



Διπλωματική Εργασία

Ακουστικός Σχεδιασμός Θεατρικών παραστάσεων σε ανοιχτά θέατρα (αρχαία και μοντέρνα) και η χρήση ασύρματων μικροφώνων

Χριστόφορος Τσιτουρίδης

AM 160407

- επαγγελματίας του ήχου -
- Συναυλιών - Ηχογραφήσεων - Θεάτρου –
- μουσικός παραγωγός -
- Θεολόγος -

e-mail : std160407@ac.eap.gr
info@tcsound.gr

Επιβλέπων : Δρ. Γιώργος Καλλίρης

Θεσσαλονίκη 2026

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	2
ABSTRACT	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
ΠΡΟΛΕΓΟΜΕΝΑ	10
1. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΑΡΧΑΙΩΝ ΘΕΑΤΡΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΤΟΥΣ	13
1.1. ΓΕΝΙΚΑ	13
1.2. ΑΝΑΠΤΥΞΗ	15
1.3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	16
1.3.1. <i>Θέατρα και Ωδεία</i>	17
1.4. ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΠΡΩΤΩΝ ΘΕΑΤΡΩΝ	18
1.4.1. <i>Η ακουστική των αρχαίων θεάτρων</i>	18
1.5. ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ	21
1.6. ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ	21
2. ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥΣ ΣΤΑ ΚΛΕΙΣΤΑ ΚΑΙ ΣΤΑ ΑΝΟΙΧΤΑ ΘΕΑΤΡΑ	23
2.1. Η ΕΞΕΛΙΞΗ	23
2.2. Το ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΧΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΣΤΟ ΘΕΑΤΡΟ	24
2.3. Η ΑΡΧΙΚΗ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΟ ΑΝΟΙΧΤΟ ΚΑΙ ΤΟ ΚΛΕΙΣΤΟ ΘΕΑΤΡΟ	25
2.4. Η ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ	28
3. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ, ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΙΣ ΘΕΑΤΡΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΠΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΗΘΗΚΑΝ ΣΤΑ ΑΝΟΙΧΤΑ ΘΕΑΤΡΑ	29
3.1. Η ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ	29
3.2. Η ΧΡΗΣΗ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ ΣΕ ΜΙΑ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ – ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΚΑΙ ΛΗΨΗΣ, - ΔΙΑΜΟΙΡΑΣΜΟΣ ΣΥΧΝΟΤΙΚΟΥ ΕΥΡΟΥΣ	33
3.3. Η ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΚΛΕΙΣΤΟ ΣΤΟ ΑΝΟΙΧΤΟ ΘΕΑΤΡΟ – 6 ΛΟΓΟΙ ΧΡΗΣΗΣ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ (ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ)	38
3.4. Η ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΣΤΗ ΧΡΗΣΗ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΣΕ ΗΘΟΠΟΙΟΥΣ	43
3.4.1. <i>Αγνοείται ο ομιλών</i>	43
3.4.2. <i>Στάθμες μίξης</i>	43
3.4.3. <i>Ζητήματα ασύρματης λήψης και φθοράς εξοπλισμού</i>	45
3.4.4. <i>Crosstalk</i>	46
3.4.5. <i>Feedback</i>	47
3.5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	47
4. Η ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΤΙΣ ΗΛΕΚΤΡΑΚΟΥΣΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΑ ΘΕΑΤΡΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ	49
4.1. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ	49
4.2. Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΟ ΑΝΟΙΧΤΟ ΘΕΑΤΡΟ	51
4.2.1. <i>Η ηλεκτρακουστική μετάβαση από το κλειστό στο ανοιχτό θέατρο</i>	51
4.3. LOCALIZATION	53
4.3.1. <i>Ηχοεντοπισμός μεταξύ δύο πηγών ήχου σε ανοιχτό πεδίο</i>	57
4.3.2. <i>Εντοπισμός του ήχου στο ανοιχτό θέατρο</i>	58
4.3.3. <i>Προτάσεις τοποθέτησης ηλεκτρακουστικής εγκατάστασης που αντιμετωπίζουν το πρόβλημα των καθυστερήσεων</i>	60
4.4. ΠΡΟΤΑΣΗ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΗΘΟΠΟΙΟΥ	67

4.5.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	69
5.	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΕΩΝ ΗΛΕΚΤΡΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΟ ΘΕΑΤΡΟ ΔΑΣΟΥΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΠΑΡΑΘΕΣΗ ΤΟΥΣ ΜΕ ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΑΠΟ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΑΣΕ FOCUS³.....	71
5.1.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΗΛΕΚΤΡΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	71
5.2.	Η ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΗΧΟΥ	75
5.3.	ΟΙ ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΤΩΝ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΕΩΝ ΣΕ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ	85
5.3.1.	Σύγκριση των καθυστερήσεων στα 15 σημεία ακρόασης στο θέατρο.....	90
5.4.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	100
6.	ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ ΚΑΛΥΨΕΩΝ ΣΕ 4 ΑΡΧΑΙΑ ΘΕΑΤΡΑ ΚΙ ΕΝΑ ΥΒΡΙΔΙΚΟ. ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ - ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΠΑΡΑΒΟΛΗ ΤΟΥΣ.	101
6.1.	ΗΛΕΚΤΡΑΚΟΥΣΤΙΚΕΣ ΚΑΛΥΨΕΙΣ ΘΕΑΤΡΩΝ ΠΕΡΙΟΔΕΙΑΣ	101
6.1.1	Ηλεκτρακουστική κάλυψη κεντρικού συστήματος στους Φιλίππους.....	101
6.1.2.	Ηλεκτρακουστική κάλυψη κεντρικού συστήματος στο αρχαίο Κούριο.....	104
6.1.3.	Ηλεκτρακουστική κάλυψη κεντρικού συστήματος στη Δωδώνη.....	107
6.1.3.1.	Το ακουστικό φαινόμενο της θυμέλης στα ημικυκλικά αμφιθέατρα	109
6.1.4.	Ηλεκτρακουστική κάλυψη κεντρικού συστήματος στο Δίον (Υβριδικό).....	110
6.1.5.	Ηλεκτρακουστική κάλυψη κεντρικού και συμπληρωματικών συστημάτων στην Επίδαυρο.....	112
6.2.	ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ PA KV ² AUDIO (ΘΕΑΤΡΟ ΔΑΣΟΥΣ) ΚΑΙ SLS L8800 (ΘΕΑΤΡΟ ΕΠΙΔΑΥΡΟΥ) – ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ.....	114
6.2.1.	Τρισδιάστατη απεικόνιση καταρράκτη (waterfall).....	114
6.2.2.	Σχόλια:	115
6.2.3.	Συχνотική απόκριση και φάση	116
6.2.4.	Σχόλια:	117
6.2.5.	Τρισδιάστατη απεικόνιση spectrogram.....	118
6.2.6.	Σχόλια.....	119
6.2.7.	Διαδικασία εξομάλυνσης/ισοστάθμισης SLS.....	120
6.2.8.	Συμπεράσματα.....	122
6.3.	ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΛΥΨΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ / ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΣΤΑ ΘΕΑΤΡΑ ΔΑΣΟΥΣ, ΔΙΟΥ ΚΑΙ ΔΩΔΩΝΗΣ	123
6.3.1.	Θέατρο Δάσους	123
6.3.2.	Θέατρο Δίου.....	131
6.3.3.	Θέατρο Δωδώνης.....	136
6.4.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	140
7.	ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΜΕ ΘΕΜΑ ΤΟΝ ΘΕΑΤΡΙΚΟ ΑΚΟΥΣΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ, ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ ΣΤΙΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΟΝ ΑΚΟΥΣΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΤΗ.	142
7.1.	ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ – ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΕΣ :	142
7.2.	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	143
	Δύο προτάσεις ΝΑΙ ή ΌΧΙ.....	161
7.3.	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ, CHATGPT AI, ΓΙΑ ΤΙΣ ΔΥΟ ΤΕΛΕΥΤΑΙΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ/ΟΡΙΣΜΟΥΣ	163
7.4.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	166
8.	ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	168
9.	ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	170
10.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ.....	171

Abstract

The presentation of theatrical performances in open-air venues, and especially in ancient theatres, constitutes a complex technical and artistic challenge. These spaces were originally designed for the natural acoustics of the human voice and music, without the use of electronic amplification systems. In modern theatrical practice, however, the use of electroacoustic systems is now considered almost inevitable — mainly due to the increased scale of productions, the deployment of multiple wireless microphones, and the contemporary aesthetic demands of stage performance.

Acoustic design in such venues is not merely a technical process of voice amplification, but a multifaceted field that integrates acoustics, sound technology, and artistic sound direction. The placement of loudspeakers, the management of delays, audience coverage, as well as the interaction between natural and reinforced sound, are critical factors for the successful realization of a theatrical performance. At the same time, the use of multiple microphones and complex sound systems introduces new issues, such as the spatial imaging of the actor's voice, the avoidance of acoustic interference, and the preservation of the perceived location of the stage action.

This thesis initially examines and clarifies the terminology related to acoustic design in the introductory section. Chapter 1 provides a brief overview of the development of the ancient theatre and the evolution of acoustics alongside the evolution of theatre architecture.

Chapter 2 presents a concise historical review of the development and evolution of electroacoustics and its applications, as well as the challenges arising from the nature of sound itself. A corresponding discussion is provided in Chapter 3, which focuses on wireless microphones. In addition to their development and early use, this chapter addresses several technical issues related to the simultaneous operation of multiple

transmitters and receivers, as well as the initial challenges encountered in their application in indoor theatres and the subsequent transition of their use to open-air theatres, both ancient and modern.

Chapter 4 examines the concept of sound delay in relation to the electroacoustic installation of a venue, with particular emphasis on open-air theatres and the various challenges introduced by sound reinforcement systems. At the same time, the issue of sound localization is explored, as it arises from the simultaneous use of wireless microphones by multiple actors on stage and the concurrent reproduction of their voices through multiple loudspeaker sources.

Chapters 5 and 6 constitute the main research component of this thesis. Chapter 5 focuses on sound delays as they occur within the electroacoustic installation of the Dasos Theatre. A method for measuring sound delays is presented, along with a prediction method based on software modelling and system design. Chapter 6 presents electroacoustic coverage analyses derived from sound system installations in five additional theatres. Differences among sound systems are also examined through software-based measurements that highlight their distinguishing characteristics, as well as the procedures used for their optimization and balancing.

Field measurements of sound pressure level and coverage conducted in three other theatres, together with comparisons between these measurements and software simulations for each venue, occupy a substantial portion of this chapter. These analyses provide a detailed assessment of the consistency and accuracy of both methodologies.

Finally, Chapter 7 presents a qualitative study involving seven established theatre professionals, including sound engineers, musicians, and directors. The research investigates the necessity of acoustic design in theatrical productions, the role of the

professional acoustic designer, the use of wireless microphones, and various related issues concerning contemporary theatre sound practice.

The aim of the work is twofold: on the one hand, to highlight the fundamental technical and artistic parameters of electroacoustic design in open-air theatres, and on the other, to contribute to the systematic documentation of empirical data and practical applications that are often insufficiently recorded in the international literature. Through the synthesis of theory, measurements, and empirical practice, the study attempts to present a comprehensive framework for understanding the challenges and possibilities of electroacoustic reinforcement in the modern theatrical environment. Furthermore, it seeks to identify problems that have emerged, along with proposed solutions, and to serve as a foundation for further research and study in areas that remain under development.

Εισαγωγή

Η παρουσίαση θεατρικών παραστάσεων σε ανοιχτά και ιδιαίτερα σε αρχαία θέατρα αποτελεί μια σύνθετη τεχνική και καλλιτεχνική πρόκληση. Οι χώροι αυτοί σχεδιάστηκαν αρχικά για τη φυσική ακουστική της ανθρώπινης φωνής και της μουσικής, χωρίς την ύπαρξη ηλεκτρονικών μέσων ενίσχυσης. Στη σύγχρονη θεατρική πρακτική, όμως, η χρήση ηλεκτρακουστικών συστημάτων θεωρείται σχεδόν αναπόφευκτη, κυρίως λόγω της αυξημένης κλίμακας των παραστάσεων, της χρήσης πολλαπλών ασύρματων μικροφώνων και των σύγχρονων αισθητικών απαιτήσεων της σκηνικής πράξης.

Ο ακουστικός σχεδιασμός σε τέτοιους χώρους δεν αποτελεί απλώς μια τεχνική διαδικασία ενίσχυσης της φωνής, αλλά ένα σύνθετο πεδίο που συνδυάζει την ακουστική, την τεχνολογία ήχου και την καλλιτεχνική ηχητική σκηνοθεσία. Η τοποθέτηση των ηχείων, η διαχείριση των καθυστερήσεων του ήχου που δημιουργείται από τα πολλά ηχεία, η ακουστική κάλυψη του κοινού, καθώς και η αλληλεπίδραση μεταξύ φυσικού και ενισχυμένου ήχου, αποτελούν κρίσιμους παράγοντες για την επιτυχή αναπαραγωγή μιας θεατρικής παράστασης. Παράλληλα, η χρήση πολλαπλών μικροφώνων και σύνθετων ηχητικών συστημάτων εισάγει νέα ζητήματα, όπως η χωρική απεικόνιση της φωνής του ηθοποιού, η διατήρηση της αντιληπτής θέσης της σκηνικής δράσης, η αποφυγή ακουστικών παρεμβολών κ.α.

Η παρούσα εργασία, εξετάζει αρχικά την διασαφήνιση των όρων που αφορούν τον ακουστικό σχεδιασμό στα προλεγόμενα. Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται συνοπτικά στην ανάπτυξη του αρχαίου θεάτρου και την εξέλιξη της ακουστικής μαζί με την εξέλιξη των θεάτρων.

Στο κεφάλαιο δύο, παρουσιάζεται μια σύντομη ιστορική αναφορά στην ανάπτυξη και εξέλιξη της ηλεκτρακουστικής και των εφαρμογών της, καθώς και των προκλήσεων

που προέκυψαν από την φύση του ήχου. Ένα αντίστοιχο κεφάλαιο είναι το 3^ο, που αφορά τα ασύρματα μικρόφωνα. Εδώ, εκτός από την ανάπτυξη και την αρχική τους χρήση, παρουσιάζονται και αρκετά τεχνικά ζητήματα για την ταυτόχρονη χρήση πολλαπλών πομποδεκτών, καθώς και οι πρώτες προκλήσεις από την χρήση τους στα κλειστά θέατρα και της μετάβασης χρήσης τους στα ανοιχτά θέατρα, αρχαία και μοντέρνα.

Στη συνέχεια στο κεφάλαιο 4, αναπτύσσεται η έννοια της καθυστέρησης του ήχου σε σχέση με την ακουστική εγκατάσταση ενός χώρου και συγκεκριμένα των ανοιχτών θεάτρων με όλα τα προβλήματα που δημιουργούνται με την χρήση μιας ηλεκτρακουστικής εγκατάστασης. Ταυτόχρονα αναπτύσσεται το θέμα του ηχοεντοπισμού (Localization), όπως προκύπτει από την ταυτόχρονη χρήση ασύρματων μικροφώνων σε πολλούς ηθοποιούς επί σκηνής και την ταυτόχρονη αναπαραγωγή των φωνών τους από πολλαπλές ηχητικές πηγές.

Τα κεφάλαια 5 και 6 είναι το κύριο ερευνητικό μέρος της εργασίας όπου στο 5^ο, ασχολούμαστε με το θέμα των καθυστερήσεων του ήχου, όπως αυτό προκύπτει μέσα από την ηλεκτρακουστική εγκατάσταση στο θέατρο Δάσους και παρουσιάζουμε μια μέθοδο μέτρησης των καθυστερήσεων και μια μέθοδο πρόβλεψής τους, από σχεδιασμό σε λογισμικό, ενώ στο 6^ο κεφάλαιο, παρουσιάζουμε ηλεκτρακουστικές καλύψεις μέσα από τις εγκαταστάσεις ήχου σε 5 ακόμα θέατρα. Επίσης, μας απασχολεί η διαφορά ηχητικών συστημάτων και παρουσιάζουμε τις μετρήσεις σε λογισμικό που τα διαφοροποιούν, καθώς και τη διαδικασία εξισορρόπησης τους. Οι επιτόπιες μετρήσεις στάθμης και κάλυψης σε άλλα 3 θέατρα καθώς και οι συγκρίσεις τους με τις προσομοιώσεις του κάθε θεάτρου, σε λογισμικό, καταλαμβάνουν με αρκετή λεπτομέρεια μεγάλο μέρος της ενότητας αυτής αποτυπώνοντας την συνέπεια και τα αποτελέσματα των δυο μεθόδων.

Τέλος, στο κεφάλαιο 7, παρουσιάζουμε μια ποιοτική έρευνα σε 7 επώνυμους επαγγελματίες του θεάτρου (τεχνικούς ήχου, μουσικούς και σκηνοθέτες) σχετικά με

το θέμα της ανάγκης του ακουστικού σχεδιασμού στις θεατρικές παραστάσεις, τον ρόλο του επαγγελματία ακουστικού σχεδιαστή, την χρήση των ασύρματων μικροφώνων και διάφορα άλλα ζητήματα.

Στόχος της εργασίας είναι αφενός να αναδείξει τις βασικές τεχνικές και καλλιτεχνικές παραμέτρους του ηλεκτρακουστικού σχεδιασμού σε ανοιχτά θέατρα και αφετέρου να συμβάλει στη συστηματική καταγραφή εμπειρικών δεδομένων και πρακτικών εφαρμογών που συχνά δεν τεκμηριώνονται επαρκώς στη διεθνή βιβλιογραφία. Μέσα από τη σύνθεση θεωρίας, μετρήσεων και εμπειρικής πρακτικής επιχειρείται να παρουσιαστεί ένα συνολικό πλαίσιο κατανόησης των προκλήσεων και των δυνατοτήτων της ηλεκτρακουστικής ενίσχυσης στο σύγχρονο θεατρικό περιβάλλον. Επιπλέον, σκοπός είναι να αναδειχθούν τα προβλήματα που έχουν προκύψει, καθώς και οι προτεινόμενες λύσεις για αυτά και να αποτελέσει η εργασία βάση για περαιτέρω έρευνα και μελέτη σε τομείς που τελούν υπό ανάπτυξη.

Προλεγόμενα

Συχνά υπάρχει σύγχυση ανάμεσα στους όρους που έχουν να κάνουν με τον σχεδιασμό του ήχου, καθώς και τις μεταφράσεις των όρων από την αγγλική γλώσσα στα ελληνικά. Οι λέξεις acoustic, sound, audio, και electroacoustic design, έχουν έναν παραπάνω όρο από τις αντίστοιχες ελληνικές, ακουστικός, ηχητικός και ηλεκτρακουστικός, σχεδιασμός. Ας προσπαθήσουμε να ξεκαθαρίσουμε τους παραπάνω όρους, όπως είναι κοινώς αντιληπτοί, από τον επαγγελματικό και επιστημονικό χώρο.

- **Ακουστικός σχεδιασμός / Acoustic design** ή *Architectural or Room Acoustics Design*

Αναφέρεται στη σχεδίαση του φυσικού ήχου σε έναν χώρο, δηλαδή στη διάδοση, αντήχηση και απορρόφηση του ήχου. Έχει εφαρμογές σε σχεδιασμό αιθουσών συναυλιών, θεάτρων, στούντιο ηχογράφησης, επιλογή υλικών, γεωμετρίας και διαστάσεων για βέλτιστη ακουστική χώρων, έλεγχο αντήχησης, καθαρότητας λόγου, διασποράς ήχου, κ.α. Ο όρος, όμως, «ακουστικός σχεδιασμός», αποτελεί και έναν όρο «ομπρέλα» που - όταν δεν αναφέρεται συγκεκριμένα στο room acoustics - περιλαμβάνει και όλα τα παρακάτω, όπως για παράδειγμα στο συγκεκριμένο πρόγραμμα σπουδών ΑΣΠ του ΕΑΠ. Υπό αυτή την ευρύτερη και συμπεριληπτική έννοια, επιλέχθηκε και η χρήση του στον τίτλο αυτής τη εργασίας.

- **Ηχητικός Σχεδιασμός / Sound Design**

Είναι η καλλιτεχνική και τεχνική δημιουργία ήχου για μια θεατρική, κινηματογραφική, τηλεοπτική, ραδιοφωνική ή διαδραστική παραγωγή. Εστιάζει στην αισθητική πλευρά του ήχου, όχι στην ακουστική του χώρου. Βρίσκει εφαρμογή στην δημιουργία ήχων (sound effects, ambient soundscapes), στην επεξεργασία, ηχογράφηση και επιλογή ήχου σε έργα τέχνης, δημιουργεί ή βρίσκει

ήχους για θέατρο, κινηματογράφο, videogames, εγκαταστάσεις κ.α. Για παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε ότι, ο ηχητικός σχεδιαστής σε μια παράσταση δημιουργεί ή βρίσκει ήχους ανέμου, πόρτας ή φωνητικών εφέ για να υποστηρίξει τη σκηνική δράση.

- **Ηλεκτρακουστικός Σχεδιασμός / Electroacoustic Design** ή *Electroacoustic System Design*

Αναφέρεται στη σχέση ήχου και ηλεκτρονικής τεχνολογίας. Περιλαμβάνει τη μελέτη, χρήση και διάταξη ηλεκτρακουστικών συστημάτων, όπως μικρόφωνα, ηχεία, κονσόλες, ενισχυτές, DSPs και δίκτυα διανομής ήχου. Έχει εφαρμογές σε συστήματα ενίσχυσης ήχου σε θέατρα, στάδια, μουσεία, πολυκάναλες εγκαταστάσεις (ambisonics, 3D audio, Dolby Atmos κ.α.), στον σχεδιασμό και ρύθμιση P.A. (Public Address) συστημάτων, όπως και σε κάποια καλλιτεχνική ηλεκτρακουστική σύνθεση.

- **Audio Design** (δεν αποδίδεται στα ελληνικά με κάποιον ξεχωριστό όρο, ίσως απλά θα μπορούσε να αποδοθεί ως : Σχεδιασμός Ήχου)

Αυτός ο όρος χρησιμοποιείται πιο τεχνικά και καλύπτει το σύνολο του ηχητικού συστήματος, από τη λήψη έως την αναπαραγωγή. Δηλαδή με την αρχιτεκτονική ή την δομή των συνδέσεων σε εγκαταστάσεις ήχου, δρομολόγηση σήματος, μετατροπείς σήματος, λογισμικά ηχογράφησης και ενορχήστρωσης (DAWs). Έχει να κάνει επίσης με σχεδιασμό συστημάτων (Sound System design) για ζωντανό ήχο (live), τηλεοπτικές μεταδόσεις (broadcast) ή studio. Συνδυάζει τεχνικές ηλεκτρακουστικής και ακουστικής. Μπορεί να αποδίδεται και με πιο συγκεκριμένους όρους, όπως *Audio System Design* ή *Audio Engineering*.

Όλα τα παραπάνω πεδία είναι πολύ συχνά αλληλεπικαλυπτόμενα και συγγεόμενα. Ακόμα και επαγγελματίες του ήχου, σκηνοθέτες, μουσικοί τα συγχέουν και δεν έχουν σαφή διαχωρισμό, των ούτως ή άλλως ασαφών ορίων τους.

Σε αυτή την εργασία αναφερόμαστε ουσιαστικά στον ηλεκτρακουστικό σχεδιασμό σε παραστάσεις ανοιχτών θεάτρων, καθώς ο καθ' εαυτού όρος «ακουστικός σχεδιασμός» των ίδιων των θεάτρων, έχει ολοκληρωθεί κατά την κατασκευή τους. Βλέπουμε δηλαδή τον τρόπο με τον οποίο τεχνικά, μπορεί να επιτευχθεί η ακουστική κάλυψη μιας παράστασης από τον ήχο των ηχείων με τον βέλτιστο τρόπο.

Αναφερόμαστε ακόμα στον ηχητικό σχεδιασμό μιας παράστασης (που πολλές φορές μπορεί να είναι ταυτόσημος με τον όρο «ακουστικός σχεδιασμός **παράστασης**», διαχωρίζοντας τον από τον όρο «ακουστικός σχεδιασμός») ως καλλιτεχνικό μέρος της. Αυτό περιλαμβάνει διαδικασίες που αφορούν την χρήση του ηχητικού εξοπλισμού και τις δυνατότητες που προσφέρει, όπως π.χ. τα ηχητικά εφέ, καθώς και τις ρυθμίσεις της χροιάς και την ρύθμιση της στάθμης όλων των καναλιών ήχου που φτάνουν στην κονσόλα χειρισμού, στη διάρκεια της παράστασης.

1. Ανάπτυξη και εξέλιξη των αρχαίων θεάτρων και της ακουστικής τους.

1.1. Γενικά

Πολλά έχουν γραφτεί και υπάρχει πλήθος πληροφοριών στο διαδίκτυο για τα αρχαία θέατρα, καθώς αποτελούν μέρος της κοινής παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς. Ενδεικτικά, αναφέρουμε ορισμένες πληροφορίες αποσπασματικά με σκοπό να δώσουμε μια γενική εικόνα σε σχέση με το ιστορικό υπόβαθρο και την εξέλιξη τους.

Το αρχαίο κλασικό θέατρο (Ελληνικό και στην εξέλιξη του, Ελληνιστικό και Ρωμαϊκό), ως χώρος καλλιτεχνικής δημιουργίας, κοινής γνώσης, απόλαυσης και συγκίνησης, αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους κοινωνικο-πολιτισμικούς και δημιουργικούς χώρους ψυχαγωγικής εκπαίδευσης στην ανθρώπινη ιστορία.



Εικ. 1.1. Χάρτης απεικόνισης όλων των αρχαίων θεάτρων ανά τον κόσμο (Νίκος Χουρμουζιάδης, 1999)

Πολλές από αυτές τις εντυπωσιακές κατασκευές της κλασικής αρχαιότητας εξακολουθούν να επιτελούν τη λειτουργία για την οποία σχεδιάστηκαν αρχικά και

χρησιμοποιούνται ακόμη για σύγχρονες παραστάσεις και εκδηλώσεις. Επιπλέον, λειτούργησαν και ως μαζικά πολυλειτουργικά οικοδομήματα για κοινωνικές, θρησκευτικές, προπαγανδιστικές και πολιτικές συναθροίσεις. Παράλληλα, αποδεικνύουν την ύπαρξη μιας κοινής πολιτιστικής κληρονομιάς, ικανής να προάγει την αμοιβαία κατανόηση και τον διάλογο μεταξύ των πολιτισμών (Haddad, 2023).

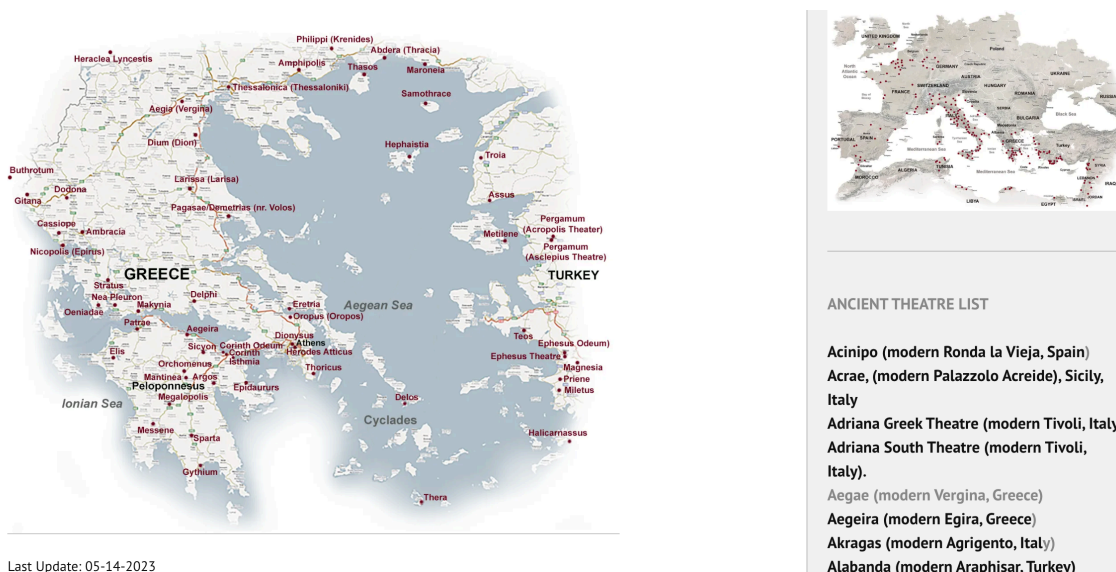
Αυτή τη στιγμή υπάρχουν άνω των 700 θεάτρων αρχαίου τύπου σε ολόκληρο τον κόσμο που είναι συγκεντρωμένα κυρίως, γύρω από την Μεσόγειο θάλασσα. Στον χάρτη της εικόνας 1.1, παρουσιάζονται τα περισσότερα από αυτά.

Από όλα αυτά τα αρχαία θέατρα, άλλα είναι ερειπωμένα ή παρατημένα ανάμεσα σε κτίρια σε παλιές πόλεις (εικ. 1.2) και χρησιμεύουν ή χρησίμευαν, σαν υλικά οικοδομών για άλλες δημόσιες ή ιδιωτικές κατασκευές, άλλα έχουν αναστηλωθεί και αποκατασταθεί πλήρως ή βρίσκονται σε διαδικασία αποκατάστασης, ενώ άλλα δεν έχουν αναστηλωθεί λόγω της μεγάλης απώλειας υλικών και καταστροφής τους, ή λόγω έλλειψης χρηματοδότησης.



Εικ. 1.2. Παλιά πόλη στη Νότια Ιταλία, όπου τα αρχαία ελληνιστικά θέατρα και ωδεία χρησίμευαν ως υλικά οικοδομών μέχρι πρόσφατα

Μια λίστα με όλα τα αρχαία θέατρα από όλη την Ευρωπαϊκή ήπειρο και πολλές πληροφορίες σχετικά με αυτά, υπάρχει στην σελίδα ancient theatre archive¹. Στο ελληνικό site diazoma.gr², υπάρχει πληρέστερη λίστα σχετικά με τα ελληνικά αρχαία θέατρα και υπάρχουν καταγεγραμμένα όλα, που αριθμούν, τα 90 ανοιχτά θέατρα και 10 ωδεία.



Εικ. 1.3. Χάρτης απεικόνισης όλων των αρχαίων θεάτρων ανά τον κόσμο από το ancient theatre archive

1.2. Ανάπτυξη

Τα αρχαία θέατρα αναπτύχθηκαν στον ελληνικό χώρο από τις αρχές του 6ου αι. π.Χ. Δύο παραδείγματα (εικ. 1.4) είναι το Θέατρο Θορικού³ Αττική που είναι ένα από τα αρχαιότερα σωζόμενα (χρονολογείται στον 6ο αι. π.Χ.), με ελλειπτικό σχήμα και λίθινα καθίσματα και το Θέατρο του Διονύσου⁴ στην Αθήνα, αρχικά ξύλινο, αργότερα μαρμάρινο, του 4ου αι. π.Χ. όπου παρουσιάστηκαν τα έργα του Αισχύλου, του Σοφοκλή και του Ευριπίδη. Το τελευταίο θεωρείται και το 1^ο θέατρο του κόσμου. Οι

¹ <https://ancienttheatrearchive.com/search-on-map/?frame-nonce=50d9219ca5>

² <https://diazoma.gr/theaters/?type=list>

³ <https://diazoma.gr/theaters/αρχαίο-θέατρο-θορικού/>

⁴ <https://elculture.gr/theatro-tou-dionysou-mia-mera-ston-simantikotero-gnosto-ypethrio-theatriko-choro-stin-archea-athina/>

κατασκευές των αρχαίων θεάτρων κορυφώθηκαν με τα μνημειακά θέατρα των χιλιάδων θεατών, όπως της Επιδαύρου, της Δωδώνης ή της αρχαίας Εφέσου.



Εικ. 1.4. Αριστερά το θέατρο Θορικού και δεξιά το θέατρο του Διονύσου κάτω από τον Παρθενώνα στην Ακρόπολη

1.3. Λειτουργία

Στο ξεκίνημά του, το θέατρο λειτουργούσε μόνο 2 φορές το χρόνο στο πλαίσιο δύο Διονυσιακών εορτών, πού ήταν τα Ληναία, στα τέλη του Δεκέμβρη με αρχές Ιανουαρίου και τα Μεγάλα Διονυσία, κάθε τέλη Μαρτίου με αρχές Απριλίου, με τριήμερες και πενθήμερες παραστάσεις. Σε αυτές λάμβαναν μέρος πάνω από 1000 εθελοντές σε όλες τις εόρτιες εκδηλώσεις, ενώ οι ηθοποιοί (υποκριτές) ήταν οι μόνοι επαγγελματίες που αμείβονταν από το κράτος. (Νίκος Χουρμουζιάδης, 1999)

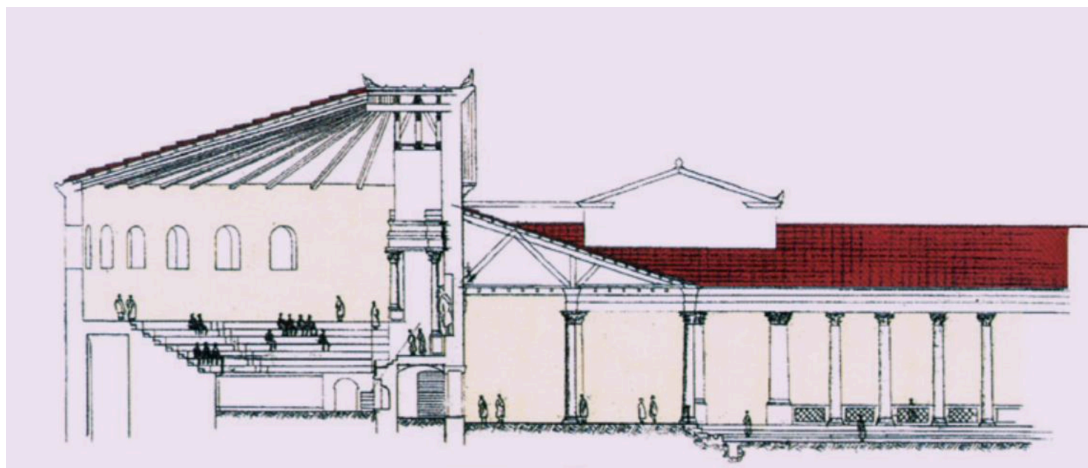
Το δράμα παρουσιάζόταν μόνο από άντρες-πολίτες με μάσκες, ορχήστρα και μουσική (αυλός, λύρα, κιθάρα, κρουστά). Η έννοια επεκτάθηκε στον ρωμαϊκό κόσμο, παραμένοντας ενεργή και ως μέσο δημόσιας ψυχαγωγίας (britannica, Wikipedia). Η πρώτη μορφή θεάτρου ήταν ουσιαστικά τελετουργική: περιλάμβανε χορούς, τραγούδια και αφηγήσεις από χορωδίες, και σταδιακά εξελίχθηκε σε δραματική τέχνη.

1.3.1. Θέατρα και Ωδεία

Διαφορετικά από τα ανοιχτά θέατρα κυρίως σε μέγεθος είναι τα – άλλοτε - κλειστά Ωδεία. Αυτό οφείλεται κυρίως στη στεγασμένη κατασκευή τους που περιόριζε το μέγεθος τους σε σχέση με τα ανοιχτά θέατρα.



Εικ. 1.5. Ωδείο αρχαίας αγοράς στη Θεσσαλονίκη



Εικ. 1.6. Αναπαράσταση ωδείο αρχαίας αγοράς Θεσσαλονίκης στην αρχική του μορφή⁵⁶

⁵ <https://ancienttheater.culture.gr/el/akolouthise-me-sta-arxaia-theatra-k-wdeia-tis-elladas>

⁶ <https://www.calameo.com/read/0044700831373785fed08?authid=zFEftvtvIPWη>

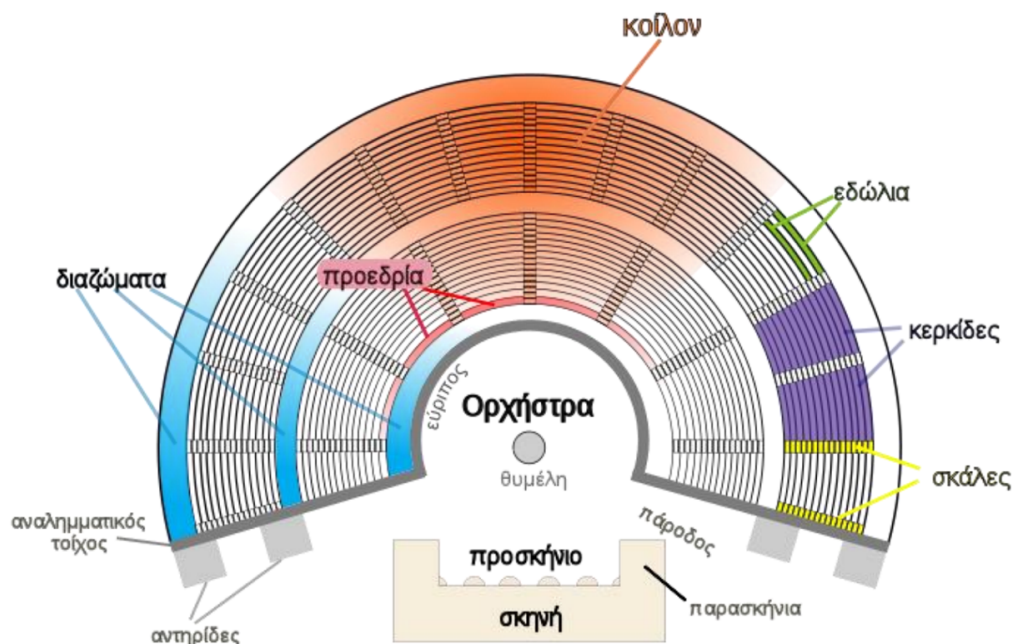
Πρόκειται για ψηλότερες συνήθως, κλειστές κατασκευές με οροφή, μεγαλύτερες κλίσεις, ώστε να δίνεται αρχιτεκτονικά η λύση για μεγαλύτερη χωρητικότητα σε μικρότερη επιφάνεια. Τα ωδεία χρησιμοποιούνταν όχι μόνο ως χώροι διασκέδασης για μουσικές και θεατρικές εκδηλώσεις (και πρόβες), αλλά και ομιλίες και συζητήσεις ρητόρων, δημόσιες συζητήσεις και λήψεις αποφάσεων σε θέματα που αφορούσαν την πόλη και πιθανότατα πολλές φορές χρησιμοποιούνταν και ως βουλευτήρια για όσα από αυτά μαρτυρούν οι θέσεις τους κοντά στην αγορά (diazoma.gr). Σε κανένα από τα ωδεία δεν έχει σωθεί η οροφή τους, καθώς ήταν ξύλινη και δεν άντεξε στη φθορά του χρόνου, αλλά υπάρχουν εικόνες προσομοίωσης που μπορούμε να δούμε πως μπορεί να ήταν η αρχική τους μορφή (εικ.1.6).

1.4. Δομή των πρώτων θεάτρων

Η δομή των αρχαίων θεάτρων αποτελούνταν κυρίως από, το **Κοίλον**, το μέρος όπου κάθονταν οι θεατές, σε αναβαθμούς πάνω στην πλαγιά, και χωριζόταν από ένα ή δυο διαζώματα (διαδρόμους) , την **Ορχήστρα**, που ήταν ο κυκλικός χώρος στο κέντρο, όπου στεκόταν ο χορός, με κεντρικό σημείο τη **θυμέλη** (που έχει και ιδιαίτερο ακουστικό ενδιαφέρον, όπως θα δούμε και στη συνέχεια), την **Σκηνή**, μια ξύλινη κατασκευή πίσω από την ορχήστρα, μερικές φορές με ύψος μέχρι και 2 ορόφων, αργότερα μαρμάρινη, όπου έπαιζαν οι ηθοποιοί και, τις **Παρόδους**, τις εισόδους δηλαδή του κοινού, των ηθοποιών και του χορού κατά τη διάρκεια της παράστασης. Λεπτομέρειες για τα υπόλοιπα μέρη, όπως εμφανίζονται στην εικόνα 1.7.

1.4.1. Η ακουστική των αρχαίων θεάτρων

Η ακρόαση του λόγου στα αρχαία θέατρα δεν αφηνόταν στην τύχη. Ο ακουστικός σχεδιασμός ήταν κεντρικής σημασίας στον αρχαίο κόσμο και δεν είναι τυχαίο, πως οι κανόνες που θεσπίστηκαν τότε, εφαρμόζονται έως και σήμερα. Ο Marcus Vitruvius

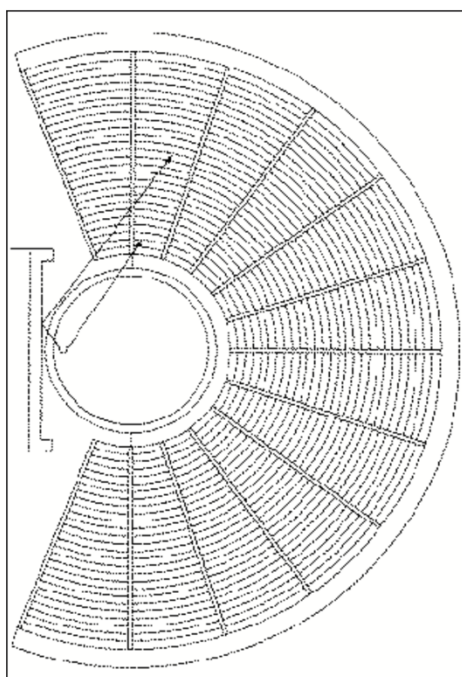


ΑΡΧΑΙΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΘΕΑΤΡΟ

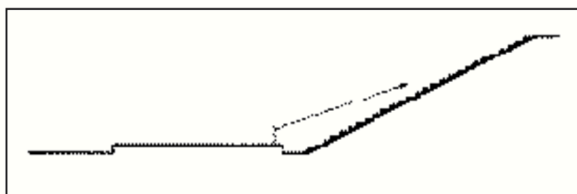
Εικ. 1.7. Μέρη του αρχαίου θεάτρου, (Χατζησωκράτη, 2011)

Pollio ήταν Ρωμαίος αρχιτέκτονας, μηχανικός και συγγραφέας. Το έργο του, *De Architectura* (Περί Αρχιτεκτονικής), αποτελείται από δέκα βιβλία και είναι η αρχαιότερη σωζόμενη πραγματεία για την αρχιτεκτονική και τη μηχανική. Ο Βιτρούβιος αφιερώνει ένα σημαντικό τμήμα του Πέμπτου Βιβλίου (*De Architectura, Liber V*) στην ακουστική των θεάτρων. Είναι η πρώτη γνωστή τεκμηριωμένη αναφορά σε έννοιες που σήμερα θεωρούνται θεμέλια της ακουστικής επιστήμης. Σε αυτήν δίνει οδηγίες για την γεωμετρία και την διάταξη των θεάτρων, αναφέρει ιδέες σχετικά με την διάδοση του ήχου, προτείνει κατασκευές όπως οι ακουστικοί συντονιστές, υλικά για επιφάνειες, ακόμα και για την θέση και στάση των ηθοποιών. Ο Βιτρούβιος αναγνωρίζει ως λειτουργικό στοιχείο της ηχητικής σχεδίασης του θεάτρου, την μάσκα των ηθοποιών που ήδη από τον 6^ο π.Χ. αιώνα λειτουργούσε (μεταξύ άλλων) και σαν ενισχυτής της φωνής, με αποτέλεσμα μια ενίσχυση μεταξύ των 2kHz με 4kHz, γύρω στα 3dB με 6dB (Izenour, 1977). Τα θέατρα, με τους κανόνες

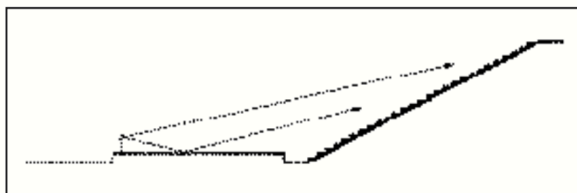
που περιγράφει ο Βιτρούβιος, είναι σχεδιασμένα για βέλτιστη κατανόηση του λόγου από τους ακροατές. Αυτό στην ουσία σημαίνει βέλτιστο ακουστικό σχεδιασμό. Η σκηνή (εικ. 1.7) χρησιμοποιούνταν, εκτός από τους θεατρικούς λόγους και για χρήση σαν ανακλαστήρας, ιδίως όταν οι ηθοποιοί στρέφονταν προς αυτή (εικ.1.8).



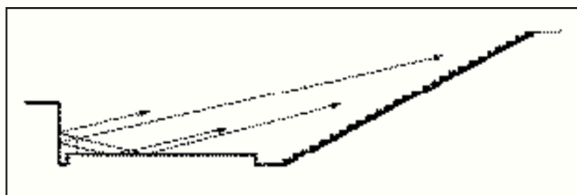
Οι ανακλάσεις της ορχήστρας και της σκηνής καλύπτουν όλο το θέατρο.



Ο ηθοποιός μπροστά, χωρίς ανάκλαση.



Ο ηθοποιός πίσω, με την ανάκλαση της ορχήστρας.



Ο ηθοποιός πίσω, με την ανάκλαση της ορχήστρας, της σκηνής και τη διπλή ανάκλαση ορχήστρας-σκηνής. (Τα σχέδια της σελίδας είναι του καθηγητή Ε. Τζεκάκη).

Εικ. 1.8. Παραστάσεις τρόπου ακουστικής ενίσχυσης από ανακλάσεις της Σκηνής και της ορχήστρας (Αφιέρωμα στο αρχαιο αμφιθέατρο, 1999)

Στα (περισσότερα) σύγχρονα ανοιχτά θέατρα, αλλά και στα αρχαία που ακόμα χρησιμοποιούνται για παραστάσεις, δεν υπάρχουν πλέον οι σκηνές, καθώς οι αρχαίες που ήταν κατασκευασμένες από ξύλο έχουν καταστραφεί, με αποτέλεσμα την αλλαγή του αρχικού χαρακτήρα τους και κυρίως του ακουστικού αποτελέσματος. Στις παραπάνω εικόνες (1.8) βλέπουμε τον τρόπο με τον οποίο η Σκηνή ενίσχυε το ήχο των ηθοποιών, μέσω των ανακλάσεων που δημιουργούσε. Έτσι, το εξαιρετικά ήσυχο περιβάλλον της εποχής, η σωστή αρχιτεκτονική και τα υλικά των θεάτρων, η χρήση της μάσκας και οι ισχυρές φωνές των ηθοποιών, είναι ίσως οι σημαντικότεροι

παράγοντες που όλοι (;) οι θεατές άκουγαν και απολάμβαναν τις παραστάσεις του αρχαίου κόσμου. Φυσικά (εξ ου και το ερωτηματικό στο «όλοι») οι νόμοι της φυσικής δεν ήταν διαφορετικοί τότε, και είναι απόλυτα φυσιολογικό οι πρώτοι θεατές να άκουγαν αρκετά πιο δυνατά από τους τελευταίους, ακόμη και στην Επίδαυρο, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από το γεγονός ότι οι επίσημοι θεατές κάθονταν πάντα στις πρώτες κερκίδες που σε κάποιες περιπτώσεις έχουν και πλάτη, δηλαδή τα προεδρία (εικ.1.7).

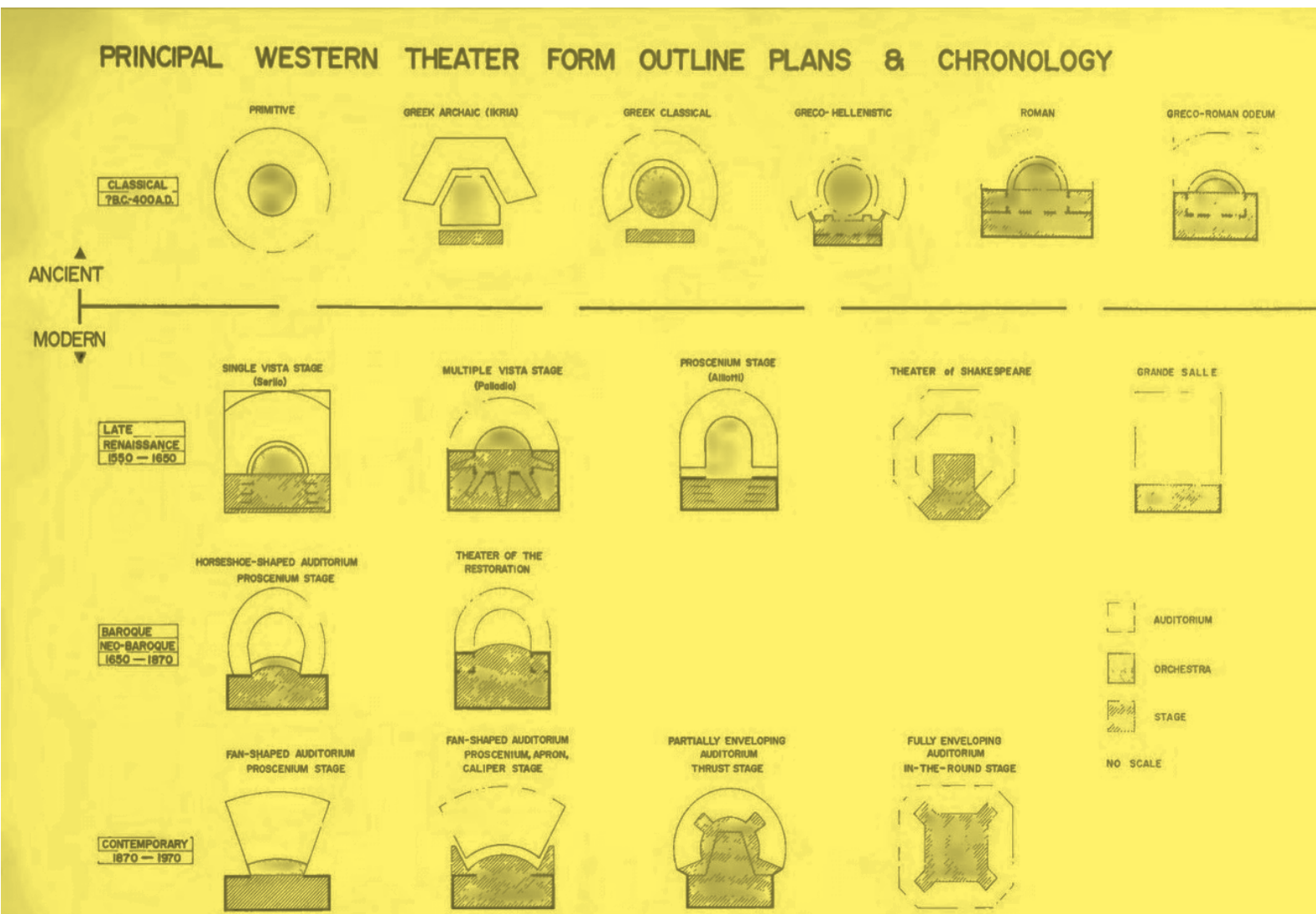
1.5. Παράσταση

Οι ηθοποιοί ήταν όπως είπαμε μόνο άνδρες, αρχικά ένας, που με την πάροδο του χρόνου αυξήθηκαν, που υποδυόταν όλους τους ρόλους, ακόμα και τους γυναικείους. Χρησιμοποιούσαν μάσκες, κοστούμια, και υψιπέδιλα (ή κοθόρνους) για να είναι ορατοί από μακριά. Οι παραστάσεις περιλάμβαναν μουσική, κυρίως με αυλό, και χορευτικά από τον χορό. Τα σκηνικά ήταν πολλές φορές μεγάλα και πλούσια, με κατασκευές που στήνονταν για τις παραστάσεις, χωρίς την σύγχρονη απαίτηση να μεταφέρονται σε άλλο θέατρο για την επόμενη παράσταση (Brockett, 1923).

1.6. Εξάπλωση και εξέλιξη

Από την Αθήνα, τα θέατρα επεκτάθηκαν σε όλο τον ελληνικό κόσμο — Ιταλία, Μικρά Ασία, Αίγυπτο και αποτέλεσαν πρότυπο για τα ρωμαϊκά θέατρα, τα οποία είχαν στεγασμένες σκηνές και διαφορετική αρχιτεκτονική. Η εξέλιξη των θεάτρων με μαρμάρινες ή πέτρινες κατασκευές αποτελεί σημαντικό κεφάλαιο στην ιστορία της αρχιτεκτονικής και της πολιτιστικής κληρονομιάς. Τα αρχαία θέατρα εξελίχθηκαν σε συνάρτηση με τις κοινωνικές ανάγκες, τις τεχνικές γνώσεις και τις καλλιτεχνικές απαιτήσεις κάθε εποχής. Το σχήμα των θεάτρων επίσης εξελίχθηκε και με την πάροδο του χρόνου και από τα ανοιχτά σε κλειστά θέατρα και ωδεία. Στην παρακάτω

εικόνα 1.9, βλέπουμε αυτή την ιστορική διαδρομή από την αρχαιότητα, μέχρι σήμερα. (Izenour, 1977)



Εικ. 1.9. Ιστορική εξέλιξη σχήματος των θεάτρων σε κατόψεις χωρίς κλίμακα

2. Εξέλιξη των ηλεκτρακουστικών εγκαταστάσεων και προκλήσεις από την εφαρμογή τους στα κλειστά και στα ανοιχτά θέατρα.

Σε αυτό το σκέλος παρουσιάζουμε εν συντομία την εφεύρεση και εξέλιξη της Ηλεκτρακουστικής, καθώς ο συνδυασμός της με το χώρο του αρχαίου θεάτρου και της σύγχρονης χρήσης του, κατ' επέκταση και του μοντέρνου ανοιχτού θεάτρου, είναι το κύριο αντικείμενο της εργασίας.

2.1. Η εξέλιξη

Οι πρώτες προσπάθειες ηλεκτρικής ηχητικής ενίσχυσης έγιναν, με τηλεφωνικούς ενισχυτές και ακουστικούς μετατροπείς κατά την δεκαετία του 1920. Το 1915, ο Lee De Forest ανέπτυξε τον πρώτο ενισχυτή βασισμένο σε λυχνίες κενού (vacuum tube amplifier), ενώ το 1927, έγινε η πρώτη ενισχυμένη παρουσίαση σε θέατρο με μικρόφωνο και μεγάφωνο στη Νέα Υόρκη. Τη δεκαετία του 1930, η Bell Labs και η Western Electric κατασκεύασαν, -με σκοπό την εμπορική χρήση- τα πρώτα ολοκληρωμένα PA (Public Address) συστήματα, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν σε κινηματογράφους, μεγάλες αίθουσες, ακόμα και σε ομιλίες πολιτικών (π.χ. Franklin D. Roosevelt).

Την δεκαετία του 1950 σημειώθηκε ραγδαία εξέλιξη και βελτίωση στην ποιότητα των ενισχυτών και των ηχείων και σταδιακά υπήρξε η είσοδος τους στις συναυλίες και τις μουσικές παραστάσεις.

Με την ανάπτυξη της ροκ μουσικής ήρθε και η επανάσταση στην ηχητική ενίσχυση, με ισχυρότερους ενισχυτές και ηχοσυστήματα για μεγάλα στάδια (π.χ. Woodstock). Στη συνέχεια η ανάπτυξη της τεχνολογίας οδήγησε σε συστήματα με πιο σταθερές και ελεγχόμενες ηχητικές καλύψεις, όπως τα line array ηχεία, ενώ με την ψηφιακή

επανάσταση αντικαταστάθηκαν οι τεράστιες αναλογικές κονσόλες με τις κατά πολύ μικρότερες ψηφιακές, οι οποίες έδιναν πολλές επιπλέον δυνατότητες στον χειρισμό, την επεξεργασία καθώς και την μεταφορά του ηχητικού σήματος. Τελευταία εξέλιξη είναι και οι class D τελικοί ενισχυτές με διαμόρφωση εύρους παλμού (PWM) που καταφέρνουν με πολύ μικρότερο βάρος μονάδας να αποδίδουν πολύ μεγαλύτερες τιμές ισχύος.

Έτσι, η εφεύρεση και εξέλιξη της ηλεκτρακουστικής δεν άργησε να επηρεάσει και το χώρο του θεάτρου. Η χρήση της ηλεκτρακουστικής ενίσχυσης γενικεύτηκε μετά τη δεκαετία του 1950 στα θέατρα. Αρχικά με την αναπαραγωγή μουσικής, καθώς εξάλειψε την ανάγκη για ζωντανή μουσική, αφού τώρα μπορούσε να ηχογραφείται σε άλλο χώρο και χρόνο (π.χ. σε ένα στούντιο ηχογράφησης) και να αναπαράγεται από το ηχοσύστημα του θεάτρου, κάθε φορά στην ίδια στάθμη και με τον ίδιο τρόπο.

2.2. Το αποτέλεσμα χρήσης της ηλεκτρακουστικής στο θέατρο

Από το 1950 μέχρι σήμερα, έχουν γίνει πολλά άλματα στην χρήση της ηλεκτρακουστικής στο θέατρο. Εκτός από τις πλούσιες μουσικά παραγωγές με μουσικούς επί σκηνής, χρησιμοποιούνται και ασύρματα μικρόφωνα (lavalier, headset) στους ηθοποιούς, ψηφιακά συστήματα ελέγχου και μεγάλα ηχοσυστήματα σε όλα σχεδόν τα θέατρα και σε πολλές θεατρικές παραγωγές για πολλούς και διαφορετικούς λόγους.

«Η ηχητική ενίσχυση» λοιπόν, όπως σημειώνει ο Barry Blesser (Salter, 2007), «η αρχαιότερη μορφή (ήλεκτρο)ακουστικής παρέμβασης, αναπληρώνει (την αρχικά) ανεπαρκή ηχητική στάθμη, επιτρέποντας σε έναν ακροατή που κάθεται κάτω από έναν προεξέχον εξώστη στο πίσω μέρος μιας αίθουσας συναυλιών, να ακούσει έναν τραγουδιστή (ή έναν ηθοποιό στην περίπτωση μας), του οποίου η φωνή διαφορετικά θα αποτύγγανε να γεμίσει τον μεγάλο ακουστικό χώρο».

Η ανάγκη για φωνητική ενίσχυση είναι γνωστή από τους πρώιμους Έλληνες οι οποίοι όπως είδαμε και πιο πάνω, τοποθετούσαν ένα μικροσκοπικό megaphone στο στόμιο των θεατρικών масκών τους (Lewcock και Rijn, 2001). Δύο χιλιετίες αργότερα, ο Lee De Forest (1921) έλαβε την πατέντα του για την τριοδική λυχνία κενού (triode vacuum tube) για ενίσχυση ηλεκτρικών σημάτων και ο George D. Edwards (1926) - μαζί με άλλους - εφηύραν συστήματα ηχητικής ενίσχυσης για μεγάλους χώρους. Η ηλεκτροακουστική, ως ηχητική ενίσχυση, έγινε αρχιτεκτονικό εργαλείο, παρέχοντάς έναν εύκολο τρόπο για τη διεύρυνση ενός ακουστικού χώρου.

2.3. Η αρχική χρήση της ηλεκτρακουστικής εγκατάστασης στο ανοιχτό και το κλειστό θέατρο

Στο αρχαίο ανοιχτό θέατρο η ενίσχυση του ήχου γινόταν, πέρα από τις κατασκευές τύπου δοχείων και τις μάσκες με σχήμα χοάνης, που αναφέρονται στις ανασκαφές, με την ακουστική σχεδίαση του χώρου και της σκηνής. Οι φωνές των ηθοποιών και των οργάνων, που ήταν η πηγή ήχου, με τις ανακλάσεις και την κατασκευή του χώρου (διαθλάσεις, περιθλάσεις) ενισχύονταν σε έναν μικρό ή μεγαλύτερο βαθμό, πάντα σε κάποια όρια κι έφταναν στον θεατή, με τον τρόπο που περιγράφεται στην εικόνα 1.8. Τρεις εφευρέσεις επηρέασαν τον φυσικό ήχο στο θέατρο. Πρώτα, η εφεύρεση της ηλεκτρακουστικής ενίσχυσης του ήχου (μικρόφωνα/ηχεία), στη συνέχεια, της σταδιακής επεξεργασίας του ηλεκτρονικού (αργότερα ψηφιακού) ήχου και τέλος της ηχογράφησης. Οι εφευρέσεις αυτές βρήκαν και στο θέατρο τη θέση τους, ξεκινώντας κυρίως από την ηχογραφημένη μουσική, στη συνέχεια την εφαρμογή ηχητικών εφέ καθώς και τη χρήση υπερ-κατευθυντικών μικροφώνων περιμετρικά της ορχήστρας για μια μικρή ενίσχυση των φωνών των ηθοποιών. Περιοριστικός παράγοντας στο τελευταίο, η ανατροφοδότηση (feedback) του ήχου των μικροφώνων, που περιορίζει την στάθμη ενίσχυσης.

Καθώς τα ανοιχτά θέατρα χρησιμοποιούνται μόνο την καλοκαιρινή περίοδο - που είναι πολύ μικρή -, με την πάροδο του χρόνου, αναπτύχθηκαν τα κλειστά θέατρα που

με την εξέλιξη της αρχιτεκτονικής γίνονταν όλο και μεγαλύτερα. Μεγάλοι κλειστοί χώροι, όπως τα ωδεία και οι ναοί, υπήρχαν από την εποχή του Παρθενώνα 5^{ος} π.Χ. αι., αλλά δεν προορίζονταν για θεατρική χρήση.

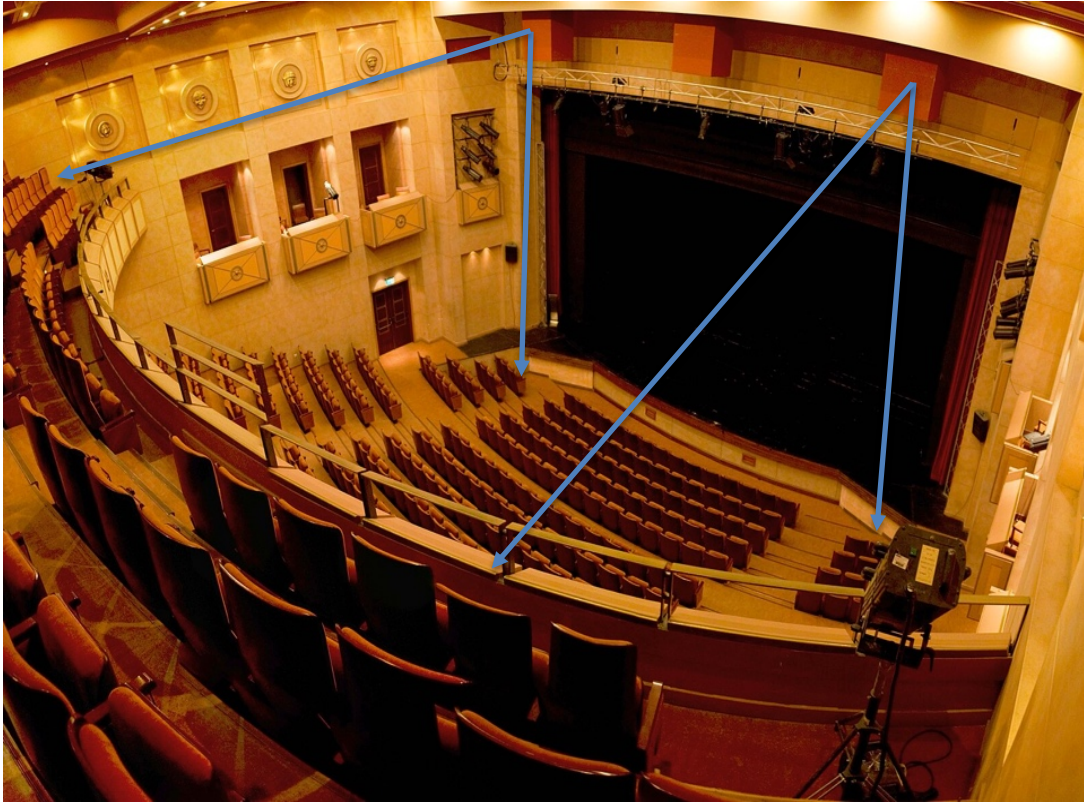
Όπως είδαμε στην εικόνα 1.9, ήταν από την εποχή της Αναγέννησης (Renaissance), που η θρησκεία άρχισε να αφήνει κοινωνικά περιθώρια στην τέχνη και εμφανίστηκαν τα πρώτα κλειστά θέατρα (στη σύγχρονη εποχή μάλιστα πολλές εκκλησίες μετατρέπονται σε θέατρα, μεταφορικά αλλά και κυριολεκτικά). Στην ανάπτυξη αυτών των θεάτρων, κατά τον 20^ο αι. εισήχθησαν σταδιακά τα συστήματα ήχου που έφερε η νέα τεχνολογία, για την ενίσχυση του φυσικού ήχου, που σταδιακά αναπτύχθηκαν στην σημερινή μορφή, δηλαδή το κάθε θέατρο να έχει ηλεκτρακουστική εγκατάσταση και εξοπλισμό παρόμοια με αυτά ενός συναυλιακού χώρου.

Έτσι, το μεγαλύτερο ποσοστό των θεατρικών παραστάσεων γίνεται πλέον σε κλειστούς χώρους λόγω των καιρικών φαινομένων και μόνο κατά τους καλοκαιρινούς μήνες χρησιμοποιούνται τα ανοιχτά θέατρα, που έχουν πολύ μεγαλύτερη χωρητικότητα.

Τα ηχητικά συστήματα στα κλειστά θέατρα, χρησιμοποιούνται για ενίσχυση φωνών και μουσικής, ή απλή αναπαραγωγή προηχογραφημένης μουσικής ή ηχητικών εφέ. Οι ηχητικές στάθμες στις θεατρικές παραστάσεις, είναι στα επίπεδα - ή και πιο πάνω - από αυτά της ανθρώπινης φωνής, ίσως μάλιστα της εκπαιδευμένης φωνής του ηθοποιού που παράγει αυξημένη φυσική στάθμη για να φτάνει και στους τελευταίους θεατές.

Στην φωτογραφία της εικόνας 2.1, βλέπουμε, σαν παράδειγμα, την ηχητική εγκατάσταση για την κάλυψη του χώρου των θεατών, στη σκηνή Σωκράτης Καραντινός, θεάτρου του ΚΘΒΕ της Μονής Λαζαριστών. Τα ηχεία είναι τοποθετημένα στην οροφή με τέτοιο τρόπο που δεν χρειάζεται καθυστέρηση σε 2^η σειρά ηχείων για να επιτευχθεί ομοιόμορφη κατανομή στο χώρο (όχι δηλαδή, όπως στο παράδειγμα της εικ.3.1, που θα αναφερθούμε παρακάτω). Όπως επισημαίνουμε με τα βέλη, οι αποστάσεις από τον πρώτο μέχρι τον τελευταίο θεατή είναι σχεδόν ίσες (αν

υπολογίσουμε και την προοπτική) κι έτσι η στάθμη των ηχείων είναι σχεδόν η ίδια παντού.



Εικ.2.1. Πανοραμική άποψη της σκηνής Σωκράτης Καραντινός, θέατρο Μονής Λαζαριστών, ΚΘΒΕ ⁷

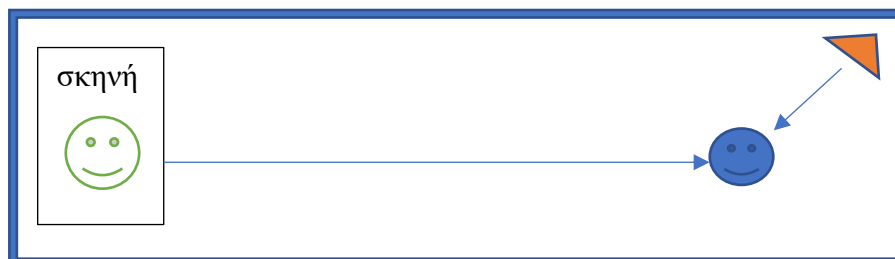
Σε μια τέτοια εγκατάσταση γίνεται αντιληπτό ότι ο ήχος των φωνών αναπαράγεται από ένα σημείο του χώρου (την οροφή) αρκετά μακριά από αυτό της φυσικής πηγής, σχετικά με την αναπαραγωγή των φωνών (όχι των προηχογραφημένων ήχων), που είναι η ίδια η σκηνή. Δηλαδή, σε περίπτωση που η στάθμη της φωνής από τα ηχεία, ξεπεράσει κατά πολύ την φυσική στάθμη της φωνής ενός ηθοποιού, ο ακροατής θα ακούει τον ηθοποιό στην οροφή και θα τον βλέπει στη σκηνή. Αυτό βεβαίως, είναι κάτι που δεν είναι επιθυμητό.

⁷ https://el.m.wikipedia.org/wiki/Αρχείο:Σκηνή_Σωκράτης_Καραντινός.jpg

2.4. Η προκλήσεις στην φύση του ήχου

Η φύση του ίδιου του ήχου και συγκεκριμένα η ταχύτητα του, δημιουργεί ένα σημαντικό πρόβλημα για την ενίσχυση. Ο ήχος που παράγεται από ένα μεγάφωνο στον πίσω τοίχο μιας αίθουσας συναυλιών (πορτοκαλί τρίγωνο, εικ.2.2), για παράδειγμα, θα έφτανε κανονικά πριν από τον άμεσο ήχο της παράστασης, καθώς το μεγάφωνο βρίσκεται πιο κοντά στους ακροατές του πίσω μέρους (μπλε φατσούλα, εικ.2.2) και το ηλεκτρικό σήμα ταξιδεύει προς αυτό με ταχύτητα απείρως μεγαλύτερη από την φυσική ταχύτητα του ήχου στον χώρο. Δεδομένου ότι ο πρώτος ήχος καθορίζει την ακουστικά εκλαμβανόμενη θέση μιας πηγής ήχου, οι ακροατές θα αντιλαμβάνονταν την πηγή αυτή, πίσω από αυτούς. Η χρονική καθυστέρηση του ηχείου (που γίνεται με ηλεκτρονικά μέσα), ωστόσο, αντιστρέφει τη σειρά άφιξης και επαναφέρει την εκλαμβανόμενη θέση στην πραγματική της τοποθεσία.

Εικ. 2.2. Η καθυστέρηση και το ηλεκτρικό σήμα



Στο θέμα αυτό, ο Helmut Haas ⁸ (1951) απέδειξε ότι, αν μια έντονη αλλά καθυστερημένη ηχώ φτάσει εντός περίπου 5 ως 35 χιλιοστών του δευτερολέπτου (5-35msec), μετά τον άμεσο ήχο, οι ακροατές βιώνουν αύξηση της έντασης χωρίς να αντιλαμβάνονται αλλαγή στη θέση της πηγής. Αυτή η ψευδαίσθηση είναι χρήσιμη και συναρπαστική, και ισοδυναμεί με ανάκλαση από ένα «εικονικό τείχος». Εφαρμόζοντας μια τέτοια καθυστέρηση, μπορούμε να αυξήσουμε την στάθμη του καθυστερημένου σήματος μέχρι και 10dB, χωρίς να αλλάξει η αντίληψη της πηγής για τον ακροατή. Το κομβικό αυτό θέμα της καθυστέρησης του ήχου όπως εμφανίζεται στο χώρο του θεάτρου θα αναλύσουμε στο κεφάλαιο 4.

⁸ <https://blogs.qsc.com/live-sound/what-is-haas-effect-and-how-to-take-advantage-of-it/>

3. Ανάπτυξη των ασύρματων μικροφώνων, χρήση τους στις θεατρικές παραστάσεις και προκλήσεις που δημιουργήθηκαν στα ανοιχτά θέατρα.

3.1. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας των ασύρματων μικροφώνων

Η εξέλιξη της τεχνολογίας ασύρματων μικροφώνων⁹ ξεκίνησε ως μία προσπάθεια να απελευθερωθούν οι εκτελεστές και οι ομιλητές από τους περιορισμούς των μικροφώνων με καλώδιο, ανοίγοντας το δρόμο για ελευθερία κίνησης και έκφρασης. Αν και ιδέα της ασύρματης μετάδοσης ήχου δεν ήταν καινούργια, η εφαρμογή της συγκεκριμένα σε μικρόφωνα έφερε μοναδικές προκλήσεις και τεχνολογικά εμπόδια.¹⁰

Τα πρωτόγονα μοντέλα της δεκαετίας του 1940 και του 1950 ήταν, στο καλύτερο σενάριο, βασικά και συχνά υπέφεραν από προβλήματα παρεμβολών, περιορισμένης εμβέλειας και κακής ποιότητας ήχου. Αυτές ήταν οι εποχές των ογκωδών vacuum tube (λυχνιών κενού) και της βρεφικής ηλικίας των transistors.



Εικ.3.1. Το ασύρματο μικρόφωνο Vagabond της Shure

Τα εξαρτήματα ήταν μεγάλα, κατανάλωναν πολλή ενέργεια και ήταν λιγότερο αξιόπιστα. Η πομποί της εποχής ήταν συχνά στο μέγεθος μίας βαλίτσας και έπρεπε να μεταφέρονται με καρότσι, περιορίζοντας σημαντικά την πρακτικότητα των ασύρματων μικροφώνων.



⁹ <https://galaxyaudio.com/blog/the-evolution-of-wireless-microphone-technology/>

¹⁰ <https://www.youtube.com/watch?v=crMxNpismFo>

Εικ.3.2. Περιοδικά ηλεκτρονικών της δεκαετίας του 1950 με ασύρματα μικρόφωνα

Από το 1945 ¹¹ και μετά υπήρχαν διαφημιστικά κυκλώματα και κιτ για χομπίστες, σε περιοδικά όπως τα *Popular Science* και *Popular Mechanics*. Το 1947, ο Reg Moores δημιούργησε ένα ραδιοφωνικό ασύρματο μικρόφωνο, το οποίο χρησιμοποιήθηκε σε παράσταση στο Brighton από το 1949.



Εικ.3.3. Reg Moores, μηχανικός πτήσεων της αεροπορίας

Το 1951, ο Herbert “Mac” McClelland κατασκεύασε για παραστάσεις baseball ένα



μικρόφωνο-πομπό που φοριόταν από τον παρουσιαστή και μετέδιδε ζωντανά. Το 1953, η Shure λάνσαρε το *Vagabond 88*, το πρώτο φορητό ασύρματο μικρόφωνο για καλλιτέχνες, με περιορισμένη εμβέλεια περίπου 5 μέτρα.

Εικ.3.4. Herbert “Mac” McClelland

Το 1957, η γερμανική Lab W (αργότερα Sennheiser), σε συνεργασία με το NDR, παρουσίασε το σύστημα *Mikroport*—ένα pocket-size σύστημα στα 37 MHz, με εμβέλεια ~100m.



Εικ.3.5. Παρουσίαση του Vagabond της Shure το 1953

Ο Raymond A. Litke κατοχύρωσε το 1957 την πρώτη πατέντα για ασύρματο μικρόφωνο (Vega-Mike), που κυκλοφόρησε το 1959 και χρησιμοποιήθηκε στα συνέδρια των Δημοκρατικών και Ρεπουμπλικάνων ΗΠΑ. Το 1958, η Sony κυκλοφόρησε το CR-4, ένα solid-state FM σύστημα σε μικρό μέγεθος για εφαρμογές

¹¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_microphone?utm_source=chatgpt.com

όπως θέατρο και νυχτερινά show. Η Beyerdynamic, το 1962, ισχυρίζεται ότι κατασκεύασε το πρώτο Transistophone, ένα άλλο πρωτότυπο ασύρματο μικρόφωνο.



Εικ.3.6. Το Transistophone της Beyerdynamic¹²

Στη συνέχεια, σχεδόν σε κάθε δεκαετία, οι εξελίξεις ακολουθούν. Το 1976 έχουμε την εισαγωγή του *Comrander* συστήματος από την Nady Systems, που βελτίωσε το δυναμικό εύρος και έφερε τα πρώτα headset ασύρματα μικρόφωνα στη μουσική σκηνή, (Kate Bush). Το 1977, το **Schaffer–Vega diversity system**¹³ παρουσίασε το πρώτο αξιόπιστο ασύρματο μικρόφωνο για ροκ συναυλίες μεγάλης κλίμακας.



Εικ. 3.7. Το diversity system της Schaffer–Vega

Τη δεκαετία του 1990 η Sennheiser λανσάρει τη σειρά *Evolution Wireless* το 1999, εξελισσόμενη σε G3 (2009), G4 (2018) και το 'Evolution Wireless Digital' το 2020

¹² <https://reverb.com/en-be/item/78709622-beyerdynamic-transistophone-early-1960-s-rare-wireless-microphone-and-reciever>

¹³ <https://www.vintageguitar.com/37811/the-schaffer-vega-diversity-system/>



Εικ.3.8. Το G3 σύστημα της σειράς Evolution Wireless από την Sennheiser

Μερικές από τις σύγχρονες τάσεις στα ασύρματα μικρόφωνα έχουν να κάνουν με την μετάβαση από αναλογικά σε ψηφιακά συστήματα, που μεγάλωσε την ποιότητα ήχου, την εμβέλεια, και τη σταθερότητα¹⁴. Επίσης έχει σημειωθεί σημαντική μείωση του όγκου, με μικρούς πομπούς, φορητούς ασύρματους και ενσωματωμένες επαναφορτιζόμενες μπαταρίες. Ακόμη, η ενσωμάτωση Bluetooth, Wi-Fi και AI επιτρέπει χρήση σε smartphones, αυτόματη επιλογή συχνότητας, θόρυβο περιβάλλοντος και έξυπνη διαχείριση σήματος. Ειδικά συστήματα όπως τα Shure¹⁵ ULX-D, MXW, MXCW δείχνουν την κατεύθυνση προς ψηφιακά δίκτυα και ολοκληρωμένες λύσεις για επαγγελματικές εγκαταστάσεις από το 2010 και μετά. Τέλος, έχουν αναπτυχθεί εξαιρετικά μικροσκοπικά ασύρματα μικρόφωνα, όπως το DJI Mic Mini¹⁶, μόνο 10 g, με αυτονομία έως 48 ώρες και εμβέλεια έως 400m και σύνδεση για εγγραφή ήχου μαζί με το βίντεο, απευθείας σε κινητό τηλέφωνο.

Εικ.3.9. Το DJI Mic Mini



¹⁴ https://www.mhazav.com/latest-in-wireless-microphone-technology/?utm_source=chatgpt.com

¹⁵ <https://www.shure.com/en-US/about-us/100years>

¹⁶ <https://www.dji.com/>

3.2. Η χρήση πολλαπλών ασύρματων μικροφώνων σε μια παράσταση – προκλήσεις εκπομπής και λήψης, - διαμοιρασμός συχνοτικού εύρους

Η ταυτόχρονη χρήση πολλών ασύρματων μικροφώνων, είναι από μόνη της μια πρόκληση, ιδίως όταν πρόκειται να γίνει σε μεγάλες αποστάσεις και ανοιχτό χώρο. Σε αυτή την εργασία παρουσιάζουμε το σύστημα που χρησιμοποιούμε στην καλοκαιρινή περιοδεία «Ο Πλούτος» του ΚΘΒΕ (το 2024), και είναι της Γερμανικής εταιρίας Sennheiser. Πρόκειται για τον δέκτη ew500 G3, με τον αντίστοιχο πομπό (όπως το βλέπουμε στην εικόνα 3.10 από κάτω), με μικρόφωνα που μπορούν να συνδεθούν σε αυτό τον πομπό, διαφόρων εταιριών με τον κατάλληλο ακροδέκτη όπως οι DPA, Audac, Proel, Eikon, κλπ.

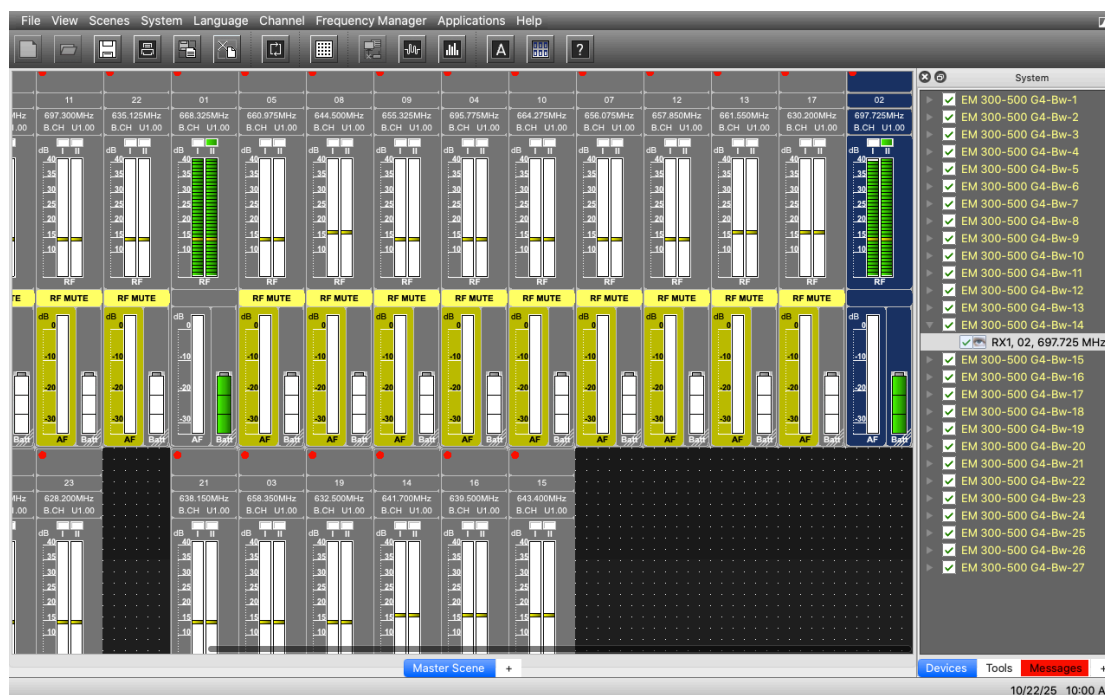


Εικ. 3.10. Το ασύρματο σύστημα ew 500 G3, της Sennheiser

Η εταιρία προτείνει για κάθε 4άδα δεκτών να υπάρχει ένας combiner, μια συσκευή δηλαδή που δέχεται τάση και σήμα λήψης μικροφώνων, από εξωτερικές κεραίες που

συνδέονται σε αυτήν και στη συνέχεια το διαμοιράζει με ένα καλώδιο στις 4 συσκευές/δέκτες, που είναι συνδεδεμένες με αυτήν. Για περισσότερα ασύρματα μικρόφωνα, απαιτείται συνδυασμός combiners, σε μια περίτεχνη και όχι απλή διάταξη σύνδεσης, σύμφωνα με το εγχειρίδιο χρήσης των συσκευών. Στην περίπτωση μας, με 24 ασύρματα μικρόφωνα, χρησιμοποιούμε 6 combiners και 2 εξωτερικές πανκατευθυντικές κεραιές της ίδιας εταιρίας. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζουμε λήψη χωρίς διακοπές και θορύβους σε ολόκληρο τον χώρο που θέλουμε να καλύψουμε (δοκιμάσαμε αποστάσεις μέχρι 50 μέτρα).

Η Sennheiser, προσφέρει δωρεάν το λογισμικό WSM για iOS ή Windows, για την ευκολότερη και ταχύτερη ρύθμιση του εξοπλισμού, για τα μοντέλα εκείνα των δεκτών της που διαθέτουν σύνδεση δικτύου. Όλες οι μονάδες ew300G3, συνδέονται σε ένα ethernet HUB και από εκεί σε ένα φορητό υπολογιστή μέσω ethernet, όπου υπάρχει οπτική επαφή όλων των ρυθμίσεων του δέκτη και πολλές ακόμα λειτουργίες.

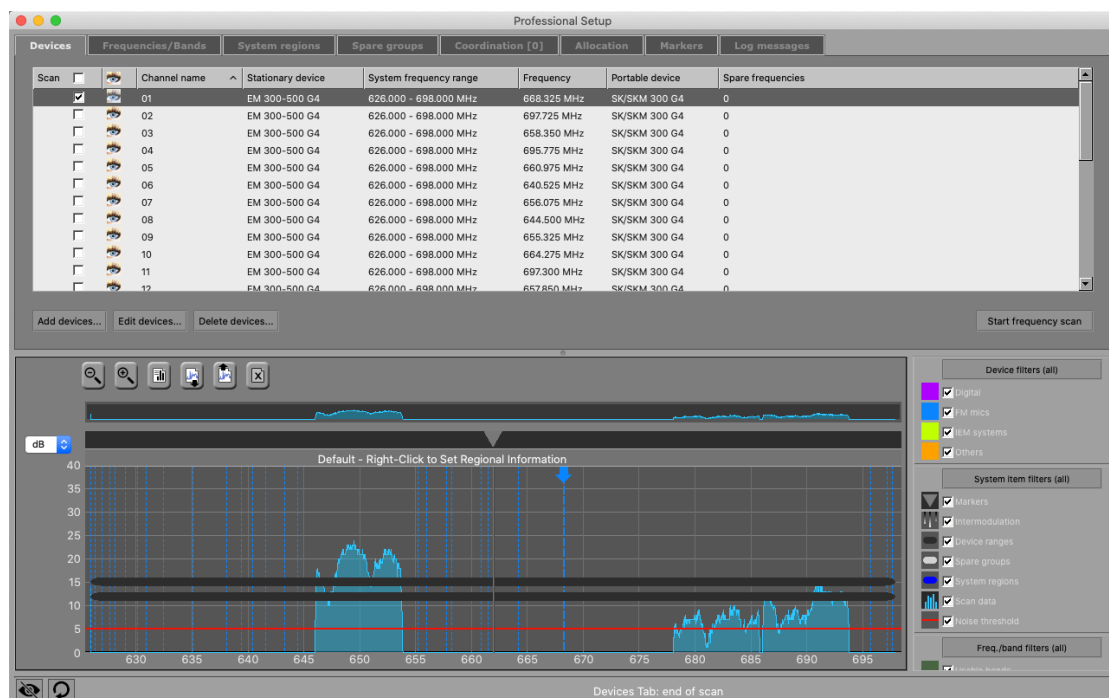


Εικ. 3.11. Το λογισμικό WSM της Sennheiser. Εικόνα υποδοχής¹⁷

¹⁷ https://www.sennheiser.com/en-us/catalog/products/software/wireless-systems-manager/wsm-111113?srsltid=AfmBOoqudpG2D9rjCMBn2KiZp7KsY6EHnfrddwzu6kElBH-9MEQ_3pSk

Στην άνω εικόνα 3.11, βλέπουμε την επιφάνεια υποδοχής του WSM, όπου κάθε στήλη απεικονίζει ένα από τα μικρόφωνα που έχουμε συνδέσει. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, 2 δέκτες λαμβάνουν σήμα (με πράσινο), που σημαίνει ότι τα υπόλοιπα μικρόφωνα/πομποί, είναι κλειστά. Οι εμφανείς πληροφορίες είναι για το όνομα του δέκτη, την συχνότητα, την στάθμη του σήματος εκπομπής (όχι του audio), την στάθμη μπαταρίας, καθώς και ποια κεραία από τις 2 χρησιμοποιείται.

Ένα μεγάλο πλεονέκτημα είναι η απεικόνιση του συχνοτικού πεδίου στις συχνότητες εκπομπής/λήψης, καθώς είναι ένα πεδίο που μπορούν να δημιουργηθούν πολλά προβλήματα, λόγω παράλληλης εκπομπής ραδιοηλεκτρικών σημάτων.



Εικ. 3.12. Οπτική απεικόνιση των μεταδόσεων RF στην περιοχή από 622.000 ως 698.000MHz, μέσω του λογισμικού WSM.

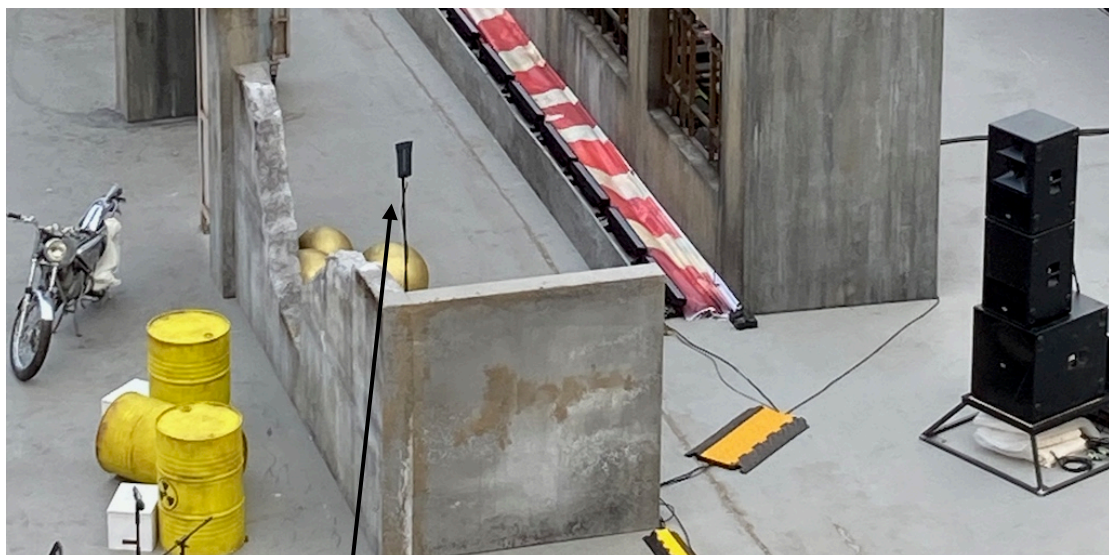
Αν ο χρήστης έχει έστω κι έναν δέκτη με σύνδεση ethernet, μπορεί να σαρώσει το φάσμα (στην συχνοτική περιοχή του δέκτη) και να έχει οπτική εικόνα για τυχόν σήματα στην περιοχή του. Στο παράδειγμα της άνω εικόνας 3.12 (περιοχή κέντρου Θεσσαλονίκης), βλέπουμε δύο περιοχές με δραστηριότητα, η 1^η από 645-654 και η 2^η στα 678-693 περίπου. Αυτό είναι και το παράθυρο που υπάρχει η λειτουργία διαμοιρασμού των συχνοτήτων των μικροφώνων στο φάσμα. Αυτό γίνεται αυτόματα ή χειροκίνητα (μέχρι 30 μικρόφωνα, προτιμούμε το χειροκίνητο διαμοιρασμό). Οι

περιοχές με δραστηριότητα αποφεύγονται και τα μικρόφωνα διαμοιράζονται εξίσου στο «καθαρό» διαθέσιμο εύρος. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται κάθε φορά που ο θίασος αλλάζει τοποθεσία, καθώς δεν αναμένεται η ίδια εικόνα σε κάθε περιοχή. Γίνεται αντιληπτό, πως αν η απεικόνιση της παραπάνω εικόνας του WSM απουσιάζει, ο τεχνικός τοποθετεί τα μικρόφωνα στην τύχη, καθώς μπορεί να «πέσει» τυχαία, πάνω σε μια άλλη μετάδοση που να ακουστεί κατά τη διάρκεια της παράστασης. Το ζήτημα βέβαια δεν είναι τόσο απλό, καθώς οι πομποί των μικροφώνων συνήθως όταν βρίσκονται εντός εμβέλειας, έχουν δυνατότερο σήμα, από αυτό που μπορεί να έχει ένας κοντινός τηλεοπτικός σταθμός. Στην κάτω εικόνα (3.13) που αποτελεί ένα από τα εργαλεία του λογισμικού, βλέπουμε μια καταγραφή του ίδιου φάσματος με 2 μικρόφωνα/πομπούς, ανοιχτά, στα 668 και 698MHz, με τις κόκκινες αιχμές, ενώ ταυτόχρονα βλέπουμε τον θόρυβο που προϋπήρχε, σε πόσο πιο χαμηλή στάθμη βρίσκεται (επισημαίνουμε τη διαφορά με τα 2 μαύρα βέλη). Ακόμα κι αν τοποθετήσουμε συχνοτικά τα μικρόφωνα μας πάνω σε περιοχή θορύβου, το σήμα μας, αν έχει (όπως τονίζουμε στον κάθετο άξονα) πάνω από 15dB διαφορά, θα υπερिχύσει του ανεπιθύμητου.



Εικ. 3.13. Αναπαράσταση σήματος μικροφώνων, θορύβου και ρύθμιση του Squelch

Αν όμως για κάποιο λόγο ο πομπός του μικροφώνου κλείσει, (π.χ. λόγω πτώσης μπαταρίας), τότε θα ακουστεί το αμέσως χαμηλότερο διαθέσιμο σήμα. Εδώ υπάρχει άλλη μια παράμετρος ασφαλείας που λέγεται *squelch*, το οποίο είναι κάτι σαν πύλη (*noise gate*) με ένα κατώφλι (*threshold*). Αυτό είναι η πορτοκαλί διακεκομμένη γραμμή στην ίδια εικόνα, που έχουμε ρυθμίσει στα 15dB. Τα σήματα που βρίσκονται κάτω από αυτή την περιοχή (με πράσινο) δεν ακούγονται ή καλύτερα δεν αναπαράγονται από τον δέκτη, καθώς απορρίπτονται ως θόρυβος. Το σήμα που εκπέμπει το μικρόφωνο είναι αρκετά πιο δυνατό από τα μακρινά σήματα, έτσι που ακόμα και μέσα στην προβληματική περιοχή θορύβου αν μπορούμε, (όπως είναι η κόκκινη περιοχή γύρω από τα 650MHz στην εικόνα 3.13 πιο πάνω), όπως είπαμε πιο πάνω και θέσουμε το *squelch* (την πορτοκαλί διακεκομμένη γραμμή) στα 25dB (από τα 15dB που είναι στην εικόνα), δεν θα έχουμε – θεωρητικά πάντα – καμιά εκπομπή παρεμβολής, καθώς όταν το μικρόφωνο είναι ανοιχτό, το κατά πολύ δυνατότερο σήμα του, υπερिशύχει της παρεμβολής, ενώ όταν αυτό κλείνει, θα κλείνει και το *squelch* την μετάδοση σήματος και η παρεμβολή δεν θα ακούγεται. Φυσικά, δεν συστήνεται αυτή η πρακτική, αντίθετα προτείνεται πάντα η αναζήτηση καθαρού πεδίου.



Εικ. 3.14. Θέατρο Δάσους, σκηνικό παράσταση ο Πλούτος, το κεντρικό ΡΑ και η δεξιά πανκατευθυντική κεραία λήψης των ασύρματων μικροφώνων.

Αυτές οι δικλείδες ασφαλείας, είναι για τις περιπτώσεις εκείνες που θα συμβεί το απρόβλεπτο, ή δεν υπάρχει η δυνατότητα σάρωσης του φάσματος. Τέτοια περίπτωση μας έχει συμβεί για παράδειγμα, σε ανοιχτό θέατρο κοντά σε στρατιωτική βάση, όπου το φάσμα ήταν καθαρό κατά τη διάρκεια προβών και δοκιμών, ενώ κατά τη διάρκεια της παράστασης τα πράγματα άλλαξαν χωρίς προειδοποίηση! Στην παράσταση μας, οι κεραίες τοποθετήθηκαν στο μέσα μέρος του σκηνικού (εικ.3.14), πάνω σε ψηλές βάσεις και παρά τον μεταλλικό σκελετό του σκηνικού, δεν αντιμετωπίστηκε πρόβλημα λήψης.

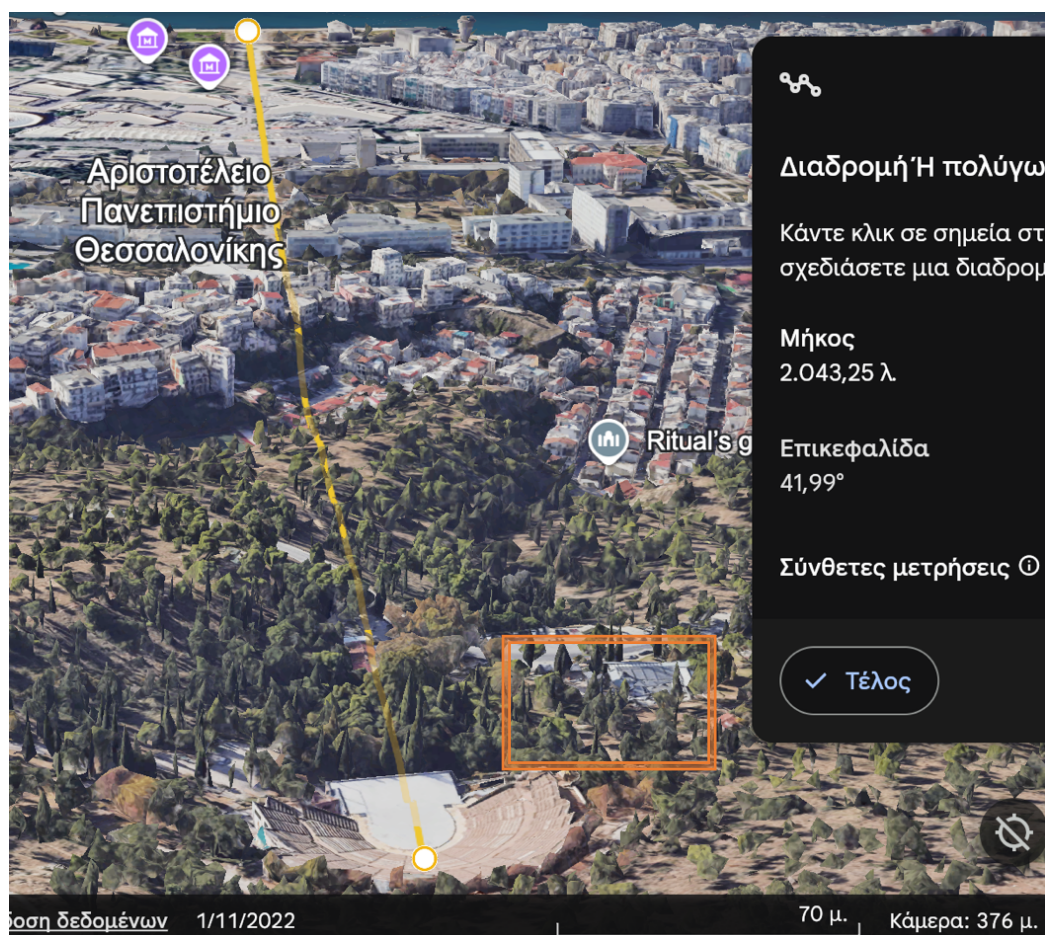
3.3. Η μετάβαση της τεχνολογίας μικροφώνων από το κλειστό στο ανοιχτό θέατρο – 6 λόγοι χρήσης ασύρματων μικροφώνων (ποιοτική έρευνα)

Από την προσωπική μας εμπειρία κατά την περασμένη δεκαετία αλλά και αυτή των συναδέλφων και λοιπών συντελεστών που πήραν μέρος στην ποιοτική μας έρευνα, καταλήξαμε στους παρακάτω λόγους, που συντέλεσαν στην χρήση των ασύρματων μικροφώνων κεφαλής ή χειλόφωνων σε κάθε ηθοποιό στις θεατρικές παραστάσεις τα τελευταία χρόνια. Οι συντομογραφίες T1, T2, M1, Σ1 κλπ. παραπέμπουν στις αναφορές των ερωτηθέντων της έρευνας, που αναπτύσσουμε στο σκέλος 7 της εργασίας παρακάτω, όπου υπάρχουν περισσότερες λεπτομέρειες.

Πρώτος λόγος, το θορυβώδες περιβάλλον που υπάρχει πλέον στα περισσότερα ανοιχτά θέατρα της Ελλάδας μας. Επαρχιακοί δρόμοι που τα ηχοπετάσματα είναι μια άγνωστη έννοια, τοπικά διασκεδαστήρια παντός τύπου που κάνουν χρήση των δικών τους ηχοσυστημάτων χωρίς περιορισμό, αλλά και τα επαρχιακά παραδοσιακά πανηγύρια απανταχού της Ελλάδος κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, είναι κάποια παραδείγματα ανεξέλεγκτης ηχορύπανσης, που επιβάλλουν πλέον τη χρήση μικροφώνων στους ηθοποιούς των παραγωγών, που γίνονται σε ανοιχτά θέατρα, καθώς στις περισσότερες περιπτώσεις, οι παραγωγές αυτές δεν προορίζονται μόνο για το ησυχαστήριο της Επιδαύρου, αλλά περιοδεύουν σε πολλά θέατρα με διαφορετικές συνθήκες.



Εικ. 3.15. Κάτοψη από google earth, με μέτρηση της απόστασης άνω διαζώματος θεάτρου Δάσους, ως το άγαλμα του Μ. Αλεξάνδρου, Παραλία Θεσσαλονίκης, 2.06χλμ.¹⁸



Εικ. 3.16. Ρεαλιστική άποψη google earth, με μέτρηση από το θεάτρου Δάσους, ως το άγαλμα του Μ. Αλεξάνδρου, Παραλία Θεσσαλονίκης, 2χλμ

¹⁸ <https://earth.google.com/web/>

Χαρακτηριστικό παράδειγμα, το 2024 στο ανοιχτό θέατρο Δάσους στο Σέιχ-Σου της Θεσσαλονίκης, η στάθμη που έφτανε στο άνω διάζωμα του, από συναυλία γνωστής καλλιτέχνης στην παραλία Θεσσαλονίκης (πλατεία αγάλματος Μ. Αλεξάνδρου), ήταν περί τα 70-75dB(A). Η σκηνή απέχει περί τα 2χλμ σε ευθεία (εικ.3.15 και 3.16), γεγονός που σημαίνει ότι με τους υπολογισμούς (που αναφέρουμε παρακάτω στην παράγραφο 4.1), η στάθμη στο 1 μέτρο θα ήταν 136-141dB! Άλλο ένα γεγονός που δείχνει την άνομη κατάσταση σχετικά με το κεφάλαιο «Ηχορύπανση», στην Ελλάδα. Αν λοιπόν, υπάρχει ένα υπόβαθρο θορύβου σε αυτά τα επίπεδα, συν την στάθμη των πλησίον τοπικών ανοιχτών χώρων διασκέδασης που βρίσκονται στα 150m σε ευθεία ακριβώς κάτω από το θέατρο (επισημαίνονται με πορτοκαλί τετράγωνο στις εικ.3.15 και 3.16), ο θεατής λαμβάνει θόρυβο σε πολύ ανταγωνιστικές, με τη φωνή, στάθμες. Ο θόρυβος όμως αυτός δεν είναι ένας σταθερός λευκός ή ροζ θόρυβος, ώστε ο εγκέφαλος μπορεί να αφαιρέσει με ψυχοακουστικές διαδικασίες (cocktail party effect), αλλά πρόκειται για μουσική πληροφορία με λόγο και ρυθμό που είναι αδύνατον να αγνοηθεί. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η στάθμες των φωνών των ηθοποιών πρέπει να ανέβουν τουλάχιστον 10dB ή καλύτερα 20dB, πάνω από τον θόρυβο για να μπορεί να παρακολουθήσει κάποιος και να μένει στο κλίμα μιας παράστασης. (T1, T2, Σ1, Μ1)

Δεύτερος λόγος είναι το θορυβώδες κοινό. Αυτό βέβαια δεν συμβαίνει σε παραστάσεις που το κοινό παρακολουθεί ευλαβικά, αλλά στις περιπτώσεις των παιδικών παραστάσεων οι συνθήκες αλλάζουν δραματικά. Τα μικρά παιδιά δημιουργούν θορυβώδες περιβάλλον που επιβάλλει την ενίσχυση των φωνών των ηθοποιών για την διεξαγωγή της παράστασης και την επικοινωνία του θεατρικού λόγου. Μια άλλη περίπτωση είναι οι κωμωδίες όπου το μειδίαμα του κοινού μπορεί να μετατραπεί σε ξέφρενο γέλωτα σε υψηλές και παρατεταμένες ηχητικές στάθμες που ξεπερνούν τις φυσικές φωνές και των πιο βροντόφωνων ηθοποιών.

Τρίτος λόγος, είναι η σύγχρονη τάση των σκηνοθετών για επέμβαση στις στάθμες των ηθοποιών σε χαμηλά επίπεδα λόγου, για λόγους εκφοράς συναισθήματος, εσωτερικής ερμηνείας ή συνολικής ατμόσφαιρας μιας παράστασης. Αυτή η νέα τάση που οφείλεται στο ρεαλισμό, που είναι η φυσική εκφορά του λόγου από τους ηθοποιούς, όπως γίνεται στον κινηματογράφο κι όχι με τον στομφώδη τρόπο που

απέδιδε και μεγάλες στάθμες φωνής. Αυτή η απαίτηση προϋποθέτει την χρήση ασύρματων μικροφώνων σε κάθε ηθοποιό. (T1, T2, Σ1, Σ2, M1)

Τέταρτος λόγος, είναι η διαφορά της στάθμης μεταξύ των διαφορετικών ηθοποιών. Εδώ ανιχνεύουμε την αιτία εν μέρη στην τηλεοπτική συμπεριφορά μέρους των ηθοποιών, καθώς πολλοί από αυτούς λόγω του ρεαλισμού που αναφέραμε αμέσως πριν, δεν διδάσκονται την δυνατότερη εκφορά του λόγου, ή και έχουν φυσική αδυναμία για μεγαλύτερες στάθμες, ή ακόμα και λόγω ασθένειας προσωρινά, να υπάρχει αδυναμία από κάποιον ηθοποιό να έχει την κατάλληλη ένταση στη φωνή. Όπως και να έχει κανένας άνθρωπος δεν είναι ίδιος με άλλον και αυτή η διαφορά είναι μέχρι έναν βαθμό δικαιολογημένη, αλλά υπαρκτή. (T1, T2, Σ2, T3)

Πέμπτος λόγος, η στάθμη της μουσικής μιας παράστασης σε στυλ κινηματογράφου ή ζωντανής συναυλίας. Σε πολλές πλέον παραστάσεις υπάρχει ζωντανή μουσική που οι ηθοποιοί τραγουδούν πάνω σε αυτήν, σα να πρόκειται για μουσική συναυλία. Αν στο παρελθόν οι στάθμες της μουσικής ήταν χαμηλότερες ή φυσικές και ο χορός με τις συνδυασμένες δυνατές φωνές του, μπορούσε να την καλύψει, πλέον η αντίληψη είναι αυτή, της μουσικής συναυλίας, όπου οι στάθμες της μουσικής έχουν ανεβεί και ο μόνος τρόπος να μπορεί να σταθεί μια φωνή πάνω από τη μουσική όπως πρέπει, είναι η ηλεκτρακουστική της ενίσχυση. Αν, αυτό αποτελεί ένα μέρος της παράστασης, η υπόλοιπη παράσταση θα μπορεί να υπάρξει με φυσικές στάθμες, με χρήση μικροφώνων μόνο στα μουσικά μέρη (π.χ. παράσταση “Ελένη”, ΚΘΒΕ, 2021-2022). Υπάρχουν όμως και οι περιπτώσεις όπου η σκηνοθετική οδηγία είναι για μόνιμο μουσικό υπόβαθρο σε ανταγωνιστικές με τη φυσική φωνή στάθμες, όπου και πάλι η χρήση μικροφώνων για τις φωνές των ηθοποιών είναι μονόδρομος. Η αισθητική αυτή έχει την αναφορά της στην τηλεόραση και τον κινηματογράφο όπου όλες οι στάθμες είναι ηχογραφημένες και χειρίζονται τεχνητά, χωρίς αναφορές σε φυσικές στάθμες. Έτσι, μπορεί να υπάρχει ένα μεγάλο μουσικό κρεσέντο και ο ηθοποιός να ψιθυρίσει μια φράση η οποία θα ακουστεί πάνω από τον ήχο μιας τεράστιας ορχήστρας, για να περάσει το μήνυμα στο κοινό, κάτι που με φυσικές στάθμες θα ήταν αδύνατον. (T1, T2, M2)

Ένας **έκτος λόγος** αναφέρθηκε ότι υπάρχει και ο παράγοντας του «marketing», δηλαδή, η τάση να αντιγράφεται μια σκηνοθετική συνταγή επιτυχίας. Αν για

παράδειγμα μια συγκεκριμένη παράσταση που έκανε ο Χ σκηνοθέτης εμπεριείχε χρήση ασύρματων μικροφώνων και πήγε εμπορικά πολύ καλά, τότε αυτό μπορεί να είναι λόγος να προταθεί χρήση μικροφώνων ακόμη κι αν δεν χρειάζονται. (T1)

Έβδομος λόγος, που όμως έρχεται σαν ένα πλεονέκτημα που προκύπτει από την ίδια την χρήση, είναι η δυνατότητα για χρήση διαφόρων ηχητικών εφέ στις φωνές των ηθοποιών. Εφέ όπως μεγάλη τεχνητή αντήχηση (reverberation), επαναλήψεις στη φωνή σαν ηχώ, (echo and delay) ή ακόμα και τονικές αλλαγές (pitch shift) στη φωνή προς τα πάνω ή προς τα κάτω, μπορούν να προσδώσουν στη δραματουργία άλλες διαστάσεις και να κάνουν μια παράσταση να αποκτήσει περισσότερα επίπεδα. (T1, T2, M2).

Όγδοος λόγος, αναφέρθηκε η αδυναμία ακουστικού σχεδιασμού σε ορισμένα θέατρα και το μεγάλο τους μέγεθος που κάνει τις φωνές των ηθοποιών να χάνονται. Καταλαβαίνουμε πως αν ένα τέτοιο θέατρο βρίσκεται στην λίστα περιοδείας ενός θιάσου, θα χρειαστεί ενίσχυση μόνο και μόνο για αυτό. Άλλος ένα λόγος για να σκεφτεί ο σκηνοθέτης «ας έχουμε μικρόφωνα για να είμαστε ήσυχοι», όσο κι αν εννοεί το αντίθετο κυριολεκτικά! (T2, Σ2, M1, M2).

Τα ασύρματα μικρόφωνα χρησιμοποιήθηκαν αρχικά στα κλειστά θέατρα, για κάποιους από τους παραπάνω λόγους. Στα ανοιχτά θέατρα, παρά τις δυσκολίες που αναφέραμε, υπήρχε αντίσταση στην πρακτική αυτή κυρίως ιδεολογική. Η κοινή γνώμη, για παράδειγμα, ήταν ότι «δεν μπορείς να βεβηλώσεις την ακουστική της Επιδαύρου με την χρήση μικροφώνων, δεν θα το ήθελε κανείς». Παρ' όλ' αυτά, η σημερινή εικόνα είναι όπως μας την περιέγραψε τεχνικός ήχου του φεστιβάλ Επιδαύρου το 2022, αναφέροντας χαρακτηριστικά πως : «πλέον 8 ή 9 στις 10 θεατρικές παραγωγές κάνουν χρήση ασύρματων μικροφώνων στους ηθοποιούς» .

3.4. Η προκλήσεις στη χρήση πολλαπλών ασύρματων σε ηθοποιούς

Τα ασύρματα μικρόφωνα πέρα από τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν, κρύβουν και πολλές προκλήσεις ή ακόμα μειονεκτήματα. Παρακάτω αναφέρουμε τα σημαντικότερα από αυτά.

3.4.1. Αγνοείται ο ομιλών

Όπως ήδη αναφέραμε εκτεταμένα στο σκέλος 3, σε περίπτωση που πλήθος ηθοποιών βρίσκονται επί σκηνής, ο θεατής δύσκολα αντιλαμβάνεται από πού έρχεται ο λόγος, ποιος μιλάει. Τους λόγους τους έχουμε ήδη αναλύσει και είναι το πιο δύσκολο κομμάτι αυτής της απόφασης χρήσης ασύρματων μικροφώνων, ιδίως αν οι στάθμες σε μια παράσταση, είναι μόνιμα πολύ μεγάλες.

3.4.2. Στάθμες μίξης

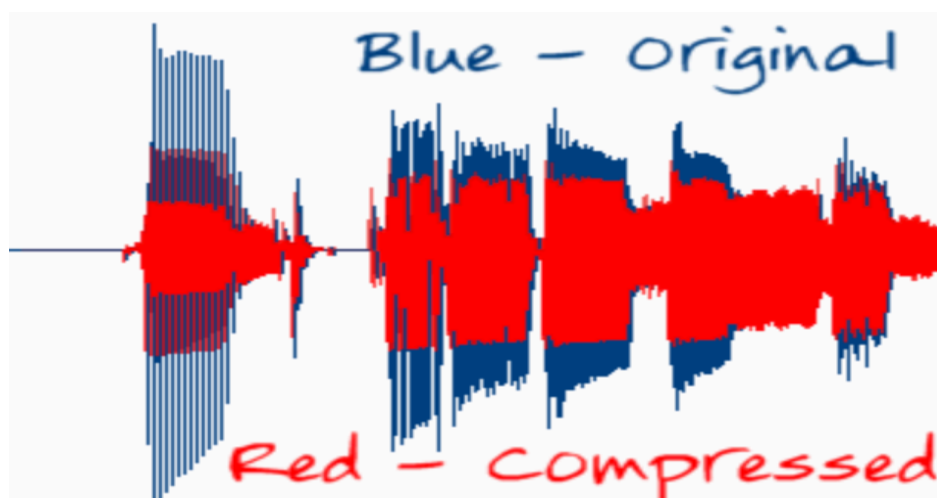
Οι στάθμες των φωνών των ηθοποιών που έχουν αυτή την «εσωτερική ερμηνεία», δηλαδή χαμηλή, φυσική στάθμη, απαιτούν διαρκώς ρύθμιση για να ακούγονται με κάποια συνέπεια, δηλαδή να έχουν μια σταθερή στάθμη όπως και στον κινηματογράφο. Όμως, στις ατάκες των ηθοποιών στον κινηματογράφο όπου υπάρχουν παρόμοιες ερμηνείες, υπάρχει έλεγχος που γίνεται μετά την ηχογράφιση τους, σε στούντιο post production και γίνονται διορθώσεις στάθμης σε επίπεδο λέξης (εικ.3.17).



Εικ. 3.17. Απεικόνιση αυτοματισμού στάθμης σε επίπεδο λέξης σε λογισμικό

Στο ζωντανό θέατρο, παρόμοιες διορθώσεις γίνονται μόνο σε ζωντανό χρόνο και είναι εξαιρετικά απαιτητικές στον χειρισμό, ιδίως όταν πρόκειται για πλήθος ηθοποιών επί σκηνής. Οι χειρισμοί της στάθμης σε πραγματικό χρόνο μπορούν να

γίνουν με 2 τρόπους. Ο 1^{ος} τρόπος είναι με Real time και manual leveling από τα faders. Αυτό σημαίνει ότι ο χειριστής θα πρέπει να γνωρίζει από τις πρόβες όλες τις διαφορετικές στάθμες και να τις διορθώνει αλλάζοντας διαρκώς τις στάθμες με τα χέρια του όπου και όποτε χρειάζεται από τα faders της κονσόλας χειρισμού. Μπορούμε να φανταστούμε ότι σε μια 2ωρη παράσταση με 15-20 ηθοποιούς, πρόκειται για ένα εξαιρετικά δύσκολο έργο. Φυσικά υπάρχουν διαδικασίες που μπορούν να αυτοματοποιηθούν, με εντολές σε λογισμικά όπως το Qlab¹⁹ και να αλλάζουν ομαδικά οι στάθμες σε πολλά κανάλια ταυτόχρονα, να κλείνουν ή να ανοίγουν τα κανάλια των μικροφώνων, να αλλάζουν εφέ ή χροιές και πολλά άλλα χρήσιμα εργαλεία, δεν παύει όμως και πάλι να χρειάζεται πολύς προγραμματισμός για όλα αυτά που απαιτεί πολύ χρόνο, πρόβες και προσπάθεια. Σε κάθε περίπτωση ο χειριστής θα πρέπει να παρακολουθεί το κείμενο της παράστασης και να δίνει τις προγραμματισμένες εντολές σε ζωντανό χρόνο, επιπλέον του επιμέρους ελέγχου των εντάσεων σε μεμονωμένα κανάλια.

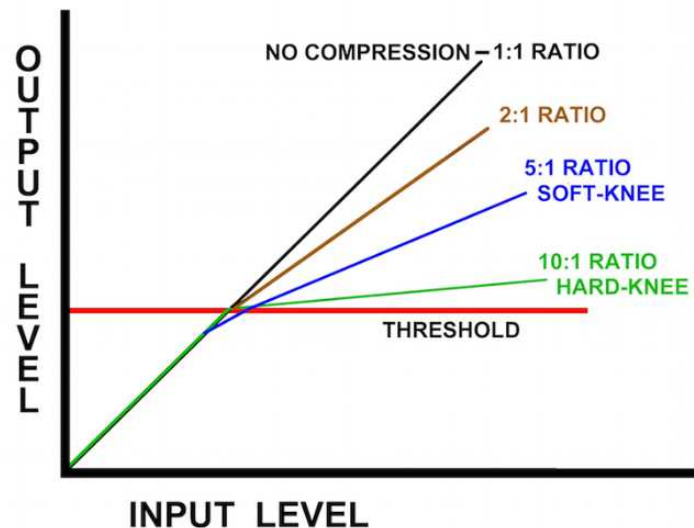


Εικ. 3.18. Απεικόνιση συμπιεσμένου ήχου (κόκκινο σήμα) σε σχέση με το αρχικό ασυμπιεστό (μπλε)

Ο 2^{ος} τρόπος ελέγχου της στάθμης είναι η συμπίεση της (compression), που βοηθά αρκετά, αλλά μέχρι ένα σημείο. Αν οι στάθμες εκτός από πολύ χαμηλές, είναι και

¹⁹ <https://qlab.app/overview/>

πολύ μεγάλες, η συμπίεση θα είναι μεγάλη, κάτι που δεν ακούγεται ευχάριστα, αλλά παράγει έναν πνιγμένο ήχο. Στην εικόνα 3.18 μπορούμε να δούμε τι απομένει από ένα συμπιεσμένο σήμα, ενώ στην επόμενη εικόνα βλέπουμε τις παραμέτρους τις συμπίεσης που μπορούν να κάνουν το εφέ λιγότερο ή περισσότερο διακριτό.



Εικ. 3.19. Η παράμετρος που καθορίζει την ένταση, ή τον λόγο της συμπίεσης (ratio) και το κατώφλι (threshold) πάνω από το οποίο ο ήχος υπόκειται επεξεργασία

Στην παράσταση «Πλούτος», αλλά και σε όλες τις παραστάσεις του ΚΘΒΕ, εφαρμόζουμε έναν συνδυασμό όλων των παραπάνω, με πολύ περισσότερες διαδικασίες που θα χρειάζονταν αρκετές σελίδες για να αναφερθούν, ώστε να ακούγεται ένα φυσικό και ευχάριστο αποτέλεσμα στον ήχο της παράστασης, που να μην ενοχλεί τον ακροατή.

3.4.3. Ζητήματα ασύρματης λήψης και φθοράς εξοπλισμού

Ένα θέμα που έχει παρουσιάσει μεγάλη πρόοδο, είναι αυτό της λήψης του σήματος των ασύρματων μικροφώνων, καθώς έχει βελτιωθεί κατά πολύ, η τεχνολογία που αφορά τις κεραίες και τους πομπούς των ασύρματων, τα τελευταία χρόνια. Παρ'όλ'αυτά, αν υπάρχει κάποια παράσταση που ο σκηνοθέτης, να θέλει ένας ηθοποιός, να βγαίνει πίσω και πέρα από τον χώρο κάλυψης (που έχει συμβεί), απαιτείται ειδική πρόβλεψη για την κάλυψη λήψης εκείνης της περιοχής με επιπλέον

εξοπλισμό, διαφορετικά θα υπάρχουν θέματα λήψης που στην καλύτερη περίπτωση σημαίνει διακοπή στον ήχο και στην χειρότερη ισχυρός ξαφνικός θόρυβος, που είναι ότι χειρότερο σε μια παράσταση.

Σύνηθες ζήτημα, είναι επίσης οι φθορές στα ευαίσθητα μέρη του ασύρματου, όπως τα καλώδια τους, που μπορούν να ζημιωθούν κατά την αλλαγή ρούχων, αν ένας ηθοποιός για παράδειγμα, αλλάζει 3-4 διαφορετικά κουστούμια κατά την διάρκεια της παράστασης. Ζημιές μπορεί να προκληθούν κατά την τοποθέτηση ή τις περισσότερες φορές την αποκαθήλωση των μικροφώνων, καθώς πολλοί ηθοποιοί βιάζονται να απαλλαγούν από αυτά και δεν περιμένουν τους τεχνικούς να τους βοηθήσουν, αλλά τα βγάζουν μόνοι τους. Τέλος, οι κάψες των μικροφώνων, παρά τα προστατευτικά σφουγγαράκια, έρχονται σε επαφή με το πρόσωπο του ηθοποιού, όπου αν υπάρχει ιδρώτας ιδίως το καλοκαίρι, μπορεί να δημιουργήσει από έντονο θόρυβο, ως και διακοπή του σήματος. Ιδρώτας μπορεί να διεισδύσει και στους πομπούς που φορούν οι ηθοποιοί σε ειδική ζώνη πάνω τους, που και πάλι μπορεί να προκαλέσει βλάβη. Όλα τα παραπάνω μπορούν να οδηγήσουν σε ενοχλητικά παράσιτα ή θόρυβο σε απρόβλεπτα σημεία, συνήθως στις χειρότερες στιγμές.

3.4.4. Crosstalk

Ακόμα ένα ζήτημα είναι η αλληλεπίδραση των μικροφώνων (Crosstalk), όταν οι ηθοποιοί έρχονται σε πολύ κοντινή επαφή μεταξύ τους και η φωνές τους ακούγονται από 2 ή παραπάνω μικρόφωνα. Αυτό αλλοιώνει τις χροιές και ακούγεται δυσάρεστα. Μπορεί επίσης να υπάρχει επαφή του μικροφώνου αν για παράδειγμα αγκαλιαστούν δυο ηθοποιοί, ξανά με ανεπιθύμητα ηχητικά αποτελέσματα. Τα παραπάνω ζητήματα απαιτούν μεγάλη εξοικείωση των ηθοποιών με τον εξοπλισμό τους, κάτι που συνήθως δεν διδάσκεται σε καμιά σχολή, αλλά τους μαθαίνουν οι τεχνικοί και αντιμετωπίζονται στις πρόβες των παραστάσεων, συνήθως με κάποια προβλήματα επικοινωνίας.

3.4.5. Feedback

Ένας περιοριστικός παράγοντας τέλος, όπως και σε κάθε εγκατάσταση που χρησιμοποιεί μικρόφωνα είναι το feedback, δηλαδή η ανατροφοδότηση του σήματος του μικροφώνου πίσω στο ηχείο. Αν μια ομάδα ηθοποιών, όπως ο χορός στις αρχαίες παραστάσεις, κινείται με μεγάλη συνοχή, υπάρχουν πολλά ανοιχτά πυκνωτικά μικρόφωνα στο ίδιο σημείο. Αυτό είναι κάτι που περιορίζει αρκετά το εύρος ενίσχυσης που μπορεί να επιτευχθεί, έχοντας τον περιοριστικό παράγοντα feedback σε άμεση εξάρτηση από τις θέσεις των ηχείων. Τονίζουμε την κατασκευή του μικροφώνου, αναφέροντας «πυκνωτικό», καθώς όλα τα εμπορικά μοντέλα ασύρματων χειλόφωνων μικροφώνων μικρού μεγέθους (δηλαδή κατάλληλα για θεατρικές παραστάσεις κι όχι αναμετάδοση ποδοσφαίρου), είναι πυκνωτικά. Αυτά είναι κατά πολύ πιο ευαίσθητα και επιρρεπή στο feedback από τα δυναμικά μικρόφωνα, καθώς το περιθώριο ενίσχυσης μειώνεται κατά περίπου 3dB, για κάθε διπλασιασμό των μικροφώνων (αυτό ισχύει και για τα δυναμικά μικρόφωνα).

3.5. Συμπεράσματα

Η χρήση ασύρματων μικροφώνων στις σύγχρονες θεατρικές παραστάσεις αποτελεί πλέον μια αναπόφευκτη πραγματικότητα, ιδιαίτερα στα ανοιχτά θέατρα, όπου οι πολλαπλοί παράγοντες (θόρυβος περιβάλλοντος, ρεαλιστική υποκριτική, υψηλές στάθμες μουσικής, διαφορές φωνητικής ικανότητας ηθοποιών, ανάγκη για εφέ και εμπορικές τάσεις) έχουν επιβάλει την ενίσχυση των φωνών σε σχεδόν όλες τις μεγάλες παραγωγές. Η τεχνολογική εξέλιξη από τα πρωτόγονα, ογκώδη συστήματα της δεκαετίας του 1950 έως τα ψηφιακά, μικρότερου όγκου μοντέλα της τελευταίας δεκαετίας έχει δώσει λύσεις σε θέματα εμβέλειας, ποιότητας ήχου και σταθερότητας λήψης, ενώ εργαλεία όπως το λογισμικό WSM και τα diversity συστήματα έχουν κάνει τη διαχείριση πολλαπλών καναλιών πιο εφικτή και ασφαλή.

Ωστόσο, η τεχνολογία αυτή δεν έρχεται χωρίς σημαντικό κόστος – τόσο οικονομικό όσο και καλλιτεχνικό-τεχνικό. Η απώλεια ηχοεντοπισμού, η δυσκολία μίξης σε ζωντανό χρόνο σε δυναμικές ερμηνείες, τα προβλήματα φθοράς εξοπλισμού από

ιδρώτα/κίνηση/αλλαγές ρούχων, το crosstalk, το feedback και η συνεχής ανάγκη συχνοτικού scanning σε κάθε διαφορετικό μέρος, καθιστούν τη χρήση τους απαιτητική διαδικασία που προϋποθέτει εξειδικευμένο ακουστικό σχεδιασμό, προσεκτική πρόβα, εξοικείωση των ηθοποιών και συνεχή επαγρύπνηση του τεχνικού ήχου. Σε πολλές περιπτώσεις, η άσκοπη ή υπερβολική χρήση οδηγεί σε υποβάθμιση της φυσικής χωρικής αίσθησης και της ακουστικής αυθεντικότητας, ιδιαίτερα σε χώρους όπως η Επίδαυρος, όπου η φυσική ακουστική ήταν ιστορικά ιδανική. Συμπερασματικά, τα ασύρματα μικρόφωνα αποτελούν εργαλείο που – όταν χρησιμοποιείται με μέτρο, γνώση και προσαρμοσμένη ηλεκτρακουστική στρατηγική – μπορεί να ενισχύσει την κατανοητότητα (speech intelligibility) του λόγου και την αισθητική μιας παράστασης. Η πρόκληση για το σύγχρονο ανοιχτό θέατρο είναι μια ελεγχόμενη ενσωμάτωση της τεχνολογίας, ώστε η ενίσχυση να υποστηρίζει και όχι να αντικαθιστά την ανθρώπινη φωνή. Αυτό απαιτεί μεγαλύτερη εκπαίδευση σκηνοθετών και συντελεστών, συστηματική συνεργασία με τεχνικούς ήχου από νωρίς στη δημιουργική διαδικασία και – κυρίως – κριτική αξιολόγηση του πότε η τεχνολογία υπηρετεί την παράσταση και πότε την αλλοιώνει.

4. Η καθυστέρηση του ήχου και η επίδραση της στις ηλεκτρακουστικές εγκαταστάσεις στα θέατρα με χρήση ασύρματων μικροφώνων.

Η αρχική ιδέα της εφαρμογής του φαινομένου που περιέγραψε ο Haas, είναι η ομοιόμορφη κατανομή ηχητικής στάθμης σε έναν οποιονδήποτε χώρο, με σκοπό ο κάθε ακροατής, - όπου κι αν βρίσκεται στον χώρο - να έχει την ίδια ακουστική εμπειρία με οποιονδήποτε άλλον, ή καλύτερα με μια ιδανική θέση ακρόασης (που στην εποχή μας είναι η θέση του χειριστή του ήχου), με κύρια παράμετρο ο ακροατής να μην χάσει την κατεύθυνση της πηγής του ήχου.

4.1. Ακουστική και ηλεκτρακουστική καθυστέρηση

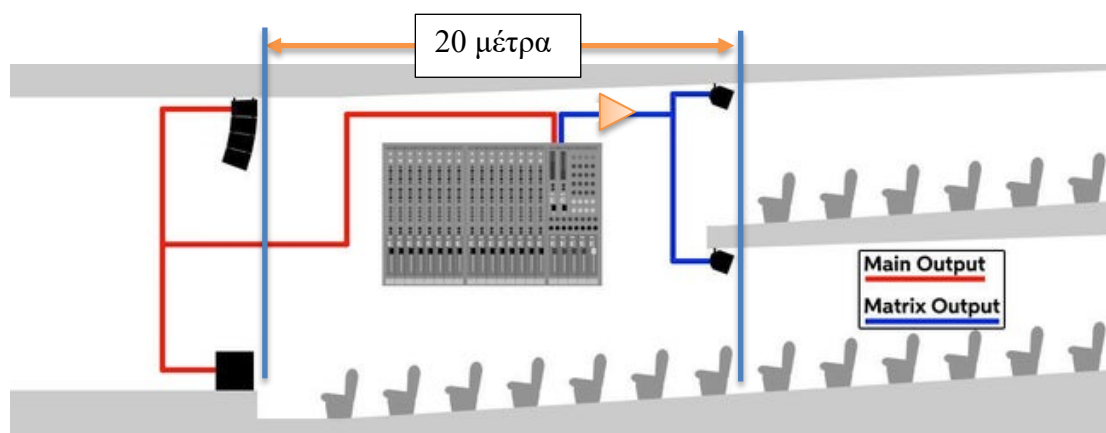
Αντλώντας από την παρακάτω εικόνα 4.1, την έννοια της καθυστέρησης του ήχου, βλέπουμε το πώς από μια πηγή που είναι η κονσόλα ήχου, ο ήχος ταξιδεύει ταυτόχρονα προς το κεντρικό σύστημα ήχου ενός θεάτρου - με την κόκκινη γραμμή - και από διαφορετική έξοδο - με την μπλε γραμμή -, προς τα ηχεία που βρίσκονται στο πίσω μέρος της αίθουσας.

Αν, η απόσταση από τα μπρος ως τα πίσω ηχεία είναι - για παράδειγμα - 20 μέτρα (πορτοκαλί βέλος, βέβαια, το σχεδιάγραμμα της εικ.4.1, δεν είναι ρεαλιστικό και μάλλον τα 20m φαίνονται περισσότερο για 7-8m), τότε η ηλεκτρονική καθυστέρηση που εισάγουμε στο σήμα που φτάνει στα πίσω ηχεία (πορτοκαλί τρίγωνο), θα πρέπει να είναι 68.4 msec για να φτάσει ο ήχος ταυτόχρονα με τα μπροστά ηχεία στους ακροατές που βρίσκονται στον εξώστη και στο μέρος της πλατείας, κάτω από αυτόν. Αυτό το νούμερο προκύπτει από τον τύπο της ταχύτητας του ήχου που είναι 343m/sec σε θερμοκρασία 20 βαθμών Κελσίου.

Άρα η καθυστέρηση ή ο χρόνος (sec), θα είναι ίσος με την απόσταση (20m στην περίπτωση μας) διά την δεδομένη ταχύτητα του ήχου που βρίσκεται σε μια μικρή εξάρτηση από την θερμοκρασία, δηλαδή $v = 331,3 + 0,606 * 20 = 331,3 + 12,12 =$

343,42 m/s²⁰. Ο συντελεστής 0,606 προσθέτει για κάθε βαθμό Κελσίου επιπλέον τιμή στην ταχύτητα του ήχου. Έτσι για τα 20m, θα εισάγουμε καθυστέρηση 68,7msec.

Αν εφαρμόσουμε την πρόταση Haas (Δρ. Φώτης Κοντομίχος, 2013), μπορούμε να προσθέσουμε μέχρι και 35msec ακόμα για να αυξήσουμε περαιτέρω σε στάθμη την καθυστερημένη πηγή, χωρίς να επηρεάσουμε την χωρική αντίληψη του θεατή (που ακούει απευθείας την καθυστερημένη πηγή και βρίσκεται π.χ. κάτω από τον εξώστη), δηλαδή ο ακροατής θα εξακολουθεί να αντιλαμβάνεται ότι ο ήχος προέρχεται από τα κεντρικά ηχεία που βρίσκονται στη σκηνή.



Εικ. 4.1. Παράδειγμα καθυστέρησης του ήχου σε θέατρο²¹

Στους ανοιχτούς χώρους, όπως τα ανοιχτά θέατρα που εξετάζουμε στην παρούσα εργασία, ο υπολογισμός είναι απλός και απλώς υπολογίζουμε με τον νόμο του αντιστρόφου τετραγώνου : $L_2(R2) = L_1(R1) - 20 \cdot \log_{10}(R2/R1)$

Όπου R1 είναι η απόσταση όπου είναι η γνωστή στάθμη L₁, και R2 η απόσταση της απομακρυσμένης στάθμης L₂, που θέλουμε να υπολογίσουμε. (Στους κλειστούς χώρους η στάθμη της καθυστερημένης πηγής υπολογίζεται το ίδιο εύκολα με τους ανοιχτούς, αλλά πρέπει να ληφθεί υπόψιν και η αντήχηση του χώρου που συμβάλει στην στάθμη της αρχικής πηγής, σχετικά με τις στάθμες των καθυστερημένων πηγών ήχου). Ο νόμος του αντιστρόφου τετραγώνου, με απλές πράξεις οδηγεί στο παρακάτω πρακτικό υπολογιστικό συμπέρασμα (Φλώρος, 2013):

²⁰ https://el.wikipedia.org/wiki/Ταχύτητα_του_ήχου

²¹ <https://www.sweetwater.com/insync/timing-is-everything-for-your-pa/>

Πτώσης στάθμης → **6dB/διπλασιασμό** απόστασης και **20dB/δεκαπλασιασμό**.

Έτσι, στο παραπάνω παράδειγμα της απόστασης των 20m, η πτώση της στάθμης θα ήταν 26dB περίπου, δηλαδή αν, η πηγή είχε στάθμη 100dB στο 1 μέτρο, στα 10 μέτρα (**δεκαπλασιασμός** απόστασης) θα έπεφτε στα 80dB και από τα 10m, στα 20m (**διπλασιασμός** απόστασης), θα έπεφτε ακόμα 6dB και άρα θα ήταν 74dB.

Με την εφαρμογή του φαινομένου Haas, αν εισάγουμε 68,7msec καθυστέρηση στα πίσω ηχεία και επιπλέον καθυστέρηση ως 35msec, θα μπορούσαμε να αναπαράγουμε στάθμη ίση ή και λίγο μεγαλύτερη (μέχρι και 10 dB όπως προαναφέραμε), από αυτήν που φτάνει από το κεντρικό ηχοσύστημα στα σημεία μετά τα 20m.

4.2 Η εφαρμογή της καθυστέρησης σε ηλεκτρακουστική εγκατάσταση στο ανοιχτό θέατρο

Ο κύριος λόγος που η καθυστέρηση αποτελεί πρόβλημα/πρόκληση στο θέατρο, είναι γιατί πλέον οι φωνές των ηθοποιών, που ενισχύονται από ασύρματα μικρόφωνα κεφαλής, αναπαράγονται από ένα σημείο (ηχεία του θεάτρου) σε μια κυμαινόμενη απόσταση από την αρχική τους πηγή (οι ηθοποιοί που βρίσκονται σε κίνηση στην σκηνή ή και εκτός σκηνής), σε στάθμες που είναι μεγαλύτερες από τις στάθμες των πηγών, με αποτέλεσμα οι θεατές να χάνουν την ακουστική θέση της πηγής, δηλαδή να μην μπορούν να προσδιορίσουν που βρίσκεται ένας ηθοποιός επί σκηνής, αν χρησιμοποιούν μόνο την ακοή τους (η οπτική επαφή με τη σκηνή διευκολύνει πολύ στην ανίχνευση της πηγής, καθώς διακρίνετε η κίνηση στο πρόσωπο του ηθοποιού που μιλάει).

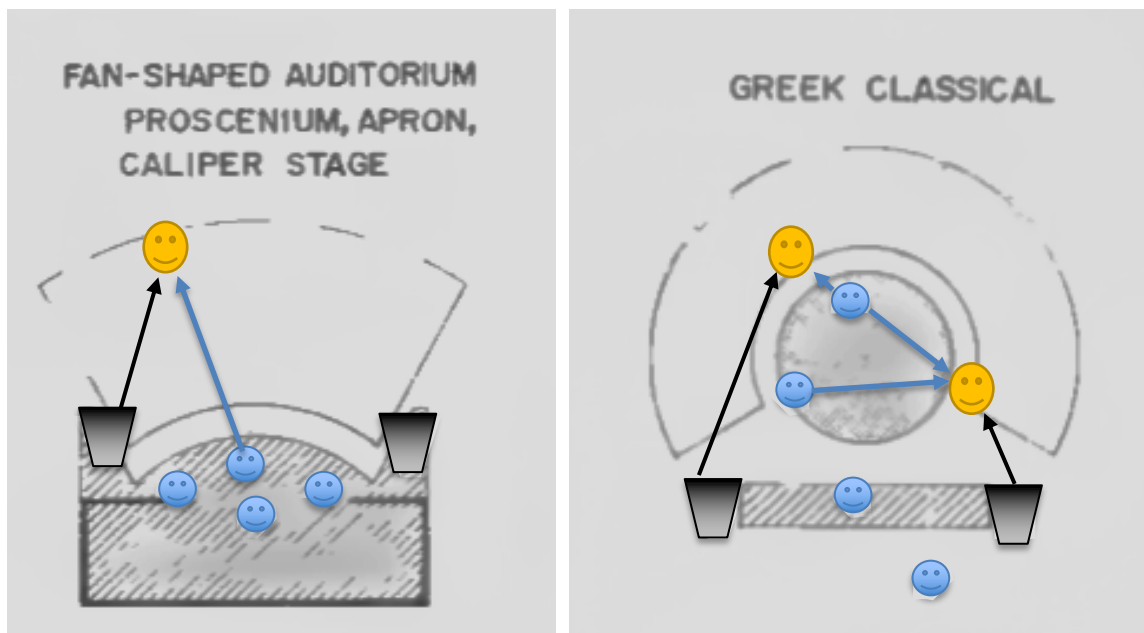
4.2.1 Η ηλεκτρακουστική μετάβαση από το κλειστό στο ανοιχτό θέατρο

Η συνθήκη που περιγράφεται αμέσως πριν, δεν αποτελεί πολύ μεγάλο πρόβλημα στα κλειστά θέατρα όπου η σκηνή βρίσκεται πίσω από τα ηχεία (συνήθως) και οι

ενισχυμένες στάθμες των φωνών με τα ασύρματα μικρόφωνα, είναι σχετικά πιο κοντά στις στάθμες των φυσικών φωνών των ηθοποιών. Σε αρκετές παραστάσεις μάλιστα, ακόμα δεν χρησιμοποιούνται ασύρματα μικρόφωνα στους ηθοποιούς. Η μετάβαση όμως της χρήσης μικροφώνων στους ηθοποιούς από τα κλειστά στα ανοιχτά θέατρα έγινε αβίαστα, απροετοίμαστα και σχεδόν θα μπορούσαμε να πούμε, στην τύχη.

Στην κρίση των περισσότερων σύγχρονων σκηνοθετών, μια παραγωγή σε κλειστό θέατρο μπορεί να μεταφερθεί στο ανοιχτό, με τις κατάλληλες προσαρμογές σε σκηνικά, φωτισμός, χωροθεσία των ηθοποιών κλπ. αλλά χωρίς να λαμβάνεται υπόψιν πολλές φορές ο ακουστικός σχεδιασμός. Οι περισσότεροι σκηνοθέτες, ηθοποιοί, σκηνογράφοι, κλπ., αγνοούν τους νόμους της ακουστικής και απλά αντιγράφουν τις πρακτικές των κλειστών θεάτρων σε παραγωγές που γίνονται σε ανοιχτά θέατρα, όσον αφορά τον συνολικό ήχο των παραστάσεων.

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα του ανοιχτού θεάτρου, είναι η ηχητική του κάλυψη σε σχέση με ένα κλειστό. Σχεδόν σε όλα τα κλειστά θέατρα, η σκηνή βρίσκεται πίσω από τα ηχεία της εγκατάστασης με αποτέλεσμα ο φυσικός ήχος των ηθοποιών επί σκηνής να φτάνει στους θεατές μετά τον ήχο των ηχείων (εικ.4.2 αριστερά). Αντίθετα, στα ανοιχτά θέατρα (εικ.4.2 δεξιά), ο φυσικός ήχος του ηθοποιού, όταν βρίσκεται στο χώρο της ορχήστρας (που συνήθως βρίσκεται), φτάνει στον θεατή πριν από τον ενισχυμένο ήχο από τα ηχεία. Έτσι, αν ο ήχος του ηθοποιού είναι πολύ μικρότερος σε στάθμη από τον ενισχυμένο, ο θεατής χάνει την χωρική θέση του ηθοποιού, καθώς τον ακούει από το πλησιέστερο σε αυτόν ηχείο. Αν λοιπόν, υπάρχουν 15 ηθοποιοί επί σκηνής με μικρόφωνα, η έννοια της χωρικής αντίληψης χάνεται εντελώς, καθώς και οι 15 θα ακούγονται από το ίδιο ακριβώς σημείο, ή σημεία (αν υπάρχουν και άλλα ηχεία που αναπαράγουν τις φωνές τους), ανεξάρτητα από την θέση τους πάνω στη σκηνή, κάτι που με τον φυσικό ήχο, χωρίς τη χρήση μικροφώνων ήταν αδύνατον να συμβεί. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται σε δύο κυρίως λόγους. Πρώτον, στην στάθμη του πρώτου χρονικά ήχου που φτάνει στον ακροατή από το πλησιέστερο μεγάφωνο και δεύτερον, στην καθυστέρηση του ήχου αυτού, ή καλύτερα στην έλλειψη της, σε σχέση με τον αρχικό ήχο, δηλαδή την φωνή του ηθοποιού με την πολύ χαμηλότερη στάθμη της.



Εικ. 4.2. Σύγκριση τοποθέτησης ηχείων σε ανοιχτά και κλειστά θέατρα

Έτσι, αυτό που υποστηρίζουμε είναι ότι,

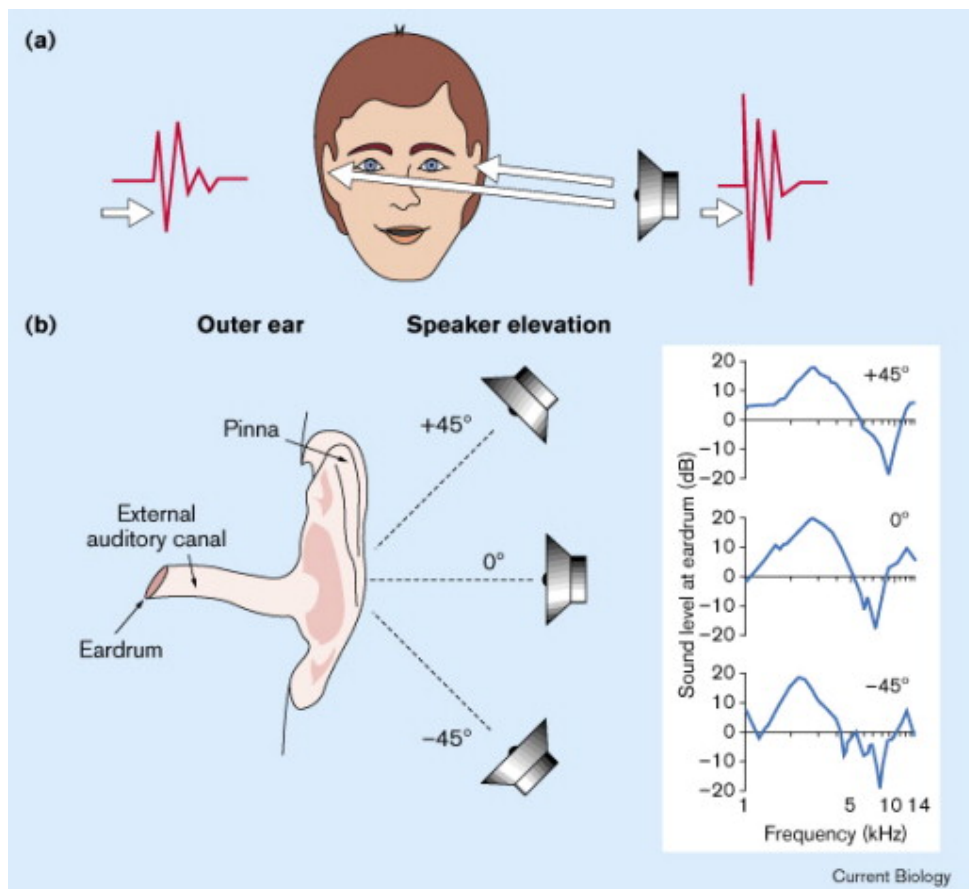
είναι αδύνατο να επιτευχθεί χωρική αντίληψη πλήθους ηθοποιών επί σκηνής που χρησιμοποιούν ασύρματα μικρόφωνα, για την ενίσχυση των φωνών τους, παρά μόνο εάν η στάθμη τους είναι ανταγωνιστική με αυτή της ενίσχυσης της από τα όποια ηχεία βρίσκονται στο χώρο και με την κατάλληλη τοποθέτηση τους.

Αυτή τη θέση στηρίζουμε στην επόμενη ενότητα αναλύοντας το θέμα του ηχοεντοπισμού (localization).

4.3 Localization

Προσδιορισμός της πηγής ήχου (Sound source localization - SSL) είναι μια τεχνική που περιλαμβάνει τον καθορισμό της θέσης μιας ή πολλαπλών πηγών ήχου σε σχέση με ένα επιλεγμένο σημείο αναφοράς, συνήθως τη θέση του μικροφώνου, μέσω της ανάλυσης των ακουστικών σημάτων που λαμβάνονται από την πηγή. Στην πράξη, ο προσδιορισμός της πηγής ήχου συχνά απλοποιείται στην εκτίμηση της κατεύθυνσης

άφιξης (direction of arrival, DOA) των πηγών, συγκεκριμένα των γωνιών αζιμούθιου και ανύψωσης, παραλείποντας τον υπολογισμό της απόστασης από την συστοιχία μικροφώνων (Amjad Khan Arbaz Waqar Byungki Kim, 2025). Με άλλα λόγια, ο εντοπισμός του ήχου (ή αλλιώς ηχητική τοποθεσία, sound localization ή ικανότητα ηχητικού εντοπισμού, ή χωροθεσίας) είναι η ικανότητα του ανθρώπινου (και ζωικού) ακουστικού συστήματος να προσδιορίζει την κατεύθυνση και, σε μικρότερο βαθμό, την απόσταση από την οποία προέρχεται ένας ήχος.



Εικ. 4.3. Οι παράμετροι που καθορίζουν τον εντοπισμό του ήχου, (α) ILD – ITD και (β) HRTF χωρίς να απεικονίζεται ο άνω κορμός²²

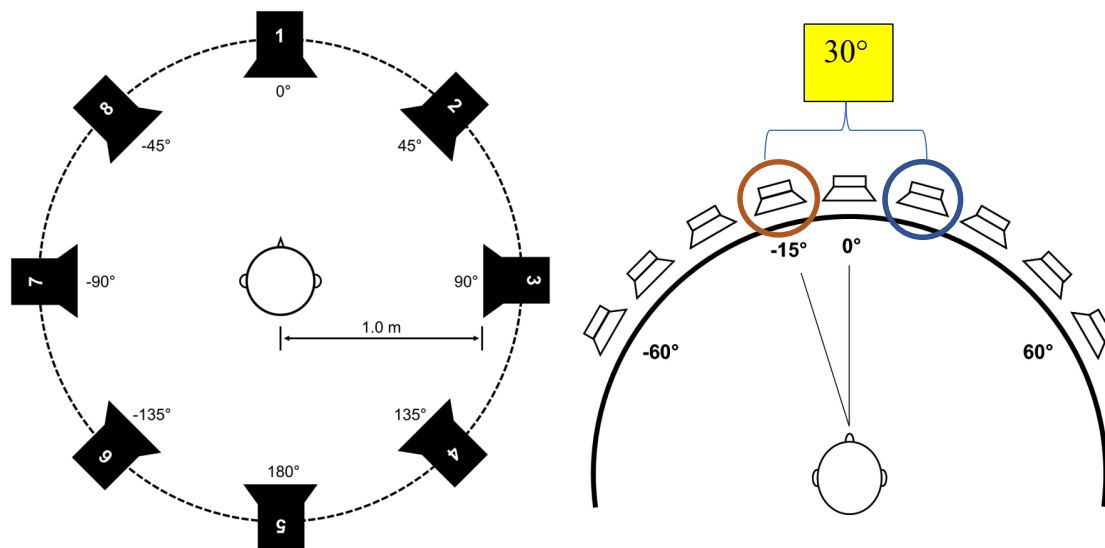
Είναι μια θεμελιώδης λειτουργία της ακοής που μας βοηθά να προσανατολιζόμαστε, να εντοπίζουμε κινδύνους, να επικοινωνούμε και να ακούμε σε περιβάλλον τριών

²² <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982299802279>

διαστάσεων (3D). Ο εντοπισμός του ήχου λειτουργεί με τον παρακάτω τρόπο. Το ανθρώπινο ακουστικό σύστημα χρησιμοποιεί δύο βασικά "σημεία" — τα δύο αυτιά — για να συγκρίνει τον ήχο που φτάνει σε κάθε αυτί. Αυτή είναι η αμφιωτική ακοή, αυτή δηλαδή που γίνεται με την χρήση και των δύο ωτών (αυτιών) μας. Αυτή η σύγκριση γίνεται με τους παρακάτω τρόπους. Ο πρώτος οφείλεται στη διαφορά στον χρόνο άφιξης του ήχου μεταξύ των δύο αυτιών μας και ονομάστηκε Interaural Time Difference - ITD. Ο ήχος, φτάνει πρώτα στο αυτί που είναι πιο κοντά στην πηγή. Η διαφορά αυτή του χρόνου, μπορεί να είναι από 0 έως ~0,63 msec (για ήχους από τα πλάγια στις 90°) και λειτουργεί καλύτερα για χαμηλές συχνότητες (< 1.5 kHz), όπου το μήκος κύματος είναι μεγαλύτερο από το μέγεθος του κεφαλιού. Ο δεύτερος, οφείλεται στην διαφορά έντασης μεταξύ των δυο αυτιών μας και ονομάζεται Interaural Level Difference – ILD. Αυτό που συμβαίνει είναι ότι το κεφάλι απορροφά

και σκιάζει τον ήχο, μειώνοντας την έντασή του στο πιο μακρινό αυτί (εκτός από την ελάχιστη μείωση που οφείλεται στην πολύ μικρή απόσταση των δυο αυτιών), ενώ λειτουργεί καλύτερα για υψηλές συχνότητες (> 1.5 kHz), όπου το μήκος κύματος είναι μικρό και η "σκιά" του κεφαλιού είναι σημαντική. Ο τρίτος, έχει να κάνει με τις λειτουργίες που σχετίζονται με την κατασκευή του κεφαλιού (ιδιαίτερα των πτερυγίων του αυτιού) και του άνω κορμού, που παίζουν σημαντικό ρόλο στον κατακόρυφο εντοπισμό της κατεύθυνσης του ήχου (πάνω/κάτω) και στην διάκριση στον άξονα μπρος πίσω, και ονομάζονται Head-Related Transfer Function (HRTF). Αυτές οι λειτουργίες, είναι μοναδικές για κάθε άτομο (σαν το δακτυλικό αποτύπωμα).

Τέλος, υπάρχουν και άλλοι παράγοντες εντοπισμού της ηχητικής πηγής, όπως η απόσταση (Distance Localization), αλλά είναι λιγότερο ακριβής ως προς την κατεύθυνση. Μπορεί να βασίζεται στην μείωση της στάθμης (αντίστροφος τετραγωνικός νόμος), στην τροποποίηση του φάσματος, όπως απώλεια υψηλών συχνοτήτων (απορρόφηση από αέρα), σε φαινόμενα αντήχησης ή σε ανακλάσεις για κλειστούς χώρους, όπως και σε κάποια γνωστικά ηχητικά ερεθίσματα (π.χ. φωνή γνωστού προσώπου).



Εικ. 4.4. Ψυχοακουστικά πειράματα για την ικανότητα ηχοεντοπισμού²³

Η ικανότητα εντοπισμού της τοποθεσίας ήχου (sound localization ability) μετρείται πειραματικά με ψυχοακουστικές δοκιμές (εικ.4.4) σε ελεγχόμενο περιβάλλον (συνήθως ηχομονωμένος και ανηχοϊκός θάλαμος). Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι, από απλές έως πολύ ακριβείς. Συνήθως, ο συμμετέχων κάθεται κεντραρισμένος σε κύκλο με ηχεία (π.χ. 8–12 ηχεία σε 360°). Ακούγεται ένας σύντομος ήχος (π.χ. ροζ θόρυβος διάρκειας 200 msec) από τυχαίο ηχείο. Ο συμμετέχων δείχνει ή λέει από ποιο ηχείο αντιλαμβάνεται ότι ήρθε ο ήχος (ή πατάει το ανάλογο κουμπί). Από τέτοια πειράματα μπορούμε να δείξουμε την ελάχιστη γωνία ακρόασης (minimum audible angle), που για έναν ακροατή - χωρίς προβλήματα ακοής - είναι ικανότητα διάκρισης από μπροστά του στις $\sim 1^\circ$ – 2° , στα πλάγια του, περίπου στις 5° – 10° μοίρες ενώ από πίσω του, ο εντοπισμός πέφτει περαιτέρω στις περίπου 15° με 20° μοίρες.

Άλλες μέθοδοι μέτρησης ηχοεντοπισμού όπως η ισχύς της προσανατολισμένης απόκρισης (Steered Response Power – SRP) περιλαμβάνει συστοιχίες μικροφώνων για εντοπισμό βάσει σχηματισμού δέσμης (beamforming based localization). Ο αλγόριθμος της μεθόδου αυτής, υπολογίζει την κατεύθυνση του ήχου χρησιμοποιώντας τις χωρικές ιδιότητες σημάτων που προέρχονται από μια συστοιχία

²³ https://www.researchgate.net/figure/Loudspeaker-setup-for-the-sound-localization-test-The-test-was-conducted-in-a-soundproof_fig1_359032133

μικροφώνων, με επεξεργασία στις χρονικές διαφορές τους (Gabriel Jekaterzyńczuk, 2023).

Οι παραπάνω μετρήσεις γίνονται για εντοπισμό πηγής ήχου χωρίς το οπτικό ερέθισμα. Η όραση, είναι πολύ καθοριστικός παράγοντας προσδιορισμού του ήχου, πάντα σε συνδυασμό με την πηγή του ήχου, ιδιαίτερα για θέατρο που μας αφορά (Moore, 2003).

4.3.1. Ηχοεντοπισμός μεταξύ δύο πηγών ήχου σε ανοιχτό πεδίο

Όταν έχουμε δύο πηγές ήχου σε ανοιχτό (ή ανηχοϊκό) πεδίο και θέλουμε να προσδιορίσουμε ποια πηγή ακούγεται δυνατότερα σύμφωνα με τα πειράματα ψυχοακουστικής και τους μηχανισμούς ανθρώπινης ακοής, αρκεί μια διαφορά 0.5 με 1dB, ανάλογα με τη συχνότητα και την γωνία πρόσληψης (π.χ. στα 1.4kHz στις 0° έχουμε την μέγιστη ικανότητα διαφοροποίησης ακόμα και σε 0.5dB). Αυτό είναι το κατώφλι διαφοροποίησης δύο ήχων, Just Noticeable Level Difference ή Interaural Level Difference Threshold. Τα πειράματα, σε αυτή την περίπτωση, γίνονται με δυο ηχεία με π.χ. με διαφορά γωνίας 30° μπροστά από τον ακροατή και ίδια στάθμη (όπως είναι π.χ. τα δυο ηχεία της εικόνας 4.4 δεξιά, που επισημαίνουμε με τους κύκλους). Σταδιακά μειώνεται η στάθμη στο ένα από τα δυο και καταγράφεται η διαφορά. Το 75% των ακροατών εντοπίζει διαφορά 0.7dB από μπροστά, ενώ διαφορές 2dB, γίνονται διακριτές από όλους. Επίσης, όσο μεγαλύτερη είναι η γωνία των ηχείων, τόσο πιο εύκολα διακρίνεται η διαφορά στη στάθμη μεταξύ τους, ενώ ισχύει και ακριβώς το αντίθετο. (Blauert, 1997).

Επιπλέον, αν ενσωματώσουμε στα παραπάνω πειράματα εντοπισμού δύο πηγών καθυστέρηση (δηλαδή το φαινόμενο του Haas, που αναφέραμε στο τέλος του σκέλους 2.4) στη μία από τις πηγές, τα αποτελέσματα αλλάζουν ως εξής. Για 5msec καθυστέρηση, ο 2^{ος} ήχος δεν γίνεται αντιληπτός ως πηγή, ακόμα και αν ενισχυθεί μέχρι και 6dB, ενώ για 10msec, τα decibels ενίσχυσης αγγίζουν τα 10 για να γίνει

αντιληπτός, που είναι και η ανώτερη παρατηρήσιμη στάθμη. Από εκεί και πέρα, στα 20 και 30msec, οι στάθμες είναι +5 και +3dB αντίστοιχα.

4.3.2. Εντοπισμός του ήχου στο ανοιχτό θέατρο

Από τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε ότι στο ανοιχτό θέατρο και χωρίς κάποιου είδους ενίσχυση ήχου, οι ακροατές μπορούν να αντιληφθούν την θέση των



Εικ. 4.5. Η διαφορά στις γωνίες ακρόασης μεταξύ των διαφορετικών θέσεων του θεάτρου, παίζει καθοριστικό ρόλο στον εντοπισμό της πηγής ήχου, στο ανοιχτό θέατρο (κάτοψη του θεάτρου Δάσους)²⁴

²⁴ <https://www.visit-centralmacedonia.gr/el/>

ηθοποιών επί σκηνής (ή καλύτερα, επί της ορχήστρας, όπου διαδραματίζεται πλέον το μεγαλύτερο ποσοστό της θεατρικής δράσης), από την θέση τους, με βάση την όραση τους και την αμφιωτική ακοή τους.

Η αίσθηση και ο εντοπισμός της θέσης του ηθοποιού, είναι πιο εύκολη όσο πιο κοντά βρίσκεται ο θεατής στη σκηνή, καθώς έτσι έχει καλύτερη οπτική επαφή, μικρότερη γωνία θέασης και μεγαλύτερη στάθμη. Η δυνατότητα εντοπισμού εξαρτάται και από το πλήθος των ηθοποιών επί σκηνής. Όσο περισσότεροι είναι αυτοί, τόσο πιο δύσκολο είναι να καταλάβει ο θεατής ποιος μιλάει, κάτι που δυσχεραίνεται ακόμη περισσότερο, όσο αυξάνεται η απόσταση από τη σκηνή.

Αυτό συμβαίνει, γιατί μεγαλώνει η γωνία του θεατή με τις διαφορετικές πηγές ήχου όσο πιο κοντά βρίσκεται στη σκηνή, ενώ μικραίνει όσο απομακρύνεται (εικ.4.5). Όσο μικρότερη η γωνία αυτή, τόσο πιο δύσκολη η αντίληψη χωροθέτησης της πηγής ήχου, όπως είδαμε πιο πάνω.

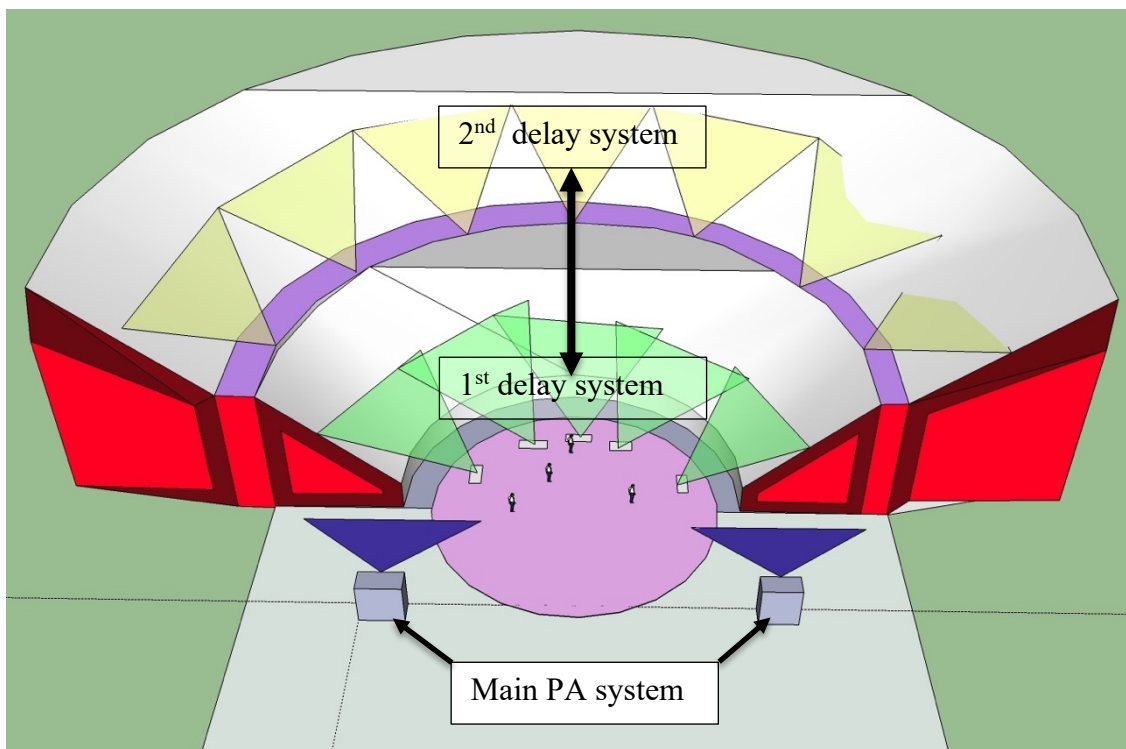
Αν τώρα προσθέσουμε μια τεχνητή πηγή ήχου, όπως είναι ένα μεγάφωνο, για την ενίσχυση του ήχου των ηθοποιών, η χωρική αντίληψη γίνεται ακόμα πιο δύσκολη, καθώς το μεγάφωνο αυτό θα βρίσκεται σε διαφορετική θέση από τον ηθοποιό και θα έχει διαφορετική γωνία για κάθε θεατή, από τη θέση που βρίσκεται, ως προς τη θέση του ηθοποιού (όπως είδαμε στην εικ.4.2). Για να λυθεί αυτό το πρόβλημα, απαιτείται ένας ειδικός ηλεκτρακουστικός σχεδιασμός σε κάθε θέατρο, λαμβάνοντας υπόψιν όλες τις παραπάνω παραμέτρους και περιορισμούς.

Στο θέμα αυτό δεν μπορέσαμε να βρούμε αναφορές στην ελληνόφωνη και αγγλόφωνη βιβλιογραφία.

Στη συνέχεια ακολουθούν μερικές προτάσεις προς αυτή την κατεύθυνση, κάποιες από τις οποίες έχουν υλοποιηθεί και άλλες είναι θεωρητικές προσεγγίσεις, που στηρίζονται στην θεωρία που προηγήθηκε και την εμπειρία μας στον χώρο του θεάτρου.

4.3.3. Προτάσεις τοποθέτησης ηλεκτρακουστικής εγκατάστασης που αντιμετωπίζουν το πρόβλημα των καθυστερήσεων

Το πρόβλημα της ηχητικής κάλυψης του ανοιχτού θεάτρου μας έχει απασχολήσει πολύ κατά τα τελευταία χρόνια, κυρίως λόγω της αυξανόμενης χρήσης των ασύρματων μικροφώνων στους ηθοποιούς για όλους τους λόγους που προαναφέραμε.



Εικ. 4.6. Πρόταση ηχητικής κάλυψης ανοιχτού θεάτρου για χρήση ασύρματων μικροφώνων στους ηθοποιούς

Η κατάσταση είναι πλέον δεδομένη, χωρίς να ληφθούν υπόψιν όλες οι παράμετροι και οι τεχνικοί καλούνται να την διαχειριστούν με την επίτευξη ικανοποιητικών, αν όχι πολύ καλών αισθητικών αποτελεσμάτων. Η ηχητική εγκατάσταση όπως περιγράφεται στην εικόνα 4.2 δεξιά παραπάνω, δεν δημιουργούσε πρόβλημα στις θεατρικές παραστάσεις, όπου δεν γινόταν χρήση μικροφώνων σε ηθοποιούς. Τα ηχητικά συστήματα PA ήταν συνήθως στημένα όπως στις μουσικές συναυλίες και χρησιμοποιούνταν μόνο για μουσική υπόκρουση και εφέ. Όταν άρχισαν να χρησιμοποιούνται τα ασύρματα μικρόφωνα στο ανοιχτό θέατρο, διαπιστώθηκαν τα πρώτα προβλήματα

από τους τεχνικούς οι οποίοι άρχισαν να τα αναδεικνύουν . Η πρώτη πρόταση που έγινε από το τεχνικό τμήμα ήχου του ΚΘΒΕ το 2022, είχε την παρακάτω μορφή.

4.3.3.1. Πρόταση τεχνικού τμήματος ΚΘΒΕ 2022 και σχολιασμός

Η περιγραφή του προβλήματος που γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να γίνει κατανοητός σε ανθρώπους χωρίς τεχνική κατάρτιση, ήταν η παρακάτω με τα πλάγια γράμματα:

« Όταν οι ηθοποιοί ΔΕΝ χρησιμοποιούν ασύρματα μικρόφωνα, η φωνή τους φτάνει στους θεατές άμεσα και τα κεντρικά ηχεία (Left-Right), αναπαράγουν τη μουσική και ηχητικά εφέ.

Όταν οι ηθοποιοί χρησιμοποιούν ασύρματα μικρόφωνα, η φωνή τους φτάνει στους θεατές 1^{ον}: άμεσα ΚΑΙ 2^{ον} : μέσω των κεντρικών ηχείων (Left-Right).

*Αυτό δημιουργεί ένα ακουστικό φαινόμενο «**διπλής φωνής**», λόγω της απόστασης μεταξύ του ηθοποιού με τα ηχεία.*

Δηλαδή ο ήχος φτάνει στο θεατή, πρώτα από τον ηθοποιό (που είναι μπροστά του) και με μια μικρή καθυστέρηση (λόγω απόστασης και της ταχύτητας του ήχου) από τα κεντρικά ηχεία.

Η διαφορά απόστασης μπορεί να κυμαίνεται από 5 ως 30 μέτρα, (ανάλογα με την θέση του ηθοποιού στην ορχήστρα). Αυτό μεταφράζεται σε 15 ως 85 msec, (ή 0.015 – 0.085 δευτερόλεπτα). Σύμφωνα με την ψυχοακουστική, το ανθρώπινο αυτί :

*1^{ον} μπορεί να χρησιμοποιήσει θετικά καθυστερήσεις του ίδιου ήχου μέχρι τα 50msec καθώς τα θεωρεί σαν ανακλάσεις, αρκεί να μην ξεπερνούν σε ένταση την κύρια πηγή ήχου, δηλ. τον ηθοποιό. 2^{ον} αντιλαμβάνεται τη διαφορά του **ίδιου ήχου** που αναπαράγεται από δυο διαφορετικές πηγές με **παρόμοια** ένταση, όταν αυτή η διαφορά είναι πάνω από 30msec, ενώ διαφορές 10-30 msec δημιουργούν διάφορα εφέ στον ήχο και διαφορές 1-10 msec δημιουργούν δυσάρεστα φαινόμενα ακύρωσης φάσης του ήχου. Όλα αυτά τα εφέ χρησιμοποιούνται στη δισκογραφία σαν ηχητικά εφέ, αλλά στον προφορικό λόγο ΠΟΤΕ, καθώς δυσχεραίνουν την κατανοητότητα του λόγου και κουράζουν τον ακροατή μετά από λίγα λεπτά ακρόασης.*

3^{ον} όταν η διαφορά στην ένταση είναι μεγαλύτερη από 10dB, γίνεται αντιληπτή σα να προέρχεται από την πιο δυνατή πηγή.»

Από τα παραπάνω σχόλια, το 2^ο σημείο είναι υπό συζήτηση, καθώς ισχύει εν μέρη, αλλά οι χρονικές διαφορές που περιγράφονται είναι αυτές που χρησιμοποιούνταν από την αρχαιότητα για την φυσική ενίσχυση του ήχου, οπότε δεν ισχύει ότι ποτέ δεν χρησιμοποιούνται, αλλά αντίθετα χρησιμοποιούνται ευρέως από τις φυσικές ακουστικές των θεάτρων εδώ και αιώνες. Φυσικά στην ηχογράφηση μιας φωνής που προορίζεται για αφήγηση, ποτέ κανείς δεν προσθέτει καθυστέρηση μέχρι 50msec πάνω στην φωνή, καθώς αυτό δεν θα βοηθήσει σε τίποτα (πέρα από τη χρήση του σαν εφέ σε κάποιο ίσως σημείο) και ίσως αυτό υπαινίσσεται εδώ το συγκεκριμένο ασαφές σχόλιο. Στη συνέχεια προτείνεται ως λύση το άνω σχέδιο (εικ.4.6), με τα παρακάτω σχόλια:

«Το πρόβλημα εξομαλύνεται αρκετά, με την τοποθέτηση ηχείων ΜΠΡΟΣΤΑ από τους ηθοποιούς και περιμετρικά της ορχήστρας (πράσινο χρώμα στο σχέδιο) για την αναπαραγωγή ΜΟΝΟ των ηθοποιών (προαιρετικά και μιας δεύτερης σειράς ηχείων στο διάζωμα (κίτρινο χρώμα στο σχέδιο)) τα οποία μπορούμε να «καθυστερούμε» ψηφιακά, ώστε να δίνεται η «αίσθηση» στους θεατές ότι ο ήχος προέρχεται από την σκηνή.

Αυτό σημαίνει ότι, για την ιδεατή ηχητική κάλυψη ολόκληρου του θεάτρου χρειαζόμαστε 5 (ή 12) μικρά ηχεία για την αναπαραγωγή των ηθοποιών με ασύρματα μικρόφωνα.

Τα κεντρικά ηχεία θα αναπαράγουν τη μουσική και τα εφέ όπως πριν και θα λειτουργούν σαν μόνιτορ ήχου για τους ηθοποιούς που θα τραγουδούν «πάνω» σε προ-ηχογραφημένα τραγούδια ή ζωντανή μουσική»

Στη συνέχεια ακολούθησε τεχνική πρόταση που δικαιολογεί την προμήθεια συγκεκριμένου εξοπλισμού τεχνικά.

Η φράση «**καθυστερούμε**» στο παραπάνω κείμενο είναι ακριβώς αυτό που δίνει την λύση εν μέρη και στην χωρική τοποθέτηση του ηθοποιού, στην αντίληψη του θεατή πάνω στη σκηνή, ή καλύτερα στην ορχήστρα, εφόσον είμαστε πλέον στο ανοιχτό αρχαίο θέατρο.

Η ιδέα που προτείνεται από το τεχνικό τμήμα ΚΘΒΕ είναι αυτή που χρησιμοποιήσαμε εν μέρη και σε αυτή την εργασία όπως θα δούμε στη συνέχεια, στην περιοδεία ΚΘΒΕ του 2024. Αυτό που προτείνεται σαν λύση, είναι η τοποθέτηση των ηχείων και πάλι

μπροστά από τα μικρόφωνα των ηθοποιών, περιμετρικά της ορχήστρας, με τη χρήση φυσικά των κατάλληλων εμπορικά λύσεων από άποψη μεγέθους, και γωνίας κάλυψης. Έτσι η απόσταση ηχείου-ηθοποιού μειώνεται. Ο ήχος που φτάνει στους θεατές είναι συνδυασμός του μπροστά ηχείου και του ηθοποιού και δρα σαν μια κοντινή ανάκλαση, αρκεί να είναι κοντά σε στάθμη με την στάθμη του ηθοποιού (όχι πάνω από 10dB) για λόγους χωρικής αντίληψης όπως εξηγήσαμε. Στην 2^η σειρά ηχείων με την κίτρινη προβολή, στο πρώτο διάζωμα θα εισαχθεί καθυστέρηση στο σήμα εξόδου (αυτό γίνεται πλέον από μια απλή ρύθμιση στην έξοδο της ψηφιακής κονσόλας ήχου), που θα είναι ίση ή λίγο μεγαλύτερη (το Haas effect προτείνει 10msec επιπλέον της απόστασης), από την φυσική απόσταση των 2 κοντινότερων ηχείων περιμετρικά της ορχήστρας και του διαζώματος, απόστασης δηλαδή που επισημαίνουμε με το διπλό μαύρο βέλος στην εικόνα 3.6.

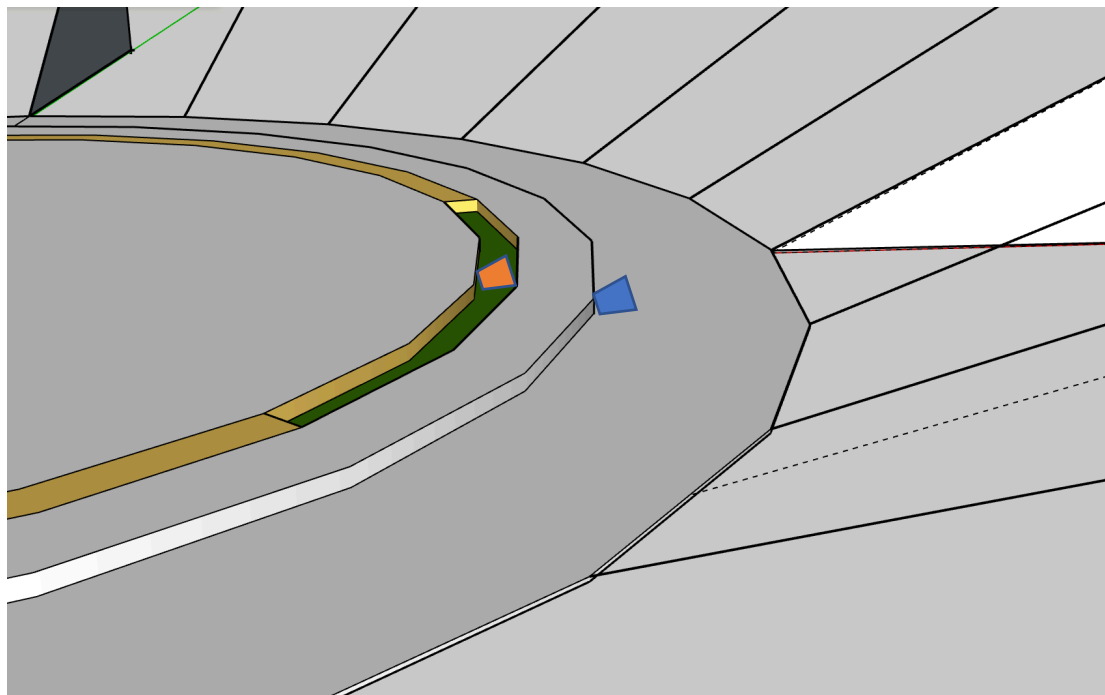
Σε κάθε περίπτωση, η στάθμη των ηχείων πρέπει να είναι παραπλήσια με τη φυσική στάθμη του ηθοποιού, ώστε να λογίζεται στην αντίληψη του ακροατή ως ηχώ, ή φυσική ανάκλαση.

4.3.3.2. Άλλες προτάσεις ηλεκτρακουστικής εγκατάστασης ανοιχτού θεάτρου

Διάφορες λύσεις θα μπορούσαν να προταθούν για μια μόνιμη ηλεκτρακουστική εγκατάσταση σε ανοιχτό θέατρο που να δίνουν κάποια παρόμοια λύση στο θέμα των καθυστερήσεων. Καθοριστικός παράγοντας είναι οι καιρικές συνθήκες που αποτρέπουν μόνιμες εγκαταστάσεις στα ανοιχτά θέατρα, αλλά και η φύση των ίδιων θεατρικών παραστάσεων που διαφέρουν μεταξύ τους, ως προς την χρήση του χώρου σκηνής και ορχήστρας.

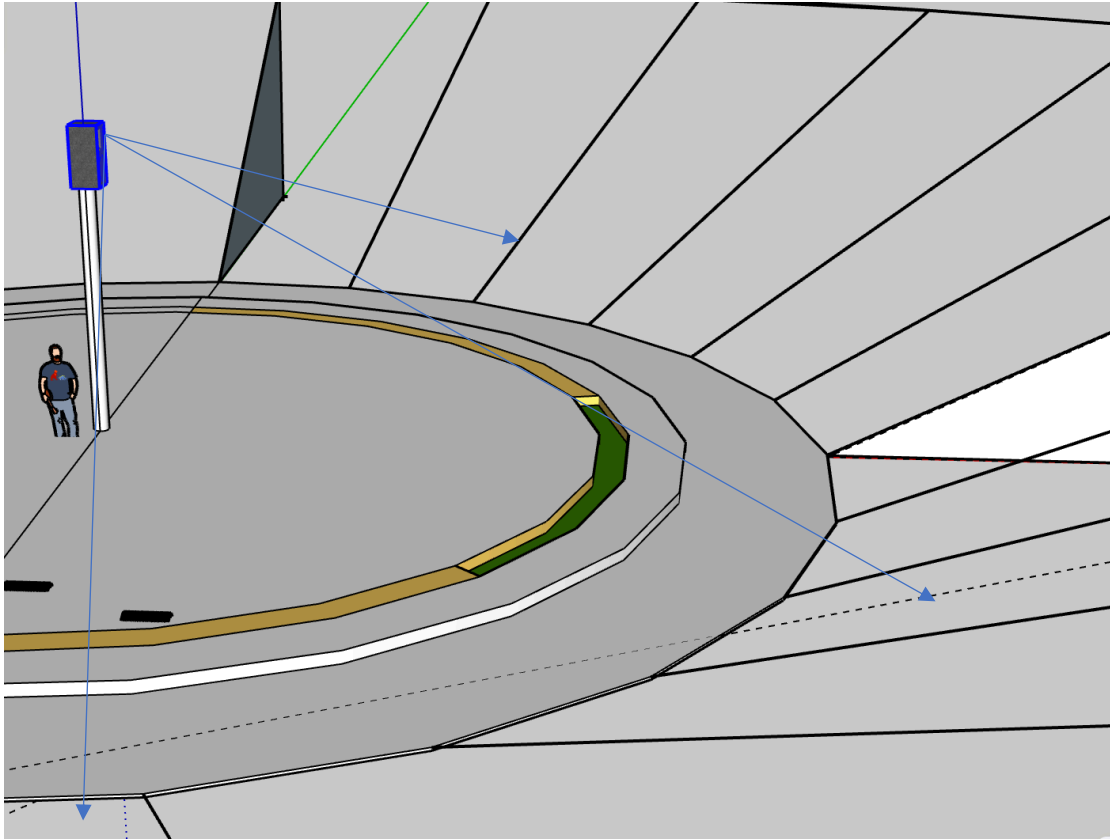
Μια 1^η πρόταση είναι η παρακάτω. Θα μπορούσαν τα περιφερειακά ηχεία της εικόνας 4.6, να τοποθετηθούν σε εσοχές πριν από το χείλος της ορχήστρας σε κάποια απόσταση 1-2 μέτρων, ώστε να μην είναι τόσο κοντά στους πρώτους θεατές (εικ.4.7). Αυτό βέβαια προϋποθέτει κατασκευαστική παρέμβαση στην ορχήστρα που θα υπάρχει χώρος με βάθος ώστε να μπορούν να τοποθετηθούν μέσα ηχεία και να υπάρχει μεταλλική σχάρα με τη σωστή πλάγια κλήση στο πλέγμα ώστε να λειτουργεί

σαν κατευθυντήρας του ήχου προς τις κερκίδες κι όχι κάθετη σχάρα που θα εμποδίζει την μετάδοση του ήχου. Φυσικά οι εσοχές θα πρέπει να έχουν απορροή υδάτων που να παραμένουν καθαρές και το πλέγμα που καλύπτει τις εσοχές με την κλήση που αναφέραμε να είναι ασφαλές στην βάδιση πάνω του. Όλα αυτά είναι προκλήσεις για τους μηχανικούς που μπορούν να μελετηθούν ως προς την υλοποίησή τους.



Εικ. 4.7. Πρόταση τοποθέτηση των ηχείων περιμετρικά της ορχήστρας σε βάθος, με σχάρα στο που καλύπτει το κενό, ώστε να περνάει ο ήχος

Μια 2^η πρόταση είναι, η τοποθέτηση ενός στύλου στην θέση της θυμέλης με ύψος στα 4 μέτρα, όπου θα υπάρχουν ελαφρά ηχεία για την αναπαραγωγή φωνών και θα καλύπτουν όλες τις κερκίδες (εικ.4.8).



Εικ. 4.8. Ένα ηχείο, ή κι ακόμα 2 δεξιά κι αριστερά από αυτό που απεικονίζεται, που καλύπτουν με τις μοίρες του όλες τις κερκίδες.

Αυτή όμως, είναι μια κατασκευή που ενώ, θα αποφέρει την βέλτιστη κάλυψη από το κέντρο της ορχήστρας σε όλο το θέατρο, τις μικρότερες καθυστερήσεις σε σχέση με τις φωνές των ηθοποιών και πολύ μεγαλύτερη απόσταση από τους θεατές σε σχέση με την προηγούμενη πρόταση (δηλαδή δεν θα ενοχλεί από την αμεσότητα του ήχου), θα πρέπει να ενσωματωθεί στη σκηνογραφία της κάθε παράστασης για να δικαιολογήσει την παρουσία της στη μέση της θεατρικής δράσης.

Για να γίνει αυτό πρωταρχικά θα πρέπει να συμφωνήσει ο εκάστοτε σκηνοθέτης, δηλαδή να πεισθεί για το ακουστικό αποτέλεσμα, αλλά αυτή είναι μια άλλη συζήτηση που δεν έχει επιστημονική ή τεχνική βάση. Πολύ συχνά οι τεχνικές αποφάσεις σε θέματα ήχου, λαμβάνονται τελευταίες, χωρίς να θεωρούνται τόσο σημαντικές στην συνολική αισθητική μιας παράστασης και αυτό λόγω έλλειψης τεχνικής κατάρτισης των συντελεστών. Ακόμα, θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν η δυσκολία μιας τέτοιας

κατασκευής και η τοποθέτηση της, με τις καλωδιώσεις και το βάρος των ηχείων και με όλα τα μέτρα ασφάλειας σε κατάσταση περιοδείας θιάσου.

Γίνεται κατανοητό πως οι περιστάσεις δυσχεραίνουν πολύ τα ιδανικά σενάρια κι ακόμη αν αυτά θεωρητικά είναι εφικτά, πρακτικά είναι μη υλοποιήσιμα.

Θα μπορούσαν όμως να υπάρξουν και περιπτώσεις όπου, για παράδειγμα, ένας σκηνοθέτης που θέλει να δώσει ιδιαίτερη έμφαση στον ήχο της παράστασης του, να δρομολογήσει με τέτοιο τρόπο όλη τη σκηνογραφία και την κατασκευή των σκηνικών, που να εξυπηρετεί το παραπάνω σενάριο σχετικά με την τοποθέτηση των ηχείων, στο πάνω μέρος των σκηνικών. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι τεχνικές συναντήσεις πολύ πριν στηθούν οι παραστάσεις, μπορούν να αποφέρουν πολύ καλά αποτελέσματα.

Τέλος μια πρόταση, που βρίσκει εφαρμογή σε αρκετά στάδια, είναι η ανάρτηση του ηχοσυστήματος, όπως εφαρμόζεται με κατασκευές σε οροφές σταδίων με συρματόσχοινα ή άλλου είδους μηχανικές κρεμαστές αναρτήσεις. Στην εικόνα 4.9, διακρίνουμε στην οροφή τα 5 από όλες τις συστοιχίες των line arrays συστημάτων που κρέμονται από την οροφή του σταδίου. Αυτές οι λύσεις αποτελούν μόνιμες εγκαταστάσεις των χώρων και έχουν τις βέλτιστες καλύψεις. Στα ανοιχτά θέατρα της Ελλάδας, παρόμοιες μόνιμες ηχητικές εγκαταστάσεις δεν συναντάμε πουθενά για διάφορους λόγους, όπως : η μη χρήση των χώρων αυτών για το μεγαλύτερο διάστημα του έτους, η μακρά έκθεση του εξοπλισμού σε καιρικά φαινόμενα, η πολυλειτουργική χρήση των θεάτρων από διαφορετικές παραγωγές με διαφορετικές ανάγκες για εξοπλισμό, συνήθως με ειδικές απαιτήσεις με συγκεκριμένες προδιαγραφές και ίσως το σημαντικότερο, στα αρχαία θέατρα η αρχαιολογική απαγόρευση για μόνιμες παρεμβατικές κατασκευαστικές λύσεις.

Μια πρόταση στο σημείο αυτό, θα μπορούσε να είναι η ανάρτηση συρματόσχοινου σε σταθερή βάση από την μια πλευρά και με τροχαλία από την άλλη, που θα μπορεί να κατεβαίνει, να τοποθετείται το ηχοσύστημα ακριβώς πάνω από τη θυμέλη και στη συνέχεια να υψώνεται στο κατάλληλο ύψος. Αυτή είναι μια ρεαλιστική και σχετικά οικονομική λύση, καθώς πολλά θέατρα έχουν στο ύψος του 1^{ου} διαζώματος, στις άκρες αντικριστά, πυλώνες φωτισμού, που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και για την στήριξη κατασκευής σαν αυτή που μόλις αναφέραμε.



Εικ.4.9. Εφαρμογή μόνιμης ηλεκτρακουστικής εγκατάστασης σε στάδιο ποδοσφαίρου στο New Jersey, NY, με κρέμαση στην οροφή²⁵

4.4. Πρόταση υλοποίησης αυτόματης ανίχνευσης ηθοποιού

Μια πρόταση για την πιο πετυχημένη αναπαραγωγή του ήχου για τις φωνές των ηθοποιών που φορούν ασύρματα χειλόφωνα μικρόφωνα, είναι, να μπορεί με κάποιον τρόπο ο αναπαραγόμενος ήχος να «ακολουθεί» την θέση του ηθοποιού πάνω στη σκηνή. Αυτό σε ένα κλειστό θέατρο όπου τα ηχεία είναι μπροστά από τη σκηνή και ο ηθοποιός κινείται δεξιά-αριστερά πάνω στη σκηνή, μπορεί να γίνει με το χειριστήριο rap από την κονσόλα ήχου χειροκίνητα από τον χειριστή κονσόλας. Το πρόβλημα ξεκινάει όταν ο ηθοποιός δεν είναι ένας, αλλά περισσότεροι. Τότε δεν υπάρχει η δυνατότητα αυτό να γίνεται σε ζωντανό χρόνο για τόσα κανάλια ήχου από έναν χειριστή, αλλά πρέπει να γίνεται με κάποιου είδους αυτοματισμό.

Εταιρίες όπως η Βελγική Pozyx²⁶, έχουν συστήματα εντοπισμού (tags) με κεραίες ανίχνευσης θέσης εντός της εμβέλειάς τους, που μεταφράζονται σε εντολές OSC (με άξονες x,y,z). Οι εντολές αυτές με τη σειρά τους μπορούν να προγραμματιστούν μέσω

²⁵ <https://www.proavinnovate.com/feature/five-stadium-av-trends-shaping-the-future-of-live-sports-in-2026>

²⁶ <https://www.pozyx.io/products/hardware/hardware-tags>

ενδιάμεσων προγραμμάτων όπως το MaxMSP, ώστε να ελέγχουν εντολές όπως το rap σε μια ψηφιακή κονσόλα ήχου. Αυτό μπορεί να υλοποιηθεί ίσως για λίγα κανάλια, αλλά αν πρόκειται να ελέγχει πολλαπλά μικρόφωνα, ο προγραμματισμός που απαιτείται είναι τεράστιος και η αξιοπιστία των διαφορετικών συστημάτων που συνεργάζονται, επίφοβη.

Όταν μιλάμε όμως για ανοιχτό θέατρο τα δεδομένα αλλάζουν και περιπλέκονται ακόμη περισσότερο, καθώς όπως προαναφέραμε, δεν μπορεί ένα στερεοφωνικό ηχοσύστημα να αποδώσει τις θέσεις των ηθοποιών για όλες τις θέσεις των ακροατών που βρίσκονται στην ορχήστρα, λόγω της γεωμετρίας του χώρου και των θέσεων των ηχείων. Σε αυτή την περίπτωση, πολλαπλά ηχεία περιμετρικά της ορχήστρας θα μπορούσαν να αναπαράγουν την θέση ενός ηθοποιού εν κινήσει, με την χρήση location tag και τον αντίστοιχο προγραμματισμό που θα οδηγεί, όχι πλέον δυο μόνο εξόδους left-right, αλλά ένα surround σύστημα, με όσο το δυνατό περισσότερες εξόδους.

Τέτοια συστήματα αρχίζουν να εμφανίζονται στην αγορά, όπως ο L-ISA processor της L-Acoustic²⁷, που μπορούν να διαχειριστούν πολλαπλές εισόδους και εξόδους, με τον ανάλογο προγραμματισμό, αποδίδοντας αυτό που ονομάζουν immersive hyperreal sound, χρησιμοποιώντας πολλαπλά μεγάφωνα για την δημιουργία εικονικής πηγής. Η στιγμή της καινοτομίας θα επέλθει όταν, όλα τα παραπάνω χωριστά συστήματα ενοποιηθούν, σε ένα αυτόνομο σύστημα που θα εμπεριέχει tags εντοπισμού, τα οποία θα μπορούν να ελέγχουν (ή να προγραμματίζονται να ελέγχουν) απευθείας τις εξόδους που τους έχουν ανατεθεί.

Και πάλι όμως το ερώτημα θα παραμένει: είναι φυσικό ένα ηθοποιός να αναπαράγεται μόνο από τα δεξιά ηχεία, αν κινείται στο δεξί μέρος της σκηνής; και τότε τί θα μπορούν να ακούσουν οι ακροατές που κάθονται εντελώς αντίθετα από αυτόν; Ή τελικά τέτοιες εφαρμογές spatial sound απευθύνονται μόνο σε κινηματογραφημένο οπτικό υλικό, σε χώρους όπως το The Sphere²⁸ στο Λας Βέγκας,

²⁷ <https://www.l-acoustics.com/products/l-isa-processor-ii/>

²⁸ [https://en.wikipedia.org/wiki/Sphere_\(venue\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Sphere_(venue))

όπου χρησιμοποιείται ανάλογο σύστημα ήχου (Holoplot X1, matrix array speaker) και δεν υπάρχει καν η έννοια της στερεοφωνία, αλλά υπάρχει η έννοια του wave field synthesis. Σε αυτή την περίπτωση όμως υπάρχει και ο περιορισμός του feedback από τα χειλόφωνα μικρόφωνα των ηθοποιών.

Όλα τα παραπάνω τα καταθέτουμε σαν υλικό για περαιτέρω έρευνα στην υλοποίηση της αναπαραγωγής του ήχου στο παγκόσμιο ανοιχτό θέατρο.

4.5. Συμπεράσματα

Η καθυστέρηση του ήχου αποτελεί κεντρική πρόκληση στην ηλεκτρακουστική ενίσχυση παραστάσεων σε ανοιχτά θέατρα, ιδίως με τη χρήση ασύρματων μικροφώνων σε ηθοποιούς. Το φαινόμενο Haas λειτουργεί ως βασικό εργαλείο για την επίλυση προβλημάτων ομοιόμορφης κάλυψης και διατήρησης χωρικής αντίληψης : καθυστερήσεις 5–10 ms επιτρέπουν στην καθυστερημένη πηγή την μέγιστη ενίσχυση τη στάθμη (από 6 μέχρι 10 dB) χωρίς να μετατοπίσει την αντιληπτή κατεύθυνση από την πρώτη πηγή (σκηνή/ηθοποιός). Σε κλειστούς χώρους η καθυστέρηση εφαρμόζεται εύκολα στα ηχοσυστήματα, λόγω της θέσης των ηχείων σε σχέση με τη σκηνή που βρίσκεται πίσω τους. Στα ανοιχτά θέατρα, η θέση των ηχείων σε σχέση με τη σκηνή και τους ηθοποιούς αλλάζουν εντελώς τα δεδομένα και οι λύσεις που προτείνονται θα πρέπει να αξιολογούνται κατά περίπτωση και με γνώμονα όλους τους περιορισμούς που αναφέρουμε. Η μετάβαση από κλειστά σε ανοιχτά θέατρα γίνεται χωρίς επαρκή προσαρμογή, καθώς οι συντελεστές απλά να αντιγράφουν πρακτικές κλειστών χώρων, χωρίς να μπορούν να προβλέψουν ή να αξιολογήσουν τα ακουστικά αποτελέσματα.

Συνολικά, η έλλειψη εξειδικευμένου ακουστικού σχεδιασμού οδηγεί σε υποβάθμιση αισθητικής και κατανόησης του λόγου. Η λύση απαιτεί προσαρμοσμένη ηλεκτρακουστική εγκατάσταση ανά θέατρο, με modular συστήματα, ψηφιακή καθυστέρηση και ισορροπία στάθμης, ώστε η ενίσχυση να υποστηρίζει (όχι να αντικαθιστά) τη φυσική ακουστική. Χωρίς συστηματική εκπαίδευση συντελεστών, το

πρόβλημα παραμένει, υπονομεύοντας την εμπειρία σε ανοιχτά αρχαία θέατρα όπου η φυσική ακουστική ήταν ιδανική χωρίς την σύγχρονη τεχνολογία.

5. Μεθοδολογία μέτρησης καθυστερήσεων ηλεκτρακουστικής εγκατάστασης στο θέατρο Δάσους και αντιπαράθεση τους με προβλέψεις από το λογισμικό EASE Focus³.

Το καλοκαίρι του 2024 στην παράσταση «Πλούτος» του ΚΘΒΕ στο θέατρο Δάσους, θέλοντας να απεικονίσουμε τις καθυστερήσεις που έχουν τα μικρόφωνα των ηθοποιών, σε όλες τις θέσεις των θεατών στο θέατρο, από τα διάφορα ηχεία που χρησιμοποιήσαμε, επινοήσαμε έναν τρόπο καταγραφής.

5.1. Περιγραφή ηλεκτρακουστικής εγκατάστασης

Ο σχεδιασμός ξεκινάει από το πλάνο της παράστασης (εικ.5.2) και γίνεται, για έναν σταθερό ηχητικό εξοπλισμό που ακολουθεί την περιοδεία. Ο εξοπλισμός μας αποτελείται από: 1. ένα κεντρικό σύστημα ήχου (PA), της KV²audio και σειράς ES σε 3 κομμάτια. Έναν δορυφόρο πλήρους συχνοτικού εύρους ES1.0 ²⁹, ένα ηχείο χαμηλών-μεσαίων συχνοτήτων ES1.5 ³⁰ και ένα ηχείο χαμηλών συχνοτήτων ES1.8³¹ σε κάθε πλευρά (Left-Right). Η ονομαστική κάλυψη του ηχείου είναι 90x40 μοίρες. Χρησιμοποιούμε τις 90 μοίρες για την οριζόντια κάλυψη και τις 40 για την κάθετη (καθώς υπάρχει δυνατότητα περιστροφής της κόρνας του ηχείου), αλλά και το ίδιο το ηχείο έχει δυνατότητα τοποθέτησης όρθιο ή ξαπλωτό με ειδικές εσοχές (εικ.5.1).



²⁹ <https://www.kv2audio.com/products/es-serie/es10.html>

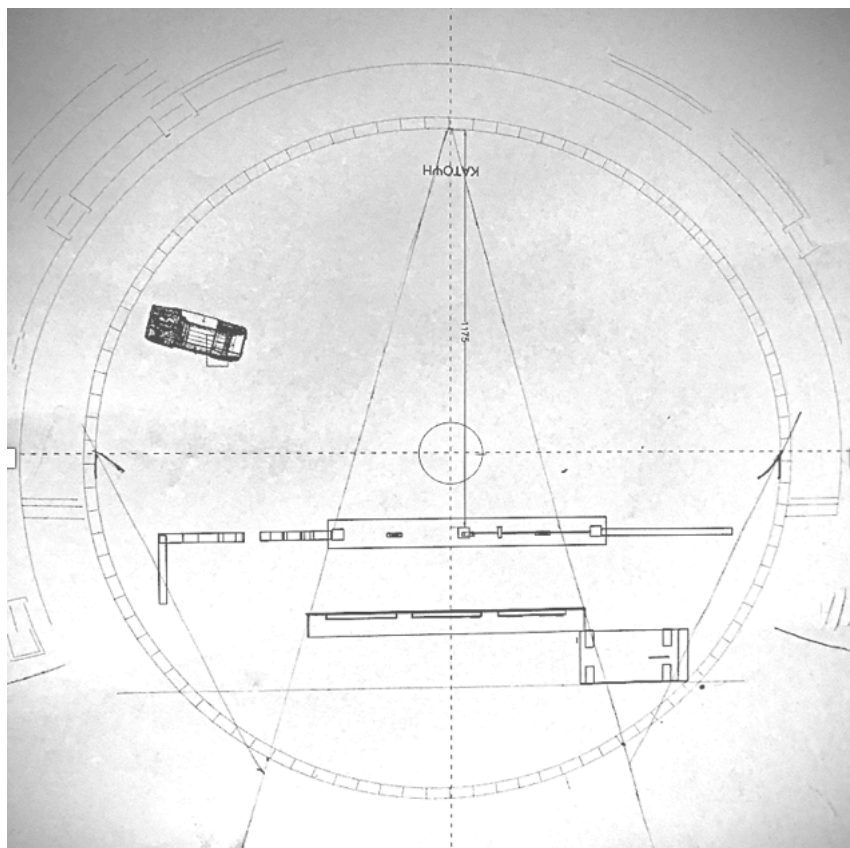
³⁰ <https://www.kv2audio.com/products/es-serie/es15.html>

³¹ <https://www.kv2audio.com/products/es-serie/es18.html>

Εικ.5.1. Το κεντρικό σύστημα ήχου (ΡΑ), από τη σειρά ES της KV²audio, σε μεταλλική βάση

Το ΡΑ, τοποθετείτε σε αυτοσχέδιες μεταλλικές βάσεις, κατασκευασμένες ειδικά για την περιοδεία, για προφύλαξη από τα καιρικά φαινόμενα κατά τη διάρκεια της (βροχή, σκόνη), καθώς και για να αποκτήσει περισσότερο ύψος η κατευθυντική κόρνα του ηχείου ES1.0, φτάνοντας σχεδόν τα 2,5m. Αυτό γίνεται για την αποφυγή της ανάδρασης (feedback), καθώς οι ηθοποιοί κινούνται μπροστά από το ΡΑ με τα μικρόφωνα τους πολλές φορές σε λειτουργία. Με το επιπλέον ύψος αποφεύγεται ή άμεση επαφή με τα μικρόφωνα, καθώς έτσι περνάνε κάτω από το ύψος της κόρνας του ηχείου, που συνήθως είναι αυτή που συνήθως δημιουργεί το feedback.

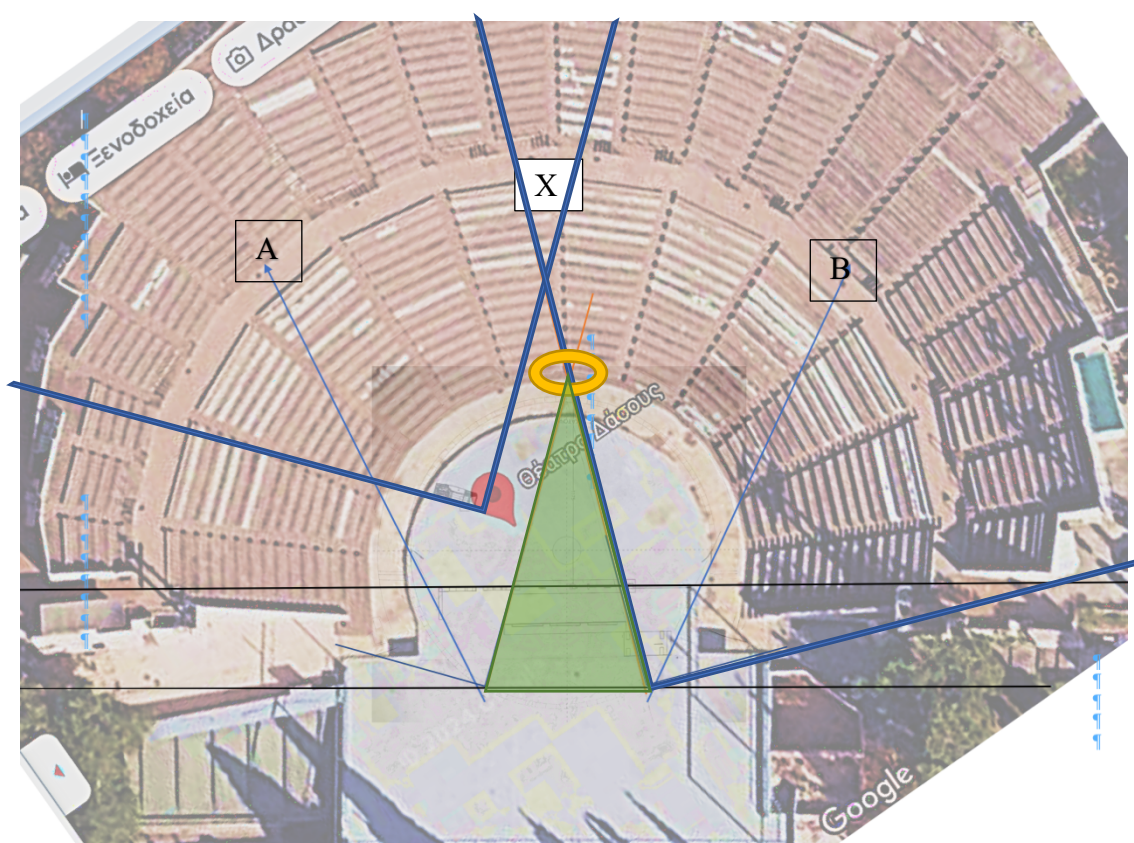
Η φόρμα που ακολουθούμε στο αρχικό θέατρο (Δάσους), όπου γίνεται ο σχεδιασμός, ξεκινάει, από το σκηνογραφικό πλάνο που βλέπουμε στην εικόνα 5.2.



Εικ.5.2. Το πλάνο της σκηνογραφίας, μια κάτοψη των σκηνικών σε κλίμακα για την ορχήστρα του θεάτρου Δάσους Θεσσαλονίκης.

Στη συνέχεια σχεδιάζουμε την κάλυψη του θεάτρου με τα ηχεία που διαθέτουμε ως εξής: Αναζητούμε από το google maps φωτογραφική κάτοψη του θεάτρου,

προσαρμόζουμε σε αυτήν την σκηνογραφική κάτοψη και στη συνέχεια εισάγουμε δυο γωνίες 90° και αναζητούμε την βέλτιστη κάλυψη ολόκληρου του θεάτρου με αυτές τις παραμέτρους. Το αποτέλεσμα, είναι αυτό της εικόνας 5.3. Το PA πάντα θα τοποθετείται στην περίμετρο του κύκλου της ορχήστρας, σε κάθε θέατρο ώστε να έχει μια όσο το δυνατόν, σταθερή σχέση με το σκηνικό και τα 4 μπροστινά ηχεία, που τοποθετούμε με τη σειρά τους στο μπροστά μέρος, περιμετρικά της ορχήστρας (εικ.5.4).



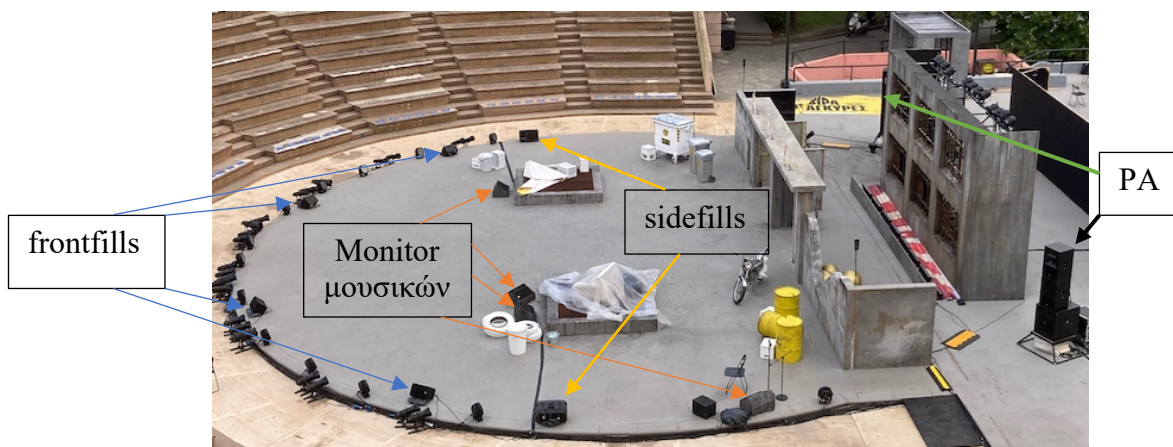
Εικ.5.3. Κάτοψη θεάτρου Δάσους Θεσσαλονίκης google maps, με το πλάνο του σκηνικού στο υπόβαθρο και τις υπολογισμένες γωνίες κάλυψης του PA

Όπως βλέπουμε στην άνω εικόνα, στις 2 γωνίες των 90° του PA, περιλαμβάνονται όλες οι θέσεις των θεατών. Το σημείο σύγκλισης των 2 συστοιχιών Left & Right (επισημαίνουμε με κίτρινο κύκλο), είναι έξω από την ορχήστρα, στην 1^η σειρά θεατών στο κέντρο, ενώ τα μπλε βέλη δείχνουν τους άξονες των ηχείων, που βοηθάει στην οπτική τοποθέτησή τους, καθώς βλέπουμε τον άξονά τους, από τα σημεία A και B του διαζώματος. Η θέση X, όπου βρίσκεται ο χειριστής του ήχου, βρίσκεται εντός του εύρους και των 2 συστοιχιών του PA, ενώ το κεντρικό 1/3 της ορχήστρας βρίσκεται

έξω από αυτό (επισημαίνουμε με το πράσινο ισοσκελές τρίγωνο), διευκολύνοντας στην αποτροπή του feedback των χειλόφωνων μικροφώνων των ηθοποιών.

Ο υπόλοιπος σχεδιασμός της ηλεκτρακουστικής εγκατάστασης, περιλαμβάνει τα 4 μπροστινά ηχεία, που ονομάζουμε front fills (ff), περιμετρικά της ορχήστρας, δύο side fills (sf, πλαϊνά ηχεία), που λειτουργούν σαν monitor ήχου για τους ηθοποιούς επί σκηνής, δεξιά κι αριστερά της ορχήστρας, απέναντι το ένα από το άλλο, και τέλος 4 monitor για τους μουσικούς της παράστασης, στη μέση περίπου της σκηνής, με προσανατολισμό προς τα πίσω, όλα όπως παρουσιάζονται στην εικόνα 5.4.

Τα στοιχεία για τα ηχεία πέραν του PA, είναι: monitor μουσικών, τα HKaudio PR:O 10X³² (ιδεατά προτείναμε τα ακριβότερα μοντέλα της KV²audio, ESD5³³, αλλά η πρόταση δεν ευδοκίμησε). Τα 4 frontfills PR:O 8X³⁴ της ίδιας σειράς με τα monitors, ενώ τα sidefills 2 παλαιότερα μοντέλα της Modarbo W440³⁵, που προϋπήρχαν στον εξοπλισμό του θεάτρου.



Εικ.5.4. Άποψη τοποθέτησης όλων των ηχείων της παράστασης μαζί με το σκηνικό

Η τοποθέτηση όλων των ηχείων στην περιφέρεια της ορχήστρας (που έχει ίση απόσταση από τη θυμέλη 10.5m), μας δίνει έλεγχο των αποστάσεων και των καθυστερήσεων που επιβάλλουμε στο σύστημα. Έτσι η απόσταση των frontfills (ff)

³² <https://hkaudio.com/products/premium-pro-10-x/>

³³ <https://www.kv2audio.com/products/esd-series/esd5.html>

³⁴ <https://hkaudio.com/products/premium-pro-8/>

³⁵ <https://ragtime.online/montarbo-w440p.html>

από το PA που κυμαίνεται από 15m ως 20m, (ανάλογα για ποιο ff και για ποια συστοιχία του PA πρόκειται), μειώθηκε από την καθυστέρηση που επιβλήθηκε στα ff ανάλογη της απόστασης των 10.5m, δηλαδή 30msec περίπου. Με την τεχνική αυτή οι θεατές περιμετρικά της ορχήστρας, αντιλαμβάνονται τα ff να βρίσκονται στην θέση της θυμέλης. Έτσι αν κάποιος ηθοποιός βρίσκεται στην θέση της θυμέλης, ο ήχος του που αναπαράγεται από τα ff (που είναι 10m πιο μπροστά από τον ηθοποιό), θα γίνεται αντιληπτός να προέρχεται από τη θυμέλη λόγω της καθυστέρησης και άρα από τον ίδιο τον ηθοποιό.

5.2. Η καταγραφή των καθυστερήσεων του ήχου

Με το παραπάνω ηχοσύστημα χρησιμοποιήσαμε σαν πηγή ένα από τα monitors. Τροφοδοτήσαμε την πηγή με έναν κρουστικό ήχο, αυτό ενός snare drum, από το λογισμικό iOS Logic ProX,

Εικ.5.5. Το ΗKaudio PR:O 10X ως πηγή για τις μετρήσεις κρουστικού ήχου με το μικρόφωνο DPA που καταγράφει και αναπαράγει τον ήχο του στα υπόλοιπα ηχεία



όπου κι έγινε η καταγραφή όλων των δεδομένων. Τον κρουστικό ήχο έλαβε το χειλόφωνο μικρόφωνο DPA 4066³⁶ να επρόκειτο για την φωνή ενός ηθοποιού, ο οποίος κινείται πάνω στη σκηνή σε διάφορες θέσεις. Η πηγή μετακινήθηκε συνολικά σε 4 θέσεις. Στη συνέχεια ο ήχος του μικροφώνου μέσω της κονσόλας αναπαράγεται από 4 διαφορετικούς συνδυασμούς ηχείων: **1.** Από το PA (L/R), **2.** Από όλα τα front fills, τα οποία χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για ενίσχυση των φωνών, **3.** Από τον συνδυασμό των PA μαζί με τα ff, και **4.** Από 2 κεντρικά ηχεία δεξιά κι αριστερά από τη θέση της θυμέλης που τοποθετήθηκαν για τον σκοπό αυτό με σκοπό να προσομοιωθεί η ενίσχυση του ήχου από το σημείο αυτό. Στην εικόνα 5.6, φαίνονται

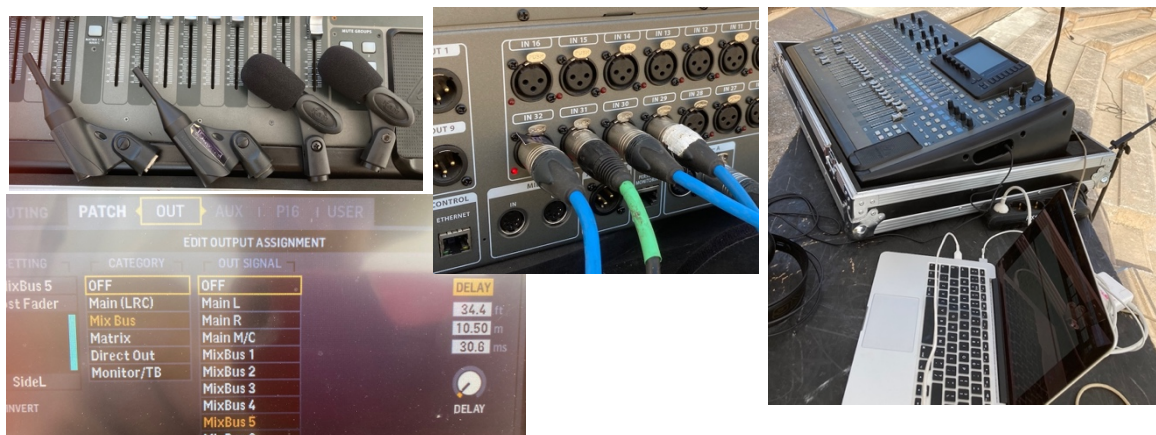
³⁶ <https://www.dpamicrophones.com/microphones/headset-and-earset/4066?variant=16>

τα 4 μικρόφωνα (m) με τα πορτοκαλί βέλη (ίσως το 4^ο πάνω δεξιά δεν διακρίνεται) και τα ηχεία (s) κυρίως το PA και τα ff, που ήταν και οι κύριες πηγές της παράστασης.



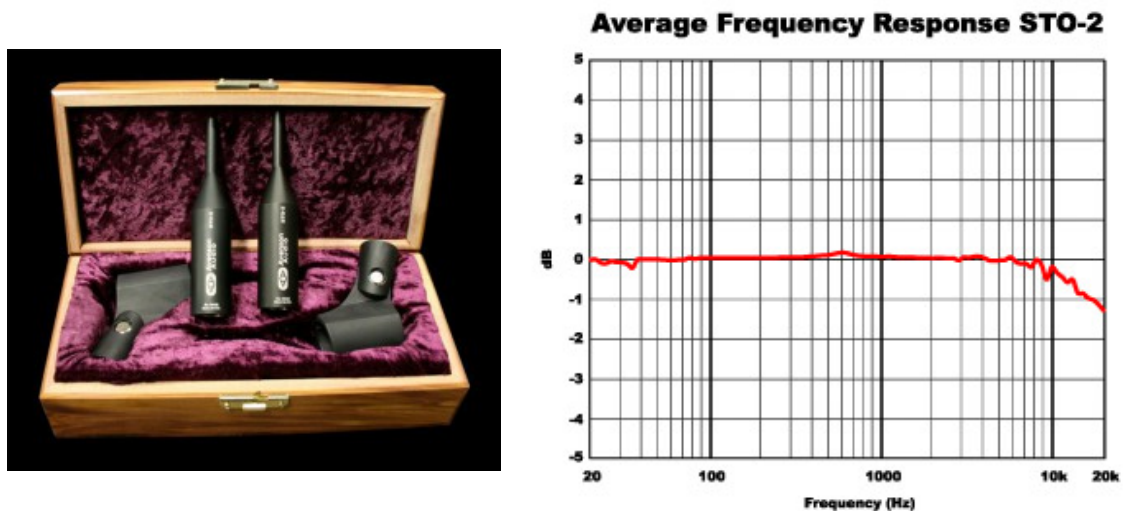
Εικ.5.6. Άποψη του θεάτρου Δάσους με τα ηχεία (s) που χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις καθυστέρησης (εκτός των κεντρικών) και τα μικρόφωνα που τις κατέγραψαν (m)

Τα μικρόφωνα που χρησιμοποιήθηκαν για την καταγραφή, είναι αυτά της εικόνας 5.7, με τα χαρακτηριστικά τυπικών μικροφώνων μέτρησης δηλαδή πανκατευθυντικό

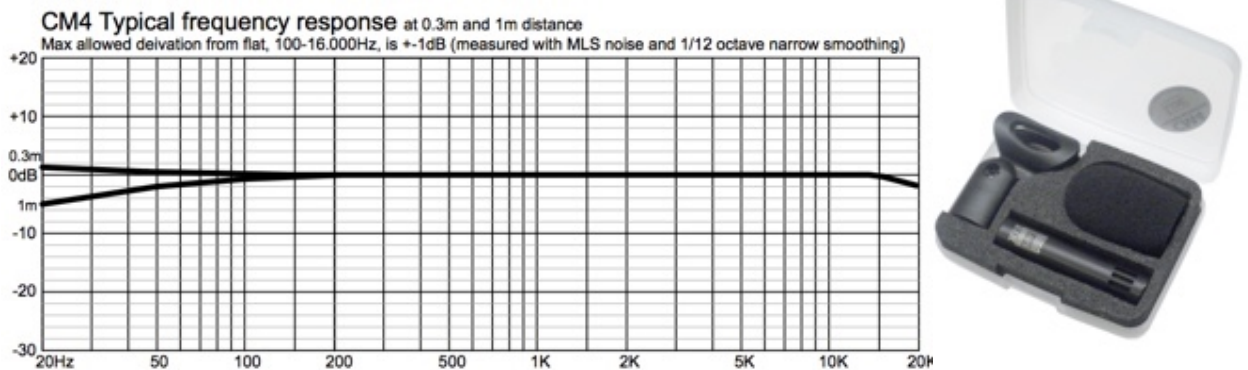


Εικ.5.7. Μικρόφωνα καταγραφής (πάνω αριστερά), οι είσοδοι τους στην κονσόλα της παράστασης (κέντρο), η κονσόλα και ο υπολογιστής καταγραφής (δεξιά), το παράθυρο ρύθμισης καθυστέρησης στις εξόδους των ff της κονσόλας, με άμεση μετατροπή των msec, σε μέτρα(m) και πόδια (ft)

πολικό διάγραμμα (omnidirectional) και μηδενική συχνοτική παραμόρφωση, όπως φαίνεται από την απόκριση στα παρακάτω διαγράμματα (εικ.5.8 και 5.9). Η ψηφιακή κονσόλα ήχου είναι η X32 της Behringer³⁷, ενώ η καταγραφή έγινε σε ένα απλό MacBook με το λογισμικό Logic.



Εικ.5.8. Μικρόφωνα Omnidirectional AvensonAudio³⁸STO-2



Εικ.5.9. Μικρόφωνα omnidirectional LineAudio³⁹ CM4

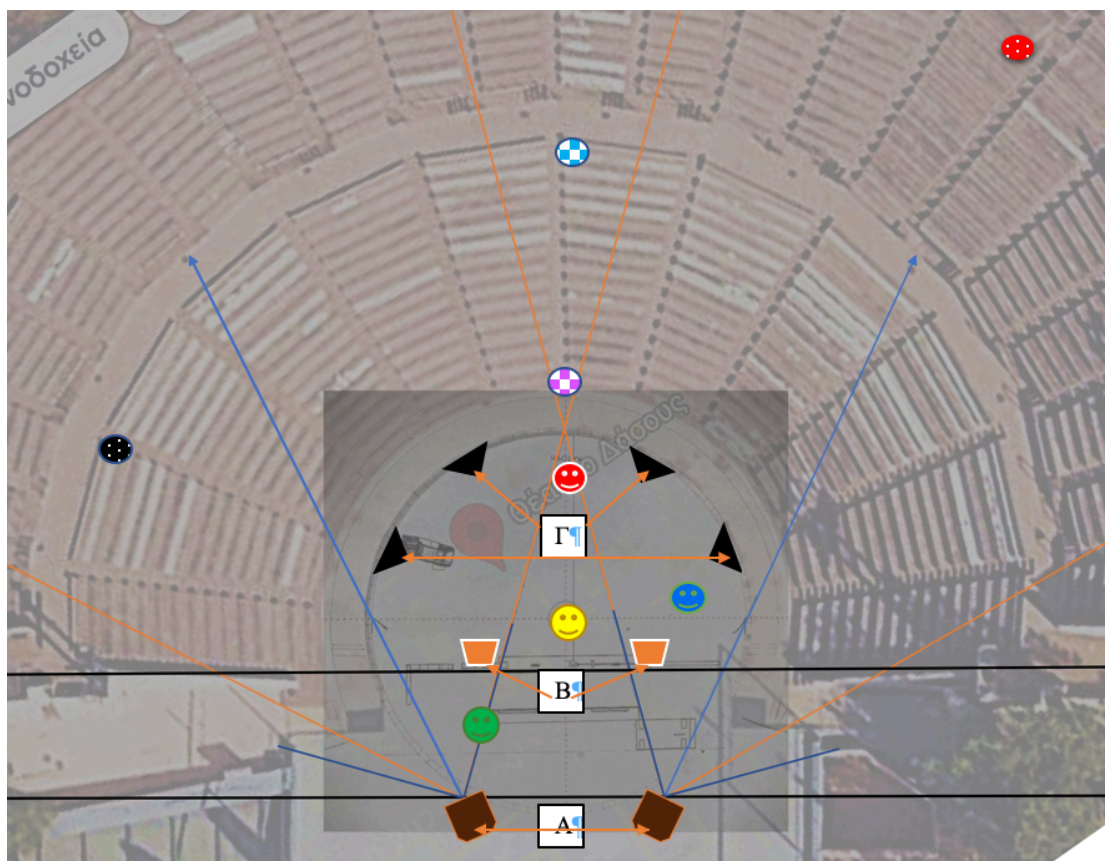
Η αρχική μας σκέψη περιλαμβάνει τις παρακάτω διεργασίες για την προετοιμασία και καταγραφή των καθυστερήσεων σε 4 θέσεις στο θέατρο. Πρώτον, δημιουργία ενός πλάνου με τις θέσεις στο χώρο ηχείων και μικροφώνων. Αυτό μπορούμε να

³⁷ <https://www.behringer.com/product.html?modelCode=0603-ACE>

³⁸ <https://avensonaudio.com/sto2/>

³⁹ <https://lineaudio.se/CM4.html>

δούμε στην εικόνα 5.10, όπου οι 4 θέσεις στις κερκίδες είναι τα 4 μικρόφωνα (ροζ και μπλε καρό τα STO-2 και μαύρο και κόκκινο πουά τα CM4). Τα 4 ανθρωπάκια στην ορχήστρα είναι οι 4 διαφορετικές θέσεις πηγής που δοκιμάσαμε (πιθανές θέσεις των ηθοποιών επί σκηνής). Τα 4 μαύρα τρίγωνα Γ, είναι τα ff. Τα 2 καφέ με το Α είναι το PA, και τέλος τα πορτοκαλί τραπέζια στη μέση της ορχήστρας Β, είναι οι κεντρικές πηγές που τελικά χρησιμοποιήθηκε μόνο μία στη θέση της θυμέλης.



Εικ.5.10. Πλάνο θέσεων ηχείων και μικροφώνων καταγραφής καθυστερήσεων

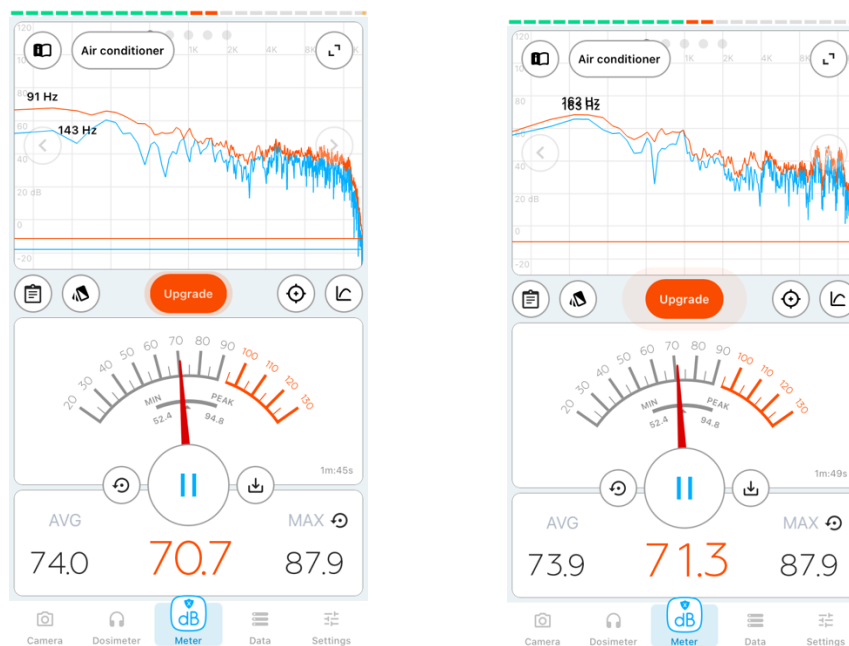
Η υπόλοιπη διαδικασία περιέχει τα παρακάτω:

- Ρύθμιση ίσης στάθμης σε όλα τα ηχεία, στη θέση Μπλε Καρό με ροζ θόρυβο @70dB, ± 3 dB (μέτρηση στάθμης από App dBMeter, καμπύλη A)

Αυτή η διαδικασία μας επιτρέπει να βαθμηνομήσουμε όλα τα ηχεία ώστε να παράγουν ίδια στάθμη σέ ένα σημείο αναφοράς με κάποια μικρή απόκλιση. Η συγκεκριμένη ηλεκτροακουστική εγκατάσταση, περιλαμβάνει εξοπλισμό με συνδυασμό ηχείων και ενισχυτών. Έτσι, είναι αδύνατον να εξασφαλιστεί ίση στάθμη

από όλες τις πηγές, μόνο με ρυθμίσεις του εξοπλισμού και χωρίς την χρήση των αυτιών ενός έμπειρου τεχνικού ή ακόμη καλύτερα ενός SPL (sound pressure level) μετρητή ακουστικής πίεσης. Τέτοιοι μετρητές κυκλοφορούν πλέον σε εφαρμογές apps για android και iOS, χωρίς να εξασφαλίζουν βέβαια απόλυτη τιμή SPL, αλλά αυτό δεν μας ενδιαφέρει στην παρούσα κατάσταση. Η ίση στάθμη θα μπορούσε να επιτευχθεί αν είχαμε για παράδειγμα, παντού, ίδια ηχεία και ίδιους ενισχυτές. Τότε, αν όλα λειτουργούσαν κανονικά, θα μπορούσαμε να έχουμε όντως ίδια στάθμη στο 1 μέτρο σε κάθε ηχείο.

Στη θέση μπλε καρό (θέση του χειριστή της κονσόλας ήχου), μετρήσαμε περίπου 70dB SPL, και καταγράψαμε την μέτρηση με ένα iPhone στην εφαρμογή του dB Meter (εικ.5.11). Το ίδιο έγινε και με τα ff σε παρόμοια στάθμη. Γενικά, οι μετρήσεις με ροζ θόρυβο, καθώς είναι ένα κυμαινόμενο σήμα, δεν παράγουν σταθερή μέτρηση κι έτσι δικαιολογείται η απόκλιση στην εικόνα 5.11.



Εικ.5.11. Μέτρηση PA (αριστερά), ff (δεξιά)

- Μέτρηση SPL @1m χωριστά για κάθε

Αυτή η διαδικασία μας δείχνει την στάθμη που απέκτησε το κάθε ηχείο στο 1 μέτρο μετά από την πρώτη ρύθμιση της στάθμης και μπορούμε να ελέγξουμε αν όλα τα ηχεία παράγουν ίση στάθμη.

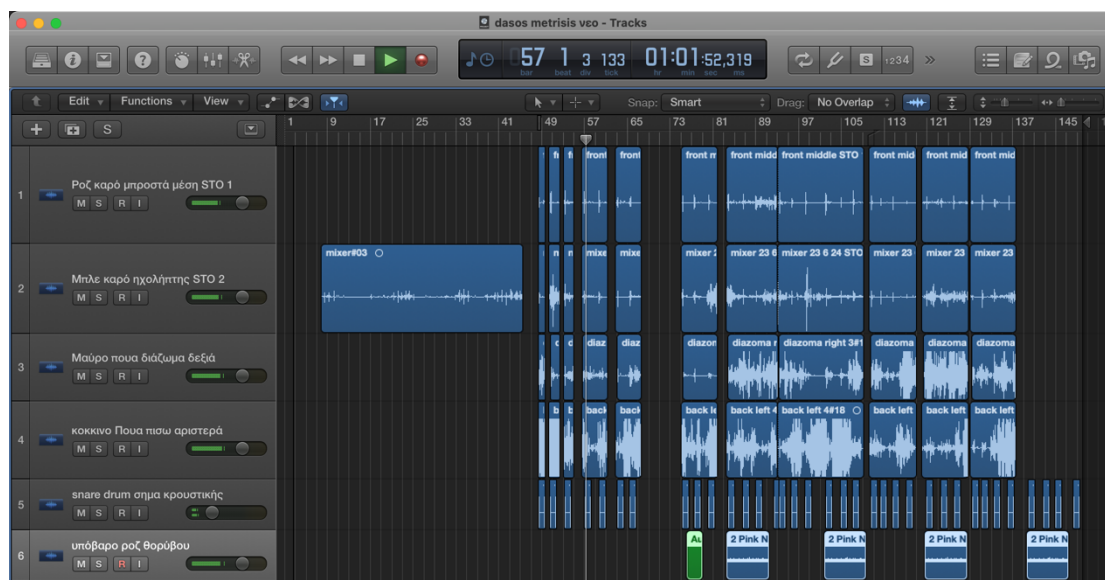
- Βαθμηνόμηση της στάθμης ηχογράφησης με τον ήχο της μέτρησης (ήχος από drum snare ή απλά με παλαμάκια)

Με τον τρόπο αυτό ρυθμίζουμε την ευαισθησία εισόδου (gain) για το κάθε μικρόφωνο μέτρησης που χρησιμοποιούμε, με ένδειξη από την κονσόλα και τελικά από το λογισμικό Logic.

Μετά από αυτά προχωρούμε στις διαδοχικές καταγραφές των ήχων, που αποτελούν κατά κάποιο τρόπο, ο κάθε ένας από αυτούς μια αναπαράσταση του IR (impulse response) στην συγκεκριμένη θέση και με τον συγκεκριμένο συνδυασμό ηχείων που χρησιμοποιούνται σε κάθε καταγραφή.

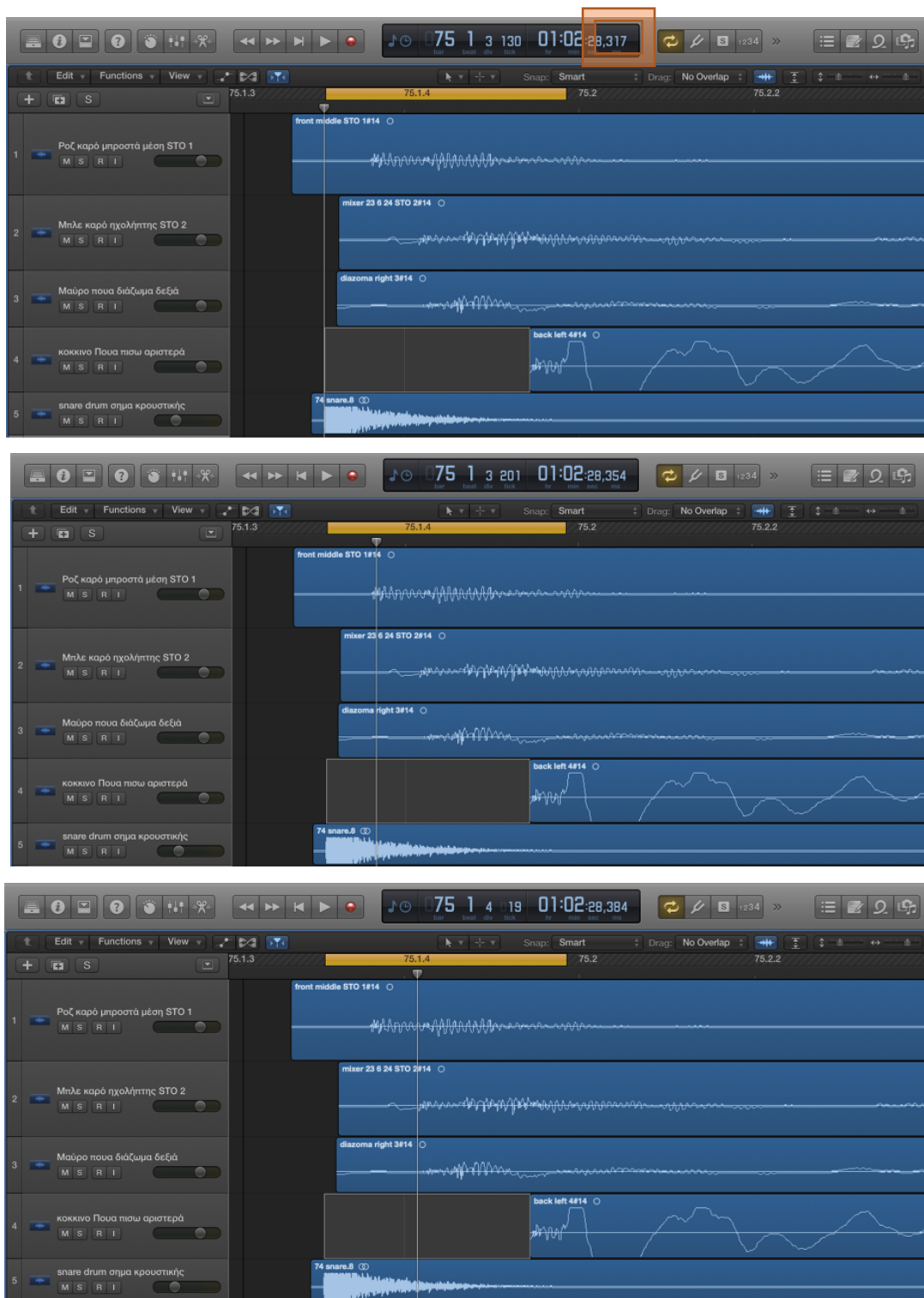
Το αποτέλεσμα είναι πολλές διαφορετικές καταγραφές που μάλιστα πραγματοποιήσαμε και με το υπόβαθρο ροζ θορύβου σε χαμηλότερη στάθμη, για να προσομοιώσουμε το αρκετά θορυβώδες περιβάλλον του ανοιχτού θεάτρου.

Η εικόνα των καταγραφών στο Logic είναι όπως φαίνεται στην εικόνα 5.12. Βλέπουμε τα 4 πρώτα κανάλια των μικροφώνων, το 5^ο κανάλι αναπαράγει το κρουστικό σήμα της μέτρησης και το 6 τον ροζ θόρυβο υποβάθρου. Το αρχικό σήμα (clip) στο 2^ο κανάλι είναι η βαθμηνόμηση με παλαμάκια για την ρύθμιση του gain.



Εικ.5.12. Η καταγραφή όλων των IR's μαζί με τα σήματα πηγών στο Logic

Μια πιο προσεκτική ματιά με μεγέθυνση στην αρχή των καταγραφών, μας δείχνει αμέσως την διαφορά του χρόνου στην καταγραφή, από μικρόφωνο σε μικρόφωνο.



Εικ.5.13α. Καταγραφή της χρονικής απόστασης μεταξύ των 4 μικροφώνων

Στις δύο εικόνες 5.13α&β, βλέπουμε στην μέτρηση χρόνου στο πάνω μέρος των εικόνων, που επισημαίνουμε με πορτοκαλί πλαίσιο στην 1^η εικόνα, όπου φαίνεται η

διαφορά που υπάρχει σε msec στα 4 μικρόφωνα, κάθε φορά που μετακινούμε την βελόνα.

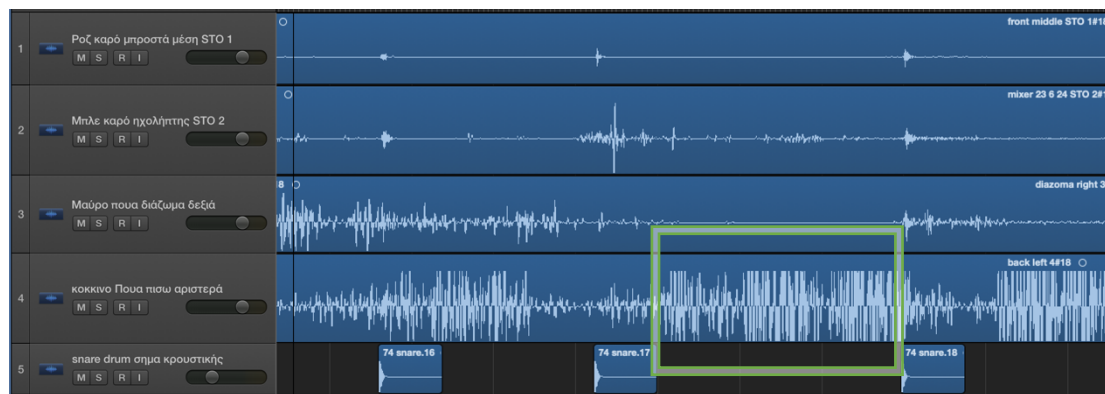


Εικ.5.13β. Καταγραφή της χρονικής απόστασης μεταξύ των 4 μικροφώνων

Η αρχική ένδειξη του σήματος που τροφοδοτεί τα ηχεία (κανάλι 5, snare) είναι στα 317msec, στην σχετική κλίμακα χρόνου, στην 2^η εικόνα αμέσως από κάτω το μικρόφωνο που είναι πιο κοντά από όλα δείχνει να λαμβάνει το σήμα στα 354msec, μόλις 37msec (12,7m) αργότερα. Τα κανάλια στη θέση του χειριστή ήχου και του διαζώματος καθώς έχουν σχετικά ίση απόσταση από τη θυμέλη έχουν σχεδόν ταυτόσημο αποτύπωμα με ένδειξη στα 384msec, δηλαδή 67msec (23m) μακρύτερα, ενώ τέλος, το πιο απομακρυσμένο μικρόφωνο δείχνει ένδειξη 466msec και άρα απέχει 149msec ή 51 μέτρα μακριά.

Στο σημείο αυτό και καθώς ολοκληρώνεται η καταγραφή των δειγμάτων μετά από πολλές αλλαγές στις θέσεις της πηγής και πολλές εγγραφές όπως είδαμε στην εικόνα 5.12, προβαίνουμε σε κάποια συμπεράσματα. Πρώτον, ο μέτριος άνεμος στον χώρο του θεάτρου φαίνεται να επηρεάζει τα μικρόφωνα CM4, παρά το μικρό αντιανεμίο τους, με αποτέλεσμα να μουτζουρώνει την εικόνα της καταγραφής. Αυτό συμβαίνει ιδιαίτερα στο απομακρυσμένο μικρόφωνο που είναι και στο μεγαλύτερο υψόμετρο, (εικ.5.6), όπου το θέατρο είναι αρκετά εκτεθειμένο και ο αέρας κινείται πιο ελεύθερα σε σχέση με τις χαμηλότερες κερκίδες. Βλέπουμε χαρακτηριστικά το φαινόμενο αυτό στην παρακάτω εικόνα 5.14, όπου το σήμα καταγράφεται ευδιάκριτα στα πρώτα δυο

κανάλια και στα υπόλοιπα, - ιδίως στο 4^ο-, όλη η πληροφορία που είναι στα ενδιάμεσα από το σήμα του snare (5^ο κανάλι), προέρχεται από τον αέρα (επισημαίνουμε με πράσινο πλαίσιο).

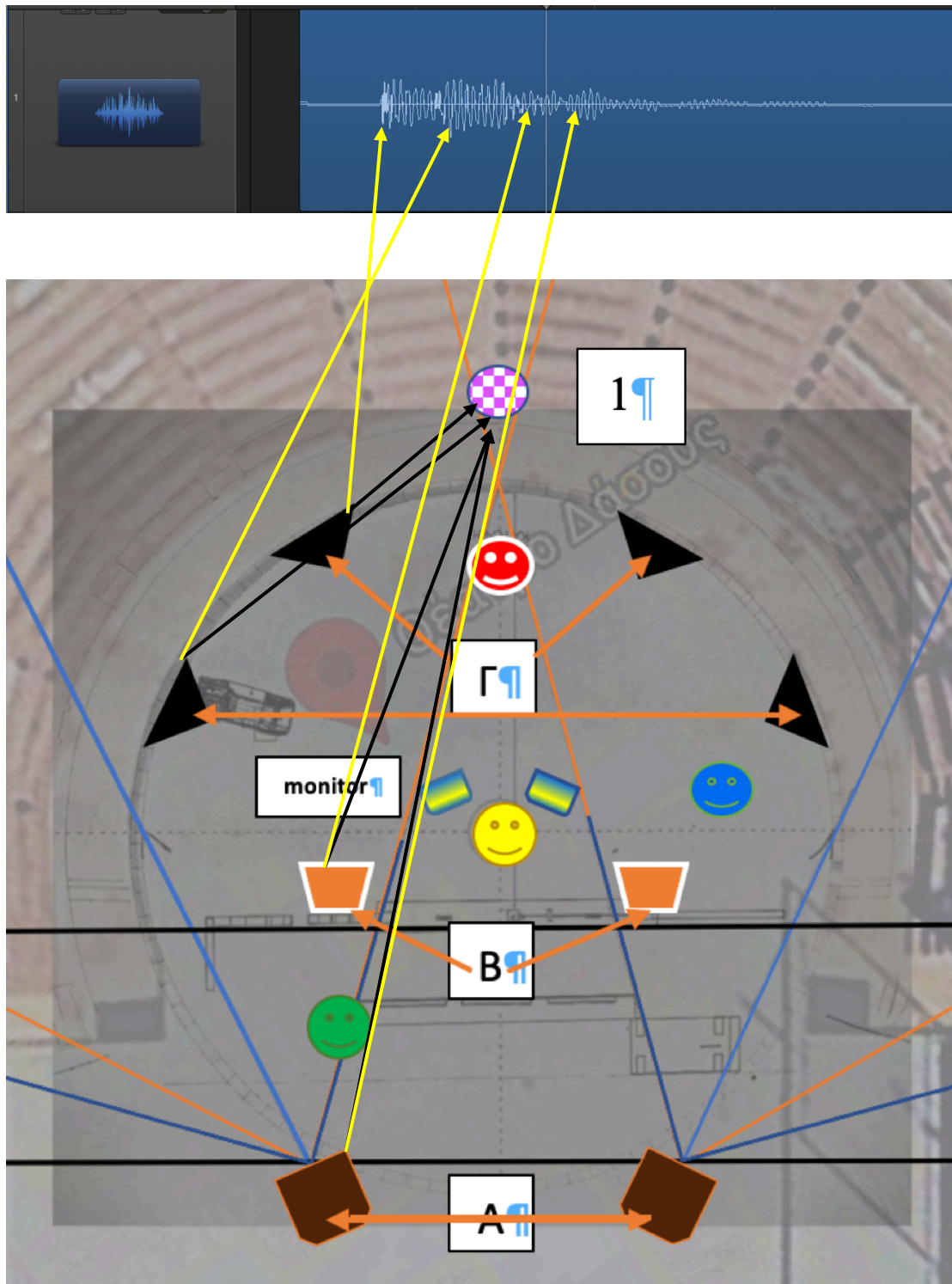


Εικ.5.14. Απεικόνιση του αέρα στο 4^ο κανάλι

Αυτό, δυσχεραίνει την ανάγνωση των αποτελεσμάτων και ιδιαίτερα την αναγνώριση των διαφορών που οφείλονται στην καθυστέρηση, όπως θα περιμέναμε να καταγραφούν στο ίδιο κανάλι και προέρχονται από διαφορετικά ηχεία, κάτι που βλέπουμε στο 1^ο κανάλι για παράδειγμα σε μια από τις εγγραφές (εικ.5.15, πάνω).

Εδώ θα μπορούσαμε να ερμηνεύσουμε τις διάφορες διακυμάνσεις που παρατηρούμε, σαν σήματα που προέρχονται από τα διάφορα ηχεία με καθυστέρηση διαδοχικά. Στην εικόνα 5.15, προσπαθούμε να συνδέσουμε τις διακυμάνσεις αυτές με πιθανές πηγές από ηχεία. Επισημαίνουμε μάλιστα μόνο τα μισά από αυτά, δηλαδή τα υπόλοιπα που βρίσκονται στην δεξιά πλευρά της εικόνας επίσης παράγουν σήματα που όμως λόγω συμμετρίας καταφθάνουν χρονικά μαζί στο μικρόφωνο με τα σήματα της αριστερής πλευράς που δείχνουν τα κίτρινα βέλη.

Δεύτερον και ίσως πιο σημαντικό, αντιλαμβανόμαστε ότι η όλη διαδικασία, ενώ μπορεί να δείξει και δείχνει αποτελέσματα που ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα, όπως οι χρονικές αποστάσεις που είδαμε παραπάνω, - που δείχνουν να ανταποκρίνονται στις διαστάσεις του χώρου και να εκφράζουν πράγματι τις διαφορές αποστάσεων ηχείων-μικροφώνων - είναι μάλλον χαοτική και τα αποτελέσματα μπορούν να εξαχθούν και με απλή γεωμετρία, με αρκετές πράξεις για



Εικ.5.15. Η καταγραφή στο 1^ο κανάλι σε μεγέθυνση δείχνει την διαδοχική άφιξη των σημάτων από τις διαφορετικές πηγές (πάνω εικόνα). Τα κίτρινα βέλη στην κάτω εικόνα συνδέουν τις πιθανές στο μικρόφωνο (θέση ροζ καρό) και την αντίστοιχη απεικόνιση στο σήμα καταγραφής

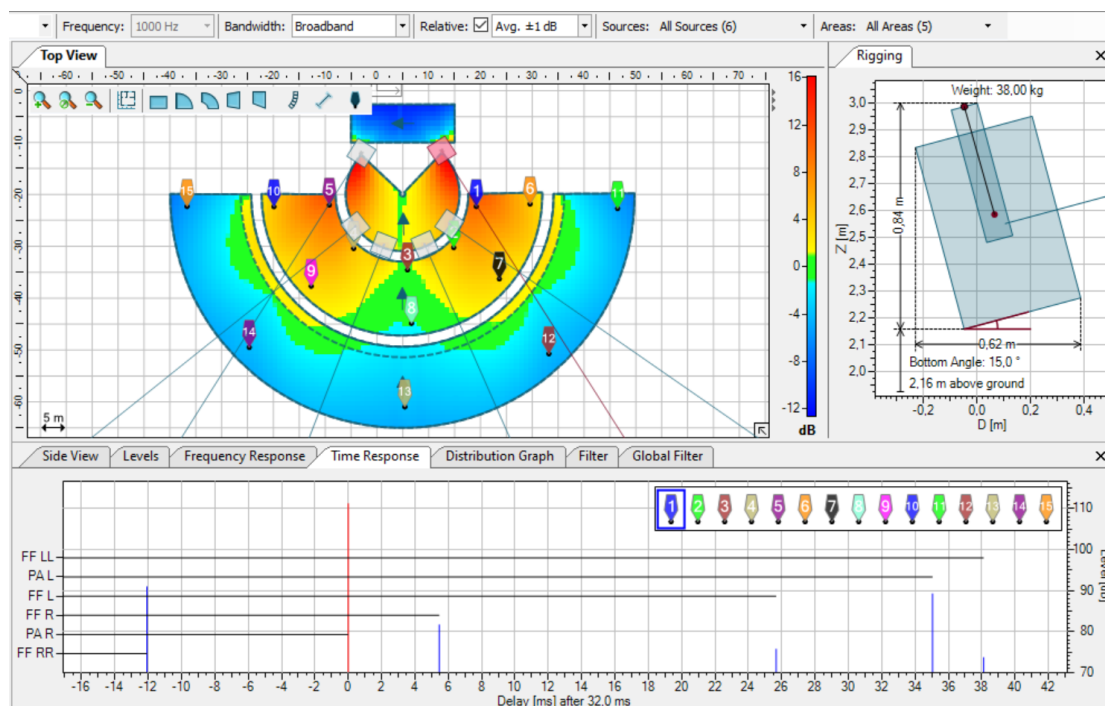
τον υπολογισμό σε κάθε σημείο (από τα 4 που επιλέξαμε), όλων των άμεσων σημάτων που μπορεί να καταφθάνουν από καθεμιά πηγή. Αν δηλαδή υποθέσουμε ότι, (και όντως έτσι συνέβη), όλα τα ηχεία αναπαράγουν λίγο ή περισσότερο τις φωνές των ηθοποιών, τότε μιλάμε για 12 διαφορετικές πηγές (2 το PA, 4x ff, 4x monitor, 2x sf). Βλέπουμε δηλαδή ότι, πέρα από την καταγραφή ενός περιστατικού, όπως αυτό της εικόνας 5.15 και 5.13 που να δείχνει σε κάποιο βαθμό οπτικά το τί συμβαίνει σε κάθε θέση θεατή, όταν γίνεται χρήση μικροφώνων σε ηθοποιούς και υπάρχουν πολλές πηγές (13 αν υπολογίσουμε και τον ίδιο τον ηθοποιό), δεν υπάρχει λόγος να δούμε με λεπτομέρεια όλες τις εγγραφές και να προσπαθήσουμε να συνδέσουμε τις καταγεγραμμένες κυματομορφές με κάθε μια από τις πηγές ήχου. Αρκούμεστε λοιπόν στην καταγραφή που φανερώνει αυτό που συμβαίνει στον χώρο. Είδαμε στην πράξη ένα παράδειγμα. Ανιχνεύσαμε τις πηγές σε ένα σήμα και το μόνο που τελικά μας ενδιαφέρει είναι, πρώτον, όλες αυτές οι καθυστερήσεις να βρίσκονται εντός ενός συγκεκριμένου μετρήσιμου χρονικού εύρους, όχι μεγαλύτερου από 50 ή 60msec, δεύτερον να μην έχουν διαφορά στάθμης μεγαλύτερης των 10dB, αν θέλουμε να έχουμε φυσική αίσθηση του ήχου. Έτσι, όλες αυτές οι καθυστερήσεις μαζί να δρουν σαν εικονικές ανακλάσεις που να ενισχύουν το σήμα και να μην δημιουργούν σύγχυση στον θεατή, σχετικά με την εκφορά του ήχου.

5.3. Οι προβλέψεις των καθυστερήσεων σε λογισμικό

Στο λογισμικό που χρησιμοποιούμε για την πρόβλεψη κάλυψης στο θέατρο Δάσους, (Ease focus), μπορούμε να δούμε με ευκολία τα περιθώρια των καθυστερήσεων σε 15 διαφορετικές θέσεις του κοινού και να εκτιμήσουμε αν όλα τα ηχεία βρίσκονται στα επιθυμητά περιθώρια που θέσαμε παραπάνω. Στην παρακάτω εικόνα 5.16, βλέπουμε τον σχεδιασμό του θεάτρου Δάσους με αρκετά μεγάλη ακρίβεια, μέχρι και σχεδόν όλο το 2^ο διάζωμα⁴⁰. Στο παρακάτω σχέδιο, έχουν δοθεί οι κλίσεις των

⁴⁰ Να σημειώσουμε πως το 2^ο διάζωμα του θεάτρου Δάσους έχει μια σχεδιαστική ασυμμετρία που ταιριάζει με το φυσικό ανάγλυφο του βουνού. Έτσι από την ανατολική πλευρά οι κερκίδες ανεβαίνουν ακόμη ψηλότερα στην παγιά, σχηματίζοντας κι ένα 3ο διάζωμα σε ένα μικρό μέρος του, ενώ Δυτικά το 2^ο διάζωμα κατεβαίνει και δεν έχει την ίδια συμμετρία με την απέναντι, αντικρινή πλευρά του θεάτρου (βλ.εικ.5.3 και ακόμη πιο καθαρά στην εικ.3.5).

διαζωμάτων σύμφωνα με τις μετρήσεις του θεάτρου και οι κλίσεις των ηχείων, τόσο του κεντρικού συστήματος, όσο και των τεσσάρων FF ηχείων, στο μπροστινό όριο της ορχήστρας. Τις ενδείξεις στάθμης θα τις σχολιάσουμε σε ξεχωριστό κεφάλαιο παρακάτω.



Εικ.5.16. Κάτοψη του θεάτρου Δάσους στο λογισμικό EASE Focus3⁴¹, με παράλληλη απεικόνιση του time response για το μικρόφωνο (δέκτης), στη θέση 1 (μπλε) δεξιά

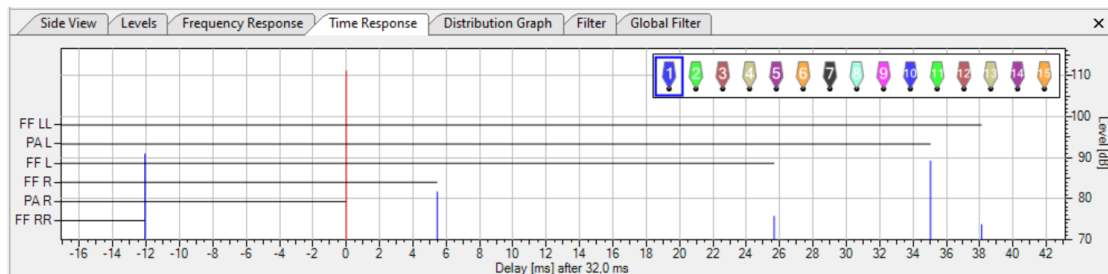
Στην άνω κάτοψη (εικ. 5.16), βλέπουμε 15 εικονικά μικρόφωνα τοποθετημένα στον χώρο. Πέντε περιμετρικά της 1^{ης} σειράς, άλλα 5 περιμετρικά της τελευταίας σειράς του 1^{ου} διαζώματος και τέλος, 5 περιμετρικά στο ύψος περίπου της τελευταίας σειράς του 2^{ου} διαζώματος.

Στην εικ.5.16, βλέπουμε στο κάτω μέρος, τις ενδείξεις απόκλισης σε msec, για την θέση 1 (μπλε μικρόφωνο, 1^η κερκίδα, άκρη-δεξιά), όλων των ηχείων. Θυμίζουμε ότι οι φωνές αναπαράγονται από το κύριο σύστημα (PA) και από τα 4 περιμετρικά ηχεία front fill (FF). Η ένδειξη λοιπόν, μας δείχνει σε τι απόκλιση φτάνει ο ήχος στην θέση 1. Λαμβάνει σαν αναφορά την στάθμη από το δεξί ηχείο του PA με χρόνο μηδέν

⁴¹ <https://www.afmg.eu/en/ease-focus>

(0msec) στον οριζόντιο άξονα του πίνακα, λόγω της μεγαλύτερης στάθμης του (>110dB κάθετος δεξιός άξονας του πίνακα), με μια κάθετη κόκκινη γραμμή. Στον αριστερό κάθετο άξονα του time response, βλέπουμε τα ονόματα των 6 ηχείων ως εξής: PA L και PA R, είναι το κεντρικό σύστημα (PA), όπου L=Left (όπως το βλέπουμε) και R=Right. Τα υπόλοιπα είναι τα 4 front fill=FF, όπου LL είναι το πρώτο από αριστερά, L το 2^ο από αριστερά, R το 3^ο στη σειρά, το οποίο είναι πλέον στο δεξί μισό του θεάτρου και τέλος, RR το FF που βρίσκεται 4^ο στη σειρά και άρα, το δεξιότερα τοποθετημένο από τα 4 υπόλοιπα. Η σειρά που τα παρουσιάζει η κάθετη κλίμακα έχει να κάνει με την κάθετη τοποθέτησή τους στο πλάνο, όπου πρώτα βάζει το FF LL, και μετά το PA L, αφού από αριστερά προς τα δεξιά, προηγείται ελάχιστα το FF LL του PA L. Αυτή η διαφορά αποτυπώνεται και στις τιμές καθυστέρησης στο σημείο 1, αφού για το FF LL είναι 38msec, και για το PA L, είναι 35msec.

Η αναφορά των 0 msec που έγινε στο PA R, γίνεται γιατί έχουμε επιλέξει την συγκεκριμένη πηγή. Όλα τα άλλα ηχητικά σήματα από τα υπόλοιπα ηχεία στο σημείο 1, θα πρέπει να ληφθούν ως δευτερεύοντα, καθώς έχουν μικρότερη στάθμη και να εκτιμηθούν ως «ανακλάσεις».



Εικ.5.17. Μεμονωμένη απεικόνιση του time response για το μικρόφωνο (δέκτης), στη θέση 1 (μπλε) δεξιά της εικόνας 5.16

ΘΈΣΗ 1 - 1η κερκίδα άκρη δεξιά						
Ηχείο	FF LL	PA L	FF L	FF R	PA R	FF RR
Στάθμη dB	73	90	75	82	112	91
delay msec	38	35	26	6	0	-12

Πίν.5.1. Στοιχεία καθυστερήσεων και στάθμης στο σημείο 1 της εικ.5.16.

Έτσι αν απομονώσουμε σε μια εικόνα (5.17), μόνο τις ενδείξεις καθυστερήσεων των πηγών, μπορούμε να αποτυπώσουμε σε έναν πίνακα τις στάθμες τους και τις χρονικές διαφορές τους για να βγάλουμε κάποια συμπεράσματα. Εδώ βλέπουμε καταρχάς ότι η ισορροπία της στάθμης του PA, με τα FF, είναι υποκειμενική. Στο λογισμικό δεν υπάρχει δυνατότητα για ρύθμιση στάθμης ή καθυστέρησης σε κάθε ηχείο και οι στάθμες πιθανότατα υπολογίζονται με τις τιμές των προδιαγραφών των επιλεγμένων ηχείων, από τα αρχεία GLL⁴² που φορτώσαμε αρχικά. Αυτά είναι τα KV²audio ES1.0 για το PA και ESD5⁴³ για τα FF. Στην παράσταση, η ισορροπία μεταξύ των FF και του PA, γίνεται από διαφορετικά faders (ποτενσιόμετρα) εξόδου, της ψηφιακής κονσόλας. Αυτό σημαίνει ότι ο χειριστής μπορεί να ανεβάσει ή να κατεβάσει τις στάθμες μεταξύ τους ανά πάσα στιγμή κατά βούληση, ανάλογα με το ηχητικό αποτέλεσμα που αντιλαμβάνεται ή θέλει.

Η αρχική ισορροπία είναι να υπάρχει μια αίσθηση των FF, στην θέση 8, του χειριστή, ότι τα «αισθάνεται», δηλαδή τα ακούει ίσα-ίσα, άρα με την χρήση της έμπειρης ακοής. Αυτό στην πράξη σημαίνει διαφορά μικρότερη των 10dB κι όχι τα 21dB, που φαίνεται να έχουν εδώ διαφορά οι πηγές PA R με 112dB και FF RR με 91dB (πιν.5.1), που βρίσκονται στην μικρότερη απόσταση από το σημείο ακρόασης 1. Σε εκείνο το σημείο στην πραγματικότητα, η στάθμες τους είναι πολύ πιο κοντά μεταξύ τους.

Για τον λόγο αυτό δεν θα ασχοληθούμε περισσότερο με τις στάθμες τόσο, όσο με τις χρονικές διαφορές των 6 πηγών. Μπορούμε επίσης να κατεβάσουμε τις στάθμες του PA κατά 12dB, ώστε να είναι πιο ρεαλιστικές σε σχέση με τις πραγματικές συνθήκες της εν λόγω παράστασης. Σε αυτή την περίπτωση ο πίνακας 5.1, διαμορφώνεται ως εξής:

⁴² GLL είναι εργοστασιακά αρχεία από τις κατασκευάστριες εταιρίες των ηχείων, που δίνουν όλα τα χαρακτηριστικά του κάθε μοντέλου, για εισαγωγή σε λογισμικά ακουστικού σχεδιασμού και υπολογισμού όπως το Ease Focus <https://www.afmg.eu/en/gll-loudspeaker-file-format>

⁴³ Στην παράσταση τα ηχεία FF, είναι τα HKaudio PR:O 8, αλλά καθώς δεν βρέθηκαν αρχεία GLL για αυτά, χρησιμοποιήσαμε τα ESD5 που ήταν και τα ηχεία που είχαμε προτείνει στον αρχικό σχεδιασμό με παρόμοια τεχνικά κατευθυντικά χαρακτηριστικά

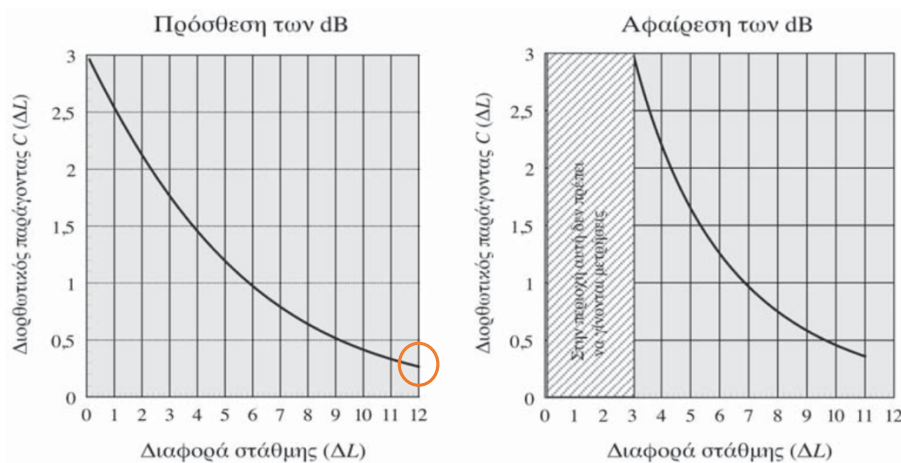
Θ΄ΕΣΗ 1 - 1η κερκίδα άκρη δεξιά						
Ηχείο	FF LL	PA L	FF L	FF R	PA R	FF RR
Στάθμη dB	73	78	75	82	100	91
delay msec	38	36	26	6	0	-12

Πιν.5.2. Τα στοιχεία του πίνακα 5.1, με μείωση στάθμης στο PA κατά 12dB

Από τον πίνακα αυτό, βλέπουμε πολύ καλύτερα, ότι η κύρια στάθμη στο σημείο 1, προέρχεται από το PA R στα 100dB κι ενισχύεται με μια «ανάκλαση»⁴⁴ με διαφορά 12msec, των 91dB, από το κοντινότερο FF. Αυτή είναι και η ρεαλιστική εικόνα που διαπιστώνουμε από την επί τόπου ακρόαση. Οι υπόλοιπες 4 πιο απομακρυσμένες «ανακλάσεις», πολύ χαμηλότερες, με διαφορά κάτω των 15dB θεωρούνται αμελητέες, καθώς θα υπερκαλύπτονται από το κύριο σήμα λόγω διαφοράς στάθμης. Αυτό εξαγεται και θεωρητικά, από την πρόσθεση των dB, είτε με τον ακριβή τρόπο,

$$L = 10 \log(10^{0.1L_1} + 10^{0.1L_2} + \dots) = 10 \log \sum_i^N 10^{0.1L_i}$$

είτε με τον προσεγγιστικό, όπου στάθμες με διαφορά 12dB, έχουν μηδαμινή επίδραση στο αρχικό σήμα, κάτω δηλαδή από μισό 0,5dB, όπως επισημαίνουμε με τον πορτοκαλί κύκλο στην κάτω εικόνα (Σκαρλάτος, 2013).

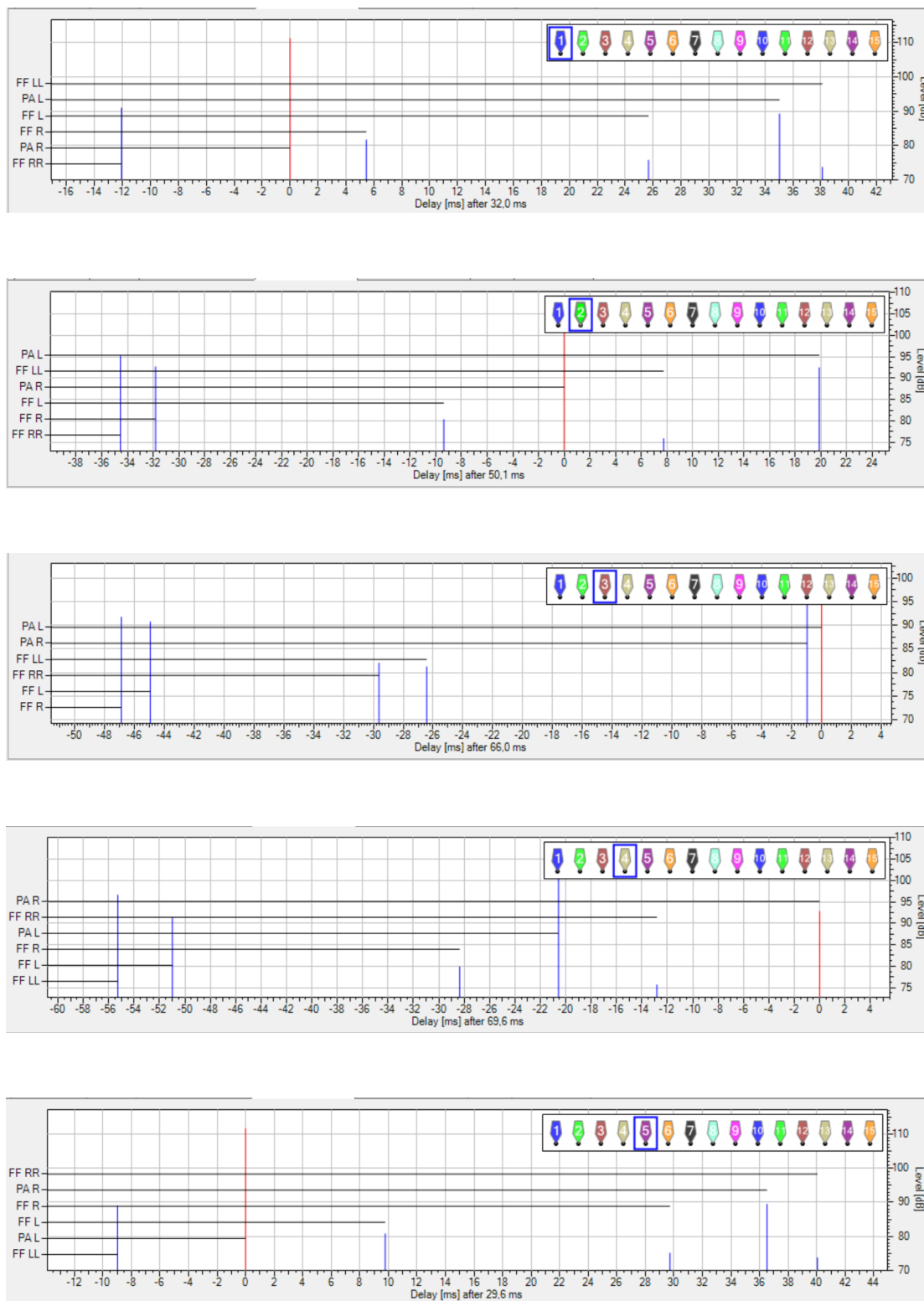


Εικ.5.18. Προσεγγιστικός τρόπος πρόσθεσης και αφαίρεσης στάθμης σε dB

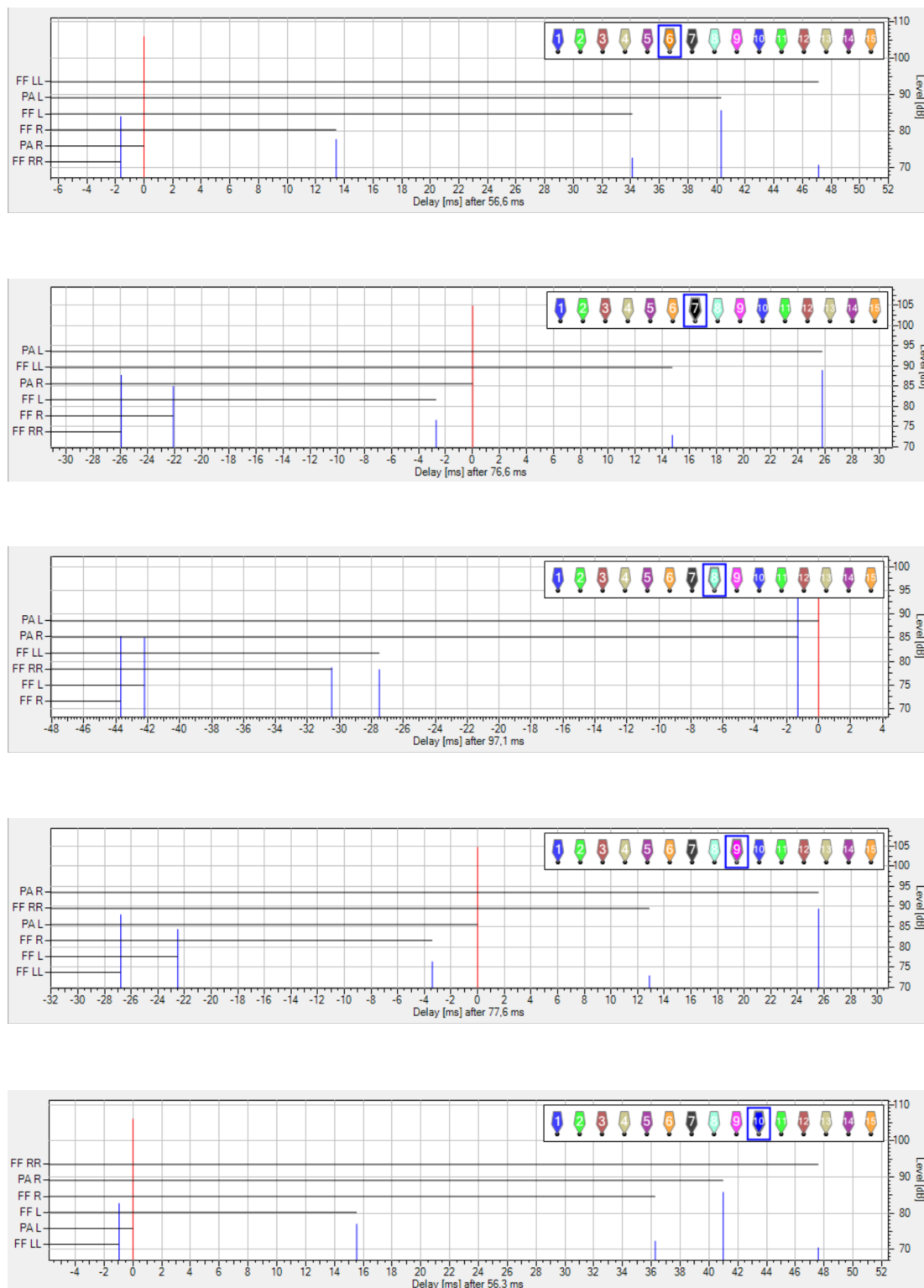
⁴⁴ Βάζουμε την λέξη «ανάκλαση» σε εισαγωγικά, γιατί όπως αναφέραμε θεωρούμε τις χαμηλότερες πηγές ως ανακλάσεις της κύριας

5.3.1. Σύγκριση των καθυστερήσεων στα 15 σημεία ακρόασης στο θέατρο

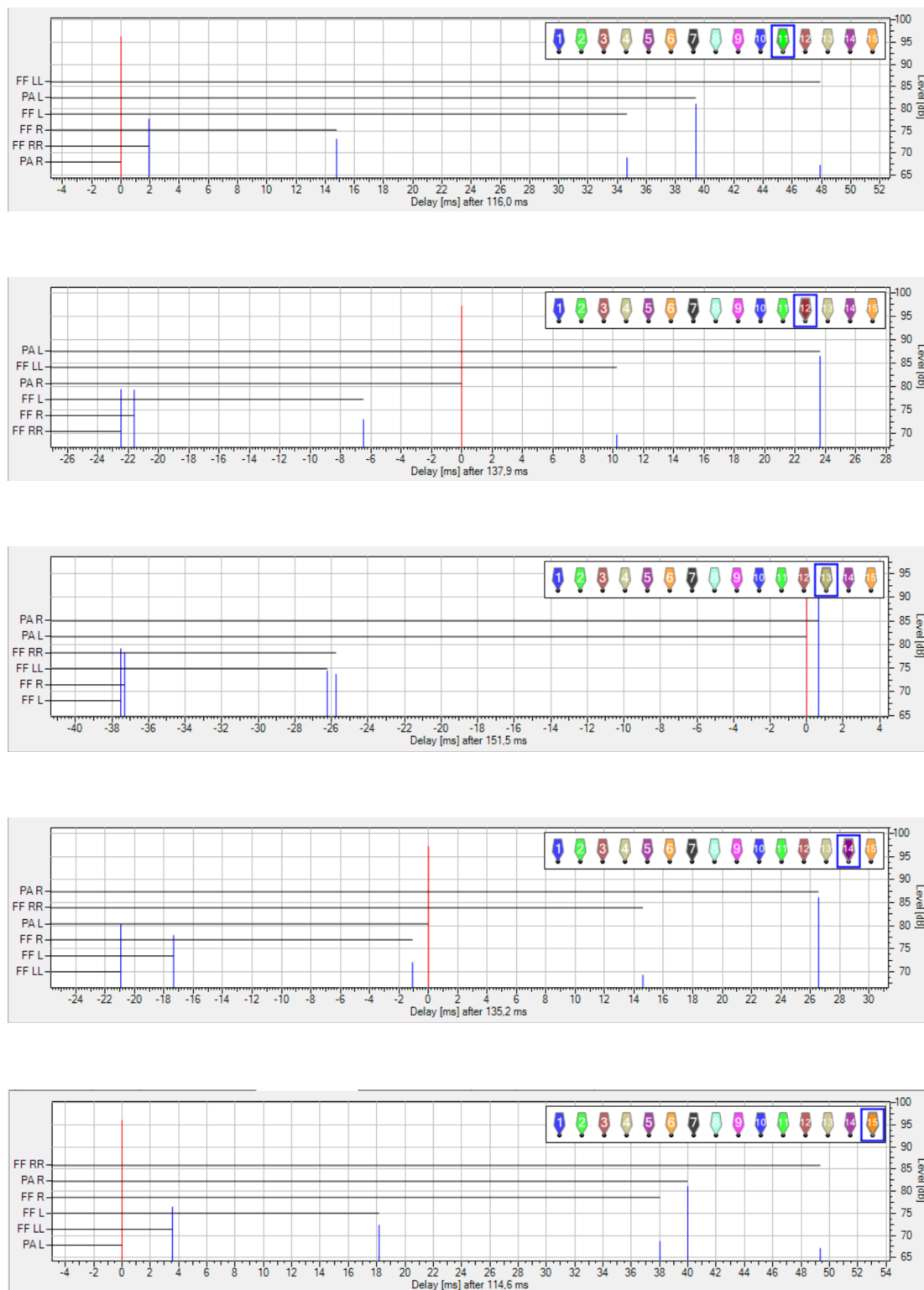
Στη συνέχεια παραθέτουμε τις απεικονίσεις καθυστερήσεων των 15 σημείων ακρόασης με έναν συγκριτικό πίνακα. Παραθέτουμε ξανά και το σημείο 1.



Εικ.5.19. Αναπαράσταση των καθυστερήσεων από τις 6 πηγές, στα 5 σημεία ακρόασης, περιμετρικά της 1^{ης} κερκίδας του θεάτρου Δάσους, σύμφωνα με την κάτοψη της εικόνας 5.16.



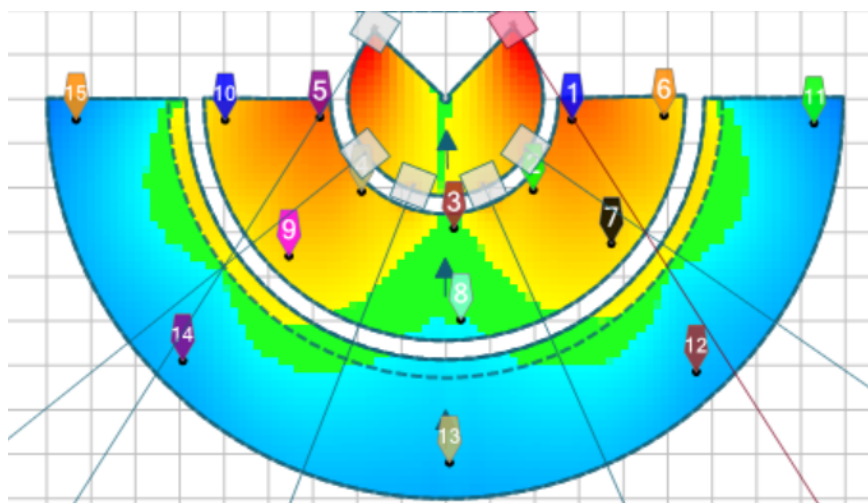
Εικ.5.20. Αναπαράσταση των καθυστερήσεων από τις 6 πηγές, στα 5 σημεία ακρόασης, περιμετρικά της 2^{ης} κερκίδας του θεάτρου Δάσους, σύμφωνα με την κάτοψη της εικόνας 5.16.



Εικ.5.21. Αναπαράσταση των καθυστερήσεων από τις 6 πηγές, στα 5 σημεία ακρόασης, περιμετρικά της **τελευταίας κερκίδας** του 2^{ου} διαζώματος του θεάτρου Δάσους, σύμφωνα με την κάτοψη της εικόνας 5.16.

Όπως αναφέραμε, οι στάθμες των PA, θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν ως 12dB χαμηλότερες για να είναι ρεαλιστικές σε σχέση με τις συνθήκες της παράστασης. Στα συνολικά αποτελέσματα του πίνακα 5.3 (επαναλαμβάνουμε την εικόνα με τα σημεία των 15 μικροφώνων προς διευκόλυνση της ανάγνωσης) πιο κάτω βλέπουμε στην 1^η στήλη το εύρος της καθυστέρησης από τα 6 ηχεία, για κάθε μια από τις 15 θέσεις ακρόασης. Αυτό κυμαίνεται από 39 ως 55 msec.

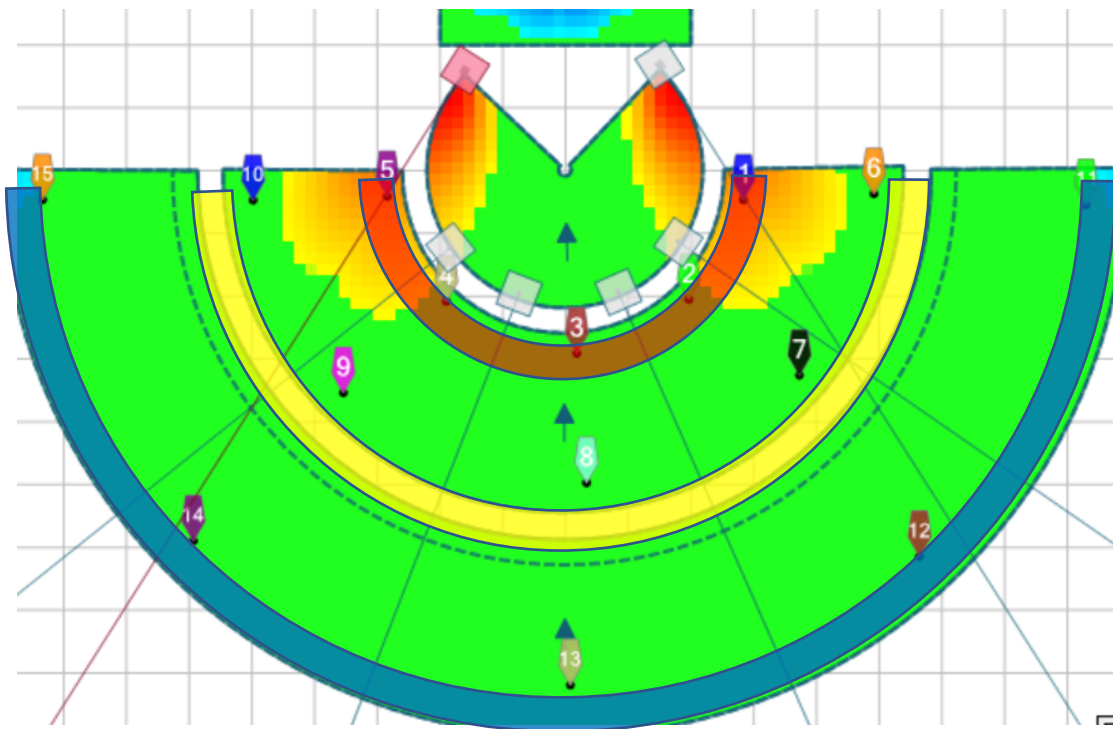
Range	FF LL	PA L	FF L	FF R	PA R	FF RR	Mic
50	38	36	26	6	0	-12	1
55	8	20	-9	-32	0	-35	2
47	-26	0	-45	-47	-1	-30	3
55	-55	-20	-51	-28	0	-13	4
49	-9	0	10	30	36	40	5
49	47	40	34	14	0	-2	6
52	15	26	-3	-22	0	-26	7
44	-28	0	-42	-44	-2	-31	8
53	-27	0	-22	-4	26	-13	9
49	-1	0	16	36	41	48	10
48	48	39	34	14	0	2	11
47	10	24	-7	-22	0	-23	12
39	-26	0	-38	-37	1	-26	13
48	-21	0	-17	-1	27	15	14
49	4	0	18	38	40	49	15



Πίν.5.3. Συγκεντρωτικές τιμές των καθυστερήσεων στις 15 θέσεις (Mic), με το εύρος στην 1^η στήλη. Με κίτρινο η μεγαλύτερη στάθμη και πράσινο η 2^η (bold) και 3^η μεγαλύτερη.

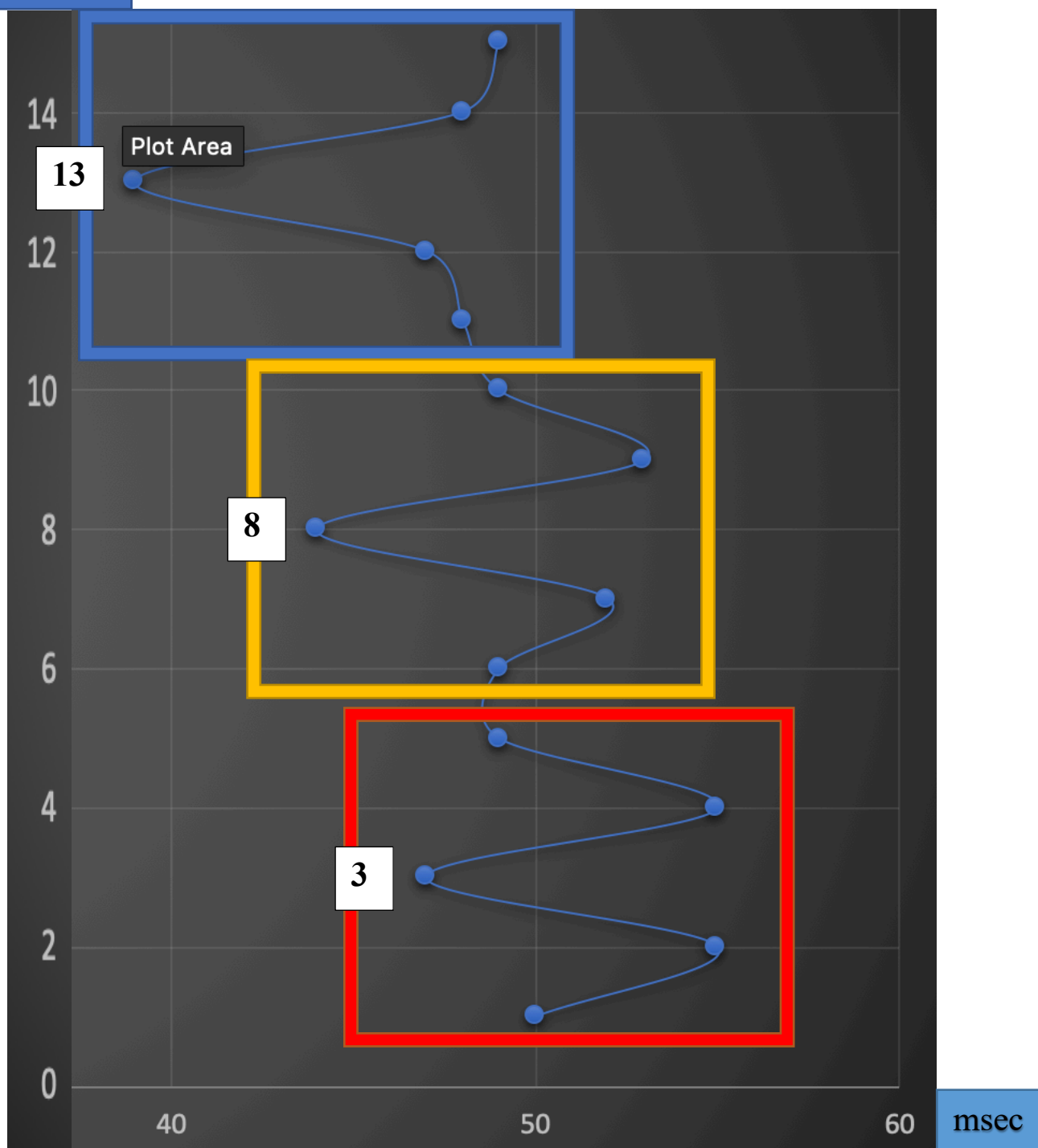
Με τον χρωματικό κώδικα στον πίνακα 5.3, αποτυπώνονται οι στάθμες των πηγών, όπου με κίτρινο χρώμα είναι η μεγαλύτερη στάθμη, με πράσινο η 2^η (bold) και 3^η μεγαλύτερη, συνήθως με διαφορά (όπως μπορούμε να δούμε και στις εικόνες 5.19 ως 5.21) άνω των 12dB, ενώ με μαύρο είναι οι πολύ χαμηλότερες στάθμες που δεν έχουν καμία επίδραση στην ακρόαση, καθώς масκάρονται (δηλαδή καλύπτονται ακουστικά) από τις δυνατότερες.

Έτσι μπορούμε να αξιολογήσουμε το εύρος όλων των καθυστερήσεων, από το παρακάτω διάγραμμα της εικόνας 5.23, που είναι χωρισμένο σε παράθυρα ανά 5 θέσεις ακρόασης, με το **κόκκινο** παράθυρο για την 1^η κερκίδα, θέσεις 1-5, το **κίτρινο** για τις μεσαίες θέσεις 6-10 και το **μπλε** για τις 5 πίσω θέσεις 11-15. Ακόμη μπορούμε να αντιπαραβάλουμε και πάλι τις θέσεις με την παρακάτω εικόνα 5.22 και τα αντίστοιχα χρωματικά τόξα.



Εικ.5.22. Αναπαράσταση των πεντάδων των θέσεων ακρόασης

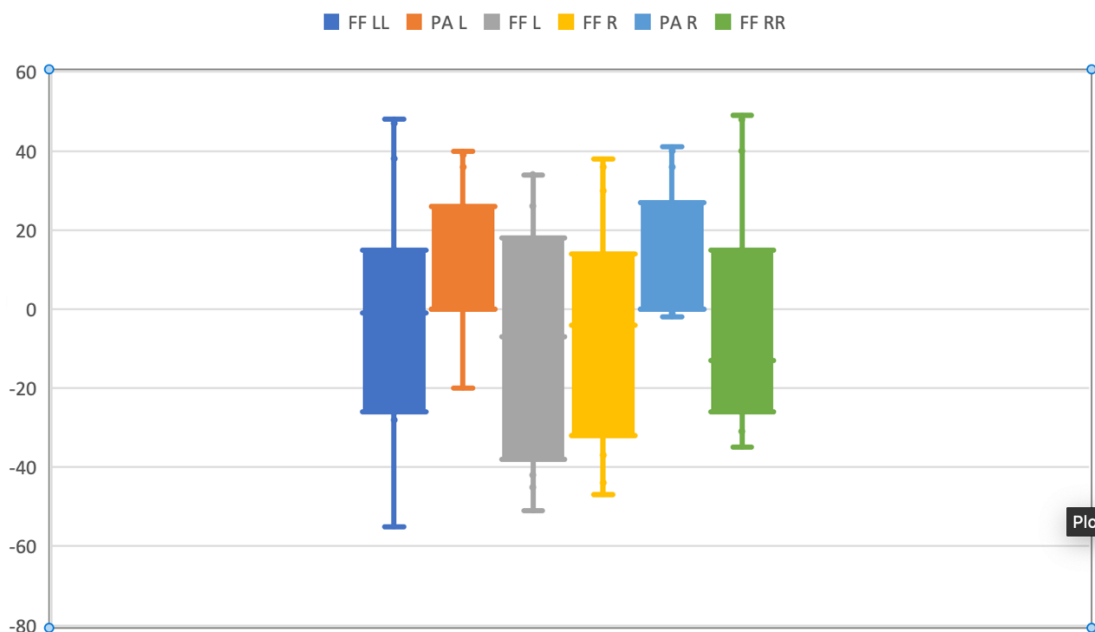
Θέσεις
Μικροφώνων



Εικ.5.23. Γραφική αναπαράσταση του **εύρους** των καθυστερήσεων στις 15 θέσεις ακρόασης, χωρισμένη σε παράθυρα των 5, ανά απόσταση από την ορχήστρα. Με μπλε το τελευταίο διάζωμα, με κίτρινο η το μεσαίο διάζωμα και με πορτοκαλί η 1^η κερκίδα.

Τα νούμερα, 3, 8 και 13 είναι οι **κεντρικές** θέσεις σε κάθε παράθυρο και σε αυτές βλέπουμε αμέσως ότι η συμμετρική θέση ακρόασης σε σχέση με τα ηχεία, αποτελεί ένα ιδεατό σημείο (sweet spot, όπως αναφέρεται με όρους στουντίου), ακρόασης αλλά και θέασης. Βλέπουμε ακόμη ότι όσο απομακρυνόμαστε από τα ηχεία, οι σχετικές διαφορές σε καθυστέρηση μειώνονται, κάτι που επιβεβαιώνεται και από τους κανόνες της γεωμετρίας. Αυτό φαίνεται στο μπλε παράθυρο όπου παρατηρούμε τις μικρότερο εύρος καθυστερήσεων. Ο συνδυασμός των δυο παραπάνω παρατηρήσεων, μας οδηγεί στο σημείο 13, το πιο απομακρυσμένο συμμετρικά τοποθετημένο σημείο, με το μικρότερο εύρος καθυστερήσεων. Στο σημείο αυτό – ψηλά στο κέντρο – ο θεατής, βλέπει στην σκηνή κάπως απομακρυσμένα, ίσως να παρακολουθεί την τηλεόραση από τον καναπέ του σπιτιού του και αντιλαμβάνεται όλες τις πηγές σχεδόν σαν μία.

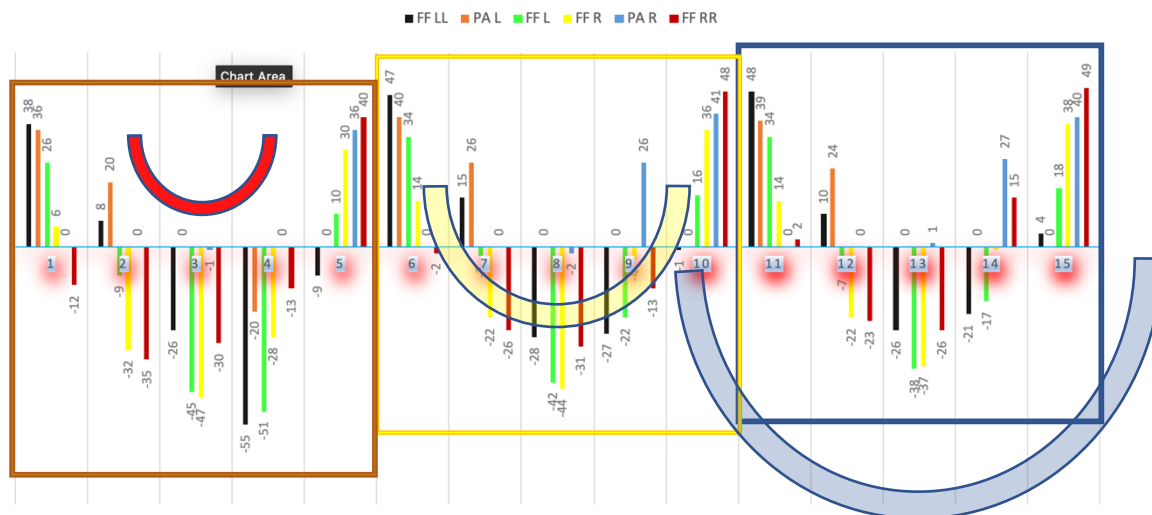
Αν κοιτάξουμε με προσοχή τα διαγράμματα των εικόνων 5.19-5.21 και τον πίνακα 5.3 για τις μεσαίες θέσεις, 3,8,13, θα προσέξουμε αμέσως ότι η κύρια στάθμη (ακόμη κι αν μειωθεί 12dB) προέρχεται από το κεντρικό σύστημα.



Εικ.5.24. Διάγραμμα της απόκλισης των καθυστερήσεων, επίδραση ανά ηχείο στις 15 θέσεις ακρόασης

Στο άνω σχήμα (εικ.5.24), βλέπουμε τις αποκλίσεις καθυστερήσεων που προκαλεί το κάθε ηχείο στις 15 θέσεις ακρόασης με τις συμπαγείς κάθετες γραμμές. Διακρίνουμε

καθαρά ότι οι μικρότερες αποκλίσεις προκαλούνται από τα κεντρικά ηχεία και οι μεγαλύτερες από τα πλαϊνά.



Εικ.5.25. Διάγραμμα καθυστερήσεων, ανά ηχείο στις 15 θέσεις ακρόασης

Στο σχήμα της εικόνας 5.25, μπορούμε να διακρίνουμε τις καθυστερήσεις, όπως αυτές προκαλούνται από τα 6 ηχεία (με τα χρώματα όπως φαίνονται πάνω από το διάγραμμα ανά ηχείο) και τις 15 θέσεις στον οριζόντιο κεντρικό άξονα, ακόμα πιο καθαρά χωρίζοντας το ανά πεντάδες (με τα παράθυρα και τα τόξα που δείχνουν τη θέση στο θέατρο) με τον ίδιο χρωματικό κώδικα της εικόνας 5.23. Βλέπουμε αμέσως τη συμμετρικότητα για τις κεντρικές θέσεις 3,8 και 13. Η μικρή απόκλιση συμβαίνει λόγω της μη συμμετρικής τοποθέτησης των μικροφώνων στο λογισμικό, όπως διακρίνεται και οπτικά κάπως στην εικ.5.22. Επίσης διακρίνεται μια συμμετρικότητα στις τιμές καθώς κινούμαστε από αριστερά προς τα δεξιά. Μειώνονται οι τιμές των κοντινών πηγών καθώς αυξάνονται αυτές των μακρινών κι αντίστροφα. Όλα αυτά βέβαια είναι σε απόλυτη συνέπεια με τις γεωμετρικές αποστάσεις, απλά αποτυπώνονται εδώ και με τις απόλυτες τιμές τους.

Στην πράξη όμως, στις εξόδους των FF ηχείων επιβάλλουμε καθυστέρηση 30 msec. Την καθυστέρηση αυτή την επινοήσαμε, από την ακτίνα της ορχήστρας, με την απλή ιδέα να τοποθετήσουμε «εικονικά», μέσω της καθυστέρησης, τα 4 FF ηχεία με καθυστέρηση στην θέση της θυμέλης και άρα πολύ πιο κοντά με το κεντρικό σύστημα

ΡΑ. Η ακτίνα της ορχήστρας είναι 10.5m. Αυτή η απόσταση μετρήθηκε και η ψηφιακή κονσόλα μας δίνει την δυνατότητα να την εφαρμόσουμε σε όποια έξοδο επιθυμούμε με οποιαδήποτε από τις 3 παρακάτω επιλογές μεγέθους: feet (πόδια στο αυτοκρατορικό σύστημα μέτρησης), μέτρα (στο γνωστό σε μας μετρικό) και σε χιλιοστά του δευτερολέπτου ή msec. Περιστρέφοντας το ποτενσιόμετρο DELAY (εικ.5.26) αλλάζουν ταυτόχρονα όλες οι ρυθμίσεις και ο χρήστης επιλέγει την τιμή του με βάση το επιθυμητό σε αυτόν μέγεθος, βλέποντας ταυτόχρονα σε τι ισοδυναμεί αυτό στα άλλα δυο πεδία. Για παράδειγμα βλέπουμε ότι στην εικόνα 5.26, τα 10.5 μέτρα, αντιστοιχούν με χρονική καθυστέρηση 30.6msec ή απόσταση 34.4 πόδια.⁴⁵ Με βάση την τελευταία ρύθμιση στην ουσία μειώνουμε όλες τις αποκλίσεις των άνω διαγραμμάτων στις 15 θέσεις ακρόασης κάνοντας τις όποιες καθυστερήσεις να έχουν περισσότερο το χαρακτήρα μιας κοντινής ανάκλασης.



Εικ.5.26. Η καθυστέρηση εξόδου στα FF ηχεία, τα οποία παίρνουν σήμα από το MixBus 5 στην ψηφιακή X32, σε ft (πόδια), m (μέτρα) και ms (millisecond)

⁴⁵ Οι Αμερικανοί συνάδελφοι συχνά χρησιμοποιούν την σχεδόν ίδια αναλογία, ή την κοντινή σχέση μεταξύ feet και msec για να υπολογίζουν πρακτικά και γρήγορα τις απαιτούμενες καθυστερήσεις στα ηχοσυστήματα, όταν δεν υπάρχει χρόνος για ακριβείς υπολογισμούς

5.4. Συμπεράσματα

Παρουσιάζουμε αρχικά μια πρακτική, εμπειρική προσέγγιση μέτρησης και διαχείρισης καθυστερήσεων ήχου στην ηλεκτρακουστική εγκατάσταση της παράστασης «Πλούτος» του ΚΘΒΕ (καλοκαίρι 2024) στο ανοιχτό θέατρο Δάσους Θεσσαλονίκης. Σαν κύρια ευρήματα μπορούμε να αναφέρουμε ότι οι φυσικές αποστάσεις επιβεβαιώνουν την γεωμετρία και εισάγοντας ψηφιακή καθυστέρηση το εύρος καθυστερήσεων περιορίζεται εντός Haas zone για ενίσχυση του ήχου χωρίς μετατόπιση εικόνας του ηθοποιού. Κατά την μέτρηση αναδείχθηκαν προβλήματα όπως ο άνεμος που επηρεάζει τα μικρόφωνα, οι πολλαπλές πηγές που δημιουργούν μια «χαοτική» εικόνα της κυματομορφής που είναι πρακτικά αδύνατη η πλήρης ανάλυση της, αλλά ικανοποιητική για κάποια συμπεράσματα σχετικά με ορισμένες ανακλάσεις.

Στη συνέχεια αξιολογούνται οι αποστάσεις και οι καθυστερήσεις από ψηφιακό μοντέλο του θεάτρου, του ηχοσυστήματος και 15 θέσεων θέασης/ακρόασης. Η εγκατάσταση επιτυγχάνει αποδεκτή ομοιογένεια με εύρος μικρότερο των 55msec, ενισχύοντας φωνές χωρίς σοβαρή απώλεια localization, χάρη σε προσεκτική τοποθέτηση και την επιπρόσθετη ψηφιακή καθυστέρηση. Οι κεντρικές θέσεις θέασης δείχνουν συμμετρία και μικρότερο εύρος (ιδανικό sweet spot), ενώ απομακρυσμένες μειώνουν σχετικές διαφορές (γεωμετρική σύγκλιση). Η πρακτική να εισαχθεί καθυστέρηση 30msec στα ff, μειώνει το εύρος των 55msec στην πράξη στο μισό, επιτυγχάνοντας ακόμη πιο φυσικό αποτέλεσμα στον ήχο. Η μέθοδος επιβεβαιώνει ότι σε ανοιχτά θέατρα η συνειδητή καθυστέρηση μετατρέπει τον ενισχυμένο ήχο σε «φυσική επέκταση» (ανακλάσεις), αλλά απαιτεί επανάληψη στον σχεδιασμό σε κάθε θέατρο, από εξειδικευμένο τεχνικό. Συνολικά, η περίπτωση Δάσους δείχνει εφικτή ισορροπία τεχνολογίας – φυσικής ακουστικής, αλλά υπογραμμίζει την ανάγκη για συστηματικότερη προσέγγιση σε περιοδείες.

6. Παρουσίαση ηλεκτρακουστικών καλύψεων σε 4 αρχαία θέατρα κι ένα υβριδικό. Προβλέψεις - μετρήσεις και αντιπαραβολή τους.

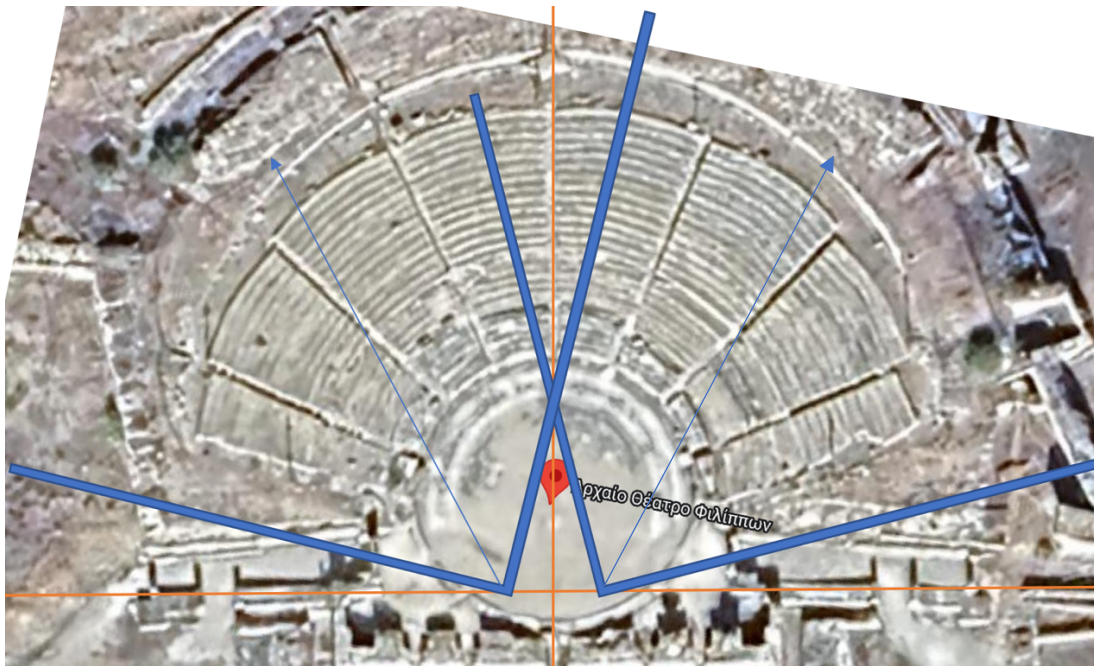
Κατά τη διάρκεια της περιοδείας «Πλούτος» του ΚΘΒΕ, βρισκόμαστε σε αρκετά θέατρα. Κάποια από αυτά αρχαία, κάποια σύγχρονα και μια ιδιαίτερη περίπτωση ενός υβριδικού θεάτρου. Σε κάθε χώρο ακολουθούμε τον ίδιο τρόπο τοποθέτησης της ηλεκτρακουστικής εγκατάστασης που εφαρμόζουμε στο αρχικό θέατρο Δάσους (εικ.5.3), όπου έγιναν οι τελικές πρόβες της παράστασης, καθώς και η πρεμιέρα.

6.1. Ηλεκτρακουστικές καλύψεις θεάτρων περιοδείας

Παρακάτω παρουσιάζουμε τις εγκαταστάσεις του κεντρικού συστήματος ΡΑ, (σε όλα τα θέατρα τοποθετήθηκαν και τα ff ηχεία τα οποία δεν απεικονίζονται) σε 5 θέατρα, ξεκινώντας από το μικρότερο σε χωρητικότητα, προς το μεγαλύτερο, σύμφωνα με την τωρινή τους κατάσταση.

6.1.1 Ηλεκτρακουστική κάλυψη κεντρικού συστήματος στους Φιλίππους

Με χωρητικότητα περίπου 2.500 θεατές, το αρχαίο θέατρο Φιλίππων στις Κρηνίδες του νομού Καβάλας, χρησιμοποιείται για παραστάσεις εδώ και πολλές δεκαετίες. Το περιβάλλον του δεν είναι πλέον ιδανικό από άποψη περιβάλλοντος θορύβου. Υπάρχει επαρχιακή οδός (χωρίς ηχοπετάσματα), περιφερειακά του θεάτρου σε απόσταση μικρότερη από 720m. Ο χώρος στάθμευσης είναι επίσης πολύ κοντά, μόλις στα 150m από την ορχήστρα και με κατεύθυνση στις κερκίδες (εικ.6.4). Υπάρχει πλέον μεγάλη ανάγκη για ενίσχυση των φωνών των ηθοποιών, στις παραστάσεις με φυσική εκφορά του λόγου.



Εικ. 6.1. Σχεδιασμός ηλεκτρακουστικής κάλυψης στο αρχαίο θέατρο Φιλίππων στην Καβάλα, για το κεντρικό σύστημα ήχου

Στις παρακάτω φωτογραφίες βλέπουμε το αρχαίο θέατρο άδειο και γεμάτο, όπου διαπιστώνουμε αισθητά μεγάλη διαφορά στον τρόπο που ο ήχος συμπεριφέρεται σε κάθε ακροατή, όταν έχει απλά άδειες κερκίδες γύρω του, ή έχει καθήμενους θεατές.



Εικ. 6.2. Νυχτερινή άποψη του αρχαίου θεάτρου Φιλίππων, άδειο με το σκηνικό και την ηλεκτρακουστική εγκατάσταση



Εικ. 6.3. Το αρχαίου θέατρο Φιλίππων λίγο πριν την έναρξη της παράστασης «ο Πλούτος», περιοδεία ΚΘΒΕ 2024.

Αυτή είναι μια παράμετρος που δεν μπορεί να μετρηθεί, καθώς όλες οι μετρήσεις που υπάρχουν σε ανοιχτά θέατρα σχετικά με την ακουστική τους, πάντα γίνονται σε άδεια θέατρα, γεγονός που δεν έχει σχέση με την πραγματικότητα, καθώς μπορεί οι πρόβες να γίνονται σε τέτοια, αλλά οι παραστάσεις γίνονται σε γεμάτα (συνήθως) θέατρα.



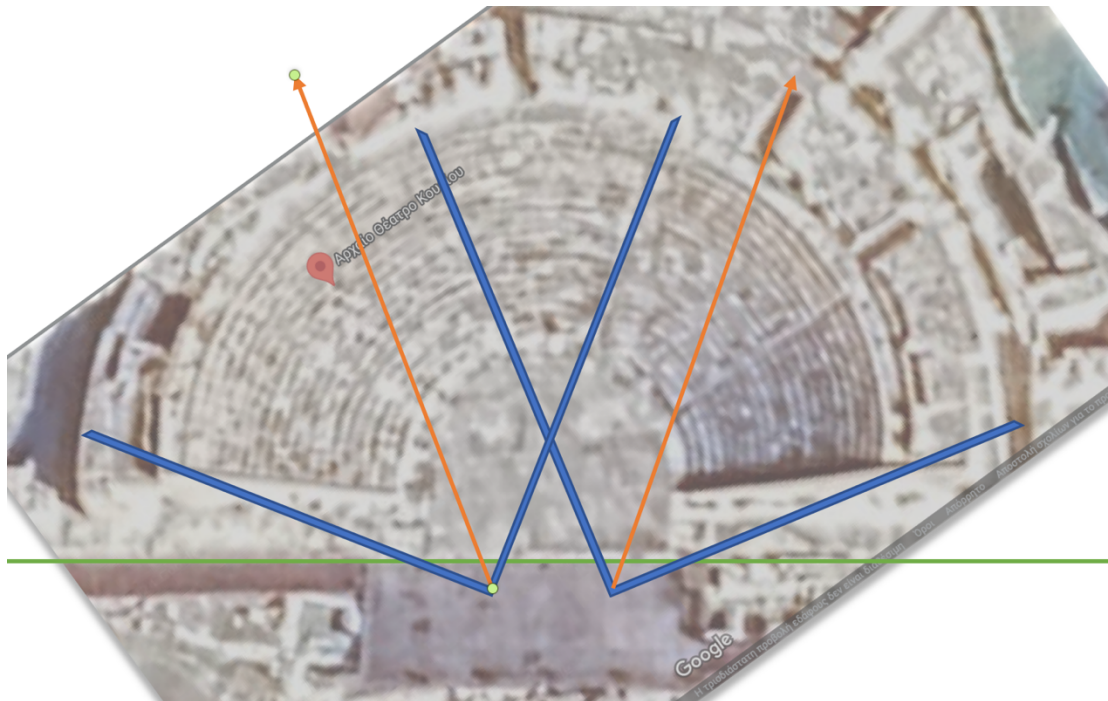
Εικ. 6.4. Μεγέθυνση της σκηνής, όπου βλέπουμε το ΡΑ και την κλίση του, όπως περιγράφεται στην εικ. 6.1. Στο υπόβαθρο φαίνεται φωτισμένος ο πολύ κοντινός χώρος πάρκινγκ (διακρίνεται ένα πούλμαν), ενώ η γραμμή με τα μακρινά φώτα είναι η επαρχιακή οδός σε απόσταση μικρότερη από 1km

6.1.2. Ηλεκτροακουστική κάλυψη κεντρικού συστήματος στο αρχαίο Κούριο

Το αρχαίο θέατρο στο Κούριο της Κύπρου, με χωρητικότητα 3500 θεατές, κι έχει την μορφή του κλασσικού αρχαίου ελληνιστικού θεάτρου. Βρίσκεται πάνω από την θάλασσα σε απόμερη τοποθεσία με εκπληκτική θέα στη Μεσόγειο στα νότια του νησιού (εικ.6.5). Παρόλο το απομονωμένο της τοποθεσίας του, ακούγονται μακρινές ηχητικές πληροφορίες από θορύβους τοπικών νυχτερινών μαγαζιών που βρίσκονται εκατοντάδες μέτρα μακριά. Υπό αυτές τις συνθήκες κάποιες φορές η ανάγκη για ενίσχυση των φωνών είναι εμφανής. Στην Κύπρο το ηχητικό σύστημα ήταν διαφορετικό από αυτό της υπόλοιπης περιοδείας, αλλά με παρόμοια χαρακτηριστικά διασποράς.



Εικ. 6.5. Πανοραμική άποψη του αρχαίου θεάτρου του Κουρίου στην Κύπρο



Εικ. 6.6. Σχεδιασμός ηλεκτρακουστικής κάλυψης στο αρχαίο θέατρο Κουρίου στην Κύπρο, για το κεντρικό σύστημα ήχου

6.1.2.1. Ισοστάθμιση συστήματος PA Φεστιβάλ Κουρίου

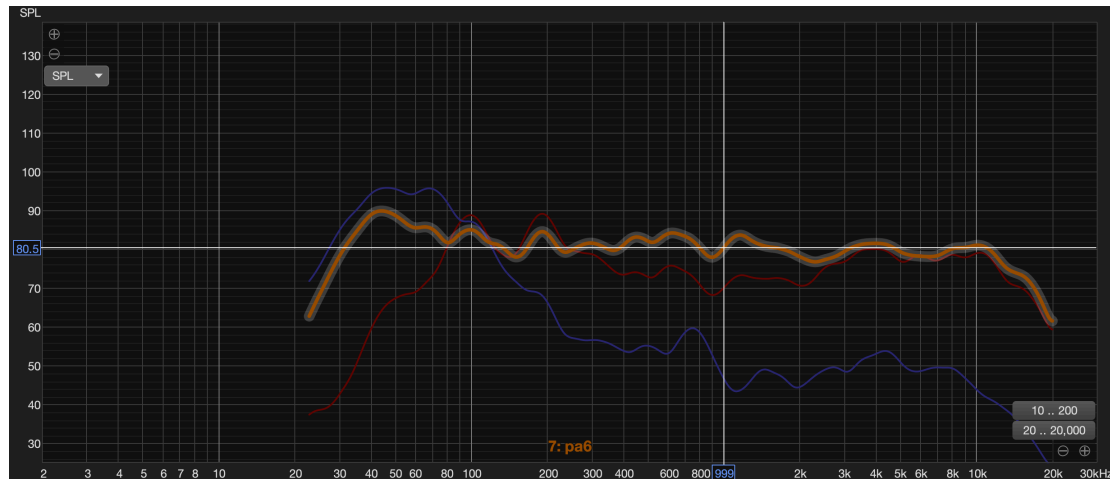
Στο φεστιβάλ του Κουρίου, που φιλοξένησε την παράσταση του ΚΘΒΕ, υπήρχε διαφορετικό ηχοσύστημα και δεν χρησιμοποιήθηκε το σύστημα KV^2 audio της περιοδείας. Έτσι, εφαρμόζουμε και πάλι την διαδικασία ισοστάθμισης με το λογισμικό REW και με τη χρήση μικροφώνου μέτρησης Avenson STO-2. Το ηχοσύστημα της Κύπρου είναι το Line array HDL 26-A της RCF, με 5 δορυφόρους και 1 subwoofer σε κάθε πλευρά (εικ.6.7). Η μέτρηση έγινε από το πίσω κέντρο στην μέση του θεάτρου σε όλο το σύστημα Left+Right, και η ισοστάθμιση με έναν stereo γραφικό ισοσταθμιστή 31 περιοχών από την X32, που αποτελεί εξοπλισμό της περιοδείας του ΚΘΒΕ.



Εικ.6.7. Σε μεγέθυνση βλέπουμε την δεξιά πλευρά του RCF HDL 26-A, στην πλάγια κλίση που παρουσιάζουμε στην εικ.6.6.

Στην εικόνα 6.8, βλέπουμε το αρχικό και το τελικό αποτέλεσμα της επιτόπιας μέτρησης. Με μπλε χρώμα βλέπουμε την 1^η μέτρηση όπως μας παραδόθηκε το ηχοσύστημα. Διακρίνουμε ξεκάθαρα έναν υπερτονισμό στις χαμηλές συχνότητες, καθώς τα subwoofers ήταν αρκετά μεγαλύτερα σε ισχύ από τους δορυφόρους. Αυτό όμως είναι απόλυτα λογικό και θεμιτό για μια εταιρία που αναλαμβάνει ηχητικές καλύψεις κυρίως μουσικής φύσεως, όπου οι απαιτήσεις για χαμηλές συχνότητες είναι συχνά μεγάλες.

Η κόκκινη καμπύλη παρουσιάζει μόνο τους δορυφόρους, τα 5 τεμάχια HDL 26-A, που παρουσιάζουν αρκετά καλή εικόνα και χρειάζονται μόνο μικρές διορθώσεις. Αυτές οι διορθώσεις πραγματοποιούνται στην τονισμένη πορτοκαλί καμπύλη που είναι και η τελική ισοστάθμιση του συστήματος, μαζί με τον έλεγχο των subwoofers, που τα χαμηλώνουμε από ξεχωριστή ρύθμιση στάθμης στις εξόδους τις κονσόλας (matrix out).



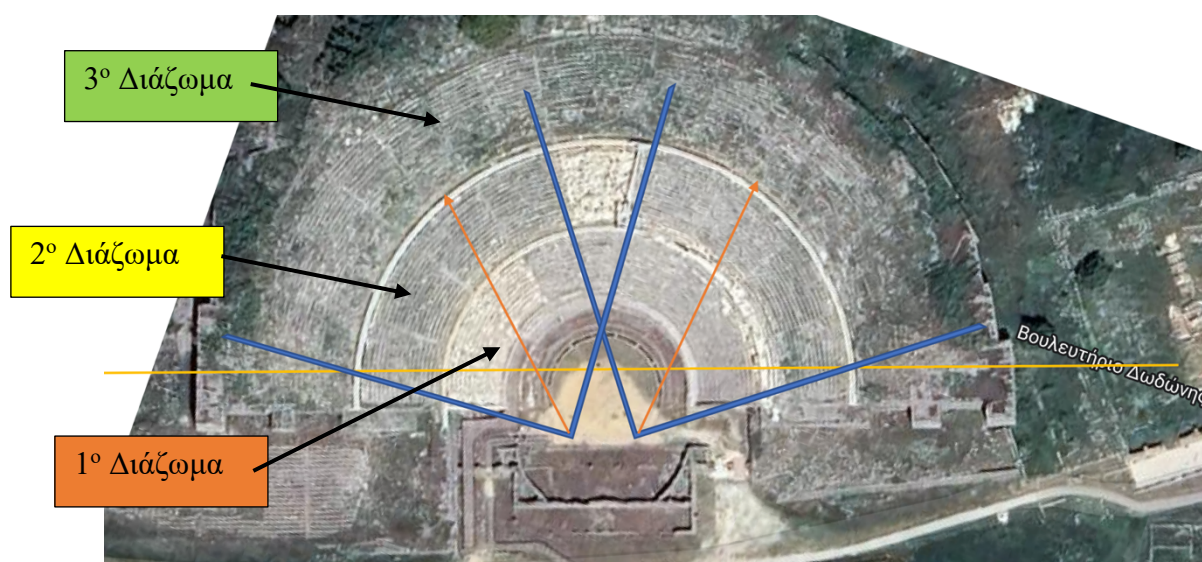
Εικ.6.8. Τρεις μετρήσεις με το REW για το PA στο αρχαίο θέατρο Κουρίου. Με μπλε η αρχική μέτρηση μαζί με τα subwoofer, με κόκκινο μόνο οι δορυφόροι του συστήματος, με πορτοκαλί η τελική μέτρηση μετά την ισοστάθμιση των δορυφόρων και την ρύθμιση στάθμης των subwoofer

6.1.3. Ηλεκτρακουστική κάλυψη κεντρικού συστήματος στη Δωδώνη

Στο αρχαίο θέατρο της Δωδώνης τα πράγματα φαίνεται να λειτουργούν πολύ καλύτερα από άποψη περιβάλλοντος θορύβου. Το θέατρο, με αρχική χωρητικότητα μεγαλύτερη από κάθε άλλο θέατρο στην Ελλάδα (πηγές αναφέρουν 18.000 θεατές), το αναφέρουμε εδώ, πριν από αυτό της Επιδαύρου, καθώς το 3^ο και μεγαλύτερο διάζωμά του δεν έχει αποκατασταθεί, ενώ στο 2^ο γίνονται ακόμα προσπάθειες αποκατάστασης του (εικ.6.9 και 6.10). Αποτέλεσμα, μόνο στο 1^ο διάζωμα φιλοξενούνται θεατές σε αυτόν τον τεράστιο χώρο, με σημερινή δυνατότητα κάτω των 2000 θέσεων. Από άποψη ακουστικής, στο θέατρο υπάρχει απόσταση της πρώτης σειράς θεατών από τη σκηνή σε μήκος και σε ύψος, λόγω του μεγάλου τοίχου γύρω από την ορχήστρα (σχεδόν 2m), που παρέμεινε από την χρήση του ως αρένα. Στο κέντρο της ορχήστρας, στη θυμέλη, υπάρχει ένα έντονο ακουστικό φαινόμενο αντιληπτό μόνο από τους ηθοποιούς επί σκηνής που νιώθουν να τους περικυκλώνει ο ήχος τους. Ο τοίχος αυτός γιγαντώνει το ακουστικό φαινόμενο της Θυμέλης.



Εικ. 6.9. Άποψη από το 3^ο διάζωμα του αρχαίου θεάτρου της Δωδώνης.



Εικ. 6.10. Σχεδιασμός ηλεκτρακουστικής κάλυψης στο αρχαίο θέατρο Δωδώνης στην Ήπειρο, για το κεντρικό σύστημα ήχου



Εικ. 6.11. Άποψη σκηνής και τοποθέτησης του ΡΑ, κατά την προσέλευση του κοινού

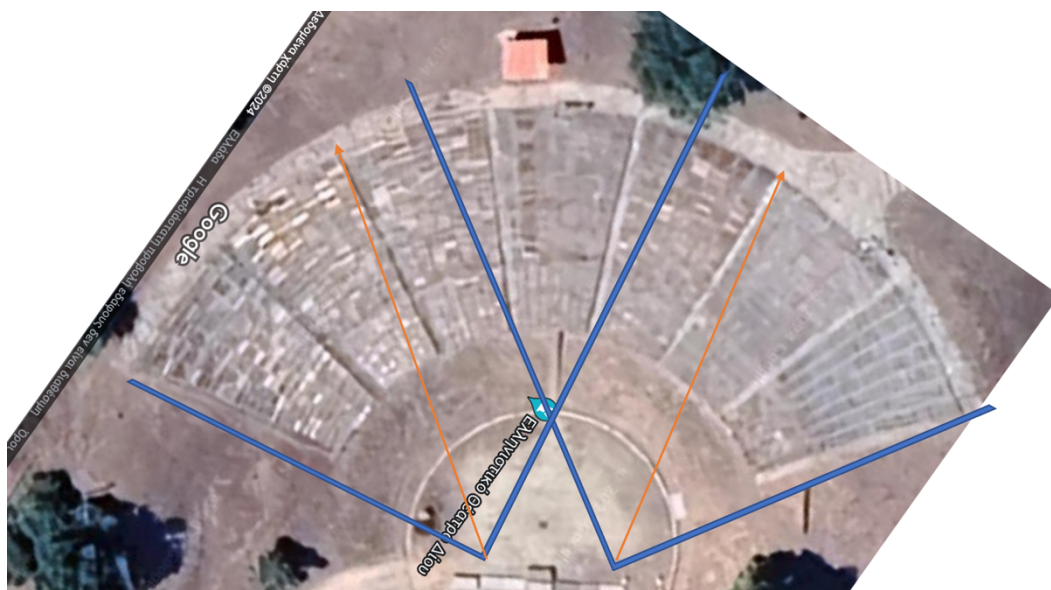
6.1.3.1. Το ακουστικό φαινόμενο της θυμέλης στα ημικυκλικά αμφιθέατρα

Σαν παρενθετικό σχόλιο, μπορούμε να αναφέρουμε εδώ ότι, σε κάθε ημικυκλικό θέατρο -αρχαίο ή νέο- με συμμετρία ως προς την θυμέλη του (το κέντρο της σκηνής του), υπάρχει ένα παρόμοιο ακουστικό εφέ που προκαλεί πρωτόγνωρη εμπειρία, ίσως και κάποιο δέος. Έτσι αν ένας επισκέπτης σταθεί ακριβώς στην θέση της θυμέλης, με ήσυχο περιβάλλον και μιλήσει με κάποια δυνατή ένταση στην φωνή του αντιλαμβάνεται αμέσως. Συντονισμένες ανακλάσεις από τις περιβάλλουσες κερκίδες καταφθάνουν σε αυτό το σημείο με συμμετρικές ελάχιστες καθυστερήσεις, που «χτίζουν» την αντίληψη μιας παρατεταμένης ανάκλασης. Ο επισκέπτης ακούει την φωνή του με μεγάλη φυσική ενίσχυση και ένα είδος εφέ, που την κάνει να ακούγεται δυναμική και υποβλητική. Το εφέ αυτό συμβαίνει ακριβώς στο σημείο της θυμέλης και εξαφανίζεται (πάντα για τον ίδιο) όταν ο ομιλητής μετακινηθεί από αυτό, έστω και ένα μέτρο. Πιθανόν και για το λόγο αυτό να χρησιμοποιούνταν δραματουργικά για ομιλίες σε παραστάσεις με θεϊκό ή ιερό χαρακτήρα ⁴⁶ (Barkas, 2018). Να επισημάνουμε όμως πως το εφέ αυτό γίνεται αντιληπτό μόνο από τον ομιλητή που βρίσκεται στη θυμέλη κι όχι από τους ακροατές, οι οποίοι δεν αντιλαμβάνονται καμιά διαφορά, είτε ο ηθοποιός βρίσκεται στη θυμέλη, είτε στο πλάι της.

⁴⁶ https://www.mdpi.com/2624-599X/1/1/18?utm_source=chatgpt.com

6.1.4. Ηλεκτρακουστική κάλυψη κεντρικού συστήματος στο Δίον (Υβριδικό)

Ένα ακόμη ιδιαίτερο – κατ’ όνομα- αρχαίο θέατρο κυρίως για δυο λόγους. Πρώτον, επειδή οπτικά δεν έχει τίποτα το αρχαίο. Οι εξέδρες είναι ξύλινες με σιδερένιο σκελετό (πρόσφατα ανακαινισμένες το 2023-4), και βρίσκονται πάνω από το αρχαίο αμφιθέατρο που είναι ακόμα σκεπασμένο με χώμα, καθώς κινδυνεύει από τη φθορά, λόγω του υλικού κατασκευής του. Πρακτικά λοιπόν πρόκειται για ένα λυόμενο μοντέρνο θέατρο και για το λόγο αυτό το ονομάζουμε υβριδικό.



Εικ. 6.12. Σχεδιασμός ηλεκτρακουστικής κάλυψης στο αρχαίο θέατρο στο Δίον στον ανατολικό Όλυμπο, για το κεντρικό σύστημα ήχου



Εικ. 6.13. Άποψη από την βυθισμένη σκηνή του αρχαίου θεάτρου Δίου, από την μέση των κερκίδων. Στα πλάγια διακρίνεται το «κενό» 1^ο διάζωμα

Δεύτερος λόγος ιδιαιτερότητας του θεάτρου, είναι ότι και εδώ, η 1^η σειρά θεατών απέχει πολύ από την ορχήστρα, μάλιστα ακόμη περισσότερο από την Δωδώνη. Είναι στην ουσία εδώ, σα να λείπει ένα πρώτο μικρότερο διάζωμα και οι θεατές να κάθονται απευθείας στο 2^ο και το 3^ο που είναι σχεδόν συνεχόμενα, απλά με ένα πλατύσκαλο να τα διαχωρίζει (εικ.6.14). Επιπλέον η σκηνή είναι σε χαμηλότερο επίπεδο από τον περιβάλλοντα χώρο, και δεν διακρίνεται αν απομακρυνθεί ο παρατηρητής από αυτή (εικ.6.14). Το περιβάλλον είναι αισθητικά υποβλητικό με φόντο τον μυθικό Όλυμπο και σχετικά ήσυχο, καθώς το θέατρο είναι κάπως βυθισμένο, με μόνη εξαίρεση τις τελευταίες ανώτερες κερκίδες όπου βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο με το υπόλοιπο περιβάλλον και δέχονται την όποια θορυβώδη επίδραση του.



Εικ. 6.14. Το υποβλητικό περιβάλλον του θεάτρου Δίου, με τις κορυφές του Ολύμπου στο υπόβαθρο. Η «βυθισμένη» σκηνή δεν είναι διακριτή στην φωτογραφία, ούτε και ο χώρος πίσω από την ορχήστρα, καθώς βρίσκεται γύρω στα 4 μέτρα κάτω από την επιφάνεια του εδάφους στο κάτω μέρος της φωτογραφίας.

Το θέατρο βρίσκεται κοντά στο χωριό Δίον, ευτυχώς όμως με αντίθετο προσανατολισμό, δηλαδή το χωριό βρίσκεται στην πλάτη του θεάτρου, αλλά οποιοδήποτε κοντινή πανήγυρις, είναι στο άμεσο ακουστικό του περιβάλλον, - κυρίως των τελευταίων εκτεθειμένων κερκίδων - καθιστώντας και εδώ την χρήση μικροφώνων σχεδόν απαραίτητη και εξαρτώμενη από τις προθέσεις για περιφερειακές εκδηλώσεις των τοπικών παραγόντων.

6.1.5. Ηλεκτροακουστική κάλυψη κεντρικού και συμπληρωματικών συστημάτων στην Επίδαυρο

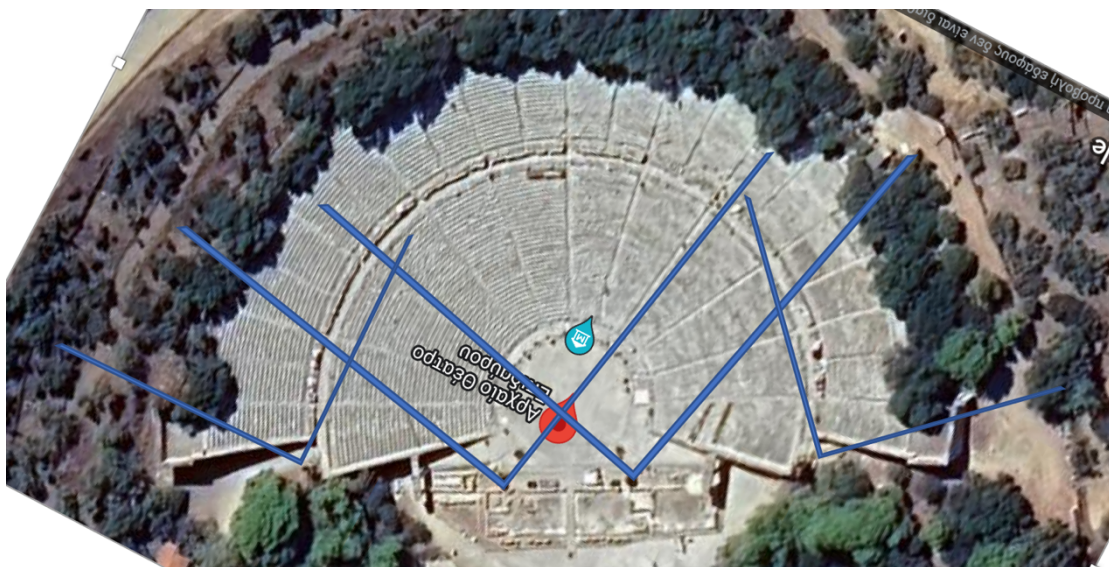
Το μοναδικό θέατρο της Επιδαύρου, αποτελεί το καλύτερα σωζόμενο αρχαίο θέατρο στην Ελλάδα με την μεγαλύτερη χωρητικότητα. Θεωρείται ο βωμός του παγκόσμιου θεάτρου, ειδικότερα στην αντίληψη κάθε επαγγελματία ηθοποιού. Το φεστιβάλ του καλοκαιρινού θεάτρου της Επιδαύρου, αποτελεί θεσμό από το 1954. Λόγω αυτού, (όπως και στο φεστιβάλ στην Κύπρο), οι διοργανωτές έχουν πλέον σταθερή ηλεκτροακουστική εγκατάσταση σε όλη τη διάρκειά του, με τις παραστάσεις που φιλοξενεί να προσαρμόζονται σε αυτή.



Εικ. 6.15. Άποψη του αρχαίου θεάτρου Επιδαύρου από την θέση χειριστή ήχου στη μέση του 1^{ου} διαζώματος. Σε πρώτο πλάνο το μικρόφωνο των μετρήσεων STO-2

Δυστυχώς, το κεντρικό ηχοσύστημα που συναντάμε άλλη μια φορά είναι πλέον πολύ ταλαιπωρημένο με αποτέλεσμα να δημιουργούνται πολλά προβλήματα στον γενικό ήχο και φυσικά πολλά παράπονα από τους συντελεστές. Το ηχοσύστημα SLS είναι παλιό και με πολύ χαμηλή απόδοση στην περιοχή των ψηλών συχνοτήτων και υπερβολική απόδοση στις χαμηλές (άλλης εταιρίας κατασκευής), ιδίως σε σχέση με το ολοκαίνουργιο KV^2 της περιοδείας μας.

Μετά την τελική ρύθμιση που κάνουμε ώστε να ισοσταθμιστεί το σύστημα παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα στην τεχνική διεύθυνση του θεάτρου (ΚΘΒΕ) και στους συντελεστές της παραγωγής, ώστε να γίνει κατανοητή η εργασία που έπρεπε να προηγηθεί, για να μπορέσει να πραγματοποιηθεί η παράσταση, - αν όχι με τις ίδιες – τουλάχιστον, με παρόμοιες ακουστικές συνθήκες. Τα αποτελέσματα αυτά παραθέτουμε στη επόμενη ενότητα 6.2, τα οποία αποτελούν τεχνική έκθεση.



Εικ. 6.16. Σχεδιασμός ηλεκτρακουστικής κάλυψης στο αρχαίο θέατρο Επιδαύρου για το κεντρικό και τα πλαϊνά συστήματα κάλυψης ήχου

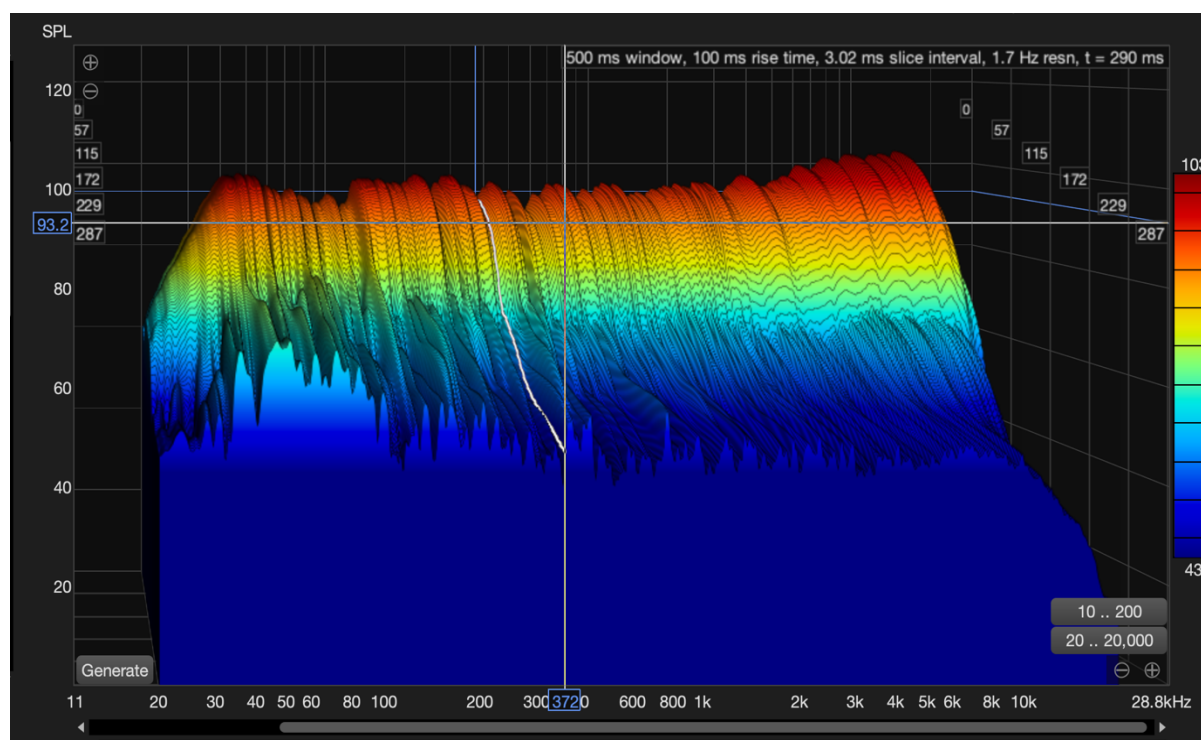
Σημειώνουμε ακόμα πως, όλες οι ρυθμίσεις της παράστασης (ισοστάθμισης εισόδων-εξόδων, προενίσχυσης μικροφώνων, οργάνων κλπ., 32 συνολικά καναλιών ήχου), μεταφέρονται ψηφιακά στην κονσόλα του φεστιβάλ, που είναι συμβατή με αυτήν της περιοδείας του ΚΘΒΕ, (από την Behringer X32 στην Midas M32), καθώς υπάρχει τεχνική αδυναμία να συνδεθεί η ψηφιακή κονσόλα της περιοδείας του ΚΘΒΕ με το

ψηφιακό box εισόδων/εξόδων του Φεστιβάλ (λόγω μεγάλου μήκους 2 ψηφιακών καλωδίων CAT5 και ενδιάμεσου σταθμού ενίσχυσης). Στην περίπτωση αυτή έγινε χειροκίνητη επαναδρομολόγηση όλων των εξόδων ώστε να λειτουργήσουν όλα σωστά. Στη συνέχεια εξομαλύνονται οι χροιές των ηχείων που εδώ είναι όλα διαφορετικά (δηλαδή εκτός από το PA και όλα τα monitors), ώστε να διατηρηθεί η ακουστική εικόνα ίδια για τους συντελεστές.

6.2. Συγκριτική απεικόνιση συστημάτων PA KV² audio (θέατρο Δάσους) και SLS L8800 (θέατρο Επιδαύρου) – Τεχνική έκθεση

Τα KV² Audio συνιστούν point source system (σημειακής πηγής) ενώ τα SLS line array ⁴⁷ (γραμμική πηγή), χωρίς αυτό να επηρεάζει τις παρακάτω μετρήσεις αξιωματικά.

6.2.1. Τρισδιάστατη απεικόνιση καταρράκτη (waterfall)



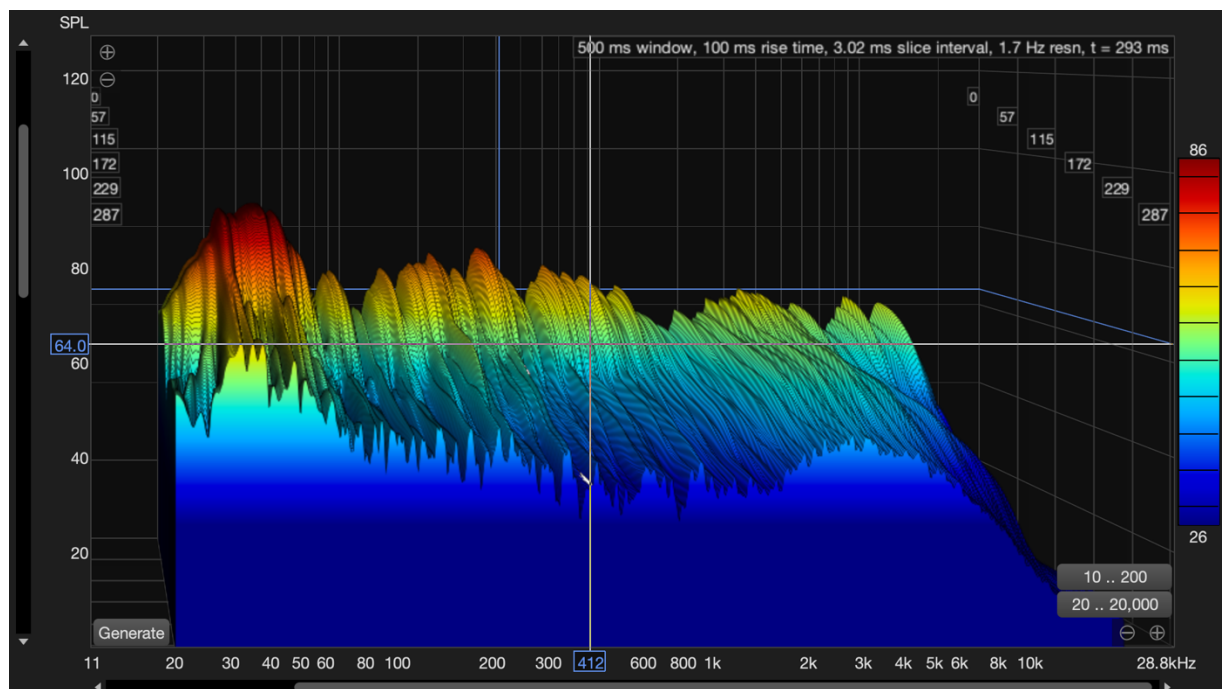
Εικ. 6.17. KV² Απεικόνιση τύπου waterfall στο θέατρο Δάσος

⁴⁷ Το SLS ήταν το κεντρικό PA που εγκαταστάθηκε στο φεστιβάλ Επιδαύρου

6.2.2. Σχόλια:

Βλέπουμε ξεκάθαρα στον κάθετο άξονα SPL σε dB (20-120) αριστερά, την διαφορά που παρουσιάζουν οι δυο «καταρράκτες» μεταξύ τους.

- Στο πάνω σχήμα (εικ.6.17), η απόκριση είναι σχεδόν οριζόντια και η πτώση είναι σχετικά ομαλή, ακολουθώντας όλο το φάσμα συχνοτήτων (οριζόντιος άξονας σε 11-28.8kHz).
- Αντίθετα, στην κάτω απεικόνιση (εικ.6.18), μέχρι τον σταυρό που βάλαμε στο σχήμα, η πτώση είναι σχετικά ίδια, αν εξαιρέσουμε την πολύ άνιση κατανομή ενέργειας, ενώ μετά από εκεί φαίνεται να μην υπάρχει η ίδια πτώση, αλλά η ενέργεια πέφτει πολύ αργά, ιδίως στην περιοχή 2kHz – 8kHz, περιοχή που καθορίζει την καθαρότητα του λόγου και αφορά τα σύμφωνα του αλφαβήτου.

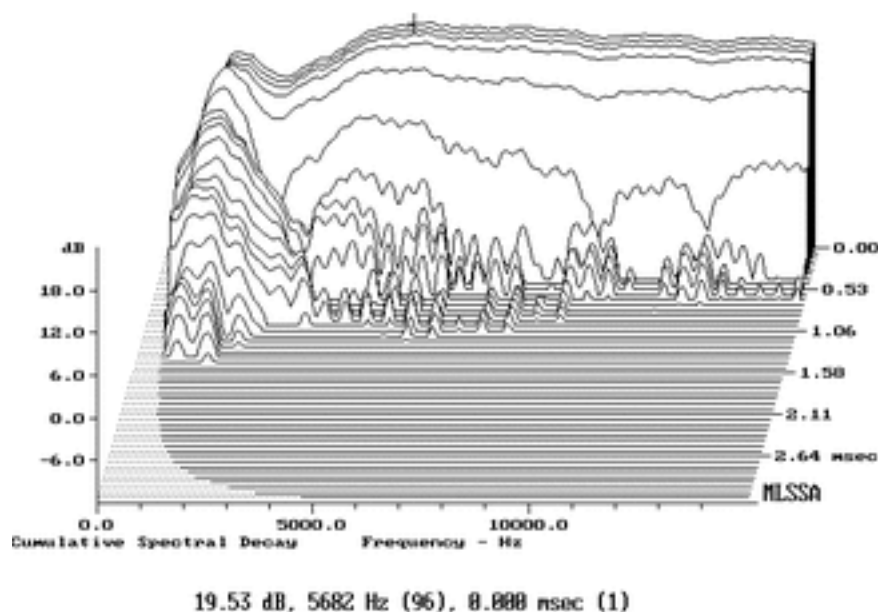


Εικ. 6.18. SLS Απεικόνιση τύπου waterfall Επίδαυρος

Παρακάτω (εικ.6.19), βλέπουμε την ονομαστική απόκριση του ίδιου high frequency driver PDR1000 της SLS που χρησιμοποιείται πλέον και σε συστήματα dolby atmos. Διακρίνουμε αμέσως πως απέχει πολύ από αυτό που μετράμε στην εικ.6.18.

(<https://opttest.weebly.com/sls-ribbon-driver-technology.html>). Βέβαια εδώ η μέτρηση⁴⁸ είναι σε περιβάλλον εργαστηρίου κι όχι στη φύση, καλοκαίρι με 40⁰ και με τα τζιτζίκια σε πολύ μεγάλη ένταση!

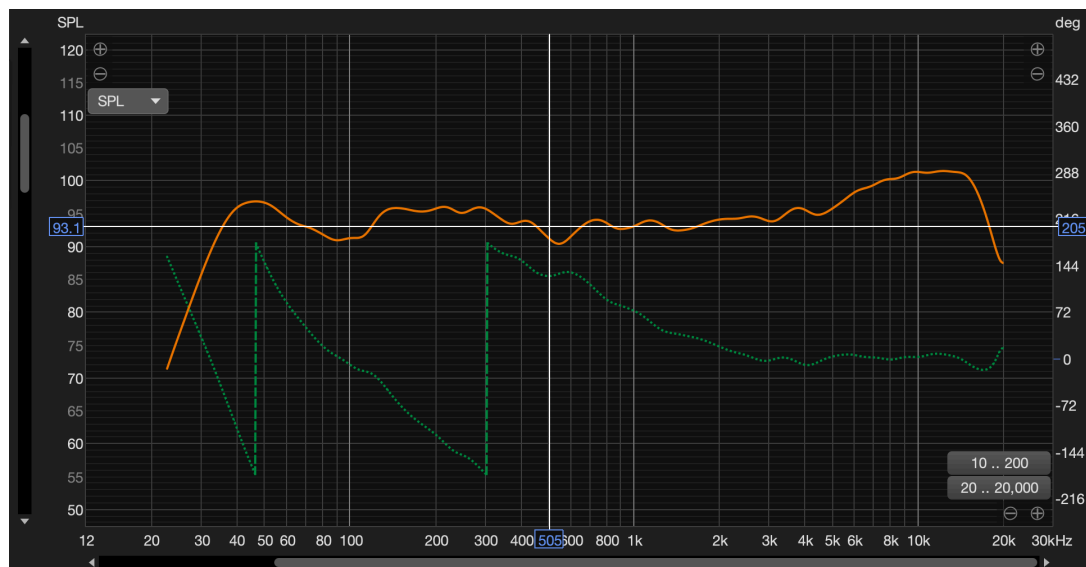
⁴⁸ Οι μετρήσεις έγιναν με το μικρόφωνο μετρήσεων STO-2 Avenson Audio (<https://avensonaudio.com/sto2/>), στο λογισμικό REW (<https://www.roomeqwizard.com/>), ενώ σαν κάρτα ήχου χρησιμοποιήθηκαν οι κονσόλες των χώρων Behringer X32 (Δάσος) και Midas S32 (Επίδαυρος).



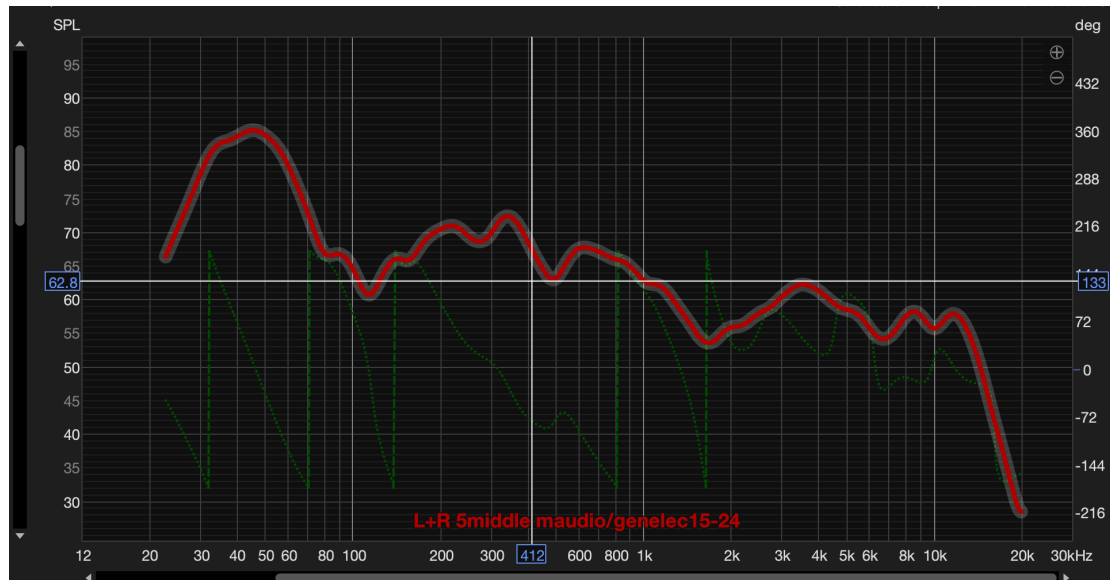
Εικ. 6.19. Εργοστασιακή απόκριση του high frequency driver PDR1000 της SLS

6.2.3. Συχνотική απόκριση και φάση

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε συγκριτικά τις συχνотικές αποκρίσεις των δυο συστημάτων με δυσδιάστατη απεικόνιση. Πρώτα το ηχοσύστημα του ΚΘΒΕ και στη συνέχεια του φεστιβάλ Επιδαύρου.



Εικ. 6.20. KV^2 Δάσος



Εικ. 6.21. SLS Επίδαυρος

6.2.4. Σχόλια:

Η απόκριση συχνοτήτων απεικονίζει την κατανομή ενέργειας στο ακουστικό φάσμα. Απεικονίζεται με τις χρωματιστές καμπύλες (πορτοκαλί για τα KV και κόκκινη για τα SLS).

Με πράσινο στο υπόβαθρο απεικονίζεται η φάση της μέτρησης, όπου οι κάθετες γραμμές απεικονίζουν σε συνέχεια μέσα στο διάγραμμα την τιμή της.

Οι διαφορές σε αυτή την απεικόνιση είναι ακόμη πιο εμφανείς.

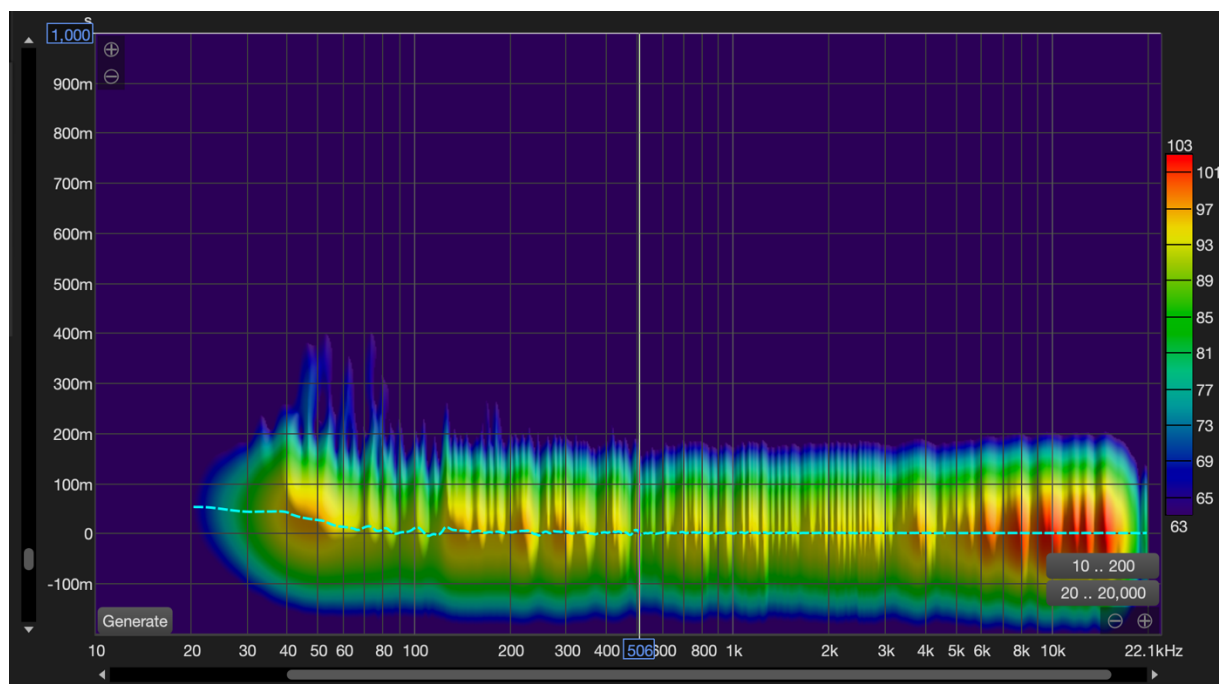
- Ο οριζόντιος άξονας (σταυρός) δείχνει ένα κέντρο/αναφορά σε κάθε μέτρηση, όπου φαίνονται οι αποκλίσεις πάνω και κάτω από αυτόν.
- Στα KV βλέπουμε μια απόκλιση $\pm 3\text{dB}$ (90-96) αν εξαιρέσουμε την πολύ υψηλή περιοχή άνω των 6kHz. Αν την ενσωματώσουμε, η απόκλιση γίνεται $\pm 6\text{dB}$ (90-102). Η απόκλιση είναι συνεπής στο φάσμα με διακυμάνσεις σε όλο το εύρος του
- Στα SLS η διακύμανση είναι από τα 55(1,7kHz) ως τα 85dB(45Hz)⁴⁹. Αυτό σημαίνει $\pm 15\text{dB}$. Μια μεγάλη κατανομή ενέργειας στις χαμηλές συχνότητες. Αυτό συμβαίνει καθώς υπάρχει χωριστός χειρισμός των subwoofers, καθώς δεν αποτελούν μέρος του αρχικού συστήματος SLS, αλλά είναι άλλης εταιρίας (EAW), πράγμα που δεν είναι απαραίτητα αρνητικό.

⁴⁹ Να επισημάνουμε ότι οι δυο μετρήσεις έγιναν από την θέση της κονσόλας όπου στην Επίδαυρο είναι περίπου στα 28m από το μπροστά μέρος της ορχήστρας, ενώ στο Λάσος στα μισά (14m). Αυτός ο διπλασιασμός θα μπορούσε να αντιστοιχεί σε διαφορά στάθμης 6dB, όμως έχουμε και άλλη θέση στο PA, στα δυο μέρη σε σχέση με την κονσόλα, οπότε θεωρούμε τις στάθμες σχετικές και επικεντρωνόμαστε στις διαφορές τους.

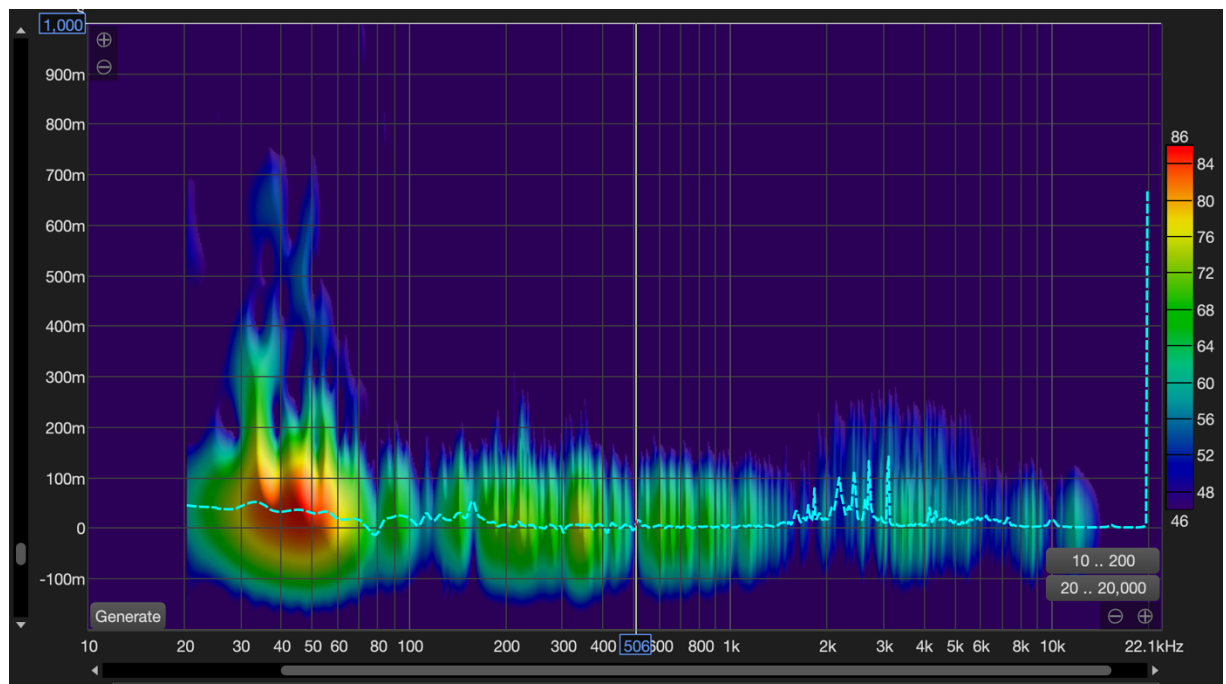
- Αν εξαιρέσουμε τις χαμηλές συχνότητες που χειρίζονται χωριστά από την κονσόλα και μπορούν εύκολα να διορθωθούν, από τα 100Hz ως τα 10kHz, έχουμε μια πτωτική πορεία, που δείχνει την κατάσταση των SLS δορυφόρων και έχουν απόκλιση $\pm 10\text{dB}$ (54-74). Αυτή η κατάσταση απαιτεί ραγδαίες ρυθμίσεις ισοστάθμισης, που δεν έχουν συμμετρικό χαρακτήρα (πχ λίγο πάνω εδώ, λίγο κάτω εκεί, αλλά πολύ κάτω στην αρχή και πολύ πάνω στο τέλος). Η αύξηση των υψηλών συχνοτήτων όταν εφαρμόστηκε, είχε άσχημα αποτελέσματα στον ήχο καθώς τον έκανε σκληρό και έντονα συριστικό.
- Την φάση την αφήνουμε χωρίς σχόλια, καθώς είναι καθαρά τεχνικό κομμάτι. Απλά βλέπουμε ότι στην 1^η περίπτωση έχουμε μόνο δυο κάθετες γραμμές για να καλύψουν τη διαφορά της μέτρησης από την αρχή ως το τέλος της, ενώ στην 2^η πέντε. Αυτό βεβαίως μπορεί εύκολα να οφείλεται στις περισσότερες κερκίδες και την απόσταση της μέτρησης.

6.2.5. Τρισδιάστατη απεικόνιση spectrogram

Εδώ φαίνεται πολύ ξεκάθαρα η διαφορά στα δυο συστήματα και ο τρόπος που συνδυάζονται τα δυο παραπάνω σχεδιαγράμματα για το καθένα. Πρόκειται για μια απεικόνιση που μας δείχνει πώς δρα ο ήχος σε κάθε συχνότητα στο χώρο από τη στιγμή που αναπαράγεται, την πορεία του μέχρι να σβήσει εντελώς και την ενέργειά του στις συχνότητες, όλα αυτά στον συγκεκριμένο χώρο και την συγκεκριμένη θέση.



Εικ. 6.22. KV2 Δάσος



Εικ. 6.23. SLS Επίδαυρος

6.2.6. Σχόλια

Είναι πλέον εμφανές ότι :

- το πρώτο διάγραμμα (εικ.6.22), είναι αρκετά συνεπές ως προς την κατανομή ενέργειας και την σταθερότητα στην απόσβεση της σε όλο το φάσμα, αν εξαιρέσουμε την ηψίσυχνη περιοχή που όμως και αυτή αποσβένει με κανονικό ρυθμό σε σχέση με το υπόλοιπο φάσμα.
- Αντίθετα στο κάτω διάγραμμα (εικ.6.23) φαίνεται η αχαλίνωτη ενέργεια στις χαμηλές συχνότητες που μένει στο χώρο σε διάρκεια. Αυτό στην πράξη σημαίνει ότι σε μουσικό περιεχόμενο με χαμηλές συχνότητες (όπως αυτό που έχουμε στην παράσταση «Πλούτος» της περιοδείας ΚΘΒΕ 2024), θα υπάρχει σύγχυση και χασμωδία στα μπάσα και δεν θα «καθαρίζει» ο ρυθμός, αν δεν είχε διορθωθεί και ισοσταθμιστεί σωστά το σύστημα.
- Επιπλέον, φαίνεται μια πτώση ενέργειας στην ψηλή μεσαία περιοχή των 1500Hz. Αυτό δεν είναι απαραίτητα κακό για ένα σύστημα, αλλά αν πρόκειται κάποιος να αναπαράγει τις ζωντανές ρυθμίσεις οργάνων και μικροφώνων που δημιούργησε με βάση το πάνω σύστημα (το KV), τότε σίγουρα θα χρειαστεί πάρα πολύ μεγάλη προσαρμογή, που σημαίνει πολύς χρόνος για Sound check με τους συντελεστές, αφού ρυθμιστούν προηγουμένως οι απαραίτητες διαφορές στα δυο συστήματα.

- Τέλος στην περιοχή 2-6kHz φαίνεται και πάλι η επιμονή στην ενέργεια στη διάρκεια του χρόνου, που καθιστά «σκληρό» τον ήχο στον λόγο χωρίς αυτός να καθαρίζει.

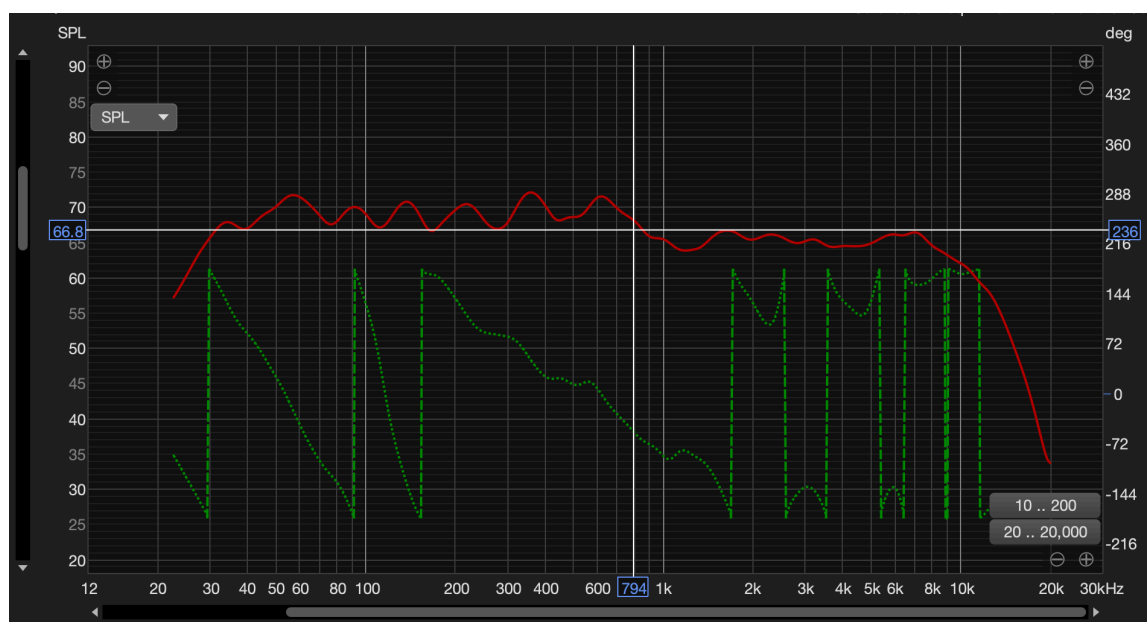
6.2.7. Διαδικασία εξομάλυνσης/ισοστάθμισης SLS

Χρησιμοποιώντας το λογισμικό REW και τις διαδικασίες του, για έλεγχο της κρουστικής απόκρισης χώρων, που συνιστούν και την ακουστική ταυτότητα ενός χώρου, ξεκινήσαμε σειρά μετρήσεων με σκοπό την εξομάλυνση της καμπύλης του συστήματος SLS, που απείχε πολύ από μια σωστή εικόνα (εικ. 6.20 vs 6.21), ευθείας συχνοτικής απόκρισης.

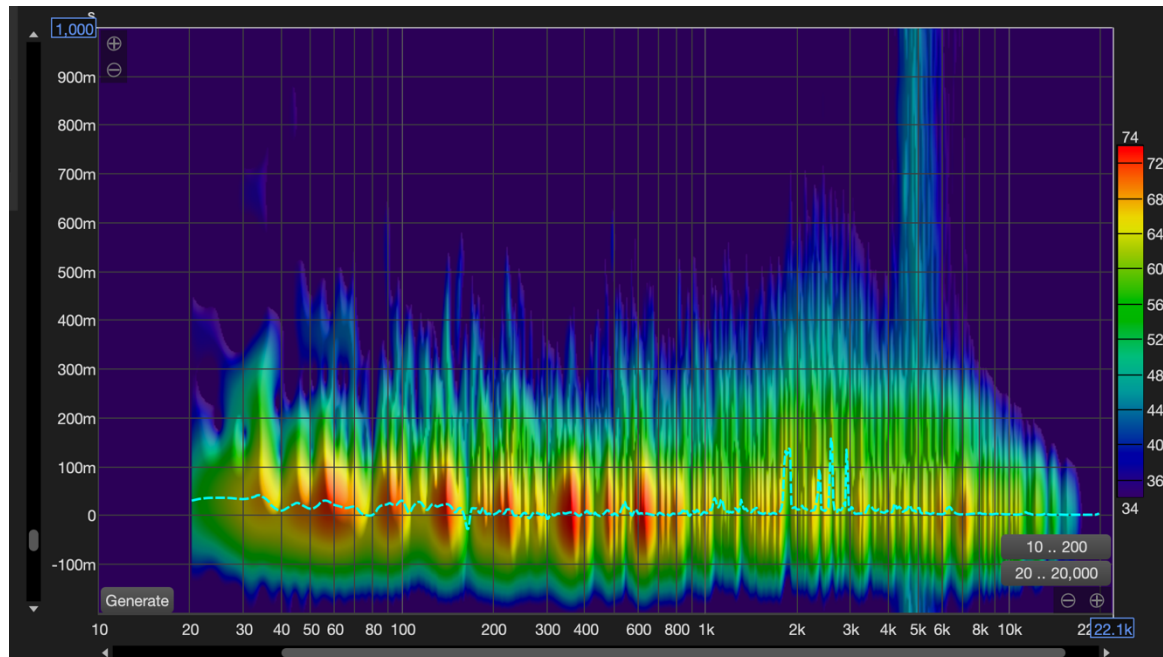
Μετά από διαδοχικές επεμβάσεις στους ισοσταθμιστές της κονσόλας και μετρήσεις, καταλήξαμε στην παρακάτω μέτρηση, όπως απεικονίζεται σε δυο εικόνες 6.24 και 6.25.

Οι επεμβάσεις που κάναμε σε 2 διαφορετικά Equalizers στην Midas M32, ήταν η 1^η στο γραφικό Eq του master OUT και ταυτόχρονα στο παραμετρικό του, όπως φαίνονται παρακάτω:

Φυσικά μέχρι τα 100Hz που ο ήχος αναπαράγεται από τα subwoofers, η μέτρηση είναι εν μέρει υποκειμενική και εξαρτάται από την αίσθηση και την ενέργεια που θέλουμε στα μπάσα μας, σε κάθε περίπτωση. Όπως, όμως, είδαμε παραπάνω στο KV² σύστημα, η απόκριση ήταν συνολικά ομαλή και οι παρεμβάσεις που έγιναν στο γραφικό Eq ελάχιστες και περιορισμένες.



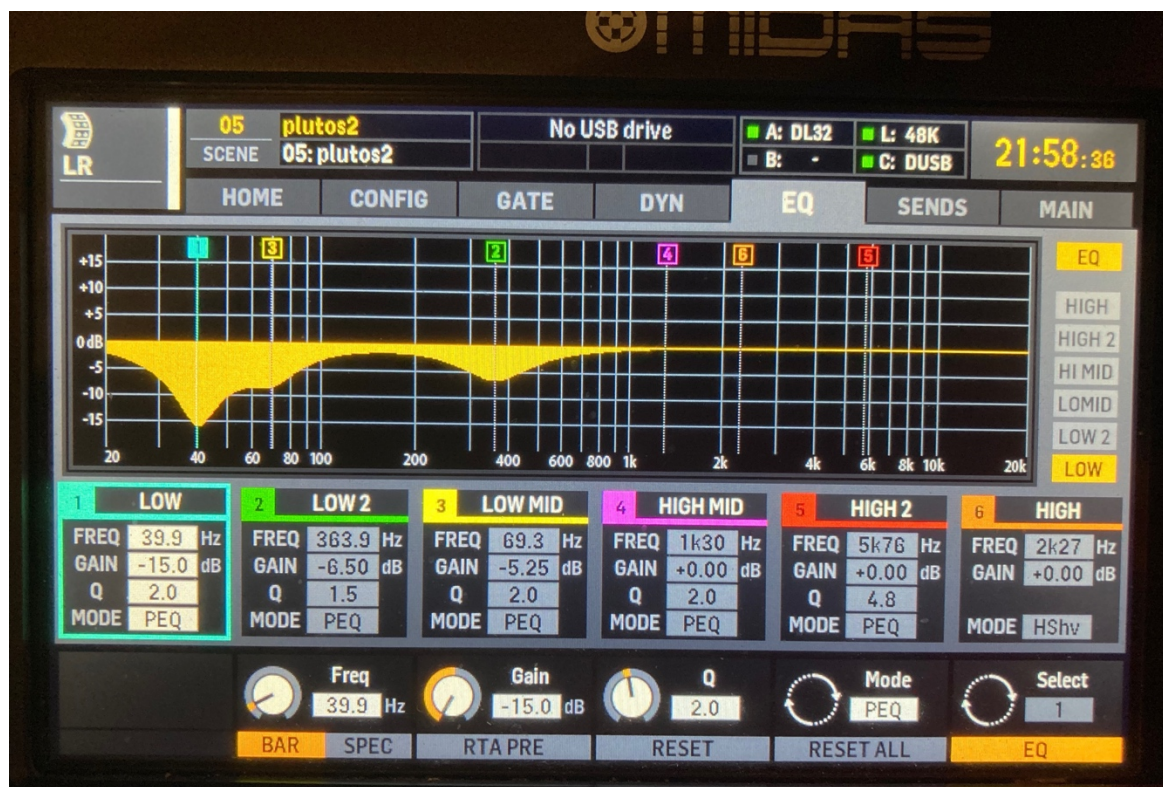
Εικ. 6.24. Συχνοτική απόκριση SLS μετά τις επεμβάσεις σε ισοστάθμιση



Εικ. 6.25. Τρισδιάστατη συχνотική απόκριση waterfall SLS μετά τις επεμβάσεις σε ισοστάθμιση



Εικ. 6.26. Παρέμβαση στο γραφικό Eq master OUT



Εικ. 6.27. Επιπλέον παρέμβαση και στο παραμετρικό E_q master OUT

6.2.8. Συμπεράσματα

Οι προκλήσεις της αναπαραγωγής της παράστασης, με τις αρχικές συνθήκες του πρώτου συστήματος στον δικό του χώρο, το θέατρο Δάσους, στις νέες συνθήκες στον νέο χώρο της Επιδάουρου με το δεύτερο υπάρχον σύστημα, είναι τεράστιες. Χρειάστηκαν οι απαραίτητες μετρήσεις και δοκιμές, ώστε να εξομαλυνθούν οι διαφορές, που στην πράξη δεν έγινε σε ποσοστό 100%. Αυτή βεβαίως είναι και η ομορφιά των εναλλαγών των διαφορετικών χώρων, να βιώνεται κάθε φορά και κάτι διαφορετικό. Όμως οι ποιοτικές διαφορές δεν μπορούν να απέχουν πέρα από τα όρια του σχετικού και υποκειμενικού. Δεν μπορούν να αποδίδονται οι αδυναμίες ορισμένων συστημάτων στην διαφορετικότητα των χώρων.

Το σύστημα που συναντούμε στην Επίδαυρο είναι ένα κουρασμένο μη συνεπές πλέον ηχητικό σύστημα, που ίσως κάποτε λειτουργούσε καλά, τώρα όμως παρουσιάζει πολλές αδυναμίες και χρειάζονται ραγδαίες επεμβάσεις για να αποδώσει σωστά (:).

Πέρα από αυτά που είδαμε, σε άλλες μετρήσεις φάσματος και στάθμης που πραγματοποιήσαμε στο χώρο με ροζ θόρυβο, το σύστημα παρουσιάζει έντονες διαφορές σε 14 διαφορετικά σημεία στην χροιά του, ενώ στην στάθμη του οι διαφορές ήταν αρκετά μέσα στα όρια. Αυτό σημαίνει ότι ενώ το σύστημα έχει στηθεί πολύ σωστά και έχει πολύ καλή κατανομή στάθμης στον χώρο, στο φάσμα του, παρουσιάζει μη αποδεκτές πλέον διαφορές, καθώς ο τεχνικός δεν είναι σε θέση να ρυθμίσει τον ήχο

στη θέση του και να υπολογίζει ότι το ίδιο συμβαίνει στην πλειονότητα των θέσεων μέσα στο χώρο.

Στον χώρο της Επιδαύρου, τον παγκόσμιο Ναό της Ακουστικής επιβάλλεται ένα καινούργιο⁵⁰ καλό-κουρδισμένο σύστημα με ομοιόμορφη κάλυψη τόσο ενέργειας όσο και - πολύ σημαντικό- χροιάς⁵¹.

Σημείωση: την επόμενη χρονιά στην περιοδεία του 2025, το ηχοσύστημα στο Φεστιβάλ Επιδαύρου αντικαταστάθηκε.

6.3. Προβλέψεις και Μετρήσεις κάλυψης στάθμης / κατανομής στάθμης στα θέατρα Δάσους, Δίου και Δωδώνης

Στα τρία από τα πολλά θέατρα που επισκεπτόμαστε το 2024 κατά την διάρκεια της περιοδείας ΚΘΒΕ «ο Πλούτος» του Αριστοφάνη, πραγματοποιούμε μετρήσεις με ροζ θόρυβο σε πολλαπλά σημεία των θεάτρων για να διαπιστώσουμε την κατανομή της στάθμης του ήχου στον χώρο και την κάλυψη του κεντρικού συστήματος PA.

Τις στάθμες αυτές υποβάλουμε σε δοκιμή σε αυτό το μέρος με μια πρόβλεψη από λογισμικό σχεδιασμένο για τον λόγο αυτό. Σχεδιάζουμε ψηφιακά τα θέατρα από τις διαστάσεις που λαμβάνουμε κατά τη διάρκεια των προβών σε κάθε χώρο, στο λογισμικό Ease Focus, εισάγουμε αρχεία GLL με τα τεχνικά χαρακτηριστικά διασποράς του ηχοσυστήματος που χρησιμοποιούμε και αντιπαραθέτουμε τα αποτελέσματα με αυτά των μετρήσεων μας.

6.3.1. Θέατρο Δάσους

Οι μετρήσεις στάθμης γίνονται με σχετικές στάθμες, χωρίς δηλαδή να γίνει βαθμηνόμηση του λογισμικού μέτρησης. Χρησιμοποιούμε ένα iPhone SE2020 και το

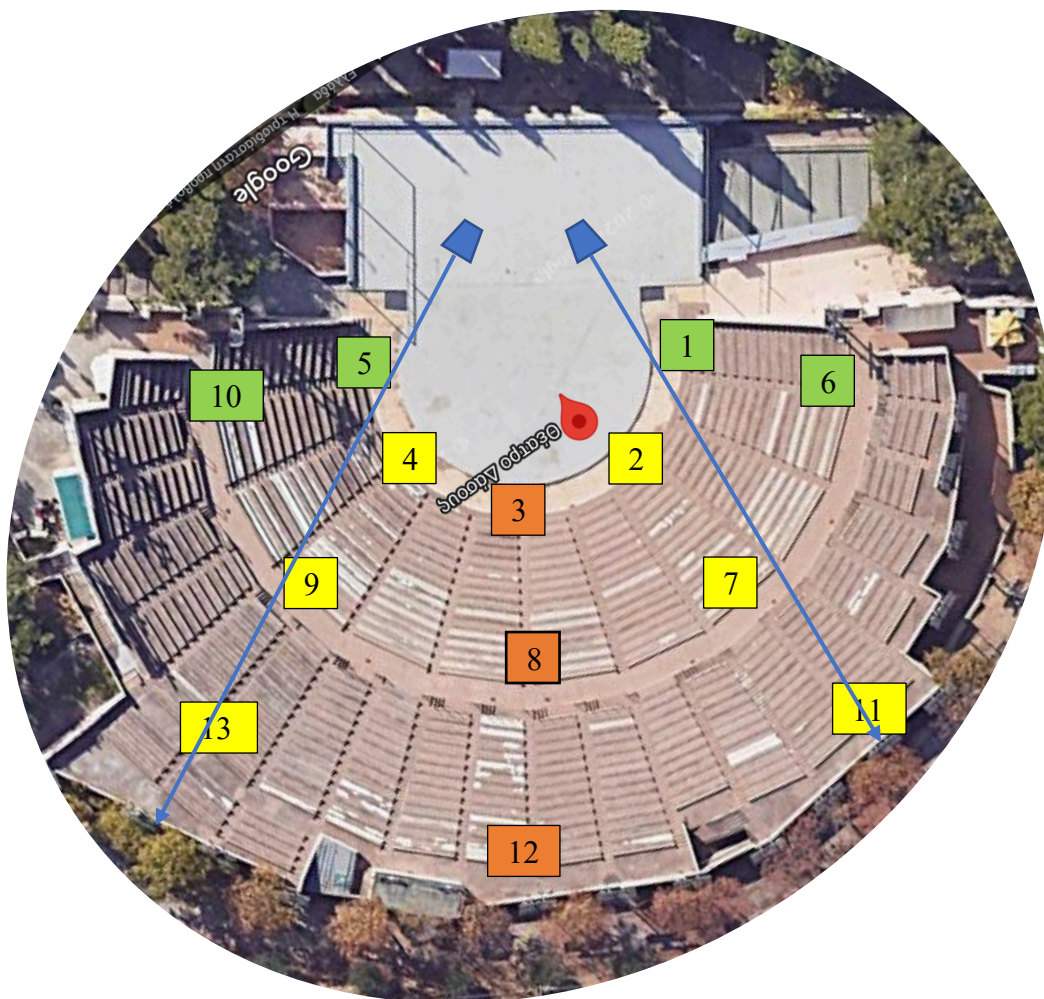
⁵⁰ Η εταιρία SLS έπαψε να δραστηριοποιείται από το 2014, που εξαγοράστηκε από την dolby. Το σύστημα LS8800 (<http://www.mcw.com.tw/upload/products/pro/14/imgsb.pdf>) είναι άνω των 20 ετών και χρησιμοποιεί ribbon high frequency drivers που δε φημίζονται για την μεγάλη διάρκεια ζωής τους, ενώ έχουν πολύ καλή ποιότητα και χαμηλό κόστος. <https://pitchbook.com/profiles/company/160428-88#research>

⁵¹ Το καλοκαίρι του 2025 πληροφορηθήκαμε ότι το σύστημα SLS που χρησιμοποιούνταν επί σειρά ετών, επιτέλους αντικαταστάθηκε

app της audio-technica A-T ISS, το οποίο εκτός από τις μετρήσεις στάθμης δίνει και πολλές άλλες μετρήσεις, όπως, φάσμα, μήκος κύματος, γεννήτρια ημίτονου, κ.α.

Οι μετρήσεις παρότι δεν βαθμηνομίστηκαν, έχουν αρκετά ρεαλιστικά μεγέθη στάθμης.

Παρακάτω παραθέτουμε απεικονιστικά τα 13 μέτρησης στάθμης στο χώρο του θεάτρου, που έγιναν σε 5 σημεία στην 1^η σειρά των κερκίδων, σε 5 σημεία στην τελευταία σειρά του κάτω διαζώματος και σε 3 σημεία στην τελευταία σειρά του άνω διαζώματος.



Εικ.6.28. Απεικόνιση των 13ων σημείων μέτρησης στάθμης με ροζ θόρυβο στο PA, στο θέατρο Δάσους

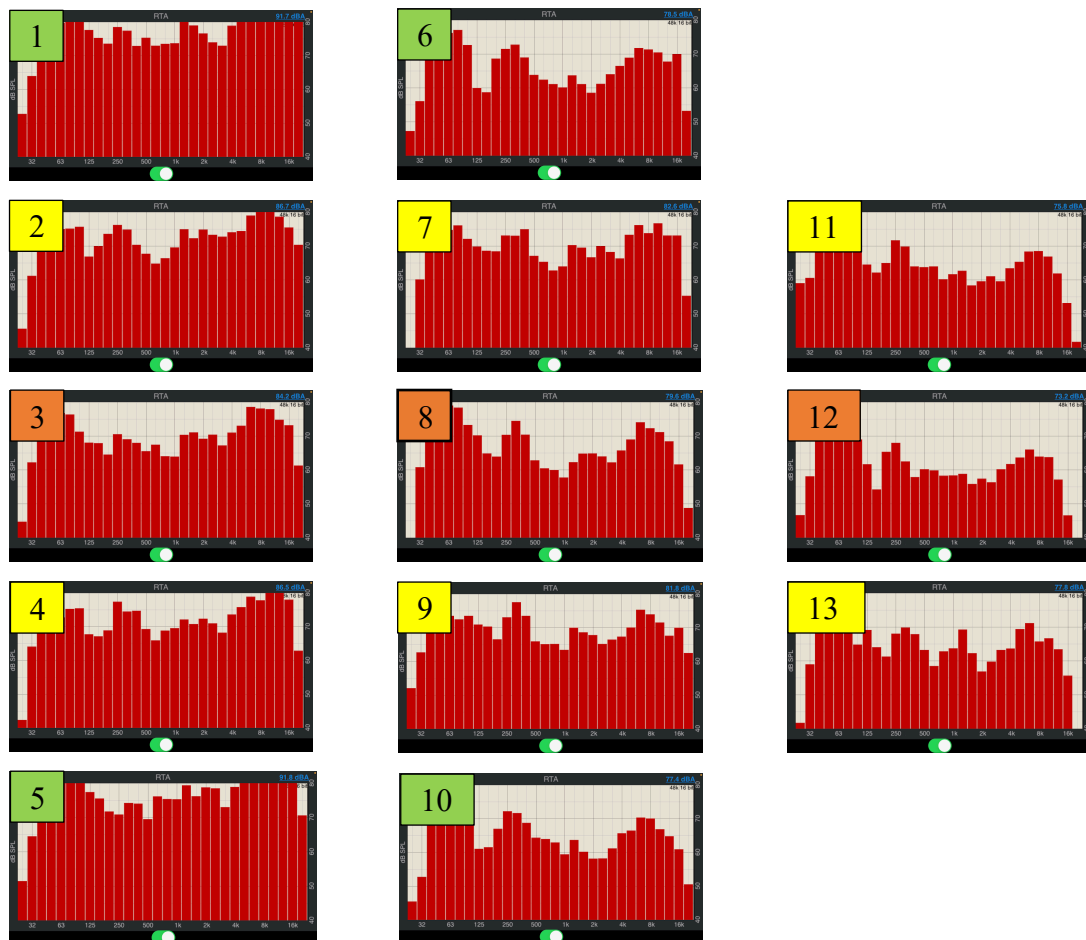
Στην εικόνα 6.28, βλέπουμε τις 13 θέσεις σε σχέση με το κύριο σύστημα ήχου, με το οποίο γίνονται οι μετρήσεις χρησιμοποιώντας ροζ θόρυβο. Τα μπλε σχήματα στο πίσω μέρος της ορχήστρας είναι τα ηχεία και τα μπλε βέλη οι άξονες τους. Τα 13

σημεία έχουν χρωματιστεί με άξονα συμμετρίας το κέντρο, ενώ στο σημείο 8, βρίσκεται ο χειριστής του ήχου. Θυμίζουμε ότι η κάλυψη των ηχείων K^V2audio, είναι 90x40 μοίρες.

Παρακάτω, στην εικόνα 6.29, παραθέτουμε τις 13 μετρήσεις, όπως αποτυπώθηκαν από το κινητό. Στον πίνακα 6.1, παραθέτουμε τις τιμές στάθμης όπως αναγράφονται στην πάνω δεξιά γωνία κάθε ένδειξης.

Σημεία	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Μέτρηση	91,7	86,7	84,2	86,5	91,8	78,5	82,6	79,6	81,8	77,4	75,8	73,2	77,8

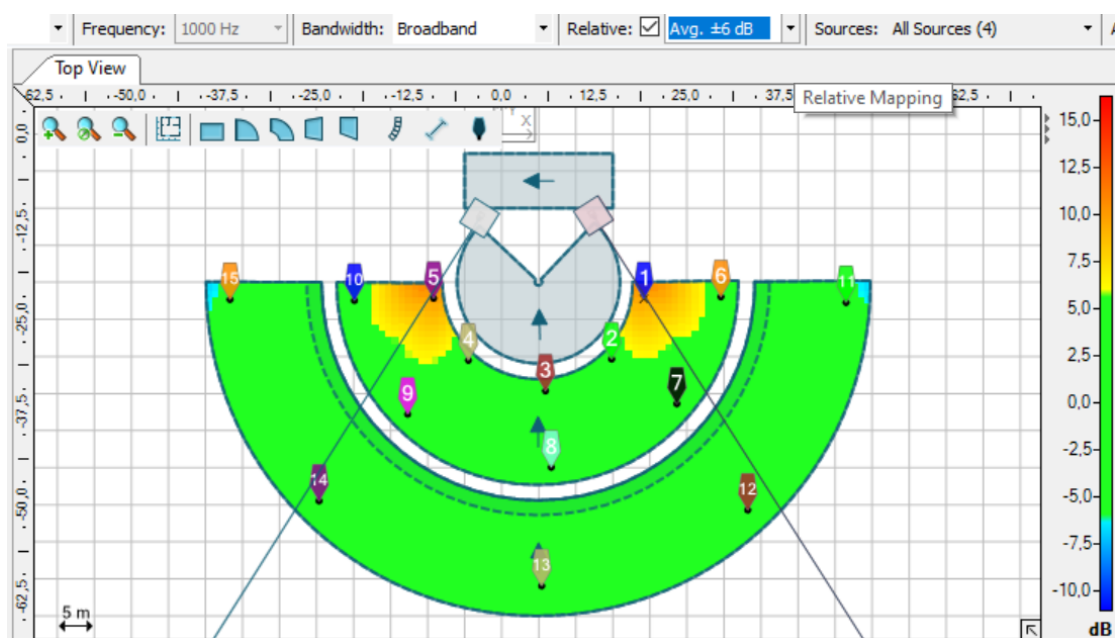
Πιν. 6.1. Οι τιμές μετρήσεων στάθμης στα 13 σημεία σύμφωνα με τις ενδείξεις στάθμης της εικόνας 6.30



Εικ. 6.29. Οι 13 μετρήσεις στάθμης (πάνω δεξιά σε κάθε παράθυρο σε dB) από το app της audio-technica στο iPhone και παράλληλη απεικόνιση φάσματος με ροζ θόρυβο. Τα σημεία έχουν αρίθμηση και χρωματικό κώδικα σύμφωνα με την εικ.6.28

Οι μετρήσεις δείχνουν μια απόκλιση, από την πιο ισχυρή στάθμη στη θέση 5 (και θέση 1) στα 91,8dB, ως την πιο χαμηλή στάθμη στην θέση 12 (πίσω κέντρο) στα 73,2dB, της τάξεως των 18,6dB, ή $\pm 9,4$ dB. Αυτή είναι μια αρκετά μεγάλη απόκλιση στάθμης για έναν χώρο, αλλά αν λάβουμε υπόψιν ότι πρόκειται για έναν τεράστιο χώρο, όπου τοποθετούμε ηχεία μόνο σε 2 σημεία, κι επίσης ότι η μέγιστη στάθμη περιορίζεται σε έναν πολύ μικρό αριθμό θεατών, η απόκλιση αυτή είναι αρκετά ικανοποιητική. Αν δηλαδή δεν λάβουμε υπόψιν τις μεγαλύτερες στάθμες στα δυο μπροστά άκρα, (σημεία 1 και 5), τότε τα αμέσως ισχυρότερα σημεία είναι οι θέσεις 2 και 4. Σε αυτή την περίπτωση η διαφορά είναι 13,5dB, ή $\pm 6,7$ dB, διαφορά που είναι αρκετά ικανοποιητική για ηλεκτροακουστικές καλύψεις χώρων, κοντά στο ± 6 για δύσκολες καλύψεις χώρων.

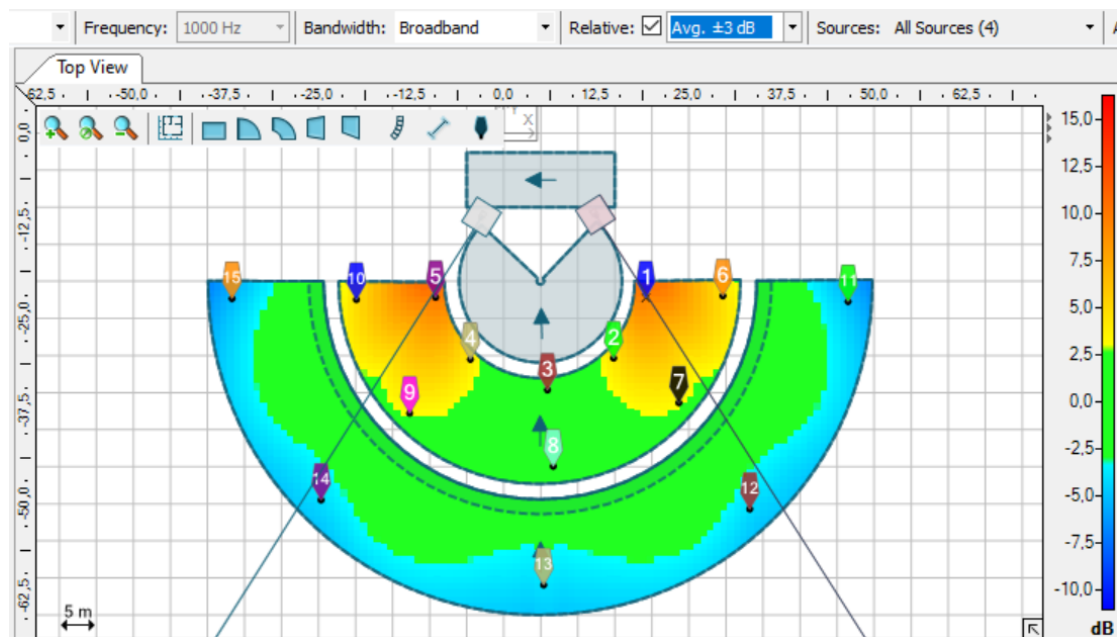
Στη συνέχεια, βλέπουμε την πρόβλεψη όπως την σχεδιάσαμε στο λογισμικό Ease Focus3 της AFMG, με τα ίδια σημεία μέτρησης, συν δυο επιπλέον σημεία στην τελευταία κερκίδα. Στην εικόνα 6.30, βλέπουμε μια αναπαράσταση με απόκλιση ± 6 dB, όπου απεικονίζεται με πράσινο όλη η περιοχή που βρίσκεται σε αυτά τα όρια και είναι το 90% περίπου των θέσεων του θεάτρου.



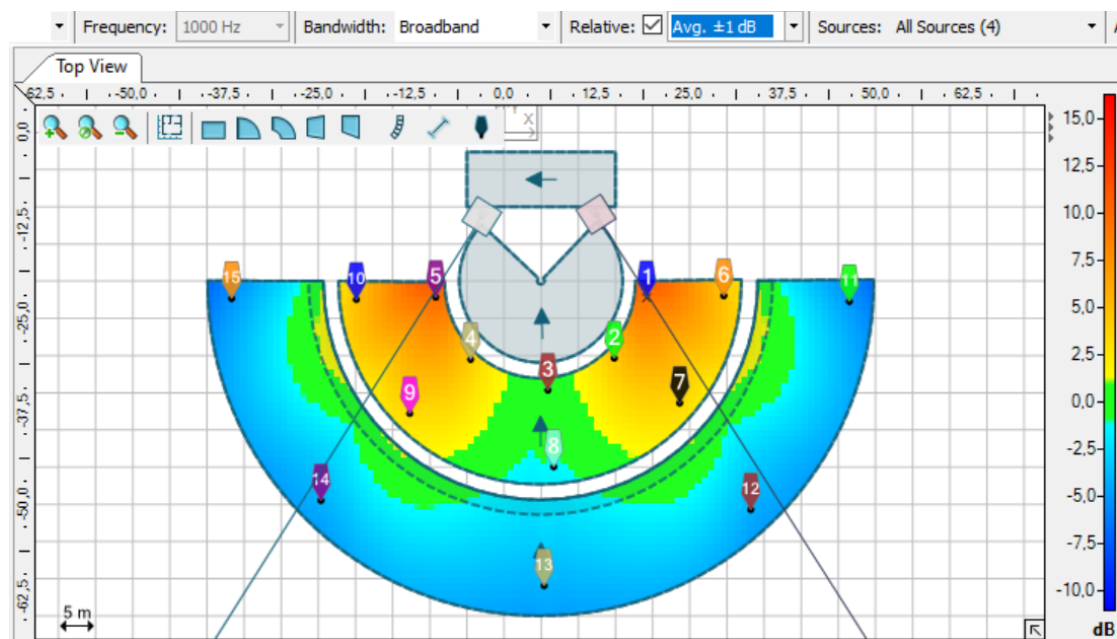
Εικ. 6.30. Απεικόνιση πρόβλεψης στάθμης θεάτρου Δάσους από το λογισμικό EASE focus με απόκλιση ± 6 dB, στην πράσινη περιοχή

Στην επόμενη εικόνα 6.31, έχουμε την ίδια αναπαράσταση, με όριο το $\pm 3\text{dB}$ στην πράσινη περιοχή. Στον πλάγιο κάθετο άξονα, μπορούμε να δούμε την σχετική στάθμη με το 0 σαν κέντρο και τα 6dB (+15 & -10 στην εικόνα) πάνω και κάτω από αυτό. Το ίδιο και για την απόκλιση $\pm 3\text{dB}$ & $\pm 1\text{dB}$ στις δυο επόμενες εικόνες.

Στην εικόνα 6.31, βλέπουμε περίπου το 50% του χώρου να είναι στην πράσινη περιοχή (περιοχή $\pm 3\text{dB}$) που είναι μια ιδανική συνθήκη κάλυψης, ενώ η περιοχή $\pm 1\text{dB}$ στην εικόνα 6.32 (με πράσινο), είναι ελάχιστη και φυσικά δεν είναι μόνο η πράσινη περιοχή με $\pm 1\text{dB}$ κάλυψη, αλλά υπάρχουν διάφορες περιοχές με την ίδια απόκλιση αλλά διαφορετικό κέντρο στάθμης (γαλάζιο, πορτοκαλί). Με βάση την εικόνα 6.32 και τον χρωματικό κώδικα εξάγουμε τις στάθμες στα 13 σημεία μέτρησης και τα παραθέτουμε στη συνέχεια. Οι στάθμες είναι σχετικές (Πιν.6.2) και για λόγους σύγκρισης προσθέτουμε σε αυτές 80dB.



Εικ. 6.31. Απεικόνιση πρόβλεψης στάθμης θεάτρου Δάσους από το λογισμικό EASE focus με απόκλιση $\pm 3\text{dB}$ (48%), στην πράσινη περιοχή



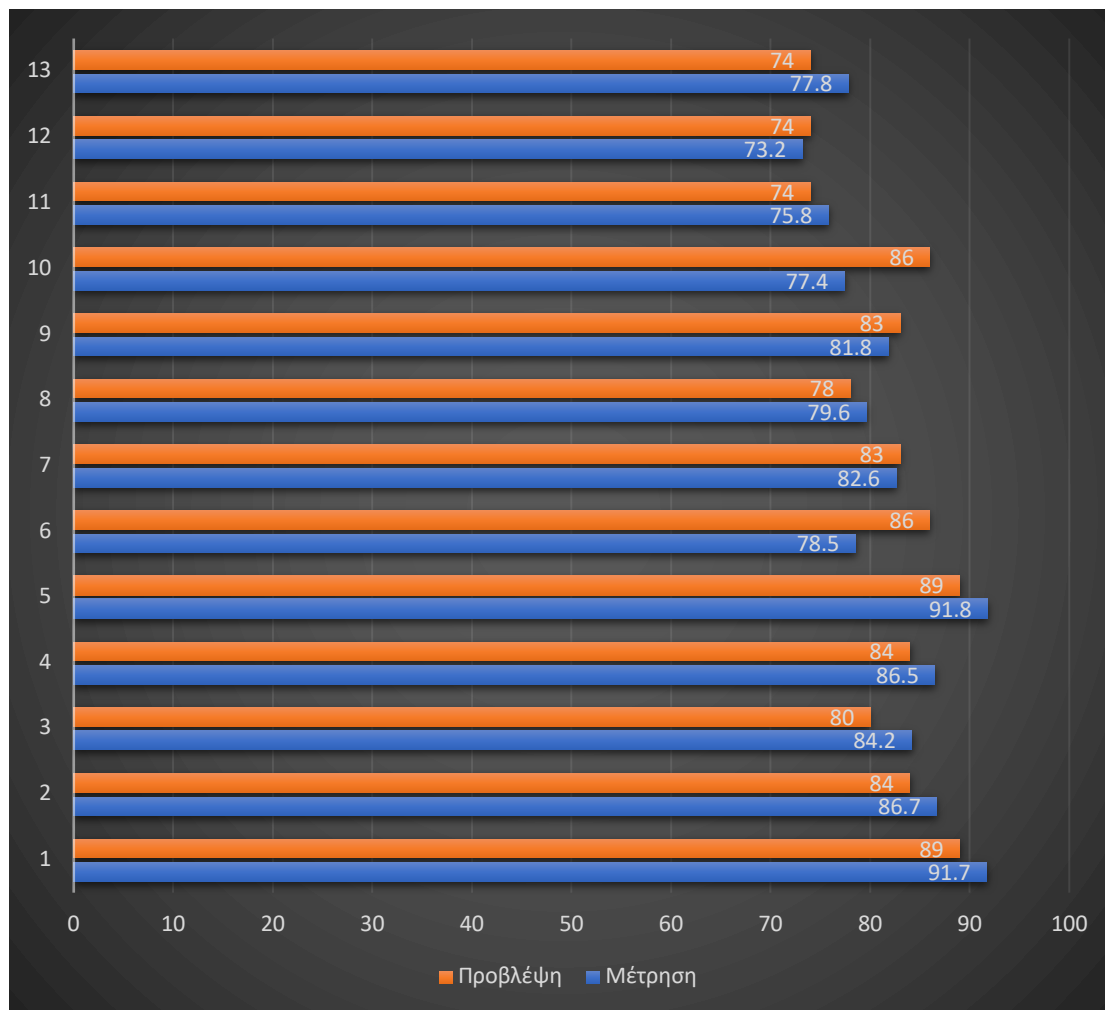
Εικ. 6.32. Απεικόνιση πρόβλεψης στάθμης θεάτρου Δάσους από το λογισμικό EASE focus με απόκλιση $\pm 1\text{dB}$, στην πράσινη περιοχή

Σημεία	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Προβλέψη	9	4	0	4	9	6	3	-2	3	6	-6	-6	-6

Πιν. 6.2. οι σχετικές στάθμες πρόβλεψης με αναφορά το κέντρο της 1^{ης} σειράς (3)

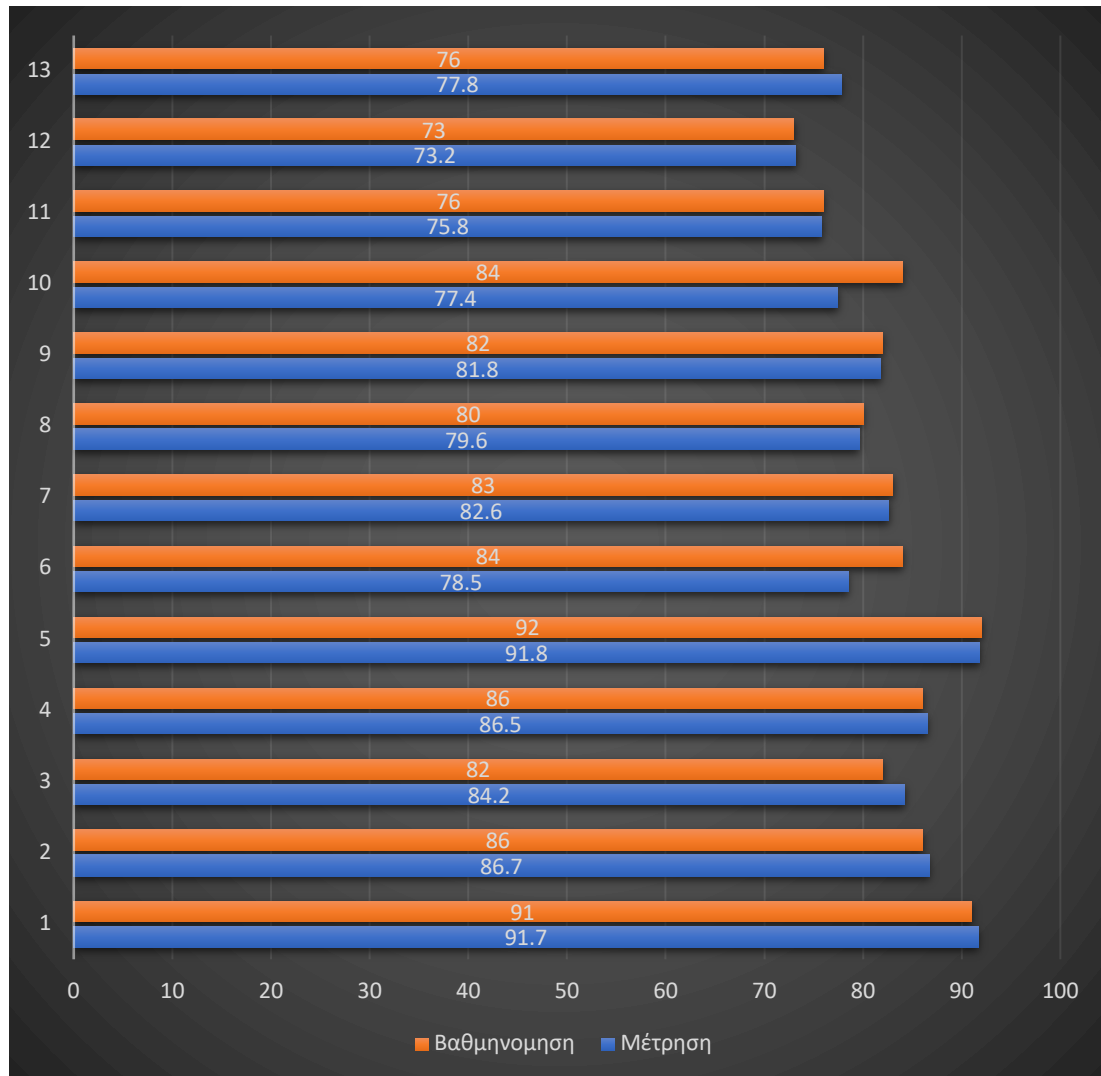
Σημεία	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Μέτρηση	91,7	86,7	84,2	86,5	91,8	78,5	82,6	79,6	81,8	77,4	75,8	73,2	77,8
Προβλέψη με βαθμινόμηση +80dB	89	84	80	84	89	86	83	78	83	86	74	74	74
Διαφορά	2,7	2,7	4,2	2,5	2,8	-7,5	-0,4	1,6	-1,2	-8,6	1,8	-0,8	3,8

Πιν. 6.3. Πίνακας με βαθμυνομημένες τις τιμές πρόβλεψης στα επίπεδα των μετρήσεων



Εικ. 6.33. Συγκριτικό διάγραμμα πρόβλεψης και μέτρησης

Στον πίνακα 6.3, βλέπουμε τις προσαρμοσμένες τιμές στις στάθμες της μέτρησης σε επίπεδα ώστε να μπορούν να συγκριθούν με τις στάθμες μέτρησης, όπως βλέπουμε στο διάγραμμα της εικόνας 6.33. Εδώ βλέπουμε πως ενώ υπάρχει πολύ κοντινή σχέση μέτρησης/πρόβλεψης (μέσος όρος διαφοράς στα 2,8dB), υπάρχουν διαφορές. Αν λάβουμε υπόψιν τον παράγοντα $\pm 1\text{dB}$ και δώσουμε τα ανάλογα περιθώρια στις τιμές πρόβλεψης κατά βούληση, ώστε να προσεγγίσουν τις μετρήσεις, έχουμε το διάγραμμα της εικόνας 6.34.

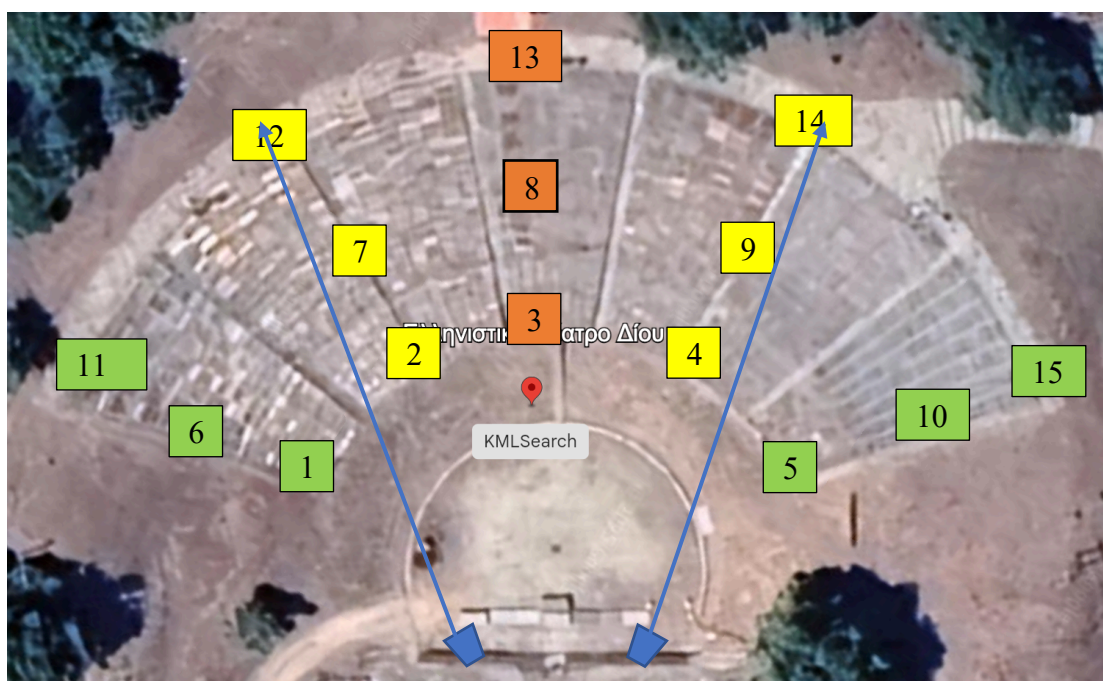


Εικ. 6.34. Συγκριτικό διάγραμμα με βαθμινόμηση πρόβλεψης και μέτρησης

Εδώ αναπροσαρμόσαμε τις στάθμες από 1 ως 2 dB κατά βούληση, ώστε να συγκλίνουν με τις στάθμες μέτρησης. Όπως φαίνεται, υπάρχει σχεδόν απόλυτη συμφωνία εκτός από τις δυο ακριανές θέσεις 6 και 10, όπου η διαφορά εξακολουθεί να παραμένει στα 6dB. Αυτό ίσως να έχει να κάνει με τους άξονες των ηχείων, καθώς η περιοχές αυτές είναι στα όρια της κάλυψης τους και η παραμικρή κίνηση των ηχείων δεξιά ή αριστερά, είτε στον χώρο, είτε στο λογισμικό μπορεί να επιφέρει τέτοιες διαφορές στη στάθμη των οριακών σημείων.

6.3.2. Θέατρο Δίου

Στο Δίον οι μετρήσεις γίνονται με τον ίδιο τρόπο σε 15 σημεία, καθώς προσθέτουμε και στην τελευταία κερκίδα 5 σημεία, αντί για 3, που είχαμε στο Δάσος. Η ιδιομορφία του Δίου είναι όπως ήδη αναφέραμε, ότι υπάρχει μεγάλη απόσταση του κοίλου (θέσεις θεατών) και της ορχήστρας, τόσο που είναι σαν να λείπει ένα πρώτο διάζωμα.

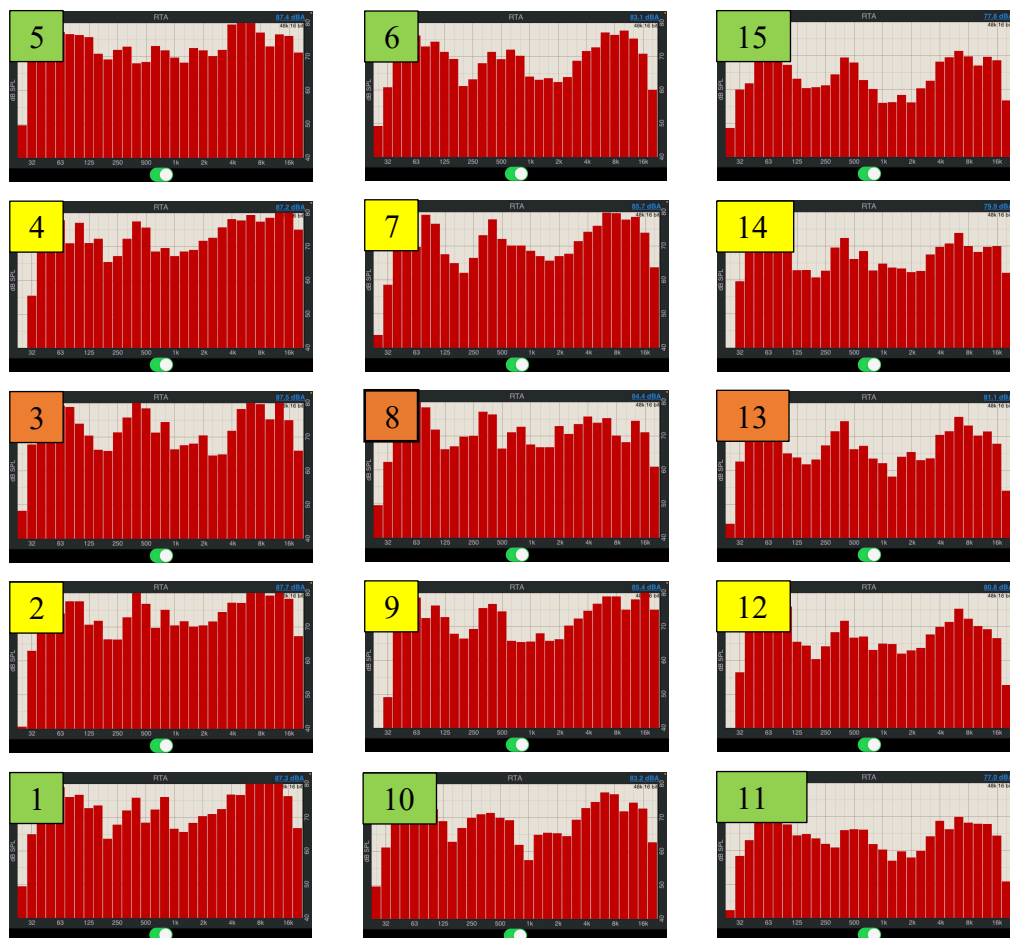


Εικ. 6.35. Απεικόνιση των 15 σημείων μέτρησης στάθμης με ροζ θόρυβο στο ΡΑ, στο αρχαίο θέατρο Δίου

Σημεία	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Μέτρηση	87,3	87,7	87,5	87,2	87,4	83,1	85,7	84,4	85,4	83,2	77	80,8	81,1	79,9	77,8

Πιν. 6.4. Οι τιμές μετρήσεων στάθμης στα 15 σημεία σύμφωνα με τις ενδείξεις στάθμης των σημείων της εικόνας 6.35

Στην περίπτωση του σχεδιασμού του θεάτρου Δίου στο ease focus, λάβαμε τις ενδείξεις των στάθμεων, όχι από τον χρωματικό κώδικα της πρόβλεψης, αλλά από το παράθυρο στάθμης (level), που υπάρχει για κάθε διαθέσιμη εικονική πηγή κι έτσι έχουμε πολύ ακριβέστερες τιμές, με ένα δεκαδικό ψηφίο, όπως και στις μετρήσεις.

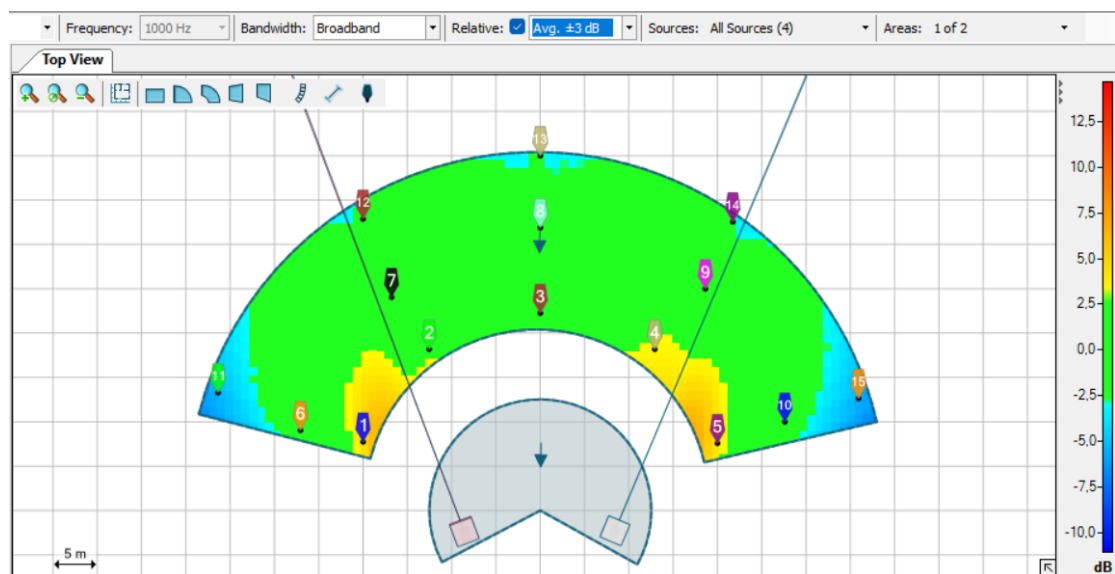


Εικ. 6.36. Οι 15 μετρήσεις στάθμης και παράλληλη απεικόνιση φάσματος με ροζ θόρυβο. Τα σημεία έχουν αρίθμηση και χρωματικό κώδικα σύμφωνα με την εικ.6.35

Στις εικόνες 6.37 ως 6.39 βλέπουμε τις προβλέψεις κάλυψης στο ease focus με χρωματικό κώδικα για κάλυψη, $\pm 6\text{dB}$, $\pm 3\text{dB}$ και $\pm 1\text{dB}$. Στην 1^η εικόνα βλέπουμε όλο το θέατρο να είναι στην πράσινη περιοχή ($\pm 6\text{dB}$), γεγονός που οφείλεται στην απουσία του 1^{ου} διαζώματος, που κάνει τις διαφορές των πρώτων θεατών μικρότερες, σε σχέση με τους τελευταίους. Αυτό αποτυπώνεται και στην 2^η εικόνα με τις ενδείξεις $\pm 3\text{dB}$, όπου ένα ποσοστό πάνω από 80% των θεατών βρίσκεται στην περιοχή αυτή. Τέλος η περιοχή $\pm 1\text{dB}$ δεν έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον όπως αναφέραμε ήδη, αλλά μας βοηθά να διακρίνουμε χρωματικά τις στάθμες στον χώρο.

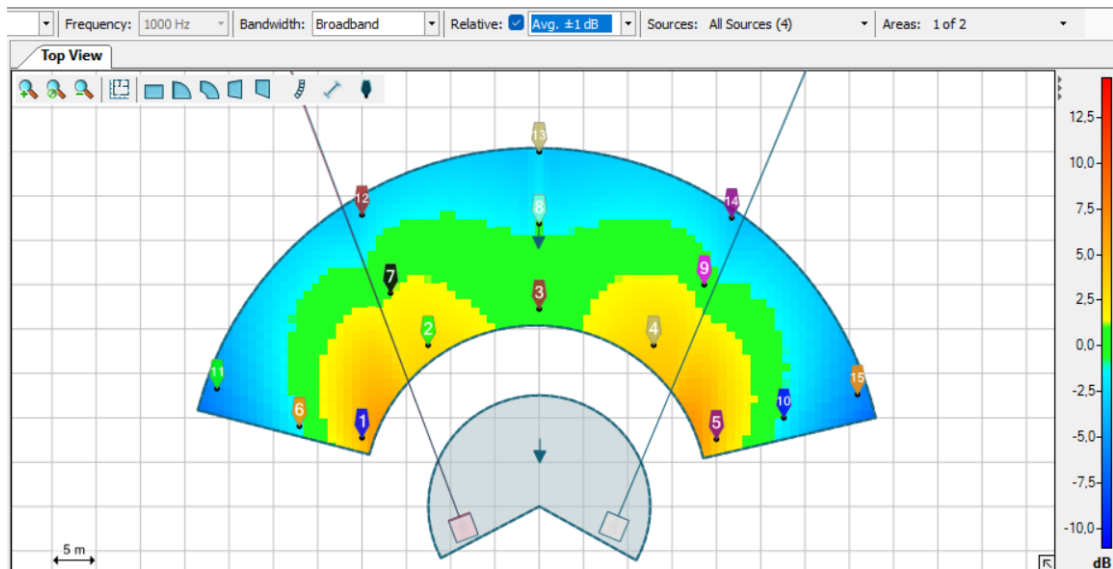


Εικ. 6.37. Απεικόνιση πρόβλεψης στάθμης αρχαίου θεάτρου Δίου από το λογισμικό EASE focus με απόκλιση $\pm 6\text{dB}$, στην πράσινη περιοχή



Εικ. 6.38. Απεικόνιση πρόβλεψης στάθμης αρχαίου θεάτρου Δίου από το λογισμικό EASE focus με απόκλιση $\pm 3\text{dB}$ (78%), στην πράσινη περιοχή

Στον πίνακα 6.5, βλέπουμε τις αντίστοιχες στάθμες πρόβλεψης του ease focus. Εδώ έχουμε στάθμες σε dB SPL οι οποίες είναι και πάλι σχετικές. Για το λόγω αυτό βαθμολογούμε τις τιμές τους με τον παράγοντα -23, για να γίνουν συγκρίσιμες με τις τιμές των μετρήσεών μας, τι οποίες αποτυπώνουμε μαζί στον επόμενο πίνακα 6.6.



Εικ. 6.39. Απεικόνιση πρόβλεψης στάθμης αρχαίου θεάτρου Δίου από το λογισμικό EASE focus με απόκλιση $\pm 1\text{dB}$, στην πράσινη περιοχή

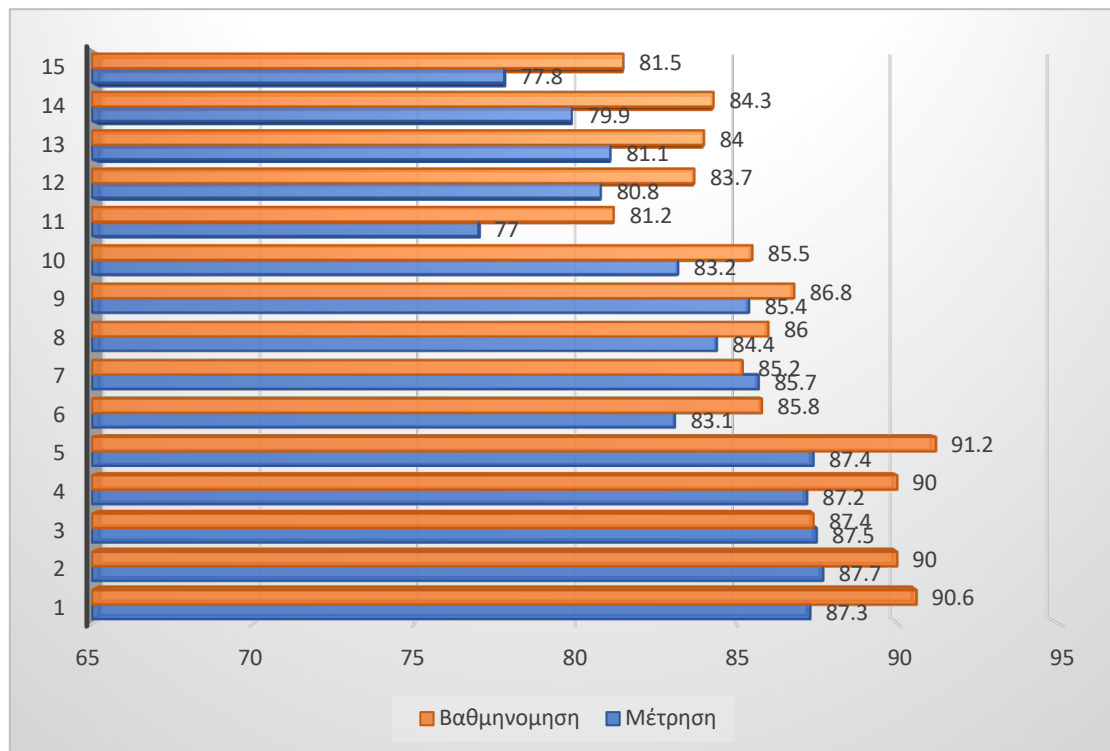
Σημεία	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Προβλέψη	114	113	110	113	114	109	108	109	110	109	104	107	107	107	105

Πιν. 6.5. Πίνακας με τις στάθμες πρόβλεψης από το λογισμικό ease focus

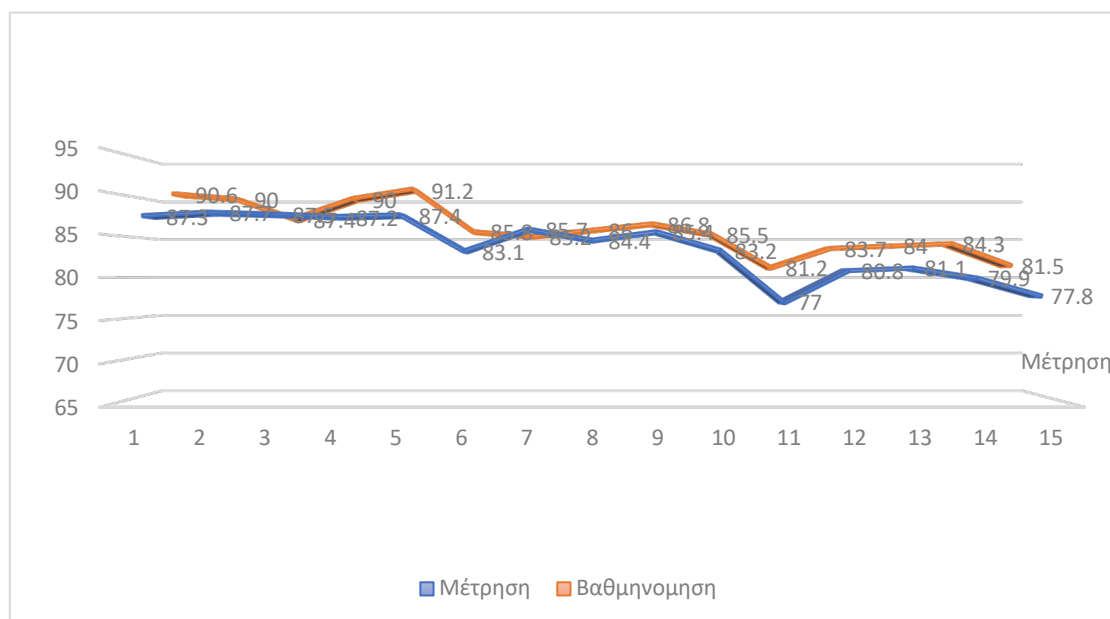
Σημεία	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Μέτρηση	87,3	87,7	87,5	87,2	87,4	83,1	85,7	84,4	85,4	83,2	77	80,8	81,1	79,9	77,8
Προβλέψη	114	113	110	113	114	109	108	109	110	109	104	107	107	107	105
Διαφορά με την τιμή βαθμηνόμησης	3,3	2,3	-0,1	2,8	3,8	2,7	-0,5	1,6	1,4	2,3	4,2	2,9	2,9	4,4	3,7
Βαθμηνόμηση	90,6	90	87,4	90	91,2	85,8	85,2	86	86,8	85,5	81,2	83,7	84	84,3	81,5

Πιν. 6.6. Συνολική αποτύπωση τιμών μετρήσεων, προβλέψεων, βαθμηνομημένης πρόβλεψης και διαφοράς της τελευταίας με την αντίστοιχη μέτρηση της.

Αυτό που βλέπουμε άμεσα είναι ότι η απόκλιση των μετρήσεων (Διαφορά) με αυτές της πρόβλεψης είναι πολύ κοντά μεταξύ τους, με μια διαφορά μικρότερης (-0,1) και μεγαλύτερης τιμής (4,4) της τάξεως των 4,5dB, ενώ ο μέσος όρος διαφοράς του είναι κοντά στα 2,5dB. Στην εικόνα 6.40, βλέπουμε τις τιμές σε ένα συγκριτικό διάγραμμα τιμών. Η φαινομενική απόκλιση οφείλεται στις τιμές του οριζόντιου άξονα, που είναι σε μεγέθυνση, δηλαδή από τα 65dB ως τα 95. Στην παρακάτω εικόνα, 6.41, μπορούμε να δούμε στο διάγραμμα, πως συμβαδίζουν οι τιμές πρόβλεψης (βαθμηνόμηση) και μέτρησης, από τις αντίστοιχες καμπύλες τους.



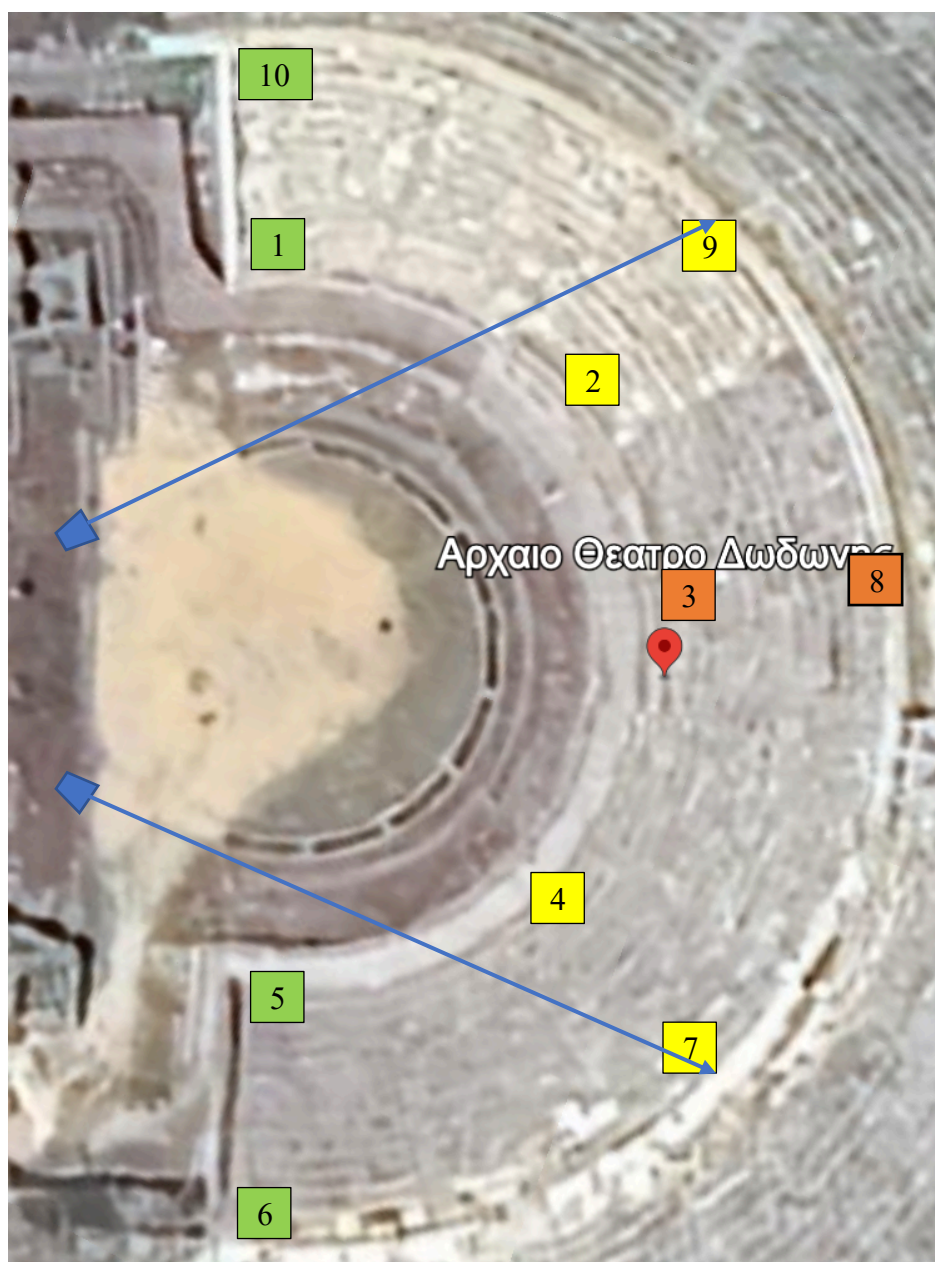
Εικ. 6.40. Οριζόντιο διάγραμμα σύγκρισης τιμών πρόβλεψης/μέτρησης



Εικ. 6.41. Διάγραμμα σύγκρισης τιμών πρόβλεψης/μέτρησης

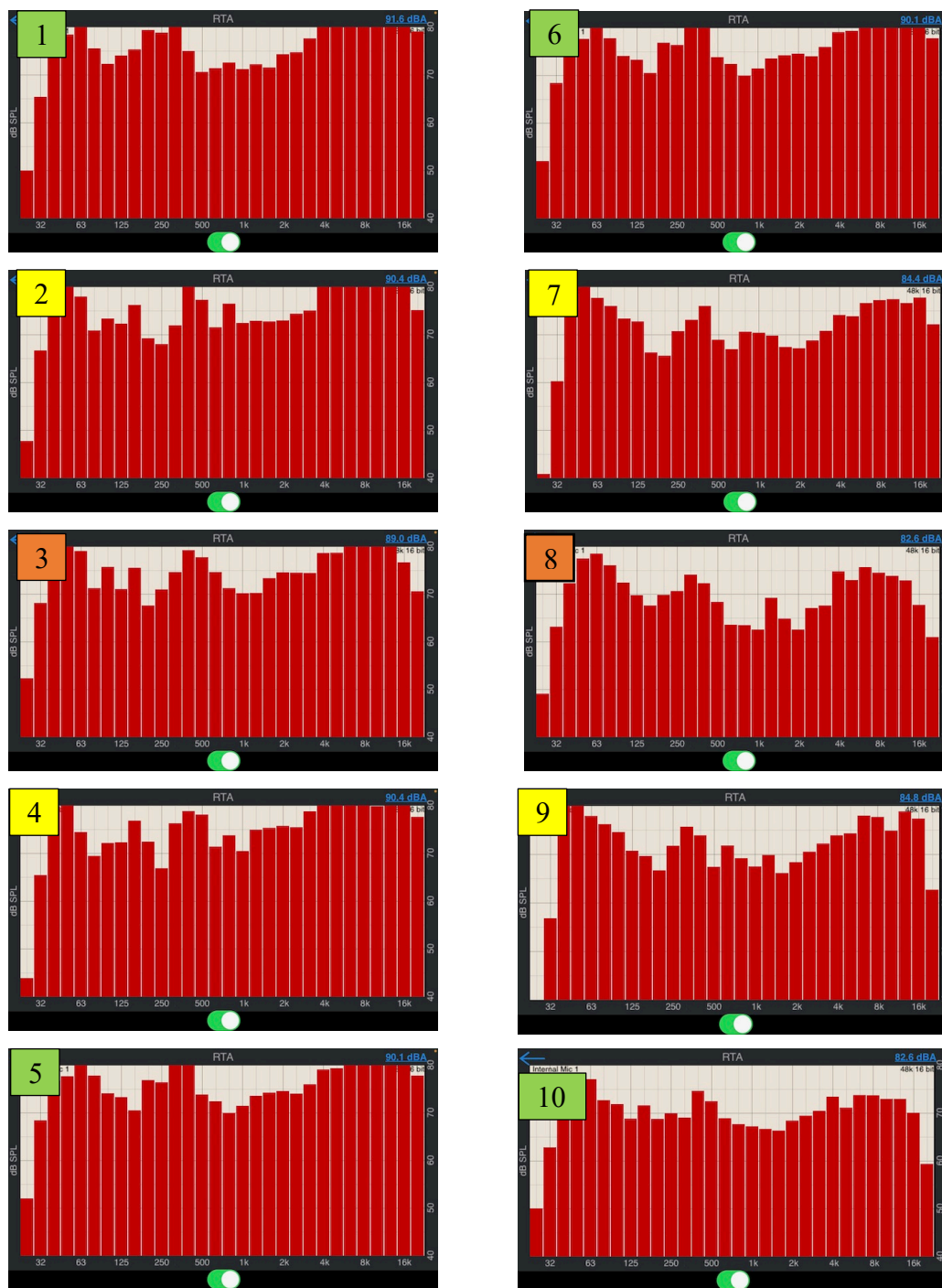
6.3.3. Θέατρο Δωδώνης

Για το τεράστιο αρχαίο θέατρο της Δωδώνης, το μεγαλύτερο αρχαίο θέατρο στον σύγχρονο Ελλαδικό χώρο, πραγματοποιούμε 10 μετρήσεις στο 1^ο διάζωμα, που είναι και το μόνο που χρησιμοποιείται για το κοινό στις θεατρικές παραστάσεις, καθώς ο υπόλοιπος χώρος, όπως αναφέραμε, βρίσκεται υπό αρχαιολογική ανακατασκευή.



Εικ. 6.42. Απεικόνιση των 10 σημείων μέτρησης στάθμης με ροζ θόρυβο στο ΡΑ, στο αρχαίο θέατρο Δωδώνης

Παραθέτουμε κι εδώ τις μετρήσεις στα 10 σημεία της εικόνας 6.42.



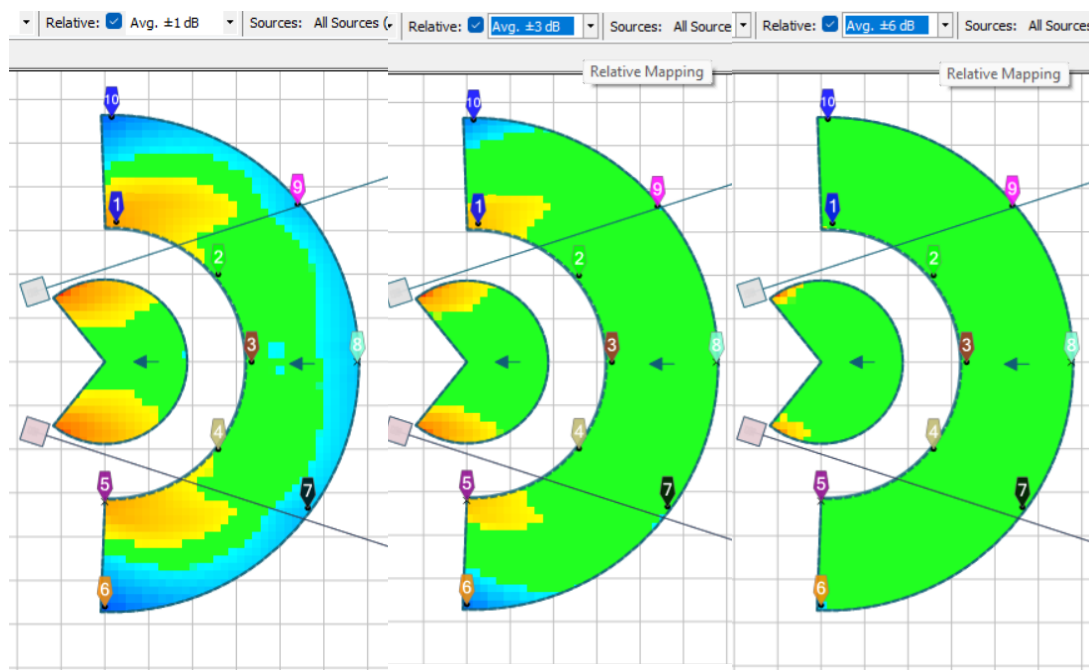
Εικ. 6.43. Στάθμες μέτρησης στο αρχαίο θέατρο Δωδώνης σε 10 σημεία (εικ.6.42) με ροζ θόρυβο

Αντίστοιχα ο πίνακας με τις στάθμες μετρήσεων σε decibels στον παρακάτω πίνακα.

Σημεία	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Μέτρηση	91,6	90,4	89	90,4	90,1	82,4	84,4	82,6	84,8	82,6

Πιν. 6.7. Πίνακας με στάθμες μέτρησης στο αρχαίο θέατρο Δωδώνης σε 10 σημεία

Με τον ίδιο τρόπο στο ease focus προσομοιώνουμε το αρχαίο θέατρο της Δωδώνης μόνο για το πρώτο διάζωμα, με το ίδιο ηχοσύστημα KV^2 audio στον ίδιο σχηματισμό, με τους άξονες των ηχείων δηλαδή, να κοιτάζουν προς τις θέσεις μέτρησης 7 και 9 (εικ.6.44).

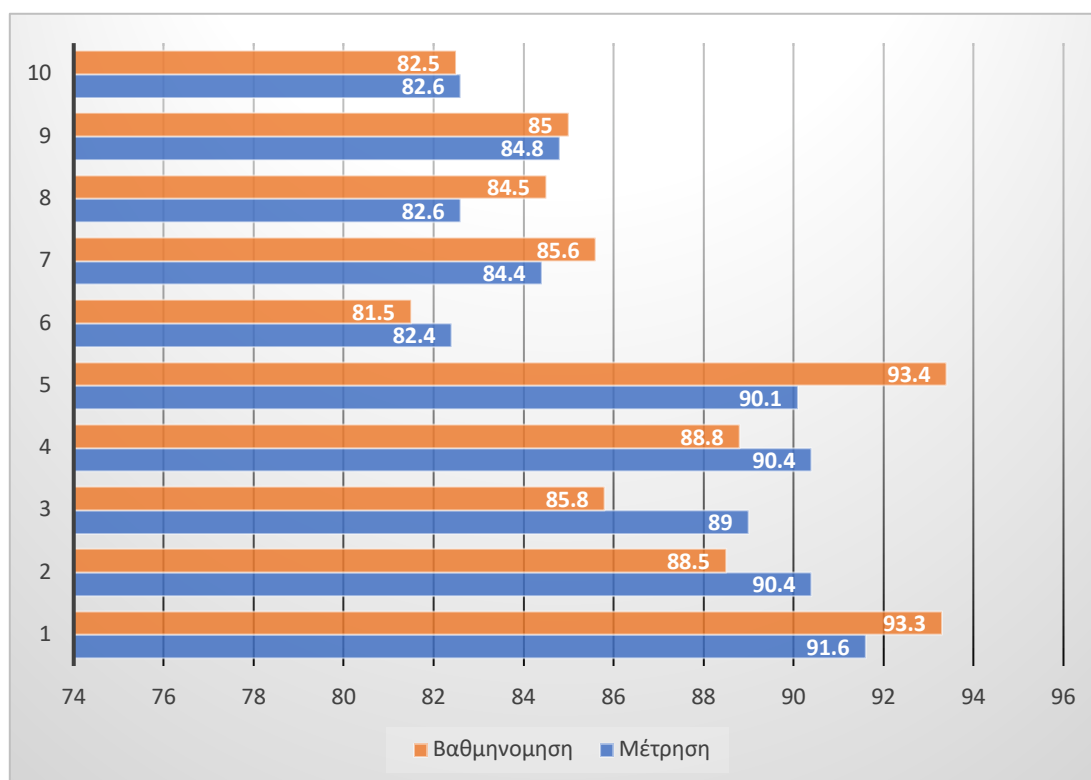


Εικ. 6.44. Απεικόνιση πρόβλεψης στάθμης αρχαίου θεάτρου Δωδώνης από το λογισμικό EASE focus με απόκλιση ± 1 dB(αριστερά), ± 3 dB(μέση, 84%), ± 6 dB(δεξιά) για την πράσινη περιοχή

Τις στάθμες τις μετράμε όπως και στην περίπτωση του Δίου, απευθείας από τις καμπύλες του ease focus και τις παραθέτουμε με τον συντελεστή διόρθωσης στάθμης στα -23dB για είναι συγκρίσιμες με τις στάθμες μέτρησης στον παρακάτω πίνακα 6.8. Στο συγκεκριμένο θέατρο, λόγω της μεγάλης απόστασης του ηχοσυστήματος από τους θεατές (όπως και στο Δίον), έχουμε πολύ καλύτερη κατανομή στάθμης ακολουθώντας πάντα την ίδια τακτική στην τοποθέτηση του PA, δηλαδή στην πίσω περιφέρεια του κύκλου της ορχήστρας με κλίση προς τα έξω και προς τα πάνω.

Σημεία	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Μέτρηση	91,6	90,4	89	90,4	90,1	82,4	84,4	82,6	84,8	82,6
Πρόβλεψη	116,3	111,5	108,8	111,8	116,4	104,5	108,6	107,5	108	105,5
Διαφορά	1,7	-1,9	-3,2	-1,6	3,3	-0,9	1,2	1,9	0,2	-0,1
Βαθμνομοση	93,3	88,5	85,8	88,8	93,4	81,5	85,6	84,5	85	82,5

Πιν. 6.8. Συνολική αποτύπωση τιμών μετρήσεων, προβλέψεων, βαθμνομομένης πρόβλεψης και διαφοράς της τελευταίας με την αντίστοιχη μέτρηση της, για το αρχαίο θέατρο της Δωδώνης.



Εικ. 6.45. Οριζόντιο διάγραμμα σύγκρισης τιμών πρόβλεψης(βαθμνομόηση)/μέτρησης αρχαίου θεάτρου Δωδώνης

Από τις τιμές μπορούμε να διακρίνουμε ότι υπάρχει πολύ μεγάλη σύγκλιση στην πρόβλεψη και τη μέτρηση, με μέγιστη διαφορά ένα σημείο με 3,3dB και την μικρότερη στο 0,1dB, ενώ στα περισσότερα σημεία η διαφοράς είναι μικρότερες των 2dB. Ένα άλλο σημείο που μπορεί να επισημανθεί είναι ότι οι διαφορές στάθμης στη μέτρηση είναι πιο μικρές στα 5 σημεία του ημικύκλιου και στο μπροστά μέρος του διαζώματος (σημεία 1-5) και στο πίσω (σημεία 6-10), από ότι στην πρόβλεψη και σε αυτές οφείλονται οι μεγαλύτερες αποκλίσεις. Ίσως βέβαια να οφείλονται και στο

γεγονός της μη ακρίβειας στην τοποθέτηση τόσο του σημείου μέτρησης, όσο και του σημείο πρόβλεψης, καθώς βρίσκονται στα όρια κάλυψης του ηχοσυστήματος, από άποψη μοιρών, όπου μια μικρή απόκλιση 1-2 μέτρων μπορεί να δώσει τέτοιες διαφορές στάθμης.

6.4. Συμπεράσματα

Επισκοπώντας την πρακτική εφαρμογή ενός ενιαίου ηλεκτρακουστικού σχεδιασμού σε πολλαπλά αρχαία θέατρα, κατά την περιοδεία «Πλούτος» του ΚΘΒΕ (2024), με σταθερή τοποθέτηση κεντρικού ηχοσυστήματος στην περιφέρεια της ορχήστρας με 90° οριζόντια κάλυψη, προσαρμοσμένη ανά χώρο, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι, η μέθοδος εξασφαλίζει συνέπεια, τόσο από το μικρότερο θέατρο Φιλίππων των 2.500 θέσεων, μέχρι τη Δωδώνη (περίπου 2.000 λόγω αναστήλωσης, αρχικά 18.000), και το Δίον (<4.000). Κοινές προκλήσεις είναι ο περιβαλλοντικός θόρυβος (επαρχιακές οδοί, πάρκινγκ, μαγαζιά), η απορρόφηση από το κοινό καθώς παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά από άδειο σε γεμάτο θέατρο κατά την διεξαγωγή των παραστάσεων, και η γεωμετρία των ξεχωριστών θεάτρων που μπορεί άλλα να έχουν μεγάλες αποστάσεις της 1ης σειράς από την ορχήστρα (Δίον), ή να υπάρχουν τοίχοι γύρω από αυτήν (Δωδώνη).

Στο Κούριο η μέτρηση κρουστικής απόκρισης αποκάλυψε υπερτονισμό χαμηλών από τα subwoofers στο ηχοσύστημα του τοπικού Φεστιβάλ, ενώ στην Επίδαυρο η ίδια διαδικασία ανέδειξε τις σοβαρές αδυναμίες του παλαιού ηχοσυστήματος του αντίστοιχου Φεστιβάλ, η εξομάλυνση του οποίου απαιτούσε βαριές παρεμβάσεις πολλαπλής ισοστάθμισης. Σε αντίθεση, το σχεδόν καινούργιο ηχοσύστημα της περιοδείας του ΚΘΒΕ, έδειξε ομαλή απόκριση και καλύτερη καθαρότητα λόγου.

Οι μετρήσεις στάθμης με ροζ θόρυβο σε 10 ως 15 σημεία ανά θέατρο και η σύγκριση με τις αντίστοιχες προβλέψεις στο λογισμικό Ease Focus, έδειξαν πολύ καλή συμφωνία με μέση διαφορά 2–2,8 dB. Οι προβλέψεις επιβεβαίωσαν ότι το 80–90% των θέσεων καλύπτεται εντός ± 6 dB, με ιδανικά σημεία ακρόασης (sweet spots) στις κεντρικές συμμετρικές θέσεις. Οι μεγαλύτερες αποκλίσεις εντοπίζονται στα όρια

κάλυψης (ακριανές θέσεις), όπου μικρές μετακινήσεις ηχείων και μετρητικών μικροφώνων επηρεάζουν σημαντικά.

Βλέπουμε λοιπόν ότι, ένας ενιαίος σχεδιασμός με συγκεκριμένο κινητό ηχοσύστημα, με την ανάλογη ψηφιακή καθυστέρηση, και ισοστάθμιση, είναι εφικτός και αποτελεσματικός σε ποικίλους χώρους (χωρίς να εξεταστούν χώροι με ακραίες αρχιτεκτονικές διαφορές, όπως το Ηρώδειο ή το ανοιχτό θέατρο Νίκαιας), διατηρώντας αποδεκτή ομοιογένεια στάθμης και χροιάς.

7. Ποιοτική έρευνα με θέμα τον θεατρικό ακουστικό σχεδιασμό, την χρήση των ασύρματων μικροφώνων στις παραστάσεις και τον ακουστικό σχεδιαστή.

Η εν λόγω έρευνα έχει σκοπό την διερεύνηση του θέματος του ακουστικού σχεδιασμού μιας θεατρικής παράστασης και της αναγκαιότητας του ακουστικού σχεδιαστή ως επαγγελματία, την χρήση των ασύρματων μικροφώνων, καθώς και άλλα τεχνικά και διαδικαστικά θέματα. Η έρευνα παρουσιάζεται επώνυμη καθώς οι συμμετέχοντες συγκατένευσαν στην αναφορά των ονομάτων και της ειδικότητας τους σε αυτή την εργασία. Πραγματοποιήθηκε αρχικά με αποστολή των 12 ερωτημάτων στους 7 συμμετέχοντες, τα οποία ορισμένοι απάντησαν γραπτά, άλλοι σε τηλεφωνική συνέντευξη η οποία ηχογραφήθηκε και στη συνέχεια απομαγνητοφωνήθηκε και άλλοι με ζωντανή συνέντευξη και άμεση καταγραφή των απαντήσεων τους.

7.1. Ποιοτική έρευνα – Συμμετέχοντες :

1. **Αργύρης Παπαγεωργίου** : ηχητικός ΚΘΒΕ/ηχολήπτης, αναφέρεται στην έρευνα ως **T1** (1^{ος} τεχνικός)
2. **Διονύσης Κωνσταντινίδης** : ηχητικός ΚΘΒΕ/ηχολήπτης/μουσικός σχεδιαστής, αναφέρεται στην έρευνα ως **T2** (2^{ος} τεχνικός)
3. **Κακλέας Γιάννης** : σκηνοθέτης θέατρου, αναφέρεται στην έρευνα ως **Σ1** (1^{ος} σκηνοθέτης)
4. **Ευθυμίου Ελένη** : σκηνοθέτης/μουσικός, αναφέρεται στην έρευνα ως **Σ2** (2^η σκηνοθέτης)
5. **Βόμβολος Κώστας** : συνθέτης/μουσικός, αναφέρεται στην έρευνα ως **M1** (1^{ος} μουσικός)
6. **Βάιος Πράπας** : συνθέτης/μουσικός, αναφέρεται στην έρευνα ως **M2** (2^{ος} μουσικός)
7. **Τσολάκης Νίκος** : ηχητικός ΚΘΒΕ από το 1979 ως το 2010 αναφέρεται στην έρευνα ως **T3** (3^{ος} τεχνικός)

7.2. Ερωτήματα ποιοτικής έρευνας

(Στις απαντήσεις των ερωτηθέντων προσθέτουμε σε παρενθέσεις επεξηγητικά σχόλια για καλύτερη κατανόηση των απαντήσεων, όπου θεωρούμε απαραίτητο).

1η ερώτηση : Τι καταλαβαίνετε με τον όρο «ακουστικός (ή ηχητικός) σχεδιασμός παράστασης»; Τι στοιχεία ή διαδικασίες θεωρείτε ότι περιλαμβάνει; Θεωρείτε ότι διαφέρει από τον «ηλεκτρακουστικό σχεδιασμό»; Αν ναι, με ποιο τρόπο;

T1 : Η διαδικασία στην οποία ορίζεις και οριοθετείς το πλαίσιο στο οποίο θα προσαρμοστούν ο ήχος, το ηχητικό περιβάλλον και η μουσική. Δηλαδή, ποια θα είναι τα ηχοτοπία και από θα αναπαράγονται. Ο Ηλεκτρακουστικός σχεδιασμός προηγείται και έχει να κάνει με τον εξοπλισμό. Αν σχεδιαστεί εξ αρχής η παράσταση προηγείται ο ακουστικός, αν προυπάρχει ο ηλεκτρακουστικός, τότε ο ακουστικός κινείται πάνω σε αυτόν.

T2 : Είναι ο σχεδιασμός της παράστασης που είναι το στάδιο μεταξύ του συνθέτη μουσικής και του ηχολήπτη. Ηλεκτρακουστικός σχεδιασμός είναι ο σχεδιασμός της ηλεκτρακουστικής εγκατάστασης του χώρου.

Σ1 : Είναι, ένα θέμα η ακουστική του κάθε θεάτρου, ανοιχτού ή κλειστού που πρέπει να έχει προβλεφθεί (η ηλεκτρακουστική εγκατάσταση και η ακουστική μελέτη του χώρου) και ένα άλλο η παράσταση και ο ήχος της. Αν μια παράσταση έχει ζωντανή μουσική με ορχήστρα, πρώτον, να μπορεί να καλύψει με τον ήχο της και τη βοήθεια των μικροφώνων, όλο το θέατρο και δεύτερον, πώς θα έρθουν οι φωνές σε ισορροπία με τη μουσική. Όλα αυτά σε μια παράσταση που έχει σημεία μόνο με λόγο, άλλα σημεία λόγου με μουσική και άλλα σημεία τραγούδι με μουσική, όπου όλες οι στάθμες θα πρέπει να προσαρμόζονται ανάλογα.

Σ2 : Είναι η ακουστική φροντίδα και μελέτη ενός χώρου, σε σχέση με τα ακουστικά του χαρακτηριστικά, ώστε να εξυπηρετεί ακουστικά την εν προκειμένω παράσταση. Το ζητούμενο είναι η παράσταση να ακούγεται στον χώρο συνολικά το ίδιο, εί δυνατόν παντού. Ενώ ο ηχητικός σχεδιασμός έχει να κάνει με το τεχνικό κομμάτι κάθε παράστασης και τις απαιτήσεις της σε τεχνολογικό σχεδιασμό ήχου, ηχητικά υλικά,

ηχητικά εφέ, σχετικές στάθμες των διαφορετικών πηγών και κατανομή των πηγών ήχου στα διάφορα ηχεία.

M1 : Το σύνολο των ηχητικών στοιχείων της παράστασης (φωνές, ήχοι, εφέ, μουσική) και τη σχέση μεταξύ τους σε επίπεδο έντασης, ποιότητας και τοποθέτησης στον χώρο. Αυτό που καταλαβαίνω εγώ στον όρο ηλεκτρακουστικός σχεδιασμός είναι ότι αναφέρεται καταρχήν σε μουσική ή ηχητικά τοπία με κυρίαρχη την παραγωγή ήχου με ηλεκτρονικά μέσα και την –όποια – τεχνική επεξεργασία για την «εναρμόνιση» της φωνής των ηθοποιών με αυτό το περιβάλλον.

M2 : Ακουστικός σχεδιασμός παράστασης για μένα σημαίνει ότι, ο τεχνικός ηχολήπτης και υπεύθυνος για τον ήχο σε μια παράσταση βλέποντας τις ανάγκες του χώρου ή των χώρων που θα συμμετάσχει η παράσταση, όπως επίσης τις ανάγκες για το καλλιτεχνικό έργο, κάθεται, μελετά και συζητά με τον σκηνοθέτη και την παραγωγή και βρίσκουν τον καλύτερο δυνατό τρόπο για να υλοποιηθεί η παράσταση.

T3 : Αυτές οι έννοιες είναι Νεοτερισμοί για μένα (εργάστηκε στο θέατρο από το 1980 ως 2010). Εμείς απλά στήναμε ηχεία και έπρεπε να ακουστεί η παράσταση. Οι φωνές έβγαιναν φυσικά (χωρίς μικρόφωνα), όπως και οι (ζωντανές) μουσικές και εμείς ενσωματώναμε τα ηχητικά εφέ και τις ηχογραφημένες μουσικές.

2η ερώτηση : Πότε, κατά την εμπειρία ή γνώμη σας, ξεκίνησε η χρήση ασύρματων μικροφώνων στους ηθοποιούς; Πρώτα σε ανοιχτά ή σε κλειστά θέατρα;

T1 : Στη δεκαετία του '80 – '90 χρησιμοποιήσαμε τα πρώτα ασύρματα Sennheiser στο ΚΘΒΕ, στα κλειστά θέατρα σε μεμονωμένους ηθοποιούς πχ για τραγούδι, ή τα δπλα (8 καναλιών ήχου) σε musical, όχι σε ολόκληρη παράσταση για τους διαλόγους.

T2 : Δεν γνωρίζω, ίσως σε ανοιχτά

Σ1 : Από λίγο μετά το 2000. Ξεκίνησε από τα musicals στα κλειστά θέατρα, για να μπορούν να έχουν την ίδια απόδοση (σε στάθμη) οι ηθοποιοί με τις ορχήστρες. Η χρήση έγινε πρώτα σε ανοιχτά θέατρα, στην αρχή με τα περιφερειακά shotguns, που στη συνέχεια μεταπήδησαν στα ασύρματα για τεχνικούς λόγους.

Σ2 : Προσωπικά τα συνάντησα για πρώτη φορά στο Ευρωπαϊκό βραβείο στο φεστιβάλ στο Βασιλικό θέατρο το 2006. Το 2014 τα χρησιμοποίησα πρώτη φορά εγώ.

M1 : Πριν από 30 περίπου χρόνια όπως είναι αναμενόμενο σε ανοιχτά θέατρα για πρακτικούς λόγους. Στην αρχή φυσικά η ποιότητα του ήχου ήταν ανεπαρκής και το αποτέλεσμα συνήθως μετριότατο αισθητικά, αλλά με την πάροδο του χρόνου, την πρόοδο της τεχνολογίας, την ελάττωση του κόστους και την κατάλληλη εξοικείωση των ηθοποιών και των σκηνοθετών το αποτέλεσμα βελτιώθηκε θεαματικά και έγιναν πλέον απαραίτητα. Εννοείται ότι η συμβολή τους στην εισπρακτική επιτυχία μιας παράστασης ήταν σημαντικότερη.

M2 : Δε γνωρίζω ακριβώς πότε μπορεί να ξεκίνησε η χρήση των μικροφώνων. Φαντάζομαι ότι έχει να κάνει με την ανάγκη ο ήχος να καλύψει ανοιχτούς χώρους ή ίσως για την ανάγκη κάποιου καλλιτεχνικού αποτελέσματος είτε σε κλειστό είτε σε ανοιχτό χώρο.

T3 : Από το 1990 αρχίσαμε να χρησιμοποιούμε ασύρματες κάψες πέτου, βέβαια με προβλήματα λήψης, λόγω μη *diversity*⁵² (στο σύστημα εκπομπής λήψης εκείνης τη εποχής) και του χοντρού ρουχισμού (που εμποδίζει την ασύρματη μετάδοση). Ένα ακόμα μεγάλο μειονέκτημα ήταν ότι ο πομπός του ασύρματου μικροφώνου, που κουβαλούσε ο ηθοποιός, ήταν πολύ βαρύς. Η χρήση τους άρχισε από τα ανοιχτά θέατρα και ήταν κυρίως ή μόνο για τους πρωταγωνιστές. Υπήρχαν βέβαια και άλλα προβλήματα, όπως για παράδειγμα το 1998 στο έργο *Αίαντας*, στην *Επίδαυρο* όπου τότε τα ασύρματα μικρόφωνα θεωρούνταν βεβήλωση στο ναό της ακουστικής, με πολλά προβλήματα λήψης φυσικά. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να επανέλθουμε στα μικρόφωνα *shotgun*⁵³. Τα *shotgun* μικρόφωνα ξεκίνησαν το 1980 περιμετρικά της σκηνής και επικράτησαν των πρώτων ασύρματων, λόγω των προβλημάτων στη λήψη. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα οι εντάσεις να είναι σε πλαίσια φυσικής ακουστικής, δεν ξέφευγαν, ενώ υπήρχε φυσικός εντοπισμός των ηθοποιών πάνω στη σκηνή, (σε αντίθεση με τις μεγάλες εντάσεις των ασύρματων μικροφώνων, όπου οι ηθοποιοί αλλού ακούγονται κι αλλού βρίσκονται).

⁵² Το *diversity* στα ασύρματα μικρόφωνα σημαίνει ότι ο δέκτης έχει **δύο κεραίες** (ή και δύο δέκτες) αντί για μία, ώστε να “διαλέγει” κάθε στιγμή το σήμα που ακούγεται καλύτερα. Έτσι αποφεύγονται τα κοψίματα και οι παρεμβολές που μπορεί να προκύψουν όταν ο τραγουδιστής ή ο ηθοποιός κινείται στον χώρο ή αλλάζουν οι ανακλάσεις του σήματος. Με απλά λόγια: το *diversity* κάνει τη σύνδεση **πιο σταθερή και αξιόπιστη**. <https://help.sennheiser.com/hc/en-us/articles/27292095516562-Antenna-spacing-and-diversity>

⁵³ Υπερκατευθυντικά μικρόφωνα μακρινής λήψης.

3η ερώτηση : Κατά τη γνώμη σας, ποιοι παράγοντες οδήγησαν στην ευρεία χρήση ασύρματων μικροφώνων στους ηθοποιούς τα τελευταία 20 χρόνια;

T1 : 1. Η μουσική έπρεπε να είναι δυνατά για να «ξεσηκώνει» και οι φωνές έπρεπε να ακούγονται. 2. Η σκηνοθετική οδηγία είναι να μην φωνάζουν οι ηθοποιοί οπότε δεν μπορούσαν να ακούγονται 3. Μπορούν να μπουν ηχητικά εφέ στον ήχο τον ηθοποιών, ή να γίνουν προσομοιώσεις χώρων. 4. Χαμηλή στάθμη ηθοποιού λόγω υγείας 5. Θόρυβος περιβάλλοντος (κυρίως για τα ανοιχτά θέατρα). 6. Είναι τάση πλέον ανάμεσα στους σκηνοθέτες, ή η άγνοια στις ηχητικές δυνατότητες ενός χώρου ή εξοπλισμού, π.χ. στην Επίδαυρο μπορεί και να μην είναι απαραίτητα.

T2 : Θεωρώ ότι είναι πρώτα η σκηνοθετική οδηγία να μην φωνάζουν οι ηθοποιοί, οπότε δεν ακούγονται. Στη συνέχεια, το μέγεθος του σύγχρονου θεάτρου και έλλειψη σωστού ακουστικού σχεδιασμού. Ο θόρυβος του περιβάλλοντος (σε ανοιχτά θέατρα), η μουσική που πρέπει να είναι δυνατά για να «ξεσηκώνει», ενώ οι φωνές θα έπρεπε να ακούγονται. Μετά, υπάρχουν πράγματα που μπορούν να γίνουν στις φωνές, όπως να μπουν ηχητικά εφέ στον ήχο τον ηθοποιών, η να γίνουν προσομοιώσεις χώρων. Ακόμα η χαμηλή στάθμη ηθοποιού λόγω κάποιου θέματος υγείας. Υποθέτω επίσης ότι, ο ηθοποιός νιώθει ότι υποβάλλει το κοινό του με την μεγαλύτερη ένταση ίσως ή για να καλύψει τεχνικές αδυναμίες του κειμένου ή του ίδιου.

Σ1 : Οι εξωτερικοί χώροι και τα σύγχρονα μοντέρνα θέατρα, δεν είναι σχεδιασμένοι να ενισχύουν την ανθρώπινη φωνή. Πολλά από τα αρχαία θέατρα ήταν ωδεία (ευνοούσαν τη μουσική). Πέρα από αυτό οι αρχαίοι ηθοποιοί είχαν μια μάσκα που λειτουργούσε σαν μικρό μεγάφωνο. Επιπλέον, η υποκριτική έχει αλλάξει, έχει γίνει πιο εσωτερική και εκφραστική (ρεαλισμός – από το 2005) και οι ηθοποιοί δεν έχουν την εκπαίδευση της έντασης και του στόμφου. Δεν υπάρχει πλέον εκπαίδευση στις σχολές των ηθοποιών για την εκφορά του λόγου με ένταση, καθώς συνήθως οι ηθοποιοί παίζουν σε πολύ μικρές σκηνές, (όπου δεν υπάρχουν απαιτήσεις μεγάλης στάθμης στη φωνή τους). Πλέον έχει αποφασιστεί από τις καλλιτεχνικές ομάδες, ότι στα ανοιχτά θέατρα θα υπάρχουν ασύρματα μικρόφωνα, θεωρείται δεδομένο.

Σ2 : Η νέα τεχνολογία αυτή καθαυτή ήταν γόνιμη για πειραματισμούς στους σκηνοθέτες, οπότε αυτός είναι ένας λόγος. Ένας άλλος είναι η δυνατότητα για άλλη ποιότητα στο παίξιμο των ηθοποιών, καθώς υπάρχει πλέον η δυνατότητα να μην εκφέρουν τη φωνή τους μόνο δυνατά, αλλά να υπάρχει φυσικότερη εκφορά του λόγου, όπως και στον κινηματογράφο. Να υπάρχει δηλαδή μεγαλύτερος ρεαλισμός. Τέλος θεωρώ ότι ξεπεράστηκε και το πρόβλημα του περιβάλλοντος θορύβου στα ανοιχτά θέατρα.

Μ1 : Η ευρεία χρήση ασυρμάτων μικροφώνων ακόμα και σε κλειστούς χώρους, πέρα από τους πασιφανείς πρακτικούς λόγους (καλύτερη πρόσληψη από τους θεατές, χρήση χώρων που ενώ είναι ενδιαφέροντες και έχουν δυνατότητα φιλοξενίας πολυπληθούς κοινού, δεν έχουν καλή ακουστική γιατί δεν έχουν σχεδιαστεί εξ αρχής ως θέατρα κ.α.) οφείλεται και σε αισθητικούς-εμπορικούς λόγους. Τι εννοώ: κάποια στιγμή η εκφορά του λόγου στις παραστάσεις (για την οποία εκπαιδεύτηκαν σκληρά στις δραματικές σχολές οι ηθοποιοί) άρχισε να μοιάζει αφύσικη, «παλιά», στομφώδης μια που ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά της ήταν να μπορεί να γίνει αντιληπτή από το κοινό. Με την καθιέρωση των μικροφώνων οι ηθοποιοί μπορούσαν να είναι πιο «ρεαλιστικοί», να μιλούν όπως περίπου στον κινηματογράφο και την τηλεόραση –τους μεγάλους ανταγωνιστές του θεάτρου ιδίως στις νεότερες γενιές. Αυτό άλλαξε και την τεχνική τους: σημασία δεν έχει πια η ορθοφωνία και η ένταση της φωνής αλλά το ηχόχρωμά της, οι εναλλαγές στη διάθεση, η αμεσότητα κλπ. Κάτι αντίστοιχο συνέβη ιστορικά και με την ευρεία χρήση των μικροφώνων στο τραγούδι εδώ και 100 περίπου χρόνια: παλιότερα δεν υπήρχε περίπτωση ένας τραγουδιστής που δεν έχει επαρκή ένταση να κάνει μεγάλη καριέρα, ενώ από το 1940 και μετά άλλαξε ακόμα και ο τρόπος που εκφέρονται τα τραγούδια (το μικρόφωνο έγινε ένα μουσικό όργανο κι όχι απλώς ένας ενισχυτής της φυσικής φωνής). Χαρακτηριστικό παράδειγμα ο Φρανκ Σινάτρα που χρησιμοποίησε το crooning (σχεδόν ψιθυριστό τραγούδι κοντά στο μικρόφωνο) ο οποίος αν ζούσε 50 χρόνια πριν όχι μόνο δεν θα γινόταν σούπερ σταρ αλλά δεν θα μπορούσε καν να βρει δουλειά ως τραγουδιστής.

Μ2 : Ένας βασικός λόγος είναι η ανάγκη ο ήχος να καλύψει μεγαλύτερο χώρο. Ίσως ανάγκη για να υπάρχει τραγούδι και μουσική (σε παρόμοια ένταση). Άλλωστε αν υπάρχει ζωντανή μουσική, οι φωνές ήταν δύσκολο να ακουστούν πάνω από την αυτή, οπότε αν χρησιμοποιήσεις μικρόφωνα, θα υπάρχει καλύτερο αποτέλεσμα. Τέλος

φαντάζομαι θα υπάρχουν κάποιοι καλοί τεχνικοί λόγοι, ή κάποιος σκηνοθέτης που να θέλει να έχει έναν τέτοιο ήχο, με μικρόφωνα και όχι το φυσικό.

T3 : *Στη χαμηλή στάθμη ορισμένων ηθοποιών.*

4η Ερώτηση: Θεωρείτε απαραίτητη την παρουσία/χρήση της ειδικότητας του ακουστικού σχεδιαστή: α) σε ανοιχτά θέατρα, β) σε κλειστά θέατρα, γ) όταν χρησιμοποιούνται ασύρματα μικρόφωνα σε ηθοποιούς; Για ποιους λόγους;

T1 : *Ναι σε κάθε περίπτωση, γιατί έχει όλες τις απαραίτητες εξειδικευμένες γνώσεις και την εμπειρία.*

T2 : *Δεν διαφοροποιώ κλειστά – ανοιχτά θέατρα. Χρειάζεται και στα δυο. Κυρίως για την εξειδίκευση του στο τεχνικό κομμάτι, σχετικά αρχικά με τις συχνότητες των μικροφώνων και άλλα θέματα των ασύρματων μικροφώνων, καθώς και την εξειδίκευση του στο ακουστικό κομμάτι.*

Σ1 : *Φυσικά, στα βραβεία Αθηνοράματος υπάρχει βραβείο sound designer. Ο ακουστικός σχεδιαστής είναι καλλιτεχνικός συντελεστής μιας παράστασης.*

Σ2 : *Φυσικά, και είναι απαραίτητη.*

M1 : *Θεωρώ απαραίτητο τον ηχητικό σχεδιαστή σε παραστάσεις με ασύρματα μικρόφωνα τόσο σε ανοιχτούς όσο και σε κλειστούς χώρους γιατί είναι ο μόνος που μπορεί να έχει μια συνολική εποπτεία του αποτελέσματος (οι μουσικοί πολλές φορές αδιαφορούν για την ποιότητα και τη στάθμη του λόγου, οι σκηνοθέτες αντίστροφα δεν ενδιαφέρονται παρά μόνο για τις φωνές των ηθοποιών ή αρέσκονται σε υπερβολές όταν δίνουν οδηγίες για τη μουσική, οι δημιουργοί ηχοτοπίων τείνουν να καπελώσουν τους υπόλοιπους κ.λπ.). Επίσης θεωρώ απαραίτητη την ενεργή παρουσία του ακουστικού σχεδιαστή γιατί ο ήχος μιας παράστασης είναι δυναμικός - όπως και η ίδια – πολλές φορές χρειάζεται μικρές ή μεγάλες επεμβάσεις σε πραγματικό χρόνο γιατί κάθε παράσταση του ίδιου έργου δεν παύει να είναι διαφορετική ακόμη κι αν παίζεται για πολλές συνεχόμενες σαιζόν.*

M2 : *Θεωρώ ότι είναι αναγκαίος απόλυτα. Ως συνθέτης θεωρώ την συνεργασία με τον υπεύθυνο ηχολήπτη/σχεδιαστή ήχου της κάθε παράστασης που πραγματοποιώ, αναπόσπαστο και αναγκαίο κομμάτι της εργασίας μου.*

T3 : *Αυτό που θυμάμαι είναι ότι κάποιος συνάδελφος ξεκίνησε κάποια στιγμή να κάνει ακουστικό σχεδιασμό, αλλά θεωρήθηκε δεδομένη η εργασία του και καταργήθηκε η υπηρεσία του αυτή.*

5η Ερώτηση : Θεωρείτε ότι είναι αναγκαία η χρήση μικροφώνων στους ηθοποιούς σε μόνιμη βάση (δηλαδή σε όλη τη διάρκεια της παράστασης); Σε ποιες περιπτώσεις ναι και σε ποιες όχι;

T1 : Εξαρτάται από τις συνθήκες. Αν έχει μουσικό υπόβαθρο σε ανταγωνιστική με τη φωνή στάθμη, αν υπάρχουν χαμηλές φωνές στην παράσταση ή ανάγκη/οδηγία για χαμηλή εκφορά στάθμης του ηθοποιού, όπως και ο θόρυβος στα εξωτερικά θέατρα όπως προανέφερα που μπορεί να είναι ένας σημαντικός παράγοντας.

T2 : Ναι. Αν όχι, τα υπόλοιπα σημεία θα ακούγονται υποδεέστερα. Το πρόβλημα θα είναι ότι χάνεται η αντίληψη της θέσης στο χώρο των ηθοποιών για τον ακροατή.

S1 : Εξαρτάται από την ροή της παράστασης. Το μικρόφωνο και ο ήχος του μπαίνει στη λογική της παράστασης. Έτσι είναι η παράσταση, έχει μικρόφωνα. Μπορεί όμως και μια παράσταση να έχει δυναμική χρήση των μικροφώνων, δηλαδή σημεία που να υπάρχουν και άλλα σημεία που να μην υπάρχουν.

S2 : Όχι, αυτό είναι αισθητική επιλογή του σκηνοθέτη

M1 : Γενικά μιλώντας αν μία παράσταση αρχίσει με μικρόφωνα, πρέπει να συνεχιστεί με τον ίδιο τρόπο. Αν δεν υπάρχει πρακτικός λόγος για να χρησιμοποιηθούν μικρόφωνα, εναπόκειται πιά στον σκηνοθέτη αν θέλει να τα χρησιμοποιήσει σε κάποια συγκεκριμένα σημεία για αισθητικούς λόγους.

M2 : Όχι. Θεωρώ ότι κάθε φορά σε οποιαδήποτε παράσταση πρέπει από την αρχή να γίνεται ο σχεδιασμός πάντα με τη συμβολή του επαγγελματία ηχολήπτη ο οποίος θα είναι και ο υπεύθυνος για το αποτέλεσμα στον ήχο. Πολλές φορές στη δουλειά μας οι σκηνοθέτες είχαν άλλη άποψη. Η θέση μου είναι υπέρ των τεχνικών, δεδομένων των γνώσεων τους πάνω στο αντικείμενο.

T3 : -

6η Ερώτηση : Α) Θεωρείτε ότι για κάθε διαφορετικό ανοιχτό θέατρο (σε περίπτωση περιοδείας θιάσου) απαιτείται ξεχωριστός ακουστικός σχεδιασμός;

Β) Πιστεύετε ότι αυτό μπορεί να επιτευχθεί με έναν συγκεκριμένο εξοπλισμό, ο οποίος να χρησιμοποιείται σε όλα τα θέατρα (π.χ. το ίδιο ηχητικό σύστημα σε 10 διαφορετικούς χώρους);

T1 : α) Ναι, στα πλαίσια των τεχνικών δυνατοτήτων, χρειάζεται διαφορετική προσέγγιση ο κάθε χώρος και β) Ναι, αρκεί να προβλεφθεί η πιο απαιτητική κατάσταση, σε οριζόντια και κάθετη ακουστική κάλυψη των θεάτρων.

T2 : α) Ναι, στα πλαίσια των τεχνικών δυνατοτήτων. Χρειάζεται διαφορετική προσέγγιση ο κάθε χώρος και β) Ναι, αρκεί να προβλεφθεί η πιο απαιτητική κατάσταση, σε οριζόντια και κάθετη κάλυψη, με επιπλέον εξοπλισμό. (οι 2 τεχνικοί συμφώνησαν απόλυτα στην διατύπωση της 1^{ης} απάντησης)

Σ1 : Γίνονται κουβέντες ώστε να μην υπάρχει ένας σχεδιασμός για όλους τους χώρους. Εξαρτάται από το μέγεθος του χώρου συνήθως. Δεν γίνεται με έναν εξοπλισμό να καλυφθούν όλα τα θέατρα. Χρειάζονται προσαρμογές.

Σ2 : Βεβαίως χρειάζεται διαφορετική προσέγγιση σε κάθε χώρο. Μπορούν όμως να γίνουν προσαρμογές σε ένα υπάρχον σύστημα και να χρησιμοποιείται παντού με τις απαραίτητες προσθήκες.

M1 : Δεν έχω τις απαραίτητες τεχνικές γνώσεις για να απαντήσω στην ερώτηση.

M2 : Ναι, θεωρώ ότι κάθε φορά πρέπει να δημιουργείται από την αρχή ένας σχεδιασμός για κάθε χώρο.

T3 : Φυσικά, κάθε θέατρο έχει τις ανάγκες του.

7η Ερώτηση : Πιστεύετε ότι θα έπρεπε να υπάρχει ειδική κατάρτιση των σκηνοθετών, μουσικοσυνθετών και σκηνογράφων σε θέματα ηλεκτροακουστικής εγκατάστασης και ακουστικού σχεδιασμού γενικότερα;
 Ή θεωρείτε ότι ήδη υπάρχει επαρκής γνώση; Αν ναι, ποια είναι αυτή σύμφωνα με την εμπειρία σας;

T1 : Δεν υπάρχει επαρκής γνώση σε αυτές τις κατηγορίες επαγγελματιών σχετικά με θέματα του ήχου. Ναι, είναι καλό να γνωρίζουν κάποια τεχνικά πράγματα για την επικοινωνία με τους τεχνικούς του ήχου, αλλά όχι, για να κάνουν την δουλειά του ακουστικού ή ηχητικού σχεδιαστή.

T2 : Ναι, είναι καλό να γνωρίζουν κάποια τεχνικά πράγματα οι παραπάνω ειδικότητες, κυρίως για την επικοινωνία, όχι, για να κάνουν την δουλειά του σχεδιαστή. Δεν θεωρώ ότι υπάρχει επαρκής γνώση στα τεχνικά θέματα.

Σ1 : Δεν υπάρχει επαρκής γνώση πέρα από την εμπειρική γνώση και η θεώρηση του σκηνοθέτη για την σημαντικότητα του ήχου μια παράστασης. Συνήθως πρέπει να υπάρχει συνεργασία ηχητικού σχεδιαστή και σκηνοθέτη. Θα έπρεπε να υπάρχουν μαθήματα στις σχολές σκηνοθετών, σκηνογράφων κλπ.

Σ2 : Καλό θα ήταν, να υπάρχει εκπαίδευση στους εμπλεκόμενους συντελεστές μια παράστασης που θεωρώ ότι δεν υπάρχει.

M1 : Κάποιοι έχουν μια κατάρτιση και μπορούν ίσως να καθοδηγήσουν πιο συγκεκριμένα τον ακουστικό σχεδιαστή. Κάποιοι άλλοι, νομίζουν ότι έχουν και εκεί τα αποτελέσματα μπορεί να είναι τραγικά. Σε κάθε περίπτωση η καλύτερη πρακτική είναι να περιγράψουν στον σχεδιαστή τι έχουν στο μυαλό τους κι εκείνος να τους παρουσιάσει συγκεκριμένες προτάσεις (2-3 ας πούμε, όχι απεριόριστες...), να διαλέξουν και να τον εμπιστευθούν. Άλλωστε στις παραστάσεις εδώ και αρκετούς αιώνες δεν μπορεί να αποφευχθεί η μέθοδος *trial and error* – δοκιμάζουμε και βλέπουμε, διορθώνουμε... ξαναδοκιμάζουμε ...κ.λπ....

M2 : Δεν θεωρώ ότι αυτή η γνώση εξαντλείται. Δε γνωρίζω πόσο καταρτισμένοι είναι οι σκηνοθέτες ή οι συνθέτες και οι λοιποί συντελεστές σε μια παράσταση. Σίγουρα θα βοηθούσε να έχουν μια εικόνα για το αντικείμενο. Προσωπικά καθώς σπούδασα στο εξωτερικό σαν συνθέτης, είχαμε μαθήματα που μας βοηθούσαν στο να καταλάβουμε την διαδικασία. Επιπλέον, λόγω της παραγωγής σαν κομμάτι των σπουδών μου, που έπρεπε να μπούμε στη διαδικασία αυτή, αντιλαμβανόμουν πάρα πολλά για τον ήχο.

Παρόλα αυτά ο κλάδος του ηχολήπτη είναι κάτι μεμονωμένο, αναγκαίο και όσο και καλή γνώση να έχω, θεωρώ ότι είναι τα «μάτια» μου σε μια δουλειά.

T3 : *Καλό θα ήταν να υπάρχει. Οι μουσικοί (μουσικοσυνθέτες) συνήθως μάθαιναν από την εμπειρία τους με τις ηχογραφήσεις ή τις συναυλίες που έκαναν. Οι σκηνοθέτες συνήθως δεν ήξεραν.*

8η Ερώτηση : Ποια θα πρέπει να είναι η «βαρύτητα» της συμβολής του ακουστικού σχεδιαστή σε σχέση με εκείνη των υπολοίπων συντελεστών;

T1 : Η ίδια με όλους τους συντελεστές.

T2 : Η ίδια βαρύτητα με όλους τους συντελεστές. Ο σκηνοθέτης έχει το γενικό πρόσταγμα.

S1 : Όταν όλοι οι συνεργάτες έχουν καθαρή γνώση του αντικειμένου τους, τα όρια αυτοκαθορίζονται. Πρέπει όλοι να στοχεύουν στην απόλυτη αρμονία.

S2 : Ισότιμη, με τον σκηνοθέτη να έχει την τελική άποψη. Αλλά θα έπρεπε να υπάρχει το υπόβαθρο γνώσης και κατανόησης σε όλους τους συντελεστές ώστε να συνεργάζονται χωρίς διαιτησία για οποιοδήποτε θέμα.

M1 : Η ιεραρχία των συντελεστών σε μια παράσταση είναι ένα ακανθώδες θέμα που αποτελεί πεδίο πάλης από τότε που υπάρχει το θέατρο –τουλάχιστον στη σύγχρονη εκδοχή του. Μην ξεχνάμε άλλωστε πως –λίγο πολύ- η ιεραρχία καθορίζει και τις αντίστοιχες οικονομικές απολαβές. Δεν υπάρχει γενική απάντηση. Φυσικά είναι ένας από τους συντελεστές και ως τέτοιος πρέπει να αναφέρεται στα προγράμματα και τα δελτία τύπου. Τώρα η «βαρύτητα» της συμμετοχής εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της παράστασης (όπως ισχύει και για τα σκηνικά, τα κοστούμια, τη μουσική, τον φωτισμό, την κίνηση κλπ..). Μπορεί να κυμαίνεται από μια απλή υποστήριξη μέχρι μια καίρια συμβολή είτε στο καλλιτεχνικό επίπεδο (στις περιπτώσεις που ο ήχος έχει μια καθοριστική συμβολή στην αισθητική της παράστασης) είτε σε περισσότερο τεχνικό (σε μια πολυπρόσωπη μουσικοθεατρική παραγωγή).

M2 : Για μένα είναι από τα πιο σημαντικά κομμάτια. στις παραστατικές τέχνες. Θεωρώ όλους τους συντελεστές εξίσου σημαντικούς. Την ίδια σημαντικότητα δίνω και στον κλάδο των τεχνικών του ήχου.

T3 : Να επιβάλλει την άποψη του ο ηχητικός σχεδιαστής (αν θεωρεί ότι θα αδικηθεί η παράσταση). Οι μουσικοί ήταν πάντα με το μέρος μας (των ηχητικών).

9η Ερώτηση : Πιστεύετε ότι το κοινό αντιλαμβάνεται τη διαφορά ανάμεσα σε μια παράσταση με προσεγμένο ακουστικό σχεδιασμό και σε μια χωρίς; Αν ναι, με ποιον τρόπο;

T1 : Ναι με την κοινή αντίληψη. Το βασικό είναι να ακούει καθαρά και να καταλαβαίνει το κοινό τα λόγια. Αν αυτό δεν γίνεται, τι θα πει για τον ήχο; Ότι ήταν καλός;

T2 : Εντελώς. Το αντιλαμβάνεται με την κοινή αντίληψη. Αν σε μια παράσταση δεν γίνεται κατανοητός σε μεγάλο ποσοστό (πάνω από 90%) ο λόγος, το κείμενο, τότε για τον ακροατή ο ήχος είναι κακός.

S1 : Απόλυτα. Δεν υπάρχει απλό κοινό, υπάρχει αυτί, Όταν το αυτί ενοχλείται, το καταλαβαίνει.

S2 : Όχι με τρόπο συνειδητό. Μια μικρή μερίδα ίσως συνειδητά. Απλά ένας κακός ήχος ενοχλεί. Το κοινό δεν θα γοητευθεί το ίδιο αν αυτό που έχω σχεδιάσει ηχητικά δεν αποδοθεί σωστά. Ο ηχητικός σχεδιασμός έχει πολύ μεγάλη σημασία στην πρόσληψη, στο συναίσθημα.

M1 : Πολύ θα ήθελα να απαντήσω θετικά, αλλά νομίζω ότι το κοινό αντιλαμβάνεται κυρίως έναν προβληματικό ηχητικό σχεδιασμό ή έναν πολύ εντυπωσιακό -επιδεικτικό σχεδιασμό που πολλές φορές ξεχωρίζει, αλλά δεν βοηθάει ουσιαστικά την παράσταση. Δυστυχώς ο ρόλος του ακουστικού σχεδιασμού είναι εκείνος του «αφανούς ήρωα». Μπορεί να συμβάλλει σε πολύ μεγάλο βαθμό στην επιτυχία μιας παράστασης αλλά δύσκολα αυτή η συμβολή γίνεται αντιληπτή από τον μέσο θεατή.

M2 : Δεν ξέρω αν αντιλαμβάνονται απόλυτα, πάντως από την εμπειρία μου μπορώ να πω ότι πολλές φορές σχολιάζετε ο ήχος.

T3 : Νομίζω ναι, αντιλαμβάνεται τα προβλήματα όταν συμβαίνουν.

10η Ερώτηση : Πώς φαντάζεστε την εξέλιξη της τεχνολογίας (ασύρματα μικρόφωνα, ηχητικά συστήματα, λογισμικά επεξεργασίας) τα επόμενα χρόνια, ή τί θα προσδοκούσατε από αυτήν και ποια θεωρείτε ότι θα είναι η επίδρασή της στο θέατρο;

T1 : Βελτιώσεις στη λήψη για τα ασύρματα μικρόφωνα. Να βρεθεί κάποιος τρόπος ώστε να είναι διαχειρίσιμος ο εξωτερικός θόρυβος στα ανοιχτά θέατρα, σε σχέση με τις στάθμες των ηθοποιών. Να περιοριστούν τα μεγέθη εξοπλισμού του εξοπλισμού (μικρόφωνα, ηχεία), χωρίς να επηρεαστεί η ποιότητα, ώστε να υπάρχει διευκόλυνση σχετικά με την περιοδεία ενός θιάσου. Να αναπτυχθεί τεχνολογία αυτόματης ανίχνευσης θέσης του ηθοποιού με ταυτόχρονη αυτόματη εντολή στην κονσόλα του ήχου (**Auto pan**) σε κάθε κανάλι, ώστε να γίνεται αντιληπτός ο ήχος του ηθοποιού ανάλογα με τη θέση του επί-σκηνής. Αυτό βέβαια μόνο όμως για κλειστά θέατρα που υπάρχει *sweet spot* από το κοινό που βρίσκεται μπροστά από τη σκηνή, όχι στα ανοιχτά αμφιθέατρα όπου που είναι *all mono*, δηλαδή όλα ακούγονται στη μέση. Να αναπτυχθούν ρούχα και αξεσουάρ με μικρά ασύρματα ηχεία που να ελέγχονται από την κονσόλα, που να είναι ελαφριά, με ειδικό λογισμικό (*app*) για ρυθμίσεις του ήχου (*equalizer, dynamics, κ.λπ.*), για να ακούγονται πιο δυνατά οι φωνές των ηθοποιών. Για παράδειγμα ένα ανεξάρτητο σύστημα μικροφώνου-ηχείου σε ρούχο που να ενισχύει τη φωνή κατά π.χ. 6 ή 10dB.

T2 : Πιστεύω ότι θα ξεφύγει το κομμάτι του αυτοματισμού με την τεχνητή νοημοσύνη, π.χ. σε αναγνώριση φωνής, θέσης στο χώρο, (*auto pan*) *auto compression, eq*, αναγνώριση φράση του ηθοποιού για *auto Q* κ.α. Σαν ανάγκη θεωρώ ότι χρειάζεται να εξελιχθεί το μικρό μέγεθος στα ηχεία και η ασύρματη σύνδεση τους.

Σ1 : Να μπορεί να ενισχύεται ο ήχος του ηθοποιού και παράλληλα ο θεατής να τον ανιχνεύει και μόνο με βάση τον ήχο του. Να αναπτυχθεί δηλαδή η τεχνολογία σε κονσόλες ήχου που θα στέλνουν τον ήχο του κάθε μικροφώνου αυτόματα προς την κατεύθυνση που κινείται ο ηθοποιός επί σκηνής. Να φαίνεται η διαφορά μεταξύ κρυφού και φανερού ήχου (χειλόφωνο και ασύρματο χειρός). Ο κρυφός ήχος πρέπει να είναι μια προέκταση της φωνής του ηθοποιού που δεν θα πρέπει να αλλοιώνει καθόλου τα χαρακτηριστικά της φωνής του.

Η ακουστική των 5 πρώτων σειρών με την ακουστική των 5 τελευταίων σειρών. Θα πρέπει να υπάρχει σύγκλιση στις στάθμες.

Σ2 : *Προς το παρόν διαπραγματεύομαι για να είναι διαθέσιμη η υπάρχουσα τεχνολογία στο έπακρο της. Δεν μπορώ να φανταστώ.*

M1 : *Πέρα από τις τεχνικές βελτιώσεις που σίγουρα θα υπάρξουν σε όλα τα τεχνολογικά μέσα δεν μπορώ να φανταστώ τι νέο θα προκύψει –και σίγουρα πολλά θα προκύψουν. Αυτό που προσδοκώ από όλους εμάς τους χρήστες της τεχνολογίας είναι να μπορούμε να τη χρησιμοποιούμε για να καλύψει τις ανάγκες μας –όσο ουτοπικές και εξεζητημένες κι αν είναι – και όχι να μας «χρησιμοποιεί» αυτή δελεάζοντάς μας με δυνατότητες που δεν καλύπτουν καμία μας ανάγκη.*

M2 : *Φαντάζομαι με την τεχνολογική εξέλιξη που υπάρχει στα πάντα, έτσι και αυτό το κομμάτι στις παραστατικές τέχνες θα εξελιχθεί ακόμα πιο πολύ. Βλέπουμε συνέχεια οι εταιρείες να εξελίσσουν τους εξοπλισμούς τους και αυτό είναι προς όφελός μας, πάντα με γνώμονα τις ανάγκες.*

T3 : -

11η Ερώτηση (για επαγγελματίες του ήχου): Ποιον θεωρείτε ως τον ιδανικό τρόπο εγκατάστασης και ρύθμισης του ηχητικού συστήματος σε ανοιχτά θέατρα:

- α) όταν χρησιμοποιούνται ασύρματα μικρόφωνα σε ηθοποιούς,
- β) όταν δεν χρησιμοποιούνται;

T1 : Για το Α, πρέπει η πηγές να είναι πίσω από τα ηχεία. Είναι πολύ απαιτητική μια τέτοια εγκατάσταση ήχου, δεδομένου των διαφορετικών θέσεων των ηθοποιών στη σκηνή σε σχέση με τα ηχεία. Ένας συνδυασμός ηχείων περιφερειακά της ορχήστρας με το κυρίως σύστημα, PA και σε διάφορους συνδυασμούς διανομής του ήχου, ανάλογα με το περιεχόμενο του ήχου, θα ήταν ίσως ιδανικός με την ανάλογη μελέτη για όλα αυτά.

Για το Β ένα απλό PA που να καλύπτει εξίσου όλο το κοινό στην κλασική θέση δεξιά αριστερά της ορχήστρας, με τον τρόπο που θα στηνόταν το σύστημα σε μια συναυλία όπου το ζητούμενο είναι η ηχητική κάλυψη

T2 : Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να υπάρχουν ξεχωριστά μεγάφωνα για φωνές και για μουσική. Περιμετρικά της ορχήστρας (του ανοιχτού θεάτρου) τα ηχεία φωνής και τα ηχεία μουσικής με τον τρόπο που θα τοποθετούνταν σε μια συναυλία ζωντανής μουσικής. Τα ηχητικά εφέ - ανάλογα με το εφέ βέβαια -, μπορούν να αναπαράγονται σε όλα τα ηχεία, όπου είναι απαραίτητο, ενώ θεωρώ ότι είναι απαραίτητη η χρήση και surround ηχείων για τα ηχητικά εφέ.

T3 : Το ηχητικό σύστημα θα πρέπει να καλύπτει εξίσου όλο το θέατρο.

12η Ερώτηση (για επαγγελματίες του ήχου): Ποιες θεωρείτε ότι είναι οι μεγαλύτερες προκλήσεις στη χρήση ασύρματων μικροφώνων σε ηθοποιούς σε ανοιχτά θέατρα;

T1 : Βλάβες λόγω των συνθηκών στα ασύρματα μικρόφωνα όπως υγρασία από ιδρώτα, φθορές στα καλώδια, επαφές των ηθοποιών μεταξύ τους που ενδεχομένως να έρθουν σε επαφή με τα χειλόφωνα ή τον υπόλοιπο εξοπλισμό, επαφές εξοπλισμού, κινήσεις των ηθοποιών. Όλα αυτά προκαλούν ανύποπτες βλάβες εν μέσω των παραστάσεων που είναι πολύ δύσκολο να αντιμετωπιστούν.

T2 : Αξιοπιστία του εξοπλισμού. Απρόβλεπτες συνθήκες στις συχνοτικές περιοχές. Ανθεκτικότητα εξοπλισμού σε υγρασίες, ιδρώτες, αλλαγές ρούχων κλπ.

M2 : Μια φυσική χροιά στους ηθοποιούς ακόμα και στις μεγαλύτερες εντάσεις.

T3 : -

Δύο προτάσεις ΝΑΙ ή ΌΧΙ.

Στο σημείο αυτό κάνουμε μια απόπειρα να ορίσουμε τον **ακουστικό/ηχητικό** σχεδιασμό παράστασης και τον επαγγελματία του (**ακουστικός/ηχητικός σχεδιαστής**) με δυο προτάσεις που φέρνουμε στους συμμετέχοντες στην ποιοτική έρευνα. Ο όρος «ακουστικός» εδώ, δεν συνδέεται με την ακουστική των χώρων, ούτε όμως είναι τόσο ανοιχτός με την ευρύτερη έννοια της «ομπρέλας» που αναφέραμε στα προλεγόμενα στη σελίδα 10.

Έχει να κάνει περισσότερο με την ίδια την λειτουργία της ακοής και ότι περιλαμβάνει αυτή μέσα στο θέατρο. Με απλά λόγια, πώς αντιλαμβάνεται ο μέσος ακροατής αυτό που ακούει σε μια θεατρική παράσταση και αυτό περιλαμβάνει. Θα μπορούσε να αναφερθεί σαν «ακοηκός», αλλά θα ήταν ξένος στην επικοινωνία με τους ερωτηθέντες και γενικότερα τέτοια λέξη δεν χρησιμοποιείται, ή δεν υπάρχει ακόμα. Βάζουμε στο πλάι την λέξη «ηχητικός» που είναι πολύ πιο οικεία.

1. Ορίζουμε τον **ακουστικό/ηχητικό σχεδιασμό** ως εξής:

Σε ένα σύνολο φυσικών πηγών ήχου, αν προσθέσουμε μια άλλη πηγή που περιλαμβάνει την χρήση ενός μικροφώνου και ταυτόχρονα την αναπαραγωγή του ήχου αυτού, ή οποιουδήποτε άλλου προηχογραφημένου ήχου, από ένα τουλάχιστον μεγάφωνο, απαιτείται κάποιου είδους **ακουστικός/ηχητικός σχεδιασμός** ώστε να μπορέσει να ενσωματωθεί ο τεχνητά αναπαραγόμενος αυτός ήχος στο υπόλοιπο-συνολικό ακουστικό/ηχητικό αποτέλεσμα.

Συμφωνείτε με αυτή την πρόταση; Αν όχι συνολικά, που διαφωνείτε;

T1 : *Ναι*, **T2** : *Ναι*, **Σ1** : *Ναι* , **Σ2** : *Ναι*, **M1** : *Ναι*, **M2** : *Ναι*, **T3** : *Ναι*

2. Ορίζουμε την περιγραφή του επαγγέλματος του ακουστικού σχεδιαστή ως εξής:

Ο **ακουστικός/ηχητικός σχεδιαστής** θα πρέπει να είναι καταρτισμένος σχετικά με, τη φύση και συμπεριφορά του ήχου, την τεχνολογία της αλυσίδας μικροφώνου-μεγαφώνου, το καλλιτεχνικό αποτέλεσμα σε σχέση με τις δυνατότητες επεξεργασίας του ήχου, το αισθητικό τελικό ακουστικό αποτέλεσμα, καθώς και με δεξιότητες επικοινωνίας προς συνεργασία για όλα τα παραπάνω.

Συμφωνείτε με αυτή την πρόταση; Αν όχι συνολικά, που διαφωνείτε;

T1 : *Ναι*, **T2** : *Ναι*, **Σ1** : *Ναι 100%*, **Σ2** : *Ναι*, **M1** : *Ναι* **M2** : *Ναι*, **T3** : *Φυσικά*

7.3. Απαντήσεις της τεχνητής νοημοσύνης, ChatGPT AI, για τις δύο τελευταίες προτάσεις/ορισμούς

Είπες:

Σε ένα σύνολο φυσικών πηγών ήχου, αν προσθέσουμε μια άλλη πηγή που περιλαμβάνει την χρήση ενός μικροφώνου και ταυτόχρονα την αναπαραγωγή του ήχου αυτού, ή οποιουδήποτε άλλου προηχογραφημένου ήχου, από ένα τουλάχιστον μεγάφωνο, απαιτείται κάποιου είδους ακουστικός σχεδιασμός ώστε να μπορέσει να ενσωματωθεί ο τεχνητά αναπαραγόμενος αυτός ήχος στο υπόλοιπο-συνολικό ακουστικό αποτέλεσμα. Συμφωνείτε με αυτή την πρόταση;

Το ChatGPT είπε:

Ναι, συμφωνώ πλήρως με αυτή την πρόταση, και μπορώ να εξηγήσω γιατί με λεπτομέρεια.

Όταν μιλάμε για φυσικές πηγές ήχου, ο ήχος διαχέεται στο χώρο με βάση φυσικούς νόμους (ανακλάσεις, απορροφήσεις, διάχυση, απόσταση κ.λπ.). Όταν προσθέτουμε μια πηγή που περιλαμβάνει μικρόφωνο και μεγάφωνο — είτε για live επανεκπομπή του ίδιου ήχου είτε για αναπαραγωγή προηχογραφημένου ήχου — εισάγουμε:

1. **Κυκλώματα ανατροφοδότησης (feedback):** Αν η μικροφωνική πηγή «ακούει» τον ίδιο χώρο που αναπαράγεται ο ήχος, υπάρχει κίνδυνος ηχητικής ανατροφοδότησης (φωνητική ή ηλεκτρονική), η οποία μπορεί να δημιουργήσει ανεπιθύμητους θορύβους ή και ζημιά στον εξοπλισμό.
2. **Χρονική καθυστέρηση (latency) και φάση:** Η καθυστέρηση μεταξύ του ήχου που εισέρχεται στο μικρόφωνο και του ήχου που εκπέμπεται από τα μεγάφωνα μπορεί να προκαλέσει φαινόμενα φάσης ή «comb filtering», δηλαδή ακυρώσεις ή ενισχύσεις συχνοτήτων.
3. **Αναπαραγωγή με υψηλή ένταση:** Αν η ένταση του αναπαραγόμενου ήχου δεν ελεγχθεί, μπορεί να υπερκαλύψει τις φυσικές πηγές και να αλλοιώσει την ισορροπία του συνολικού ακουστικού αποτελέσματος.
4. **Κατευθυντικότητα και διάχυση:** Η θέση και η κατευθυντικότητα των μεγαφώνων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, ώστε ο ήχος να ενσωματώνεται

φυσικά στον χώρο και να μην δημιουργεί «τεχνητά σημεία έντασης» ή «νεκρές ζώνες».

Συμπέρασμα: Ο σχεδιασμός της ακουστικής και η σωστή τοποθέτηση/ρύθμιση των πηγών και του εξοπλισμού είναι απαραίτητος. Αυτός μπορεί να περιλαμβάνει επιλογή μεγαφώνων, κατευθυντικότητα, EQ, καθυστέρηση (delay), αποφυγή feedback και γενικότερη ισορροπία έντασης, ώστε ο τεχνητός ήχος να ενσωματώνεται αρμονικά με τις φυσικές πηγές.

Είπες:

Ο ακουστικός σχεδιαστής θα πρέπει να είναι καταρτισμένος σχετικά με, τη φύση και συμπεριφορά του ήχου, την τεχνολογία της αλυσίδας μικροφώνου-μεγαφώνου, το καλλιτεχνικό αποτέλεσμα σε σχέση με τις δυνατότητες επεξεργασίας του ήχου, το αισθητικό τελικό ακουστικό αποτέλεσμα, καθώς και με δεξιότητες επικοινωνίας προς συνεργασία για όλα τα παραπάνω. Συμφωνείς;

Το ChatGPT είπε:

Ναι, συμφωνώ απόλυτα. Η πρόταση αυτή συνοψίζει με σαφήνεια τις πολυδιάστατες απαιτήσεις για έναν σύγχρονο ακουστικό σχεδιαστή. Ας το αναλύσουμε λίγο:

1. **Φύση και συμπεριφορά του ήχου:** Ο σχεδιαστής πρέπει να κατανοεί πώς διαδίδεται ο ήχος στον χώρο, τις ανακλάσεις, την απορρόφηση, τη διάχυση και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ πηγών. Χωρίς αυτό, οποιαδήποτε τεχνική ρύθμιση μπορεί να είναι αναποτελεσματική.
2. **Τεχνολογία της αλυσίδας μικροφώνου-μεγαφώνου:** Πρέπει να γνωρίζει τον τρόπο λειτουργίας των μικροφώνων, των ενισχυτών, των μεγαφώνων και των ενδιάμεσων επεξεργασιών (EQ, compressors, delays κ.λπ.), ώστε να ελέγχει την αναπαραγωγή ήχου χωρίς ανεπιθύμητες παρεμβολές ή feedback.
3. **Καλλιτεχνικό αποτέλεσμα και δυνατότητες επεξεργασίας:** Ο ήχος δεν είναι μόνο τεχνικός· είναι μέσο έκφρασης. Ο σχεδιαστής πρέπει να ξέρει πώς οι τεχνικές δυνατότητες μπορούν να ενισχύσουν ή να υποστηρίξουν το καλλιτεχνικό όραμα, χωρίς να το περιορίζουν.
4. **Αισθητικό τελικό αποτέλεσμα:** Το τελικό αποτέλεσμα πρέπει να είναι ευχάριστο, κατανοητό και αρμονικό με το χώρο και τις φυσικές πηγές ήχου. Ο

ακουστικός σχεδιαστής διαμορφώνει την ακουστική εμπειρία για το κοινό, όχι μόνο για να είναι τεχνικά σωστή.

5. **Δεξιότητες επικοινωνίας και συνεργασίας:** Η υλοποίηση ενός ακουστικού σχεδιασμού συνήθως απαιτεί συνεργασία με σκηνοθέτες, ηθοποιούς, μουσικούς και τεχνικούς. Η καλή επικοινωνία είναι κρίσιμη για να μεταφραστεί η καλλιτεχνική πρόθεση σε ακουστικό αποτέλεσμα.

Συνολικά, ο ρόλος ενός ακουστικού σχεδιαστή είναι **υβριδικός**: συνδυάζει επιστήμη, τεχνολογία, αισθητική και ανθρώπινες δεξιότητες.

7.4. Συμπεράσματα της ποιοτικής έρευνας

Οι ερωτηθέντες συγκλίνουν σε μια ευρεία αλλά όχι ταυτόσημη κατανόηση του ακουστικού/ηχητικού σχεδιασμού: πρόκειται για τη συνολική διαχείριση και ισορροπία όλων των ηχητικών στοιχείων (φωνές, μουσική, εφέ, ηχοτοπία) σε σχέση με τον χώρο, την καλλιτεχνική πρόθεση και την ακουστική του θεάτρου. Σχεδόν ομόφωνα διακρίνεται από τον ηλεκτρακουστικό σχεδιασμό, ο οποίος αντιμετωπίζεται κυρίως ως τεχνικός/εγκαταστασιακός σχεδιασμός (εξοπλισμός, συχνότητες, κάλυψη χώρου), ενώ ο ακουστικός/ηχητικός θεωρείται πιο καλλιτεχνικός και ολιστικός. Όλοι οι συμμετέχοντες συμφώνησαν πλήρως με την προτεινόμενη οριστική διατύπωση ότι η εισαγωγή οποιασδήποτε ενισχυμένης/αναπαραγόμενης πηγής ήχου απαιτεί ακουστικό σχεδιασμό.

Η ευρεία υιοθέτηση ασύρματων μικροφώνων τα τελευταία 20–25 χρόνια αποδίδεται σε συνδυασμό παραγόντων όπως η αλλαγή υποκριτικής προς πιο εσωτερική/ρεαλιστική εκφορά λόγου (απόρριψη «στομφώδους» φωνής), οι σκηνοθετικές οδηγίες για χαμηλή ένταση φωνής, η ανάγκη ισορροπίας φωνής–μουσικής (ιδίως σε musicals και παραστάσεις με ζωντανή ορχήστρα), ο περιβαλλοντικός θόρυβος σε ανοιχτά θέατρα, η αδυναμία πολλών σύγχρονων χώρων να ενισχύσουν φυσικά την ανθρώπινη φωνή και η τεχνολογική βελτίωση, δηλαδή η μείωση κόστους και η αισθητική/εμπορική πίεση για «κινηματογραφικό» ρεαλισμό.

Η χρήση μικροφώνων ξεκίνησε κυρίως από ανοιχτά θέατρα (δεκαετία 1990), αρχικά για πρωταγωνιστές, με σημαντικά προβλήματα (λήψη, βάρος πομπού, interference). Στα κλειστά θέατρα επικράτησε αργότερα (κυρίως μετά το 2000–2005), ιδίως σε μεγάλες παραγωγές.

Η παρουσία εξειδικευμένου ακουστικού/ηχητικού σχεδιαστή κρίνεται απαραίτητη από σχεδόν όλους (ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται ασύρματα μικρόφωνα), τόσο σε ανοιχτά όσο και σε κλειστά θέατρα. Θεωρείται ισότιμος καλλιτεχνικός συντελεστής,

με ρόλο συντονιστή και εγγυητή συνολικής ακουστικής ποιότητας και δυναμικής προσαρμογής.

Οι μεγαλύτερες προκλήσεις εντοπίζονται στα ανοιχτά θέατρα, είναι η αξιοπιστία του ηχητικού σήματος (υγρασία, ιδρώτας, κίνηση, interference), η διατήρηση φυσικής χροιάς φωνής σε υψηλές εντάσεις, η απώλεια ακουστικού εντοπισμού θέσης ηθοποιού (που είναι ίσως και η μεγαλύτερη πρόκληση) και η δυσκολία διαχείρισης εξωτερικού θορύβου χωρίς υπερβολική ενίσχυση.

Η πλειονότητα θεωρεί αναγκαία ξεχωριστή προσαρμογή του σχεδιασμού ανά χώρο (ιδίως σε περιοδείες), αν και με κοινό βασικό εξοπλισμό που καλύπτει την πιο απαιτητική συνθήκη. Η μόνιμη χρήση μικροφώνων σε όλη την παράσταση δεν κρίνεται πάντα απαραίτητη· εξαρτάται από καλλιτεχνική πρόθεση, ροή έργου και τεχνικές συνθήκες.

Τέλος, υπάρχει σαφής συναίνεση ότι δεν υπάρχει επαρκής γνώση ηλεκτρακουστικής και ακουστικού σχεδιασμού στους σκηνοθέτες, συνθέτες και σκηνογράφους· προτείνεται εισαγωγή σχετικών μαθημάτων στις δραματικές/μουσικές σχολές. Το κοινό αντιλαμβάνεται κυρίως την απουσία ή τα προβλήματα ήχου (ενόχληση, δυσκολία στην κατανόηση του λόγου), ενώ η επιτυχημένη δουλειά παραμένει συχνά «αόρατη».

Συνολικά, η έρευνα καταδεικνύει τη μετάβαση από φυσική/υβριδική ακουστική σε ενισχυμένη/υβριδική ακουστική πραγματικότητα στο σύγχρονο ελληνικό θέατρο, με τον ακουστικό σχεδιασμό να αναδεικνύεται σε κρίσιμο καλλιτεχνικό–τεχνικό πεδίο, του οποίου η συστηματική υποστήριξη και εκπαίδευση παραμένει ελλιπής.

8. Τελικά συμπεράσματα και προτάσεις.

Σε σύνοψη των αναλυτικών συμπερασμάτων των σκελών της εργασίας, αναφέρουμε τα παρακάτω σημεία που βγαίνουν σαν γενικά συμπεράσματα ολόκληρης της εργασίας, όπως και προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση.

1. Η χρήση ασύρματων μικροφώνων στις θεατρικές παραστάσεις κρίνεται πλέον επιτακτική εφόσον μια από τις παρακάτω απαιτήσεις/συνθήκες υπάρχουν.
 - Α. υπάρχει σκηνοθετική οδηγία για «εσωτερική» ερμηνεία (ή ρεαλισμό) μιας θεατρικής παράστασης από τους ηθοποιούς. Αυτό απαιτεί πάντα την χρήση ασύρματων μικροφώνων, είτε πρόκειται για κλειστό, είτε για ανοιχτό θέατρο.
 - Β. Υπάρχει θορυβώδες περιβάλλον είτε λόγω εξωτερικών συνθηκών (αστικοί θόρυβοι δρόμων ή άλλων ηχητικών πηγών), είτε λόγω ανώριμου θεατρικού κοινού (κυρίως σχολικές παραστάσεις).
 - Γ. Υπάρχει οδηγία για χρήση ηχητικών εφέ στις φωνές, και τέλος,
 - Δ. Πρόκειται για μουσική παράσταση με ζωντανά τραγούδια και μουσική, ή κάποιον άλλον συνδυασμό που απαιτεί μεγάλες στάθμες στη μουσική.
2. Σε κάθε ηχητική εγκατάσταση σε ανοιχτό θέατρο που γίνεται χρήση μικροφώνων, δημιουργούνται τεράστιες καθυστερήσεις στις φωνές που προκαλούν απώλεια της θέσης των ηθοποιών και σύγχυση στο ακροατήριο, όταν υπάρχουν πολλοί ηθοποιοί επί σκηνής. Οι καθυστερήσεις αυτές, μπορούν να καταστούν χρήσιμες, μόνο όταν υπάρχει προσεκτικός ακουστικός σχεδιασμός με υψηλή τεχνογνωσία, στην ηλεκτρακουστική εγκατάσταση του κάθε χώρου και οι αναπαραγόμενες στάθμες μείνουν εντός συγκεκριμένων ορίων όπως αναφέρονται στα συμπεράσματα (ενότητα 4) στην έρευνα μας.
3. Μπορεί να επιτευχθεί ακουστική κάλυψη στα περισσότερα ανοιχτά θέατρα με προσχεδιασμό συγκεκριμένου ηχητικού εξοπλισμού, ακόμη και σε κατάσταση περιοδείας, δηλαδή με όχι μόνιμη εγκατάσταση σε ένα θέατρο, αρκεί να υπάρξει ο απαραίτητος προσχεδιασμός πρόβλεψης σε κατάλληλο

σχεδιαστικό λογισμικό. Αυτό προϋποθέτει γνώση των διαστάσεων του θεάτρου προ της περιοδείας για να μπορέσουν να γίνουν οι μελέτες και προβλέψεις.

4. Κρίνεται απαραίτητη η παρουσία ακουστικού/ηχητικού σχεδιαστή σε κάθε θεατρική παράσταση που απαιτεί, χρήση ασύρματων μικροφώνων και/ή τοποθέτηση κεντρικού ηχοσυστήματος για κάλυψη του χώρου (όπως σε κατάσταση περιοδείας θιάσου). Οι σκηνοθέτες και μουσικοί κρίνουν κομβική την παρουσία ακουστικού ή ηχητικού σχεδιαστή, καθώς οι τεχνικές προκλήσεις και οι απαιτήσεις σε τεχνικές γνώσεις, πλέον τους ξεπερνούν.
5. Προτείνεται η διερεύνηση στον τομέα ψυχοακουστικής σχετικά με την αντίληψη χωροθέτησης (Localization) ηχητικής πηγής σε ανοιχτά θέατρα, με χρήση ασύρματων μικροφώνων, σε πολλαπλές και ταυτόχρονες θέσεις σε όλη την ορχήστρα, με ηχητική εγκατάσταση σε διάφορες διατάξεις και ακροαστικό κοινό σε 30 διαφορετικές θέσεις τουλάχιστον του ακροατηρίου. Προτείνεται η σύγκριση των πειραμάτων με ανοιχτά και κλειστά μάτια και η σύγκριση των αποτελεσμάτων, καθώς στο θέατρο υπάρχει πάντα και το οπτικό ερέθισμα που διευκολύνει τον εντοπισμό πηγής. Τα υπάρχοντα πειράματα στηρίζονται κυρίως σε πολλαπλές πηγές (ηχεία), χωρίς όλες τις παραμέτρους που είδαμε με τις αντίστοιχες προκλήσεις του ανοιχτού θεάτρου.
6. Προτείνεται η διερεύνηση εφαρμογής αυτοματισμού στην αναπαραγωγή του ήχου μέσω ηλεκτροακουστικής εγκατάστασης, που να ακολουθεί την πηγή καθώς αυτή κινείται πάνω στην σκηνή με ασύρματο μικρόφωνο. Εντολές OSC μπορούν να οδηγήσουν ψηφιακές κονσόλες ήχου με αυτοματισμούς σε panning και volume σε διαφορετικές εξόδους, έτσι ώστε να δημιουργείται η αίσθηση του surround. Ασύρματοι ανιχνευτές θέσης στο χώρο μπορούν να στείλουν ίδιου τύπου εντολές. Ένας συνδυασμός των 2 τεχνολογιών σε ένα εμπορικό προϊόν, θα μπορούσε να φέρει επανάσταση στις θεατρικές παραστάσεις.

9. Ευχαριστίες

Ευχαριστώ πολύ όλους τους συμμετέχοντες στην ποιοτική έρευνα που αναφέρονται ονομαστικά στην αρχή της ενότητας 8, για τον χρόνο που αφιέρωσαν στην ανάγνωση και επεξεργασία όλων των ερωτήσεων και τον χρόνο για την καταγραφή των απαντήσεων τους, ή της ζωντανής συνέντευξης που μας έδωσαν.

Ευχαριστώ τον επιβλέποντα και διευθυντή του προγράμματος του Ακουστικού Σχεδιασμού του ΕΑΠ Γιώργο Καλλίρη για την υποστήριξη του, τις χρήσιμες οδηγίες και την καθοδήγηση του κατά η διάρκεια της συγγραφής αλλά και των μετρήσεων στο θέατρο Δάσους το καλοκαίρι του 2024.

Ευχαριστώ το ΚΘΒΕ, τους συναδέλφους ηχητικούς της περιοδείας Χάρη Βορεάδη, Νίκο Λογιωτατίδη για την πρακτική τους βοήθεια σε κάθε θέατρο, την τεχνική διεύθυνση του θεάτρου για την συγκατάθεση τους στην διαδικασία μετρήσεων και καταγραφών των ηλεκτρακουστικών εγκαταστάσεων στα θέατρα της περιοδείας «Πλούτος» του 2024. Ελπίζω και προσδοκώ τα αποτελέσματα αυτής της ερευνητικής εργασίας να ωφελήσουν τις μελλοντικές εργασίες του θεάτρου.

Τέλος, ευχαριστώ την σύζυγο μου Αλεξάνδρα για την υποστήριξη της όλα τα χρόνια αυτού του προγράμματος σπουδών (αλλά και του προηγούμενου πτυχίου που αποτέλεσε προϋπόθεση για την παρακολούθηση αυτού), μέσα σε πολλές οικογενειακές και επαγγελματικές υποχρεώσεις και επίσης ευχαριστώ τον Κύριο μας Ιησού Χριστό που μας αποκάλυψε το πρόσωπό Του, μας σώζει, μας κρατάει, μας στηρίζει και μας ενδυναμώνει σε κάθε περίπτωση, καθώς και για την ευκαιρία που μου έδωσε να κάνω ένα τέτοιο πρόγραμμα σπουδών που το είχα επιθυμία για πολλά χρόνια.

10. Βιβλιογραφία και Διαδικτυακές Πηγές

- Δρ. Φώτης Κοντομίχος, Δ. Θ. (2013). *Ακουστική χώρου*. Πάτρα: ΕΑΠ.
- Νίκος Χουρμουζιάδης, Τ. Ε. (1999). Αφιέρωμα στο αρχαιο αμφιθέατρο.
ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ, 35.
- Φλώρος, Α. (2013). *Ηχος και τέχνες, Τόμος Α, Ηχος και Ακουστική στη Μουσική*
(Τόμ. Τομος Α). ΠΑΤΡΑ: ΕΑΠ.
- Τσιλφίδης, Α. (2013). *Ηχος και Τέχνες*. ΠΑΤΡΑ: ΕΑΠ.
- Σκαρλάτος, Δ. (2013). *Ηχομόνωση-Ηχοπροστασία*. ΠΑΤΡΑ: ΕΑΠ.
- Χατζησωκράτη, Α. (2011). *Ιστορία αρχιτεκτονική θεάτρου*. Πάτρα: Πτυχιακή
εργασία.
- Amjad Khan Arbaz Waqar Byungki Kim, D. P. (2025, March 10). *A review on recent
advances in sound source localization techniques, challenges, and
applications*. Ανάκτηση από <https://www.sciencedirect.com/>:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666053925000311>
- Barkas, N. (2018). *acoustics, The Contribution of the Stage Design to the Acoustics of
Ancient Greek Theatres*. Ανάκτηση από MDPI: [https://www.mdpi.com/2624-
599X/1/1/18?utm_source=chatgpt.com](https://www.mdpi.com/2624-599X/1/1/18?utm_source=chatgpt.com)
- Blauert, J. (1997). *The Psychophysics of Human Sound Localization (Revised
Edition)*. Massachusetts: MIT Press.
- Brockett, O. G. (1923). *History of the Theater*. U.S.A.: ALLYN AND BACON, INC.
- Eargle, J. (1989). *Handbook of sound system Design*. New York: ELAR Publ.Co.

- Eargle, J. (1999). *Μουσική Ακουστική Τεχνολογία* (2η εκδ.). Περιστέρι: Εκδ. ΙΩΝ.
- Everest, F. A. (1988). *Εγχειρίδιο Ακουστικής* (3η εκδ.). Θεσσαλονίκη: Εκδ.ΤΖΙΟΛΑ.
- Gabriel Jekaterýńczuk, Z. P. (2023, December 22). *A Survey of Sound Source Localization and Detection Methods and Their Applications*. Ανάκτηση από [www.mdpi.com](https://www.mdpi.com/1424-8220/24/1/68): <https://www.mdpi.com/1424-8220/24/1/68>
- Haddad, N. A. (2023, August 6). *Emerald insights*. Ανάκτηση από [www.emerald.com](https://www.emerald.com/insight/publication/issn/2044-1266): <https://www.emerald.com/insight/publication/issn/2044-1266>
- Izenour, G. C. (1977). *Theater Design*. Manitoba: McGraw-Hill Inc.
- López-García, A. (2022, Σεπτέμβριος). SpectroMap: Peak detection algorithm for audio fingerprinting. Valencia, Department of Computer Science University of Valencia. Ανάκτηση από <https://arxiv.org/pdf/2211.00982>
- Moore, B. C. (2003). *An Introduction to the Psychology of Hearing*. Cambridge: ACADEMIC PRESS.
- Salter, B. B.-R. (2007). *Spaces Speak, Are You Listening?* Massachusetts London, England: The MIT Press Cambridge,.

¹ <https://ancienttheatrearchive.com/search-on-map/?frame-nonce=50d9219ca5>

¹ <https://diazoma.gr/theaters/?type=list>

¹ <https://diazoma.gr/theaters/αρχαίο-θέατρο-θορικού/>

¹ <https://elculture.gr/theatro-tou-dionysou-mia-mera-ston-simantikotero-gnosto-ypethrio-theatriko-choro-stin-archea-athina/>

¹ <https://ancienttheater.culture.gr/el/akolouthise-me-sta-arxaia-theatra-k-wdeia-tis-elladas>

¹ <https://www.calameo.com/read/0044700831373785fed08?authid=zFEftytlPWn>

¹ https://el.m.wikipedia.org/wiki/Αρχείο:Σκηνή_Σωκράτης_Καραντινός.jpg

¹ <https://blogs.qsc.com/live-sound/what-is-haas-effect-and-how-to-take-advantage-of-it/>

¹ <https://galaxyaudio.com/blog/the-evolution-of-wireless-microphone-technology/>

¹ <https://www.youtube.com/watch?v=crMxNpjsmFo>

¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_microphone?utm_source=chatgpt.com

¹ <https://reverb.com/en-be/item/78709622-beyerdynamic-transistophone-early-1960s-rare-wireless-microphone-and-reciever>

¹ <https://www.vintageguitar.com/37811/the-schaffer-vega-diversity-system/>

¹ https://www.mhzav.com/latest-in-wireless-microphone-technology/?utm_source=chatgpt.com

¹ <https://www.shure.com/en-US/about-us/100years>

¹ <https://www.dji.com/>

[https://www.sennheiser.com/en-us/catalog/products/software/wireless-systems-manager/wsm-](https://www.sennheiser.com/en-us/catalog/products/software/wireless-systems-manager/wsm-111113?srsId=AfmBOoqudpG2D9rjCMBn2KiZp7KsV6EHNfrddwzu6kElBH-9MEQ_3pSk)

[111113?srsId=AfmBOoqudpG2D9rjCMBn2KiZp7KsV6EHNfrddwzu6kElBH-9MEQ_3pSk](https://www.sennheiser.com/en-us/catalog/products/software/wireless-systems-manager/wsm-111113?srsId=AfmBOoqudpG2D9rjCMBn2KiZp7KsV6EHNfrddwzu6kElBH-9MEQ_3pSk)

¹ <https://earth.google.com/web/>

¹ https://el.wikipedia.org/wiki/Ταχύτητα_του_ήχου

¹ <https://www.sweetwater.com/insync/timing-is-everything-for-your-pa/>

¹ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982299802279>

¹ https://www.researchgate.net/figure/Loudspeaker-setup-for-the-sound-localization-test-The-test-was-conducted-in-a-soundproof_fig1_359032133

¹ <https://www.visit-centralmacedonia.gr/el/>

¹ <https://www.proavinnovate.com/feature/five-stadium-av-trends-shaping-the-future-of-live-sports-in-2026>

¹ <https://www.pozyx.io/products/hardware/hardware-tags>

¹ <https://www.l-acoustics.com/products/l-isa-processor-ii/>

¹ [https://en.wikipedia.org/wiki/Sphere_\(venue\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Sphere_(venue))

¹ <https://www.kv2audio.com/products/es-serie/es10.html>

¹ <https://www.kv2audio.com/products/es-serie/es15.html>

¹ <https://www.kv2audio.com/products/es-serie/es18.html>

¹ <https://hkaudio.com/products/premium-pro-10-x/>

¹ <https://www.kv2audio.com/products/esd-series/esd5.html>

¹ <https://hkaudio.com/products/premium-pro-8/>

¹ <https://ragtime.online/montarbo-w440p.html>

¹ <https://www.dpamicrophones.com/microphones/headset-and-earset/4066?variant=16>

¹ <https://www.behringer.com/product.html?modelCode=0603-ACE>

¹ <https://avensonaudio.com/sto2/>

¹ <https://lineaudio.se/CM4.html>

¹ <https://www.afmg.eu/en/ease-focus>

<https://www.afmg.eu/en/gll-loudspeaker-file-format>

¹ https://www.mdpi.com/2624-599X/1/1/18?utm_source=chatgpt.com

<https://opttest.weebly.com/sls-ribbon-driver-technology.html>

<https://avensonaudio.com/sto2/>

<https://www.roomeqwizard.com/>

<http://www.mcw.com.tw/upload/products/pro/14/imgsb.pdf>

<https://pitchbook.com/profiles/company/160428-88#research>

<https://help.sennheiser.com/hc/en-us/articles/27292095516562-Antenna-spacing-and-diversity>