



«Ηχητικός σχεδιασμός ανοιχτών χώρων με το σύστημα ηχείων line array dV-Dosc της L-Acoustics μέσω του προγράμματος Soundvision για μουσική παράσταση ακουστικών οργάνων»

Σπουδαστής: Σολιδάκης Γιώργος AM:662
Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Παναγοπούλου Κατερίνα

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	7
Σύντομη Αναφορά στα Ιστορικά στοιχεία των Line Arrays	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ LINE ARRAY	9
2.1 Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ DR. HARRY OLSON	9
2.2 Η ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ H.OLSON ΣΤΗΝ ΠΡΑΞΗ	10
2.3 ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΝΟΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ LINE ARRAY	13
2.4 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ/ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΝΟΣ LINE ARRAY ΠΡΟΣΕΓΓΙΖΟΝΤΑΣ ΤΟ LINE SOURCE ARRAY	13
2.5 ΚΑΤΕΥΘΥΤΝΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ LINE ARRAY	14
2.6 ΦΥΣΙΚΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΛΥΣΕΙΣ ΑΥΤΩΝ	17
2.7 NEAR FIELD – FAR FIELD	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ ΤΩΝ LINE ARRAY ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	20
3.1 STUCK, FLOWN, HYBRID	20
3.2 FLAT/ ΚΑΜΠΥΛΩΣΗ ΤΩΝ LINE ARRAY	22
3.2.1 CURVED ARRAY	24
3.2.2 “J” SHAPED	26
3.2.3 SPIRAL ARRAY	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	31
4.1 ΤΙ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΕΙ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	31
4.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	31
4.2.1 DV-DOSC	31
4.2.2 DV-SUB	32
4.2.3 SB-218	32
4.3 ΚΥΜΑΤΟΔΗΓΟΣ DOSC	33
4.4 ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	35
4.5 SOUND VISION	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΗΧΗΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕ ΤΟ SOUND VISION	38
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	38
5.2 ΗΡΩΔΕΙΟ	38
5.3 ΤΕΧΝΟΠΟΛΙΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ	44
5.4 ΘΕΑΤΡΟ ΡΕΝΤΗ	63
5.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	76
Παράρτημα 1	
Παράρτημα 2	
Βιβλιογραφία	

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

φωτο 1,2: Συστοιχίες από ηχεία bass, mid bins και κόρνες.	7
φωτο 3: All in one ηχεία	7

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Σχήμα 2.1: Κατευθυντικά χαρακτηριστικά του line source σαν συνάρτηση του μήκους και του μήκους κύματος	9
Σχήμα 2.2: Διάδοση ήχου από σημειακή πηγή.	10
Σχήμα 2.3: Διάδοση ήχου από γραμμική πηγή άπειρου μήκους.	10
Σχήμα 2.4: Συχνότητα 100Hz, απόσταση μεταξύ των πηγών 0.85m (το ¼ του μήκους κύματος).	11
Σχήμα 2.5: Συχνότητα 100Hz, απόσταση μεταξύ των πηγών 1.7m (το ½ του μήκους κύματος).	11
Σχήμα 2.6: Συχνότητα 100Hz, απόσταση μεταξύ των πηγών 3.4m (όσο και το μήκος κύματος).	12
Σχήμα 2.7: Συχνότητα 100Hz, απόσταση μεταξύ των πηγών 5.1m (το 1+ ½ του μήκους κύματος).	12
Σχήμα 2.8: επίδραση comb filtering στην κατευθυντικότητα.	14
Σχήμα 2.9: Αναπαράσταση κατευθυντικότητας ανάλογα τη συχνότητα με δεδομένο μήκος συστοιχίας.	15
Σχήμα 2.10: Αναπαράσταση κατευθυντικότητας ανάλογα τη συχνότητα με δεδομένο μήκος συστοιχίας.	16
Σχήμα 2.11: Μετατροπέας Ribbon της Meyer Sound.	18
Σχήμα 2.12: Ribbon Emulation Manifold.	18

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Σχήμα 3.1: Πιθανή τοποθέτηση ενός stacked line array.	20
Σχήμα 3.2: Πιθανή τοποθέτηση ενός flown line array.	21
Σχήμα 3.3: Πιθανή τοποθέτηση ενός υβριδικού flown /stacked line array	22
Σχήμα 3.4: Γεωμετρική αναπαράσταση ενός arc line array	22
Σχήμα 3.5: Πολικά διαγράμματα flat array σε σχέση με το μήκος κύματος	23
Σχήμα 3.6: φωτογραφία ενός arc line array	24
Σχήμα 3.7: γεωμετρική αναπαράσταση ενός arc line array	24
Σχήμα 3.8: Κατευθυντικά χαρακτηριστικά ενός curved array	25
Σχήμα 3.9: Πολικά διαγράμματα curved array αναλόγως το μήκος κύματος	26
Σχήμα 3.10: Φωτογραφία ενός J shaped line array	26
Σχήμα 3.11: Γεωμετρική αναπαράσταση ενός J shaped line array	26
Σχήμα 3.12: Πολικά διαγράμματα για J-Array $\theta = 60$ degrees, and $A_L = A_C = 1$	27
Σχήμα 3.13: Πολικά διαγράμματα για J-Array $\theta = 60$ degrees, $A_L = 1$, and $A_C = 2$	28
Σχήμα 3.14: Γεωμετρική αναπαράσταση	29
Σχήμα 3.15: φωτογραφία των spiral line arrays ενός arithmetic spiral array	29
Σχήμα 3.16: Πολικά διαγράμματα απόκρισης ενός arithmetic spiral array 5m μήκος και $\Omega=45^\circ$	30

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Πίνακας 1: Εξοπλισμός του τμήματος «Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής».	31
Φωτο 1: Ηχείο dv-DOSC.	31
Φωτο 2: Ηχείο dv-SUB.	32
Φωτο 3: Ηχείο SB-218.	32
Φωτο 4: Ενισχυτές LA24a, LA48a και processor XTA.	33

Σχήμα 1: Conical Horn, Constant Directivity Horn.	33
Σχήμα 2: Ο κυματοδηγός DOSC.	34
Φωτο 5: Τσεκούρι Tomahawk.	34
Φωτο 6: Όψη του κυματοδηγού DOSC στο ηχείο dv-DOSC.	35
Σχήμα 3: Πλήρης καλωδίωση του συστήματος του ΤΕΙ «Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής».	36

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Σχήμα 5.1: SPL κάλυψη του Ηρώδειου με τα clusters στα 14m.	39
Σχήμα 5.2: Φασική απόκριση του Ηρώδειου για full range σήμα με τα clusters στα 14m.	39
Σχήμα 5.3: Αναπαράσταση SPL A weighted για το Ηρώδειο με full range σήμα με τα clusters στα 10m.	40
Σχήμα 5.4: SPL target του συστήματος στο Ηρώδειο με τα clusters στα 10m.	40
Σχήμα 5.5: Φασική απόκριση του Ηρώδειου.	41
Σχήμα 5.6: Εντασιακή κάλυψη του Ηρώδειου με flown ανάρτηση με τα dv-DOSC ως downfill.	42
Σχήμα 5.7: Φασική κάλυψη του Ηρώδειου με flown ανάρτηση με τα dv-DOSC ως downfill.	42
Σχήμα 5.8: Εντασιακή κάλυψη του Ηρώδειου με stacked τοποθέτηση.	43
Σχήμα 5.9: SPL target με stacked τοποθέτηση.	43
Σχήμα 5.10: Φασική κάλυψη του Ηρώδειου με stacked τοποθέτηση.	44
Σχήμα 5.11: Flown τοποθέτηση του συστήματος στο Τεχνόπολις.	45
Σχήμα 5.12: Μηχανικά στοιχεία του cluster dv-DOSC για Flown τοποθέτηση στο Τεχνόπολις.	46
Σχήμα 5.13: Source cutview για τα dv-DOSC.	47
Σχήμα 5.14: SPL A-weighted κάλυψη στο Τεχνόπολις για Flown τοποθέτηση με full range σήμα.	48
Σχήμα 5.15: Φασική απόκριση συστήματος στο Τεχνόπολις.	48
Σχήμα 5.16: Εντασιακή κάλυψη για την συχνότητα του 1KHz στο Τεχνόπολις.	49
Σχήμα 5.17: SPL κάλυψη για την συχνότητα των 500Hz στο Τεχνόπολις.	49
Σχήμα 5.18: SPL κάλυψη για τα 3150Hz στο Τεχνόπολις .	50
Σχήμα 5.19: Εντασιακή κάλυψη για τα 8000 Hz στο Τεχνόπολις.	51
Σχήμα 5.20: Stack τοποθέτηση του συστήματος στο Τεχνόπολις.	52
Σχήμα 5.20: Stack τοποθέτηση του συστήματος στο Τεχνόπολις.	53
Σχήμα 5.21 :Μηχανικά στοιχεία συστοιχίας για Stack τοποθέτηση στο Τεχνόπολις.	54
Σχήμα 5.22: Source cutview για stack τοποθέτηση στο Τεχνόπολις.	55
Σχήμα 5.23: SPL A-weighted κάλυψης για stacked τοποθέτηση με full range σήμα στο Τεχνόπολις.	55
Σχήμα 5.24: Φασική απόκριση συστήματος στο Τεχνόπολις.	56
Σχήμα 5.25: Εντασιακή κάλυψη για την συχνότητα των 500 κύκλων στο Τεχνόπολις.	56
Σχήμα 5.26: Εντασιακή κάλυψη για την συχνότητα των 1000 κύκλων στο Τεχνόπολις.	57
Σχήμα 5.27: Εντασιακή κάλυψη για την συχνότητα 3150Hz στο Τεχνόπολις.	57
Σχήμα 5.28: Εντασιακή κάλυψη για την συχνότητα 8000Hz στο Τεχνόπολις.	58
Σχήμα 5.29: Flown Downfill τοποθέτηση συστήματος στο Τεχνόπολις.	58
Σχήμα 5.30: SPL A-weighted κάλυψη για Downfill τοποθέτηση με full range σήμα στο Τεχνόπολις.	59
Σχήμα 5.31: Φασική απόκριση συστήματος για Downfill τοποθέτηση full range σήμα στο Τεχνόπολις	59
Σχήμα 5.32: Εντασιακή κάλυψη για την συχνότητα των 500 κύκλων στο Τεχνόπολις.	60
Σχήμα 5.33: Εντασιακή κάλυψη για το 1KHz στο Τεχνόπολις.	61
Σχήμα 5.34: Εντασιακή κάλυψη για την συχνότητα των 500 κύκλων στο Τεχνόπολις.	61
Σχήμα 5.35: Εντασιακή κάλυψη για τα 8KHz στο Τεχνόπολις.	62
Σχήμα 5.36: flown τοποθέτηση συστήματος στο θέατρο Ρέντη	63
Σχήμα 5.37: spl A weighted κάλυψη με full range σήμα στα 0db στο θέατρο Ρέντη	64
Σχήμα 5.38: spl A weighted κάλυψη για full range σήμα -9db στο θέατρο Ρέντη	64
Σχήμα 5.39: Φασική απόκριση συστήματος στο θέατρο Ρέντη	65
Σχήμα 5.40: Εντασιακή κάλυψη για την συχνότητα των 500 κύκλων στα 0db στο θέατρο Ρέντη	65
Σχήμα 5.41: Εντασιακή κάλυψη για την συχνότητα των 500 κύκλων στο θέατρο Ρέντη	66
Σχήμα 5.42: Εντασιακή κάλυψη για την συχνότητα των 1000 κύκλων στο θέατρο Ρέντη	66
Σχήμα 5.43: Εντασιακή κάλυψη για την συχνότητα των 3150Hz στο θέατρο Ρέντη	67
Σχήμα 5.44: Εντασιακή κάλυψη για τα 8KHz στο θέατρο Ρέντη	67
Σχήμα 5.45: Stack τοποθέτηση συστήματος στο θέατρο Ρέντη	68

Σχήμα 5.46: Spl A-weighted κάλυψη για full range σήμα στο θέατρο Ρέντη στα 0db	69
Σχήμα 5.47: Spl A-weighted κάλυψη για full range σήμα στο θέατρο Ρέντη στα -9db	70
Σχήμα 5.48: Φασική απόκριση συστήματος στο θέατρο Ρέντη	71
Σχήμα 5.49: Εντασιακή κάλυψη για τα 500Hz στο θέατρο Ρέντη	72
Σχήμα 5.50: Εντασιακή κάλυψη για τα 1000Hz στο θέατρο Ρέντη	72
Σχήμα 5.51: Εντασιακή κάλυψη για τα 3150Hz στο θέατρο Ρέντη	73
Σχήμα 5.52: Εντασιακή κάλυψη για τα 8KHz στο θέατρο Ρέντη	73
Σχήμα 5.53: downfill τοποθέτηση συστήματος στο θέατρο Ρέντη	74
Σχήμα 5.54: Spl A-weighted κάλυψη για full range σήμα στο θέατρο Ρέντη 0 db	75
Σχήμα 5.55: Spl A-weighted κάλυψη για full range σήμα στο θέατρο Ρέντη στα -9db	75
Σχήμα 5.56: Φασική απόκριση συστήματος στο θέατρο Ρέντη	76
Σχήμα 5.57: Εντασιακή κάλυψη για τα 500Hz στο θέατρο Ρέντη	77
Σχήμα 5.58: Εντασιακή κάλυψη για το 1KHz στο θέατρο Ρέντη	77
Σχήμα 5.59: Εντασιακή κάλυψη για το 3150Hz στο θέατρο Ρέντη	78
Σχήμα 5.60: Εντασιακή κάλυψη για το 3150Hz στο θέατρο Ρέντη	78

Περίληψη

Η πτυχιακή εργασία έχει θέμα τον ηχητικό σχεδιασμό ανοιχτών χώρων με το σύστημα ηχείων line array dV-Dosc της L-Acoustics μέσω του προγράμματος Soundvision για μουσική παράσταση ακουστικών οργάνων.

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας αυτής είναι η μελέτη βέλτιστης τοποθέτησης και ρύθμισης του συστήματος ηχείων line array dV-Dosc της L-Acoustics στις απαιτήσεις του εκάστοτε χώρου και συγκριτική μελέτη των προτεινόμενων τοποθετήσεων στον κάθε χώρο ξεχωριστά. Επιπλέον μελετούνται οι περιπτώσεις που το σύστημα καλύπτει ιδανικά τον χώρο, η περίπτωση που είναι ανίκανο να τον καλύψει λόγω μεγάλου μεγέθους του χώρου και τέλος η περίπτωση που το σύστημα δεν μπορεί να λειτουργήσει στα πλαίσια της θεωρίας των Line Array, λόγω του μικρού μεγέθους του χώρου.

Το θεωρητικό μέρος απαρτίζεται από πέντε κεφάλαια. Στο πρώτο παρατίθενται τα ιστορικά στοιχεία που οδήγησαν στην κατασκευή των σημερινών συστημάτων. Εν συνέχεια στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται η θεωρία των Line Arrays και καλύπτει τους βασικούς άξονες, κανόνες λειτουργίας τέτοιων συστημάτων. Έπειτα το τρίτο κεφάλαιο καλείται να αναπτύξει τους τρόπους ανάρτησης αυτών, με τα αντίστοιχα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που αυτά εμφανίζουν. Επιπλέον στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο εξοπλισμός που διαθέτει το ΤΕΙ «Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής» και το πρόγραμμα με το οποίο θα γίνει ο ηχητικός σχεδιασμός των χώρων προς κάλυψη. Τέλος στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύονται οι χώροι και παρουσιάζεται ο ηχητικός σχεδιασμός βήμα προς βήμα.

Συμπερασματικά τα Line Array δεν αποτελούν μοναδική λύση για την ηχητική κάλυψη ενός χώρου και όταν κλιθούν να αναλάβουν αυτό το ρόλο, η τοποθέτησή τους εξαρτάται από διάφορους παράγοντες που πολλές φορές δεν έχουν γνώμονα την ιδανική τοποθέτηση του συστήματος. Όλοι οι τρόποι ανάρτησης παρουσιάζουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα με αυτούς των flown και hybrid να κερδίζουν ολοένα και περισσότερο έδαφος. Ο κυλινδρικός τρόπος διάδοσης απέχει ακόμη πολύ από την καθολική του εφαρμογή, όμως όλη η βιομηχανία σημειώνει σημαντική πρόοδο και σε αυτόν τον τομέα.

Κεφάλαιο 1

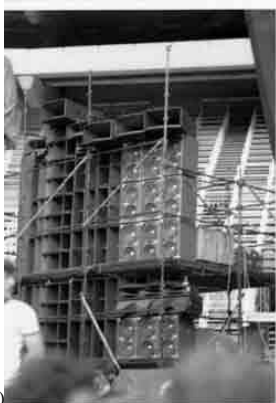
Σύντομη αναφορά στα Ιστορικά Στοιχεία των Line-Arrays

Η ιδέα του Line source υπάρχει πάνω από 100 χρόνια. Η πρώτη αναφορά σε αυτήν χρονολογείται γύρω στο 1896, από τον John William Strutt, 3rd Baron Rayleigh στο βιβλίο “The theory of sound vol.II”. Το έτος 1957 ο Dr. Harry Olson περιέγραψε και έθεσε τις βάσεις για τα Line-Arrays, στο βιβλίο του “Acoustical Engineering”.

Η πιο πρώιμη μορφή Line-Array ηχείων ή αλλιώς «ηχεία στήλης» -μια μακριά κάθετη στήλη που απαρτίζεται από πολλά μεγάφωνα μικρού διαμετρήματος- ήταν πολύ διαδεδομένη στις δεκαετίες των ‘50s, ‘60s και ‘70s, επειδή παρείχαν την δυνατότητα να αναπαράγουν με εξαιρετική διαύγεια και σαφήνεια ακόμη και σε χώρους με αντήχηση, το συχνοτικό εύρος που παρουσιάζει η ανθρώπινη φωνή. Επιπλέον για αυτές τις συστοιχίες ηχείων πιστευόταν ότι μπορούσαν να διανέμουν τον ήχο μέχρι και τον τελευταίο ακροατή, χωρίς να είναι απαγορευτική η ένταση τους για τους ακροατές στις μπροστινές θέσεις των συναυλιακών χώρων. Παρόλα αυτά υστερούσαν στη μέγιστη ένταση και συχνοτική απόκριση, καθώς μπορούσαν να αναπαράγουν επαρκώς ένα περιορισμένο συχνοτικό εύρος, από τα 100Hz μέχρι τα 5KHz. Σε συχνότητες άνω αυτών των ορίων παρουσιάζονταν μία εξασθένηση της τάξεως των 12dB SPL/oct.

Το μεγάλο πρόβλημα που αντιμετώπιζε η τότε κοινότητα των μηχανικών ήχου στα συστήματα ενίσχυσης αυτού, ήταν η συχνοτική και εντασιακή ανομοιογένεια που παρουσίαζαν στον εκάστοτε χώρο τα ηχητικά κύματα, ως συνέπεια της ανεξέλεγκτης αλληλεπίδρασή τους. Στην δεκαετία του 1970 η βρετανική Martin Audio, η Forsyth (που μετονομάστηκε σε EAW σήμερα) και η Hz Sound με τις καινοτομίες που εφάρμοσαν στο χώρο ως προς την flat συχνοτική συμπεριφορά του ηχείου (κατασκευάζοντας τις κατάλληλες κόννες, καμπίνες κ.α), έβαλαν τα θεμέλια για την επίλυση αυτού του προβλήματος.

Στην δεκαετία του 1980 τα συστήματα ενίσχυσης του ήχου άρχισαν να αναρτώνται πάνω από το έδαφος (flown) ακόμη και σε περιεργούς σχηματισμούς, σε μια προσπάθεια όχι μόνο βελτίωσης της ηχητικής απόδοσής τους αλλά και εντυπωσιασμού. Επιπλέον οι εταιρίες για λόγους εργονομίας στην μεταφορά και στην ανάρτηση τέτοιων συστημάτων, αντικατέστησαν τις μέχρι τότε στοίβες bass bins, mid bins και κόννων (φωτο 1,2) προχωρώντας στην κατασκευή all-in-one ηχείων (φωτο 3). Με τον όρο all-in-one εννοούνταν ηχεία στα οποία ήταν ενσωματωμένες οι παραπάνω ηλεκτρονικές διατάξεις.



(1)



(2)



(3)

Φωτο (1) και (2) στοίβες από ηχεία bass, mid bins και κόννες

Φωτό (3) All-in-one ηχεία

Οι εταιρίες Claire Brothers και Jason Sound είχαν ηγετικό ρόλο στην κατασκευή τέτοιων καμπινών. Μολαταύτα, αυτός ο νέος τρόπος sound design είχε και μειονεκτήματα διότι η προσοχή των εταιριών δόθηκε περισσότερο στην λειτουργικότητα αυτών των συστημάτων, παρά στην ηχητική τους απόδοση.

Ωστόσο το πρόβλημα της ανεξέλεγκτης συμβολής των ηχητικών κυμάτων δεν είχε επιλυθεί. Ένας από τους κύριους λόγους ήταν ότι τα ηλεκτρονικά στοιχεία που αφορούσαν την απόδοση υψηλών συχνοτήτων δεν ήταν κατάλληλα τοποθετημένα, σε αντίθεση με την θεωρία του Olson. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να μην αλληλεπιδρούν επαρκώς και σε συνδυασμό με την απορρόφηση του αέρα στη συγκεκριμένη περιοχή συχνοτήτων, κυρίως σε αποστάσεις των 60 μέτρων και άνω, κατέληγαν σε ένα μοναδικό αποτέλεσμα, χωρίς αρμονικούς overtones και ατάκα από τα κρουστά όργανα. Μπορούσαν να αποδώσουν μόνο το βασικό συχνοτικό εύρος των περισσότερων οργάνων.

Στην δεκαετία του '90 καθοριστική ήταν η συμβολή του Dr. Christian Heil στον επαναπροσδιορισμό των Line Arrays. Ο Heil ανέπτυξε την τεχνολογία WST (Wavefront Sculpture Technology), όπως αυτός την ονόμασε, που ενσωματώθηκε στα ηχεία V-DOSC της εταιρίας του L'Acoustics, που θα εξεταστεί αναλυτικά στο κεφάλαιο 4. Έλυσε τα περισσότερα προβλήματα των τότε ημερών, όχι μόνο στον τομέα του ήχου αλλά και στη μεταφορά, καθώς και στην ανάρτησή τους, θέτοντας ψηλά τον πήχη στην διαύγεια και καταληπτότητα του ήχου κυρίως σε μακρινές αποστάσεις. Η ανάπτυξη αυτής της τεχνολογίας έδωσε το έναυσμα και σε άλλες εταιρίες να κατασκευάσουν τους δικούς τους κυματοδηγούς οι οποίοι σχημάτιζαν 4 κατηγορίες: ribbon, horns, reflectors και lenses αφού ο κυματοδηγός V-DOSC ήταν καταχωρημένος σαν πατέντα της L'Acoustics. Παράλληλα και άλλοι κατασκευαστές καινοτόμησαν με πρωταγωνίστρια την Meyer Sound, η οποία δημιούργησε το «SIM SYSTEM II FFT ANALYZER» προκαλώντας επανάσταση στον τρόπο μέτρησης του ήχου. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας που παρατηρείται σήμερα, και με τα νέα μέσα που διαθέτουν οι κατασκευαστές, ολοένα και πλησιάζουν στην επίτευξη των στόχων ενός Line-Array συστήματος. Στις μέρες μας είναι διαθέσιμα πολλά διαφορετικά μεγέθη line array καμπινών, με ποικίλες λύσεις ανάρτησης και μεταφοράς, απαλλάσσοντας πια τις εταιρίες ενοικιάσεων ηχητικού εξοπλισμού, να κατασκευάζουν τα «δικά τους ηχητικά συστήματα» όπως στο παρελθόν.



Από τα Array του χθες, στα Line Array του σήμερα...

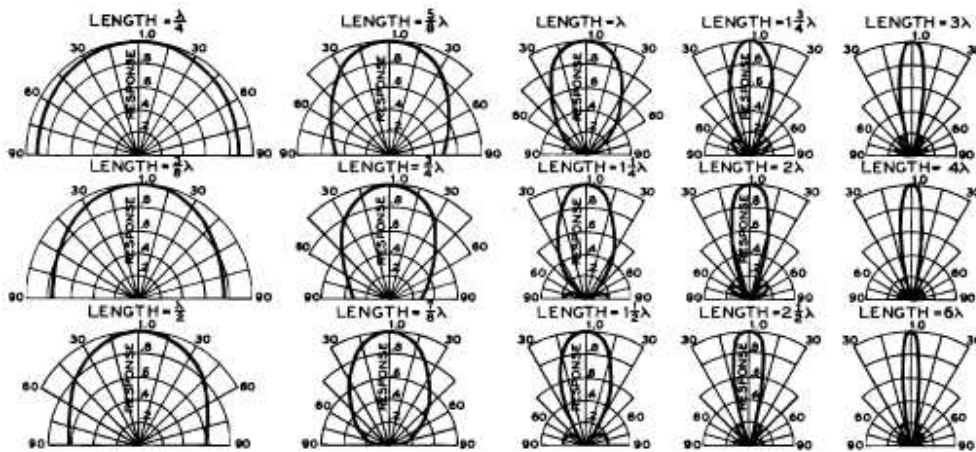
Κεφάλαιο 2

Θεωρία των Line Array

2.1 Η θεωρία του Dr. Harry Olson

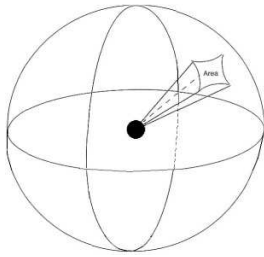
Ο Dr. Harry Olson το 1957 στο βιβλίο του “Acoustical Engineering” και στο κεφάλαιο “Acoustical Radiating Systems”, ενότητα 2.5 (σελ. 24) περιέγραψε την βασική ιδέα υπό τον τίτλο “Straight-Line Source”:

«Μια straight line source μπορεί να απαρτίζεται από άπειρες σημειακές πηγές με ίσο πλάτος και φάση τοποθετημένα σε ευθεία γραμμή, η απόσταση μεταξύ των δε, πρέπει να είναι μηδενική. Αν δηλαδή ο αριθμός των πηγών n πλησιάζει το άπειρο και d , η απόσταση μεταξύ αυτών, να πλησιάζει το μηδέν, με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε: $nd=1$, το αποτέλεσμα να είναι το line source.»

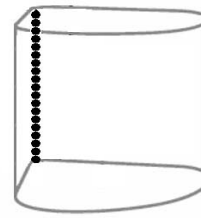


Σχήμα 2.1: Κατευθυντικά χαρακτηριστικά του line source σαν συνάρτηση του μήκους και του μήκους κύματος

Πρόκειται περί ενός νέου μοντέλου της εκπομπής των ηχητικών πηγών ως προς την κατευθυντικότητα, την απώλεια ηχητικής πίεσης λόγω αυξανόμενης απόστασης και την συχνοτική τους συμπεριφορά. Με βάση το θεωρητικό του μοντέλο για την δημιουργία ενός line source array, πρέπει να τοποθετηθούν σε ευθεία γραμμή άπειρες σημειακές πηγές σε μηδενική απόσταση, οι οποίες λειτουργούν σε ίδια φάση και πλάτος. Με άλλα λόγια η απόσταση b μεταξύ των ακουστικών κέντρων των γειτονικών οδηγών θα πρέπει να τείνει στο μηδέν ($b \rightarrow 0$). Έτσι, αντί για σφαιρική διάδοση του ηχητικού κύματος (σχήμα 2.1), που εμφανίζεται στην περίπτωση μιας παντοκατευθυντικής ηχητικής πηγής, επιτυγχάνεται η δημιουργία κυλινδρικού κύματος (σχήμα 2.2). Λόγω δε της διαφοράς τους στην γεωμετρία η ενέργεια που διανέμεται στην επιφάνεια του κυλίνδρου (σε αντίθεση με αυτήν της σφαίρας) επιτρέπει στην κατανομή του ήχου, ανά διπλασιασμό της απόστασης, την μείωση κατά 3 dB spl της ηχητικής πίεσης, αντί για 6 db spl, όπως προστάζει ο νόμος του αντίστροφου τετραγώνου.



Σχήμα 2.2: Διάδοση ήχου από σημειακή πηγή



Σχήμα 2.3: Διάδοση ήχου από γραμμική πηγή άπειρου μήκους

Η πολύ μεγάλη κάθετη κατευθυντικότητα που παρέχει ο κυλινδρικός τρόπος διάδοσης ηχητικών κυμάτων επιτυγχάνεται μέσω της ισοφασικής εκπομπής των άπειρων σημειακών ηχητικών πηγών και της φασικής σχέσης των συχνοτήτων που παράγονται από αυτές.

2.2 Η θεωρία του H. Olson στην πράξη

Στην πραγματικότητα όμως η θεωρία του line source είναι αδύνατο να επιτευχθεί. Αρχικά η απόσταση μεταξύ των ακουστικών κέντρων γειτονικών οδηγών είναι ανέφικτο να είναι μηδέν λόγω της φυσικής κατασκευής τους. Επιπλέον η τοποθέτηση άπειρων πηγών είναι πρακτικά μη υλοποιήσιμη μιας και το μήκος της συστοιχίας θα έτεινε στο άπειρο. Κατά συνέπεια ο σχηματισμός κυλινδρικού κύματος είναι ανέφικτος.

Σε ένα line source array ανά διπλασιασμό της απόστασης θα υπάρχει απώλεια της τάξεως των 3dB SPL. Αυτό συμβαίνει διότι αποτελείται από άπειρες σημειακές πηγές παρατεταγμένες σε ευθεία γραμμή οι οποίες κατά τη διέγερσή τους παράγουν κυλινδρικό κύμα. Όπως αναφέρεται και παραπάνω είναι αδύνατο να παραχθεί ένα τέτοιο κύμα και συνεπώς ο ρυθμός πτώσης των 3dB SPL είναι ακόμη μη πραγματοποιήσιμος σε όλη την έκταση του πεδίου κάλυψης. Όμως σε ένα Line Array τα παραγόμενα ηχητικά κύματα παρουσιάζουν πτώση 3dB SPL ανά διπλασιασμό της απόστασης στο κοντινό πεδίο, αλλά η έκταση του πεδίου εξαρτάται από την συχνότητα και το μήκος της ηχοστήλης, όπως θα δούμε στην ενότητα 2.7. Τέλος αυτός ο ρυθμός πτώσης αντιμετωπίζει ακόμη ένα εμπόδιο, αυτό της απορρόφησης του αέρα στις υψηλές συχνότητες.

Προφανώς τα πραγματικά συστήματα δεν μπορούν να πλησιάσουν αυτές τις προδιαγραφές και η συμπεριφορά τους στον εκάστοτε χώρο είναι πολύ πιο πολύπλοκη από αυτήν την ιδανική συμπεριφορά.

Βέβαια τα πολικά διαγράμματα που σχεδίασε δεν απέχουν πολύ από την πραγματικότητα. Παρακάτω απεικονίζεται η κατευθυντικότητα δυο πηγών οι οποίες όμως έχουν συγκεκριμένη απόσταση μεταξύ τους και δίπλα τους το σχήμα του H. Olson.

Distance between Sources = 90° (1/4 de cycle)

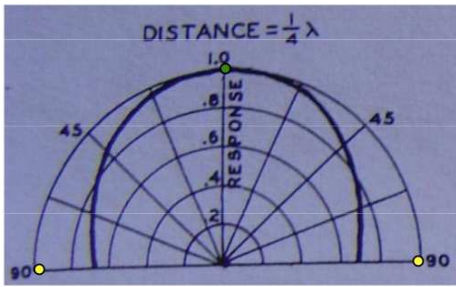
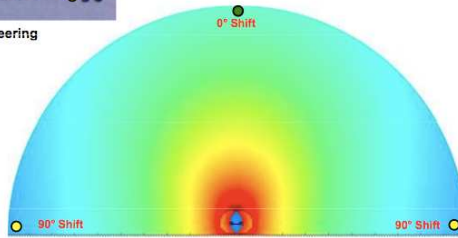


Illustration 2.3 (pag 35), Acoustical Engineering



Frequency = 100Hz. Distance between Sources = 0.85m
 $90^\circ = 0.85\text{m} \times 100\text{Hz} \times 360^\circ / 340\text{m/s}$

Σχήμα 2.4: Συχνότητα 100Hz, απόσταση μεταξύ των πηγών 0.85m (το 1/4 του μήκους κύματος)

Distance between Sources = 180° (1/2 cycle)

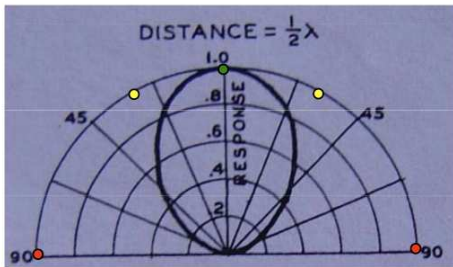
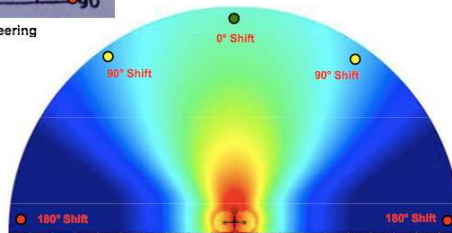


Illustration 2.3 (pag 35), Acoustical Engineering



Frequency = 100Hz. Distance between Sources = 1.7m
 $180^\circ = 1.7\text{m} \times 100\text{Hz} \times 360^\circ / 340\text{m/s}$

Σχήμα 2.5: Συχνότητα 100Hz, απόσταση μεταξύ των πηγών 1.7m (το 1/2 του μήκους κύματος)

Distance between Sources = 360° (1 cycle)

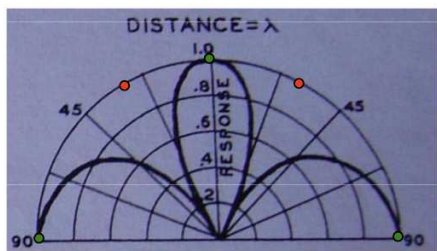
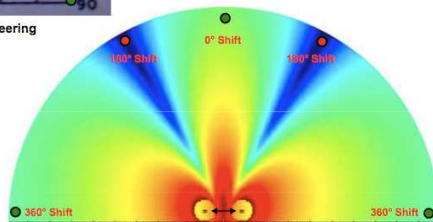


Illustration 2.3 (pag 35), Acoustical Engineering



Frequency = 100Hz. Distance between Sources = 3.4m
(1 cycle) $360^\circ = 3.4\text{m} \times 100\text{Hz} \times 360^\circ / 340\text{m/s}$

Σχήμα 2.6: Συχνότητα 100Hz, απόσταση μεταξύ των πηγών 3.4m (όσο και το μήκος κύματος)

Distance between Sources = 540° (1 + 1/2 cycle)

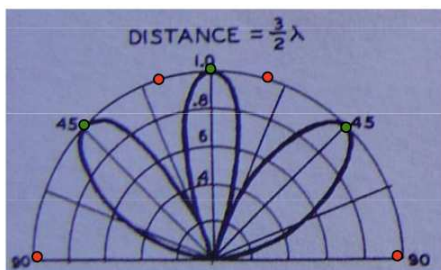
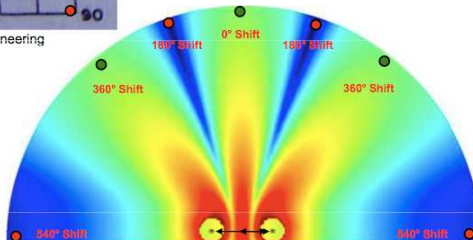


Illustration 2.3 (pag 35), Acoustical Engineering



Frequency = 100Hz. Distance between Sources = 5.1m
(1 + 1/2 cycle) $540^\circ = 5.1\text{m} \times 100\text{Hz} \times 360^\circ / 340\text{m/s}$

Σχήμα 2.7: Συχνότητα 100Hz, απόσταση μεταξύ των πηγών 5.1m (το 1 + 1/2 του μήκος κύματος)

2.3 Βασικές προϋποθέσεις για την κατασκευή ενός πραγματικού Line Array.

Οι βασικές προδιαγραφές για την σωστή κατασκευή ενός πραγματικού Line Array συστήματος που να ακολουθεί την θεωρία του Olson βασίζονται σε κάποιους κανόνες. Οι κατασκευαστές προσπαθούν να επιτύχουν την μικρότερη δυνατή απόσταση μεταξύ των πηγών και να τοποθετήσουν όσες περισσότερες τους επιτρέπουν οι φυσικοί περιορισμοί. Μελέτες έχουν δείξει ότι η απόσταση μεταξύ των θα πρέπει να είναι μικρότερη από το μισό μήκος κύματος ($\lambda/2$) της μέγιστης συχνότητας που θα εκπέμπει το σύστημα.

Η εν λόγω απόσταση (b), σε συνδυασμό με το ύψος (H) της συστοιχίας καθορίζουν το εύρος συχνοτήτων (f_{min}-f_{max}) που μπορεί να αναπαράγει το σύστημα. Για το άνω όριο του εύρους είναι υπεύθυνη η απόσταση b, ενώ για το κατώτατο είναι το ύψος (H), το οποίο πρέπει να είναι τουλάχιστον τέσσερις φορές μεγαλύτερο του μήκους κύματος της χαμηλότερης ακτινοβολούμενης συχνότητας. Σκοπός είναι να επιτευχθεί κυλινδρικό κύμα στην έξοδο της συστοιχίας.

Τέλος λόγω των φυσικών διαστάσεων των καμπινών εισέρχεται και ένας άλλος παράγοντας (b') που συμβολίζει την απόσταση μεταξύ διαδοχικών καμπινών. Είναι δε πια οφθαλμοφανές ότι η απόσταση αυτή πρέπει να είναι πολύ πιο μικρή από τα συμβατικά ηχοσυστήματα συναυλιών.

2.4 Κριτήρια για την κατασκευή/εγκατάσταση ενός Line Array προσεγγίζοντας το Line Source array

Έχοντας αναλύσει παραπάνω γιατί δεν μπορεί να εφαρμοστεί στην πράξη η θεωρία του Olson, οι κατασκευαστές πρέπει να τηρούν κάποιες συνθήκες έτσι ώστε να προσεγγίζουν όσο δυνατόν περισσότερο το μοντέλο ενός line source.

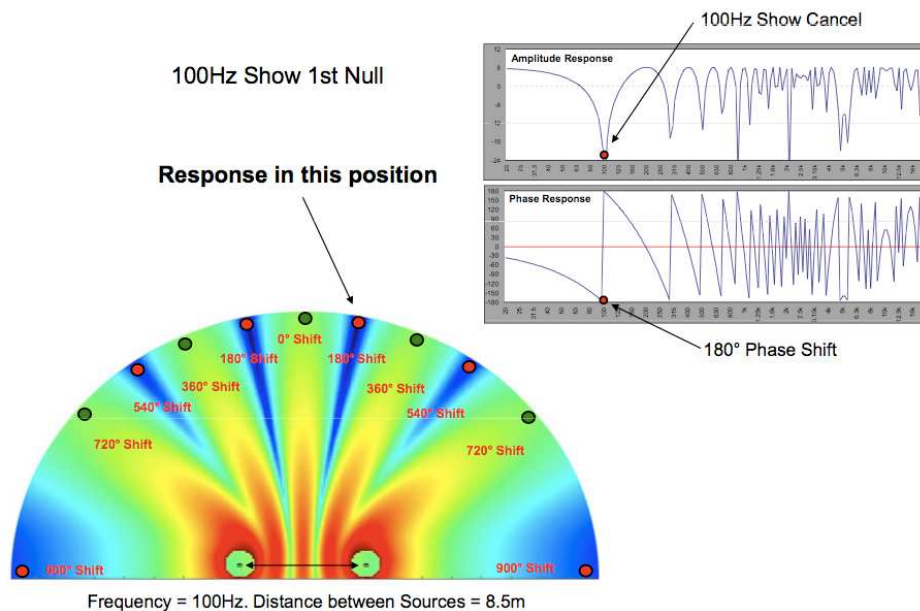
Με την συμβολή του Dr. Christian Heil, μεταξύ άλλων, αποδείχτηκε ότι μια συστοιχία ανεξάρτητων πηγών με σταθερή απόσταση μεταξύ τους σε ευθεία ή καμπύλη είναι ισοδύναμη με μια μοναδική ηχητική πηγή έχοντας τις ίδιες διαστάσεις με την ολική συστοιχία αν πληρούνται τα παρακάτω κριτήρια:

- 1) Η συνδυασμένη επιφάνεια της κυματομορφής που ακτινοβολείται από τις ανεξάρτητες πηγές της συστοιχίας να καλύπτει τουλάχιστον το 80% της στοχευόμενης περιοχής.
- 2) Ο διαχωρισμός των πηγών (step), που καθορίζεται ως η απόσταση που έχουν τα ακουστικά κέντρα των ανεξάρτητων πηγών μεταξύ τους, να είναι μικρότερος του μισού του μήκους κύματος ($\lambda/2$) για το σύνολο των συχνοτήτων του εύρους που λειτουργούν.
- 3) Το μήκος της συστοιχίας να είναι τουλάχιστον 4 φορές μεγαλύτερο από το μήκος κύματος της χαμηλότερης συχνότητας που ακτινοβολείται.
- 4) Η απόκλιση που μπορεί να έχει από ένα επίπεδο ηχητικό μέτωπο (καμπύλωση) πρέπει να είναι λιγότερο του $\lambda/4$ της υψηλότερης συχνότητας λειτουργίας. Αυτό αντιστοιχεί σε λιγότερο από 5mm καμπύλωσης στα 16 kHz.
- 5) Για καμπυλωτά arrays, οι γωνίες που καθορίζουν την θέση των καμπινών να κυμαίνονται αντιστρόφως ανάλογα με την απόσταση από τους ακροατές.

6) Η τοποθέτηση της συστοιχίας πρέπει να είναι τέτοια ώστε να παρέχει αναλογία 4:1 ανάμεσα στις αποστάσεις κάλυψης του πιο απομακρυσμένου και κοντινότερου θεατή.

2.5 Κατευθυντικότητα των Line Array

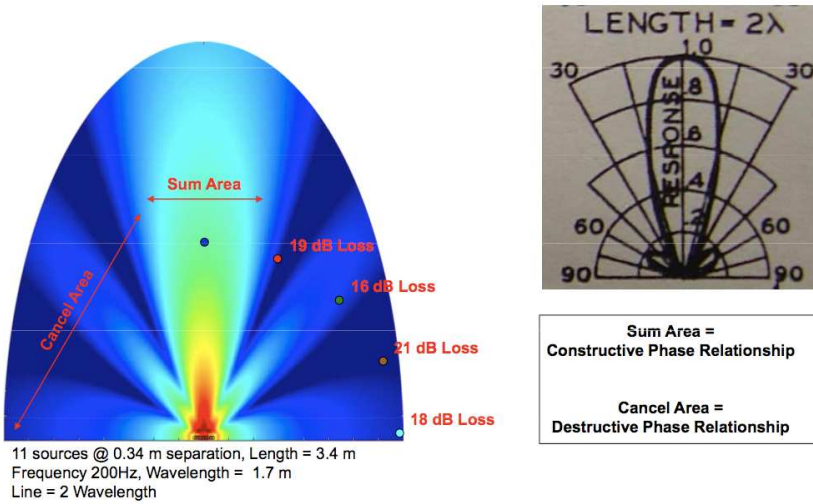
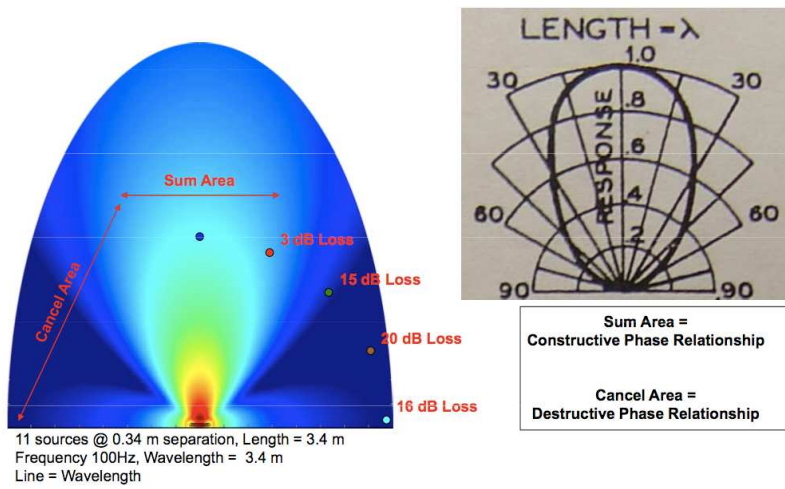
Η κατευθυντικότητα των Line Array βασίζεται στις φασικές διαφορές που παρουσιάζουν οι συχνότητες που παράγονται από αυτά. Η αλληλεπίδραση δηλαδή των σημάτων προκαλεί εποικοδομητικές και καταστρεπτικές συμβολές. Με άλλα λόγια το ζητούμενο από ένα τέτοιο ηχητικό σύστημα είναι η μέγιστη εποικοδομητική συμβολή σε on-axis σημεία (+6db SPL), και μέγιστη απόρριψη σε σημεία off-axis. Το παραπάνω ζητούμενο έχει ως αρχή λειτουργίας το comb filtering το οποίο χρησιμοποιείται εποικοδομητικά στην επίτευξη της μέγιστης κατευθυντικότητας, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



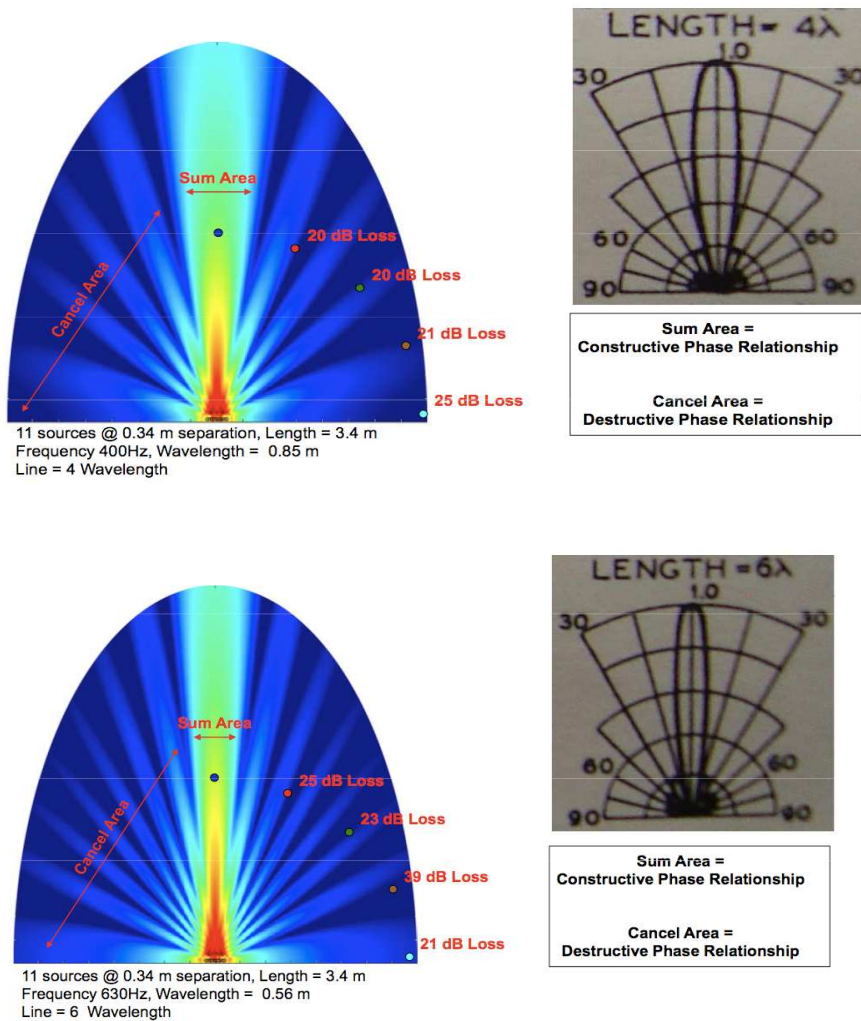
Σχήμα 2.8: επίδραση comb filtering στην κατευθυντικότητα. Για φάση 180° δίδεται η εντασιακή αλλά και η φασική απόκριση

Στο παραπάνω σχήμα βλέπουμε την επίδραση του comb filtering στην κατευθυντικότητα. Είναι εμφανές από τα διαγράμματα ότι όταν υπάρχει καταστρεπτική συμβολή παρατηρείται και διαφορά φάση 180°.

Με βάση την θεωρία του Olson η κατευθυντικότητα αλλάζει ανάλογα με την συχνότητα. Ως συνέπεια, καθώς το μήκος κύματος μικραίνει, παρατηρείται μεγαλύτερη εστίαση. Για την καλύτερη κατανόηση του παραπάνω φαινομένου παρατίθενται τα παρακάτω σχήματα.



Σχήμα 2.9: Αναπαράσταση κατευθυντικότητας ανάλογα τη συχνότητα με δεδομένο μήκος συστοιχίας



Σχήμα 2.10: Αναπαράσταση κατευθυντικότητας ανάλογα τη συχνότητα με δεδομένο μήκος συστοιχίας

Όπως έχει αναφερθεί στην ενότητα 2.3 η κατευθυντικότητα αυξάνεται όσο το μήκος της συστοιχίας, και κατά συνέπεια η απόσταση μεταξύ 2 πηγών, τείνει να γίνει ίσο ή πολλαπλάσιο του μήκους κύματος της συχνότητας. Αυτό φαίνεται ξεκάθαρα και στα σχήματα 2.3 με 2.6.

Επιπροσθέτως τα περισσότερα Line Array συστήματα που κατασκευάζονται είναι τριών ή τεσσάρων δρόμων. Ο κάθε «δρόμος» είναι υπεύθυνος για την παραγωγή διαφορετικών συχνοτικών περιοχών. Αυτός ο διαχωρισμός στο ακτινοβολούμενο συχνοτικό εύρος απαιτεί την χρήση crossover. Αυτό επιτρέπει στο cross-over point να είναι αρκετά χαμηλά, δηλαδή ο κάθε «δρόμος» να έχει όσο το δυνατόν περιορισμένο bandwidth. Έτσι ο κάθε δρόμος ακτινοβολεί συχνότητες σε μεγαλύτερα μήκη κύματος σε σχέση με την απόσταση των ακουστικών κέντρων γειτονικών οδηγών, ικανοποιώντας το κριτήριο (2).

Επίσης στην πράξη η ελαφρά καμπύλωση της συστοιχίας μπορεί να παρέχει μια πιο εκτεταμένη κάθετη κάλυψη, αλλά πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή επειδή αν

καμπυλωθεί ριζικά το σύστημα παρατηρούνται εντονότατα φαινόμενα comb filtering τα οποία επιφέρουν αρνητικά αποτελέσματα.

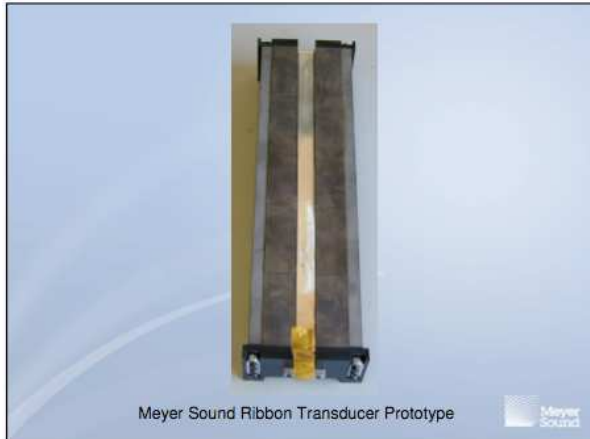
2.6 Φυσικοί περιορισμοί και τρόποι λύσεων αυτών

Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 2.4, οι συνθήκες (2) και (3) ορίζουν το συχνοτικό εύρος που μπορεί να ακτινοβολήσει το σύστημα με επάρκεια, βάσει της θεωρίας του Olson. Παίρνοντας υπόψη το μήκος κύματος των διαφόρων συχνοτήτων παρατηρείται ότι μόνο τα πολύ μεγάλα σε μήκος line array μπορούν να λειτουργήσουν ως line source στην χαμηλή περιοχή συχνοτήτων, ενώ παράλληλα μόνο με πολύ μικρές αποστάσεις μεταξύ των ακουστικών κέντρων των οδηγών επιτυγχάνεται το line source. Όμως και τα μεγάλα σε μήκος arrays και η πολύ μικρή απόσταση μεταξύ των οδηγών είναι ανέφικτη για λόγους βάρους και πλήθος πηγών, και της διαμέτρου των οδηγών/μεγαφώνων των υψηλών συχνοτήτων αντίστοιχα. Παραδείγματος χάριν το μήκος κύματος των 20Hz είναι 17,3m. Βάσει της θεωρίας για να πετύχουμε απώλεια της τάξης των 3 db spl η συστοιχία θα πρέπει να έχει ύψος τουλάχιστον 69,2m, ψηλότερη δηλαδή από μια δεκατετραόροφη πολυκατοικία!

Για την καλύτερη κατανόηση του παραπάνω παραδείγματος αξίζει να αναφερθεί ένα πείραμα της Meyer Sound: Μέσω λογισμικού που ανέπτυξε απέδειξε ότι είναι θεωρητικά εφικτό να κατασκευαστεί ένα line array που συνάδει με την θεωρία της πτώσης των 3db spl στις χαμηλές συχνότητες. Για την επίτευξή του όμως χρειάζονται 1.000 οδηγοί με διάμετρο 15 ίντσες με την απόσταση μεταξύ των ακουστικών κέντρων τους να φτάνει τις 20 ίντσες.

Έτσι οι κατασκευαστές επινόησαν ένα τέχνασμα. Να χρησιμοποιήσουν προς όφελός τους το crossover και σε αυτόν τον τομέα. Κατασκεύασαν τρίδρομα ή τετράδρομα line array με το crossover point να είναι αρκετά χαμηλά έτσι ώστε ο κάθε δρόμος να ακτινοβολεί ένα περιορισμένο bandwidth, με την απόσταση μεταξύ των ακουστικών κέντρων να είναι άμεσα συγκρίσιμη με το μισό του μήκους κύματος ($\lambda/2$) του ανώτατου ορίου του εύρους, ικανοποιώντας την συνθήκη (2). Αυτό είναι εύκολα πραγματοποιήσιμο στις χαμηλές και μεσαίες συχνότητες. Για την απόδοση των μπάσων χρησιμοποιούνται 15-18 inch οδηγοί που λόγω του μεγέθους τους είναι δυνατό να τοποθετηθούν έτσι ώστε η απόσταση μεταξύ των ακουστικών τους κέντρων να είναι μικρότερη του $\lambda/2$. Το ίδιο συμβαίνει και με την τοποθέτηση των 6-8inch οδηγών που χρησιμοποιούνται για την απόδοση της μεσαίας περιοχής συχνοτήτων. Στις υψηλές συχνότητες που το μήκος κύματος είναι μερικά mm είναι δύσκολο έως και ακατόρθωτο να εφαρμοστεί η συνθήκη (2) διότι είναι αδύνατο να κατασκευαστούν τόσο μικροί οδηγοί. Γι' αυτό οι κατασκευαστές χρησιμοποιούν κυματοδηγούς χοάνης στην έξοδο των οδηγών συμπίεσης καταφεύγοντας σε υβριδικά συστήματα. Η αρχή λειτουργίας αυτών των χοανών βασίζεται στις ανακλάσεις που προκαλούν στο ηχητικό κύμα και όχι στις ενισχυτικές ή καταστρεπτικές συμβολές. Εκμεταλλευόμενες αυτές τις ανακλάσεις παρέχουν ευρεία οριζόντια κάλυψη. Προκειμένου δε το ηχητικό αποτέλεσμα να έχει διαύγεια και καταληπτότητα, η κάθετη κάλυψη περιορίζεται κατασκευαστικά (στενή κάθετη κάλυψη) για την αποφυγή ανεπιθύμητων ανακλάσεων.

Μια άλλη λύση για αυτό το πρόβλημα είναι η εφαρμογή ribbon μετατροπέων (σχήμα 2.10). Επειδή αποτελούνται από ενιαία ελάσματα η απόσταση μεταξύ των δονούμενων επιφανειών είναι ανύπαρκτη. Όμως έχουν πολλά μειονεκτήματα, όπως αυξημένο βάρος, χαμηλή ευαισθησία και μη ικανότητα παραγωγής μεγάλης ακουστικής πίεσης.



Σχήμα 2.11: Μετατροπέας Ribbon της Meyer Sound

Για να αντιμετωπιστούν οι παραπάνω περιορισμοί κατασκευάστηκαν προσομοιωτές της αρχής λειτουργίας των ribbon. Αυτούς που χρησιμοποιεί η Meyer Sound τους ονόμασε «Ribbon Emulation Manifold,(REM)» και ενσωματώθηκαν στα M3D, M2D και M1LO της ίδιας εταιρίας. Τα REM εν συντομία, οδηγούν την έξοδο από τους οδηγούς συμπίεσης, σε μία ισοφασική επιφάνεια. Έτσι μειώνεται σημαντικά το επίπεδο παραμόρφωσης.



Σχήμα 2.12: Ribbon Emulation Manifold

Συμπερασματικά θα λέγαμε ότι τα Line Arrays ακτινοβολούν σαν line source μόνο για το χαμηλομεσαίο και μεσαίο εύρος συχνοτήτων.

Οι περισσότεροι κατασκευαστές για να πετύχουν ομοιόμορφη κάλυψη σε όλο το συχνοτικό εύρος κατασκευάζουν τους δικούς τους κυματοδηγούς χοάνης οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την σωστή απόδοση των υψηλών συχνοτήτων.

2.7 Near Field-Far Field

Βάσει της θεωρίας των Line Array το κοντινό πεδίο είναι αυτό για το οποίο έχουμε απώλεια έντασης 3db spl ανά διπλασιασμό απόστασης, και το μακρινό είναι αυτό για το οποίο έχουμε πτώση έντασης κατά 6db spl ανά διπλασιασμό της απόστασης. Το σημείο στο οποίο γίνεται αυτός ο διαχωρισμός είναι το σημείο μετάβασης από το ένα πεδίο στο άλλο.

Συγκεκριμένα ισχύει :

$$r = (L^2 \times f) / 690 \quad (1)$$

όπου r : το σημείο διαχωρισμού των δύο πεδίων

L : το μήκος της συστοιχίας

f : συχνότητα

Παρατηρείται ότι το r εξαρτάται από το μήκος της συστοιχίας και την συχνότητα. Δεδομένης της παραπάνω σχέσης εξάγεται το συμπέρασμα ότι τα υψηλά κύματα έχουν διευρυμένο κοντινό πεδίο, ενώ οι χαμηλότερες συχνότητες περιορισμένο. Αυτό μπορεί να επιβεβαιωθεί και από ένα απλό παράδειγμα: Για μια συστοιχία ύψους 3m που ακτινοβολεί 1KHz η κρίσιμη απόσταση για αυτή τη συχνότητα είναι 13m ενώ για τα 10KHz είναι 130m.

Επομένως είναι αδύνατο να υπολογισθεί το r για όλο το ακουστικό φάσμα αφού αυτό, βάσει της παραπάνω εξίσωσης (1), διαφέρει ανά συχνότητα. Επιπλέον δε αλλάζει από σύστημα σε σύστημα μιας και εξαρτάται από το μήκος της ηχοστήλης.

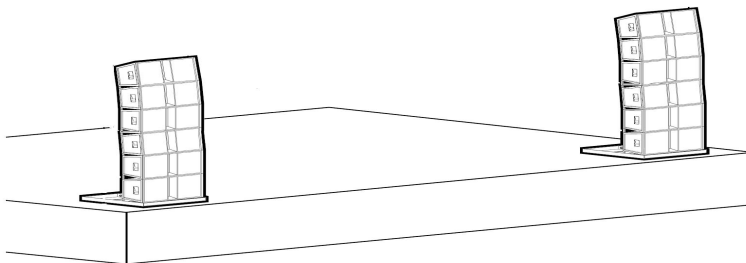
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Τρόποι Ανάρτησης Των Line Array Συστημάτων

3.1 Stack, Flown, Hybrid

Τρεις είναι οι βασικοί τρόποι ανάρτησης των συστημάτων: stack, flown και hybrid. Με τον όρο stack εννοείται ένα σύστημα που στηρίζεται στο έδαφος. Ο όρος flown περιγράφει ένα σύστημα το οποίο έχει αναρτηθεί πάνω από το έδαφος σε κάποιο ύψος. Με τον όρο hybrid περιγράφεται ένας συνδυασμός των δύο προηγούμενων. Παρόλο που τα flown συστήματα προτιμούνται από τους μηχανικούς ήχου, καθένας από τους τρεις τρόπους παρουσιάζει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και η επιλογή μεταξύ αυτών πολλές φορές υποδεικνύεται από τον ίδιο τον χώρο. Για παράδειγμα δεν είναι πάντα δυνατό να αναρτηθεί ένα σύστημα λόγω των περιορισμών βάρους, ύψους αλλά και της μη πρόβλεψης για “rigging points”.

Τα stack συστήματα (σχήμα 3.1) βελτιώνουν την στερεοφωνική εικόνα των οργάνων για το κοινό, αφού η στερεοφωνική εικόνα που παράγεται είναι στο επίπεδο του stage, το οποίο είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε μικρούς συναυλιακούς χώρους. Λόγω δε της επαφής του ηχείου με το έδαφος παρατηρείται αύξηση στην ενέργεια των χαμηλών συχνοτήτων.

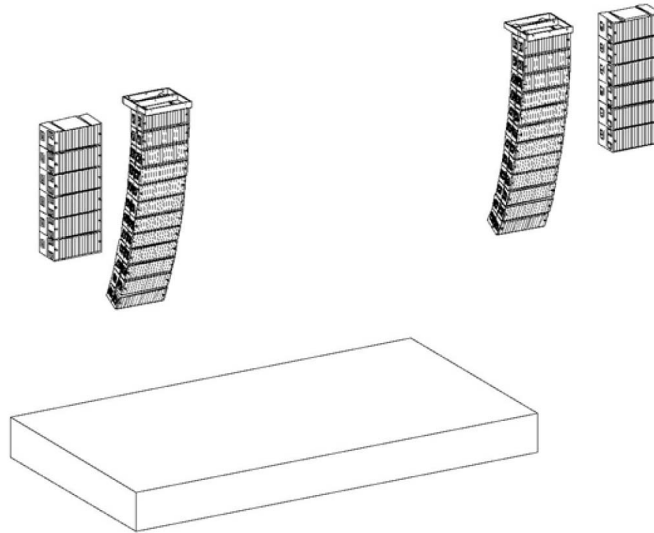


Σχήμα 3.1: Πιθανή τοποθέτηση ενός stacked line array.

Επιπλέον για γεωμετρικούς λόγους ένα stack σύστημα μπορεί να προσφέρει διευρυμένη κάθετη κάλυψη από ένα flown σύστημα, αναλόγως του σχήματος του ακροατηρίου. Έτσι απαιτούνται λιγότερες καμπίνες για να επιτευχθεί η βέλτιστη κάθετη κάλυψη. Ωστόσο υπάρχουν και περιορισμοί, αναλόγως την εταιρία, στο πόσα ηχεία μπορούν να στοιβαχτούν ώστε η συστοιχία να είναι ασφαλής. Επίσης μια stack συστοιχία δεν μπορεί να καλύψει χώρους όπου περιλαμβάνονται εξώστες ή πολλαπλά διαζώματα.

Όσον αφορά τα flown συστήματα (σχήμα 3.2) είναι η καλύτερη λύση για την ισοκατανομή της ακουστικής πίεσης και την ομοιόμορφη συχνοτική απόκριση στον χώρο των θεατών, εφόσον ο αριθμός των πηγών είναι αρκετός ώστε να παρέχει την λεγόμενη front-to-rear κάλυψη, δηλαδή το σύστημα να μπορεί να καλύψει επαρκώς όλο

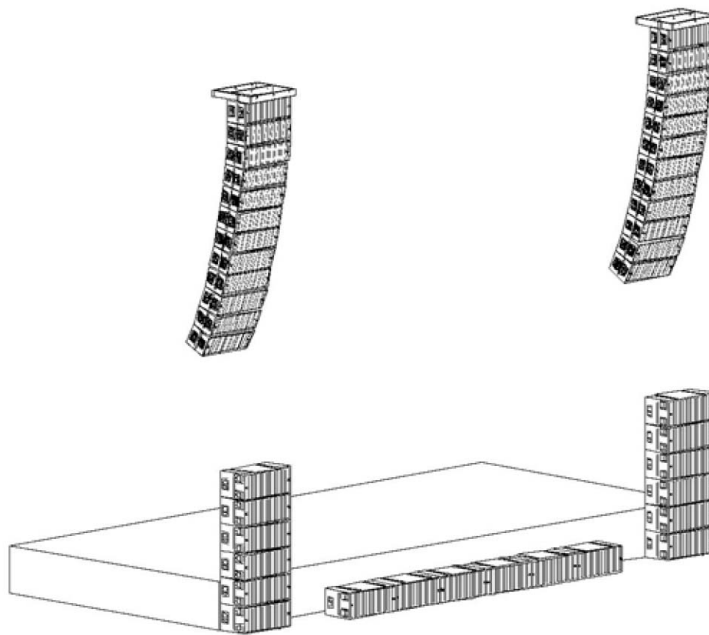
τον χώρο του ακροατηρίου. Μια τέτοια τοποθέτηση μπορεί να καλύψει τους εξώστες ή άλλα διαζώματα, σε αντίθεση με την stack τοποθέτηση.



Σχήμα 3.2: Πιθανή τοποθέτηση ενός flow line array.

Λαμβάνοντας υπόψη και το αισθητικό μέρος μιας συναυλίας, αναρτώντας το σύστημα πάνω από το έδαφος, λύνονται προβλήματα θέασης προς την σκηνή.

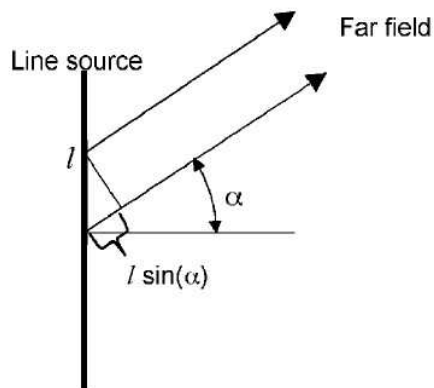
Τα υβριδικά συστήματα (σχήμα 3.3) είναι πολύ διαδεδομένα γιατί ενσωματώνουν τα θετικά στοιχεία των δύο προηγούμενων τοποθετήσεων. Συνδυάζεται το πλεονέκτημα στην εντασιακή και συχνотική κάλυψη των flown, με αυτό των stack που αφορά την ενίσχυση των μπάσων ή ακόμα και την τοποθέτηση λιγότερων καμπινών, και την βελτίωση της stereo εικόνας αν τοποθετηθούν κάποιοι από τους οδηγούς των μεσαίων και των πρίμων στο πάτωμα.



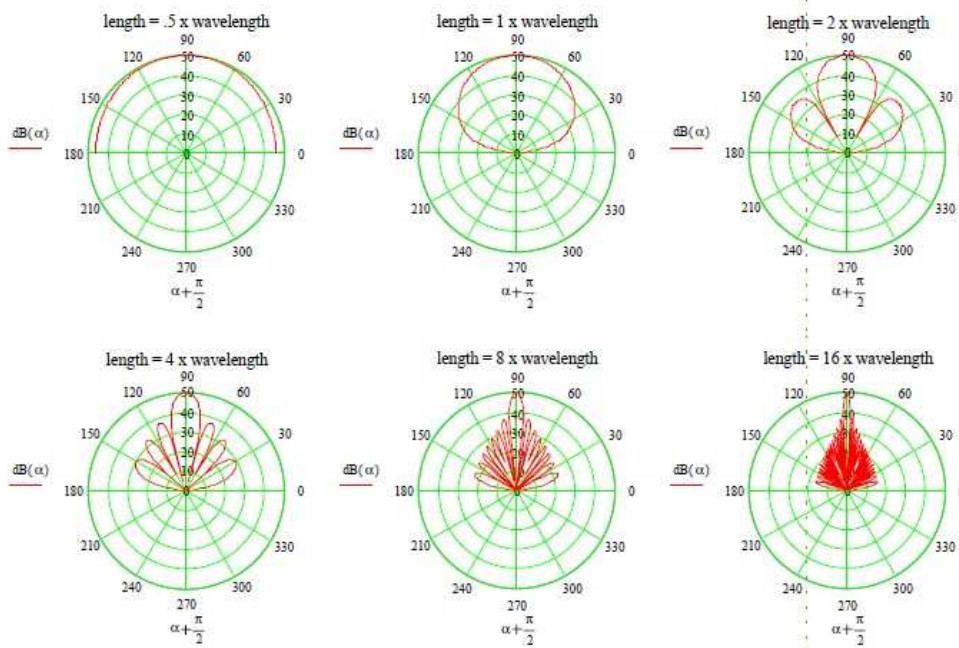
Σχήμα 3.3: Πιθανή τοποθέτηση ενός υβριδικού flown /stacked line array

3.2 Flat, Καμπύλωση των Line Array

Στα flat arrays, με βάση τη θεωρία που αναλύθηκε στην ενότητα 2.5, για ένα δεδομένο μήκος συστοιχίας, όσο μειώνεται το μήκος κύματος – αύξηση συχνότητας- τόσο πιο κατευθυντικά γίνονται. Αυτή τους η συμπεριφορά δεν είναι όμως πάντα επιθυμητή για τον λόγο ότι η δέσμη του ήχου που ακτινοβολείται είναι υπερβολικά στενή στις ψηλές συχνότητες. Επίσης ένα flat array είναι ανίκανο να καλύψει επαρκώς χώρους με διαζώματα-εξώστες, γιατί για να συμβεί αυτό θα έπρεπε η συστοιχία να εκτείνεται από το πάτωμα ως τα διαζώματα προς κάλυψη.



Σχήμα 3.4: Γεωμετρική αναπαράσταση ενός arc line array



Σχήμα 3.5: Πολικά διαγράμματα flat array σε σχέση με το μήκος κύματος

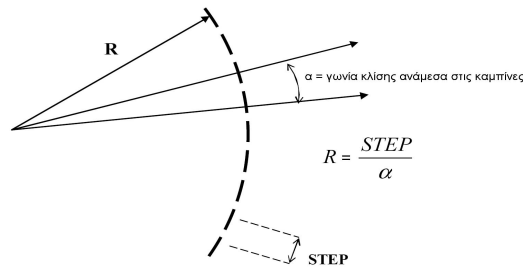
Η ανάγκη για καμπύλωση των Line Array προέκυψε μέσα από θέματα ομοιόμορφης κάλυψης του εκάστοτε χώρου, ιδιαίτερα σε αυτούς που είχαν κάποιο άνω διάζωμα-εξώστη, ακόμη και σε αυτούς που είχαν αμφιθεατρικό σχήμα. Η καμπύλωση ενός Line-Array έχει επίδραση στην συχνοτική και εντασιακή συμπεριφορά του αλλά κυρίως στην κατευθυντικότητα. Μελέτες έχουν δείξει ότι καμπυλώνοντας την συστοιχία δημιουργείται ένα ασύμμετρο πολικό διάγραμμα στον κάθετο επίπεδο, το οποίο αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρήσιμο σε μεγάλες ηχητικές εγκαταστάσεις, όπου χρειάζεται πολλή ενέργεια ώστε ο ήχος να φτάσει στους πιο απομακρυσμένους θεατές και ταυτόχρονα να πληροί όλες τις προϋποθέσεις της «Line Array διάδοσης του ήχου». Εκτός της τοποθέτησης των ηχείων σε ευθεία γραμμή (straight line ή flat), υπάρχουν και άλλοι τρόποι τοποθέτησης όπως curved, “J” shaped, spiral.

3.2.1 Curved Array

Η επόμενη περίπτωση είναι αυτή της καμπύλωσης του array (curved). Έχει μορφή αψίδας (arc) αφού καμπυλώνεται το άνω μέρος προς τα πάνω και τα κάτω μέρος προς τα κάτω, όπως φαίνεται στα σχήματα 3.6 και 3.7.



Σχήμα 3.6: φωτογραφία ενός arc line array



Σχήμα 3.7: γεωμετρική αναπαράσταση ενός arc line array

Αυτή η καμπύλωση δεν γίνεται ανεξέλεγκτα. Ικανή και αναγκαία συνθήκη για την ορθή κυματική λειτουργία της συστοιχίας, είναι η μέγιστη γωνία κλίσης που μπορεί να υπάρξει ανάμεσα σε δύο διαδοχικές καμπίνες και περιγράφεται από τον τύπο:

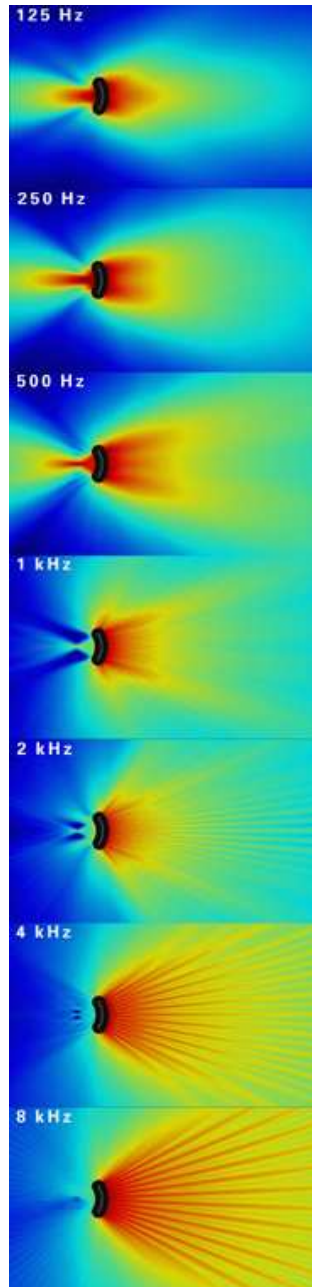
$$\alpha_{\max} \leq 3^\circ / \text{STEP}$$

όπου: α_{\max} : η μέγιστη γωνία κλίσης ανάμεσα σε δυο διαδοχικές καμπίνες

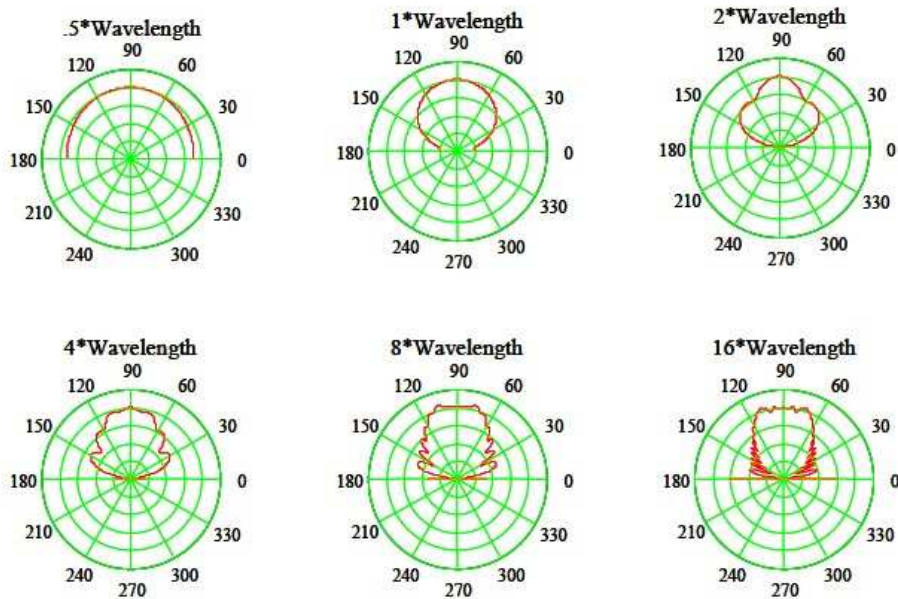
STEP: Η απόσταση ανάμεσα στα ακουστικά κέντρα δυο διαδοχικών καμπινών. Μονάδα μέτρησης του STEP είναι το μέτρο.

Όμως για να υπάρξει η δυνατότητα καμπύλωσης ενός array θα πρέπει το κάθετο μέγεθος της καμπίνας να είναι μικρότερο από το STEP_{max}.

Τα curved arrays έχουν την δυνατότητα να παρέχουν διευρυμένη κάθετη κάλυψη και κατά συνέπεια μπορούν να «στέλνουν» τον ήχο σε μεγαλύτερες αποστάσεις. Έχουν όμως και μειονεκτήματα. Λόγω της γεωμετρίας τους η άνω καμπύλη «βλέπει» την οροφή. Αυτό είναι πρακτικά μη εκμεταλλεύσιμο από τον sound designer καθιστώντας μη ικανή την ομοιόμορφη κάλυψη στους περισσότερους χώρους. Επιπλέον ενώ στις υψηλές συχνότητες μπορούν να διευρύνουν την εκπομπή τους, στις χαμηλές συχνότητες δεν επιφέρουν καμία αλλαγή αφού το μήκος της συστοιχίας είναι μικρό σε σχέση με τα μήκη κύματος αυτής της συχνοτικής περιοχής, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.8



Σχήμα 3.8: Κατευθυντικά χαρακτηριστικά ενός curved array



Σχήμα 3.9: Πολικά διαγράμματα curved array αναλόγως το μήκος κύματος

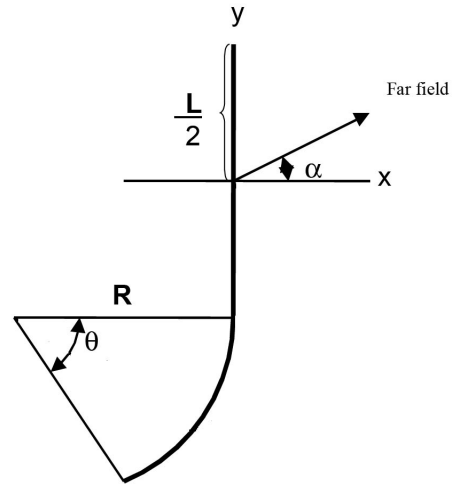
Τα παραπάνω πολικά διαγράμματα φανερώνουν μια πιο ισορροπημένη, ομοιόμορφη και διευρυμένη απόκριση σε σχέση με αυτή των flat arrays, ειδικά στις υψηλές συχνότητες. Όσο η συχνότητα αυξάνεται, τόσο πιο κατευθυντικά ακτινοβολείται από το ηχείο. Αυτό το φαινόμενο ενισχύεται όταν το μήκος της συστοιχίας είναι κατά πολύ μεγαλύτερο από το μήκος κύματος της εκπεμπόμενης συχνότητας.

3.2.2 «J» shaped

Λόγω του περιορισμένου πεδίου χρήσης των curved arrays, έπρεπε να βρεθεί ένας άλλος τρόπος τοποθέτησης. Αυτός είναι ο «J» shaped, ο οποίος ενσωματώνει τα θετικά χαρακτηριστικά των flat και curved μιας και είναι μία υβριδική τοποθέτηση μεταξύ αυτών των δύο (σχήματα 3.10 και 3.11). Το όνομά του το πήρε από το γεωμετρικό σχήμα που δημιουργεί. Στην κορυφή οι καμπίνες είναι τοποθετημένες σε ευθεία γραμμή, ενώ στο κάτω άκρο σχηματίζουν μία κλιμακούμενη κύρτωση. Κατά αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η κάλυψη των απομακρυσμένων θεατών, και κατ'επέκταση το far field, από το άνω μέρος της συστοιχίας και η κάλυψη των κοντινότερων –near field- ακροατών από το κάτω μέρος της, οι οποίοι βρίσκονται μπροστά ή και κάτω από την ηχοστήλη.



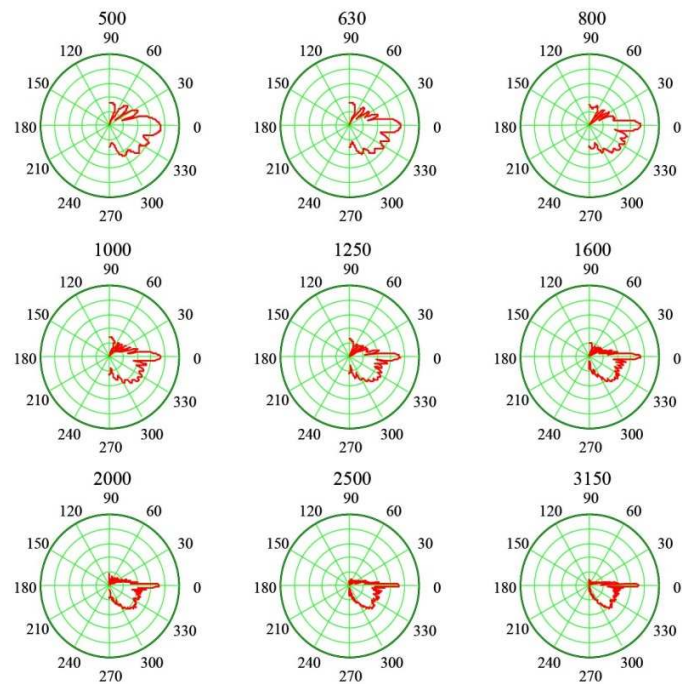
Σχήμα 3.10: Φωτογραφία ενός J shaped line array



Σχήμα 3.11: Γεωμετρική αναπαράσταση ενός J shaped line array

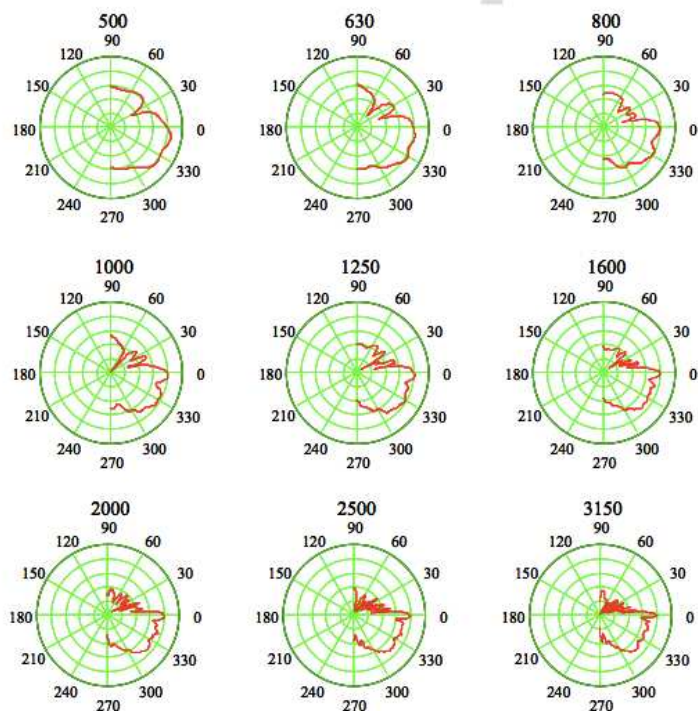
Ο συνδυασμός αυτών των δύο τρόπων προσφέρει ένα ασύμμετρο πολικό διάγραμμα στο κάθετο επίπεδο το οποίο είναι ιδιαίτερα χρήσιμο.

Η κατευθυντικότητα της εν λόγω τοποθέτησης επιτυγχάνεται με τον συνδυασμό της κατευθυντικότητας των straight και curved συστοιχιών. Συνεπώς τρεις βασικοί παράγοντες επηρεάζουν την κατευθυντικότητα. Το μήκος του ευθυγράμμου τμήματος (A_L), το μήκος του καμπυλωμένου τμήματος (A_C) και η γωνία του κυρτωμένου τμήματος και κατ'επέκταση η σχετική ένταση μεταξύ των, το σχετικό μήκος των δύο τμημάτων και προφανώς η παραγόμενη συχνότητα. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.11 και 3.12, το τμήμα της συστοιχίας που βρίσκεται σε ευθεία γραμμή, είναι υπεύθυνο για την κάλυψη στο μακρινό πεδίο, για την απόκριση και ακτινοβολεί πολύ στενή δέσμη ενέργειας, ιδιαίτερα στα υψηλά κύματα. Το τμήμα που έχει υποστεί κύρτωση δεν μπορεί να ισορροπήσει αυτή την εντασιακή διαφορά των υψηλών συχνοτήτων.



Σχήμα 3.12: Πολικά διαγράμματα για J-Array $\lambda = 60$ degrees, and $A_L = A_C = 1$

Ένας άλλος τρόπος για να αυξηθεί η κατευθυντικότητα στα J arrays είναι η επέμβαση στο μήκος του κάθε τμήματος. Αν λοιπόν το μήκος του καμπυλωτού τμήματος (A_C) είναι διπλάσιο αυτού της ευθείας γραμμής (A_L), τότε το σύστημα παράγει μια πιο ισορροπημένη κάλυψη στον εκάστοτε χώρο.



Σχήμα 3.13: Πολικά διαγράμματα για J-Array $\lambda = 60$ degrees, $A_L = 1$, and $A_C = 2$

3.2.3 Spiral Array

Η ανάγκη για ακόμη πιο ισορροπημένη απόκριση των συστημάτων, ώθησε τους sound designers να εξελίξουν τα “J” arrays. Αυτός ο νέος τρόπος τοποθέτησης ονομάστηκε Spiral Array. Συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των “J” arrays, το ασύμμετρο πολικό διάγραμμα στο κάθετο επίπεδο και επιπλέον ακτινοβολεί το ίδιο για μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων, δηλαδή η κατευθυντικότητα δεν μεταβάλλεται σημαντικά όσο μικραίνει το μήκος κύματος. Για να καταστεί αυτό δυνατό, η κλίση δίδεται από την αρχή της συστοιχίας-άνω τμήμα- μη επιτρέποντας σε καμία πηγή να είναι σε απόλυτη ευθεία. Έτσι δεν έχουμε πια δύο τμήματα, το straight line και το curved, αφού η καμπύλωση είναι προοδευτική ανάλογα με το μήκος της συστοιχίας, δηλαδή όσο αυξάνει το μήκος της συστοιχίας τόσο μεγαλώνει και η κλίση. Συνεπώς το άνω τμήμα βρίσκεται σε σχεδόν ευθεία γραμμή, αλλά όχι τέλεια στοιχισμένο, και το κάτω τμήμα καμπυλώνεται προοδευτικά προς τα κάτω.

Υπάρχουν πολλοί τύποι spiral array αλλά αυτός του arithmetic spiral array, αποτελεί ίσως τον πιο διαδεδομένο τύπο.

¹ “Ένα arithmetic spiral είναι εκείνο το οποίο η γωνία ανάμεσα σε διαδοχικές καμπίνες αλλάζει κατά ένα προκαθορισμένο $\Delta\theta$. Η γωνία της τελευταίας καμπίνας ως προς τον άξονα x δίνεται σύμφωνα με τον τύπο:

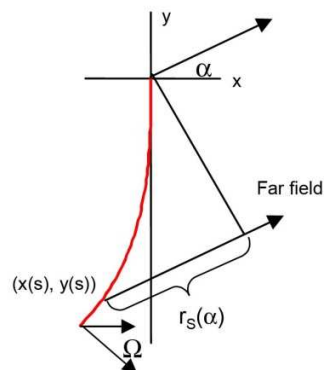
$$\Omega = \frac{1}{2} n(1+n)\Delta\theta$$

Όπου Ω : η γωνία της τελευταίας καμπίνας ως προς τον άξονα x.

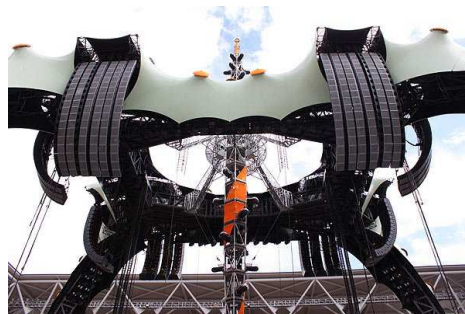
n: ο αριθμός της καμπίνας.

$\Delta\theta$: η γωνία ανάμεσα σε δυο διαδοχικές καμπίνες.

Για παράδειγμα η επάνω καμπίνα αναρτάται στις 0° , η επόμενη στην 1° , η επόμενη στις 2° κοκ. Αυτό ορίζει ένα spiral array όπου η γωνία της νιοστής καμπίνας τοποθετείται στον κάθετο άξονα σε $0^\circ, 1^\circ, 3^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ κοκ. Σε μια τοποθέτηση ανά 2° ο τύπος θα έδινε τα παρακάτω αποτελέσματα $0^\circ, 2^\circ, 6^\circ, 12^\circ, 20^\circ$ κοκ. Μια γεωμετρική αναπαράστασή του φαίνεται στο σχήμα 3.10



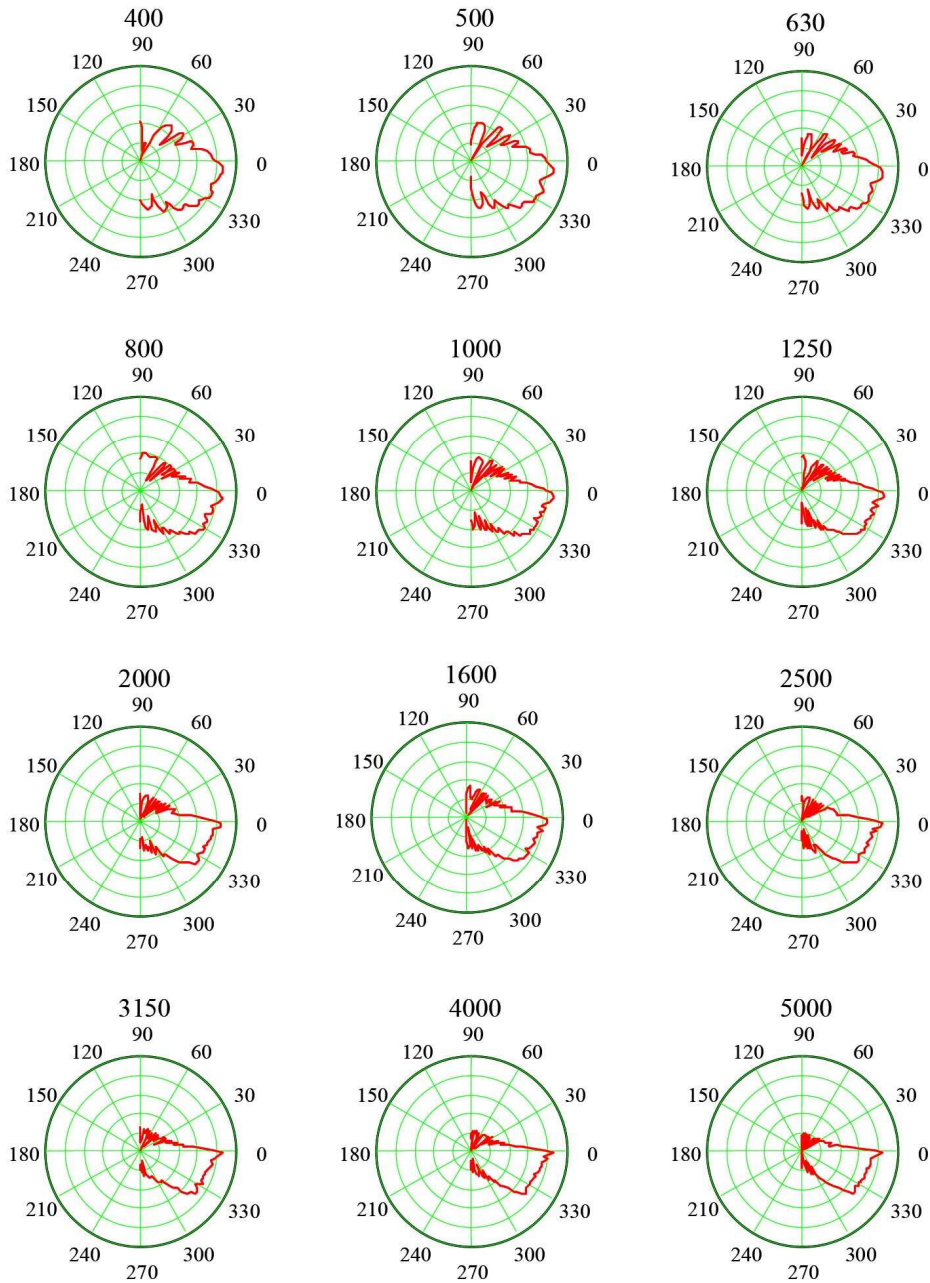
Σχήμα 3.14: Γεωμετρική αναπαράσταση ενός arithmetic spiral array



Σχήμα 3.15: φωτογραφία των spiral line arrays

¹ Κατερίνα Παναγοπούλου “Ηχητική κάλυψη Συναυλιών” κεφάλαιο 12 , σελ 129

Στα πλεονεκτήματα των spiral arrays είναι η σχεδόν σταθερή κατευθυντικότητα για ένα μεγάλο εύρος συχνοτήτων, με τις χαμηλές συχνότητες να δημιουργούν μικρούς λοβούς.»



Σχήμα 3.16: Πολικά διαγράμματα απόκρισης ενός arithmetic spiral array 5m μήκος και $\Omega=45^\circ$

¹ Κατερίνα Παναγοπούλου “Ηχητική κάλυψη Συνσολιών” κεφάλαιο 12 , σελ 129

Κεφάλαιο 4

Χαρακτηριστικά Συστήματος

4.1 Τι περιλαμβάνει το σύστημα.

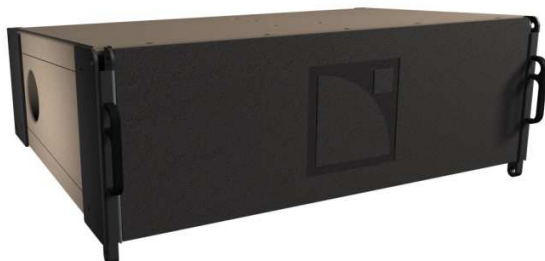
Το Τει Ρεθύμνου «Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής» διαθέτει ένα από τα πιο σύγχρονα συστήματα ηχητικής κάλυψης συναυλιών. Αυτό είναι το σύστημα dV-DOSC της L'acoustics. Αναλυτικά περιλαμβάνει:

Ποσότητα	Είδος
12	dV DOSC-FULL RANGE 2WAY LOUDSPEAKER
4	dv-SUB SUBWOOFER LACOUSTICS
4	SB218 SUBWOOFER L-ACOUSTICS
6	LA24a ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ 2Χ1000 L-ACOUSTICS
4	LA48a ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ 2Χ1300 L-ACOUSTICS
1	AUDIO MANAGEMENT SYSTEM DP448

Πίνακας 1: Εξοπλισμός του τμήματος «Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής»

4.2 Χαρακτηριστικά Συστήματος

4.2.1 dV-DOSC



Φωτο 1: ηχείο dv-DOSC

Το ηχείο dv-DOSC περιέχει δύο 8” μεγάφωνα (συνδεδεμένα παράλληλα) και έναν 1,4” οδηγό συμπίεσης τοποθετημένο στον κυματοδηγό DOSC.

Τα 8” ηχεία έχουν καθένα αντίσταση 16Ω και η παράλληλη συνδεσμολογία επιτρέπει την nominal αντίσταση να είναι στα 8Ω. Αυτά μπορούν να αναπαράγουν το συχνοτικό εύρος 100-800Hz.

Η nominal αντίσταση για την παραγωγή υψηλών συχνοτήτων είναι στα 8Ω και ο οδηγός συμπίεσης ο οποίος είναι τοποθετημένος στα dv-DOSC περιλαμβάνει 1,4” έξοδο, διάφραγμα τιτανίου, 3” πηνίο φωνής και έναν πολύ ελαφρύ μαγνήτη νεοδυμίου. Αυτά τα χαρακτηριστικά επιτρέπουν στο ηχείο να παρέχει υψηλή ευαισθησία και διαχείριση ενέργειας με χαμηλά επίπεδα παραμόρφωσης σε όλη την έκταση του συχνοτικού εύρους (800-18KHz).

Κάθε καμπίνα dv-DOSC παρέχει δύο speaker connector sockets για απευθείας σύνδεση και παράλληλη μέχρι τρεις καμπίνες. Το παραγόμενο συχνοτικό εύρος εκτείνεται από τα 100 Hz έως τα 18KHz παρόλου του το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί έως τα 80Hz.

4.2.2 dV-SUB



Φωτο 2: ηχείο dv-SUB

Το ηχείο dV-SUB περιλαμβάνει τρία 15'' μεγάφωνα τοποθετημένα σε vented bandpass διάταξη. Καθένα από τα ηχεία έχει αντίσταση 8Ω ενώ η παράλληλη εσωτερική σύνδεσή τους, μειώνει την αντίσταση στα 2.7Ω.

Το συχνοτικό εύρος λειτουργίας του είναι 40Hz - 200Hz. Άλλα χαρακτηριστικά του είναι η μεγάλη αντοχής κατασκευή τους, 3'' ribbon πηνίο φωνής και η μεγάλη θερμική του αγωγιμότητα. Είναι κατάλληλα κατασκευασμένο ώστε να αντέχει οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες

4.2.3 SB218

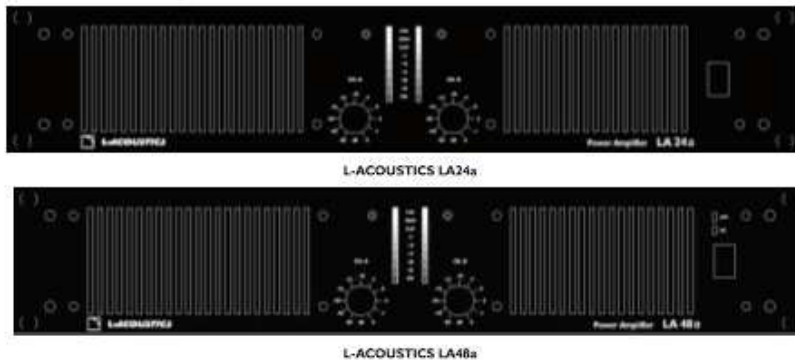


Φωτο 3: ηχείο SB-218

Πρόκειται για subwoofer για την παραγωγή πολύ χαμηλών συχνοτήτων. Το ηχείο περιέχει δύο 18'' μεγάφωνα με αντίσταση 4Ω. Το συχνοτικό εύρος λειτουργίας εκτείνεται από τα 25Hz-200Hz. Για την κατασκευή αυτού του ηχείου χρησιμοποιήθηκε η τεχνολογία που ενσωματώθηκε στο dv-SUB.

Οι ενισχυτές και επεξεργαστές που διαθέτει το ΤΕΙ «Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής» είναι οι προτεινόμενοι από την εταιρία L'Acoustics LA24a, LA48a και επεξεργαστές XTA DP448, DP224, DP214

Ενισχυτές LA24a – LA48a



Επεξεργαστής XTA DP448

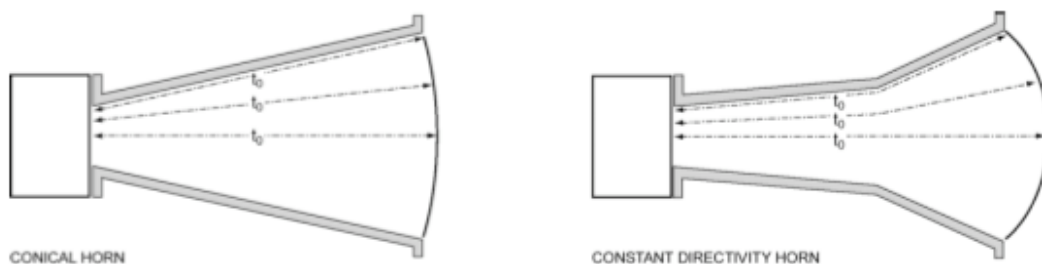


Φωτο 4: Ενισχυτές LA24a, LA48a και processor XTA

Οι επεξεργαστές τις XTA αποτελούν την πλέον σύγχρονη λύση στα audio management systems, οι οποίοι περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων crossover, equalizer και διατάξεις προστασίας των ηχείων όπως limiters. Επιπλέον για την βέλτιστη απόδοση του συστήματος, προσφέρουν presets ρυθμίσεις για τα ηχεία dv-DOSC της L'Acoustics, τα οποία παρατίθενται στο παράρτημα 1.

4.3 Κυματοδηγός DOSC

«Ο κυματοδηγός DOSC είναι αποτέλεσμα της προσεχτικής ανάλυσης της διαδρομής του κύματος από την έξοδο του οδηγού συμπίεσης, μέσα από τον κυματοδηγό και τέλος την μορφή του στην έξοδο του ηχείου



Σχήμα 1: Conical Horn, Constant Directivity Horn

Το μέτωπο κύματος που προκύπτει από μία κωνική ή συνεχούς κατευθυντικότητας κέρνα, είναι αποτέλεσμα των συνεχών χρονικών αφίξεων για όλες τις πιθανές διαδρομές

του ηχητικού κύματος που ακτινοβολεί η έξοδος του οδηγού. Τα δύο παραπάνω παραδείγματα κορνών παράγουν λιγότερο ή περισσότερο καμπυλωμένα μέτωπα κύματος τα οποία προφανώς δεν πληρούν τα WST κριτήρια.

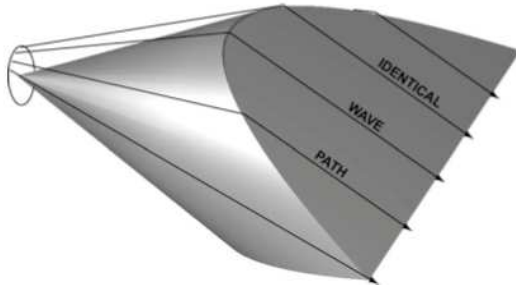


Figure 94: DOSC Waveguide - Internal Section

Σχήμα 2: Ο κυματοδηγός DOSC

Συγκριτικά, ο κυματοδηγός DOSC, ενεργεί ως μια κατασκευή «χρονικού συντονισμού» καθυστερώντας τον χρόνο άφιξης κάθε πιθανής διαδρομής του ηχητικού κύματος, έτσι ώστε να έχουν την ίδια χρονική άφιξη στη ορθογώνια έξοδο του ηχείου. Αυτή η εσωτερική κατασκευή είναι στην ουσία ένας «κομμένος» κώνος που μοιάζει με το τσεκούρι “tomahawk” των ιθαγενών της Β.Αμερικής.



Φωτο 5: Τσεκούρι Tomahawk

Ο κυματοδηγός DOSC αλλά και η κατασκευή που περικλείεται είναι κατασκευασμένα με ακρίβεια, σύμφωνα με συγκεκριμένες αναλογίες μεταξύ βάθους, ύψους και της γωνίας του κώνου με σκοπό την παραγωγή ενός flat και ίδιας φάσης ηχητικού μετώπου. Σύμφωνα με την συνθήκη (4) της ενότητας 2.5, η απόκλιση που μπορεί να έχει από ένα επίπεδο ηχητικό μέτωπο (καμπύλωση) πρέπει να είναι λιγότερο του $\lambda/4$ της υψηλότερης συχνότητας λειτουργίας που αντιστοιχεί σε λιγότερο από 5mm καμπύλωσης στα 16 kHz. Πειράματα έχουν δείξει ότι ο DOSC κυματοδηγός παρέχει λιγότερο από 4mm καμπύλωσης σε αυτήν την συχνότητα.»



Figure 93: Front view of dV-DOSC array and vertically stacked DOSC waveguides

Φωτο 6: Όψη του κυματοδηγού DOSC στο ηχείο dv-DOSC

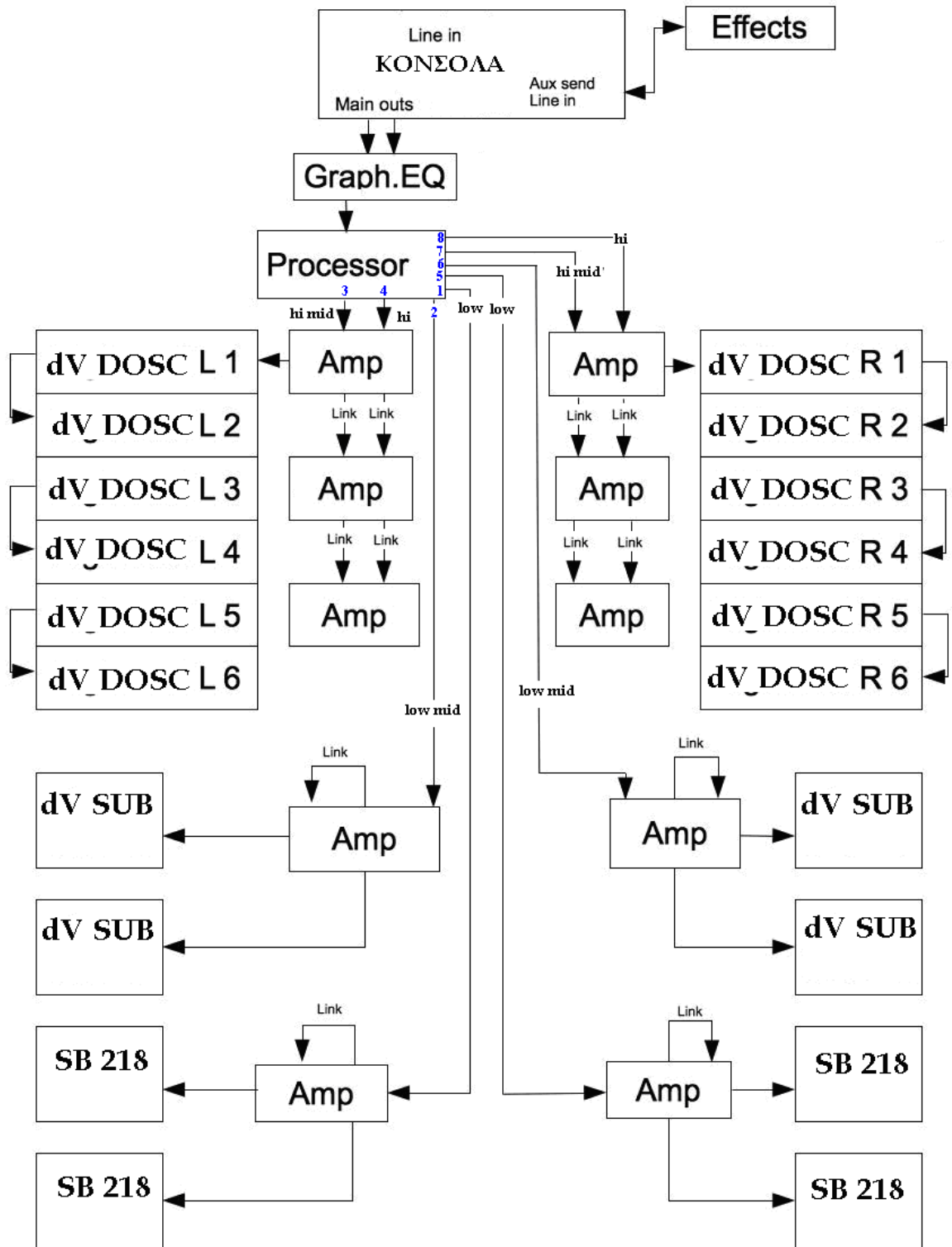
4.4 Καλωδίωση Συστήματος

Το σύστημα που διαθέτει το ΤΕΙ «Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής» είναι τεσσάρων δρόμων, δηλαδή το εκπεμπόμενο ακουστικό φάσμα χωρίζεται σε τέσσερις συχνοτικές περιοχές, low, low-mid, hi-mid, hi. Όσον αφορά τους τελικούς ενισχυτές οι τέσσερις LA-48a είναι υπεύθυνοι για τα SB218 και τα dv-sub, ενώ οι έξι LA-24a είναι υπεύθυνοι για να οδηγήσουν τα dv-DOSC.

Τον ρόλο του cross-over τον αναλαμβάνει ο επεξεργαστής της XTA Dp448, ο οποίος διαθέτει οχτώ εξόδους συνολικά για τις δύο ηχοστήλες. Για την σύνδεση των δύο SB218 ακολουθείται η εξής σειρά. Από την έξοδο low (1) του processor στην είσοδο A του LA48a, μέσω link τροφοδοτείται και η B είσοδος και τέλος από τις εξόδους του ενισχυτή τα 2 ηχεία. Η ίδια καλωδίωση ακολουθείται και για την right πλευρά του συστήματος χρησιμοποιώντας την έξοδο low (5) του επεξεργαστή.

Για τα dv-SUB που είναι υπεύθυνα για την αναπαραγωγή της low mid συχνοτικής περιοχής, συνδέεται η έξοδος low-mid (2) του processor στην είσοδο A ενός άλλου ενισχυτή LA-48a, μέσω link τροφοδοτείται και η B είσοδος και τέλος από τις εξόδους του ενισχυτή τα 2 ηχεία. Η ίδια καλωδίωση ακολουθείται και για την right πλευρά του συστήματος χρησιμοποιώντας την έξοδο low (6) του επεξεργαστή.

Τα dv-DOSC αναλαμβάνουν να εκπέμψουν τις τελευταίες δύο συχνοτικές περιοχές hi-mid και hi. Έτσι λοιπόν η έξοδος hi-mid (3) και η hi (4) τροφοδοτούν τις εισόδους A και B αντίστοιχα ενός ενισχυτή LA24a. Μέσω εσωτερικών συνδέσεων του ενισχυτή, η πληροφορία για αυτές τις δύο συχνοτικές περιοχές καταλήγει μέσω τετράπινου speaker καλωδίου στο ηχείο dv-DOSC. Τα 2 pin είναι υπεύθυνα για την μεταφορά των hi-mid, ενώ τα υπόλοιπα δύο είναι υπεύθυνα για τα hi. Τέλος συνδέεται παράλληλα και άλλο ένα dv-DOSC. Τα υπόλοιπα 4 ηχεία dv-DOSC της στήλης συνδέονται ανά δυο παράλληλα και το κάθε ζευγάρι τροφοδοτείται από έναν ενισχυτή LA24a. Ο ενισχυτής του κάθε ζεύγους dv-DOSC παίρνει σήμα από το link out του προηγούμενου ενισχυτή. (το κανάλι A από το κανάλι A μεταφέροντας τα hi-mid και το κανάλι B από το κανάλι B μεταφέροντας τα Hi) Η ίδια καλωδίωση ακολουθείται και για την right πλευρά του συστήματος χρησιμοποιώντας αντίστοιχα τις εξόδους (7 και 8) του επεξεργαστή και έτσι ολοκληρώνεται το σύστημα. Παρακάτω παρατίθεται αναλυτικά η συνολική καλωδίωση του συστήματος.



Σχήμα 3: Πλήρης καλωδίωση του συστήματος του ΤΕΙ «Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής»

4.5 SoundVision

Το Sound Vision αποτελεί την πρόταση της L'Acoustics στο λογισμικό που χρησιμοποιούν οι sound designers για την ακουστική και μηχανική προσομοίωση για όλα τα προϊόντα της εταιρίας. Προσφέρει τρισδιάστατο σχεδιασμό και αναπαράσταση του χώρου αλλά και των ηχείων, και μαζί με πολύτιμα εργαλεία υπολογισμού ακουστικής πίεσης και φάσης, το καθιστά ένα από τα πιο αξιόπιστα λογισμικά ηχητικού σχεδιασμού. Έχει δυνατότητα χαρτογράφησης σε 3D της ηχητικής κάλυψης του χώρου και υποβοηθά διαδραστικά σε θέματα διάταξης - ρύθμισης της ηχητικής στήλης περιλαμβάνοντας κατανομή βάρους, αζιμούθιο, όρια ασφαλούς ανάρτησης, γωνίες σύζευξης στοιχείων, σημεία ανάρτησης αυτών και συνολικές κλίσεις cluster (site), δηλαδή την κλίση της συστοιχίας στο κάθετο επίπεδο. Βέβαια έχει και μειονεκτήματα καθώς δεν μπορεί να υπολογίσει την ακουστική συμπεριφορά για συχνότητες κάτω των 100 κύκλων και δεν υπολογίζει τις ανακλάσεις του χώρου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Ηχητικός Σχεδιασμός με το Sound Vision

5.1 Εισαγωγή

Για τις ανάγκες της πτυχιακής εργασίας επιλέχθηκαν τρεις χώροι στους οποίους έγινε ο ηχητικός σχεδιασμός. Το κριτήριο επιλογής τους ήταν το μέγεθος τους σε σχέση με το υπάρχον σύστημα του ΤΕΙ «Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής», δηλαδή χώροι για τους οποίους το σύστημα τους καλύπτει επαρκώς, μεγάλους χώρους όπου το δεδομένο σύστημα είναι ανίκανο να τους καλύψει και τέλος χώροι όπου το σύστημα είναι μεγαλύτερο από ότι χρειάζεται. Για τους χώρους που ακολουθούν τρεις είναι οι τοποθετήσεις, flown, stack και downfill. Ο hybrid τρόπος ανάρτησης δεν εξετάζεται αφού το soundvision δεν μπορεί να υπολογίσει συχνότητες κάτω των 100Hz. Ο όρος downfill χρησιμοποιείται για ηχεία που αναρτώνται κάτω από διαφορετικού τύπου ηχεία στο ίδιο cluster.

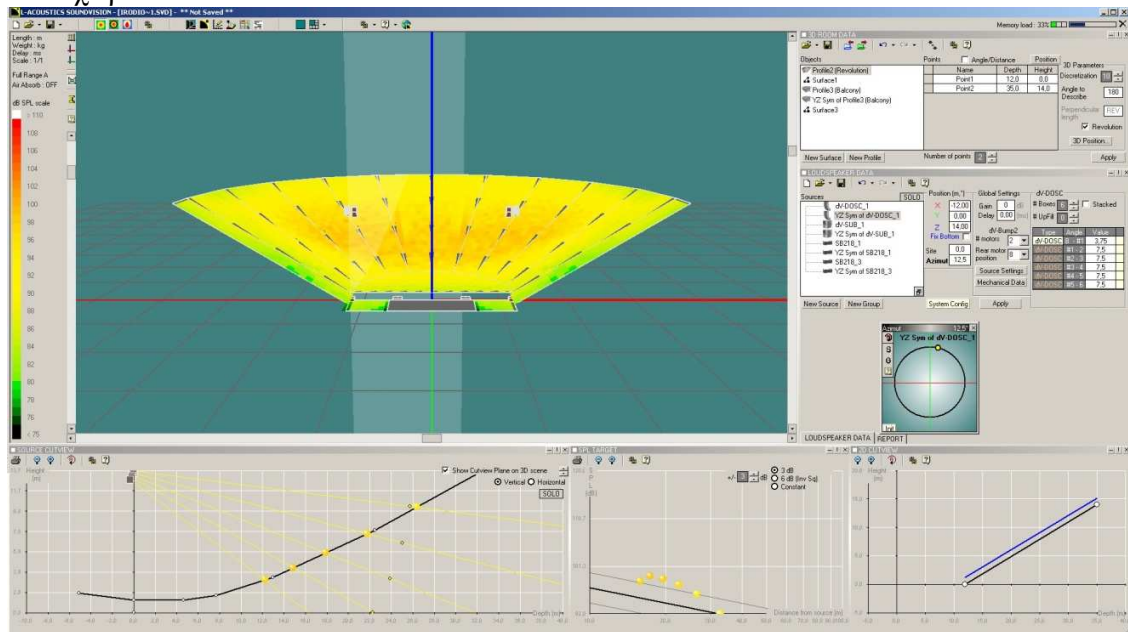
5.2 Ωδείο Ηρώδου Αττικού (Ηρώδειο)

Το Ωδείο Ηρώδου Αττικού είναι ένας αρκετά μεγάλος χώρος με βάθος 35m και ύψος 14m.

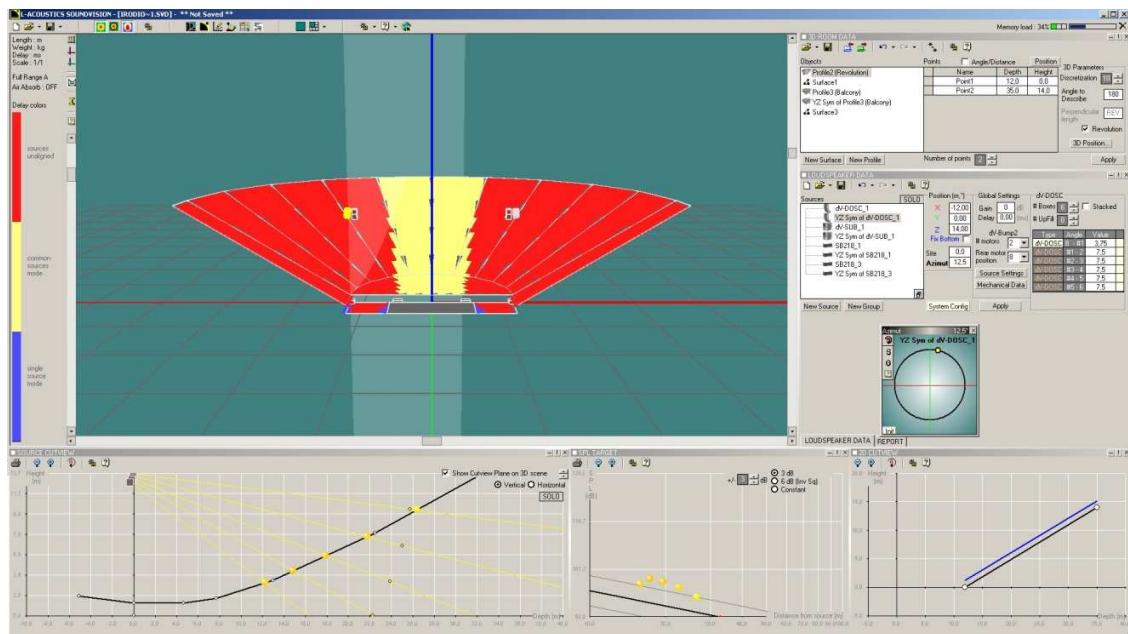
5.2.1 Flown array

Η πρώτη τοποθέτηση ηχείων έγινε με την φιλοσοφία της flown ανάρτησης ηχείων με τα dn-DOSC και τα dn-SUB να αναρτώνται σε ύψος 10m. Αυτό το ύψος επιλέχτηκε ως μέση λύση για την όσο δυνατότερη ομοιόμορφη κάλυψη. Με βάση τον κανόνα που προστάζει ότι το πρώτο ηχείο πρέπει να “στοχεύει” τον πιο απομακρυσμένο θεατή, οι ηχοστήλες έπρεπε να αναρτηθούν σε ύψος 14m. Όμως με αυτό τον τρόπο υπήρχε ανάγκη για μεγαλύτερη καμπύλωση του Array με αποτέλεσμα τις τεράστιες φασικές διαφορές

στον χώρο.

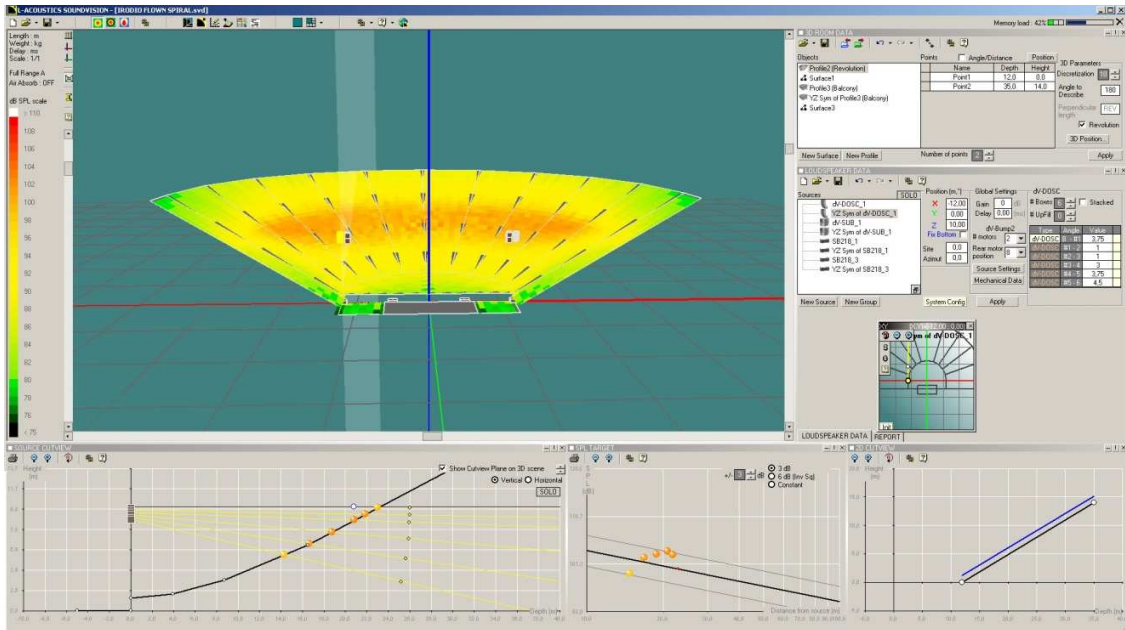


Σχήμα 5.1: SPL κάλυψη του Ηρώδειου με τα clusters στα 14m.

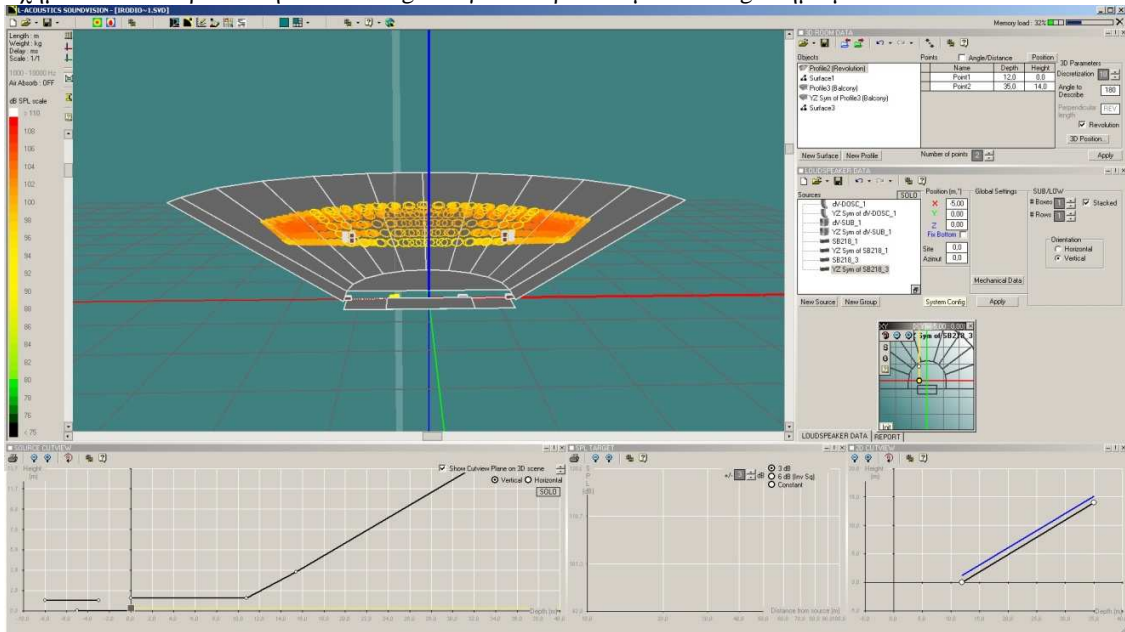


Σχήμα 5.2: Φασική απόκριση του Ηρώδειου για full range σήμα με τα clusters στα 14m.

Βάση αυτού λοιπόν τα ηχεία κατέβηκαν στα 10m και προέκυψε η παρακάτω εντασιακή κάλυψη του χώρου. Η καμπύλωση της συστοιχίας ανήκει στα “J” Arrays με κλίσεις 3.75°, 1°, 1°, 3°, 3.75° και 4.5°. Στο σχήμα παρακάτω απεικονίζεται η εντασιακή κάλυψη (A weighted) του χώρου για full range συχνοτικό εύρος.

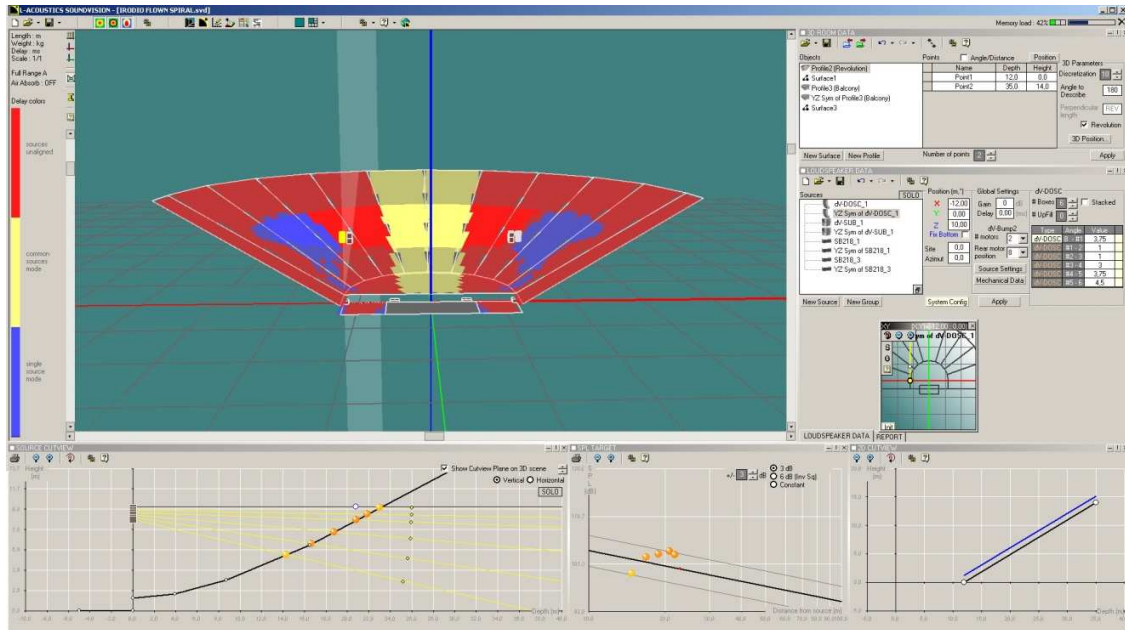


Σχήμα 5.3: Αναπαράσταση SPL A weighted για το Ηρώδειο με full range σήμα με τα clusters στα 10m.



Σχήμα 5.4: SPL target του συστήματος στο Ηρώδειο με τα clusters στα 10m.

Βάση της εν λόγω τοποθέτησης των ηχείων προκύπτει και η παρακάτω φασική απόκριση του χώρου.

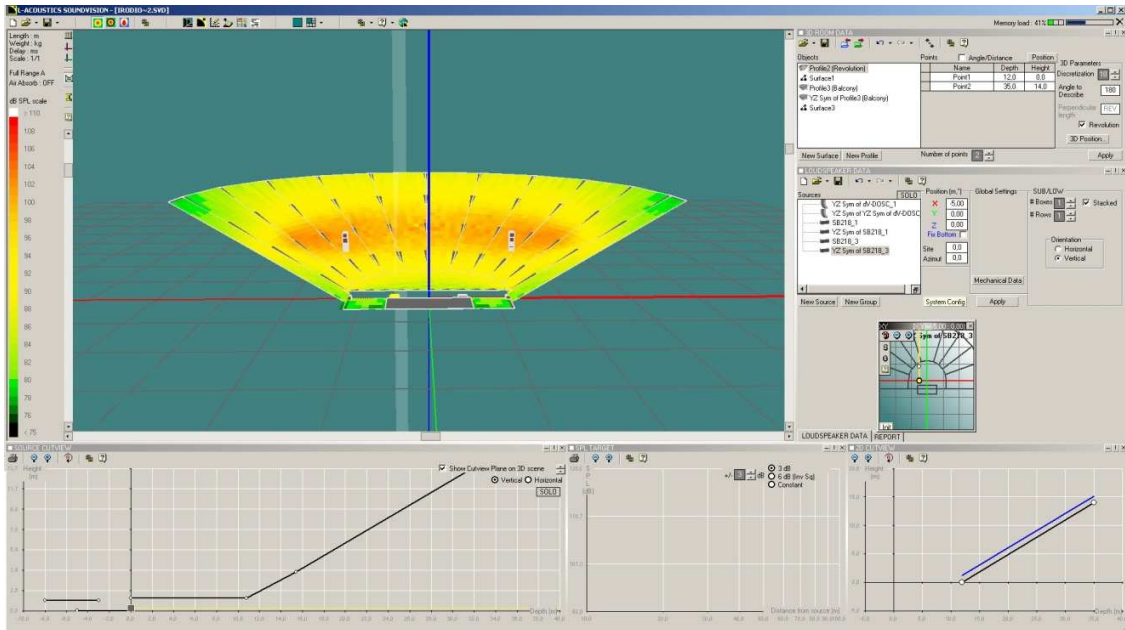


Σχήμα 5.5: Φασική απόκριση του Ηρωδείου

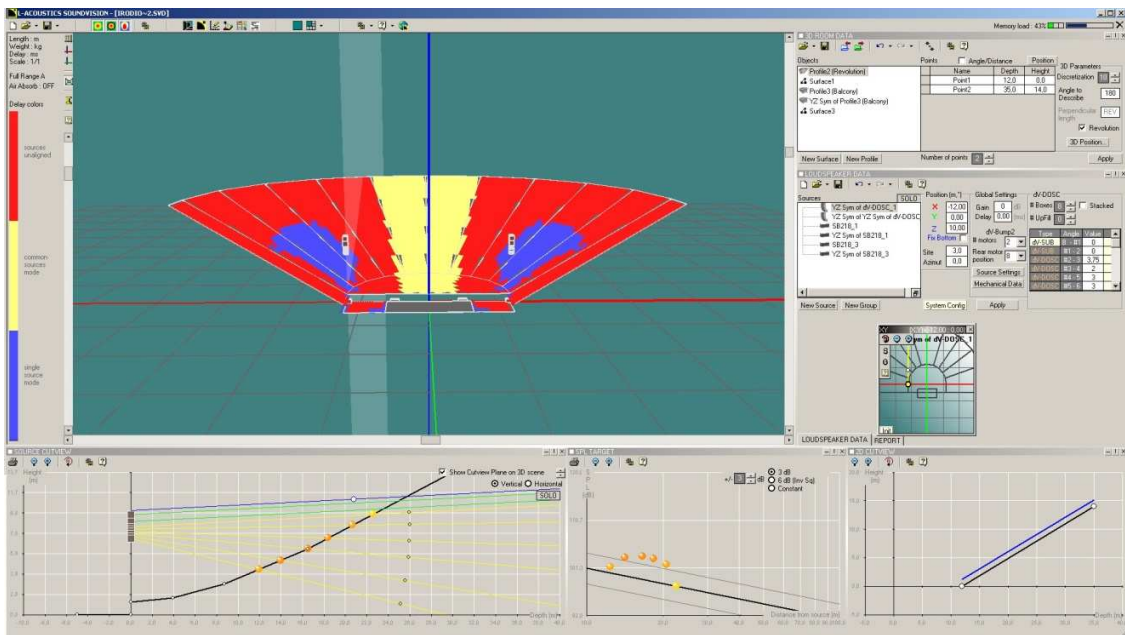
Συγκρίνοντας τις δύο περιπτώσεις καταλήγει κανείς στο συμπέρασμα ότι τα ηχεία αναρτημένα στα 10m είναι μία μέση λύση που σου εξασφαλίζει σχετικά καλύτερη φασική κάλυψη, διότι απουσιάζουν οι τεράστιες φασικές διαφορές, με μειονέκτημα λιγότερη ομοιομορφία στην εντασιακή κάλυψη.

5.2.2 dv-DOSC ως downfill array στα dv-SUB

Βάση του παραπάνω συμπεράσματος περί flown, η επόμενη πρόταση για flown με τα dv-DOSC ως downfill στα dv-SUB παρουσιάζουν πολλά κοινά στοιχεία, και η τοποθέτησή τους έγινε με τον ίδιο γνώμονα. Τα dv-DOSC σε αυτή τη τοποθέτηση σχηματίζουν curved array με κλίσεις $3,75^\circ$, 2° , 3° , 3° , $4,5^\circ$, $4,5^\circ$



Σχήμα 5.6: Εντασιακή κάλυψη του Ηρώδειου με flow'n ανάρτηση με τα dv-DOSC ως downfill.

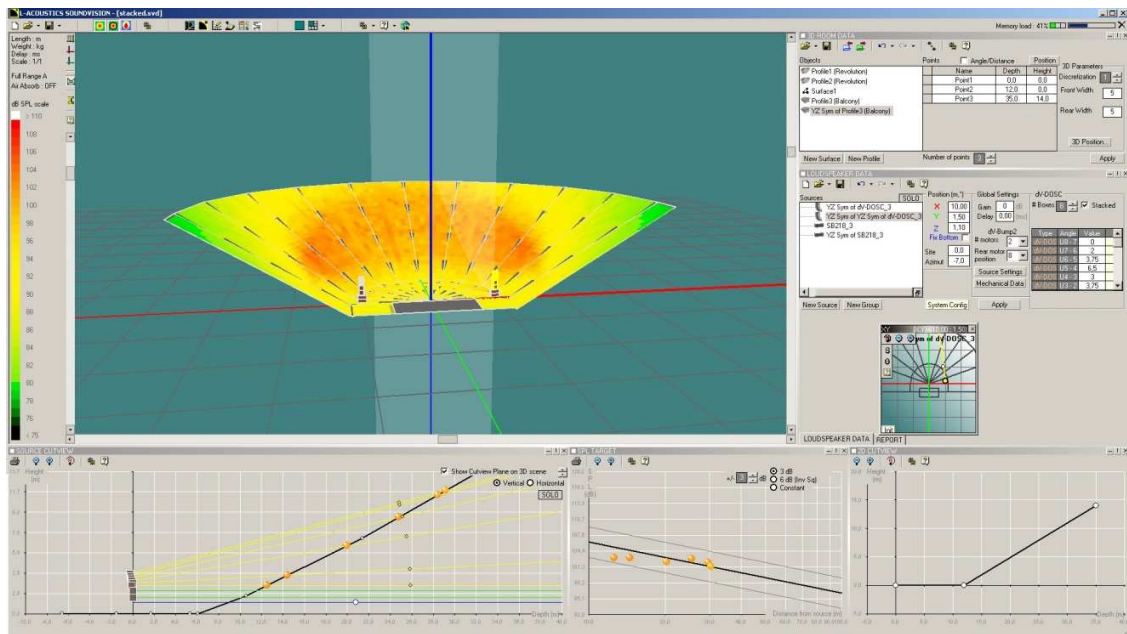


Σχήμα 5.7: Φασική κάλυψη του Ηρώδειου με flow'n ανάρτηση με τα dv-DOSC ως downfill.

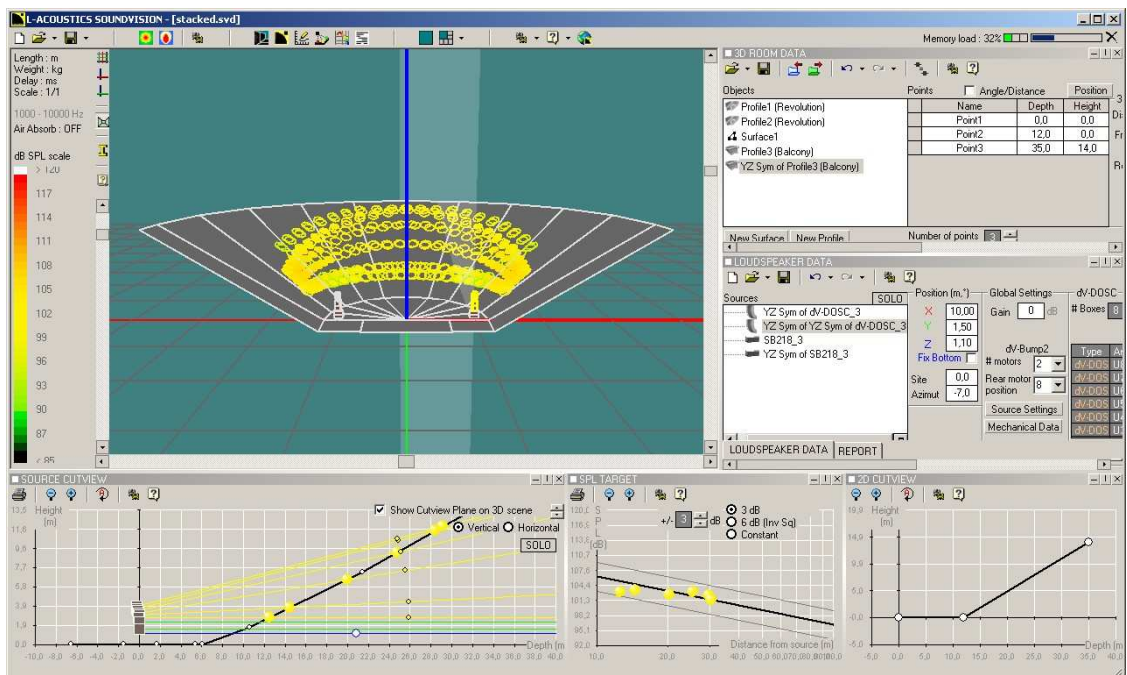
Και σε αυτόν τον τρόπο ανάρτησης δεν παρατηρείται καμία ουσιαστική διαφορά σε σχέση με την προηγούμενη. Η εντασιακή και φασική απόκριση παραμένουν μη ικανοποιητικές, γεγονός που οφείλεται στο μήκος της συστοιχίας που είναι ανίκανο να καλύψει επαρκώς ένα τόσο μεγάλο σε πλάτος χώρο.

5.2.3 Stack array

Η επόμενη προσπάθεια ήταν να γίνει η εγκατάσταση του συστήματος στο Ηρώδειο σε stack τοποθέτηση. Στην προσπάθεια αυτή τα dv-DOSC τοποθετήθηκαν πάνω στα dv-SUB με μοίρες $0^\circ, 2^\circ, 3,75^\circ, 6,5^\circ, 3^\circ, 3,75^\circ$. Βάσει των κλίσεων μπορούμε να πούμε ότι πρόκειται για ένα curved array.

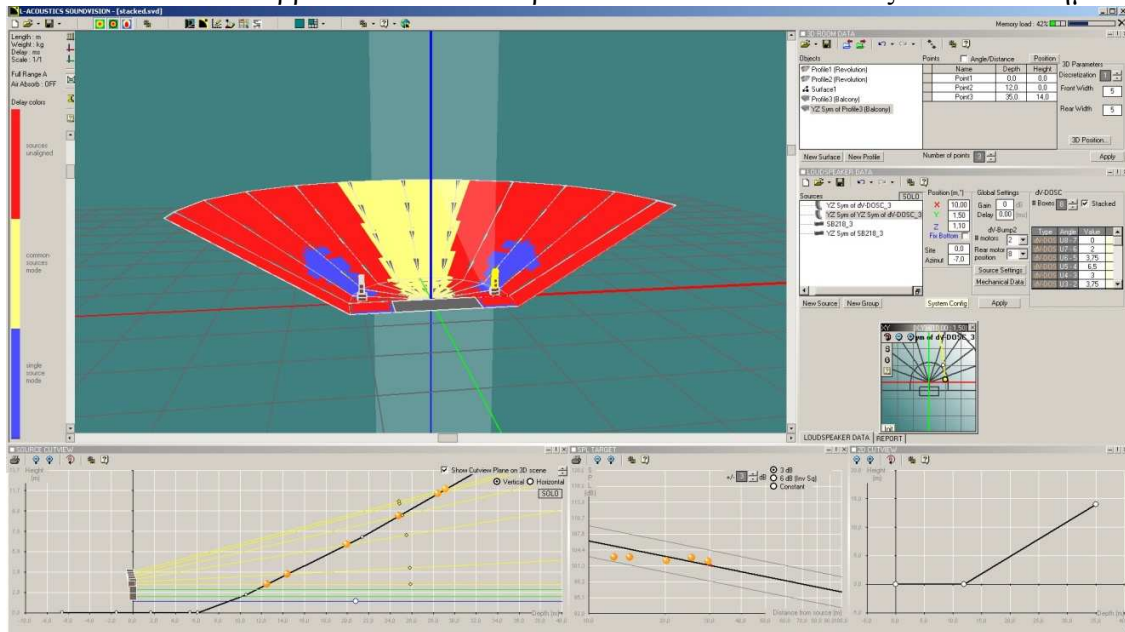


Σχήμα 5.8: Εντασιακή κάλυψη του Ηρώδειου με stacked τοποθέτηση.



Σχήμα 5.9: SPL target με stacked τοποθέτηση.

Στα δύο παραπάνω σχήματα φαίνεται η εντασιακή κάλυψη του Ηρώδειου, με το σύστημα σε stacked τοποθέτηση. Ερμηνεύοντας μόνο το σχήμα 5.9 φαίνεται ότι η εν λόγω τοποθέτηση είναι μη επαρκής για την συνολική κάλυψη του χώρου. Αναλύοντας και το σχήμα 5.8 γίνεται εύκολα κατανοητή η ανομοιομορφία στη εντασιακή κάλυψη και σε συνδυασμό με την προβληματική φασική κάλυψη (σχήμα 5.10), μόνο ένα μικρό ποσοστό θεατών που βρίσκονται στο κέντρο καλύπτονται υποτυπωδώς από το σύστημα.



Σχήμα 5.10: Φασική κάλυψη του Ηρώδειου με stacked τοποθέτηση.

5.2.4 Συμπεράσματα

Εύκολα παρατηρεί κανείς ότι λόγω των φασικών ακυρώσεων (σχήμα 5.10), της πλήρους ανομοιόμορφης εντασιακής κάλυψης (σχήμα 5.8) σε όλο τον χώρο του ακροατήριου, και της χαμηλής έντασης που μπορεί να αποδώσει μέσα στον χώρο, το σύστημα είναι πολύ μικρό για να καλύψει επαρκώς ένα τόσο μεγάλο χώρο, ανεξαρτήτως της τοποθέτησής του.

Αναλυτικά δεν πληροί τα έξι κριτήρια για την προσέγγιση του Line Source, γιατί σε καμία των περιπτώσεων δεν καλύπτουν επαρκώς το 80% του χώρου, οι κλίσεις που έχουν δοθεί είναι ακραίες με αποτέλεσμα να ξεπερνούν το ζητούμενο $\lambda/4$, και τέλος δεν εφαρμόζεται ο κανόνας 4:1.

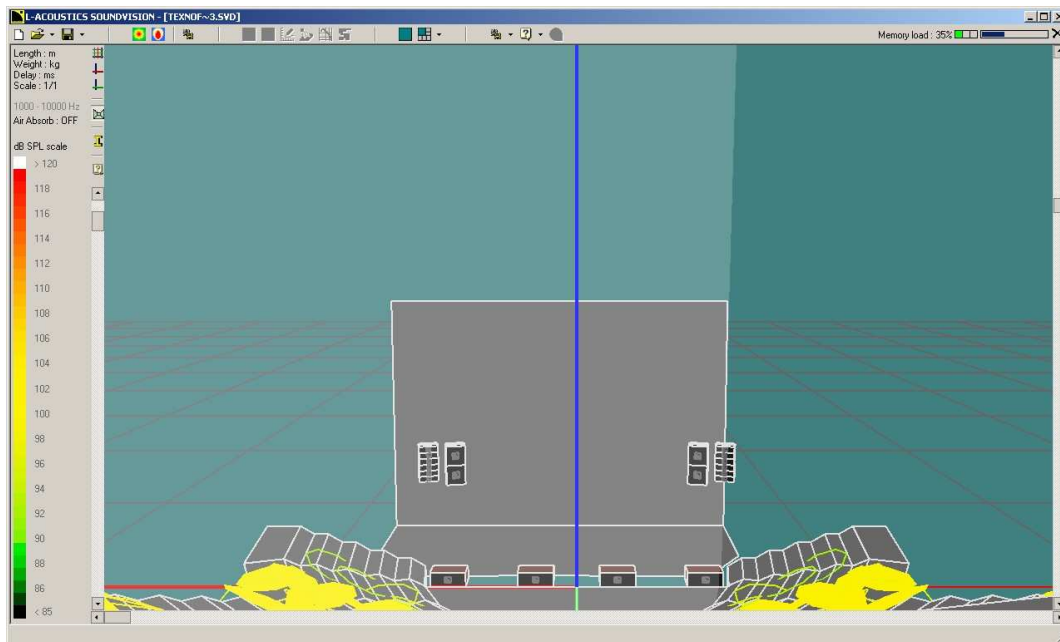
Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι για τέτοιους χώρους με μεγάλο πλάτος (50m και πάνω) κρίνεται απαραίτητη η χρήση LL και RR clusters ώστε να μπορεί να καλυφθεί ομοιόμορφα και χωρίς προβλήματα φάσης όλο το ακροατήριο. LL(left-left) και RR (right-right) ονομάζονται συστοιχίες ηχείων τοποθετημένες εκατέρωθεν του Main PA (L,R), με στόχο την κάλυψη περιοχών όπου το κυρίως array δεν μπορεί να καλύψει.

5.3 Τεχνόπολις Ηρακλείου Κρήτης

Το Τεχνόπολις αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους χώρους εκδηλώσεων στην Κρήτη. Πρόκειται για έναν μεσαίου μεγέθους χώρο με κερκίδες ο οποίος έχει μέγιστο μήκος τα 30.5m, ύψος 13.0m και πλάτος περί τα 22m.

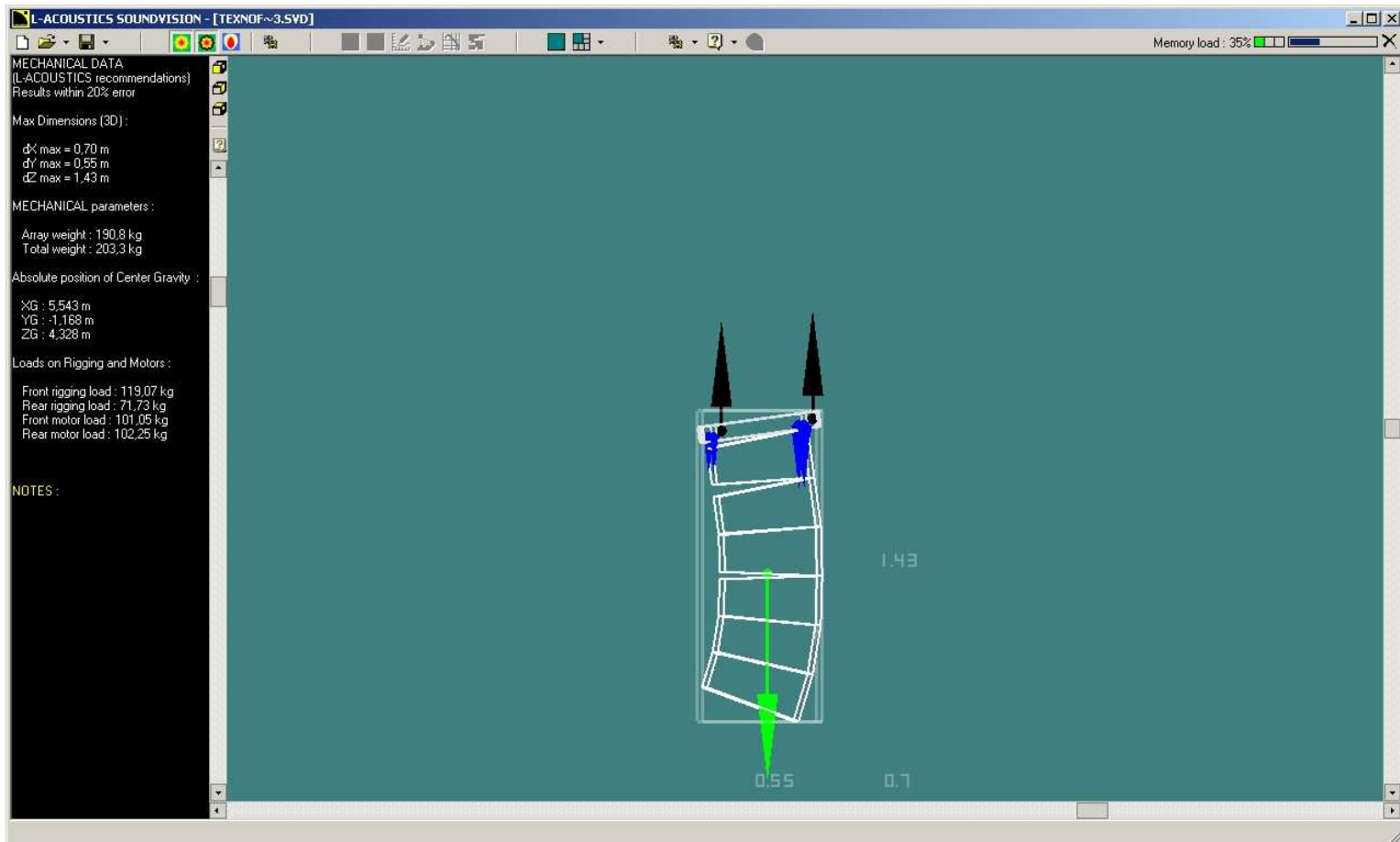
5.3.1 Flown array

Η πρώτη πρόταση τοποθέτησης του ηχητικού συστήματος αφορά flown ανάρτηση, με τα dv-DOSC και τα dv-SUB να αναρτώνται και τα sb218 σε τοποθέτηση ground stacked.



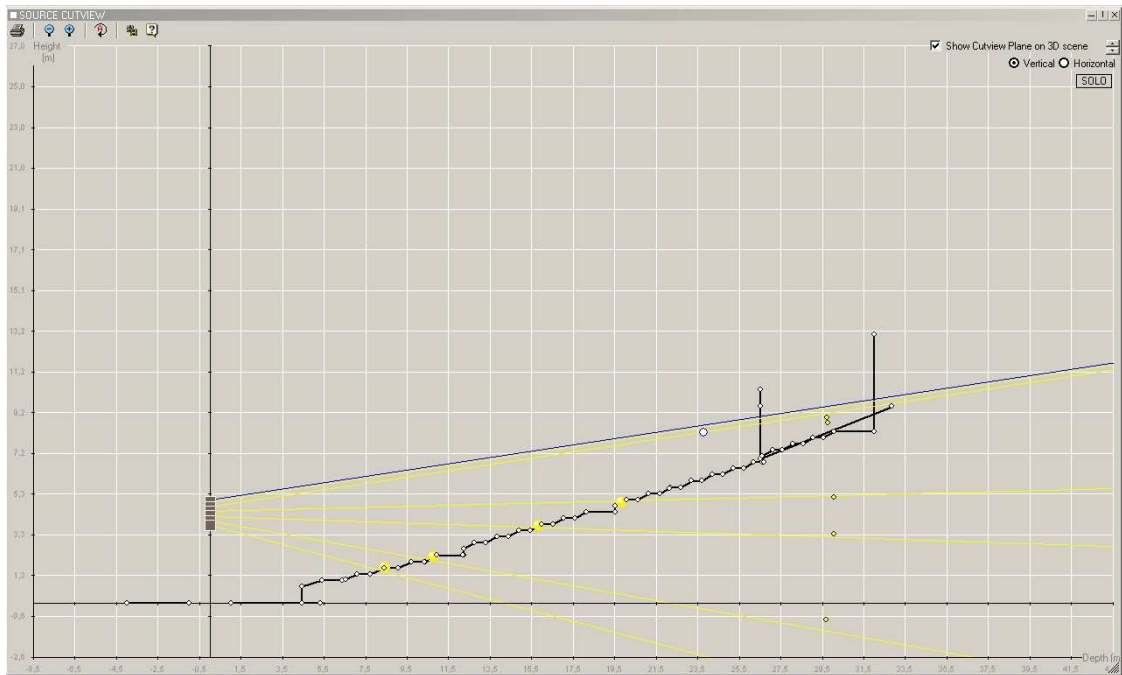
Σχήμα 5.11: Flown τοποθέτηση του συστήματος στο Τεχνόπολις.

Το συνολικό μήκος της ηχοστήλης είναι 1,43m με κλίση 7,8° και αζιμούθιο 14,4 για το δεξί cluster και -14,4 για το αριστερό. Η απόσταση μεταξύ των clusters είναι 11m. Πρόκειται για spiral array με κλίσεις 3,75°, 0°, 6,5°, 3°, 7,5°, 7,5°. Με βάση το δεδομένο μήκος της συστοιχίας και του κριτηρίου (3) που αφορά την κατώτατη συχνότητα που μπορεί να εκπέμψει το σύστημα ($\lambda/4$) ως line source, θεωρητικά αυτή είναι τα 960,9 Hz. Το σχήμα που ακολουθεί δίνει όλα τα μηχανικά στοιχεία για το cluster των dv-DOSC όπως βάρος, μήκος, πλάτος, ύψος, κέντρο βάρους και άλλα. Το αναλυτικό report μπορεί να βρεθεί στο παράρτημα 2.



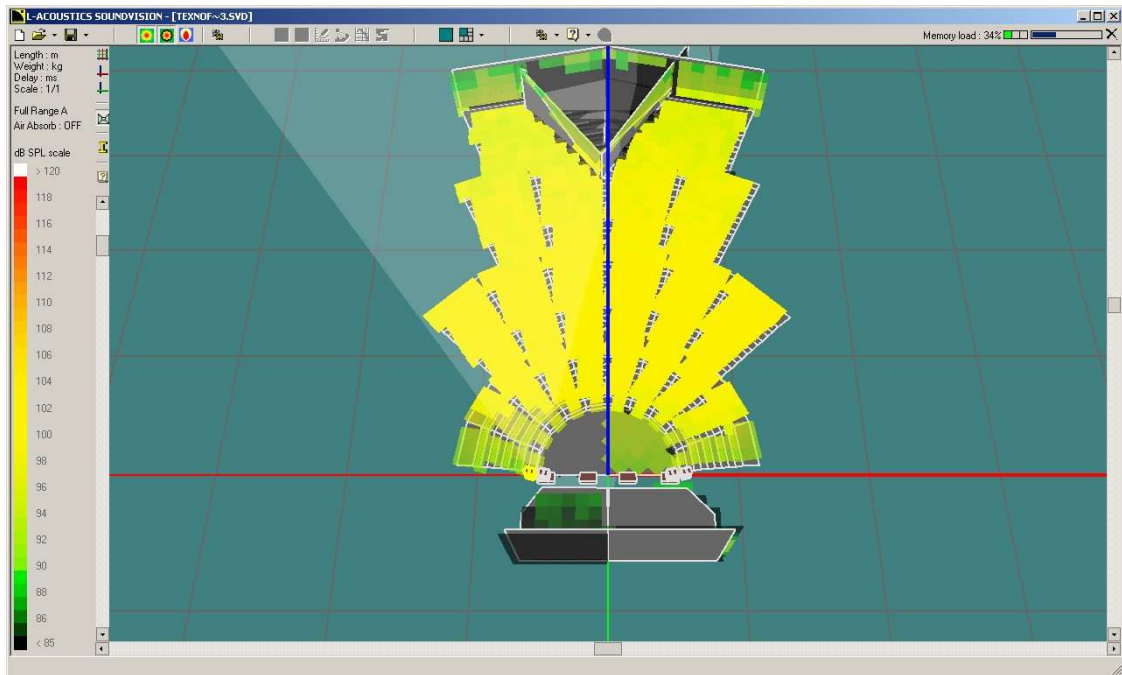
Σχήμα 5.12: Μηχανικά στοιχεία του cluster dv-DOSC για Flown τοποθέτηση στο Τεχνόπολις.

Το ύψος ανάρτησης, έπειτα από πολλούς πειραματισμούς, είναι τα 5m και αυτό επιλέχτηκε με γνώμονα τα κριτήρια της προσέγγισης του Line Source, σε συνδυασμό με τη δυνατότητα που παρέχει η εταιρία μέσω του sound vision για την συνολική κλίση (site) του cluster όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 4.5. Αναλυτικότερα με τα ηχεία σε αυτό το ύψος και την κατάλληλη θετική κάθετη κλίση, μπορεί να επιτευχθεί ομοιόμορφη κάλυψη από τον πιο απομακρυσμένο θεατή μέχρι και τον κοντινότερο, πληρώνοντας σε μεγάλο βαθμό το 6^ο κριτήριο που αφορά τον κανόνα 4:1. Έτσι, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, το ο πρώτο ηχείο στοχεύει τα 28m και το τελευταίο στα 9m. Η αναλογία τους είναι μέσα στα όρια του κριτηρίου. Επίσης τα ηχεία «βλέπουν» το χώρο ανά δυάδες, δηλαδή ανά ζεύγη στοχεύουν στο τέλος του χώρου, στη μέση και στην αρχή του (σχ.5.13).



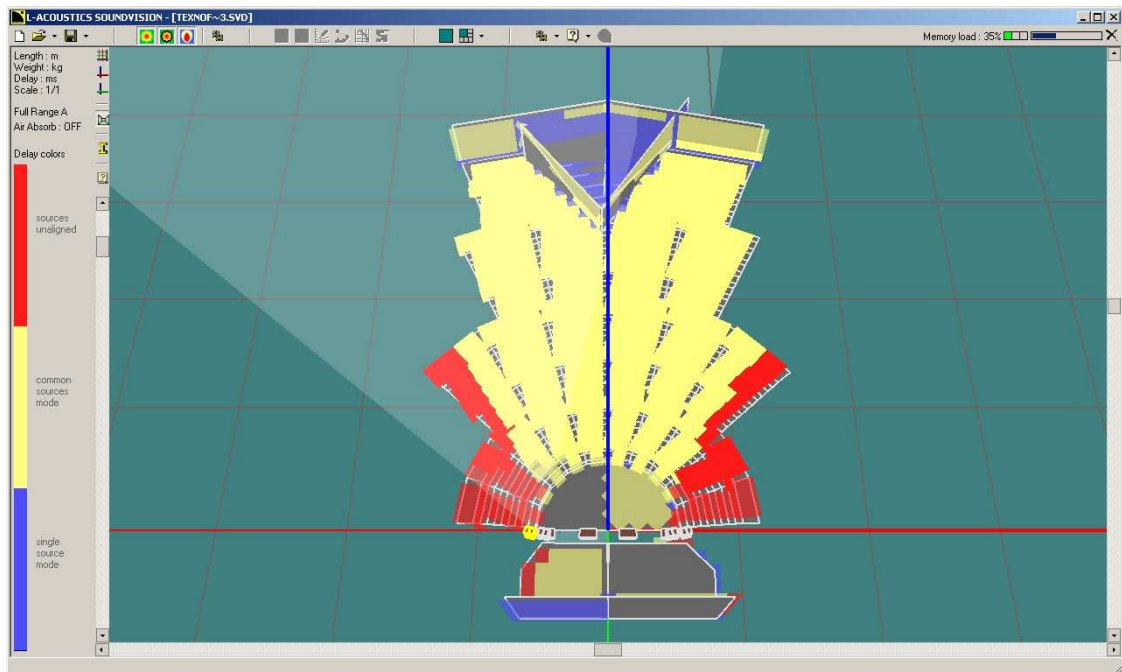
Σχήμα 5.13: Source cutview για τα dv-DOSC.

Το παρακάτω σχήμα αναπαριστά την εντασιακή κάλυψη σε spl A weighted για το σύνολο του συχνοτικού εύρους (20Hz-20KHz). Στο σύνολο του ακροατηρίου η κάλυψη είναι ικανοποιητική, καλύπτοντας πάνω από το 80% του χώρου (κριτήριο 1) με μέσο όρο τα 100dB spl, με εξαίρεση τις πιο απομακρυσμένες θέσεις και τις μπροστινές αριστερά και δεξιά από την σκηνή. Για τις θέσεις κοντά στη σκηνή ήταν αναμενόμενο να συμβεί κάτι τέτοιο αφού το αζιμούθιο ρυθμίστηκε με οριζόντια κλίση $\pm 14,4$ για τις συστοιχίες. Η ρύθμιση αυτή ήταν αναγκαία για την συμμετρική στην κάλυψη του χώρου. Με άλλα λόγια οι ηχοστήλες «κοιτάνε» το άξονα συμμετρίας του χώρου. Επίσης επειδή τα δυο τελευταία ηχεία είναι πολύ κοντά στους θεατές η έντασή τους μειώθηκε κατά 3db, με σκοπό την καλύτερη εντασιακή ομοιομορφία κατά την κάλυψη του χώρου.



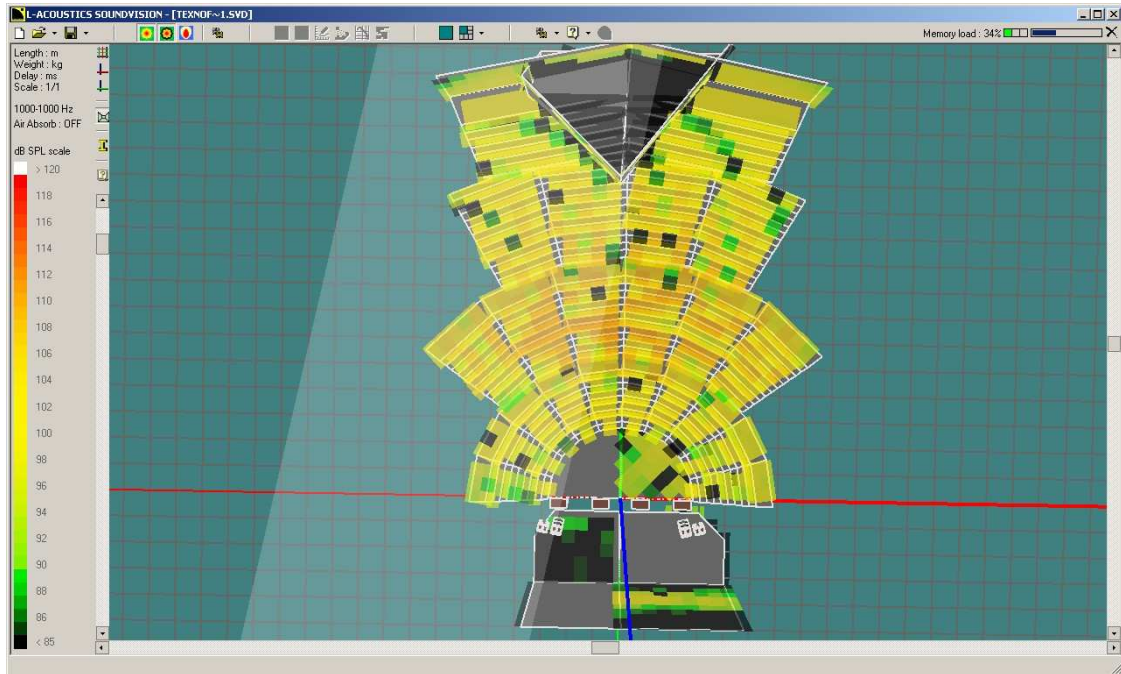
Σχήμα 5.14: SPL A-weighted κάλυψη στο Τεχνόπολις για Flown τοποθέτηση με full range σήμα.

Όσον αφορά τη φάση, στο μεγαλύτερο μέρος του ακροατηρίου πάνω από το 80%, δεν παρουσιάζει κανένα πρόβλημα. Στις θέσεις που εμφανίζεται το πρόβλημα είναι αυτές που το σύστημα τις «βλέπει» off-axis.



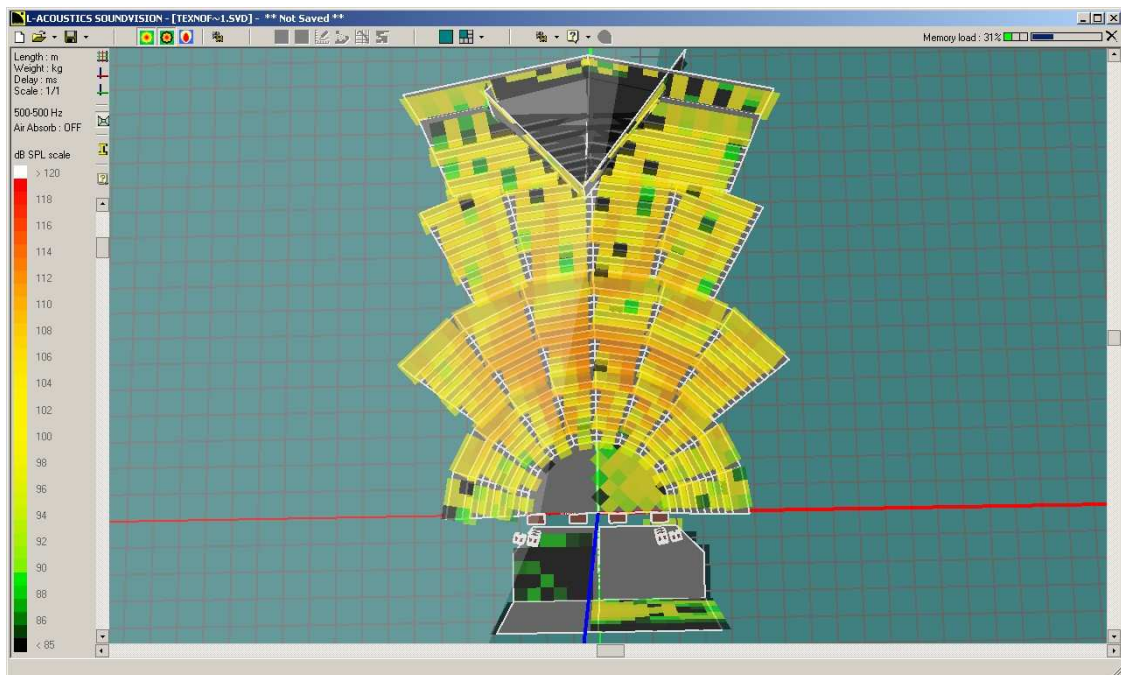
Σχήμα 5.15: Φασική απόκριση συστήματος στο Τεχνόπολις.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η εντασιακή κάλυψη για το 1KHz, η οποία είναι και η συχνότητα που θεωρητικά το σύστημα ξεκινάει να εκπέμπει ως line source.



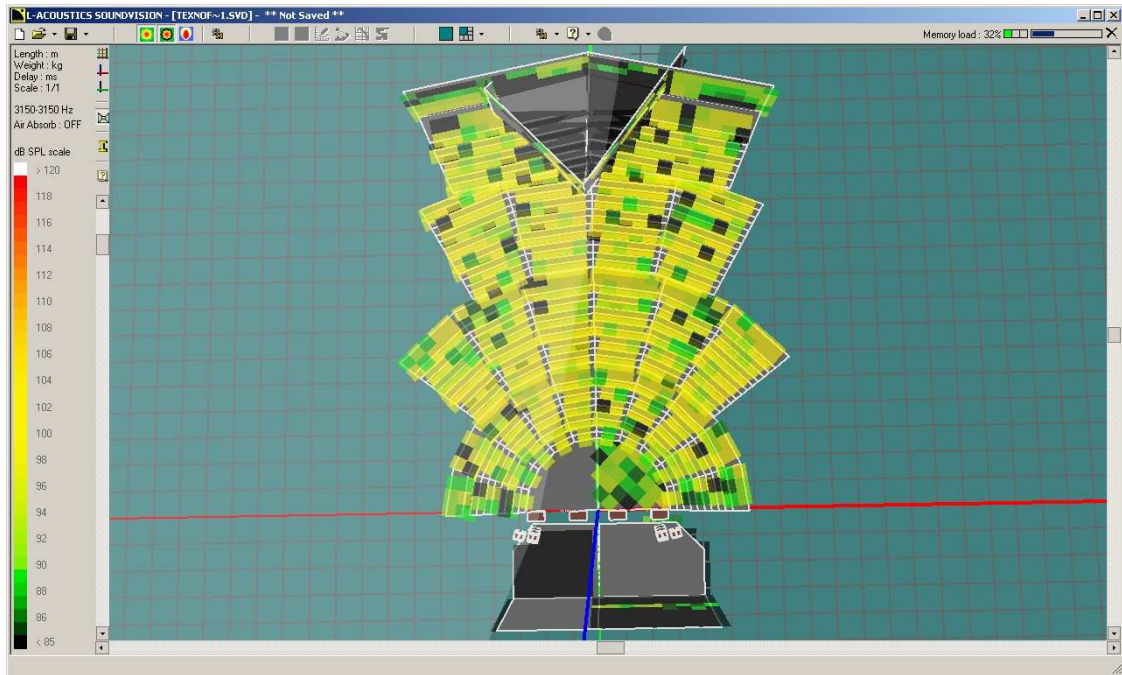
Σχήμα 5.16: Εντασιακή κάλυψη για την συχνότητα του 1KHz στο Τεχνόπολις.

Παρατηρείται ένα σχετικά αποδεκτό comb filtering, αλλά η πλειονότητα του ακροατηρίου παρουσιάζει αρκετά μεγάλη ομοιομορφία.



Σχήμα 5.17: Spl κάλυψη για την συχνότητα των 500Hz στο Τεχνόπολις

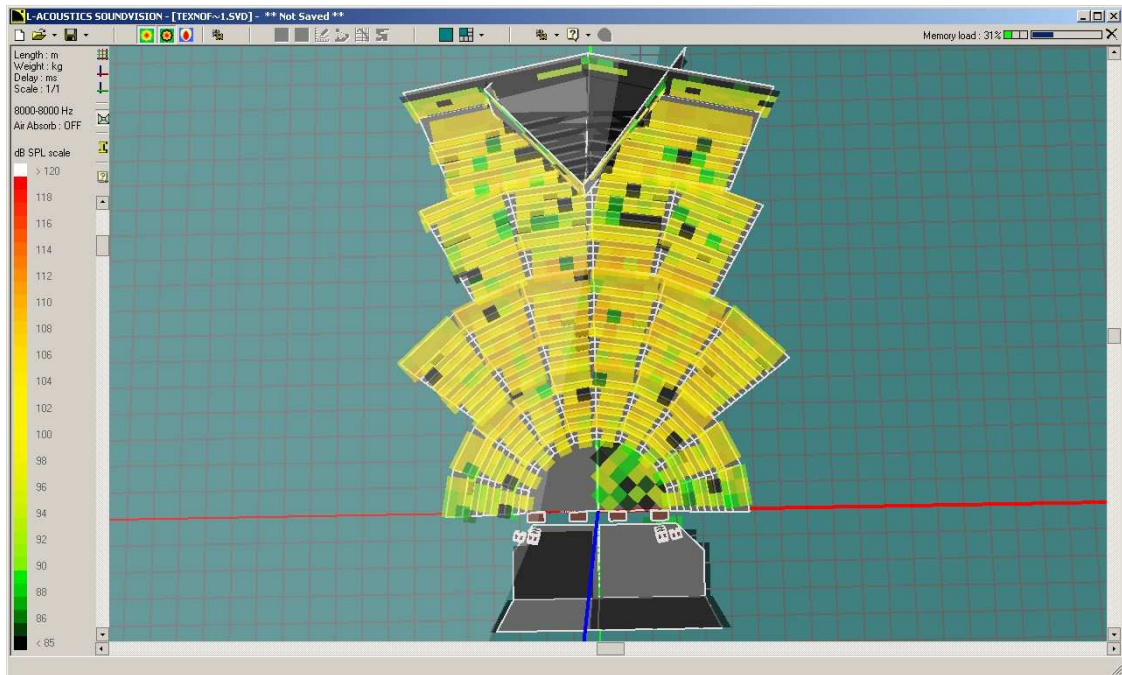
Στην χαμηλομεσαία συχνотική περιοχή, 500Hz, παρατηρείται μεγαλύτερη ομοιομορφία, με το comb filtering να ξεκινάει στο τέλος του χώρου(σχ.5.17), αν και θεωρητικά το μήκος κύματος των 500Hz είναι πολύ μεγαλύτερο των 960,9 Hz.



Σχήμα 5.18: Spl κάλυψη για τα 3150Hz στο Τεχνόπολις

Εντονότατο πρόβλημα εμφανίζεται στην hi-mid συχνотική περιοχή και ιδιαίτερα στα 3150Hz (σχ 5.18). Αυτό έχει να κάνει με το μικρό μήκος της συστοιχίας και η απόσταση μεταξύ των.

Το πρόβλημα αυτό περιορίζεται σημαντικά στην υψηλή περιοχή συχνοτήτων (5KHz και πάνω) με χαρακτηριστικό παράδειγμα τα 8 kHz (σχ.5.19). Αυτό οφείλεται εν μέρει στον κυματοδηγό dosc της εταιρίας L'Acoustics, αλλά και στο ότι το σημείο διαχωρισμού του near από το far field (r) που για το συγκεκριμένη συχνότητα είναι κοντά στα 23m.



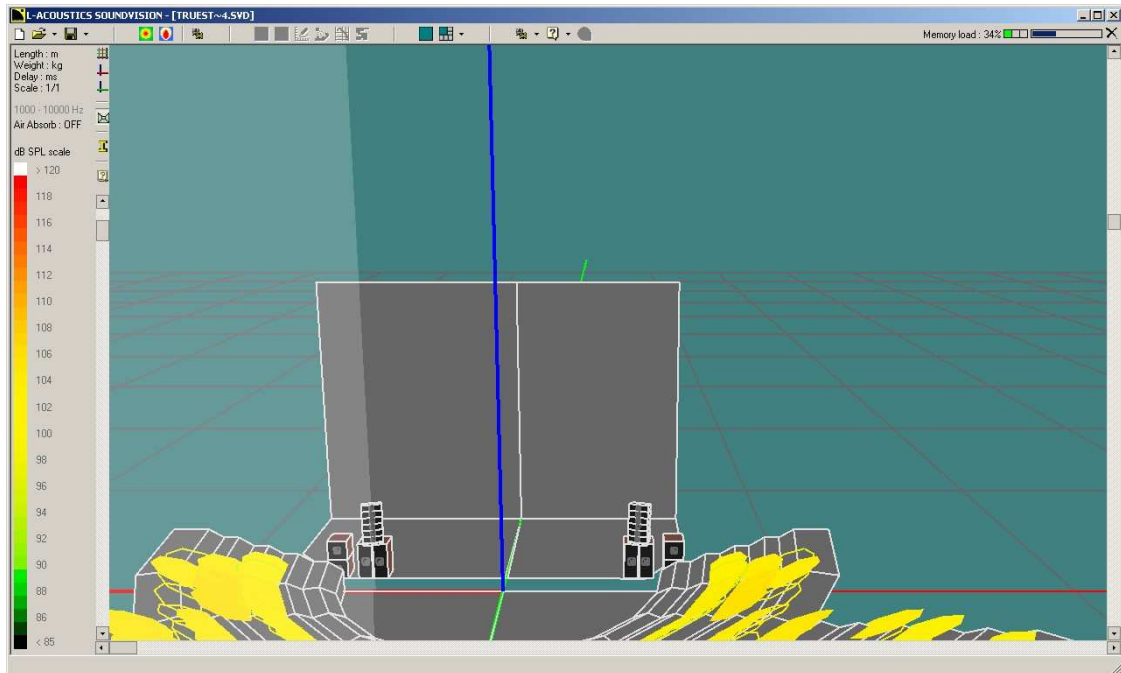
Σχήμα 5.19: Εντασιακή κάλυψη για τα 8000 Hz στο Τεχνόπολις

5.3.1α Συμπεράσματα για την Flown τοποθέτηση.

Τα προβλήματα που εμφανίζονται οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στο μικρό μήκος της συστοιχίας, η οποία αποτελεί και την ελάχιστη πρόταση της L'Acoustics. Ο μικρός αριθμός καμπινών, σε συνδυασμό με αυτά που αναφέρθηκαν σε αυτή την ενότητα, οδηγεί τον sound designer να δώσει ακραίες κλίσεις στα ηχεία με αποτέλεσμα το κριτήριο 4, που αφορά την συνολική καμπύλωση του συστήματος, να μην πληρείται. Τα προβλήματα στην φάση που προκύπτουν εκατέρωθεν της σκηνης, θα μπορούσαν να ελαχιστοποιηθούν με την χρήση side fill.

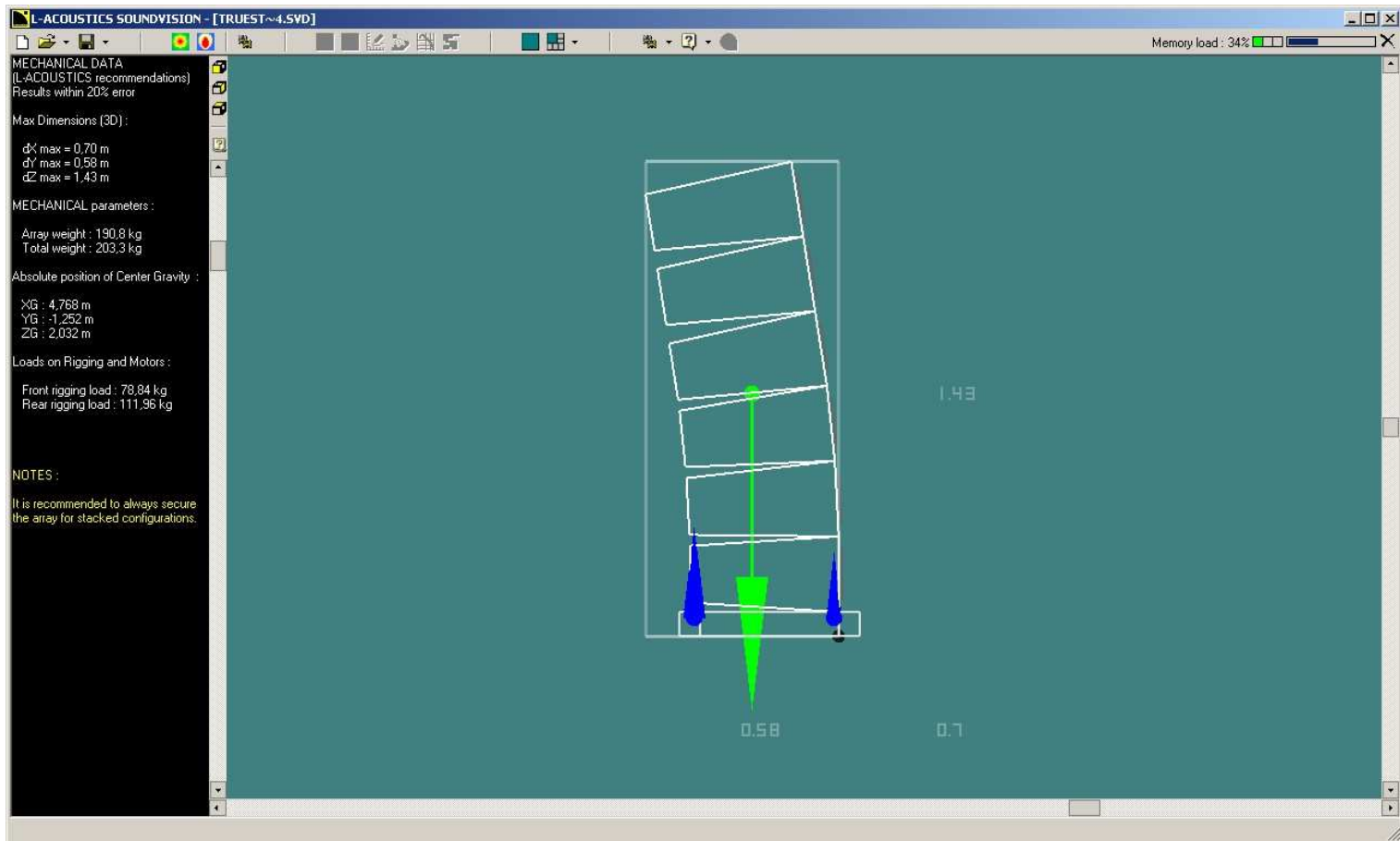
5.3.2 Stacked array

Η επόμενη πρόταση για τοποθέτηση αφορά αυτή της stacked τοποθέτησης με τα dv-DOSC να τοποθετούνται πάνω στα κάθετα τοποθετημένα sb-218 και τα dv-SUB δίπλα σε αυτά.



Σχήμα 5.20: Stack τοποθέτηση συστήματος στο Τεχνόπολις

Το συνολικό μήκος της ηχοστήλης είναι πάλι 1,43m. Οι συστοιχίες ρυθμίστηκαν με μηδενική κλίση (site) και αζιμούθιο 15° για την δεξιά στήλη και -15° για την αριστερή, με την απόστασή τους στα 9,4m. Οι μοίρες που δόθηκαν είναι $0^{\circ}, 0^{\circ}, 3^{\circ}, 3^{\circ}, 3^{\circ}, 3,75^{\circ}$. Με βάση το δεδομένο μήκος της συστοιχίας και του κριτηρίου (3) που αφορά την κατώτατη συχνότητα που μπορεί να εκπέμψει το σύστημα ($\lambda/4$) ως line source, θεωρητικά αυτή είναι τα 960,9 Hz. Το σχήμα που ακολουθεί δίνει όλα τα μηχανικά στοιχεία για το cluster των dv-DOSC όπως βάρος, μήκος, πλάτος, ύψος, κέντρο βάρους και άλλα. Το αναλυτικό report μπορεί να βρεθεί στο παράρτημα 2.



Σχήμα 5.21 :Μηχανικά στοιχεία συστοιχίας για Stack τοποθέτηση στο Τεχνόπολις.

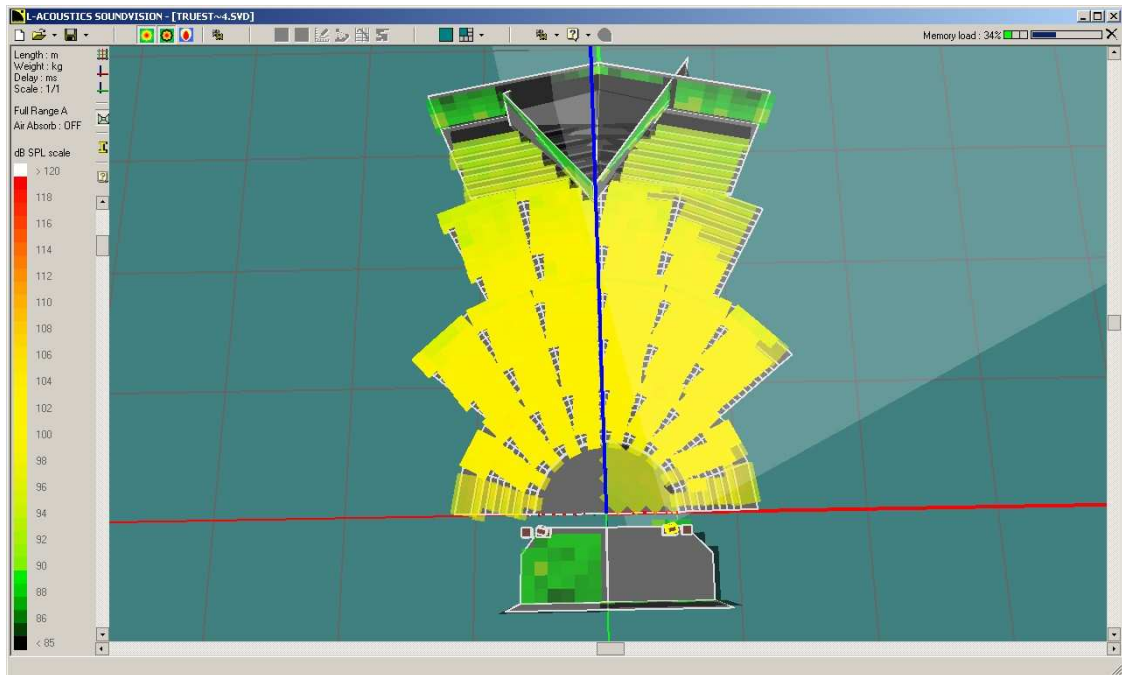
Οι κλίσεις που δόθηκαν στα ηχεία επιλέχθηκαν για ακόμη μια φορά έτσι ώστε να επιτευχθεί ομοιόμορφη κάλυψη στο χώρο και παράλληλα το πρώτο ηχείο να στοχεύει στις τελευταίες θέσεις του ακροατηρίου και το τελευταίο στις μπροστινές. Με αυτόν τον τρόπο πληρείται σε μεγάλο βαθμό το 6^ο κριτήριο που αφορά τον κανόνα 4:1. Έτσι, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, το ο πρώτο ηχείο στοχεύει τα 26,53m και το τελευταίο στα 8,49m. Η αναλογία τους είναι μέσα στα όρια του

κριτηρίου.



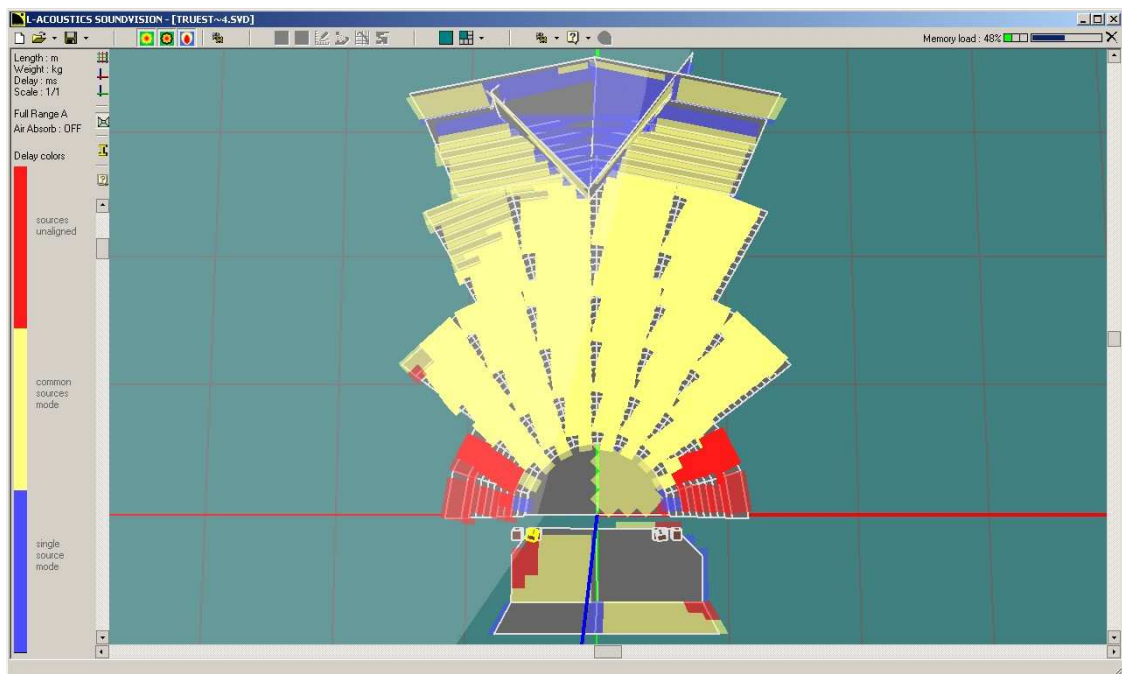
Σχήμα 5.22: Source cutview για stack τοποθέτηση στο Τεχνόπολις.

Το παρακάτω σχήμα αναπαριστά την εντασιακή κάλυψη σε spl A weighted για το σύνολο του συχνοτικού εύρους (20Hz-20KHz). Στο σύνολο του ακροατηρίου η κάλυψη είναι ικανοποιητική, καλύπτοντας πάνω από το 80% του χώρου (κριτήριο 1) με μέσο όρο τα 100dB spl. Δεν καλύπτει ικανοποιητικά τις πιο απομακρυσμένες θέσεις ενώ, σε αντίθεση με την flown τοποθέτηση, οι μπροστινές αριστερά και δεξιά από την σκηνή, εμφανίζουν μεγαλύτερη κάλυψη. Για τις θέσεις κοντά στη σκηνή αυτό ήταν αναμενόμενο αφού τα ηχεία είναι πιο κοντά σε αυτές. Και εδώ οι ηχοστήλες «κοιτάνε» το άξονα συμμετρίας του χώρου.



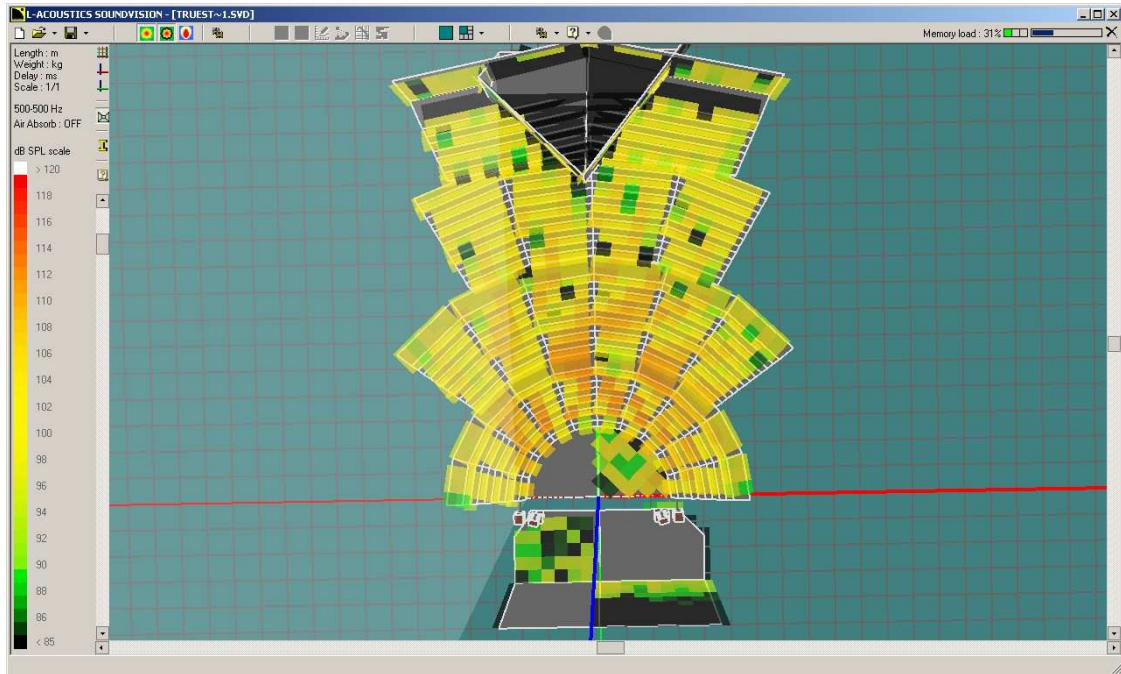
Σχήμα 5.23: Διάγραμμα Spl A-weighted κάλυψης για full range σήμα στο Τεχνόπολις

Όσον αφορά τη φάση, στο μεγαλύτερο μέρος του ακροατηρίου πάνω από το 80%, δεν παρουσιάζει κανένα πρόβλημα. Στις θέσεις που εμφανίζεται το πρόβλημα είναι αυτές που το σύστημα τις «βλέπει» off-axis, λόγω ρύθμισης του αζιμούθιου.



Σχήμα 5.24: Φασική απόκριση συστήματος στο Τεχνόπολις

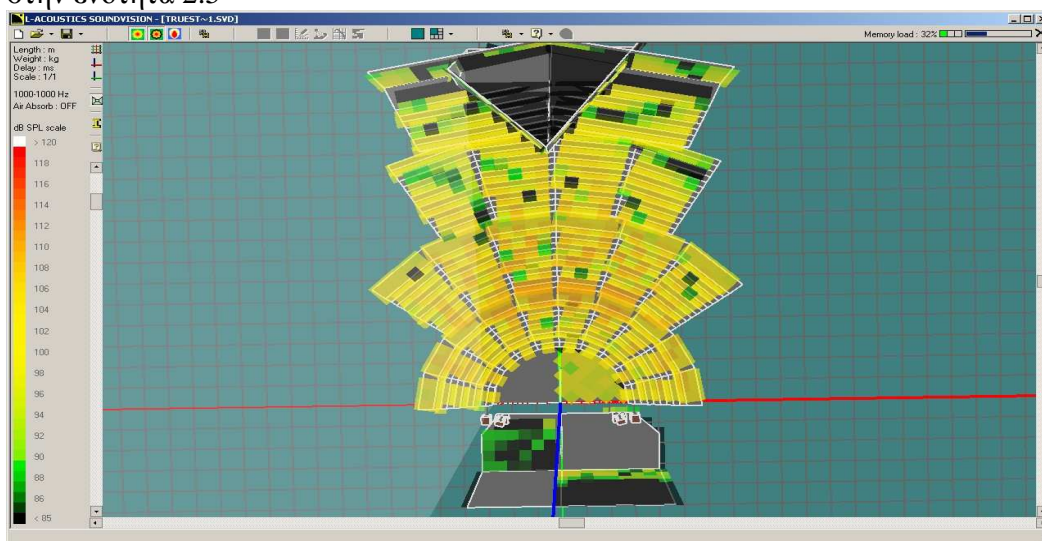
Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η εντασιακή κάλυψη για τα 500Hz, η οποία είναι και η συχνότητα που θεωρητικά το σύστημα ξεκινάει να εκπέμπει σαν Line Source.



Σχήμα 5.25: Εντασιακή κάλυψη για την συχνότητα των 500 κύκλων στο Τεχνόπολις

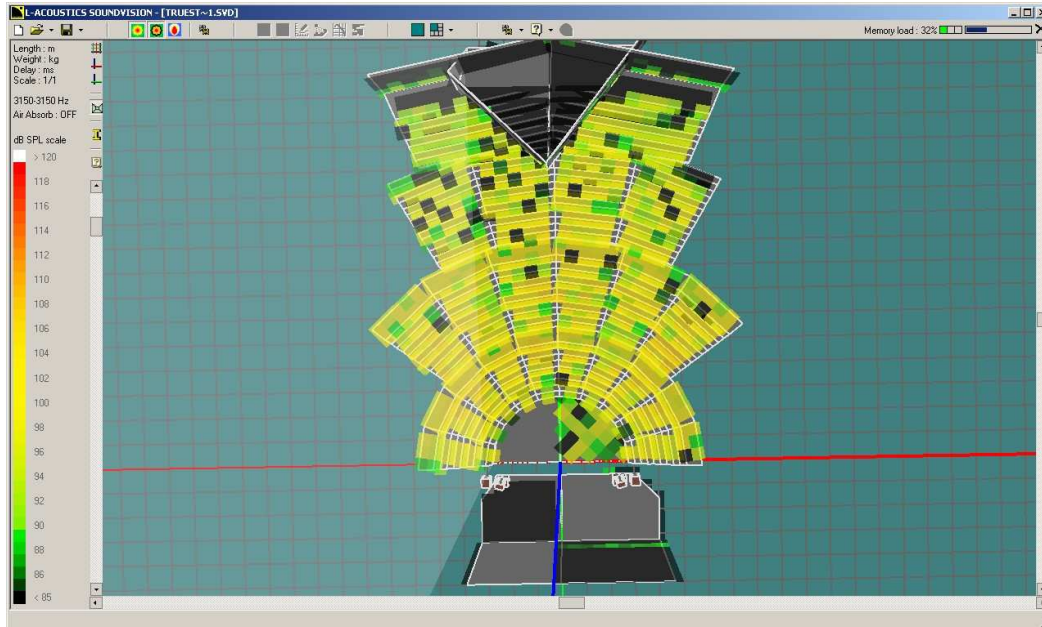
Παρατηρείται comb filtering από τη μέση του χώρου το οποίο όμως δεν παρουσιάζει πολλές ακυρώσεις και οι «ακτίνες» έχουν μεγάλη απόσταση μεταξύ τους. Συνεπώς δεν αποτελεί μεγάλο πρόβλημα.

Όσο η συχνότητα αυξάνει τόσο εντονότερα comb filtering παρατηρούνται σε χαμηλότερες θέσεις των θεατών. Το σχ.5.26 αφορά την συχνότητα των 1000Hz στην οποία αρχίζει να δημιουργείται το πρόβλημα, λόγω διαφορών φάσεων όπως αναλύθηκε στην ενότητα 2.5



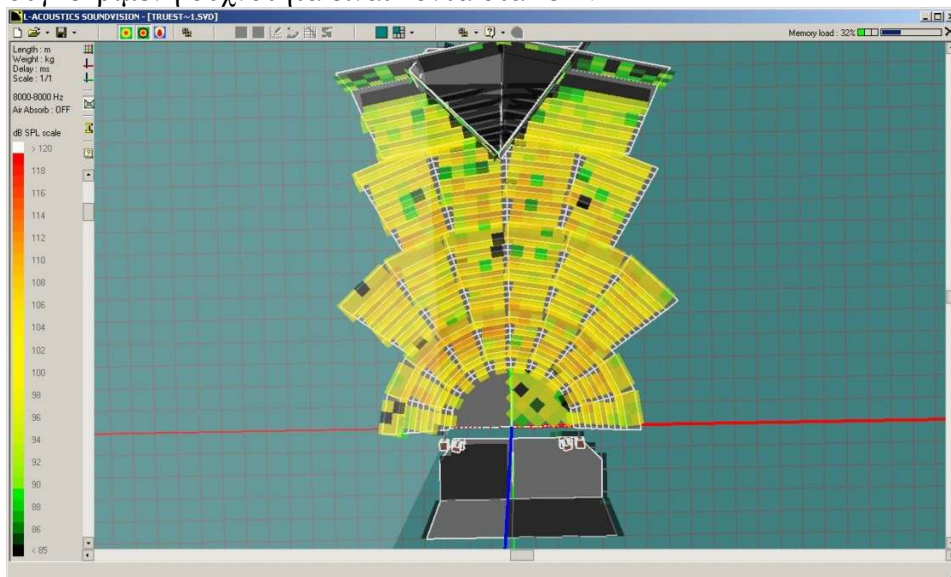
Σχήμα 5.26: Εντασιακή κάλυψη για την συχνότητα των 1000 κύκλων στο Τεχνόπολις

Στην hi-mid περιοχή συχνοτήτων, με παράδειγμα αυτή των 3150 κύκλων, λαμβάνουν χώρα έντονες καταστρεπτικές συμβολές όπως φαίνεται και στο σχήμα 5.27. Για αυτό είναι υπεύθυνη η απόσταση των συστοιχιών και το μικρό μήκος της ηχοστήλης.



Σχήμα 5.27: Εντασιακή κάλυψη για την συχνότητα 3150Hz στο Τεχνόπολις

Το πρόβλημα αυτό, για ακόμη μια φορά, περιορίζεται σημαντικά στην υψηλή περιοχή συχνοτήτων (5KHz και πάνω) με χαρακτηριστικό παράδειγμα τα 8 kHz (σχ.5.28). Αυτό οφείλεται εν μέρει στον κυματοδηγό dosc της εταιρίας L'Acoustics, αλλά και στο ότι το σημείο διαχωρισμού του near από το far field που θεωρητικά για τη συγκεκριμένη συχνότητα είναι κοντά στα 23m.



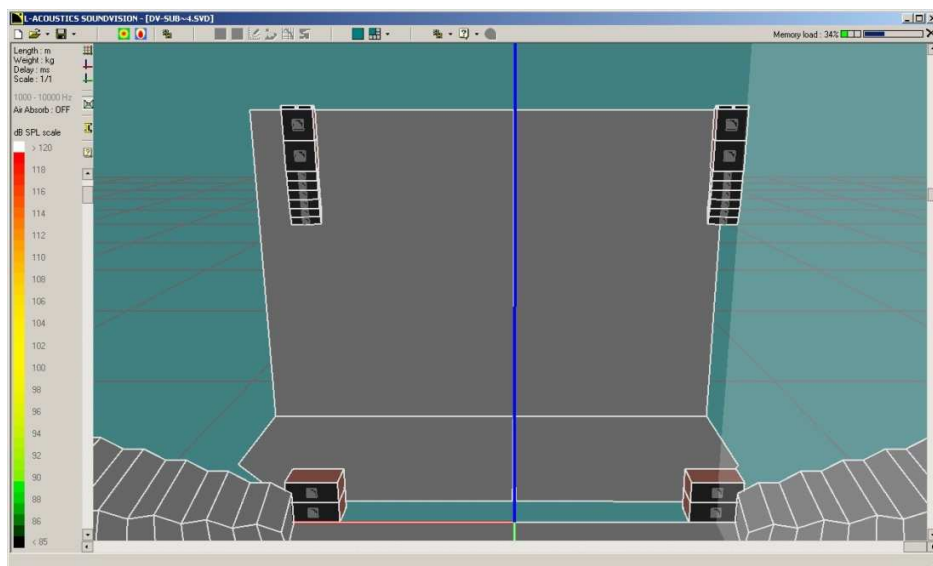
Σχήμα 5.28: Εντασιακή κάλυψη για την συχνότητα 8000Hz στο Τεχνόπολις

5.3.2.α Συμπεράσματα

Σε αυτόν τον τρόπο τοποθέτησης η εντασιακή κάλυψη δεν διαφέρει πολύ σε σχέση με αυτή της flown διάταξης. Παρόλαυτα παρατηρείται καλύτερη φασική απόκριση του συστήματος με μειονέκτημα την «υποτυπώδη» κάλυψη των τελευταίων θέσεων.

5.3.3 dV-DOSC ως downfill στα dV-SUB

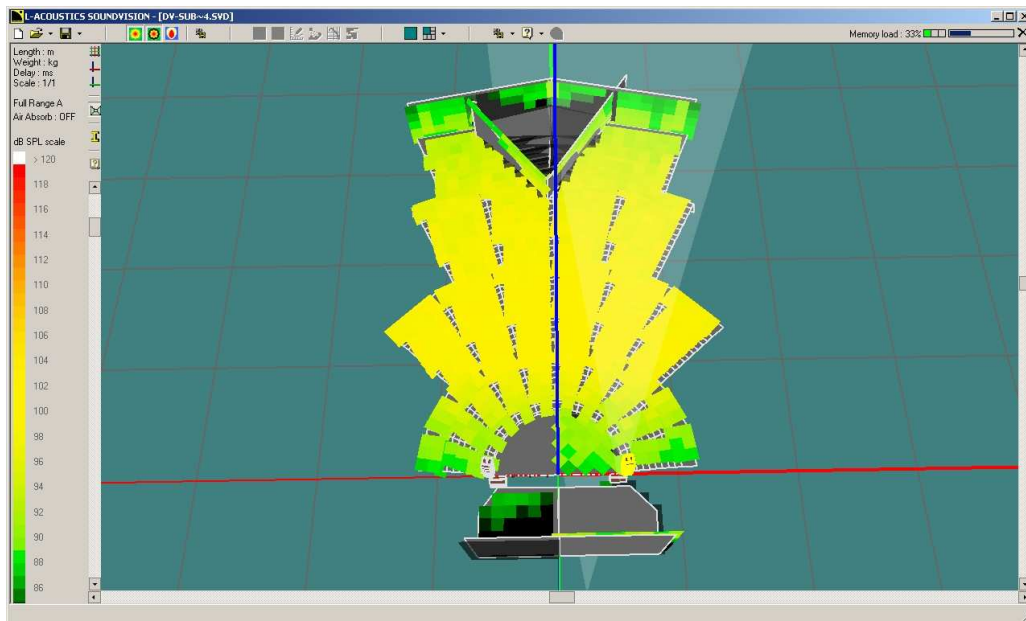
Αυτή η πρόταση για εγκατάσταση αφορά flown με τα dv-DOSC ως downfill στα dv-SUB. Το συνολικό μήκος της ηχοστήλης είναι 2,81m, ωστόσο τα dv-SUB δεν συνεισφέρουν τίποτα στη line source διάδοση του ήχου και συνεπώς το ωφέλιμο μήκος της ηχοστήλης είναι τα 1.43m. Η κάθετη κλίση (site) ορίστηκε στα $-0,5^\circ$ και αζιμούθιο 10 για το δεξί cluster και -10 για το αριστερό, με απόσταση μεταξύ τους 10m. Πρόκειται για “J” shaped array με κλίσεις $3,75^\circ, 0^\circ, 6,5^\circ, 3^\circ, 7,5^\circ, 7,5^\circ$. Με βάση το δεδομένο μήκος της συστοιχίας και του κριτηρίου (3) που αφορά την κατώτατη συχνότητα που μπορεί να εκπέμψει το σύστημα ($\lambda/4$) ως line source, θεωρητικά αυτή είναι και πάλι τα 960,9 Hz. Το αναλυτικό report μπορεί να βρεθεί στο παράρτημα 2.



Σχήμα 5.29: Flown Downfill τοποθέτηση συστήματος στο Τεχνόπολις.

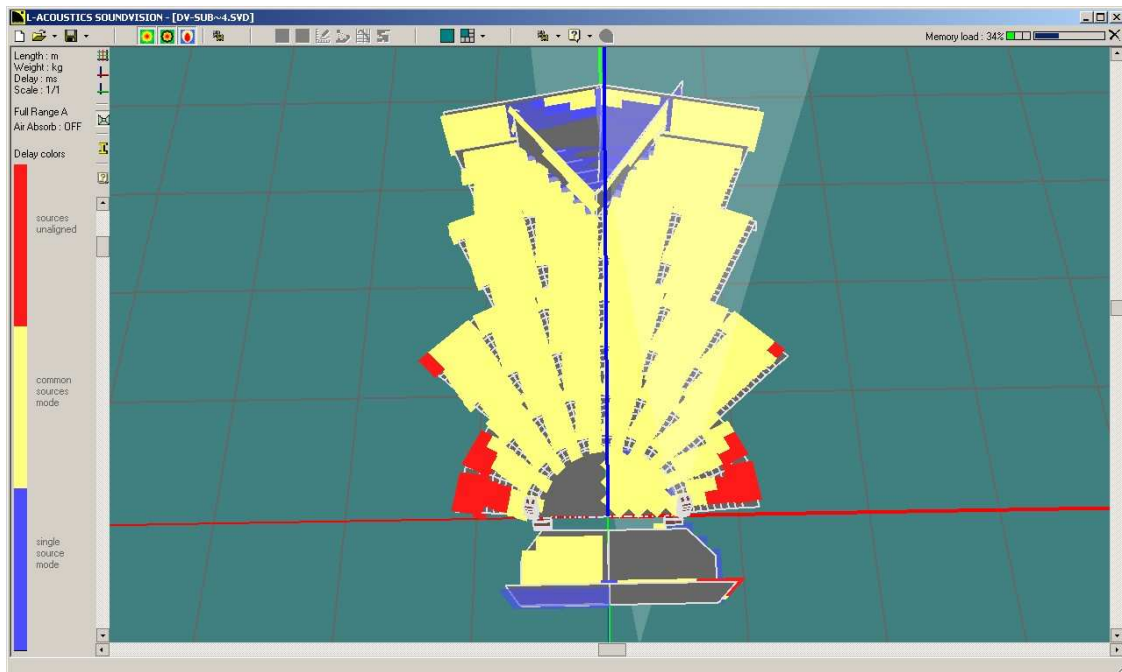
Το ύψος ανάρτησης της κάθε συστοιχίας αυξήθηκε στα 10m, αφού το μήκος της είναι σχεδόν διπλάσιο σε σχέση με την flown ανάρτησή του. Αυτή η αύξηση στο ύψος κρίθηκε απαραίτητη έτσι ώστε να πληροί το κριτήριο no.6 που αφορά τον κανόνα 4:1. Το 1^ο ηχείο στοχεύει στα 28m ενώ το τελευταίο στα 11,3m. Ο λόγος μεταξύ των δυο αποστάσεων είναι εντός των ορίων του κριτηρίου. Παρακάτω φαίνεται η εντασιακή κάλυψη του χώρου σε spl A weighted για full range σήμα. Παρατηρείται ένας μέσος όρος των 100 db spl σε πάνω από το 80% του χώρου προς κάλυψη, με εξαίρεση τις πίσω αριστερά και δεξιά θέσεις του τελευταίου διαζώματος, και των αντίστοιχων του πρώτου διαζώματος. Αυτό οφείλεται στην τιμή του αζιμούθιου, η οποία όμως εξασφαλίζει την ομοιόμορφη κάλυψη. Σε περίπτωση που το αζιμούθιο είχε μικρότερη τιμή τότε

παρουσιάζονται εντονότερα comb filtering στις low/hi-mid συχνοτικές περιοχές. Και εδώ οι ηχοστήλες «κοιτάνε» το άξονα συμμετρίας του χώρου.



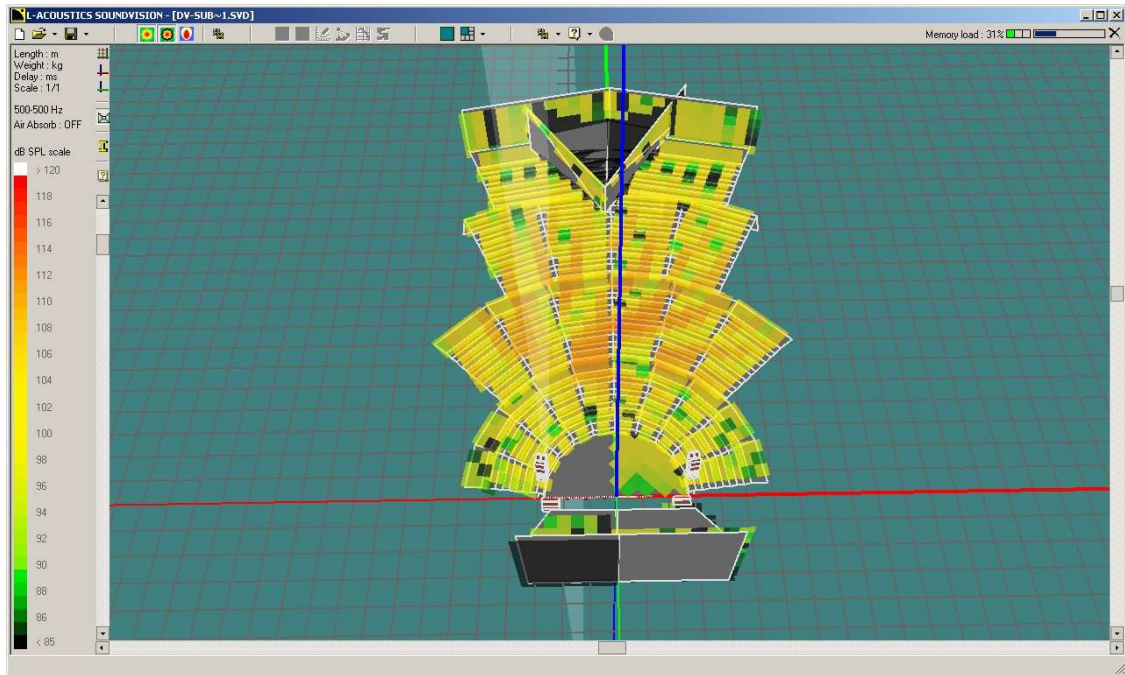
Σχήμα 5.30: SPL A-weighted κάλυψη για Flown Downfill τοποθέτηση με full range σήμα στο Τεχνόπολις.

Όσον αφορά τη φάση, στο μεγαλύτερο μέρος του ακροατηρίου πάνω από το 80%, δεν παρουσιάζει κανένα πρόβλημα. Στις θέσεις που εμφανίζεται το πρόβλημα είναι αυτές που το σύστημα τις «βλέπει» off-axis, λόγω ρύθμισης του αζιμούθιου



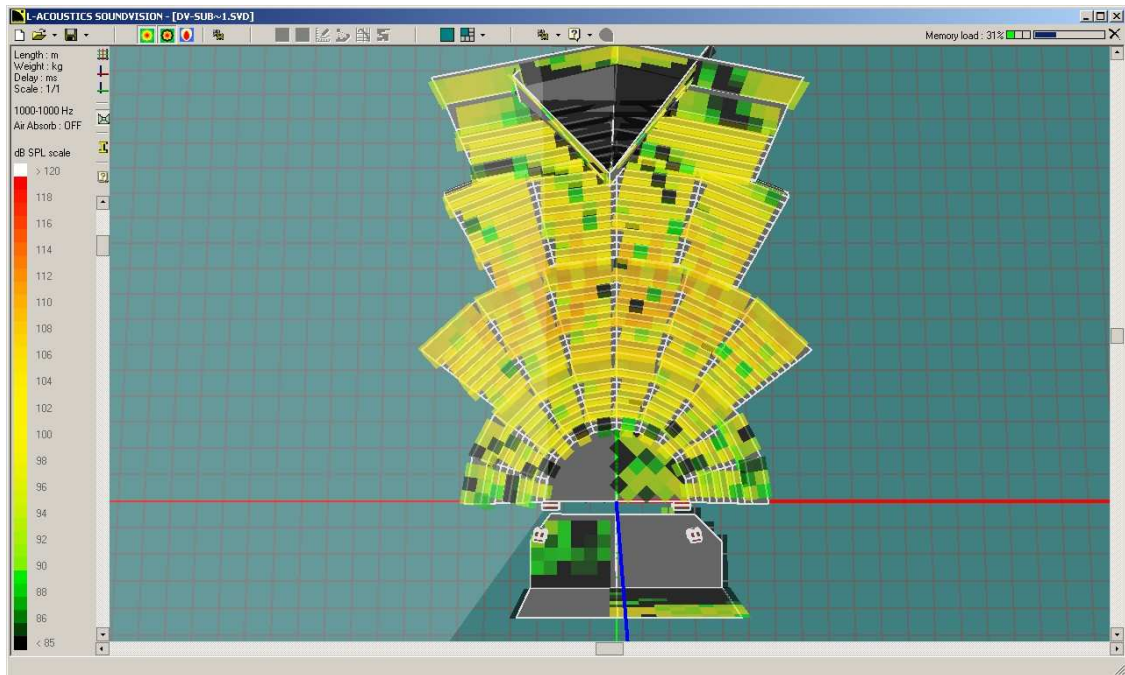
Σχήμα 5.31: Φασική απόκριση συστήματος στο Τεχνόπολις

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η εντασιακή κάλυψη για τα 500Hz, η οποία είναι και η συχνότητα που θεωρητικά το σύστημα ξεκινάει να εκπέμπει σαν Line Source.

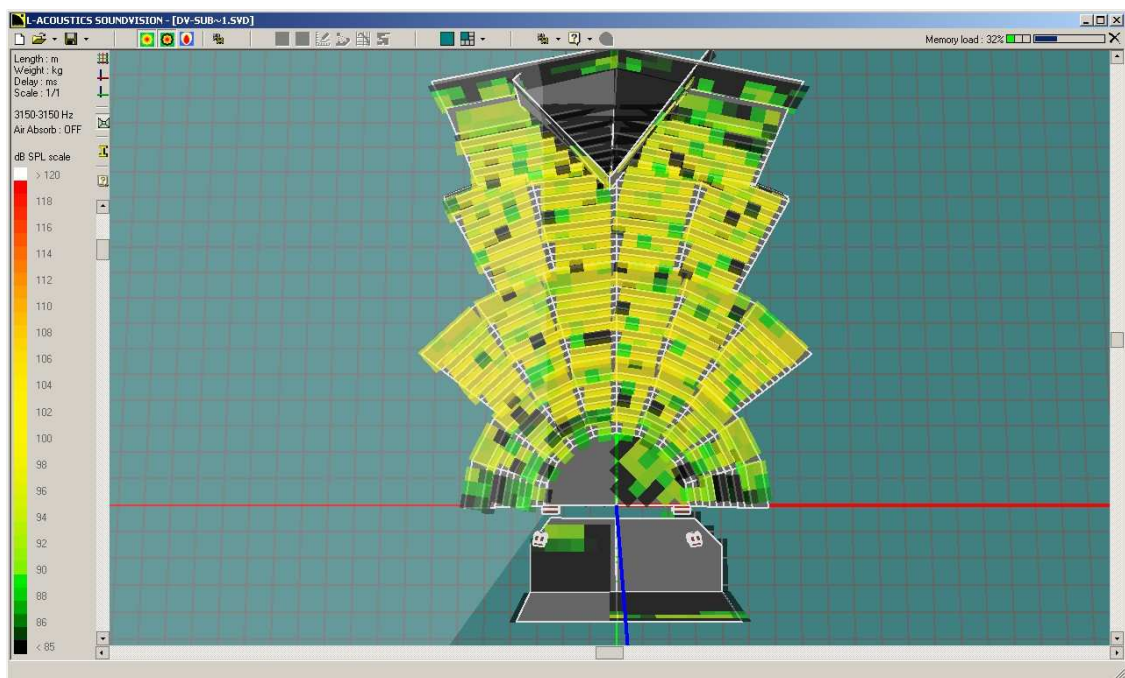


Σχήμα 5.32: Εντασιακή κάλυψη για την συχνότητα των 500 κύκλων στο Τεχνόπολις

Το comb filtering που παρουσιάζεται στο πρώτο διάζωμα οφείλεται στο ότι το τελευταίο ηχείο «στοχεύει» στα 11m, δηλαδή 3m παραπάνω από ότι πριν.



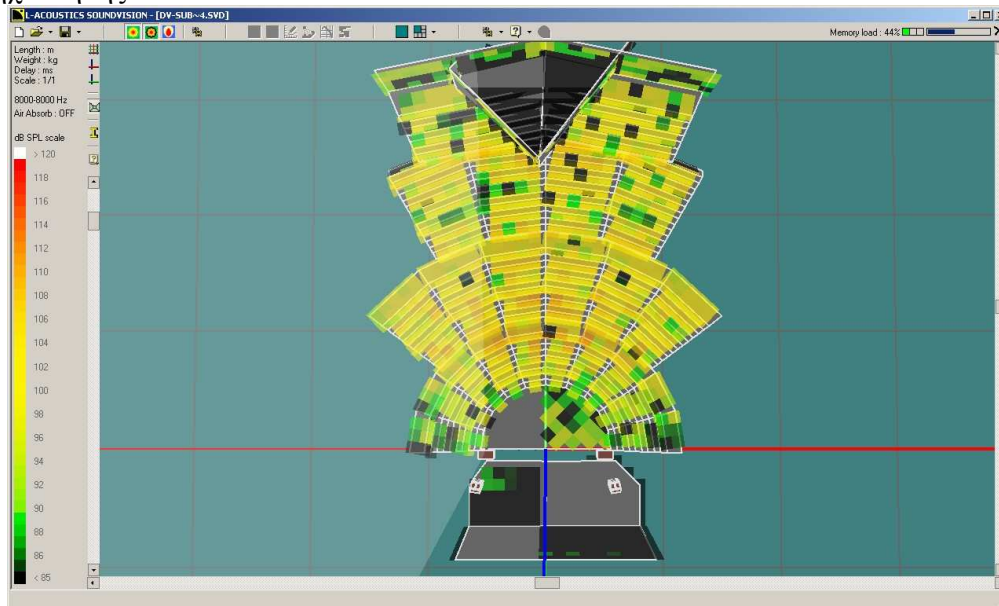
Σχήμα 5.33: Εντασιακή κάλυψη για το 1KHz στο Τεχνόπολις
 Στη συχνότητα του 1KHz (σχ.5.34) παρατηρούνται αρκετές καταστρεπτικές συμβολές που οφείλονται στο μήκος της συστοιχίας και στην απόσταση μεταξύ των clusters.



Σχήμα 5.34: Εντασιακή κάλυψη για την συχνότητα των 500 κύκλων στο Τεχνόπολις

Στην hi-mid περιοχή συχνοτήτων, με παράδειγμα αυτή των 3150 κύκλων, λαμβάνουν χώρα έντονες καταστρεπτικές συμβολές όπως φαίνεται και στο σχήμα 5.35. Για αυτό για

ακόμη μια φορά είναι υπεύθυνη η απόσταση των συστοιχιών και το μικρό μήκος της ηχοστήλης.



Σχήμα 5.35: Εντασιακή κάλυψη για τα 8KHz στο Τεχνόπολις

Το πρόβλημα αυτό περιορίζεται σημαντικά στην υψηλή περιοχή συχνοτήτων (5KHz και πάνω) με χαρακτηριστικό παράδειγμα τα 8 kHz (σχ.5.36). Αυτό οφείλεται εν μέρει στον κυματοδηγό dosc της εταιρίας L' Acoustics, αλλά και στο ότι το σημείο διαχωρισμού του near από το far field (r) που για το συγκεκριμένη συχνότητα ξεπερνά τα 50m.

5.3.3α Συμπεράσματα για downfill

Παρόλο που παρουσιάζει πολλά κοινά χαρακτηριστικά με αυτόν της flown η απόκριση του συστήματος είναι υποδεέστερη της προηγούμενης. Αν και το συνολικό μήκος της συστοιχίας είναι μεγαλύτερο, παρόλταυτα το ωφέλιμο μήκος παραμένει το ίδιο και αυτό δεν είναι αρκετό για να επιτευχθεί καλύτερη κάλυψη στο χώρο.

5.3.4 Σύγκριση των τοποθετήσεων

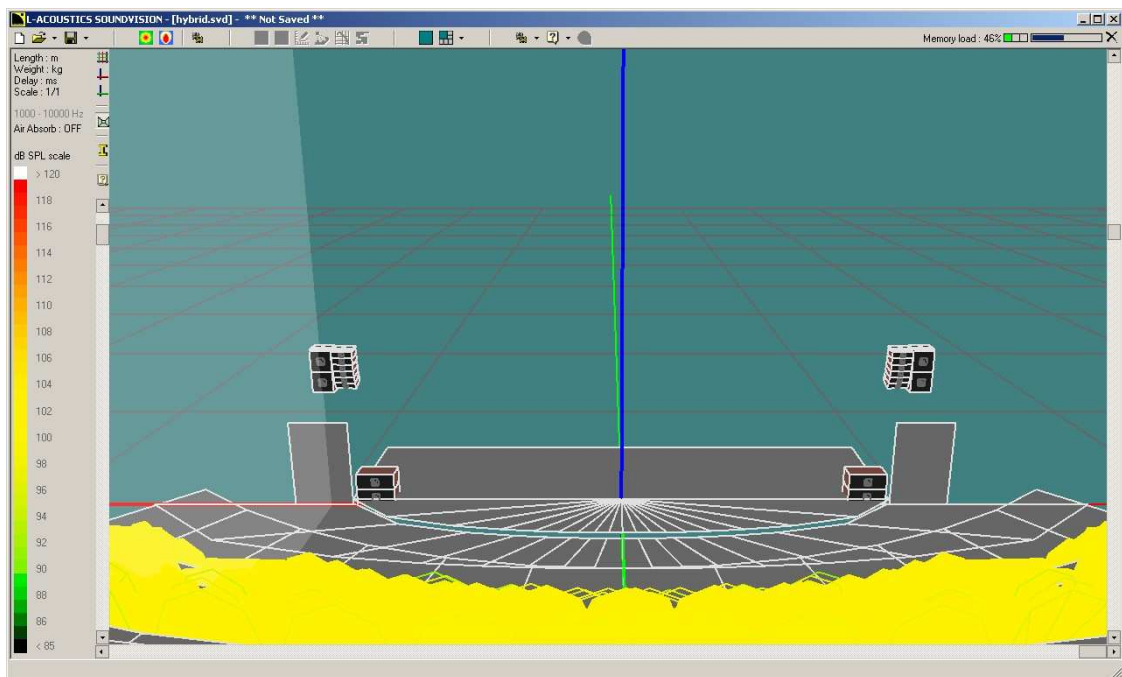
Με βάση τα παραπάνω σχέδια προτείνεται ως βέλτιστος τρόπος τοποθέτησης, αυτός της flown διάταξης, αφού παρέχει μεγαλύτερη εντασιακή κάλυψη από τους άλλους δύο με τα λιγότερα προβλήματα comb filtering. Μπορεί να υστερεί σε φασική κάλυψη σε σχέση με αυτόν της stacked, αλλά αυτό κατά τη γνώμη μου είναι αμελητέο μπροστά στο γεγονός ότι μεγαλύτερο μέρος του ακροατηρίου θα ακούει «σωστά».

5.4 Θέατρο Ρέντη (Αττική)

Το ανοιχτό θέατρο Ρέντη αποτελεί έναν μικρό χώρο με μέγιστο μήκος 15m, ύψος 7m και πλάτος 30m.

5.4.1 Flown

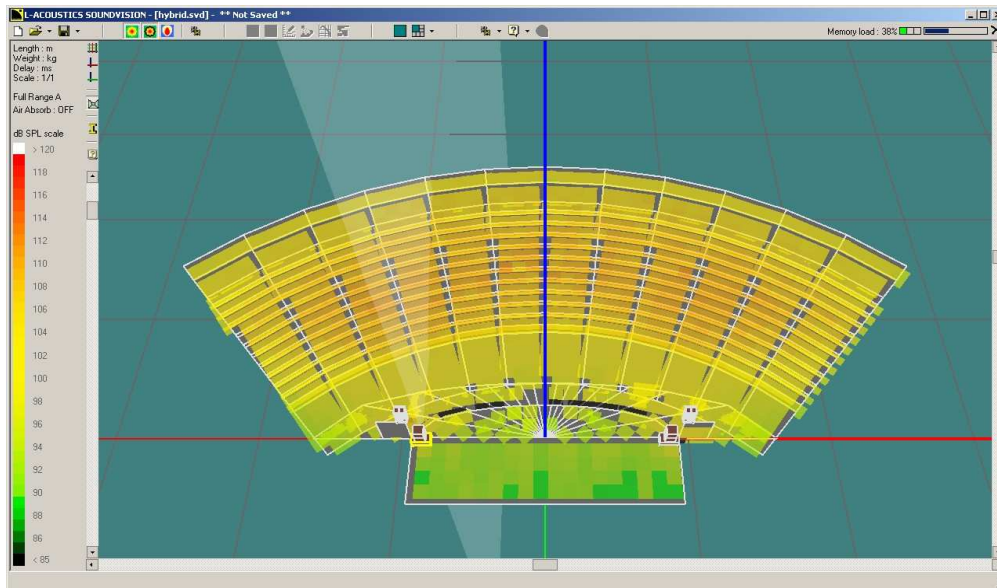
Η πρώτη πρόταση τοποθέτησης αφορά την flown τοποθέτηση με τα dv-DOSC και τα dv-SUB να αναρτώνται σε ύψος 5,5 m, και τα sb-218 σε ρόλο ground stacked. Πρόκειται για ένα “J” shaped array με κλίσεις ανά ηχείο $3,75^\circ$, $2^\circ, 3^\circ$, $4,5^\circ$, $5,5^\circ, 7,5^\circ$.



Σχήμα 5.36: flown τοποθέτηση συστήματος στο θέατρο Ρέντη

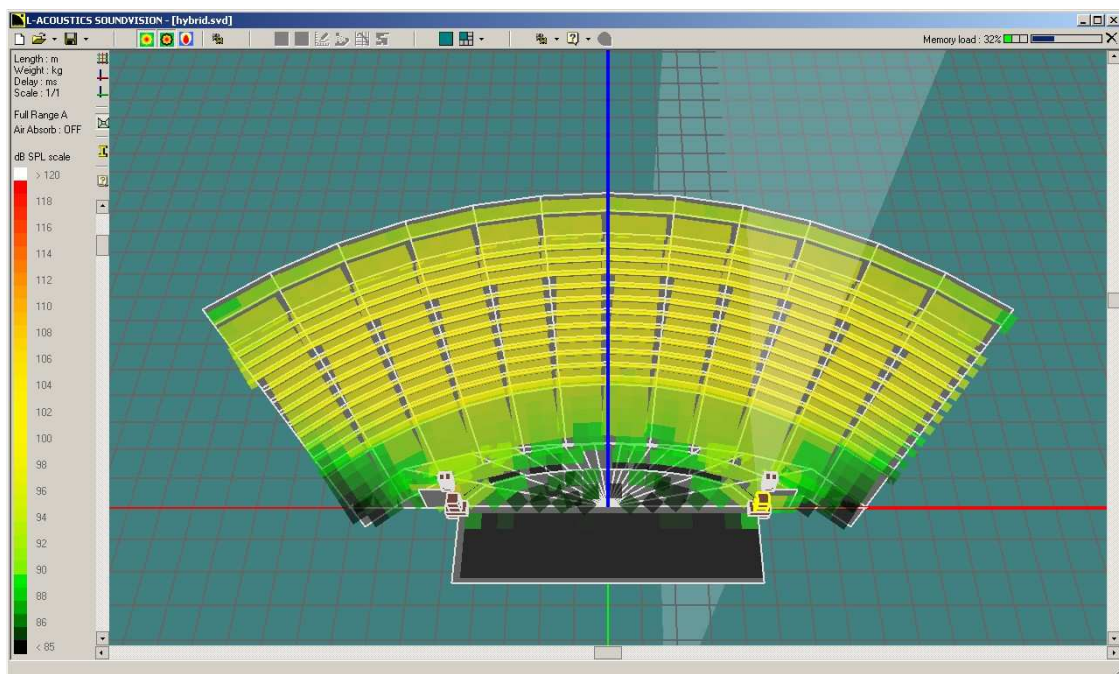
Το συνολικό μήκος της ηχοστήλης είναι 1,43m με μηδενική κλίση και αζιμούθιο 3° για το δεξί cluster και -3° για το αριστερό. Η απόσταση μεταξύ των είναι 18,6m. Με βάση το δεδομένο μήκος της συστοιχίας και του κριτηρίου (3) που αφορά την κατώτατη συχνότητα που μπορεί να εκπέμψει το σύστημα ($\lambda/4$) ως line source, θεωρητικά αυτή είναι τα 960,9 Hz.

Το σχήμα που ακολουθεί δείχνει την εντασιακή κάλυψη σε spl A weighted για full range σήμα. Η χρωματική κλίμακα της ηχητικής πίεσης έχει επαναπροσδιοριστεί με το έντονο κίτρινο χρώμα να υποδεικνύει εντάσεις της τάξεως των 110 db spl.

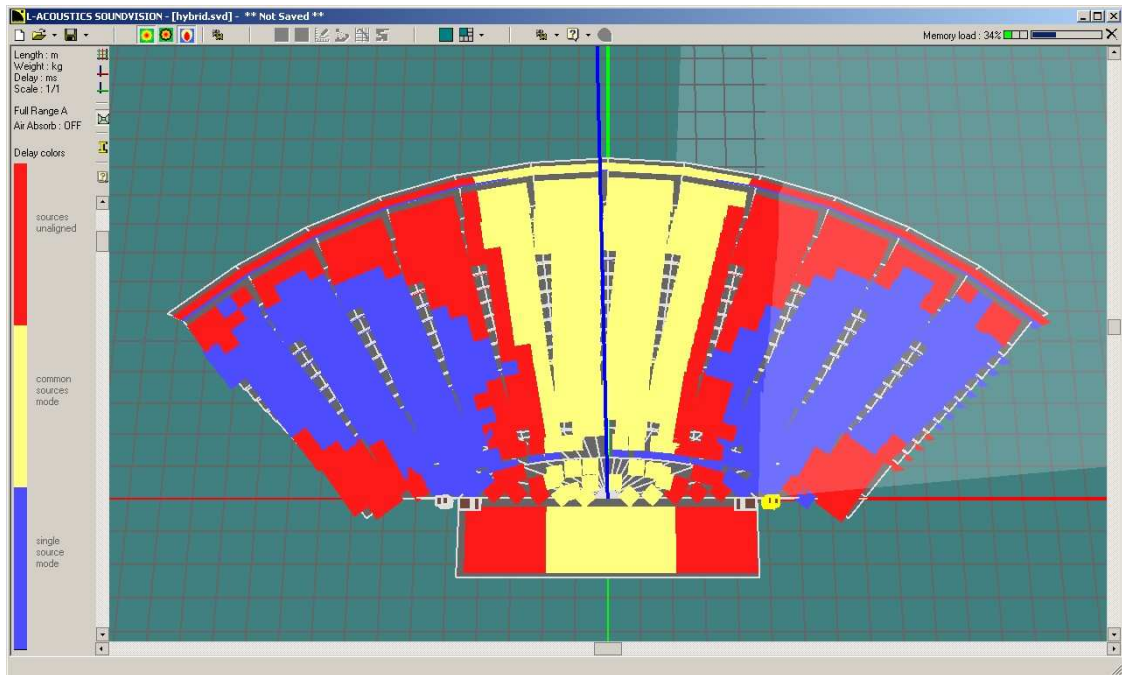


Σχήμα 5.37: spl A weighted κάλυψη με full range σήμα στα 0db στο θέατρο Ρέντη

Παρατηρείται ένας μέσος όρος της τάξης των 110db spl, που παρόλο την ομοιόμορφη κάλυψη, εγκυμονεί κινδύνους μιας και πολλές συχνότητες, κυρίως χαμηλές, ξεπερνάνε σε ένταση τα 120db spl ένταση που αποτελεί απειλή για την ακοή των παρευρισκόμενων και ξεπερνά τα νόμιμα όρια που έχουν οριστεί από τον ΕΛΟΤ. Για αυτόν τον λόγο η συνολική ένταση των clusters έχει οριστεί στα -9db. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η εντασιακή κάλυψη με την μειωμένη ένταση.



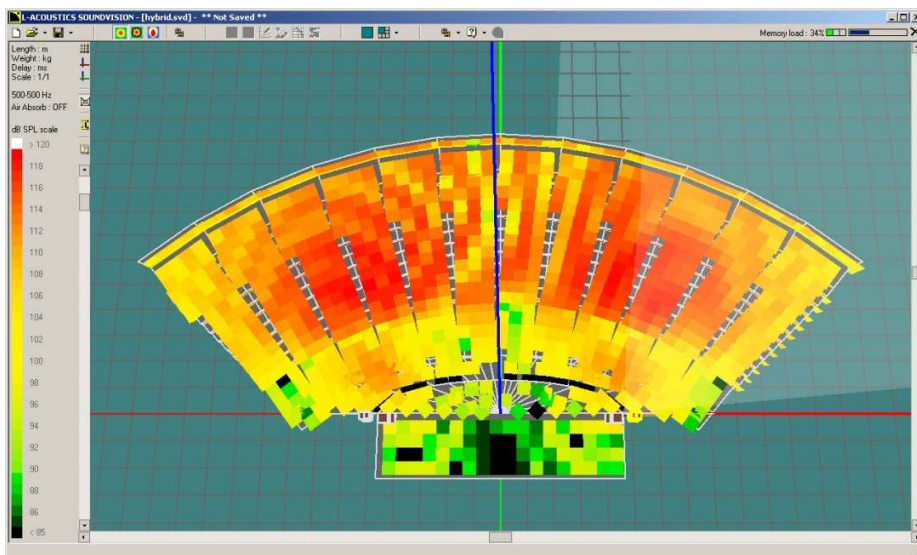
Σχήμα 5.38: spl A weighted κάλυψη για full range σήμα -9db στο θέατρο Ρέντη



Σχήμα 5.39: Φασική απόκριση συστήματος στο θέατρο Ρέντη

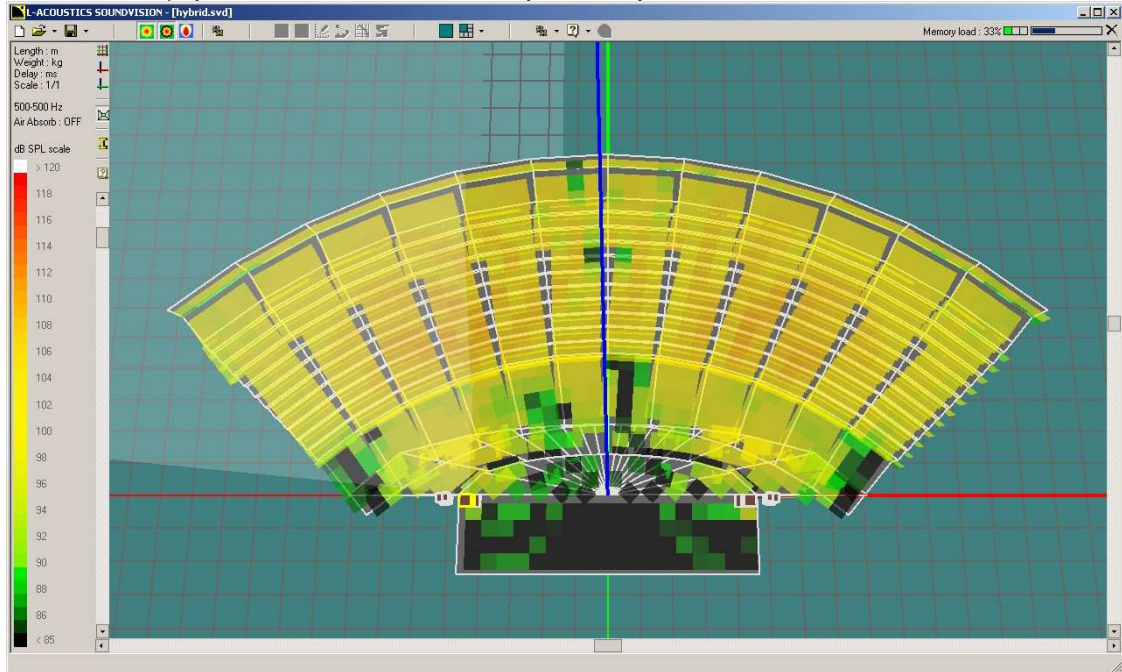
Το παραπάνω σχήμα αφορά την απόκριση φάσης. Υπάρχουν πολλές θέσεις του ακροατηρίου όπου είναι εκτός φάσης και άλλες που λαμβάνουν τον ήχο από μόνο ένα cluster χωρίς να γίνεται συμβολή των δύο πηγών. Μόνο ένα μικρό ποσοστό στο κέντρο λαμβάνει την συμβολή των πηγών. Αυτό συμβαίνει κυρίως γιατί το πλάτος του ακροατηρίου είναι μεγαλύτερο από αυτό που μπορεί να καλύψει το σύστημα.

Το σχήμα που ακολουθεί δείχνει την εντασιακή απόκριση των 500Hz με την ένταση των clusters στα 0db.



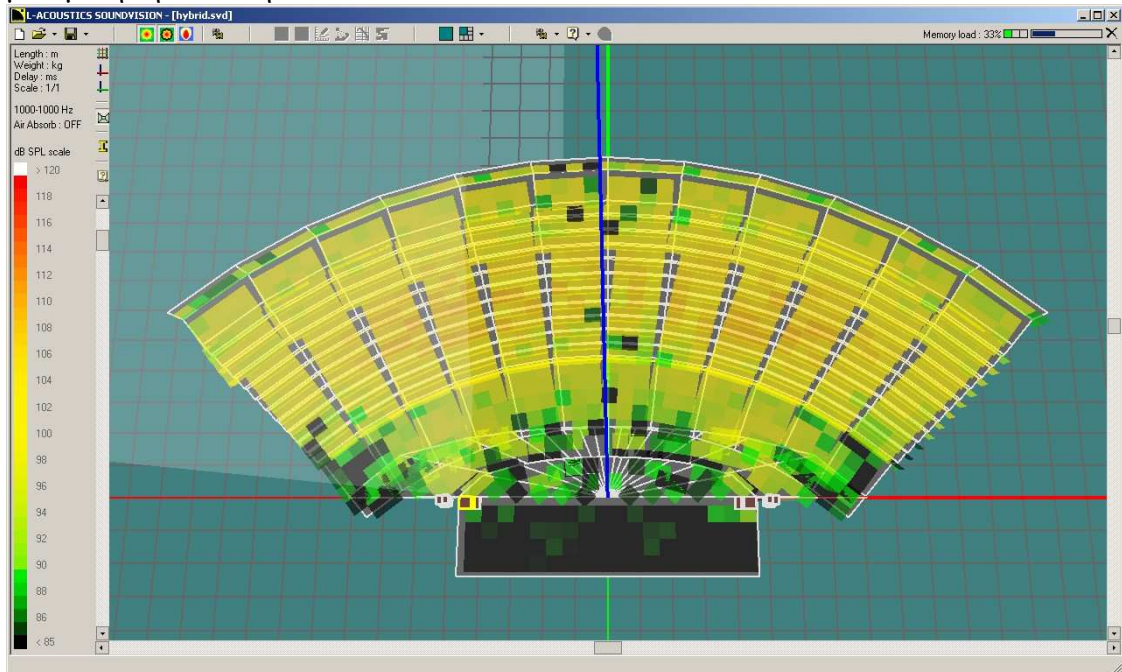
Σχήμα 5.40: Εντασιακή κάλυψη για την συχνότητα των 500 κύκλων στα 0db στο θέατρο Ρέντη

Το έντονο κόκκινο χρώμα που φαίνεται αγγίζει τα 118db spl. Αυτό το σχήμα επιβεβαιώνει την απόφαση για ελάττωση της συνολικής έντασης. Το σχήμα που ακολουθεί αφορά πάλι τα 500Hz, αλλά την ένταση στα -9db.

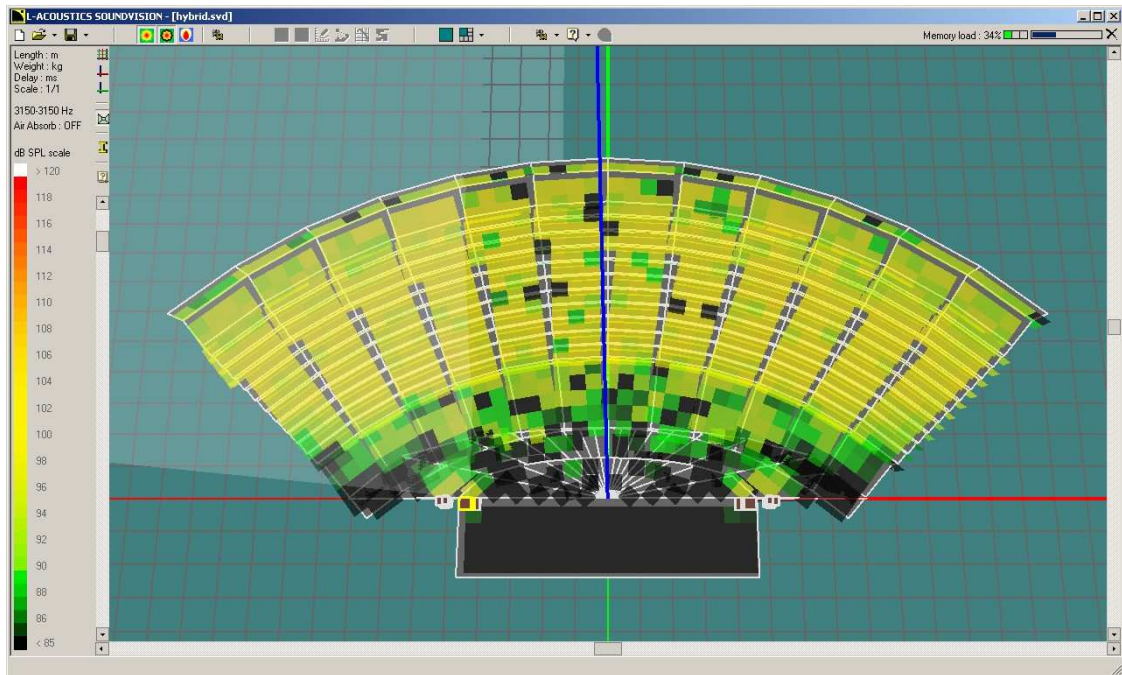


Σχήμα 5.41: Εντασιακή κάλυψη για την συχνότητα των 500 κύκλων στο θέατρο Ρέντη

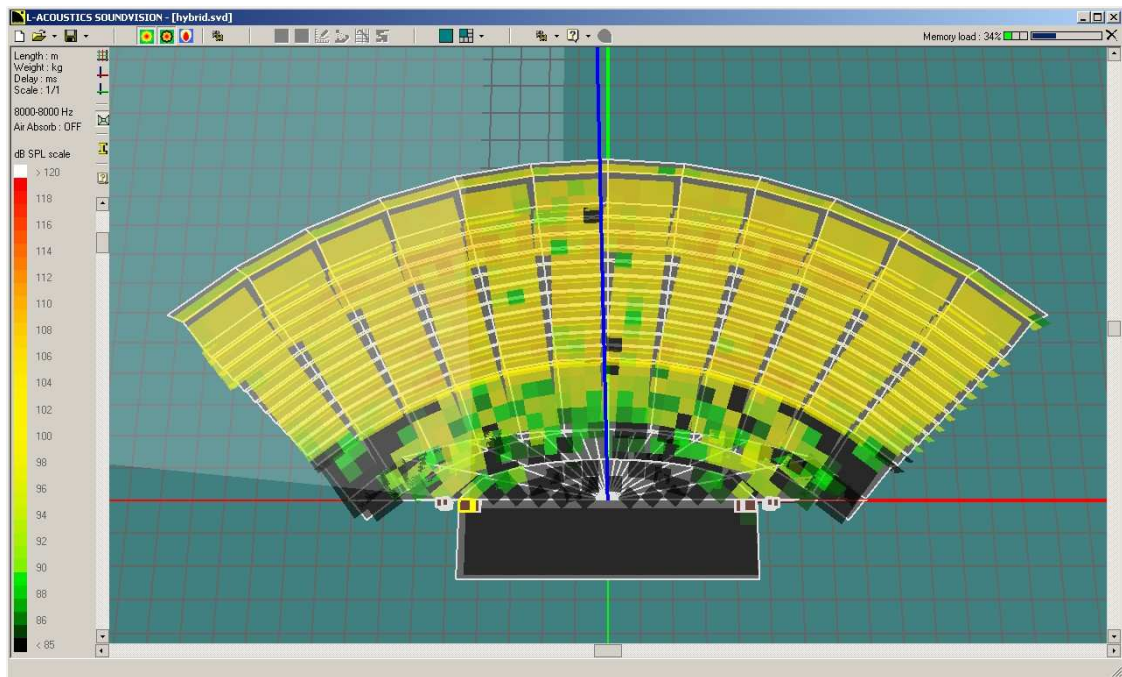
Ακολουθούν τα διαγράμματα για τα 1000Hz, τα 3150Hz και τέλος για τα 8000KHz με μειωμένη την ένταση.



Σχήμα 5.42: Εντασιακή κάλυψη για την συχνότητα των 1000 κύκλων στο θέατρο Ρέντη



Σχήμα 5.43: Εντασιακή κάλυψη για την συχνότητα των 3150Hz στο θέατρο Ρέντη



Σχήμα 5.44: Εντασιακή κάλυψη για τα 8KHz στο θέατρο Ρέντη

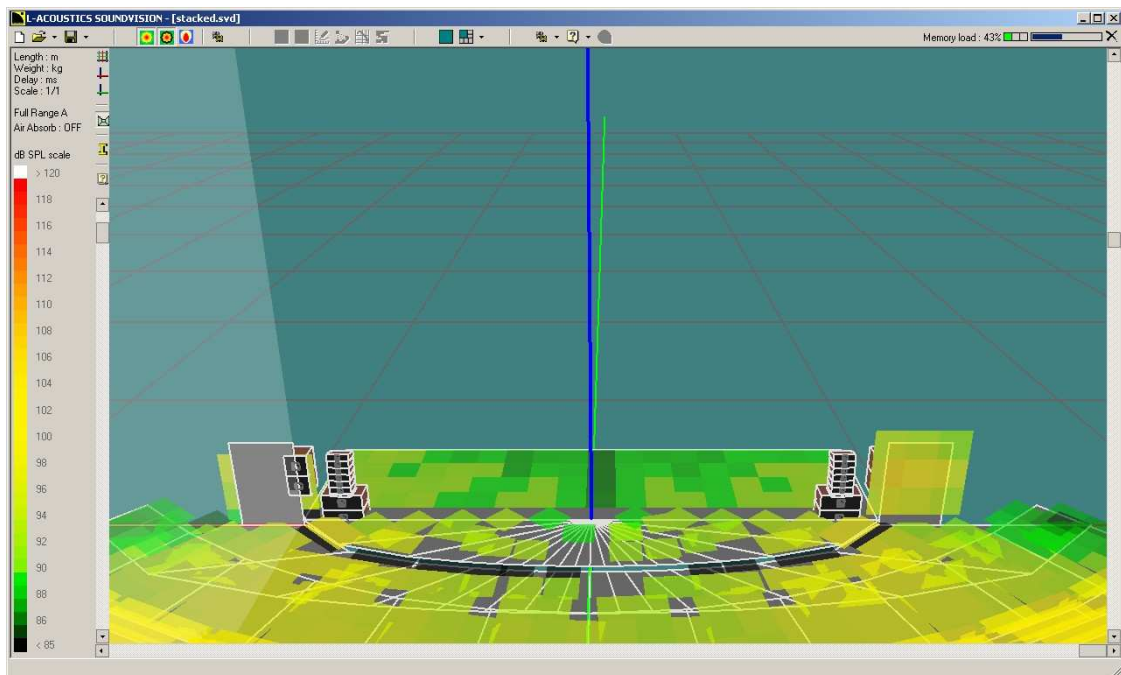
Σε όλα τα προηγούμενα σχήματα παρατηρείται ομοιομορφία στην εντασιακή κάλυψη, γεγονός που είναι αναμενόμενο από την στιγμή που το μήκος του χώρου είναι μικρότερο του λ , για την πλειοψηφία των εκπεμπόμενων συχνοτήτων.

5.4.1α Συμπεράσματα

Παρά την αποδεκτή εντασιακή κάλυψη του χώρου, το σύστημα θεωρείται ως ακατάλληλο για την κάλυψη αυτού του χώρου λόγω φασικής απόκρισης. Επιπλέον είναι άσκοπο να ρυθμιστούν οι ενισχυτές σε αυτή την ένταση, μιας και τότε τα συστήματα Line-Array χάνουν την πρακτική τους εφαρμογή. Επιπροσθέτως η L'Acoustics δεν προτείνει μείωση στους ενισχυτές πέραν των 5db.

5.4.2 Stacked

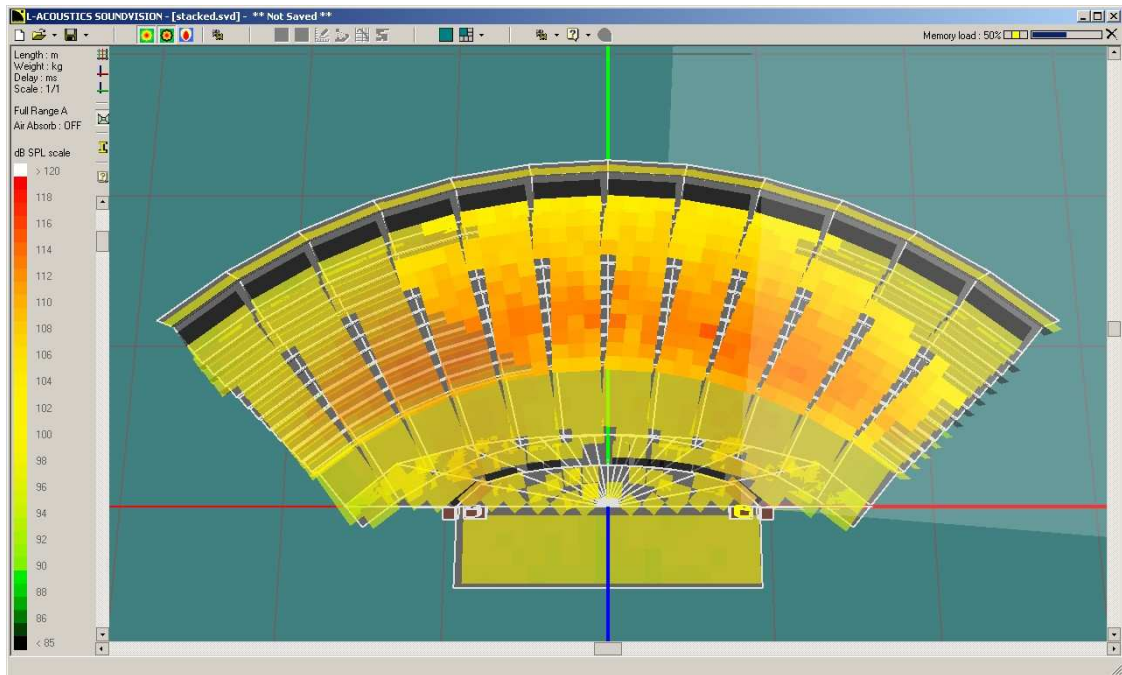
Αυτή η πρόταση τοποθέτησης αφορά stacked array με τα dv-DOSC να τοποθετούνται πάνω από τα sb-218. Λόγω μικρού ύψους του χώρου η καμπύλωση που παρουσιάζει το σύστημα είναι πολύ μικρή με κλίσεις $3^{\circ}, 2^{\circ}, 2^{\circ}, 1^{\circ}, 2^{\circ}, 3,75^{\circ}$. Το ύψος των είναι και πάλι 1,43m και η απόσταση μεταξύ των ηχοστηλών ανέρχεται στα 16m. Η κατώτερη συχνότητα που μπορεί να εκπέμψει το σύστημα σαν Line Source είναι τα 960,9Hz. Το σχήμα που ακολουθεί δείχνει την συγκεκριμένη τοποθέτηση.



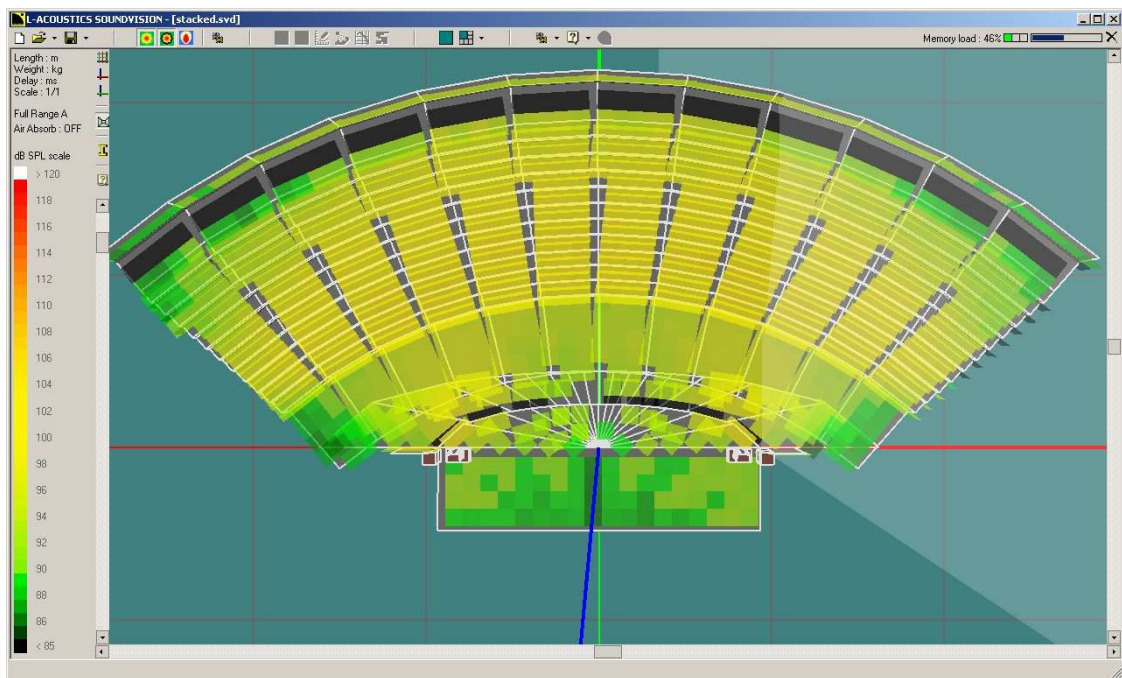
Σχήμα 5.45: Stack τοποθέτηση συστήματος στο θέατρο Ρέντη

Το σχήμα που ακολουθεί δείχνει την εντασιακή κάλυψη του χώρου, που και αυτή τη φορά, λόγω υπερβολικής ηχητικής πίεσης άνω των 114db spl, η ένταση των ενισχυτών περιορίστηκε στα -9db.

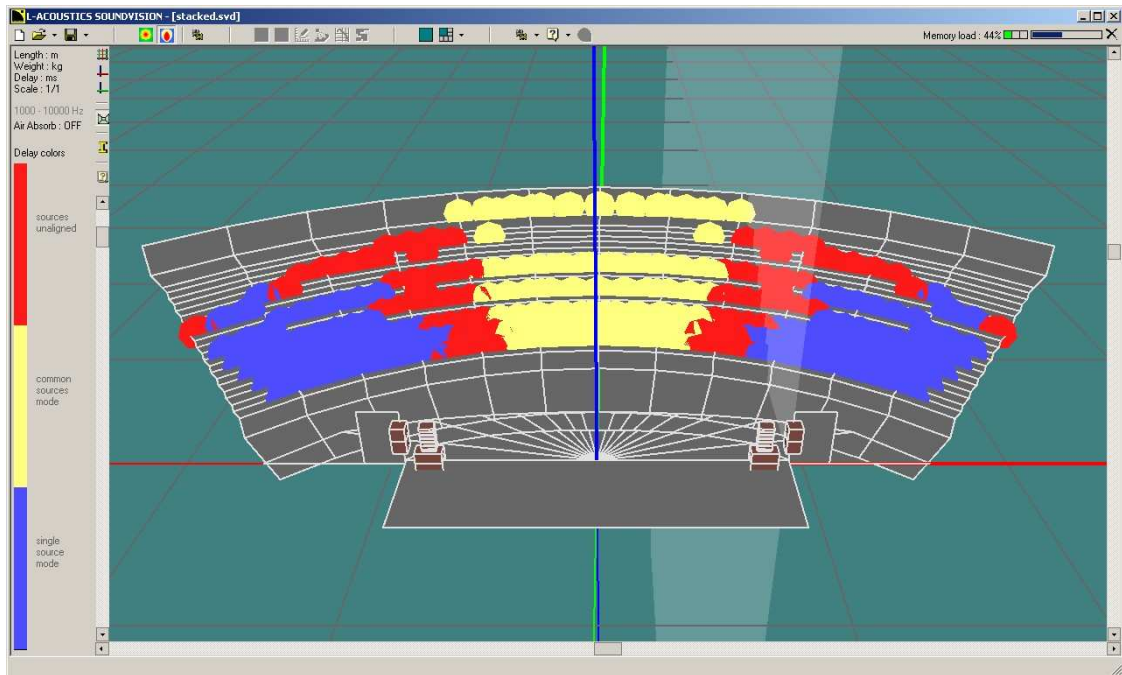
Η κάλυψη είναι ομοιόμορφη όμως αυτό δεν είναι αρκετό αφού η φασική απόκριση του συστήματος είναι πλέον ακατάλληλη με αποτέλεσμα την πλήρη ανομοιογένεια στο ηχητικό αποτέλεσμα.



Σχήμα 5.46: Spl A-weighted κάλυψη για full range σήμα στο θέατρο Ρέντη στα 0db



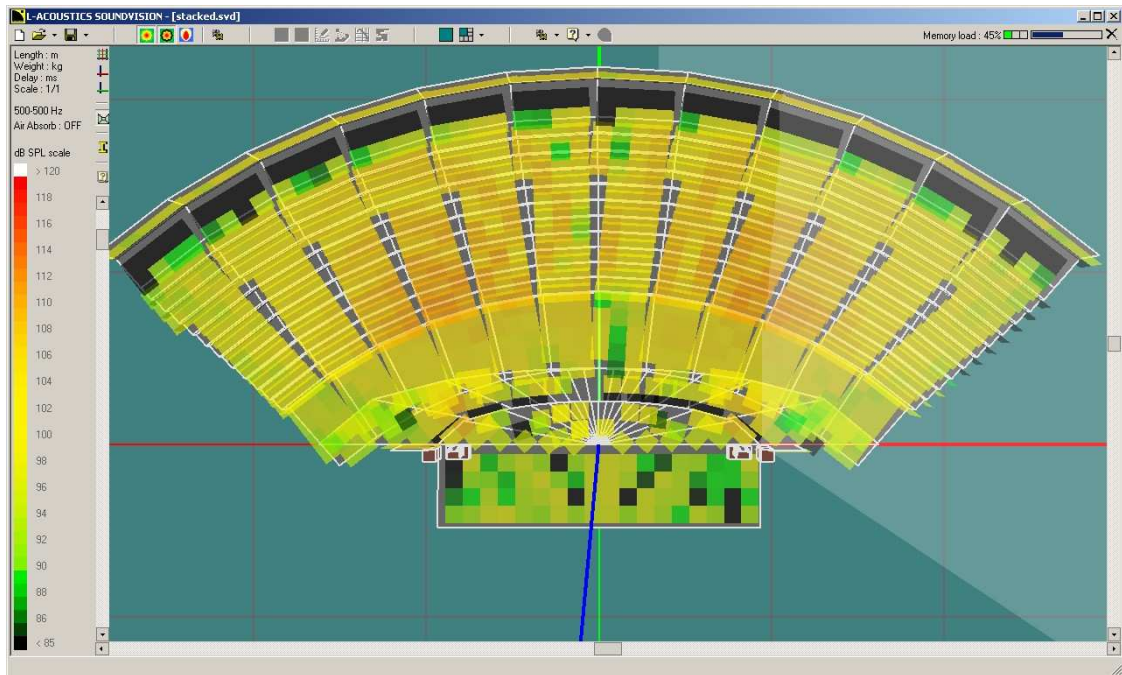
Σχήμα 5.47: Spl A-weighted κάλυψη για full range σήμα στο θέατρο Ρέντη στα -9db



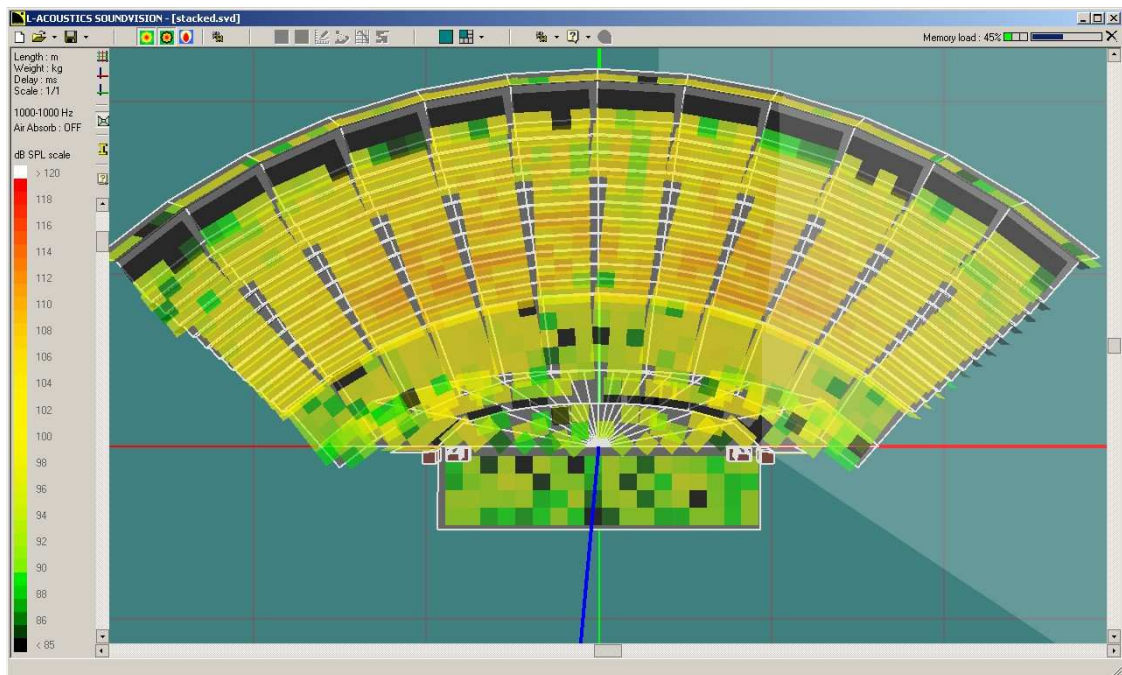
Σχήμα 5.48: Φασική απόκριση συστήματος στο θέατρο Ρέντη

Το παραπάνω σχήμα αφορά την απόκριση φάσης. Υπάρχουν πολλές θέσεις του ακροατηρίου όπου είναι εκτός φάσης και άλλες που λαμβάνουν τον ήχο από μόνο ένα cluster χωρίς να γίνεται συμβολή των δύο πηγών. Μόνο ένα μικρό ποσοστό στο κέντρο λαμβάνει την συμβολή των πηγών. Αυτό συμβαίνει κυρίως γιατί το πλάτος του ακροατηρίου είναι μεγαλύτερο από αυτό που μπορεί να καλύψει το σύστημα.

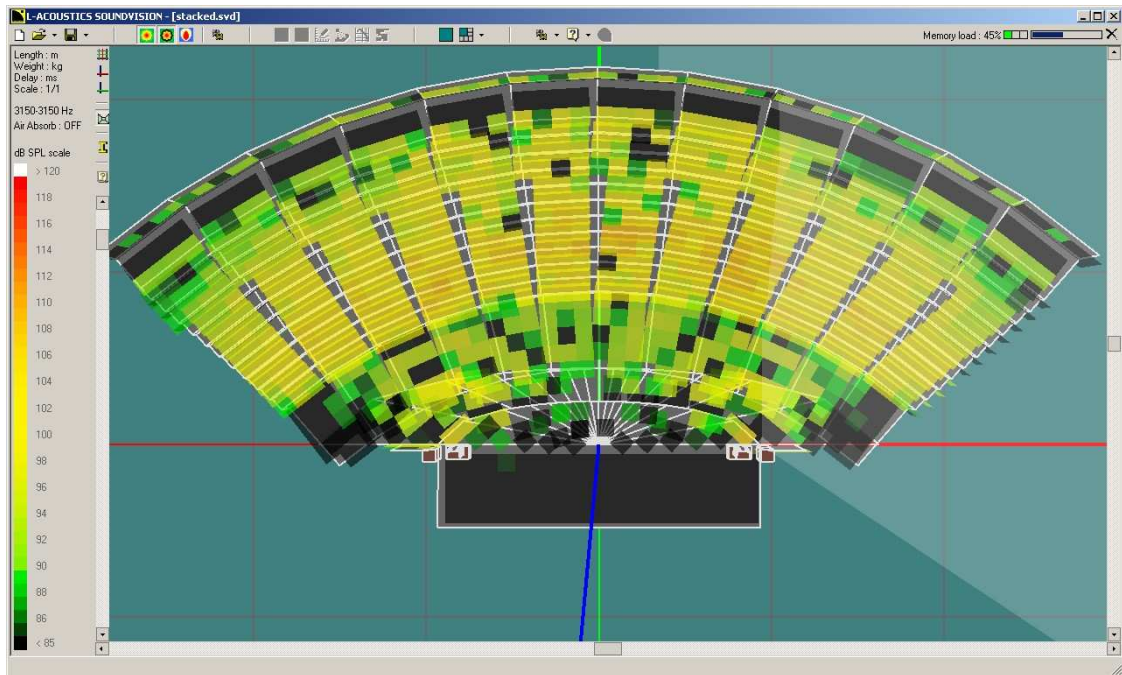
Τα παρακάτω σχήματα που δείχνουν την εντασιακή κάλυψη στις συχνότητες 500Hz, 1KHz, 3150Hz και τέλος 8KHz. Είναι πανομοιότυπες με αυτών της υβριδικής διάταξης με μόνη διαφορά την απόκριση των 3150 κύκλων.



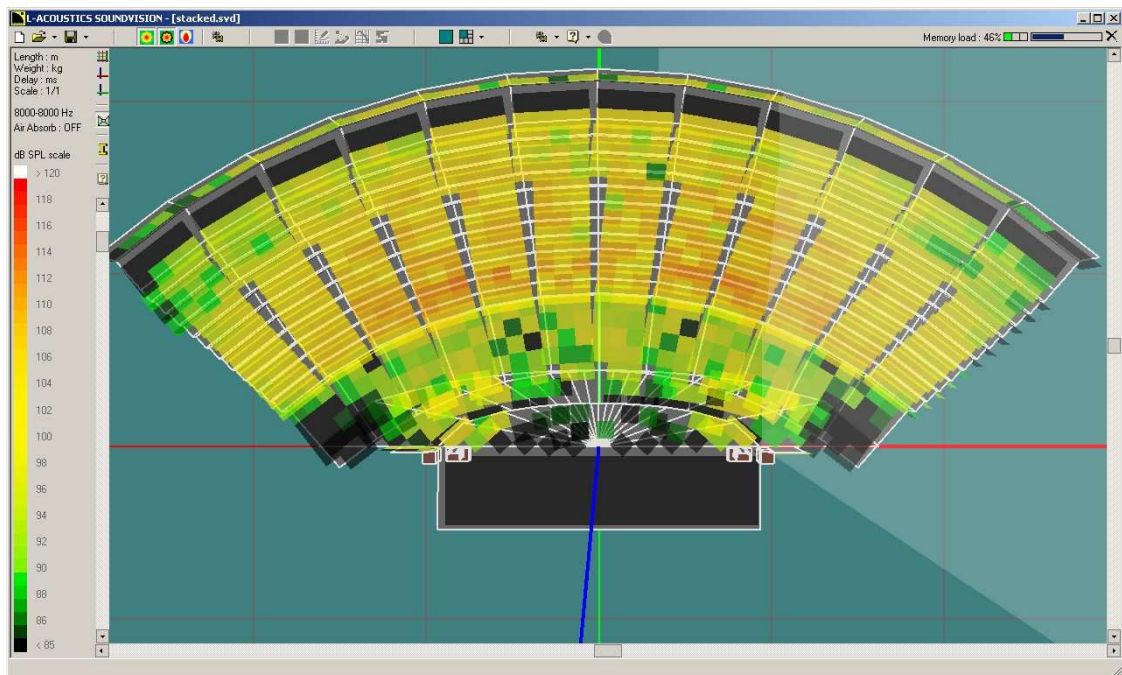
Σχήμα 5.49: Εντασιακή κάλυψη για τα 500Hz στο θέατρο Ρέντη



Σχήμα 5.50: Εντασιακή κάλυψη για τα 1000Hz στο θέατρο Ρέντη



Σχήμα 5.51: Εντασιακή κάλυψη για τα 3150Hz στο θέατρο Ρέντη



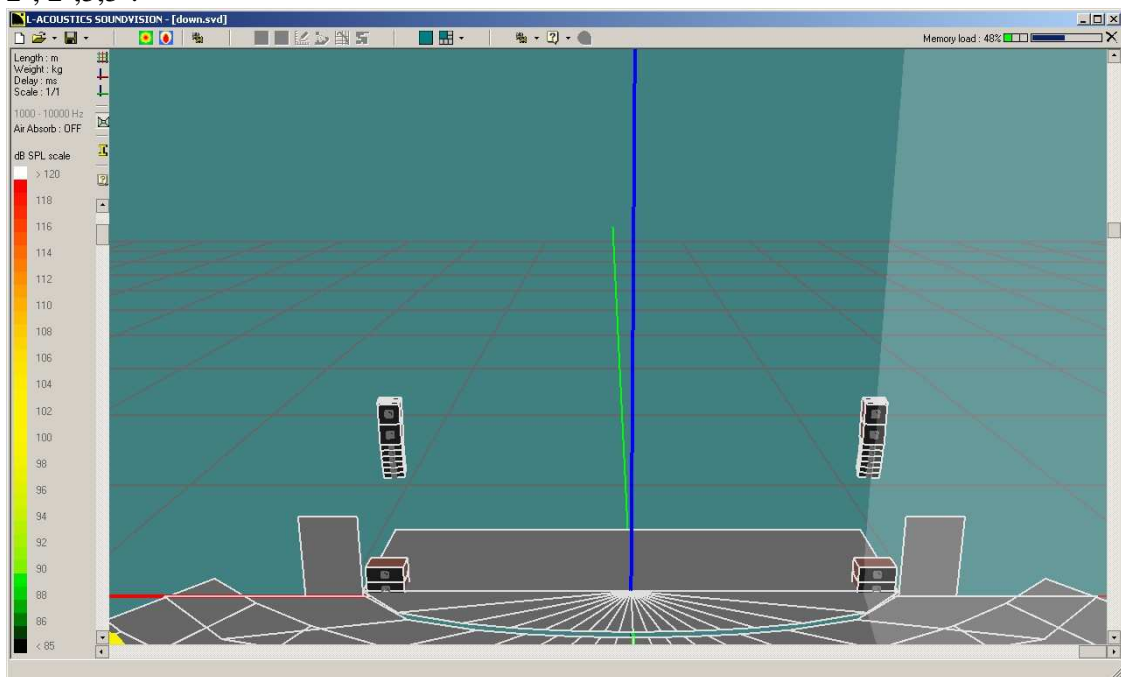
Σχήμα 5.52: Εντασιακή κάλυψη για τα 8KHz στο θέατρο Ρέντη

5.4.2α Συμπεράσματα

Όπως και στην προηγούμενη τοποθέτηση το σύστημα κρίνεται ανίκανο να καλύψει τον χώρο επαρκώς για τους ίδιους ακριβώς λόγους, με την προηγούμενη τοποθέτηση να παρέχει λίγο καλύτερη συμπεριφορά.

5.4.3 Downfill

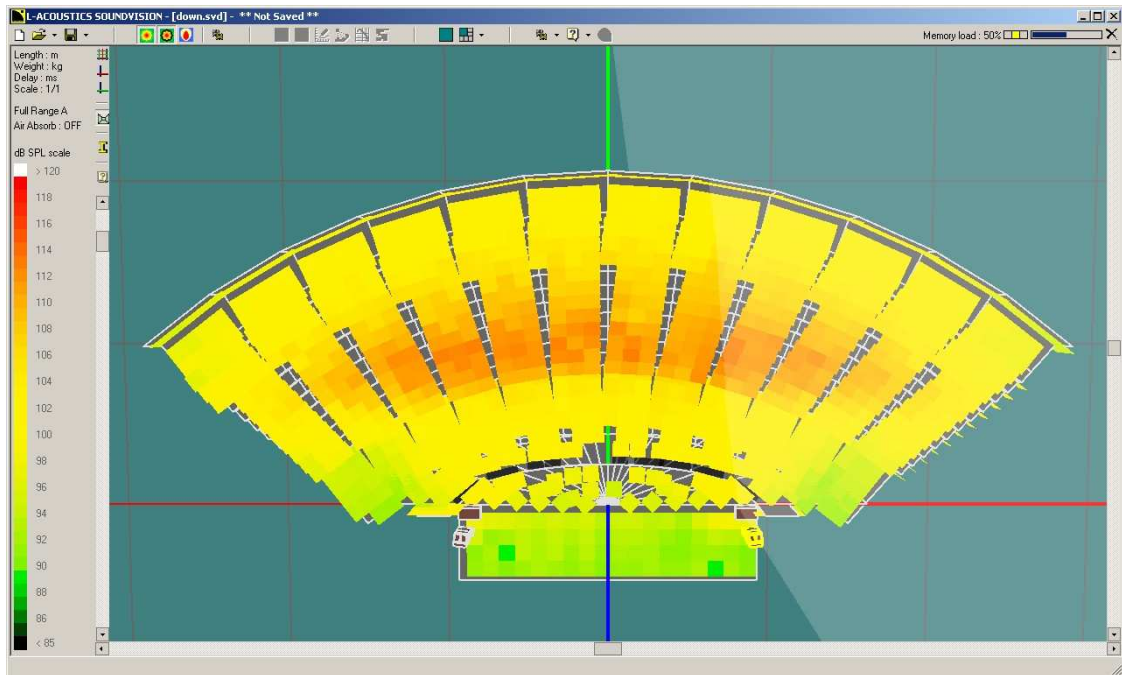
Η τρίτη πρόταση τοποθέτησης αφορά της downfill τοποθέτησης με τα dv-DOSC να αναρτώνται ως downfill στα dv-SUB σε ύψος 7 m, και τα sb-218 σε ρόλο ground stacked. Πρόκειται για ένα curved array με κλίσεις ανά dv-DOSC ηχείο 6.5° , 4.5° , 5.5° , 2° , 2° , 5.5° .



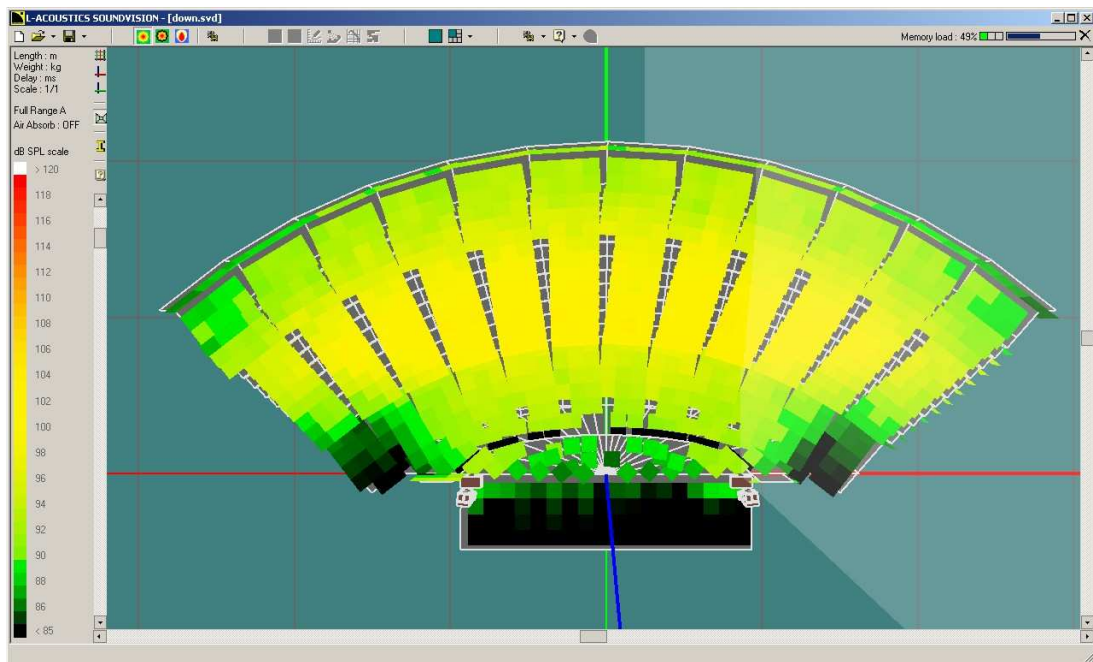
Σχήμα 5.53: downfill τοποθέτηση συστήματος στο θέατρο Ρέντη

Το συνολικό μήκος της ηχοστήλης είναι 1,43m με μηδενική κλίση και αζιμούθιο $7,5^\circ$ για το δεξί cluster και $-7,5^\circ$ για το αριστερό με μεταξύ των απόσταση 16m. Με βάση το δεδομένο μήκος της συστοιχίας και του κριτηρίου (3) που αφορά την κατώτατη συχνότητα που μπορεί να εκπέμψει το σύστημα ($\lambda/4$) ως line source, θεωρητικά αυτή είναι τα 960,9 Hz.

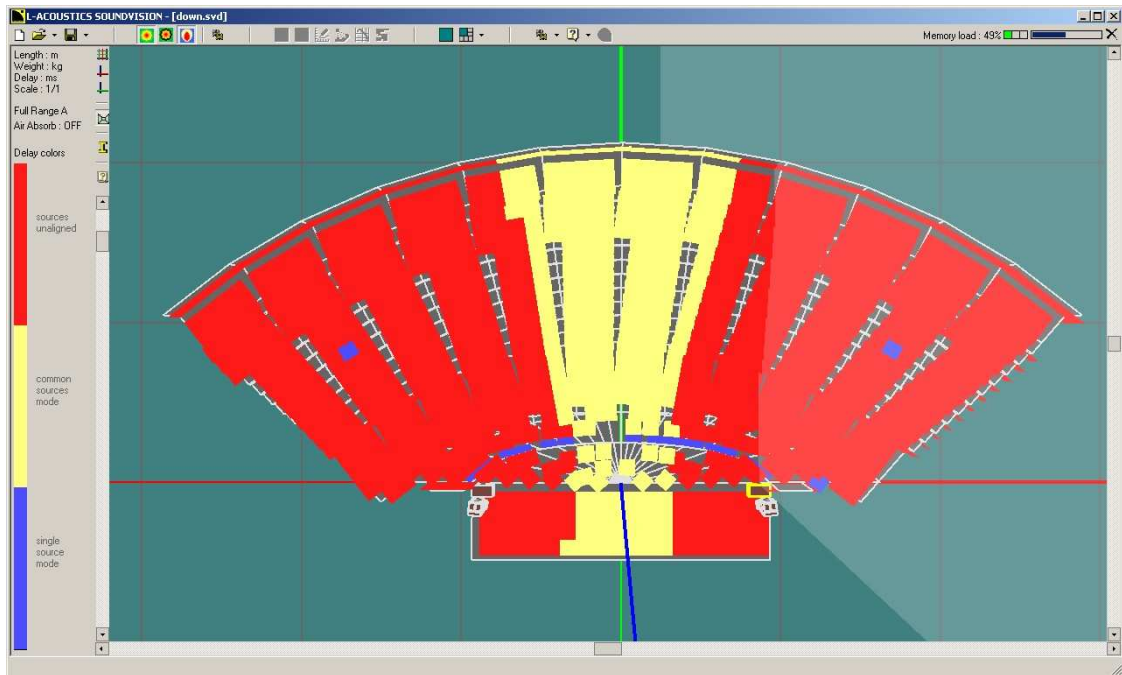
Το σχήμα που ακολουθεί δείχνει την εντασιακή κάλυψη του χώρου σε spl A weighted για full range σήμα, που και αυτή τη φορά, η ένταση των ενισχυτών περιορίστηκε στα -9db. Η απόφαση αυτή πάρθηκε ξανά με γνώμονα τα νόμιμα όρια ηχητικής πίεσης που έχουν οριστεί από τον ΕΛΟΤ για την προστασία της ακοής, τα οποία τα ξεπερνούσε το σύστημα με τους ενισχυτές στα 0 db.



Σχήμα 5.54: Spl A-weighted κάλυψη για full range σήμα στο θέατρο Ρέντη 0 db



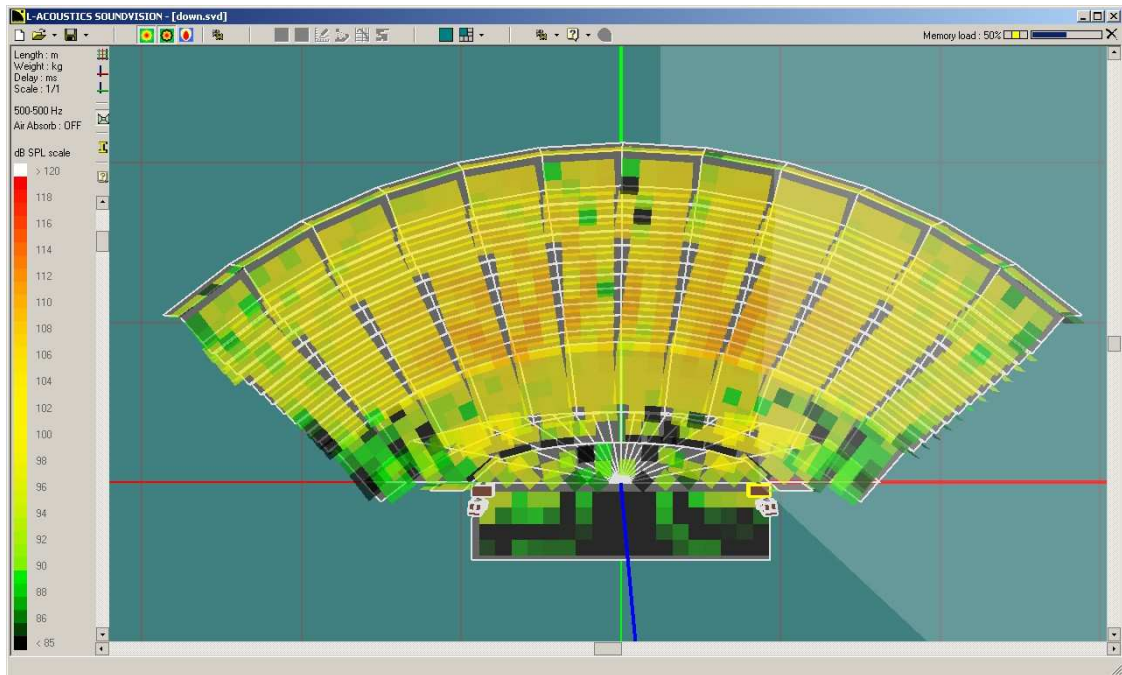
Σχήμα 5.55: Spl A-weighted κάλυψη για full range σήμα στο θέατρο Ρέντη στα -9db



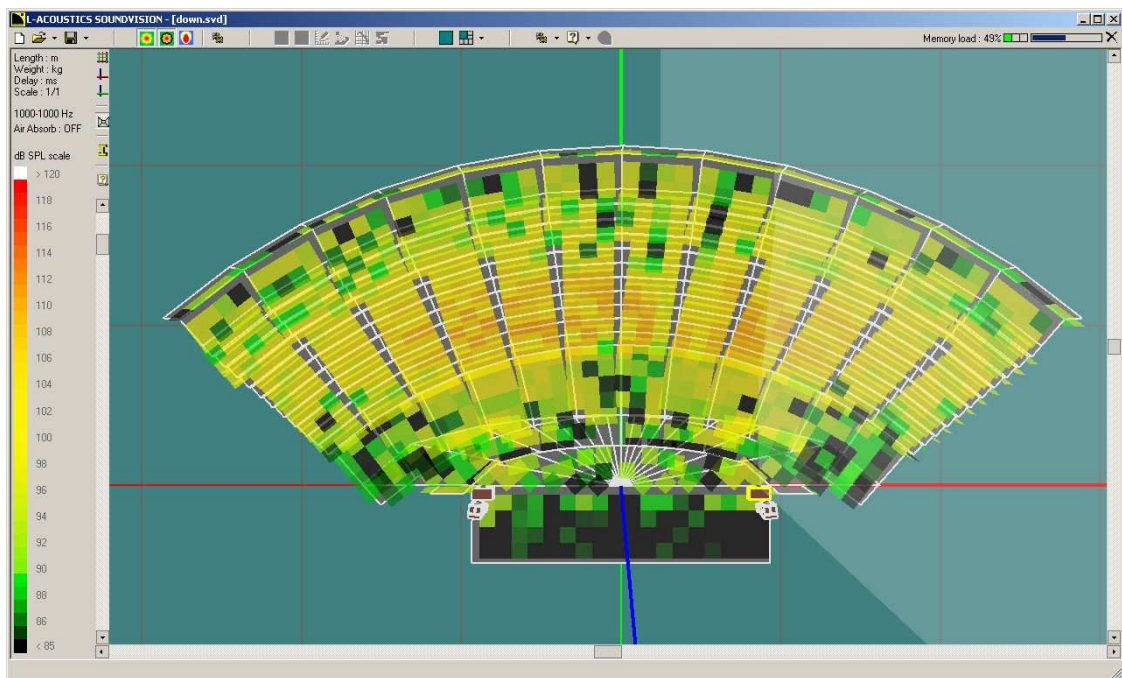
Σχήμα 5.56: Φασική απόκριση συστήματος στο θέατρο Ρέντη

Το παραπάνω σχήμα αφορά την απόκριση φάσης. Η πλειονότητα των θέσεων του ακροατηρίου είναι εκτός φάσης. Μόνο ένα μικρό ποσοστό στο κέντρο λαμβάνει την συμβολή των πηγών. Αυτό συμβαίνει κυρίως γιατί το πλάτος του ακροατηρίου είναι μεγαλύτερο από αυτό που μπορεί να καλύψει το σύστημα

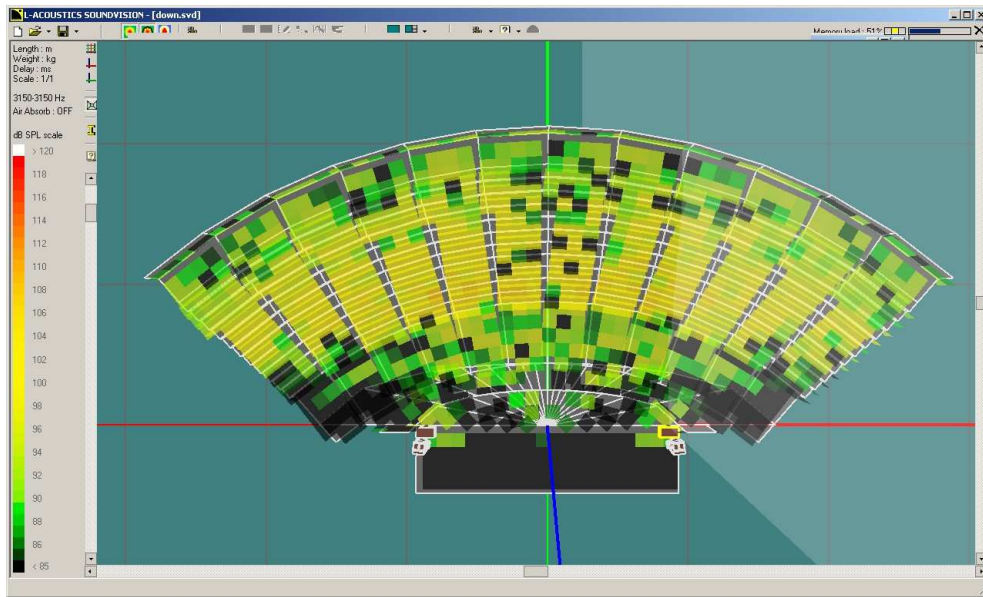
Τα παρακάτω σχήματα που δείχνουν την εντασιακή κάλυψη στις συχνότητες 500Hz, 1KHz, 3150Hz και τέλος 8KHz.



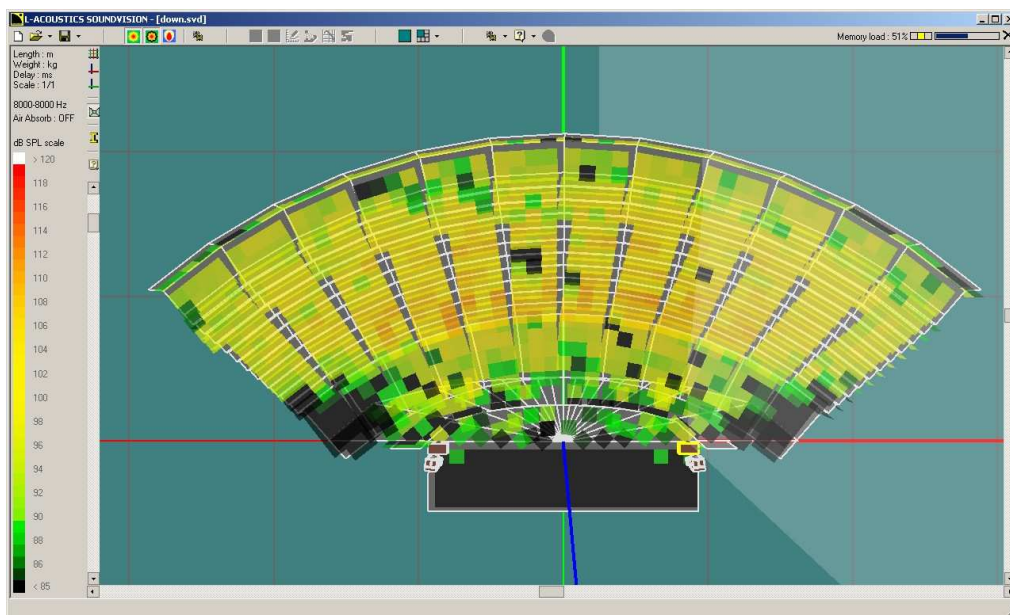
Σχήμα 5.57: Εντασιακή κάλυψη για τα 500Hz στο θέατρο Ρένθη



Σχήμα 5.58: Εντασιακή κάλυψη για το 1KHz στο θέατρο Ρένθη



Σχήμα 5.59: Εντασιακή κάλυψη για το 3150Hz στο θέατρο Ρέντη



Σχήμα 5.60: Εντασιακή κάλυψη για το 3150Hz στο θέατρο Ρέντη

5.4.3α Συμπεράσματα

Τα παραπάνω διαγράμματα είναι σαφέστερα χειρότερα από τα προηγούμενα. Παρατηρείται εξολοκλήρου ανομοιομορφία στην εντασιακή κάλυψη στο χώρο, που οφείλεται στο ύψος ανάρτησης των ηχείων σε συνδυασμό με τις κλίσεις που αναγκαστικά έπρεπε να δοθούν στο σύστημα, καθιστώντας την συγκεκριμένη τοποθέτηση την πλέον ακατάλληλη για αυτόν τον χώρο.

5.5 Γενικά Συμπεράσματα

Με τις μελέτες σε αυτούς τους δεδομένους χώρους που αποτελούν αντιπροσωπευτικό παράδειγμα των συναυλιακών χώρων παγκοσμίως, εξάγεται το συμπέρασμα ότι η κάλυψη με Line-Array δεν αποτελεί μοναδική λύση. Σε μικρούς χώρους αυτά τα συστήματα είναι ανίκανα να αποδώσουν, πράγμα που συνάδει με την θεωρία που αναπτύχθηκε στα κεφάλαια 2 και 3. Σε χώρους όπου τα Line Array είναι ικανά να καλύψουν, απαιτείται μεγαλύτερος αριθμός καμπινών ανά cluster, από αυτόν τους συστήματός μας, για να μετακινηθούν τα φαινόμενα comb filtering εκτός του προς κάλυψη χώρου. Λόγω της έντονης κατευθυντικότητας που παρουσιάζουν αυτά τα συστήματα, σε μεγάλους χώρους η τοποθέτηση LL και RR συστοιχιών, front fill και μερικές φορές side fill, κρίνεται αναγκαία ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι ακυρώσεις φάσεων.

Ο μεγάλος αριθμός καμπινών εξυπηρετεί εκτός άλλων και την μέγιστη κλίση που μπορεί να πάρει ένα σύστημα ώστε να είναι εντός ορίων, όπως αυτά περιγράφονται στο κεφάλαιο 3. Με αυτόν τον τρόπο ο sound designer δεν χρειάζεται να δώσει ακραίες κλίσεις στο σύστημα, με τις οποίες επηρεάζει αρνητικά την απόδοσή του. Τα straight line array φαίνεται να ανήκουν στο παρελθόν, με αυτά των “J” shaped και spiral να εμφανίζονται πρώτα στις προτιμήσεις των sound designer, αποκρινόμενοι έτσι από την κλασική θεωρία του Olson, επειδή συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα των straight line και των curved arrays. Αυτά όμως λόγω του μεγάλου μήκους συστοιχίας που απαιτούν, συναντώνται σε shows άνω των 5000 θεατών.

Στις μέρες μας πολύπλοκα shows λαμβάνουν χώρα, με έντονο οπτικοακουστικό χαρακτήρα. Αυτό σημαίνει ότι δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στο οπτικό μέρος του show, με το ηχητικό να έρχεται σε δεύτερη μοίρα. Έτσι η τοποθέτηση των ηχείων γίνεται με κριτήριο το πρόβλημα θέασης στην σκηνή. Αυτό από μόνο του υπαγορεύει το τρόπο ανάρτησης των ηχείων (flown, stack, hybrid), ωθώντας τους sound designers στα άκρα για νέες μορφές τοποθέτησης, αλλά και τα ταυτόχρονα βέλτιστης απόκρισης του συστήματος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι αυτό των “Metallica”, όπου στην τελευταία τους περιοδεία, το σύστημα αναρτήθηκε flown πάνω ακριβώς από το stage.



Ο flown και hybrid τρόπος τοποθέτησης αποδεικνύεται ο πλέον κατάλληλος αφού έχει λιγότερους περιορισμούς στην κατασκευή του από τη stack, λύνει πιο εύκολα τα προβλήματα θέασης στη σκηνή και με τους μηχανισμούς rigging που διατίθενται από τους κατασκευαστές, είναι πιο ευέλικτοι στη ανάρτησή-ρύθμισή τους. Επιπλέον ζητήματα όπως ενίσχυση χαμηλών συχνοτήτων λόγω επαφής με το έδαφος και μετάδοση εντονότατων δονήσεων στη σκηνή, απουσιάζουν στη flown και hybrid διάταξη. Ο stack τρόπος τελικά μοιάζει με λύση ανάγκης που βρίσκει εφαρμογή μόνο σε χώρους μέγιστης χωρητικότητας 800 ατόμων.

Σήμερα σχεδόν κάθε εταιρία προσφέρει το δικό της λογισμικό ακουστικής προσομοίωσης. Έτσι και η L'Acoustics με το SoundVision, προσφέρει μια ολοκληρωμένη λύση στα συστήματά της. Παρόλο του friendly user interface, μεταξύ άλλων που περιγράφηκαν στο 4^ο κεφάλαιο, παρουσιάζει αρκετά σημαντικά μειονεκτήματα με άλλα διαθέσιμα προγράμματα. Μερικά από αυτά είναι ότι δεν υπολογίζει ανακλάσεις, συχνότητες κάτω των 100Hz και δεν παρέχει σημαντικές πληροφορίες όπως διάγραμμα συχνοτικής απόκρισης, κατώτερη-ανώτερη συχνότητα όπου το σύστημα εκπέμπει ως line source κ.α.

Τελικά η εγκατάσταση Line Array έχει πολύ συγκεκριμένες απαιτήσεις ως προς το σύνολό τους, που πολλές φορές είναι αδύνατο να πραγματοποιηθούν. Η επίτευξη του κυλινδρικού τρόπου διάδοσης απέχει πολύ από την πλήρη εφαρμογή του λόγω των φυσικών περιορισμών της κατασκευής των ηχείων. Παραδείγματος χάριν με τα σημερινά δεδομένα στην τεχνολογία είναι αδύνατο η απόσταση (b) να πλησιάζει τα χιλιοστά που απαιτεί η θεωρία, ή το μήκος της συστοιχίας να είναι άπειρο και τέλος η υλοποίηση της σημειακής πηγής σε εφαρμογές ηχητικής κάλυψης συναυλιών παραμένει ανέφικτη. Παρόλαυτα πολλές εταιρίες καταβάλουν προσπάθειες σε αυτόν το τομέα. Δυστυχώς με το marketing στην πρώτη γραμμή διατυπώνονται πολλές ασάφειες από τις ίδιες τις εταιρίες με απώτερο σκοπό το κέρδος.

“Each cabinet in a line array is not producing a ‘slice of a cylindrical wave.’ That is a marketing concept, not a scientific one.”

-www.meyersound.com-

“How loudspeakers interact with each other in an array is the hot topic in the industry at present. Whatever the hype says, the line array is not the Holy Grail of loudspeaker design. It has always been around – it’s only the current format that people are latching onto as ‘new’. Unfortunately, this is a maximum BS area at present and simplistic claims are flying around. The current fashion for a particular horizontally formatted, one-box line array has led some manufacturers to bend acoustic rules and adopt some unacceptable compromises.”

-Martin Audio EDGE, September 2001-

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

LOUDSPEAKERS SPECIFICATIONS

dv-DOSC

Frequency response (+/-3 dB)	160 Hz - 18 kHz (single unit)			
	100 Hz - 18 kHz (coupled array)			
Full system bandwidth with SB218	25 Hz - 18 kHz			
Sensitivity (average SPL over component's rated bandwidth, equivalent to 2.83 Vrms at 1 metre)				
MF	99 dB SPL	(100 - 800 Hz)		
HF	109 dB SPL	(800 - 18k Hz)		
Long Term Power Rating (100 Hz HPF for low section, pink noise with 6 dB crest factor)				
MF	55 Vrms	380 Wrms	1520 Wpeak	8 ohms
HF	23 Vrms	66 Wrms	260 Wpeak	8 ohms
Horizontal Directivity	120° (-6 dB points, symmetrical about main axis)			
	100° (-3 dB points, symmetrical about main axis)			
Vertical Directivity	defined by the shape of the array			
System Data	Continuous SPL	Continuous SPL		
	(flat array)	(max curvature array)		
1 enclosure	127 dB	127 dB (vertical coverage not defined)		
2 enclosures	133 dB	131 dB (15 degrees vertical coverage)		
4 enclosures	139dB	135 dB (30 degrees vertical coverage)		

COMPONENTS

MF	2 x 8" weather resistant loudspeaker, 2" voice coil, bass-reflex loaded
HF	1 x 1.4" neodymium compression driver, patented DOSC waveguide

CONSTRUCTION

Material	Baltic birch plywood, folded construction with aluminum top and bottom plates and metal reinforcement. Sealed, screwed cabinet construction. 3.75 degrees trapezoidal angle.
Finish	Maroon-gray™
Grill	Black epoxy-coated perforated steel, acoustically transparent foam
Features	Integrated flying hardware and handles
Dimension (WxHxD):	695 mm x 257 mm (front) x 171 mm (rear) x 476 mm (27.4 in x 10.1 in x 6.7 in x 18.7 in)
Weight:	31.8 kg (70.1 lbs)
Shipping Dimensions:	800 mm x 360 mm x 560 mm (31.5 in x 14.2 in x 22 in)
Shipping Weight:	35 kg (77.2 lbs)

dV-SUB

Frequency response (+/-3 dB)	40 - 200 Hz
Usable bandwidth	35 - 200 Hz
Recommended Filtering	80 to 200 Hz (4 th order low pass filter) 30 Hz (4 th order high pass filter)
Sensitivity (average SPL over rated bandwidth, freefield conditions, without equalization, equiv to 2.83 Vrms at 1 metre)	104.5 dB SPL (40 - 200 Hz)

Long Term Power Rating (pink noise with 6 dB crest factor over rated bandwidth)	Amplification	Impedance
57 Vrms 1200 Wrms 4800 Wpeak	2400 W recommended	2.7 ohms

System Data	SPL	
1 enclosure	133 dB (cont)	139 dB (peak)
2 enclosures	139 dB (cont)	145 dB (peak)
4 enclosures	145 dB (cont)	151 dB (peak)

COMPONENTS

3 x 15" weather-resistant loudspeaker, 3" edgewound copper ribbon voice coil, vented bandpass loaded, die cast aluminum basket, massive vented magnet structure, high thermal capacity

CONSTRUCTION

Dimension (WxHxD):	695 mm x 708 mm x 695 mm (27.4 in x 27.9 in x 27.4 in)
Weight:	93 kg (205 lbs)
Shipping Dimensions: (including dV-SUBPLA)	795 mm x 790 mm x 890 mm (31.3 in x 31.1 in x 35 in)
Shipping Weight:	107 kg (235.9 lbs)
Connector	1x 4 pin Neutrik Speakon (1 +/1-)
Material	24 mm Baltic birch plywood (sealed, screwed and rabbeted angles, internally braced)
Finish	Maroon-gray™
Grill	Black epoxy-coated perforated steel, acoustically transparent foam
Rigging	Integral flying hardware and handles

SB218

Frequency Response	28 Hz - 140 Hz (+/- 3 dB)	
Usable Bandwidth	25 Hz - 200 Hz	
Sensitivity (2.83 V at 1 m)	100.5 dB SPL (28-200 Hz)	
Power rating	68 Vrms 1100 Wrms 4400 Wpeak (long term pink noise with 6 dB crest factor)	
SPL Output		
1 enclosure	130 dB (continuous)	136 dB (peak)
2 enclosures	136 dB (continuous)	142 dB (peak)
4 enclosures	142 dB (continuous)	148 dB (peak)
Impedance	4 ohms	
Components	2 x 18" cone bass-reflex, 4.5" edgewound copper voice coil	
Material	Baltic birch plywood. Sealed, screwed cabinet construction	
Finish	Maroon-gray	
Grill	Black epoxy perforated steel with acoustically transparent foam	
Features	Integrated flying hardware, handles	
Dimension (WxHxD):	1300 mm x 550 mm x 700 mm (51.2" x 21.7" x 27.6")	
Weight:	106 kg (233 lbs) + 9,5 kg (21 lbs) for dolly	

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Sound Vision Reports



soundvision

Author solidakis george Date 26/6/2011
File name texnopolis downfill File Version 1.8.1

Comments

Distance unit m
Scale factor 1
Weight unit kg
Delay unit ms

Sources : 4

SB218_1

(X ; Y ; Z) m = (5,00 ; 0,00 ; 0,00)

Site : 0,0 °

Azimut : 0,0 °

Gain : 0 dB

Delay : 0,0 ms

STACKED array

Total weight : 106,0 kg

Max size of cluster (X ; Y ; Z) m = (1,30 ; 0,7 ; 1,10)

Bottom elevation : 0,00m

#	Type	Gain (dB)	Enclosure	Angles (°)	Site (°)	Bot. Z
(Front)	Top Z (Front)					
1	SB218	0	B - #1	0	0,0	0,55
2	SB218	0	#1 - 2	0	0,0	0,00

dV-DOSV_R

(X ; Y ; Z) m = (5,00 ; -1,00 ; 10,00)
 Site : -0,5 °
 Azimut : -10,0 °
 Gain : 0 dB
 Delay : 0,0 ms

FLOWN array

Bumper : dV-Bump2
 Nb motors : 2
 Rear motor position : 8

Total weight : 389,3 kg
 Front motor load : 101,23 kg
 Rear motor load : 288,07 kg

Max size of cluster (X ; Y ; Z) m = (0,70 ; 0,84 ; 2,81)

Top site : -0,5 °
 Bottom site : -28,5 °
 Bottom elevation : 7,27m

#	Type	Gain (dB)	Enclosure	Angles (°)			Site (°)	Bot. Z
(Front)	Top Z (Front)							
1	dV-SUB	0	B - #1	0	-0,5	9,29		10,00
2	dV-SUB	0	#1 - 2	0	-0,5	8,58		9,29
3	dV-DOSC	0	#2 - 3	3,75	-0,5	8,36		8,58
4	dV-DOSC	0	#3 - 4	3	-3,5	8,13		8,36
5	dV-DOSC	0	#4 - 5	4,5	-8,0	7,90		8,13
6	dV-DOSC	0	#5 - 6	6,5	-14,5	7,68		7,90
7	dV-DOSC	0	#6 - 7	6,5	-21,0	7,47		7,68
8	dV-DOSC	0	#7 - 8	7,5	-28,5	7,27		7,47

dV-DOSV_L

(X ; Y ; Z) m = (-5,00 ; -1,00 ; 10,00)
 Site : -0,5 °
 Azimut : 10,0 °
 Gain : 0 dB
 Delay : 0,0 ms

FLOWN array

Bumper : dV-Bump2

Nb motors : 2
 Rear motor position : 8

Total weight : 389,3 kg
 Front motor load : 101,23 kg
 Rear motor load : 288,07 kg

Max size of cluster (X ; Y ; Z) m = (0,70 ; 0,84 ; 2,81)

Top site : -0,5 °
 Bottom site : -28,5 °
 Bottom elevation : 7,27m

(Front)	#	Type	Gain (dB)	Enclosure	Angles (°)		Site (°)	Bot. Z
		Top Z (Front)						
	1	dV-SUB	0	B - #1	0	-0,5 9,29		10,00
	2	dV-SUB	0	#1 - 2	0	-0,5 8,58		9,29
	3	dV-DOSC	0	#2 - 3	3,75	-0,5 8,36		8,58
	4	dV-DOSC	0	#3 - 4	3	-3,5 8,13		8,36
	5	dV-DOSC	0	#4 - 5	4,5	-8,0 7,90		8,13
	6	dV-DOSC	0	#5 - 6	6,5	-14,5 7,68		7,90
	7	dV-DOSC	0	#6 - 7	6,5	-21,0 7,47		7,68
	8	dV-DOSC	0	#7 - 8	7,5	-28,5 7,27		7,47

YZ Sym of SB218_1

(X ; Y ; Z) m = (-5,00 ; 0,00 ; 0,00)
 Site : 0,0 °
 Azimut : 0,0 °
 Gain : 0 dB
 Delay : 0,0 ms

STACKED array

Total weight : 106,0 kg
 Max size of cluster (X ; Y ; Z) m = (1,30 ; 0,7 ; 1,10)
 Bottom elevation : 0,00m

(Front)	#	Type	Gain (dB)	Enclosure	Angles (°)		Site (°)	Bot. Z
		Top Z (Front)						
	1	SB218	0	B - #1	0	0,0 0,55		1,10
	2	SB218	0	#1 - 2	0	0,0 0,00		0,55



soundvision

Author george solidakis Date 26/6/2011
 File name 'stacked' File Version 1.8.1

Comments

Distance unit m
 Scale factor 1
 Weight unit kg
 Delay unit ms

Sources : 8

YZ Sym of dV-DOSC_3

(X ; Y ; Z) m = (-4,70 ; -1,00 ; 1,30)
 Site : 0,0 °
 Azimut : 15,0 °
 Gain : -3 dB
 Delay : 0,0 ms

STACKED array

Bumper : dV-Bump2
 Nb motors : 2
 Rear motor position : 8

Total weight : 203,3 kg
 Front motor load : 219,62 kg
 Rear motor load : 169,68 kg

Max size of cluster (X ; Y ; Z) m = (0,70 ; 0,58 ; 1,43)

Top site : 9,0 °
 Bottom site : 0,0 °
 Bottom elevation : 1,37m

#	Type	Gain (dB)	Enclosure	Angles (°)	Site (°)	Bot. Z
(Front)	Top Z (Front)					
1	dV-DOSC	0	U6 - 5	0	9,0	2,73
2	dV-DOSC	0	U5 - 4	0	9,0	2,51
3	dV-DOSC	0	U4 - 3	3	9,0	2,28
4	dV-DOSC	0	U3 - 2	3	6,0	1,83
5	dV-DOSC	0	U2 - 1	3	3,0	1,60
6	dV-DOSC	0	U1 - B	3,75	0,0	1,37

YZ Sym of YZ Sym of dV-DOSC_3

(X ; Y ; Z) m = (4,70 ; -1,00 ; 1,30)

Site : 0,0 °

Azimut : -15,0 °

Gain : -3 dB

Delay : 0,0 ms

STACKED array

Bumper : dV-Bump2

Nb motors : 2

Rear motor position : 8

Total weight : 203,3 kg

Front motor load : 81,61 kg

Rear motor load : 121,69 kg

Max size of cluster (X ; Y ; Z) m = (0,70 ; 0,58 ; 1,43)

Top site : 9,0 °

Bottom site : 0,0 °

Bottom elevation : 1,37m

#	Type	Gain (dB)	Enclosure	Angles (°)	Site (°)	Bot. Z	
(Front) Top Z (Front)							
1	dV-DOSC	0	U6 - 5	0	9,0	2,51	2,73
2	dV-DOSC	0	U5 - 4	0	9,0	2,28	2,51
3	dV-DOSC	0	U4 - 3	3	9,0	2,06	2,28
4	dV-DOSC	0	U3 - 2	3	6,0	1,83	2,06
5	dV-DOSC	0	U2 - 1	3	3,0	1,60	1,83
6	dV-DOSC	0	U1 - B	3,75	0,0	1,37	1,60

SB218_3

(X ; Y ; Z) m = (5,00 ; -1,00 ; 0,00)

Site : 0,0 °

Azimut : 0,0 °

Gain : 0 dB

Delay : 0,0 ms

STACKED array

Total weight : 106,0 kg

Max size of cluster (X ; Y ; Z) m = (0,55 ; 0,7 ; 1,30)

Bottom elevation : 0,10m

#	Type	Gain (dB)	Enclosure	Angles (°)	Site (°)	Bot. Z	
(Front) Top Z (Front)							
1	SB218	0	#1	3,75	0,0	0,10	0,65

YZ Sym of SB218_3

(X ; Y ; Z) m = (-5,00 ; -1,00 ; 0,00)

Site : 0,0 °

Azimut : 0,0 °

Gain : 0 dB

Delay : 0,0 ms

STACKED array

Total weight : 106,0 kg

Max size of cluster (X ; Y ; Z) m = (0,55 ; 0,7 ; 1,30)

Bottom elevation : 0,10m

	#	Type	Gain (dB)	Enclosure	Angles (°)		Site (°)	Bot. Z
(Front)	Top Z (Front)							
SB218_9	1	SB218	0	#1	3,75	0,0	0,10	0,65

(X ; Y ; Z) m = (4,50 ; -1,00 ; 0,00)

Site : 0,0 °

Azimut : 0,0 °

Gain : 0 dB

Delay : 0,0 ms

STACKED array

Total weight : 106,0 kg

Max size of cluster (X ; Y ; Z) m = (0,55 ; 0,7 ; 1,30)

Bottom elevation : 0,10m

	#	Type	Gain (dB)	Enclosure	Angles (°)		Site (°)	Bot. Z
(Front)	Top Z (Front)							
YZ Sym of SB218_9	1	SB218	0	#1	3,75	0,0	0,10	0,65

(X ; Y ; Z) m = (-4,50 ; -1,00 ; 0,00)

Site : 0,0 °

Azimut : 0,0 °

Gain : 0 dB

Delay : 0,0 ms

STACKED array

Total weight : 106,0 kg

Max size of cluster (X ; Y ; Z) m = (0,55 ; 0,7 ; 1,30)

Bottom elevation : 0,10m

	#	Type	Gain (dB)	Enclosure	Angles (°)		Site (°)	Bot. Z
(Front)	Top Z (Front)							

1 SB218 0 #1 3,75 0,0 0,10 0,65
dV-SUB_3

(X ; Y ; Z) m = (6,00 ; -1,00 ; 0,00)

Site : 0,0 °

Azimut : 0,0 °

Gain : 0 dB

Delay : 0,0 ms

STACKED array

Total weight : 93,0 kg

Max size of cluster (X ; Y ; Z) m = (0,70 ; 0,7 ; 1,42)

Bottom elevation : 0,00m

#	Type	Gain (dB)	Enclosure	Angles (°)	Site (°)	Bot. Z
(Front) Top Z (Front)						
1	dV-SUB	0	U6 - 5	0	0,0	0,71
2	dV-SUB	0	U5 - 4	0	0,0	0,00

YZ Sym of dV-SUB_3

(X ; Y ; Z) m = (-6,00 ; -1,00 ; 0,00)

Site : 0,0 °

Azimut : 0,0 °

Gain : 0 dB

Delay : 0,0 ms

STACKED array

Total weight : 93,0 kg

Max size of cluster (X ; Y ; Z) m = (0,70 ; 0,7 ; 1,42)

Bottom elevation : 0,00m

#	Type	Gain (dB)	Enclosure	Angles (°)	Site (°)	Bot. Z
(Front) Top Z (Front)						
1	dV-SUB	0	U6 - 5	0	0,0	0,71
2	dV-SUB	0	U5 - 4	0	0,0	0,00



soundvision

Author george solidakis Date 26/6/2011
 File name flown File Version 1.8.1

Comments

Distance unit m
 Scale factor 1
 Weight unit kg
 Delay unit ms

Sources : 8

dV-DOSC_R

(X ; Y ; Z) m = (5,50 ; -1,00 ; 5,00)
 Site : 7,8 °
 Azimut : -14,4 °
 Gain : 0 dB
 Delay : 0,0 ms

FLOWN array

Bumper : dV-Bump2
 Nb motors : 2
 Rear motor position : 8

Total weight : 203,3 kg
 Front motor load : 101,05 kg
 Rear motor load : 102,25 kg

Max size of cluster (X ; Y ; Z) m = (0,70 ; 0,55 ; 1,43)

Top site : 7,8 °
 Bottom site : -16,7 °
 Bottom elevation : 3,65m

#	Type	Gain (dB)	Enclosure	Angles (°)		Site (°)	Bot. Z
(Front)	Top Z (Front)						
1	dV-DOSC	0	B - #1	3,75	7,8	4,77	5,00

2	dV-DOSC	0	#1 - 2	0	7,8	4,55	4,77
3	dV-DOSC	0	#2 - 3	6,5	1,3	4,32	4,55
4	dV-DOSC	0	#3 - 4	3	-1,7	4,09	4,32
5	dV-DOSC	-3	#4 - 5	7,5	-9,2	3,87	4,09
6	dV-DOSC	-3	#5 - 6	7,5	-16,7	3,65	3,87

dV-DOSC_L

(X ; Y ; Z) m = (-5,50 ; -1,00 ; 5,00)

Site : 7,8 °

Azimut : 14,4 °

Gain : 0 dB

Delay : 0,0 ms

FLOWN array

Bumper : dV-Bump2

Nb motors : 2

Rear motor position : 8

Total weight : 203,3 kg

Front motor load : 101,05 kg

Rear motor load : 102,25 kg

Max size of cluster (X ; Y ; Z) m = (0,70 ; 0,55 ; 1,43)

Top site : 7,8 °

Bottom site : -16,7 °

Bottom elevation : 3,65m

#	Type	Gain (dB)	Enclosure	Angles (°)			Site (°)	Bot. Z
(Front)	Top Z (Front)							
1	dV-DOSC	0	B - #1	3,75	7,8	4,77		5,00
2	dV-DOSC	0	#1 - 2	0	7,8	4,55		4,77
3	dV-DOSC	0	#2 - 3	6,5	1,3	4,32		4,55
4	dV-DOSC	0	#3 - 4	3	-1,7	4,09		4,32
5	dV-DOSC	-3	#4 - 5	7,5	-9,2	3,87		4,09
6	dV-DOSC	-3	#5 - 6	7,5	-16,7	3,65		3,87

dV-SUB_R

(X ; Y ; Z) m = (4,50 ; -1,00 ; 5,00)

Site : 7,8 °

Azimut : -12,0 °

Gain : 0 dB

Delay : 0,0 ms

FLOWN array

Bumper : dV-Bump2

Nb motors : 2

Rear motor position : 8

Total weight : 198,5 kg
Front motor load : 114,40 kg
Rear motor load : 84,10 kg

Max size of cluster (X ; Y ; Z) m = (0,70 ; 0,88 ; 1,58)

Top site : 7,8 °
Bottom site : 7,8 °
Bottom elevation : 3,60m

	#	Type	Gain (dB)	Enclosure		Angles (°)		Site (°)	Bot. Z
(Front)	Top Z (Front)								
	1	dV-SUB	0	B - #1	0	7,8	4,30		5,00
	2	dV-SUB	0	#1 - 2	0	7,8	3,60		4,30

dV-SUB_L

(X ; Y ; Z) m = (-4,50 ; -1,00 ; 5,00)
Site : 7,8 °
Azimut : 12,0 °
Gain : 0 dB
Delay : 0,0 ms

FLOWN array

Bumper : dV-Bump2
Nb motors : 2
Rear motor position : 8

Total weight : 198,5 kg
Front motor load : 114,40 kg
Rear motor load : 84,10 kg

Max size of cluster (X ; Y ; Z) m = (0,70 ; 0,88 ; 1,58)

Top site : 7,8 °
Bottom site : 7,8 °
Bottom elevation : 3,60m

	#	Type	Gain (dB)	Enclosure		Angles (°)		Site (°)	Bot. Z
(Front)	Top Z (Front)								
	1	dV-SUB	0	B - #1	0	7,8	4,30		5,00
	2	dV-SUB	0	#1 - 2	0	7,8	3,60		4,30

SB218_RR

(X ; Y ; Z) m = (4,70 ; 0,00 ; 0,00)
Site : 0,0 °

Azimut : 0,0 °
Gain : 0 dB
Delay : 0,0 ms

STACKED array

Total weight : 106,0 kg
Max size of cluster (X ; Y ; Z) m = (1,30 ; 0,7 ; 0,55)
Bottom elevation : 0,00m

	#	Type	Gain (dB)	Enclosure		Angles (°)	Site (°)	Bot. Z
(Front)	Top Z (Front)							
	1	SB218	0	B - #1	0	0,0 0,00		0,55

SB218_R

(X ; Y ; Z) m = (1,50 ; 0,00 ; 0,00)
Site : 0,0 °
Azimut : 0,0 °
Gain : 0 dB
Delay : 0,0 ms

STACKED array

Total weight : 106,0 kg
Max size of cluster (X ; Y ; Z) m = (1,30 ; 0,7 ; 0,55)
Bottom elevation : 0,00m

	#	Type	Gain (dB)	Enclosure		Angles (°)	Site (°)	Bot. Z
(Front)	Top Z (Front)							
	1	SB218	0	B - #1	0	0,0 0,00		0,55

SB218_LL

(X ; Y ; Z) m = (-4,70 ; 0,00 ; 0,00)
Site : 0,0 °
Azimut : 0,0 °
Gain : 0 dB
Delay : 0,0 ms

STACKED array

Total weight : 106,0 kg
Max size of cluster (X ; Y ; Z) m = (1,30 ; 0,7 ; 0,55)
Bottom elevation : 0,00m

	#	Type	Gain (dB)	Enclosure		Angles (°)	Site (°)	Bot. Z
(Front)	Top Z (Front)							
	1	SB218	0	B - #1	0	0,0 0,00		0,55

SB218_L

(X ; Y ; Z) m = (-1,50 ; 0,00 ; 0,00)

Site : 0,0 °

Azimut : 0,0 °

Gain : 0 dB

Delay : 0,0 ms

STACKED array

Total weight : 106,0 kg

Max size of cluster (X ; Y ; Z) m = (1,30 ; 0,7 ; 0,55)

Bottom elevation : 0,00m

(Front)	#	Type	Gain (dB)	Enclosure	Angles (°)	Site (°)	Bot. Z	
	1	SB218	0	B - #1	0	0,0	0,00	0,55

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Internet Sites	Τελευταία επίσκεψη
http://www.donbarbersound.com/media/libLineArrays.pdf	10/3/2011
http://en.wikipedia.org/wiki/L-ACOUSTICS	10/3/2011
http://eaw.com/Info/	10/3/2011
http://www.secozvuk.cz/download/navody/why_line_array_about_line_array.pdf	10/3/2011
http://www.prosoundweb.com/article/everything_you_wanted_to_know_about_line_arrays_and_thanks_for_asking/	10/3/2011
http://en.wikipedia.org/wiki/Line_array	10/3/2011
http://www.avlpro.gr/_Book/T45/document.pdf	10/3/2011
http://www.meyersound.com/products/mseries/m3d/line_array_theory.htm	10/3/2011
http://www.jblpro.com/catalog/support/getfile.aspx?docid=1009&doctype=3	20/3/2011
http://www.secozvuk.cz/download/navody/why_line_array_about_line_array.pdf	20/3/2011
http://www.soundonsound.com/sos/mar06/articles/live_linearrays.htm	20/3/2011
http://www.meyersound.com/support/papers/line_array_theory.htm	20/3/2011
http://www.avlpro.gr/_Book/T45/document.pdf	20/3/2011
http://issuu.com/fast-and-wide.com/docs/iconyxwhitepaper	20/3/2011
http://www.meyersound.com/pdf/support/papers/meyer_line_array.pdf	20/3/2011
http://meyersound.com/support/papers/line_array_theory.htm	20/3/2011
http://www.alfordmedia.com/linearray/AES_DirRadiation.pdf	20/3/2011
https://engineering.purdue.edu/ece495m/Homework/SomeRefs/Line_Array_Theory.pdf	20/3/2011
http://www.eaw.com/info/EAW/Technical_Papers/KF760whitepaper1.pdf	20/3/2011
http://www.meyersound.com/products/mseries/m3d/line_array_theory.htm	20/3/2011
http://www.martin-audio.com/softtech/AES117-000161.pdf	20/3/2011
http://www.meyersound.com/products/mseries/m3d/line_array_theory.htm	25/3/2011
http://www.meyersound.com/support/papers/curvilinear/index.htm	25/3/2011
http://www.meyersound.com/support/papers/array_research/index.htm	25/3/2011
http://en.wikipedia.org/wiki/Line_array	25/3/2011
http://www.dbaudio.com/fileadmin/docbase/TI323_E.PDF	25/3/2011
http://www.renkus-heinz.com/WhitePapers/LineArrays-WhitePaper.pdf	25/3/2011
http://www.qscaudio.com/support/education/designing_line_arrays/index.php?b=part1&p=2	25/3/2011
http://www.martin-audio.com/softtech/AES117-000161.pdf	25/3/2011
http://www.jblpro.com/catalog/support/getfile.aspx?docid=1009&doctype=3	25/3/2011
http://www.meyersound.com/support/papers/array_research/index.htm	25/3/2011
http://www.dbaudio.com/fileadmin/docbase/TI323_E.PDF	25/3/2011

Παναγοπούλου Κατερίνα, *Ηχητική Κάλυψη Συναυλιών*, ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ Παράρτημα Ρεθύμνου «Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής»

Jim Long, (May 2007), *Electrovoice: The PA Bible*, Addition no 21

Meyer Sound Seminar, *Sound Design and Implementation*, Athens, Greece,

December, 6-10 2010, Line Array Principals

Ureda S. Mark , *Line Arrays: Theory and Applications*, Presented at the 110th Convention of the Audio Engineering Society, Amsterdam, Netherlands, May 12–15, 2001

Ureda S. Mark, *Pressure Response of Line Sources*, Presented at the 113th Convention of the Audio Engineering Society, Los Angeles, CA. USA, October 5-8, 2002

Ureda S. Mark, *J and Spiral Line Arrays*, Presented at the 111th Convention, New York, NY, USA, September 21–24, 2001

JBL Professional (1999), *Sound System Design Reference Manual*

L' Acoustics (June 2005), *dV-DOSC, dV-SUB OPERATOR MANUAL*, Version 3.0,