



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΡΕΘΥΜΝΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ
ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ MLS ΚΑΙ ESS ΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ”

ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ :

ΣΜΑΡΩ ΑΝΤΩΝΙΑΔΟΥ Α.Μ.1603

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ

ΡΕΘΥΜΝΟ 2019

Copyright ©, Αντωνιάδου Σμαρώ

Με επιφύλαξη παντός δικαιωμάτων. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας και ακουστικής του ΤΕΙ Κρήτης, παράρτημα Ρεθύμνου, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η υλοποίηση της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας πραγματοποιήθηκε με την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση του επιβλέποντα καθηγητή Νικολάου Παπαδάκη, στον οποίο οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ για την πίστη του σε εμένα και την υπομονή του . Ένα ιδιαίτερο ευχαριστώ στον φίλο μου Μιχάλη Τερζάκη. Η συγκεκριμένη πτυχιακή είναι αφιερωμένη στην μητέρα μου.

Abstract

Impulse response measurements in Architectural Acoustics are mainly conducted using Exponential Sine Sweep (ESS) and Maximum Length Sequence (MLS) signals. However, the accuracy of the measurements using these excitation signals is influenced from the background noise. In this study, the room impulse responses are measured and analyzed based on the presence of different kinds of artificial background noises, utilizing an external sound source.

Room impulse response measurements were performed according to ISO 3382-1:2009 with a dodecahedron speaker as a sound source. An omnidirectional microphone was used for the recording of the responses. The external sound source emitted the artificial background noises at increasing levels of 2dB. White noise, tonal, narrow band and impulsive noise have been used for the purposes of the study. By having captured the “pure” room impulse responses and the “influenced” ones, the mean absolute error (MAE) and standard deviation (SD) for each case were estimated.

Having extracted and analyzed the results, both MLS and ESS methods achieved excellent results when white noise was used in low background noise levels. However, in higher background noise levels, MLS performed better than ESS, achieving a lower MAE. In the case of other background noises, MLS method performed even better compared to the ESS method.

Based on the findings, this study hints the preferred method for acoustic measurements with respect to the type of the background noise and levels, pointing out the expected MAE and SD.

Publication

Η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία δημοσιεύτηκε στο συνέδριο Euronoise 2018 όπου πραγματοποιήθηκε στην Χερσόνησο Κρήτης. Οι διοργανωτές του συνεδρίου ήταν οι European Acoustics Association και Hellenic Institute of Acoustics. Η δημοσίευση παρουσιάστηκε με τίτλο “Measuring Acoustic Parameters with ESS and MLS methods: Effect of Artificially Varying Background Noise” και η παρουσίαση της έγινε ως Poster Presentation στις 28/05/2018. Παρακάτω επισυνάπτεται ο διαδικτυακός σύνδεσμος της εργασίας.

http://www.euronoise2018.eu/docs/papers/132_Euronoise2018.pdf

Σύνοψη

Οι μέθοδοι Exponential Sine Sweep (ESS) και Maximum Length Sequence (MLS) συχνά εφαρμόζονται για μετρήσεις κρουστικής απόκρισης παρουσία διαφόρων τύπων θορύβου βάθους και ακουστικών στάθμεων. Σκοπός αυτής της μελέτης είναι η εκτίμηση της επίδρασης του θορύβου βάθους στις ακουστικές παραμέτρους για μετρήσεις με χρήση των παραπάνω μεθόδων. Στις μετρήσεις αξιοποιείται τεχνητός θόρυβος βάθους με χρήση εξωτερικής ηχητικής πηγής.

Οι μετρήσεις κρουστικών αποκρίσεων πραγματοποιήθηκαν σε χώρο ακρόασης με χρήση δωδεκαεδρικού ηχείου για τις μεθόδους ESS και MLS για τις ίδιες θέσεις πηγής και μικροφώνου σύμφωνα με το πρότυπο ISO 3382-1:2009. Τα επίπεδα μεταβολής θορύβου βάθους εφαρμόστηκαν με βήμα 2 dB με χρήση της εξωτερικής πηγής ήχου. Οι διαφορετικοί τύποι θορύβου βάθους που χρησιμοποιήθηκαν ήταν λευκός θόρυβος, ακουστικοί τόνοι, στενές ζώνες θορύβου και κρουστικοί ήχοι. Δεν εφαρμόστηκαν μέθοδοι αντιστάθμισης θορύβου βάθους για τις μεθόδους ESS και MLS. Η επίδραση διαφορετικών επιπέδων θορύβου βάθους για ακουστικές μετρήσεις εκτιμήθηκε σε οκταβικές μπάντες για κάθε περίπτωση με υπολογισμό του μέσου απόλυτου σφάλματος σε σύγκριση με την μέτρηση χωρίς τεχνητό θόρυβο.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι στην περίπτωση του λευκού θορύβου και για χαμηλές στάθμες θορύβου, το μέσο απόλυτο σφάλμα και για τις δύο μεθόδους είναι παρόμοιο. Ωστόσο, για υψηλότερες στάθμες θορύβου, η μέθοδος ESS δίνει αποτελέσματα με μεγαλύτερο απόλυτο σφάλμα. Στην περίπτωση του τόνου, της στενής ζώνης συχνοτήτων και του κρουστικού θορύβου, υψηλότερο απόλυτο σφάλμα μετρήθηκε για το ESS σήμα ακόμη και σε χαμηλά επίπεδα θορύβου.

Τα αποτελέσματα υποδηλώνουν την αναμενόμενη απόκλιση των ακουστικών παραμέτρων παρουσία θορύβου βάθους διαφορετικών τύπων και ακουστικών στάθμεων. Επιπλέον, η μελέτη υποδεικνύει την προτιμώμενη μέθοδο ακουστικών μετρήσεων σύμφωνα με την στάθμη του θορύβου που υπάρχει σε ακουστικές μετρήσεις καθώς επίσης και με το είδος του.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Abstract.....	iv
Publication	v
Σύνοψη.....	vi
Λίστα Εικόνων.....	ix
Λίστα Πινάκων	x
Λίστα Σχημάτων	xiv
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο : ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	3
1.1 Εισαγωγή.....	3
1.2 Ακουστικοί Δείκτες.....	3
1.2.1 Εισαγωγή.....	3
1.2.2 Χρόνος Αντήχησης (Reverberation Time - T).....	3
1.2.3 Αρχικός Χρόνος Μείωσης του Ηχητικού Πεδίου (Early Decay Time - EDT)	4
1.2.4 Ευκρίνεια (Clarity - C_{80} , C_{50})	5
1.2.5 Διακριτότητα (Definition - D_{50})	5
1.3 Κατηγορίες Θορύβων.....	6
1.3.1 Εισαγωγή.....	6
1.3.2 Είδη Θορύβων	6
1.3.2.1 Θόρυβος (Noise).....	6
1.3.2.2 Θόρυβος Βάθους (Background Noise)	7
1.4. Σήματα Διέγερσης	8
1.4.1. Εισαγωγή.....	8
1.4.2. Maximum Length Sequence MLS	8
1.4.3. Exponential Sine Sweep	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	18
2.1 Εισαγωγή.....	18
2.2 Περιγραφή Διαδικασίας Μετρήσεων	18
2.3 Φωτογραφικό υλικό	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	24
3.1 Εισαγωγή.....	24

3.2 Συμπεράσματα και Ανάλυση Αποτελεσμάτων.....	24
3.2.1 Λευκός Θόρυβος	24
3.2.2 Στενή Ζώνη Συχνοτήτων	26
3.2.3. Καθαρός Τόνος Ημιτόνου 1 kHz.....	28
3.2.4. Κρουστικός Θόρυβος.....	29
3.3. Μελλοντική Εργασία και Επεκτάσεις	31
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : ΠΙΝΑΚΕΣ	32
A.1. Λευκός Θόρυβος.....	32
A.1.1. T60	32
A.1.2. E.D.T.....	34
A.1.3. D ₅₀ %.....	37
A.1.4. C ₈₀	39
A.2. Στενή Ζώνη Συχνοτήτων.....	42
A.2.1. T60	42
A.2.2. E.D.T.....	45
A.2.3. D ₅₀ %.....	47
A.2.4. C ₈₀	50
A.3. Καθαρός Τόνος Ημιτόνου 1 kHz.....	53
A.3.1. T60	53
A.3.2. E.D.T.....	55
A.3.3 D ₅₀ %.....	58
A.2.4. C ₈₀	60
A.4. Κρουστικός.....	63
A.4.1. RT60	63
A.4.2. E.D.T.....	67
A.4.3 D ₅₀ %.....	69
A.4.4. C ₈₀	72
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β : ΚΑΤΟΨΗ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ.....	76
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ : ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΣΦΑΛΜΑ.....	78
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	79

Λίστα Εικόνων

Εικόνα 1.1 : Γραφική αναπαράσταση του Χρόνου Αντήχησης T60 [6].....	4
Εικόνα 1.2 : Ορισμός του C: η σχέση μεταξύ της πρόωρης και της καθυστερημένης ενέργειας στην κρουστική απόκριση.....	5
Εικόνα 1.3 : Λευκός θόρυβος σε γραμμική και λογαριθμική κλίμακα.[2].....	7
Εικόνα 1.4 : Πρώτος εξοπλισμός MLLSSA.....	9
Εικόνα 1.5 : Εξοπλισμός CLIO	10
Εικόνα 1.6 : Ένας καταχωρητής μετατόπισης τριών σταδίων [3: 1, 2] στον οποίο η έξοδος τροφοδοτείται πάλι στο πρώτο και το δεύτερο στάδιο	12
Εικόνα 1.7 : Μια μετατόπιση τριών σταδίων με ανατροφοδότηση σε όλα τα στάδια δεν παράγει MLS.....	12
Εικόνα 1.8 : Διάγραμμα ροής μιας ακολουθίας MLS [10].....	13
Εικόνα 1.9 : Μοντελοποίηση του παγκόσμιου συστήματος, συμπεριλαμβανομένου του μεγαφώνου (θεωρείται ως μη γραμμικό στοιχείο) και τον ηχητικό χώρο (θεωρείται ως ένα τέλεια γραμμικό σύστημα).[7]	17
Εικόνα 2.1. : Θέσεις τοποθέτησης εξοπλισμού.....	21
Εικόνα 2.2. : Δωδεκάεδρο τοποθετημένο στο κέντρο της σκηνής του αμφιθεάτρου.....	22
Εικόνα 2.3. : Ηχόμετρο και μετρητικό παντοκατευθυντικό μικρόφωνο	22
Εικόνα 2.4. : Θέση επιπρόσθετου μεγαφώνου αναπαραγόμενων εξωτερικών θορύβων.	23

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1 : Πίνακας αλήθειας για την αποκλειστική ή (XOR) λειτουργία.....	11
Πίνακας 2 : Οι διαδοχικές τιμές στον καταχωρητή μετατόπισης της Εικ. 1.3.	11
Πίνακας 3 : Οι διαδοχικές τιμές στον καταχωρητή μετατόπισης της Εικ. 1.4.	12
Πίνακας 4 : Καταγραφή εξοπλισμού.	20
Πίνακας 5 : Τιμές T60 σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό.	32
Πίνακας 6 : Τιμές M.A.E. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό για τον ακουστικό δείκτη T60.	33
Πίνακας 7 : Τιμές T60 σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό.	34
Πίνακας 8 : Τιμές M.A.E. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό για τον ακουστικό δείκτη.	34
Πίνακας 9 : Τιμές E.D.T. σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό.	35
Πίνακας 10 : Τιμές M.A.E. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό για τον ακουστικό δείκτη E.D.T.	35
Πίνακας 11 : Τιμές E.D.T. σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό.	36
Πίνακας 12 : Τιμές M.A.E. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό για τον ακουστικό δείκτη E.D.T.	37
Πίνακας 13 : Τιμές D ₅₀ % σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό.	37
Πίνακας 14 : Τιμές M.A.E. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό για τον ακουστικό δείκτη D50%.	38
Πίνακας 15 : Τιμές D ₅₀ % σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό.	39
Πίνακας 16 : Τιμές M.A.E. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό για τον ακουστικό δείκτη D ₅₀ %.	39
Πίνακας 17 : Τιμές C ₈₀ σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό.	40
Πίνακας 18 : Τιμές M.A.E. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό για τον ακουστικό δείκτη C ₈₀	41
Πίνακας 19 : Τιμές C ₈₀ σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό.	42
Πίνακας 20 : Τιμές M.A.E. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό για τον ακουστικό δείκτη C ₈₀	42
Πίνακας 21 : Τιμές T60 σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων.	43
Πίνακας 22 : Τιμές M.A.E. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων για τον ακουστικό δείκτη T60.	43
Πίνακας 23 : Τιμές T60 σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων.	44

Πίνακας 24 : Τιμές M.A.E. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων για τον ακουστικό δείκτη T60.....	45
Πίνακας 25 : Τιμές E.D.T. σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων.	46
Πίνακας 26 : Τιμές M.A.E. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων.	46
Πίνακας 27 : Τιμές E.D.T. σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων για τον ακουστικό δείκτη E.D.T.	47
Πίνακας 28 : Τιμές M.A.E. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων.	47
Πίνακας 29 : Τιμές D ₅₀ % σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων.	48
Πίνακας 30 : Τιμές M.A.E. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων.	48
Πίνακας 31 : Τιμές D50%. σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων.	49
Πίνακας 32 : Τιμές M.A.E. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων.	50
Πίνακας 33 : Τιμές C80 σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων.	51
Πίνακας 34 : Τιμές M.A.E. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων για τον ακουστικό δείκτη C ₈₀	51
Πίνακας 35 : Τιμές C ₈₀ σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων.	52
Πίνακας 36 : Τιμές M.A.E. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων για τον ακουστικό δείκτη C ₈₀	53
Πίνακας 37: Τιμές T60 σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz.	54
Πίνακας 38 : Τιμές M.A.E. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz για τον ακουστικό δείκτη T60.	54
Πίνακας 39 : Τιμές T60 σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz.....	55
Πίνακας 40 : Τιμές M.A.E. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz για τον ακουστικό δείκτη T60	55
Πίνακας 41 : Τιμές E.D.T. σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz.....	56
Πίνακας 42 : Τιμές M.A.E. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz για τον ακουστικό δείκτη E.D.T.	56
Πίνακας 43 : Τιμές E.D.T. σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz.....	57
Πίνακας 44 : Τιμές M.A.E. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz για τον ακουστικό δείκτη E.D.T.	58
Πίνακας 45 : Τιμές D ₅₀ % σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz.....	59

Πίνακας 46 : Τιμές M.A.E. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz για τον ακουστικό δείκτη $D_{50\%}$	59
Πίνακας 47 : Τιμές M.A.E. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz για τον ακουστικό δείκτη $D_{50\%}$	60
Πίνακας 48 : Τιμές M.A.E. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz για τον ακουστικό δείκτη $D_{50\%}$	60
Πίνακας 49 : Τιμές C_{80} σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz.	61
Πίνακας 50 : Τιμές M.A.E. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz για τον ακουστικό δείκτη C_{80}	62
Πίνακας 51 : Τιμές C_{80} σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz.....	63
Πίνακας 52 : Τιμές M.A.E. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz για τον ακουστικό δείκτη C_{80}	63
Πίνακας 53 : Τιμές T_{60} σε οκταβική ανάλυση της M.L.S. μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό.....	64
Πίνακας 54 : Τιμές M.A.E. της M.L.S. μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz για τον ακουστικό δείκτη C_{80}	65
Πίνακας 55 : Τιμές T_{60} σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό.....	66
Πίνακας 56 : Τιμές M.A.E. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό για τον ακουστικό δείκτη T_{60}	67
Πίνακας 57 : Τιμές E.D.T. σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό.....	68
Πίνακας 58 : Τιμές M.A.E. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό για τον ακουστικό δείκτη E.D.T.	68
Πίνακας 59 : Τιμές E.D.T. σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό.....	69
Πίνακας 60 : Τιμές M.A.E. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό για τον ακουστικό δείκτη E.D.T.	69
Πίνακας 61 : Τιμές $D_{50\%}$ σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό.....	70
Πίνακας 62 : Τιμές M.A.E. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό για τον ακουστικό δείκτη $D_{50\%}$	71
Πίνακας 63 : Τιμές $D_{50\%}$ σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό.....	72
Πίνακας 64 : Τιμές M.A.E. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό για τον ακουστικό δείκτη $D_{50\%}$	72
Πίνακας 65. : Τιμές C_{80} σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό.....	73
Πίνακας 66 : Τιμές M.A.E. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό για τον ακουστικό δείκτη C_{80}	73
Πίνακας 67 : Τιμές C_{80} σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό.....	75

Πίνακας 68 : Τιμές Μ.Α.Ε. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό για τον ακουστικό δείκτη C_{80}	75
---	----

Λίστα Σχημάτων

Σχήμα 1ο : Mean Absolute Error του T_{60} με εξωτερικό θόρυβο λευκό.....	25
Σχήμα 2ο : Mean Absolute Error του E.D.T. με εξωτερικό θόρυβο λευκό.	25
Σχήμα 3ο : Mean Absolute Error του D_{50} με εξωτερικό θόρυβο λευκό.	25
Σχήμα 4ο : Mean Absolute Error του C_{80} με εξωτερικό θόρυβο λευκό	26
Σχήμα 5ο : Mean Absolute Error του T_{60} με εξωτερικό θόρυβο στενή ζώνη συχνοτήτων	26
Σχήμα 6ο : Mean Absolute Error του E.D.T. με εξωτερικό θόρυβο στενή ζώνη συχνοτήτων	27
Σχήμα 7ο : Mean Absolute Error του D_{50} με εξωτερικό θόρυβο στενή ζώνη συχνοτήτων	27
Σχήμα 8ο : Mean Absolute Error του C_{80} με εξωτερικό θόρυβο στενή ζώνη συχνοτήτων	27
Σχήμα 9ο : Mean Absolute Error του T_{60} με εξωτερικό θόρυβο τόνο 1 kHz.	28
Σχήμα 10ο : Mean Absolute Error του E.D.T. με εξωτερικό θόρυβο τόνο 1 kHz.	28
Σχήμα 11ο : Mean Absolute Error του C_{80} με εξωτερικό θόρυβο τόνο 1 kHz.	29
Σχήμα 12ο : Mean Absolute Error του D_{50} με εξωτερικό θόρυβο τόνο 1 kHz.	29
Σχήμα 13ο : Mean Absolute Error του T_{60} με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό.....	29
Σχήμα 14ο : Mean Absolute Error του E.D.T. με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό.....	30
Σχήμα 15ο : Mean Absolute Error του D_{50} με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό.	30
Σχήμα 16ο : Mean Absolute Error του C_{80} με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό.	30

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οποιοσδήποτε φυσικός χώρος μπορεί να εκφραστεί με βάση την ακουστική του συμπεριφορά. Η ακουστική είναι η επιστήμη που ασχολείται με την μελέτη του τρόπου εκπομπής και διάδοσης του ήχου. Μια από τις βασικότερες έννοιες στην ακουστική είναι αυτή της κρουστικής απόκρισης γιατί με βάση αυτή μπορεί να υπολογιστεί η πλειονότητα των ακουστικών παραμέτρων ενός χώρου.

Στην ακουστική χώρων, αυτή η έννοια εφαρμόζεται συνήθως στη μελέτη της διάδοσης του ήχου από ένα σημείο εκπομπής και ένα σημείο λήψης, που βρίσκεται μέσα στο ίδιο περιβάλλον. Για το σημείο εκπομπής, ένα δωδεκάεδρο ηχείο χρησιμοποιείται συνήθως με σήματα διέγερσης όπως Exponential Sine Sweep (ESS) , Maximum Length Sequence (MLS), Inverse Repeated Sequence (IRS) και Time-stretched pulses και για το σημείο λήψης, ένα παντοκατευθυντικό μετρητικό μικρόφωνο για μετρήσεις κρουστικών αποκρίσεων. Οι συγκεκριμένες μετρήσεις εφαρμόζονται συχνά με παρουσία θορύβου βάθους διαφόρων τύπων και επιπέδων. Ωστόσο, η έκταση της επίδρασης του θορύβου βάθους στη μέτρηση των ακουστικών παραμέτρων δεν έχει μελετηθεί σε βάθος.

Μέχρι στιγμής γνωρίζουμε από την βιβλιογραφία ότι η μέθοδος MLS παρουσιάζει μεγάλη ανοσία στην παραμόρφωση αλλά και ότι ο λόγος σήματος προς θόρυβο για την συγκεκριμένη μέθοδο αυξάνεται κατά 3 dB όταν το μήκος περιόδου της μεθόδου διπλασιάζεται[1]. Στην παρουσία ενός μη λευκού στατικού θορύβου η τεχνική MLS ξεπερνά τις άλλες μεθόδους για υψηλά επίπεδα θορύβου σε αντίθεση με την ESS όπου αποδίδει καλύτερα στα χαμηλότερα επίπεδα καθώς και απαλύνει την αρμονική παραμόρφωση[2]. Σε ένα μη τυχαίο θορυβώδη περιβάλλον, όπου μια συγκεκριμένη ειδική πηγή ήχου είναι υπεύθυνη για τον θόρυβο η μέθοδος MLS θεωρείται ότι παρέχει καλύτερα αποτελέσματα[3, 4].

Σκοπός αυτής της μελέτης είναι η εκτίμηση της επίδρασης του θορύβου βάθους σε ακουστικές παραμέτρους για μετρήσεις με χρήση σημάτων διέγερσης χώρου MLS και ESS. Οι διαφορετικοί τύποι θορύβου βάθους που χρησιμοποιήθηκαν ήταν Λευκός θόρυβος, ο θόρυβος Στενής Ζώνης Συχνοτήτων, ο Τόνος και ο Κρουστικός θόρυβος, με χρήση πρόσθετης εξωτερικής πηγής ήχου. Η επίδραση διαφορετικών επιπέδων θορύβου βάθους για μετρήσεις ακουστικής παραμέτρου ζώνης οκτάβας εκτιμήθηκε για κάθε περίπτωση από το μέσο απόλυτο σφάλμα σε σύγκριση με τη μέτρηση χωρίς τεχνητό θόρυβο.

Η δομή της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας χωρίζεται σε τρία βασικά κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο πραγματεύεται το θεωρητικό υπόβαθρο. Γίνεται αναφορά των ακουστικών παραμέτρων που αναλύθηκαν, των θορύβων που χρησιμοποιήθηκαν αλλά και των δύο μεθόδων όπου με βάση αυτούς πάρθηκαν οι κρουστικές αποκρίσεις. Όλα τα παραπάνω διατυπώθηκαν με βάση την αντίστοιχη βιβλιογραφία.

Το δεύτερο κεφάλαιο αναλύει την πειραματική διαδικασία. Στο κεφάλαιο αυτό αναγράφονται τα βήματα που πάρθηκαν και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την διεξαγωγή του

πειραματικού μέρους της εν' λόγω πτυχιακής εργασίας καθώς επίσης και φωτογραφικό υλικό για την καλύτερη κατανόηση της χωρο-τοποθέτησης του εξοπλισμού.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται και συγκρίνονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθώς επίσης και τα συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν από την εν' λόγω ανάλυση.

Στα τρία παραρτήματα συμπεριλαμβάνονται οι πινάκες με καταχωρημένους τους αριθμούς των μετρήσεων για κάθε εξωτερικό θόρυβο συναρτήσει της μεθόδου, η κάτοψη του αμφιθεάτρου και ο ορισμός του Μέσου Απόλυτου Σφάλματος για την καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων και του τρόπου σύγκρισής τους .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο : ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

1.1 Εισαγωγή

Το παρακάτω κεφάλαιο πραγματεύεται το θεωρητικό υπόβαθρο της συγκεκριμένης εργασίας. Αρχικά αναφέρονται οι ακουστικοί δείκτες που υπολογίστηκαν , μετέπειτα οι τύποι των θορύβων που χρησιμοποιήθηκαν και τέλος οι δύο μέθοδοι που διέγειραν τον χώρο με σκοπό τον υπολογισμό της κρουστικής απόκρισης του. Σκοπός αυτού του κεφαλαίου είναι η κατανόηση των ακουστικών παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν στην πειραματική διαδικασία.

1.2 Ακουστικοί Δείκτες

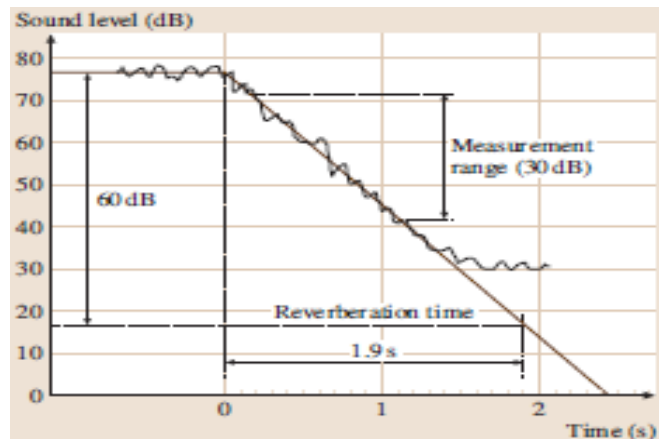
1.2.1 Εισαγωγή

Παρακάτω γίνεται αναφορά των ορισμών των ακουστικών δεικτών που χρησιμοποιήθηκαν στην συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία. Οι δείκτες έχουν να κάνουν με την ηχητική ενέργεια που προσδίδεται στον χώρο . Πιο συγκεκριμένα οι ακουστικοί δείκτες που θα αναφερθούν θα είναι :

1. Χρόνος Αντήχησης (Reverberation time - T)
 - 1.1 T_{10}
 - 1.2 T_{20}
 - 1.3 T_{30}
2. Αρχικός Χρόνος Μείωσης του Ηχητικού Πεδίου (Early Decay Time).
3. Ευκρίνεια (Clarity)
 - 3.1 C_{80}
 - 3.2 C_{50}
4. Διακρίτοτητα (Definition - D_{50})

1.2.2 Χρόνος Αντήχησης (Reverberation Time - T)

Ο χρόνος αντήχησης (T) είναι ένα μέτρο του ρυθμού πτώσης του ηχητικού πεδίου.[5] Ορίζεται ως ο χρόνος, σε δευτερόλεπτα, που απαιτείται για την ένταση του ηχητικού πεδίου, σε έναν κλειστό χώρο, να πέσει κατά 60 dB από το αρχικό της επίπεδο, μετά την διακοπή της πηγής ήχου. [6] Αυτό αντιπροσωπεύει μια αλλαγή στην ένταση του ήχου ή την ηχητική ισχύ του 1 εκατομμυρίου ($10 \log 1,000,000 = 60 \text{ dB}$), ή μια αλλαγή της ηχητικής πίεσης ή της στάθμης ηχητικής πίεσης των 1000 ($20 \log 1,000 = 60 \text{ dB}$). Αυτή η μέτρηση του χρόνου αντήχησης αναφέρεται ως T_{60} [5] και η γραφική του απεικόνιση εμφανίζεται στην Εικόνα 1.1.



Εικόνα 1.1. : Γραφική αναπαράσταση του Χρόνου Αντήχησης T60 [6]

Συχνά η στάθμη του θορύβου βάθους είναι αρκετά υψηλή, με αποτέλεσμα να μην μπορούμε να πέσουμε κατά 60 dB (πέφτουμε κάτω από το θόρυβο βάθους, οπότε μια τέτοια μέτρηση θα ήταν εσφαλμένη). Σε αυτή την περίπτωση συνηθίζεται να μετράται ο χρόνος που αντιστοιχεί σε μικρότερη πτώση (20-30 dB) και να ανάγεται αυτή την τιμή στην πτώση των 60 dB πολλαπλασιάζοντας κατάλληλα. Δηλαδή γίνεται ένα είδος extrapolation θεωρώντας ότι η πτώση είναι γραμμική, δηλαδή το πεδίο είναι διάχυτο. Στην πράξη το αντηχητικό πεδίο δεν είναι ποτέ απολύτως διάχυτο, οπότε υπάρχουν αποκλίσεις από την ευθύγραμμη πτώση. Γι' αυτό το λόγο όσο μεγαλύτερη δυναμική περιοχή μέτρησης διαθέτεται, τουτέστι όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά σταθμών μεταξύ παλμού/θορύβου και θορύβου βάθους, τόσο ασφαλέστερη η μέτρηση. Έτσι ορίζουμε τους παρακάτω χρόνους [7]

T_{10} :

Ορίζεται ως ο χρόνος που απαιτείται για την πτώση του ηχητικού πεδίου από -5 dB έως -15 dB (*6) [6]

T_{20} :

Ορίζεται ως ο χρόνος που απαιτείται για την πτώση του ηχητικού πεδίου από -5 dB έως -25 dB (*3) [6]

T_{30} :

Ορίζεται ως ο χρόνος που απαιτείται για την πτώση του ηχητικού πεδίου από -5 dB έως -35 dB (*2) [6]

1.2.3 Αρχικός Χρόνος Μείωσης του Ηχητικού Πεδίου (Early Decay Time - EDT)

Αρχικός Χρόνος Μείωσης του Ηχητικού Πεδίου (T_{EDT}) είναι ο χρόνος που απαιτείται για την πτώση των πρώτων 10 dB στη στάθμη του ήχου. [8]

Σχετίζεται με την αντήχηση που γίνεται αντιληπτή κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του λόγου και της μουσικής. Συνδέεται περισσότερο με την υποκειμενική αίσθηση της αντήχησης ενός χώρου. Λόγω του φαινομένου της επικάλυψης (*masking*), το σύνολο της διαδικασίας

απόσβεσης γίνεται αντιληπτό μόνο στις παύσεις της ομιλίας ή της μουσικής. Κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης της μουσικής ή του λόγου το επακόλουθο ασθενέστερο μέρος της αντήχησης (*Late Reverberation*) θα φιλτράρεται από την επόμενη συλλαβή ή μουσική νότα. [8] Συνεπώς, ένα εναλλακτικό μέτρο είναι ο αρχικός χρόνος μείωσης του ηχητικού πεδίου EDT. Τα μέτρα και το ποσοστό της απόσβεσης είναι τα ίδια με το χρόνο αντήχησης. Αλλά τώρα αξιολογούνται από το αρχικό τμήμα, σε διάστημα μεταξύ των 0 και -10 dB :

$$EDT=6(t_{10}) \quad \text{ή} \quad EDT=\frac{60}{A(0dB \rightarrow -10dB)}s \quad (1)$$

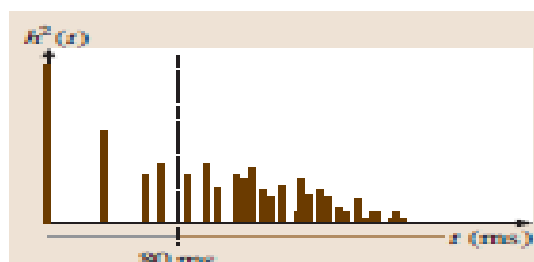
[8]

1.2.4 Ευκρίνεια (Clarity - C_{80} , C_{50})

Η ευκρίνεια περιγράφει το βαθμό στον οποίο κάθε λεπτομέρεια της παράστασης μπορεί να γίνει αντιληπτή, όπως έχει, σε αντίθεση με ότι είναι θολή μαζί με τις καθυστερημένες ανακλάσεις του ήχου (*late reflections*). Ως εκ τούτου, η ευκρίνεια είναι σε μεγάλο βαθμό μια ιδιότητα συμπληρωματική προς την αντήχηση. Όταν οι καθυστερημένες ανακλάσεις (*late*) δεν υπερβαίνουν τα 50 ms έως 80 ms σε σχέση με τον άμεσο ήχο, το αυτί θα ενσωματώσει αυτές τις ανακλάσεις και τον άμεσο ήχο μαζί. Αυτό σημαίνει ότι αντιλαμβανόμαστε το αποτέλεσμα ενισχυμένο (ο πρωτότυπος ήχος έχει ενισχυθεί σε σχέση με την καθυστερημένη αντηχητική ενέργεια). Κατά συνέπεια, μία αντικειμενική παράμετρος που συγκρίνει την αναλογία μεταξύ της ενέργειας της κρουστικής απόκρισης, πριν και μετά τα 80 ms έχει βρεθεί ότι περιγράφει σχετικά πολύ καλά τη ευκρίνεια, η οποία διατυπώνεται ως εξής και το αποτέλεσμα της δίνει dB :[8]

$$C_{80}= 10\log \frac{\int_0^{80ms} |p(t)|^2 dt}{\int_{80ms}^{\infty} |p(t)|^2 dt} \quad (2)$$

Όσο υψηλότερη είναι η τιμή της C_{80} , τόσο περισσότερο ο αρχικός ήχος κυριαρχεί, και τόσο υψηλότερη είναι η αντίληψη της σαφήνειας. [8]



Εικόνα 1. 2 : Ορισμός του C: η σχέση μεταξύ της πρόωρης και της καθυστερημένης ενέργειας στην κρουστική απόκριση[8]

1.2.5 Διακριτότητα (Definition - D_{50})

Η διακριτότητα είναι ένα μέγεθος που εκφράζει την ενέργεια που φτάνει σε ένα σημείο του χώρου από τις πρώτες ανακλάσεις. Ορίζεται, ως η αναλογία σε ένα σημείο της ηχητικής ενέργειας κατά τα πρώτα 50msec προς την συνολική ενέργεια. Με άλλα λόγια, εκφράζει την αρχή του λόγου του χρήσιμου ήχου, καθώς οι ανακλάσεις που φτάνουν με χρονική καθυστέρηση έως 50 msec συμβάλουν στην ενίσχυση του πρωτεύοντα ήχου (direct). Ο

λόγος αυτός είναι χρήσιμος όσον αφορά την ποιότητα της ομιλίας σε ένα χώρο και εκφράζεται είτε ως δεκαδικός αριθμός είτε συνηθέστερα, ως ποσοστό επί τοις εκατό.[9]

Η μαθηματική έκφραση της διακριτότητας φαίνεται παρακάτω:

$$D_{50} = 100 \frac{\int_0^{50ms} |p(t)|^2 dt}{\int_0^{\infty} |p(t)|^2 dt} \quad (3)$$

όπου:

$p(t)$ η στιγμιαία ηχητική πίεση σε Pa [9]

1.3 Κατηγορίες Θορύβων

1.3.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό επισυνάπτονται οι ορισμοί των θορύβων. Αρχικά αναφέρονται οι ορισμοί του θορύβου και του θορύβου βάθους και μετέπειτα οι ορισμοί που χρησιμοποιήθηκαν στην συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία. Πιο συγκεκριμένα οι κατηγορίες των θορύβων που θα αναφερθούν θα είναι

1. Θόρυβος
2. Θόρυβος βάθους
3. Λευκός θόρυβος
4. Θόρυβος Στενής Ζώνης Συχνοτήτων
5. Κρουστικός Θόρυβος και
6. Καθαρός Τόνος Ημιτόνου

1.3.2 Είδη Θορύβων

1.3.2.1 Θόρυβος (Noise)

Σύμφωνα με το acoustic glossary [10] θόρυβος ονομάζεται κάθε ήχος που δεν είναι επιθυμητός από τον παραλήπτη. Οποιοσδήποτε ήχος ο οποίος δεν παράγεται από ον φυσικό περιβάλλον, όπως ήχοι που προέρχονται από αεροσκάφη, αυτόκινητοδρόμους, βιομηχανικές, εμπορικές και αστικές πηγές.

Σύμφωνα με τον κανονισμό του IEC 801-21-08 [11] θόρυβος είναι

- α) ακαθόριστος ή στατικός ταλαντωτής
- β) δυσάρεστος ή μη επιθυμητός ήχος ή άλλη ταραχή

1.3.2.2 Θόρυβος Βάθους (Background Noise)

Θόρυβος βάθους μιας περιοχής ορίζεται από IEC 801-21-13[11] ως το σύνολο παρεμβολών από όλες τις πηγές, σε σύστημα που χρησιμοποιείται για την παραγωγή, μετάδοση, ανίχνευση, μέτρηση ή καταγραφή σήματος.

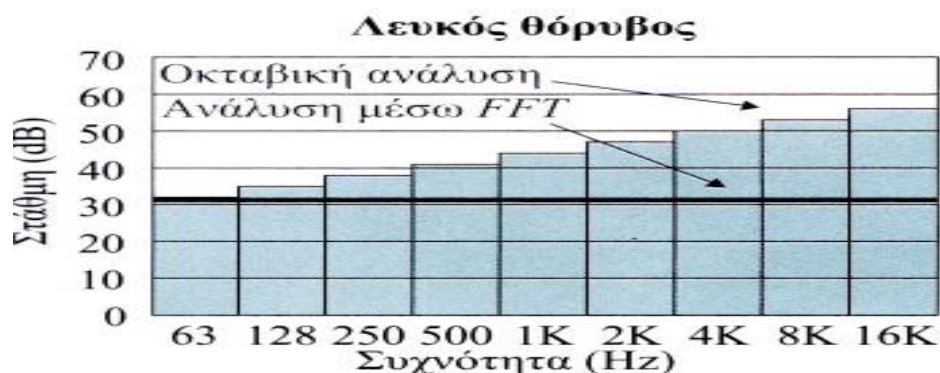
1.3.2.3 Λευκός Θόρυβος (White Noise)

Ο λευκός θόρυβος περιέχει ένα ευρύ φάσμα από τυχαίους θορύβους (τυχαία κατανομή στάθμης). Η ηχητική του ενέργεια κατανέμεται ομοιόμορφα σε ολόκληρο το φάσμα των συχνοτήτων, δηλαδή έχει σταθερή ηχητική πυκνότητα ή αλλιώς περικλείει την ίδια ηχητική ενέργεια (ή στάθμη) ανά Hz .

Σύμφωνα με τον κανονισμό του ΕΛ.Ο.Τ.: *Λευκός θόρυβος είναι ο θόρυβος που έχει συνεχές ηχητικό φάσμα σε μία ευρεία περιοχή συχνοτήτων που ενδιαφέρει και σταθερή φασματική πυκνότητα.*[15]

$$P^2_f = \text{σταθερό (4)}$$

Αν πραγματοποιηθεί φασματική ανάλυση με σταθερό ποσοστιαίο εύρος ζώνης και απεικονιστεί ο λευκός θόρυβος σε λογαριθμική κλίμακα, εφ' όσον οι ζώνες γίνονται μεγαλύτερες με αύξηση της συχνότητας (και μάλιστα για οκταβική ανάλυση διπλασιάζονται), θα πρέπει αυτός να απεικονίζεται από μια ευθεία με κλίση +3dB/oct [15]



Εικόνα 1.3. : Λευκός θόρυβος σε γραμμική και λογαριθμική κλίμακα.[2]

Οπότε γενικά παρατηρούμε ότι σε ανάλυση σταθερού εύρους ζώνης /γραμμική κλίμακα ο λευκός θόρυβος είναι σταθερός, ενώ σε ανάλυση σταθερού ποσοστιαίου εύρους ζώνης/ λογαριθμική κλίμακα , ο λευκός θόρυβος έχει αύξηση +3dB/oct [7]

1.3.2.4 Στενή Ζώνη Συχνοτήτων (Narrow Band Noise)

Στενής ζώνης συχνοτήτων ονομάζεται ο θόρυβος του οποίου η ενέργειά διανέμεται σε ένα σχετικά μικρό τμήμα του ηχητικού εύρους.[10]

1.3.2.5 Κρουστικός Θόρυβος (Impulsive)

Σαν κρουστικός θόρυβος ορίζεται :

- 1) μία ή περισσότερες αιχμές πίεσης ήχου με χρόνο ανόδου μικρότερο από 200 χιλιοστά του δευτερολέπτου ή συνολική διάρκεια μικρότερη από 200 χιλιοστά του δευτερολέπτου.[10]
- 2) ή γενικά, ένας θόρυβος ο οποίος εκδηλώνεται ως μια διαδοχή ξεχωριστών παλμών. [10]

1.3.2.6 Καθαρός Τόνος Ημιτόνου (Sine Wave)

Ο τόνος ή ο καθαρός τόνος χαρακτηρίζεται από την συχνότητα (ο αριθμός κύκλων ανά δευτερόλεπτο) ή από το μήκος κύματος (απόσταση που διανύει μέσα σε μία περίοδο) και το πλάτος του. [10]

1.4. Σήματα Διέγερσης

1.4.1. Εισαγωγή

Στην συγκεκριμένη ενότητα θα χτιστεί το θεωρητικό υπόβαθρο των δύο σήματα διέγερσης του χώρου που χρησιμοποιήθηκαν στην συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία, Maximum Length Sequence (MLS) και Exponential Sine Sweep (ESS). Θα αναφερθούν οι ορισμοί τους η χρήση τους και η εφαρμογή τους.

1.4.2. Maximum Length Sequence MLS

1.4.2.1 Ιστορική Αναδρομή

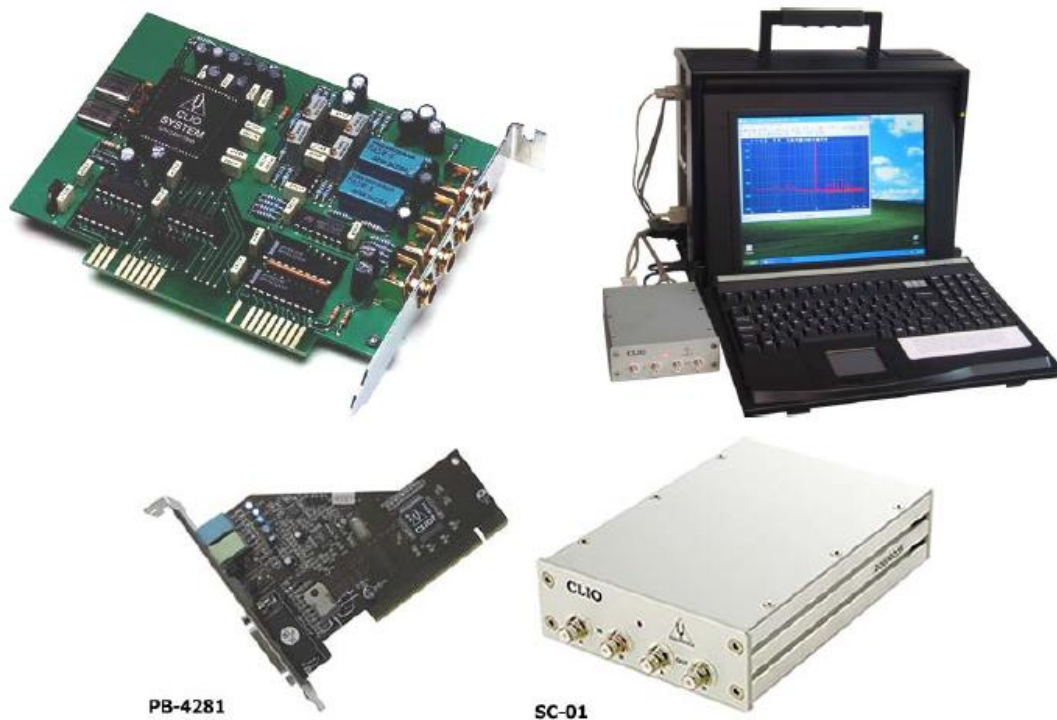
Η μέθοδος MLS προτάθηκε για πρώτη φορά το 1979 από τον Manfred Robert Schroeder [12] και χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία για περισσότερα από 20 χρόνια.[2] Αυτή η μέθοδος υπολόγισε για πρώτη φορά το μήκος του sound dimming σε έναν κλειστό χώρο, χωρίς να χρησιμοποιεί την direct impulse. [13]

Ο πρώτος εξοπλισμός για την μέτρηση κρουστικών αποκρίσεων με την χρήση MLS σήματος ήταν ο λεγόμενος MLSSA (Maximum Length Sequence System Analyser) και παρουσιάστηκε στο κοινό το 1987 (Εικόνα 4^η).[14]



Εικόνα 1.4 : Πρώτος εξοπλισμός MLLSSA.

Το 1991 παρουσιάζεται στην έκθεση Audio Engineering Society του Παρισιού το υλιστικό λογισμικό CLIO και αντικαθιστά το MLLSSA για τις περισσότερες εφαρμογές ηλεκτροακουστικής (μέτρηση των ακουστικών μεγαφώνων, έλεγχος ποιοτικού ελέγχου) (Εικόνα 2^η).[14]



Εικόνα 1.5 : Εξοπλισμός CLIO

Πλέον, λόγω της ανάπτυξης της τεχνολογίας, χρησιμοποιείται, για την μέτρηση των υπολογισμό των κρουστικών αποκρίσεων ενός χώρου, ηλεκτρονικός υπολογιστής όπου περιέχει κάποιο λογισμικό πρόγραμμα ακουστικής αρχιτεκτονικής, κάρτα ήχου, δωδεκάεδρο μεγάφωνο και μετρητικά μικρόφωνα. [14]

1.4.2.2. Αρχική Διαδικασία Κατανόησης MLS

Μία ακολουθία μέγιστου μήκους (MLS) είναι μια σειρά από άσσους και μηδενικά που αποτελεί ένα χρήσιμο σήμα για τη μέτρηση της κρουστικής απόκρισης ενός γραμμικού συστήματος. Μια ακολουθία MLS μπορεί να δημιουργηθεί από έναν καταχωρητή μετατόπισης bit, ο οποίος μοιάζει με bucket brigade. Για να δημιουργηθεί ένα N-bit MLS, χρειάζεστε ένα καταχωρητή μετατόπισης N-stage. Κάθε στάδιο μπορεί να κρατήσει είτε άσσο είτε μηδέν. Ο καταχωρητής φαντάζεται να έχει ένα ρολόι που συγχρονίζει τη μεταφορά των δυαδικών ψηφίων από το κάθε στάδιο στο επόμενο. Σε κάθε ρολόι σημειώνεται το περιεχόμενο κάθε σταδίου του καταχωρητή και μεταφέρεται στο επόμενο στάδιο κάτω από τη γραμμή. Το περιεχόμενο του τελευταίου σταδίου θεωρείται ως το αποτέλεσμα του καταχωρητή και επιστρέφεται επίσης στο πρώτο στάδιο. Επιπλέον, η έξοδος μπορεί να τροφοδοτηθεί εκ νέου σε ένα ή περισσότερα από τα άλλα στάδια και όταν συμβαίνει αυτό το στάδιο λήψης της εξόδου, καθώς επίσης και στο περιεχομένου του προηγούμενου σταδίου, εκτελεί μια αποκλειστική λειτουργία OR (XOR) στις δύο αυτές εισόδους. Η λειτουργία XOR υπακούει στον πίνακα αλήθειας που παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.1. Αν εκφραστεί με λόγια, το XOR των εισόδων A και B είναι μηδέν αν τα A και B είναι τα ίδια και είναι 1 εάν τα A και B είναι διαφορετικά.[8]

Ένας καταχωρητής μετατόπισης με τρία στάδια φαίνεται στην Εικόνα 1.6. Όταν έχει τρία στάδια και στροφές ανάδρασης στα στάδια 1 και 2, ορίζεται ως [3: 1,2]. Την στιγμή που φαίνεται στο σχήμα, ο καταχωρητής "κρατάει" την τιμή 1,1,1. Η μεταγενέστερη ανάπτυξη των τιμών του μητρώου δίνεται στον Πίνακα 1.2. Η ακολουθία επαναλαμβάνεται μετά από επτά βήματα. Ο πίνακας δείχνει ότι κάθε πιθανό μοτίβο από τους άσσους και τα μηδενικά εμφανίζεται μία φορά και μόνο μία φορά πριν επαναληφθεί το μοτίβο. Υπάρχουν $2^N - 1 = 2^3 - 1 = 7$ τέτοια μοτίβα. Υπάρχει μία εξαίρεση, δηλαδή το μοτίβο 0,0,0. Εάν αυτό το μοτίβο θα εμφανιστεί στον καταχωρητή τότε η διαδικασία κολλάει για πάντα. Επομένως, αυτό το μοτίβο δεν επιτρέπεται. Η ακολουθία εξόδου είναι το περιεχόμενο της βαθμίδας στα δεξιά, εδώ, 1,1,0,0,1,0,1. Επειδή και τα επτά καταχωρημένα μοτίβα εμφανίζονται πριν από την επανάληψη, αυτή η έξοδος είναι μια ακολουθία μέγιστου μήκους. Δεν υπάρχει τίποτα ιδιαίτερο για την τιμή του καταχωρητή εκκίνησης, 1,1,1. Επομένως, οποιαδήποτε κυκλική μεταβολή του MLS είναι επίσης ένα MLS. Για παράδειγμα, η ακολουθία, 1,0,0,1,0,1,1 είναι η ίδια ακολουθία. Ένα παράδειγμα ενός καταχωρητή μετατόπισης τριών δυαδικών ψηφίων που δεν παράγει ένα MLS είναι [3: 1,2,3], που φαίνεται στην Εικόνα 1.7. Το σχέδιο για αυτόν τον καταχωρητή μετατόπισης παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.3. Το πρότυπο των τιμών καταχωρητών αρχίζει να επαναλαμβάνεται μετά από μόνο τέσσερα βήματα. Επομένως, η ακολουθία των τιμών εξόδου, δηλαδή 1,0,0,1,1,0,0,1,1,0,0,1, δεν είναι MLS.[8]

A	B	A XOR B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

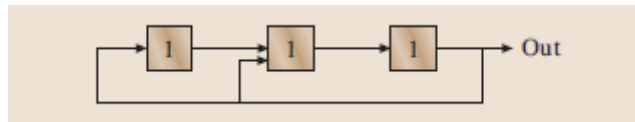
Πίνακας 1 : Πίνακας αλήθειας για την αποκλειστική ή (XOR) λειτουργία

STEP			
0	1	1	1
1	1	0	1
2	1	0	0
3	0	1	0
4	0	0	1
5	1	1	0
6	0	1	1
7	1	1	1
8	1	0	1
9	1	0	0

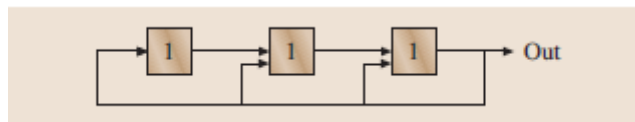
Πίνακας 2 : Οι διαδοχικές τιμές στον καταχωρητή μετατόπισης της Εικ. 1.3.

STEP			
0	1	1	1
1	1	0	0
2	0	1	0
3	0	0	1
4	1	1	1
5	1	0	0
6	0	1	0

Πίνακας 3 : Οι διαδοχικές τιμές στον καταχωρητή μετατόπισης της Εικ. 1.4.



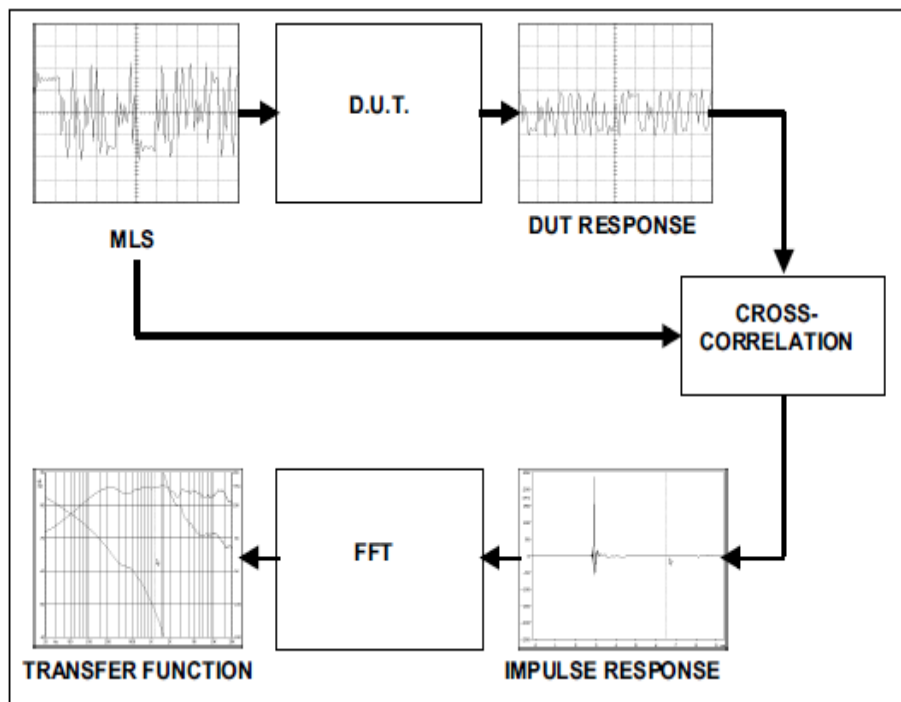
Εικόνα 1.6 : Ένας καταχωρητής μετατόπισης τριών σταδίων [3: 1, 2] στον οποίο η έξοδος τροφοδοτείται πάλι στο πρώτο και το δεύτερο στάδιο



Εικόνα 1.7 : Μια μετατόπιση τριών σταδίων με ανατροφοδότηση σε όλα τα στάδια δεν παράγει MLS.

1.4.2.3 Το MLS ως Σήμα

Για να γίνει ένα σήμα από ένα MLS απαιτεί μόνο ένα βήμα: κάθε 0 στην ακολουθία αντικαθίσταται από -1. Επομένως, το MLS για τον καταχωρητή μετατόπισης στην Εικόνα 1.6. είναι: 1, 1, -1, -1, 1, -1, 1. Για αυτό τον καταχωρητή τριών σταδίων ($N = 3$) το MLS έχει μήκος επτά, υπάρχουν τέσσερις τιμές +1 και τρεις τιμές -1. Αυτά τα αποτελέσματα μπορούν να γενικευθούν σε έναν καταχωρητή N -σταδίου ο οποίος έχει τιμές $2^N - 1$, $2^{(N-1)}$ είναι τιμές +1 και $2^{(N-1)} - 1$ είναι τιμές -1. Επομένως, η μέση τιμή είναι $1/(2^N - 1)$. [8]



Εικόνα1.8 : Διάγραμμα ροής μιας ακολουθίας MLS [10]

1.4.2.4 Εφαρμογή του MLS

Το βασικό γεγονός για ένα MLS είναι ότι η λειτουργία αυτοσυσχέτισης του είναι σχεδόν μια λειτουργία δέλτα. Για να εκφράσουμε αυτή την ιδέα, μπορούμε να γράψουμε τη λειτουργία αυτοσυσχέτισης στη μορφή κατάλληλη για διακριτά δείγματα,[8]

$$c_k = \frac{1}{2^{N-1}} \sum_{k=1}^{2^N-1} x_{k-1} x_{k-1+k} \quad (5)$$

Αυτό το άθροισμα και όλα τα ποσά που ακολουθούν είναι πάνω από τις τιμές 2^N-1 της ακολουθίας MLS x . Επειδή η ακολουθία είναι κυκλική, δεν έχει σημασία πού ξεκινάει το άθροισμα.[8]

Ένα MLS σήμα έχει την παρακάτω ιδιότητα

$$c_k = \left(1 + \frac{1}{2^{N-1}}\right) \delta_{k,0} - \frac{1}{2^{N-1}} \quad (6)$$

Επομένως, το c_k είναι προσεγγιστικά μια λειτουργία δέλτα Kronecker, $c_k \approx \delta_{k,0}$.

Εάν θέλουμε να γνωρίζουμε την κρουστική απόκριση h ενός γραμμικού συστήματος, μπορούμε να διεγείρουμε το σύστημα με το MLS x και να καταγράψουμε την έξοδο y . Όσον αφορά τα φίλτρα, η γραμμική απόκριση y είναι η συνέλιξη των x και h , δηλαδή,[8]

$$y_k = x * h = \sum_{k=1}^{2^N-1} x_{k-1} h_{k-1} \quad (7)$$

Για να βρεθεί η κρουστική απόκριση h , μπορεί κανείς να σχηματίσει την ποσότητα d , περιστρέφοντας την εγγραφή y με το αρχικό MLS x , δηλαδή,

$$d_k = \frac{1}{2^{N-1}} \sum_{k_2} x_{k_2+k} y_{k_2} \quad (8)$$

ή από (7)

$$d_k = \frac{1}{2^{N-1}} \sum_{k_1, k_2} x_{k_2+k} x_{k_1+k_2} h_{k_1} \quad (9)$$

Μόνο η συνέλιξη $x * x$ περιλαμβάνει τον συντελεστή k_2 , και κάνοντας το άθροισμα πάνω από το k_2 οδηγεί στην παρακάτω σχέση

$$d_k = \sum_{k_1} \delta_{k, k_1} h_{k_1} \quad (10)$$

Έτσι ώστε $d_k = h_k$. Με αυτό τον τρόπο βρίσκεται η επιθυμητή κρουστική απόκριση.[8]

Όπως εφαρμόζεται στην αρχιτεκτονική ακουστική, το MLS είναι μια εναλλακτική λύση για την καταγραφή της απόκρισης με κρουστικό μπαλόνι ή πυροβόλο όπλο. Επειδή το MLS είναι συνεχές, αποφεύγει το πρόβλημα της δυναμικής εμβέλειας που συνδέεται με ένα παλμικό σήμα δοκιμής και με την επανάληψη της ακολουθίας επιτυγχάνεται αξιοσημείωτη ανοσία στο θόρυβο. Ακόμα και τα κλικ, τα βήματα κ.λπ. θα μεταμορφωθούν σε καλοήθη θόρυβο κατανεμημένα ομοιόμορφα σε ολόκληρη την κρουστική απόκριση. Αυτή η ιδιότητα καθιστά τη μέθοδο χρήσιμη σε ακουστικές μετρήσεις που πραγματοποιούνται σε θορυβώδη περιβάλλοντα [15]

Ομοίως, το MLS είναι μια εναλλακτική λύση για την καταγραφή της απόκρισης σε λευκό θόρυβο (το MLS είναι λευκό). Ωστόσο, ο ψηφιακός λευκός θόρυβος έχει μια λειτουργία αυτοσυσχέτισης που είναι μηδέν μόνο για έναν μέσο όρο μακροπρόθεσμα ή σε σύνολο. Στην πράξη, η απόκριση λευκού θορύβου ενός γραμμικού συστήματος είναι πολύ πιο θορυβώδης από την απόκριση MLS.[8]

1.4.2.5 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα MLS

Σύμφωνα με τον Policardi[16], τα πλεονεκτήματα του ψευδοτυχαίου σήματος MLS είναι:

1. Το πλήρες φάσμα συχνοτήτων του δεδομένης της καθορισμένης ακολουθίας του, είναι εύκολο να βρεθεί μαθηματικά ο χρόνος αναστροφής MLS-1,
2. επειδή το MLS είναι μια δυαδική ακολουθία, το προϊόν συνέλιξης του απλοποιείται καθώς οι πολλαπλασιασμοί γίνονται αθροίσεις,
3. λόγω της υπολογιστικής απλότητας του σήματος και του χρόνου, απαιτεί μόνο το Fast Hadamard Transform (FHT) και, τέλος,
4. δεδομένου του επίπεδου φάσματος ήχου, είναι εύκολη η συχνοτική απόκριση IR.[16]

Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ο μεγαλύτερος χρόνος που απαιτείται για τον υπολογισμό της deconvolution χρησιμοποιώντας φίλτρα FFT και IFFT υψηλής ανάλυσης . [13]

1.4.3. Exponential Sine Sweep

1.4.3.1 Ιστορική Αναδρομή

Το Φεβρουάριο του 2000 ο Anjelo Farina παρουσιάζει στο 108^ο συνέδριο Audio Engineering Society την εργασία του με τίτλο “Simultaneous Measurement of Impulse Response and Distortion with Swept- Sine Technique”[17] και συστήνει ένα καινούργιο σήμα για την μέτρηση της κρουστικής απόκρισης ενός χώρου για την χρήση αρχιτεκτονικής ακουστικής. Τον Μάιο του 2007 στο ίδιο συνέδριο την τελειοποιεί με την εργασία του με τίτλο “Advancements in Impulse Response Measurements by Sine Sweep” [18]. Το πρώτο μετρητικό λογισμικό πρόγραμμα βασισμένο σε πρότυπη κάρτα ήχου που έκανε χρήση της τη μεθόδου Exponential Sine Sweep ήταν το Adobe Audition 1.5 με το plug in Aurora όπου δίνεται έτσι η δυνατότητα στους χρήστες να υπολογίσουν την κρουστική απόκριση ενός χώρου για χρήση αρχιτεκτονικής ακουστικής διεγείροντάς το με Exponential Sine Sweep σήμα [14].

1.4.3.2 Κατανόηση σήματος

Οι μέθοδοι MLS, IRS και Time-Stretched Pulses βασίζονται στην παραδοχή των συστημάτων LTI (Linear, Time-Invariant) και προκαλούν τεχνικές παραμόρφωσης που εμφανίζονται στην deconvolved κρουστική απόκριση όταν δεν πληρούται τα χαρακτηριστικά ενός γραμμικά χρονικά αμετάβλητου συστήματος.[2]

Η τεχνική SineSweep ξεπερνά αυτούς τους περιορισμούς. Βασίζεται στην ακόλουθη ιδέα: με τη χρήση μιας εκθετικής σάρωσης συχνότητας που αυξάνει το χρόνο, είναι δυνατό να αποσυμπιεστεί ταυτόχρονα η γραμμική απόκριση του παλμού του συστήματος και να διαχωριστεί επιλεκτικά κάθε απόκριση παλμού που αντιστοιχεί στις παραταγμένες παραλλαγές αρμονικής παραμόρφωσης. Οι αρμονικές παραμορφώσεις εμφανίζονται πριν από την γραμμική κρουστική απόκριση. Συνεπώς, η μετρούμενη γραμμική κρουστική απόκριση διασφαλίζεται ότι εξαιρείται από οποιαδήποτε μη γραμμικότητα και, ταυτόχρονα, μπορεί να πραγματοποιηθεί η μέτρηση της αρμονικής παραμόρφωσης σε διάφορες τάξεις.[2]

Όπως επισημαίνεται από τον Farina [17] , το σήμα που εκπέμπεται από το μεγάφωνο αποτελείται από αρμονικές παραμορφώσεις (θεωρούμενες εδώ χωρίς μνήμη) και μπορεί να αναπαρασταθεί με την ακόλουθη εξίσωση

$$\omega(t)=x(t)*k_1(t) + x^2(t)* k_2(t)+x^3(t)*k_3(t) +.....+ x^N(t)*k_N(t) \quad (11)$$

Όπου :

* = συμβολισμός για convolution

$k_i(t)$ = αντιπροσωπεύει το στοιχείο i^{th} του Volterra Kernel το οποίο λαμβάνει υπόψη την μη γραμμικότητα του συστήματος μέτρησης.

Στην πράξη, είναι σχετικά δύσκολο να χωριστεί το γραμμικό τμήμα (τμήμα αντήχησης στην κρουστική απόκριση) από το μη γραμμικό τμήμα (παραμόρφωσης). Στη συνέχεια, θα εξεταστεί η απόκριση του παγκόσμιου συστήματος (το σήμα εξόδου από το σύστημα που αναπαριστάται στο Εικόνα 1.9) ως αποτελούμενο από ένα πρόσθετο Gaussian λευκό θόρυβο ($n(t)$) και ένα σύνολο από κρουστικές αποκρίσεις ($h_i(t)$), καθένας από τους οποίους περιστρέφεται από μια διαφορετική ισχύ του σήματος εισόδου.[2]

$$y(t) = n(t) + x(t) * h_1(t) + x^2(t) * h_2(t) + x^3(t) * h_3(t) + \dots + x^N(t) * h_N(t) \quad (12)$$

Όπου :

$$h_i(t) = k_i(t) * h(t)$$

Η εξίσωση (2) υπογραμμίζει την ύπαρξη μη γραμμικότητας στην έξοδο του συστήματος.

Στην περίπτωση της τεχνικής logarithmic SineSweep, το σήμα διέγερσης παράγεται με βάση την ακόλουθη εξίσωση:

$$x(t) = \sin\left[\frac{2\pi f_1 T}{\ln\left(\frac{f_2}{f_1}\right)} \left(e^{\frac{t}{T} \ln\left(\frac{f_2}{f_1}\right)} - 1\right)\right] \quad (13)$$

Το $x(t)$ είναι σήμα ημιτονοειδούς σάρωσης περιορισμένης ζώνης, η οποία συχνότητα μεταβάλλεται εκθετικά με το χρόνο, ξεκινώντας από την f_1 και τελειώνοντας στην f_2 .

Η διαδικασία αποκωδικοποίησης της κρουστικής απόκρισης πραγματοποιείται με γραμμική συνέλιξη της μετρημένης εξόδου με το αναλυτικό αντίστροφο φίλτρο προεπεξεργασμένο από το σήμα διέγερσης. Η χρήση γραμμικής συνέλιξης επιτρέπει την αποφυγή προβλημάτων χρονικής αλλοιώσεως (time analysis). Στην πραγματικότητα, ακόμη και αν το παράθυρο ανάλυσης χρόνου έχει το ίδιο μήκος με το εκπεμπόμενο σήμα SineSweep (και είναι μικρότερο από την μέτρηση της κρουστικής απόκρισης), η ουρά (τέλος) της απόκρισης του συστήματος μπορεί να χαθεί, αλλά αυτό δεν θα εισαγάγει αλλοίωση χρόνου. Στην πράξη, προστίθεται μια σιωπή επαρκούς διάρκειας στο τέλος του σήματος SineSweep προκειμένου να ανακτήσει την ουρά (τέλος) της κρουστικής απόκρισης.[2]

Η αποκωδικοποίηση της κρουστικής απόκρισης απαιτεί τη δημιουργία ενός αντιστρόφου φίλτρου $f(t)$ ικανού να "μετασχηματίσει" την αρχική σάρωση σε μια καθυστερημένη λειτουργία δέλτα του Dirac:

$$x(t) * f(t) = \delta(t-K) \quad (14)$$

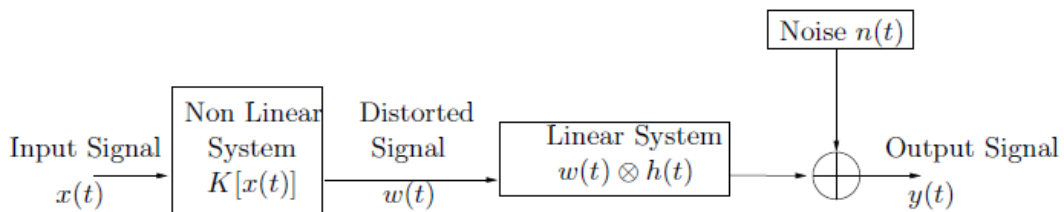
Η αποκωδικοποίηση της παλμικής απόκρισης πραγματοποιείται στη συνέχεια με γραμμική συστροφή της εξόδου του μετρημένου συστήματος $y(t)$ με αυτό το αντίστροφο φίλτρο $f(t)$:

$$h(t)=y(t) * f(t) \quad (15)$$

Το αντίστροφο φίλτρο $f(t)$ παράγεται με τον ακόλουθο τρόπο:

1. Η λογαριθμική σάρωση (που είναι ένα αιτιώδες και σταθερό σήμα) αντιστρέφεται προσωρινά και στη συνέχεια καθυστερεί για να ληφθεί ένα αιτιώδες σήμα (το αντίστροφο σήμα τραβιέται πίσω στην θετική περιοχή του χρονικού άξονα) . Αυτή η αντιστροφή χρόνου προκαλεί αναστροφή σήματος στο φάσμα φάσης. Ως εκ τούτου η συνέλιξη αυτής της αντιστροφής της έκδοσης του σήματος διέγερσης με την αρχική Sine Sweep θα οδηγήσει σε ένα σήμα που χαρακτηρίζεται από μια τελείως γραμμική φάση (που αντιστοιχεί σε μια καθαρή καθυστέρηση), αλλά θα εισαγάγει ένα τετραγωνισμό τους φάσματος μεγέθους.[2]
2. Το φάσμα μεγεθών του προκύπτοντος σήματος στη συνέχεια διαιρείται με το τετράγωνο του φάσματος μεγεθών του αρχικού σήματος Sine Sweep.[2]

Προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η επίδραση των μεταβατικών συστημάτων που εισάγονται από το σύστημα μέτρησης και εμφανίζονται στην αρχή και στο τέλος της εκπομπής του σήματος διέγερσης, τα άκρα του σήματος Sine Sweep είναι εκθετικά εξασθενημένα (εκθετική αύξηση στην αρχή και εκθετική μείωση στο τέλος). Προκειμένου να πραγματοποιηθούν ακουστικές μετρήσεις σε όλο το ακουστικό εύρος, το σήμα διέγερσης πρέπει να εκτείνεται από 20 Hz έως 20000 Hz. Δεδομένου ότι τα μεταβατικά δεδομένα πρέπει να συμπεριληφθούν εκτός αυτής της περιοχής πραγματοποιείται η επιλογή $f_1 = 10$ Hz (αρχική συχνότητα σάρωσης) και $f_2 = 22000$ Hz (τελική συχνότητα σάρωσης) . [2]



Εικόνα 1.9 : Μοντελοποίηση του παγκόσμιου συστήματος, συμπεριλαμβανομένου του μεγαφώνου (θεωρείται ως μη γραμμικό στοιχείο) και τον ηχητικό χώρο (θεωρείται ως ένα τέλεια γραμμικό σύστημα).[7]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

2.1 Εισαγωγή

Στο παρακάτω κεφάλαιο γίνεται αναφορά της πειραματικής διαδικασίας που πραγματοποιήθηκε για την επίτευξη της εν λόγω πτυχιακής εργασίας. Θα αναλυθούν τα βήματα που πραγματοποιήθηκαν, ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε, λογισμικό και υλισμικό, καθώς επίσης και οι ακουστικοί δείχτες που υπολογίστηκαν. Στο τέλος του κεφαλαίου βρίσκεται το διάγραμμα συνδεσμολογίας των μετρήσεων καθώς επίσης και φωτογραφικό υλικό του εξοπλισμού στον χώρο του αμφιθεάτρου.

2.2 Περιγραφή Διαδικασίας Μετρήσεων

Στο πλαίσιο της πτυχιακής εργασίας πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις κρουστικής απόκρισης στο αμφιθέατρο του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Κρήτης, του τμήματος Μηχανικών Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής, του παραρτήματος Ρεθύμνου συνολικού όγκου 1088 m³.

Η κρουστική απόκριση του χώρου έγινε με την χρήση δωδεκαέδρου ηχείου το οποίο τοποθετήθηκε στο κέντρο της σκηνής και αναπαρήγαγε τα 2 βασικά σήματα, MLS και ESS, τα οποία τροφοδοτούνταν με την βοήθεια του λογισμικού προγράμματος Arta v.1.8.2. Ένα παντοκατευθυντικό μετρητικό μικρόφωνο τοποθετήθηκε σε 2 διαφορετικές θέσεις ακροατηρίου, δίπλα του τοποθετήθηκε μετρητής στάθμης ήχου (ηχόμετρο) για την γραφική απεικόνιση της στάθμης του ήχου. Η δεύτερη εξωτερική πηγή ήχου τοποθετήθηκε κατευθείαν προς τον τοίχο για την επίτευξη αυξημένης διάχυσης. Η συγκεκριμένη πηγή αναπαρήγαγε τους 4 διαφορετικούς εξωτερικούς θορύβους. Οι διαφορετικοί τύποι θορύβου που χρησιμοποιήθηκαν ήταν λευκός θόρυβος(white noise), τόνος(tone), στενή ζώνη συχνοτήτων (narrow band noise) και κρουστικός θόρυβος(impulsive noise) μέσω του λογισμικού προγράμματος RewEQWizard v.5.18. Τα χαρακτηριστικά των θορύβων ήταν τα ακόλουθα : Ο λευκός θόρυβος είχε όλο το ακουστό συχνοτικό εύρος. Ο τόνος που χρησιμοποιήθηκε σαν εξωτερικός θόρυβος ήταν ημίτονο 1000 Hz. Η στενή ζώνη συχνοτήτων είχε κεντρική συχνότητα 1000Hz και τα όρια της ήταν το 1/3 της οκτάβας των 1000Hz, δηλαδή από 710Hz έως 1420Hz και τέλος, ο κρουστικός θόρυβος έγινε με την χρήση της γεννήτριας CEA -2010 Burst του προγράμματος RewEQWizard v.5.18. Εικόνα 2.5. και συχνότητας 1000Hz. Τέλος για την συγχρονισμένη αναπαραγωγή των βασικών σημάτων και των τεσσάρων διαφορετικών θορύβων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πρόγραμμα Team Player v.2.2. Η συχνότητα δειγματοληψίας των μετρήσεων απόκρισης παλμού παρέμεινε στα 44,1 kHz και 16bit. Το μήκος της FFT ανάλυσης ήταν 65536 δείγματα για τα σήματα MLS και ESS όπου εκτιμήθηκε με βάση το αναμενόμενο χρόνο αντίληψης. Τα παραπάνω δείκτες έμειναν σταθεροί κατά την διάρκεια των μετρήσεων.

Πριν την διαδικασία των μετρήσεων έγινε ισοστάθμιση του παντοκατευθυντικού μετρητικού μικροφώνου και του ηχομέτρου στα 1000Hz και 94dB καθώς επίσης και σκιαγράφιση των θέσεων τοποθέτησης των οργάνων μέτρησης στον χώρο του αμφιθεάτρου για την δυνατότητα επανάληψης της ίδιας διαδικασίας.(βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β : ΚΑΤΟΨΗ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ) Οι αποστάσεις των μεγαφώνων και του μικροφώνου εφαρμόστηκαν σύμφωνα με το ISO 3382-1: 2009.[19] Αρχικά μετρήθηκε ο θόρυβος βάθους του αμφιθεάτρου με την χρήση του ηχομέτρου (01dB-Steel SdB02). Μετέπειτα έγινε η αναπαραγωγή του βασικού σήματος χωρίς την χρήση της εξωτερικής πηγής θορύβου για τον υπολογισμό της κρουστικής απόκρισης του χώρου χωρίς την επίδραση τεχνικού θορύβου. Στην συνέχεια τροφοδοτήθηκε ένας από τους τύπους θορύβου στην εξωτερική επιπρόσθετη πηγή ήχου . Ο συγκεκριμένος θόρυβος είχε αφετηρία τα 50 dB τερματισμό τα 86 dB και το βήμα του ήταν 2 dB, για κάθε βήμα πάρθηκε και μία ξεχωριστή κρουστική απόκριση χώρου . Η παραπάνω διαδικασία πραγματοποιήθηκε και για τα 2 βασικά σήματα και για κάθε ένα εξωτερικό θόρυβο ξεχωριστά. Το βήμα επιλέχθηκε να είναι στα 2 dB σαν την ελάχιστη διάφορα σταθμών, έτσι ώστε να μπορούν να παρατηρηθούν οι διαφορές της κρουστικής απόκρισης σε μικρό εύρος θορύβου. Μια μοναδική επανάληψη πραγματοποιήθηκε για κάθε ένα από τα σημεία μέτρησης για κάθε μέθοδο για να μπορεί να γίνει άμεση σύγκριση. Προκειμένου να γίνει μια αντικειμενική σύγκριση των ποιοτικών χαρακτηριστικών απόκρισης, τα ηχητικά επίπεδα των σημάτων ESS και MLS στις θέσεις μέτρησης ρυθμίστηκαν στα 84 dB και για τις δύο μεθόδους. Αυτό το επίπεδο προτιμήθηκε επειδή αντιστοιχεί στη μέση τιμή μεταξύ των βέλτιστων επιπέδων για τα σήματα MLS (75,5 dB) και ESS (92,5 dB) όπως προτείνεται από τον Stan. [2] Η παρούσα μελέτη έχει διερευνήσει μόνο την απόδοση των ιδιοτήτων σήματος ESS και MLS στην περίπτωση του ίδιου επιπέδου διέγερσης από τα σήματα στη θέση μέτρησης.

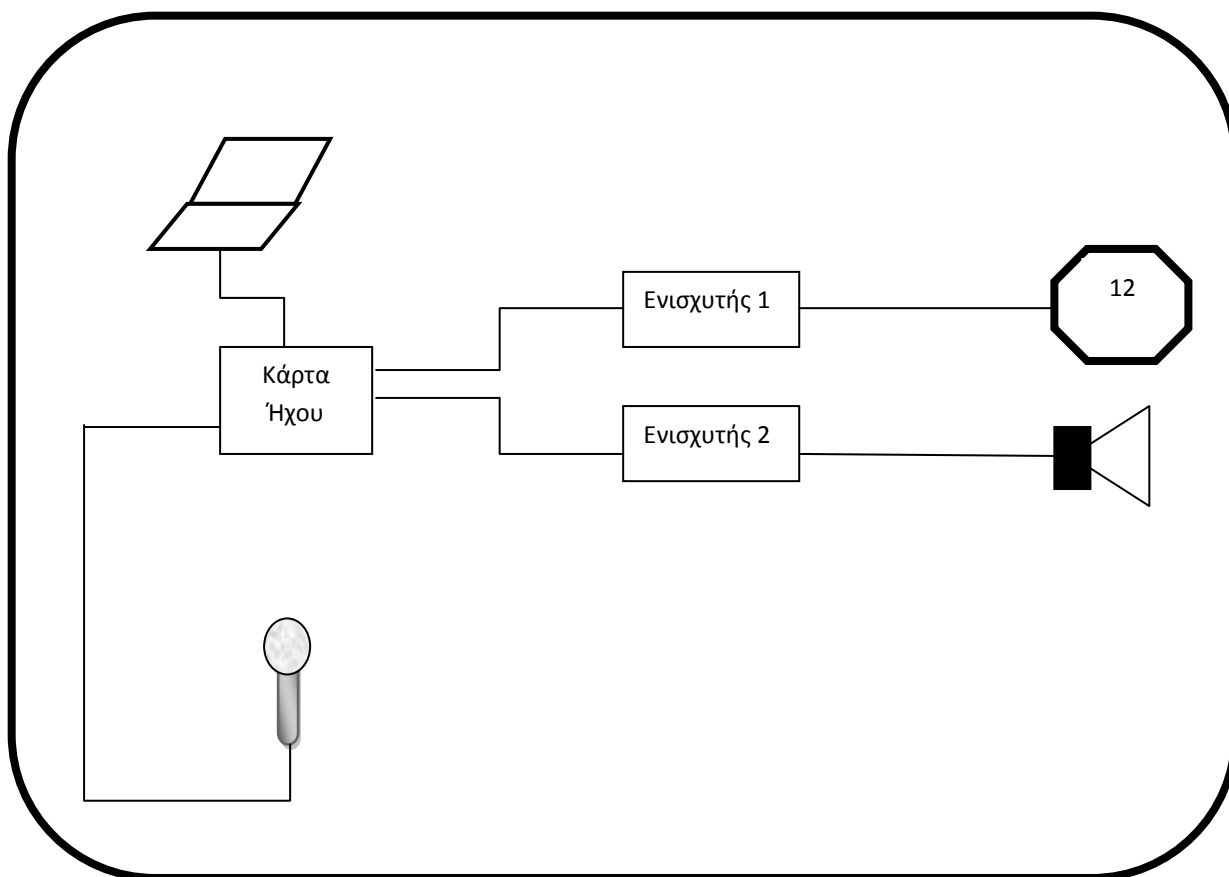
Έγιναν μετρήσεις δύο διαφορετικές μέρες και σε δυο διαφορετικές θέσεις μικροφώνων με τις ίδιες θέσεις ηχείων και πάρθηκε ο μέσος όρος των δυο κρουστικών αποκρίσεων για την κάθε μέτρηση ξεχωριστά , αυτό έγινε για την απόκλιση τυχών τυχαίων λαθών . Η επίδραση των διαφορετικών επιπέδων θορύβου βάθους για μετρήσεις ακουστικής παραμέτρου ζώνης οκτάβας εκτιμήθηκε για κάθε περίπτωση από το μέσο απόλυτο σφάλμα (Mean Absolute Error, βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ : ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΣΦΑΛΜΑ)σε σύγκριση με τη μέτρηση χωρίς τεχνητό θόρυβο περιβάλλοντος. Οι παραπάνω ακουστικοί παράμετροι που υπολογίστηκαν από την κρουστική απόκριση του χώρου, ήταν ο χρόνος αντήχησης (T) , ο Αρχικός Χρόνος Μείωσης του Ηχητικού Πεδίου (Early Decay Time), η Ευκρίνεια (Clarity - C₈₀) και η Διακριτότητα (Definition -D₅₀).

Στον Πίνακα 2.1 εμφανίζεται η καταγραφή του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε, στο Σχήμα 2.1 παρουσιάζεται το διάγραμμα συνδεσμολογίας των μετρήσεων και τέλος στο Παράρτημα Γ υπάρχει η κάτοψη του Αμφιθεάτρου με τα σημεία τοποθέτησης του εξοπλισμού στον χώρο.

HARDWARE	
Είδος	Μοντέλο
Μικρόφωνο Μετρητικό	KLARK TEKNIK 6051
Ηχόμετρο	0.1 dB -Stell SIP 95 Class 1
Δωδεκάεδρο	0.1 dB –Stell Type DO12
Μεγάφωνο Θορύβου	
Κάρτα Ήχου	Focusrite Scarlett 2i2
Φορητός Ηλεκτρονικός Υπολογιστής	Fujitsu AH532/G21
Ενισχυτής	Yamaha ax396 Sony TA-FB820R reference amplifier A500

Πίνακας 4 : Καταγραφή εξοπλισμού.

Παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα συνδεσμολογίας των μετρήσεων.



Σχήμα 2.1 : Διάγραμμα συνδεσμολογίας μετρήσεων

2.3 Φωτογραφικό υλικό



Εικόνα 2.1. : Θέσεις τοποθέτησης εξοπλισμού.

Στην παραπάνω εικόνα εμφανίζονται οι θέσεις στις οποίες τοποθετήθηκε ο εξοπλισμός για την πραγματοποίηση της πειραματικής διαδικασίας, πιο συγκεκριμένα :

- 1 : Δωδεκάεδρο μεγάφωνο
- 2 : Ηχόμετρο
- 3 : Μετρητικό παντοκατευθυντικό μικρόφωνο
- 4 : Επιπρόσθετο μεγάφωνο αναπαραγωγής εξωτερικών θορύβων.



Εικόνα 2.2. : Δωδεκάεδρο τοποθετημένο στο κέντρο της σκηνής του αμφιθεάτρου.



Εικόνα 2.3. : Ηχόμετρο και μετρητικό παντοκατευθυντικό μικρόφωνο



Εικόνα 2.4. : Θέση επιπρόσθετου μεγαφώνου αναπαραγόμενων εξωτερικών θορύβων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Εισαγωγή

Το συγκεκριμένο κεφάλαιο χωρίζεται σε τέσσερις υποενότητες με βάση τα τέσσερα διαφορετικά είδη τεχνητού θορύβου. Η κάθε υποενότητα παρουσιάζει τα αποτελέσματα μέσω γραφημάτων τα οποία συγκρίνουν το μέσο απόλυτο σφάλμα (M.A.E.) των δύο μεθόδων MLS και ESS.

3.2 Συμπεράσματα και Ανάλυση Αποτελεσμάτων.

Τα ευρήματά είναι ίδια με τα αναμενόμενα αποτελέσματα στις περιπτώσεις εξωτερικών θορύβων λευκού, στενής ζώνης συχνοτήτων και τόνου . Ο Stan [2] δηλώνει ότι σε ένα (μη τυχαίο) θορυβώδες περιβάλλον η μέθοδος MLS υπόκειται σε καλύτερα αποτελέσματα από την μέθοδο (ESS). Σε αντίθεση με τις προσδοκίες στην περίπτωση του κρουστικού θορύβου, τα αποτελέσματα ευνοούσαν τη μέθοδο ESS.

Καθώς έχει ήδη αναφερθεί και στο 2^ο Κεφάλαιο της πειραματικής διαδικασίας η παρούσα μελέτη έχει διερευνήσει μόνο την απόδοση των ιδιοτήτων σήματος ESS και MLS στην περίπτωση της ίδιας στάθμης διέγερσης από τα σήματα στη θέση μέτρησης. Ωστόσο, έχουν προταθεί βέλτιστα επίπεδα σήματος για τα ESS και MLS[20] τα οποία είναι διαφορετικά για κάθε μέθοδο και με βάση αυτά τα επίπεδα αναπαράχθηκαν τα σήματα των δυο μεθόδων στην πειραματική διαδικασία. Παρόλα αυτά θεωρείται ότι η συγκεκριμένη πτυχιακή θα μπορούσε να αποτελέσει σημείο εκκίνησης για παρόμοιες μελέτες που διερευνούν τις επιδόσεις των ESS και MLS υπό διαφορετικές συνθήκες .

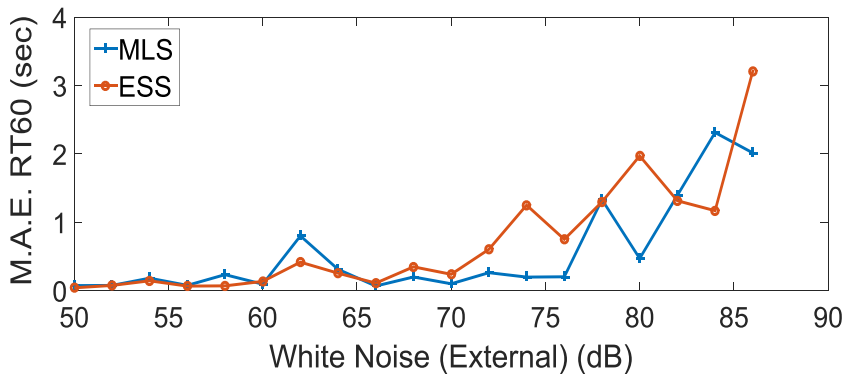
Ένα γενικό συμπέρασμα των αποτελεσμάτων είναι ότι στις περιπτώσεις λευκού, στενού εύρους ζώνης συχνοτήτων και τόνου η μέθοδος MLS παράγει καλύτερα αποτελέσματα ειδικά για υψηλότερα επίπεδα θορύβου. Αντιθέτως, στην περίπτωση της μεθόδου του κρουστικού θορύβου ως θόρυβος υποβάθρου η μέθοδος ESS φαίνεται να υπερβαίνει τη μέθοδο MLS και η επιλογή της σαν μέθοδος για την ακουστική μελέτη χώρου με παρουσία κρουστικού θορύβου ως θόρυβο υποβάθρου να είναι καλύτερη.

3.2.1 Λευκός Θόρυβος

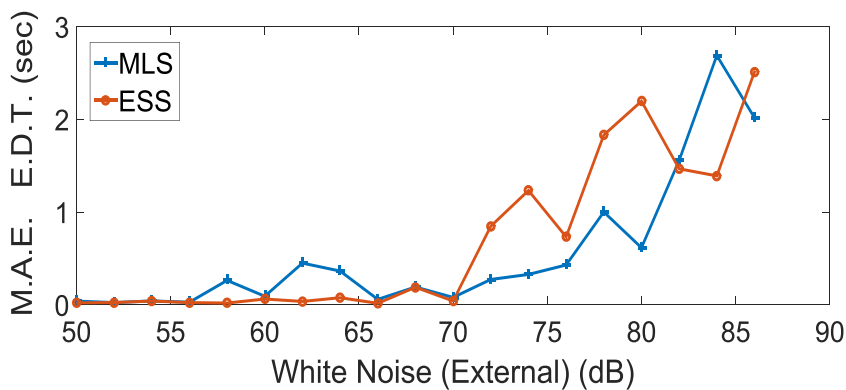
Στην περίπτωση του λευκού θορύβου τα αποτελέσματα δείχνουν ότι όσο αυξάνεται η στάθμη του θορύβου το E.S.S. έχει μεγαλύτερες τιμές Mean Absolute Error για όλους τους ακουστικούς δείχτες (Σχήμα 1^ο, Σχήμα 2^ο, Σχήμα 3^ο και Σχήμα 4^ο).

Πιο συγκεκριμένα για τον χρόνο αντήχησης στα 58dB η μέθοδος ESS είναι καλύτερη (Σχήμα 1^ο) για τον ακουστικό δείκτη E.D.T. στα 58 dB η E.S.S. έχει μικρότερο M.A.E. αλλά και στις στάθμες των 62dB και 64dB (Σχήμα 2^ο) . Για το C₈₀ και D₅₀ οι δύο μέθοδοι έχουν σχεδόν ίδια αποτελέσματα από 65dB και κάτω(Σχήμα 3^ο και Σχήμα 4^ο). Εκεί που και οι 4 δείχτες συμφωνούν είναι όταν η στάθμη ξεπερνάει τα 65dB η μέθοδος E.S.S. αρχίζει και δίνει μεγαλύτερες τιμές Mean Absolute Error. Τελικά για τον λευκό θόρυβο ως εξωτερικό θόρυβο οι τιμές των δύο μεθόδων είναι αρκετά ίδιες κάτω των 65 dB στην στάθμη του θορύβου ,

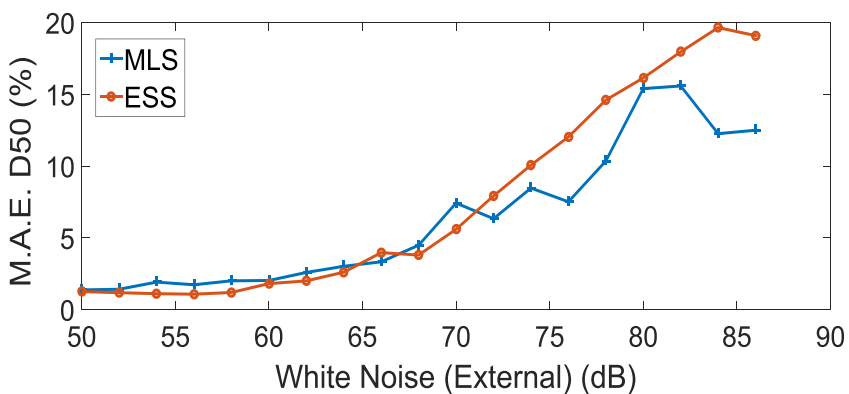
αλλά όταν αρχίζει να ξεπερνάει ο θόρυβος αυτή την στάθμη το M.L.S. δίνει καλύτερα αποτελέσματα.



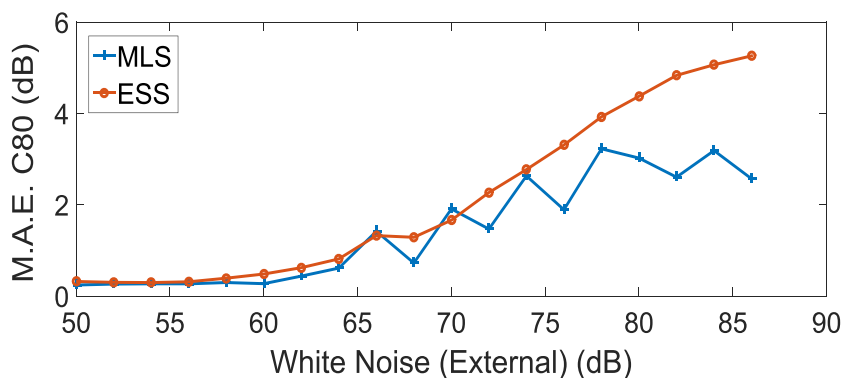
Σχήμα 1ο : Mean Absolute Error του T_{60} με εξωτερικό θόρυβο λευκό.



Σχήμα 2ο : Mean Absolute Error του E.D.T. με εξωτερικό θόρυβο λευκό.



Σχήμα 3ο : Mean Absolute Error του D_{50} με εξωτερικό θόρυβο λευκό.

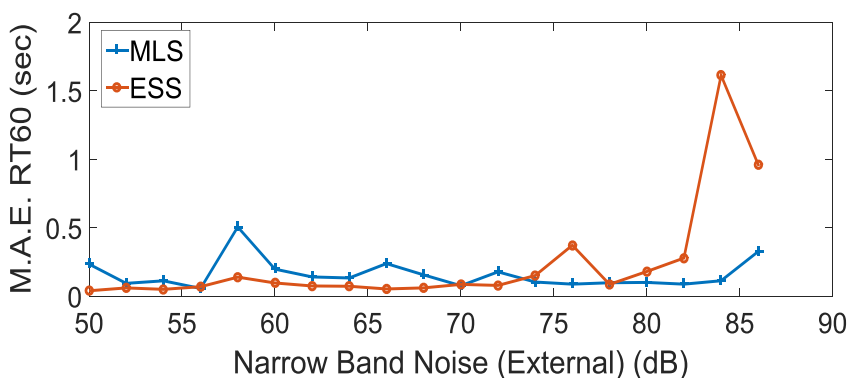


Σχήμα 4ο : Mean Absolute Error του C_{80} με εξωτερικό θόρυβο λευκό.

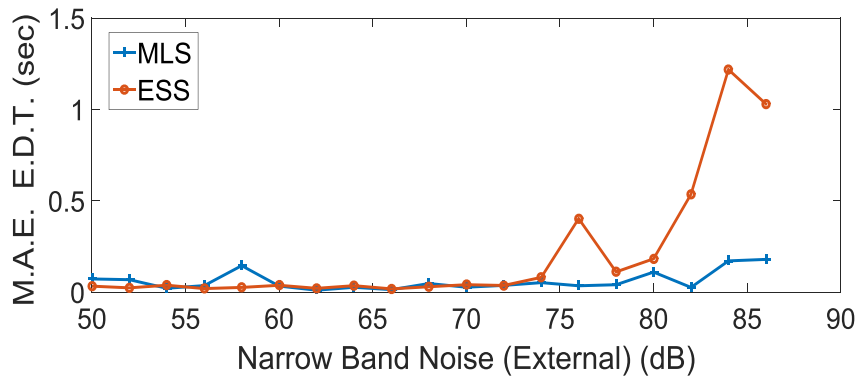
3.2.2 Στενή Ζώνη Συχνοτήτων

Για την περίπτωση της στενής ζώνης συχνοτήτων όπου οι γραφικές τις παραστάσεις αναγράφονται στο παράρτημα A2 παρατηρείται μια ομοιότητα όπως και στην περίπτωση του λευκού θορύβου με κάποιες μικρές διαφορές.

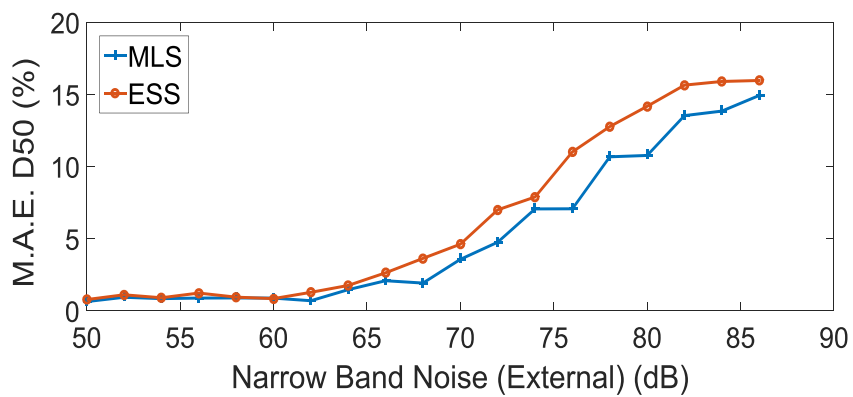
Αναλυτικότερα για τον ακουστικό δείκτη RT_{60} παρατηρείται στο Σχήμα 5^ο ότι από τα 68dB και πριν η E.S.S. μέθοδος έχει καλύτερη επίδοση ενώ μετά από αυτή την στάθμη η συγκεκριμένη μέθοδος έχει μεγαλύτερο M.A.E. Στο αρχικό χρόνο μείωσης του ηχητικού πεδίου E.D.T. (Σχήμα 6^ο) οι δύο μέθοδοι πριν την στάθμη των 78dB έχουν σχεδόν τις ίδιες τιμές αλλά και εδώ για μεγαλύτερες στάθμες M.L.S είναι καλύτερη επιλογή. Για τους ακουστικούς δείκτες C_{80} και D_{50} (Σχήμα 7^ο και Σχήμα 8^ο) μέχρι τα 68dB στάθμη θορύβου οι δύο μέθοδοι είναι αρκετά πανομοιότυποι, όταν ξεπερνιέται η συγκεκριμένη στάθμη το M.L.S. έχει μικρότερο M.A.E. Συμπερασματικά, η επιλογή της μεθόδου M.L.S. με σκοπό την μελέτη αρχιτεκτονικής ακουστικής με την παρουσία μεγαλύτερων εντάσεων στάθμης από 65dB στενής ζώνης συχνοτήτων ως εξωτερικό θόρυβο είναι καταλληλότερη.



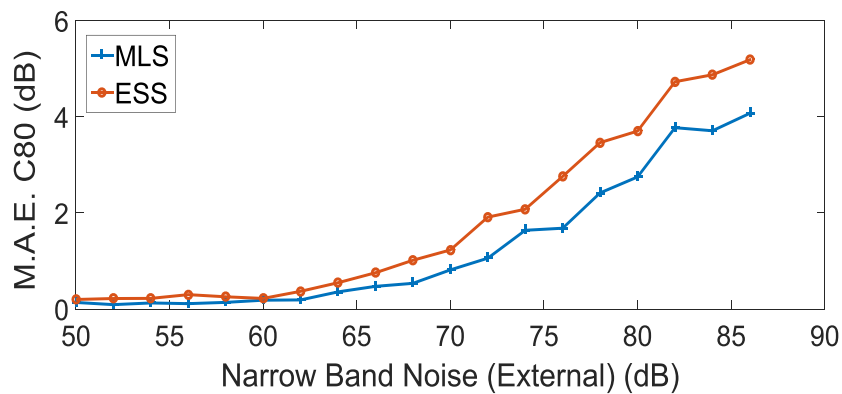
Σχήμα 5ο : Mean Absolute Error του T_{60} με εξωτερικό θόρυβο στενή ζώνη συχνοτήτων.



Σχήμα 6ο : Mean Absolute Error του E.D.T. με εξωτερικό θόρυβο στενή ζώνη συχνοτήτων.



Σχήμα 7ο : Mean Absolute Error του D_{50} με εξωτερικό θόρυβο στενή ζώνη συχνοτήτων.

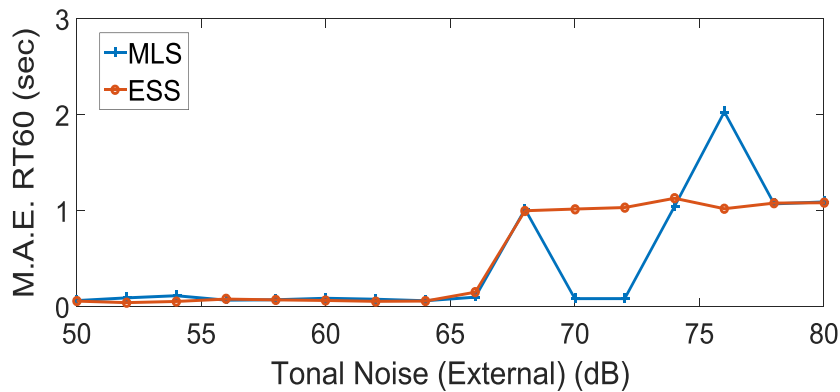


Σχήμα 8ο : Mean Absolute Error του C_{80} με εξωτερικό θόρυβο στενή ζώνη συχνοτήτων.

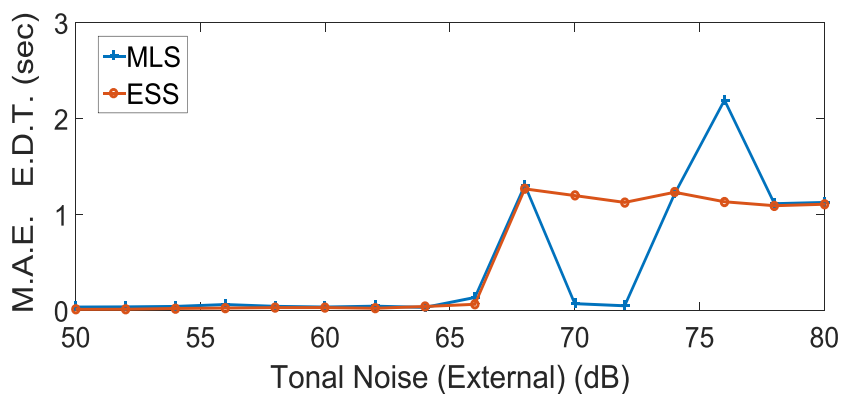
3.2.3. Καθαρός Τόνος Ημιτόνου 1 kHz

Στην περίπτωση του τόνου των 1KHz ως εξωτερικό θόρυβο μπορούμε να πούμε το ίδιο αλλά σε μικρότερη έκταση , δηλαδή οι διαφορές των τιμών των δύο μεθόδων δεν είναι τόσο μεγάλες.

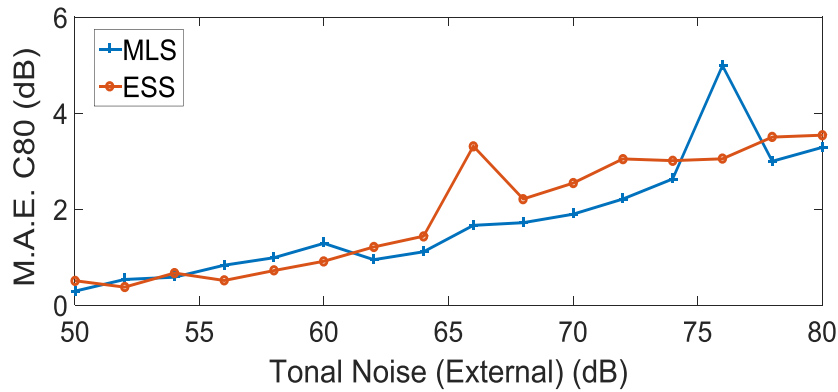
Για τους ακουστικούς δείχτες του χρόνου αντήχησης και του αρχικού χρόνου μείωσης του ηχητικού πεδίου (Σχήμα 9^ο και Σχήμα 10^ο) οι δύο μέθοδοι είναι αρκετά ίδιοι από τα 70 dB και κάτω ενώ με την προσπέραση αυτής τις τιμές το M.L.S. έχει μικρότερο M.A.E. Στην περίπτωση της ευκρίνειας και της διακριτότητας (Σχήμα 11^ο και Σχήμα 12^ο) από στάθμες θορύβου μικρότερες από 60 dB το M.L.S. έχει , αν και με ελάχιστη διαφορά στις τιμές του, μεγαλύτερο M.A.E. ενώ για στάθμες μεγαλύτερες από αυτή το E.S.S. δίνει μεγαλύτερο M.A.E. Η συμφωνία και των 4 ακουστικών δειχτών είναι στα 78 dB στάθμης θορύβου όπου το M.L.S. έχει αρκετά μεγάλη απόκλιση.



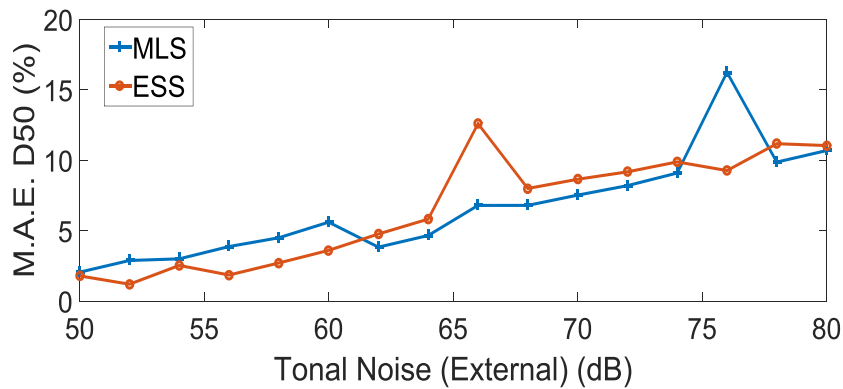
Σχήμα 9ο : Mean Absolute Error του T_{60} με εξωτερικό θόρυβο τόνο 1 kHz.



Σχήμα 10ο : Mean Absolute Error του E.D.T. με εξωτερικό θόρυβο τόνο 1 kHz.



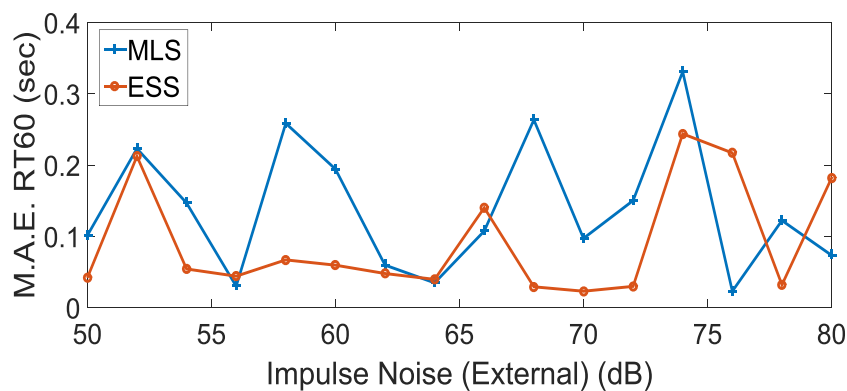
Σχήμα 11ο : Mean Absolute Error του C₈₀ με εξωτερικό θόρυβο τόνο 1 kHz.



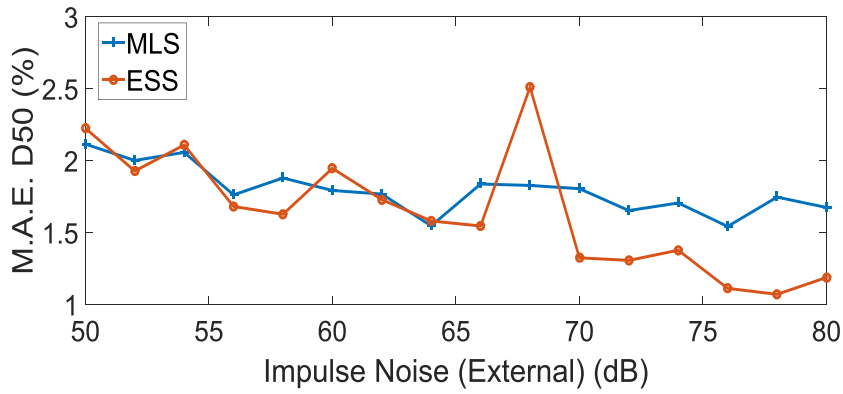
Σχήμα 12ο : Mean Absolute Error του D₅₀ με εξωτερικό θόρυβο τόνο 1 kHz.

3.2.4. Κρουστικός Θόρυβος

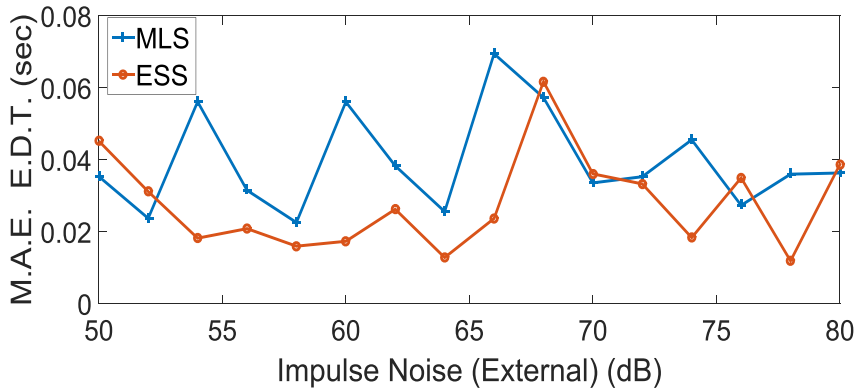
Ο εξωτερικός θόρυβος που διαφέρει από τους υπόλοιπους είναι ο κρουστικός. Στην περίπτωση του κρουστικού η μέθοδος E.S.S. έχει μικρότερες τιμές M.A.E. από τις χαμηλότερες μέχρι τις ψηλότερες στάθμες θορύβου και για όλους τους ακουστικούς δείκτες.



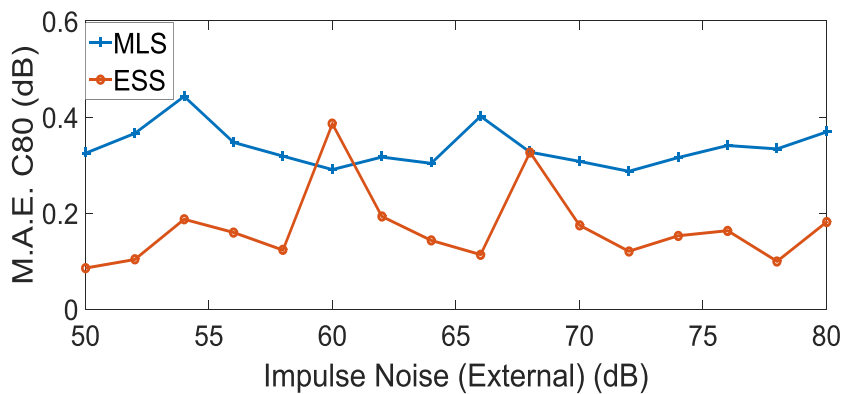
Σχήμα 13ο : Mean Absolute Error του T₆₀ με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό.



Σχήμα 14ο : Mean Absolute Error του E.D.T. με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό.



Σχήμα 15ο : Mean Absolute Error του D_{50} με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό.



Σχήμα 16ο : Mean Absolute Error του C_{80} με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό.

3.3. Μελλοντική Εργασία και Επεκτάσεις

Αυτή η μελέτη είναι ένα πρώτο βήμα προς την κατεύθυνση της βελτίωσης της κατανόησής μας για το συγκεκριμένο αποτέλεσμα της μεθόδου μέτρησης στις ακουστικές παραμέτρους που ορίζουν ένα χώρο. Αυτές οι παρατηρήσεις έχουν διάφορες συνέπειες για την έρευνα σε άλλες πτυχές των μετρήσεων κρουστικών αποκρίσεων.

Επί του παρόντος, διερευνάτε η επίδραση του θορύβου βάθους στη μέτρηση των ακουστικών παραμέτρων με σήματα ESS και MLS με βέλτιστα ηχητικά επίπεδα για κάθε μέθοδο.

Μια μελλοντική εργασία θα μπορούσε να επικεντρωθεί στην επίδραση της προσθήκης μεθόδων αντιστάθμισης θορύβου βάθους για ESS και MLS προκειμένου να εκτιμηθεί ποια μέθοδος είναι πιο ευνοϊκή σύμφωνα με τη βέλτιστη κατάσταση μέτρησης και ρύθμισης και ποια είναι η επίδραση στις ακουστικές παραμέτρους και στις κρουστικές αποκρίσεις, καθώς επίσης και ο υπολογισμός της επίδρασης του μέσου όρου των δύο μεθόδων σε διαφορετικές επαναλήψεις. Τέτοιου είδους προτεινόμενες μελέτες θα μπορούν να βελτιώσουν τη γνώση σχετικά με την προτιμώμενη μέθοδο για ακουστικές μετρήσεις ανάλογα με το θόρυβο και τα επίπεδα βάθους.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : ΠΙΝΑΚΕΣ

A.1. Λευκός Θόρυβος

A.1.1.T60

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
T60(sec) b.n. 44 dB without external signal (e.s.)	1.4370	1.1980	1.1580	0.9800	0.8855	0.9005	0.7515	0.6205
T60(sec) e.s. 50 dB	1.4775	1.2475	1.1530	0.9720	0.9780	0.9045	0.8695	0.6175
T60(sec) e.s. 52 dB	1.5570	1.2365	1.1245	0.9590	0.9825	0.9105	0.8740	0.6140
RT60(sec) e.s. 54 dB	1.9235	1.1420	1.1295	0.9390	0.9315	0.9190	0.8620	0.6105
T60(sec) e.s. 56 dB	1.5735	1.1660	1.1175	0.9345	0.9305	0.9120	0.8470	0.4410
RT60(sec) e.s. 58 dB	2.1005	1.1445	1.1485	0.9525	0.9450	0.8880	0.8500	0.5950
T60(sec) e.s. 60 dB	1.3635	1.1975	1.1460	0.9210	0.9075	0.9065	0.8250	0.6000
T60(sec) e.s. 62 dB	3.7720	1.1645	1.1485	0.9040	0.9015	0.8700	0.8235	0.5880
T60(sec) e.s. 64 dB	0.6805	1.0670	1.0585	0.8770	0.8765	0.8875	0.7970	0.5625
T60(sec) e.s. 66 dB	1.4465	1.2120	1.0105	0.8740	0.9125	0.8705	0.7995	0.5820
T60(sec) e.s. 68 dB	1.1700	1.1400	0.9075	0.8905	0.8965	0.8870	0.7905	0.5790
T60(sec) e.s. 70 dB	1.2130	1.0170	0.9125	0.7795	0.8145	0.8770	0.7725	0.5655
T60(sec) e.s. 72 dB	1.3650	1.8205	0.9620	0.8850	0.8075	0.8785	0.7615	0.5525
T60(sec) e.s. 74 dB	1.1770	0.5660	0.9085	0.8240	0.8350	0.8785	0.7615	0.5440
T60(sec) e.s. 76 dB	1.0015	0.7270	0.8875	0.9655	0.8225	0.8605	0.7615	0.5455
T60(sec) e.s. 78 dB	5.1575	1.2615	0.8540	0.9090	0.8205	0.8470	0.7100	0.5285
T60(sec) e.s. 80 dB	0.2465	1.7050	0.7200	0.8010	0.6975	0.8865	0.7055	0.5395
T60(sec) e.s. 82 dB	0.5615	0.8805	0.8360	3.9680	2.2255	0.8780	0.6350	0.5400
T60(sec) e.s. 84 dB	0.4510	5.4795	0.6270	0.6265	4.1585	0.8740	0.6900	0.5025
T60(sec) e.s. 86 dB	3.2195	0.9010	0.4075	0.8340	4.1055	0.6985	0.6280	0.5195

Πίνακας 5 : Τιμές T60 σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό.

White Noise (e.s.) dB	Mean Absolute Error for M.L.S.
50	0.0740
52	0.0766
54	0.1828
56	0.0775
58	0.2345
60	0.0952
62	0.8011
64	0.3117
66	0.0680
68	0.2003
70	0.1008
72	0.2633
74	0.1986
76	0.2032
78	1.3318
80	0.4708
82	1.3946
84	2.3136
86	2.0157

Πίνακας 6 : Τιμές Μ.Α.Ε. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό για τον ακουστικό δείκτη T60.

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
T60(sec) b.n. 44 dB without external signal (e.s.)	1.2795	1.2960	1.1895	0.9675	0.9835	0.9155	0.7725	0.5480
T60(sec) e.s. 50 dB	1.2225	1.2805	1.1435	0.9665	0.9795	0.8975	0.8355	0.5720
T60(sec) e.s. 52 dB	1.4085	1.2660	1.1695	0.9635	0.9595	0.8965	0.8315	0.5770
T60(sec) e.s. 54 dB	1.7035	1.1920	1.1510	0.9690	0.9510	0.8780	0.8245	0.5720
T60(sec) e.s. 56 dB	1.3325	1.2525	1.0810	0.9630	0.9405	0.8825	0.7900	0.5605
T60(sec) e.s. 58 dB	1.3045	1.2100	1.0505	0.9210	0.9385	0.8830	0.7810	0.5595
T60(sec) e.s. 60 dB	1.5700	1.2225	1.1335	0.9315	0.9030	0.8840	0.7605	0.5525
T60(sec) e.s. 62 dB	2.5120	1.2385	1.1455	0.9175	0.9215	0.8885	0.7440	0.5385
T60(sec) e.s. 64 dB	1.9770	1.1610	1.1190	0.8995	0.8320	0.9025	0.7435	0.5490
T60(sec) e.s. 66 dB	1.0370	1.0710	0.9810	0.8700	0.8470	0.8160	0.7150	0.5270
T60(sec) e.s. 68 dB	2.2320	1.2905	1.0610	0.8605	0.7875	0.8690	0.7175	0.5235

T60(sec) e.s. 70 dB	1.7225	1.0500	0.9520	0.8265	0.8200	0.8615	0.7005	0.5250
T60(sec) e.s. 72 dB	3.0760	1.3275	0.9860	0.8525	0.7725	0.9220	0.6665	0.5460
T60(sec) e.s. 74 dB	4.9465	1.4255	1.0665	0.8500	0.7410	0.8525	0.6835	0.5615
T60(sec) e.s. 76 dB	3.1845	1.4685	0.9505	0.9115	0.9045	0.8975	0.6190	0.4920
T60(sec) e.s. 78 dB	0.4980	0.7950	0.9235	0.8240	0.6800	0.8635	3.7165	0.4775
T60(sec) e.s. 80 dB	5.1770	1.1415	0.8135	3.7130	4.2430	0.7575	3.6320	0.4805
T60(sec) e.s. 82 dB	1.8615	0.8895	0.7700	0.9735	0.5665	0.8085	0.4830	3.8645
T60(sec) e.s. 84 dB	1.0660	0.8155	0.6825	0.7595	0.4950	1.1575	0.4140	3.6305
T60(sec) e.s. 86 dB	8.7100	0.8285	0.7265	3.3560	0.0365	0.4530	4.0220	3.6250

Πίνακας 7 : Τιμές T60 σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό.

White Noise (e.s.) dB	Mean Absolute Error for E.S.S. method
50	0.0418
52	0.0767
54	0.1444
56	0.0670
58	0.0705
60	0.1358
62	0.4170
64	0.2555
66	0.1105
68	0.3487
70	0.2397
72	0.6051
74	1.2511
76	0.7513
78	1.2986
80	1.9719
82	1.3155
84	1.1700
86	3.2104

Πίνακας 8 : Τιμές M.A.E. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό για τον ακουστικό δείκτη.

A.1.2.E.D.T.

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
E.D.T.(sec) b.n. 44 dB without external signal (e.s.)	1.8270	0.9860	0.6990	0.9535	0.8590	0.8850	0.7285	0.5490
E.D.T.(sec) e.s. 50 dB	1.7740	0.9750	0.7115	1.0015	0.8520	0.9375	0.7605	0.5815
E.D.T.(sec) e.s. 52 dB	1.7875	0.9595	0.7060	0.9955	0.8455	0.9310	0.7530	0.5750

E.D.T.(sec) e.s. 54 dB	1.9255	0.9600	0.6935	0.9900	0.8460	0.9160	0.7715	0.5810
E.D.T.(sec) e.s. 56 dB	1.7965	0.9815	0.6855	0.9905	0.8340	0.9390	0.7645	0.5835
E.D.T.(sec) e.s. 58 dB	2.5955	0.9870	0.6960	0.9970	0.8575	0.9425	0.7575	0.5795
E.D.T.(sec) e.s. 60 dB	1.5535	0.9685	0.6875	0.9900	0.8480	0.9280	0.7550	0.5810
E.D.T.(sec) e.s. 62 dB	3.0585	0.9995	0.7015	0.9910	0.8365	0.9425	0.7520	0.5910
E.D.T.(sec) e.s. 64 dB	1.1035	0.9110	0.6885	0.9750	0.8340	0.9135	0.7560	0.5765
E.D.T.(sec) e.s. 66 dB	1.6420	1.0605	0.6850	0.9855	0.8495	0.9240	0.7635	0.5785
E.D.T.(sec) e.s. 68 dB	1.3540	0.9180	0.7145	0.9850	0.8195	0.9375	0.7590	0.5855
E.D.T.(sec) e.s. 70 dB	1.5995	0.8395	0.6760	0.9570	0.8310	0.9345	0.7405	0.5770
E.D.T.(sec) e.s. 72 dB	1.9825	1.6460	0.7595	1.0040	0.8425	0.9250	0.7390	0.5765
E.D.T.(sec) e.s. 74 dB	0.8820	0.9190	0.7030	0.9785	0.8585	0.8925	0.7530	0.5800
E.D.T.(sec) e.s. 76 dB	0.5615	0.7775	0.5790	1.0360	0.8440	0.8645	0.7485	0.5740
E.D.T.(sec) e.s. 78 dB	4.6980	1.1505	0.6345	0.9725	0.8800	0.8805	0.7325	0.5700
E.D.T.(sec) e.s. 80 dB	0.1270	1.4105	0.5725	0.9920	0.7590	0.9030	0.7485	0.5705
E.D.T.(sec) e.s. 82 dB	2.5250	0.6270	0.6775	4.4480	2.5075	0.9150	0.6940	0.5815
E.D.T.(sec) e.s. 84 dB	1.3040	5.9315	0.4665	0.6090	5.2675	0.8445	0.7065	0.5595
E.D.T.(sec) e.s. 86 dB	2.9345	0.5190	0.4175	0.8320	4.4730	0.6875	0.5980	0.5885

Πίνακας 9 : Τιμές E.D.T. σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό.

White Noise (e.s.) dB	Mean Absolute Error for M.L.S.
50	0.0390
52	0.0233
54	0.0412
56	0.0270
58	0.2626
60	0.0917
62	0.4491
64	0.3634
66	0.0579
68	0.1910
70	0.0789
72	0.2725
74	0.3268
76	0.4289
78	1.0005
80	0.6150
82	1.5564
84	2.6882
86	2.0173

Πίνακας 10 : Τιμές M.A.E. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό για τον ακουστικό δείκτη E.D.T.

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
E.D.T.(sec) b.n. 44 dB without external signal (e.s.)	1.8125	0.9710	0.6915	0.9540	0.8550	0.8930	0.7225	0.5495
E.D.T.(sec) e.s. 50 dB	1.8200	0.9670	0.7235	0.9920	0.8325	0.9180	0.7435	0.5820
E.D.T.(sec) e.s. 52 dB	1.8510	0.9330	0.7225	0.9770	0.8645	0.9305	0.7410	0.5870
E.D.T.(sec) e.s. 54 dB	1.9325	0.9495	0.7275	0.9750	0.8510	0.9240	0.7370	0.5890
E.D.T.(sec) e.s. 56 dB	1.7970	0.9165	0.7225	0.9780	0.8470	0.9305	0.7385	0.5845
E.D.T.(sec) e.s. 58 dB	1.8410	0.9350	0.7280	0.9770	0.8595	0.9390	0.7260	0.5820
E.D.T.(sec) e.s. 60 dB	1.9985	0.9175	0.7230	0.9805	0.8495	0.9145	0.7375	0.5830
E.D.T.(sec) e.s. 62 dB	1.9315	0.9250	0.7210	0.9795	0.8600	0.9145	0.7305	0.5840
E.D.T.(sec) e.s. 64 dB	2.0510	0.9100	0.7355	0.9750	0.8405	0.9135	0.7215	0.5785
E.D.T.(sec) e.s. 66 dB	1.5490	1.1230	0.8080	1.0000	0.8480	0.8540	0.6530	0.5370
E.D.T.(sec) e.s. 68 dB	2.3630	1.0020	0.7230	0.9745	0.8265	0.9240	0.7125	0.5735
E.D.T.(sec) e.s. 70 dB	1.8635	0.8855	0.7095	0.9440	0.8125	0.8785	0.7125	0.5560
E.D.T.(sec) e.s. 72 dB	4.2670	1.1470	0.7155	0.9705	0.7535	0.9265	0.6700	0.5945
E.D.T.(sec) e.s. 74 dB	5.3150	1.2180	0.7270	1.0185	0.7800	0.8805	0.7250	0.5635
E.D.T.(sec) e.s. 76 dB	3.6665	1.2105	0.7140	0.9715	0.8180	0.9205	0.6200	0.5120
E.D.T.(sec) e.s. 78 dB	0.5885	0.7765	0.7350	0.8930	0.6890	0.8510	4.8470	0.4475
E.D.T.(sec) e.s. 80 dB	5.4755	0.9310	0.7095	3.2785	4.2955	0.7635	4.4645	0.4770
E.D.T.(sec) e.s. 82 dB	1.4290	0.8390	0.6970	1.0135	0.5905	0.7905	0.4695	4.3515
E.D.T.(sec) e.s. 84 dB	1.3795	0.7470	0.6310	0.7805	0.2780	1.1230	0.3300	4.0435
E.D.T.(sec) e.s. 86 dB	7.3505	0.7775	0.9435	4.1185	0.8160	0.4620	4.0655	3.7245

Πίνακας 11 : Τιμές E.D.T. σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό.

White Noise (e.s.) dB	Mean Absolute Error for E.S.S. method
50	0.019905
52	0.023534
54	0.039753
56	0.022930
58	0.018325
60	0.061579
62	0.035535
64	0.075520
66	0.015505
68	0.188487
70	0.040539
72	0.846917
74	1.232158

76	0.732069
78	1.830802
80	2.195333
82	1.466244
84	1.389874
86	2.511133

Πίνακας 12 : Τιμές Μ.Α.Ε. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό για τον ακουστικό δείκτη Ε.Δ.Τ.

A.1.3. $D_{50\%}$

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$D_{50\%}$ 44 dB b.n. without external signal (e.s.)	35.69	19.27	75.28	56.96	54.68	55.97	62.25	65.11
$D_{50\%}$ e.s. 50 dB	36.94	19.59	75.46	55.97	51.52	56.85	62.36	64.31
$D_{50\%}$ e.s. 52 dB	36.11	19.63	75.22	55.49	51.42	57.55	62.82	64.56
$D_{50\%}$ e.s. 54 dB	34.75	19.65	75.60	55.29	51.78	57.64	62.35	64.32
$D_{50\%}$ e.s. 56 dB	37.81	19.19	75.67	56.03	51.87	56.78	62.50	63.61
$D_{50\%}$ e.s. 58 dB	37.53	19.43	75.57	55.72	51.30	56.64	62.33	63.46
$D_{50\%}$ e.s. 60 dB	35.56	19.03	75.75	55.62	51.84	56.62	62.44	64.34
$D_{50\%}$ e.s. 62 dB	30.33	19.21	75.81	56.52	51.55	56.13	62.41	63.51
$D_{50\%}$ e.s. 64 dB	29.29	19.66	75.29	57.19	50.58	56.37	62.33	63.49
$D_{50\%}$ e.s. 66 dB	26.98	18.46	75.36	55.48	49.42	57.11	61.69	63.43
$D_{50\%}$ e.s. 68 dB	22.89	20.30	75.20	56.65	49.64	55.89	61.17	63.03
$D_{50\%}$ e.s. 70 dB	13.97	18.25	75.37	55.48	47.69	54.80	60.72	62.28
$D_{50\%}$ e.s. 72 dB	18.14	19.25	74.53	54.76	45.75	54.84	60.16	61.25
$D_{50\%}$ e.s. 74 dB	11.68	18.70	73.28	55.90	41.58	53.92	59.915	60.04
$D_{50\%}$ e.s. 76 dB	15.09	18.14	74.17	53.20	38.39	52.55	57.35	58.26
$D_{50\%}$ e.s. 78 dB	04.82	20.68	71.15	51.09	33.52	50.16	54.41	55.34
$D_{50\%}$ e.s. 80 dB	05.99	35.10	69.87	48.05	32.51	48.04	51.21	52.91
$D_{50\%}$ e.s. 82 dB	08.18	30.00	68.94	43.02	21.66	45.86	47.02	49.28
$D_{50\%}$ e.s. 84 dB	04.51	13.03	66.40	41.03	19.05	39.10	41.51	45.18
$D_{50\%}$ e.s. 86 dB	03.89	10.83	63.20	36.86	15.22	34.31	36.32	41.63

Πίνακας 13 : Τιμές $D_{50\%}$ σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό.

White Noise dB	Mean Absolute Error for M.L.S. method
50	01.3798
52	01.4250
54	01.9234
56	01.7381
58	02.0130
60	02.0351
62	02.5962
64	03.0254
66	03.3370
68	04.4937
70	07.4309
72	06.3420
74	08.4740
76	07.5197
78	10.3585
80	15.4060
82	15.5876
84	12.2657
86	12.5044

Πίνακας 14 : Τιμές Μ.Α.Ε. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό για τον ακουστικό δείκτη D50%.

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
D _{50%} 44 dB b.n. without external signal (e.s.)	37.44	19.12	75.72	55.58	53.12	57.02	61.53	67.07
D _{50%} e.s. 50 dB	37.96	19.55	75.33	57.04	52.49	56.06	63.07	64.73
D _{50%} e.s. 52 dB	38.73	19.40	75.25	58.09	52.10	57.25	63.22	64.64
D _{50%} e.s. 54 dB	35.99	19.47	75.43	58.01	52.66	56.95	62.89	64.72
D _{50%} e.s. 56 dB	38.12	19.24	75.42	58.00	52.79	56.24	62.47	64.51
D _{50%} e.s. 58 dB	36.65	19.09	75.36	57.82	52.29	56.56	62.65	63.83
D _{50%} e.s. 60 dB	37.47	19.33	74.89	59.08	50.58	56.80	62.33	62.75
D _{50%} e.s. 62 dB	35.36	19.56	75.06	58.50	50.58	55.81	60.94	61.26
D _{50%} e.s. 64 dB	36.74	19.65	75.39	57.98	50.30	55.85	60.74	59.05
D _{50%} e.s. 66 dB	52.17	12.67	67.17	53.83	46.84	52.72	47.22	51.86
D _{50%} e.s. 68 dB	37.59	19.45	75.24	57.45	47.61	54.43	56.15	55.35
D _{50%} e.s. 70 dB	32.71	18.93	74.73	57.07	44.11	54.45	54.81	51.06
D _{50%} e.s. 72 dB	33.47	18.42	75.04	56.42	39.76	50.24	48.29	45.15
D _{50%} e.s. 74 dB	29.00	19.27	75.06	53.34	35.79	47.70	42.16	39.09
D _{50%} e.s. 76 dB	28.88	20.26	73.99	54.89	30.33	44.80	38.35	35.19
D _{50%} e.s. 78 dB	24.57	15.68	72.25	49.31	22.59	35.93	29.46	26.38

D ₅₀ % e.s. 80 dB	16.76	16.44	72.89	47.36	19.13	34.06	24.95	22.91
D ₅₀ % e.s. 82 dB	17.68	12.72	70.27	43.25	15.85	22.65	17.60	16.09
D ₅₀ % e.s. 84 dB	08.15	14.35	69.76	37.83	10.60	20.88	14.32	14.49
D ₅₀ % e.s. 86 dB	04.62	14.74	64.51	27.49	09.18	16.15	10.55	11.64

Πίνακας 15 : Τιμές D₅₀% σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό.

White Noise dB	Mean Absolute Error for E.S.S. method
50	1.2624
52	1.1852
54	1.1159
56	1.0814
58	1.2018
60	1.8192
62	2.0070
64	2.6150
66	3.9743
68	3.8092
70	5.6052
72	7.9260
74	10.076
76	12.040
78	14.608
80	16.148
82	17.966
84	19.657
86	19.097

Πίνακας 16 : Τιμές M.A.E. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό για τον ακουστικό δείκτη D₅₀%.

A.1.4. C₈₀

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
C ₈₀ (dB) 44 dB b.n. without external signal (e.s.)	-1.3700	-0.6050	7.5300	3.3250	4.2350	4.4300	6.3400	7.4500
C ₈₀ (dB) e.s. 50 dB	-1.1200	-0.6550	7.5600	2.9600	3.7500	4.4050	6.4200	7.3400
C ₈₀ (dB) e.s. 52 dB	-1.1350	-0.6300	7.5200	2.9000	3.7750	4.3750	6.5000	7.4100
C ₈₀ (dB) e.s. 54 dB	-1.4500	-0.5600	7.5950	2.8900	3.8550	4.5150	6.3500	7.2700
C ₈₀ (dB) e.s. 56 dB	-0.8000	-0.7000	7.6550	2.9950	3.8400	4.4050	6.4400	7.1250
C ₈₀ (dB)	-0.7200	-0.6650	7.6000	2.9100	3.7300	4.3200	6.4600	7.2050

e.s. 58 dB								
C ₈₀ (dB) e.s. 60 dB	-1.6200	-0.7600	7.6550	2.9100	3.8450	4.4000	6.4200	7.2350
C ₈₀ (dB) e.s. 62 dB	-2.5450	-0.6900	7.6500	3.0600	3.7050	4.3000	6.3900	7.0250
C ₈₀ (dB) e.s. 64 dB	-2.9900	-0.7700	7.5200	3.2100	3.4550	4.3300	6.2100	7.1050
C ₈₀ (dB) e.s. 66 dB	-4.0900	-5.9100	5.9700	1.7350	1.4450	3.0100	3.4050	4.8100
C ₈₀ (dB) e.s. 68 dB	-3.5550	-0.5450	7.3600	3.0200	3.4150	4.1300	5.9850	6.8100
C ₈₀ (dB) e.s. 70 dB	-7.2350	-0.8900	7.5050	2.8950	2.8350	3.9200	5.8250	6.6000
C ₈₀ (dB) e.s. 72 dB	-5.9650	-1.0950	7.1700	2.7250	2.1250	3.9350	5.4800	6.3450
C ₈₀ (dB) e.s. 74 dB	-9.4500	-0.7050	6.9600	2.8800	1.3950	3.5250	5.0700	5.7700
C ₈₀ (dB) e.s. 76 dB	-7.3150	-1.5400	7.0700	2.1600	0.6300	3.3050	4.5450	5.3450
C ₈₀ (dB) e.s. 78 dB	-11.7950	-1.6450	6.2250	2.0700	-0.6600	2.8400	3.7550	4.6200
C ₈₀ (dB) e.s. 80 dB	-11.5050	-1.4800	5.9000	1.0500	-1.1950	2.2950	2.8250	3.8800
C ₈₀ (dB) e.s. 82 dB	-9.9850	-3.1750	5.5400	0.2000	-3.4450	1.6650	1.8100	2.8100
C ₈₀ (dB) e.s. 84 dB	-13.0600	-6.0050	4.8800	-0.3350	-4.2700	0.0150	0.5050	1.7800
C ₈₀ (dB) e.s. 86 dB	-11.4150	-6.6150	4.0350	-0.9400	-5.6400	-0.8250	-0.5400	0.7250

Πίνακας 17 : Τιμές C₈₀ σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό.

White Noise dB	Mean Absolute Error for M.L.S. method
50	0.2406
52	0.2610
54	0.2669
56	0.2664
58	0.2951
60	0.2699
62	0.4355
64	0.6114
66	1.4171
68	0.7226
70	1.9069
72	1.4665
74	2.6292

76	1.8897
78	3.2239
80	3.0204
82	2.6028
84	3.1844
86	2.5670

Πίνακας 18 : Τιμές M.A.E. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό για τον ακουστικό δείκτη C_{80} .

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
C_{80} (dB) 44 dB b.n. without external signal (e.s.)	-0.8100	-0.6250	7.6500	3.1300	4.2100	4.4100	6.6150	7.8350
C_{80} (dB) e.s. 50 dB	-0.7550	-0.57	7.4000	3.1900	4.0600	4.4150	6.5350	7.1800
C_{80} (dB) e.s. 52 dB	-0.6000	-0.605	7.3550	3.2700	3.9650	4.3100	6.5000	7.1200
C_{80} (dB) e.s. 54 dB	-1.1500	-0.635	7.4000	3.2600	4.0700	4.2500	6.4500	7.0650
C_{80} (dB) e.s. 56 dB	-0.7800	-0.61	7.4050	3.2750	4.0350	4.1900	6.3450	6.9900
C_{80} (dB) e.s. 58 dB	-1.1250	-0.655	7.3700	3.2750	3.8700	4.2150	6.3100	6.7450
C_{80} (dB) e.s. 60 dB	-0.8600	-0.605	7.2900	3.3950	3.6200	4.2500	6.1250	6.4250
C_{80} (dB) e.s. 62 dB	-1.2850	-0.585	7.2950	3.3050	3.5800	4.2000	5.7350	5.8950
C_{80} (dB) e.s. 64 dB	-1.2050	-0.63	7.3850	3.2150	3.4700	3.9700	5.4800	5.3900
C_{80} (dB) e.s. 66 dB	2.3000	1.55	6.0500	3.0100	2.9700	3.2200	4.1200	3.0500
C_{80} (dB) e.s. 68 dB	-0.8900	-0.575	7.3600	3.1050	2.6050	3.6400	4.3450	4.1250
C_{80} (dB) e.s. 70 dB	-2.1050	-0.755	7.2450	3.0950	1.8250	3.6400	3.6700	3.2150
C_{80} (dB) e.s. 72 dB	-1.8900	-0.965	7.3350	2.9250	0.9200	2.6100	2.1750	1.5100
C_{80} (dB) e.s. 74 dB	-3.6250	-0.83	7.1150	2.2250	0.0100	1.8750	0.7200	0.1550
C_{80} (dB) e.s. 76 dB	-2.3250	-0.415	6.9500	2.3950	-1.3050	0.9800	-0.4300	-0.9500
C_{80} (dB) e.s. 78	-6.2800	-1.735	6.4200	1.6700	-3.0300	-0.6300	-2.0050	-2.8350

dB								
C ₈₀ (dB) e.s. 80 dB	-7.8250	-1.085	6.5300	1.1000	-4.4750	-1.2200	-3.4100	-3.9600
C ₈₀ (dB) e.s. 82 dB	-3.8300	-2.8450	5.8050	0.0250	-5.5750	-3.4100	-5.4250	-5.9800
C ₈₀ (dB) e.s. 84 dB	-9.0200	-2.5750	5.3050	-0.7750	-7.3750	-4.2100	-6.2150	-6.5900
C ₈₀ (dB) e.s. 86 dB	-13.2300	-2.1250	4.3600	-2.9050	-8.4050	-5.5950	-7.7550	-7.5500

Πίνακας 19 : Τιμές C₈₀ σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό.

White Noise (e.s.) dB	Mean Absolute Error for E.S.S. method
50	0.3179
52	0.2991
54	0.2943
56	0.3112
58	0.3901
60	0.4813
62	0.6201
64	0.8124
66	1.3224
68	1.2855
70	1.6603
72	2.2658
74	2.7695
76	3.3075
78	3.9244
80	4.3743
82	4.8316
84	5.0640
86	5.2592

Πίνακας 20 : Τιμές Μ.Α.Ε. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο λευκό για τον ακουστικό δείκτη C₈₀.

A.2. Στενή Ζώνη Συχνοτήτων.

A.2.1.T60

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
T60(sec) b.n. 44 dB without external signal (e.s.)	1.4370	1.1980	1.1580	0.9800	0.8855	0.9005	0.7515	0.6205
T60(sec) e.s. 50 dB	1.9880	1.2535	1.1650	0.9790	0.9175	0.9030	0.8735	0.6220
T60(sec) e.s. 52 dB	1.2875	1.2595	1.1485	0.9830	0.9220	0.9100	0.8920	0.6250
T60(sec) e.s. 54 dB	1.6640	1.2195	1.1550	0.9570	0.9375	0.9110	0.8905	0.6190

T60(sec) e.s. 56 dB	1.3715	1.2855	1.1665	0.9740	0.9135	0.8925	0.8730	0.6220
T60(sec) e.s. 58 dB	2.7940	1.2900	1.1435	0.9690	0.9155	0.8895	0.8550	0.6120
T60(sec) e.s. 60 dB	1.8940	1.2605	1.1525	0.9690	0.8920	0.9100	0.9115	0.6270
T60(sec) e.s. 62 dB	1.7230	1.2900	1.1670	0.9600	0.8795	0.9020	0.8930	0.6195
T60(sec) e.s. 64 dB	1.1445	1.2355	1.1480	0.9290	0.8355	0.8705	0.8575	0.6105
T60(sec) e.s. 66 dB	1.9615	1.2640	1.1280	0.8870	0.8445	0.9165	0.8900	0.6245
T60(sec) e.s. 68 dB	1.8335	1.2525	1.1765	0.9365	0.8370	0.9140	0.8920	0.6305
T60(sec) e.s. 70 dB	1.5465	1.2280	1.1595	0.8980	0.8735	0.9085	0.8805	0.6305
T60(sec) e.s. 72 dB	1.8685	1.2580	1.1650	0.9015	0.7735	0.9080	0.8775	0.6320
T60(sec) e.s. 74 dB	1.6130	1.2710	1.1670	0.8570	0.7400	0.9040	0.8905	0.6270
T60(sec) e.s. 76 dB	1.6210	1.2425	1.1395	0.8875	0.6915	0.9185	0.8670	0.6205
T60(sec) e.s. 78 dB	1.6485	1.2265	1.1745	0.8125	4.1285	0.9050	0.8915	0.6285
T60(sec) e.s. 80 dB	1.4125	1.2290	1.1720	0.7755	0.6770	0.8915	0.8710	0.6105
T60(sec) e.s. 82 dB	1.7000	1.2370	1.0975	0.8830	0.9465	0.8980	0.8390	0.5870
T60(sec) e.s. 84 dB	1.6550	1.1515	1.1515	0.8680	0.8285	0.9100	0.8570	0.5965
T60(sec) e.s. 86 dB	2.2485	1.2475	1.1475	0.9130	0.4025	0.9000	0.8885	0.6205

Πίνακας 21 : Τιμές T60 σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων.

Narrow Band Noise (e.s.) dB	Mean Absolute Error for M.L.S. method both days
50	0.236099
52	0.095658
54	0.114085
56	0.058545
58	0.507194
60	0.199467
62	0.142515
64	0.134902
66	0.240086
68	0.157495
70	0.078287
72	0.179575
74	0.105240
76	0.089801
78	1.198569
80	0.102444
82	0.089788
84	0.114592
86	0.328318

Πίνακας 22 : Τιμές M.A.E. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων για τον ακουστικό δείκτη T60.

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
T60(sec) b.n. 44 dB without external signal (e.s.)	1.2795	1.2960	1.1895	0.9675	0.9835	0.9155	0.7725	0.5480
T60(sec) e.s. 50 dB	1.2305	1.2785	1.1970	0.9640	0.9345	0.9155	0.8425	0.5795
T60(sec) e.s. 52 dB	1.2905	1.3020	1.1465	0.9690	0.9330	0.9310	0.8600	0.5920
T60(sec) e.s. 54 dB	1.1910	1.3205	1.1540	0.9740	0.9175	0.9175	0.8615	0.5955
T60(sec) e.s. 56 dB	1.3265	1.2980	1.1360	0.9715	0.8720	0.9250	0.8635	0.5995
T60(sec) e.s. 58 dB	1.5040	1.2710	1.1395	0.9710	0.9250	0.9240	0.8700	0.5860
T60(sec) e.s. 60 dB	1.4910	1.3100	1.1175	0.9515	0.8590	0.9200	0.8615	0.5900
T60(sec) e.s. 62 dB	1.1045	1.2655	1.1425	0.9750	0.8150	0.9215	0.8650	0.5870
T60(sec) e.s. 64 dB	1.1890	1.3145	1.1290	0.9390	0.7715	0.9255	0.8740	0.5775
T60(sec) e.s. 66 dB	1.2115	1.2890	1.1745	0.9235	0.8320	0.9140	0.8805	0.5815
T60(sec) e.s. 68 dB	1.4235	1.2890	1.1755	0.9085	0.8555	0.9175	0.8720	0.5805
T60(sec) e.s. 70 dB	1.3245	1.2880	1.1455	0.8720	0.7325	0.9205	0.8715	0.5800
T60(sec) e.s. 72 dB	1.4030	1.2680	1.1715	0.8365	0.8080	0.9050	0.8715	0.5805
T60(sec) e.s. 74 dB	1.4745	1.2710	1.1980	0.8820	0.6560	0.9165	0.8805	0.5815
T60(sec) e.s. 76 dB	1.3125	1.3335	1.1410	0.8355	1.8980	0.9115	0.8770	0.5780
T60(sec) e.s. 78 dB	1.2520	1.3115	1.1235	0.8790	0.7470	0.9065	0.8745	0.5835
T60(sec) e.s. 80 dB	1.1340	1.2450	1.1390	0.8505	0.4285	0.9035	0.8775	0.5880
T60(sec) e.s. 82 dB	1.5730	1.3325	1.1305	0.8145	0.3690	0.9020	0.8620	0.5860
T60(sec) e.s. 84 dB	1.5205	1.2695	1.1580	0.8790	5.6230	0.9005	0.8650	0.5795
T60(sec) e.s. 86 dB	1.2990	1.2940	1.1300	0.9065	3.4885	0.8850	0.8345	0.5825

Πίνακας 23 : Τιμές T60 σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων.

Narrow Band Noise (e.s.) dB	Mean Absolute Error for E.S.S. method both days
50	0.0414
52	0.0623
54	0.0519
56	0.0711
58	0.1410
60	0.0984
62	0.0765
64	0.0744
66	0.0546
68	0.0625
70	0.0880
72	0.0804

74	0.1523
76	0.3740
78	0.0882
80	0.1819
82	0.2802
84	1.6143
86	0.9616

Πίνακας 24 : Τιμές Μ.Α.Ε. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων για τον ακουστικό δείκτη T60

A.2.2.E.D.T.

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
E.D.T.(sec) b.n. 44 dB without external signal (e.s.)	1.7090	0.9590	0.7160	0.9780	0.8520	0.8905	0.7540	0.5755
E.D.T.(sec) e.s. 50 dB	1.8655	0.9605	0.6990	0.9770	0.8565	0.8895	0.7645	0.5740
E.D.T.(sec) e.s. 52 dB	1.7300	0.9615	0.7060	0.9835	0.8720	0.9035	0.7590	0.5710
E.D.T.(sec) e.s. 54 dB	1.7580	0.9525	0.7140	0.9775	0.8535	0.8865	0.7720	0.5735
E.D.T.(sec) e.s. 56 dB	1.8095	0.9570	0.7150	0.9790	0.8490	0.8855	0.7715	0.5745
E.D.T.(sec) e.s. 58 dB	2.0895	0.9715	0.7170	0.9785	0.8380	0.9070	0.7600	0.5735
E.D.T.(sec) e.s. 60 dB	1.8035	0.9440	0.7170	0.9850	0.8350	0.9240	0.7485	0.5725
E.D.T.(sec) e.s. 62 dB	1.7040	0.9410	0.7140	0.9840	0.8420	0.9135	0.7565	0.5725
E.D.T.(sec) e.s. 64 dB	1.7560	0.9555	0.7030	0.9835	0.8300	0.8870	0.7565	0.5750
E.D.T.(sec) e.s. 66 dB	1.7105	0.9455	0.7190	1.0000	0.8350	0.8795	0.7500	0.5750
E.D.T.(sec) e.s. 68 dB	1.8455	0.9660	0.7170	0.9995	0.8100	0.8875	0.7480	0.5755
E.D.T.(sec) e.s. 70 dB	1.7675	0.9625	0.7235	0.9900	0.8555	0.8885	0.7450	0.5755
E.D.T.(sec) e.s. 72 dB	1.7960	0.9605	0.7100	0.9990	0.8085	0.8915	0.7530	0.5740
E.D.T.(sec) e.s. 74 dB	1.7440	0.9680	0.7140	0.9965	0.7775	0.8940	0.7500	0.5760
E.D.T.(sec) e.s. 76 dB	1.7490	0.9550	0.7280	0.9860	0.7515	0.8990	0.7525	0.5785
E.D.T.(sec) e.s. 78 dB	1.8045	0.9670	0.7265	0.9850	4.6570	0.9080	0.7515	0.5740
E.D.T.(sec) e.s. 80 dB	1.7640	0.9620	0.7310	0.9860	0.6280	0.8855	0.7475	0.5735
E.D.T.(sec) e.s. 82 dB	1.7660	0.9490	0.7195	0.9995	0.8975	0.8960	0.7500	0.5805
E.D.T.(sec) e.s. 84 dB	1.8165	0.9500	0.7045	0.9625	0.6570	0.8855	0.7555	0.5725
E.D.T.(sec) e.s. 86 dB	1.8740	0.9570	0.7225	0.9720	0.3515	0.8915	0.7390	0.5785

Πίνακας 25 : Τιμές E.D.T. σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων.

Narrow Band Noise (e.s.) dB	Mean Absolute Error for M.L.S. method
50	0.0716
52	0.0676
54	0.0205
56	0.0351
58	0.1443
60	0.0326
62	0.0100
64	0.0259
66	0.0130
68	0.0464
70	0.0264
72	0.0363
74	0.0514
76	0.0342
78	1.3645
80	0.1092
82	0.0254
84	0.1705
86	0.1788

Πίνακας 26 : Τιμές M.A.E. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων.

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
E.D.T.(sec) b.n. 44 dB without external signal (e.s.)	1.8125	0.9710	0.6915	0.9540	0.8550	0.8930	0.7225	0.5495
E.D.T.(sec) e.s. 50 dB	1.7105	0.9145	0.6960	1.0100	0.8870	0.8635	0.7465	0.5845
E.D.T.(sec) e.s. 52 dB	1.7770	0.9225	0.7050	1.0115	0.8800	0.8405	0.7315	0.5745
E.D.T.(sec) e.s. 54 dB	1.6985	0.9235	0.7020	1.0065	0.8805	0.8515	0.7350	0.5935
E.D.T.(sec) e.s. 56 dB	1.7860	0.9245	0.7055	1.0055	0.8630	0.8620	0.7305	0.5850
E.D.T.(sec) e.s. 58 dB	1.7540	0.9290	0.7020	1.0055	0.8695	0.8580	0.7295	0.5830
E.D.T.(sec) e.s. 60 dB	1.7085	0.9295	0.6975	1.0030	0.8395	0.8550	0.7295	0.5865
E.D.T.(sec) e.s. 62 dB	1.7685	0.9230	0.6990	1.0025	0.8540	0.8615	0.7385	0.5805
E.D.T.(sec) e.s. 64 dB	1.7075	0.9250	0.7015	1.0040	0.8600	0.8605	0.7405	0.5880
E.D.T.(sec) e.s. 66 dB	1.7865	0.9455	0.7000	1.0085	0.8895	0.8560	0.7435	0.5810
E.D.T.(sec) e.s. 68 dB	1.7235	0.9370	0.7030	1.0060	0.8645	0.8585	0.7455	0.5730
E.D.T.(sec) e.s. 70 dB	1.7115	0.9460	0.7055	1.0105	0.7860	0.8605	0.7460	0.5730
E.D.T.(sec) e.s. 72 dB	1.7190	0.9275	0.7005	1.0075	0.8155	0.8615	0.7465	0.5810
E.D.T.(sec) e.s. 74 dB	1.6940	0.9230	0.7030	1.0050	0.6600	0.8525	0.7455	0.5730
E.D.T.(sec)	1.7475	0.9250	0.7020	1.0095	1.7925	0.8515	0.7375	0.5785

e.s. 76 dB								
E.D.T.(sec) e.s. 78 dB	1.7760	0.9280	0.7030	0.9985	0.5610	0.8660	0.7430	0.5850
E.D.T.(sec) e.s. 80 dB	1.7820	0.9290	0.7025	1.0110	0.3095	0.8575	0.7485	0.5795
E.D.T.(sec) e.s. 82 dB	1.7975	0.9275	0.7055	0.9955	1.9390	0.8500	0.7450	0.5770
E.D.T.(sec) e.s. 84 dB	1.8145	0.9290	0.7000	0.9725	4.3270	0.8555	0.7490	0.5845
E.D.T.(sec) e.s. 86 dB	1.8555	0.9275	0.7010	0.9780	3.1990	0.8565	0.7425	0.5755

Πίνακας 27 : Τιμές E.D.T. σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων για τον ακουστικό δείκτη E.D.T.

Narrow Band Noise (e.s.) dB	Mean Absolute Error for E.S.S. method
50	0.0322
52	0.0229
54	0.0372
56	0.0189
58	0.0252
60	0.0369
62	0.0202
64	0.0347
66	0.0172
68	0.0289
70	0.0401
72	0.0359
74	0.0803
76	0.4020
78	0.1102
80	0.1819
82	0.5354
84	1.2180
86	1.0299

Πίνακας 28 : Τιμές M.A.E. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων.

A.2.3. $D_{50\%}$

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$D_{50\%}$ 44 dB b.n. without external signal (e.s.)	35.69	19.27	75.28	56.96	54.68	55.97	62.25	65.11
$D_{50\%}$ e.s. 50 dB	36.32	19.63	74.39	55.74	52.86	56.06	61.68	65.89
$D_{50\%}$ e.s. 52 dB	34.75	19.14	75.23	57.66	52.79	57.08	62.20	65.89
$D_{50\%}$ e.s. 54 dB	35.25	19.41	74.66	58.80	53.60	56.35	62.34	65.93
$D_{50\%}$ e.s. 56 dB	35.78	19.38	74.94	58.96	53.66	56.41	62.33	65.81
$D_{50\%}$ e.s. 58 dB	34.68	19.80	74.54	58.58	53.35	56.51	61.87	66.23
$D_{50\%}$ e.s.	35.21	19.76	74.55	58.73	52.20	56.53	62.10	65.61

60 dB								
D _{50%} e.s. 62 dB	34.99	19.66	74.79	59.05	53.23	57.23	61.90	65.49
D _{50%} e.s. 64 dB	35.73	19.75	74.14	55.94	50.06	56.35	62.53	65.96
D _{50%} e.s. 66 dB	36.23	19.44	74.90	57.75	48.40	56.17	62.12	66.14
D _{50%} e.s. 68 dB	36.61	19.46	74.84	57.51	48.72	56.30	61.72	66.07
D _{50%} e.s. 70 dB	36.32	19.48	74.58	57.70	43.90	56.59	62.08	66.26
D _{50%} e.s. 72 dB	36.62	19.54	74.53	57.40	40.61	56.58	62.07	66.06
D _{50%} e.s. 74 dB	38.00	19.61	74.71	57.09	33.95	56.40	62.31	65.77
D _{50%} e.s. 76 dB	34.69	19.73	74.35	57.33	33.89	56.30	62.15	65.78
D _{50%} e.s. 78 dB	38.08	19.73	74.57	56.80	23.75	56.19	62.36	65.95
D _{50%} e.s. 80 dB	36.04	19.73	74.35	54.64	23.05	55.96	62.24	66.01
D _{50%} e.s. 82 dB	35.33	19.70	74.89	54.35	15.40	56.62	61.87	66.19
D _{50%} e.s. 84 dB	35.42	19.71	74.58	51.63	14.23	56.42	62.07	66.00
D _{50%} e.s. 86 dB	35.34	19.93	74.41	51.29	11.21	56.30	62.10	65.67

Πίνακας 29 : Τιμές D_{50%} σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων.

Narrow Band Noise (e.s.) dB	Mean Absolute Error for M.L.S. method
50	0.64700
52	0.94590
54	0.85180
56	0.89080
58	0.90000
60	0.88940
62	0.70700
64	1.47410
66	2.09410
68	1.93140
70	3.57410
72	4.76450
74	7.07240
76	7.08140
78	10.6851
80	10.7802
82	13.5419
84	13.8558
86	14.9391

Πίνακας 30 : Τιμές M.A.E. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων.

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
D _{50%} 44 dB b.n. without external signal	37.44	19.12	75.72	55.58	53.12	57.02	61.53	67.07

(e.s.)								
D _{50%} e.s. 50 dB	36.50	18.94	75.72	57.62	53.22	57.52	61.00	66.79
D _{50%} e.s. 52 dB	38.85	19.12	75.08	58.05	52.57	57.80	61.61	66.91
D _{50%} e.s. 54 dB	35.68	19.13	75.40	57.95	53.84	57.32	61.43	66.01
D _{50%} e.s. 56 dB	40.49	19.26	75.40	58.01	52.78	57.97	60.96	65.97
D _{50%} e.s. 58 dB	38.11	19.28	75.38	57.715	51.67	57.84	61.27	66.22
D _{50%} e.s. 60 dB	36.00	19.33	75.37	57.74	52.14	57.71	61.48	66.09
D _{50%} e.s. 62 dB	37.85	19.43	75.30	57.65	49.76	57.84	61.06	65.61
D _{50%} e.s. 64 dB	35.54	19.43	75.31	57.72	48.03	57.45	61.24	65.90
D _{50%} e.s. 66 dB	37.82	19.69	74.95	57.48	44.83	57.90	61.33	65.17
D _{50%} e.s. 68 dB	34.36	19.55	75.32	57.65	42.09	57.70	61.29	65.79
D _{50%} e.s. 70 dB	35.43	19.49	75.28	58.14	38.97	57.48	61.03	65.77
D _{50%} e.s. 72 dB	36.43	19.41	75.36	58.32	31.93	57.44	61.48	65.74
D _{50%} e.s. 74 dB	35.81	19.53	75.38	57.49	29.50	57.40	61.44	65.36
D _{50%} e.s. 76 dB	37.57	19.55	75.17	56.98	20.89	57.27	61.55	65.41
D _{50%} e.s. 78 dB	38.82	19.50	75.39	56.29	15.86	58.11	61.36	65.65
D _{50%} e.s. 80 dB	37.07	20.26	75.14	55.51	12.09	57.29	61.06	65.72
D _{50%} e.s. 82 dB	37.67	19.52	75.36	54.13	07.74	56.75	61.65	65.46
D _{50%} e.s. 84 dB	39.92	19.51	75.28	51.88	06.68	57.42	61.36	65.81
D _{50%} e.s. 86 dB	40.76	19.55	75.38	48.47	06.30	57.72	60.90	66.34

Πίνακας 31 : Τιμές D50%. σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων.

Narrow Band Noise dB	Mean Absolute Error for E.S.S. method
50	00.7871
52	01.1178
54	00.9121
56	01.2386
58	00.9551
60	00.8527
62	01.2887
64	01.7660
66	02.6430
68	03.6421
70	04.6251
72	07.0079
74	07.8997
76	11.0276
78	12.7813
80	14.1860

82	15.6565
84	15.9097
86	15.9773

Πίνακας 32 : Τιμές Μ.Α.Ε. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων.

A.2.4.C₈₀

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
C ₈₀ (dB) 44 dB b.n. without external signal (e.s.)	-1.3700	-0.6050	7.5300	3.3250	4.2350	4.4300	6.3400	7.4500
C ₈₀ (dB) e.s. 50 dB	-1.0300	-0.5800	7.2850	3.1900	4.1300	4.3500	6.2650	7.6450
C ₈₀ (dB) e.s. 52 dB	-1.3700	-0.6700	7.5650	3.3050	4.1950	4.4200	6.2850	7.6750
C ₈₀ (dB) e.s. 54 dB	-1.2950	-0.6450	7.3300	3.3850	4.5100	4.2950	6.2150	7.5950
C ₈₀ (dB) e.s. 56 dB	-1.1800	-0.6450	7.4850	3.3850	4.4700	4.3250	6.1800	7.5800
C ₈₀ (dB) e.s. 58 dB	-1.5950	-0.6100	7.2900	3.3650	4.3600	4.2700	6.1550	7.6100
C ₈₀ (dB) e.s. 60 dB	-1.2700	-0.5950	7.3000	3.3850	4.0950	4.3200	6.2700	7.6050
C ₈₀ (dB) e.s. 62 dB	-1.4300	-0.6200	7.3700	3.4200	4.1500	4.3750	6.1950	7.6100
C ₈₀ (dB) e.s. 64 dB	-1.1100	-0.6000	7.1650	3.1050	3.6650	4.3800	6.2650	7.6200
C ₈₀ (dB) e.s. 66 dB	-1.0350	-0.6550	7.3950	3.2300	3.0150	4.3300	6.3550	7.6600
C ₈₀ (dB) e.s. 68 dB	-0.9350	-0.6500	7.4000	3.2700	2.9000	4.3900	6.3000	7.6000
C ₈₀ (dB) e.s. 70 dB	-1.0650	-0.6450	7.2500	3.2900	1.8200	4.2500	6.3300	7.6350
C ₈₀ (dB) e.s. 72 dB	-0.9300	-0.6350	7.2250	3.1800	1.1450	4.3400	6.2100	7.6750
C ₈₀ (dB) e.s. 74 dB	-0.7250	-0.6400	7.3350	3.1000	-0.6100	4.1950	6.3150	7.6600
C ₈₀ (dB) e.s. 76 dB	-1.5100	-0.6100	7.1850	3.1650	-0.7500	4.1700	6.3050	7.5900

C ₈₀ (dB) e.s. 78 dB	-0.7000	-0.6100	7.3100	3.0400	-2.8050	4.1800	6.2900	7.6300
C ₈₀ (dB) e.s. 80 dB	-1.1550	-0.6200	7.1650	2.6850	-3.8100	4.2500	6.3000	7.6050
C ₈₀ (dB) e.s. 82 dB	-1.2750	-0.6300	7.3850	2.5350	-6.7000	4.2100	6.1850	7.5150
C ₈₀ (dB) e.s. 84 dB	-1.4400	-0.6350	7.3200	2.2200	-6.5350	4.2350	6.1750	7.6150s
C ₈₀ (dB) e.s. 86 dB	-1.2350	-0.5700	7.2500	1.9850	-7.5550	4.3150	6.2150	7.5600

Πίνακας 33 : Τιμές C80 σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων.

Narrow Band Noise external signal (e.s.) dB	Mean Absolute Error for M.L.S. method
50	0.1394
52	0.0938
54	0.1285
56	0.1142
58	0.1408
60	0.1861
62	0.1917
64	0.3590
66	0.4739
68	0.5369
70	0.8164
72	1.0596
74	1.6401
76	1.6834
78	2.4180
80	2.7499
82	3.7744
84	3.7104
86	4.0738

Πίνακας 34 : Τιμές Μ.Α.Ε. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων για τον ακουστικό δείκτη C₈₀.

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
C ₈₀ (dB) 44 dB b.n. without external signal (e.s.)	-0.8100	-0.6250	7.6500	3.1300	4.2100	4.4100	6.6150	7.8350
C ₈₀ (dB) e.s. 50 dB	-1.0000	-0.5950	7.6500	3.1850	4.0300	4.4050	6.3000	7.3600
C ₈₀ (dB) e.s. 52 dB	-0.4750	-0.5550	7.4750	3.3300	3.8600	4.5050	6.4350	7.5850
C ₈₀ (dB) e.s. 54 dB	-1.1900	-0.5850	7.5500	3.2700	3.9450	4.5050	6.4700	7.3600

C ₈₀ (dB) e.s. 56 dB	-0.1050	-0.5450	7.5600	3.3150	3.8050	4.5500	6.4450	7.4200
C ₈₀ (dB) e.s. 58 dB	-0.6050	-0.5550	7.5600	3.3250	3.5650	4.5300	6.4650	7.5150
C ₈₀ (dB) e.s. 60 dB	-1.1000	-0.5650	7.5700	3.3300	3.7250	4.5100	6.4600	7.4350
C ₈₀ (dB) e.s. 62 dB	-0.7150	-0.5450	7.5450	3.3150	3.1000	4.5300	6.3600	7.4450
C ₈₀ (dB) e.s. 64 dB	-1.2200	-0.5400	7.5550	3.2850	2.5500	4.5300	6.3850	7.3550
C ₈₀ (dB) e.s. 66 dB	-0.6900	-0.5050	7.4450	3.2950	1.9200	4.6350	6.3200	7.3950
C ₈₀ (dB) e.s. 68 dB	-1.5250	-0.5350	7.5300	3.2650	1.1600	4.5600	6.3450	7.4700
C ₈₀ (dB) e.s. 70 dB	-1.1900	-0.5400	7.5250	3.2650	0.4800	4.6400	6.3300	7.4700
C ₈₀ (dB) e.s. 72 dB	-1.0250	-0.5600	7.5500	3.3000	-1.4800	4.6100	6.3850	7.3400
C ₈₀ (dB) e.s. 74 dB	-1.1900	-0.5400	7.5450	3.1700	-1.9000	4.5550	6.3200	7.4050
C ₈₀ (dB) e.s. 76 dB	-0.6750	-0.5200	7.4600	3.0500	-3.8350	4.6750	6.3700	7.3750
C ₈₀ (dB) e.s. 78 dB	-0.5450	-0.5500	7.5250	2.9650	-5.8700	4.6900	6.3600	7.3200
C ₈₀ (dB) e.s. 80 dB	-0.7600	-0.3550	7.4600	2.6850	-6.6250	4.7450	6.2500	7.3550
C ₈₀ (dB) e.s. 82 dB	-0.7500	-0.5450	7.5950	2.3700	-9.5000	4.6300	6.3600	7.3800
C ₈₀ (dB) e.s. 84 dB	-0.3550	-0.5700	7.4900	1.9400	-10.025	4.7250	6.2950	7.3450
C ₈₀ (dB) e.s. 86 dB	-0.2300	-0.5600	7.5000	1.2300	-10.980	4.8300	6.2850	7.4650

Πίνακας 35 : Τιμές C₈₀ σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων.

Narrow Band Noise (e.s.) dB	Mean Absolute Error for E.S.S. method
50	0.2006
52	0.2209
54	0.2238
56	0.3017
58	0.2568
60	0.2229
62	0.3707
64	0.5495
66	0.7569

68	1.0166
70	1.2309
72	1.9140
74	2.0784
76	2.7607
78	3.4645
80	3.7034
82	4.7302
84	4.8750
86	5.1874

Πίνακας 36 : Τιμές Μ.Α.Ε. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο Στενή Ζώνη Συχνοτήτων για τον ακουστικό δείκτη C₈₀.

A.3.Καθαρός Τόνος Ημιτόνου 1 kHz.

A.3.1.T60

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
T60(sec) b.n. 44 dB without external signal (e.s.)	1.4370	1.1980	1.1580	0.9800	0.8855	0.9005	0.7515	0.6205
T60(sec) e.s. 50 dB	1.3600	1.2130	1.1670	0.9420	0.9045	0.9020	0.8395	0.5975
T60(sec) e.s. 52 dB	1.5650	1.2730	1.1965	0.9605	0.8655	0.8955	0.8395	0.5925
T60(sec) e.s. 54 dB	1.6575	1.2285	1.1365	0.9780	0.849	0.9170	0.8550	0.6060
T60(sec) e.s. 56 dB	1.4205	1.2530	1.1840	0.9805	0.829	0.9115	0.8425	0.6010
T60(sec) e.s. 58 dB	1.5120	1.2490	1.2115	0.9545	0.797	0.9120	0.8540	0.6115
T60(sec) e.s. 60 dB	1.3005	1.2600	1.2010	0.9665	0.908	0.9090	0.8235	0.5925
T60(sec) e.s. 62 dB	1.4470	1.2275	1.1715	0.9600	0.821	0.9125	0.8575	0.6125
T60(sec) e.s. 64 dB	1.3820	1.2490	1.1520	0.9825	0.8925	0.9185	0.8505	0.6040
T60(sec) e.s. 66 dB	1.4560	1.2680	1.1880	0.9010	0.6595	0.9115	0.8285	0.5880
T60(sec) e.s. 68 dB	1.4265	1.2710	1.2040	0.8800	3.6395	0.9180	0.8430	0.6035
T60(sec) e.s. 70 dB	1.5600	1.2430	1.1960	0.9710	0.7545	0.9035	0.8315	0.6050
T60(sec) e.s. 72 dB	1.4880	1.2620	1.1780	0.8905	0.796	0.9155	0.8670	0.6080
T60(sec) e.s. 74 dB	1.3745	1.2110	1.1955	0.8995	3.7275	0.9055	0.8790	0.6090
T60(sec) e.s. 76 dB	1.2360	1.3720	1.0990	0.9740	6.603	0.8760	0.9040	0.6220
T60(sec) e.s. 78 dB	1.5215	1.2470	1.1655	0.8900	3.827	0.8760	0.8585	0.6075
T60(sec) e.s. 80 dB	1.4220	1.2960	1.1860	0.8720	3.836	0.8820	0.8585	0.6100

T60(sec) e.s. 82 dB	1.6300	1.1680	1.2620	0.8280	0.8800	0.9320	0.8300	0.5840
T60(sec) e.s. 84 dB	1.7820	1.1510	1.2780	0.9460	7.007	0.9390	0.8450	0.5730
T60(sec) e.s. 86 dB	1.7190	1.2760	1.2830	0.8210	1.174	0.9290	0.7980	0.5360

Πίνακας 37: Τιμές T60 σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz.

Sine 1kHz (e.s.) dB	Mean Absolute Error for M.L.S. method both days
50	0.0653
52	0.0937
54	0.1163
56	0.0698
58	0.0742
60	0.0896
62	0.0796
64	0.0638
66	0.1010
68	1.0173
70	0.0859
72	0.0860
74	1.0461
76	2.0313
78	1.0730
80	1.0935
82	0.0552
84	2.1039
86	0.0656

Πίνακας 38 : Τιμές M.A.E. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz για τον ακουστικό δείκτη T60.

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
T60(sec) b.n. 44 dB without external signal (e.s.)	1.2795	1.2960	1.1895	0.9675	0.9835	0.9155	0.7725	0.5480
T60(sec) e.s. 50 dB	1.3100	1.2780	1.1935	0.9650	0.9020	0.9145	0.8535	0.5605
T60(sec) e.s. 52 dB	1.2880	1.2565	1.2060	0.9785	0.8890	0.9250	0.8455	0.5600
T60(sec) e.s. 54 dB	1.2040	1.2610	1.1380	0.9800	0.8575	0.9135	0.8475	0.5580
T60(sec) e.s. 56 dB	1.1990	1.2595	1.1570	0.9820	0.8075	0.9155	0.8545	0.5585
T60(sec) e.s. 58 dB	1.4125	1.2470	1.1305	1.0100	0.8945	0.9130	0.8590	0.5600
T60(sec) e.s. 60 dB	1.2135	1.2510	1.1370	1.0015	0.8545	0.9225	0.8575	0.5605
T60(sec) e.s. 62 dB	1.2400	1.2635	1.1515	0.9910	0.8770	0.9160	0.8570	0.5605
T60(sec) e.s. 64 dB	1.1535	1.2875	1.1925	0.9685	0.8750	0.9260	0.8515	0.5550
T60(sec) e.s. 66 dB	1.0800	1.4200	1.1120	0.9830	0.5490	0.9050	0.8530	0.5690

T60(sec) e.s. 68 dB	1.3195	1.2720	1.2035	0.9730	3.8090	0.9225	0.8670	0.5585
T60(sec) e.s. 70 dB	1.3915	1.2475	1.1720	0.9635	3.8515	0.9145	0.8540	0.5660
T60(sec) e.s. 72 dB	1.3120	1.2620	1.1560	1.0020	3.7635	0.8850	0.8560	0.5480
T60(sec) e.s. 74 dB	1.2895	1.2545	1.1595	0.9620	4.0215	0.8925	0.8410	0.5435
T60(sec) e.s. 76 dB	1.1620	1.2650	1.1985	0.9695	3.7395	0.8625	0.8460	0.5470
T60(sec) e.s. 78 dB	1.1555	1.2385	1.1730	0.9650	3.8660	0.8490	0.8225	0.5625
T60(sec) e.s. 80 dB	1.2595	1.2570	1.1965	0.9425	3.7555	0.8555	0.8045	0.5480
T60(sec) e.s. 82 dB	1.7820	1.1480	1.2550	0.9410	0.8110	0.9140	0.8540	0.5530
T60(sec) e.s. 84 dB	1.2830	1.1640	1.2170	0.9520	7.0650	0.9280	0.8560	0.5420
T60(sec) e.s. 86 dB	1.4220	1.1740	1.2410	0.9570	0.7010	0.9230	0.8510	0.5350

Πίνακας 39 : Τιμές T60 σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz.

Sine 1kHz (e.s.) dB	Mean Absolute Error for E.S.S. method both days
50	0.0601
52	0.0441
54	0.0565
56	0.0812
58	0.0729
60	0.0667
62	0.0576
64	0.0606
66	0.1529
68	1.0015
70	1.0191
72	1.0348
74	1.1313
76	1.0225
78	1.0812
80	1.0847
82	0.1478
84	2.1495
86	0.0902

Πίνακας 40 : Τιμές M.A.E. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz για τον ακουστικό δείκτη T60 .

A.3.2.E.D.T.

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
E.D.T.(sec) b.n. 44 dB without external signal (e.s.)	1.7090	0.9590	0.7160	0.9780	0.8520	0.8905	0.7540	0.5755
E.D.T.(sec) e.s. 50 dB	1.7850	0.9520	0.6770	0.9855	0.8675	0.8490	0.6785	0.5705
E.D.T.(sec) e.s. 52 dB	1.7880	0.9465	0.7035	0.9850	0.8885	0.8565	0.6900	0.5740
E.D.T.(sec)	1.8410	0.9605	0.6975	0.9915	0.8620	0.8715	0.7150	0.5910

e.s. 54 dB								
E.D.T.(sec) e.s. 56 dB	1.8535	0.9515	0.6960	0.9855	0.8300	0.8635	0.7040	0.5780
E.D.T.(sec) e.s. 58 dB	1.8080	0.9485	0.6870	0.9950	0.8170	0.8575	0.7155	0.5790
E.D.T.(sec) e.s. 60 dB	1.8110	0.9525	0.6960	0.9920	0.8655	0.8680	0.7130	0.5775
E.D.T.(sec) e.s. 62 dB	1.7865	0.9470	0.6930	0.9880	0.8135	0.8615	0.7255	0.5680
E.D.T.(sec) e.s. 64 dB	1.7885	0.9550	0.7075	0.9855	0.8585	0.8615	0.7160	0.5720
E.D.T.(sec) e.s. 66 dB	1.8065	0.9610	0.6945	0.9880	0.5635	0.8560	0.7210	0.5710
E.D.T.(sec) e.s. 68 dB	1.8390	0.9580	0.7025	0.9860	4.4485	0.8730	0.7145	0.5675
E.D.T.(sec) e.s. 70 dB	1.8525	0.9555	0.7030	0.9835	0.7860	0.8605	0.7185	0.5795
E.D.T.(sec) e.s. 72 dB	1.8260	0.9550	0.6955	0.9770	0.8100	0.8545	0.7185	0.5745
E.D.T.(sec) e.s. 74 dB	1.8720	0.9620	0.6970	0.9795	4.1470	0.8640	0.7145	0.5825
E.D.T.(sec) e.s. 76 dB	1.5650	1.0970	0.8340	1.0440	7.0810	0.8980	0.6360	0.5650
E.D.T.(sec) e.s. 78 dB	1.7840	0.9695	0.7090	0.9775	3.9800	0.8595	0.7150	0.5815
E.D.T.(sec) e.s. 80 dB	1.8910	0.9640	0.6980	0.9825	3.8525	0.8610	0.7145	0.5765
E.D.T.(sec) e.s. 82 dB	2.0260	0.8360	0.5740	0.9180	0.8460	0.8380	0.7870	0.5940
E.D.T.(sec) e.s. 84 dB	1.9970	0.8290	0.5760	0.9180	8.9990	0.8480	0.7710	0.5880
E.D.T.(sec) e.s. 86 dB	2.0470	0.8420	0.5740	0.9090	1.1170	0.8440	0.7740	0.5610

Πίνακας 41 : Τιμές E.D.T. σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz.

Sine 1kHz (e.s.) dB	Mean Absolute Error for M.L.S. method
50	0.0373
52	0.0392
54	0.0440
56	0.0637
58	0.0448
60	0.0376
62	0.0465
64	0.0340
66	0.1375
68	1.3084
70	0.0730
72	0.0507
74	1.2173
76	2.1945
78	1.1149
80	1.1278
82	0.0605
84	2.8632
86	0.0933

Πίνακας 42 : Τιμές M.A.E. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz για τον ακουστικό δείκτη E.D.T.

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
E.D.T.(sec) b.n. 44 dB without external signal (e.s.)	1.8125	0.9710	0.6915	0.9540	0.8550	0.8930	0.7225	0.5495
E.D.T.(sec) e.s. 50 dB	1.8215	0.9685	0.6905	0.9645	0.8550	0.8545	0.6955	0.5705
E.D.T.(sec) e.s. 52 dB	1.7785	0.9745	0.6980	0.9575	0.8735	0.8680	0.6965	0.5605
E.D.T.(sec) e.s. 54 dB	1.8630	0.9725	0.6960	0.9645	0.8605	0.8580	0.6840	0.5545
E.D.T.(sec) e.s. 56 dB	1.7600	0.9760	0.6940	0.9665	0.8205	0.8600	0.7000	0.5555
E.D.T.(sec) e.s. 58 dB	1.7345	0.9840	0.7075	0.9660	0.8270	0.8565	0.6955	0.5590
E.D.T.(sec) e.s. 60 dB	1.7400	0.9760	0.7015	0.9715	0.8220	0.8465	0.6910	0.5525
E.D.T.(sec) e.s. 62 dB	1.8025	0.9840	0.7075	0.9600	0.8085	0.8575	0.6930	0.5540
E.D.T.(sec) e.s. 64 dB	1.6990	0.9820	0.7005	0.9665	0.8270	0.8520	0.6955	0.5610
E.D.T.(sec) e.s. 66 dB	1.5360	1.1080	0.8040	1.0330	0.6490	0.8680	0.6300	0.5680
E.D.T.(sec) e.s. 68 dB	1.7520	0.9550	0.7105	0.9610	4.3830	0.8465	0.7010	0.5680
E.D.T.(sec) e.s. 70 dB	1.7310	0.9820	0.7025	0.9610	4.1885	0.8565	0.7025	0.5620
E.D.T.(sec) e.s. 72 dB	1.7280	0.9780	0.7075	0.9625	3.9760	0.8575	0.6960	0.5610
E.D.T.(sec) e.s. 74 dB	1.7705	0.9775	0.7055	0.9650	4.3000	0.8650	0.6990	0.5510
E.D.T.(sec) e.s. 76 dB	1.7190	0.9810	0.7040	0.9735	3.9765	0.8710	0.7045	0.5525
E.D.T.(sec) e.s. 78 dB	1.8060	0.9820	0.6935	0.9710	3.8790	0.8485	0.6990	0.5500
E.D.T.(sec) e.s. 80 dB	1.7025	0.9935	0.6955	0.9665	3.8400	0.8485	0.7030	0.5520
E.D.T.(sec) e.s. 82 dB	1.9020	0.8710	0.5950	0.9000	0.8380	0.8610	0.7840	0.5550
E.D.T.(sec) e.s. 84 dB	1.8620	0.8740	0.5990	0.8970	9.0510	0.8730	0.7760	0.5420
E.D.T.(sec) e.s. 86 dB	1.9460	0.8860	0.5970	0.8980	0.6850	0.8780	0.7830	0.5360

Πίνακας 43 : Τιμές E.D.T. σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz

Sine 1kHz (e.s.) dB.	Mean Absolute Error for E.S.S. method
50	0.0135
52	0.0147
54	0.0229
56	0.0271
58	0.0316
60	0.0318
62	0.0248
64	0.0433
66	0.0663
68	1.2694
70	1.1998
72	1.1282

74	1.2340
76	1.1350
78	1.0940
80	1.1092
82	0.0540
84	2.8802
86	0.0649

Πίνακας 44 : Τιμές Μ.Α.Ε. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz για τον ακουστικό δείκτη Ε.Δ.Τ.

A.3.3 $D_{50\%}$.

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$D_{50\%}$ 44 dB b.n. without external signal (e.s.)	35.69	19.27	75.28	56.96	54.68	55.97	62.25	65.11
$D_{50\%}$ e.s. 50 dB	35.91	19.21	75.04	55.74	52.76	57.90	60.45	69.35
$D_{50\%}$ e.s. 52 dB	36.84	19.30	75.34	57.11	50.33	57.77	60.42	70.06
$D_{50\%}$ e.s. 54 dB	35.16	18.69	75.34	57.36	49.70	57.55	60.57	69.46
$D_{50\%}$ e.s. 56 dB	36.82	19.58	75.21	57.35	46.55	57.32	60.34	69.52
$D_{50\%}$ e.s. 58 dB	36.88	18.92	74.93	56.27	45.19	57.76	60.68	69.25
$D_{50\%}$ e.s. 60 dB	36.92	18.82	75.31	56.98	41.74	57.16	60.27	69.21
$D_{50\%}$ e.s. 62 dB	36.41	18.91	74.85	56.26	46.30	58.31	61.13	68.69
$D_{50\%}$ e.s. 64 dB	36.67	18.98	75.28	57.58	44.28	57.72	60.71	69.23
$D_{50\%}$ e.s. 66 dB	37.65	18.78	75.08	57.58	37.15	57.65	60.74	68.68
$D_{50\%}$ e.s. 68 dB	38.06	19.02	75.70	58.18	37.70	57.22	60.26	68.69
$D_{50\%}$ e.s. 70 dB	36.44	18.99	75.64	58.35	33.93	57.54	60.90	68.47
$D_{50\%}$ e.s. 72 dB	38.85	18.74	75.57	58.35	31.55	57.85	60.74	68.93
$D_{50\%}$ e.s. 74 dB	38.19	18.79	75.62	58.13	28.87	57.75	60.48	67.75
$D_{50\%}$ e.s. 76 dB	52.71	12.70	68.03	54.89	06.41	53.28	53.47	63.69
$D_{50\%}$ e.s. 78 dB	36.40	18.89	75.46	57.77	26.45	57.27	60.33	67.78
$D_{50\%}$ e.s. 80 dB	37.49	18.95	75.04	56.74	23.66	57.54	60.62	67.27
$D_{50\%}$ e.s. 82 dB	20.97	25.06	83.35	62.17	37.95	62.28	67.87	72.79
$D_{50\%}$ e.s. 84 dB	16.83	25.19	83.25	62.33	30.12	62.25	68.13	72.26
$D_{50\%}$ e.s. 86 dB	19.78	25.15	83.34	62.38	30.66	62.90	67.94	71.86

Πίνακας 45 : Τιμές $D_{50\%}$ σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz.

Sine 1kHz (e.s.) dB.	Mean Absolute Error for M.L.S. method
50	02.0658
52	02.8944
54	03.0107
56	03.8842
58	04.5083
60	05.6150
62	03.8420
64	04.6701
66	06.8055
68	06.8066
70	07.5340
72	08.2076
74	09.1035
76	16.2520
78	09.8804
80	10.6995
82	05.9003
84	08.6805
86	08.3587

Πίνακας 46 : Τιμές M.A.E. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz για τον ακουστικό δείκτη $D_{50\%}$.

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$D_{50\%}$ 44 dB b.n. without external signal (e.s.)	60.12	16.56	46.24	67.84	56.78	53.02	56.95	66.61
$D_{50\%}$ e.s. 50 dB	59.61	18.83	46.16	66.86	54.51	53.99	57.19	65.98
$D_{50\%}$ e.s. 52 dB	59.33	16.57	46.70	67.04	55.26	53.92	57.01	66.45
$D_{50\%}$ e.s. 54 dB	60.00	19.99	46.69	68.93	53.82	53.77	57.20	65.99
$D_{50\%}$ e.s. 56 dB	59.45	17.22	46.24	66.55	54.35	53.34	57.95	67.38
$D_{50\%}$ e.s. 58 dB	59.61	16.12	46.68	67.29	51.35	53.27	58.17	66.65
$D_{50\%}$ e.s. 60 dB	59.73	16.70	46.25	66.88	49.16	53.92	57.80	66.66
$D_{50\%}$ e.s. 62 dB	59.65	18.06	46.75	67.43	46.08	53.03	57.72	66.84
$D_{50\%}$ e.s. 64 dB	59.51	14.57	46.26	66.81	43.22	54.10	58.26	66.47
$D_{50\%}$ e.s. 66 dB	54.30	12.51	66.57	50.77	17.29	54.36	54.68	63.74
$D_{50\%}$ e.s. 68 dB	58.85	16.24	45.40	67.34	36.47	53.98	58.56	66.99
$D_{50\%}$ e.s. 70 dB	59.69	15.81	46.75	67.62	34.96	53.44	58.68	66.73
$D_{50\%}$ e.s. 72 dB	59.40	15.56	45.75	67.08	33.56	51.37	57.81	66.64
$D_{50\%}$ e.s.	59.78	17.15	46.74	66.86	34.78	48.42	57.67	66.71

74 dB								
D _{50%} e.s. 76 dB	59.81	15.33	46.67	67.96	33.69	50.31	56.64	66.48
D _{50%} e.s. 78 dB	59.69	17.09	46.50	67.77	33.42	41.32	57.76	66.56
D _{50%} e.s. 80 dB	59.16	15.67	46.83	66.73	33.65	39.12	57.98	66.37
D _{50%} e.s. 82 dB	64.38	17.44	26.14	82.98	62.73	37.11	58.84	69.81
D _{50%} e.s. 84 dB	63.87	17.31	26.28	82.57	63.21	31.07	61.77	70.59
D _{50%} e.s. 86 dB	63.12	21.13	26.11	82.77	63.61	25.34	61.09	69.82

Πίνακας 47 : Τιμές Μ.Α.Ε. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz για τον ακουστικό δείκτη D_{50%}.

Sine 1kHz (e.s.) dB.	Mean Absolute Error for E.S.S. method
50	01.8005
52	01.2109
54	02.5432
56	01.8642
58	02.7181
60	03.6133
62	04.7765
64	05.8325
66	12.6060
68	08.0061
70	08.6613
72	09.1873
74	09.8937
76	09.2796
78	11.1860
80	11.0536
82	05.0561
84	07.1066
86	09.2937

Πίνακας 48 : Τιμές Μ.Α.Ε. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz για τον ακουστικό δείκτη D_{50%}.

A.2.4. C₈₀

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
C ₈₀ (dB) 44 dB b.n. without external signal (e.s.)	-1.3700	-0.6050	7.5300	3.3250	4.2350	4.4300	6.3400	7.4500
C ₈₀ (dB) e.s. 50 dB	-0.8700	-0.4950	7.4950	3.2950	3.6350	4.29500	6.4750	7.9500
C ₈₀ (dB) e.s. 52 dB	-0.8700	-0.4550	7.5950	3.4500	2.8150	4.1900	6.4450	7.8650
C ₈₀ (dB) e.s. 54 dB	-1.2800	-0.6650	7.5600	3.4200	2.5850	4.0500	6.3050	7.5350
C ₈₀ (dB)	-0.8250	-0.4400	7.5150	3.4350	2.1400	3.9950	6.3900	7.7800

e.s. 56 dB								
C ₈₀ (dB) e.s. 58 dB	-0.8550	-0.6300	7.4350	3.2650	1.7400	4.1250	6.4000	7.7600
C ₈₀ (dB) e.s. 60 dB	-0.8900	-0.6500	7.5300	3.3250	0.8750	4.0900	6.4650	7.7950
C ₈₀ (dB) e.s. 62 dB	-0.8250	-0.6150	7.4250	3.3400	1.9250	4.1300	6.4200	7.8800
C ₈₀ (dB) e.s. 64 dB	-0.8350	-0.6200	7.5150	3.3650	1.4850	4.1550	6.3650	7.8300
C ₈₀ (dB) e.s. 66 dB	-0.6400	-0.6500	7.4750	3.3700	-0.2050	4.0850	6.4200	7.7950
C ₈₀ (dB) e.s. 68 dB	-0.5300	-0.6500	7.6300	3.4000	-0.2750	4.1150	6.3650	7.8100
C ₈₀ (dB) e.s. 70 dB	-1.0350	-0.6350	7.6100	3.3950	-1.1450	4.1950	6.3450	7.7550
C ₈₀ (dB) e.s. 72 dB	-0.3050	-0.7000	7.6200	3.4850	-1.8200	4.2500	6.3950	7.8550
C ₈₀ (dB) e.s. 74 dB	-0.4350	-0.6900	7.6150	3.5100	-2.9250	4.300	6.4450	7.6750
C ₈₀ (dB) e.s. 76 dB	2.3700	1.4900	6.2800	3.0700	-9.8300	3.3600	6.2200	6.9700
C ₈₀ (dB) e.s. 78 dB	-1.0450	-0.6600	7.5600	3.4350	-4.3550	4.2100	6.3850	7.7250
C ₈₀ (dB) e.s. 80 dB	-0.6300	-0.6400	7.4250	3.3150	-5.1350	4.1850	6.4900	7.7550
C ₈₀ (dB) e.s. 82 dB	-3.9200	-2.8400	8.9800	3.9100	0.2100	5.3600	6.8400	8.6600
C ₈₀ (dB) e.s. 84 dB	-4.9000	-2.8200	8.9500	3.9200	-1.5300	5.3700	6.9600	8.8100

Πίνακας 49 : Τιμές C₈₀ σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz.

Sine 1kHz (e.s.) dB.	Mean Absolute Error for M.L.S. method
50	0.2887
52	0.5333
54	0.5809
56	0.8305
58	0.9869
60	1.2863
62	0.9451
64	1.1101
66	1.6610
68	1.7164
70	1.8929
72	2.2090
74	2.6274

76	4.9880
78	2.9958
80	3.2851
82	1.3110
84	1.8969
86	1.9170

Πίνακας 50 : Τιμές Μ.Α.Ε. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz για τον ακουστικό δείκτη C_{80} .

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
C_{80} (dB) 44 dB b.n. without external signal (e.s.)	-0.8100	-0.6250	7.6500	3.1300	4.2100	4.4100	6.6150	7.8350
C_{80} (dB) e.s. 50 dB	-0.2850	-0.6150	7.4350	3.2350	3.2500	4.4100	6.7500	7.6950
C_{80} (dB) e.s. 52 dB	-0.7700	-0.5200	7.3150	3.4300	3.3150	4.3950	6.7350	7.8650
C_{80} (dB) e.s. 54 dB	-0.0300	-0.6450	7.6150	3.4350	2.9200	4.4700	6.7550	7.8600
C_{80} (dB) e.s. 56 dB	-0.6400	-0.5450	7.2700	3.4500	2.9300	4.4400	6.8100	7.9750
C_{80} (dB) e.s. 58 dB	-0.7950	-0.5750	7.4100	3.4000	2.3250	4.4350	6.7850	7.7950
C_{80} (dB) e.s. 60 dB	-0.7600	-0.5600	7.2700	3.3500	1.7950	4.5900	6.8500	7.8750
C_{80} (dB) e.s. 62 dB	-0.4550	-0.5850	7.4800	3.4400	0.9050	4.4250	6.8050	7.9000
C_{80} (dB) e.s. 64 dB	-1.2450	-0.5650	7.3000	3.3150	0.2700	4.6150	6.8700	7.8050
C_{80} (dB) e.s. 66 dB	2.6800	1.5400	5.8800	2.6400	-5.0500	3.5300	6.4800	6.8900
C_{80} (dB) e.s. 68 dB	-0.4150	-0.6250	7.1850	3.4100	-1.9250	4.4500	6.7850	7.6400
C_{80} (dB) e.s. 70 dB	-0.9650	-0.5850	7.4450	3.5250	-2.8300	4.3200	6.7350	7.7250
C_{80} (dB) e.s. 72 dB	-1.0500	-0.5000	7.1100	3.4700	-4.5350	4.4750	6.7600	7.7700
C_{80} (dB) e.s. 74 dB	-0.5850	-0.5550	7.3550	3.4550	-4.4550	4.4500	6.7150	7.7400
C_{80} (dB) e.s. 76 dB	-0.9500	-0.5900	7.4700	3.3650	-4.5100	4.2500	6.6250	7.7850
C_{80} (dB) e.s. 78	-0.5600	-0.6050	7.6050	3.2650	-5.8850	3.710	6.6450	7.8450

dB								
C ₈₀ (dB) e.s. 80 dB	-1.0450	-0.5900	7.3950	3.3350	-6.1050	3.1000	6.5550	7.6350
C ₈₀ (dB) e.s. 82 dB	-4.8500	-2.7000	8.8300	3.9000	0.24000	5.5000	7.1500	8.6400
C ₈₀ (dB) e.s. 84 dB	-4.9500	-2.6700	8.7200	4.0500	-1.3400	5.6700	7.1100	8.8500
C ₈₀ (dB) e.s. 86 dB	-4.0700	-2.7200	8.7800	4.0900	-3.4300	5.6800	7.0000	8.7900

Πίνακας 51 : Τιμές C₈₀ σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz.

Sine 1kHz (e.s.) dB.	Mean Absolute Error for E.S.S. method
50	0.5077
52	0.3738
54	0.6669
56	0.5120
58	0.7192
60	0.9132
62	1.2103
64	1.4349
66	3.3109
68	2.2098
70	2.5402
72	3.0450
74	3.0091
76	3.0471
78	3.4998
80	3.5393
82	1.2401
84	1.7855
86	2.5432

Πίνακας 52 : Τιμές M.A.E. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz για τον ακουστικό δείκτη C80.

A.4. Κρουστικός

A.4.1.RT60

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
T60(sec) b.n. 44 dB without external signal (e.s.)	1.4370	1.1980	1.1580	0.9800	0.8855	0.9005	0.7515	0.6205
T60(sec) e.s. 50 dB	1.3680	1.2805	1.1395	0.9895	0.9915	0.9015	0.8585	0.6015
T60(sec) e.s. 52 dB	1.7435	1.3415	1.1185	0.9840	0.9785	0.8985	0.8505	0.6010
T60(sec) e.s. 54 dB	1.6480	1.2235	1.1350	0.9720	0.9885	0.9105	0.8605	0.5930
T60(sec) e.s. 56 dB	1.4230	1.2960	1.1775	0.9825	0.9710	0.9175	0.8765	0.5910
T60(sec) e.s. 58 dB	1.7725	1.2190	1.1380	0.9880	0.9725	0.9185	0.8730	0.5875
T60(sec) e.s. 60 dB	1.7445	1.2775	1.1240	0.9845	0.9680	0.9145	0.8835	0.5985
T60(sec) e.s. 62 dB	1.5495	1.2570	1.1565	0.9865	0.9675	0.9130	0.8690	0.5965
T60(sec) e.s. 64 dB	1.3970	1.2510	1.1515	0.9825	0.9600	0.8950	0.8830	0.5895
T60(sec) e.s. 66 dB	1.6175	1.2730	1.0025	0.9115	0.9450	0.9145	0.8555	0.5895
T60(sec) e.s. 68 dB	1.8470	1.2050	1.1505	0.9690	0.9885	0.8875	0.8445	0.5890
T60(sec) e.s. 70 dB	1.6385	1.2070	1.1505	0.9865	0.9590	0.9080	0.8945	0.6075
T60(sec) e.s. 72 dB	1.6545	1.2520	1.1695	0.9700	0.9670	0.8915	0.8815	0.5890
T60(sec) e.s. 74 dB	1.9315	1.1610	1.1740	0.9840	0.9860	0.8965	0.8715	0.5910
T60(sec) e.s. 76 dB	1.4180	1.2955	1.1525	0.9770	0.9670	0.9050	0.8945	0.6030
T60(sec) e.s. 78 dB	1.6440	1.2595	1.1780	0.9915	0.9680	0.8965	0.8820	0.5940
T60(sec) e.s. 80 dB	1.3565	1.2575	1.1720	0.9800	0.9775	0.9020	0.8860	0.5985
T60(sec) e.s. 82 dB	2.4670	1.1700	1.2370	0.9710	0.9570	0.8990	0.8530	0.5730
T60(sec) e.s. 84 dB	1.6990	1.2020	1.2090	0.9740	0.9840	0.8670	0.7890	0.5690

Πίνακας 53 : Τιμές T60 σε οκταβική ανάλυση της M.L.S. μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό.

Impulsive (e.s.) dB	Mean Absolute Error for M.L.S. method both days
50	0.110435
52	0.162613
54	0.130661
56	0.069794
58	0.184621
60	0.154222
62	0.082651
64	0.074662
66	0.106475
68	0.182306
70	0.107455
72	0.130430
74	0.224029
76	0.066278
78	0.114772
80	0.090198
82	0.242228
84	0.041518

Πίνακας 54 : Τιμές Μ.Α.Ε. της Μ.Λ.Σ. μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο ημίτονο 1 kHz για τον ακουστικό δείκτη C80.

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
T60(sec) b.n. 44 dB without external signal (e.s.)	1.2795	1.2960	1.1895	0.9675	0.9835	0.9155	0.7725	0.5480
T60(sec) e.s. 50 dB	1.1840	1.2940	1.1420	0.9715	0.9575	0.8925	0.8075	0.5600
T60(sec) e.s. 52 dB	1.4560	1.3470	1.1515	0.9855	0.9525	0.9130	0.8075	0.5640
T60(sec) e.s. 54 dB	1.3055	1.2865	1.1080	0.9800	0.9550	0.9270	0.8400	0.5905
T60(sec) e.s. 56 dB	1.1515	1.2705	1.1220	0.9765	0.9660	0.9195	0.8275	0.6095
T60(sec) e.s. 58 dB	1.2525	1.2545	1.1265	0.9825	0.9790	0.9160	0.8600	0.6050
T60(sec) e.s. 60 dB	1.2490	1.3010	1.1420	0.9770	0.9870	0.9305	0.8775	0.6130
T60(sec) e.s. 62 dB	1.1110	1.2805	1.1085	0.9975	0.9735	0.9275	0.8770	0.5995
T60(sec) e.s. 64 dB	1.2405	1.2895	1.1170	0.9770	0.9805	0.9165	0.8750	0.5925
T60(sec) e.s. 66 dB	1.6495	1.3215	1.1590	0.9880	0.9835	0.9265	0.8715	0.5915
T60(sec) e.s. 68 dB	1.2325	1.2420	1.1305	0.9850	0.9900	0.9125	0.8710	0.6005
T60(sec) e.s. 70 dB	1.1520	1.2760	1.1625	0.9635	0.9740	0.9080	0.8895	0.5750
T60(sec) e.s. 72 dB	1.2300	1.2605	1.1305	0.9730	0.9970	0.9170	0.8720	0.4170
T60(sec) e.s. 74 dB	1.5960	1.2930	1.1375	0.9710	0.9840	0.9140	0.8800	0.5820
T60(sec) e.s. 76 dB	1.5365	1.2635	1.1615	0.9765	0.9860	0.9080	0.8700	0.5765
T60(sec) e.s. 78 dB	1.2890	1.2680	1.1260	0.9755	0.9700	0.9095	0.8700	0.5720
T60(sec) e.s. 80 dB	1.7130	1.2740	1.1390	0.9715	0.9775	0.9110	0.8795	0.5630
T60(sec) e.s. 82 dB	1.4700	1.2900	1.1600	0.9790	0.9820	0.9250	0.8430	0.5700
T60(sec) e.s. 84 dB	1.2950	1.1540	1.1690	0.984	0.9860	0.9030	0.8450	0.5560

Πίνακας 55 : Τιμές T60 σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό.

Impulsive (e.s.) dB	Mean Absolute Error for E.S.S. method both
50	0.071140
52	0.150559
54	0.048912
56	0.048643
58	0.077197
60	0.075505
62	0.066843
64	0.058002
66	0.127594

68	0.049051
70	0.050593
72	0.063176
74	0.157792
76	0.143250
78	0.048383
80	0.151862
82	0.051619
84	0.026742

Πίνακας 56 : Τιμές Μ.Α.Ε. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό για τον ακουστικό δείκτη T60 .

A.4.2.E.D.T.

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
E.D.T.(sec) b.n. 44 dB without external signal (e.s.)	1.7090	0.9590	0.7160	0.9780	0.8520	0.8905	0.7540	0.5755
E.D.T.(sec) e.s. 50 dB	1.8015	0.9650	0.7065	0.9720	0.8820	0.9170	0.7560	0.5510
E.D.T.(sec) e.s. 52 dB	1.7690	0.9765	0.6995	0.9655	0.8760	0.9080	0.7300	0.5445
E.D.T.(sec) e.s. 54 dB	1.8800	0.9740	0.7065	0.9680	0.8715	0.9015	0.7410	0.5535
E.D.T.(sec) e.s. 56 dB	1.7605	0.9750	0.7095	0.9685	0.8730	0.9070	0.7275	0.5515
E.D.T.(sec) e.s. 58 dB	1.7410	0.9860	0.7040	0.9705	0.8690	0.9045	0.7215	0.5635
E.D.T.(sec) e.s. 60 dB	1.8320	0.9895	0.7130	0.9635	0.8720	0.9290	0.7200	0.5690
E.D.T.(sec) e.s. 62 dB	1.8000	0.9800	0.7110	0.9680	0.8660	0.9130	0.7030	0.5615
E.D.T.(sec) e.s. 64 dB	1.7435	0.9900	0.7090	0.9700	0.8590	0.9220	0.7085	0.5530
E.D.T.(sec) e.s. 66 dB	1.8780	0.9790	0.7320	0.9830	0.8660	0.9095	0.7145	0.5520
E.D.T.(sec) e.s. 68 dB	1.8575	0.9730	0.7080	0.9730	0.8815	0.9095	0.7010	0.5495
E.D.T.(sec) e.s. 70 dB	1.7930	0.9785	0.7075	0.9750	0.8660	0.9120	0.7130	0.5475
E.D.T.(sec) e.s. 72 dB	1.7900	0.9675	0.7115	0.9690	0.8630	0.9085	0.7130	0.5445
E.D.T.(sec) e.s. 74 dB	1.8425	0.9745	0.7070	0.9730	0.8670	0.9105	0.7155	0.5445
E.D.T.(sec) e.s. 76 dB	1.7585	0.9795	0.7135	0.9745	0.8750	0.9220	0.7230	0.5420
E.D.T.(sec) e.s. 78 dB	1.7760	0.9685	0.7030	0.9785	0.8615	0.9120	0.7235	0.5405
E.D.T.(sec) e.s. 80 dB	1.7970	0.9840	0.7130	0.9800	0.8680	0.9170	0.7250	0.5455
E.D.T.(sec) e.s. 82 dB	2.1880	0.8650	0.5980	0.9150	0.8430	0.9500	0.7920	0.5220
E.D.T.(sec) e.s. 84 dB	2.0280	0.8670	0.5980	0.9000	0.8240	0.9370	0.7870	0.5250

Πίνακας 57 : Τιμές E.D.T. σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό.

Impulsive Noise dB	Mean Absolute Error for M.L.S. method
50	0.0354
52	0.0238
54	0.0562
56	0.0316
58	0.0226
60	0.0561
62	0.0383
64	0.0256
66	0.0695
68	0.0573
70	0.0336
72	0.0353
74	0.0456
76	0.0274
78	0.0360
80	0.0364
82	0.1132
84	0.0563

Πίνακας 58 : Τιμές M.A.E. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό για τον ακουστικό δείκτη E.D.T.

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
E.D.T.(sec) b.n. 44 dB without external signal (e.s.)	1.8125	0.9710	0.6915	0.9540	0.8550	0.8930	0.7225	0.5495
E.D.T.(sec) e.s. 50 dB	1.7115	1.0235	0.6935	0.9445	0.8675	0.8690	0.7830	0.5325
E.D.T.(sec) e.s. 52 dB	1.7345	1.0140	0.6880	0.9510	0.8570	0.8760	0.7630	0.5400
E.D.T.(sec) e.s. 54 dB	1.7955	0.9925	0.6940	0.9555	0.8540	0.8690	0.7715	0.5520
E.D.T.(sec) e.s. 56 dB	1.8105	0.9960	0.6935	0.9575	0.8455	0.8930	0.7890	0.5430
E.D.T.(sec) e.s. 58 dB	1.7890	0.9940	0.6930	0.9555	0.8325	0.8945	0.7660	0.5475
E.D.T.(sec) e.s. 60 dB	1.8270	0.9960	0.7000	0.9610	0.8285	0.8870	0.7685	0.5510
E.D.T.(sec) e.s. 62 dB	1.7425	0.9910	0.6970	0.9565	0.8570	0.8980	0.7540	0.5505
E.D.T.(sec) e.s. 64 dB	1.8210	0.9915	0.7015	0.9520	0.8625	0.9085	0.7530	0.5375
E.D.T.(sec) e.s. 66 dB	1.7790	0.9955	0.7005	0.9535	0.8685	0.9025	0.7495	0.5320
E.D.T.(sec) e.s. 68 dB	1.6545	0.9820	0.6990	0.9530	0.8840	0.9085	0.7425	0.5355
E.D.T.(sec) e.s. 70 dB	1.7095	0.9815	0.6995	0.9520	0.8585	0.9195	0.7410	0.5285
E.D.T.(sec) e.s. 72 dB	1.7265	0.9815	0.7035	0.9520	0.8660	0.9045	0.7515	0.5370
E.D.T.(sec) e.s. 74 dB	1.7810	0.9735	0.7015	0.9540	0.8780	0.9160	0.7535	0.5370
E.D.T.(sec) e.s. 76 dB	1.7185	0.9720	0.6990	0.9560	0.8685	0.9110	0.7440	0.5305

E.D.T.(sec) e.s. 78 dB	1.7835	0.9695	0.6985	0.9595	0.8670	0.9200	0.7425	0.5285
E.D.T.(sec) e.s. 80 dB	1.7000	0.9645	0.6990	0.9540	0.8815	0.9090	0.7485	0.5285
E.D.T.(sec) e.s. 82 dB	2.0930	0.8380	0.5970	0.8580	0.8610	0.9080	0.8000	0.5110
E.D.T.(sec) e.s. 84 dB	2.0430	0.8320	0.5960	0.8630	0.8630	0.9010	0.8170	0.5130

Πίνακας 59 : Τιμές E.D.T. σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό.

Impulsive Noise dB	Mean Absolute Error for E.S.S. method
50	0.0453
52	0.0312
54	0.0182
56	0.0209
58	0.0160
60	0.0174
62	0.0263
64	0.0129
66	0.0237
68	0.0617
70	0.0361
72	0.0333
74	0.0184
76	0.0350
78	0.0119
80	0.0387
82	0.0082
84	0.0101

Πίνακας 60 : Τιμές M.A.E. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό για τον ακουστικό δείκτη E.D.T.

A.4.3 $D_{50\%}$.

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$D_{50\%}$ 44 dB b.n. without external signal (e.s.)	35.69	19.27	75.28	56.96	54.68	55.97	62.25	65.11
$D_{50\%}$ e.s. 50 dB	37.39	18.71	74.76	56.53	52.47	59.90	60.25	66.54
$D_{50\%}$ e.s. 52 dB	35.14	18.83	73.52	57.88	51.90	59.76	60.01	66.67
$D_{50\%}$ e.s. 54 dB	38.18	19.10	73.02	57.00	52.37	60.19	59.63	66.66
$D_{50\%}$ e.s. 56 dB	36.56	19.00	73.23	57.20	52.55	59.15	59.50	66.24
$D_{50\%}$ e.s. 58 dB	35.02	19.30	73.55	57.34	52.22	59.25	59.86	66.50
$D_{50\%}$ e.s. 60	37.49	19.10	74.01	57.49	52.71	58.97	59.86	66.58

D _{50%} e.s. 62 dB	36.39	19.11	73.06	56.90	52.75	58.53	60.47	67.15
D _{50%} e.s. 64 dB	35.51	19.32	73.74	57.65	52.19	58.44	60.25	66.59
D _{50%} e.s. 66 dB	37.52	19.46	72.72	57.81	52.39	58.85	60.47	66.47
D _{50%} e.s. 68 dB	36.52	19.42	73.60	58.26	52.35	58.36	60.82	67.37
D _{50%} e.s. 70 dB	36.76	19.57	73.48	57.66	52.02	58.27	60.23	67.14
D _{50%} e.s. 72 dB	36.92	19.67	73.69	57.54	52.34	58.29	60.63	66.97
D _{50%} e.s. 74 dB	36.37	19.60	73.76	58.26	51.69	58.09	60.47	66.76
D _{50%} e.s. 76 dB	35.83	19.61	73.50	57.60	52.67	58.23	60.79	67.16
D _{50%} e.s. 78 dB	35.56	19.45	74.48	56.68	52.40	57.96	60.76	67.28
D _{50%} e.s. 80 dB	36.51	19.88	73.57	57.96	52.25	58.80	60.09	67.30
D _{50%} e.s. 82 dB	19.07	26.56	82.81	62.68	55.73	60.49	68.79	71.74
D _{50%} e.s. 84 dB	17.66	26.85	82.57	62.97	55.75	59.58	69.31	71.37

Πίνακας 61 : Τιμές D50% σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό.

Impulsive Noise (e.s.) dB	Mean Absolute Error for M.L.S. method
50	2.1153
52	2.0015
54	2.0577
56	1.7624
58	1.8798
60	1.7929
62	1.7680
64	1.5473
66	1.8380
68	1.8280
70	1.8054
72	1.6534
74	1.7061
76	1.5430
78	1.7469
80	1.6748
82	1.7527
84	1.6589

Πίνακας 62 : Τιμές Μ.Α.Ε. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό για τον ακουστικό δείκτη $D_{50\%}$.

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$D_{50\%}$ 44 dB b.n. without external signal (e.s.)	37.44	19.12	75.72	55.58	53.12	57.02	61.53	67.07
$D_{50\%}$ e.s. 50 dB	37.52	19.13	74.73	56.06	50.03	62.29	60.92	66.69
$D_{50\%}$ e.s. 52 dB	38.27	19.19	74.88	54.91	51.04	62.59	60.40	67.87
$D_{50\%}$ e.s. 54 dB	39.64	19.22	74.86	56.56	51.07	61.70	60.43	68.02
$D_{50\%}$ e.s. 56 dB	37.96	19.23	74.80	56.22	51.08	60.48	60.78	68.24
$D_{50\%}$ e.s. 58 dB	37.74	19.33	74.48	55.31	50.55	60.43	61.24	68.23
$D_{50\%}$ e.s. 60 dB	40.63	19.28	74.19	55.35	50.93	59.18	61.53	69.00
$D_{50\%}$ e.s. 62 dB	35.84	19.36	74.72	56.14	51.37	60.15	62.13	67.87
$D_{50\%}$ e.s. 64 dB	39.40	19.36	74.94	56.29	52.53	60.25	61.44	68.27
$D_{50\%}$ e.s. 66 dB	36.33	19.39	75.01	56.49	52.26	60.50	61.54	67.86
$D_{50\%}$ e.s. 68 dB	33.89	19.49	75.12	56.47	52.98	60.57	61.40	67.10
$D_{50\%}$ e.s. 70 dB	36.55	19.5	74.93	56.31	52.36	59.86	60.91	67.05
$D_{50\%}$ e.s. 72 dB	37.99	19.39	75.04	56.46	52.45	59.74	61.20	66.90
$D_{50\%}$ e.s. 74 dB	39.01	19.375	75.18	56.50	52.40	59.94	60.94	66.70
$D_{50\%}$ e.s. 76 dB	36.74	19.485	74.97	55.94	52.55	59.24	61.25	65.61
$D_{50\%}$ e.s. 78 dB	36.96	19.43	75.13	56.40	52.25	58.87	61.63	66.30
$D_{50\%}$ e.s. 80 dB	35.89	19.56	75.11	56.19	52.59	58.74	61.36	65.68
$D_{50\%}$ e.s. 82 dB	25.91	26.26	83.95	61.95	54.93	60.52	70.49	71.30

D ₅₀ % e.s. 84 dB	20.17	26.55	83.93	62.21	55.14	60.30	70.30	69.80
------------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Πίνακας 63 : Τιμές D₅₀% σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό.

Impulsive Noise (e.s.) dB	Mean Absolute Error for E.S.S. method
50	2.2257
52	1.9282
54	2.1088
56	1.6819
58	1.6275
60	1.9466
62	1.7295
64	1.5809
66	1.5463
68	2.5105
70	1.3249
72	1.3071
74	1.3778
76	1.1129
78	1.0711
80	1.1884
82	1.7296
84	0.7937

Πίνακας 64 : Τιμές M.A.E. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό για τον ακουστικό δείκτη D₅₀%.

A.4.4. C₈₀

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
C ₈₀ (dB) 44 dB b.n. without external signal (e.s.)	-1.3700	-0.6050	7.5300	3.3250	4.2350	4.4300	6.3400	7.4500
C ₈₀ (dB) e.s. 50 dB	-0.6600	-0.7350	7.4700	3.2750	3.7100	4.3600	6.4600	7.8050
C ₈₀ (dB) e.s. 52 dB	-1.3500	-0.6600	7.1600	3.3750	3.6250	4.3650	6.6700	7.9500
C ₈₀ (dB) e.s. 54 dB	-0.6000	-0.5950	7.0550	3.2700	3.8750	4.5000	6.5650	7.9150
C ₈₀ (dB) e.s. 56 dB	-1.0650	-0.6250	7.0900	3.3050	3.8050	4.3600	6.6550	7.9000
C ₈₀ (dB) e.s. 58 dB	-1.3750	-0.5950	7.1450	3.2800	3.7950	4.4500	6.7000	7.8250
C ₈₀ (dB) e.s. 60 dB	-0.8750	-0.6450	7.2350	3.3000	4.0200	4.4050	6.6700	7.8400

C ₈₀ (dB) e.s. 62 dB	-1.1250	-0.6250	7.0250	3.2650	3.9750	4.3900	6.8450	7.8900
C ₈₀ (dB) e.s. 64 dB	-1.3800	-0.6000	7.1800	3.3050	3.9850	4.3950	6.7600	7.9800
C ₈₀ (dB) e.s. 66 dB	-0.8750	-0.5950	6.8400	3.2200	4.0150	4.3550	6.7600	7.8700
C ₈₀ (dB) e.s. 68 dB	-0.8200	-0.5700	7.1500	3.2900	4.0450	4.4800	6.7800	7.8950
C ₈₀ (dB) e.s. 70 dB	-0.9950	-0.5600	7.0850	3.2650	4.0300	4.4650	6.6650	7.9400
C ₈₀ (dB) e.s. 72 dB	-1.0150	-0.5200	7.1550	3.2950	4.1950	4.4450	6.7350	7.9450
C ₈₀ (dB) e.s. 74 dB	-1.2650	-0.5550	7.1700	3.3450	4.0500	4.4450	6.6300	7.9450
C ₈₀ (dB) e.s. 76 dB	-1.3300	-0.5650	7.1100	3.2700	4.1450	4.3950	6.6050	8.0650
C ₈₀ (dB) e.s. 78 dB	-1.1700	-0.6050	7.4150	3.1000	4.1050	4.4300	6.6400	8.0800
C ₈₀ (dB) e.s. 80 dB	-1.0150	-0.5200	7.1050	3.2550	4.1150	4.5150	6.4750	8.0500
C ₈₀ (dB) e.s. 82 dB	-4.8900	-2.6700	8.7600	3.8500	4.5400	5.2100	6.7400	9.5500
C ₈₀ (dB) e.s. 84 dB	-4.9300	-2.6300	8.6900	3.8500	4.6800	5.1000	6.6700	9.3400

Πίνακας 65. : Τιμές C₈₀ σε οκταβική ανάλυση της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό.

Impulsive external signal (e.s.) dB	Mean Absolute Error for M.L.S. method
50	0.3244
52	0.3658
54	0.4430
56	0.3471
58	0.3185
60	0.2905
62	0.3166
64	0.3035
66	0.4015
68	0.3268
70	0.3076
72	0.2869
74	0.3155
76	0.3406
78	0.3336
80	0.3688
82	0.4791
84	0.4112

Πίνακας 66 : Τιμές M.A.E. της MLS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό για τον ακουστικό δείκτη C₈₀.

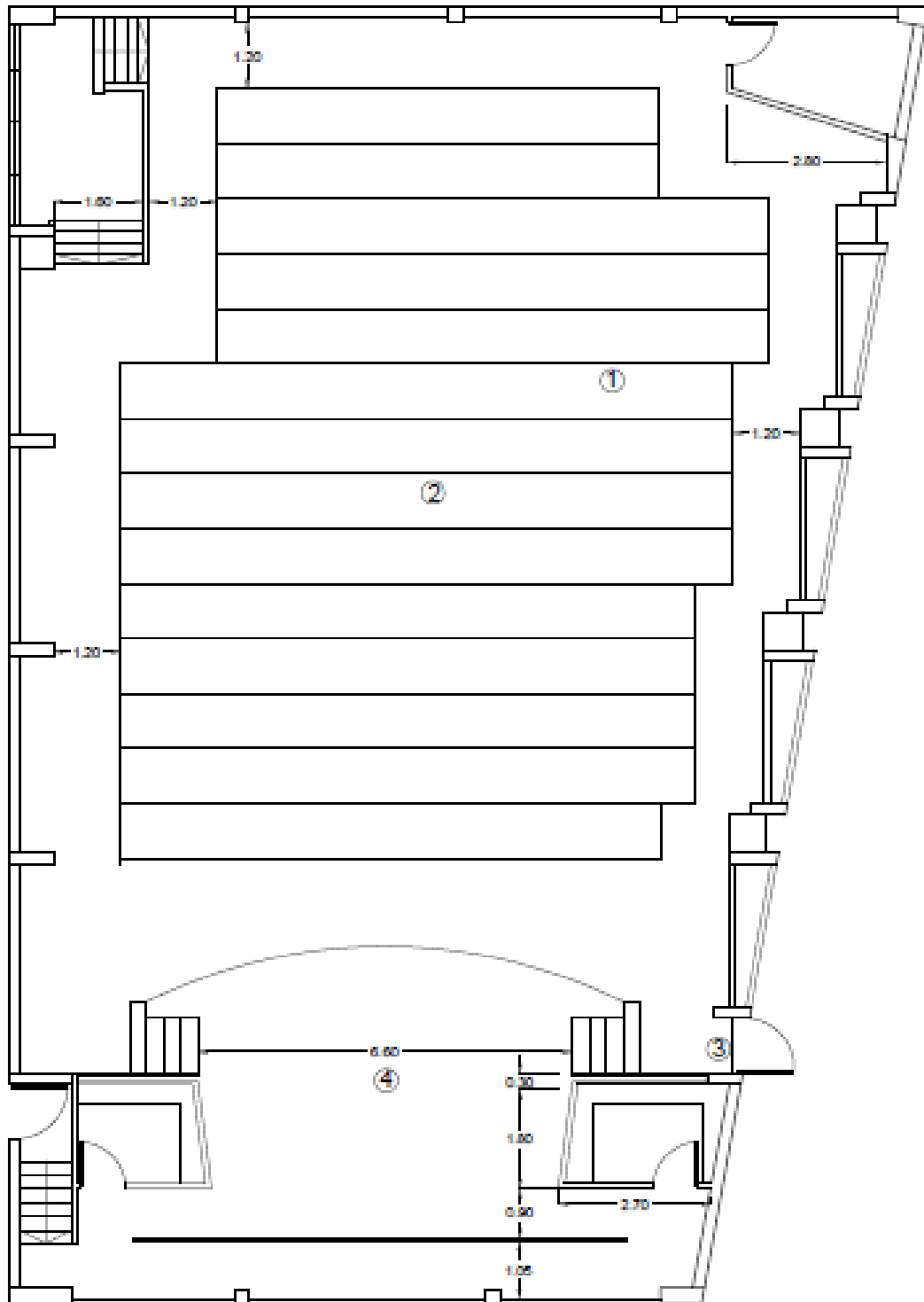
F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
C ₈₀ (dB) 44 dB b.n. without external signal (e.s.)	-0.8100	-0.6250	7.6500	3.1300	4.2100	4.4100	6.6150	7.8350
C ₈₀ (dB) e.s. 50 dB	-0.8200	-0.7300	7.5400	3.2250	3.2600	5.2850	5.3750	8.0850
C ₈₀ (dB) e.s. 52 dB	-0.6300	-0.7400	7.5450	2.9950	3.4000	5.2800	5.5000	8.2300
C ₈₀ (dB) e.s. 54 dB	-0.3650	-0.7000	7.4850	3.2000	3.5950	4.9350	5.9150	7.9600
C ₈₀ (dB) e.s. 56 dB	-0.6500	-0.6850	7.4750	3.1600	3.6400	4.6700	5.7750	8.2100
C ₈₀ (dB) e.s. 58 dB	-0.7650	-0.6750	7.3900	3.0650	3.5950	4.6950	6.0250	8.2250
C ₈₀ (dB) e.s. 60 dB	-0.1500	-0.6600	7.3200	3.1050	3.7200	4.6200	6.0700	8.2350
C ₈₀ (dB) e.s. 62 dB	-1.1300	-0.6650	7.4750	3.1150	3.7850	4.6800	6.2500	8.2300
C ₈₀ (dB) e.s. 64 dB	-0.4050	-0.6600	7.4950	3.1450	3.9200	4.8050	6.2250	8.3550
C ₈₀ (dB) e.s. 66 dB	-1.0650	-0.6800	7.5150	3.1550	3.8900	4.8150	6.2100	8.3950
C ₈₀ (dB) e.s. 68 dB	-1.2450	-0.6550	7.5500	3.1800	3.9100	4.8200	6.3150	8.2700
C ₈₀ (dB) e.s. 70 dB	-1.0400	-0.6350	7.5150	3.1300	3.9100	4.6200	6.3050	8.3550
C ₈₀ (dB) e.s. 72 dB	-0.7500	-0.6550	7.5450	3.1600	3.9650	4.6850	6.3150	8.1750
C ₈₀ (dB) e.s. 74 dB	-0.4650	-0.6400	7.5700	3.1900	3.9100	4.8000	6.2600	8.1150
C ₈₀ (dB) e.s. 76 dB	-1.9550	-5.5850	5.9950	1.8450	2.1400	3.4950	3.4250	5.6650
C ₈₀ (dB) e.s. 78 dB	-0.8950	-0.6350	7.5550	3.1200	4.0150	4.5850	6.4550	8.0800
C ₈₀ (dB) e.s. 80 dB	-1.1500	-0.6050	7.5450	3.1300	4.0100	4.5350	6.3400	8.0700
C ₈₀ (dB) e.s. 82 dB	-3.3600	-2.7100	9.1200	3.7100	4.2700	5.5700	6.5600	9.3000
C ₈₀ (dB) e.s. 84 dB	-4.4000	-2.6700	9.1100	3.7600	4.2500	5.6500	6.5300	9.2900

Πίνακας 67 : Τιμές C_{80} σε οκταβική ανάλυση της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό.

Impulsive external signal (e.s.) dB	Mean Absolute Error for E.S.S. method
50	0.5078
52	0.4472
54	0.3542
56	0.3233
58	0.2725
60	0.3739
62	0.2614
64	0.1953
66	0.2075
68	0.2921
70	0.2125
72	0.1692
74	0.1972
76	1.4447
78	0.1420
80	0.1720
82	0.2719
84	0.1092

Πίνακας 68 : Τιμές M.A.E. της ESS μεθόδου με εξωτερικό θόρυβο κρουστικό για τον ακουστικό δείκτη C_{80} .

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β : ΚΑΤΟΨΗ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ



Για την αρίθμηση των θέσεων που αναγράφονται στην κάτοψη του αμφιθεάτρου ισχύουν τα ακόλουθα:

1 = Πρώτη θέση τοποθέτησης μετρητικού μικροφώνου.

2 = Δεύτερη θέση τοποθέτησης μετρητικού μικροφώνου.

3 = Θέση τοποθέτησης εξωτερικής πηγής παραγόμενων τεχνικών θορύβων βάθους.

4 = Θέση τοποθέτησης δωδεκαέδρου μεγαφώνου.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ : ΜΕΣΟ ΑΠΟΛΥΤΟ ΣΦΑΛΜΑ

Ορισμός του Μέσου Απόλυτου Σφάλματος Mean Absolute Error :

Στις στατιστικές, το μέσο απόλυτο σφάλμα (MAE) είναι ένα μέτρο διαφοράς μεταξύ δύο συνεχών μεταβλητών. Υποθέτουμε ότι τα X και τα Y είναι μεταβλητές ζευγαρωμένων παρατηρήσεων που εκφράζουν το ίδιο φαινόμενο. Παραδείγματα του Y έναντι του X περιλαμβάνουν συγκρίσεις του προβλεπόμενου έναντι του παρατηρούμενου, επακόλουθου χρόνου έναντι του αρχικού χρόνου και μιας τεχνικής μέτρησης έναντι μιας εναλλακτικής τεχνικής μέτρησης. Εξετάστε ένα διάγραμμα διάσπασης των σημείων n , όπου το σημείο i έχει συντεταγμένες (x_i, y_i) ... Το μέσο απόλυτο σφάλμα (MAE) είναι η μέση κάθετη απόσταση μεταξύ κάθε σημείου και της γραμμής ταυτότητας. Η MAE είναι επίσης η μέση οριζόντια απόσταση μεταξύ κάθε σημείου και της γραμμής ταυτότητας.

Το Μέσο Απόλυτο Σφάλμα δίνεται από:

$$M.A.E. = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - x_i|}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n} . \quad 1$$

¹ Willmott, Cort J.; Matsuura, Kenji (December 19, 2005). "Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance". *Climate Research*. **30**: 79–82.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Dunn, C. and M.J. Hawksford, *Distortion immunity of MLS-derived impulse response measurements*. Journal of the Audio Engineering Society, 1993. 41(5): p. 314-335.
2. Stan, G.-B., J.-J. Embrechts, and D. Archambeau, *Comparison of different impulse response measurement techniques*. Journal of the Audio Engineering Society, 2002. 50(4): p. 249-262.
3. Vanderkooy, J., *Aspects of MLS measuring systems*. Journal of the Audio Engineering Society, 1994. 42(4): p. 219-231.
4. Vorländer, M. and M. Kob, *Practical aspects of MLS measurements in building acoustics*. Applied Acoustics, 1997. 52(3-4): p. 239-258.
5. Everest, F.A. and K.C. Pohlmann, *Master handbook of acoustics*. 2015.
6. Standard, I., *3382-1: 2009. Acoustics—Measurement of room acoustic parameters—Part 1: Performance spaces*. Genève: International Organization for Standardization, 2009.
7. Egan, M.D., J. Quirt, and M. Rousseau, *Architectural acoustics*. 1989, ASA.
8. Rossing, T.D., „*Springer Handbook of Acoustics*“, 2007. Springer.
9. Ευθυμιάτος, Δ., *Ακουστική και Κτιριακές Εφαρμογές—Θεωρία και Πράξη*. Παπασωτηρίου, Αθήνα, Ελλάδα, 2007.
10. <http://www.acoustic-glossary.co.uk/definitions-b.htm>.
11. Commission, I.E., *IEC 60050-191 International Electrotechnical Vocabulary*. Geneva: International Electrotechnical Commission, 1990.
12. Schroeder, M.R., *Integrated-impulse method measuring sound decay without using impulses*. The Journal of the Acoustical Society of America, 1979. 66(2): p. 497-500.
13. Farcas, A.C. and M.D. Topa, *On The Choice Of The Method For Obtaining The Room Impulse Response*. Acta Technica Napocensis, 2013. 54(1): p. 34.
14. Farina, A. *Impulse response measurements*. in *23rd Nordic Sound Symposium, Bolkesjø (Norway)*. 2007.
15. Bjor, O.H., *Maximum length sequence*. Norsonic AS, 2000. 28.
16. Policardi, F., *MLS and Sine-Sweep measurements*. Università di Bologna, Italia ELEKTROTEHNIŠKI VESTNIK, 2011. 78(3): p. 91-95.
17. Farina, A. *Simultaneous measurement of impulse response and distortion with a swept-sine technique*. in *Audio Engineering Society Convention 108*. 2000. Audio Engineering Society.
18. Farina, A. *Advancements in impulse response measurements by sine sweeps*. in *Audio Engineering Society Convention 122*. 2007. Audio Engineering Society.
19. -1, I., *Acoustics—Measurement of room acoustic parameters—Part 1: Performance spaces*. 2009, International Organization for Standardization Geneva, Switzerland.
20. Guidorzi, P., et al., *Impulse responses measured with MLS or Swept-Sine signals applied to architectural acoustics: an in-depth analysis of the two methods and some case studies of measurements inside theaters*. Energy Procedia, 2015. 78: p. 1611-1616.