

Περιεχόμενα

Αντί άλλου κειμένου...	5
0 Ένα ιστορικό του ήχου	13
1 Φυσικές ιδιότητες του ήχου	31
1.1 Ήχος, ηχητικό κύμα	31
1.2 Ηχητικό φάσμα, ακουστός ήχος	32
1.3 Ταχύτητα ήχου, περίοδος, συχνότητα, φαινόμενο Doppler	33
1.4 Οκτάβα, τριτοοκτάβα	34
1.5 Απλός-σύνθετος ήχος, μήκος κύματος	35
1.6 Ηχητικό πεδίο, ηχητική πίεση – πυκνότητα – ένταση – ενέργεια – ισχύς, ηχοδιάδοση, ηχομείωση, ηχοστάθμες	37
1.7 Ακουστότητα, ακοή, ισοακουστική καμπύλη, κατώφλια ακοής-πόνου	42
1.8 Κατευθυντικότητα ηχητικών πηγών, επικάλυψη	43
1.9 Παράμετροι εργαστηριακών ακουστικών μετρήσεων	45
1.10 Ηχόμετρο, μικρόφωνο, μεγάφωνο, φίλτρο συχνοτήτων, ηχοαναλυτής, λογισμικά ήχου	46
Φορητός ηλεκτρονικός υπολογιστής και λογισμικά ήχου, θορύβου, ακουστικής	48
2 Ήχος σε κλειστούς χώρους	51
2.1 Γεωμετρική ακουστική	51
2.2 Κυματική ακουστική	54
2.3 Ηχοανάκλαση	55
2.4 Ηχοαπορρόφηση	56
2.5 Ηχοδιάχυση	57

2.6	Ηχοπερίθλαση	59
2.7	Αντήχηση	60
2.8	Συνήχηση χώρου, χροιά	62
2.9	Υποκειμενικά κριτήρια ακουστικής	63

3 Ηχοαπορροφητικά υλικά και διατάξεις

3.1	Πορώδη ηχοαπορροφητικά υλικά	70
3.1.1	Ινόπλακες από φυτικές ίνες (ινόπλακες ψευδοροφών)	71
3.1.2	Πλάκες & παπλώματα από ορυκτές ίνες (υαλοβάμβακας, πετροβάμβακας, ορυκτοβάμβακας)	72
3.1.3	Πλάκες από αφρώδη πλαστικά (πολυουρεθάνη) και ηχοαπορροφητικές περσίδες	72
3.1.4	Μοκέτες, χαλιά, κουβέρτες, βαριές κουρτίνες	72
3.1.5	Ηχοαπορροφητές χώρου	74
3.1.6	Ηχοαπορρόφηση ακροατών & μουσικών, ηχοαπορροφητικά καθίσματα	75
3.1.7	Ηχοαπορρόφηση του αέρα	76
3.1.8	Ηχοαπορρόφηση οπών και ανοιγμάτων	76
3.2	Συνηχητές μεμβράνης, κοιλότητας	76
3.2.1	Συνηχητές μεμβράνης	76
3.2.2	Συνηχητές κοιλότητας, συνηχητές Helmholtz	77
3.3	Επιλογή, προδιαγραφές & κατασκευή ηχοαπορροφητικών υλικών και διατάξεων	79
3.3.1	Επιλογή του κατάλληλου απορροφητικού υλικού, προδιαγραφές	79
3.3.2	Κατασκευή ηχοαπορροφητικών υλικών	79
3.4	Μέτρηση του συντελεστή ηχοαπορρόφησης	81
3.4.1	Μέτρηση του συντελεστή ηχοαπορρόφησης, α, των υλικών, με τη μέθοδο του σωλήνα στάσιμων κυμάτων	83
3.4.2	Μέτρηση του συντελεστή ηχοαπορρόφησης, α, των υλικών, με τη μέθοδο της αίθουσας αντήχησης	83
3.5	Ανηχοϊκός θάλαμος	84
	Πίνακας με συντελεστές ηχοαπορρόφησης υλικών και διατάξεων	86
	Ορχήστρα, ακροατήριο/καθίσματα	86
	Κοινά δομικά υλικά & στοιχεία	86
	Ανοιγματα, οπές, πιτ, οθόνη	86
	Χαλιά, κουρτίνες	86
	Πορώδη ηχοαπορροφητικά υλικά	87
	Ηχοαπορροφητικά χώρου	87
	Συνηχητές μεμβράνης	88

4 Ακουστικός σχεδιασμός

4.1	Γεωμετρία του χώρου	90
4.1.1	Σχέση όγκου ανά ακροατή και χρήση χώρου	90
4.1.2	Βέλτιστες διαστάσεις μικρών χώρων για μουσική ακρόαση	91
4.1.3	“Καλός” απευθείας ήχος	92
4.1.4	Επαρκής ακουστότητα, κατάλληλο σχήμα χώρου, ελαχιστοποίηση των αποστάσεων	93
4.1.5	Κατευθυντικότητα ήχου και “κατάλληλα” σχήματα κατόψεων	93
4.1.6	Οπτικές χαράξεις για την άνεση θέας	94
4.1.7	Σχεδιασμός ηχοδιάχυσης	95
4.2	Γεωμετρικές χαράξεις ανακλαστήρων σε αίθουσες ακροατηρίου	98
4.2.1	Μέθοδος του ειδώλου της ηχητικής πηγής	102

4.2.2	Προσδιορισμός των ανακλαστών σε αίθουσα	102
4.2.3	Σχεδιασμός ανακλαστών σε υπάρχουσα επίπεδη οροφή	103
4.2.4	Προσδιορισμός των ανακλαστών σε αίθουσα, κάτοψη τραπέζιο, κλίση δαπέδου, επιφανειακή πηγή	104
4.2.5	Χάραξη ελλείψεων για την αποφυγή ακουστικών λαθών	104
4.2.6	Χάραξη ανακλαστών "οδοντωτού" σχήματος, σε περασιές	105
4.2.7	Κινητή ανακλαστική οροφή αίθουσας μεταβλητού όγκου	107
4.2.8	Μετασχηματισμός επίπεδων ανακλαστών σε κυρτούς	107
4.2.9	Κυρτός ανακλαστήρας για όλο το ακροατήριο	107
4.2.10	Σχεδιαστική λογική ανακλαστών	109
4.3	Ακουστικά λάθη αιθουσών	109
4.3.1	Ηχώ, καθυστερημένες ανακλάσεις, πολλαπλή ηχώ, εστίαση του ήχου, φαινόμενο Haas	109
4.3.2	Συζευγμένοι χώροι, παραμόρφωση, συνήχηση, ηχητική σκιά, ψιθυρισμός	112
4.4	Χρόνος αντήχησης	112
4.4.1	Βέλτιστος χρόνος αντήχησης	113
4.4.2	Πρόβλεψη του χρόνου αντήχησης μιας αίθουσας ακροατηρίου	113
4.4.3	Μέτρηση του χρόνου αντήχησης	114
4.4.4	Ευκρίνεια, άρθρωση συλλαβών %, άμεσος δείκτης μετάδοσης ομιλίας RASTI, δείκτης απώλειας κατανόησης συμφώνων % AIcons	115
4.5	Κατανομή ακουστικών παραμέτρων στο επίπεδο ακρόασης	116
4.5.1	Ηχογράμματα (κρουστική απόκριση της αίθουσας)	117
4.5.2	Απεικόνιση των διαδρομών των πρώιμων ανακλάσεων	118
4.5.3	Ηχητική ισχύς, G80 (dB) (Strength Index)	118
4.5.4	Κατανομή του ήχου, L (dB) (ισοσταθμικές καμπύλες)	119
4.5.5	Καταληπτότητα D50 (%) (Definition), (ισοφωνικές καμπύλες), διαύγεια ομιλίας C50 (dB) (ισοσταθμικές καμπύλες), δείκτες STI, RASTI	120
4.5.6	Διαύγεια, C80 (dB) (ισοσταθμικές καμπύλες)	120
4.5.7	Δείκτης πλευρικών ανακλάσεων LEF (%) (ισοφωνικές καμπύλες), δείκτης IACC, δείκτης ITDG	122
4.5.8	Προτεινόμενες τιμές κριτηρίων ακουστικής χώρου	123
4.6	Ακουστικά μοντέλα αιθουσών	123

5	Αίθουσες ομιλίας	127
5.1	Αμφιθέατρα, αίθουσες διδασκαλίας, αίθουσες συνεδρίων	129
5.2	Θέατρα	130
5.2.1	Θέατρο με προσκήνιο	132
5.2.2	Θέατρο ανοιχτής σκηνής	133
5.3	Αίθουσες ακροατηρίου με διάταξη αρένας	134
5.4	Θέατρα ανά τον κόσμο	135
5.4.1	Θέατρο "Regio" στο Τορίνο, Ιταλία, 1973	135
5.4.2	Θέατρο "Sogetsu Kaikan" στο Τόκυο, Ιαπωνία, 1977	135
5.4.3	Το πλωτό "Θέατρο του κόσμου", Βενετία, 1979	135
5.4.4	Maison de la Culture, Le Havre, Γαλλία, 1972-1983	136
5.4.5	Θέατρο "Le Corum" στο Montpellier, Γαλλία, 1984	136
5.4.6	Θέατρο στην Koriyama, Ιαπωνία, 1984	137
5.4.7	Αίθουσα κινηματογράφου "La Geode" στο Παρίσι, 1985	137
5.4.8	"Μεταφερόμενο" Θέατρο "Kara-Za" στο Σεντάι, στο Μιγιάγκι, στο Ασακούσα, στο Τόκυο, Ιαπωνία, 1988	137
5.4.9	Θέατρο "Performing Arts" στην "Ithaca", N.Y., ΗΠΑ, 1988	138

5.4.10	Θέατρο στη Maestranza, Ισπανία, 1992	138
5.4.11	Όπερα "Glyndebourne", Lewes, Αγγλία, 1994	139
5.4.12	Θέατρο στο San Jose, California, ΗΠΑ, 1997	139
5.4.13	Θέατρο Εταιρείας Μακεδονικών Σπουδών, Θεσσαλονίκη, 1997	140
5.4.14	Δημοτικό Θέατρο Βέροιας, 1999	140
5.4.15	Εθνικό Θέατρο Ρόδου, Teatro di Rodi, 1934, μετατροπές, 1977, πρόταση ανακατασκευής του εσωτερικού χώρου, 2006	141
5.4.16	Theatre "Agora", Lelystad, Netherlands, 2007	142
5.4.17	King Abdullah II House of Culture & Art in Amman, Jordan, 2008	142
5.4.18	Municipal Theater of Zafra, Spain, 2010	142
5.4.19	Run Run Shaw Creative Media Centre, Hong Kong, 2011	143
5.4.20	Kauffman Center for the Performing Arts, Kansas City, Missouri, USA, 2011	143
5.4.21	Heydar Aliyev Center Baku, Azerbaijan, 2012	143
5.4.22	Masrah Al Qasba Theatre, Sharjah, United Arab Emirates, 2012	143
5.4.23	Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων γυμνασίου "Σοφία Μιλιώτη" στην Αίγινα, 2014	145
5.4.24	M – Auditorium, Mumbai, Maharashtra, India, 2014	145
5.4.25	Harbin Cultural Center, China, 2015	146
5.4.26	Steve Jobs Theater, Apple Park, Cupertino, California, 2017	146
5.4.27	Θέατρα ανά τον κόσμο. Παραδείγματα εφαρμογής	147

6 Αίθουσες μουσικής

6.1	Ακουστική μουσικών οργάνων	151
6.1.1	Φάσμα, έκταση μουσικών οργάνων	152
6.1.2	Στάθμη ηχητικής ισχύος μουσικών οργάνων	153
6.1.3	Κατευθυντικότητα μουσικών οργάνων	153
6.1.4	Καμπύλες δονήσεων "κλάντι"	156
6.1.5	Ορχήστρες, είδη και διατάξεις	157
6.2	Ακουστική χώρου για μουσική	158
6.2.1	Όγκος, αντήχηση, απορρόφηση	159
6.2.2	Απευθείας ήχος, κλίση δαπέδου, μείωση των αποστάσεων, σχήματα κατόψεων, εξώστες	160
6.2.3	Ανάκλαση, ανακλαστήρες, διάχυση, διαχυτές	162
6.2.4	Κουβούκλιο ορχήστρας και κλιμακωτό πάλκο	164
6.2.5	Κριτήρια ακουστικής που διαφοροποιούνται ανάλογα με τη χρήση του χώρου	165
6.3	Αίθουσες συναυλιών	166
6.3.1	Διάταξη "κουτί παπουτσιών"	166
6.3.2	Διάταξη θέατρο με προσκήνιο	168
6.3.3	Διάταξη έκκεντρης αρένας	171
6.3.4	Διάταξη έκκεντρης αρένας με πολλές "περιοχές" πλατείας	172
6.3.5	Διάταξη έκκεντρης αρένας με πλευρικούς διαγώνιους ανακλαστήρες	174
6.3.6	Αίθουσες συναυλιών ανά τον κόσμο. Παραδείγματα εφαρμογής	177

7 Αίθουσες πολλαπλών χρήσεων

7.1	Μεταβλητός όγκος	181
7.2	Μεταβλητή ηχοαπορρόφηση	183
7.3	Κατασκευαστικές διατάξεις μεταβλητής ακουστικής	183
7.3.1	Κουρτίνες που ανοιγοκλείνουν	184
7.3.2	"Τυφλές" πόρτες που ανοιγοκλείνουν	184
7.3.3	Περσίδες που ανοιγοκλείνουν και περιστρέφονται	185

7.3.4	Κυλινδρικά στοιχεία που περιστρέφονται	185
7.3.5	Συρόμενα στοιχεία	185
7.3.6	Πρισματικοί διαχυτές που περιστρέφονται	186
7.3.7	Φουσκωτοί σωλήνες μεταβλητής ακουστικής	186
7.3.8	Αφαιρούμενα, μεταφερόμενα πλαίσια ακουστικών διατάξεων	186
7.3.9	Κινητοί ανακλαστήρες για το ακουστικό “κούρδισμα” της αίθουσας	187
7.4	Διάφορες αίθουσες πολλαπλών χρήσεων	187
7.4.1	Αίθουσα συναυλιών “Royal Concert Hall” στο Νότινγκχαμ, Αγγλία, 1982	187
7.4.2	Αίθουσα συναυλιών “Orchard” στο Dartford, Kent, Αγγλία, 1982	188
7.4.3	Αίθουσα συναυλιών “Derngate Centre” στο Northampton, Αγγλία, 1983	190
7.4.4	Μουσικό θέατρο “Ordway” στο St. Paul, Minnesota, ΗΠΑ, 1985	191
7.4.5	Κέντρο μουσικής στο Strathmore, Maryland, 2005	192
7.4.6	Κέντρο παραστατικών τεχνών “Valley” Πανεπιστήμιο Καλιφόρνιας, Northridge, 2010	192
7.4.7	Αίθουσα θεάτρου “Ffwrnes”, Llanelli, Wales, 2013	192
7.5	Αίθουσες δοκιμών ορχήστρας	193
7.6	Μεταβλητή ακουστική με τη χρήση ηλεκτρονικών μέσων	194
7.6.1	Βοηθούμενη συνήχηση (Assisted Resonance)	194
7.6.2	Άλλα ηλεκτρονικά συστήματα μεταβλητής ακουστικής χώρου	195

8	Υπαίθριοι χώροι παραστάσεων	197
8.1	Είδη υπαίθριων χώρων παραστάσεων	197
8.1.1	Αρχαία θέατρα & Αρχαία ωδεία	197
8.1.2	Νέα υπαίθρια θέατρα, υπαίθριοι χώροι συναυλιών	198
8.2	Αρχιτεκτονικός σχεδιασμός υπαίθριων χώρων για την επίτευξη καλής ακουστικής	199
8.2.1	Τοποθεσία χαμηλής ηχοστάθμης περιβάλλοντος	199
8.2.2	Κατευθυντικότητα φωνής και “κατάλληλα” σχήματα κατόψεων	199
8.2.3	Μέγεθος χώρου και μείωση ηχοστάθμης με την απόσταση	200
8.2.4	Άνεση θέας, καλός απευθείας ήχος, εγγύτητα ακροατηρίου, κλίση κοίλου	201
8.2.5	Ανακλάσεις για την ενίσχυση του απευθείας ήχου	202
8.2.6	Κουβούκλιο ορχήστρας, ακουστικά κελύφη, ακουστικά πετάσματα	203
8.3	Κριτήρια ακουστικής υπαίθριων χώρων	204
8.3.1	Χαμηλή ηχοστάθμη, λόγος σήματος προς θόρυβο	204
8.3.2	Δείκτες, κριτήρια “καλής” ακουστικής	204
8.4	Ηχοπροστασία υπαίθριων χώρων παραστάσεων	204
8.4.1	“Κλειστός” χώρος ακροατηρίου με “ανοιχτή” οροφή	205
8.4.2	Θόρυβος: μείωση στην πηγή, έλεγχος στη διαδρομή και προστασία του δέκτη	205
8.5	Υπαίθριοι χώροι παραστάσεων ανά τον κόσμο. Παραδείγματα εφαρμογής	206
8.5.1	Κουβούκλιο ορχήστρας “Hollywood Bowl”, 1926	206
8.5.2	Θέατρο “Minack”, Porthcurno, Cornwall, 1929	206
8.5.3	Κουβούκλιο χορωδίας και ορχήστρας, Ταλίν, 1959	207
8.5.4	“Μεταφερόμενο” θέατρο, εφελκυσμένη μεμβράνη, 1983	207
8.5.5	Υπαίθριο θέατρο “Alhambra”, Lahore, Πακιστάν, 1993	207
8.5.6	Υπαίθριο θέατρο Καλαμπάκας, 1993-94	208
8.5.7	Υπαίθριο θέατρο στη Ζαρκαδιά, Χρυσούπολη Καβάλας, 2002	208
8.5.8	Λυόμενο υπαίθριο θέατρο στον λόφο Τσάκου Δήμου Χολαργού, 2002	209
8.5.9	Περίπτερο “Jay Pritzker”, Millennium Park, Chicago, 2004	209
8.5.10	Υπαίθριο περίπτερο “Cloud Tower” για συναυλίες, Κάστρο Grafenegg, Βιέννη, 2007 ..	210
8.5.11	Υπαίθριος χώρος συνάθροισης, τζαμί “Sancaklar”, Κωνσταντινούπολη, 2012	211
8.5.12	Μεταφερόμενο ακουστικό κέλυφος, κουβούκλιο ορχήστρας, “Soundforms”, 2012	211
8.5.13	Μεταφερόμενη, φουσκωτή αίθουσα συναυλιών “Ark Nova”, 2013	212

9	Ωδεία	213
9.1	Εξασφάλιση ακουστικής άνεσης	213
9.1.1	Ηχοπροστασία πριν την ηχομόνωση	214
9.1.2	Έλεγχος θορύβου και κανονισμός ηχομόνωσης	215
9.1.3	Κανονισμός ηχομόνωσης-ηχοπροστασίας	216
9.1.4	Πλευρική ηχομετάδοση	218
9.1.5	Ασυνεχής κατασκευή	218
9.1.6	Μελέτη ηχομόνωσης	221
9.2	Ακουστική και ηχομόνωση ωδείου	222
9.2.1	Αίθουσα συναυλιών	222
9.2.2	Μεγάλες αίθουσες ωδείου	222
9.2.3	Αίθουσες ομαδικής διδασκαλίας	223
9.2.4	Μικροί χώροι ατομικής διδασκαλίας	223
9.2.5	Άλλοι χώροι	224
9.3	Αντιθορυβικός σχεδιασμός ωδείου	224
10	Στούντιο ηχογραφήσεων	227
10.1	Αίθουσα ηχογραφήσεων	228
10.1.1	Γεωμετρία, διαστάσεις, αναλογίες	228
10.1.2	Εξοπλισμός, μουσικά όργανα, ακουστικό κέλυφος, τοπικά ηχοπετάσματα	230
10.1.3	Χρόνος αντήχησης, απορρόφηση, διάχυση	231
10.1.4	Μεταβλητή ακουστική	231
10.2	Δωμάτιο ελέγχου	232
10.2.1	Διάταξη “ελαχιστοποίηση ανακλώμενου ήχου”, “Nonenvironment”	233
10.2.2	Διάταξη “ζωντανή περιοχή – νεκρή περιοχή”, “lede” (live end – dead end)	233
10.2.3	Διάταξη “ζώνη ελεύθερη ανακλάσεων”, “rfz” (reflection-free zone)	234
10.2.4	Διάταξη “έλεγχος των ανακλάσεων πολυκαναλικού ήχου”, “cid” (controlled image design)	234
10.2.5	Διάταξη “ατμοσφαιρικός-ανηχοϊκός χώρος”, “ambechoic” (ambient, anechoic) ...	235
10.2.6	Διάταξη “υβριδικό” δωμάτιο	236
10.2.7	Εξοπλισμός του δωματίου ελέγχου	236
10.2.8	Αντιθορυβικός σχεδιασμός	237
	Επίλογος	239
	Βιβλιογραφία.....	243