (M)	7.0							
C-12	Direct SPL (Z)	90.0	85.6	84.6	80.6	77.3	78.2	76.9	78.3
C-12	Direct SPL (A)	85.5	70.1	76.1	76.9	77.3	79.4	77.7	77.5
C-12	Total SPL (Z)	94.4	90.0	88.6	85.1	82.7	83.1	82.0	81.7
C-12	Total SPL (A)	90.1	74.5	80.1	81.5	82.7	84.3	82.8	80.8
C-12	EDT	1.4	0.8	0.9	1.5	1.8	2.0	1.8	0.5
C-12	T10	2.0	2.0	2.0	2.0	1.8	2.0	2.0	1.9
C-12	T20	1.7	1.9	1.8	1.9	1.8	1.9	1.8	1.3
C-12	T30	1.8	2.0	2.0	2.0	1.9	2.0	1.8	1.2
C-12	Arrival Time	35							
C-12	Definition	67	55	62	59	49	58	64	79
C-12	C50	3.1	0.9	2.2	1.6	-0.3	1.4	2.4	5.8
C-12	C80	5.2	4.4	4.9	3.5	1.9	3.0	4.2	8.4
C-12	Sound Strength	-6.2	-3.1	-2.6	-5.2	-6.1	-4.4	-6.8	-7.0
C-12	STI (M)	0.61							
C-12	Articulation Loss (M)	6.2							
6-1	Direct SPL (Z)	89.8	84.1	83.8	82.1	79.0	79.0	78.6	77.4
6-1	Direct SPL (A)	86.4	68.6	75.4	78.7	79.0	80.1	79.4	76.6
6-1	Total SPL (Z)	93.7	88.7	87.6	85.3	83.3	83.1	82.4	80.9
6-1	Total SPL (A)	90.2	73.1	79.1	81.9	83.2	84.2	83.3	80.1
6-1	EDT	0.8	0.8	0.7	0.7	1.2	1.6	1.4	0.4
6-1	T10	2.0	2.2	2.2	2.0	2.0	2.1	2.1	1.7
6-1	T20	1.7	2.0	2.1	2.0	1.9	1.9	1.7	1.3

6-1	T30	1.8	2.0	2.0	1.9	2.1	2.0	1.7	1.2
6-1	Arrival Time	93							
6-1	Definition	83	79	82	83	78	77	80	90
6-1	C50	7.0	5.8	6.6	6.9	5.6	5.3	6.1	9.4
6-1	C80	8.0	8.1	8.4	8.4	6.9	6.3	6.9	10.4
6-1	Sound Strength	-6.5	-4.4	-3.6	-4.9	-5.6	-4.5	-6.5	-7.9
6-1	STI (M)	0.69							
6-1	Articulation Loss (M)	4.1							
6-12	Direct SPL (Z)	87.8	82.0	81.0	78.8	77.3	79.4	78.1	75.1
6-12	Direct SPL (A)	85.2	66.4	72.5	75.5	77.3	80.6	79.0	74.2
6-12	Total SPL (Z)	91.1	86.1	84.5	81.8	80.7	81.9	80.5	77.9
6-12	Total SPL (A)	88.0	70.5	76.0	78.4	80.7	83.1	81.5	77.0
6-12	EDT	0.7	0.8	0.9	1.1	1.4	1.1	0.7	0.4
6-12	T10	2.1	2.3	2.1	2.1	2.1	2.3	2.2	1.4
6-12	T20	1.8	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.8	1.2
6-12	T30	1.9	2.1	2.3	2.3	2.0	2.0	1.8	1.3
6-12	Arrival Time	117							
6-12	Definition	86	81	80	80	78	84	86	91
6-12	C50	7.8	6.2	6.2	6.0	5.6	7.1	8.0	9.8
6-12	C80	9.1	8.1	7.8	7.5	6.7	8.0	9.0	11.5
6-12	Sound Strength	-8.8	-7.0	-6.8	-8.4	-8.1	-5.6	-8.5	-10.7
6-12	STI (M)	0.71							
6-12	Articulation Loss (M)	3.6							
A-3	Direct SPL (Z)	90.7	87.0	82.7	79.3	78.5	79.9	80.9	81.0
A-3	Direct SPL (A)	87.2	70.8	74.3	76.0	78.4	81.0	81.6	79.9
A-3	Total SPL (Z)	95.8	91.7	88.8	86.2	84.9	84.9	84.6	84.1
A-3	Total SPL (A)	92.0	75.8	80.3	82.8	84.9	86.1	85.5	83.0
A-3	EDT	1.3	1.0	1.3	1.4	1.6	1.6	1.5	1.0
A-3	T10	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	1.8	1.6	1.2
A-3	T20	1.6	1.8	1.8	1.9	1.8	1.7	1.5	1.2
A-3	T30	1.7	1.9	2.0	2.0	1.8	1.9	1.5	1.2
A-3	Arrival Time	14							
A-3	Definition	70	49	47	54	55	59	68	82
A-3	C50	3.6	-0.1	-0.6	0.8	0.8	1.5	3.3	6.5
A-3	C80	4.9	4.0	2.6	2.4	2.1	2.5	4.1	7.8
A-3	Sound Strength	-4.0	-1.5	-2.4	-4.0	-3.9	-2.7	-4.2	-4.4
A-3	STI (M)	0.60							
A-3	Articulation Loss (M)	6.6							
A-12	Direct SPL (Z)	91.9	88.8	86.2	80.9	78.3	77.4	78.9	78.0
A-12	Direct SPL (A)	86.1	73.1	77.4	77.5	78.3	78.6	79.7	76.5
A-12	Total SPL (Z)	96.2	92.5	90.2	86.0	84.2	84.1	84.0	83.2
A-12	Total SPL (A)	91.6	76.8	81.5	82.6	84.2	85.3	84.9	81.9
A-12	EDT	1.5	0.9	1.1	1.5	1.7	1.8	1.6	1.5

A-12	T10	1.6	1.4	1.6	1.8	1.9	1.9	1.6	1.2
A-12	T20	1.6	1.7	1.9	2.0	1.9	1.8	1.6	1.2
A-12	T30	1.7	1.9	2.0	2.1	1.9	1.9	1.6	1.2
A-12	Arrival Time	37							
A-12	Definition	72	70	73	65	61	56	68	81
A-12	C50	4.1	3.7	4.3	2.7	2.0	1.1	3.3	6.4
A-12	C80	5.2	6.9	6.6	4.3	3.1	2.5	4.1	7.3
A-12	Sound Strength	-4.5	-0.7	-1.1	-4.2	-4.6	-3.5	-4.8	-5.2
A-12	STI (M)	0.62							
A-12	Articulation Loss (M)	5.9							
2-1	Direct SPL (Z)	91.3	86.5	85.2	82.0	80.8	80.0	78.9	80.2
2-1	Direct SPL (A)	87.5	71.0	76.7	78.5	80.8	81.1	79.8	79.1
2-1	Total SPL (Z)	95.1	90.4	88.8	86.0	85.0	84.3	83.2	83.0
2-1	Total SPL (A)	91.5	74.8	80.3	82.6	85.0	85.5	84.1	82.0
2-1	EDT	1.3	1.1	1.2	1.4	1.4	1.5	1.5	0.8
2-1	T10	1.4	1.5	1.5	1.8	1.8	1.7	1.5	1.5
2-1	T20	1.7	1.9	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.1
2-1	T30	1.8	2.1	2.1	2.2	2.2	2.0	1.8	1.3
2-1	Arrival Time	31							
2-1	Definition	73	61	70	71	70	62	65	84
2-1	C50	4.3	2.0	3.7	4.0	3.7	2.0	2.7	7.1
2-1	C80	4.7	2.4	4.1	4.4	4.2	2.4	3.0	7.6
2-1	Sound Strength	-4.9	-2.7	-2.5	-4.2	-3.8	-3.2	-5.7	-5.6
2-1	STI (M)	0.65							
2-1	Articulation Loss (M)	5.1							
2-12	Direct SPL (Z)	88.8	83.3	80.8	78.2	78.6	79.9	80.8	78.2
2-12	Direct SPL (A)	86.6	67.7	72.2	74.9	78.7	81.1	81.7	77.4
2-12	Total SPL (Z)	92.1	87.0	84.5	82.1	81.9	82.9	83.1	80.5
2-12	Total SPL (A)	89.5	71.3	76.0	78.7	82.0	84.0	84.0	79.7
2-12	EDT	2.1	1.3	1.5	1.8	1.9	2.2	2.3	1.8
2-12	T10	1.2	1.6	1.6	1.6	1.4	1.1	1.4	1.6
2-12	T20	1.5	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8	1.3	0.9
2-12	T30	1.6	2.2	2.1	2.1	1.9	1.8	1.5	1.1
2-12	Arrival Time	47							
2-12	Definition	67	42	47	53	61	62	69	74
2-12	C50	3.2	-1.4	-0.5	0.5	2.0	2.1	3.5	4.6
2-12	C80	3.9	-0.7	0.2	1.3	2.7	2.7	4.2	5.5
2-12	Sound Strength	-6.9	-6.1	-6.7	-8.1	-6.8	-4.7	-5.8	-8.3
2-12	STI (M)	0.60							
2-12	Articulation Loss (M)	6.5							
E-3	Direct SPL (Z)	90.6	87.0	82.8	79.0	78.2	79.2	80.3	81.2
E-3	Direct SPL (A)	86.8	70.8	74.4	75.7	78.2	80.4	81.1	80.0
E-3	Total SPL (Z)	95.8	91.7	88.8	85.9	84.8	84.9	84.4	84.3

E-3	Total SPL (A)	92.0	75.7	80.4	82.4	84.8	86.1	85.3	83.2
E-3	EDT	1.2	1.0	1.2	1.5	1.5	1.6	1.5	1.0
E-3	T10	1.5	1.6	1.7	1.8	1.7	1.9	1.6	1.1
E-3	T20	1.6	1.7	1.8	1.8	1.9	1.8	1.6	1.1
E-3	T30	1.7	1.9	2.0	2.0	1.9	1.8	1.6	1.2
E-3	Arrival Time	15							
E-3	Definition	70	52	51	52	55	59	67	82
E-3	C50	3.7	0.3	0.2	0.4	0.9	1.5	3.0	6.5
E-3	C80	4.9	4.0	2.8	2.0	2.2	2.5	3.9	7.8
E-3	Sound Strength	-3.9	-1.6	-2.4	-4.4	-4.0	-2.7	-4.4	-4.2
E-3	STI (M)	0.60							
E-3	Articulation Loss (M)	6.7							
E-12	Direct SPL (Z)	92.0	88.9	86.3	81.0	78.6	77.8	78.4	78.2
E-12	Direct SPL (A)	86.2	73.2	77.5	77.7	78.6	78.9	79.2	76.6
E-12	Total SPL (Z)	96.1	92.3	90.1	86.0	84.1	84.1	83.7	82.9
E-12	Total SPL (A)	91.4	76.7	81.4	82.5	84.1	85.3	84.6	81.6
E-12	EDT	1.5	1.0	1.2	1.6	1.8	1.9	1.8	1.6
E-12	T10	1.6	1.5	1.7	1.8	1.9	2.0	1.7	1.3
E-12	T20	1.7	1.7	1.8	1.9	2.0	1.8	1.6	1.2
E-12	T30	1.7	1.8	1.9	1.9	2.1	1.9	1.6	1.2
E-12	Arrival Time	37							
E-12	Definition	72	70	72	64	60	58	67	82
E-12	C50	4.0	3.8	4.1	2.6	1.8	1.3	3.0	6.5
E-12	C80	5.1	6.8	6.3	4.0	2.8	2.4	3.8	7.3
E-12	Sound Strength	-4.7	-0.8	-1.2	-4.3	-4.6	-3.4	-5.1	-5.4
E-12	STI (M)	0.62							
E-12	Articulation Loss (M)	6.0							
11-1	Direct SPL (Z)	91.3	86.6	85.2	82.0	80.8	80.0	78.6	80.2
11-1	Direct SPL (A)	87.4	71.0	76.8	78.6	80.8	81.1	79.5	79.2
11-1	Total SPL (Z)	95.1	90.4	88.8	85.9	85.0	84.3	83.1	83.0
11-1	Total SPL (A)	91.4	74.8	80.3	82.5	85.0	85.5	84.0	82.0
11-1	EDT	1.3	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.5	0.7
11-1	T10	1.5	1.5	1.6	1.8	1.7	1.9	1.5	1.4
11-1	T20	1.6	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	1.5	1.2
11-1	T30	1.7	2.0	2.1	2.0	1.9	2.0	1.5	1.1
11-1	Arrival Time	31							
11-1	Definition	74	63	71	71	71	64	65	84
11-1	C50	4.5	2.3	3.9	4.0	3.9	2.4	2.7	7.1
11-1	C80	4.8	2.7	4.3	4.4	4.4	2.7	3.1	7.5
11-1	Sound Strength	-5.0	-2.7	-2.4	-4.3	-3.8	-3.3	-5.7	-5.6
11-1	STI (M)	0.65							
11-1	Articulation Loss (M)	5.1							
11-12	Direct SPL (Z)	88.8	83.4	80.9	78.2	78.6	79.9	80.7	78.1

11-12	Direct SPL (A)	86.5	67.7	72.3	74.9	78.7	81.0	81.6	77.3
11-12	Total SPL (Z)	91.8	86.7	84.3	81.8	81.6	82.6	82.7	80.2
11-12	Total SPL (A)	89.1	71.0	75.7	78.4	81.7	83.7	83.6	79.3
11-12	EDT	2.0	1.4	1.6	1.8	1.9	2.0	2.2	1.7
11-12	T10	1.3	1.6	1.6	1.7	1.4	1.3	1.4	1.7
11-12	T20	1.6	2.0	2.1	2.0	1.7	1.9	1.6	1.0
11-12	T30	1.8	2.1	2.4	2.2	1.9	1.9	1.6	1.4
11-12	Arrival Time	47							
11-12	Definition	70	46	51	55	63	64	71	77
11-12	C50	3.6	-0.7	0.1	0.9	2.4	2.4	3.8	5.2
11-12	C80	4.0	-0.2	0.7	1.5	3.0	2.8	4.1	5.8
11-12	Sound Strength	-7.2	-6.5	-7.0	-8.4	-7.1	-5.0	-6.2	-8.5
11-12	STI (M)	0.61							
11-12	Articulation Loss (M)	6.3							
B-8	Direct SPL (Z)	90.3	86.7	84.1	79.9	78.3	78.0	78.0	76.8
B-8	Direct SPL (A)	85.6	71.0	75.3	76.7	78.3	79.2	79.0	75.8
B-8	Total SPL (Z)	95.5	91.3	89.1	85.8	84.4	84.5	84.0	82.4
B-8	Total SPL (A)	91.5	75.6	80.5	82.4	84.4	85.7	84.9	81.5
B-8	EDT	1.0	0.8	0.9	1.2	1.4	1.4	1.2	0.8
B-8	T10	1.7	1.7	1.7	1.8	1.9	1.8	1.7	1.1
B-8	T20	1.6	1.8	1.8	1.9	1.9	2.0	1.5	1.1
B-8	T30	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.2	1.6	1.1
B-8	Arrival Time	25							
B-8	Definition	53	45	44	48	48	47	51	60
B-8	C50	0.5	-0.8	-1.0	-0.3	-0.4	-0.5	0.2	1.7
B-8	C80	2.7	4.0	3.5	1.9	1.5	1.3	1.8	4.1
B-8	Sound Strength	-5.0	-1.9	-2.2	-4.4	-4.4	-3.1	-5.0	-6.2
B-8	STI (M)	0.58							
B-8	Articulation Loss (M)	7.2							
B-18	Direct SPL (Z)	90.8	85.5	85.2	83.1	79.0	79.8	78.9	78.5
B-18	Direct SPL (A)	87.1	70.0	76.8	79.6	79.0	81.0	79.8	77.7
B-18	Total SPL (Z)	94.9	90.2	89.0	86.5	83.6	84.0	83.2	81.9
B-18	Total SPL (A)	91.1	74.6	80.5	83.0	83.6	85.1	84.1	81.2
B-18	EDT	0.9	0.8	0.8	0.8	1.5	1.5	1.2	0.6
B-18	T10	1.8	1.8	1.9	2.0	2.0	2.1	2.0	1.3
B-18	T20	1.8	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0	1.8	1.2
B-18	T30	1.9	2.0	2.0	2.2	2.1	1.9	2.1	1.3
B-18	Arrival Time	69							
B-18	Definition	78	71	78	80	69	72	76	84
B-18	C50	5.5	3.8	5.5	6.0	3.4	4.2	4.9	7.2
B-18	C80	6.5	6.4	7.2	7.3	4.5	5.0	5.6	8.4
B-18	Sound Strength	-5.6	-2.9	-2.2	-3.8	-5.2	-3.7	-5.8	-6.9
B-18	STI (M)	0.65							

B-18	Articulation Loss (M)	5.0							
4-7	Direct SPL (Z)	89.1	83.4	82.5	80.1	79.2	80.3	78.1	78.2
4-7	Direct SPL (A)	86.4	67.8	74.0	76.8	79.2	81.5	79.1	77.1
4-7	Total SPL (Z)	92.5	87.5	85.9	83.3	82.2	82.8	81.3	80.6
4-7	Total SPL (A)	89.3	71.9	77.4	79.9	82.2	84.0	82.2	79.6
4-7	EDT	0.9	0.8	0.9	1.2	1.5	1.6	1.6	0.5
4-7	T10	2.1	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	0.8
4-7	T20	1.8	1.9	2.0	2.0	2.0	1.9	1.9	1.2
4-7	T30	1.8	2.0	2.0	2.1	1.8	1.9	1.7	1.2
4-7	Arrival Time	87							
4-7	Definition	79	67	72	73	73	76	74	87
4-7	C50	5.8	3.1	4.2	4.4	4.3	5.0	4.5	8.2
4-7	C80	7.5	5.6	6.0	5.8	5.4	6.3	6.1	10.9
4-7	Sound Strength	-7.2	-5.6	-5.3	-6.9	-6.6	-4.7	-7.7	-7.9
4-7	STI (M)	0.65							
4-7	Articulation Loss (M)	5.1							
D-8	Direct SPL (Z)	90.3	86.7	84.1	80.1	78.6	78.1	77.6	77.0
D-8	Direct SPL (A)	85.6	71.1	75.3	76.9	78.6	79.3	78.7	76.0
D-8	Total SPL (Z)	95.7	91.5	89.3	86.1	84.7	84.8	84.2	82.6
D-8	Total SPL (A)	91.8	75.8	80.7	82.8	84.8	86.0	85.1	81.7
D-8	EDT	1.0	0.8	0.9	1.2	1.2	1.4	1.2	0.8
D-8	T10	1.7	1.6	1.7	1.8	1.8	1.8	1.7	1.0
D-8	T20	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.8	1.6	1.1
D-8	T30	1.7	2.0	2.0	2.0	2.0	1.7	1.5	1.1
D-8	Arrival Time	25							
D-8	Definition	52	48	46	50	50	47	47	58
D-8	C50	0.3	-0.3	-0.7	0.0	0.1	-0.5	-0.4	1.5
D-8	C80	2.7	4.6	3.9	2.3	2.0	1.4	1.5	4.1
D-8	Sound Strength	-4.8	-1.6	-1.9	-4.1	-4.0	-2.8	-4.9	-6.0
D-8	STI (M)	0.59							
D-8	Articulation Loss (M)	7.0							
D-18	Direct SPL (Z)	91.0	85.6	85.3	83.2	79.2	80.1	79.2	78.8
D-18	Direct SPL (A)	87.3	70.1	76.9	79.7	79.2	81.2	80.2	78.0
D-18	Total SPL (Z)	95.1	90.2	89.2	86.9	83.9	84.4	83.3	82.0
D-18	Total SPL (A)	91.4	74.6	80.7	83.4	83.9	85.6	84.2	81.3
D-18	EDT	0.9	0.8	0.8	0.8	1.5	1.5	1.5	0.6
D-18	T10	2.0	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.0	1.3
D-18	T20	1.8	1.9	1.9	1.9	2.1	2.0	1.8	1.2
D-18	T30	1.9	2.2	2.0	2.0	2.2	2.2	1.8	1.2
D-18	Arrival Time	68							
D-18	Definition	79	73	79	81	71	75	76	86
D-18	C50	5.9	4.2	5.8	6.4	3.8	4.7	5.0	7.9
D-18	C80	6.7	6.4	7.3	7.6	4.7	5.4	5.6	8.8

D-18	Sound Strength	-5.4	-2.9	-2.0	-3.4	-4.9	-3.2	-5.7	-6.7
D-18	STI (M)	0.66							
D-18	Articulation Loss (M)	4.7							
9-7	Direct SPL (Z)	89.2	83.4	82.6	80.2	79.2	80.1	78.2	78.1
9-7	Direct SPL (A)	86.4	67.9	74.1	76.9	79.2	81.3	79.2	77.1
9-7	Total SPL (Z)	92.6	87.5	85.9	83.5	82.3	82.8	81.5	80.8
9-7	Total SPL (A)	89.4	71.9	77.4	80.1	82.3	84.0	82.4	79.8
9-7	EDT	0.8	0.8	0.9	1.2	1.4	1.4	1.2	0.5
9-7	T10	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.2	2.2	1.0
9-7	T20	1.7	1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.7	1.3
9-7	T30	1.8	2.1	2.0	2.1	2.0	1.9	1.8	1.2
9-7	Arrival Time	87							
9-7	Definition	80	66	72	73	73	76	76	88
9-7	C50	6.1	2.9	4.1	4.3	4.2	5.1	5.1	8.7
9-7	C80	7.6	5.5	5.9	5.6	5.3	6.2	6.7	10.9
9-7	Sound Strength	-7.0	-5.6	-5.3	-6.7	-6.5	-4.7	-7.5	-7.8
9-7	STI (M)	0.65							
9-7	Articulation Loss (M)	5.0							
A-15	Direct SPL (Z)	93.1	90.2	87.5	81.2	78.9	78.4	78.0	79.4
A-15	Direct SPL (A)	86.7	74.5	78.9	77.2	79.0	79.6	79.0	77.7
A-15	Total SPL (Z)	96.4	93.0	90.4	86.1	84.7	83.7	82.6	82.2
A-15	Total SPL (A)	91.2	77.3	81.8	82.5	84.7	84.8	83.6	80.8
A-15	EDT	1.5	1.0	1.3	1.6	1.7	1.8	1.8	1.1
A-15	T10	1.7	1.5	1.6	1.9	1.8	2.0	1.8	1.5
A-15	T20	1.8	1.7	1.9	1.9	2.0	2.0	1.7	1.3
A-15	T30	1.9	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1	1.7	1.2
A-15	Arrival Time	17							
A-15	Definition	70	71	73	61	59	54	61	84
A-15	C50	3.8	4.0	4.4	2.0	1.5	0.8	1.9	7.2
A-15	C80	4.6	5.6	5.7	3.2	2.6	1.7	2.7	7.8
A-15	Sound Strength	-5.2	-0.1	-0.9	-4.2	-4.1	-4.0	-6.4	-6.1
A-15	STI (M)	0.61							
A-15	Articulation Loss (M)	6.2							
1-12	Direct SPL (Z)	88.8	80.9	79.6	78.7	78.2	80.7	82.1	81.0
1-12	Direct SPL (A)	87.6	65.4	71.2	75.4	78.2	81.9	83.0	80.1
1-12	Total SPL (Z)	91.9	85.7	83.9	82.3	81.7	83.2	83.7	82.4
1-12	Total SPL (A)	89.9	70.1	75.4	79.0	81.7	84.4	84.6	81.5
1-12	EDT	1.9	1.8	2.0	2.1	2.2	2.3	2.0	0.4
1-12	T10	1.9	2.1	2.0	1.9	1.9	1.9	2.1	2.7
1-12	T20	1.9	2.5	2.4	2.2	2.2	2.0	1.8	1.2
1-12	T30	2.0	2.7	2.4	2.5	2.4	2.0	2.0	1.4
1-12	Arrival Time	34							
1-12	Definition	80	34	48	60	62	70	81	88

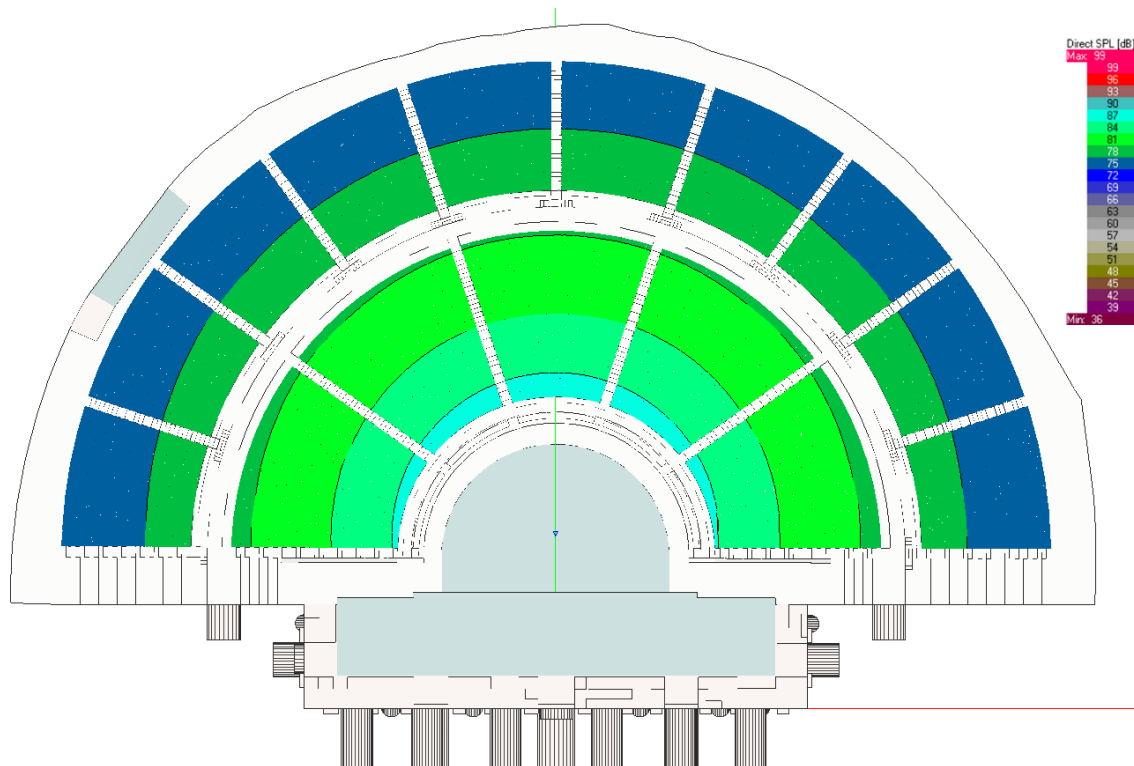
1-12	C50	6.0	-2.9	-0.3	1.7	2.2	3.8	6.4	8.7
1-12	C80	6.6	-2.2	0.4	2.4	2.9	4.3	7.0	9.5
1-12	Sound Strength	-5.9	-7.4	-7.3	-7.9	-7.1	-4.3	-5.1	-6.3
1-12	STI (M)	0.61							
1-12	Articulation Loss (M)	6.2							
E-15	Direct SPL (Z)	93.1	90.2	87.5	81.2	79.1	78.7	78.3	79.4
E-15	Direct SPL (A)	86.8	74.6	78.9	77.2	79.1	79.9	79.3	77.8
E-15	Total SPL (Z)	96.4	92.9	90.3	86.0	84.7	84.1	82.7	82.1
E-15	Total SPL (A)	91.3	77.3	81.7	82.4	84.7	85.3	83.6	80.8
E-15	EDT	1.6	1.1	1.4	1.7	1.7	1.9	1.8	1.0
E-15	T10	1.7	1.6	1.8	1.8	1.9	2.0	1.6	1.5
E-15	T20	1.8	1.8	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.3
E-15	T30	1.8	2.0	2.0	2.2	2.0	2.1	1.7	1.2
E-15	Arrival Time	17							
E-15	Definition	71	72	73	61	61	60	62	83
E-15	C50	3.9	4.1	4.4	2.0	2.0	1.8	2.0	7.0
E-15	C80	4.8	5.6	5.7	3.3	3.1	2.6	2.7	7.7
E-15	Sound Strength	-5.2	-0.2	-0.9	-4.4	-4.1	-3.5	-6.3	-6.2
E-15	STI (M)	0.62							
E-15	Articulation Loss (M)	5.9							
12-12	Direct SPL (Z)	88.7	80.9	79.6	78.6	78.1	80.6	82.0	80.9
12-12	Direct SPL (A)	87.5	65.3	71.1	75.3	78.2	81.8	82.9	80.1
12-12	Total SPL (Z)	91.9	85.7	83.8	82.3	81.7	83.2	83.8	82.6
12-12	Total SPL (A)	90.0	70.0	75.3	79.0	81.7	84.4	84.7	81.7
12-12	EDT	1.8	1.8	2.1	2.2	2.3	2.2	1.8	0.3
12-12	T10	1.9	2.0	2.0	1.9	2.0	1.9	2.0	2.7
12-12	T20	1.8	2.2	2.2	2.1	2.1	1.9	1.6	1.1
12-12	T30	1.9	2.5	2.4	2.3	2.3	2.1	1.7	1.2
12-12	Arrival Time	34							
12-12	Definition	81	34	48	60	63	72	82	89
12-12	C50	6.4	-2.8	-0.3	1.7	2.3	4.2	6.7	9.1
12-12	C80	6.8	-2.2	0.4	2.3	2.9	4.6	7.2	9.7
12-12	Sound Strength	-5.7	-7.5	-7.4	-7.9	-7.1	-4.3	-5.0	-6.1
12-12	STI (M)	0.62							
12-12	Articulation Loss (M)	6.0							
Orchestra	Direct SPL (Z)	89.0	87.6	81.5	76.4	70.9	70.0	67.9	71.9
Orchestra	Direct SPL (A)	79.7	71.4	72.5	72.8	70.9	71.2	68.8	69.5
Orchestra	Total SPL (Z)	95.0	92.0	88.1	84.8	83.2	82.6	81.2	80.7
Orchestra	Total SPL (A)	89.8	76.0	79.4	81.3	83.2	83.8	82.1	79.4
Orchestra	EDT	1.5	0.9	1.4	1.7	1.8	1.9	1.9	0.9
Orchestra	T10	1.8	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0	1.8	1.5
Orchestra	T20	1.7	1.8	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.3
Orchestra	T30	1.8	1.9	2.0	2.1	2.0	2.1	1.7	1.2

Orchestra	Arrival Time	13							
Orchestra	Definition	56	59	45	43	42	42	45	72
Orchestra	C50	1.0	1.6	-0.8	-1.2	-1.5	-1.3	-0.8	4.1
Orchestra	C80	2.6	4.8	2.1	1.0	0.3	0.1	0.5	5.6
Orchestra	Sound Strength	-6.6	-1.2	-3.2	-5.5	-5.6	-5.0	-7.8	-7.6
Orchestra	STI (M)	0.55							
Orchestra	Articulation Loss (M)	8.8							
Stage	Direct SPL (Z)	87.6	86.8	78.5	73.0	66.5	66.3	62.8	56.1
Stage	Direct SPL (A)	76.2	70.5	69.6	69.1	66.5	67.5	63.9	55.5
Stage	Total SPL (Z)	94.4	91.8	87.4	83.8	82.0	81.5	79.8	77.8
Stage	Total SPL (A)	88.6	75.8	78.7	80.2	82.0	82.6	80.7	76.8
Stage	EDT	1.7	1.3	1.6	1.8	1.9	2.0	1.9	1.2
Stage	T10	1.8	1.7	1.8	2.0	2.0	1.9	1.8	1.1
Stage	T20	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.2
Stage	T30	1.8	2.0	2.0	2.0	2.1	2.0	1.6	1.2
Stage	Arrival Time	31							
Stage	Definition	41	72	52	41	33	31	29	46
Stage	C50	-1.5	4.2	0.3	-1.6	-3.1	-3.5	-4.0	-0.7
Stage	C80	0.4	5.5	2.0	0.4	-0.8	-1.6	-2.0	1.5
Stage	Sound Strength	-8.3	-1.5	-3.9	-6.5	-6.8	-6.1	-9.2	-10.7
Stage	STI (M)	0.50							
Stage	Articulation Loss (M)	11.6							
Arch Left	Direct SPL (Z)	85.7	84.9	76.7	70.2	63.7	62.0	60.0	53.5
Arch Left	Direct SPL (A)	73.7	68.4	68.1	66.2	63.7	63.3	60.7	52.7
Arch Left	Total SPL (Z)	93.6	91.2	86.9	83.0	80.3	79.3	77.2	74.7
Arch Left	Total SPL (A)	86.9	75.1	78.2	79.3	80.2	80.5	78.1	73.8
Arch Left	EDT	1.8	1.1	1.5	1.8	1.9	2.1	1.9	1.5
Arch Left	T10	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	1.6	1.2
Arch Left	T20	1.7	1.8	1.8	1.8	1.9	1.8	1.7	1.1
Arch Left	T30	1.8	1.9	1.9	2.0	2.2	1.8	1.7	1.2
Arch Left	Arrival Time	25.0							
Arch Left	Definition	28.5	71	53	41	22	14	11	10
Arch Left	C50	-4.0	4.0	0.5	-1.6	-5.4	-7.9	-9.1	-9.4
Arch Left	C80	-1.0	6.8	3.3	1.0	-1.8	-4.2	-5.4	-3.0
Arch Left	Sound Strength	-10.4	-2.1	-4.4	-7.4	-8.6	-8.3	-11.8	-14.0
Arch Left	STI (M)	0.4							
Arch Left	Articulation Loss (M)	15.3							
Arch Center	Direct SPL (Z)	74.0	71.3	68.5	64.2	61.7	55.3	49.9	45.9
Arch Center	Direct SPL (A)	66.5	55.5	59.7	60.6	61.7	56.4	51.0	44.9
Arch Center	Total SPL (Z)	92.9	90.5	86.1	81.8	80.0	79.1	76.9	74.4
Arch Center	Total SPL (A)	86.4	74.6	77.4	78.1	80.0	80.3	77.9	73.4
Arch Center	EDT	1.8	1.3	1.6	1.9	1.8	2.1	1.9	1.4
Arch Center	T10	1.8	1.7	1.8	2.0	1.9	1.9	1.7	1.2

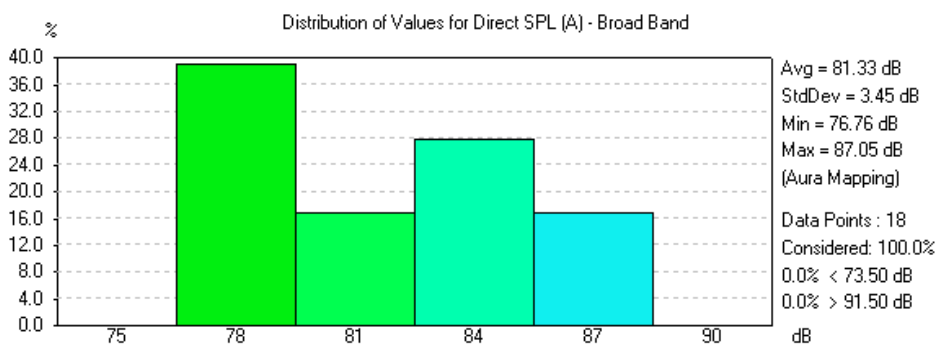
Arch Center	T20	1.8	1.8	1.9	2.0	2.1	1.9	1.7	1.3
Arch Center	T30	1.9	2.0	2.0	2.0	2.2	2.0	1.7	1.2
Arch Center	Arrival Time	50.0							
Arch Center	Definition	43.6	78	61	44	35	30	27	42
Arch Center	C50	-1.1	5.6	2.0	-1.1	-2.7	-3.8	-4.2	-1.4
Arch Center	C80	0.7	7.1	3.8	1.0	-0.1	-1.7	-2.3	0.7
Arch Center	Sound Strength	-10.8	-2.7	-5.2	-8.6	-8.8	-8.5	-12.1	-14.2
Arch Center	STI (M)	0.5							
Arch Center	Articulation Loss (M)	11.3							
Arch Right	Direct SPL (Z)	85.6	84.7	77.0	69.8	63.9	61.8	59.2	52.7
Arch Right	Direct SPL (A)	73.6	68.2	68.4	65.9	63.9	63.0	59.9	52.0
Arch Right	Total SPL (Z)	93.5	91.1	86.7	82.8	80.2	79.3	77.5	74.4
Arch Right	Total SPL (A)	86.9	75.0	78.1	79.2	80.2	80.5	78.4	73.6
Arch Right	EDT	1.8	1.2	1.5	1.7	1.8	2.0	1.9	1.5
Arch Right	T10	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.9	1.7	1.1
Arch Right	T20	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.1
Arch Right	T30	1.8	1.9	1.9	2.0	1.8	1.9	1.7	1.1
Arch Right	Arrival Time	25.0							
Arch Right	Definition	26.9	71	53	39	22	14	9	8
Arch Right	C50	-4.4	3.8	0.5	-2.0	-5.6	-8.0	-10.3	-10.5
Arch Right	C80	-1.3	6.6	3.4	0.8	-1.8	-4.2	-5.8	-3.5
Arch Right	Sound Strength	-10.4	-2.2	-4.5	-7.6	-8.6	-8.3	-11.5	-14.3
Arch Right	STI (M)	0.4							
Arch Right	Articulation Loss (M)	15.1							
Entrance	Direct SPL (Z)	79.0	77.9	72.0	62.9	55.5	48.2	50.3	46.9
Entrance	Direct SPL (A)	66.8	62.0	62.5	58.9	55.4	49.4	51.0	45.9
Entrance	Total SPL (Z)	93.9	90.7	87.6	84.8	82.8	80.7	78.4	75.5
Entrance	Total SPL (A)	88.4	74.9	79.0	81.2	82.7	81.8	79.4	74.6
Entrance	EDT	1.8	1.2	1.4	1.4	1.6	2.1	2.1	1.8
Entrance	T10	1.7	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.6	1.4
Entrance	T20	1.7	1.8	1.8	1.9	2.0	1.9	1.6	1.2
Entrance	T30	1.9	2.0	2.0	2.2	2.1	2.1	1.6	1.2
Entrance	Arrival Time	42.0							
Entrance	Definition	39.1	39	35	35	36	34	35	54
Entrance	C50	-1.9	-1.9	-2.7	-2.7	-2.4	-3.0	-2.7	0.7
Entrance	C80	0.5	2.0	0.8	0.4	0.3	-0.9	-1.0	2.5
Entrance	Sound Strength	-9.3	-2.5	-3.6	-5.5	-6.1	-6.9	-10.6	-13.2
Entrance	STI (M)	0.5							
Entrance	Articulation Loss (M)	12.4							

Ηχητική στάθμη απευθείας ήχου (*directSPL*)

Παντοκατευθυντική πηγή στο κέντρο της ορχήστρας (S1)

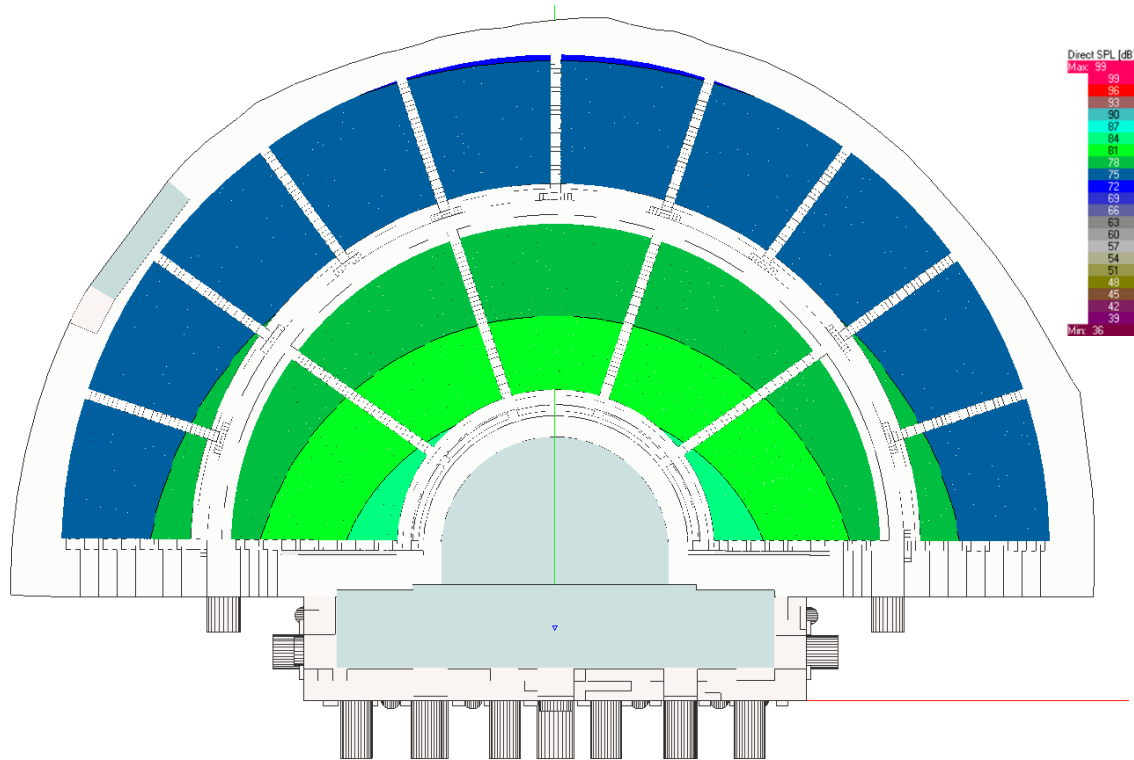


Σχήμα Δ. 1 Χάρτης του DirectSPL στο σενάριο S1 (standard mapping, resolution 1m)

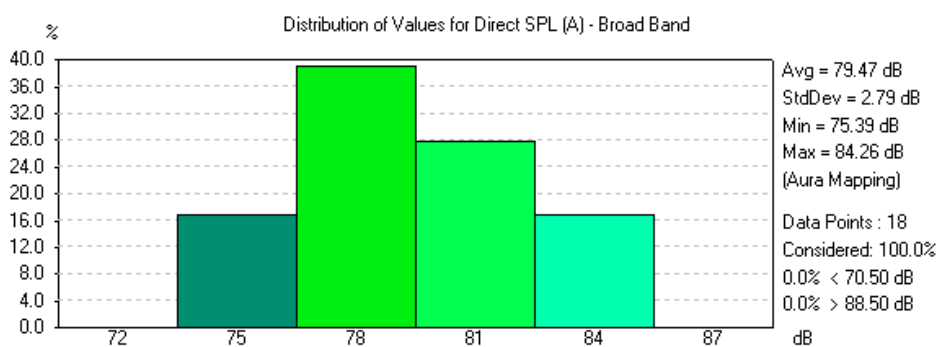


Σχήμα Δ. 2 Κατανομή του DirectSPL στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Παντοκατευθυντική πηγή στο κέντρο της σκηνής (S2)

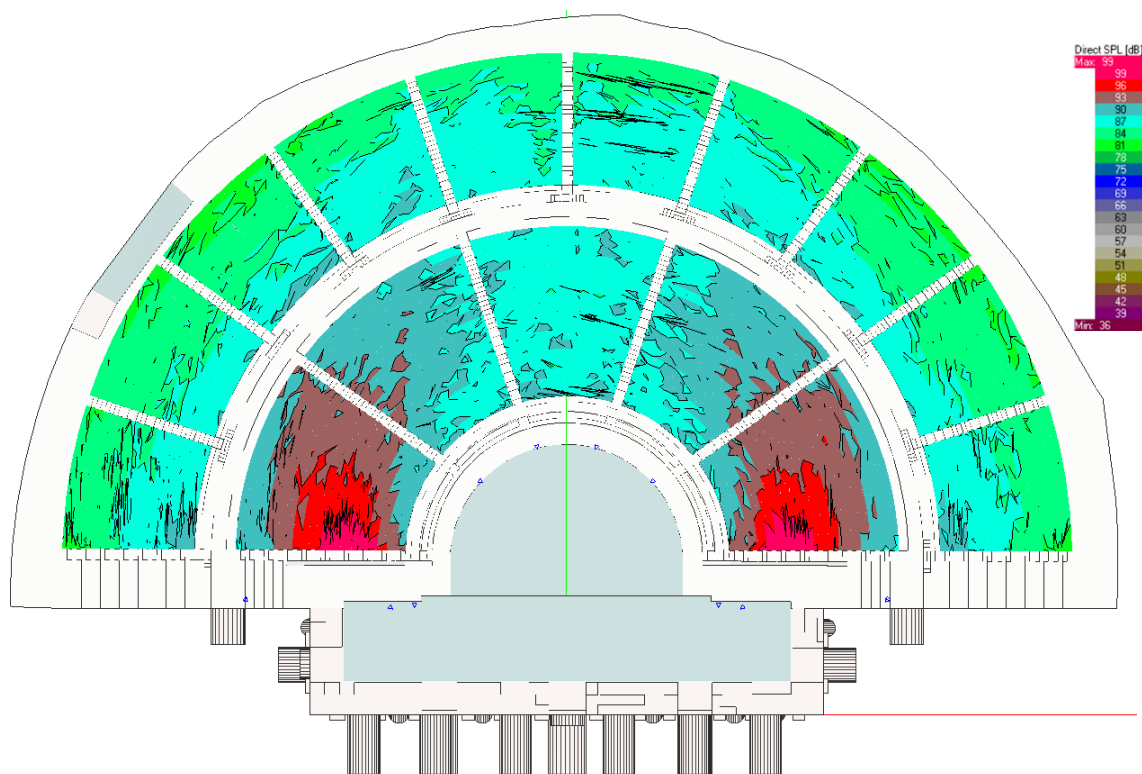


Σχήμα Δ. 3 Χάρτης του DirectSPL στο σενάριο S2 (standard mapping, resolution 1m)

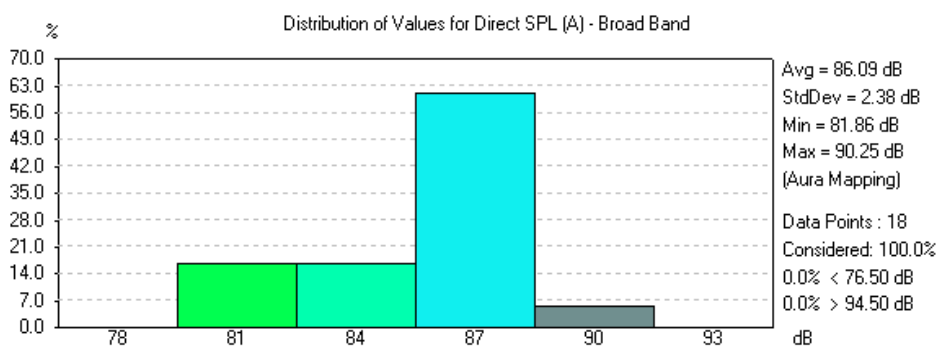


Σχήμα Δ. 4 Κατανομή του DirectSPL στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Επιδαπέδιο ηχητικό σύστημα (S3)

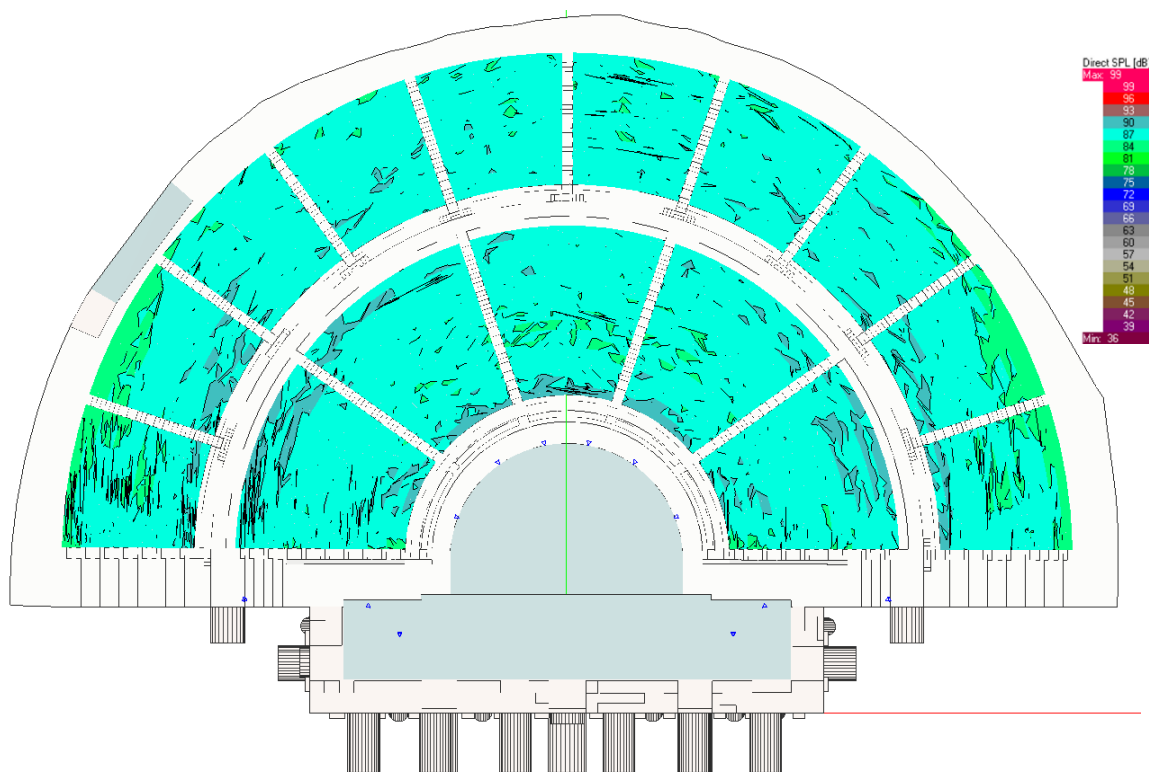


Σχήμα Δ. 5 Χάρτης του DirectSPL στο σενάριο S3 (standard mapping, resolution 1m)

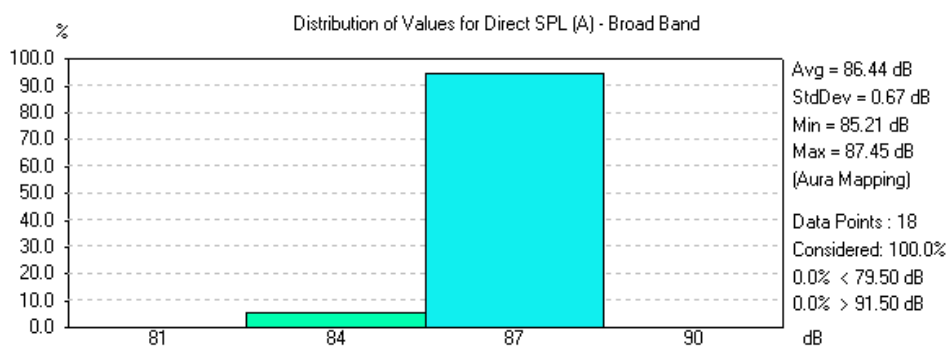


Σχήμα Δ. 6 Κατανομή του DirectSPL στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Αναρτώμενο ηχητικό σύστημα (S4)



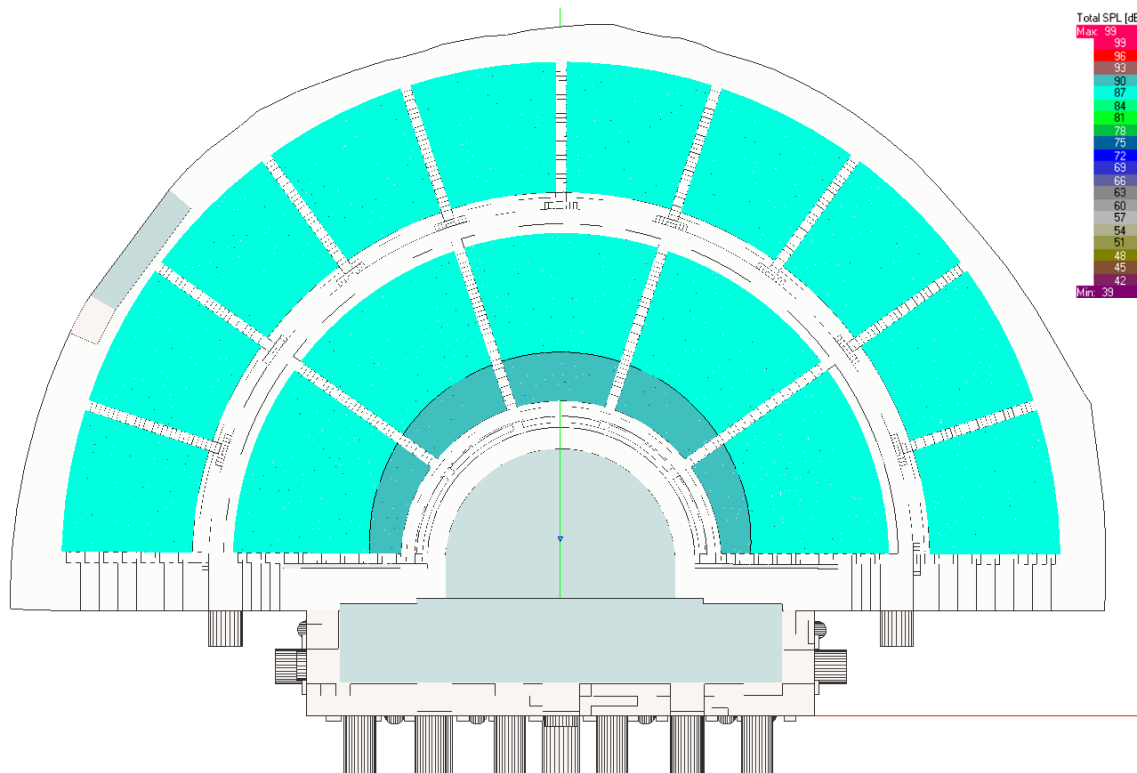
Σχήμα Δ. 7 Χάρτης του DirectSPL στο σενάριο S4 (standard mapping, resolution 1m)



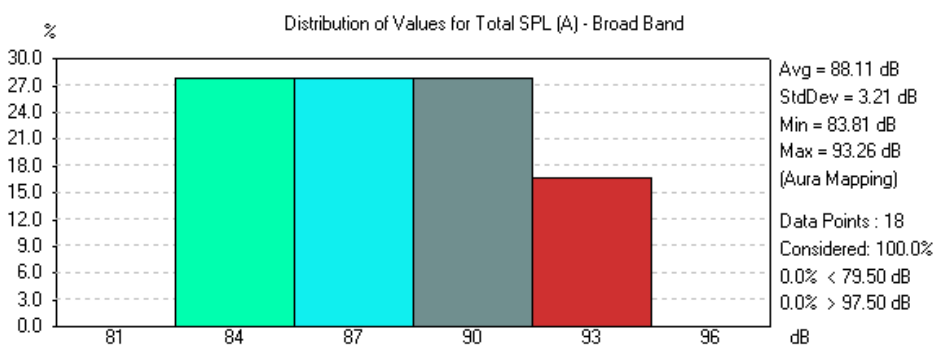
Σχήμα Δ. 8 Κατανομή του DirectSPL στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Συνολική ηχητική στάθμη (totalSPL)

Παντοκατευθυντική πηγή στο κέντρο της ορχήστρας (S1)

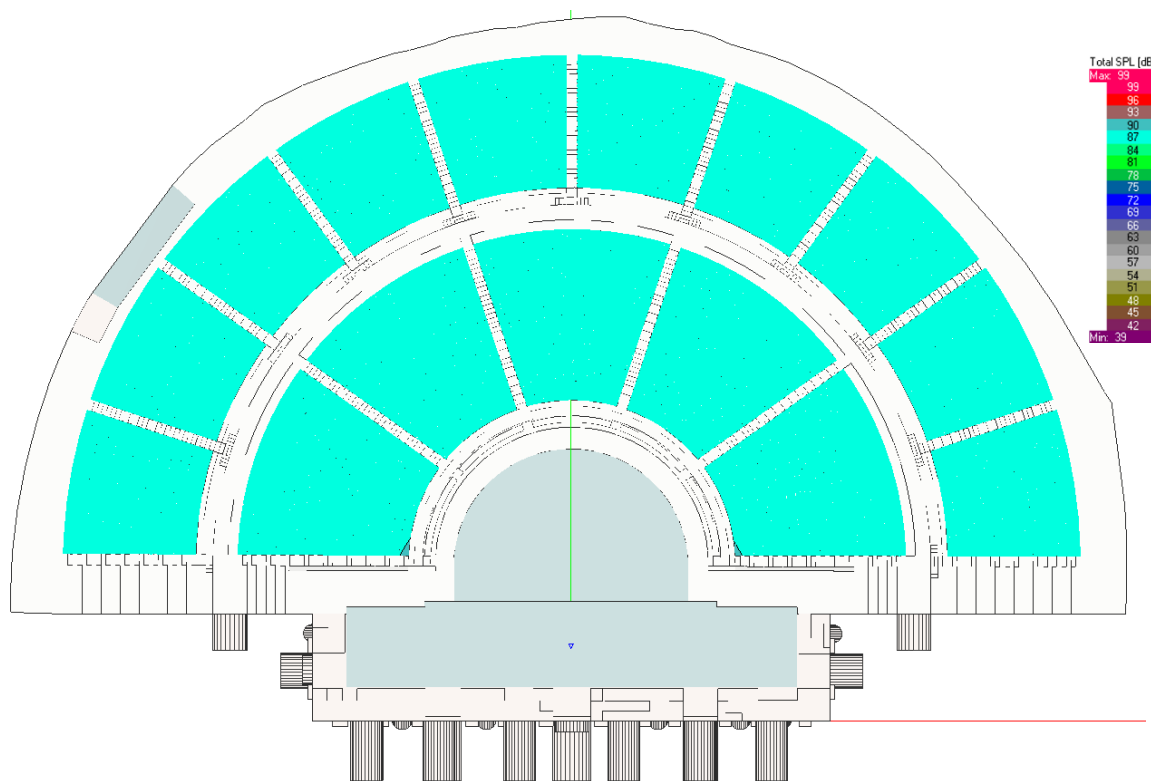


Σχήμα Δ. 9 Χάρτης του TotalSPL στο σενάριο S1 (standard mapping, resolution 1m)

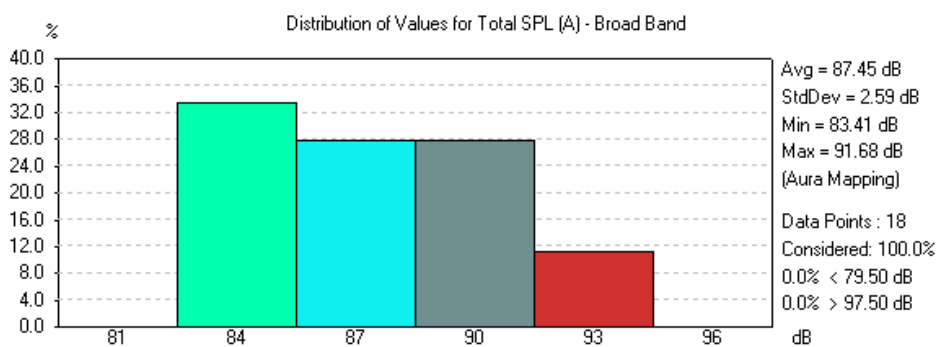


Σχήμα Δ. 10 Κατανομή του TotalSPL στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Παντοκατευθυντική πηγή στο κέντρο της σκηνής (S2)

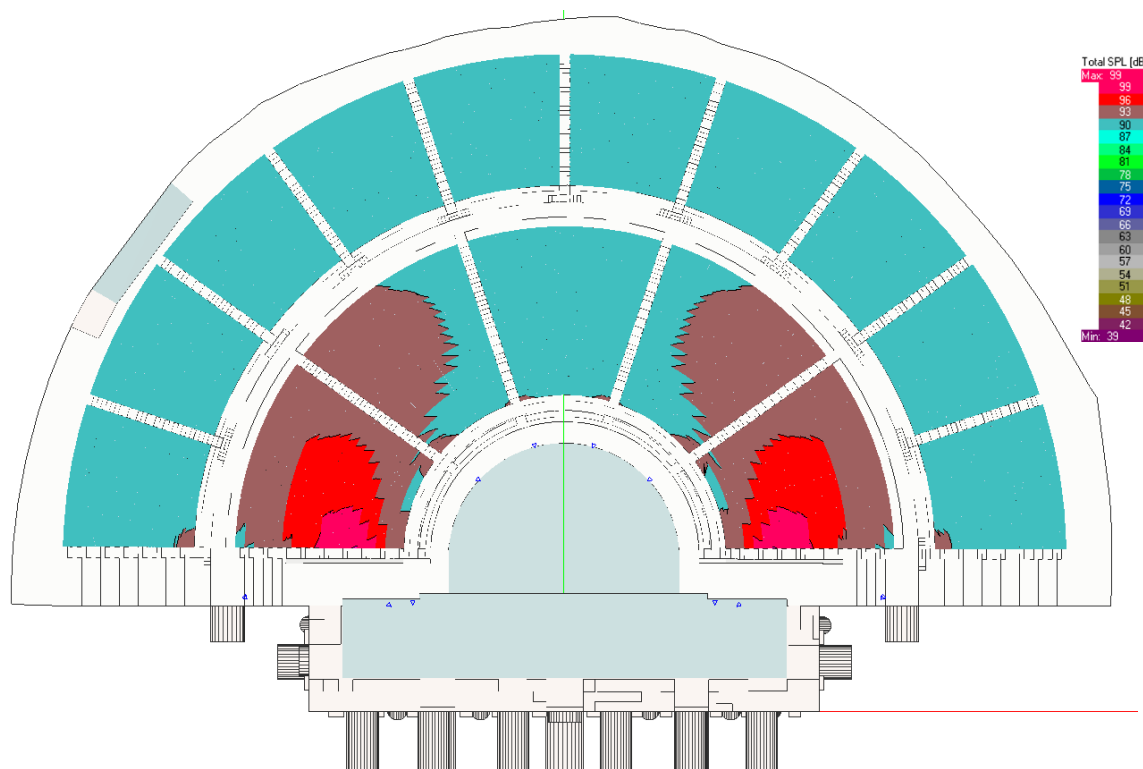


Σχήμα Δ. 11 Χάρτης του TotalSPL στο σενάριο S2 (standard mapping, resolution 1m)

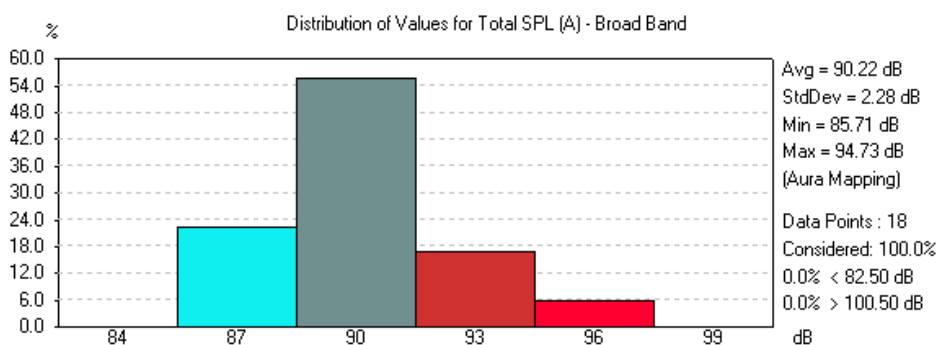


Σχήμα Δ. 12 Κατανομή του TotalSPL στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Επιδαπέδιο ηχητικό σύστημα (S3)

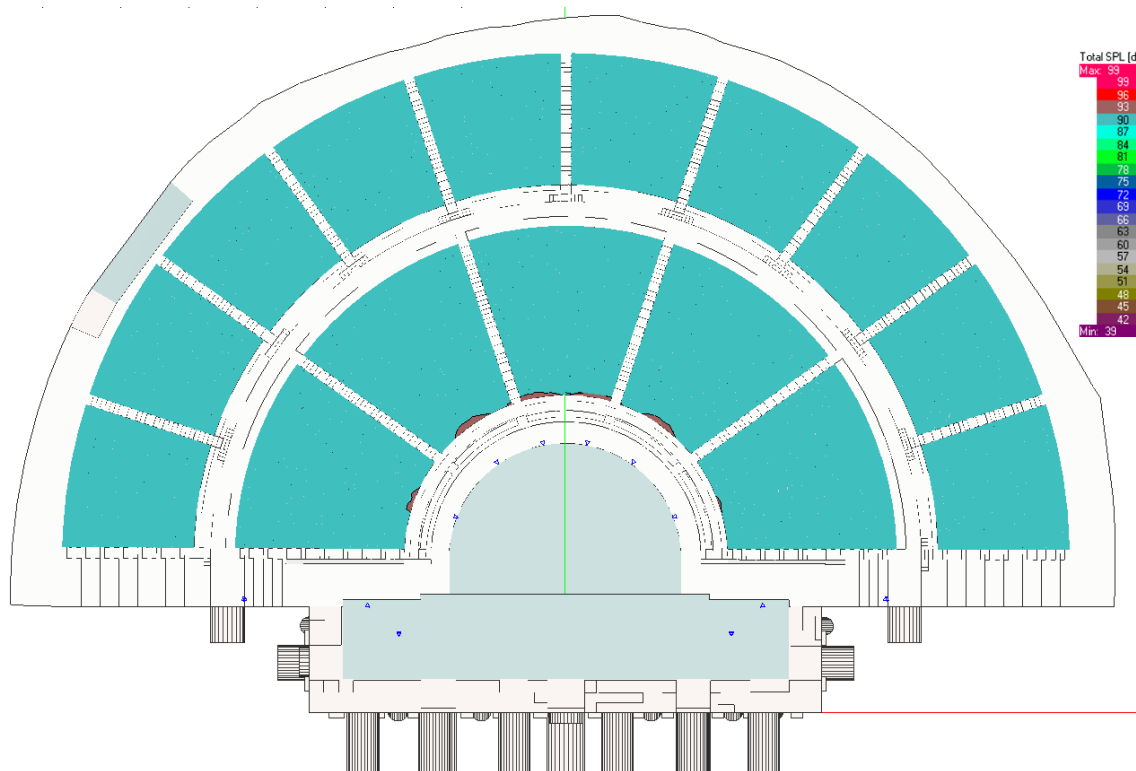


Σχήμα Δ. 13 Χάρτης του TotalSPL στο σενάριο S3 (standard mapping, resolution 1m)

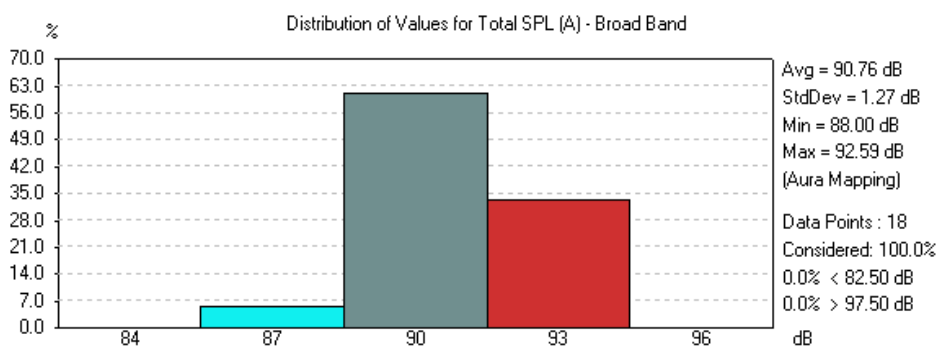


Σχήμα Δ. 14 Κατανομή του TotalSPL στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Αναρτώμενο ηχητικό σύστημα (S4)



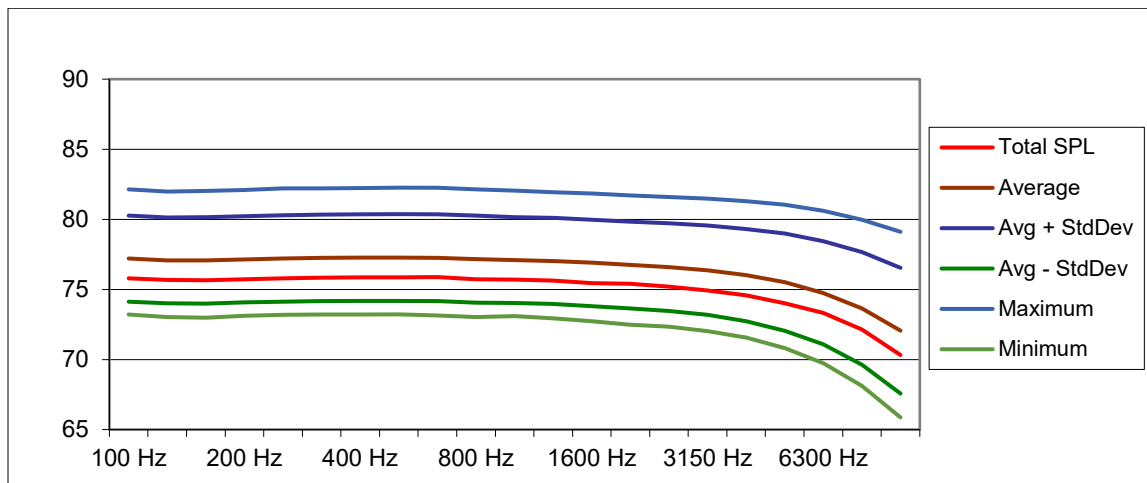
Σχήμα Δ. 15 Χάρτης του TotalSPL στο σενάριο S4 (standard mapping, resolution 1m)



Σχήμα Δ. 16 Κατανομή του TotalSPL στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Συχνοτική απόκριση (frequency response)

Παντοκατευθυντική πηγή στο κέντρο της ορχήστρας (S1)

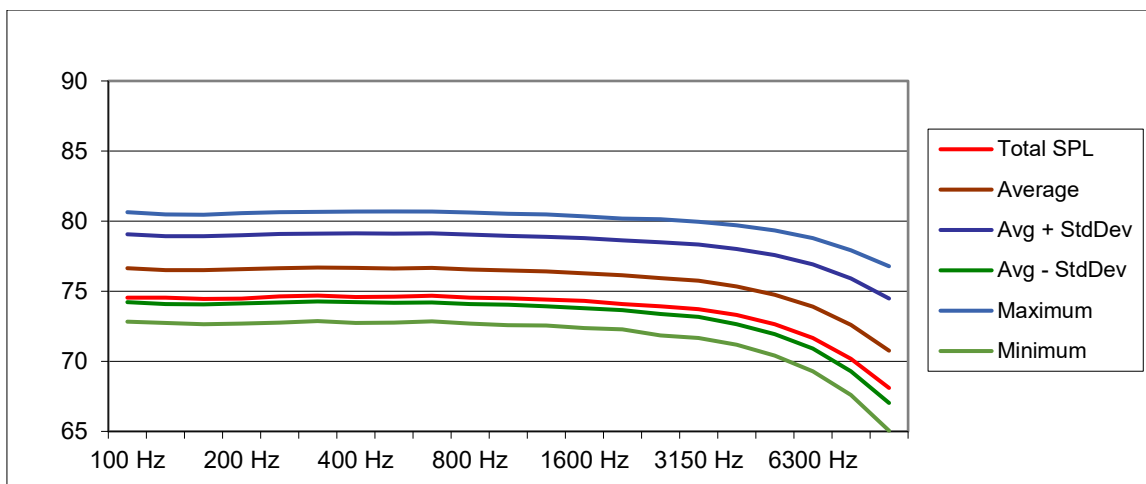


Σχήμα Δ. 17 Μέση τιμή της συχνοτικής απόκρισης για τις θέσεις στο κοίλο στο σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Πίνακας Δ. 6 Τιμές της συχνοτικής απόκρισης για τις θέσεις στο κοίλο στο σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Frequency	Pos. 6-1	Average	Avg + StdDev	Avg - StdDev	Maximum	Minimum
100 Hz	75.78	77.20	80.27	74.12	82.13	73.21
125 Hz	75.67	77.07	80.13	74.01	81.99	73.03
160 Hz	75.65	77.07	80.16	73.99	82.02	72.98
200 Hz	75.73	77.15	80.22	74.08	82.09	73.13
250 Hz	75.79	77.21	80.30	74.12	82.20	73.18
315 Hz	75.84	77.25	80.33	74.16	82.20	73.20
400 Hz	75.87	77.27	80.36	74.18	82.23	73.20
500 Hz	75.85	77.27	80.37	74.18	82.26	73.22
630 Hz	75.88	77.25	80.35	74.16	82.25	73.15
800 Hz	75.73	77.16	80.26	74.05	82.14	73.02
1000 Hz	75.69	77.09	80.16	74.03	82.05	73.09
1250 Hz	75.64	77.03	80.10	73.96	81.94	72.93
1600 Hz	75.46	76.90	79.98	73.81	81.84	72.74
2000 Hz	75.40	76.75	79.84	73.65	81.70	72.49
2500 Hz	75.19	76.60	79.73	73.47	81.59	72.35
3150 Hz	74.93	76.37	79.57	73.18	81.48	72.02
4000 Hz	74.57	76.02	79.31	72.72	81.29	71.57
5000 Hz	74.00	75.51	78.98	72.05	81.04	70.81
6300 Hz	73.32	74.75	78.43	71.08	80.61	69.74
8000 Hz	72.14	73.64	77.66	69.62	79.98	68.12
10000 Hz	70.32	72.06	76.54	67.57	79.11	65.87

Παντοκατευθυντική πηγή στο κέντρο της σκηνής (S2)

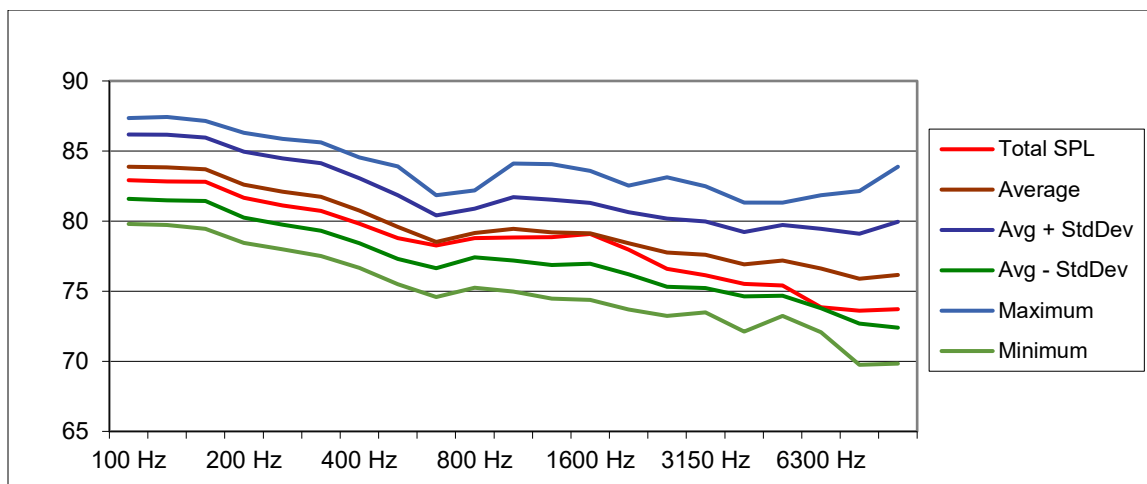


Σχήμα Δ. 18 Μέση τιμή της συχνотικής απόκρισης για τις θέσεις στο κοίλο στο σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Πίνακας Δ. 7 Τιμές της συχνотικής απόκρισης για τις θέσεις στο κοίλο στο σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Frequency	Pos. 6-1	Average	Avg + StdDev	Avg - StdDev	Maximum	Minimum
100 Hz	74.54	76.65	79.07	74.22	80.64	72.83
125 Hz	74.55	76.50	78.92	74.08	80.48	72.74
160 Hz	74.46	76.50	78.93	74.06	80.46	72.65
200 Hz	74.48	76.57	79.00	74.14	80.56	72.68
250 Hz	74.64	76.64	79.08	74.20	80.63	72.76
315 Hz	74.69	76.69	79.11	74.27	80.66	72.87
400 Hz	74.59	76.67	79.13	74.21	80.68	72.74
500 Hz	74.61	76.63	79.10	74.17	80.69	72.76
630 Hz	74.67	76.67	79.13	74.20	80.68	72.85
800 Hz	74.53	76.56	79.03	74.09	80.62	72.69
1000 Hz	74.50	76.49	78.95	74.04	80.52	72.57
1250 Hz	74.40	76.41	78.89	73.93	80.47	72.56
1600 Hz	74.31	76.28	78.78	73.79	80.35	72.36
2000 Hz	74.09	76.14	78.63	73.65	80.19	72.28
2500 Hz	73.92	75.94	78.50	73.38	80.14	71.85
3150 Hz	73.72	75.75	78.33	73.16	79.96	71.66
4000 Hz	73.30	75.33	78.01	72.65	79.71	71.18
5000 Hz	72.65	74.75	77.57	71.94	79.34	70.40
6300 Hz	71.66	73.91	76.91	70.91	78.78	69.29
8000 Hz	70.18	72.60	75.91	69.28	77.93	67.59
10000 Hz	68.10	70.76	74.48	67.03	76.78	65.05

Επιδαπέδιο ηχητικό σύστημα (S3)

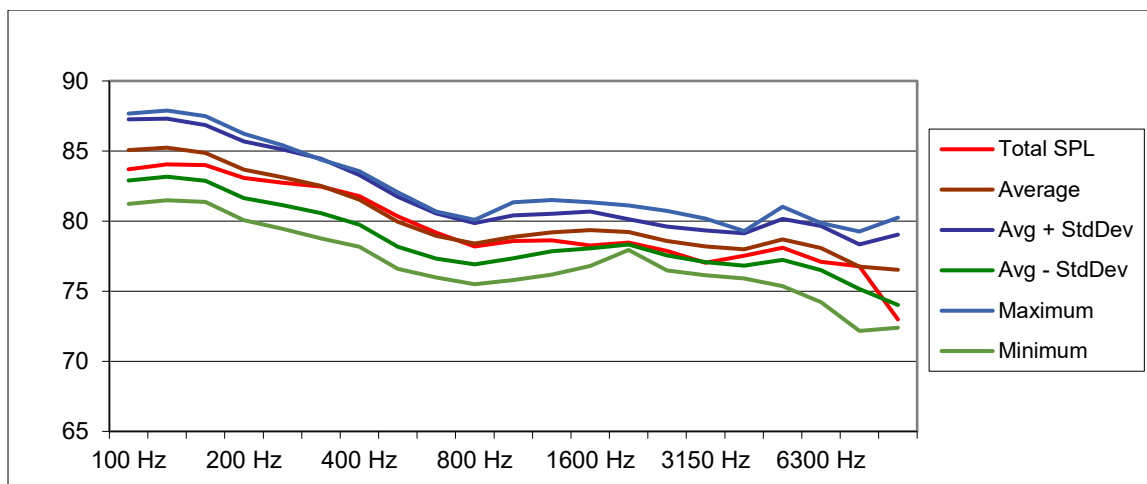


Σχήμα Δ. 19 Μέση τιμή της συχνотικής απόκρισης για τις θέσεις στο κοίλο στο σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Πίνακας Δ. 8 Τιμές της συχνотικής απόκρισης για τις θέσεις στο κοίλο στο σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Frequency	Pos. 6-1	Average	Avg + StdDev	Avg - StdDev	Maximum	Minimum
100 Hz	82.92	83.88	86.18	81.59	87.35	79.80
125 Hz	82.82	83.83	86.16	81.49	87.43	79.73
160 Hz	82.80	83.70	85.97	81.43	87.15	79.44
200 Hz	81.66	82.61	84.96	80.26	86.30	78.44
250 Hz	81.11	82.11	84.48	79.75	85.87	77.98
315 Hz	80.73	81.73	84.14	79.31	85.62	77.51
400 Hz	79.81	80.75	83.06	78.43	84.54	76.66
500 Hz	78.80	79.58	81.85	77.31	83.91	75.49
630 Hz	78.26	78.52	80.40	76.65	81.85	74.59
800 Hz	78.78	79.15	80.89	77.41	82.18	75.26
1000 Hz	78.83	79.45	81.71	77.19	84.12	74.97
1250 Hz	78.85	79.20	81.54	76.86	84.06	74.47
1600 Hz	79.08	79.13	81.29	76.97	83.58	74.38
2000 Hz	77.97	78.42	80.64	76.20	82.54	73.69
2500 Hz	76.59	77.75	80.18	75.32	83.12	73.25
3150 Hz	76.14	77.60	79.98	75.22	82.49	73.48
4000 Hz	75.52	76.92	79.22	74.63	81.33	72.12
5000 Hz	75.42	77.20	79.73	74.68	81.32	73.25
6300 Hz	73.85	76.63	79.46	73.79	81.84	72.07
8000 Hz	73.61	75.89	79.10	72.68	82.14	69.75
10000 Hz	73.72	76.17	79.95	72.40	83.87	69.83

Αναρτώμενο ηχητικό σύστημα (S4)



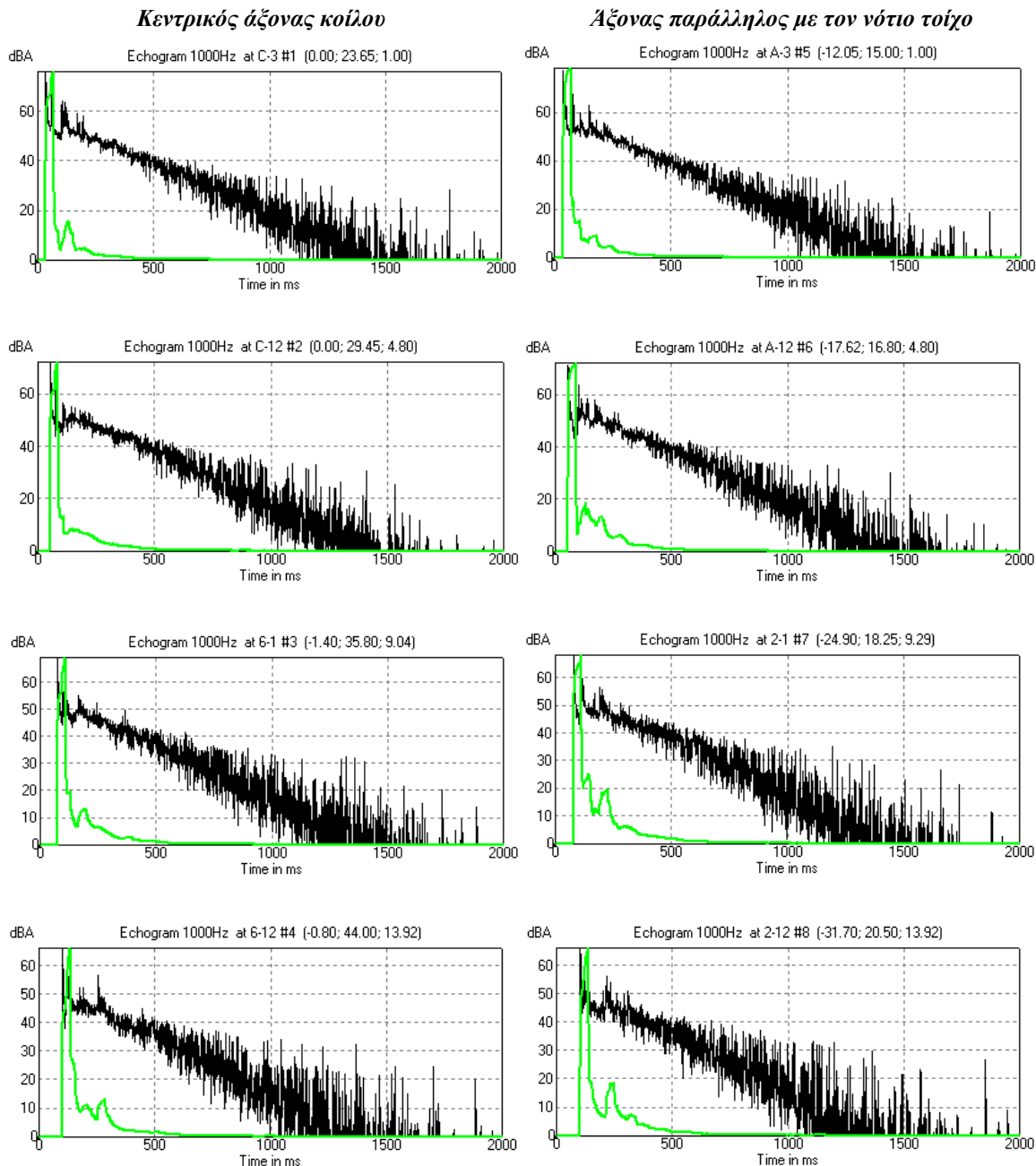
Σχήμα Δ. 20 Μέση τιμή της συχνотικής απόκρισης για τις θέσεις στο κοίλο στο σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Πίνακας Δ. 9 Τιμές της συχνотικής απόκρισης για τις θέσεις στο κοίλο στο σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Frequency	Pos. 6-1	Average	Avg + StdDev	Avg - StdDev	Maximum	Minimum
100 Hz	83.70	85.07	87.25	82.89	87.68	81.23
125 Hz	84.05	85.24	87.31	83.17	87.89	81.49
160 Hz	83.99	84.86	86.85	82.87	87.49	81.37
200 Hz	83.08	83.67	85.69	81.64	86.24	80.07
250 Hz	82.74	83.12	85.11	81.13	85.40	79.44
315 Hz	82.46	82.52	84.46	80.58	84.38	78.76
400 Hz	81.79	81.52	83.29	79.74	83.56	78.17
500 Hz	80.35	79.95	81.73	78.18	82.05	76.60
630 Hz	79.17	78.94	80.55	77.33	80.69	75.98
800 Hz	78.19	78.39	79.86	76.92	80.09	75.50
1000 Hz	78.58	78.87	80.41	77.34	81.35	75.80
1250 Hz	78.64	79.19	80.53	77.85	81.50	76.18
1600 Hz	78.27	79.37	80.68	78.05	81.35	76.81
2000 Hz	78.48	79.23	80.13	78.34	81.12	77.94
2500 Hz	77.87	78.59	79.62	77.55	80.74	76.49
3150 Hz	77.04	78.20	79.33	77.07	80.19	76.13
4000 Hz	77.53	77.98	79.13	76.83	79.29	75.91
5000 Hz	78.11	78.69	80.15	77.23	81.03	75.36
6300 Hz	77.10	78.08	79.65	76.50	79.87	74.22
8000 Hz	76.77	76.75	78.34	75.16	79.26	72.17
10000 Hz	72.99	76.53	79.04	74.02	80.25	72.39

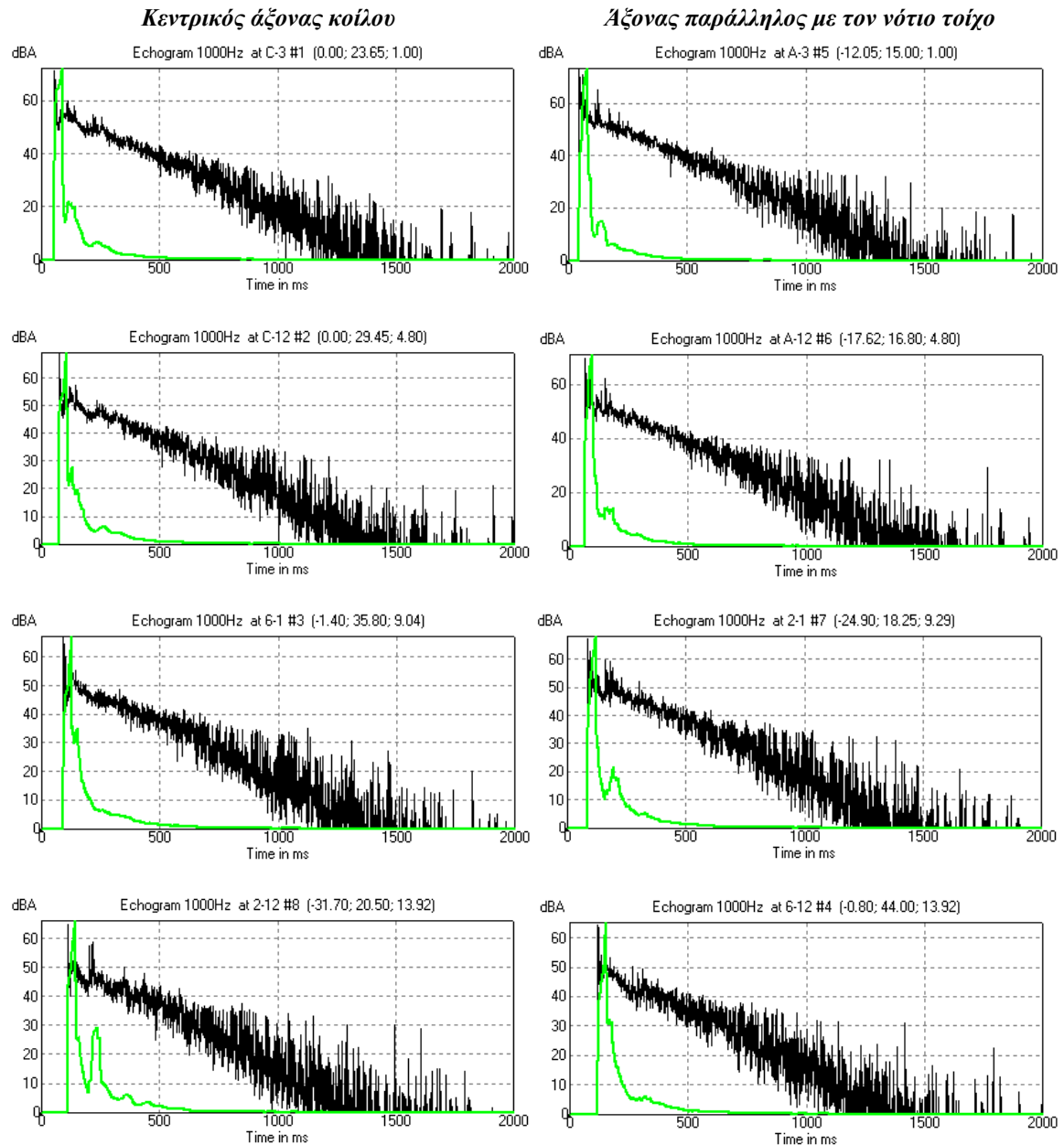
Κρουστική απόκριση (echogram)

Παντοκατευθυντική πηγή στο κέντρο της ορχήστρας (S1)



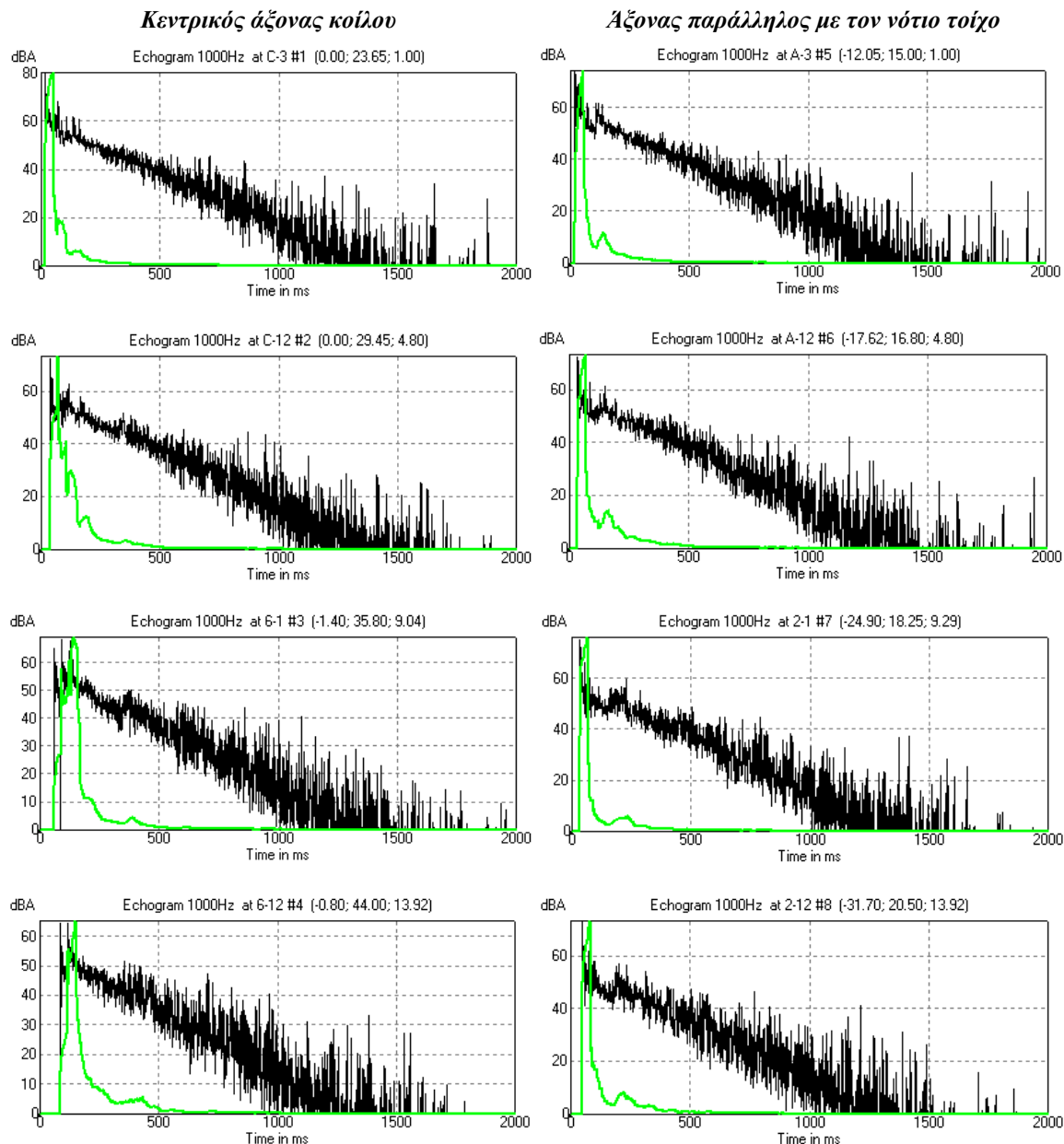
Σχήμα Α. 21 Κρουστική απόκριση για θέσεις στον κεντρικό άξονα του θεάτρου (C-3, C-12, 6-1, 6-12) και στον άξονα παράλληλο στον νότιο τοίχο (A-3, A-12, 2-1, 2-12), για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Παντοκατευθυντική πηγή στο κέντρο της σκηνής (S2)



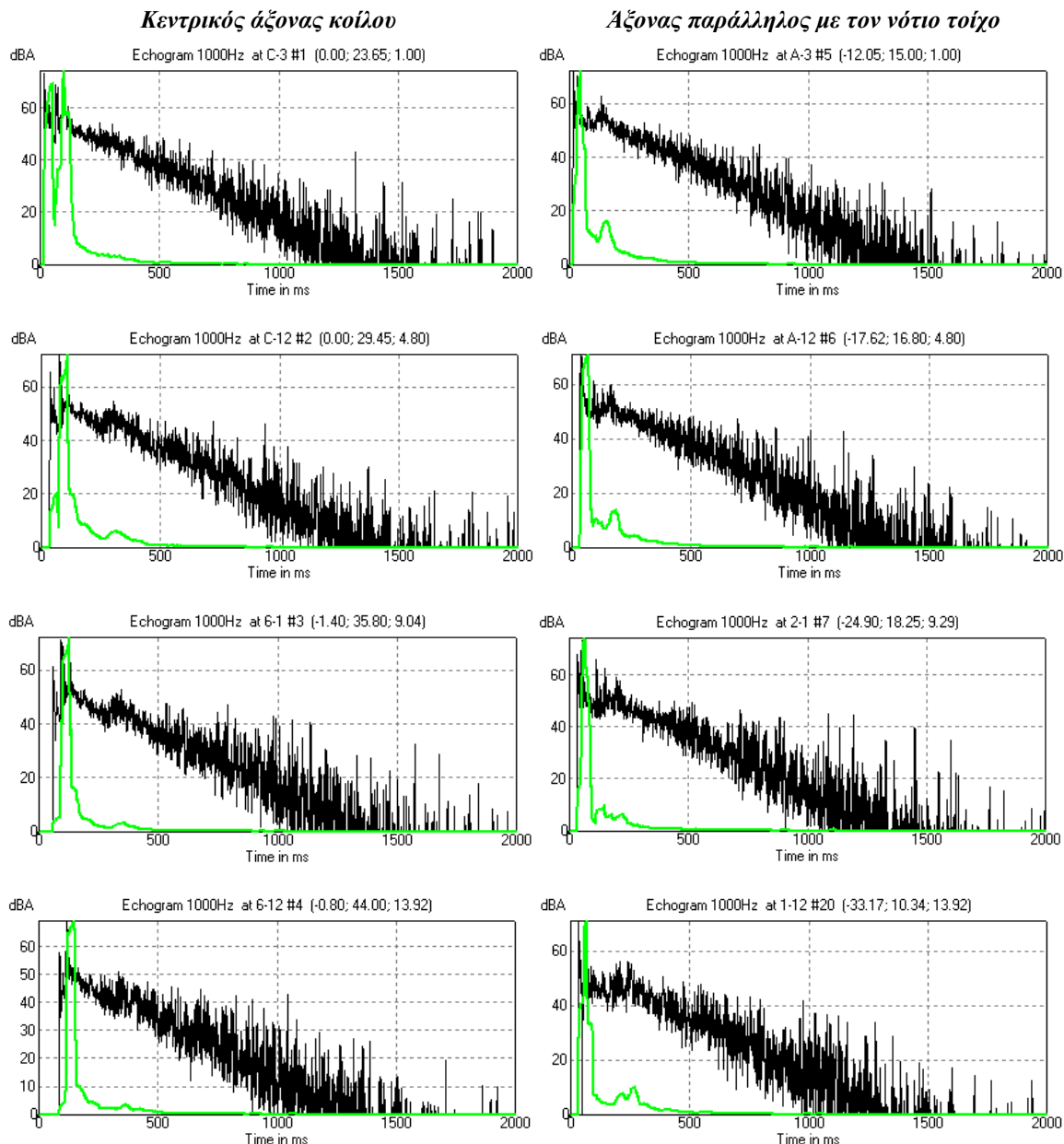
Σχήμα Α. 22 Κρουστική απόκριση για θέσεις στον κεντρικό άξονα του θεάτρου (C-3, C-12, 6-1, 6-12) και στον άξονα παράλληλο στον νότιο τοίχο (A-3, A-12, 2-1, 2-12), για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Επιδαπέδιο ηχητικό σύστημα (S3)



Σχήμα Α. 23 Κρουστική απόκριση για θέσεις στον κεντρικό άξονα του θεάτρου (C-3, C-12, 6-1, 6-12) και στον άξονα παράλληλο στον νότιο τοίχο (A-3, A-12, 2-1, 2-12), για το σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Αναρτώμενο ηχητικό σύστημα (S4)

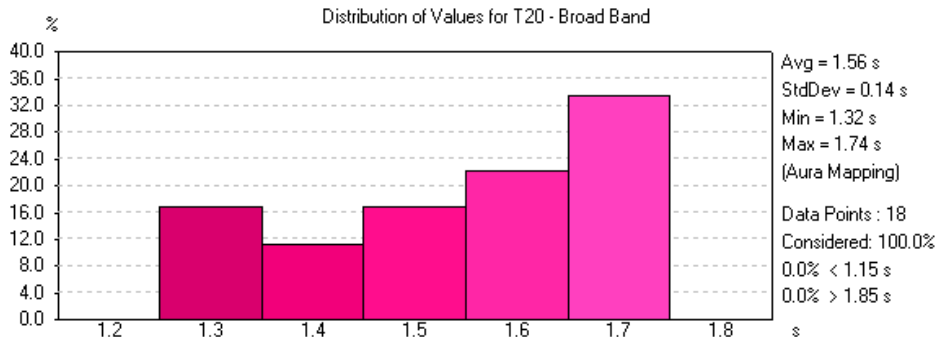


Σχήμα Α. 24 Κρουστική απόκριση για θέσεις στον κεντρικό άξονα του θεάτρου (C-3, C-12, 6-1, 6-12) και στον άξονα παράλληλο στον νότιο τοίχο (A-3, A-12, 2-1, 2-12), για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

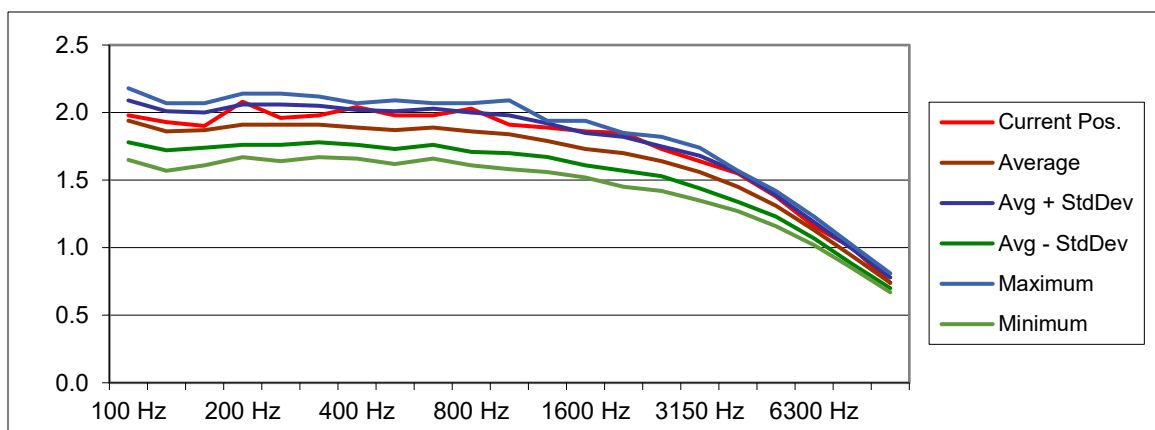
Σημείωση: Λόγω του μεγάλου αριθμού θέσεων και σεναρίων παρουσιάζονται μόνο κάποιες ενδεικτικές θέσεις.

Χρόνος αντήχησης T_{20}

Παντοκατευθυντική πηγή στο κέντρο της ορχήστρας (S1)



Σχήμα Δ. 25 Κατανομή του T_{20} στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)



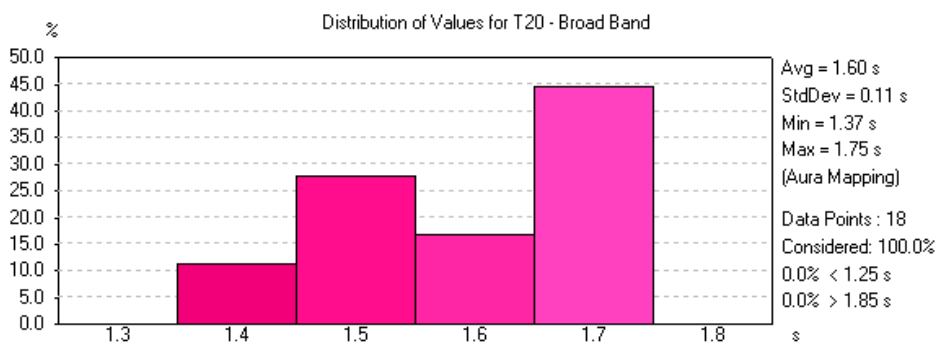
Σχήμα Δ. 26 Φασματική απεικόνιση του T_{20} στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Πίνακας Δ. 10 Τιμές του T_{20} στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

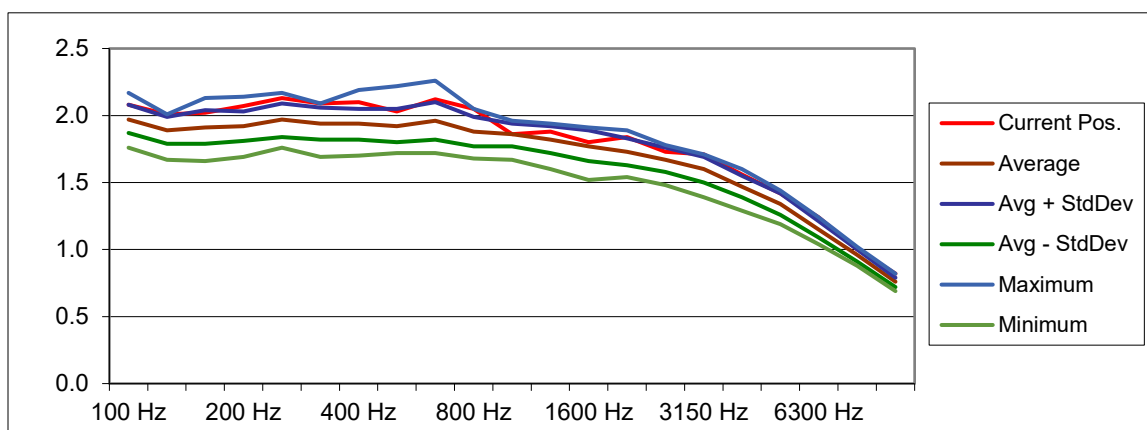
Frequency	Pos. 6-1	Average	Avg + StdDev	Avg - StdDev	Maximum	Minimum
100 Hz	1.98	1.94	2.09	1.78	2.18	1.65
125 Hz	1.93	1.86	2.01	1.72	2.07	1.57
160 Hz	1.90	1.87	2.00	1.74	2.07	1.61
200 Hz	2.08	1.91	2.06	1.76	2.14	1.67
250 Hz	1.96	1.91	2.06	1.76	2.14	1.64
315 Hz	1.98	1.91	2.05	1.78	2.12	1.67
400 Hz	2.04	1.89	2.02	1.76	2.07	1.66
500 Hz	1.98	1.87	2.01	1.73	2.09	1.62
630 Hz	1.98	1.89	2.03	1.76	2.07	1.66
800 Hz	2.03	1.86	2.00	1.71	2.07	1.61
1000 Hz	1.91	1.84	1.98	1.70	2.09	1.58

1250 Hz	1.89	1.79	1.92	1.67	1.94	1.56
1600 Hz	1.86	1.73	1.85	1.61	1.94	1.52
2000 Hz	1.85	1.70	1.82	1.57	1.85	1.45
2500 Hz	1.73	1.64	1.75	1.53	1.82	1.42
3150 Hz	1.64	1.56	1.68	1.44	1.74	1.35
4000 Hz	1.55	1.45	1.56	1.34	1.57	1.27
5000 Hz	1.38	1.31	1.39	1.23	1.42	1.16
6300 Hz	1.16	1.13	1.19	1.07	1.23	1.02
8000 Hz	1.00	0.94	0.99	0.88	1.02	0.85
10000 Hz	0.74	0.74	0.78	0.70	0.81	0.67

Παντοκατευθυντική πηγή στο κέντρο της σκηνής (S2)



Σχήμα Δ. 27 Κατανομή του T20 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

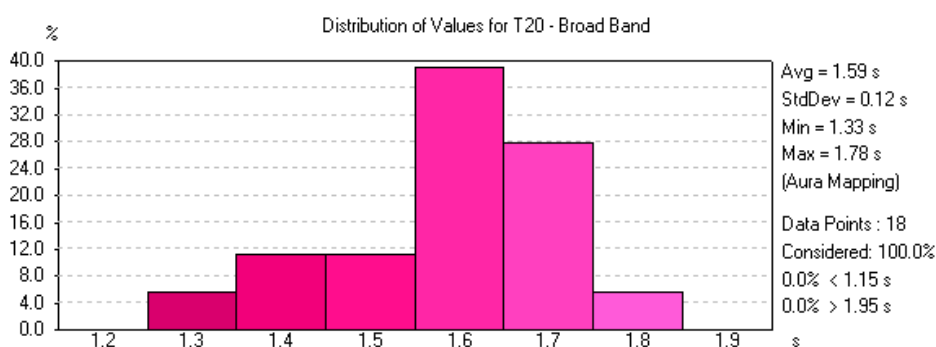


Σχήμα Δ. 28 Φασματική απεικόνιση του T20 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

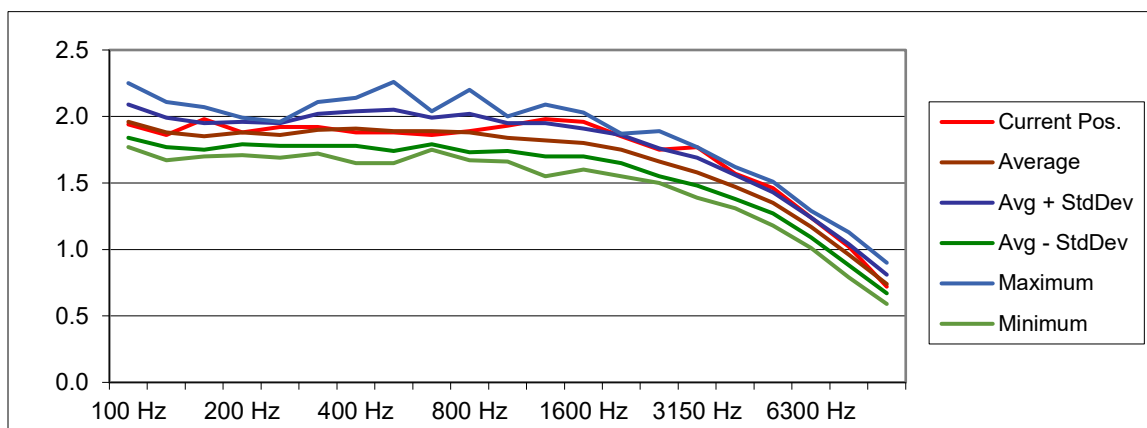
**Πίνακας Δ. 11 Τιμές του T20 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2
(AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)**

Frequency	Pos. 6-1	Average	Avg + StdDev	Avg - StdDev	Maximum	Minimum
100 Hz	2.08	1.97	2.08	1.87	2.17	1.76
125 Hz	2.01	1.89	1.99	1.79	2.01	1.67
160 Hz	2.02	1.91	2.04	1.79	2.13	1.66
200 Hz	2.07	1.92	2.03	1.81	2.14	1.69
250 Hz	2.13	1.97	2.09	1.84	2.17	1.76
315 Hz	2.09	1.94	2.06	1.82	2.09	1.69
400 Hz	2.10	1.94	2.05	1.82	2.19	1.70
500 Hz	2.03	1.92	2.05	1.80	2.22	1.72
630 Hz	2.12	1.96	2.10	1.82	2.26	1.72
800 Hz	2.05	1.88	1.99	1.77	2.05	1.68
1000 Hz	1.86	1.86	1.94	1.77	1.96	1.67
1250 Hz	1.88	1.82	1.92	1.72	1.94	1.60
1600 Hz	1.80	1.77	1.89	1.66	1.91	1.52
2000 Hz	1.84	1.73	1.83	1.63	1.89	1.54
2500 Hz	1.73	1.67	1.76	1.58	1.78	1.48
3150 Hz	1.71	1.60	1.69	1.50	1.71	1.39
4000 Hz	1.56	1.47	1.55	1.39	1.60	1.29
5000 Hz	1.42	1.34	1.42	1.26	1.44	1.19
6300 Hz	1.24	1.15	1.21	1.09	1.24	1.04
8000 Hz	1.00	0.96	1.00	0.91	1.02	0.88
10000 Hz	0.82	0.76	0.79	0.72	0.82	0.69

Επιδαπέδιο ηχητικό σύστημα (S3)



**Σχήμα Δ. 29 Κατανομή του T20 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3
(AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)**

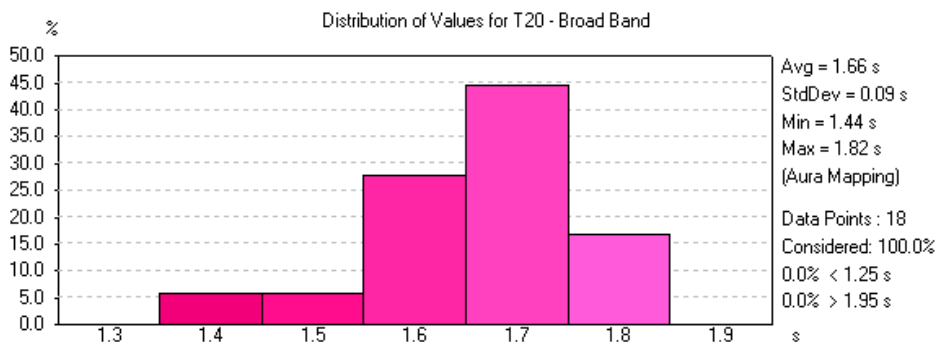


Σχήμα Δ. 30 Φασματική απεικόνιση του T20 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

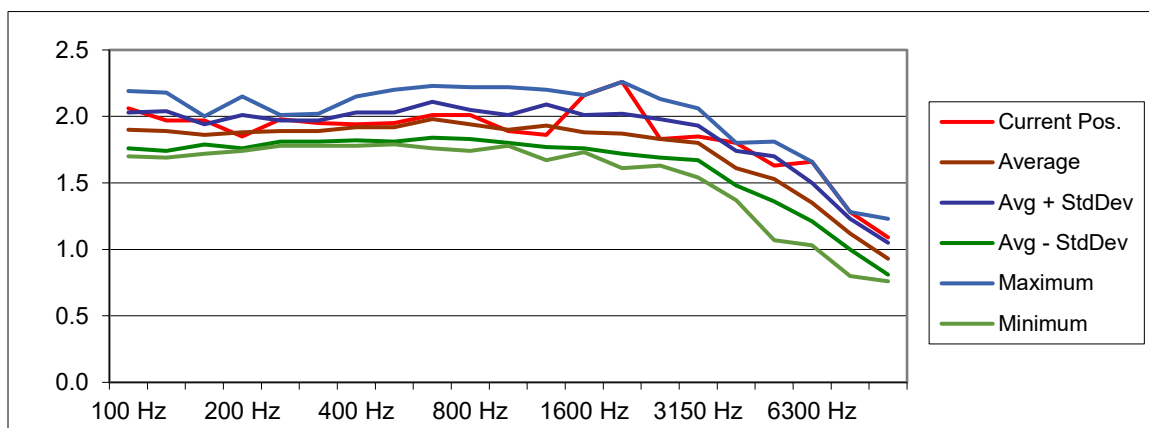
Πίνακας Δ. 12 Τιμές του T20 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Frequency	Pos. 6-1	Average	Avg + StdDev	Avg - StdDev	Maximum	Minimum
100 Hz	1.94	1.96	2.09	1.84	2.25	1.77
125 Hz	1.86	1.88	1.99	1.77	2.11	1.67
160 Hz	1.98	1.85	1.95	1.75	2.07	1.70
200 Hz	1.88	1.88	1.96	1.79	1.99	1.71
250 Hz	1.92	1.86	1.95	1.78	1.96	1.69
315 Hz	1.92	1.90	2.02	1.78	2.11	1.72
400 Hz	1.88	1.91	2.04	1.78	2.14	1.65
500 Hz	1.88	1.89	2.05	1.74	2.26	1.65
630 Hz	1.86	1.89	1.99	1.79	2.04	1.75
800 Hz	1.89	1.88	2.02	1.73	2.20	1.67
1000 Hz	1.93	1.84	1.95	1.74	2.00	1.66
1250 Hz	1.98	1.82	1.95	1.70	2.09	1.55
1600 Hz	1.96	1.80	1.91	1.70	2.03	1.60
2000 Hz	1.85	1.75	1.86	1.65	1.87	1.55
2500 Hz	1.75	1.66	1.76	1.55	1.89	1.50
3150 Hz	1.77	1.58	1.69	1.48	1.77	1.39
4000 Hz	1.57	1.47	1.56	1.38	1.62	1.31
5000 Hz	1.46	1.35	1.43	1.27	1.51	1.18
6300 Hz	1.24	1.17	1.24	1.09	1.29	1.01
8000 Hz	1.02	0.96	1.04	0.88	1.13	0.79
10000 Hz	0.72	0.74	0.81	0.67	0.90	0.59

Αναρτώμενο ηχητικό σύστημα (S4)



Σχήμα Δ. 31 Κατανομή του T20 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)



Σχήμα Δ. 32 Φασματική απεικόνιση του T20 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

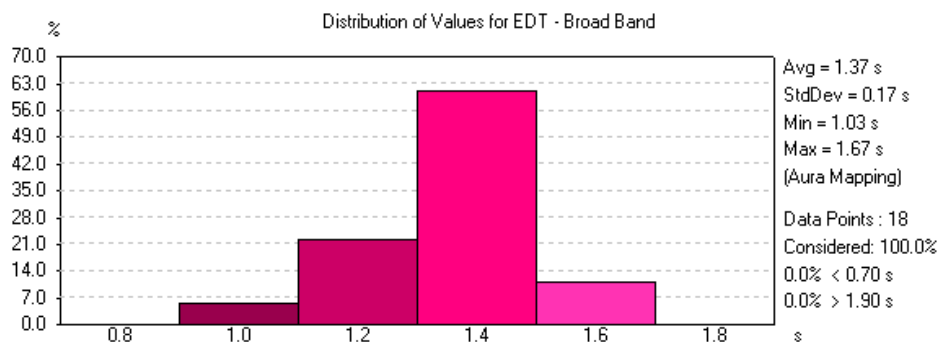
Πίνακας Δ. 13 Τιμές του T20 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Frequency	Pos. 6-1	Average	Avg + StdDev	Avg - StdDev	Maximum	Minimum
100 Hz	2.06	1.90	2.03	1.76	2.19	1.70
125 Hz	1.97	1.89	2.04	1.74	2.18	1.69
160 Hz	1.97	1.86	1.94	1.79	2.00	1.72
200 Hz	1.85	1.88	2.01	1.76	2.15	1.74
250 Hz	1.98	1.89	1.97	1.81	2.01	1.78
315 Hz	1.95	1.89	1.97	1.81	2.02	1.78
400 Hz	1.94	1.92	2.03	1.82	2.15	1.78
500 Hz	1.95	1.92	2.03	1.81	2.20	1.79
630 Hz	2.01	1.98	2.11	1.84	2.23	1.76
800 Hz	2.01	1.94	2.05	1.83	2.22	1.74
1000 Hz	1.89	1.90	2.01	1.80	2.22	1.78
1250 Hz	1.86	1.93	2.09	1.77	2.20	1.67
1600 Hz	2.16	1.88	2.01	1.76	2.16	1.73

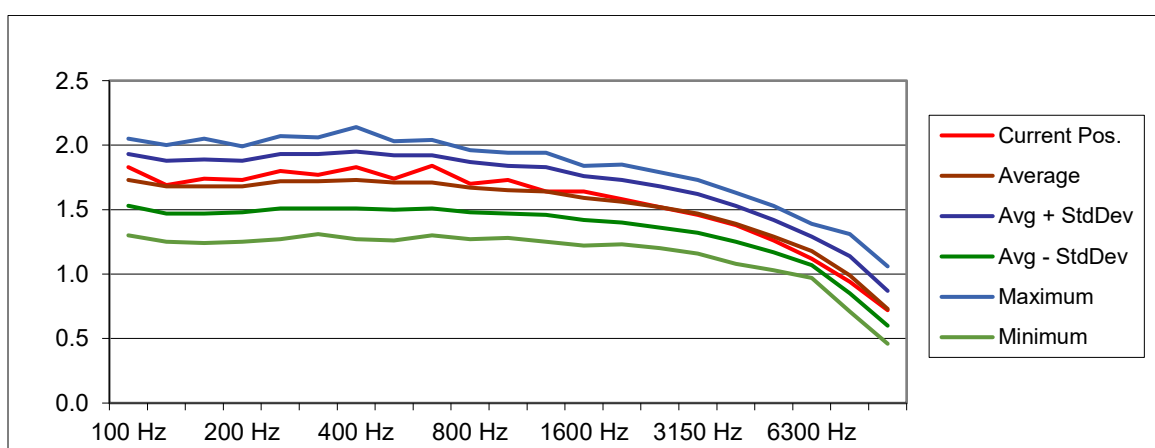
2000 Hz	2.26	1.87	2.02	1.72	2.26	1.61
2500 Hz	1.83	1.83	1.98	1.69	2.13	1.63
3150 Hz	1.85	1.80	1.93	1.67	2.06	1.54
4000 Hz	1.80	1.61	1.74	1.48	1.80	1.37
5000 Hz	1.63	1.53	1.70	1.36	1.81	1.07
6300 Hz	1.66	1.35	1.50	1.21	1.66	1.03
8000 Hz	1.28	1.12	1.23	1.00	1.28	0.80
10000 Hz	1.09	0.93	1.05	0.81	1.23	0.76

Χρόνος πρόωμης απόσβεσης EDT

Παντοκατευθυντική πηγή στο κέντρο της ορχήστρας (S1)



Σχήμα Δ. 33 Κατανομή του EDT στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

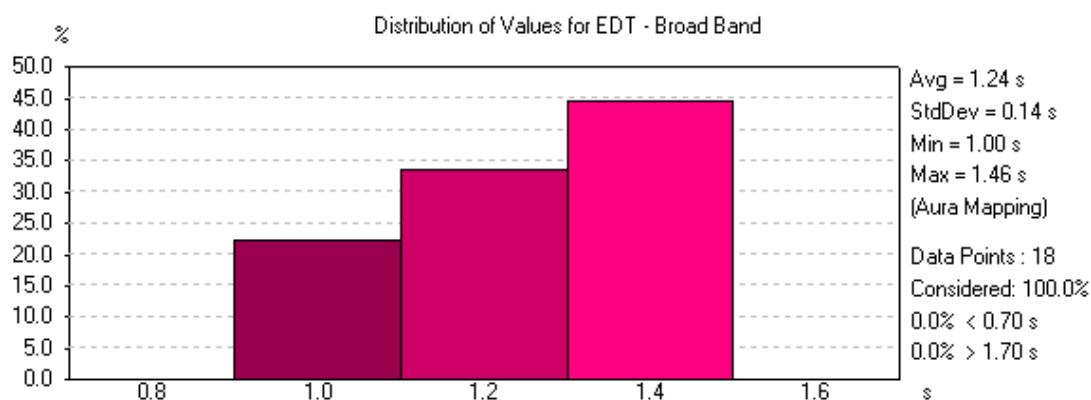


Σχήμα Δ. 34 Φασματική απεικόνιση του EDT στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

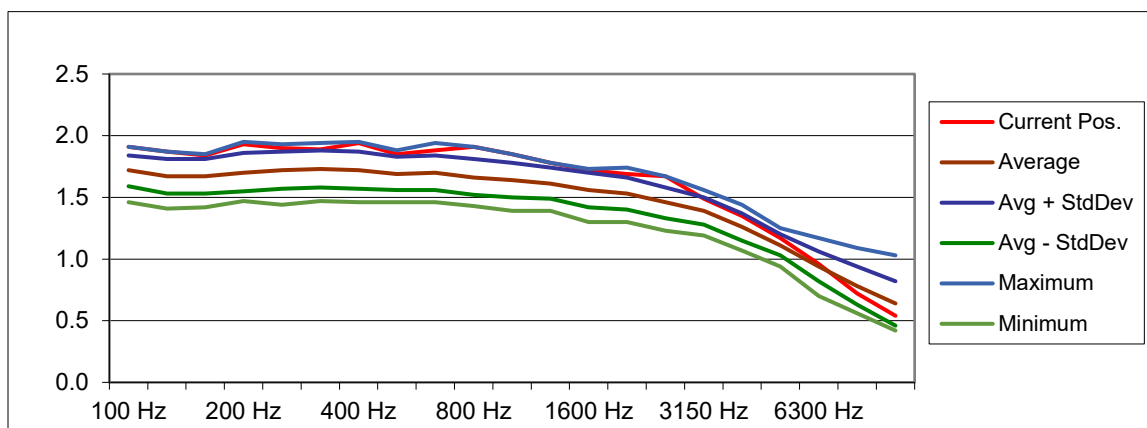
**Πίνακας Δ. 14 Τιμές του EDT στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1
(AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)**

Frequency	Pos. 6-1	Average	Avg + StdDev	Avg - StdDev	Maximum	Minimum
100 Hz	1.83	1.73	1.93	1.53	2.05	1.30
125 Hz	1.69	1.68	1.88	1.47	2.00	1.25
160 Hz	1.74	1.68	1.89	1.47	2.05	1.24
200 Hz	1.73	1.68	1.88	1.48	1.99	1.25
250 Hz	1.80	1.72	1.93	1.51	2.07	1.27
315 Hz	1.77	1.72	1.93	1.51	2.06	1.31
400 Hz	1.83	1.73	1.95	1.51	2.14	1.27
500 Hz	1.74	1.71	1.92	1.50	2.03	1.26
630 Hz	1.84	1.71	1.92	1.51	2.04	1.30
800 Hz	1.70	1.67	1.87	1.48	1.96	1.27
1000 Hz	1.73	1.65	1.84	1.47	1.94	1.28
1250 Hz	1.64	1.64	1.83	1.46	1.94	1.25
1600 Hz	1.64	1.59	1.76	1.42	1.84	1.22
2000 Hz	1.58	1.56	1.73	1.40	1.85	1.23
2500 Hz	1.52	1.52	1.68	1.36	1.79	1.20
3150 Hz	1.46	1.47	1.62	1.32	1.73	1.16
4000 Hz	1.38	1.39	1.53	1.25	1.63	1.08
5000 Hz	1.26	1.29	1.42	1.17	1.53	1.03
6300 Hz	1.12	1.18	1.29	1.07	1.39	0.97
8000 Hz	0.94	0.99	1.14	0.85	1.31	0.71
10000 Hz	0.72	0.73	0.87	0.60	1.06	0.46

Παντοκατευθυντική πηγή στο κέντρο της σκηνής (S2)



**Σχήμα Δ. 35 Κατανομή του EDT στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2
(AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)**

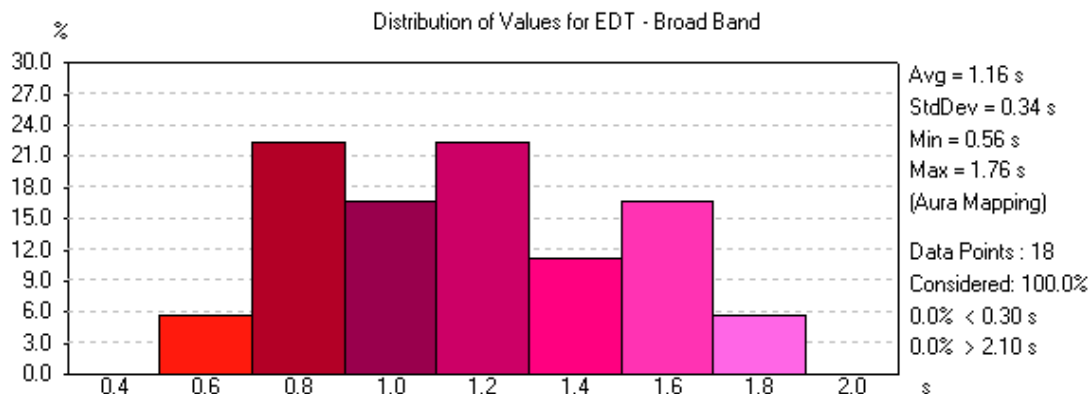


Σχήμα Δ. 36 Φασματική απεικόνιση του EDT στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

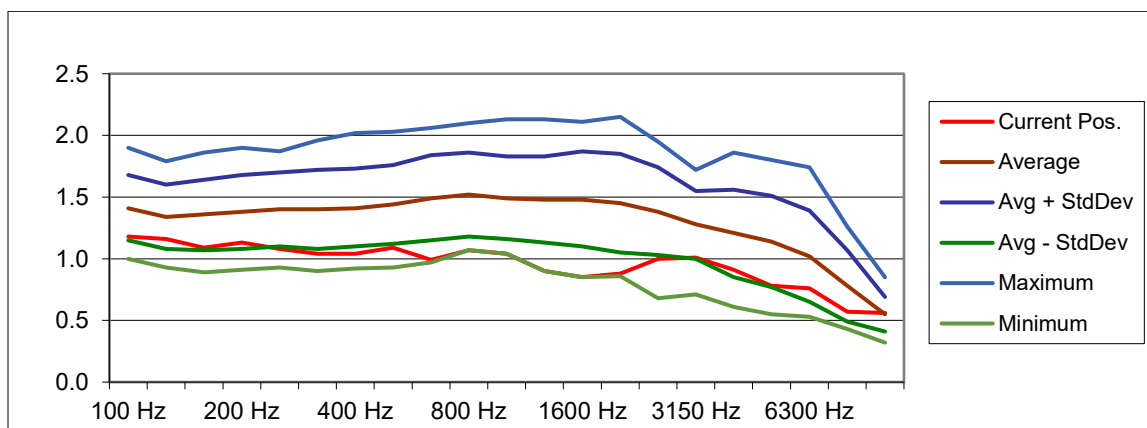
Πίνακας Δ. 15 Τιμές του EDT στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Frequency	Pos. 6-1	Average	Avg + StdDev	Avg - StdDev	Maximum	Minimum
100 Hz	1.91	1.72	1.84	1.59	1.91	1.46
125 Hz	1.87	1.67	1.81	1.53	1.87	1.41
160 Hz	1.84	1.67	1.81	1.53	1.85	1.42
200 Hz	1.93	1.70	1.86	1.55	1.95	1.47
250 Hz	1.90	1.72	1.87	1.57	1.93	1.44
315 Hz	1.89	1.73	1.88	1.58	1.94	1.47
400 Hz	1.94	1.72	1.87	1.57	1.95	1.46
500 Hz	1.85	1.69	1.83	1.56	1.88	1.46
630 Hz	1.88	1.70	1.84	1.56	1.94	1.46
800 Hz	1.91	1.66	1.81	1.52	1.91	1.43
1000 Hz	1.85	1.64	1.78	1.50	1.85	1.39
1250 Hz	1.78	1.61	1.74	1.49	1.78	1.39
1600 Hz	1.72	1.56	1.70	1.42	1.73	1.30
2000 Hz	1.69	1.53	1.66	1.40	1.74	1.30
2500 Hz	1.67	1.46	1.58	1.33	1.67	1.23
3150 Hz	1.49	1.39	1.50	1.28	1.56	1.19
4000 Hz	1.35	1.26	1.37	1.15	1.44	1.07
5000 Hz	1.17	1.11	1.20	1.03	1.25	0.94
6300 Hz	0.96	0.94	1.06	0.82	1.17	0.70
8000 Hz	0.72	0.78	0.94	0.63	1.09	0.56
10000 Hz	0.54	0.64	0.82	0.46	1.03	0.42

Επιδαπέδιο ηχητικό σύστημα (S3)



Σχήμα Δ. 37 Κατανομή του EDT στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3
(AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)



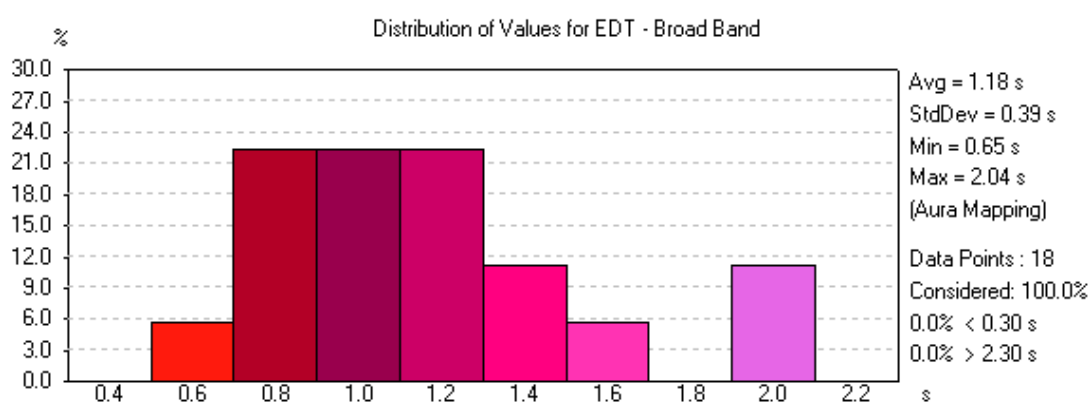
Σχήμα Δ. 38 Φασματική απεικόνιση του EDT στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3
(AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Πίνακας Δ. 16 Τιμές του EDT στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3
(AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

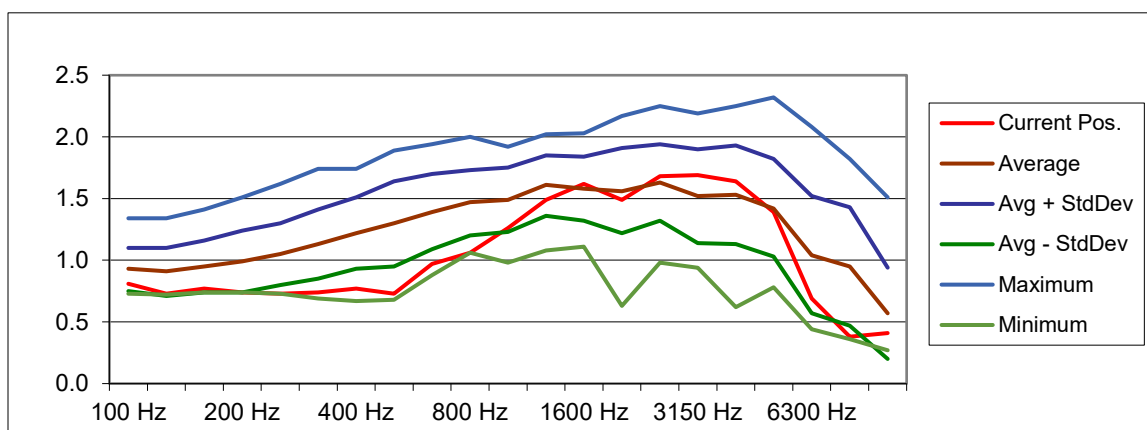
Frequency	Pos. 6-1	Average	Avg + StdDev	Avg - StdDev	Maximum	Minimum
100 Hz	1.18	1.41	1.68	1.15	1.90	1.00
125 Hz	1.16	1.34	1.60	1.08	1.79	0.93
160 Hz	1.09	1.36	1.64	1.07	1.86	0.89
200 Hz	1.13	1.38	1.68	1.08	1.90	0.91
250 Hz	1.08	1.40	1.70	1.10	1.87	0.93
315 Hz	1.04	1.40	1.72	1.08	1.96	0.90
400 Hz	1.04	1.41	1.73	1.10	2.02	0.92
500 Hz	1.09	1.44	1.76	1.12	2.03	0.93
630 Hz	0.99	1.49	1.84	1.15	2.06	0.97
800 Hz	1.07	1.52	1.86	1.18	2.10	1.07
1000 Hz	1.04	1.49	1.83	1.16	2.13	1.04
1250 Hz	0.90	1.48	1.83	1.13	2.13	0.90

1600 Hz	0.85	1.48	1.87	1.10	2.11	0.85
2000 Hz	0.88	1.45	1.85	1.05	2.15	0.86
2500 Hz	1.00	1.38	1.74	1.03	1.95	0.68
3150 Hz	1.01	1.28	1.55	1.00	1.72	0.71
4000 Hz	0.91	1.21	1.56	0.85	1.86	0.61
5000 Hz	0.78	1.14	1.51	0.77	1.80	0.55
6300 Hz	0.76	1.02	1.39	0.65	1.74	0.53
8000 Hz	0.57	0.78	1.07	0.49	1.26	0.43
10000 Hz	0.56	0.55	0.69	0.41	0.85	0.32

Ανατρώμενο ηχητικό σύστημα (S4)



Σχήμα Δ. 39 Κατανομή του EDT στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)



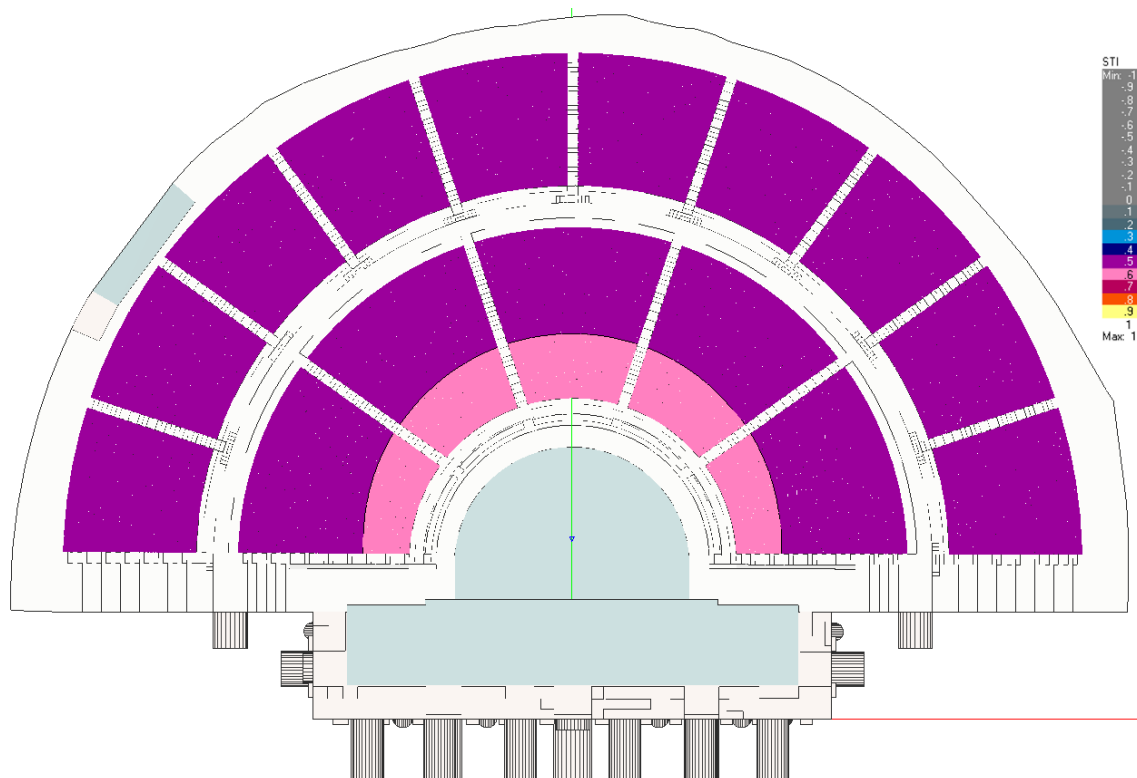
Σχήμα Δ. 40 Φασματική απεικόνιση του EDT στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

**Πίνακας Δ. 17 Τιμές του EDT στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4
(AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)**

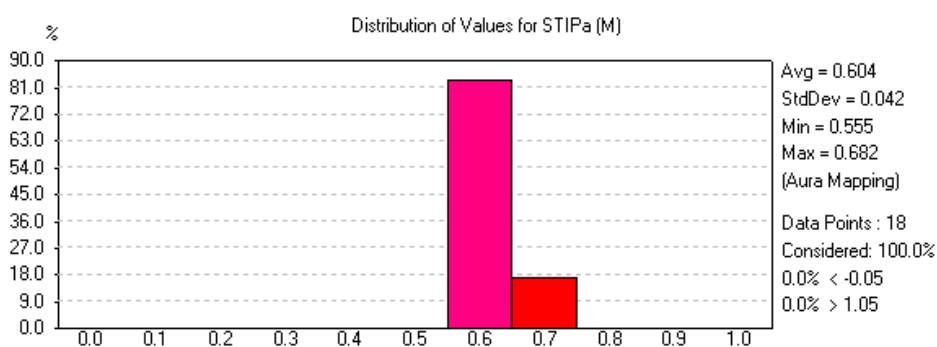
Frequency	Pos. 6-1	Average	Avg + StdDev	Avg - StdDev	Maximum	Minimum
100 Hz	0.81	0.93	1.10	0.75	1.34	0.73
125 Hz	0.73	0.91	1.10	0.71	1.34	0.72
160 Hz	0.77	0.95	1.16	0.74	1.41	0.74
200 Hz	0.74	0.99	1.24	0.74	1.51	0.74
250 Hz	0.73	1.05	1.30	0.80	1.62	0.73
315 Hz	0.74	1.13	1.41	0.85	1.74	0.69
400 Hz	0.77	1.22	1.51	0.93	1.74	0.67
500 Hz	0.73	1.30	1.64	0.95	1.89	0.68
630 Hz	0.97	1.39	1.70	1.09	1.94	0.88
800 Hz	1.06	1.47	1.73	1.20	2.00	1.06
1000 Hz	1.26	1.49	1.75	1.23	1.92	0.98
1250 Hz	1.49	1.61	1.85	1.36	2.02	1.08
1600 Hz	1.62	1.58	1.84	1.32	2.03	1.11
2000 Hz	1.49	1.56	1.91	1.22	2.17	0.63
2500 Hz	1.68	1.63	1.94	1.32	2.25	0.98
3150 Hz	1.69	1.52	1.90	1.14	2.19	0.94
4000 Hz	1.64	1.53	1.93	1.13	2.25	0.62
5000 Hz	1.39	1.42	1.82	1.03	2.32	0.78
6300 Hz	0.69	1.04	1.52	0.57	2.08	0.44
8000 Hz	0.38	0.95	1.43	0.47	1.82	0.36
10000 Hz	0.41	0.57	0.94	0.20	1.51	0.27

Καταληπτότητα της ομιλίας STI

Παντοκατευθυντική πηγή στο κέντρο της ορχήστρας (S1)

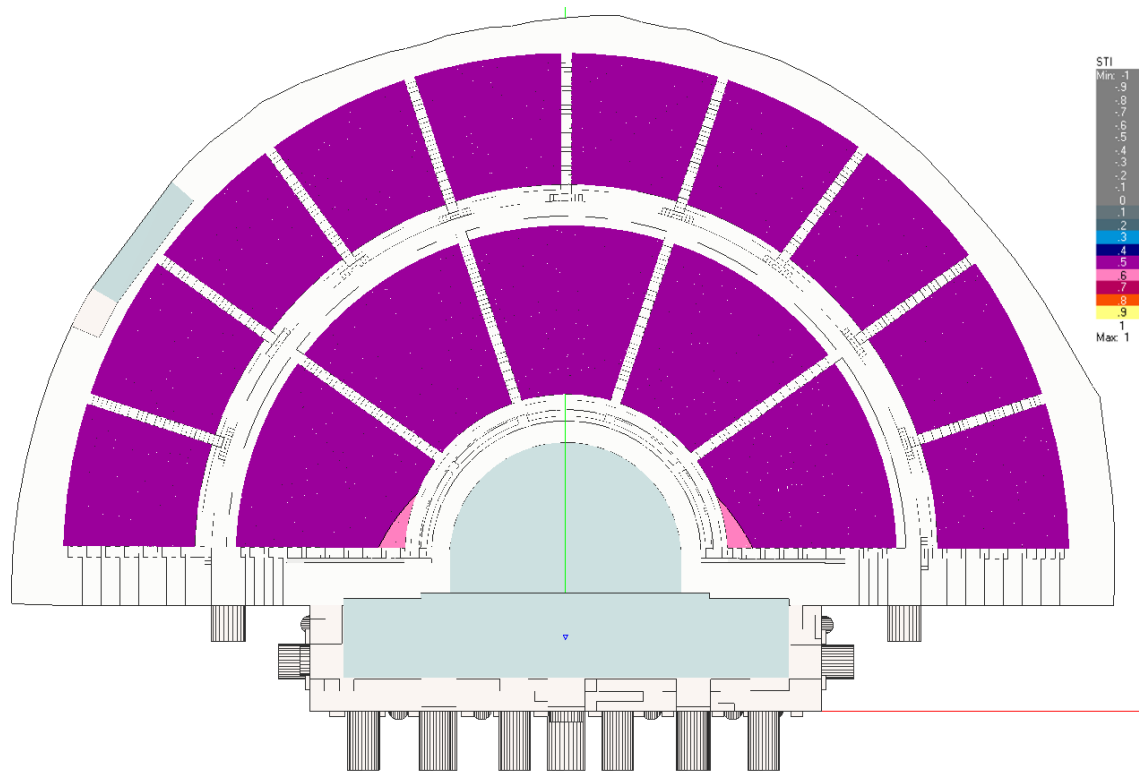


Σχήμα Δ. 41 Χάρτης του STI στο σενάριο S1 (standard mapping, resolution 1m)

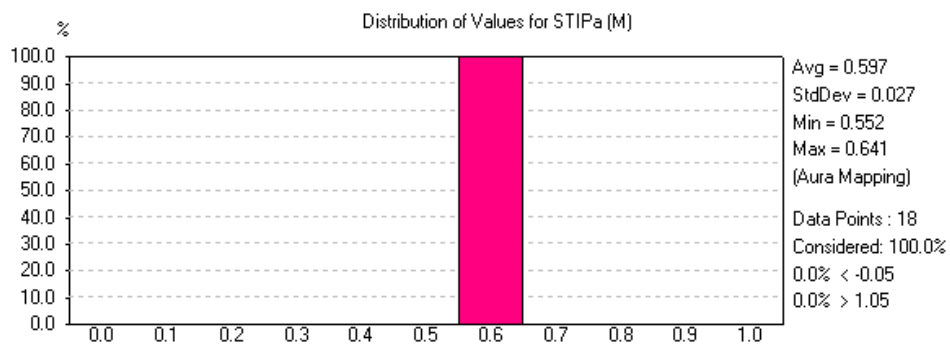


Σχήμα Δ. 42 Κατανομή του STI στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Παντοκατευθυντική πηγή στο κέντρο της σκηνής (S2)

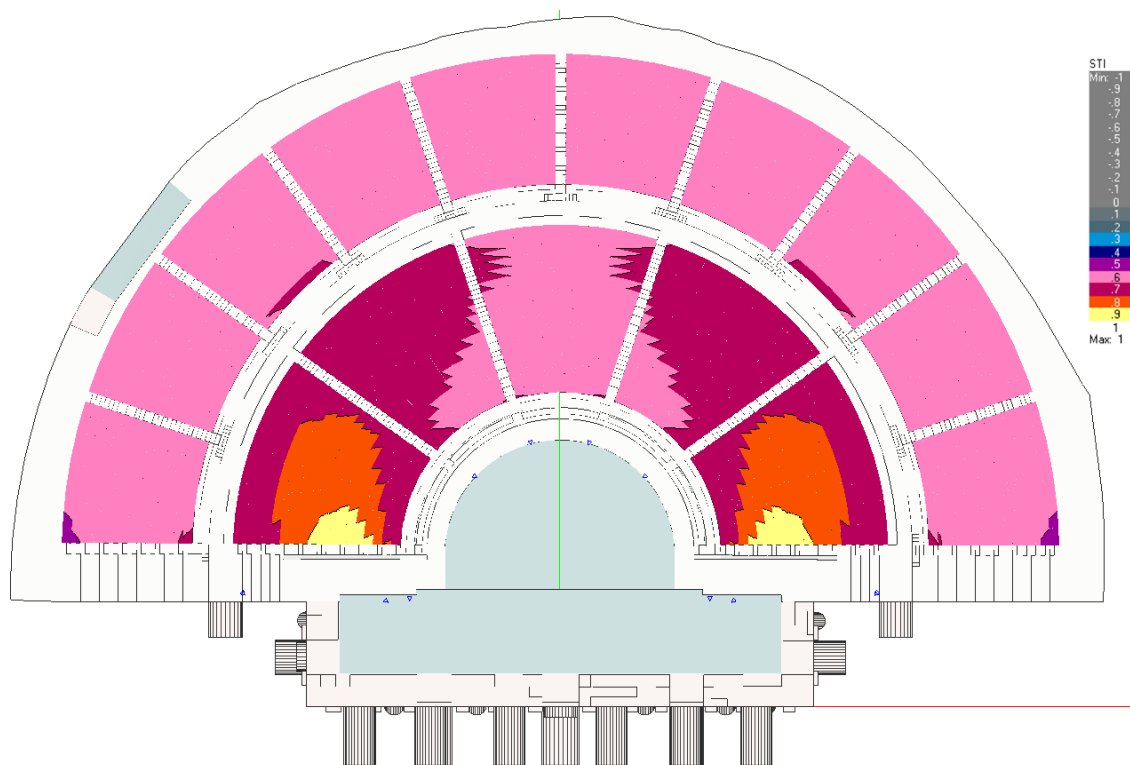


Σχήμα Δ. 43 Χάρτης του STI στο σενάριο S2 (standard mapping, resolution 1m)

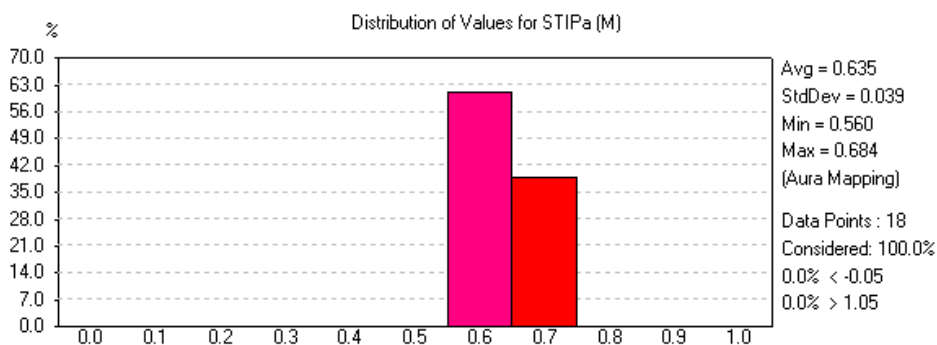


Σχήμα Δ. 44 Κατανομή του STI στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Επιδαπέδιο ηχητικό σύστημα (S3)

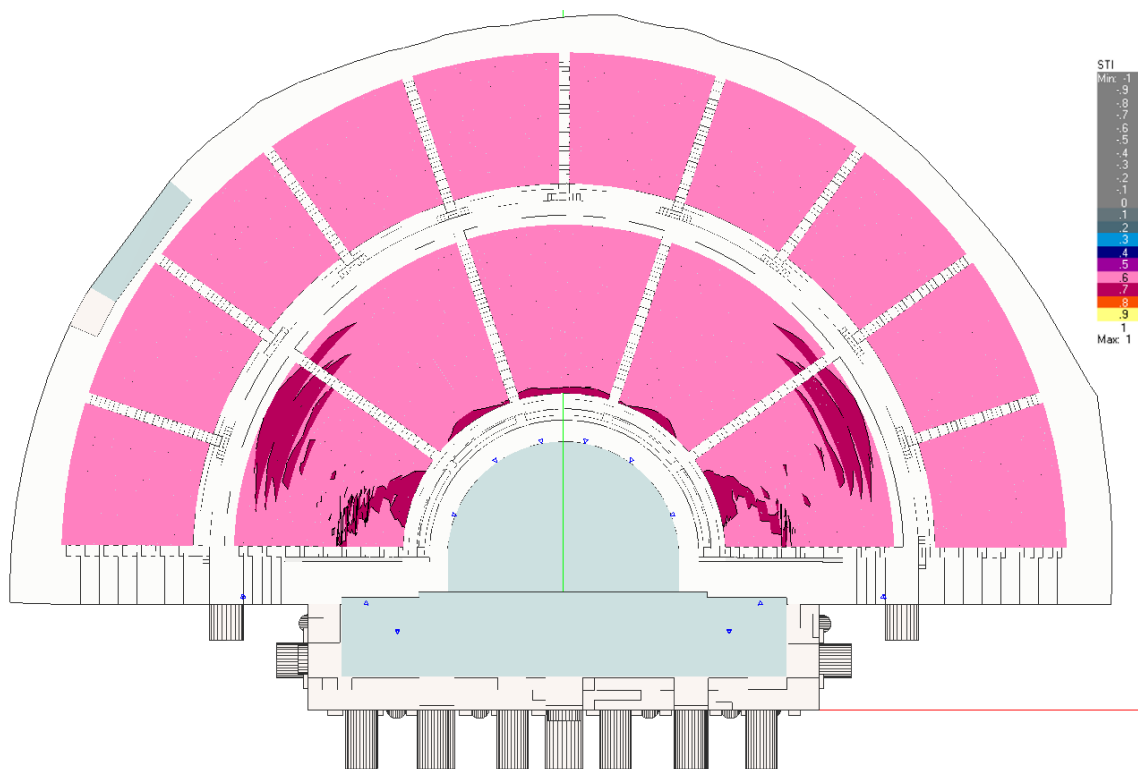


Σχήμα Δ. 45 Χάρτης υπολογισμού του STI για το επιδαπέδιο ηχοσύστημα (S3)

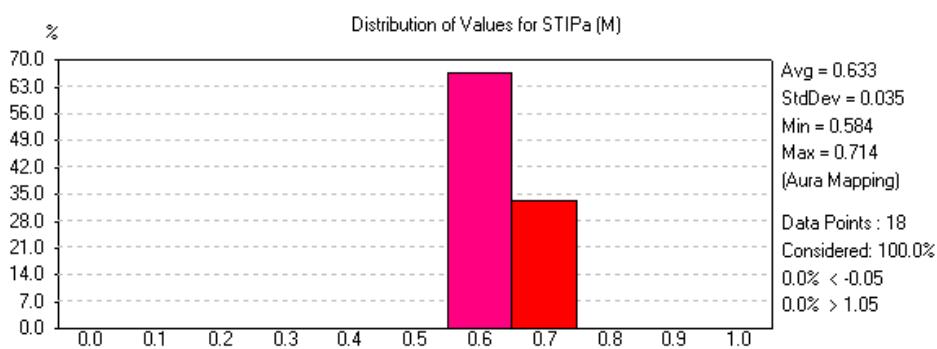


Σχήμα Δ. 46 Κατανομή του STI στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Αναρτώμενο ηχητικό σύστημα (S4)



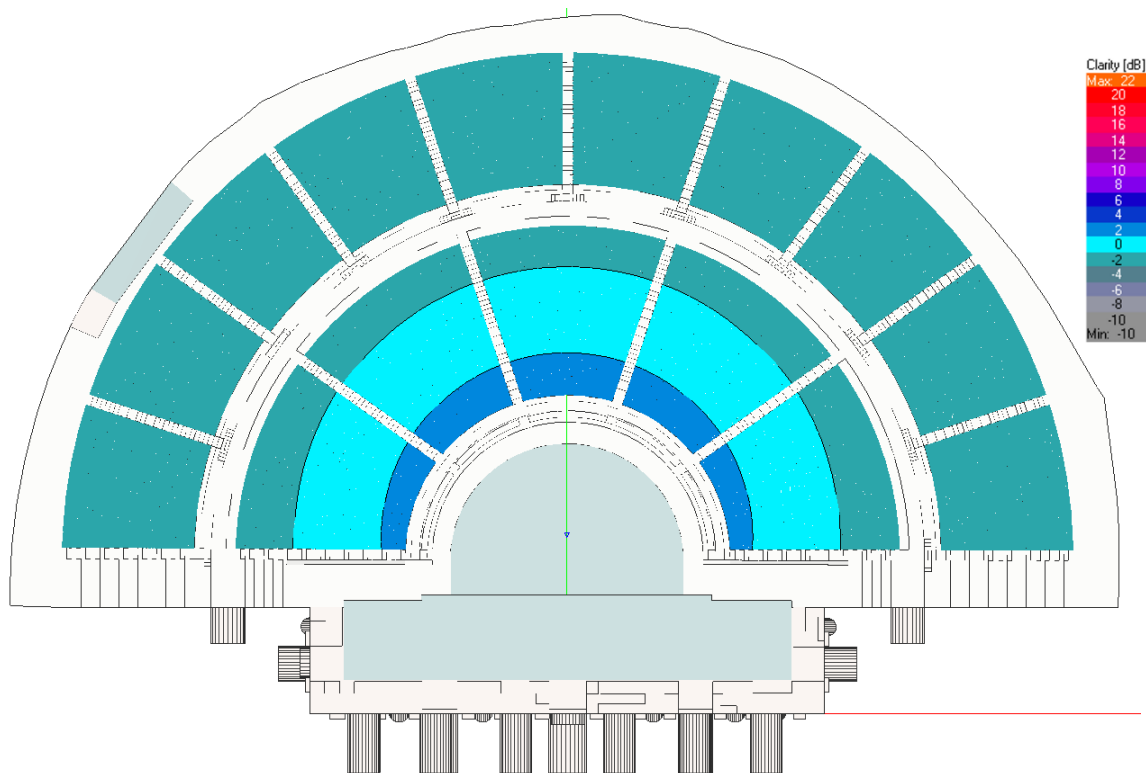
Σχήμα Δ. 47 Χάρτης του STI στο σενάριο S4 (standard mapping, resolution 1m)



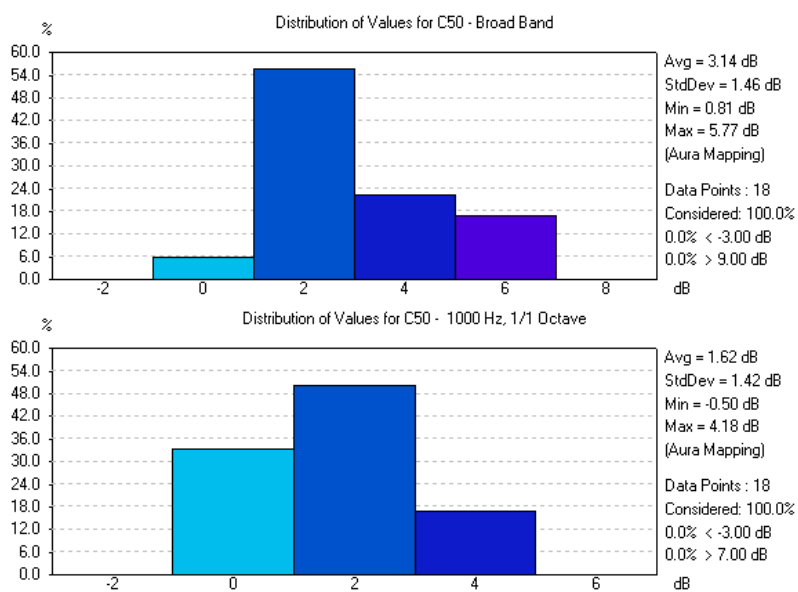
Σχήμα Δ. 48 Κατανομή του STI στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Ευκρίνεια της ομιλίας C50

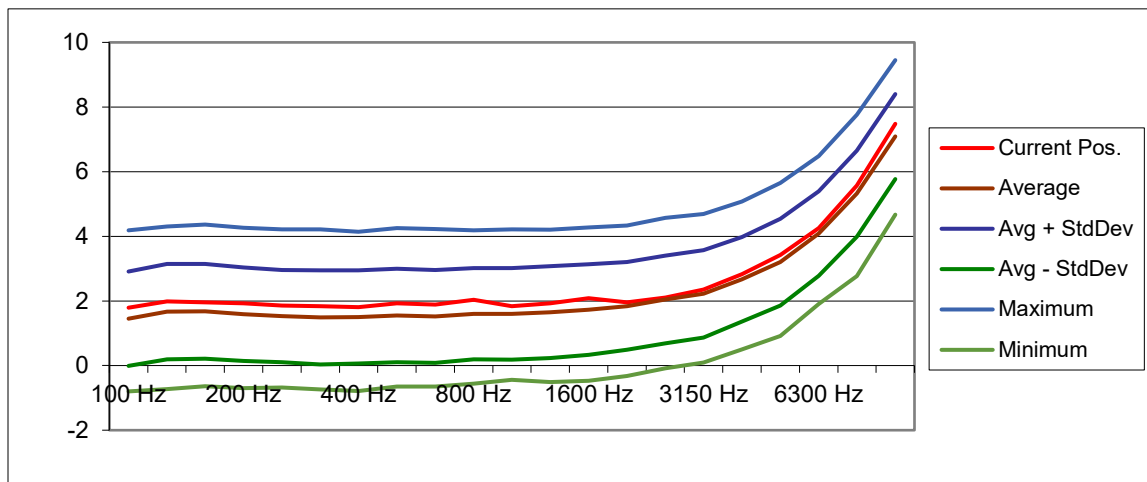
Παντοκατευθυντική πηγή στο κέντρο της ορχήστρας (S1)



Σχήμα Δ. 49 Χάρτης του C50 στο σενάριο S1 (standard mapping, resolution 1m)



Σχήμα Δ. 50 Κατανομή του C50 σε όλο το φάσμα (πάνω) και στο 1kHz (κάτω) στις θέσεις του κούλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

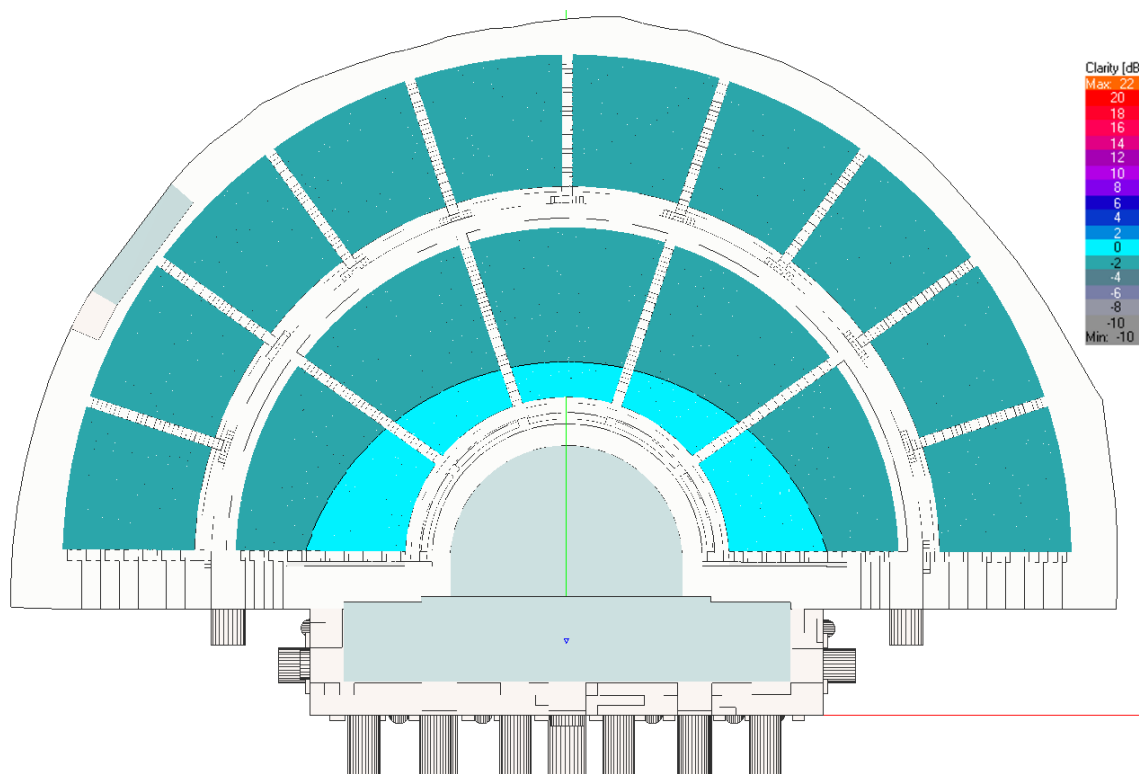


Σχήμα Δ. 51 Φασματική απεικόνιση του C50 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

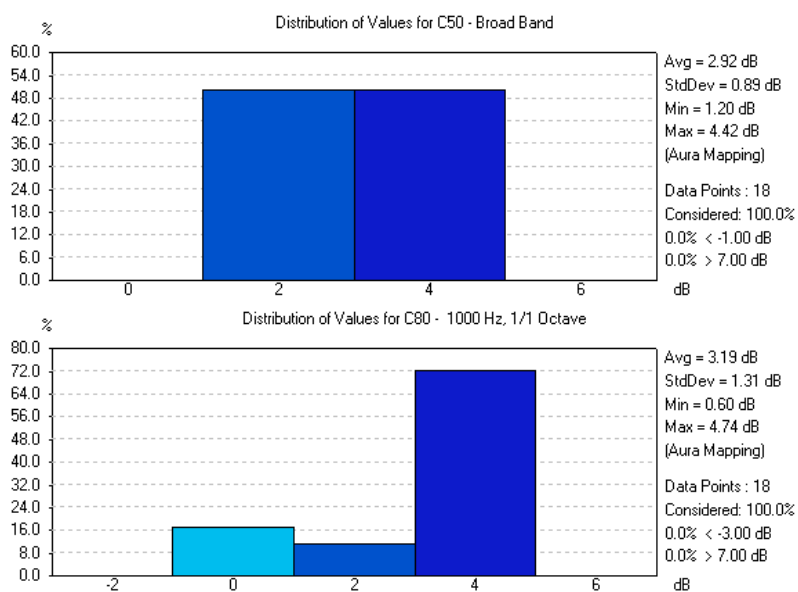
Πίνακας Δ. 18 Τιμές του C50 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Frequency	Pos. 6-1	Average	Avg + StdDev	Avg - StdDev	Maximum	Minimum
100 Hz	1.79	1.45	2.91	-0.01	4.18	-0.80
125 Hz	1.99	1.67	3.14	0.19	4.30	-0.73
160 Hz	1.96	1.68	3.14	0.21	4.36	-0.64
200 Hz	1.93	1.59	3.04	0.14	4.26	-0.70
250 Hz	1.86	1.53	2.96	0.10	4.21	-0.68
315 Hz	1.84	1.49	2.95	0.03	4.21	-0.74
400 Hz	1.81	1.50	2.95	0.06	4.14	-0.79
500 Hz	1.93	1.55	3.00	0.10	4.25	-0.65
630 Hz	1.89	1.52	2.96	0.08	4.22	-0.65
800 Hz	2.03	1.60	3.02	0.19	4.18	-0.56
1000 Hz	1.84	1.60	3.02	0.18	4.21	-0.44
1250 Hz	1.93	1.65	3.07	0.23	4.20	-0.51
1600 Hz	2.08	1.73	3.13	0.33	4.27	-0.47
2000 Hz	1.96	1.84	3.20	0.49	4.33	-0.32
2500 Hz	2.10	2.04	3.40	0.69	4.57	-0.09
3150 Hz	2.35	2.22	3.57	0.87	4.69	0.09
4000 Hz	2.83	2.67	3.98	1.36	5.08	0.50
5000 Hz	3.42	3.20	4.54	1.86	5.65	0.92
6300 Hz	4.25	4.09	5.39	2.78	6.48	1.91
8000 Hz	5.57	5.32	6.65	3.99	7.76	2.77
10000 Hz	7.48	7.09	8.40	5.77	9.45	4.67

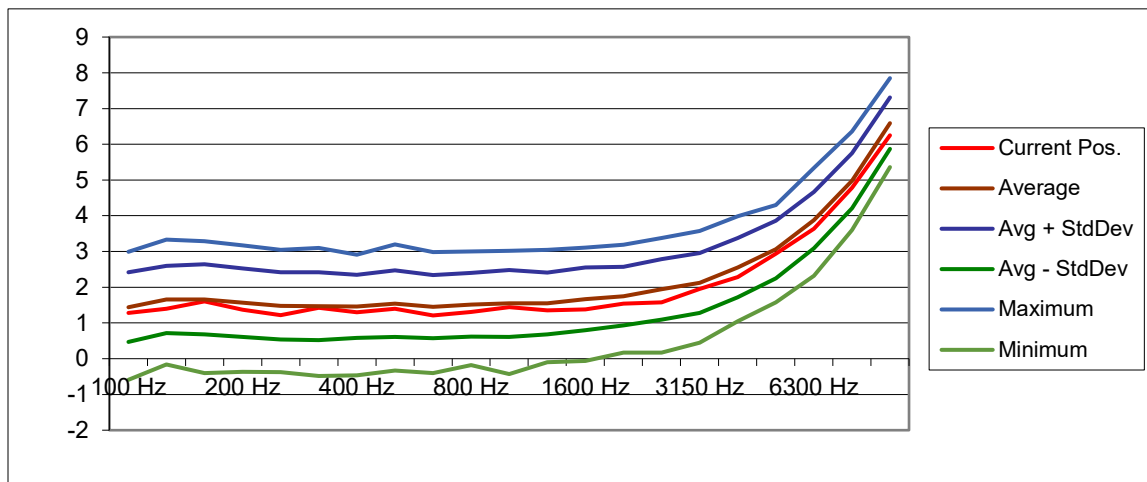
Παντοκατευθυντική πηγή στο κέντρο της σκηνής (S2)



Σχήμα Δ. 52 Χάρτης του C50 στο σενάριο S2 (standard mapping, resolution 1m)



Σχήμα Δ. 53 Κατανομή του C50 σε όλο το φάσμα (πάνω) και στο 1kHz (κάτω) στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

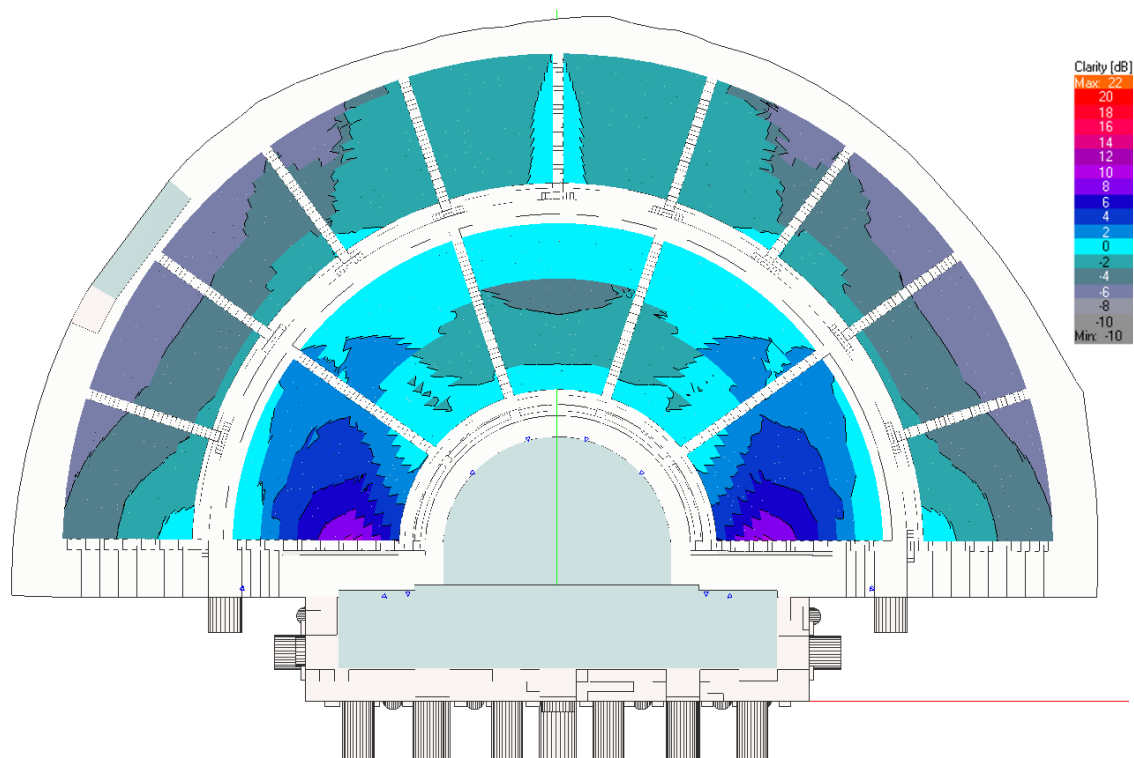


Σχήμα Δ. 54 Φασματική απεικόνιση του C50 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

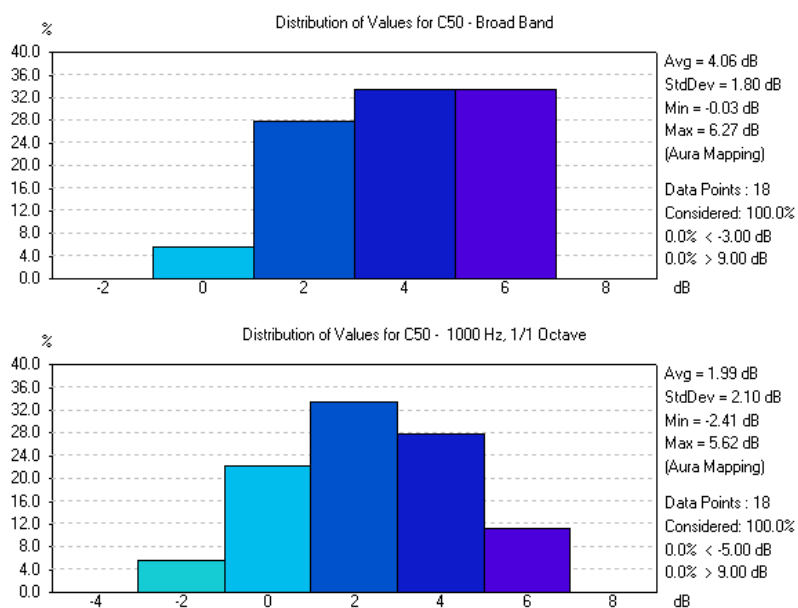
Πίνακας Δ. 19 Τιμές του C50 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Frequency	Pos. 6-1	Average	Avg + StdDev	Avg - StdDev	Maximum	Minimum
100 Hz	1.28	1.44	2.42	0.47	2.99	-0.59
125 Hz	1.40	1.66	2.60	0.72	3.33	-0.16
160 Hz	1.60	1.66	2.64	0.68	3.29	-0.40
200 Hz	1.37	1.57	2.53	0.61	3.17	-0.37
250 Hz	1.22	1.48	2.42	0.54	3.05	-0.38
315 Hz	1.42	1.47	2.42	0.52	3.10	-0.48
400 Hz	1.30	1.46	2.35	0.58	2.91	-0.47
500 Hz	1.40	1.54	2.47	0.61	3.20	-0.33
630 Hz	1.21	1.45	2.34	0.57	2.98	-0.40
800 Hz	1.31	1.51	2.40	0.62	3.00	-0.18
1000 Hz	1.44	1.55	2.48	0.61	3.02	-0.43
1250 Hz	1.35	1.55	2.41	0.68	3.05	-0.10
1600 Hz	1.38	1.67	2.55	0.80	3.11	-0.06
2000 Hz	1.54	1.75	2.57	0.93	3.19	0.17
2500 Hz	1.58	1.94	2.79	1.09	3.38	0.17
3150 Hz	1.95	2.12	2.96	1.28	3.57	0.45
4000 Hz	2.28	2.55	3.38	1.72	3.99	1.05
5000 Hz	2.94	3.06	3.86	2.25	4.30	1.58
6300 Hz	3.64	3.88	4.67	3.09	5.34	2.32
8000 Hz	4.78	4.98	5.75	4.21	6.36	3.60
10000 Hz	6.25	6.59	7.31	5.87	7.85	5.36

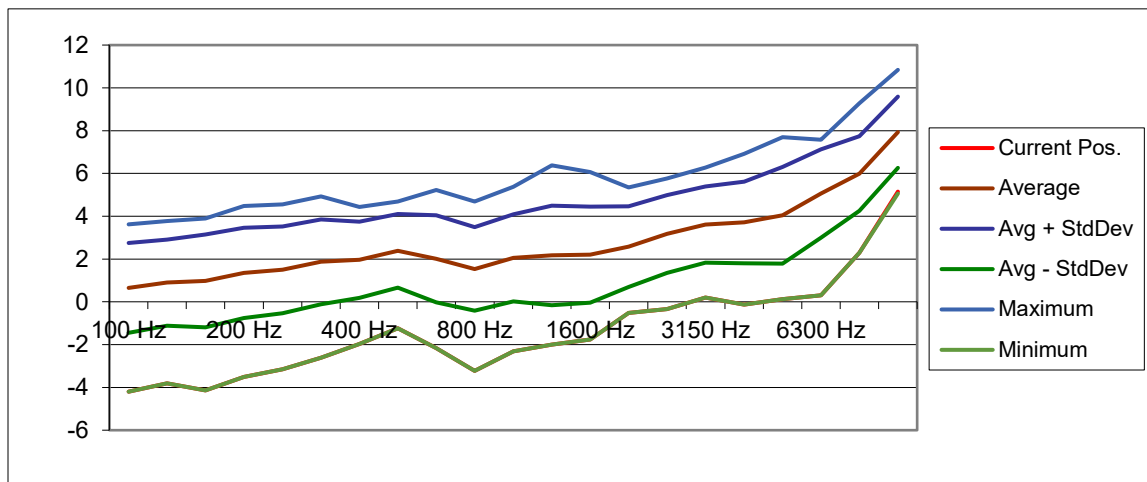
Επιδαπέδιο ηχητικό σύστημα (S3)



Σχήμα Δ. 55 Χάρτης του C50 στο σενάριο S3 (standard mapping, resolution 1m)



Σχήμα Δ. 56 Κατανομή του C50 σε όλο το φάσμα (πάνω) και στο 1kHz (κάτω) στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

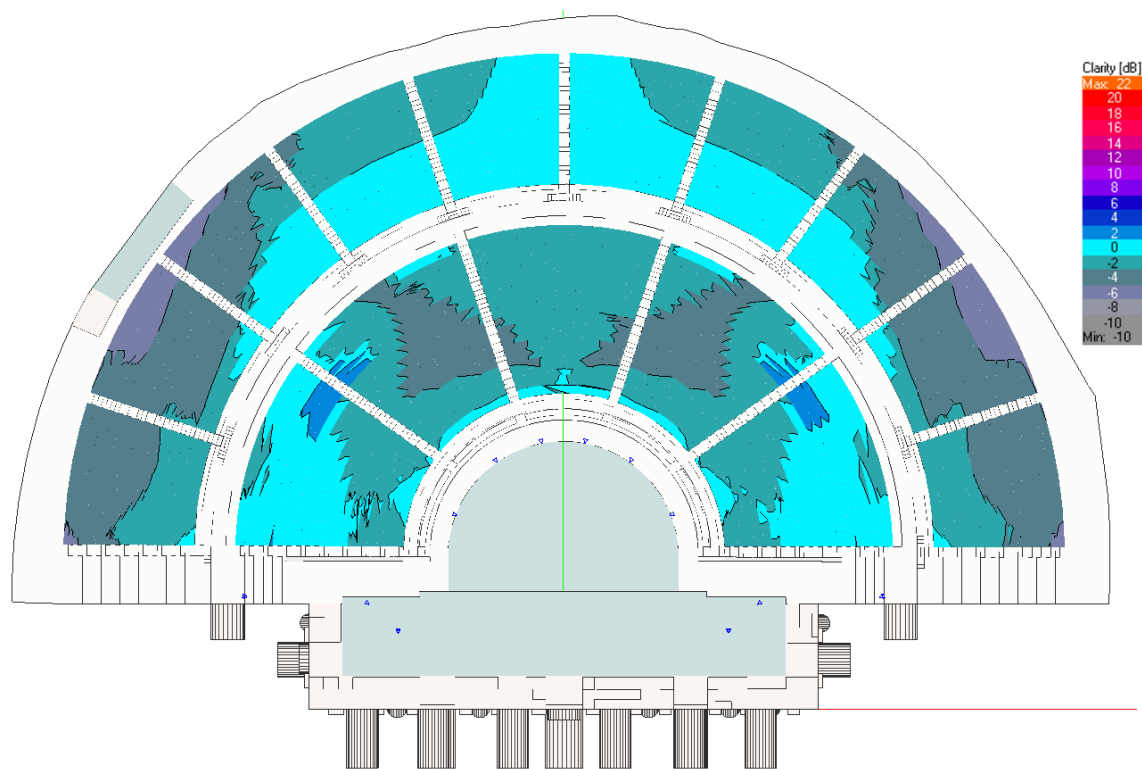


Σχήμα Δ. 57 Φασματική απεικόνιση του C50 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

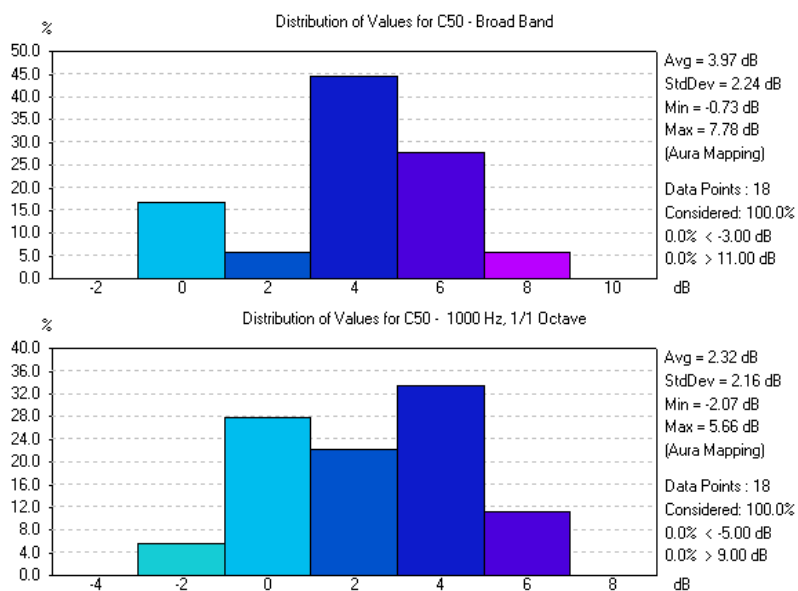
Πίνακας Δ. 20 Τιμές του C50 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Frequency	Pos. 6-1	Average	Avg + StdDev	Avg - StdDev	Maximum	Minimum
100 Hz	-4.20	0.65	2.75	-1.45	3.62	-4.20
125 Hz	-3.81	0.90	2.91	-1.12	3.77	-3.81
160 Hz	-4.14	0.97	3.15	-1.20	3.90	-4.14
200 Hz	-3.51	1.35	3.46	-0.76	4.48	-3.51
250 Hz	-3.15	1.50	3.52	-0.53	4.56	-3.15
315 Hz	-2.62	1.87	3.85	-0.11	4.92	-2.62
400 Hz	-1.97	1.97	3.75	0.19	4.44	-1.97
500 Hz	-1.24	2.39	4.10	0.67	4.69	-1.24
630 Hz	-2.16	2.01	4.05	-0.02	5.22	-2.16
800 Hz	-3.23	1.53	3.49	-0.42	4.69	-3.23
1000 Hz	-2.32	2.05	4.09	0.02	5.37	-2.32
1250 Hz	-2.00	2.17	4.50	-0.16	6.38	-2.00
1600 Hz	-1.76	2.21	4.45	-0.04	6.06	-1.76
2000 Hz	-0.52	2.58	4.47	0.69	5.34	-0.52
2500 Hz	-0.34	3.17	4.99	1.35	5.76	-0.34
3150 Hz	0.20	3.61	5.39	1.83	6.27	0.20
4000 Hz	-0.13	3.71	5.62	1.80	6.92	-0.13
5000 Hz	0.12	4.04	6.30	1.78	7.70	0.12
6300 Hz	0.30	5.06	7.12	2.99	7.58	0.30
8000 Hz	2.30	5.99	7.74	4.25	9.28	2.30
10000 Hz	5.15	7.93	9.59	6.26	10.84	5.06

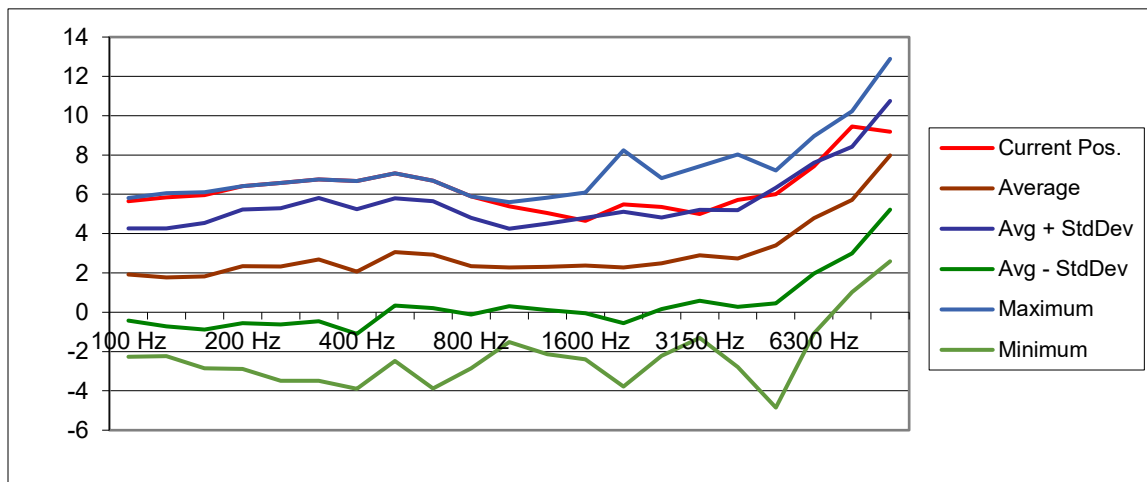
Αναρτώμενο ηχητικό σύστημα (S4)



Σχήμα Δ. 58 Χάρτης του C50 στο σενάριο S4 (standard mapping, resolution 1m)



Σχήμα Δ. 59 Κατανομή του C50 σε όλο το φάσμα (πάνω) και στο 1kHz (κάτω) στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)



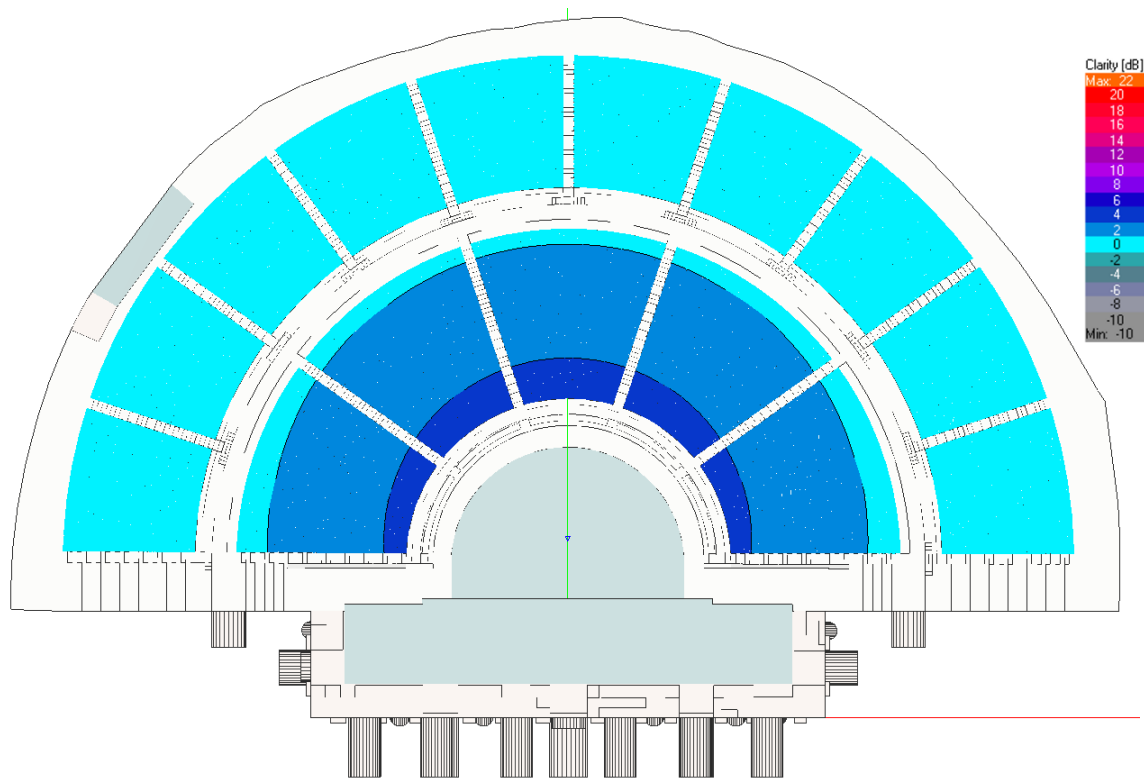
Σχήμα Δ. 60 Φασματική απεικόνιση του C50 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Πίνακας Δ. 21 Τιμές του C50 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

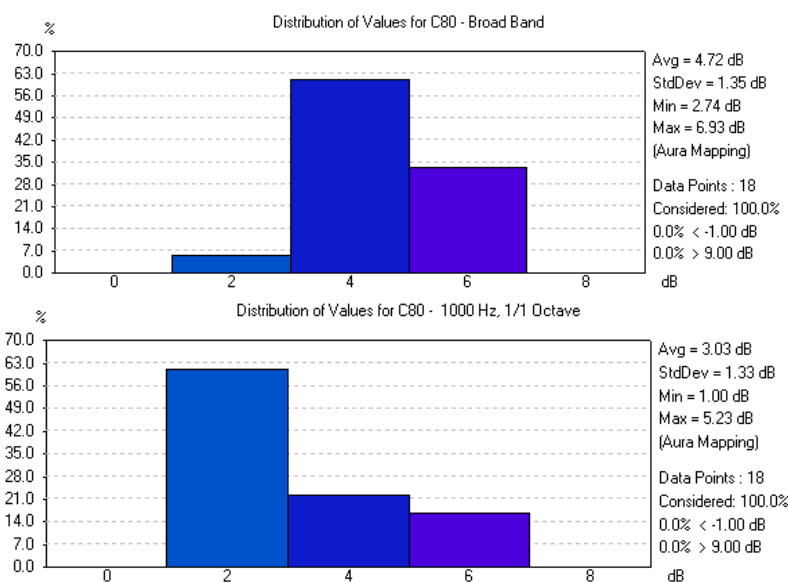
Frequency	Pos. 6-1	Average	Avg + StdDev	Avg - StdDev	Maximum	Minimum
100 Hz	5.65	1.92	4.26	-0.42	5.81	-2.26
125 Hz	5.85	1.77	4.27	-0.72	6.06	-2.24
160 Hz	5.96	1.83	4.55	-0.88	6.11	-2.85
200 Hz	6.42	2.34	5.23	-0.55	6.42	-2.88
250 Hz	6.57	2.33	5.29	-0.62	6.57	-3.48
315 Hz	6.75	2.68	5.81	-0.45	6.75	-3.48
400 Hz	6.68	2.07	5.24	-1.10	6.68	-3.89
500 Hz	7.07	3.06	5.79	0.34	7.07	-2.48
630 Hz	6.69	2.93	5.65	0.21	6.69	-3.88
800 Hz	5.90	2.34	4.80	-0.12	5.90	-2.85
1000 Hz	5.39	2.28	4.25	0.30	5.60	-1.52
1250 Hz	5.04	2.31	4.51	0.12	5.83	-2.14
1600 Hz	4.65	2.38	4.81	-0.05	6.09	-2.39
2000 Hz	5.48	2.28	5.12	-0.55	8.24	-3.78
2500 Hz	5.35	2.49	4.82	0.16	6.82	-2.21
3150 Hz	4.99	2.90	5.21	0.59	7.42	-1.30
4000 Hz	5.72	2.73	5.19	0.28	8.03	-2.78
5000 Hz	6.00	3.40	6.34	0.46	7.22	-4.85
6300 Hz	7.42	4.78	7.60	1.97	8.96	-1.07
8000 Hz	9.45	5.71	8.42	2.99	10.23	1.02
10000 Hz	9.18	7.98	10.75	5.22	12.89	2.59

Ευκρίνεια της μουσικής C80

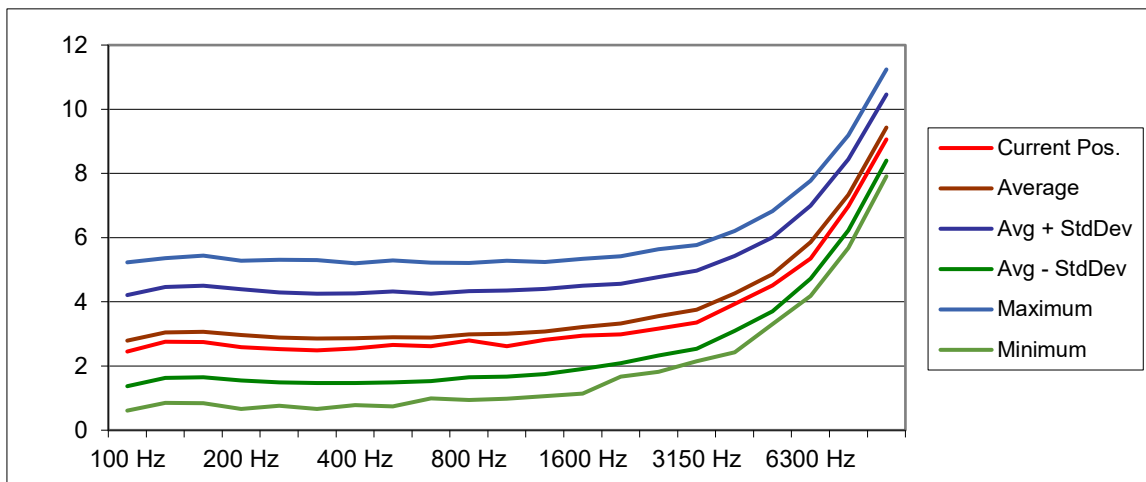
Παντοκατευθυντική πηγή στο κέντρο της ορχήστρας (S1)



Σχήμα Δ. 61 Χάρτης του C80 στο σενάριο S1 (standard mapping, resolution 1m)



Σχήμα Δ. 62 Κατανομή του C80 σε όλο το φάσμα (πάνω) και στο 1kHz (κάτω) στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

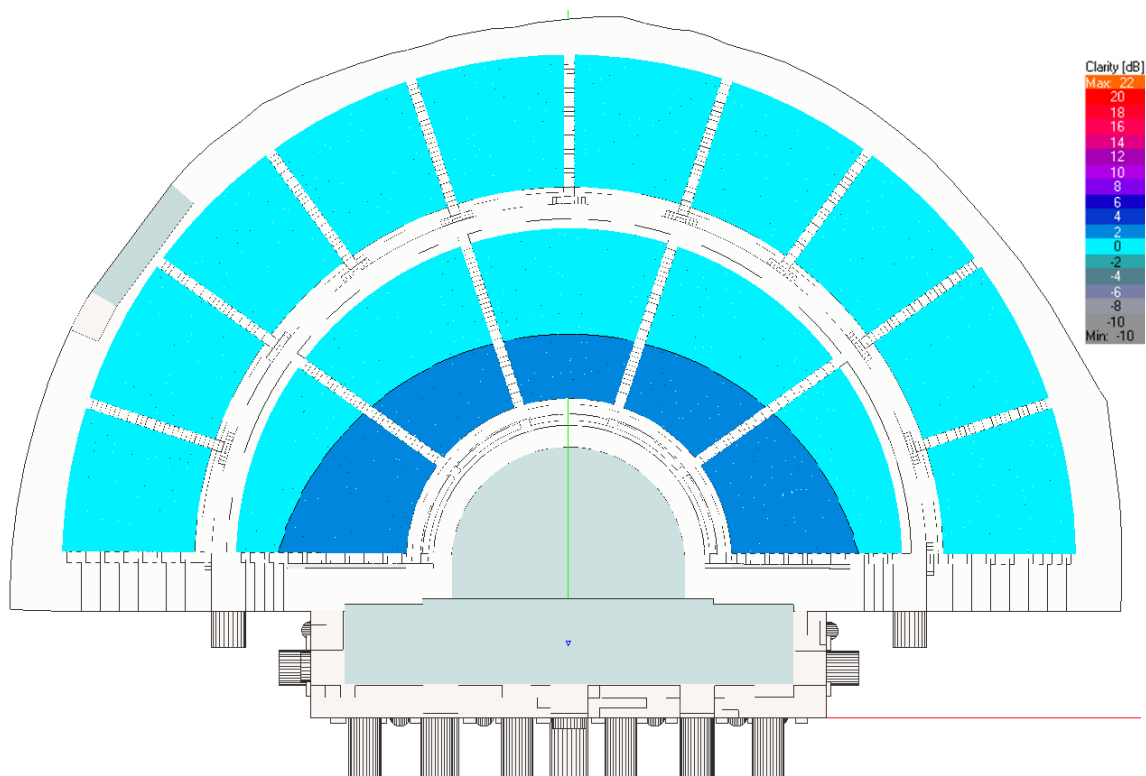


Σχήμα Δ. 63 Φασματική απεικόνιση του C80 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

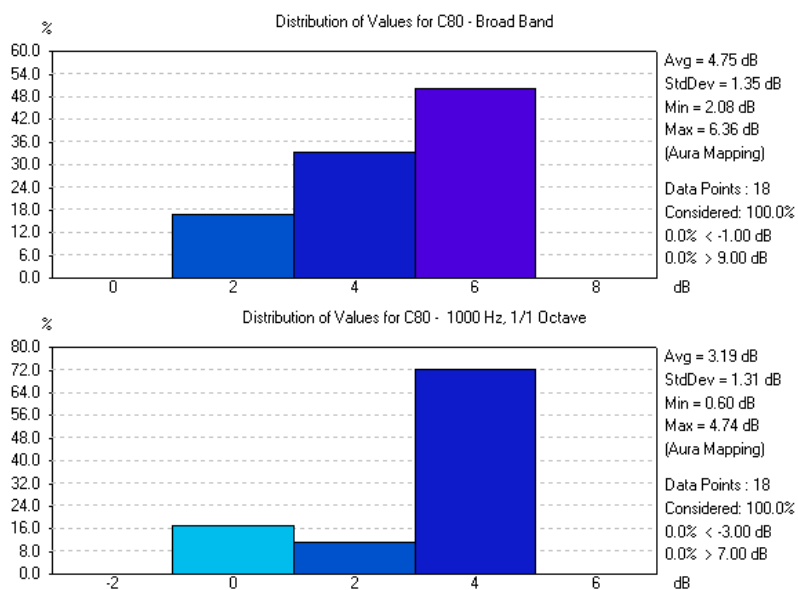
Πίνακας Δ. 22 Τιμές του C80 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S1 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Frequency	Pos. 6-1	Average	Avg + StdDev	Avg - StdDev	Maximum	Minimum
100 Hz	2.45	2.79	4.21	1.37	5.23	0.61
125 Hz	2.76	3.05	4.46	1.63	5.36	0.85
160 Hz	2.75	3.07	4.50	1.65	5.44	0.84
200 Hz	2.59	2.97	4.39	1.55	5.28	0.66
250 Hz	2.53	2.89	4.29	1.49	5.31	0.76
315 Hz	2.49	2.86	4.25	1.47	5.30	0.66
400 Hz	2.55	2.87	4.26	1.47	5.20	0.78
500 Hz	2.66	2.90	4.32	1.49	5.29	0.74
630 Hz	2.62	2.89	4.25	1.53	5.22	0.99
800 Hz	2.80	2.99	4.33	1.65	5.21	0.94
1000 Hz	2.62	3.01	4.35	1.67	5.28	0.98
1250 Hz	2.82	3.08	4.40	1.75	5.24	1.06
1600 Hz	2.95	3.21	4.50	1.91	5.34	1.14
2000 Hz	2.99	3.32	4.56	2.09	5.42	1.67
2500 Hz	3.16	3.55	4.77	2.33	5.64	1.82
3150 Hz	3.35	3.75	4.97	2.54	5.77	2.15
4000 Hz	3.93	4.26	5.43	3.10	6.21	2.43
5000 Hz	4.51	4.86	6.01	3.70	6.83	3.30
6300 Hz	5.35	5.86	7.00	4.72	7.77	4.18
8000 Hz	6.98	7.33	8.44	6.23	9.19	5.68
10000 Hz	9.06	9.43	10.46	8.40	11.24	7.91

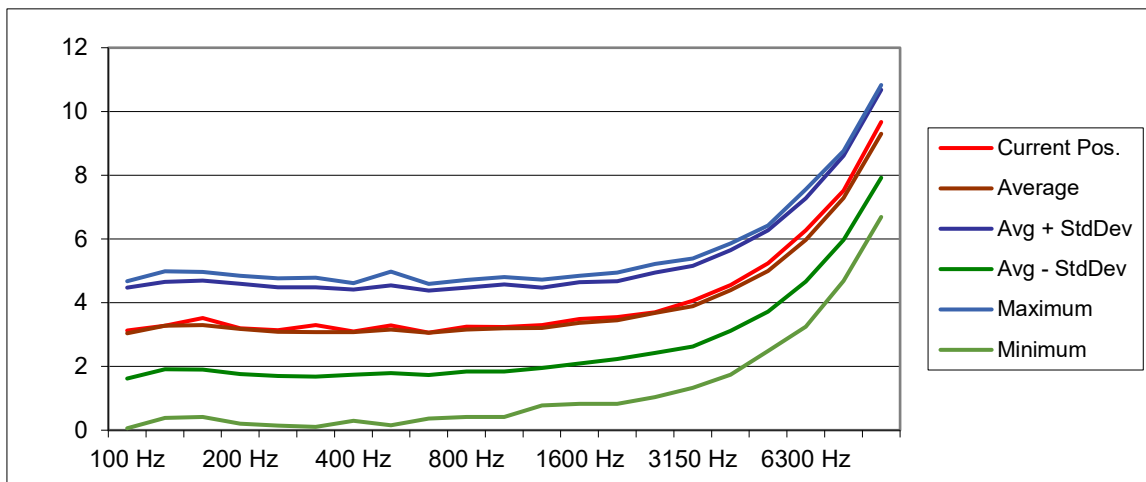
Παντοκατευθυντική πηγή στο κέντρο της σκηνής (S2)



Σχήμα Δ. 64 Χάρτης του C80 στο σενάριο S2 (standard mapping, resolution 1m)



Σχήμα Δ. 65 Κατανομή του C80 σε όλο το φάσμα (πάνω) και στο 1kHz (κάτω) στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

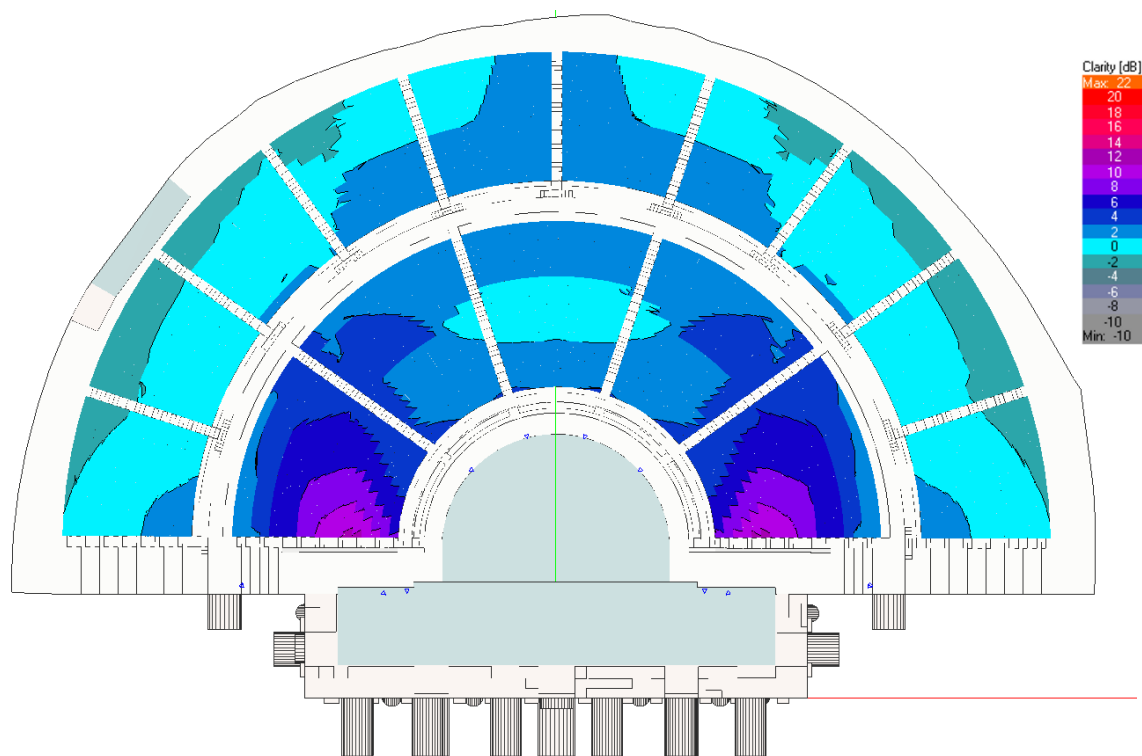


Σχήμα Δ. 66 Φασματική απεικόνιση του C80 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

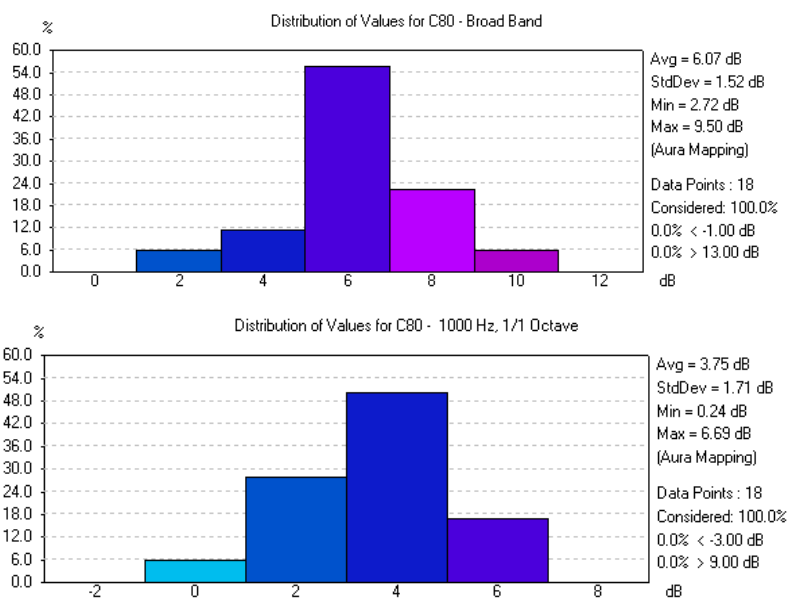
Πίνακας Δ. 23 Τιμές του C80 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S2 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Frequency	Pos. 6-1	Average	Avg + StdDev	Avg - StdDev	Maximum	Minimum
100 Hz	3.13	3.04	4.47	1.62	4.67	0.06
125 Hz	3.28	3.28	4.65	1.91	4.98	0.38
160 Hz	3.52	3.30	4.69	1.90	4.96	0.41
200 Hz	3.20	3.18	4.59	1.76	4.84	0.20
250 Hz	3.14	3.09	4.48	1.70	4.76	0.14
315 Hz	3.30	3.08	4.48	1.68	4.78	0.10
400 Hz	3.10	3.08	4.41	1.74	4.61	0.29
500 Hz	3.29	3.16	4.54	1.79	4.97	0.15
630 Hz	3.06	3.06	4.38	1.73	4.59	0.36
800 Hz	3.25	3.16	4.47	1.84	4.71	0.41
1000 Hz	3.24	3.20	4.57	1.84	4.80	0.41
1250 Hz	3.30	3.21	4.47	1.95	4.72	0.78
1600 Hz	3.49	3.37	4.64	2.09	4.84	0.83
2000 Hz	3.55	3.45	4.67	2.23	4.94	0.83
2500 Hz	3.70	3.68	4.94	2.42	5.22	1.04
3150 Hz	4.06	3.89	5.16	2.62	5.39	1.33
4000 Hz	4.55	4.39	5.65	3.12	5.86	1.74
5000 Hz	5.24	5.00	6.27	3.72	6.42	2.48
6300 Hz	6.27	5.97	7.28	4.66	7.56	3.25
8000 Hz	7.52	7.29	8.61	5.97	8.76	4.68
10000 Hz	9.67	9.30	10.68	7.92	10.83	6.69

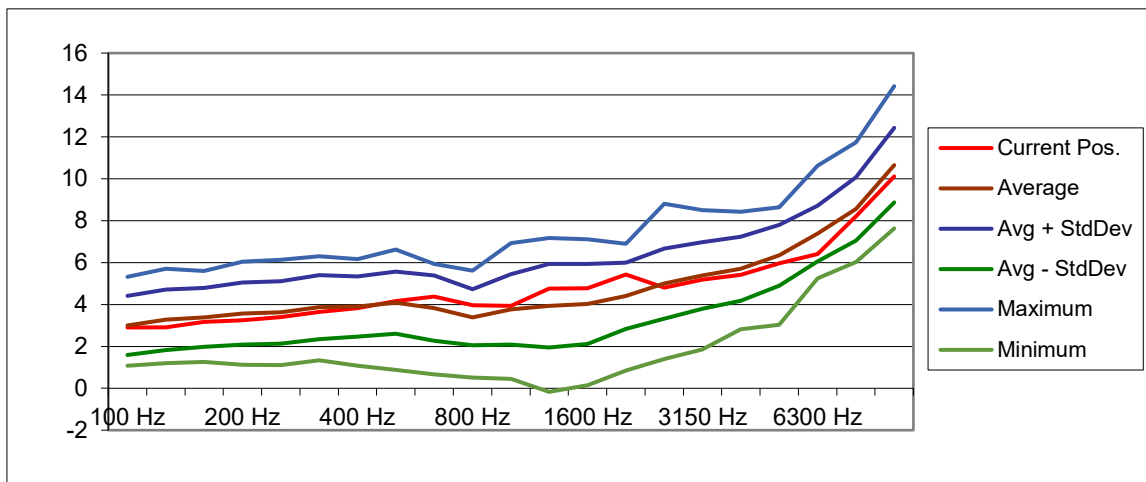
Επιδαπέδιο ηχητικό σύστημα (S3)



Σχήμα Δ. 67 Χάρτης του C80 στο σενάριο S3 (standard mapping, resolution 1m)



Σχήμα Δ. 68 Κατανομή του C80 σε όλο το φάσμα (πάνω) και στο 1kHz (κάτω) στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

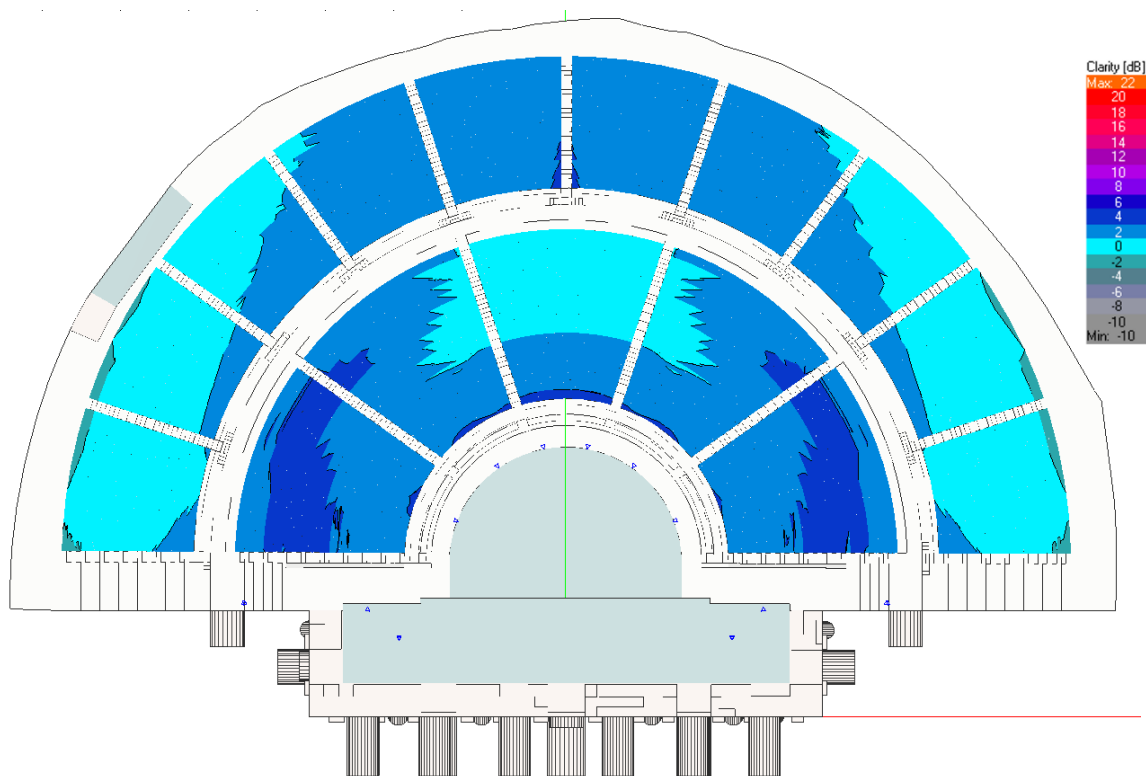


Σχήμα Δ. 69 Φασματική απεικόνιση του C80 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

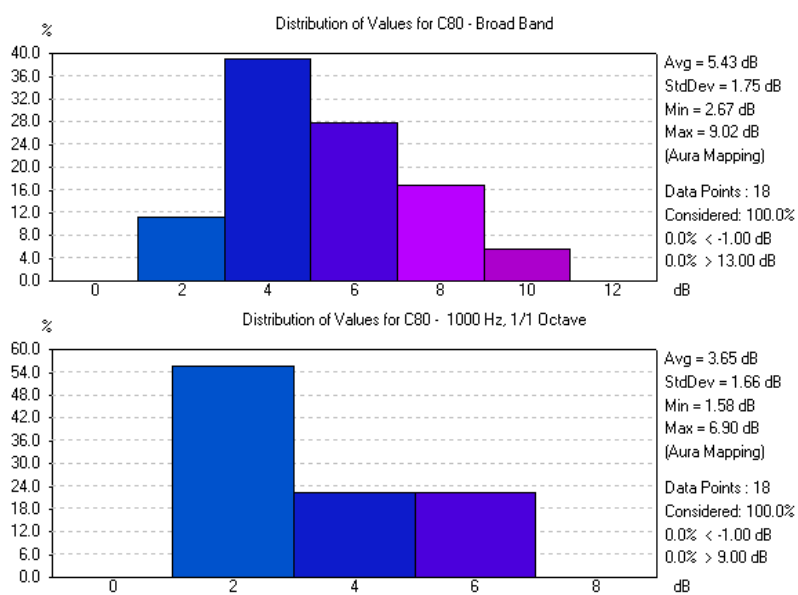
Πίνακας Δ. 24 Τιμές του C80 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S3 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Frequency	Pos. 6-1	Average	Avg + StdDev	Avg - StdDev	Maximum	Minimum
100 Hz	2.90	3.00	4.41	1.59	5.32	1.08
125 Hz	2.91	3.27	4.71	1.82	5.71	1.20
160 Hz	3.17	3.38	4.79	1.97	5.60	1.26
200 Hz	3.24	3.57	5.05	2.09	6.04	1.12
250 Hz	3.40	3.62	5.11	2.13	6.14	1.11
315 Hz	3.64	3.87	5.40	2.34	6.30	1.34
400 Hz	3.83	3.90	5.34	2.46	6.16	1.07
500 Hz	4.16	4.09	5.57	2.61	6.62	0.88
630 Hz	4.38	3.82	5.38	2.27	5.94	0.66
800 Hz	3.97	3.39	4.72	2.06	5.62	0.51
1000 Hz	3.93	3.76	5.44	2.08	6.93	0.45
1250 Hz	4.76	3.94	5.93	1.94	7.17	-0.17
1600 Hz	4.77	4.02	5.93	2.11	7.11	0.15
2000 Hz	5.43	4.41	5.99	2.84	6.90	0.85
2500 Hz	4.81	5.00	6.67	3.32	8.80	1.40
3150 Hz	5.18	5.39	6.97	3.80	8.50	1.85
4000 Hz	5.42	5.71	7.24	4.18	8.43	2.82
5000 Hz	5.96	6.35	7.80	4.89	8.64	3.03
6300 Hz	6.41	7.39	8.72	6.06	10.62	5.24
8000 Hz	8.21	8.56	10.07	7.05	11.74	6.03
10000 Hz	10.11	10.65	12.43	8.87	14.42	7.63

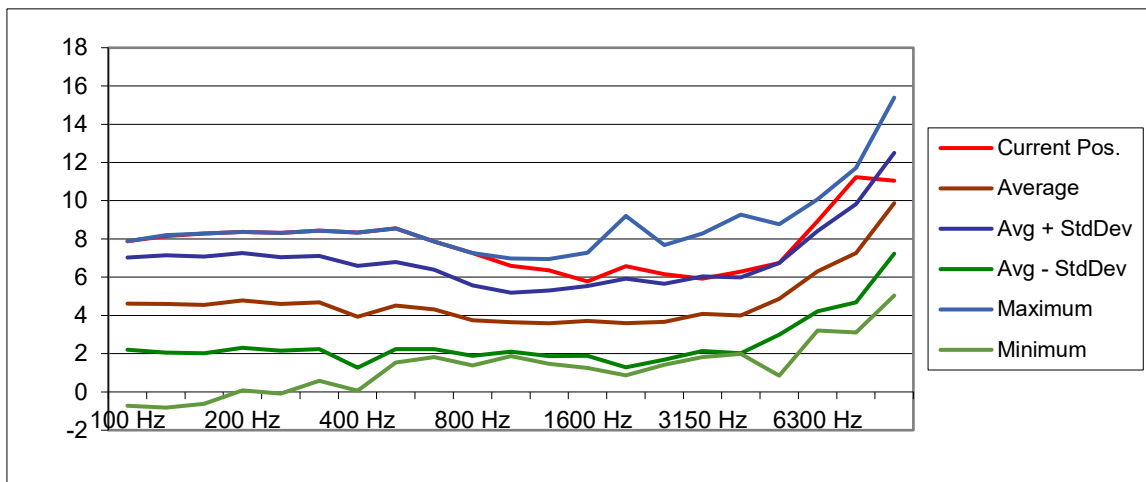
Αναρτώμενο ηχητικό σύστημα (S4)



Σχήμα Δ. 70 Χάρτης του C80 στο σενάριο S4 (standard mapping, resolution 1m)



Σχήμα Δ. 71 Κατανομή του C80 σε όλο το φάσμα (πάνω) και στο 1kHz (κάτω) στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)



Σχήμα Δ. 72 Φασματική απεικόνιση του C80 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Πίνακας Δ. 25 Τιμές του C80 στις θέσεις του κοίλου για το σενάριο S4 (AURA simulation, resolution 1m, 809000 particles, length 2450ms)

Frequency	Pos. 6-1	Average	Avg + StdDev	Avg - StdDev	Maximum	Minimum
100 Hz	7.88	4.61	7.03	2.20	7.88	-0.73
125 Hz	8.15	4.60	7.15	2.05	8.20	-0.82
160 Hz	8.28	4.55	7.08	2.02	8.28	-0.62
200 Hz	8.37	4.78	7.26	2.31	8.37	0.08
250 Hz	8.32	4.60	7.04	2.15	8.32	-0.09
315 Hz	8.43	4.68	7.12	2.24	8.43	0.59
400 Hz	8.33	3.93	6.60	1.27	8.33	0.06
500 Hz	8.55	4.52	6.80	2.24	8.55	1.54
630 Hz	7.86	4.32	6.39	2.24	7.86	1.82
800 Hz	7.27	3.74	5.58	1.89	7.27	1.39
1000 Hz	6.60	3.64	5.19	2.10	6.98	1.87
1250 Hz	6.36	3.59	5.31	1.87	6.95	1.47
1600 Hz	5.78	3.72	5.54	1.89	7.28	1.25
2000 Hz	6.58	3.60	5.93	1.28	9.20	0.87
2500 Hz	6.16	3.67	5.66	1.69	7.68	1.42
3150 Hz	5.93	4.09	6.04	2.14	8.28	1.83
4000 Hz	6.29	4.00	5.99	2.02	9.27	1.99
5000 Hz	6.74	4.87	6.75	3.00	8.77	0.85
6300 Hz	8.94	6.31	8.41	4.21	10.07	3.21
8000 Hz	11.23	7.26	9.83	4.69	11.72	3.11
10000 Hz	11.05	9.87	12.50	7.23	15.39	5.04

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.