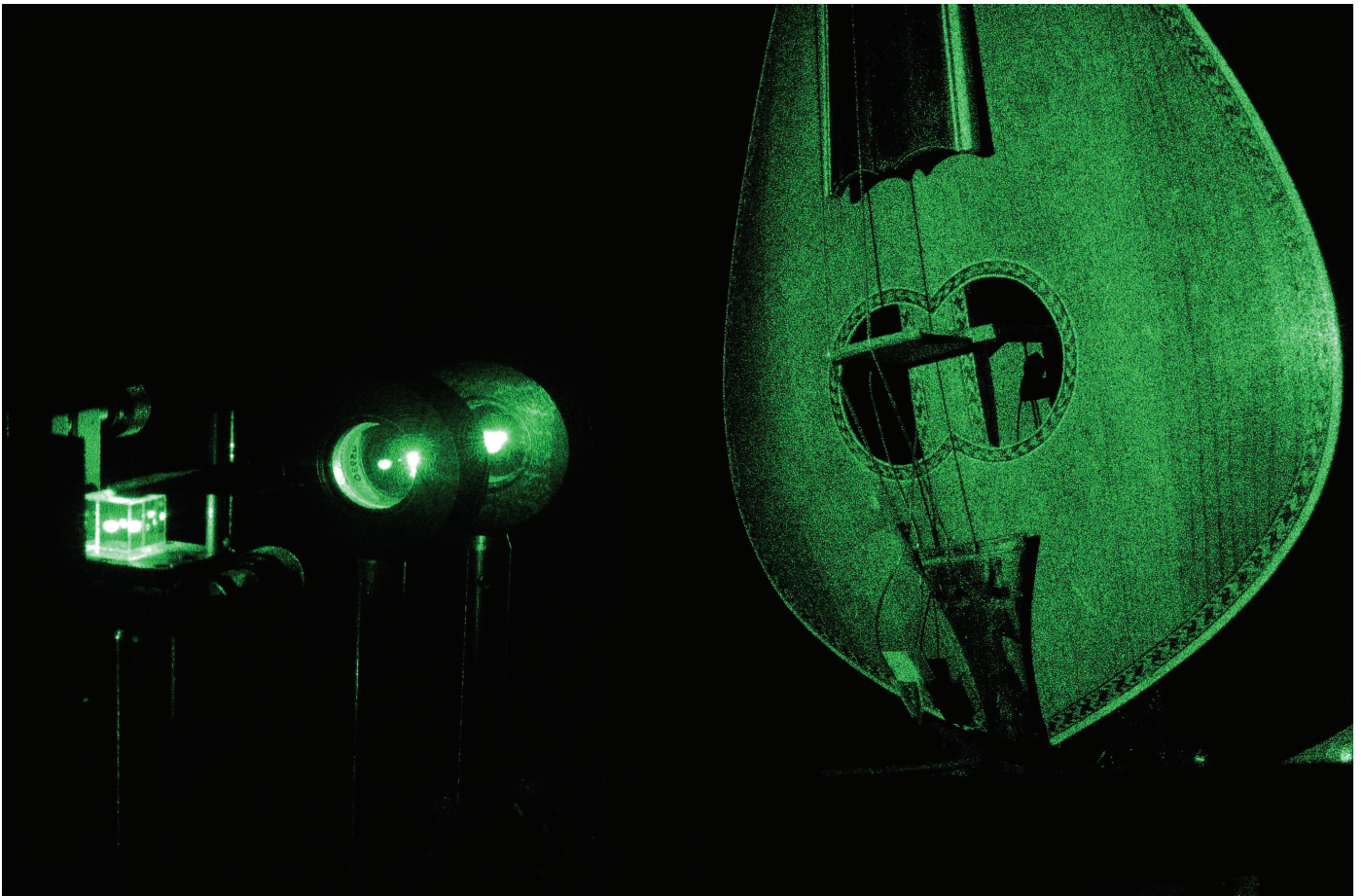


Τ.Ε.Ι ΚΡΗΤΗΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΡΕΘΥΜΝΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΡΟΛΟΥ ΤΩΝ ΔΟΝΗΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΑΝΤΗΧΕΙΟΥ
ΕΓΧΟΡΔΩΝ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΩΝ ΜΟΥΣΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΑ ΚΡΗΤΙΚΗΣ
ΛΥΡΑΣ, ΣΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΑ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΟΥ ΗΧΟΥ.



ΕΚΠΟΝΗΤΗΣ : ΛΕΩΝΙΔΑΣ ΧΑΡΤΟΦΥΛΑΚΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΔΡ. ΝΕΚΤΑΡΙΟΣ ΠΑΠΑΔΟΓΙΑΝΝΗΣ

Ρέθυμνο 2007

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης είναι η διερεύνηση του ρόλου των δονητικών χαρακτηριστικών του αντηχείου, των χορδών και του συστήματος αλληλεπίδρασης χορδών-αντηχείου παραδοσιακών μουσικών οργάνων και συγκεκριμένα της κρητικής λύρας στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του φυσικά εκπεμπομένου ήχου.

Γίνεται σύντομη παρουσίαση του οργάνου σε μορφολογική και οργανολογική βάση και περιγράφονται οι πειραματικές μέθοδοι μέσω των οποίων διενεργήθηκε: 1) Η συγκέντρωση και ανάλυση ηχητικών δειγμάτων (ηχογραφήσεις οργάνων - κώδικας δημιουργίας φασματικών απεικονήσεων), 2) Ο προσδιορισμός βασικών ποιοτικών χαρακτηριστικών του ήχου της λύρας (ψυχοακουστικά τεστ σε εμπειρογνώμονες) και 3) Τα δονητικά χαρακτηριστικά των αντηχείων με τις τεχνικές της ολογραφικής συμβολομετρίας ψηφιδών, της στιγμιαίας απόκλισης και της ηχοβόλισης. Μελετάται η ορθότητα των μεθόδων μέσω αντιπαραθέσης των αποτελεσμάτων και προσδιορίζονται οι αποδοτικότεροι τρόποι εφαρμογής τους.

Μελετάται η συνεισφορά των βασικών τμημάτων του οργάνου στα χαρακτηριστικά του εκπεμπομένου ήχου ενώ παράλληλα πραγματοποιείται ανάλυση του μηχανισμού παραγωγής ήχου του οργάνου για πρώτη φορά.

Γίνεται συσχέτιση των αποτελεσμάτων που αφορούν τα φασματικά χαρακτηριστικά με τα αντίστοιχα ποιοτικά για τον εκπεμπόμενο από τα όργανα ήχο. Ακολουθεί συσχέτιση των φασματικών χαρακτηριστικών του ήχου με τα δονητικά χαρακτηριστικά των αντηχείων και εξάγονται συμπεράσματα για τον βαθμό που αυτά συνδέονται. Αναλύονται τα δονητικά χαρακτηριστικά των καλύτερων οργάνων και προτείνονται μέθοδοι για την εξειδικευμένη εφαρμογή των παρατηρήσεων που σημειώνονται μέσω της μελέτης.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία αφιερώνεται σε όλους αυτούς που συνέβαλαν ο καθένας με τον δικό του μοναδικό τρόπο στη διεκπεραίωσή της:

Κώστα Κουτελιδάκη, Δημήτρη Θραψανιώτη, Αντώνη Ξυλούρη (Ψαραντώνη), Χαρίλαο Παπαδάκη, Ιάκωβο Πατεράκη, Γιάννη Ρομπογιαννάκη, Νίκο Ηλιάκη, Μιχάλη Ξυδάκη, Νίκο Βάρδα, Γιώργο Γκερεδάκη, Γιώργο Νταγιαντά, Μενέλαο Νταγιαντά, Κώστα Μουδάτσο, Παντελή Σωτηριάδη, Βασίλη Βάθη, Μηνά Σηφάκη, Μάκη Μπακαρέζο, Νίκο Κεφαλογιάννη και Νεκτάριο Παπαδογιάννη.

Ευχαριστώ.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	2
ΣΧΟΛΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	3
1. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ ΚΡΗΤΙΚΗ ΛΥΡΑ	7
1.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	7
1.2 ΥΛΙΚΑ	8
1.3 ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	9
1.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΕΚΤΕΛΕΣΤΗ	10
1.4.1 Δοξάρι και φασματικά χαρακτηριστικά	11
1.4.2 Στήριξη	12
2. ΤΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΑΠΑΡΤΙΖΟΥΝ ΤΟ ΟΡΓΑΝΟ	13
2.1 ΔΟΞΑΡΙ-ΧΟΡΔΗ	13
2.1.1 Περιγραφή κίνησης της χορδής	13
2.1.2 Η χορδή σήμερα	16
2.1.3 Ο ρόλος του δοξαριού στην κίνηση Helmholtz	17
2.2 ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΦΥΡΑ-ΣΤΥΛΟΣ	18
2.3 ΑΕΡΙΝΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	19
2.4 ΚΑΠΑΚΙΑ-ΠΛΑΤΕΣ	21
3. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΗΨΗΣ, ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΗΧΗΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΦΑΣΜΑΤΩΝ	22
3.1 ΛΥΡΕΣ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΟΠΑΙΚΤΕΣ	22
3.2 ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΗ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	23
3.3 ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	25
3.4 ΕΞΑΓΩΓΗ ΦΑΣΜΑΤΩΝ	26
3.4.1 Λογισμικό – Κώδικας και χαρακτηριστικά φασμάτων	26
3.4.2 Φάσματα μέσου όρου μεγάλων χρονικών διαστημάτων	27
3.5 ΠΡΩΤΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΣΤΑ ΦΑΣΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΟΥ ΗΧΟΥ	28
3.5.1 Απώλεια θεμελίου	28

3.5.2	Περιγραφή μέσης φασματικής συμπεριφοράς και ενεργειακής κατανομής	28
4.	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΨΥΧΟΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΜΠΕΙΡΟΓΝΩΜΟΝΩΝ ΜΕ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΗΧΟΥ ΤΗΣ ΚΡΗΤΙΚΗΣ ΛΥΡΑΣ	31
4.1	ΟΙ ΣΥΝΑΝΤΗΣΕΙΣ	31
4.2	Ο «ΚΑΛΟΣ» ΗΧΟΣ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΣΥΝΑΝΤΗΣΕΙΣ ΜΕ ΤΟΥΣ ΕΜΠΕΙΡΟΓΝΩΜΟΝΕΣ	33
4.3	Ο ΤΡΟΠΟΣ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΤΩΝ ΤΕΣΤ	34
4.4	ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	35
5.	ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ ΔΟΝΗΣΕΩΝ ΑΝΤΗΧΕΙΩΝ	38
5.1	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑ ΨΗΦΙΔΩΝ (ESPI)	38
5.1.1	Πειραματική διάταξη και διαδικασία	38
5.1.2	Μαθηματική θεώρηση της ESPI	41
5.1.3	Παραλλαγές στον μηχανισμό διέγερσης των επιφανειών στην ESPI	42
5.1.3.1	Ηχοβόλιση με monitor ηχείο	42
5.1.3.2	Διέγερση με πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο στο καπάκι και σε 2 διαφορετικές θέσεις	43
5.1.3.3	Διέγερση με πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο σε 2 κάθετες θέσεις της γέφυρας	44
5.2	ΗΧΟΒΟΛΙΣΗ	45
5.3	ΚΡΟΥΣΤΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ	48
5.3.1	Περιγραφή και μαθηματική Θεώρηση	48
5.3.2	Τρόπος που εφαρμόστηκε	50
6.	ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ ΔΟΝΗΣΕΩΝ	51
6.1	ESPI ΜΕ ΔΙΕΓΕΡΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΑΠΟ 1) ΠΙΕΖΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟ ΣΤΟ ΚΑΠΑΚΙ ΚΑΙ 2) ΗΧΕΙΟ	51
6.1.1	Διέγερση με τον πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο στο καπάκι	51
6.1.2	Διέγερση με ηχοβόλιση	52
6.1.3	Διέγερση με τον πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο στην γέφυρα	53
6.1.4	Συμπεράσματα για την διαδικασία της ESPI	53

6.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΗΧΟΒΟΛΙΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ESPI	55
6.2.1 Ηχοβόλιση με ελεύθερες και μονωμένες χορδές	55
6.2.2 Σύγκριση αποτελεσμάτων των 2 μεθόδων.	56
6.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΡΟΥΣΤΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ	58
6.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ	61
7. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΧΟΥ	65
7.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΧΟΡΔΩΝ	65
7.1.1 Πείραμα χορδή	65
7.1.2 Παρατηρήσεις	65
7.1.3 παλμική ή πριονωτή	67
7.2 Η ΓΕΦΥΡΑ ΣΕ ΠΡΩΤΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	68
7.2.1 Πείραμα γέφυρα	70
7.2.2 Παρατηρήσεις στο πεδίο συχνότητας	70
7.3 ΤΑ ΑΝΤΗΧΕΙΑ	71
7.4 Ο «ΟΓΚΟΣ» ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ	72
7.5 Η ΤΑΣΤΙΕΡΑ	74
7.6 ΓΕΦΥΡΑ – ΣΤΥΛΟΣ ΚΑΙ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΟΣ ΗΧΟΣ	75
7.6.1 Η Βασική Ιδέα	75
7.6.2 Πείραμα γέφυρα – στύλος σε 2 ^η προσέγγιση	76
7.6.3 Σύγκριση δονήσεων γέφυρας και στύλου στο πεδίο του χρόνου	76
7.6.4 Χρονοκαθυστέρηση μετάδοσης	77
7.6.5 Σύγκριση δονήσεων γέφυρας και στύλου στο πεδίο της συχνότητας	78
7.6.6 Ολική αφαίρεση του στύλου	80
7.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΧΕΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΟΝ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΟ ΗΧΟ	82
7.7.1 Ανασκόπηση	82
7.7.2 Συμπεράσματα	82
7.8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ ΤΗΣ ΚΡΗΤΙΚΗΣ ΛΥΡΑΣ	86

8. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΜΠΕΙΡΟΓΝΩΜΟΝΩΝ ΜΕ ΦΑΣΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΟΥ ΑΠΟ ΤΑ ΟΡΓΑΝΑ ΗΧΟΥ	88
8.1 ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ 1 ^{ης} ΛΥΡΑΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	88
8.1.1 Θεμέλιος και πρώτα αρμονικά στοιχεία για την καλύτερη λύρα.	88
8.1.2 Κατανομή ενέργειας.	89
8.2 ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ 13 ^{ης} ΛΥΡΑΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	89
8.2.1 Θεμέλιος και πρώτα αρμονικά στοιχεία για την χειρότερη λύρα.	90
8.2.2 Κατανομή ενέργειας	91
8.3 ΦΑΣΜΑΤΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ 1 ^{ης} ΚΑΙ 13 ^{ης} ΛΥΡΑΣ	91
8.3.1 Σύγκριση φασματικών χαρακτηριστικών	91
8.3.2 Σύγκριση μέσα από τα σχόλια των εμπειρογνομόνων	92
8.4 ΟΜΟΙΟΤΗΤΕΣ ΣΤΑ ΦΑΣΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΚΑΛΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ	93
8.4.1 Προβληματισμός	93
8.4.2 Ομοιότητες και διαφορές 1 ^{ης} και 2 ^{ης} λύρας	94
8.4.3 Σχόλια των εμπειρογνομόνων	95
8.4.4 Ομοιότητες και διαφορές 1 ^{ης} και 3 ^{ης} λύρας	96
8.4.5 Σχόλια των εμπειρογνομόνων	96
8.5 4 ^η ΚΑΙ 5 ^η ΛΥΡΑ	98
8.6 ΟΙ 5 ΠΡΩΤΕΣ ΣΕ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΛΥΡΕΣ	98
8.7 ΠΟΥ ΥΣΤΕΡΟΥΝ ΤΑ ΜΕΤΡΙΑ ΟΡΓΑΝΑ	100
8.8 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΣΤΑ ΦΑΣΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	102
8.8.1 Ομοιογένεια	102
8.8.2 Παρατηρήσεις στο πεδίο του χρόνου	104
8.9 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΠΑΙΚΤΗ	105
8.9.1 Κοινή λύρα, 2 οργανοπαίκτες.	105
8.9.2 Κοινός οργανοπαίκτης, διαφορετικά κομμάτια.	107
8.10 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	109

9. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΟΝΗΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΑΝΤΗΧΕΙΩΝ ΜΕ ΤΑ ΦΑΣΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΟΥ ΗΧΟΥ	110
9.1 ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΟΣ ΗΧΟΣ, ΗΧΟΒΟΛΙΣΗ ΚΑΙ ESPI ΓΙΑ ΤΗΝ 2 ^η ΛΥΡΑ	110
9.1.1 Σύγκριση αποτελεσμάτων	110
9.1.2 Σύγκριση με ESPI	112
9.2 ΟΜΟΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ 2 ΚΑΛΥΤΕΡΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΔΟΝΗΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΝΤΗΧΕΙΩΝ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΗΝ 13 ^η ΛΥΡΑ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	114
9.2.1 Οι 2 πρώτες λύρες	114
9.2.2 1 ^η «εναντίον» 13 ^{ης} λύρας	116
9.3 7 ^η ΚΑΙ 8 ^η ΛΥΡΑ	119
9.3.1 Η 8 ^η λύρα	119
9.3.2 Η 7 ^η λύρα	120
9.4 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕΣΩ «ΑΝΑΣΥΝΘΕΣΗΣ» ΤΟΥ ΗΧΟΥ	122
9.5 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ	127
9.6 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΚΑΛΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ	127
9.7 ΤΑ ΝΕΡΑ ΤΩΝ ΚΑΠΑΚΙΩΝ	128
10. Η ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ -ΙΔΕΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ	130
10.1 ΠΑΝΤΟΓΡΑΦΟΣ	130
10.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ 1 - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΜΕΣΩ ΣΥΝΕΛΙΞΗΣ	131
10.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ 2 - ΣΧΕΣΗ ΤΩΝ ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΚΑΠΑΚΙΩΝ ΜΕ ΤΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΟΡΓΑΝΑ. ΕΠΙΛΟΓΟΣ	133
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	136
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ	138
ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΚΑΙ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	141
	142

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Παρατηρείται στη διεθνή βιβλιογραφία πλήθος ερευνών από τις επιστήμες της φυσικής, των μαθηματικών, των υπολογιστών, της μουσικής, της οργανολογίας και τεχνολογίας οργάνων, όπως και της μουσικής τεχνολογίας, οι οποίες έχουν κοινές «αναζητήσεις» που αφορούν στην πλήρη διερεύνηση και κατανόηση των μουσικών οργάνων.

Προκειμένου να επιτευχθεί αυτή η διερεύνηση, κάθε επιστημονικός κλάδος μελετά τα όργανα με διαφορετική οπτική, ωστόσο μία σαφής αντίληψη επέρχεται τελικώς και από τη σύνδεση όλων.

Αναζητώντας τέτοιου είδους έρευνες για τα ελληνικά παραδοσιακά όργανα εντοπίζονται σημαντικές πληροφορίες οι οποίες όμως συγκεντρώνονται στο μεγαλύτερο ποσοστό τους γύρω από την επιστήμη της μουσικολογίας.

Αποτελεί λοιπόν πρόκληση έστω και με χρονική καθυστέρηση, η αρχή της μελέτης σε βάθος και των παραδοσιακών οργάνων του τόπου μας.

Έτσι στα πλαίσια της απόπειρας μελέτης παραδοσιακών μουσικών οργάνων, σημαντική προσπάθεια πραγματοποιείται στο εργαστήριο οπτικής απεικόνισης δονήσεων του τμήματος μουσικής τεχνολογίας και ακουστικής στο Ρέθυμνο όπου έχουν αναπτυχθεί πειραματικές μέθοδοι μελέτης των δονητικών χαρακτηριστικών των αντηχείων παραδοσιακών μουσικών οργάνων.

Οι μέθοδοι αυτές χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: α) Συμβολογραφική απεικόνιση κατανομής πλάτους ταλάντωσης, β) Απόκριση στιγμιαίας διέγερσης. Με βάση αυτές τις μεθόδους έχει επιτευχθεί η μελέτη ενός μεγάλου αριθμού καπακιών οργάνων και σκαφών καθώς και ενός μικρότερου αριθμού ολοκληρωμένων οργάνων.

Όσον αφορά την παρούσα εργασία, συγκεντρώνεται ένας μεγαλύτερος αριθμός οργάνων για διερεύνηση με τις παραπάνω μεθόδους, ενώ επίσης εισάγεται ακόμα ένας τρόπος μελέτης, αυτός της ηχοβόλισης με σκοπό την καταγραφή των δονήσεων των δεμένων οργάνων.

Παράλληλα μελετούνται διεξοδικά τα φασματικά χαρακτηριστικά του ήχου της λύρας για τα οποία ως τώρα δεν έχει παρουσιαστεί καμία βιβλιογραφική αναφορά.

Τα όργανα του πειράματος ηχογραφούνται όχι μόνο σε απλή εκτέλεση ολοκληρωμένων μουσικών κομματιών, αλλά και χωριστά για κάθε νότα που μπορούν να εκτελέσουν χρωματικά (ανά ημιτόνιο) που είναι περίπου 32 για κάθε ένα.

Μετά την ολοκλήρωση των ηχογραφήσεων το υλικό επεξεργάζεται ψηφιακά σε περιβάλλον Pro-Tools της εταιρίας Digidesign και επιλέγεται το «χρήσιμο» μέρος που συγκεντρώνεται δημιουργώντας βάση δεδομένων ηχητικών δειγμάτων.

Στην συνέχεια δημιουργείται κώδικας που αυτοματοποιεί και κατά συνέπεια επιταχύνει την διαδικασία εξαγωγής φασμάτων για την κάθε νότα σε χρόνους ολοκλήρωσης Μετασχηματισμού Fourier από 50ms έως και 1sec.

Ωστόσο το ηχογραφημένο υλικό υπεισέρχεται στην κρίση εμπειρογνομόνων πάνω στην λύρα και γενικότερα την κρητική μουσική μέσω της μεθόδου ψυχοακουστικών τεστ όπου οι ακροατές βαθμολογούν και σχολιάζουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των οργάνων με βάση την υποκειμενική τους αντίληψη για το αποδεκτό ως «καλό» ηχόχρωμα.

Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι για πρώτη φορά γίνεται διερεύνηση του μηχανισμού παραγωγής ήχου του οργάνου, στα επίπεδα φυσικά που το επιτρέπει η παρούσα μελέτη, και αυτό επειδή δεν υπάρχουν βιβλιογραφικές αναφορές για την λύρα παρά μόνο για το βιολί το οποίο θεωρείται μεν «συγγενικό» όργανο, αλλά παρουσιάζει και σημαντικές διαφορές οι οποίες αναφέρονται στο κείμενο.

Τέλος μέσα από τη μελέτη αυτή επιδιώκεται η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο ηχοβολεί η κρητική λύρα, τα χαρακτηριστικά του φάσματος των καλών οργάνων και η σχέση των δονητικών χαρακτηριστικών των αντηχείων με τον εκπεμπόμενο ήχο.

ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

- 1) Περιγραφή του οργάνου που διερευνάται σε επίπεδο δομής και επίδραση του εκτελεστή στα χαρακτηριστικά του παραγόμενου ήχου.
- 2) Αναφορές στα βασικότερα τμήματα που αποτελούν το ολοκληρωμένο όργανο και τον ρόλο τους στον εκπεμπόμενο ήχο. Οι αναφορές σε αυτό το στάδιο γίνονται με βάση προϋπάρχουσες μελέτες που αναφέρονται στην ίδια την λύρα αλλά κυρίως από τα αποτελέσματα πλήθους ερευνών που έχουν γίνει με θέμα το βιολί το οποίο έχει αρκετά κοινά αλλά και σημαντικές διαφορές οι οποίες σημειώνονται πριν γίνει η οποιαδήποτε παραδοχή «συγγένειας» .
- 3) Ηχητική καταγραφή επαρκούς αριθμού μουσικών οργάνων (12 λύρες) στο studio ηχογραφήσεων, υπό ειδικές συνθήκες, τόσο όσον αφορά τα όργανα ηχοληψίας και καταγραφής, όσο και τον τρόπο εκτέλεσης των υπό μελέτη μουσικών οργάνων για να είναι δυνατή η μετέπειτα σύγκριση των αποτελεσμάτων.

Επεξεργασία και ανάλυση των μουσικών αρχείων με στόχο τη φασματική καταγραφή της κάθε νότας και για κάθε όργανο που ηχογραφήθηκε. Δημιουργία συγκεκριμένου κώδικα που αυτοματοποιεί την χρονοβόρα διαδικασία της εξαγωγής φασμάτων από την βάση δεδομένων ηχητικών δειγμάτων.

- 4) Στατιστική μελέτη εμπειρογνομόνων παραδοσιακής μουσικής σε σχέση με την ποιότητα του εκπεμπομένου από τα όργανα ήχου όπως εκείνοι την αντιλαμβάνονται με ακρόαση συγκεκριμένων μουσικών έργων κατάλληλα επιλεγμένων. Αντληση χρήσιμων πληροφοριών που αφορούν την κρητική λύρα με την μορφή συναντήσεων.
- 5) Μέθοδοι μελέτης δονητικών χαρακτηριστικών των αντηχείων και παραλλαγές με τις οποίες μπορούν να εφαρμοστούν.
- 6) Σχολιασμός και σύγκριση των μεθόδων μέσω ταύτισης των αποτελεσμάτων . Προσδιορισμός του ορθότερου τρόπου εφαρμογής με βάση τα ζητούμενα της εργασίας.
- 7) Ανάλυση του μηχανισμού παραγωγής του ήχου με στόχο την παρατήρηση και καταγραφή της δονητικής συμπεριφοράς των επιμέρους τμημάτων που απαρτίζουν το «σύστημα» κρητική λύρα.
- 8) Συσχέτιση αποτελεσμάτων από την στατιστική ψυχοακουστική μέτρηση των εμπειρογνομόνων με τα φασματικά χαρακτηριστικά των οργάνων τα οποία αναλύονται διεξοδικά. Διαχωρισμός των αποδεκτών ως «καλύτερων» από τα «χειρότερα» όργανα της μελέτης με βάση πάντα τις βαθμολογίες και τα σχόλια που συγκέντρωσαν κατά την διάρκεια των ψυχοακουστικών τεστ.
- 9) Συσχέτιση των φασματικών χαρακτηριστικών αποδεκτών ως καλών και μη αποδεκτών (μέτριων) οργάνων με τα δονητικά χαρακτηριστικά που έχουν καταγραφεί με τελικό στόχο την διεξαγωγή συμπερασμάτων για το αν μπορούν να προβλεφθεί η εκάστοτε φασματική συμπεριφορά μέσω της αντίστοιχης δονητικής.
- 10) Τεχνικές αντιγραφής των οργάνων που θα μπορούσαν να βοηθήσουν τους οργανοποιούς, εφαρμογές που υλοποιούνται, ιδέες και δρόμοι που ανοίγονται για μελλοντική εργασία.

ΣΧΟΛΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Για την κρητική λύρα δεν εντοπίζεται στοιχειώδης βιβλιογραφία η οποία να αναφέρεται σε βασικά ζητήματα που αφορούν την εργασία όπως:

- Ηχητικά δείγματα κρητικής λύρας χωρίς να έχουν υποστεί επεξεργασία σε studios ηχογραφήσεων.
- Τα φασματικά χαρακτηριστικά του ήχου της κρητικής λύρας.
- Μια γενική περιγραφή της ποιότητας του ήχου στην κρητική λύρα.
- Το σύστημα παραγωγής ήχου στην κρητική λύρα.

Λόγω της μη ύπαρξης αυτών των βασικών πληροφοριών η εργασία «καθοδηγείται» σε ένα μεγάλο τμήμα της από τα αποτελέσματα της έρευνας που έχει γίνει για το βιολί. Έρευνα για το βιολί πραγματοποιείται τουλάχιστον τα τελευταία 200 χρόνια , και έως τις μέρες μας υπάρχει ικανοποιητική προσέγγιση στα περισσότερα θέματα που αφορούν το όργανο όπως:

- Το σύστημα παραγωγής ήχου και η μοντελοποίηση των δυνάμεων που διέπουν το σύστημα.
- Πλήρης περιγραφή των δονητικών χαρακτηριστικών των μερών που απαρτίζουν το όργανο.
- Φασματική συμπεριφορά του εκπεμπομένου ήχου των βιολιών και κατάταξη των οργάνων με βάση ποιοτικά κριτήρια.

Επίσης πολλοί μελετητές και εταιρίες, έχουν προβεί σε προσπάθειες ανασύνθεσης του ήχου του βιολιού με μεγάλη επιτυχία. Πολλές εμπορικές εφαρμογές παρουσιάζονται κατά διαστήματα και σε αυτό βοηθά και η εξέλιξη της τεχνολογίας, κυρίως όμως είναι απόσταγμα της συνολικής έρευνας που έχει γίνει πάνω στο συγκεκριμένο όργανο.

Η εργασία δεν αναλώνεται σε επανάληψη βασικών εννοιών φυσικής, μαθηματικών, θεωρίας των σημάτων, ψυχοακουστικής και ηλεκτροακουστικής που θεωρούνται γνωστές στους αναγνώστες της.

Τα σημαντικότερα κεφάλαια που σχετίζονται με την παρούσα μελέτη ωστόσο παρατίθενται στην συνέχεια ονομαστικά:

Από την φυσική ακουστική στην οποία εντάσσεται το μεγαλύτερο τμήμα της εργασίας

- Ελεύθερη-εξαναγκασμένη ταλάντωση
- Συνεχόμενα συστήματα σε μια διάσταση (χορδή)
- Συστήματα δυο διαστάσεων
- Συζευγμένα δονούμενα συστήματα

- Γραμμικά και μη γραμμικά συστήματα
- Ο ήχος στον αέρα - Ηχητική ακτινοβολία
- Ηχητική αντίληψη από τον άνθρωπο (καμπύλες ηχηρότητας)
- Helmholtz resonance (η αέρινη κοιλότητα)

Και από την θεωρία των μαθηματικών (κεφάλαιο θεωρίας των σημάτων)

- Γρήγορος Μετασχηματισμός Fourier (FFT)
- Συχνотική απόκριση συστημάτων (transfer functions)
- Η συνάρτηση δ και τα διακριτά σήματα ως σειρές δ συναρτήσεων.
- Παλμική απόκριση (impulse response)
- Συνέλιξη (convolution) και αποσυνέλιξη σημάτων (deconvolution)
- Αυτοσυσχέτιση και εταιροσυσχέτιση σημάτων (Auto-correlation και Cross-correlation)

Στον τομέα της ηλεκτροακουστικής θεωρείται χρήσιμη η γνώση της θεωρίας και τεχνικής ηχογράφησης, της ψηφιακής επεξεργασίας σημάτων και των χαρακτηριστικών των σημάτων αυτών.

Αναφέρεται σε αυτό το σημείο πως οι χαρακτηρισμοί που σπάνια δίδονται στα όργανα ως «καλύτερα» ή «χειρότερα» αφορούν την συγκεκριμένη μελέτη. Επίσης χρησιμοποιείται η έννοια «αποδεκτό» και «μη αποδεκτό» ηχώχρωμα ενός οργάνου.

Η χρήση των χαρακτηρισμών αυτών όπου κι αν γίνεται έχει ως στόχο τον σύντομο διαχωρισμό των οργάνων με βάση την βαθμολογία και τα σχόλια που συγκέντρωσαν κατά την διαδικασία των ψυχοακουστικών τεστ.

Δεν επιδιώκεται η αμφισβήτηση του κύρους κανενός οργανοποιού και για αυτό άλλωστε διασφαλίζεται μέσα από το σύνολο της εργασίας το απόρρητο των ονομάτων τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ ΚΡΗΤΙΚΗ ΛΥΡΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται η περιγραφή της κρητικής λύρας με αναφορά στην δομή, στα υλικά κατασκευής και στις πλήρεις διαστάσεις της. Σκοπός, η γνωριμία του αναγνώστη με το όργανο που απασχολεί την παρούσα μελέτη.

1.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Η κρητική λύρα ανήκει στην κατηγορία των εγχόρδων μουσικών οργάνων που εκτελούνται με δοξάρι. Η βασική έκταση του οργάνου είναι λίγο μεγαλύτερη από τις 2 οκτάβες και εκτείνεται από τις νότα G3 έως την A5 περίπου (196-880Hz), αν και μετά την νότα E5 τα διαστήματα μεταξύ διαδοχικών νοτών μικραίνουν δραστικά. Αυτό σε συνδυασμό με το ότι το όργανο δεν έχει τάστα καθιστούν σχεδόν αδύνατο τον πλήρη έλεγχο και την εκτέλεση μελωδικών γραμμών κυρίως πάνω από την νότα αυτή (E5).



Σχήμα 1.1 Κλασικό σχήμα κρητικής λύρας

Παρατηρώντας μια τυπική κρητική λύρα βλέπουμε ένα σύνθετο όργανο το οποίο απαρτίζεται από διάφορα επιμέρους τμήματα. Το όργανο αποτελείται από 3 χορδές κουρδισμένες στις νότες G3, D4 και A4 που αντιστοιχούν στις συχνότητες 196, 294 και 440 Hz. Στο κάτω μέρος του οργάνου βρίσκεται ο χορδοστάτης ή χορδοδέτης που όπως υποδηλώνει η ονομασία του συγκρατεί τις χορδές (σχήμα 1.1 -1). Στην συνέχεια παρατηρείται το αντηχείο του οργάνου που αποτελείται από το καπάκι και την πλάτη (ή πίσω καπάκι ή σκάφος) τα οποία είναι κολλημένα μεταξύ τους. Οι χορδές εφαρμόζονται πάνω στην γέφυρα (2) η οποία στο ένα της άκρο εφάπτεται στο καπάκι και στο άλλο της στηρίζεται πάνω στον στύλο ή «ψυχή» (3) όπως ονομάζεται αυτό το λεπτό κυλινδρικό ξύλο μήκους περίπου 5.5cm, το οποίο «μεταφέρει» τις δονήσεις στην πλάτη του οργάνου. Στο κέντρο του καπακιού συναντώνται οι 2 περίπου ημικυκλικές οπές του οργάνου (4).

Λόγω της μεγάλης τάσης των χορδών που ασκείται στο καπάκι το οποίο είναι πολύ λεπτό (περί τα 2-3 mm), το ξύλο δεν σκαλίζεται κατά μήκος του καπακιού και στο κέντρο ώστε να γίνει πολύ λεπτό, δημιουργώντας έτσι μία περίπου ημικυκλική μπάρα με μεγάλο πάχος για να προστατέψει το καπάκι από την φθορά που σίγουρα η τάση των χορδών θα μπορούσε να επιφέρει.



Σχήμα 1.2 Τυπικό καπάκι κρητικής λύρας υπό κατασκευή. Κατά μήκος του οργάνου παρατηρούμε την μπάρα που προσδίδει ανθεκτικότητα.

Στην συνέχεια φαίνεται η «ταστιέρα» του οργάνου συναντάται άλλες φορές με την ονομασία «γλώσσα» και άλλες σαν «γραβάτα» (5). Επίσης, παρατηρείται το κεφάλι του οργάνου στο οποίο είναι τοποθετημένα τα κλειδιά που συγκρατούν τις χορδές. Το στριφτό σχήμα κοχλία που βλέπουμε είναι πλέον κλασικό και αντιπροσωπευτικό για το όργανο καθώς

και οι διάφορες εικαστικές πινελιές, όπως το σκάλισμα ενός πτηνού ή ενός κρητικού αίγαγρου στην πλάτη του οργάνου (σχήμα 1.1). Αξίζει να σημειωθεί πως η πλάτη με τον λαιμό του οργάνου και το κεφάλι αποτελεί για τις περισσότερες λύρες ένα τμήμα και όχι 2 ή 3 κολλημένα μεταξύ τους.

1.2 ΥΛΙΚΑ

Το ξύλο είναι το βασικό υλικό κατασκευής της κρητικής λύρας. Είναι γνωστό από πληροφορίες ανθρώπων που σχετίζονται άμεσα με την κρητική μουσική[1] ότι χρησιμοποιείται διαφορετικό είδος ξύλου για κάθε μέρος του οργάνου. Τα βασικότερα από αυτά είναι ο έβενος, η μουρνια, η τριανταφυλλιά, η καρυδιά, το έλατο, η συκιά, η αχλαδιά και ο κέδρος Λιβάνου (κατράνι).

Οι αναφορές για το καλύτερο ξύλο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή του καπακιού της λύρας επικεντρώνονται στην χρήση του κέδρου Λιβάνου ως το πλέον ιδανικό [1, 2,3].

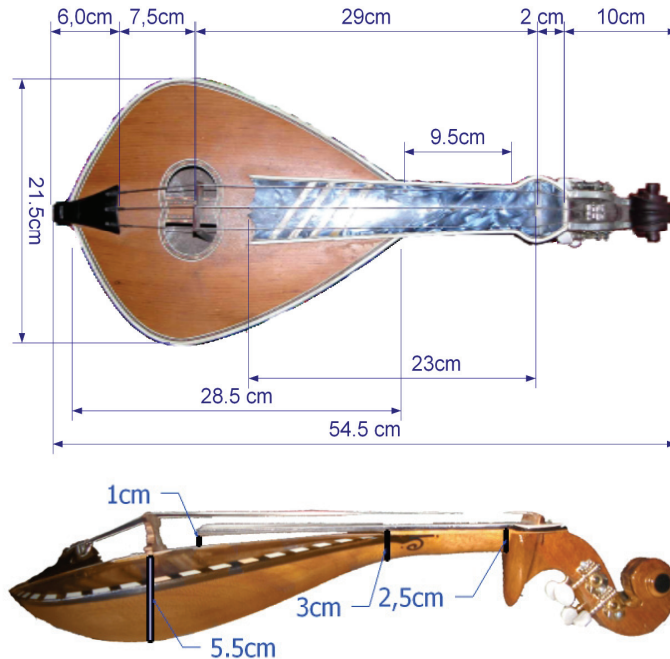
Εντούτοις ακούγεται συχνά, να επισημαίνεται πως το συγκεκριμένο ξύλο, είναι πλέον αρκετά δυσεύρετο[1]. Κάνοντας ωστόσο μια σύντομη έρευνα στο διαδίκτυο παρατηρείται το ότι μπορεί κάποιος να προμηθευτεί ποσότητες ή ακόμα και το φυτώριο του συγκεκριμένου είδους ξύλου. Και αυτό είναι κάτι που αντιπαρέρχεται προς το παρόν σε ένα «μύθο» που διευρύνεται και αναφέρεται στην μελλοντική εξαφάνιση των καλών οργάνων, εφόσον φυσικά αποδειχθεί πως δεν υπάρχει άλλο είδος ξύλου δυνατό να αντικαταστήσει τα χαρακτηριστικά του κέδρου Λιβάνου[4].

Ένα άλλο ζήτημα που μπορεί να τεθεί είναι το κατά πόσο αυτά τα «νεαρά» δέντρα πληρούν της προϋποθέσεις υγρασίας, [2] και κατά πόσο οι τεχνικές αφύγρανσης που έχουν αναπτυχθεί μπορούν να μετατρέψουν τα «νέα» σε ηλικία ξύλα κέδρου σε ξηρά, οι ιδιότητες των οποίων δύνανται να ανταποκρίνονται στον ρόλο που τους δίδεται από τον εκάστοτε κατασκευαστή.

Βέβαια το πιο σημαντικό, είναι το ότι τα αποθέματα μειώνονται συνεχώς και έτσι δεν μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια το για πόσα χρόνια ακόμα θα υπάρχει η δυνατότητα να γίνεται εισαγωγή ξυλείας. Έτσι εξαιτίας αυτού θα μπορούσαν να αναζητηθούν νέα είδη ξύλου ή και νέες πηγές υλικών για την κατασκευή μουσικών οργάνων.

1.3 ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

Στο σχήμα 1.3 που ακολουθεί παρατίθενται οι διαστάσεις του οργάνου οι οποίες μετρήθηκαν για 4 διαφορετικά όργανα με χρήση μέτρου ακριβείας 0.2 cm.



Σχήμα 1.3 Διαστάσεις της κρητικής λύρας.

Παρατηρείται πως το καπάκι όπως και η πλάτη της λύρας σχηματίζουν μια κοιλότητα με μέγιστη απόσταση μεταξύ τους περίπου ίση με 5,5cm στο κέντρο του οργάνου.

Σημειώνεται επίσης πως οι διαστάσεις που δίδονται σε αυτό το σημείο είναι ενδεικτικές και υπάρχουν μικρές αποκλίσεις, όπως θεωρείται φυσικό για τα διαφορετικά όργανα.

1.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΕΚΤΕΛΕΣΤΗ

Στο μέρος αυτό αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο ο οργανοπαίκτης επιδρά στα χαρακτηριστικά του ήχου κυρίως με την χρήση του δοξαριού. Οι αναφορές γίνονται μέσω της περιγραφής της διαδικασίας εκτέλεσης του οργάνου.

Η κρητική λύρα είναι ένα όργανο κατά την εκτέλεση του οποίου λαμβάνουν μέρος και τα δύο χέρια. Για τους δεξιόχειρες εκτελεστές το αριστερό χέρι του οργανοπαίκτη «αγκαλιάζει»

το λαιμό του οργάνου (το πίσω μέρος της γλώσσας) ανάμεσα στον δείκτη και τον αντίχειρα, το μόνο δάκτυλο το οποίο δεν έρχεται σε επαφή με τις χορδές του οργάνου.

Σε αντίθεση με την πλειοψηφία των εγχόρδων οργάνων όπου τα ενεργά μήκη των χορδών και επομένως των τονικών υψών αλλάζουν από τον εκτελεστή με πίεση των δακτύλων του σε διαφορετικά σημεία ανά μήκος τις χορδής, στην λύρα αυτή η μεταβολή του ενεργού μήκους χορδής γίνεται με τα νύχια του εκάστοτε εκτελεστή, τα οποία έρχονται σε επαφή με τις χορδές κάθετα στην διεύθυνση τους με κλίση περίπου 90° .

Το δεξί χέρι του οργανοπαίκτη συγκρατεί το δοξάρι. Ο οργανοπαίκτης κινεί το δοξάρι κάθετα στην διεύθυνση των χορδών και ασκώντας δύναμη παράγει τον εκπεμπόμενο ήχο (μία αντίδραση που θα μελετηθεί διεξοδικά σε επόμενο κεφάλαιο).

Χαρακτηριστικό της λύρας σε αντίθεση με τα όργανα της οικογένειας του βιολιού είναι πως η επαφή του δοξαριού με τις χορδές γίνεται γέροντας το όργανο αριστερά ή δεξιά με το αριστερό χέρι σε αντίθεση με το βιολί για παράδειγμα, όπου παραμένει σταθερό μεταξύ ώμου και κάτω γνάθου του εκτελεστή, ενώ το δεξί χέρι που συγκρατεί το δοξάρι αναλαμβάνει να αλλάξει την γωνία κλίσης του για να έρθει σε επαφή με την αντίστοιχη χορδή .

1.4.1 Δοξάρι και φασματικά χαρακτηριστικά

Οι μεταβλητές της ταχύτητας με την οποία ο οργανοπαίκτης κινεί το δοξάρι και της πίεσης (ως είθισται να αναφέρεται η κάθετη δύναμη) που ασκεί πάνω στις χορδές, έχουν μελετηθεί σε σχέση με τα φασματικά χαρακτηριστικά του εκπεμπόμενου ήχου για το βιολί εδώ και 34 περίπου χρόνια (Schelleng 1973) [5].

Χρήσιμες παρατηρήσεις από τις σχετικές έρευνες συγκεντρώνονται ως εξής [5]:

1. Η ταχύτητα με την οποία ο εκτελεστής κινεί το δοξάρι πάνω στην χορδή είναι ανάλογη της έντασης του οργάνου και ανεξάρτητη της συχνότητας. Το ίδιο ισχύει και για την πίεση που ασκείται στις χορδές από τον οργανοπαίκτη μέσω του δοξαριού.
2. Προσδιορίζεται μια ελάχιστη ταχύτητα και πίεση ώστε να δημιουργηθεί η απαιτούμενη σταθερή κίνηση της χορδής. Επίσης και μια μέγιστη ώστε αν ο εκτελεστής ξεπεράσει τα ανώτατα ή κατώτατα όρια τιμών του μέτρου των μεταβλητών το όργανο δεν θα παράγει τον επιδιωκόμενο ήχο.
3. Σε σχέση με την θέση στην οποία εφαρμόζεται το δοξάρι πάνω στην χορδή, συναρτήσει της απόστασης από ένα ακλόνητο άκρο, έχει προσδιοριστεί πως η πίεση που ασκείται στο δοξάρι είναι ανάλογη της απόστασης αυτής, όχι όμως με γραμμικό

τρόπο. Όσο για παράδειγμα ο εκτελεστής πλησιάζει το δοξάρι προς την γέφυρα (μικρή απόσταση θέσης δοξαριού - ακλόνητου άκρου), τότε πρέπει να αυξήσει την πίεση του με το δοξάρι πάνω στις χορδές ώστε να διατηρήσει μία «σταθερή» νότα με τα επιδιωκόμενα τονικά χαρακτηριστικά.

1.4.2 Στήριξη

Η στήριξη του οργάνου έχει 2 βασικές παραλλαγές:

Κατά την κλασική πλέον θέση το όργανο στηρίζεται στο πάνω και εξωτερικά του αριστερού ποδιού του οργανοπαίκτη με την μια πλευρά της πλάτης να ακουμπά σε αυτό . Άλλοι εκτελεστές τοποθετούν το όργανο ανάμεσα στα πόδια τους και πολύ σπάνια πάνω στο αριστερό τους πόδι χωρίς η πλάτη του οργάνου να έρχεται σε επαφή με αυτό.

Είναι δυνατό να ειπωθεί ότι ο τελευταίος τρόπος δεν επιδρά στους τρόπους δόνησης της πλάτης σε σχέση με τους 2 βασικότερους, λόγω του ότι ο εκτελεστής δεν έρχεται σε άμεση επαφή με την δονούμενη επιφάνεια της πλάτης αλλά με το πρακτικά ακλόνητο άκρο του οργάνου κάτω από τον χορδοστάτη .

Είναι φυσικό για κάθε τρόπο στήριξης να έχουμε και διαφορετικά φασματικά χαρακτηριστικά στον εκπεμπόμενο ήχο για τα ίδια όργανα. Αυτό συμβαίνει διότι η επαφή του οργανοπαίκτη με τις αντίστοιχες επιφάνειες μεταβάλλει τα πλάτη ταλάντωσής τους σε σχέση με την περίπτωση όπου ταλαντώνονται ελεύθερα.

Παραταύτα δεν έχει πραγματοποιηθεί μελέτη που να εξετάζει την απόσβεση των ταλαντώσεων σε σχέση με τον τρόπο στήριξης για την λύρα παρά μόνο για το βιολί [6] που εμφανίζει όμως έναν εντελώς διαφορετικό τρόπο στήριξης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΤΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΑΠΑΡΤΙΖΟΥΝ ΤΟ ΟΡΓΑΝΟ

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται εμβάθυνση στην θεωρητική ανάλυση των βασικών τμημάτων που απαρτίζουν το όργανο.

Η γνώση στην οποία βασίζεται η παρουσίαση προέρχεται α) από την έρευνα που έχει γίνει για αντίστοιχα τμήματα των βιολιών όπως το σύστημα δοξάρι-χορδή β) από την πραγματοποίηση πειραμάτων για την περιγραφή των τμημάτων που δεν παρουσιάζουν αντιστοιχία όπως είναι οι οπές και γ) από πειραματικές μετρήσεις που έχουν ήδη γίνει για τμήματα όπως τα καπάκια των οργάνων.

2.1 ΔΟΞΑΡΙ-ΧΟΡΔΗ

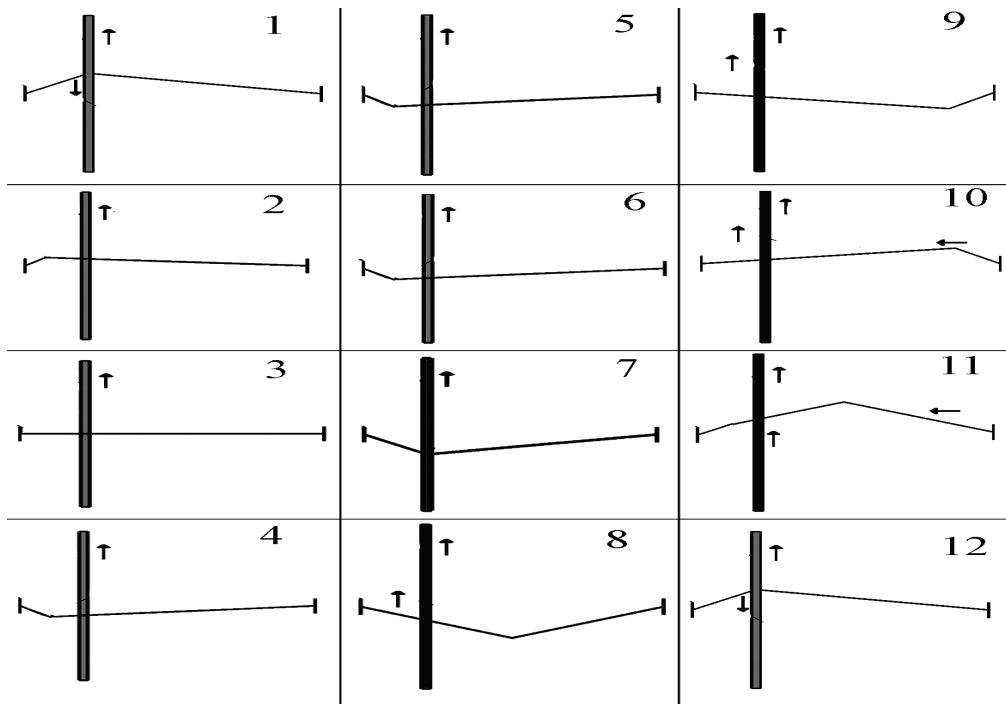
Οι πρώτες επιστημονικές αναφορές για την χορδή που διεγείρεται από δοξάρι εμφανίζονται στα 1877 όταν ο Hermann Helmholtz [7] υλοποιώντας μια πειραματική διάταξη προέβη στην παρατήρηση της μετατόπιση της χορδής και κατάφερε να περιγράψει την κίνηση η οποία μέχρι σήμερα ονομάζεται κίνηση Helmholtz.

Παρότι έως τις μέρες μας έχει ανακαλυφθεί πληθώρα παραγόντων που καθιστούν ελλιπή αυτήν την περιγραφή, ο Helmholtz έδωσε την πρώτη ιδανική προσέγγιση. Θεωρώντας την γνώση της απαραίτητη καθώς είναι το πρώτο στάδιο παραγωγής ήχου του οργάνου, παρατίθεται στην ακόλουθη παράγραφο συνοπτικά ο τρόπος με τον οποίο κινείται η χορδή που διεγείρεται από δοξάρι μέσα από τα «μάτια» του H.Helmholtz [7].

2.1.1 Περιγραφή κίνησης της χορδής

Ο Helmholtz παρατήρησε πως κατά την κάθετη κίνηση ενός επικαλυμμένου με ρητινέλαιο δοξαριού πάνω σε μια χορδή, λόγω δυνάμεων τριβής που αναπτύσσονται η χορδή συγκολλάται (sticks) στο δοξάρι και εκτρέπεται από την θέση ισορροπίας κατά την κατεύθυνση της κίνησης του δοξαριού. Στο σημείο επαφής τους δημιουργείται μια κάμψη της χορδής γνωστή και ως γωνία Helmholtz.

Όταν η συνισταμένη των δυνάμεων επαναφοράς της χορδής γίνει μεγαλύτερη από τις δυνάμεις τριβής που την συγκρατούν προσκολλημένη στο δοξάρι η χορδή



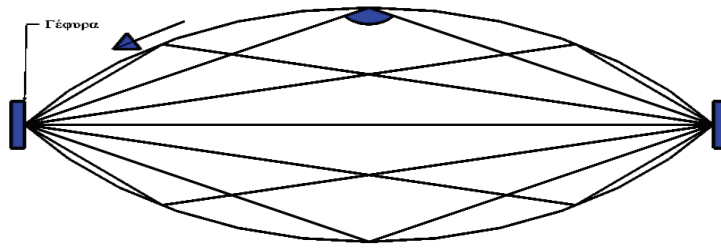
Σχήμα 2.1 Η κίνηση Helmholtz

«γλιστράει» (slips) από την χορδή και τότε η γωνία Helmholtz που έχει δημιουργηθεί, αρχικά μετακινείται προς το κοντινότερο ακλόνητο άκρο στο σημείο επαφής δοξαριού-χορδής (εικόνα 2 του σχήματος), ανακλάται και συνεχίζει την πορεία της προς το συμμετρικό σημείο επαφής (εικόνες 3-6).

Όταν φτάσει σ' αυτό το σημείο (εικόνα 7) προσκολλάται πάλι πάνω στο δοξάρι το οποίο μεταφέρει την χορδή προς την κατεύθυνση της κίνησής του. Η γωνία όμως λόγω δυνάμεων αδράνειας συνεχίζει την πορεία της προς το 2^ο ακλόνητο άκρο της διάταξης (εικόνες 7-9) όπου ανακλάται και επιστρέφει προς το αρχικό σημείο επαφής ολοκληρώνοντας τον κύκλο της (εικόνες 10-12) [7].

Η γωνία ταξιδεύει κατά μήκος της χορδής με σταθερή ταχύτητα. Η κίνηση είναι περιοδική και η τροχιά που διαγράφει ελλειπτική ολοκληρώνοντας ένα κύκλο σε χρόνο που αντιστοιχεί στην ιδιοσυχνότητα της χορδής [8].

Η γραφική αναπαράσταση της μετατόπισης ως προς τον χρόνο στο σημείο επαφής έχει πριονωτή μορφή και αυτό γίνεται εύκολα αντιληπτό από την περιγραφή κίνησης της γωνίας Helmholtz η οποία με σταθερή ταχύτητα διαγράφει μία μικρή (κατά την φάση ολίσθησης), και μία μεγάλη (κατά την φάση συγκόλλησης) απόσταση, δεδομένου πάντα πως το δοξάρι βρίσκεται κοντύτερα σε ένα εκ των δύο άκρων που σταθεροποιούν την χορδή όπως μελετήθηκε από τον Raman [8].

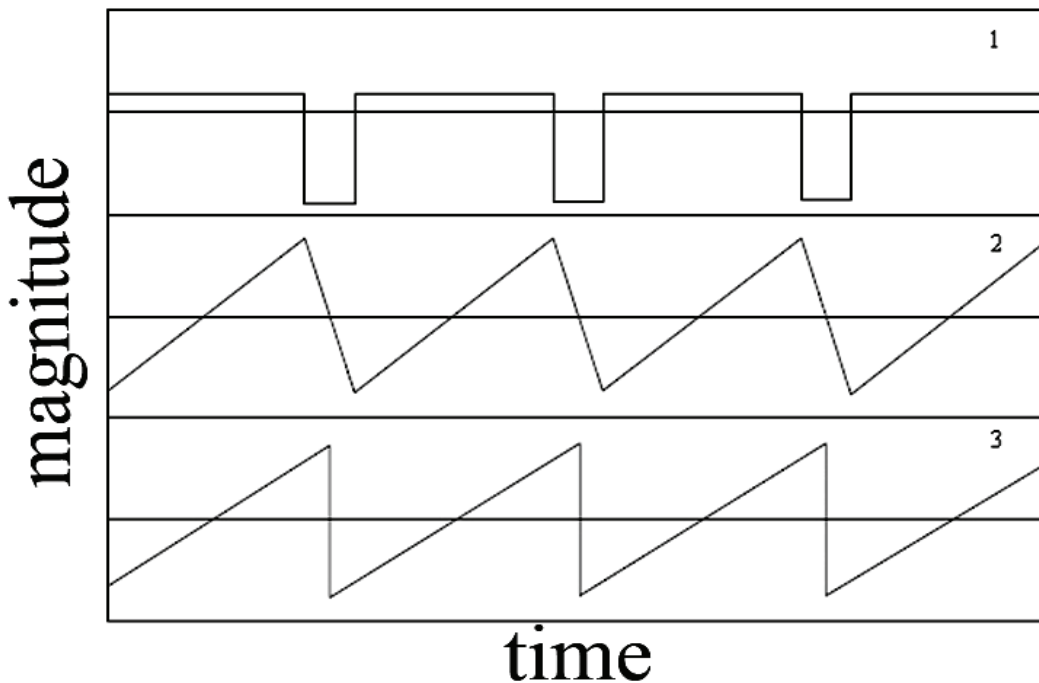


Σχήμα 2.2 Η ελλειπτική τροχιά που διαγράφει η γωνία Helmholtz.

Για παράδειγμα παρατηρείται ξανά το σχήμα 2.1. Αν γίνει η υπόθεση πως το δοξάρι βρίσκεται κοντά στο $1/5$ μήκους της χορδής από την γέφυρα, τότε η φάση ολίσθησης (slip) θα έχει διάρκεια $1/5$ του κύκλου της κίνησης. Δηλαδή στην χορδή G3 (192Hz) θα διαρκεί περίπου 1ms ενώ η φάση συγκόλλησης (stick) 4.1 ms αντίστοιχα.

Στα επόμενα διαγράμματα απεικονίζεται η ταχύτητα και η μετατόπιση όπως μεταβάλλονται στον χρόνο για το σημείο επαφής χορδής- δοξαριού.

Στο 3^ο διάγραμμα φαίνεται η κυματομορφή που περιγράφει την κάθετη δύναμη με την οποία η γέφυρα οδηγεί το καπάκι όπως είναι γνωστό από την θεωρία για το βιολί [9]. Η δύναμη αυτή διερευνάται σε επόμενο στάδιο για την κρητική λύρα.



Σχήμα 2.3 Διαγράμματα πλάτους 1-Ταχύτητας και 2-Μετατόπισης στον χρόνο (οριζόντιος άξονας) για το σημείο επαφής χορδής δοξαριού όταν το δοξάρι βρίσκεται στο $1/5$ του μήκους της χορδής . 3 - Η κάθετη δύναμη στην γέφυρα.

2.1.2 Η χορδή σήμερα

Στην προσπάθεια επέκτασης της γνώσης πάνω στην κίνηση της χορδής που διεγείρεται από δοξάρι έχουν γίνει και γίνονται ακόμα και σήμερα μελέτες από ένα πλήθος επιστημόνων και σε αυτό συμβάλλει και η εξέλιξη της τεχνολογίας.

Μια γενική παρατήρηση σχετίζεται με την δυσκολία επίτευξης της ιδανικής κίνησης Helmholtz, φαινόμενο το οποίο διαπιστώνεται και στην παρούσα μελέτη.

Βασικοί παράγοντες που δυσκολεύουν την επίτευξη της ιδανικής κίνησης Helmholtz αναφέρονται παρακάτω και μια αναλυτική περιγραφή δίδεται σε άρθρο των J.Woodhouse και P. M. Galluzzo [10] :

1. Η γωνία Helmholtz για την οποία έγινε λόγος είναι στην πραγματικότητα μια καμπύλη όπως μελετήθηκε διεξοδικά από τους Cremer και Lazarus [10 J.Woodhouse και P. M. Galluzzo] και έτσι αλλάζει δραστικά ο τρόπος ταλάντωσης της χορδής ώστε όταν η δύναμη ή η ταχύτητα του δοξαριού είναι σχετικά μικρή, υπάρχει συγκέντρωση ενέργειας ταλάντωσης σε ένα εύρος χαμηλών συχνοτήτων και αντίστροφα.
2. Στην ιδανική περίπτωση η χορδή θα προσκολλιόταν στο δοξάρι ακαριαία, μόλις τα δύο υλικά θα επαφίονταν, πράγμα που στην πραγματικότητα δεν συμβαίνει αφού απαιτείται κάποιος χρόνος της τάξης των χιλιοστών του δευτερολέπτου για να γίνει αυτό και οι μελέτες δείχνουν πως ο χρόνος πριν την δημιουργία της περιοδικής κίνησης έχει μεγάλη σημασία στο πως οι ακροατές αντιλαμβάνονται την ποιότητα του ήχου [11].
3. Λόγω της πεπερασμένης ακτίνας της χορδής και του ότι η δύναμη του δοξαριού είναι εφαπτόμενη σε αυτή, έχει παρατηρηθεί η δημιουργία κυμάτων ροπής τα οποία επηρεάζουν την ταλάντωση. Η χορδή λοιπόν ταλαντώνεται και γύρω από τον «νοητό» άξονά της. Παρόλα αυτά το αρμονικό περιεχόμενο αυτών των κυμάτων, αν και μη αρμονικό σε σχέση με το αντίστοιχο της βασικής κίνησης της χορδής έχει πολύ μικρό πλάτος ώστε να επηρεάσει σημαντικά το συνολικό αποτέλεσμα της κίνησης [12].
4. Σε νότες των οποίων οι συχνότητες αντιστοιχούν σε ισχυρούς συντονισμούς των αντηχείων των οργάνων παρατηρείται το φαινόμενο της διπλής ολίσθησης (double slip). Δηλαδή η χορδή ολισθαίνει στο δοξάρι 2 φορές σε χρόνο μιας περιόδου και μελετήθηκε διεξοδικά από τον Raman [10 κατά J.Woodhouse και P. M. Galluzzo] . Οι νότες αυτές χαρακτηρίζονται ως “wolf notes” .

Συμπληρώνεται εδώ πως στο φασματικό περιεχόμενο της ταλάντωσης αυτό συνεπάγεται σε αύξηση του πλάτους του 2^{ου} αρμονικού όπως παρατηρείται και σε πολλά σημεία της παρούσης εργασίας. Σε μια άλλη περίπτωση όπου σε νότες των οποίων οι συχνότητες αντιστοιχούν σε ισχυρούς συντονισμούς των αντηχείων των οργάνων αλλά με μικρή συχνοτική απόκλιση παρατηρείται αρκετές φορές το φαινόμενο διακροτήματος όπου στην θεωρία των σημάτων εκφράζεται ως διαμόρφωση πλάτους. Το συγκεκριμένο φαινόμενο εμφανίζεται και στην παρούσα εργασία και είναι ξεκάθαρο για κάποια όργανα και σε κάποιες νότες χωρίς όμως να απασχολεί ιδιαίτερα το αντικείμενο της.

2.1.3 Ο ρόλος του δοξαριού στην κίνηση Helmholtz

Το δοξάρι είναι ο «διεγέρτης» των χορδών και όπως γίνεται αντιληπτό ο ρόλος του στην επίτευξη της ιδανικής κίνησης είναι καίριος, αφού όπως αναφέρθηκε αποτελεί ένα σύστημα με την χορδή λόγω δυνάμεων τριβής που αναπτύσσονται με την χρήση ρητινελαιίου. Τα δοξάρια κατασκευάζονται ως επί το πλείστον από τρίχες ουράς αλόγου. Στις τρίχες του δοξαριού ο οργανοπαίκτης εφαρμόζει αρκετά μεγάλες ποσότητες από ρητινέλαιο. Το ρητινέλαιο αποκαλείται συχνά και με τον όρο ρετσίνι και έχει ιδιότητες οι οποίες ευθύνονται για τις δυνάμεις τριβής που αναπτύσσονται στο σύστημα χορδή-δοξάρι με αποτέλεσμα την επίτευξη της επιδιωκόμενης κίνησης Helmholtz.

Σχετικά με τις δυνάμεις τριβής, τις ιδιότητες του ρητινελαιίου και την δομή του δοξαριού έχουν γίνει αρκετές έρευνες από μελετητές του βιολιού [13,14]. Τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών παρέχουν γνώση για την επίδραση του δοξαριού στα χαρακτηριστικά του ήχου των οργάνων που έχουν μελετηθεί και υπάγονται στην οικογένεια του βιολιού. Λόγω του ότι η πλειοψηφία των οργανοπαικτών της Κρήτης στην σημερινή εποχή χρησιμοποιεί δοξάρια όμοια με αυτά για τα οποία έχουν γίνει οι έρευνες που αναφέρονται, θεωρείται πως μπορεί να χρησιμοποιηθεί η γνώση αυτή χωρίς επιφύλαξη.

Αυτές όμως οι παρατηρήσεις αν και είναι πολύ χρήσιμες για την πλήρη κατανόηση και φυσική μοντελοποίηση του φαινομένου δοξαριού-χορδής έχουν χαρακτήρα εξειδίκευσης που δεν που δεν συμβαδίζει με το πνεύμα της παρούσας εργασίας και έτσι δεν θα σχολιαστούν με λεπτομέρεια.

1. Το δοξάρι εφάπτεται σε μια περιοχή της χορδής λόγω του πεπερασμένου πλάτους του και όχι σημειακά όπως έχει θεωρηθεί προς την απλούστευση της φυσικής

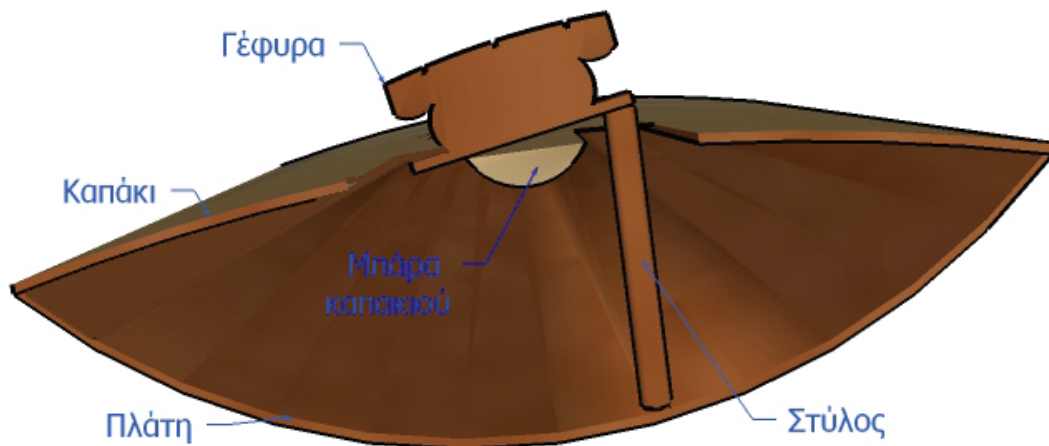
περιγραφής του φαινομένου. Οι μελέτες που έχουν γίνει αναφέρουν πως αυτό το χαρακτηριστικό της δομής είναι αιτία διαμόρφωσης της επιδιωκόμενης κίνηση της χορδής με αρμονικά και μη αρμονικά (θόρυβος) στοιχεία [14]

2. Τα χαρακτηριστικά της τριβής που προκαλεί το ρητινέλαιο έχουν μελετηθεί έως ένα σημείο χωρίς να υπάρχει ένα τελικό μοντέλο και έχει διαπιστωθεί ότι ακόμα και παράγοντες όπως η θερμοκρασία επηρεάζουν την συμπεριφορά τριβής[15,16].

2.2 ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΦΥΡΑ-ΣΤΥΛΟΣ

Η γέφυρα στην κρητική λύρα χρησιμοποιείται ως «μεταφορέας» των δονήσεων των χορδών στο πάνω καπάκι μέσω άμεσης επαφής και στην πλάτη του μέσω του στύλου.

Το σύστημα γέφυρα-στύλος είναι αρκετά περίπλοκο καθώς ένα μέρος της από την αριστερή πλευρά όπου βρίσκεται η μεγαλύτερη σε μάζα χορδή G3 επαφείται στο πάνω καπάκι και στο δεξί πόδι της γέφυρας εφαρμόζεται ο στύλος ο οποίος έρχεται σε επαφή με την πλάτη. Η αστάθεια του συστήματος έγκειται στο ότι μια πολύ μικρή αλλαγή στη θέση της γέφυρας ή του στύλου μπορεί να αλλάξει τα χαρακτηριστικά του εκπεμπομένου από το όργανο ήχου (παραδοχή όλων των οργανοπαικτών αλλά και παρατήρηση του γράφοντος).



Σχήμα 2.4 Υπερβολική απεικόνιση της γωνίας που σχηματίζει η γέφυρα με το καπάκι ώστε να δοθεί έμφαση στην διάταξη του συστήματος στην κρητική λύρα.

Εκτός της έννοιας «μεταφορέας» είναι δυνατό να προσδοθεί στην γέφυρα και ο χαρακτηρισμός «μετατροπέας» αφού με τον τρόπο που ταλαντώνεται επιδρά στην κίνηση των χορδών που δέχεται ως δύναμη διέγερσης.

Προϋπάρχουσες μελέτες για τον τρόπο με τον οποίο η γέφυρα επιδρά στην δύναμη με την οποία «οδηγείται» από τις χορδές (συχνοτική απόκριση) καθώς και τον προσδιορισμό της δύναμης που εφαρμόζεται στη γέφυρα από την ταλαντωμένη χορδή (στο σημείο επαφής τους), δεν υπάρχουν για την κρητική λύρα παρά μόνο για το βιολί (σχήμα 2.3). Το συγκεκριμένο όμως σύστημα στο βιολί έχει ένα διαφορετικό τρόπο σύνδεσης όπου και τα δύο πόδια της γέφυρας βρίσκονται σε επαφή με το καπάκι και στο δεξί πόδι της εφαρμόζεται ο στύλος που μεταφέρει τις δονήσεις στην πλάτη. Παρόλα αυτά όμως η δύναμη διέγερσης θεωρείται κοινή αφού το δοξάρι και η χορδή έχουν το ίδιο αποτέλεσμα και για την λύρα και για το βιολί.

Από την έρευνα που έχει γίνει για το πώς επιδρά η γέφυρα στον μηχανισμό παραγωγής ήχου του βιολιού, είναι γνωστό ότι λειτουργεί σαν ένα φίλτρο το οποίο ενισχύει τα πλάτη ταλαντώσεων των χορδών που βρίσκονται στο συχνοτικό εύρος των 2 – 3KHz καθώς και σε κάποιες υψηλότερες συχνοτικές περιοχές στα 5 ή 6 KHz. Μια ακόμα ιδιότητα της γέφυρας που έχει παρατηρηθεί είναι η λειτουργία της σαν ένα φίλτρο διέλευσης χαμηλών συχνοτήτων με συχνότητα αποκοπής περίπου τα 7KHz [17].

Επίσης, μελέτες σε σχέση με τη μάζα, τις διαστάσεις της γέφυρας και τους τρόπους δόνησης που την χαρακτηρίζουν, προσδίδουν χρήσιμες πληροφορίες για την σχέση των παραγόντων αυτών. Αυτό θα μπορούσε εν μέρει να ληφθεί υπόψη για την κρητική λύρα όπου οι γέφυρες εμφανίζονται με αρκετά κοινά στο μέγεθός τους σε σχέση με το βιολί. Άρα και οι βασικοί τρόποι δόνησης της γέφυρας μιας λύρας θα μπορούσαν να έχουν ομοιότητες με τους αντίστοιχους του βιολιού.

Ωστόσο τέτοιου είδους παρατηρήσεις γίνονται σε επόμενο κεφάλαιο όπου διενεργείται εμβάθυνση στον μηχανισμό παραγωγής του ήχου στην λύρα.

2.3 ΑΕΡΙΝΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ

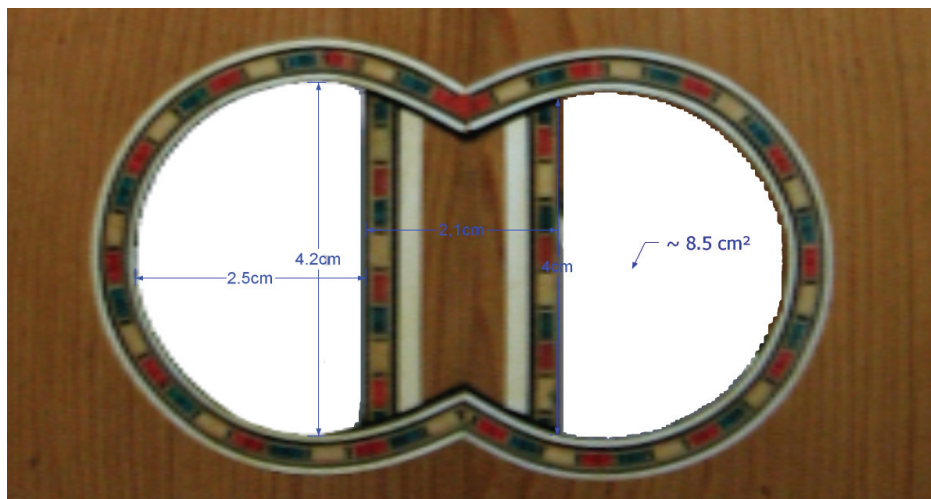
Στο μέσο του καπακιού της λύρας συναντώνται 2 περίπου ημικυκλικές οπές. Όπως μελετήθηκε από τον Helmholtz και η θεωρία του επεκτείνεται και για την λύρα, όταν το αντηχείο δονείται ο όγκος του μεταβάλλεται και οδηγεί αέρια μάζα έξω από αυτό σε περίπτωση μείωσης όγκου και το αντίστροφο. Η μεταβολή της πίεσης στο αντηχείο είναι περιοδική και η βασική συχνότητα συντονισμού συναντάται με τους όρους «αέρινη συχνότητα» ή και συχνότητα «συντονιστή Helmholtz» [9].

Ο υπολογισμός αυτής της συχνότητας είναι συνάρτηση παραγόντων όπως ο όγκος της κοιλότητας, η επιφάνεια των οπών και το ύψος τους (πάχος του καπακιού).

Λόγω του ότι ήταν δύσκολος ο προσδιορισμός όλων αυτών των παραγόντων και κυρίως του όγκου του αντηχείου αλλά και αναγκαίος ο προσδιορισμός της αέρινης συχνότητας, γίνεται πέρασμα στον πειραματικό της εντοπισμό.

Ο πειραματικός εντοπισμός έλαβε χώρο στο studio ηχογραφήσεων του τμήματος και η διαδικασία περιγράφεται στην συνέχεια:

Γίνεται κρούση του δακτύλου σε ένα κοντινό σημείο των οπών και ταυτόχρονα ηχογράφηση με το μικρόφωνο δίπλα σε αυτές (5cm.) . Στην συνέχεια μέσω φασματικής ανάλυσης στο ηχογραφημένο υλικό εντοπίζεται η αέρινη συχνότητα, θεωρώντας πως είναι ο ισχυρότερος σε πλάτος συντονισμός του φάσματος. Επαληθεύοντας γίνεται αποκλεισμός των οπών με μονωτική ταινία και επαναλαμβάνεται η μέτρηση. Η συχνότητα που απουσιάζει από τα φάσματα αντιστοιχεί στην αέρινη συχνότητα.



Σχήμα 2.5 Οι οπές της κρητικής λύρας

Η μέτρηση έγινε για 3 λύρες και η συχνότητα Helmholtz εντοπίστηκε στα 340-350Hz. Χαρακτηριστικό της μέτρησης είναι το ότι όταν αποκλείστηκε η μία εκ των δύο οπών της λύρας και μετρήθηκε, η αέρινη συχνότητα δεν μετατοπίστηκε.

Για το αν μειώθηκε το πλάτος ταλάντωσης της δεν μπορεί να εκφερθεί ποσοτικό συμπέρασμα, μιας και η δύναμη διέγερσης που ήταν στο δάκτυλο δεν μπορεί να είναι σταθερή. Δεν θα γίνει αυτό αντικείμενο μελέτης ωστόσο στην παρούσα εργασία, αν και όπως είναι γνωστό από τους νόμους της ακουστικής, έχοντας δύο ίδιες πηγές που ακτινοβολούν, όταν η μία εκ των δύο πάψει να ακτινοβολεί τότε η συνολική στάθμη έντασης θα μειωθεί κατά 3dB – δηλαδή η ένταση θα υποδιπλασιαστεί.

2.4 ΚΑΠΑΚΙΑ-ΠΛΑΤΕΣ

Το 2004 ξεκίνησε η πρώτη έρευνα για τις δονήσεις των καπακιών παραδοσιακών κρητικών οργάνων λύρας και λαούτου στο τμήμα μουσικής τεχνολογίας και ακουστικής στο Ρέθυμνο. Η εργασία που έχει γίνει σε αυτόν τον τομέα δίνει χρήσιμες πληροφορίες για τους ιδιορρυθμούς των καπακιών της λύρας πριν αυτά τοποθετηθούν στις πλάτες και σχηματιστεί το ολοκληρωμένο όργανο [18,19] .

Συνοπτικά παρατίθενται σε αυτό το στάδιο βασικά χαρακτηριστικά των καπακιών των οργάνων* που παρατηρούνται σε μετρήσεις που έχουν γίνει με μεθόδους οι οποίες θα περιγραφούν αργότερα στο κεφάλαιο 5.

1. Τα ελεύθερα καπάκια της λύρας εμφανίζουν συντονισμούς σε πολύ χαμηλές συχνότητες της τάξης των 65-80 Hz και 140-160Hz.
2. Υπάρχουν ισχυροί συντονισμοί στα 400-580 Hz και σε μια στενή ζώνη γύρω από τα 650Hz.
3. Οι επόμενοι 3 ιδιορρυθμοί εμφανίζονται στα 745 ,830 και 920Hz.
4. Επίσης παρατηρούνται συντονισμοί στα 1.1KHz,1.3KHz,1.45KHz και 1.75KHz.
5. Τέλος, είναι σημαντικό πως το πλάτος με το οποίο ταλαντώνονται τα καπάκια εμφανίζει σημαντική πτώση μετά τα 2 KHz [19].

* Τα γενικά συμπεράσματα διεξάγονται από την παρατήρηση 6 καπακιών που μελετήθηκαν στα πλαίσια του προγράμματος Αρχιμήδης Ι με την μέθοδο της Ηλεκτρονικής Συμβολομετρίας Ψηφίδων (ESPI).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΛΗΨΗΣ, ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΗΧΗΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΦΑΣΜΑΤΩΝ

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία δημιουργίας βάσης δεδομένων ηχητικών δειγμάτων, η ανάλυσή τους και κάποια πρώτα συνοπτικά συμπεράσματα για τα φασματικά χαρακτηριστικά του εκπεμπομένου ήχου.

Η περιγραφή της λειτουργίας των συσκευών, της τεχνικής της ηχογράφησης και ψηφιακής επεξεργασίας δεν αφορά την παρούσα εργασία και γι' αυτό δεν αναλύεται σε κανένα σημείο της, αφού απλά λειτουργεί ως «εργαλείο» προκειμένου να επιτευχθεί το ζητούμενο που είναι η καταγραφή και επεξεργασία ηχητικού υλικού.

3.1 ΛΥΡΕΣ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΟΠΑΙΚΤΕΣ

Για την λήψη του ηχητικού υλικού συγκεντρώθηκαν 12 κρητικές λύρες, 5 οργανοποιών. 11 από αυτές τις λύρες του πειράματος έχουν την μορφή που παρουσιάζει η πλειοψηφία των οργάνων μετά το πρώτο τέταρτο του 20^{ου} αιώνα και μία αχλαδόσχημη με μικρότερο όγκο αντηχείου στην οποία απουσιάζει η γλώσσα (ταστιέρα).

Οι λύρες ηλικίας μεταξύ 2 και 56 ετών εκτελέστηκαν από 2 οργανοπαίκτες, τον Κωνσταντίνο Κουτελιδάκη σπουδαστή του τμήματος που εκτέλεσε 7 λύρες και τον Δημήτρη Θρασανιώτη που εκτέλεσε 6 . Η μία λύρα εκτελέστηκε από κοινού και από τους 2 οργανοπαίκτες (για αυτό και αναφέρθηκαν 7 λύρες για τον 1^ο και 6 για τον 2^ο οργανοπαίκτη). Αυτό είχε ως σκοπό την μετέπειτα παρατήρηση των διαφορών στο φασματικό περιεχόμενο του εκπεμπομένου ήχου μεταξύ τους.

Για την κάθε λύρα της ηχογράφησης εκτελεστήκαν χρωματικά (με ημιτονική διαδοχή) νότες που καλύπτουν την έκταση της μίας οκτάβας για την κάθε χορδή.

Συγκεκριμένα 13 νότες για την κάθε χορδή εκ των τριών της λύρας G3, D4, A4 που δημιουργούν ένα αρχείο που απαρτίζεται από 507 ηχογραφημένες νότες, η διάρκεια των οποίων ζητήθηκε από τους οργανοπαίκτες να ξεπερνά το 1 δευτερόλεπτο.

Λόγω του ότι οι οργανοπαίκτες του πειράματος δεν είναι μηχανές, δεν ήταν εφικτό να ρυθμίσουμε τις παραμέτρους που ενεργούν στο δοξάρι που όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο είναι η ταχύτητα, η πίεση με την οποία δρα στις χορδές , η γωνία κλίσης και η θέση κατά μήκος των χορδών που εφαρμόζεται το δοξάρι.

Ζητήθηκε λοιπόν από τους οργανοπαίκτες να διατηρήσουν όσο το δυνατό τις παραπάνω παραμέτρους σταθερές για την εκτέλεση των νοτών πράγμα που επετεύχθη σε ένα ικανοποιητικό βαθμό όπως θα επεξηγηθεί σε επόμενο κεφάλαιο της μελέτης.

Μετά το πέρας της εκτέλεσης των νοτών, ζητήθηκε από τους οργανοπαίκτες να εκτελέσουν δύο παραδοσιακές μελωδίες των οποίων οι νότες να εκτείνονται σε ένα μεγάλο εύρος της συνολικής έκτασης του οργάνου.

Τα κομμάτια αυτά ήταν οι επονομαζόμενες Σητειακές κοντυλιές και το τραγούδι του Αθανάσιου Σκορδαλού με τίτλο «Θέλω να βλέπω θάλασσα» που είναι Συρτός. Έτσι δημιουργήθηκε ένα αρχείο με 26 κομμάτια των οποίων η χρονική διάρκεια είναι περίπου ένα λεπτό για το καθένα.



Σχήμα 3.1 Ο Κώστας Κουτελιδάκης με τις 7 λύρες της εργασίας στο studio ηχογραφήσεων του τμήματος μουσικής τεχνολογίας και ακουστικής.

3.2 ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΗ ΚΑΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

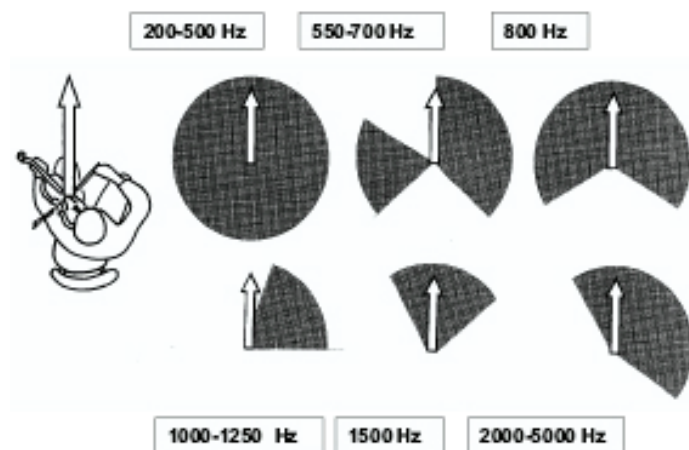
Η διαδικασία της ηχογράφησης έλαβε χώρο στο studio ηχογραφήσεων του τμήματος μουσικής τεχνολογίας και ακουστικής και στο δωμάτιο ελέγχου της Audient.

Η μεθοδολογία με την οποία έγινε η ηχογράφηση περιγράφεται παρακάτω και επισημαίνεται ότι ήταν κοινή για όλα τα όργανα που ηχογραφήθηκαν.

Για την ηχογράφηση των οργάνων χρησιμοποιήθηκαν δύο πυκνωτικά μικρόφωνα, τα C-480 και U-89i των εταιριών AKG και G.Neuman αντίστοιχα. Το μεν C-480 με προενισχυτή Focusrite Red και το U89i με Avalon M-5.

Τα πολικά διαγράμματα λήψης των μικροφώνων επιλέχθηκαν να είναι καρδιοειδή, με στόχο τη δραστική μείωση της επιρροής των ακουστικών χαρακτηριστικών του δωματίου ηχογραφήσεων στην αντικειμενικότητα των μετρήσεων.

Κατά την επιλογή θέσης για την τοποθέτηση του μικροφώνου δεν εντοπίστηκε μελέτη με θέμα την κατευθυντικότητα της λύρας σε αντίθεση με το βιολί το οποίο θεωρείται πολύ κατευθυντικό και σε συνάρτηση με τον εκτελεστή του.[20]. Για αυτό το σκοπό επιλέγεται μία θέση κεντρική ώστε να προσεγγίζει όσο το δυνατό τον ήχο που φτάνει στα αυτιά ενός ακροατή όταν σταθεί μπροστά από το όργανο (σχήμα 3.1). Η απόσταση του μικροφώνου από τον την γέφυρα της λύρας μετρήθηκε στα 25 cm και διατηρήθηκε κοινή για όλες τις λύρες.



Σχήμα 3.2 Κατευθυντικότητα του βιολιού (κατά Meyer)[21].

Χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικός χρωματικός χορδιστής ώστε ο οργανοπαίκτης να εντοπίζει με την μέγιστη δυνατή τονική ακρίβεια την εκάστοτε νότα προτού την εκτελέσει.

Μετρήθηκαν επίσης και οι αποστάσεις του μικροφώνου από τους τοίχους του studio καθώς και άλλοι παράγοντες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την αντικειμενικότητα της ηχογράφησης.

Η καταγραφή του «πρωτογενούς» υλικού έγινε σε ψηφιακή κασσέτα με πολυκάναλα κασετόφωνα της TASCAM, με δυναμικό εύρος της τάξης των 24^{ov} bit και συχνότητα δειγματοληψίας 48KHz.

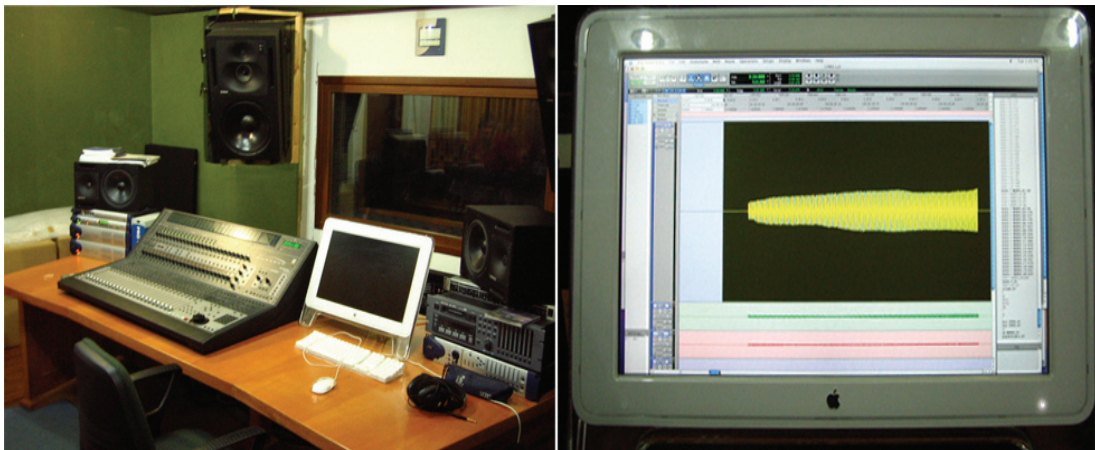
3.3 ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Σε αυτό το στάδιο έγινε η ψηφιακή μεταφορά του ηχογραφημένου υλικού στο δωμάτιο ελέγχου των Pro Tools HD-2 όπου έγινε η απαραίτητη ψηφιακή επεξεργασία.

Κατά την ψηφιακή επεξεργασία διεξήχθησαν οι παρακάτω ενέργειες :

1. Διαγράφηκε το λεγόμενο «μη χρήσιμο» υλικό που περιλάμβανε ομιλίες των λυράρηδων, νότες οι οποίες δεν παίχθηκαν σωστά και ένα πολύ μεγάλο τμήμα ησυχίας.
2. Καθώς πολλές νότες εκτελέστηκαν έως και 3 φορές, επιλέχθηκαν μόνο αυτές των οποίων η ένταση και το τονικό ύψος δεν παρουσίαζε ιδιαίτερες μεταβολές στην διάρκεια του χρόνου. Ανάλογη τακτική ακολουθήθηκε και στην επεξεργασία των μουσικών κομματιών.

Συγκεκριμένα για κάθε νότα επιλέχθηκε 1 δευτερόλεπτο διάρκειας αμέσως μετά την στιγμή όπου εμφανιζόταν η έναρξη της κίνησης Helmholtz και όλες οι νότες τοποθετήθηκαν σε συγκεκριμένη χρονική θέση για κάθε λύρα.



Σχήμα 3.3 Αριστερά, στο υπο-κατασκευή (2006) control room των Pro-Tools. Δεξιά, η κυματομορφή νότας με διάρκεια 1sec μετά την επεξεργασία.

Αυτός ο συγχρονισμός των νοτών για κάθε λύρα κατά την δημιουργία της βάσης δεδομένων έγινε με σκοπό να βοηθήσει στην δημιουργία ενός κώδικα που να αυτοματοποιεί την διαδικασία εξαγωγής φασμάτων όπως περιγράφεται παρακάτω.

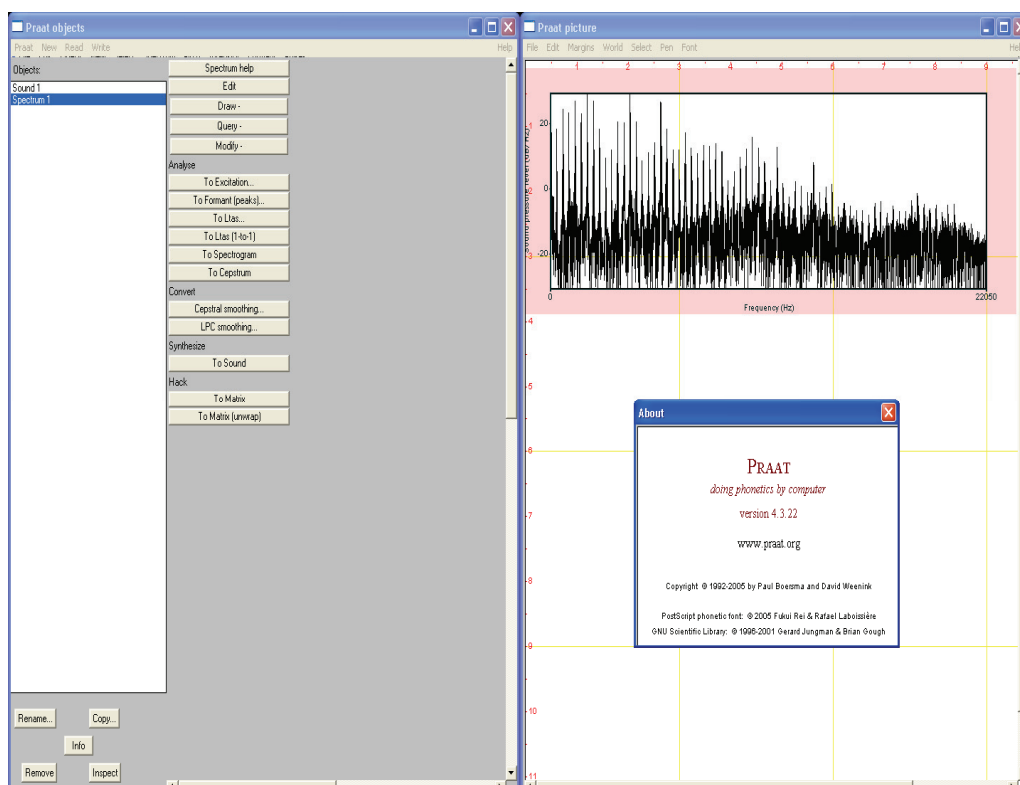
3.4 ΕΞΑΓΩΓΗ ΦΑΣΜΑΤΩΝ

3.4.1 Λογισμικό – Κώδικας και χαρακτηριστικά φασμάτων

Μετά την δημιουργία της τράπεζας δειγμάτων ακολούθησε το στάδιο της επεξεργασίας σε φασματική βάση με στόχο την κατανόηση και την διεξαγωγή συμπερασμάτων για τα χαρακτηριστικά του εκπεμπομένου από τα όργανα ήχου.

Έπρεπε λοιπόν να δημιουργηθούν φάσματα, γραφικές απεικονίσεις δηλαδή της κατανομής του πλάτους έντασης της κάθε νότας ως προς το ακουστικό συχνοτικό εύρος για την παρούσα μελέτη.

Για την φασματική επεξεργασία των δειγμάτων επιλέχθηκε το δωρεάν πλην αξιόπιστο λογισμικό PRAAT (η αξιοπιστία του ελέγχθηκε μέσω ταύτισης των αποτελεσμάτων του με αντίστοιχα από γνωστές εμπορικές εφαρμογές κόστους πολλών εκατοντάδων ευρώ)το περιβάλλον του οποίου φαίνεται παρακάτω.



Σχήμα 3.4 Το λογισμικό PRAAT

Για την απεικόνιση του φασματικού περιεχομένου των χρονικά μεταβαλλόμενων σημάτων εφαρμόστηκε Γρήγορος Μετασχηματισμός Fourier (FFT) και στις 507 νότες της τράπεζας ήχων. Δοκιμάστηκαν διάφορες μέθοδοι παραθυροποίησης καθώς και χρόνοι εφαρμογής του μετασχηματισμού (όρια ολοκλήρωσης της συνάρτησης).

Έτσι ο FFT επιλέχθηκε να παρουσιαστεί με παράθυρο Hanning και χρόνους ολοκλήρωσης 50ms και 100ms βηματικά στις νότες διάρκειας 1^{ος} δευτερολέπτου δημιουργώντας ένα αρχείο από 10140 φάσματα για FFT με βήμα 50ms και 5070 φάσματα για FFT με βήμα 100ms αντίστοιχα (507 νότες x 20 φάσματα σε χρόνο 50ms για κάθε νότα).

Ωστόσο λόγω της συγκέντρωσης μεγάλου όγκου πληροφορίας στην τράπεζα ψηφιακών ηχητικών δειγμάτων η ανάλυσή τους θα ήταν μία χρονοβόρα διαδικασία. Πόσο μάλλον εάν μετά το πέρας της διαδικασίας παρουσιαζόταν κάποιο σφάλμα που θα απαιτούσε την επανάληψή της, όπως η επιλογή λογαριθμικής ή γραμμικής απεικόνισης της συχνότητας στον οριζόντιο άξονα για παράδειγμα.

Για αυτό τον λόγο δημιουργήθηκε ειδικός κώδικας (με την μορφή script) για την τράπεζα ήχου. Με την χρήση του κώδικα αυτοματοποιείται η διαδικασία και ελέγχονται όλοι οι παράμετροι του FFT. Κατορθώθηκε λοιπόν να είναι δυνατό να δημιουργούνται και να αποθηκεύονται σε φορμά windows metafile (EMF) έως και 2000 φασματογραφήματα σε χρόνο περίπου 10 λεπτών σε υπολογιστή νέας γενιάς .

Τμήμα ενός τέτοιου κώδικα καθώς και ένα τυπικό φάσμα για 7 λύρες παρατίθενται στο Παράρτημα I.

3.4.2 Φάσματα μέσου όρου μεγάλων χρονικών διαστημάτων.

Ένας άλλος τρόπος μελέτης των φασματικών χαρακτηριστικών του εκπεμπομένου ήχου είναι μέσω της εξαγωγής φασμάτων για σήματα μεγάλης χρονικής διάρκειας που συναντιόνται στην εργασία με την ονομασία LTAS (Long Time Average Spectrums) [22].

Όπως αναφέρθηκε στην αρχή του κεφαλαίου, η τράπεζα με τα ηχητικά δείγματα που δημιουργήθηκε, αποτελείται εκτός από τις νότες και από 2 παραδοσιακά κρητικά μουσικά κομμάτια για την κάθε λύρα.

Μέσω της συγκεκριμένης λοιπόν μεθόδου τα φάσματα που εξάγονται αφορούν την ολοκλήρωση του μετασχηματισμού σε μεγάλα χρονικά διαστήματα που στην περίπτωσή μας κυμαίνονται στα 60 δευτερόλεπτα (περίπου όσο και η διάρκεια των κομματιών).

Επιλέχθηκαν χρόνοι ολοκλήρωσης 10-20-30-40-50 δευτερολέπτων ώστε να υπάρχει όσο το δυνατό περισσότερο υλικό για σύγκριση των φασμάτων μέσω αυτής της μεθόδου.

Για αυτού του είδους την φασματική καταγραφή χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό της εταιρίας 01dB Stell, dBFA-32.

3.5 ΠΡΩΤΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΣΤΑ ΦΑΣΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΟΥ ΗΧΟΥ

Τα 15210 φάσματα παρατηρήθηκαν σε πρώτο στάδιο και ακολουθεί σχολιασμός με στόχο την πρώτη επαφή με τα φασματικά χαρακτηριστικά του εκπεμπομένου από τα όργανα ήχου.

3.5.1 Απώλεια θεμελίου

Μια πρώτη παρατήρηση που αφορά το σύνολο των οργάνων είναι πως για τις πιο χαμηλές (συχνοτικά) νότες που μπορεί να παράγει το όργανο (G3-A3), το πλάτος ταλάντωσης της θεμελίου είναι κατά μέσο όρο 20 dB μικρότερο από τον 2^ο αρμονικό.

Για δύο όργανα από τα 12 της μελέτης αυτή η απόκλιση αγγίζει και τα 30 dB και τότε είναι δυνατό εύλογα να γίνεται αναφορά στο φαινόμενο απώλειας της θεμελίου [23].

Ο ανθρώπινος εγκέφαλος δημιουργεί την αίσθηση της ύπαρξης θεμελίου συχνότητας με βάση το αρμονικό περιεχόμενο ενός ήχου παρά την πλήρη απουσία της [23].

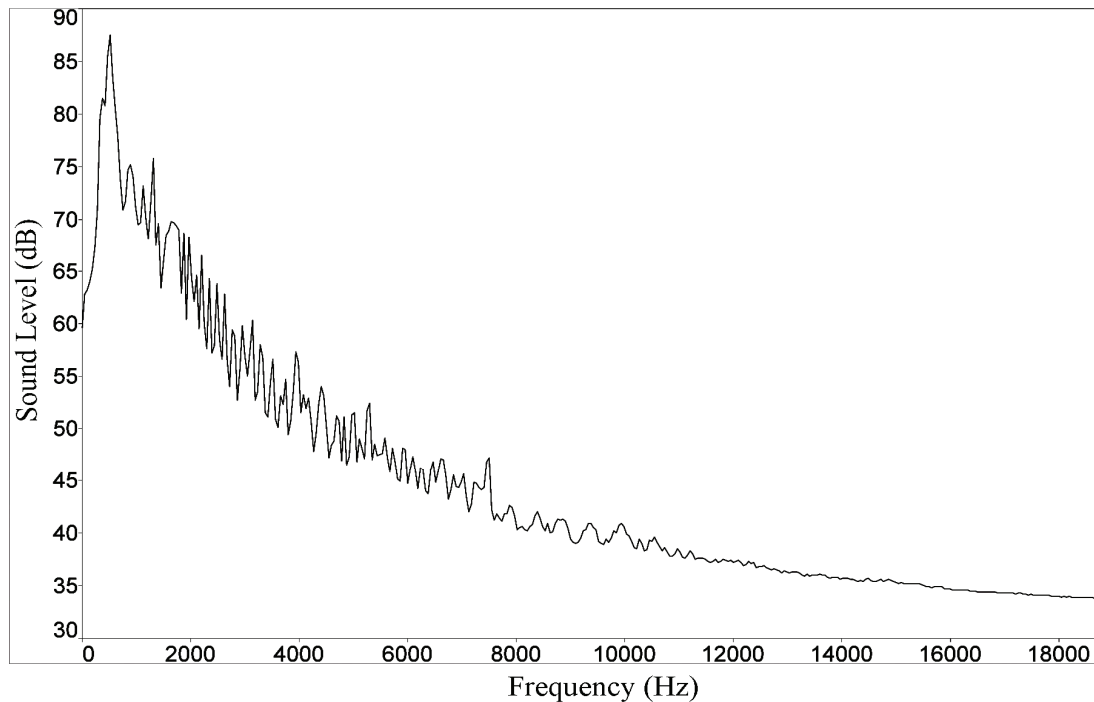
Αυτή η «εικονική» θεμέλιος που δημιουργείται αντιστοιχεί στον Μ.Κ.Δ δύο ή περισσότερων ημιτονικών σημάτων η σύνθεση των οποίων παράγει ένα ηχητικό φαινόμενο στην συγκεκριμένη περίπτωση.

Όσο το τονικό ύψος των νοτών που εκτελούνται μεγαλώνει τόσο η απόκλιση μεταξύ θεμελίου και 2^{ης} αρμονικής μικραίνει με ένα μη γραμμικό τρόπο που διαφέρει από όργανο σε όργανο. Η μη ύπαρξη όμως ενός μηχανικού τρόπου διέγερσης του οργάνου μέσω του δοξαριού δεν επιτρέπει την διεξαγωγή ποσοτικών συμπερασμάτων για την περιγραφή αυτού του φαινομένου που παρατηρείται σε αυτό το στάδιο.

3.5.2 Περιγραφή μέσης φασματικής συμπεριφοράς και ενεργειακής κατανομής

Παρατηρώντας τα φασματογραφήματα εκπομπής για τις νότες και για κάθε όργανο συμπεραίνεται πως παρά τις διαφορές υπάρχουν αρκετές ομοιότητες που συγκεντρώνονται στην συνέχεια.

Στο σχήμα που ακολουθεί δίνεται ο μέσος όρος των φασμάτων για τις νότες G3 – E5 και για τις 13 λύρες (11 + 1 που εκτελέστηκε από 2 διαφορετικούς οργανοπαίκτες). Εκτός από το φαινόμενο της «χαμένης θεμελίου» που δόθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, βγαίνουν χρήσιμα γενικά συμπεράσματα για το πώς κατανέμεται η ενέργεια στο συχνοτικό φάσμα εκπομπής των οργάνων.



Σχήμα 3.5 Οι νότες G3 – E5. Μέσος όρος για 13 λύρες.

Φανερώνεται στο σχήμα πως το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας του οργάνου συγκεντρώνεται στις συχνότητες γύρω από τα 500Hz και ακολουθεί ομαλή πτώση πλάτους έως τα ανώτερα αρμονικά στοιχεία.

Υπάρχουν δε και κάποιες ενδιάμεσες περιοχές του φάσματος όπου υπάρχει μεγαλύτερη συσσώρευση ενέργειας. Παρατηρούνται αυτές οι περιοχές με σχετικά μεγάλα πλάτη ταλάντωσης κυρίως στα 1.1KHz , 1.3KHz , 1.7KHz, 2KHz με 2.6KHz 4KHz και 6.5 με 7 KHz.

Για μεγαλύτερη κατανόηση σε αυτό το πρώτο στάδιο περιγραφής της γενικής φασματικής συμπεριφοράς, συγκεντρώνεται στο πίνακα που ακολουθεί η μέση ενέργεια για τις νότες G3 – E5 και για τις 13 λύρες όπως διεξάγεται σε ανάλυση 1/3 της οκτάβας στο ακουστικό φάσμα (20Hz – 20KHz) .

Από την τριτοκτάβα των 20 έως την αντίστοιχη των 160Hz παρατηρείται αύξηση πλάτους 10dB (από 35 – 45 αντίστοιχα) και έως τα 200Hz 7dB φθάνοντας έτσι τα 52dB . Η ενέργεια που συγκεντρώνεται σε αυτές τις συχνότητες είναι πολύ χαμηλή σε σχέση με άλλες τριτοκταβικές ζώνες και σε αυτό συμβάλει και το ότι το όργανο δεν μπορεί να αναπαράγει τις θεμελίους για νότες που αντιστοιχούν σε αυτό το εύρος. Για αυτό το λόγο στον πίνακα παρατίθενται αποτελέσματα από την τριτοκτάβα των 250H

Κεντρική Συχνότητα (KHz)	0.25	0.315	0.4	0.5	0.63	0.8	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16
Πλάτος (dB)	61	80	84	91	84	79	79	79	77	75	71	67	65	62	59	55	52	47	43

Πίνακας 3.1 Ανάλυση σε 1/3 της οκτάβας για τις νότες G3-E5

Σημαντικές παρατηρήσεις από τα στοιχεία του πίνακα είναι :

- Η μέγιστη συγκέντρωση ενέργειας στα 500 Hz.
- Η ύπαρξη μεγάλου ποσοστού ενέργειας έως τα 3.5 KHz περίπου.
- Η πτώση πλάτους από τα 2KHz έως τα 16KHz που είναι 10dB ανά οκτάβα (2,4,8,16 KHz).

Αυτές οι πρώτες παρατηρήσεις είναι μια γενική εικόνα της φασματικής συμπεριφοράς των οργάνων. Επιμέρους ανάλυση θα πραγματοποιηθεί σε επόμενο κεφάλαιο αφού η παρούσα εργασία αποτελεί την πρώτη βιβλιογραφική αναφορά στην οποία αναλύονται τα φασματικά χαρακτηριστικά της κρητικής λύρας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΨΥΧΟΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΜΠΕΙΡΟΓΝΩΜΟΝΩΝ ΜΕ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΗΧΟΥ ΤΗΣ ΚΡΗΤΙΚΗΣ ΛΥΡΑΣ

Έπειτα από έρευνα στην ελάχιστη βιβλιογραφία που αφορά την κρητική λύρα, εντοπίζεται απουσία οιασδήποτε επιστημονικής μελέτης ή ήδη καταγεγραμμένων στερεοτύπων που προσφέρουν πληροφορίες απαντητικές σε κρίσιμα ερωτήματα που αφορούν την ποιότητα ήχου της κρητικής λύρας.

Για τον λόγο αυτό κρίθηκε επιτακτική η υποβολή ψυχοακουστικών ερωτηματολογίων σε καλλιτέχνες με εμπειρία στην κρητική μουσική και κυρίως στο ηχόχρωμα της λύρας με σκοπό την άντληση γνώσης που να αφορά το πώς «αντιλαμβάνονται» την ποιότητα ήχου του συγκεκριμένου οργάνου.

Η διαδικασία και ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων περιγράφονται σε αυτό το κεφάλαιο.

4.1 ΟΙ ΣΥΝΑΝΤΗΣΕΙΣ

Επιλέχθηκαν έντεκα άνθρωποι με εμπειρία πάνω στην κρητική παραδοσιακή μουσική και από ένα ευρύ φάσμα ηλικιών (25 έως 67 ετών). Οι οκτώ εξ' αυτών λυράρηδες, ένας οργανοποιός - μουσικός και δύο λαουτιέρηδες [1].

Οι συναντήσεις με τους εμπειρογνώμονες διήρκεσαν από μία έως και οκτώ ώρες πράγμα που δηλώνει το ενδιαφέρον τους για την αξιοποίηση της επιστήμης και της τεχνολογίας με στόχο την αναβάθμιση της ίδιας της τέχνης μέσω της προόδου της οργανολογίας .

Για λόγους διευκόλυνσης των μουσικών και προκειμένου να υπάρχουν περιθώρια συζήτησης με αυτούς, οι συναντήσεις έγιναν με έναν κάθε φορά και σε χώρους επιλογής τους. Κάθε συνάντηση είχε σκοπό την συζήτηση πάνω στην λύρα όσο αφορά την ποιότητα του ήχου όπως εκείνοι την αντιλαμβάνονται, την ποιότητα του οργάνου με κάποια κατασκευαστικά κριτήρια, τους τρόπους εκτέλεσης καθώς και κάποιες φορές η κουβέντα επεκτάθηκε σε γενικότερα θέματα όπως το παρελθόν, το παρόν και το μέλλον της κρητικής μουσικής.

Οι πληροφορίες που δεν αφορούν άμεσα το αντικείμενο της παρούσας μελέτης δεν παρατίθενται σε κανένα σημείο χάριν οικονομίας χώρου, αλλά η γνώση τους συμβάλει

αναμφισβήτητα στην πλήρη κατανόηση του οργάνου και του ρόλου του στην κοινωνία της Κρήτης.



Εικόνα 4.1 Συνάντηση με τον Χαρίλαο Παπαδάκη στην Παχιά άμμο

Οι φράσεις «το δοξάρι κάνει το όργανο»*, αναφερόμενοι στην «ψυχή του οργανοπαίκτη» και άλλες φορές στην «ψυχή του οργανοποιού», ή ότι κάθε ξύλο είναι ένας ζωντανός οργανισμός και διέπεται από τον νόμο της μοναδικότητας, ειπωθήκαν από πολλούς υποβεβλημένους στα τεστ[1]. Αυτό αποδεικνύει την μεταφυσική διάσταση που περικλείεται στην τέχνη χωρίς όμως να αμφισβητείται και ο επιστημονικός παράγοντας που μπορεί να «μεταφράσει» τμηματικά ή και ολοκληρωτικά κάποια φαινόμενα που ίσως λόγω ελλιπούς κατανόησης αποδίδονται σε μεταφυσικά.

Ένα σημαντικό στοιχείο είναι επίσης η γενική παραδοχή για την μη ύπαρξη του τέλει οργάνου αν και κατά καιρούς «βρίσκονται όργανα που αγγίζουν την τελειότητα». Για όλους το τέλει όργανο είναι αυτό που «σ' αρέσει να παίζεις ασταμάτητα»[1]. Και εδώ εμφανίζεται το υποκειμενικό στοιχείο καθώς δεν αρέσει σε όλους το ίδιο όργανο.

* Οι φράσεις σε εισαγωγικά ανήκουν στους εμπειρογνώμονες και προέκυψαν μέσα από τις συναντήσεις, χωρίς ωστόσο να καταγραφούν καθώς δεν επεδιώκετο η συνέντευξη με τυποποιημένες ερωτήσεις αλλά η ελεύθερη συζήτηση γύρω από την λύρα.

4.2 Ο «ΚΑΛΟΣ» ΗΧΟΣ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΣΥΝΑΝΤΗΣΕΙΣ ΜΕ ΤΟΥΣ ΕΜΠΕΙΡΟΓΝΩΜΟΝΕΣ

Ο ήχος που κάθε λύρα εκπέμπει όσο και να μοιάζει με αυτόν κάποιας άλλης λύρας ποτέ δεν θα είναι όμοιος κατά απόλυτη έννοια. Υπάρχουν όμως κοινά σημεία στο πως κρίνεται ο ήχος ενός καλού σε σχέση με ένα υποδεέστερο όργανο. Αυτά συγκεντρώνονται παρακάτω:

1. Ηχοχρωματική ομοιογένεια.

Αυτή η ισορροπία είναι κάτι στο οποίο πάσχουν πολλά όργανα. Καθώς ο εκτελεστής παίζει νότες από την πιο χαμηλή έως την πιο υψηλή χορδή το ηχόχρωμα αλλάζει δραματικά δίνοντας την εντύπωση στον ακροατή πως ακούει άλλη λύρα ανά ένα μικρό αριθμό νοτών.

Αυτό που επιζητείται είναι το όργανο να έχει ένα χαρακτηριστικό ηχόχρωμα το οποίο δεν θα εναλλάσσεται όπως δηλώνουν οι περισσότεροι μουσικοί [1]. Είτε ο εκτελεστής παίζει μία νότα A3 στα 220Hz, είτε μία A4 στα 440Hz, ο ακροατής πρέπει να αναγνωρίζει το όργανο.

2. Τραχύτητα.

Οι οργανοπαίκτες συμφωνούν στο ότι η λύρα πρέπει να έχει τραχιά χαρακτηριστικά στο ηχόχρωμά της, με κάποιο μέτρο πάντα το οποίο προσδιορίζεται από τον εκάστοτε ακροατή. Συγκεκριμένα επιζητούν «να μην ακούγεται πολύ γλυκά, όπως ηχεί ένα βιολί» αλλά «να μην σου γδέρνει τα αυτιά» [1].

Η 2^η αυτή φράση υποδηλώνει μια ομαλή κατανομή ενέργειας στις μεσαίες και υψηλότερες συχνотικές περιοχές του ακουστικού φάσματος. Άλλωστε το ανθρώπινο αυτί «συντονίζεται» σε συχνότητες από τα 3KHz περίπου [23]. Αν λοιπόν το όργανο ηχοβολεί με μεγάλη ένταση σε αυτήν την περιοχή (2.5-4KHz) τότε ο χαρακτηρισμός «γδάρσιμο των αυτιών» αιτιολογείται σε μεγάλο βαθμό.

Σίγουρα ο ήχος μιας καλής λύρας σε αντίθεση με αυτόν μιας μέτριας μπορεί να προσδιοριστεί με αντικειμενικά κριτήρια. Για παράδειγμα μια λύρα της οποίας το καπάκι έχει φθαρεί ή ακόμα και τρυπήσει σε κάποιο σημείο με αποτέλεσμα το όργανο να έχει χάσει τον όγκο του (ενέργεια στις χαμηλές συχνότητες και γύρω από την αέρινη συχνότητα) και να βγάζει ένα πολύ λεπτό, τραχύ και συριστικό ήχο δεν χρειάζεται να αξιολογηθεί από εμπειρογνώμονες για να φανεί πως ο ήχος αυτός δεν θα είναι αποδεκτός από το ευρύ κοινό.

Ανάμεσα όμως σε πολλά καλά όργανα εισάγονται πολλά υποκειμενικά στοιχεία και σίγουρα κάθε οργανοπαίκτης θα επιλέξει αυτό που ταιριάζει περισσότερο στην ιδιοσυγκρασία του.

Άλλοι θα προτιμήσουν ένα όργανο με μεγαλύτερη ενέργεια στις χαμηλές συχνότητες και άλλοι με περισσότερη ή λιγότερη τραχύτητα. Αν όμως το όργανο έχει καλή ισορροπία στο συχνοτικό φάσμα εκπομπής του και δεν υπερβάλλει με πολλές υψηλές συχνότητες που να κάνουν πολύ οξύ και «λεπτό» τον ήχο του ή και με μεγάλη αντήχηση (χρονική διάρκεια των αρμονικών στοιχείων) που να καταστρέφει την ευκρίνειά του, μπορεί να θεωρηθεί πως θα είναι και αντικειμενικά αποδεκτό.

4.3 Ο ΤΡΟΠΟΣ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΤΩΝ ΤΕΣΤ

Το ψυχοακουστικό test που υποβλήθηκε στους οργανοπαίκτες περιλαμβάνει την ακρόαση 26 ηχητικών παραδειγμάτων για τις 13 λύρες που ηχογραφήθηκαν. Τα πρώτα 13 παραδείγματα αφορούν το κομμάτι του Αθανάσιου Σκορδαλού με τίτλο «θέλω να βλέπω θάλασσα» που είναι Συρτός. Μετά την ακρόαση κάθε παραδείγματος, ο ακροατής καλείται να βαθμολογήσει την λύρα που άκουσε με κλίμακα από το 0 έως το 10 και αν δύναται να σχολιάσει κάτι θετικό ή αρνητικό σχετικά με το ηχόχρωμα του κάθε οργάνου.

Στα επόμενα 13 παραδείγματα έχουμε τις λύρες με διαφορετική σειρά όπου εκτελούνται παραδοσιακές σητειακές κοντυλιές. Η πλειοψηφία των νοτών που «απαρτίζουν» την μελωδία των σητειακών κοντυλιών βρίσκονται στην G3 και D4 χορδή σε αντίθεση με το συρτό όπου εκτελείται στις G3 και A4 χορδές.

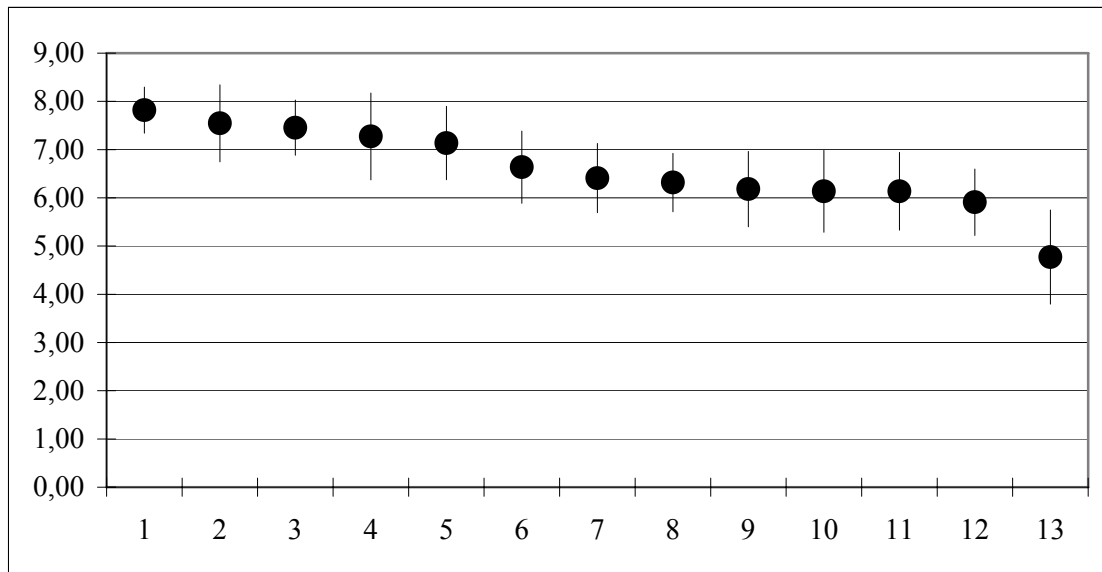
Η ακρόαση έγινε με φορητό CD player της Sony και τα μόνιτορ ακουστικά DT-770 της Beyerdynamics.

Κατά την δημιουργία του CD με τα ηχητικά παραδείγματα έγινε μόνο ισοστάθμιση των μέσων όρων των εντάσεων των κομματιών και καμία άλλη επεξεργασία ώστε η ακουστότητα [23] να μην επηρεάσει την κρίση των υποβλημένων στο test ακροατών.

4.4 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Από τις 13 λύρες ξεχώρισαν 4 ως οι πιο αποδεκτές και 2 ως οι μη αποδεκτές με βάση το ηχόχρωμά τους. Η απόκλιση είναι της τάξης 3^{ov} μονάδων στην κλίμακα βαθμολογίας από την καλύτερη που συγκέντρωσε μέσο όρο 7.82, έως την κατώτερη με μέσο όρο 4.77 μονάδες.

Υπάρχει γενική συμφωνία των ακροατών για το ηχόχρωμα της καλύτερης λύρας με ελάχιστες εξαιρέσεις που προτίμησαν την 2^η στην τελική βαθμολογία αντί της 1^{ης}.



Σχήμα 4.2 Οι βαθμολογίες των 13 οργάνων (κουκίδες) και η τυπική απόκλιση (γραμμές).

Ωστόσο υπάρχουν αρκετοί παράγοντες που επηρεάζουν την κρίση των ακροατών σε τέτοιου είδους μετρήσεις:

Η σειρά τοποθέτησης των ακουστικών παραδειγμάτων είναι ένας από αυτούς καθώς κάποιιο κριτές μπορεί να είναι αυστηροί στην πρώτη τους κρίση περιμένοντας τα καλύτερα ηχητικά παραδείγματα να ακολουθήσουν. Έτσι οι πρώτες λύρες μπορεί να υστερούν σε βαθμολογία των επόμενων. Για την αποφυγή τέτοιου είδους ανισοτήτων ζητήθηκε από τους ακροατές η βαθμολογία με την προϋπόθεση πως ο άριστος ήχος που βαθμολογείται με 10 μονάδες είναι αυτός που εκείνοι υποκειμενικά θεωρούν άριστο και όχι μεταξύ των οργάνων που πλαισιώνουν τα ακουστικά παραδείγματα της μελέτης.

Έτσι υπάρχουν κριτές που βαθμολόγησαν με 10 ενώ κάποιοι έθεσαν ανώτερο βαθμό το 9 και ένα μικρότερο ποσοστό βαθμολόγησε με ανώτερο βαθμό το 8 ή και το 7. Αντίστοιχα και στον κατώτερο βαθμό υπάρχει ένας ακροατής που έβαλε την μονάδα (1) ενώ οι περισσότεροι είχαν σαν κατώτερο βαθμό τις 4 και 5 μονάδες.

Αυτός ο τρόπος βαθμολογίας δεν επηρεάζει την θέση που έλαβε το κάθε όργανο με βάση τον μέσο όρο παρότι δίνει μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ κατώτατης και ανώτατης τιμής για κάθε όργανο (στην τυπική απόκλιση). Έχει όμως το θετικό πως ο ακροατής ακούει το κάθε ηχόχρωμα χωριστά χωρίς να μπαίνει στην διαδικασία της σύγκρισης και η τελική βαθμολογία εξάγεται σε ρεαλιστικά πλαίσια καθώς το καλύτερο όργανο του τεστ συγκεντρώνει 7,55

μονάδες M.O στην εκτέλεση του συρτού και 8,09 μονάδες M.O στις σητειακές κοντυλιές, συμπεραίνοντας έτσι πως γίνεται λόγος για ένα πολύ καλό όργανο αλλά όχι το τέλειο και όχι για όλους.

Δεδομένου λοιπόν του υποκειμενικού στοιχείου του τεστ, θα ήταν πολύ δύσκολο για ένα όργανο να συγκεντρώσει M.O άριστα 10. Έστω όμως και αν κάποιος ακροατής βαθμολόγησε το καλύτερο όργανο του τεστ με 7 ή 8, αυτός ήταν και ο μεγαλύτερος βαθμός που δόθηκε πράγμα από το οποίο συμπεραίνεται πως σχεδόν όλοι συμφωνούν για τα 3 καλύτερα όργανα άσχετα με το αν κάποιοι θεώρησαν το 2^ο σε M.O καλύτερο από το πρώτο με βάση πάντα την υποκειμενική τους κρίση.

Ο λόγος που τοποθετήθηκαν 2 ακουστικά παραδείγματα για κάθε όργανο όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο της ηχογράφησης (3) είναι η αναγκαιότητα της πλήρους κάλυψης της τονικής έκτασης του οργάνου. Συνάμα όμως δίδεται και η δυνατότητα σε ένα βαθμό να συσχετιστούν τα αποτελέσματα για το ίδιο όργανο όταν εκτελέστηκαν δύο διαφορετικά μουσικά κομμάτια, από τον εκάστοτε οργανοπαίκτη.

Έτσι εμφανίζονται οι περισσότερες λύρες να έχουν απόκλιση μιας μονάδας για τις βαθμολογίες στα δύο κομμάτια. Οι περισσότερες λύρες που δέχτηκαν ακριβώς την ίδια βαθμολογία από έναν κριτή και στα 2 κομμάτια είναι 7 και στις υπόλοιπες ο συγκεκριμένος ακροατής είχε απόκλιση μιας μονάδας εκτός από μία όπου στο συρτό βαθμολόγησε με 7 και στις κοντυλιές με 5. Χωρίς βέβαια αυτό να είναι απόλυτα σωστό καθώς όπως είναι γνωστό, στο ένα παράδειγμα οι νότες που εκτελούνται στη ρε χορδή είναι ελάχιστες και για πολύ μικρή διάρκεια, σε σχέση με το σύνολο του κομματιού, ενώ το 2^ο εκτελείται σε ένα μεγάλο ποσοστό στην εν λόγω χορδή (D).

Όλοι οι ακροατές των τεστ κατάλαβαν την ύπαρξη 2 οργανοπαικτών χωρίς να τους το επισημάνουμε εξ' αρχής και σχολίασαν την επιρροή που αυτό είχε στην τελική τους βαθμολογία.

Αυτό παρατηρείται από την λύρα που εκτελέστηκε και από τους δύο οργανοπαίκτες η οποία μπορεί να συγκεντρώσει M.O βαθμολογίας 6,73 και 6,82 για στην εκτέλεση του συρτού και για τους 2 οργανοπαίκτες αποτέλεσμα άκρως ικανοποιητικό αλλά στις σητειακές κοντυλιές τα δεδομένα άλλαξαν με την ίδια λύρα να συγκεντρώνει 6,55 μονάδες για τον έναν οργανοπαίκτη και μόλις 5,45 μονάδες για τον δεύτερο. Έτσι με M.O 6,64 και 6,14 η ίδια λύρα κατέλαβε την 6^η και 10^η θέση στις 13 των ακουστικών παραδειγμάτων.

Αξιοσημείωτο είναι πως η μέγιστη πλειοψηφία των ακροατών ζήτησαν να ακούσουν τα παραδείγματα 2 και 3 φορές για να μπορούν να διεξάγουν όσο το δυνατό «ορθότερη» κρίση πράγμα που «ενισχύει» τα αποτελέσματα.

Επιπλέον, πολύτιμα ήταν τα σχόλια που συγκεντρώθηκαν και αφορούν στο ηχόχρωμα και συγκεκριμένα στην απόδοση των οργάνων στην κάθε χορδή έτσι ώστε να γίνουν γνωστοί οι λόγοι που συντέλεσαν στην τελική βαθμολογία.

Έχοντας σχόλια για το ποιες συχνοτικές περιοχές ήταν προβληματικές και αντίστοιχα ποιες ήταν ικανοποιητικές έως άριστες με βάση την υποκειμενική κρίση των ακροατών, σίγουρα εμφανίζεται ένας επιπλέον τρόπος προσέγγισης των οργάνων χωρίς να υπονοείται πως η ύπαρξη μιας βαθμολογίας έπειτα από προσεκτική και πολύωρη ακρόαση είναι από μόνη της στείρα.

Τέλος, τα στοιχεία για τον σχολιασμό του ηχοχρώματος των οργάνων είναι πάρα πολλά και δεν αφορούν την παρούσα μελέτη ώστε να παρουσιαστούν και αναλυθούν διεξοδικά σε αυτό το κεφάλαιο. Σίγουρα θα ληφθούν υπόψη μας σε μετέπειτα στάδιο όπου θα συσχετιστούν με τις ακουστικές των οργάνων.

Τέλος, στο παράρτημα II παρατίθεται πίνακας με τις αναλυτικές βαθμολογίες των μουσικών - πληροφορητών χωρίς ωστόσο να κατονομάζονται ούτε οι λύρες ούτε οι βαθμολογητές, αφού ο σκοπός της εργασίας δεν σχετίζεται με κάτι τέτοιο και δεν στοχεύεται το να θιγεί το κύρος κανενός οργανοποιού όπως σημειώθηκε και κατά την εισαγωγή της εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ ΔΟΝΗΣΕΩΝ ΑΝΤΗΧΕΙΩΝ

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται περιγραφή των μεθόδων που ακολουθούνται για την μελέτη των δονητικών χαρακτηριστικών των αντηχείων. Επίσης αναφέρονται και σχολιάζονται παραλλαγές στον τρόπο εφαρμογής συγκεκριμένων μεθόδων.

5.1 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΙΑ ΨΗΦΙΔΩΝ (ESPI)

Στο εργαστήριο ακουστικής και οπτικής τεχνολογίας χρησιμοποιείται η μέθοδος της χρονικά ολοκληρωμένης ηλεκτρονικής συμβολομετρίας ψηφίδων (time-average ESPI). Μέσω της μεθόδου αυτής μπορούν να παρατηρηθούν και να καταγραφούν οι δονήσεις των αντηχείων και να υπολογιστεί το πλάτος ταλάντωσης της δονούμενης επιφάνειας που μελετάται κάθε φορά.

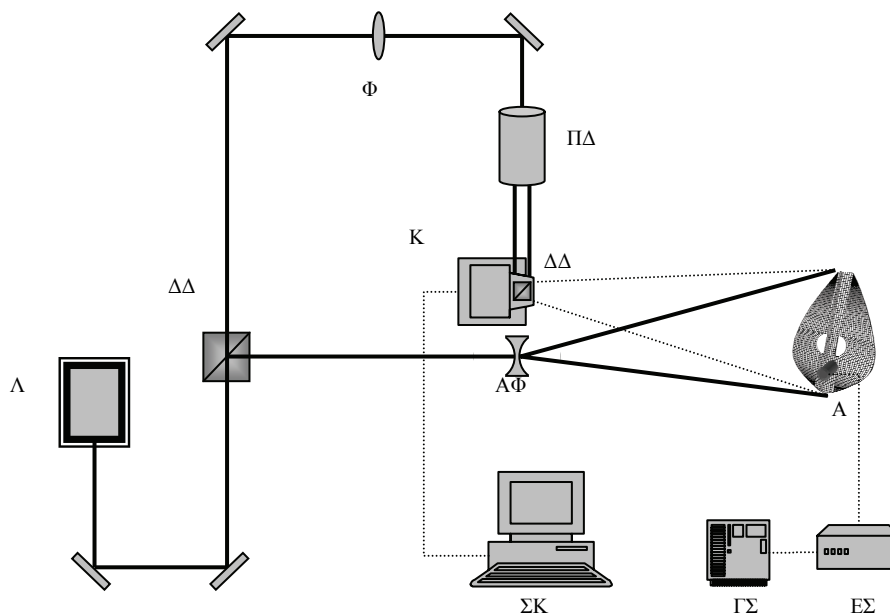
Αυτό επιτυγχάνεται με την λήψη ασπρόμαυρων φωτογραφιών όπου μέσω διαβαθμίσεων του γκρι, προσδιορίζονται τα ζητούμενα στοιχεία για τους τρόπους δόνησης των αντικειμένων που μελετώνται.

Ο τρόπος με τον οποίο γίνονται αυτές οι παρατηρήσεις και η λήψη των φωτογραφιών που αναφέρονται, περιγράφεται στη συνέχεια.

5.1.1 Πειραματική διάταξη και διαδικασία

Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζεται η διάταξη της ESPI του εργαστηρίου ακουστικής και οπτικής τεχνολογίας του τμήματος μουσικής τεχνολογίας και ακουστικής στο Ρέθυμνο, και ο τρόπος με τον οποίο εφαρμόζεται η συγκεκριμένη μέθοδος αναλύεται παρατηρώντας το σχήμα αυτό.

Σε πρώτο στάδιο το υπό μελέτη αντικείμενο (Α) στηρίζεται σε μεταλλική βάση όπου στα άκρα της υπάρχει απορροφητικό ελαστικό υλικό. Η βάση αυτή είναι εγκατεστημένη σε τράπεζα απορρόφησης κραδασμών ώστε να αποφευχθεί η επιρροή εξωτερικών δονήσεων κατά την διαδικασία λήψης των μετρήσεων.

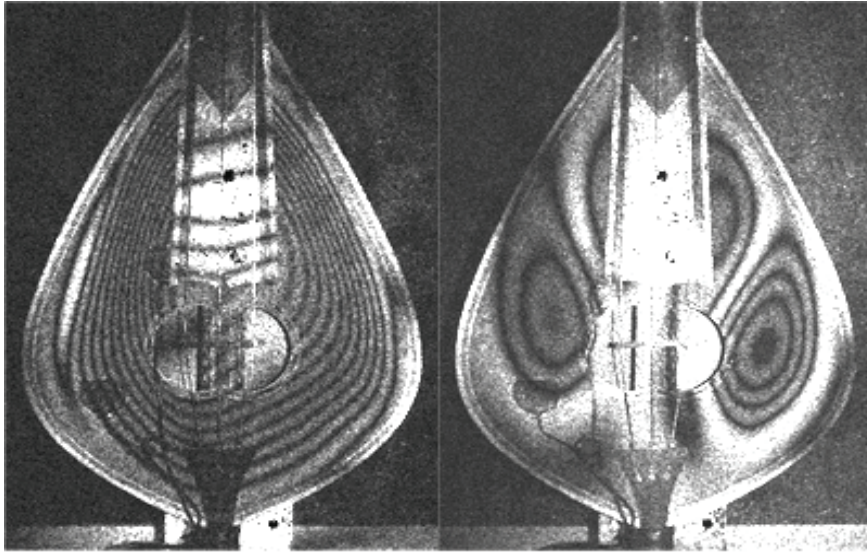


Σχήμα 5.1 Πειραματική διάταξη ESPI: Λ-λείζερ, ΔΔ-διαχωριστής δέσμης, Φ-φίλτρο μεταβλητής απορρόφησης, ΠΔ-παράλληλοποιητής δέσμης, Κ-κάμερα CCD, ΑΦ-αποκλίνων φακός, Α-αντικείμενο, ΣΚ-σύστημα καταγραφής, ΓΣ-γεννήτρια συχνοτήτων, ΕΣ-ενισχυτής σήματος. [18 αναφορά στο σχήμα;]

Το πράσινου φωτός laser (Λ) της εταιρίας Cobolt Samba™ που είναι συνεχούς μήκους κύματος, μονού εγκάρσιου και διαμήκους ρυθμού, διαχωρίζεται σε δύο δέσμες μέσω οπτικού διαχωριστή (ΔΔ) σε αναλογία 50/50. Η μια εκ των δεσμών (δέσμη αναφοράς) οδηγείται μέσω ανακλάσεων σε ψηφιακή κάμερα υψηλής ανάλυσης, αφού έχει υποστεί παράλληλη χωρική μεγέθυνση. Η δεύτερη δέσμη (δέσμη αντικειμένου) διαμορφώνεται από αποκλίνοντα φακό (ΑΦ) και φωτίζει το αντικείμενο. Η ανάκλασή της από το αντικείμενο συλλέγεται και διαμορφώνεται από κατάλληλο οπτικό σύστημα ώστε να έχει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά με τη δέσμη αναφοράς κατά την πρόσπτωσή της στην ψηφιακή κάμερα. [18]

Ένας υπολογιστής λειτουργεί ως σύστημα καταγραφής και επεξεργασίας των δεδομένων που εξάγονται από την ψηφιακή κάμερα. Αυτό που ουσιαστικά γίνεται είναι χρονική συσχέτιση των φωτεινών εντάσεων που καταγράφει η κάμερα (ανακλώμενης και αναφοράς). Όταν γίνει μία εγκάρσια μορφολογική μεταβολή του αντικειμένου που εκτίθεται για μελέτη (αρχίσει να ταλαντώνεται) τότε και η φωτεινή ένταση που καταγράφει η κάμερα από την ανακλώμενη φωτεινή δέσμη θα έχει μεταβληθεί ως προς την δέσμη αναφοράς ανάλογα με την μεταβολή του αντικειμένου.

Η μεταβολή της φωτεινής δέσμης ανάκλασης σε συμβολή με την ένταση αναφοράς εμφανίζεται με την μορφή κροσσών συμβολής και διαβαθμίσεων του γκρι στις φωτογραφίες των υπό μελέτη αντικειμένων.



Σχήμα 5.2 Δύο φωτογραφίες που προκύπτουν από την μέθοδο της ESPI

Παρατηρείται στο σχήμα πως τα σκοτεινά σημεία και οι κροσσοί συμβολής των παραπάνω φωτογραφιών που προκύπτουν από την ESPI είναι σημεία όπου υπάρχει ταλάντωση, ενώ ανάλογα με τις διαβαθμίσεις του γκρι προς το λευκό έχουμε μείωση του πλάτους ταλάντωσης. Στις λευκές περιοχές έχουμε μηδενικό πλάτος ταλάντωσης (δεσμοί ταλάντωσης).

Αυτό που σημειώνεται είναι πως το μέγιστο πλάτος ταλάντωσης, είναι ανάλογο με τον αριθμό των κροσσών συμβολής που σχηματίζονται και βρίσκεται στο κέντρο των κροσσών αυτών. Θα μπορούσαν λοιπόν να παρομοιαστούν οι φωτογραφίες αυτές σαν υψομετρικοί χάρτες, όπου κάθε κροσσός υποδηλώνει ένα υψόμετρο. Στην συγκεκριμένη περίπτωση βέβαια υποδηλώνει μια τιμή πλάτους μετατόπισης.

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται πως η λύρα της αριστερής φωτογραφίας του σχήματος 5.2 έχει πολύ ισχυρό πλάτος ταλάντωσης με μέγιστο στην περιοχή πίσω από την ταστιέρα του οργάνου.

Αντίθετα η λύρα στην δεξιά φωτογραφία έχει μικρότερο πλάτος ταλάντωσης (μικρότερος αριθμός κροσσών συμβολής), ενώ τα μέγιστα πλάτη είναι στην δεξιά πλευρά και στην αριστερή (στα κέντρα των κροσσών), και δεν αποκλείεται η ύπαρξη άλλης μίας ή δύο περιοχών ταλάντωσης που δεν είναι όμως ευδιάκριτες από την στιγμή που η ταστιέρα του οργάνου καλύπτει το οπτικό πεδίο του παρατηρητή.

5.1.2 Μαθηματική θεώρηση της ESPI

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, η εξαγωγή των εικόνων-φωτογραφιών γίνεται στον υπολογιστή όπου οι δύο φωτεινές δέσμες (αναφοράς και ανακλώμενη) συσχετίζονται με κάποιο τρόπο και έτσι δημιουργούνται οι κροσσοί συμβολής που μας δίνουν την πληροφορία για την θέση και το μέτρο του πλάτους ταλάντωσης των μελετώμενων επιφανειών.

Σε αυτό το σημείο περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο διεξάγεται αυτή η συσχέτιση των φωτεινών δεσμών με χρήση των μαθηματικών.

Θεωρούμε ότι μία επιφάνεια δονείται εγκάρσια. Η μετατόπιση από τη θέση ισορροπίας, w , σε κάθε σημείο της (x,y) για κάθε χρονική στιγμή, t , δίνεται από τη σχέση:

$$w(x,y,t) = A(x,y) \cos[\omega t + \phi_0(x,y)] \quad (5.1.1)$$

όπου $A(x,y)$ είναι η κατανομή του πλάτους ταλάντωσης πάνω στην επιφάνεια, ω η συχνότητα της ταλάντωσης και $\phi_0(x,y)$ είναι η κατανομή της φάσης πάνω στην επιφάνεια. Θεωρώντας ότι τ είναι ο χρόνος έκθεσης της κάμερας, η κατανομή της φωτεινής έντασης που ανιχνεύει η κάμερα δίνεται από τη σχέση:

$$I_1 = \frac{1}{\tau} \int_0^\tau \left\{ I_A + I_B + 2\sqrt{I_A I_B} \cdot \cos \left[\phi + \frac{2\pi}{\lambda} (1 + \cos \theta) A \cos(\omega t + \phi_0) \right] \right\} dt \quad (5.1.2)$$

όπου I_A και I_B είναι οι κατανομές έντασης των δεσμών αναφοράς και αντικειμένου αντίστοιχα, ϕ είναι η διαφορά φάσης μεταξύ των παραπάνω δεσμών, θ είναι η γωνία ανάκλασης από το αντικείμενο (στην περίπτωσή μας $\theta \approx 0^\circ$).

Θέτοντας $\Gamma = (2\pi / \lambda) (1 + \cos \theta)$ και $\tau = 2m\pi/\omega$, όπου m είναι ακέραιος, και ολοκληρώνοντας η εξίσωση (5.1.2) γίνεται [24,25,26]:

$$I_1 = I_A + I_B + 2\sqrt{I_A I_B} |(\cos \phi) J_0(\Gamma A)| \quad (5.1.3)$$

όπου J_0 είναι η συνάρτηση Bessel μηδενικής τάξης πρώτου είδους. Λόγω της χρονικής ολοκλήρωσης στην (5.1.3) έχει εξαλειφθεί η φάση της δόνησης.

Καθώς η ταλάντωση του αντικειμένου συνεχίζεται, υποθέτουμε ότι το πλάτος της ταλάντωσης αλλάζει, λόγω αστάθμητων παραγόντων, κατά ένα μικρό ποσό και από A γίνεται $A + \Delta A$. Τότε μια δεύτερη εικόνα καταγράφεται, της οποίας η ένταση φωτός μπορεί παρομοίως να εκφραστεί, μετά από ανάπτυγμα Taylor, ως [26]:

$$I_2 = I_A + I_B + 2\sqrt{I_A I_B} \left| (\cos \phi) \left[1 - \frac{1}{4} \Gamma^2 (\Delta A^2) \right] J_0(\Gamma A) \right| \quad (5.1.4)$$

Οι διαδοχικές εικόνες I_1 και I_2 αφαιρούνται μέσω κατάλληλου λογισμικού που αναπτύχθηκε πλήρως στο εργαστήριο, και το αποτέλεσμα εκφράζεται σαν:

$$I = I_2 - I_1 = \frac{\sqrt{I_A I_B}}{2} \left| (\cos \phi) \Gamma^2 (\Delta A^2) J_0(\Gamma A) \right| \quad (5.1.5)$$

Η εικόνα $I(x,y)$ καταγράφεται συνεχώς καθώς αλλάζει η συχνότητα της διέγερσης. Σε κάθε συχνότητα καταγράφονται αρκετές εικόνες με κυμαινόμενους χρόνους του κλείστρου από 200ms έως 1sec ανάλογα με τον τρόπο που εμφανίζονται οι συντονισμοί.

Όταν πλησιάζει την συχνότητα συντονισμού εμφανίζονται κροσσοί, με τον αριθμό τους να μεγιστοποιείται ακριβώς στη συχνότητα συντονισμού όπου υπάρχει μέγιστο πλάτος ταλάντωσης της δονούμενης επιφάνειας. Με αυτό τον τρόπο εντοπίστηκαν και οι συχνότητες συντονισμού αλλά και η κατανομή των τρόπων ταλάντωσης της επιφάνειας.

5.1.3 Παραλλαγές στον μηχανισμό διέγερσης των επιφανειών στην ESPI

Σε αυτό το στάδιο περιγράφονται οι μηχανισμοί διέγερσης που χρησιμοποιήθηκαν κατά την εφαρμογή της ESPI.

5.1.3.1 Ηχοβόλιση με monitor ηχείο:

Με ένα monitor ηχείο γίνεται ηχοβόλιση με ημιτονικά σήματα στο όργανο με βήμα 1 Hz (sweep tones). Το εύρος μελέτης είναι 60 έως 2000 Hz και η ένταση διατηρείται όσο το

δυνατό σταθερή. Καταγράφονται οι ιδιοσυχνότητες του καπακιού και ταυτόχρονα παρατηρείται η συμπεριφορά του οργάνου όσον αφορά την ύπαρξη «νεκρών» περιοχών (μηδενικό πλάτος) και τα εύρη συντονισμών.

Σημαντική παρατήρηση που γίνεται κατά τα προκαταρκτικά στάδια μετρήσεων είναι πως μεταβάλλοντας την θέση του ηχείου ως προς την λύρα σε απόσταση και γωνία ηχοβολίσης δεν παρουσιάζεται καμία μεταβολή στον τρόπο δόνησης των αντηχείων.

Για την μέθοδο αυτή συγκεντρώθηκαν οι 1^η, 2^η, 7^η, 8^η και 13^η λύρα με βάση τον τρόπο που βαθμολογήθηκαν κατά την στατιστική μελέτη εμπειρογνομόνων.

- Το πλεονέκτημα αυτού του τρόπου διέγερσης έγκειται στο ότι δεν προστίθεται βάρος πάνω στο καπάκι του οργάνου το οποίο μπορεί να επηρεάσει τους τρόπους ταλάντωσής του.
- Το μειονέκτημα όμως είναι η συμμετοχή της ακουστικής συμπεριφοράς του χώρου στον οποίο το ηχείο ηχοβολεί όπου με δημιουργία αρμονικών, στάσιμων κυμάτων και άλλων ανεπιθύμητων ακουστικών φαινομένων παραμορφώνει το ημιτονικό κύμα με το οποίο διεγείρεται κάθε φορά το όργανο.
- Επίσης, η συχνοτική απόκριση του ηχείου σε συνδυασμό με την ακουστική συμπεριφορά του δωματίου καθιστά αβέβαιη την διεξαγωγή ποσοτικών συμπερασμάτων από την στιγμή που δεν υπάρχει σταθερό πλάτος έντασης για όλο το εύρος μελέτης από το «σύστημα οδήγησης».

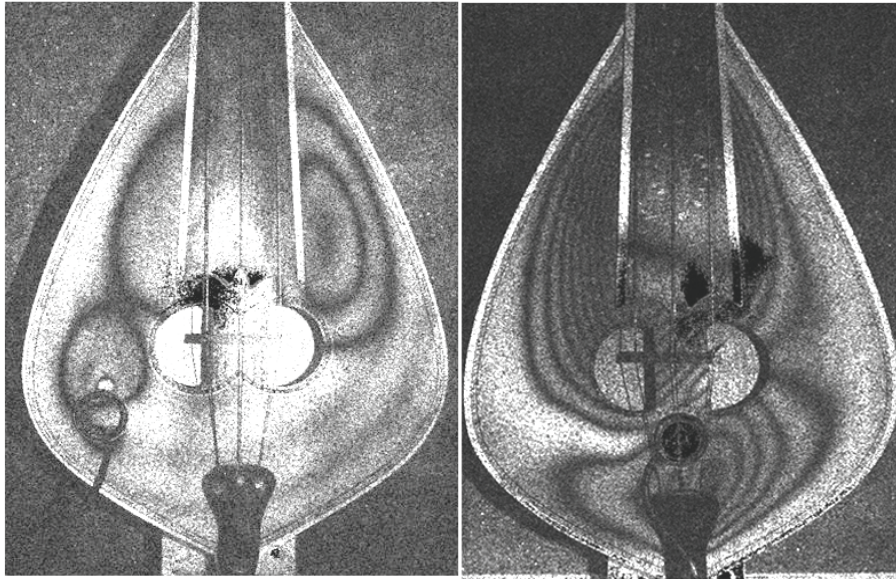
5.1.3.2 Διέγερση με πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο στο καπάκι και σε 2 διαφορετικές θέσεις:

Κατά την μέθοδο αυτή το σύστημα διέγερσης του καπακιού είναι ένας πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος που λειτουργεί ως ημιτονικός δονητής. Ο κρύσταλλος τοποθετείται σε ένα σημείο στο κάτω αριστερό ή δεξί μέρος του καπακιού στο ύψος του χορδοστάτη και η οδήγηση γίνεται με γεννήτρια συχνοτήτων, το σήμα της οποίας ενισχύεται από εξωτερική μονάδα ενίσχυσης.

Με τον συγκεκριμένο μηχανισμό οδήγησης μελετήθηκαν οι ιδιοσυχνότητες για 10 λύρες. Για 2 λύρες όμως η τοποθέτηση του κρυστάλλου ήταν διαφορετική. Συγκεκριμένα ο διεγέρτης τοποθετήθηκε στο κέντρο του οργάνου πάνω στο καπάκι και λίγο κάτω από το κατώτερο σημείο των οπών.

Επίσης 2 λύρες μετρήθηκαν με τον διεγέρτη και στις 2 θέσεις ώστε να υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης των αποτελεσμάτων.

- Το πλεονέκτημα αυτού του τρόπου διέγερσης είναι η μη συμμετοχή του χώρου που εφαρμόζεται η μέθοδος στις πειραματικές μετρήσεις.

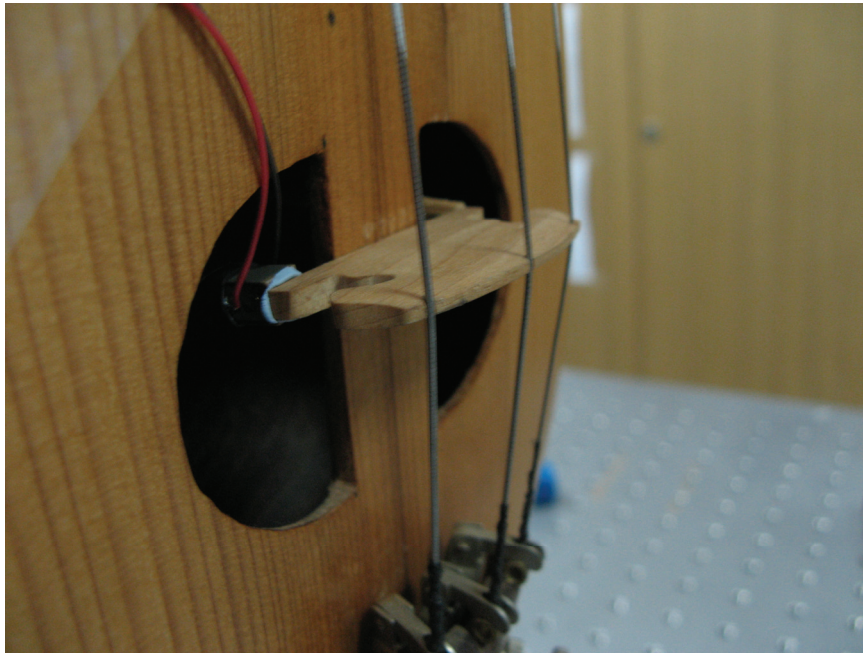


Σχήμα 5.3 Αριστερά- η θέση του διεγέρτη με την οποία μετρήθηκαν 8 λύρες. Δεξιά- η θέση του διεγέρτη με την οποία μελετήθηκαν 2 λύρες

- Σαν μειονέκτημα όμως που έρχεται και αντισταθμίζει το παραπάνω είναι το βάρος του κρυστάλλου καθώς και το ότι διεγείρει το καπάκι από συγκεκριμένη περιοχή του και όχι συνολικά όπως το ηχείο.
- Επίσης, σε τέτοιου είδους μετρήσεις πρέπει πάντα να υπολογίζεται η συχνοτική απόκριση του κρυστάλλου, η οποία όμως θεωρείται «γραμμική» στο εύρος που γίνεται εφαρμογή της μεθόδου και κυρίως μετά τα 100Hz με βάση τις χαρακτηριστικές καμπύλες που δίνουν οι κατασκευάστριες εταιρίες.

5.1.3.3 Διέγερση με πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο σε 2 κάθετες θέσεις της γέφυρας

Επιδιώκοντας την απαλοιφή του βάρους του κρυστάλλου και την δημιουργία ταλαντώσεων στο αντηχείο με τον πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο, επιλέχθηκαν δύο θέσεις πάνω στην γέφυρα όπου ο διεγέρτης τοποθετήθηκε για να μετρηθούν τελικώς 2 λύρες προτού συσχετιστούν οι μετρήσεις με τους διαφορετικούς τρόπους διέγερσης, προκειμένου να βγουν συμπεράσματα για το ποιος είναι ο καταλληλότερος ώστε να επιτευχθεί ο σκοπός του πειράματος.



Σχήμα 5.4 Πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος στο πόδι της γέφυρας.

Οι δύο θέσεις που επιλεχθήκαν πάνω στην γέφυρα είναι α) στο αριστερό «πόδι» της που αντιστοιχεί κάθετα στην χορδή G3 (σχήμα 5.4) και β) κάθετα στην θέση α ώστε ο κρύσταλλος να είναι τοποθετημένος παράλληλα με την εν λόγω χορδή.

5.2 ΗΧΟΒΟΛΙΣΗ

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου της ηχοβόλισης χρησιμοποιείται monitor ηχείο «ικανοποιητικής» συχνοτικής απόκρισης (+3-4 dB από τα 60Hz έως τα 16KHz) της εταιρίας M-Audio. Το ηχείο εκπέμπει λευκό θόρυβο και με πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο της εταιρίας PI (σχήμα 5.4), καταγράφονται οι δονήσεις σε συγκεκριμένα σημεία.

Οι διαστάσεις των διαφόρων μερών του οργάνου που αναφέρθηκαν στο 1^ο κεφάλαιο βοήθησαν στην καταγραφή ενός πλέγματος στα καπάκια και στις πλάτες των οργάνων και επιλογή συμμετρικών ως προς την μπάρα του καπακιού σημείων, για την τοποθέτηση του πιεζοηλεκτρικού κρυστάλλου. Συγκεκριμένα, επιλέχθηκαν 22 σημεία για το καπάκι και 22 για την πλάτη του οργάνου.

Παρατηρώντας κατά την διαδικασία της ολογραφίας ότι και η γλώσσα (ταστιέρα) του οργάνου δονείται, και μάλιστα σε κάποιες περιοχές οι συντονισμοί της συμπίπτουν με τους συντονισμούς του καπακιού, θεωρήθηκε επικερδής η ύπαρξη μετρήσεων για τις ταλαντώσεις

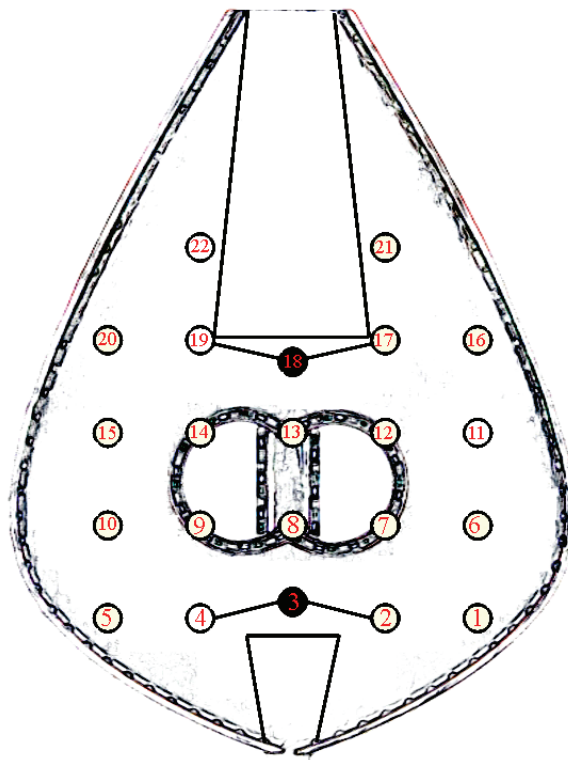
της και έτσι το ελεύθερο τμήμα της γλώσσας χωρίστηκε σε πλέγμα 8 σημείων συμμετρικών ως προς το κέντρο.

Στις χορδές των οργάνων τοποθετήθηκε αφρώδες απορροφητικό υλικό για να ελαχιστοποιήσει τις δονήσεις τους και την επιρροή τους στις ταλαντώσεις των καπακιών.

Έγινε ωστόσο, και μελέτη της επιρροής των χορδών σε τέτοιου είδους μετρήσεις και γι' αυτό το σκοπό οι δύο καλύτερες λύρες μετρήθηκαν και με τις χορδές ελεύθερες να δονούνται.

Το ηχείο τοποθετήθηκε σε απόσταση 40 cm από τις λύρες και σε ύψος τέτοιο ώστε ο οδηγός χαμηλών συχνοτήτων διαμέτρου (12,5cm) να καλύπτει την επιφάνεια του αντηχείου.

Η στάθμη εκπομπής του λευκού θορύβου διατηρήθηκε σταθερή για όλες τις μετρήσεις οι οποίες καταγράφηκαν σε ψηφιακό μαγνητικό μέσο εγγραφής της εταιρίας Boss σε συχνότητα 44.1KHz και δυναμικό εύρος 16bit. Για κάθε μέτρηση υπήρχε συνεχής εκπομπή λευκού θορύβου διάρκειας 4^{ov} δευτερολέπτων.



Σχήμα 5.5 Πλέγμα σημείων όπου τοποθετήθηκε ο πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος. Με μαύρο φόντο οι θέσεις που μπορεί να μεταβάλλονταν λίγο, ανάλογα με το μέγεθος γλώσσας και χορδοστάτη.

Στην συνέχεια οι μετρήσεις εισήχθησαν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή και έγινε επεξεργασία που αφορά στην διάρκειά τους. Συγκεκριμένα κρατήθηκαν 300ms από κάθε μέτρηση. Οι 304

μετρήσεις επεξεργάστηκαν στη συνέχεια στο περιβάλλον dBFA 32 της εταιρίας 01dB Stell κατά ομάδες.

Η ηχοβόλιση πραγματοποιήθηκε για 5 λύρες : Τις 1^η, 2^η, 7^η, 8^η και 13^η κατά σειρά όπως προκύπτουν από τις βαθμολογίες και τα σχόλια των εμπειρογνομόνων.

Έτσι για κάθε μία εξ' αυτών δημιουργήθηκαν τα εξής αρχεία:

- Αρχείο μετρήσεων για το καπάκι του οργάνου που περιλαμβάνει τις 22 μετρήσεις που αντιστοιχούν στις θέσεις όπου τοποθετήθηκε ο πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος.
- Αρχείο μετρήσεων για την πλάτη του οργάνου που περιλαμβάνει 22 μετρήσεις.
- Αρχείο μετρήσεων για την ταστιέρα του οργάνου που περιλαμβάνει 8 μετρήσεις.

Για κάθε αρχείο που δημιουργήθηκε στο πρόγραμμα έγιναν οι ακόλουθοι αριθμητικοί υπολογισμοί:

Real FFT σε κάθε μέτρηση με παράθυρο hanning και overlap 25% και στην συνέχεια διεξαγωγή του μέσου όρου όλων των δειγμάτων (22 και 8 θέσεων) για το τελικό φάσμα απόκρισης συχνότητας των καπακιών και των πλατών των οργάνων.

Ο λόγος που εφαρμόστηκε Real FFT στις μετρήσεις που πάρθηκαν είναι το ότι δεν έχουν κοινή αρχική φάση, καθώς στον εξοπλισμό που παραχωρήθηκε, υπήρχε ένας πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος ο οποίος κάθε φορά έπρεπε να τοποθετηθεί σε διαφορετικό σημείο. Έτσι θεωρώντας τις μετρήσεις ασύμβατες, προτιμήθηκε να μην γίνει διεξαγωγή του μέσου όρου με χρήση της πληροφορίας της φάσης.

Επίσης το δωμάτιο στο οποίο έλαβε χώρα η ηχοβόλιση δεν έχει υποβληθεί σε ακουστική μεταχείριση εκτός από ένα απορροφητικό panel που ήταν τοποθετημένο πίσω από τα όργανα που ηχοβολήθηκαν. Έτσι σίγουρα το λανθάνον σημείο της διαδικασίας δεν είναι μόνο η συχνотική απόκριση του ηχείου ή του πιεζοηλεκτρικού κρυστάλλου, αλλά στο σφάλμα συγκαταλέγεται και η ακουστική συμπεριφορά του χώρου.

Αυτό που επιζητείται όμως από αυτήν την διαδικασία, είναι και η ταύτιση με τα αποτελέσματα της ολογραφίας η οποία έγινε επίσης στον ίδιο χώρο.

5.3 ΚΡΟΥΣΤΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ

5.3.1 Περιγραφή και μαθηματική Θεώρηση

Η κρουστική απόκριση είναι μια επίσης μέθοδος μελέτης των δονητικών χαρακτηριστικών των συστημάτων που απασχολούν την εργασία.

Με ένα κρουστικό σφυρί διεγείρεται ένα σημείο του οργάνου που μελετάται. Το σφυρί διαθέτει αναδραστικό αισθητήρα που καταγράφει το σήμα της επιτάχυνσης της ανάδρασης κατά την κρούση. Με χρήση ενός 2^{ου} αισθητήρα μέτρησης επιτάχυνσης τοποθετημένου σε μία υπό μελέτη επιφάνεια, καταγράφεται το σήμα της κρούσης του σφυριού.

Το σήμα του 2^{ου} αισθητήρα που καταγράφεται σε αυτή την περίπτωση είναι το σήμα του κρουστικού σφυριού «διαμορφωμένο» από τα δονητικά χαρακτηριστικά της θέσης όπου τοποθετείται ο πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος.

Η μαθηματική πράξη που περιγράφει αυτήν την «διαμόρφωση» είναι η συνέλιξη (convolution) [27] και η θεωρία βασίζεται στα εξής :

Για ένα γραμμικό σύστημα όταν είναι γνωστή η παλμική απόκρισή του, $h(t)$, τότε για οποιοδήποτε σήμα εισόδου $x(t)$ του συστήματος μπορεί να υπολογιστεί το σήμα εξόδου $y(t)$ του [27].

$$y(t) = x(t) * h(t) = h(t) * x(t) \quad (5.3.1.1)$$

Όπου * συμβολίζει την πράξη της συνέλιξης.

Για δύο διακριτά σήματα $x(n)$, $h(n)$ πεπερασμένης διάρκειας N_x , N_h η συνέλιξη ορίζεται ως

$$y(n) = \sum_{k=0}^n h(k) \cdot x(n-k) \quad (5.3.1.2)$$

Το k στον παραπάνω τύπο συμβολίζει τις διακριτές τιμές από 0 έως n για τις οποίες θα γίνει η πράξη της πρόσθεσης του γινομένου $h(k) \cdot x(n-k)$.

Η μέθοδος για τον υπολογισμό της κρουστικής απόκρισης χρησιμοποιεί την αντίστροφη πράξη που ονομάζεται αποσυνέλιξη (deconvolution) [28].

Η βασική ιδέα έγκειται στο ότι από την στιγμή που είναι γνωστό το σήμα εισόδου (κρούση σφυριού) και το σήμα εξόδου ενός γραμμικού συστήματος (πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος), τότε υπάρχει η δυνατότητα να υπολογιστεί η παλμική απόκριση των συστημάτων που μελετώνται.

Η συνάρτηση μεταφοράς ενός συστήματος η οποία περιγράφει τα χαρακτηριστικά του συστήματος στο πεδίο της συχνότητας δεν είναι άλλο από τον Μετασχηματισμό Fourier της παλμικής απόκρισης.

Οι πράξεις της συνέλιξης και αποσυνέλιξης 2 σημάτων απλοποιούνται όταν από το πεδίο του χρόνου περάσουμε στο πεδίο της συχνότητας όπου η συνέλιξη ορίζεται ως ο πολλαπλασιασμός του φασματικού περιεχομένου των 2 σημάτων (εισόδου και απόκρισης του συστήματος), και η αποσυνέλιξη ως η διαίρεση αφού αναφέρθηκε πως πρόκειται για την αντίστροφη πράξη.

Δεδομένων των παραπάνω, τα σήματα διέγερσης και απόκρισης που καταγράφονται από τα καπάκια της λύρας, αναλύονται μέσω ειδικού λογισμικού (Symphony Measuring System by 01dB-Stell). Η πληροφορία για τα δονητικά χαρακτηριστικά δίδεται μέσω της συνάρτησης συχνοτικής ετεροσυσχέτισης, $H2$ που δίνεται από τη σχέση:

$$H2 = \frac{\left| \int_{-\infty}^{+\infty} y(t)e^{-i2\pi ft} dt \right|^2}{\left(\int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-i2\pi ft} dt \right) \left(\int_{-\infty}^{+\infty} y(t)e^{-i2\pi ft} dt \right)^*} \quad (5.3.1.3)$$

όπου $y(t)$ είναι το σήμα του επιταχυνσιόμετρου (έξοδος συστήματος), $x(t)$ είναι το σήμα ανάδρασης του κρουστικού σφυριού (είσοδος συστήματος) [18].

Η ετεροσυσχέτιση (cross-correlation) των 2 σημάτων εισόδου και εξόδου συμπεριφέρεται στο σύστημα ως γραμμικό και απαλείφει κάθε μη γραμμικό παράγοντα που εμφανίζεται στην έξοδο του συστήματος $y(t)$. Αυτό θεωρείται ως το μόνο σφάλμα κατά την διεξαγωγή της κρουστικής απόκρισης αφού τα συστήματα που μελετώνται είναι μη γραμμικά.

Είναι όμως πολυτιμότερο αφού σε μία μηδενική τιμή στο φάσμα του σήματος εισόδου $FFT\{x(t)\}$ θα εμφανιζόταν μια διαίρεση που δεν ορίζεται και η τιμή πλάτους στην συγκεκριμένη συχνότητα θα έτεινε στο άπειρο, ενώ στην πραγματικότητα η είσοδος θα ήταν μηδενική ή πολύ μικρή (θόρυβος) σε σχέση με το «καθαρό» σήμα διέγερσης.

Η γραμμική προσέγγιση λοιπόν, δίνει την καλύτερη ισορροπία ανάμεσα στον θόρυβο που μπορεί να εισαχθεί στο σύστημα και τα μη γραμμικά στοιχεία που απαλείφονται.

5.3.2 Τρόπος που εφαρμόστηκε

Ο τρόπος που εφαρμόστηκε η μέθοδος περιγράφεται ως εξής:
Επιλέχθηκαν 4 σημεία πάνω στο καπάκι του οργάνου και μετρήθηκε η απόκριση στα σημεία αυτά χτυπώντας με το σφυράκι σε κοντινά σημεία του καπακιού. Τα σημεία αυτά αντιστοιχούν περίπου στα σημεία 2,4,20 και 21 του σχήματος 5.5.
Στην συνέχεια έγινε υπολογισμός του μέσου όρου για τα 4 αυτά σημεία που θεωρείται* πως δίνει πληροφορία για τους τρόπους δόνησης των καπακιών.
Με την συγκεκριμένη μέθοδο μετρήθηκαν 10 από τις 12 λύρες της μελέτης. Οι 8 εξ' αυτών στα πλαίσια του προγράμματος Αρχιμήδης Ι.

* Κατά τις μετρήσεις που έγιναν στα πλαίσια του προγράμματος Αρχιμήδης Ι όπου στήθηκαν και δοκιμάστηκαν οι διατάξεις της ESPI και της κρουστικής απόκρισης θεωρήθηκε πως το αποτέλεσμα από τον μέσο όρο των σημείων αυτών αποτελούσε μια καλή εικόνα για την συνολική δονητική συμπεριφορά των καπακιών. Ωστόσο το αν αυτό ισχύει για την παρούσα μελέτη, εξετάζεται στο επόμενο κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ ΔΟΝΗΣΕΩΝ

Για την παρατήρηση των δονητικών χαρακτηριστικών των αντηχείων χρησιμοποιήθηκαν πολλές μέθοδοι και με παραλλαγές στον τρόπο εφαρμογής όπως παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Κάποιες μέθοδοι ή και παραλλαγές των ίδιων μεθόδων μπορεί να είναι αναποτελεσματικές σε σχέση με τα ζητούμενα. Αν βέβαια ισχύει κάτι τέτοιο θα φανεί σε επόμενο στάδιο της μελέτης όπου θα γίνει συσχέτιση των φασματικών χαρακτηριστικών του ήχου με τα δονητικά.

Ωστόσο για να γίνει ευκολότερη η συγκέντρωση των στοιχείων εφαρμόζεται σε αυτό το κεφάλαιο ταύτιση των αποτελεσμάτων και τελικά συμπεράσματα για τις σχέσεις των μεθόδων.

6.1 ESPI ΜΕ ΔΙΕΓΕΡΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΑΠΟ 1) ΠΙΕΖΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟ ΣΤΟ ΚΑΠΑΚΙ ΚΑΙ 2) ΗΧΕΙΟ

Παρατηρούνται σε αυτό το στάδιο τα αποτελέσματα που συγκεντρώθηκαν μέσω της μεθόδου ESPI για τα 10 όργανα που διεγέρθηκαν με τον πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο πάνω στα καπάκια και τα 5 που διεγέρθηκαν από ηχείο.

6.1.1 Διέγερση με τον πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο στο καπάκι

Η «θέση 1» στην οποία τοποθετήθηκε ο διεγέρτης είναι περίπου κοινή για όλα τα όργανα και βρίσκεται στην αριστερή πλευρά των καπακιών και στο ύψος του χορδοστάτη όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο (σχήμα 5.3 –αριστερή φωτογραφία).

Κατά την διέγερση με τον πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο και οι 8 λύρες που διεγέρθηκαν σε αυτή τη θέση παρουσιάζουν

1. Πλήρη απουσία πλάτους ταλάντωσης κάτω από τα 600Hz με ελάχιστους κροσσούς συμβολής (πλάτος ταλάντωσης) και αυτούς μετά τα 450-500Hz.

2. Πρώτο ισχυρό συντονισμό μετά τα 800Hz με μορφή διπόλου (2,0).
3. Πλήθος κροσσών σε υψηλές συχνότητες της τάξης των 1-2KHz που μεταφράζεται σε μεγάλη κατανομή ενέργειας της ταλάντωσης στις συχνότητες αυτές.
4. Δυσκολία στον ορθό σχηματισμό των ιδιορυθμών (τρόπων ταλάντωσης) ακόμα και όταν ο διεγέρτης δονεί τα καπάκια με το μεγαλύτερο δυνατό μη παραμορφωμένο σήμα εξόδου του ενισχυτή και
5. Μια «τάση» των μεγίστων να «μεταφέρονται» στην πλευρά όπου είναι τοποθετημένος ο διεγέρτης.

Αντιθέτως, στην «θέση 2» στην οποία τοποθετήθηκε ο διεγέρτης και που όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο (σχήμα 5.3 –δεξιά φωτογραφία) είναι στο κέντρο του οργάνου εμφανίζεται :

1. Πλάτος ταλάντωσης από τα 280Hz .
2. Ισχυρός συντονισμός στα 530Hz .
3. Μικρότερο πλάτος σε συντονισμούς άνω των 1.3KHz σε σχέση με τους χαμηλότερους συχνοτικά τρόπους δόνησης (400-700Hz).

6.1.2 Διέγερση με ηχοβόλιση

Η δονητική συμπεριφορά των αντηχείων όταν τα όργανα διεγείρονται με το ηχείο εμφανίζει:

1. Πολύ μεγάλο πλάτος ταλάντωσης σε ένα εύρος 30-40 Hz άνω και κάτω από την αέρινη συχνότητα (350Hz).
2. Τον ισχυρότερο συντονισμό του εύρους μελέτης στα 500-540Hz που είναι μονόπολο (τρόπος 1,0).
3. Τρόπους δόνησης σε συχνότητες των 730Hz, 800Hz, 1100Hz, 1250Hz .

4. Συντονισμοί και σε υψηλότερες συχνότητες έως τα 2KHz που έγιναν οι περισσότερες μετρήσεις, αλλά τα πλάτη ταλάντωσης των συντονισμών αυτών είναι πολύ .

6.1.3 Διέγερση με τον πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο στην γέφυρα

Όπως αναφέρθηκε (5.1.3.3) με την μέθοδο της ESPI μελετήθηκαν και 2 λύρες με μία παραλλαγή στο σύστημα διέγερσης.

Αυτό που παρατηρείται μέσω της διέγερσης με τον πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο στην γέφυρα είναι η διαφορετική συμπεριφορά στα πλάτη που εμφανίζονται οι συντονισμοί σε σχέση με τους άλλους τρόπους διέγερσης. Αυτό συμβαίνει διότι με αυτό τον τρόπο διέγερσης οδηγείται όλο το σύστημα παραγωγής ήχου, και οι ταλαντώσεις «φιλτράρονται» από την γέφυρα-στύλο.

Στους βασικότερους όμως τρόπους δόνησης με βάση το πλάτος που εμφανίζουν, επικρατεί ταύτιση με την διαδικασία της ηχοβόλισης. Συγκεκριμένα:

1. Παρατηρείται μεγάλο πλάτος ταλάντωσης στην αέρινη συχνότητα (350Hz).
2. Ο ισχυρότερος συντονισμός του καπακιού εμφανίζεται γύρω από την περιοχή των 500Hz.
3. Μεγάλα πλάτη ταλάντωσης εμφανίζονται και μετά τα 1.4KHz και ιδιαίτερα κοντά στα 2KHz.

6.1.4 Συμπεράσματα για την διαδικασία της ESPI

Όπως διαπιστώνεται τίθενται κρίσιμα ερωτήματα για τον ιδανικό τρόπο διέγερσης ώστε να υπάρξει πλήρης εικόνα για την δονητική συμπεριφορά των καπακιών με την μέθοδο της ESPI.

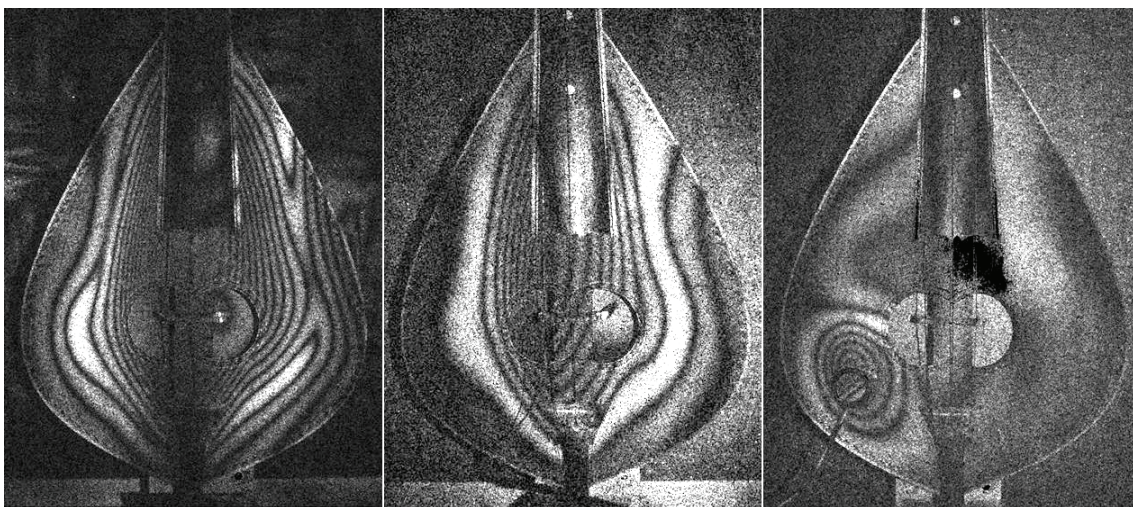
Είναι δυνατό να ειπωθεί πως με την τοποθέτηση στην γέφυρα του οργάνου θα συγκεντρωνόταν πληροφορία σε συνάρτηση με την συνάρτηση μεταφοράς (δονητικά χαρακτηριστικά) της γέφυρας.

Αυτό όμως που μελετάται σε αυτήν την εργασία είναι ο ρόλος των αντηχείων, (καπακιών – πλατών) και η μελέτη σε συνάρτηση με την γέφυρα γίνεται απλά και μόνο για την

πληρέστερη κατανόηση των συστημάτων. Έτσι η αναλυτική περιγραφή των παρατηρήσεων δεν αφορά τόσο το θέμα της εργασίας.

Από τις παρατηρήσεις των αποτελεσμάτων των μετρήσεων σημειώνεται σε αυτό το στάδιο πως :

1. Τα αποτελέσματα που παρατηρούνται μέσω της ESPI εξαρτώνται άμεσα από την θέση στην οποία τοποθετείται ο διεγέρτης πάνω στο καπάκι.
2. Η τοποθέτηση του διεγέρτη στο κέντρο του οργάνου και κάποια εκατοστά κάτω από την γέφυρα δίνει αποτελέσματα που πλησιάζουν τα αντίστοιχα που καταγράφονται κατά την διέγερση της επιφάνειας με ηχείο.
3. Όταν ο διεγέρτης τοποθετείται στην θέση αριστερά ή δεξιά στο ύψος του χορδοστάτη, δεν εμφανίζονται τρόποι ταλάντωσης σε βασικές συχνότητες στις οποίες εκπέμπει το όργανο (κάτω από τα 600Hz) και δεν σχηματίζονται ορθά οι τρόποι δόνησης αφού τα μέγιστα έχουν την τάση να μετακινούνται προς την θέση του διεγέρτη.



Σχήμα 6.1 Κοινή λύρα με 3 τρόπους διέγερσης. Τρόπος δόνησης στα 500Hz. Αριστερά – διέγερση με ηχοβόλιση. Στο κέντρο – πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος πίσω από την γέφυρα. Δεξιά –πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος αριστερά πάνω στο καπάκι ανάμεσα στο ύψος του χορδοστάτη και τις οπές.

Όλα αυτά τα συγκεντρώνονται σε συνάρτηση με την μέθοδο της ηχοβόλισης στην επόμενη παράγραφο.

6.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΗΧΟΒΟΛΙΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ESPI

Στην παρούσα παράγραφο γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων της ηχοβόλισης και σύγκριση με τα αντίστοιχα της ESPI.

6.2.1 Ηχοβόλιση με ελεύθερες και μονωμένες χορδές

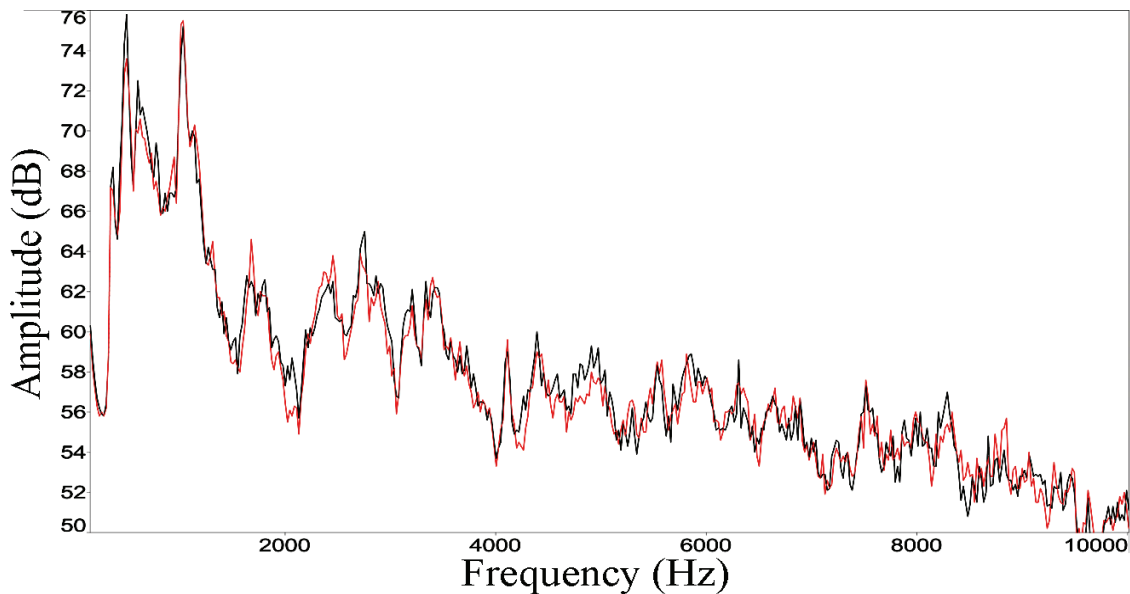
Τα αποτελέσματα της ηχοβόλισης θα μπορούσε να ειπωθεί πως περιέχουν πληροφορία για την συχνοτική απόκριση των τμημάτων που μελετώνται με ανάλυση που εξαρτάται από τον αριθμό των θέσεων που τοποθετήθηκε ο πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος.

Μία σύγκριση που έγινε στα αποτελέσματα των μεθόδων, αφορά το πώς επηρεάζουν οι χορδές τις μετρήσεις όταν είναι ελεύθερες να ταλαντώνονται και όταν υπάρχει «μόνωση» με την χρήση του απορροφητικού υλικού.

Από την παρατήρηση στα σχετικά διαγράμματα, προκύπτει πως η συμπεριφορά των καπακιών για τις 2 λύρες που έγιναν οι μετρήσεις επηρεάζεται αλλά ελάχιστα αφού η μέγιστη απόκλιση που παρατηρείται είναι περίπου στα 2dB για τα 500Hz και 2KHz.

Επίσης είναι σημαντική η παρατήρηση για την γενική φασματική συμπεριφορά της απόκρισης των καπακιών η οποία θα αναλυθεί σε επόμενο κεφάλαιο. Ωστόσο παρατηρείται:

1. Συγκέντρωση ενέργειας στην αέρινη συχνότητα (350Hz)
2. Ισχυρότατος συντονισμός στα 500Hz
3. Συντονισμός στα 1.1Hz και μεγάλα πλάτη ταλάντωσης έως τα 1.3KHz
4. Πλάτος ταλάντωσης και στην περιοχή 1.6-1.7KHz αλλά μικρότερο σε σχέση με αυτό της αέρινης και των ισχυρότερων τρόπων δόνησης



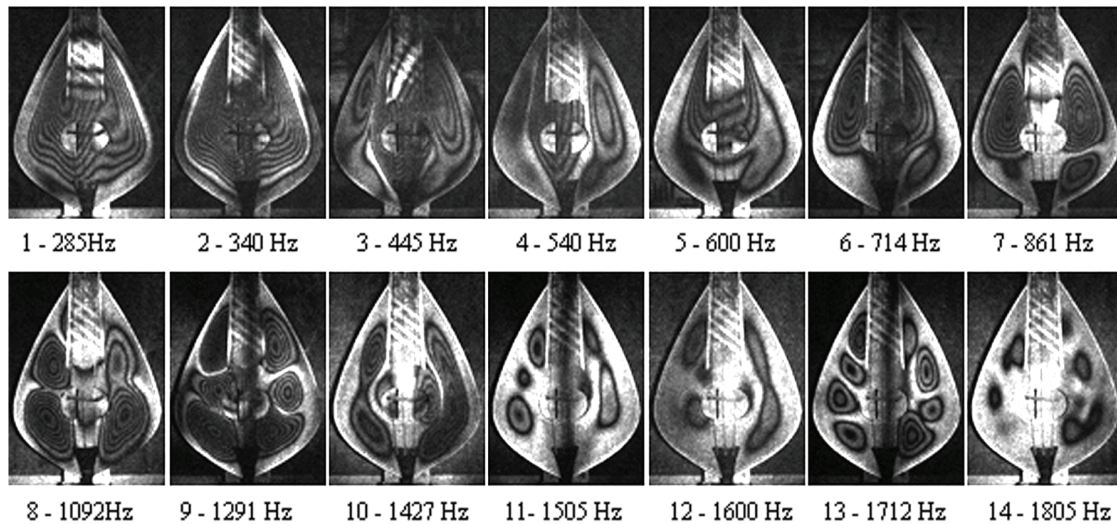
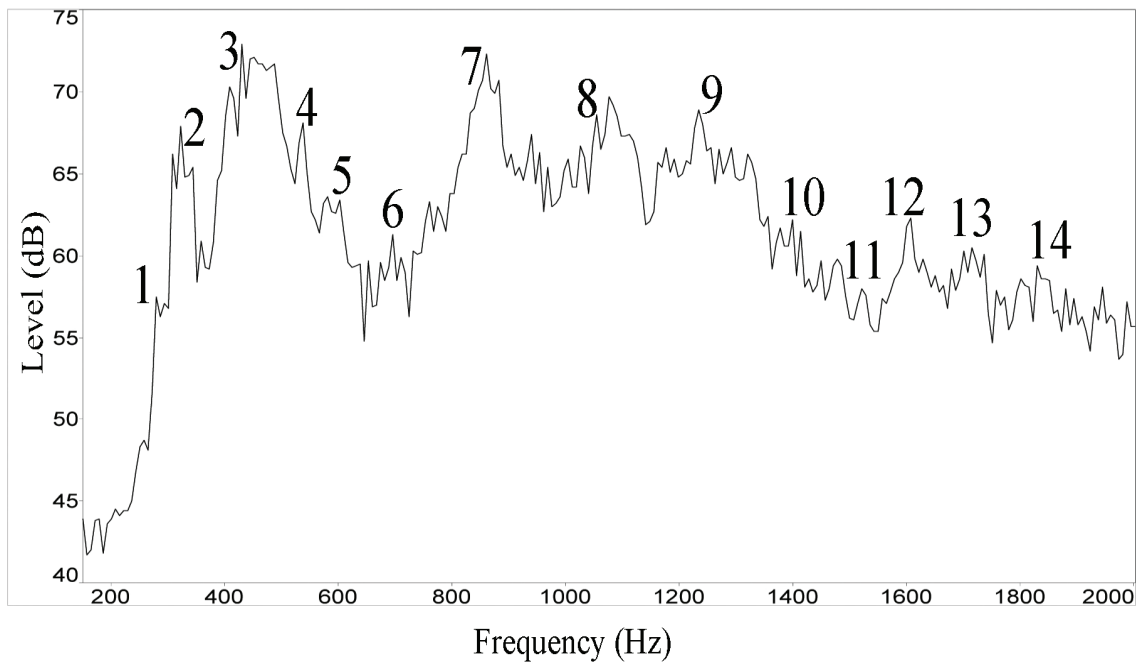
Σχήμα 6.2 Απόκριση συχνότητας καπακιού όπως μετρήθηκε κατά την ηχοβόλιση με ηχείο για την ίδια λύρα με μονωμένες χορδές (κόκκινο) και ελεύθερες χορδές (μαύρο)

6.2.2 Σύγκριση αποτελεσμάτων των 2 μεθόδων.

Παρατηρώντας και συσχετίζοντας όλη την πληροφορία που συγκεντρώθηκε κατά την διαδικασία της μελέτης συνάγονται τα εξής :

1. Τα αποτελέσματα της μεθόδου της ESPI με διέγερση από ηχείο ή από πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο κοντά στο κέντρο του καπακιού ταυτίζονται με τα αντίστοιχα που προκύπτουν με την μέθοδο της ηχοβόλισης στο μεγαλύτερο μέρος και για τους ισχυρότερους τρόπους ταλάντωσης των καπακιών των οργάνων
2. Κατά την εφαρμογή της ESPI με διέγερση από πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο που τοποθετείται σε θέσεις αριστερά ή δεξιά και στο κάτω μέρος του καπακιού, καταγράφεται διαφορετική δονητική συμπεριφορά των καπακιών σε σχέση με την ηχοβόλιση όπου απουσιάζουν όλοι οι τρόποι ταλάντωσης κάτω των 600Hz. Για 2 όργανα απουσιάζουν όλοι οι τρόποι ταλάντωσης κάτω από τα 800Hz

Στο σχήμα που ακολουθεί σημειώνονται οι ομοιότητες στις 2 μεθόδους μελέτης των δονήσεων για το καπάκι της 8^{ης} λύρας της εργασίας .



Σχημα 6.3 Ένα τυπικό φάσμα ηχοβόλισης άνω κατακίου (πάνω) και αντίστοιχης κατανομής πλάτους ταλάντωσης που μετρήθηκαν με την μέθοδο της ESPI με διέγερση ηχείου (κάτω). Στο 9 έχουμε μια διαφορά της τάξης των +50Hz για την ESPI.

Παρατηρείται στα 450Hz έως τα 510Hz πως οι κροσσοί συμβολής του οργάνου είναι πολύ περισσότεροι από οποιοδήποτε άλλη συχνοτική περιοχή. Σημειώνονται επίσης οι ισχυροί συντονισμοί (7,8,9 του σχήματος).

Η σημασία αυτού του συμπεράσματος είναι καίρια αν ληφθεί υπόψη το κόστος του εξοπλισμού που χρειάζεται για την επίτευξη των μετρήσεων ακολουθώντας και τις 2 μεθόδους.

Παρόλα αυτά η πληροφορία της συμμετρίας και της φάσης ενός τρόπου ταλάντωσης του οργάνου και η παραμόρφωση που επιδέχεται από την προσθήκη βάρους του πιεζοηλεκτρικού

κρυστάλλου καθιστά την μέθοδο της ολογραφίας ακριβέστερη όταν πρόκειται για διεξαγωγή ποσοτικών συμπερασμάτων που αφορούν την έρευνα και όχι απλά και μόνο ποιοτικό προσδιορισμό.

Δύο μειονέκτημα της μεθόδου της ηχοβόλισης αφορούν την προεπιλογή διακριτών θέσεων πάνω στην επιφάνεια ταλάντωσης, σε αντίθεση με την ολογραφία που δίνει πληροφορία για το σύνολο της επιφάνειας, καθώς επίσης και τον κίνδυνο να καταστραφούν τα καπάκια των οργάνων μιας και ο αισθητήρας πρέπει να εφάπτεται εξολοκλήρου πάνω στην επιφάνεια, ώστε να αποδώσει με ακρίβεια το μέτρο της επιτάχυνσης στο προς μελέτη σημείο.

Δεν θα ήθελε κανείς να φανταστεί πως θα ήταν η πρόκληση βλάβης σε ένα καπάκι λύρας όπως αυτήν του Εμμ. Δ. Σταγάκη που κατασκευάστηκε στα 1950 και ηχογραφήθηκε στα πλαίσια της μελέτης.

Ένα εμφανές σφάλμα που παρατηρείται στα αποτελέσματα παρατίθεται κλείνοντας τον σχολιασμό τους. Αυτό το σφάλμα είναι η μικρή ή και μεγαλύτερη «μετατόπιση» των τρόπων δόνησης στην συχνότητα όπου εμφανίζονται μεταξύ των διαφορετικών μεθόδων.

Αυτή η ολίσθηση που παρατηρείται στο πεδίο της συχνότητας σημαντικών τρόπων δόνησης και μπορεί να είναι από 20Hz για κάποιους χαμηλούς τρόπους ταλάντωσης έως και 100Hz για κάποιους υψηλότερους θεωρείται πως είναι αποτέλεσμα της τάσης που εφαρμόζεται στα όργανα κατά την ακινητοποίησή τους πάνω στην τράπεζα απορρόφησης κραδασμών.

Και αυτό προκύπτει από μετρήσεις που έχουν γίνει στα πλαίσια των πρώτων δοκιμών κατά τον σχεδιασμό της διάταξης της ESPI του τμήματος όπου φάνηκε η τάση να είναι ανάλογη με την συχνότητα που εμφανίζονται κάποιοι τρόποι δόνησης των αντηχείων των οργάνων. Εκεί παρατηρούνται ολισθήσεις από 20 έως και 100Hz (*από μετρήσεις μικρής μεσαίας και μεγάλης τάσης στα πλαίσια του προγράμματος Αρχιμήδης I*).

Το μέτρο της τάσης είναι άγνωστο καθώς δεν είναι δυνατό να υπολογιστεί στην διάταξη όπου έγινε η εργασία. Κύριος γνώμονας κατά την στήριξη των οργάνων ήταν η πλήρης ακινητοποίησή τους χωρίς υπερβολές.

6.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΡΟΥΣΤΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ

Από τα όσα αναφέρθηκαν για την κρουστική απόκριση στο προηγούμενο κεφάλαιο περιγραφής των μεθόδων, συμπεραίνεται πως πρόκειται για μία διαδικασία μελέτης που μπορεί να επιφέρει αποτελέσματα μεγάλης ακριβείας σε σχέση με την ηχοβόλιση, αφού

γίνεται άμεση συσχέτιση του σήματος εισόδου το οποίο δεν επηρεάζεται από παράγοντες όπως η απόκριση ηχείου και η ακουστική χώρα.

Επίσης έχοντας την πληροφορία της φάσης των σημάτων εισόδου-εξόδου των συστημάτων που μελετώνται καταγράφεται και η χρήσιμη πληροφορία της χρονικής μεταβολής των τρόπων ταλάντωσης και όχι μόνο της συνάρτησης μεταφοράς (συχνοτική απόκριση) που υπολογίζεται με τους άλλους 2 τρόπους και αφορά μόνο το πεδίο της συχνότητας.

Ταυτίζοντας όμως τα αποτελέσματα αυτής της μεθόδου με την ESPI (με διέγερση ηχείου) και την ηχοβόλιση σημειώνονται σημαντικές διαφορές.

1. Οι ταλαντώσεις κάτω από την συχνότητα των 550Hz περίπου, εμφανίζονται με πάρα πολύ μικρό πλάτος (έως και 40dB για κάποια όργανα) σε σχέση με συχνοτικές περιοχές περίπου στα 800HZ και 1KHz στις μετρήσεις της κρουστικής απόκρισης.
2. Παρόλη την διαφορά στα πλάτη ταλάντωσης, οι βασικοί τρόποι ταλάντωσης σχετίζονται με την ηχοβόλιση και την συμβολομετρία όσο αφορά τις συχνότητες που εμφανίζονται
3. Υπάρχει πολύ υψηλή ενέργεια ταλάντωσης σε συχνοτικές περιοχές των 10 KHz και άνω.

Σε αυτό το στάδιο είναι αναγκαία η αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος που εμφανίζεται.

Οι αρχικές μετρήσεις με την μέθοδο της συμβολομετρίας (που έγιναν στα πλαίσια του προγράμματος Αρχιμήδης Ι) έδιναν πρώτο ισχυρό τρόπο δόνησης κοντά στα 800Hz. Σε αυτό το αποτέλεσμα όπως αναφέρθηκε (παράγραφος 6.1.4, σχήμα 6.1) είχε μεγάλη συμβολή η θέση στην οποία τοποθετήθηκε ο διεγέρτης (πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος).

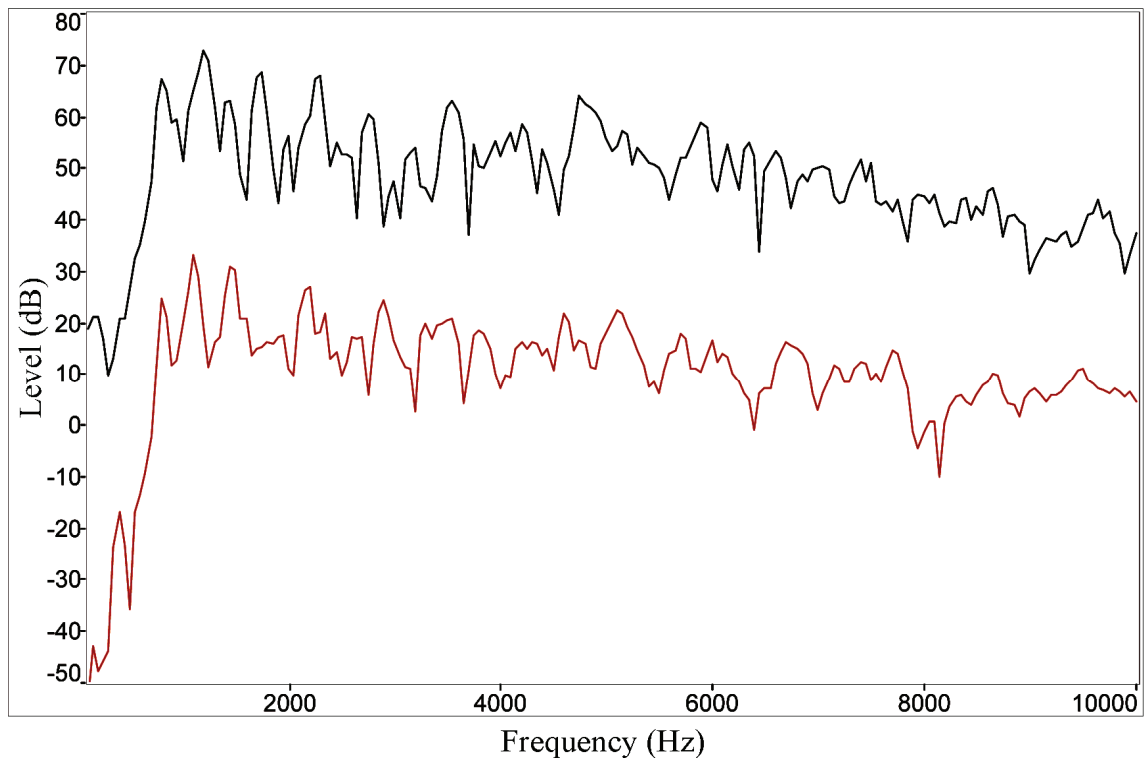
Κατά την εφαρμογή της κρουστικής απόκρισης ο κρύσταλλος τοποθετήθηκε σε 4 περιφερικά του κέντρου του καπακιού σημεία δεδομένου πως ο πρώτος ισχυρός τρόπος δόνησης εμφανίστηκε στις περιοχές αυτές του καπακιού.

Συγκεκριμένα έχοντας πρώτο τρόπο δόνησης τον (2,0) σωστά θεωρήθηκε πως στο κέντρο του οργάνου υπάρχει δεσμός και πως εάν τοποθετούνταν εκεί ο αισθητήρας, θα χάνονταν χρήσιμη πληροφορία για τον τρόπο με τον οποίο δονούνται τα όργανα. Επίσης, δεν μετρήθηκε ένα πλέγμα σημείων πάνω στο καπάκι με σκοπό να διεξαχθεί ο μέσος όρος, αφού

τα αποτελέσματα των 2 αυτών μεθόδων ήταν ικανοποιητικά με βάση την ταύτιση που παρουσίαζαν.

Παρόλα αυτά δεν έχουν καμία σχέση με τα αποτελέσματα των μετρήσεων του γράφοντος όπου χρησιμοποιούνται διαφορετικοί τρόποι διέγερσης και σε διαφορετικές θέσεις.

Για να αποδειχθεί κάτι τέτοιο και στην κρουστική απόκριση εφαρμόστηκε η επανάληψη των μετρήσεων. Τα αποτελέσματα για μια περίπου κοινή θέση τοποθέτησης του αισθητήρα στην ίδια λύρα, φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 6.4 Μέτρηση με κρουστική απόκριση για το σημείο ενδιάμεσα στο 20 και στο 19 του σχήματος 5.5 (σελ.46) . Στα πλαίσια του προγράμματος Αρχιμήδης I (μαύρο) και στα πλαίσια επανάληψης μετρήσεων της παρούσας εργασίας (κόκκινο).

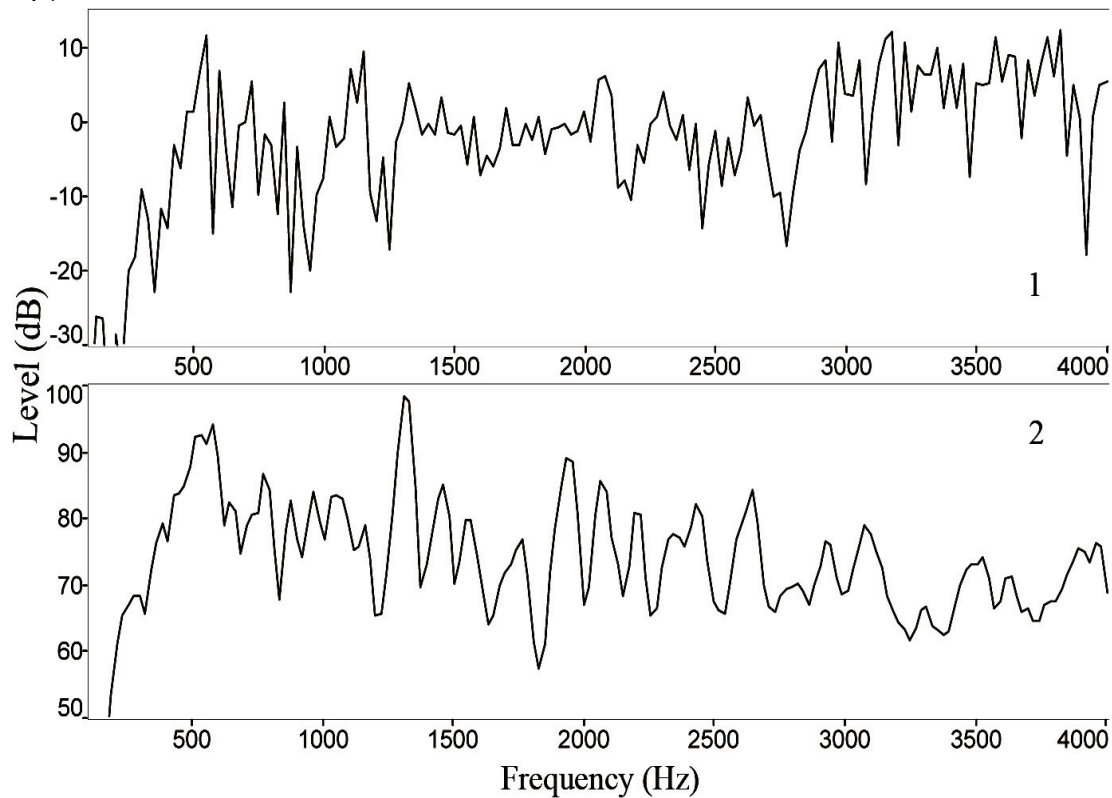
Παρατηρείται όντως πως σε αυτές τις θέσεις ο πρώτος ισχυρός τρόπος δόνησης εμφανίζεται στα 800 Hz και το όργανο δεν φαίνεται να έχει ενέργεια από τα 550 Hz και χαμηλότερα.

Αυτό το αποτέλεσμα εμφανίζεται για πολλά από τα σημεία γύρω από το κέντρο του καπακιού του.

Μία πολύ σημαντική παρατήρηση είναι πως όσο ο αισθητήρας πλησιάζει σε μία περιοχή γύρω από το κέντρο του οργάνου, ο συντονισμός των 500Hz υπερτερεί όλων σε πλάτος

ταλάντωσης και φτάνουμε στην τοποθέτηση του πιεζοηλεκτρικού αισθητήρα στο κέντρο του καπακιού όπου παρατηρείται το πιο σημαντικό φαινόμενο:

Η δονητική συμπεριφορά του κεντρικού σημείου του καπακιού του οργάνου σχετίζεται άμεσα με την ηχοβόλιση, την ESPI με διέγερση από ηχείο και το φάσμα εκπεμπομένου ήχου του οργάνου.



Σχήμα 6.5 Συχνотική απόκριση στο σημείο στο κέντρο του καπακιού κάτω από την γέφυρα μέσω κρουστικής απόκρισης (1) και LTAS για ολόκληρο το κομμάτι του συρτού (2).

Είναι ακόμα πρώιμο το στάδιο αυτό της εργασίας για να προβεί κανείς σε συμπεράσματα για τον εκπεμπόμενο ήχο και την δονητική συμπεριφορά των αντηχείων.

Οι ομοιότητες όμως είναι εμφανείς με μεγάλη διαφορά τον συντονισμό στα 1.3KHz όπου εμφανίζεται πολύ πιο ισχυρός στο φάσμα του εκπεμπομένου ήχου από ότι στην δονητική συμπεριφορά του σημείου στο κέντρο του οργάνου δίπλα στην γέφυρα.

6.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

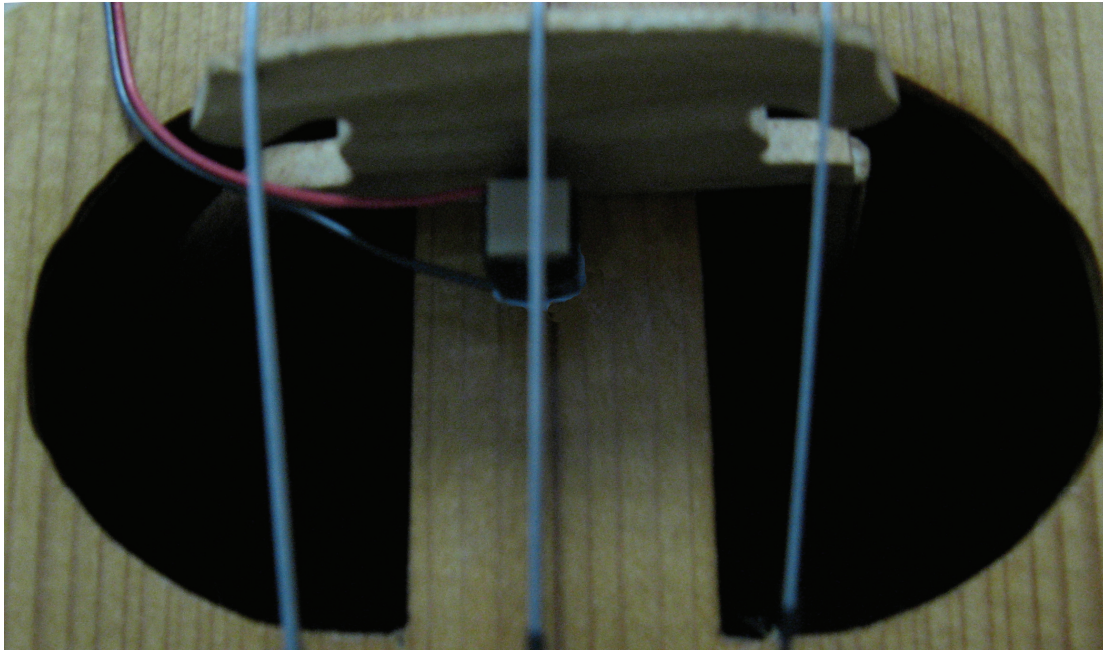
Η σημαντικότητα αυτού του κεφαλαίου είναι καίρια για την εργασία αφού φάνηκε πως οι μέθοδοι μελέτης δονητικών χαρακτηριστικών, με μικρές παραλλαγές στον τρόπο εφαρμογής, μπορούν να αποκλίνουν σημαντικά στα αποτελέσματά τους.

Συγκεκριμένα, οι τρόποι εφαρμογής που δεν μας δίνουν πληροφορία για τρόπους δόνησης των αντηχείων κάτω από τα 600Hz είναι «παραπλανητικοί». Αυτό αιτιολογείται από τα παρακάτω:

- Όπως έχει παρατηρηθεί στα πρώτα συμπεράσματα για το φάσμα του ήχου των οργάνων λύρας (παράγραφος 3.5.2), υπάρχει μεγάλη κατανομή ενέργειας σε συχνότητες γύρω από την αέρινη (350Hz) στα 500Hz.
- Οι παραπάνω 2 τρόποι ταλάντωσης εμφανίζονται στα αποτελέσματα των μεθόδων της ηχοβόλισης και της ESPI με διέγερση ηχείου και με διέγερση από πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο τοποθετημένο κοντά στο κέντρο του οργάνου. Αντίθετα δεν εμφανίζονται στην κρουστική απόκριση στον μέσο όρο των 4^{ov} θέσεων και στην ESPI με διέγερση από κρύσταλλο τοποθετημένο στο καπάκι και κάτω αριστερά η δεξιά του χορδοστάτη.
- Υπάρχει ταύτιση των αποτελεσμάτων της κρουστικής απόκρισης κατά την επανάληψη των μετρήσεων σε παρόμοιες θέσεις.
- Αλλάζοντας την θέση του αισθητήρα κατά την κρουστική απόκριση έχουμε και διαφορετική φασματική συμπεριφορά. Έτσι με μόνο 4 θέσεις έναντι στις 22 τις ηχοβόλισης υπάρχει άλλος ένας λόγος να θεωρούνται παραπλανητικά τα αποτελέσματα.
- Ανακαλύπτεται παρόλα αυτά μία μοναδική περιοχή στο κέντρο του οργάνου της οποίας η δονητική συμπεριφορά σχετίζεται με το φάσμα του εκπεμπομένου ήχου του αντίστοιχου οργάνου.

Εκτός λοιπόν από τον διαχωρισμό των χρήσιμων και όχι μετρήσεων έγινε και μία πολύ σημαντική διαπίστωση για την σχέση της στιγμιαίας απόκρισης στο κεντρικό σημείο του καπακιού με τα φασματικά χαρακτηριστικά του εκπεμπομένου ήχου του συγκεκριμένου οργάνου που θεωρείται πολύ σημαντική για τους εξής λόγους:

1. Μπορεί να λειτουργήσει ως το καλύτερο σημείο για τοποθέτηση του πιεζοηλεκτρικού διεγέρτη κατά την ESPI.
2. Σχετίζεται με το φασματικό περιεχόμενο του εκπεμπομένου ήχου και έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μοναδικό σημείο μέτρησης της κρουστικής απόκριση



Σχήμα 6.6 Η θέση στο κέντρο του καπακιού και κάτω από την γέφυρα για την οποία διαπιστώνεται πως έχει σημαντικές ιδιότητες σε αυτό το κεφάλαιο.

Η θέση αυτή στο κέντρο του οργάνου θα μελετηθεί ξανά σε επόμενο κεφάλαιο όπου θα συσχετιστεί με τον εκπεμπόμενο ήχο και την ηχοβόλιση καθώς θεωρείται σημαντική για τον μηχανισμό παραγωγής ήχου του οργάνου από τα όσα διαπιστώνονται σε αυτό το κεφάλαιο.

Δυστυχώς φαίνεται πως ενώ η αρχή έγινε με πολλές μετρήσεις και υλικό, τελικώς χρησιμοποιήθηκαν σχεδόν μόνο οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν από τον γράφοντα. Αυτό συμβαίνει γιατί από τις έως τώρα παρατηρήσεις, οι τρόποι με τους οποίους πραγματοποιήθηκαν οι μέθοδοι αλλοιώνουν τα αποτελέσματα έτσι ώστε η συσχέτισή τους με τον εκπεμπόμενο ήχο να είναι μία πραγματικά δύσκολη διαδικασία.

Παρά το όλο πρόβλημα που προέκυψε, οι μετρήσεις έχουν έναν βαθμό χρησιμότητας καθώς έστω και χωρίς την πληροφορία του ακριβούς πλάτους ταλάντωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για έλεγχο των ιδιοσυχνοτήτων των οργάνων.

Σε συνδυασμό με τα παραπάνω, ο τρόπος με τον οποίο λειτούργησε η κάρτα ήχου της 01dB Stell με εμφάνιση μπλε οθόνης στον υπολογιστή μετά από κάθε μέτρηση δεν επέτρεψε την διεξαγωγή περισσότερων από 28^{ov} μετρήσεων (και περίπου 37 επανεκκινήσεων του φορητού υπολογιστή του γράφοντος).

Επίσης ήταν αδύνατο να συγκεντρωθούν τα όργανα από την αρχή και να μελετηθούν με τους ορθούς τρόπους που παρατηρήθηκαν κυρίως λόγω χρονικών περιθωρίων. Βέβαια κάτι τέτοιο θα γινόταν εάν κρινόταν επιτακτική η ανάγκη. Αυτό όμως δεν έγινε καθώς θεωρήθηκε πως οι

αποδοτικές μέθοδοι που εφαρμόστηκαν για τα όργανα που ενδιαφέρουν κυρίως την εργασία είναι αρκετές για την διεξαγωγή παρατηρήσεων και συμπερασμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΧΟΥ

Το αντικείμενο της εργασίας αυτής δεν είναι τα χαρακτηριστικά του συστήματος παραγωγής του ήχου. Ωστόσο μελετάται ο εκπεμπόμενος ήχος ο οποίος σχετίζεται άμεσα με τον μηχανισμό που τον παράγει. Αυτός ο μηχανισμός εξετάζεται σε αυτό το στάδιο. Παρατηρήσεις που θα γίνουν πάνω στο θέμα αυτό, βοηθούν στην βαθύτερη κατανόηση της λειτουργίας του οργάνου.

7.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΧΟΡΔΩΝ

Στις 2 παραγράφους που ακολουθούν γίνεται μια πρώτη πειραματική παρατήρηση της συμπεριφοράς των χορδών και της γέφυρας για την λύρα με στόχο την σύγκριση με όσα θεωρητικά έχουν αναφερθεί έως τώρα (κεφάλαιο 2).

7.1.1 Πείραμα χορδή

Για να καταγραφεί και να μελετηθεί η κίνηση των χορδών στην λύρα όταν διεγείρονται από το δοξάρι χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρομαγνητικός αισθητήρας της εταιρίας Pasco. Η λύρα στηρίχθηκε σε μεταλλικό βραχίονα πάνω σε τράπεζα απορρόφησης κραδασμών.

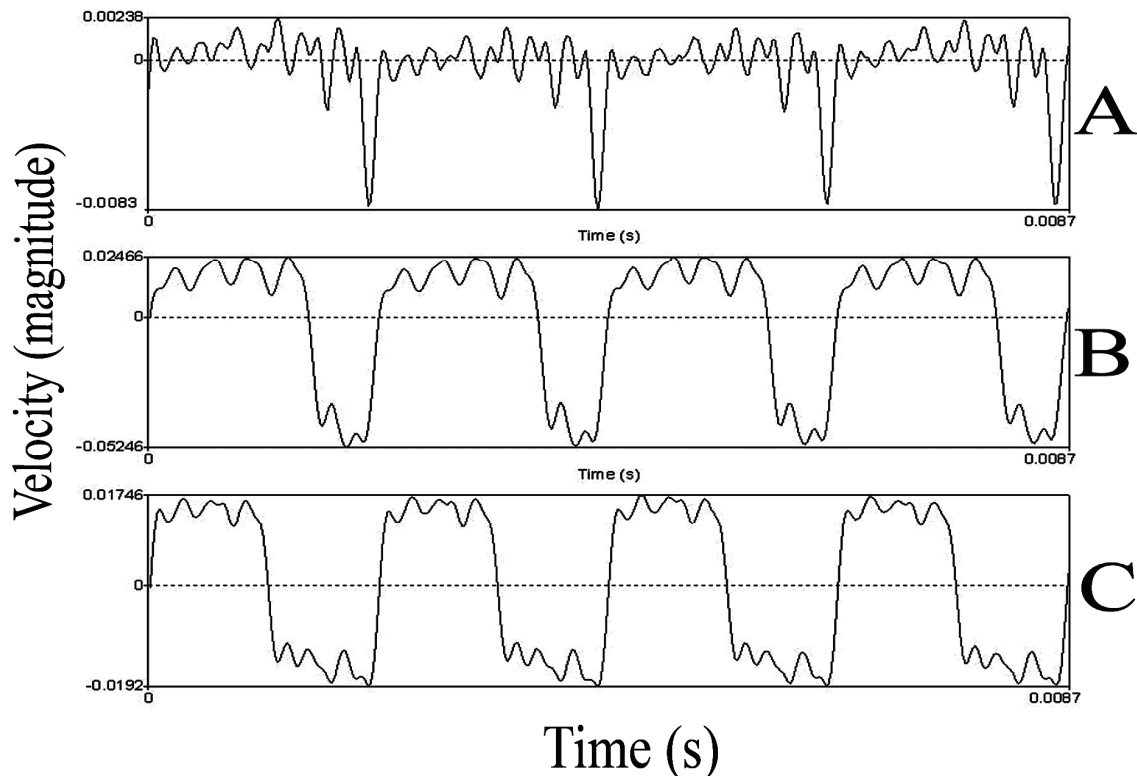
Ο αισθητήρας τοποθετήθηκε σε διεύθυνση κάθετη με την διεύθυνση των χορδών και παράλληλα με αυτήν του δοξαριού. Η απόσταση από την χορδή μετρήθηκε περίπου στο 1cm. Στην συνέχεια η χορδή εκτελέστηκε με σκοπό την παρατήρηση της μετατόπισης σε διάφορα σημεία πάνω σε αυτήν και κυρίως δίπλα από το σημείο επαφής της με το δοξάρι.

Μετά την παρατήρηση καταγράφηκαν επιλεκτικές μετρήσεις με την χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή. Οι μετρήσεις αυτές αφορούν την ταχύτητα σε 5 σημεία της χορδής : 1) 1-2cm από την γέφυρα 2) στο $\frac{1}{4}$ του μήκους χορδής , 3) Στο κέντρο της, 4) Στα $\frac{3}{4}$ του μήκους (με αναφορά την γέφυρα του οργάνου) και 5) 1-2cm από το 2^ο ακλόνητο άκρο.

7.1.2 Παρατηρήσεις

Μελετώντας τις κυματομορφές της ταχύτητας στο πεδίο του χρόνου παρατηρείται μια stick-slip κίνηση που προσεγγίζει την Helmholtz [7] αν ληφθούν υπόψη όλοι οι παράγοντες

που επιδρούν στην μη επίτευξή της (2.1.2). Οι φάσεις stick – slip έχουν χρονική διάρκεια που είναι ανάλογη με τα δύο τμήματα της χορδής όπως «χωρίζεται» στο εκάστοτε σημείο παρατήρησης [8].

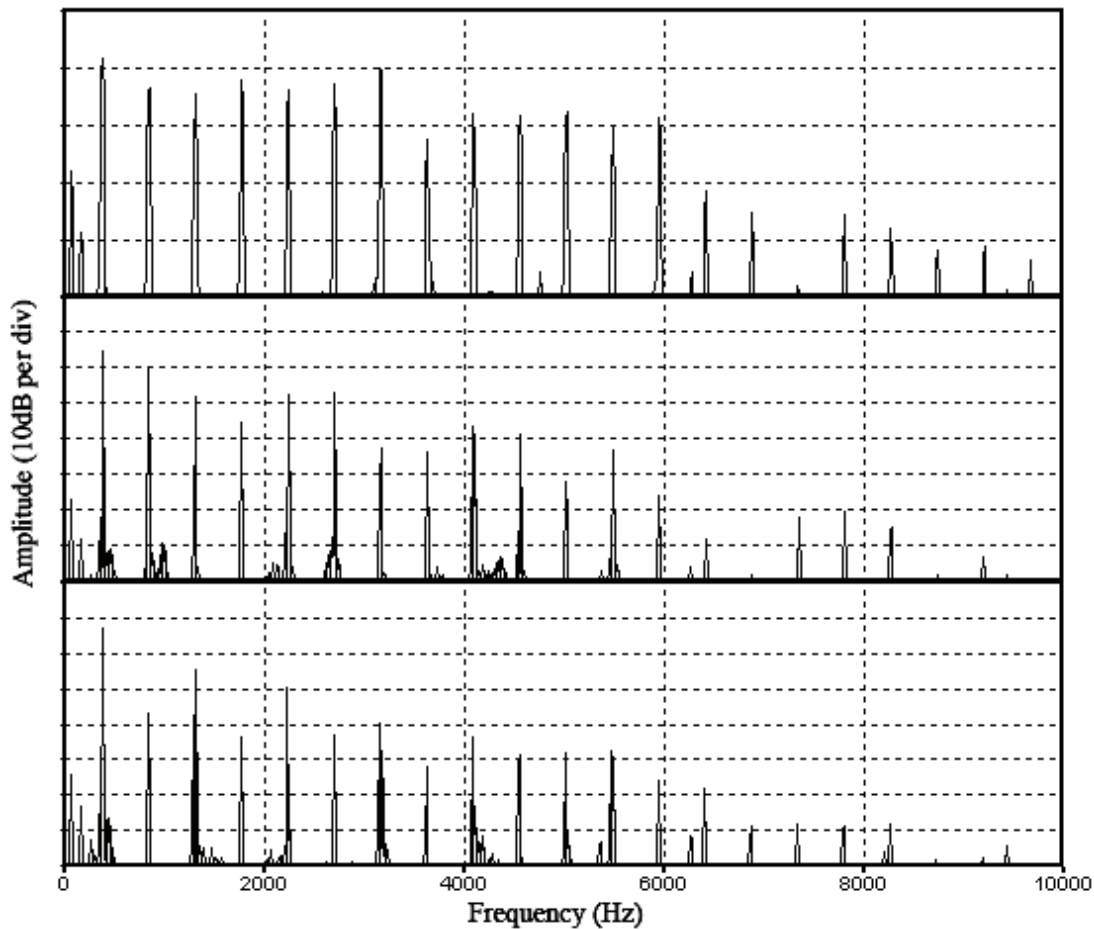


Σχήμα 7.1 Κυματομορφές της ταχύτητας A στο σημείο της γέφυρας, B στο $\frac{1}{4}$ του μήκους της χορδής και C στο μέσω της χορδής.

Όπως φαίνεται στο σχήμα, όσο πλησιάζει ο αισθητήρας προς την γέφυρα τόσο μειώνεται ο χρόνος της ολίσθησης καθώς και το πλάτος της ταχύτητας που καταγράφεται. Αυτό συμβαίνει διότι η απόσταση της γέφυρας από το σημείο παρατήρησης είναι πολύ μικρή. Έτσι η φάση slip διαρκεί πολύ λίγο ενώ κατά τον υπόλοιπο κύκλο της κίνησης επικρατεί η φάση stick.

Η σημαντική παρατήρηση που γίνεται αφορά στο ότι είναι πολύ δύσκολο να δημιουργηθεί η ιδανική κίνηση Helmholtz πράγμα αναμενόμενο δεδομένων όλων των παραγόντων που επηρεάζουν το σύστημα. Παρόλα αυτά οι πειραματικές μετρήσεις προσεγγίζουν τις θεωρητικές και αν κανείς ανατρέξει στο σχήμα 2.3 και συγκρίνει την κυματομορφή της ταχύτητας με την αντίστοιχη μετρούμενη (σχήμα 7.1) μπορεί εύκολα να το διαπιστώσει. Για οικονομία χώρου δεν παρατίθενται οι άλλες 2 θέσεις που μελετήθηκαν καθώς είναι αντίστοιχες με την B και A του σχήματος ($\frac{3}{4}$ και απέναντι ακλόνητο άκρο της χορδής).

Το αρμονικό περιεχόμενο της ταχύτητας στα αντίστοιχα σημεία του παραπάνω σχήματος φαίνεται παρακάτω.



Σχήμα 7.2 Αρμονικό περιεχόμενο. Πάνω -στο σημείο της γέφυρας, κέντρο -στο $\frac{1}{4}$ του μήκους της χορδής και κάτω -στο μέσω της χορδής.

Μια πρώτη παρατήρηση αφορά την ενέργεια των αρμονικών στοιχείων που όπως φαίνεται εξασθενεί αρκετά μετά τα 6KHz περίπου.

Μία ακόμα σημαντική παρατήρηση που διεξάγεται είναι πως η κυματομορφή της ταχύτητας ταλάντωσης της χορδής όσο πλησιάζει την γέφυρα, μοιάζει με μία σειρά παλμών και αυτό φαίνεται και από το φάσμα όπου από τα 440Hz έως τα 6KHz περίπου το δυναμικό εύρος των αρμονικών στοιχείων είναι 10dB. Έτσι σε αυτό το σημείο γεννάται η απορία του γιατί η δύναμη με την οποία η χορδή «οδηγεί» την γέφυρα να μην είναι παλμική αλλά η πριονωτή που έχει περιγραφεί από την θεωρία για το βιολί (παράγραφος 2.1 και 2.2);

7.1.3 παλμική ή πριονωτή

Εντοπίζονται άρθρα στην διεθνή βιβλιογραφία όπου σε έρευνες που έχουν γίνει για το βιολί έχει γίνει η παρατήρηση πως αυτές οι δυνάμεις δεν «υποστηρίζονται» από τους τρόπους ταλάντωσης των καπακιών και εξασθενούν στην γέφυρα χωρίς να «εμφανίζονται» στον εκπεμπόμενο ήχο [29].

Από την στιγμή που στην παρούσα εργασία εμφανίζονται σπάνια τέτοια χαρακτηριστικά στον ήχο της λύρας, χρησιμοποιείται η γνώση από τις υπάρχουσες μελέτες. Παρόλα αυτά το φαινόμενο είναι εμφανές και ακούγεται ξεκάθαρα όταν ο ακροατής πλησιάζει την χορδή.

Η περαιτέρω διερεύνηση του φαινομένου για την λύρα θεωρείται πολύ εξειδικευμένη και δεν πραγματοποιείται.

Από την εμπειρική παρατήρηση του γράφοντος αναφέρονται τα εξής:

Η καλύτερη παρατήρηση του φαινομένου έγινε από τον γράφοντα σε όργανα ηλεκτρικής κιθάρας όπου το σώμα είναι συμπαγές και πλησιάζοντας ο ακροατής το αυτί του στην γέφυρα (έστω και στα 20cm) είναι ξεκάθαρο πως υπάρχει η αίσθηση ακούσματος σειράς παλμών η οποία εμφανίζεται σε ηχογράφηση με μικρόφωνο.

Στην καταγραφή όμως του σήματος με έναν ηλεκτρομαγνήτη της ηλεκτρικής κιθάρας, η κυματομορφή της ταχύτητας στο σημείο επαφής δοξαριού χορδής είναι πριονωτή και όχι σειρά παλμών.

Θα μπορούσε λοιπόν να μελετηθεί το κατά πόσο αυτή η κίνηση επηρεάζει την ταλάντωση των καπακιών των οργάνων μέσω συνήχησης.

7.2 Η ΓΕΦΥΡΑ ΣΕ ΠΡΩΤΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ.

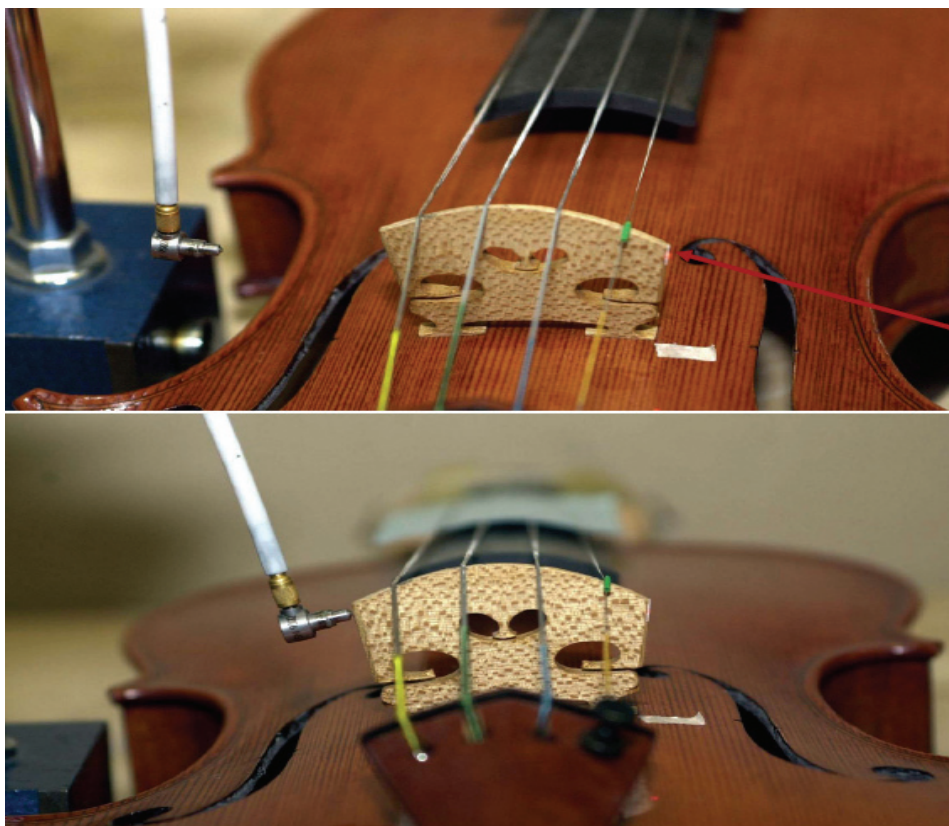
Από την μελέτη του βιολιού έχει προκύψει ένα ουσιαστικότατο συμπέρασμα που αναφέρεται στο ότι ο εκπεμπόμενος ήχος σχετίζεται άμεσα με την συνάρτηση μεταφοράς της γέφυρας στα σημεία όπου βρίσκονται η πιο μεγάλης και η πιο μικρής μάζας χορδή (G3 και E5 αντίστοιχα) [22].

Αυτό, χαρακτηριστικά αναφέρεται ως «Bridge Mobility» [22] και είναι ουσιαστικά η κρουστική απόκριση του συστήματος στα σημεία αυτά της γέφυρας.

Το σφυράκι χτυπάει πάνω στην γέφυρα με κατεύθυνση όπως αυτή του δοξαριού ενώ ο αισθητήρας που μπορεί να είναι οπτικός ή ηλεκτρομαγνητικός τοποθετείται στην θέση όπου είναι η E5 χορδή. Χαρακτηριστικά αναφέρεται πως ο πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος που τοποθετείται στα σημεία αυτά της γέφυρας είναι πολύ μικρών διαστάσεων. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων σε αυτό το σημείο σχετίζονται με την ποιότητα ήχου των βιολιών με βάση τις μελέτες που έχουν γίνει [22].

Αυτό όμως το αποτέλεσμα δεν μπορεί να δώσει περαιτέρω πληροφορία για τα δονητικά χαρακτηριστικά των αντηχείων των οργάνων αφού οι μετρήσεις γίνονται πάνω στην γέφυρα και όχι στο καπάκι.

Σε προηγούμενο κεφάλαιο (παράγραφος 6.4, σχήμα 6.6) διαπιστώθηκε πως η σχέση δονητικής συμπεριφοράς στο κέντρο του καπακιού με τα φασματικά χαρακτηριστικά του ήχου. Αυτή η πληροφορία θεωρείται χρησιμότερη αφού μπορεί να μελετηθεί η δονητική συμπεριφορά του σημείου χωρίς την γέφυρα ή και ακόμα χωρίς το καπάκι να έχει κολλήσει με την πλάτη, έτσι ώστε να διαπιστωθούν οι μεταβολές που δέχεται στα δονητικά του χαρακτηριστικά από το πρώτο στάδιο κατασκευής δίδοντας χρήσιμες πληροφορίες στους κατασκευαστές.



Σχήμα 7.3 Η διάταξη με την οποία καταγράφεται η συνάρτηση μεταφοράς της γέφυρας στα βιολιά. Το πράσινο υλικό στην γέφυρα είναι ο οπτικός αισθητήρας [30] .

Αντίθετα με την μέτρηση της συνάρτησης μεταφοράς της γέφυρας οι μελετητές του βιολιού έχουν κατορθώσει και διαχωρίζουν τα όργανα ανάλογα με την ποιότητα του ήχου τους. Αυτό όμως αφού τα όργανα έχουν κατασκευαστεί.

Θεωρώντας σημαντικό το σύστημα γέφυρα-στύλος, το επόμενο στάδιο αφορά την εφαρμογή πειραμάτων για την καταγραφή της δονητικής συμπεριφοράς της γέφυρας.

7.2.1 Πείραμα γέφυρα

Για να είναι εφικτό να γίνουν κάποιες παρατηρήσεις σχετικά με το πως συμπεριφέρεται η γέφυρα όταν δέχεται την διεγερτική δύναμη της ταλαντωμένης χορδής επιλέχθηκε ο τρόπος μετρήσεων που περιγράφεται στην συνέχεια:

Στο αριστερό πόδι της γέφυρας και κάτω από την χορδή Σολ τοποθετήθηκε ο πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλο της εταιρείας PI όπως φαίνεται στο σχήμα 5.4 (παράγραφος 5.1.3.3). Στη συνέχεια διεγείροντας με το δοξάρι και κουρδίζοντας σε διαφορετικές συχνότητες, έγινε καταγραφή της επιτάχυνσης στο σημείο παρατήρησης μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή.

7.2.2 Παρατηρήσεις στο πεδίο συχνότητας

Με χρήση του λογισμικού PRAAT δημιουργούνται φασματικές απεικονίσεις της επιτάχυνσης στο συγκεκριμένο σημείο παρατήρησης και στην συνέχεια παρατίθεται γενική περιγραφή της φασματικής συμπεριφοράς στο σημείο αυτό.

Μία σημαντική παρατήρηση που διεξάγεται σε αυτό το στάδιο είναι πως το σύστημα στην λύρα είναι συχνотικά εξαρτώμενο. Όταν αλλάζει το τονικό ύψος της νότας που εκτελείται αλλάζουν και οι σχέσεις στα πλάτη των αρμονικών.

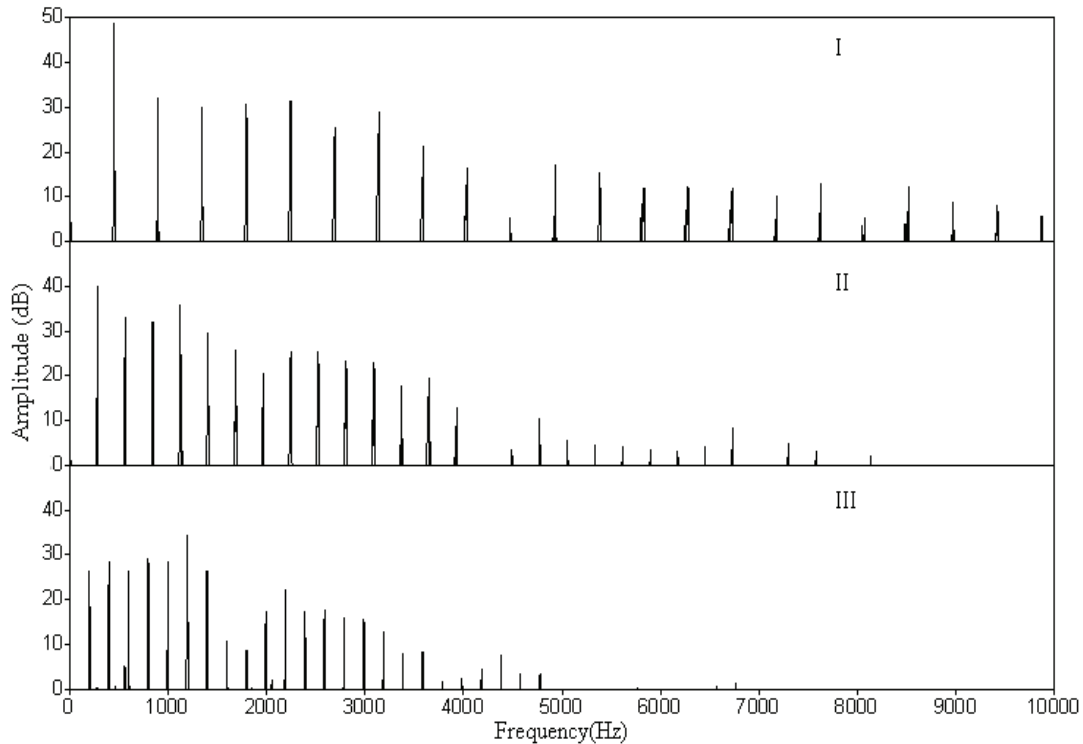
Η γέφυρα του οργάνου μαζί με τον στύλο λειτουργούν σαν ένα σύστημα που «φιλτράρει» το σήμα εισόδου που είναι η ταλαντωμένη χορδή. Το σύστημα είναι εμφανές ότι ευνοεί τις ταλαντώσεις γύρω από την αέρινη συχνότητα και μέσα στο μικρό συχνотικό εύρος των 440 με 560Hz όπου η θεμέλιος των νοτών που αντιστοιχεί σε αυτές τις συχνότητες έχει πλάτος ταλάντωσης έως και 16dB μεγαλύτερο από τον 2^ο αρμονικό.

Άλλες περιοχές που ενισχύονται παρατηρούνται στα 1KHz , 1.8-2.8KHz, 4.4-5KHz και 6-7KHz.

Όσο αφορά την «χαμένη θεμέλιο», το φαινόμενο δεν εντοπίζεται αν και σε κάποιες πολύ χαμηλές συχνότητες η θεμέλιος είναι σε πλάτος λίγο μικρότερη των αρμονικών στοιχείων (6-8dB).

Η ενέργεια των ταλαντώσεων κατανέμεται στη θεμέλιο και τους πρώτους 21 περίπου αρμονικούς.

Η αύξηση στα πλάτη ταλάντωσης που παρατηρείται στα 2.5 με 3KHz και 6-7KHz θεωρείται ότι οφείλεται στην γέφυρα συσχετίζοντας με όσα έχουν αναφερθεί από την θεωρία του βιολιού (παράγραφος 2.2).



Σχήμα 7.4 Το φάσμα τις επιτάχυνσης στο σημείο παρατήρησης . I - νότα A4 ,II - νότα D4 και III - νότα G3.

Μολαταύτα η περιοχή μεγάλης αύξησης του πλάτους ταλάντωσης στα 460-560Hz παρατηρείται και εδώ αλλά όχι με τόσο μεγάλες διαφορές (>20dB) της θεμελίου με τον 2^ο αρμονικό όπως παρατηρήθηκε στον εκπεμπόμενο ήχο (παράγραφος 3.5.2).

Σημαντική επίσης παρατήρηση αφορά το ότι οι πρώτοι 4-6 αρμονικοί δεν έχουν μεγάλες διακυμάνσεις στα πλάτη ταλάντωσής τους σε κάποιες περιπτώσεις. Αυτό ταιριάζει με το σήμα σειράς παλμών που παρατηρήθηκε στην προηγούμενη παράγραφο αλλά εμφανίζεται σε λίγες περιπτώσεις.

Αυτή είναι η πρώτη προσέγγιση στη γέφυρα της κρητικής λύρας αφού παρακάτω γίνει ξανά αναφορά σε αυτό το σύστημα, καθώς στην επίδραση του στον εκπεμπόμενο ήχο.

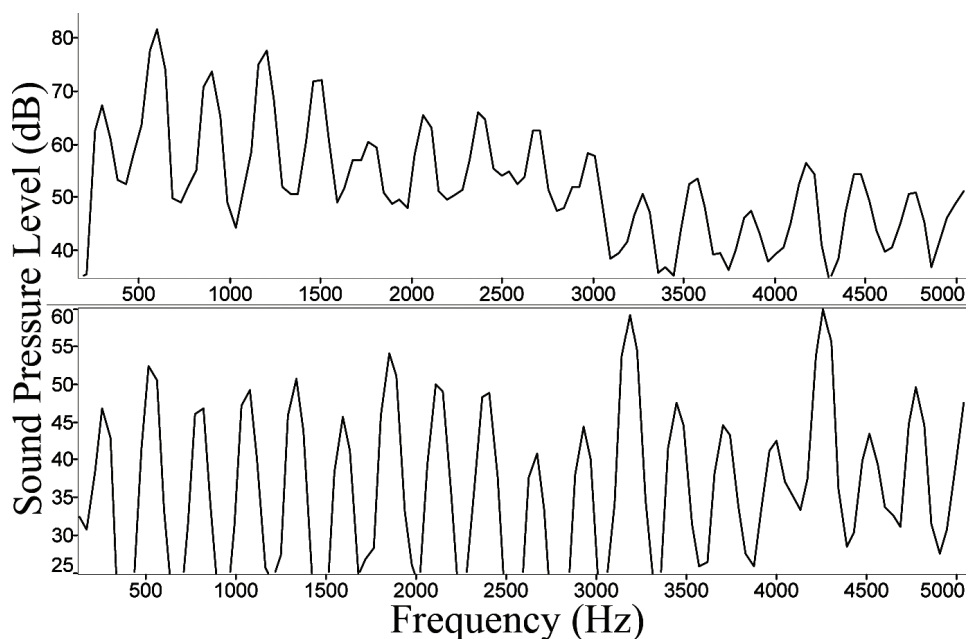
7.3 ΤΑ ΑΝΤΗΧΕΙΑ

Μία χορδή λύρας τοποθετείται σε γέφυρα λύρας η οποία στηρίζεται σε ελαστικό υλικό και σε ένα μεταλλικό όσο το δυνατόν ακλόνητο άκρο στην μεταλική μπάρα της εταιρίας Pasco. Το μήκος της χορδής επιλέγεται και είναι ίσο με 28cm, όσο και στην κρητική λύρα.

Με ένα μικρόφωνο με «γραμμική» συχνοτική απόκριση (Neumann U-89i) ηχογραφείται στο studio του τμήματος ο εκπεμπόμενος ήχος που προκύπτει από την διέγερση της χορδής με το δοξάρι με σκοπό την μετέπειτα παρατήρηση του φάσματός της.

Στη συνέχεια ηχογραφείται η ίδια νότα με μία λύρα διατηρώντας της συνθήκες ηχογράφησης σταθερές. Αναφέρονται οι παρατηρήσεις που έγιναν και επιβεβαιώνουν την σημαντικότητα των αντηχείων.

1. Στα φάσματα των νοτών που εκτελούνται στην χορδή χωρίς αντηχείο η συμπεριφορά των αρμονικών αντιστοιχεί στην κυματομορφή παλμικών σειρών με μια ομαλή πτώση πλάτους από τα 6-7KHz. Στα αντίστοιχα φάσματα για την λύρα υπάρχει διαμόρφωση αυτής της κυματομορφής.
2. Οι μέσες διαφορές στην συνολική στάθμη ηχητικής πίεσης αγγίζουν τα 26-32 dB_{SPL} . Διαπιστώνεται έτσι πως χωρίς το αντηχείο δεν θα υφίστατο και όργανο.



Σχήμα 7.5 Πάνω- φάσμα μιας νότας ηχογραφημένης με μια λύρα. Κάτω –περίπου η ίδια νότα ηχογραφημένη σε μία διάταξη γέφυρας-χορδής.

7.4 Ο «ΟΓΚΟΣ» ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ

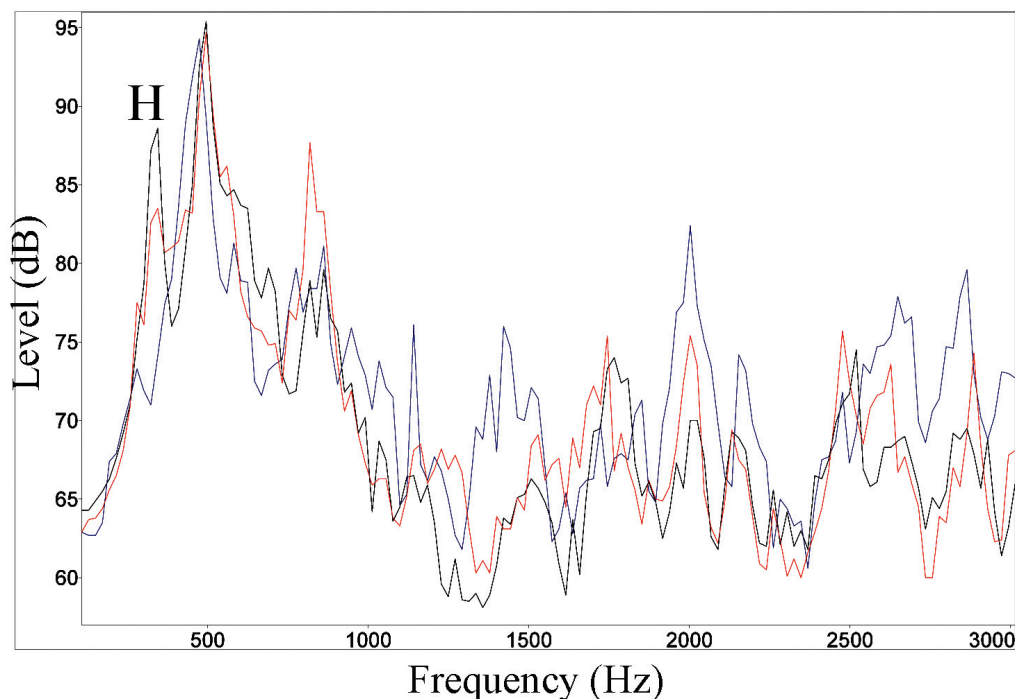
Σε αυτήν την παράγραφο καταγράφεται η μεταβολή της φασματικής συμπεριφοράς του οργάνου όταν αποκλειστούν διαδοχικά οι οπές με μονωτική ταινία και εκτελεστεί με την

τεχνική του glissando (sweep tones) στην βασική έκταση του οργάνου (G3-E5) ηχογραφώντας με ένα πυκνωτικό μικρόφωνο.

Η χαμηλότερη συχνότητα που μπορεί να εκτελέσει η λύρα, βρίσκεται στα 192Hz. Υπάρχουν όμως συντονισμοί με μικρότερο πλάτος και στις συχνότητες των 100Hz, 150Hz, ενώ αξιοσημείωτο πλάτος ταλάντωσης εμφανίζεται συνήθως από την συχνότητα των 250 - 270Hz . Ο πρώτος ισχυρός συντονισμός του οργάνου είναι η αέρια συχνότητα στα 350Hz.

Αυτό που καταγράφεται σαν παρατήρηση όταν μονωθούν οι οπές της λύρας διαδοχικά είναι πως οι συντονισμοί γύρω από την αέρια συχνότητα εξαφανίζονται και υπάρχει μια μεταφορά ενέργειας στις χαμηλότερες συχνότητες που εκτελεί το όργανο.

Επίσης όταν κλείσει μόνο η μία οπή το πλάτος της ταλάντωσης μειώνεται περί τα 6dB. Σίγουρα αυτό το συμπέρασμα δεν ποσοτικοποιείται υπό την έννοια του ότι η ταχύτητα και πίεση του δοξαριού στις χορδές δεν μπορεί να είναι σταθερή από την στιγμή που υπάρχει εκτελεστής. Αυτό επιδιώκεται ωστόσο και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται γραφικά στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 7.6 sweep tones G3-E5. Οπές ανοιχτές (μαύρο) , μία κλειστή με μονωτική ταινία (κόκκινο) και οι 2 οπές κλειστές με μονωτική ταινία (γαλάζιο). **H** -η αέρια συχνότητα.

Παρατηρείται στο σχήμα το βύθισμα γύρω από την αέρινη συχνότητα εκεί που υπάρχει αρκετή ενέργεια με τις οπές ανοιχτές αλλά έστω και με την μία μόνο οπή ανοιχτή.

Μια αναλυτικότερη μελέτη με θέμα το πως μικρές μεταβολές στις οπές της λύρας επιδρούν στον εκπεμπόμενο ήχο, ίσως θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως παράμετρος για την βελτίωση του ηχοχρώματος ενός ήδη κατασκευασμένου οργάνου.

Στο παράδειγμα δεν εφαρμόστηκε κάποιο ψυχοακουστικό τεστ και για αυτό το λόγο δεν μπορεί να υποστηριχθεί αλλά ούτε και να αποκλιστεί το ότι σε κάποιους ακροατές το ηχοχρώμα της λύρας που προκύπτει από το κλείσιμο της μίας οπής με μονωτική ταινία μπορεί να αρέσει περισσότερο από αυτό με τις 2 οπές ανοιχτές.

Σίγουρα όμως με το κλείσιμο και των 2 οπών η χαμηλή ενέργεια ταλάντωσης στις συχνότητες έως τα 400Hz σε σχέση με τα υψηλότερα ποσοστά ενέργειας στις μεσαίες και υψηλές περιοχές του οργάνου, το κάνουν να ακούγεται «πρίμο» και «ξερό» και θεωρητικά δεν θα προσελκύει κανένα ακροατή.

7.5 Η ΤΑΣΤΙΕΡΑ

Η γλώσσα ως εθίζεται να αναφέρεται η ταστιέρα της κρητικής λύρας, έχει μία μεγάλη διαφορά σε σχέση με την ταστιέρα σε άλλα νυκτά όργανα όπως η κιθάρα. Από ένα σημείο του μήκους της (περίπου στο μισό) εκτείνεται ελεύθερη και σε συνδυασμό με το πολύ μικρό πάχος της (της τάξης των 2-4 mm), ταλαντώνεται.

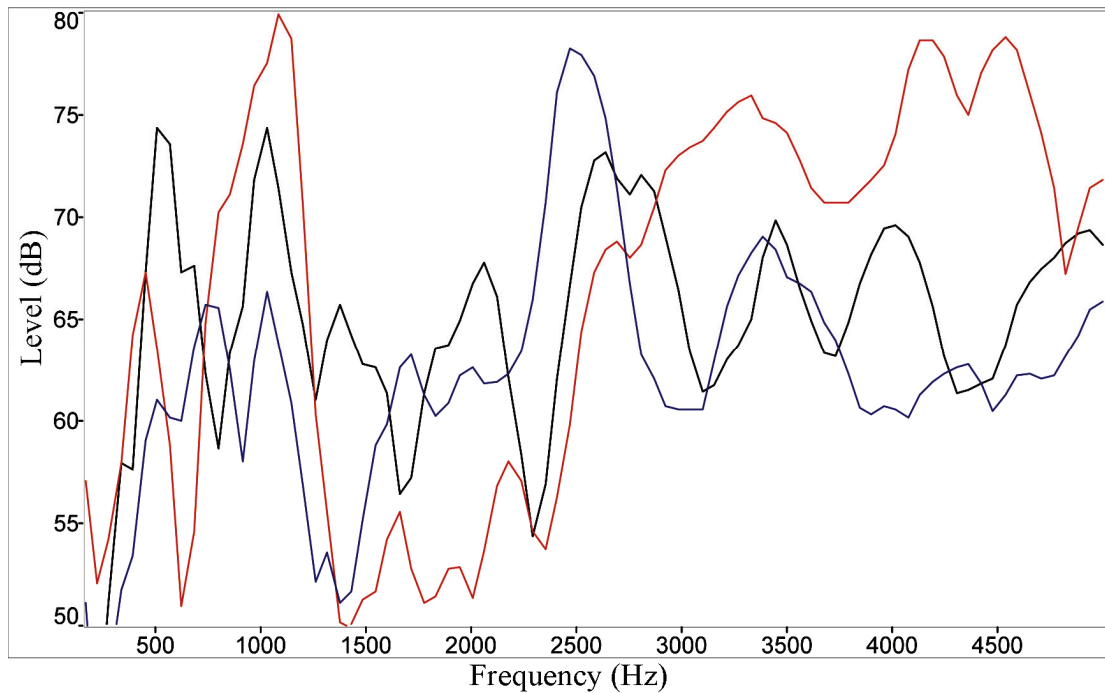
Το ότι δονείται είναι εμφανές και σε φωτογραφίες μέσω της ESPI αλλά και μέσω της ηχοβόλισης για τις 1^η, 2^η, 8^η και 13^η λύρες με βάση την βαθμολογία που συγκέντρωσαν.

Παρατηρώντας την δονητική τους συμπεριφορά μέσω της μεθόδου της ηχοβόλισης σημειώνεται πως δεν έχουν κοινή απόκριση και μπορεί να συμπίπτουν μεν σε τρόπους δόνησης όπως τα 500Hz και 1KHz αλλά διαφέρουν σε αρκετούς.

Στην 1^η λύρα παρατηρείται πιο ομαλή κατανομή του πλάτους χωρίς μεγάλες μεταβολές από κορυφές σε βυθίσματα όπου δεν υπάρχει ταλάντωση, φαινόμενο κυρίως της ταστιέρας της 13^{ης} σε βαθμολογία λύρας.

Η συνολική επίδραση του τμήματος της γλώσσας στα χαρακτηριστικά του ήχου δεν εντοπίζεται καθώς δεν πραγματοποιήθηκε σχετική μέτρηση αφού δεν βρέθηκε αποδοτικός τρόπος μόνωσης της ταστιέρας ώστε να ηχογραφηθεί το όργανο με και χωρίς την συμβολή της.

Στο σχήμα που ακολουθεί παρατίθενται αποτελέσματα της ηχοβόλισης για τις γλώσσες 1^{ης}, 2^{ης} και 13^{ης} λύρας όπως βαθμολογήθηκαν στην στατιστική μελέτη εμπειρογνομώνων.



Σχήμα 7.7 Η ταστιέρα του 1^{ου} οργάνου (μαύρο), του 2^{ου} (μπλε) και του 13^{ου} σε βαθμολογία (κόκκινο) όπως προκύπτει από τον μέσο όρο 8 θέσεων κατά την ηχοβόλιση.

7.6 ΓΕΦΥΡΑ – ΣΤΥΛΟΣ ΚΑΙ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΟΣ ΗΧΟΣ

7.6.1 Η Βασική Ιδέα

Σε προηγούμενη παράγραφο του κεφαλαίου (7.2) αναφέρθηκε η σπουδαιότητα της γέφυρας και ο τρόπος με τον οποίο συσχετίζεται η δονητική της συμπεριφορά με τον εκπεμπόμενο ήχο για τα βιολιά. Επίσης διερευνήθηκε μέσω πειραματικών παρατηρήσεων η γενική δονητική συμπεριφορά της στην λύρα.

Σε αυτήν την παράγραφο εμβαθύνοντας στο σύστημα γέφυρα-στυλός αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο μεταφέρονται οι δονήσεις της γέφυρας στο καπάκι, στο αντηχείο και την σχέση τους με τον εκπεμπόμενο ήχο.

Η ανάγκη για αυτήν την βαθύτερη ανάλυση προκύπτει από τις παρατηρήσεις που έγιναν στο κεφάλαιο 6 σχετικά με το φάσμα του εκπεμπομένου ήχου και τα δονητικά χαρακτηριστικά της κεντρικής περιοχής του οργάνου (σχήμα 6.6)

7.6.2 Πείραμα γέφυρα – στύλος σε 2^η προσέγγιση

Για την μελέτη της γέφυρας σε αυτό το στάδιο έγινε χρήση :

- 2 πιεζοηλεκτρικών αισθητήρων υψηλού εύρους συχνοτήτων
- Ενός μικροφώνου με μεγάλη ευαισθησία και γραμμική απόκριση (σε ρεαλιστικά πλαίσια)
- Συστήματος με υπολογιστή και κάρτα ήχου που παρείχε προ-ενίσχυση και τροφοδοσία στο μικρόφωνο και ενίσχυση στο σήμα των πιεζοηλεκτρικών κρυστάλλων

Ο 1^{ος} αισθητήρας τοποθετείται πάνω στην μπάρα στο σημείο ακριβώς κάτω από την γέφυρα της λύρας (σχήμα 6.6).

Ο 2^{ος} αισθητήρας τοποθετείται στην πλάτη του οργάνου και στο σημείο κάτω από τον στύλο. Το μικρόφωνο τοποθετείται στα 25cm από το όργανο «κοιτώντας» υπο μικρή γωνία κλίσης το σημείο που βρίσκεται λίγα εκατοστά πάνω από την γέφυρα του οργάνου.

Ο εκτελεστής αναλαμβάνει και εκτελεί κάποιες μεμονωμένες νότες και στην συνέχεια glissandi (sweep tones) στο συχνοτικό εύρος των 192 Hz – 660 Hz που αντιστοιχεί στις νότες G3-E6.

Συγκεκριμένα στην χορδή G3 όλες οι συχνότητες από την νότα G3 έως περίπου την D4, στην χορδή D4 από την νότα D4 έως την A4 και στην χορδή A4 όλες οι νότες από την A4 έως την E5.

Εκτελέστηκαν περισσότερα από 25 glissandi με όσο το δυνατό σταθερές τις παραμέτρους του δοξαριού (ταχύτητα, πίεση και θέση). Έτσι λοιπόν καταγράφηκε η πληροφορία για την ταλάντωση στις περιοχές της γέφυρας και του στύλου καθώς και για την εκπομπή του ήχου στην συγκεκριμένη θέση όπου έχει τοποθετηθεί το μικρόφωνο.

Με την χρήση λογισμικού dBFa-32 της εταιρίας 01dB Stell γίνεται εξαγωγή φασμάτων μέσου όρου για μεγάλα χρονικά διαστήματα (Long Time Average Spectrums) και συγκρίνονται τα σήματα κυρίως στο συχνοτικό πεδίο αλλά και στο πεδίο του χρόνου.

7.6.3 Σύγκριση δονήσεων γέφυρας και στύλου στο πεδίο του χρόνου

Παρατηρώντας το σύστημα που αναλύεται σε αυτό το στάδιο και γνωρίζοντας σε ένα ικανοποιητικό βαθμό την κίνηση της δονούμενης από το δοξάρι χορδής διεξάγεται η εξής

υπόθεση για την ταλάντωση του συστήματος:

Όταν η χορδή κινείται οριζόντια προς το άκρο της γέφυρας που επαφίεται στο καπάκι της λύρας (χορδή G3), τότε και η συνισταμένη κάθετη δύναμη θα εφαρμόζεται άμεσα στο συγκεκριμένο άκρο.

Εκείνη την χρονική στιγμή, στο άκρο της γέφυρας που θα εφάπτεται στον στύλο και έμμεσα στην πλάτη του οργάνου θα υπάρχει μια συνισταμένη κάθετη δύναμη με αντίθετη φορά.

Για να γίνει πιο κατανοητό το φαινόμενο μπορεί κάποιος να φανταστεί την γέφυρα σαν μία τραμπάλα που εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση. Αυτό που συμβαίνει είναι πως αν καταγραφεί η μετατόπιση των άκρων της στον χρόνο σε σχέση με την απόσταση από το έδαφος, το αποτέλεσμα θα είναι η ίδια συνάρτηση και για τα δύο άκρα με διαφορά φάσης 180° . Σίγουρα η συμπεριφορά της γέφυρας δεν είναι αυτή, καθώς υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την ιδανική προσέγγιση του παραδείγματος.

Παρατηρώντας τα σήματα που αφορούν στα δύο σημεία εμφανίζεται μια διαφορά φάσης 180° στα μεγαλύτερα τμήματα των σημάτων αλλά και πολλά τμήματα στα οποία οι φάσεις συμπίπτουν.

Αυτή η παρατήρηση υποδηλώνει :

1. Ότι τα 2 σημεία δεν έχουν ακριβώς τις ίδιες μεταβολές μετατόπισης στο πεδίο του χρόνου και
2. Την πιθανότητα ακύρωσης κάποιων ταλαντώσεων όταν τα δύο σημεία ταλαντώνονται με κοινή φάση ή και την ύπαρξη εγκάρσιας ταλάντωσης ολόκληρης της γέφυρας ή του στύλου σε σχέση με το καπάκι

Μπορεί να φαίνεται περίεργο όταν κάποιος σκεφτεί ολόκληρη την γέφυρα να αναπηδά πάνω από το καπάκι δεδομένης της τάσης των χορδών και την εφαρμογής του δοξαριού αλλά κάτι τέτοιο δεν μπορεί να αποκλιστεί από την στιγμή που το σφάλμα των συσκευών μέτρησης δεν είναι τέτοιο ώστε να δώσει ψευδή στοιχεία για την μετατόπιση του συστήματος. Σίγουρα αν κάτι τέτοιο συμβαίνει θα αφορά αρκετά υψηλές συχνότητες και η περαιτέρω διερεύνηση του φαινομένου καθίσταται εξειδικευμένη για τα πλαίσια της παρούσης.

Η γενική παρατήρηση λοιπόν αφορά το ότι η γέφυρα ταλαντώνεται προς όλες τις κατευθύνσεις, σίγουρα όμως αυτό που υπερισχύει είναι οι ταλαντώσεις με το μεγαλύτερο πλάτος και αυτές είναι που μελετώνται σε αυτό το κεφάλαιο.

7.6.4 Χρονοκαθυστέρηση μετάδοσης

Μέσω της παρατήρησης στα χρονικά μεταβαλλόμενα σήματα που αφορούν την ταλάντωση των σημείων που μελετώνται προκύπτει και το εξής συμπέρασμα το οποίο είναι επακόλουθο της διαφοράς φάσης που αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο και αφορά στο ποια ταλάντωση προηγείται χρονικά της άλλης. Συγκεκριμένα η ταλάντωση της χορδής μεταδίδεται πρώτα στην πλάτη ή στο καπάκι.

Αυτό που παρατηρείται είναι πως όντως υπάρχει αυτή η χρονοκαθυστέρηση που σχετίζεται σε ένα μεγάλο βαθμό με την διαφορά φάσης των δύο σημείων που μελετώνται χωρίς όμως να δίδονται συγκεκριμένοι προσδιορισμοί από την στιγμή που δεν εντοπίζεται επακριβώς το κατά πόσο εξαρτάται η ταλάντωση στο ένα εκ των δύο σημείων από το συμμετρικό του. Δεν μπορεί να προσδιοριστεί δηλαδή το κατά πόσο η ταλάντωση στο σημείο του στύλου που τοποθετήθηκε ο αισθητήρας, εξαρτάται από :

1. Τα δομικά χαρακτηριστικά του ξύλου της πλάτης στο συγκεκριμένο σημείο (π.χ σκληρότητα του ξύλου).
2. Την ανάδραση από το καπάκι η οποία μπορεί να εξαρτάται επίσης σε ένα μεγάλο βαθμό από τα δομικά χαρακτηριστικά του ξύλου του στο συγκεκριμένο σημείο.
3. Τον βαθμό όπου η ίδια η γέφυρα συμβάλει με τους ιδιορυθμούς της.

Μια παρατήρηση όπως αυτής της παραγράφου μπορεί να έχει αρκετή σημασία καθώς στον βαθμό που αναλύεται το σύστημα δεν μπορεί να αποκλιστεί πως οι διαφορές φάσης αν προηγείται το καπάκι ή πλάτη, μπορούν να επιφέρουν μεταβολές στον τρόπο που διαμορφώνεται η δύναμη με την οποία το σύστημα «οδηγεί» το αντηχείο.

Πιο αναλυτικά, όταν αλλάζει η φορά του δοξαριού αλλάζει και το ηχόχρωμα και η κίνηση της χορδής και σε αυτήν την διαπίστωση μπορεί να συμβάλλει το αν η κίνηση μεταδίδεται πρώτα στο καπάκι ή στην πλάτη του οργάνου.

Αυτές οι εξειδικευμένες για την παρούσα φάση μελέτες σίγουρα θα μπορούσαν να επιφέρουν χρήσιμα συμπεράσματα και βαθύτερη κατανόηση του συστήματος.

7.6.5 Σύγκριση δονήσεων γέφυρας και στύλου στο πεδίο της συχνότητας

Παρατηρώντας τα φάσματα που εξάγονται από τα σήματα στις 2 θέσεις παρατήρησης σημειώνονται ομοιότητες και διαφορές.

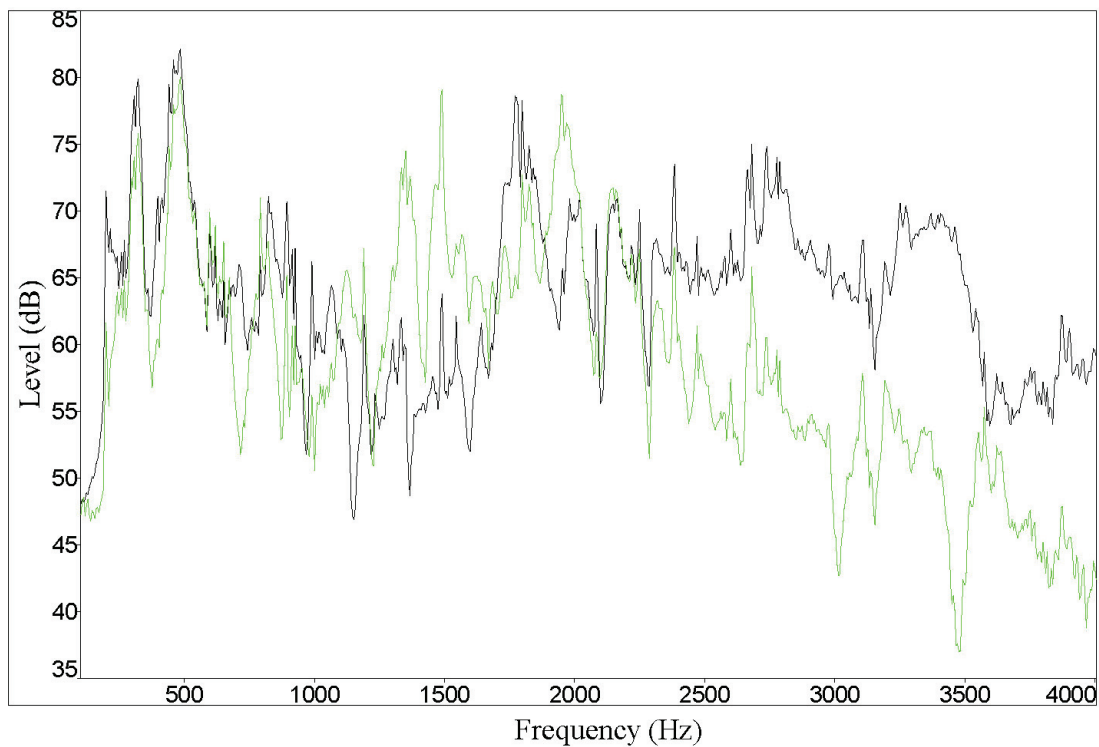
- Οι περισσότεροι βασικοί τρόποι ταλάντωσης εμφανίζονται και στα 2 σημεία, άλλοι με το ίδιο περίπου πλάτος (330Hz - 490 Hz – 600 Hz) και άλλοι συμπίπτουν σε συχνότητα αλλά διαφέρουν σε πλάτος .
- Γενικότερα υπάρχει ένας μεγάλος βαθμός ομοιότητας στην συχνότητα αλλά και διαφορά στην κατανομή ενέργειας. Αυτή η διαφορά μπορεί να έγκειται σε παράγοντες που αναφέρθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο και είναι τα δομικά και δονητικά χαρακτηριστικά των ξύλων του καπακιού , της πλάτης , του στύλου , της γέφυρας και ο τρόπος με τον οποίο το σύστημα δημιουργείται.
- Το τελευταίο έχει να κάνει με την γωνία που σχηματίζει η γέφυρα, την επιφάνειά της που βρίσκεται σε επαφή με το καπάκι καθώς και ο στύλος με την πλάτη και την γέφυρα.

Παρατηρώντας τους παράγοντες που μόλις αναφέρθηκαν είναι εμφανές πως μικρές μεταβολές στο σύστημα όπως η αλλαγή γωνίας του στύλου, μπορούν να επιφέρουν μεταβολές στον εκπεμπόμενο ήχο.

Άλλες διαφορές που εντοπίζονται στις 2 θέσεις παρατήρησης εμφανίζονται:

1. Στα 200Hz όπου υπάρχει μεγάλο πλάτος ταλάντωσης για το καπάκι.
2. Στα 1.3-1.5KHz όπου η πλάτη στο σημείο του στύλου εμφανίζει πολύ μεγαλύτερο πλάτος ταλάντωσης.
3. Μετά τα 2.3KHz η πλάτη στο σημείο του στύλου εμφανίζει μειωμένο πλάτος ταλάντωσης έναντι του κεντρικού σημείου του καπακιού δίπλα στην γέφυρα.

Παρόλες τις διαφορές και τους παράγοντες που είναι άγνωστοι, ο στύλος φαίνεται όντως να μεταφέρει τις δονήσεις της γέφυρας στην πλάτη του οργάνου όπως μεταφέρονται και στο καπάκι στα σημεία πάντα που τοποθετήθηκαν οι αισθητήρες.



Σχήμα 7.7 sweep tones για τις νότες G3 –E5 για το σημείο πάνω στο καπάκι δίπλα από την γέφυρα (μαύρο) και στην πλάτη στην περιοχή του στύλου (πράσινο)

7.6.6 Ολική αφαίρεση του στύλου

Από τα όσα έχουν αναφερθεί σε αυτό το στάδιο μελέτης ο στύλος είναι μέρος του συστήματος που μεταφέρει την ταλάντωση στην πλάτη. Προς «επαλήθευση» της παραδοχής αυτής ο στύλος αφαιρείται και το πείραμα εφαρμόζεται ξανά όπως έχει περιγραφεί στην αρχή της παραγράφου 7.6.2.

Η αφαίρεση γίνεται προσεκτικά χωρίς να μετακινηθεί η γέφυρα και το όργανο ξανακουρδίζεται στην τονικότητα που είχε κατά την διαδικασία του αρχικού πειράματος.

Τί αναμένεται να συμβεί ;

Αυτό που αναμένεται είναι η μεταβολή του τρόπου με τον οποίο δονούνται τα δυο σημεία

από την στιγμή που δεν υπάρχει άμεση σύζευξη μεταξύ τους και οι δονήσεις κυρίως μέσω

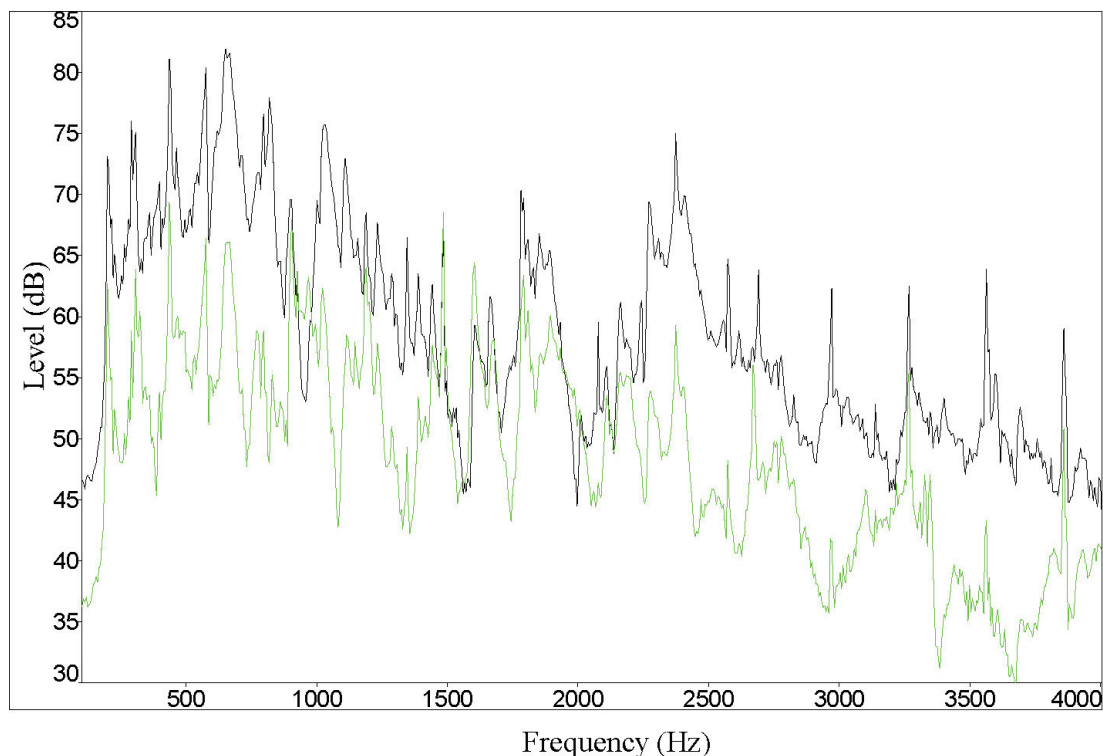
του αέρα μεταφέρονται στην πλάτη του οργάνου. Αυτό θα συνεπάγεται και σε δραστική μείωση του πλάτους με το οποίο ταλαντώνεται η πλάτη σε σχέση με το καπάκι στο οποίο υπάρχει άμεση μεταφορά των δονήσεων της χορδής από την γέφυρα.

Τί συμβαίνει ;

Αυτό που τελικά παρατηρείται στα φάσματα εκπομπής για τα δύο σημεία είναι ακριβώς το αντίθετο από αυτό που θεωρητικά αναφέρθηκε όσον αφορά τη φασματική συμπεριφορά. Υπάρχει μεγάλη ταύτιση στις συχνότητες που εμφανίζονται οι συντονισμοί. Στο θέμα του πλάτους ταλάντωσης όμως η πλάτη δονείται τώρα με πολύ μικρότερο πλάτος σε σχέση με το καπάκι στο σημείο της γέφυρας.

Το γενικό συμπέρασμα έγκειται στο ότι ανεξαρτήτως του αν το μέσο μετάδοσης των ταλαντώσεων είναι ο αέρας ή ο στύλος, οι συχνότητες συντονισμού που εμφανίζονται στα 2 σημεία παρατήρησης έχουν μεγάλο βαθμό ταύτισης για κάθε διαφορετική περίπτωση.

Το ότι η πλάτη στο σημείο παρατήρησης ταλαντώνεται ασθενέστερα μετά την αφαίρεση του στύλου έγκειται στο ότι διεγείρεται σχεδόν μόνο μέσω συνήχησης.



Σχήμα 7.8 Sweep tones για τις νότες G3 –E5 μετά την αφαίρεση του στύλου. 1^{ος} αισθητήρας στο σημείο πάνω στο καπάκι δίπλα από την γέφυρα (μαύρο) και 2^{ος} στην πλάτη στην περιοχή του στύλου (πράσινο),

Το πλάτος όπως είναι φυσικό δεν συμπίπτει αν και υπάρχει μεγάλη ομοιότητα με πολύ μικρή απόκλιση (μέγιστου εύρους 5dB) για τις συχνότητες του οργάνου από 240 έως 370Hz και από 430 έως 690 Hz μόνο όμως στην περίπτωση όπου ως μέσω διάδοσης υπάρχει ο στύλος.

Όταν ο στύλος αφαιρείται τα πλάτη στα σημεία παρατήρησης έχουν πολύ μεγαλύτερες διαφορές και συμπίπτουν σε ελάχιστες περιοχές όπως τα 900Hz, 1.5KHz, 2KHz και 3.3KHz.

Τέλος, όταν ο στύλος αφαιρείται, μεταβάλλεται και ο τρόπος δόνησης στα σημεία παρατήρησης αφού διαφέρει και η συνολική τάση που εφαρμόζεται στο καπάκι και στην πλάτη από τις χορδές (μέσω της γέφυρας).

7.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΑ ΔΟΝΗΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ ΤΟΥ ΚΑΠΑΚΙΟΥ ΜΕ ΤΟΝ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΟ ΗΧΟ

7.7.1 Ανασκόπηση

Στο κεφάλαιο 6 παρατηρήθηκαν τα αποτελέσματα των μετρήσεων και κατά την επαλήθευση της μεθόδου της κρουστικής απόκρισης εντοπίστηκε μια θέση στο κέντρο του καπακιού δίπλα ή «κάτω» όπως έχει προαναφερθεί από την γέφυρα τα δονητικά χαρακτηριστικά της οποίας σχετίζονται άμεσα με τη φασματική συμπεριφορά του εκπεμπομένου ήχου.

Επίσης όταν με την μέθοδο της ESPI ο διεγέρτης τοποθετήθηκε στο κέντρο του οργάνου, η δονητική συμπεριφορά των καπακιών των οργάνων σχετίστηκε άμεσα με τα φασματικά χαρακτηριστικά του εκπεμπομένου ήχου.

Το σημείο τοποθέτησης λοιπόν αυτού του αισθητήρα είναι κοινό με αυτό του πειράματος που εφαρμόστηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Επίσης αναφέρθηκε και η χρήση μικροφώνου για ταυτόχρονη ηχογράφηση του εκπεμπομένου ήχου.

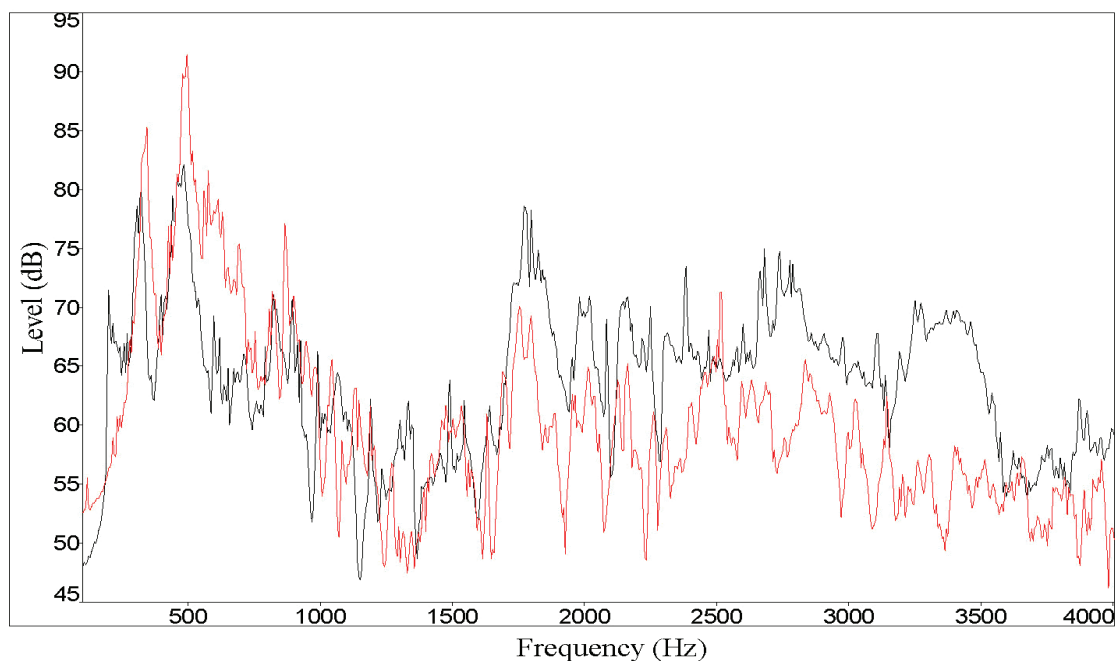
Αυτό που πραγματοποιείται σε αυτήν την παράγραφο είναι η επαλήθευση για αυτό το σημείο του καπακιού των οργάνων μέσω των πειραματικών αποτελεσμάτων της προηγούμενης παραγράφου.

7.7.2 Συμπεράσματα

Παρατηρώντας λοιπόν για μια διαφορετική λύρα αυτή τη φορά τη σχέση του φασματικού περιεχομένου του ήχου που ηχογραφήθηκε σε σχέση με τα δονητικά χαρακτηριστικά σε ένα

κεντρικό σημείο του καπακιού που καταγραφήκαν ταυτόχρονα με τον πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο:

- Επιβεβαιώνεται πως τα φασματικά χαρακτηριστικά του εκπεμπομένου ήχου σχετίζονται άμεσα με τα δονητικά του κεντρικού σημείου που τοποθετήθηκε ο κρύσταλλος.
- Ως εκ τούτου αυτή είναι και η ιδανική θέση τοποθέτησής του κατά την διέγερση του οργάνου στην εφαρμογή της ESPI και η καλύτερη θέση λήψης κατά την κρουστική απόκριση αν δεν δύναται να δημιουργηθεί πλέγμα σημείων και να διεξαχθεί ο μέσος όρος.



Σχήμα 7.9 sweep tones (G3-E5) με τον αισθητήρα στο σημείο πάνω στο καπάκι δίπλα από την γέφυρα (μαύρο) και ηχογράφιση με πυκνωτικό μικρόφωνο(κόκκινο).

Παρατηρείται στο παραπάνω σχήμα η ομοιότητα στα φασματικά χαρακτηριστικά της θέσης παρατήρησης (μαύρο) και του εκπεμπομένου ήχου (κόκκινο).

Το σημείο αυτό στο κέντρο του οργάνου που είναι τοποθετημένος ο αισθητήρας είναι τόσο κοντά στην γέφυρα και έτσι λίγο γενικευμένα αναφέρεται η παρατήρηση για το ότι κάποια χαρακτηριστικά της γέφυρας εμφανίζονται και σε αυτό το σημείο.

Συγκεκριμένα σε σχέση με το πείραμα που έγινε όταν ο αισθητήρας τοποθετήθηκε στο πόδι της γέφυρας, παρατηρούνται ομοιότητες:

1. Στα 350 και 500Hz κυρίως όπου φάνηκε πως οι θεμέλιοι σε αυτές τις περιοχές είχαν πολύ μεγαλύτερο πλάτος από τα λοιπά αρμονικά στοιχεία
2. Στα 1.8 έως και τα 3.5KHz όπου υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση ενέργειας σε σχέση με τις περιοχές από 600Hz έως 1.5KHz

Τα 2 πειράματα δεν ταυτίζονται καθώς οι θέσεις τοποθέτησης του αισθητήρα είναι διαφορετικές αλλά από την στιγμή που παρατηρήθηκαν ομοιότητες στην δονητική συμπεριφορά κρίθηκε σωστό να αναφερθούν.

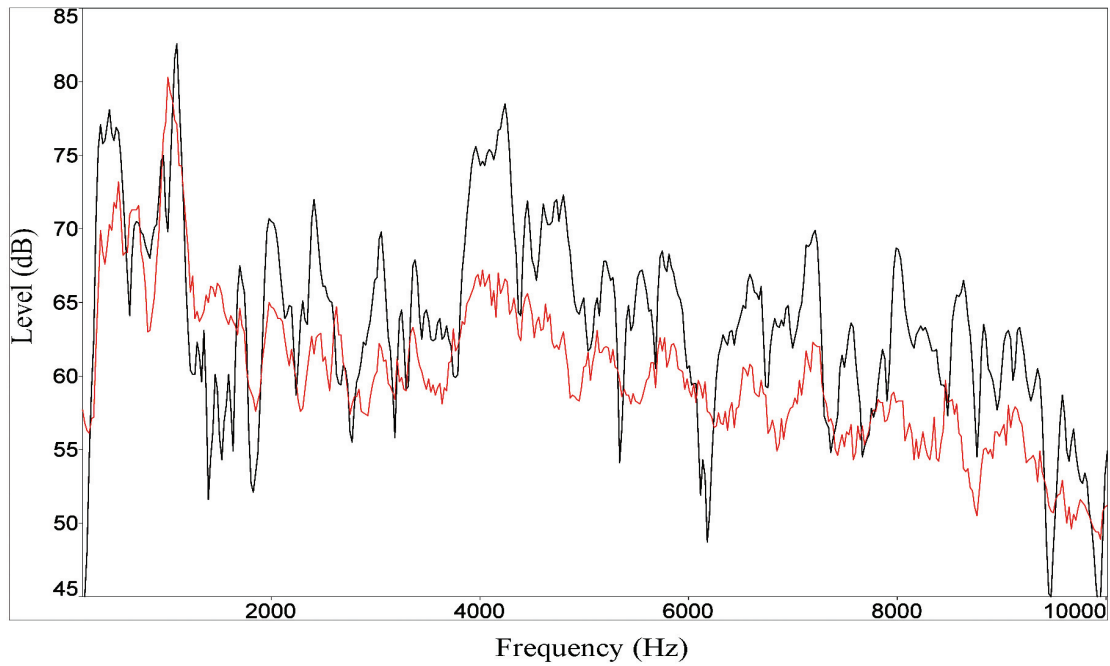
Ως επαλήθευση των όσων αναφέρθηκαν για την κεντρική θέση του καπακιού των οργάνων χρησιμοποιήθηκε και η μέθοδος της ηχοβόλησης.

Κατά την διαδικασία της ηχοβόλησης πραγματοποιήθηκε μέτρηση της δονητικής συμπεριφοράς μιας κοντινής θέσης με αυτή που αναλύεται σε αυτό το στάδιο και δεν είναι άλλη από την θέση 8 στο σχήμα 5.5 της εργασίας.

Παρατηρώντας την δονητική συμπεριφορά του συγκεκριμένου σημείου και για τα 5 όργανα που μελετήθηκαν με την μέθοδο αυτή προκύπτει το συμπέρασμα :

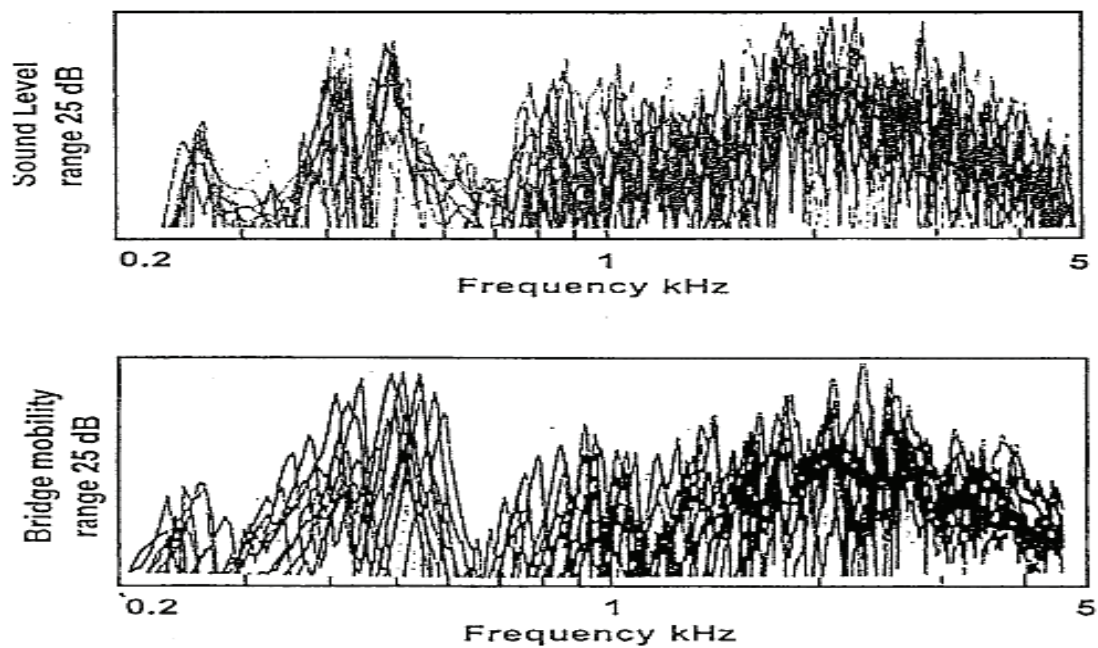
- Η δονητική συμπεριφορά του σημείου κοντά στο κέντρο του καπακιού (θέση 8 σχήμα 5.5) κατά την ηχοβόληση προσεγγίζει σε πολύ μεγάλο βαθμό τον μέσο όρο και των 22 συμμετρικών σημείων που επελέγησαν κατά την διαδικασία της μεθόδου και για τα 5 όργανα που εξετάστηκαν.

Σίγουρα δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο όρος ταύτιση, αλλά η ομοιότητες είναι τόσο μεγάλες που αν μπορούσαν να σχετιστούν σίγουρα τα αποτελέσματα θα ήταν πολύ σημαντικά καθώς θεωρείται πολύ σημαντικό από ένα και μόνο σημείο να μπορεί να υπολογιστεί η συνολική συμπεριφορά του ήχου και μάλιστα το σημείο αυτό να βρίσκεται πάνω στο καπάκι και όχι στην γέφυρα του οργάνου.



Σχήμα 7.10 Δονητική συμπεριφορά του σημείου στο κέντρο του καπακιού (μαύρο) και μέσος όρος 22 σημείων (κόκκινο) με την μέθοδο της ηχοβόλισης.

Με τον τρόπο που αναπτύχθηκε στην παράγραφο 7.2 αναφέρθηκε πως σε μία θέση της γέφυρας των βιολιών η κρουστική απόκριση ταυτίζεται με τον εκπεμπόμενο ήχο όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα [22]



Σχήμα 7.11 Πάνω -εκπεμπόμενος ήχος και κάτω -απόκριση της γέφυρας (Bridge mobility) για τα βιολιά. [22]

Από τα παραπάνω σχήματα συνάγεται πως υπάρχουν ομοιότητες στα 2 όργανα στον τρόπο ταλάντωσης της γέφυρας (σχήμα 7.11) των βιολιών με το σημείο στο καπάκι δίπλα από την γέφυρα για την λύρα.

Συγκεκριμένα, υπάρχει πολύ μεγάλη κατανομή ενέργειας στα 500Hz, στα 900-1000Hz και από τα 1700 έως τα 3500Hz περίπου.

Οι σημαντικές όμως διαφορές εμφανίζονται στο φάσμα του εκπεμπομένου ήχου. Η λύρα στο ηχητικό της φάσμα της έχει πολύ μεγαλύτερη συγκέντρωση ενέργειας γύρω από 500Hz σε σχέση με τα 2KHz σε αντίθεση με τα βιολιά όπου παρατηρείται περίπου ίδια κατανομή ενέργειας σε αυτές τις 2 περιοχές (σχήμα 7.11).

Η σημαντική διαφοροποίηση που θεωρείται πως γίνεται σε αυτήν την παράγραφο έγκειται στο ότι από ένα σημείο του καπακιού μπορεί να γίνει παρατήρηση των μεταβολών στα δονητικά του χαρακτηριστικά από το πρώτο στάδιο της δημιουργίας του (όπως έχει αναφερθεί στην παράγραφο 7.2) ενώ από την γέφυρα μπορούν να εκφραστούν συμπεράσματα μόνο για την ποιότητα ήχου του ολοκληρωμένου οργάνου.

7.8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ ΤΗΣ ΚΡΗΤΙΚΗΣ ΛΥΡΑΣ

Σημειώνοντας αυτή τη σημαντική παρατήρηση για την θέση στο κέντρο του καπακιού και κάτω από την γέφυρα συγκεντρώνονται σε αυτό το σημείο όλα όσα διαπιστώθηκαν για τον μηχανισμό παραγωγής ήχου της λύρας σε αυτό το κεφάλαιο

1. Η κίνηση της χορδής που προσεγγίζει σε μεγάλο βαθμό την κίνηση Helmholtz και επιφέρει δύναμη περίπου πριονωτής κυματομορφής στο σημείο της γέφυρας, ενώ η γέφυρα εμφανίζει συχνοτικά εξαρτώμενα φασματικά χαρακτηριστικά για την δύναμη εισόδου.
2. Η επίδραση της γέφυρας στην ταλάντωση των χορδών ενισχύει τα πλάτη ταλάντωσης σε περιοχές του φάσματος στα 350Hz, 500Hz, 1.8KHz, 2.3 με 3.4 KHz και 5.5 με 6.5 KHz.
3. Πολύ μεγάλης σημασίας είναι το σύστημα που σχηματίζεται από την συνένωση της γέφυρας με τον στύλο, το καπάκι και την πλάτη. Ο τρόπος που ταλαντώνεται το σύστημα αυτό είναι καίριος για τον εκπεμπόμενο από το όργανο ήχο. Συγκεκριμένα, τα δονητικά χαρακτηριστικά του σημείου πάνω στο καπάκι και ακριβώς κάτω από την γέφυρα (8 στο σχήμα 5.2) εμφανίζουν πολλές ομοιότητες με τα φασματικά

χαρακτηριστικά του εκπεμπομένου ήχου και με την συνολική συχνοτική απόκριση των καπακιών από τα 22 σημεία μέτρησης στην ηχοβόλιση.

4. Ως συνέπεια αυτού, η φασματική συμπεριφορά με την οποία ηχοβολεί το όργανο ίσως μπορεί να προσδιοριστεί μελετώντας τους ιδιορρυθμούς και τα πλάτη του καπακιού σε αυτό το σημείο.
5. Σίγουρα πλέον αυτό το σημείο είναι προτιμότερο να χρησιμοποιηθεί για την τοποθέτηση του πιεζοηλεκτρικού διεγέρτη κατά την εφαρμογή της ESPI και της κρουστικής απόκρισης λόγω των ομοιοτήτων που παρατηρήθηκαν με τα χαρακτηριστικά του εκπεμπομένου ήχου με όλες τις μεθόδους ακόμα και της κρουστικής απόκρισης.
6. Οι συντονισμοί που εμφανίζει η γλώσσα των οργάνων, συμπίπτουν με βασικούς τρόπους δόνησης των καπακιών, ενισχύοντας τα πλάτη ταλάντωσης των συγκεκριμένων περιοχών στο ακουστικό φάσμα των οργάνων. Επίσης μεγάλη ενέργεια ταλάντωσης παρατηρείται στην γλώσσα μετά τα 2KHz.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΜΠΕΙΡΟΓΝΩΜΟΝΩΝ ΜΕ ΦΑΣΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΟΥ ΑΠΟ ΤΑ ΟΡΓΑΝΑ ΗΧΟΥ

Στο κεφάλαιο 3 έγινε μια πρώτη παρατήρηση των μετρήσεων και σχολιασμός της γενικής φασματικής συμπεριφοράς του ήχου των οργάνων. Σε αυτό το κεφάλαιο τα αποτελέσματα γίνονται πιο συγκεκριμένα και προκύπτουν από την συσχέτιση της βαθμολογίας και των σχολίων που συγκέντρωσαν τα όργανα κατά την στατιστική ψυχοακουστική μελέτη με την συνολική φασματική τους συμπεριφορά.

Διεξάγονται τέλος χρήσιμα συμπεράσματα για τον ρόλο του οργανοπαίκτη σε τέτοιου είδους μελέτες.

8.1 ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ 1^{ης} ΛΥΡΑΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

8.1.1 Θεμέλιος και πρώτα αρμονικά στοιχεία για την καλύτερη λύρα.

Παρατηρώντας το φάσμα της κάθε νότας της 1^{ης} λύρας σημειώνονται τα εξής χαρακτηριστικά:

Μικρό πλάτος ταλάντωσης στη θεμέλιο σε σχέση με τους πρώτους 3 αρμονικούς για τις νότες G3-D4 (196-294Hz) . Συγκεκριμένα για τις νότες G3 με C#4 η θεμέλιος έχει μικρότερο πλάτος από όλους τους αρμονικούς που εκτείνονται έως τα 3KHz .

Για την νότα G3 η θεμέλιος που εκτελέστηκε έχει πλάτος ταλάντωσης 34dB μικρότερο από τον 2^ο αρμονικό, 37 dB από τον 3^ο που είναι και ο μεγαλύτερος σε ένταση στο φάσμα της συγκεκριμένης νότας , 28dB μικρότερο από τον 4^ο αρμονικό , 20dB από τον 5^ο και η διαφορά σταδιακά μειώνεται με την εμφάνιση του αρμονικού που είναι μικρότερος σε πλάτος από την θεμέλιο κατά 5dB να εμφανίζεται στα 3316Hz (17^{ος} αρμονικός).

Ήδη όμως από την δεύτερη νότα που εκτελέστηκε (G#3) μέχρι και την C4 το δυναμικό εύρος μεταξύ θεμελίου και αρμονικών στοιχείων μειώνεται μετά τον 5^ο αρμονικό και παρατηρούμε πως τα υπόλοιπα αρμονικά στοιχεία για τις νότες αυτές ταλαντώνονται με μικρότερο πλάτος από αυτό της θεμελίου.

Η νότα E4 στο συγκεκριμένο όργανο είναι το σημείο όπου αρχίζει να παρατηρείται το αντίστροφο φαινόμενο. Σε αυτήν την συχνοτική περιοχή των 340-382 Hz οι νότες που

εκτελούνται έχουν μεγάλη κατανομή ενέργειας στην θεμέλιο η οποία μπορεί να έχει πλάτος ταλάντωσης σε σχέση με τον 2^ο αρμονικό μεγαλύτερο έως και 20dB. Στην συνέχεια υπάρχει ελάττωση στο δυναμικό εύρος διαφοράς αν και η θεμέλιος πάντα υπερτερεί σε πλάτος έστω και με διαφορά 2dB από τον 2^ο αρμονικό. Επίσης μεγάλο ποσοστό ενέργειας συγκεντρώνεται στους πρώτους 3 αρμονικούς για τις νότες αυτές.

Στις νότες A#4 με C#5 (466-554Hz) το φαινόμενο της κατά κράτους υπεροχής της θεμελίου σε σχέση με τα αρμονικά στοιχεία της κάθε νότας βρίσκεται στο ζενίθ με διαφορές πλάτους έντασης έως και 22dB από τον 2^ο αρμονικό.

Τέλος, στις νότες που εκτελούνται στο εύρος 587-880Hz παρατηρείται και πάλι μία συμπεριφορά που μοιάζει με αυτή των νοτών από τα 392Hz έως τα 440Hz. Υπάρχουν μικρότερες διαφορές της θεμελίου με τους πρώτους αρμονικούς αλλά και πάλι η θεμέλιος υπερσχύει έστω και με 5dB διαφορά για την νότα G#5 (831 Hz) που προσεγγίζει την πριονωτή κυματομορφή.

8.1.2 Κατανομή ενέργειας.

Η κατανομή ενέργειας παρατηρήθηκε με βάση φάσματα η ανάλυση των οποίων έγινε σε διάστημα οκτάβας και 1/3 της οκτάβας για το ακουστικό συχνοτικό εύρος. Επίσης χρήσιμες πληροφορίες για την διεξαγωγή γενικής κατανομής της ενέργειας διεξάγονται από τα φάσματα μέσου όρου μεγάλων χρονικών διαστημάτων (LTAS) για τα 2 κομμάτια που εκτελεστήκαν.

Έτσι όπως είναι φυσικό και προκύπτει από την προηγούμενη περιγραφή, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας κατανέμεται στους αρμονικούς γύρω από την αέρινη συχνότητα (350 Hz), στα 500Hz και γενικά υπάρχουν ισχυρά αρμονικά στοιχεία έως τα 3.8 KHz περίπου. Από αυτό το σημείο αρχίζει εμφανής πτώση στα πλάτη των αρμονικών ενώ σε 2 συχνοτικές περιοχές υπάρχει μικρή αύξηση του πλάτους. Αυτές είναι περίπου στα 6.3 KHz και 10KHz.

8.2 ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ 13^{ης} ΛΥΡΑΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Σε πλήρη αντίθεση με την 1^η λύρα της μελέτης έρχεται η 13^η, τα χαρακτηριστικά της οποίας παρουσιάζονται σε αυτήν την παράγραφο.

8.2.1 Θεμέλιος και πρώτα αρμονικά στοιχεία για την 13^η λύρα.

Παρατηρώντας και εδώ νότα-νότα τα φάσματα εκπεμπομένου ήχου για την 13^η λύρα παρατηρείται καταρχήν μικρό πλάτος ταλάντωσης στη θεμέλιο σε σχέση με τους πρώτους 4 αρμονικούς για τις νότες G3-D4 (196-294Hz). Συγκεκριμένα για τις νότες G3 με C#4 η θεμέλιος έχει μικρότερο πλάτος από όλους τους αρμονικούς που εκτείνονται έως τα 7 KHz με ελάχιστες εξαιρέσεις.

Για την νότα G3 η θεμέλιος που εκτελέστηκε έχει πλάτος ταλάντωσης 25dB μικρότερο από τον 2^ο (392Hz) αρμονικό, 32 dB από τον 3^ο (588Hz) που είναι και ο μεγαλύτερος σε ένταση στο φάσμα της συγκεκριμένης νότας, 30dB μικρότερο από τον 4^ο αρμονικό, 18 dB από τον 5^ο και η διαφορά σταδιακά μειώνεται με την εμφάνιση του αρμονικού που είναι μικρότερος σε πλάτος από την θεμέλιο κατά 3dB να εμφανίζεται στα 4704Hz, δηλαδή 7 αρμονικούς περισσότερο ισχυρούς σε σχέση με την καλύτερη λύρα.

Μέχρι και την νότα B3 ο τρίτος αρμονικός είναι ο ισχυρότερος στα αντίστοιχα φάσματα ενώ για όλες τις νότες κάτω από την D#4 (277Hz) ο 6^{ος} αρμονικός είναι ισχυρότερος από την θεμέλιο.

Στις νότες F4 και F#4 (349Hz και 370Hz) αναμένονταν ισχυρότερο πλάτος στην θεμέλιο σε σχέση με τους αρμονικούς όπως παρατηρήθηκε στην 1^η λύρα. Αυτό όμως που παρατηρείται στα φάσματα αυτών για αυτές τις 2 νότες είναι σχεδόν ίδιο πλάτος της θεμελίου σε σχέση με τους πρώτους 3 αρμονικούς.

Συγκεκριμένα για την νότα F4 τα πλάτη εντάσεων αρμονικών σε σχέση με την θεμέλιο είναι ίσα με -4dB, -1dB και -3dB για τους 2^ο, 3^ο και 4^ο αρμονικό που αντιστοιχούν στις συχνότητες 554 Hz, 831 Hz και 1108Hz.

Και ενώ η παρατήρηση συνεχίζεται για τις επόμενες νότες G4 και G#4 παρατηρείται πως η θεμέλιος έχει μικρότερο πλάτος έντασης από τον 2^ο αλλά και τον 3^ο αρμονικό της τάξης των 3 - 6dB σε αντίθεση με την 1^η λύρα της μελέτης, όπου η θεμέλιος υπερίσχυε έστω και με μικρή διαφορά.

Το φαινόμενο κατά το οποίο η θεμέλιος παρουσιάζει πολύ μεγάλο πλάτος ταλάντωσης σε σχέση με τα αρμονικά στοιχεία εμφανίζεται και σε αυτήν την λύρα αλλά αυτό γίνεται στις νότες A#4 με C#5 (466-554Hz).

Δύο σημαντικές διαφορές στον τρόπο με τον οποίο εμφανίζεται αυτό το φαινόμενο σε σχέση με την 1^η λύρα είναι :

1. Η διαφορά στα πλάτη μεταξύ θεμελίου και αρμονικών είναι μικρότερη της τάξης των 10 με 12 dB.
2. Οι αρμονικοί στην περιοχή των 2,5KHz εμφανίζονται πολύ ενισχυμένοι και έχουν μικρότερο πλάτος από την θεμέλιο το οποίο όμως είναι της τάξης των 5-8dB.

Στις υψηλότερες σε συχνότητα νότες που μπορεί να παράγει το όργανο παρατηρούνται οι 2^{οι} αρμονικοί για την εκάστοτε νότα να υπερισχύουν της θεμελίου έως και 10 dB και οι 3^{οι} αρμονικούς να έχουν το ίδιο πλάτος με την θεμέλιο.

8.2.2 Κατανομή ενέργειας

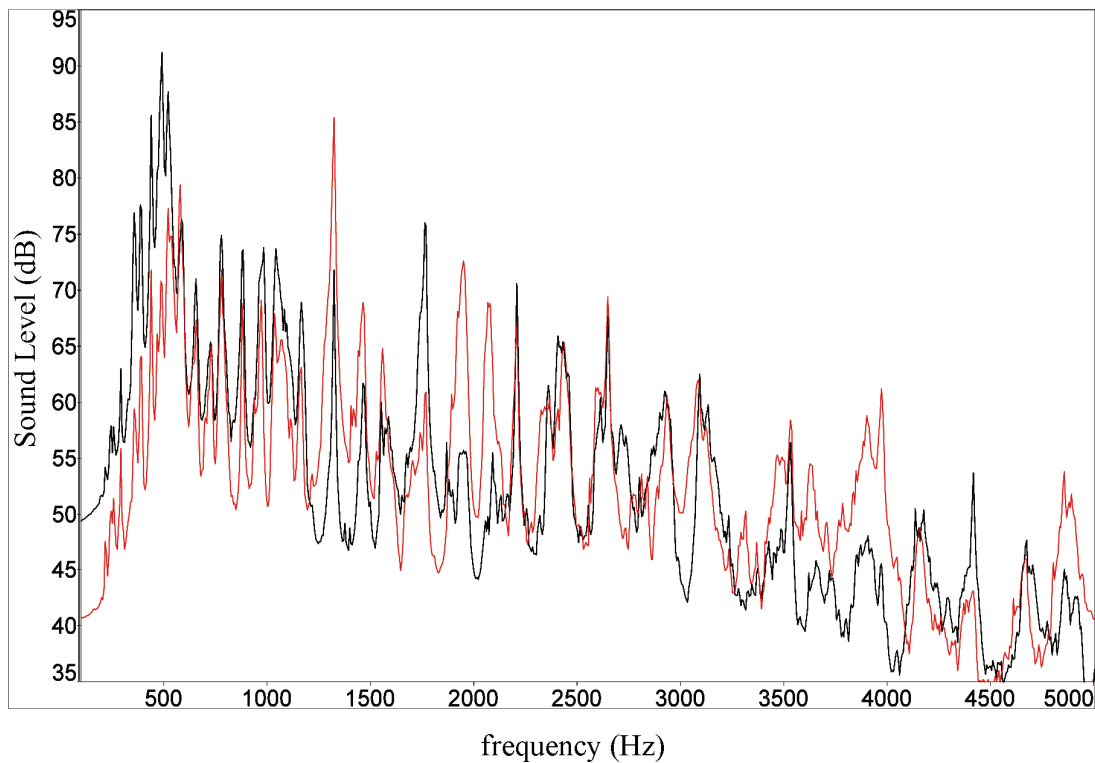
Τα ισχυρότερα αρμονικά στοιχεία στα φάσματα του οργάνου αυτού βρίσκονται γύρω από την συχνότητα των 1250Hz. Προηγείται βέβαια μεγάλη κατανομή ενέργειας στα 500Hz και πολύ μικρή (σχετικά) στην αέρια και γενικά στις χαμηλές συχνότητες. Στα 2.5 KHz υπάρχουν επίσης πολύ ισχυροί συντονισμοί που φτάνουν σε πλάτος αυτούς των 500Hz. Στην συνέχεια υπάρχει πτώση περίπου 5-6 dB ανά 1/3 της οκτάβας με εξαίρεση άλλες 2 περιοχές συντονισμών στα 4.5KHz, και 6.3KHz όπου τα πλάτη των αρμονικών είναι πιο ασθενή.

8.3 ΦΑΣΜΑΤΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ 1^{ης} ΚΑΙ 13^{ης} ΛΥΡΑΣ

8.3.1 Σύγκριση φασματικών χαρακτηριστικών

Συγκεντρώνονται οι σημαντικότερες διαφορές στα φασματικά χαρακτηριστικά έτσι ώστε η 13^η ως προς την 1^η λύρα εμφανίζει:

1. Πολύ χαμηλού πλάτους ταλαντώσεις στην συχνοτική περιοχή των 340-392Hz.
2. Μικρό πλάτος ταλάντωσης στην περιοχή 440-560 Hz σε σχέση με τα υψηλότερα αρμονικά στοιχεία.
3. Πολύ ισχυρές ταλαντώσεις στην περιοχή 1250-1350Hz
4. Μικρό πλάτος ταλάντωσης στην περιοχή 1680-1800 Hz
5. Μεγάλη κατανομή ενέργειας στην περιοχή γύρω από τα 2KHz και 3KHz με 4.5KHz σε σχέση με τις θεμελίους όλων των νοτών.



Σχήμα 8.1 Η καλύτερη λύρα (μαύρο) σε σχέση με την χειρότερη (κόκκινο). LTAS για το κομμάτι του συρτού.

8.3.2 Σύγκριση μέσα από τα σχόλια των εμπειρογνομόνων

Σχετίζοντας τις διαφορές στο φασματικό περιεχόμενο του 1^{ου} και του 13^{ου} οργάνου με τα σχόλια 8 εμπειρογνομόνων παρατηρείται πως υπάρχει ταύτιση που εκφράζεται ως εξής:

Η 13^η λύρα έχει γενικά μικρή κατανομή ενέργειας στις συχνότητες που αντιστοιχούν οι θεμέλιοι των νοτών που ανήκουν στην έκταση του οργάνου, σε σχέση με τα ανώτερα τμήματα στο φάσμα συχνοτήτων (αρμονικούς).

Ως εκ τούτου χαρακτηρισμοί που δόθηκαν από τους εμπειρογνώμονες και αφορούν συγκεκριμένα στην «έλλειψη όγκου» ή τον «οξύ ήχο» του οργάνου, τώρα παρατηρούνται και στα φάσματα εκπομπής του ηχογραφημένου ήχου.

Αντίθετα για την 1^η λύρα δόθηκαν χαρακτηρισμοί όπως ο «γεμάτος ήχος» που σχετίζονται άμεσα με την υψηλή κατανομή ενέργειας στις χαμηλές συχνότητες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ισχυρότερη ταλάντωση της θεμελίου σε σχέση με τα λοιπά αρμονικά στοιχεία έως και 30 dB, το οποίο ταυτίζεται άμεσα με το σχόλιο «στρογγυλός ήχος».

Στο πρώτο άκουσμα του τελευταίου σχολίου υπήρξε δυσκολία του γράφοντος στην πλήρη κατανόηση της έννοιας «στρογγυλός» αλλά ούτε και ο εκάστοτε υποβαλλόμενος στην στατιστική ψυχοακουστική μελέτη μπορούσε να διατυπώσει διαφορετικά αυτό που

αισθανόταν στο άκουσμα του συγκεκριμένου οργάνου. Αργότερα όμως παρατηρήθηκε πως ο όρος «στρογγυλός» κατά πάσα πιθανότητα περιγράφει την μορφή μιας κυματομορφής όπου η θεμέλιος υπερέρχει έως και 30 dB από τα αρμονικά στοιχεία και μοιάζει με ένα ημίτονο.

8.4 ΟΜΟΙΟΤΗΤΕΣ ΣΤΑ ΦΑΣΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΚΑΛΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

Όπως ήταν αναμενόμενο το 1^ο και το 13^ο όργανο είχαν εμφανείς διαφορές στα φασματικά χαρακτηριστικά τους. Σε αυτήν την παράγραφο εξετάζεται το κατά πόσο μοιάζουν τα 3 πρώτα όργανα της μελέτης.

8.4.1 Προβληματισμός

Όπως διαπιστώνεται ανατρέχοντας στο σχεδιάγραμμα των βαθμολογιών (σχήμα 4.2) τα πρώτα 3 όργανα της μελέτης δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερες διαφορές στον μέσο όρο των μονάδων που συγκέντρωσαν συνολικά αλλά και επιμέρους για κάθε κομμάτι που εκτελέστηκε (Παράρτημα II).

Αναμένεται λοιπόν η ίδια φασματική συμπεριφορά στον ήχο τους;

Η απάντηση στο παραπάνω ερώτημα δεν μπορεί να είναι ένα «ναι» ή ένα «όχι» για τον απλούστατο λόγο που αφορά στο ότι κανείς δεν μπορεί να αποκλίσει την ύπαρξη πολλών καλών οργάνων με διαφορετικά φάσματα εκπομπής (όπως έχει προαναφερθεί στο κεφάλαιο της στατιστικής μελέτης εμπειρογνομόνων) όπου τίθεται στην ιδιοσυγκρασία του καθενός το ποιο θα επιλέξει ως καλύτερο.

Από την μεριά της ακουστικής όμως σίγουρα θα πρέπει να υπάρχει μερική ταύτιση της φασματικής συμπεριφοράς όπως βέβαια και ένας ελάχιστος βαθμός απόκλισης από το καλύτερο όργανο το οποίο σίγουρα δεν υπάρχει στην μελέτη με βάση το ότι ο υψηλότερος μέσος όρος ήταν κοντά στο 8.

Εξαιτίας της μη γνώσης αυτού που κάποιοι εμπειρογνώμονες σχολίασαν ως «ύπαρξη χαρακτήρα» και βαθμολόγησαν κάποια όργανα με καλό βαθμό ενώ στους περισσότερους δεν άρεσαν, τα συμπεράσματα αφορούν μόνο τα όργανα και τους εμπειρογνώμονες της μελέτης, οι οποίοι μη όντες τυχαίοι στον χώρο της παραδοσιακής κρητικής μουσικής μπορούν να προσδώσουν κύρος και μια δυνατότητα γενίκευσης των βασικών παραμέτρων.

8.4.2 Ομοιότητες και διαφορές 1^{ης} και 2^{ης} λύρας

Μελετώντας τα φάσματα του 1^{ου} οργάνου σε σχέση με το 2^ο παρατηρείται η μεγάλη ομοιότητα στα πλάτη ταλάντωσης των αρμονικών σε ολόκληρο το ακουστικό φάσμα.

Σίγουρα τα δύο όργανα δεν ταυτίζονται δεδομένου πάντα πως ο εκτελεστής των οργάνων δεν είναι μια μηχανή για την οποία οι παράγοντες που δρουν στο δοξάρι είναι πάντα σταθεροί σε μέγεθος και για όλες τις νότες. Παρά τον αστάθμητο παράγοντα του σήματος εισόδου στο «σύστημα» λύρα, τα φασματικά χαρακτηριστικά των 2 καλύτερων οργάνων έρχονται σε πλήρη ταύτιση για έναν μεγάλο αριθμό συχνοτήτων. Παρακάτω συγκεντρώνονται οι σημαντικότερες ομοιότητες και διαφορές που παρατηρούνται συνολικά στα φάσματα εκπομπής για τα 2 καλύτερα όργανα όπως προκύπτουν από τις νότες που εκτελέστηκαν :

1. Μεγαλύτερο πλάτος ταλάντωσης για την 1^η λύρα στην τριτοκτάβα των 125Hz με διαφορά 6 dB αν και στην συγκεκριμένη περιοχή έχουμε πάρα πολύ χαμηλή συγκέντρωση ενέργειας.
2. Στην περιοχή των 160Hz με 400Hz παρατηρείται ομοιόμορφη κατανομή του πλάτους ταλάντωσης με μέγιστη απόκλιση $\pm 1,5\text{dB}$.
3. Η 1^η λύρα παρουσιάζει 4dB μικρότερο πλάτος ταλάντωσης στην περιοχή των 500Hz.
4. Στην περιοχή των 630Hz με 800Hz παρατηρείται ομοιόμορφη κατανομή του πλάτους ταλάντωσης με μέγιστη απόκλιση + 0,5dB για την 1^η λύρα.
5. Οι 2 σημαντικότερες αποκλίσεις εντοπίζονται στην τριτοκτάβα με κεντρική συχνότητα το 1KHz όπου η 1^η λύρα έχει πλάτος ταλάντωσης κατά 5.3dB μεγαλύτερο και
6. Στην τριτοκτάβα με κεντρική συχνότητα τα 1,25KHz όπου η 1^η λύρα έχει ενέργεια κατά 7dB μικρότερη.
7. Στα 1,6 KHz έως 3,15 KHz παρατηρείται περίπου η ίδια φθίνουσα κατανομή ενέργειας με ελάχιστη απόκλιση +0,2 dB στα 2KHz και -0,7dB στα 3,15KHz για την 1^η λύρα
8. Τέλος από τα 3.15KHz έως τα 16KHz παρατηρείται η ίδια συμπεριφορά στα φάσματα των οργάνων όσον αφορά τον αύξοντα και φθίνοντα χαρακτήρα κατανομής ενέργειας, με την 1^η λύρα να έχει μικρότερο πλάτος με μία σταθερή απόκλιση της τάξης των 3 – 4 dB.

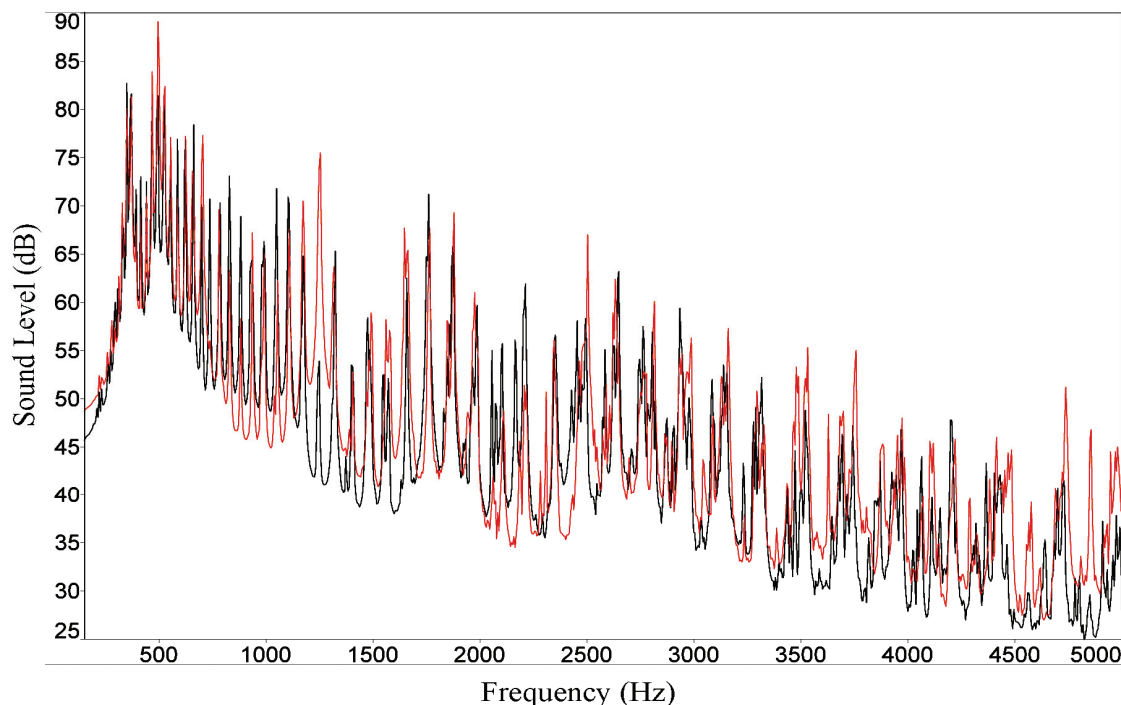
Οι διαφορές όπως παρατηρείται είναι πολύ μικρές και παρακάτω γίνεται μια σύγκριση στα σχόλια των εμπειρογνόμενων ώστε να διαπιστωθεί αν και πως «μεταφράζονται» στα φασματικά χαρακτηριστικά .

8.4.3 Σχόλια των εμπειρογνόμενων

Γενικά οι απόψεις δίστανται για το ποια λύρα είναι η καλύτερη της μελέτης. Η 2^η λύρα χαρακτηρίζεται πάρα πολύ καλή για όλους ενώ κάποιιοι σημειώνουν μια μικρή έλλειψη ενέργειας στις χαμηλές συχνότητες χωρίς όμως αυτό να μην είναι αποδεκτό.

Η φασματική ανάλυση επιβεβαιώνει κάτι τέτοιο αφού φάνηκε πως η 1^η λύρα έχοντας την ίδια κατανομή ενέργειας στις χαμηλές συχνότητες, παρουσιάζει μικρότερη κατανομή ενέργειας μετά τα 4KHz σε σχέση με την 2^η. Επίσης σημαντικές είναι και οι διαφορές που εντοπίστηκαν στις τριτοκτάβες των 1 KHz και 1,25KHz. Γενικά όμως και τα 2 όργανα έχουν κοινή συμπεριφορά μιας και οι διαφορές φαίνονται ελάχιστες συνολικά.

Αυτή η παραδοχή δεν γίνεται αυθαίρετα, αλλά προκύπτει και από τα φάσματα μέσου όρου για τα 2 μουσικά κομμάτια που εκτελέστηκαν. Για τα φάσματα αυτά η δυσκολία εντοπισμού ουσιαστικών διαφορών ανάμεσα στα δύο όργανα είναι αρκετά μεγάλη.



Σχήμα 8.2 Οι νότες G3 – E5 για την 1^η (μαύρο) και 2^η (κόκκινο) λύρα.

8.4.4 Ομοιότητες και διαφορές 1^{ης} και 3^{ης} λύρας

Στην συνέχεια αναλύεται η 3^η κατά σειρά καλύτερη λύρα σε βαθμολογία και συγκρίνοντας τα φασματικά χαρακτηριστικά της με αυτά της καλύτερης, προκύπτουν κι εδώ ομοιότητες και διαφορές που συγκεντρώνονται ως εξής:

1. Μεγαλύτερο πλάτος ταλάντωσης για την 1^η λύρα στην τριτοκτάβα των 125Hz με διαφορά 6 dB.
2. Στην περιοχή των 160Hz με 315Hz παρατηρείται αύξουσα κατανομή του πλάτους ταλάντωσης, με την 3^η λύρα να συγκεντρώνει σαφώς μεγαλύτερη ενέργεια με διαφορές της τάξης των +4dB στην τριτοκτάβα με κεντρική συχνότητα τα 200Hz και +8dB στην τριτοκτάβα με κεντρική συχνότητα τα 250Hz . Φτάνοντας στα 315Hz παρατηρείται ίση ενέργεια και για τις 2 λύρες.
3. Η 1^η λύρα παρουσιάζει 3dB μεγαλύτερο πλάτος ταλάντωσης στην περιοχή των 400Hz αλλά 5dB μικρότερο στην τριτοκτάβα των 500Hz ενώ στα 630Hz εμφανίζεται ίδιο πλάτος ταλάντωσης.
4. Στην περιοχή των 630Hz με 1000Hz παρατηρείται ομοιόμορφη κατανομή του πλάτους ταλάντωσης με μέγιστη απόκλιση + 0,1dB για την 1^η λύρα.
5. Μια μεγάλη διαφορά εντοπίζεται στη τριτοκτάβα με κεντρική συχνότητα το 1,25KHz, όπου η 1^η λύρα έχει πλάτος ταλάντωσης κατά 11 dB μικρότερο από την 3^η.
6. Στα 1,6 KHz έως 6,3 KHz παρουσιάζεται περίπου η ίδια φθίνουσα κατανομή ενέργειας με σταθερή απόκλιση για την καλύτερη λύρα +0,8 dB έως τα 3,15KHz , - 2dB στα 4KHz, -1dB στα 5KHz και +0,5dB στα 6,3KHz
7. Τέλος, διαφορετική κατανομή ενέργειας εντοπίζεται στα 8KHz και 10KHz με μέγιστη απόκλιση για την 1^η λύρα, σε σχέση με την 3η καλύτερη -5dB και +3.5dB αντίστοιχα.

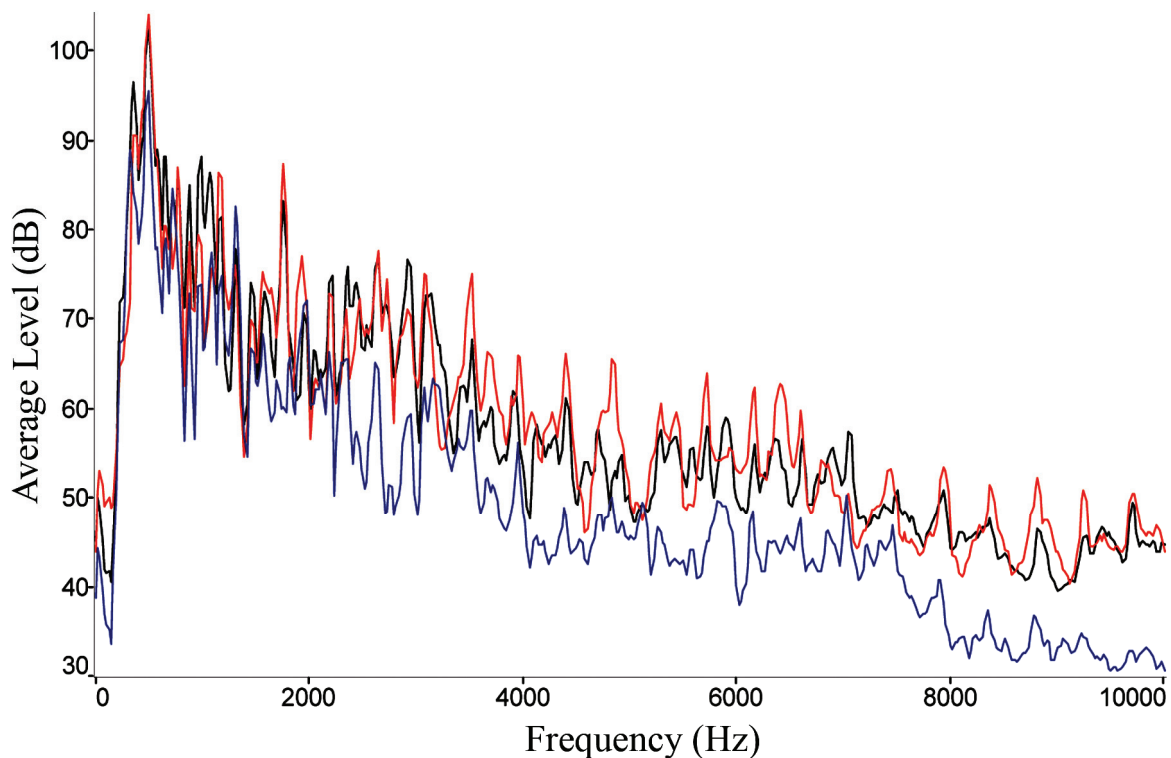
Διαπιστώνονται λοιπόν σημαντικότερες διαφορές της 3^{ης} αντί της 2^{ης} σε σχέση με την 1^η λύρα και όπως είναι αναμενόμενο όσο συγκρίνονται κατώτερες σε βαθμολογία λύρες με την καλύτερη, να παρουσιάζονται όλο και περισσότερες αποκλίσεις στα φάσματα εκπομπής.

8.4.5 Σχόλια των εμπειρογνομώνων

Παρατηρώντας τα σχόλια που έγιναν γι' αυτήν τη λύρα, γίνεται αντιληπτή μια γενική συμφωνία στο ότι πρόκειται για ένα βαθύφωνο όργανο , γενικώς «ισορροπημένο» αλλά αυτό

που δεν ικανοποιεί πολλούς είναι η χορδή Α.

Όπως παρατηρείται και από την φασματική ανάλυση η τρίτη σε βαθμολογική κατάταξη λύρα έχει περισσότερη ενέργεια στις χαμηλές συχνότητες έως τα 311Hz (νότα D#4) αλλά δεν έχει και την ανάλογα αυξημένη ενέργεια στους υψηλότερους αρμονικούς ώστε να «εξισορροπηθεί». Επίσης η μεγάλη συσσώρευση ενέργειας στην περιοχή των 1050-1350Hz έχει ως αποτέλεσμα το αρμονικό περιεχόμενο το οποίο βρίσκεται εντός αυτής της ζώνης να ταλαντώνεται με ισχυρή ένταση σε σχέση με την θεμέλιο συχνότητα ως 2^{ος} αρμονικός για τις νότες C5-E5 ,ως 3^{ος} αρμονικός για τις νότες A4- F4 ,ως 4^{ος} για τις νότες C4- E4,ως 5^{ος} για τις νότες G#3- C#4, και ως 6^{ος} για τις νότες G3- A3, όπως παρατηρείται και από τα φάσματα εκπομπής της εκάστοτε νότας.



Σχήμα 8.3 LTAS* στο κομμάτι στειακές κοντυλιές (περίπου 1 λεπτό) για την 1^η (μαύρο), 2^η (κόκκινο) και 3^η (μπλε) λύρα.

* Σχόλιο: Στο σχήμα φανερώνεται ότι ο θόρυβος στα 40 Hz κατά την ηχογράφιση είναι μεγαλύτερος σε πλάτος από τις ταλαντώσεις στις περιοχές των 100-150Hz όπου υπάρχει ελάχιστη συγκέντρωση ενέργειας. Για τον λόγο αυτό στις περισσότερες των περιπτώσεων τα φάσματα εμφανίζονται με ελάχιστη συχνότητα τα 100Hz. Όπου δεν συμβαίνει κάτι τέτοιο, αναφέρεται σε σχόλιο.

8.5 4^η ΚΑΙ 5^η ΛΥΡΑ

Στη συνέχεια μελετώνται η 4^η και 5^η κατά σειρά λύρες. Εδώ παρουσιάζεται η εξής ιδιομορφία: Η 4^η λύρα συγκεντρώνει τον μεγαλύτερο μέσο όρο στο κομμάτι του συρτού που είναι 7,64 μονάδες έναντι των 7,55 που συγκέντρωσε η καλύτερη λύρα αλλά μόλις 6,91 στις στειακές κοντυλιές έναντι των 8,09 μονάδων που συγκέντρωσε η 1^η. Αυτό φαίνεται και στα σχόλια των εμπειρογνομόνων οι οποίοι χαρακτηρίζουν την λύρα πολύ καλή όταν εκτελείται στην Α χορδή αλλά υποδεέστερης ποιότητας όσο αφορά πάντα το ηχόχρωμα όταν εκτελείται στην D και στην G.

Κάτι παρόμοιο συμβαίνει και με την 5^η λύρα με 7,36 μονάδες στο συρτό και 6,91 στις στειακές αντίστοιχα . Έτσι σε αυτό το στάδιο γίνεται σύγκριση στα φάσματα αυτών των 2 οργάνων και στην συνέχεια απέναντι στην καλύτερη λύρα ώστε να συγκεντρωθούν τα σημεία στα οποία οι 4^η και 5^η υστερούν με αποτέλεσμα να δεχθούν τόσο χαμηλό βαθμό στις κοντυλιές.

Παρατηρώντας τα φάσματα εκπομπής των 2 αυτών οργάνων ήταν αναμενόμενο να εμφανιστούν ομοιότητες όπως κι έγινε.

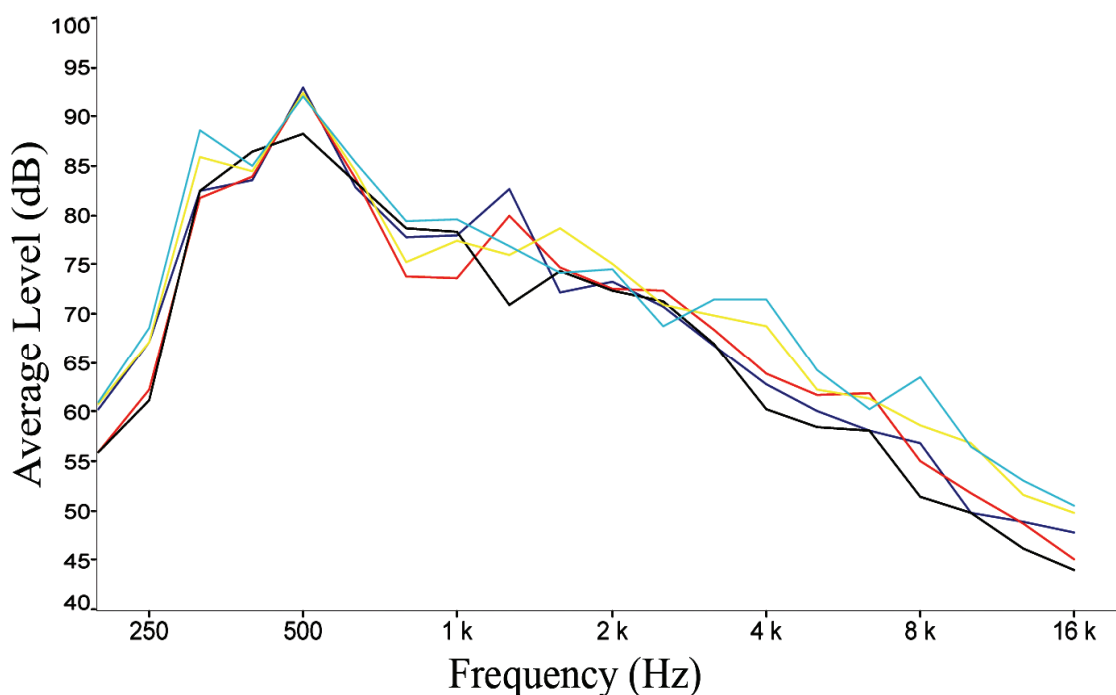
Η ενεργειακή κατανομή στο αρμονικό περιεχόμενο των 2 οργάνων είναι η ίδια στο εύρος μεταξύ 125Hz – 1250Hz . Η μέγιστη απόκλιση σε αυτό το εύρος είναι -3dB στα 800Hz για την 4^η λύρα έναντι της 3^{ης} . Από εκείνο το σημείο του φάσματος και μέχρι την τριτοκτάβα των 16KHz παρατηρείται γενική ομοιογένεια στα φάσματα με αποκλίσεις στα 1.6KHz, 4KHz και 8KHz με την 4^η λύρα σε σχέση με την 5^η να έχει πλάτος ταλάντωσης +5dB , -3dB και -5dB αντίστοιχα.

Αυτή η παρατήρηση δείχνει πως γενικά η 5^η λύρα έχει μεγαλύτερη κατανομή ενέργειας σε σχέση με την 4^η στους υψηλότερους αρμονικούς . Αυτό μεταφράζεται σε πιο οξύ ήχο.

8.6 ΟΙ 5 ΠΡΩΤΕΣ ΣΕ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΛΥΡΕΣ

Η λεπτομερής ανάλυση με την οποία έγινε η σύγκριση των φασματικών χαρακτηριστικών της 1^{ης} με την 2^η και της 1^{ης} με την 3^η λύρα ανά 1/3 της οκτάβας παρουσιάζεται στο σήμα που ακολουθεί (σχήμα 8.4). Επίσης στο σχήμα απεικονίζεται η 4^η και η 5^η λύρα.

Όπως παρατηρείται η 1^η και 2^η λύρα έχουν ακριβώς την ίδια κατανομή ενέργειας από την τριτοκτάβα των 200Hz έως των 315Hz σε αντίθεση με τις 3^η, 4^η και 5^η που συγκεντρώνουν περισσότερη ενέργεια.



Σχήμα 8.4 Νότες G3-E5 για τις 5 καλύτερες λύρες με ανάλυση 1/3 της οκτάβας. 1^η (μαύρο), 2^η (κόκκινο), 3^η (μπλε), 4^η (κίτρινο) και 5^η (γαλάζιο).

Είναι επίσης σημαντικό πως και για τις 5 λύρες το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας συγκεντρώνεται στα 500Hz και ο 2^{ος} ισχυρότερος συντονισμός εμφανίζεται στην τριτοκτάβα των 315Hz. Η 3^η ισχυρότερη περιοχή του φάσματος είναι «αμφιλεγόμενη» καθώς για τις 1^η και 5^η λύρα είναι στην τριτοκτάβα 1KHz, στις 2^η και 3^η στα 1.25KHz και στην 4^η εμφανίζεται μεν συντονισμός στο 1KHz αλλά υπάρχει και ισχυρότερος στα 1.6KHz. Στα 1.6KHz υπάρχει ωστόσο συντονισμός και για την 1^η λύρα.

Στην συνέχεια παρατηρείται ομαλή πτώση της ενέργειας από τα 1.6KHz έως τα 6.3KHz όπου υπάρχει μία αύξηση της ενέργειας για τις 1^η, 2^η και 4^η λύρα η οποία εμφανίζεται στα 8KHz για τις 3^η και 5^η.

Σε γενικές γραμμές με εξαίρεση την 5^η λύρα (γαλάζιο) η οποία φαίνεται να συγκεντρώνει περισσότερη ενέργεια στα 4 και 8KHz και την 3^η η οποία εμφανίζει όμοια κατανομή στα 315Hz και στα 1.25KHz, η συμπεριφορά των οργάνων και ειδικά όπως αναλύθηκε για την 1^η και 2^η λύρα θεωρείται πως είναι αποδεκτή ως πολύ καλή αφού άφησε ικανοποιημένους τους κριτές και κάποιοι δεν δίστασαν να βαθμολογήσουν με 10, βαθμός που όπως ειπώθηκε συμβόλιζε το άριστο ηχόχρωμα με βάση το πώς το αντιλαμβάνονταν.

Στο τέλος του κεφαλαίου μελετάται το κατά πόσο είναι ορθό να ποσοτικοποιηθούν σε αυτό το στάδιο τα αποτελέσματα για την κατανομή ενέργειας δεδομένης της ύπαρξης αστάθμητων παραγόντων όπως ο οργανοπαίκτης και η κατευθυντικότητα του οργάνου.

8.7 ΠΟΥ ΥΣΤΕΡΟΥΝ ΤΑ ΜΕΤΡΙΑ ΟΡΓΑΝΑ

Παρατηρείται πως όσο η βαθμολογία ενός οργάνου μειώνεται, τόσο αυξάνονται οι διαφορές στα φασματικά του χαρακτηριστικά σε σχέση με τα καλύτερα όργανα. Από τα φάσματα που περιγράφουν τις νότες που εκτελέστηκαν όσο και από τα φάσματα μέσου όρου για τα δύο κομμάτια, αντλούνται πληροφορίες για την συμπεριφορά των οργάνων αυτών.

Μία παρατήρηση που γίνεται σε αυτό το στάδιο είναι πως όλες οι λύρες έχουν φασματική συμπεριφορά που μοιάζει περισσότερο στις καλές παρά στην 13^η που αναλύθηκε στην αρχή του κεφαλαίου. Συγκεκριμένα, η έλλειψη ενέργειας ταλάντωσης γύρω από την συχνότητα Helmholtz που παρουσιάζει η 13^η λύρα, όπως και η σχέση ενέργειας στα μεσαία αρμονικά τμήματα του φάσματος στα 4-5KHz δεν παρατηρείται σε καμία άλλη λύρα τόσο έντονα. Αυτό φαίνεται όταν γίνει σύγκριση της σχετικής ενέργειας που συγκεντρώνεται στις θεμελίους συχνότητες των οργάνων σε σχέση με τα υψηλότερα αρμονικά στοιχεία.

Με χρήση του λογισμικού Praat μελετήθηκε η διαφορά ενέργειας σε 3 ζεύγη συχνοτικών περιοχών που επιλέχθηκαν. Το πρώτο ζεύγος είναι η διαφορά ενέργειας στην συχνότητα Helmholtz από τον ισχυρότερο τρόπο δόνησης στα 500Hz. Το δεύτερο είναι η περιοχή όπου εκτείνονται οι θεμέλιοι των νοτών G3-E5 (190Hz-660Hz περίπου) σε σχέση με την ενέργεια από εκείνη την περιοχή έως και τα 2.7KHz όπου εμφανίζεται αρκετή ενέργεια σε όλα τα όργανα. Τέλος επιλέχθηκε το εύρος από 190-560Hz σε σχέση με την ενέργεια από τα 560Hz έως τα 5KHz. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η συλλογή των αποτελεσμάτων για όλες τις λύρες καθώς και για την ίδια λύρα που εκτελέστηκε από 2 διαφορετικούς εκτελεστές. Η διαφορά της ενέργειας γίνεται με βάση τον μέσο όρο του φάσματος για το κομμάτι του συρτού .

Από τα αποτελέσματα του πίνακα συνάγονται αποτελέσματα για την φασματική συμπεριφορά των οργάνων όπως αναφέρθησαν στις προηγούμενες παραγράφους.

Η 13^η λύρα για παράδειγμα, έχει μέση ενέργεια στις θεμελίους συχνότητες για τις βασικότερες νότες που εκτελούνται στην λύρα (G3 – E5) κατά 7dB μικρότερη από την συνολική ενέργεια που συγκεντρώνεται στο εύρος 560Hz με 5KHz.

Βαθμός λύρας Στο κομμάτι του συρτού.	Διαφορά μέσης ενέργεια στο εύρος 320-380Hz με το εύρος των 460-520 Hz (dB)	Διαφορά μέσης ενέργεια στο εύρος 190-660Hz με 660-2700 Hz (dB)	Διαφορά μέσης ενέργεια στο εύρος 190-560Hz με 560-5000 Hz (dB)
7.6	-19 (320-380Hz)	12	7
7.5	-15	13	7
7.4	-20	15	10
7.4	-20	11	7
7.3	-17	15	7
6.8	-20	10	3
6.7	-20	10	2
6.4	-19	14	2
6.3	-21	11	6
6	-11	5	0
5.82	-21	5	0
5.3	-24	15	9
4	-15	-2	-7

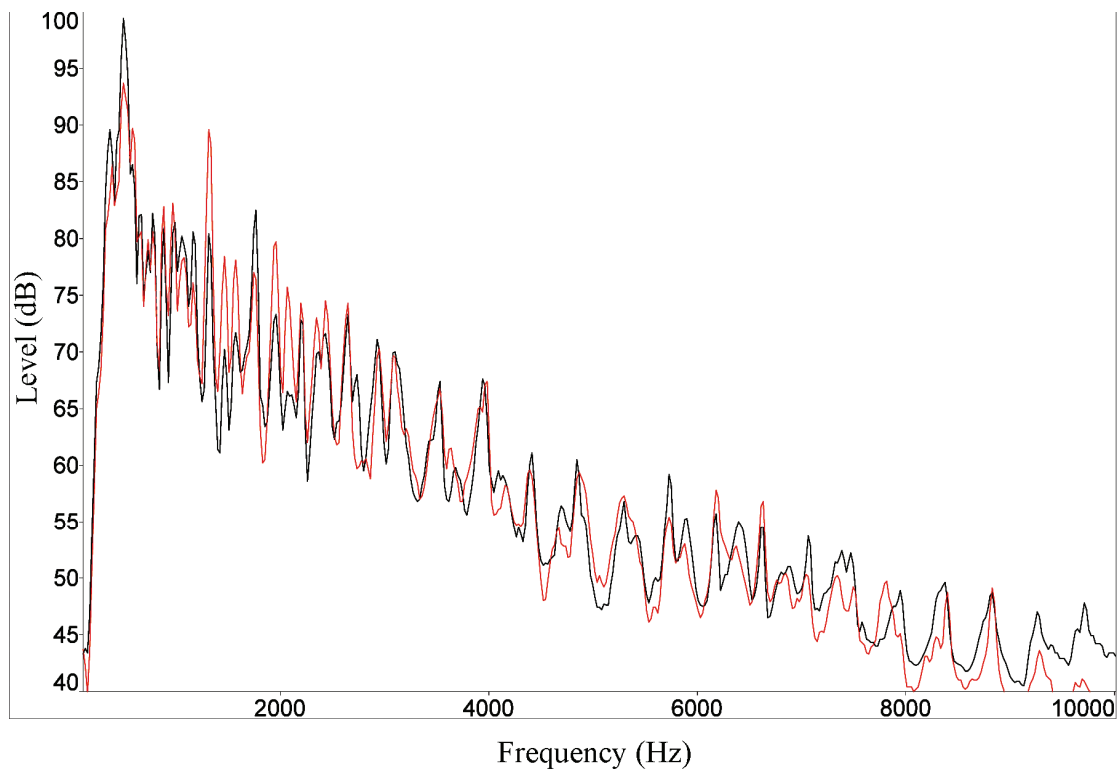
Πίνακας 8.1 Διαφορές στην μέση ενέργεια για διαφορετικά συχνοτικά εύρη. Με έντονα γράμματα είναι η ίδια λύρα από τους δύο εκτελεστές.

Επίσης, από τα στοιχεία του πίνακα φανερώνεται πως όσο η σχέση σε αυτό το εύρος μειώνεται, τόσο μειώνεται και η βαθμολογία των εμπειρογνομόνων. Εξάιρεση αποτελεί η προτελευταία λύρα η οποία με βάση μόνο αυτό το κριτήριο θα έπρεπε να συγκεντρώνει μεγαλύτερη βαθμολογία. Σίγουρα λοιπόν ο πίνακας είναι ενδεικτικός και ακόμα ποιο σίγουρο είναι ότι μια σχέση ενέργειας 2 φασματικών περιοχών δεν αρκεί από μόνη της να περιγράψει την φασματική συμπεριφορά ενός οργάνου.

Στην συνέχεια γίνεται ομαδοποίηση των οργάνων που συγκέντρωσαν από 7.15 και άνω, και των οργάνων που συγκέντρωσαν από 6.65 και κάτω. Παρατηρείται πως η σημαντικότερη διαφορά είναι η σχέση συγκέντρωσης ενέργειας στις θεμελίους των νοτών που εκτελεί το

όργανο σε σχέση με την ενέργεια στα αρμονικά στοιχεία τους (196-660Hz και 660Hz-20KHz).

Επίσης κρίσιμη φαίνεται η περιοχή από τα 1300Hz έως τα 1800Hz όπου εμφανίζονται οι μεγαλύτερες διαφορές στις σχετικές στάθμες όπως φαίνεται και στο σχήμα που ακολουθεί:



Σχήμα 8.5 LTAS στο κομμάτι του συρτού. Τα 5 πρώτα (μαύρο) και 7 επόμενα (κόκκινο) όργανα της εργασίας. Η λύρα που εκτελέστηκε 2 φορές δεν φαίνεται στα φάσματα.

Μετά τα 2.3KHz οι διαφορές των ομάδων είναι ελάχιστες. Ωστόσο οι διαφορές στους βασικούς τρόπους είναι αρκετές με -4dB για τα κατώτερα όργανα (σε βαθμολογία) στα 350Hz, -6dB στα 500Hz και εμφανώς αυξημένη ενέργεια από τα 5 πρώτα στην περιοχή από τα 1300Hz έως και τα 2KHz.

8.8 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΣΤΑ ΦΑΣΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

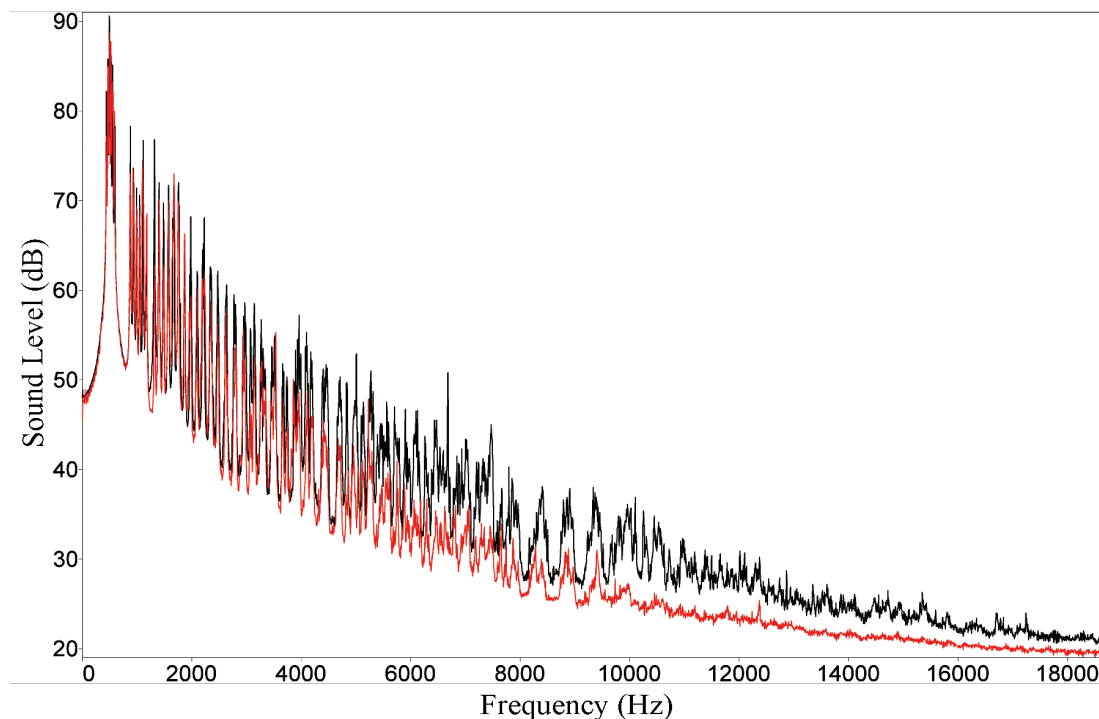
8.8.1 Ομοιογένεια

Οι εμπειρογνώμονες έθεσαν ως σημαντικό χαρακτηριστικό ενός οργάνου την ηχοχρωματική ομοιογένεια. Το «να μην αντιλαμβάνεται δηλαδή ο ακροατής την μετάβαση

του οργανοπαίκτη από την μία χορδή στην άλλη σαν να αλλάζει όργανο» όπως χαρακτηριστικά έχει ειπωθεί [1].

Μελετώντας φάσματα που προκύπτουν από την εκτέλεση μιας ομάδας από ίδιες νότες σε διαφορετικές χορδές προκύπτει πως κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει σε καμία λύρα υπό την έννοια των κοινών αρμονικών στοιχείων. Από την πλευρά της φυσικής αν αναλογιστεί κανείς πως η μάζα των χορδών είναι διαφορετική, τότε είναι αδύνατο να εμφανίζεται και το ίδιο ηχόχρωμα καθώς όσο μεγαλύτερη η μάζα, τόσο ισχυρότερο το πλάτος ταλάντωσης σε χαμηλές συχνότητες.

Για την A4 χορδή παρατηρούνται αρμονικά στοιχεία έως και τα 17.5KHz, εκεί που για την πιο βαριά D4 έως τα 12.5 KHz σε φάσματα που προκύπτουν από νότες κοινού τονικού ύψους που εκτελέστηκαν και στις 2 χορδές.



Σχήμα 8.6 Μέσος όρος για τις νότες A4 έως D5 για την ίδια λύρα εκτελεσμένες στην A χορδή (μαύρο) και στην D χορδή (κόκκινο) αντίστοιχα.

Λάθος στην κατανόηση της λέξης «ομοιογένεια» ?

Ίσως όντως να έχει γίνει κάποιο λάθος στη μεταφορά της φράσης στα φασματικά χαρακτηριστικά του ήχου. Το λάθος που εικάζεται πως μπορεί να έχει γίνει σχετίζεται με το ότι η «ομοιογένεια» αφορά ένα εύρος χαμηλών συχνοτήτων και όχι τα υψηλότερα αρμονικά τμήματα των φασμάτων, στα οποία υπήρξε εστίαση στο παραπάνω σχήμα.

Αυτό συμπεραίνεται παρατηρώντας τα φάσματα για τις καλύτερες λύρες οι οποίες έχουν μια «γραμμική» κατανομή της ενέργειας στις συχνότητες αυτές με τους τρόπους δόνησης να εμφανίζονται επίσης καθαρά, χωρίς μεγάλα βύθισματα ή «νεκρά» σημεία στο φασματικό τους περιεχόμενο.

Ένα μεγάλο βύθισμα στο συχνοτικό φάσμα, θα μπορούσε να σημαίνει πως μία νότα της οποίας ο 2^{ος} για παράδειγμα αρμονικός βρίσκεται σε αυτό το βύθισμα, δεν θα εμφάνιζε καθόλου 2^ο αρμονικό. Αν όμως το «νεκρό» αυτό σημείο του φάσματος είναι πολύ απότομο τότε μια γειτονική της νότα θα μπορούσε να εμφανίζει 2^ο αρμονικό με πολύ μεγαλύτερο πλάτος. Άρα θα είχαμε μεγάλες ηχοχρωματικές αποκλίσεις σε πολύ κοντινές νότες.

Καταλήγοντας, πιστεύεται πως αυτή είναι η ορθή περιγραφή της ηχοχρωματικής ομοιογένειας η οποία δεν αφορά μόνο διαφορετικές χορδές. Το φαινόμενο όμως γίνεται περισσότερο αντιληπτό στην περίπτωση που αλλάζει η χορδή αφού όπως παρατηρήθηκε αλλάζει και το πλήθος των αρμονικών στοιχείων του εκπεμπομένου ήχου.

8.8.2 Παρατηρήσεις στο πεδίο του χρόνου

Τα καλά όργανα δίνουν την αίσθηση πως δημιουργούν πιο εύκολα την κίνηση Helmholtz από την στιγμή που δεν παρατηρούνται νότες με πολλαπλά slip κατά την διάρκεια ενός κύκλου. Ο ήχος που εκπέμπεται είναι από ολόκληρο το όργανο αλλά μπορούν να διακριθούν πολλαπλές ολισθήσεις και στο πεδίο του χρόνου, και της συχνότητας αφού μία διπλή ολίσθηση εκφράζεται ως αύξηση πλάτους του 2^{ου} αρμονικού κλπ.

Αυτό εκφράζεται καλύτερα με τον όρο «ικανότητα παιζίματος» (playability) [31], που είναι ουσιαστικά το πόσο εύκολα και γρήγορα (attack της νότας) ένα όργανο παράγει την νότα όταν διεγείρει το δοξάρι τη χορδή. Από τις αντίστοιχες κυματομορφές του ηχογραφημένου υλικού μπορεί να γίνει μία τέτοια μελέτη η οποία όμως σχετίζεται σε μικρότερο βαθμό με το αντικείμενο της παρούσης.

Μια γενική παρατήρηση που αφορά εν μέρει την «ικανότητα παιζίματος» είναι πως σε κάποια σημεία, τα χειρότερα όργανα παράγουν πολύ ενοχλητικές συχνότητες που προέρχονται από το μηχανισμό δοξαριού χορδής. Αυτό το φαινόμενο χαρακτηρίστηκε από έναν αριθμό υποβεβλημένων στα τεστ ως «στρίγκλισμα», ενώ παρατηρήθηκε πως εμφανίζεται κυρίως σε περιοχές άνω των 3.4KHz .

8.9 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΠΑΙΚΤΗ

Στο επόμενο κεφάλαιο επιδιώκεται η συσχέτιση των τρόπων δόνησης των αντηχείων με τα φασματικά χαρακτηριστικά των οργάνων.

Αρμόζει λοιπόν να αναφερθεί η θεώρηση πως εάν ένα όργανο αλλάξει εκτελεστή, δεν θα υπάρχουν ουσιαστικές μεταβολές στο ηχόχρωμά του, από την στιγμή που ο εκπεμπόμενος ήχος είναι συνάρτηση του μηχανισμού παραγωγής ήχου «λύρα». Δεν παραμελείται ωστόσο το ότι στο σύστημα επιδρά και ο οργανοπαίκτης.

8.9.1 Κοινή λύρα – 2 οργανοπαίκτες.

Παρατηρείται η επίδραση του κάθε οργανοπαίκτη στο εκπεμπόμενο φάσμα για το ίδιο όργανο. Γενικά αναφερόμενος κάποιος, οι διαφορές στο φασματικό περιεχόμενο που αφορούν τις νότες που εκτελούν οι 2 οργανοπαίκτες δεν είναι ουσιαστικές και υπάρχουν νότες όπου οι οργανοπαίκτες «ταυτίζονται».

Οι σημαντικότερες όμως διαφορές προέρχονται από τα φάσματα μέσου όρου για τα 2 κομμάτια που εκτελέστηκαν καθώς και από τον τρόπο με τον οποίο βαθμολόγησαν οι εμπειρογνώμονες το ηχόχρωμα των οργάνων.

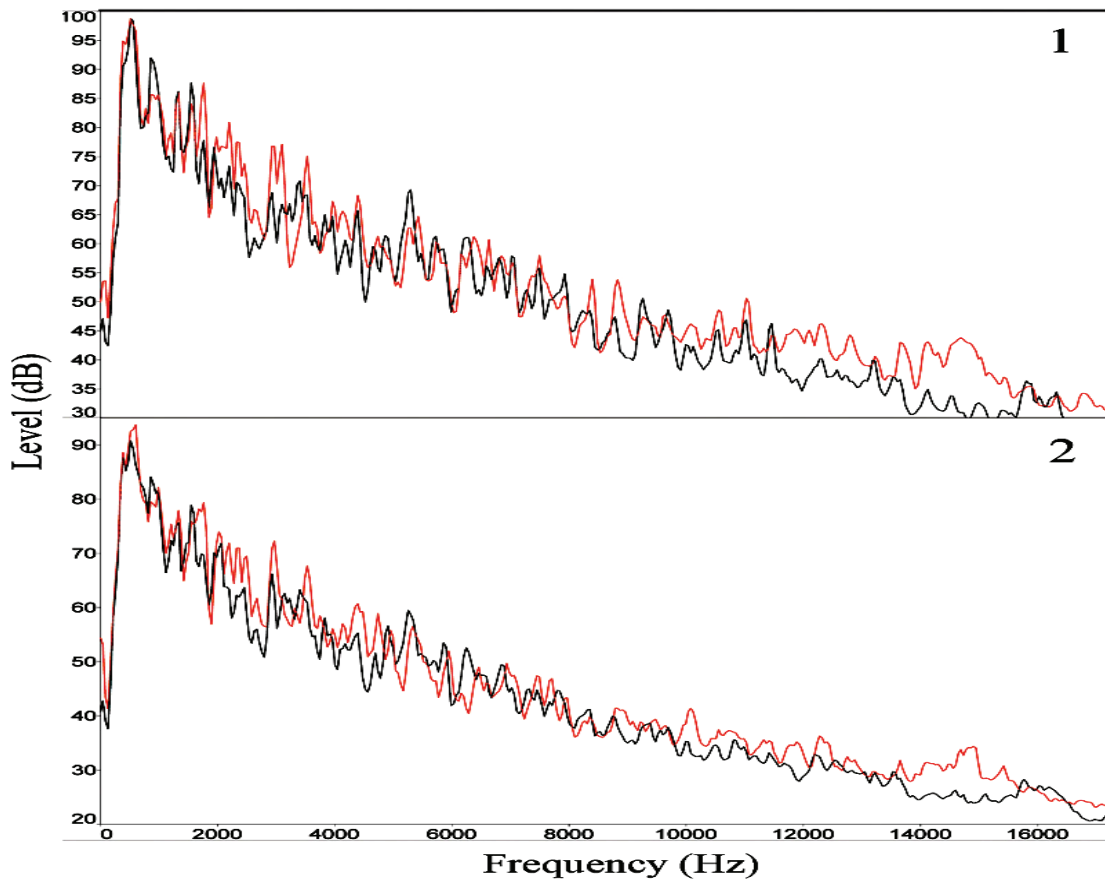
Η λύρα συγκέντρωσε τον ίδιο βαθμό στο κομμάτι του συρτού για τους 2 εκτελεστές με απόκλιση 0.09 μονάδων στον μέσο όρο. Αντίθετα στις σημειακές κοντυλιές η μία λύρα συγκεντρώνει 6.55 μονάδες μέσο όρο, ενώ η ίδια με τον 2^ο εκτελεστή συγκέντρωσε μόλις 5.45 μονάδες.

Γίνεται λοιπόν σύγκριση στο φασματικό περιεχόμενο των 2 κομματιών από τους 2 εκτελεστές για να διαπιστωθεί πως ανταποκρίνονται στην βαθμολογία.

Από τα διαγράμματα πλάτους συχνότητας για τα 2 κομμάτια παρατηρείται πως όντως υπάρχουν διαφορές στον ήχο του ίδιου οργάνου όταν αυτό εκτελείται από διαφορετικούς οργανοπαίκτες. Σε γενικό πλάνο, μπορεί η φασματική συμπεριφορά του οργάνου να είναι όμοια στο μεγαλύτερο τμήμα, αλλά παρατηρούνται και σημαντικές διαφορές οι οποίες είναι σταθερές και για τους 2 οργανοπαίκτες και στα 2 κομμάτια. Οι πιο βασικές που εντοπίζονται είναι :

1. Στην περιοχή των 1 και 1.25KHz υπάρχει περισσότερη συγκέντρωση για τον 1^ο οργανοπαίκτη (κόκκινη γραμμή στο φάσμα).

2. Στο φάσμα από την ηχογράφιση του 2^{ου} οργανοπαίκτη εντοπίζεται αρκετά μεγαλύτερη κατανομή ενέργειας στην περιοχή των 1760 Hz. Το πλάτος είναι και για τα 2 κομμάτια 10 dB μεγαλύτερο για τον συγκεκριμένο οργανοπαίκτη.
3. Μεγαλύτερη κατανομή πλάτους από τα 2 KHz έως τα 2.5 και κυρίως στην περιοχή γύρω από τα 4KHz.



Σχήμα 8.7 1^{ος} οργανοπαίκτης (κόκκινο) και 2^{ος} οργανοπαίκτης (μαύρο) για τα κομμάτια του συρτού (1) και των σημειακών κοντυλιών (2) αντίστοιχα.

Η σημαντική παρατήρηση που γίνεται αφορά το ότι η φασματική συμπεριφορά για τα 2 κομμάτια μεταξύ των 2 οργανοπαίκτων, δεν δικαιολογεί την απόκλιση στην βαθμολογία των εμπειρογνομόνων. Ακούγοντας όμως τα 2 ηχητικά συμπεράσματα παρατηρείται πως η εκτέλεση που συγκέντρωσε χαμηλότερη βαθμολογία είναι πιο «σκληρή» από την καλύτερη εκτέλεση. Σκληρή με την έννοια πως ακούγεται πολλές φορές το δοξάρι να «τρίζει» με την χορδή δημιουργώντας υψηλές συχνότητες που εντοπίζονται μέσω εξαγωγής φασμάτων στα

1.75KHz, 3KHz , 3.5 KHz και 4.4KHz καθώς και σε κάποιες υψηλότερες συχνοτικά περιοχές.

Ακόμη πρέπει να αναφερθεί πως ο μοναδικός παράγοντας που διαφέρει εκτός από τον εκτελεστεί είναι το δοξάρι καθώς ο καθένας χρησιμοποίησε το δικό του. Από τις συναντήσεις με τους εμπειρογνώμονες διαπιστώθηκε σε μία περίπτωση πως όντως το δοξάρι επιφέρει σημαντικές αλλαγές στο φάσμα μιας λύρας.

Ωστόσο για να διαπιστωθεί κάτι τέτοιο θα έπρεπε ο ίδιος ο εκτελεστής να χρησιμοποιήσει διαφορετικά δοξάρια κάτι το οποίο δεν συνέβη και έτσι δεν μπορεί να αιτιολογηθεί η διαφορά που παρατηρείται στα φάσματα μόνο από το δοξάρι.

Επίσης πολύ σημαντική είναι η έκταση των νοτών στις οποίες εκτελούνται τα 2 κομμάτια. Οι σπητειακές κοντυλιές όπως έχει προαναφερθεί εκτελούνται σε ποιο χαμηλές τονικά νότες. Σε αυτές τις νότες, η μεγαλύτερη συγκέντρωση ενέργειας στις μεσαίες και χαμηλομεσαίες συχνότητες του ακουστικού φάσματος θα είναι ποιο εμφανής κάνοντας ποιο «σκληρό» τον ήχο του οργάνου.

Αυτός ίσως είναι και ο σημαντικότερος λόγος της μεγάλης απόκλισης στο κομμάτι του συρτού.

8.9.2 Κοινός οργανοπαίκτης, διαφορετικά κομμάτια.

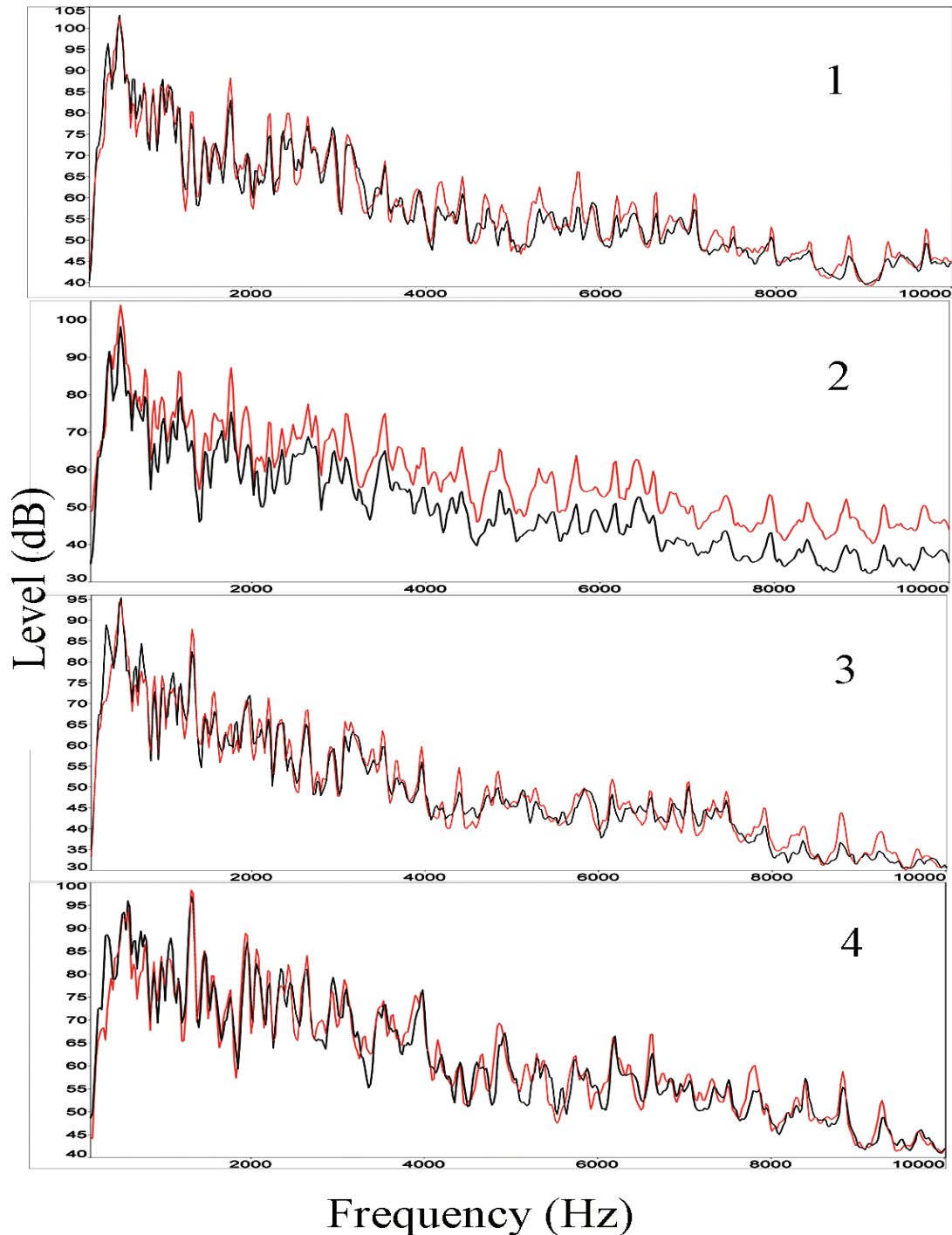
Παρουσιάζεται σε αυτήν την παράγραφο το πώς μεταβάλλεται το ηχόχρωμα ενός οργάνου όταν ο ίδιος οργανοπαίκτης εκτελεί διαφορετικά κομμάτια και μεμονωμένες νότες. Αυτή η σύγκριση γίνεται μέσω παρατήρησης LTAS για τα κομμάτια που εκτελέστηκαν.

Παρατηρείται λοιπόν από τα φάσματα μέσου όρου πως δεν υπάρχουν τόσο μεγάλες μεταβολές για τα καλά όργανα σε αντίθεση με τα χειρότερα. Ακούγοντας κάποιος τα παραδείγματα και μάλιστα μετά από αρκετές ακροάσεις μπορεί να καταλήξει στο ότι τα κατώτερα σε βαθμολογία όργανα εμποδίζουν τον οργανοπαίκτη στο να παράγει «σταθερές» νότες χωρίς πολλαπλά γλιστρήματα του δοξαριού στην χορδή και «στριγκλίσματα» που είναι ενοχλητικότερα.

Έστω και 6 από αυτά σε ένα κομμάτι 1^{05} λεπτού μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά την βαθμολογία. Δεν μπορούν ωστόσο να επηρεάσουν και το συνολικό φάσμα όπως προκύπτει μέσα από ψηφιακή επεξεργασία όπου αφαιρούνται οι «κακοπαιγμένες» νότες για 2 κομμάτια και επαναλαμβάνεται η δημιουργία LTAS.

Έτσι για ένα καλό όργανο που του δίνει μεγαλύτερο βαθμό ελέγχου ή «ικανότητα παιζίματος» όπως έχει αναφερθεί οι αποκλίσεις δεν έχουν τόσο μεγάλο βαθμό σε αντίθεση με

τα όργανα που δεν επιτρέπουν κάτι τέτοιο και τότε γίνεται λόγος για αστάθεια των συστημάτων όπου ο οργανοπαίκτης πρέπει να είναι σε εγρήγορση ώστε με την ενστικτώδη ανάδρασή του να ρυθμίζει τους παράγοντες που μέσω του δοξαριού μπορούν να επιφέρουν μία σταθερή νότα.



Σχήμα 8.8 Οργανοπαίκτης που εκτελεί 4 λύρες (1-4) στο κομμάτι του συρτού (κόκκινο) και στις σημειακές κοντυλιές (μαύρο)

Παρατηρώντας τα φάσματα σημειώνεται πως η συγκέντρωση περισσότερης ενέργειας στις συχνότητες γύρω από την αέρια που παρατηρείται στο σχήμα 8.9 οφείλεται στο ότι οι περισσότερες νότες του κομματιού «σητειακές κοντυλιές» είναι σε χαμηλότερη έκταση του οργάνου από ότι στον συρτό.

Αυτό όμως που είναι και πολύ σημαντικό έγκειται στο ότι για 3 από τα 4 όργανα του σχήματος το ότι αλλάζει το κομμάτι που εκτελεί ο οργανοπαίκτης δεν παραμορφώνει την φασματική συμπεριφορά του ήχου του οργάνου.

Άρα μέσω των LTAS ο οργανοπαίκτης δεν επιδρά σε μεγάλο βαθμό στον ήχο του οργάνου χωρίς να μην αναφέρεται πως είναι κομμάτι του ήχου αυτού (παράγραφος 8.8.1)

Παρόλα αυτά στην 2^η λύρα σημειώνεται μια γενική αύξηση της κατανομής της ενέργειας στα υψηλότερα αρμονικά στοιχεία της οποίας τα αίτια δεν μπορούν να εντοπιστούν.

8.10 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό έγιναν πολλές παρατηρήσεις και αναλύσεις πάνω στον ήχο της λύρας και σε σχέση με το αν είναι αποδεκτός ως «καλός» ή και μη αποδεκτός.

Επίσης παρουσιάστηκε ο τρόπος με τον οποίο επιδρά ο οργανοπαίκτης από όπου διαπιστώθηκε πως διαφορετικοί οργανοπαίκτες μπορούν να αλλάξουν την φασματική συμπεριφορά του ήχου ενός οργάνου. Αποτελούν σύστημα με το όργανο.

Παρόλα αυτά αν και θεωρείται πως μπορεί να γίνει ποσοτικοποίηση των φασματικών χαρακτηριστικών των πρώτων 4^{ων} οργάνων κάτι τέτοιο δεν γίνεται αφού δεν το απαιτεί η παρούσα εργασία. Θεωρείται πως για να γίνει αυστηρή ποσοτικοποίηση και μοντελοποίηση των αποτελεσμάτων ένα πολύ μεγαλύτερο δείγμα οργάνων και ακροατών είναι απαραίτητο.

Αυτό βέβαια δεν αποτελεί στόχο της παρούσης εργασίας αφού τα ποιοτικά χαρακτηριστικά προσδιορίστηκαν ποιοτικά και με καλή προσέγγιση.

Δεν μένει λοιπόν από το συσχετιστούν με τα αντίστοιχα δονητικά ώστε να διαπιστωθεί το αν και κατά πόσο σχετίζονται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΟΝΗΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΑΝΤΗΧΕΙΩΝ ΜΕ ΤΑ ΦΑΣΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΟΥ ΗΧΟΥ

Όπως αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, τα όργανα που βαθμολογήθηκαν με καλό ή κακό βαθμό κατά την διαδικασία των ψυχοακουστικών μετρήσεων έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά στο φάσμα του ήχου τους.

Η ανάλυση σε αυτό το στάδιο γίνεται συσχετίζοντας αυτά τα χαρακτηριστικά με τα αντίστοιχα δονητικά των οργάνων που έχουν μελετηθεί.

9.1 ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΟΣ ΗΧΟΣ, ΗΧΟΒΟΛΙΣΗ ΚΑΙ ESPI ΓΙΑ ΤΗΝ 2^η ΛΥΡΑ

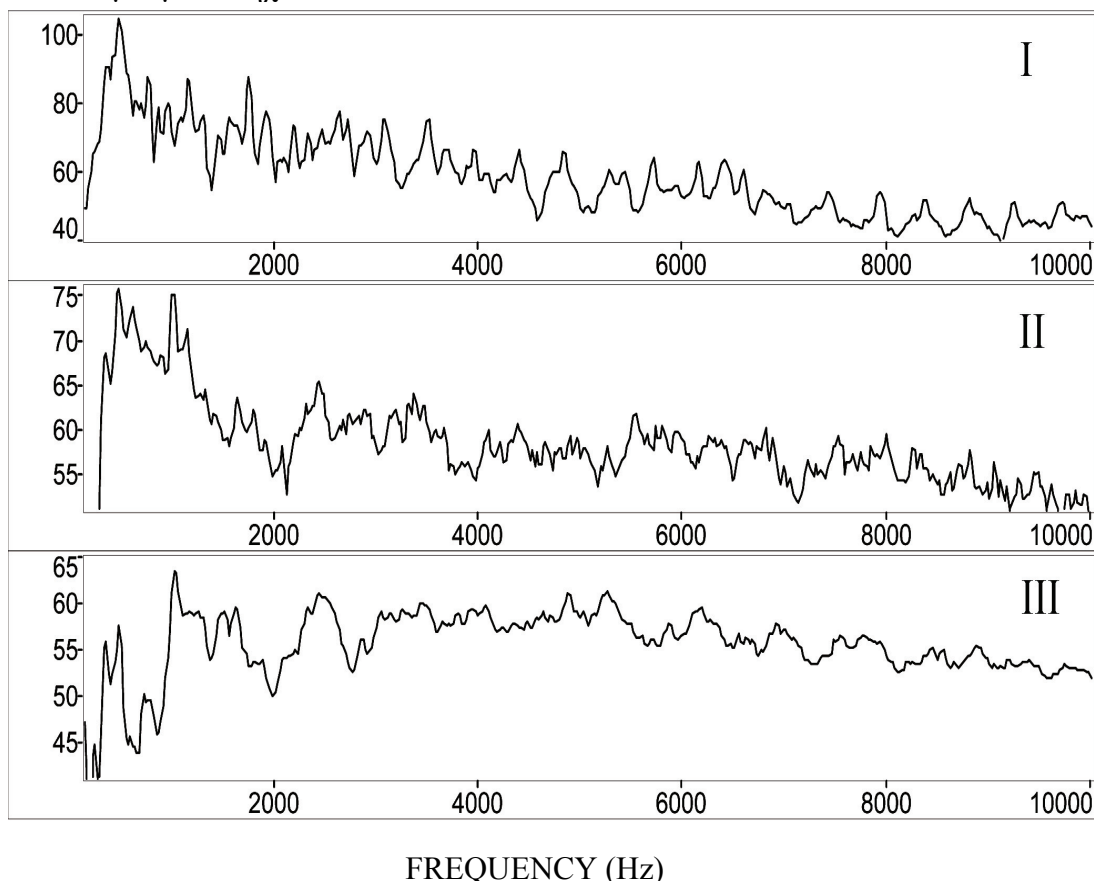
9.1.1 Σύγκριση αποτελεσμάτων

Μέσα από την παρατήρηση για την 2^η λύρα της εργασίας διαπιστώνεται πως η φασματική συμπεριφορά του εκπεμπομένου ήχου ταυτίζεται σε πολλά σημεία με τον μέσο όρο που προκύπτει από την ηχοβόλιση για το καπάκι και την πλάτη.

Συγκεκριμένα :

1. Υπάρχει πολύ μικρή κατανομή ενέργειας στις χαμηλές συχνότητες έως τον 1^ο συντονισμό της αέρινης στα 350Hz περίπου, στο φάσμα του εκπεμπομένου ήχου και στα δονητικά χαρακτηριστικά του καπακιού και της πλάτης όπως καταγράφονται με την μέθοδο της ηχοβόλισης
2. Ο ισχυρότερος συντονισμός του φάσματος για το κομμάτι του συρτού που είναι στα 500Hz είναι και ο ισχυρότερος στο καπάκι. Εμφανίζεται επίσης στην πλάτη αλλά όχι ως ο ισχυρότερος σε όλο το εύρος παρατήρησης.
3. Στην περιοχή στα 600-700 Hz υπάρχουν μικρές αποκλίσεις και στο φάσμα του ήχου αλλά και στην δονητική συμπεριφορά των αντηχείων που είναι πιο «γραμμική» και φθίνουσα σχετικά με τους προηγούμενους 2 συντονισμούς.
4. Οι 2 επόμενες περιοχές στο φάσμα όπου παρατηρείται μεγάλη συγκέντρωση ενέργειας είναι τα 1-1.2 KHz και 1.7 KHz. Κυρίως ο πρώτος συντονισμός εμφανίζεται με μεγάλο πλάτος και στο καπάκι και στην πλάτη. Ο τρόπος δόνησης στα 1600-1700Hz εμφανίζεται με σχετικά μικρότερο όμως πλάτος στο καπάκι σε σχέση με τον εκπεμπόμενο ήχο.

5. Υπάρχει ακόμα συμφωνία στην αύξουσα κατανομή πλάτους από τα 2KHz έως τα 2.5KHz ενώ μία διαφορά εμφανίζεται στα 2.6 KHz όπου το πλάτος μένει σταθερό για ένα στενό συχνοτικό εύρος του ηχητικού φάσματος. Με βάση πάντα την δονητική συμπεριφορά καπακιού και πλάτης αναμενόταν να εμφανίζει πτώση στην συγκεκριμένη περιοχή.
6. Παρατηρείται λίγο μεγαλύτερο από το αναμενόμενο πλάτος ταλάντωσης στην περιοχή των 3.5KHz και για ένα στενό συχνοτικό εύρος.
7. Η πλάτη από την περιοχή των 3KHz και έως τα 10KHz δεν παρουσιάζει μεγάλες αποκλίσεις έχοντας μια ποιο γραμμική απόκριση.
8. Το ίδιο ισχύει και για το καπάκι με εξαίρεση την περιοχή από 5.7KHz έως τα 7KHz περίπου όπου φαίνεται να υπάρχει περισσότερη ενέργεια από ότι στην περιοχή 3.8KHz με 5.7KHz. Αυτή η κατανομή ενέργειας φαίνεται και στο φάσμα του εκπεμπομένου ήχου.



Σχήμα 9.1 Φάσμα μέσης έντασης(dB)-συχνότητας (Hz) για την 2^η καλύτερη λύρα I – LTAS για το κομμάτι του συρτού , II-Δονητική συμπεριφορά καπακιού και III-της πλάτης από την μέθοδο της ηχοβόλισης.

Η μεγαλύτερη ασυμφωνία που παρατηρείται σε αυτό το σημείο βρίσκεται στην συχνότητα των 1760 Hz όπου είναι αρκετά ισχυρότερη στο φάσμα του εκπεμπομένου ήχου από ότι εμφανίζεται στο καπάκι και την πλάτη. Αυτό όμως δεν αποτελεί τόσο μεγάλο πρόβλημα σε αυτό το στάδιο, δεδομένων 2 παρατηρήσεων που έχουν γίνει στην πορεία της εργασίας:

1. Στο σχήμα 8.8 παρατηρήθηκε η σημαντική διαφορά (10dB) που επέφερε ο ένας οργανοπαίκτης έναντι του άλλου στο φάσμα της ίδιας λύρας και στα δύο κομμάτια. Αυτή η διαφορά εμφανίστηκε κυρίως στα 1760 Hz, στο σημείο δηλαδή που παρατηρείται και η μεγαλύτερη απόκλιση στο σχήμα
2. Μπορεί να μην μελετήθηκε με απόλυτη ακρίβεια η απόκριση του συστήματος γέφυρα-στύλος. Έχοντας όμως παρατηρήσει την συμπεριφορά της αλλά και το σημείο πάνω στο καπάκι και δίπλα από την γέφυρα έχει σημειωθεί πως το σύστημα «ευνοεί» ταλαντώσεις σε αυτήν την συχνοτική περιοχή όπως και στα 2.6 KHz αλλά και στα 6KHz περίπου (σχήματα 7.4 και 7.10).

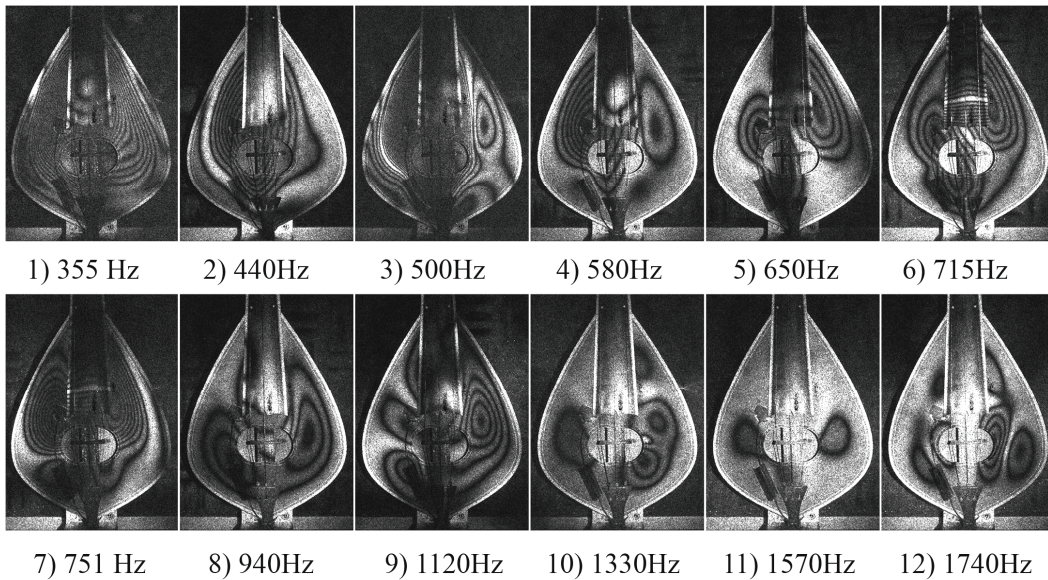
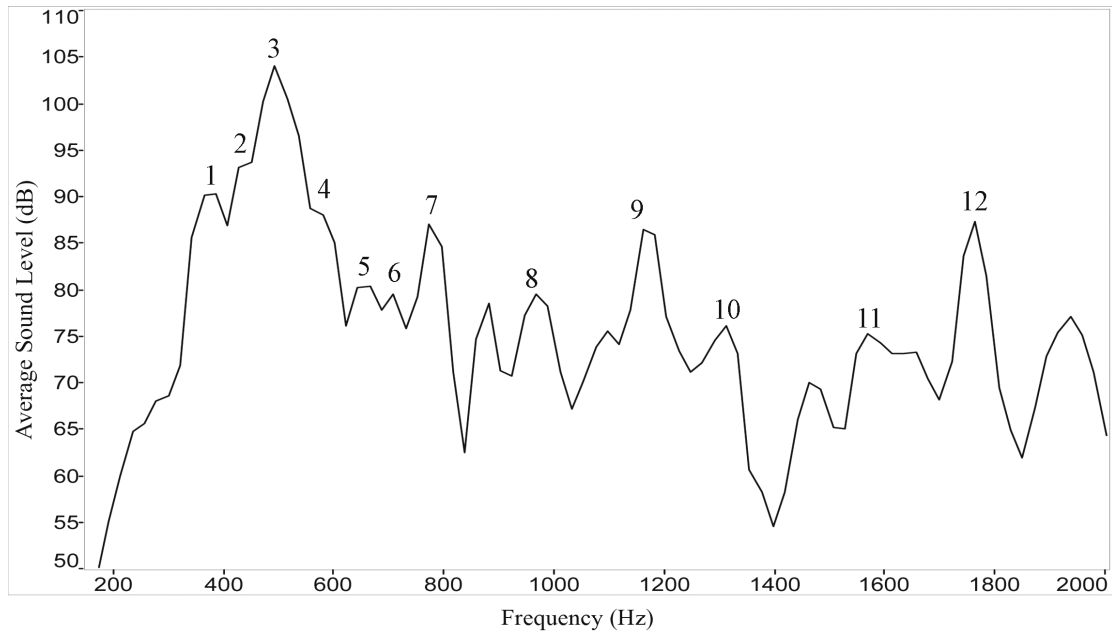
9.1.2 Σύγκριση με ESPI

Μελετώντας τους τρόπους δόνησης για το καπάκι του οργάνου έως τα 2KHz που έγινε η μέτρηση με την μέθοδο της ESPI, σημειώνεται μία πολύ καλή περιγραφή των φασματικών χαρακτηριστικών του οργάνου από την παρατήρηση των δονήσεων του καπακιού και μόνο.

Ωστόσο ο ιδιορυθμός στα 1.2KHz και στα 1760Hz που παρατηρείται στα ηχητικά φάσματα, δεν εμφανίζεται με τόσο μεγάλο πλάτος στις δονήσεις του καπακιού που προκύπτουν από την ESPI.

Στην γενική κατανομή του πλάτους και ιδιαίτερα στους βασικούς τρόπους δόνησης στα 350 και ιδίως στα 500Hz, οι κροσσοί συμβολής είναι τόσο πολλοί και πυκνοί που πολύ δύσκολα μπορούν να μετρηθούν με απόλυτη ακρίβεια.

Οι περισσότεροι τρόποι συμφωνούν και το μοναδικό σφάλμα που εντοπίζεται είναι στα 1.75KHz όπου παρατηρείται μεν ο τρόπος δόνησης κατά την διάρκεια της ηχοβόλισης, αλλά όχι τόσο ισχυρός ώστε να δικαιολογεί την μεγάλη συγκέντρωση ενέργειας στην εν λόγω συχνοτική περιοχή στα αντίστοιχα φάσματα του ήχου.



Σχήμα 9.2 Φάσμα μέσου όρου για το συρτό (πάνω) και αντίστοιχα πλάτη ταλάντωσης μέσω της ESPI για την 2^η λύρα.

Στο σχήμα παρατηρείται πως και μέσω της ESPI και χωρίς την ηχοβόλιση, θα μπορούσε να έχει διαπιστωθεί η βασική συμπεριφορά του ήχου με τις ισχυρές ταλαντώσεις στα 350Hz, 500Hz, 750Hz και στην συνέχεια 1.1KHz -1.3Kz και 1.75KHz.

Στην επόμενη παράγραφο τα πράγματα γίνονται σαφέστερα αφού στην ανάλυση προστίθενται άλλα 2 όργανα. Η 1^η και η 13^η λύρα της εργασίας σε σχέση και με τα όσα αναλύθηκαν στην παρούσα παράγραφο για την 2^η λύρα.

9.2 ΟΜΟΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ 2 ΚΑΛΥΤΕΡΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΔΟΝΗΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΝΤΗΧΕΙΩΝ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΗΝ 13^η ΛΥΡΑ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Με βάση τις παρατηρήσεις που έγιναν στην προηγούμενη παράγραφο οι ομοιότητες των δονητικών χαρακτηριστικών του αντηχείου με τα φασματικά χαρακτηριστικά του ήχου είναι πολλές και σημαντικές.

Επίσης στο προηγούμενο κεφάλαιο σημειώθηκε η μεγάλη ταύτιση στα φάσματα των 2 καλύτερων οργάνων (παράγραφος 8.4.2). Αυτό λοιπόν που αναμένεται ως συμπέρασμα σε αυτήν την παράγραφο είναι η σημαντική ομοιότητα στη δονητική συμπεριφορά των αντηχείων.

Αντιθέτως για την 13^η λύρα αναμένεται μια διαφορετική δονητική συμπεριφορά λόγω της μεγάλης βαθμολογικής αλλά και φασματικής διαφοράς από τις 1^η και 2^η στα χαρακτηριστικά του ήχου της (παράγραφος 8.3).

9.2.1 Οι 2 πρώτες λύρες

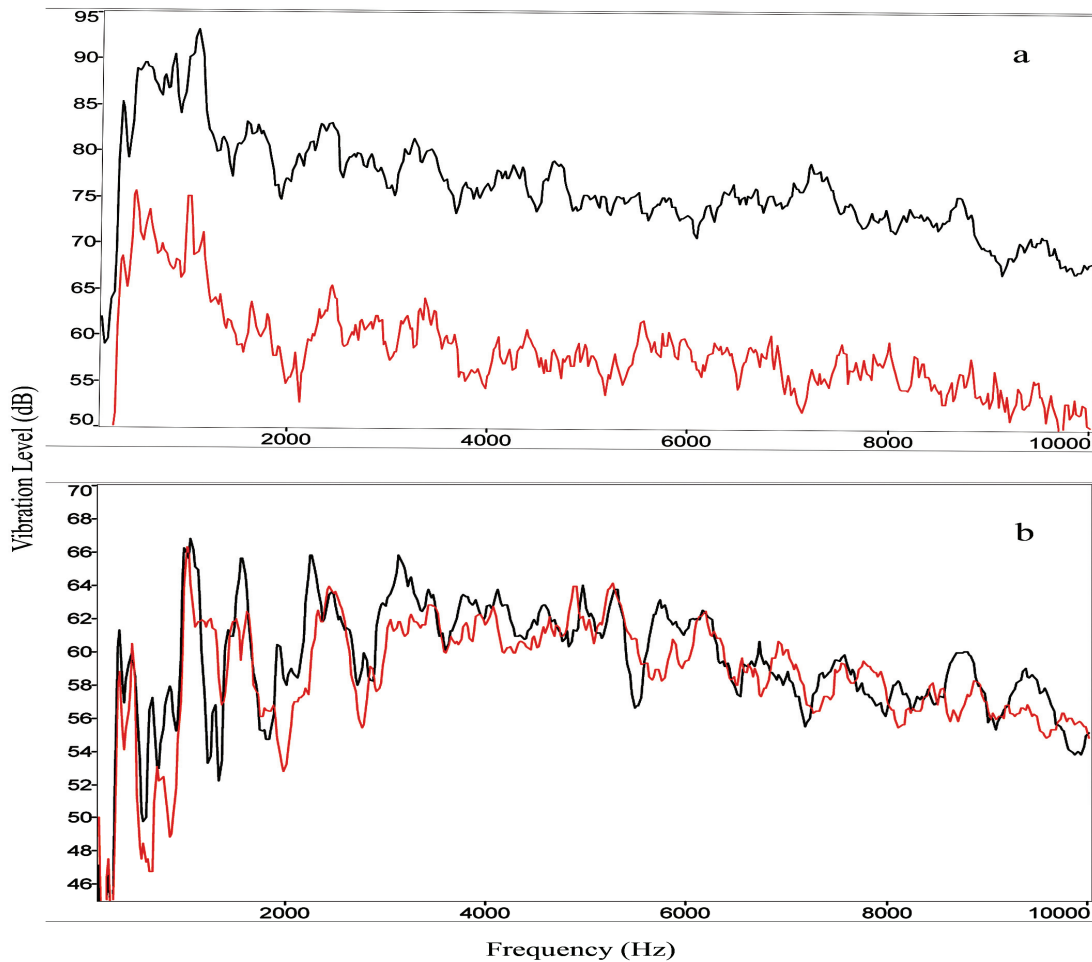
Διερευνάται σε αυτό το στάδιο η σχέση των δονητικών χαρακτηριστικών των 2 πρώτων οργάνων.

Οι βασικότεροι τρόποι ταλάντωσης εμφανίζονται και στα 2 καλύτερα όργανα με την διαφορά πως η 1^η λύρα έχει πιο ομαλή κατανομή στις συχνότητες από τα 480Hz έως τα 880 Hz. Ο πρώτος ισχυρός τρόπος ταλάντωσης στα 350Hz εμφανίζεται λίγο ισχυρότερος σε σχέση με τον τρόπο των 500Hz στην καλύτερη, από την 2^η καλύτερη λύρα.

Αυτό που εντυπωσιάζει όμως είναι η μεγάλη ταύτιση των αποτελεσμάτων και σε υψηλότερες συχνοτικές περιοχές στους τρόπους ταλάντωσης των 2 αντηχείων.

Αυτές είναι περίπου στα 1330Hz, 1580 με 1620Hz , 1750-1800Hz και σε υψηλότερες συχνότητες στα 2.4KHz , 3.5 KHz και 5.5 KHz.

Επίσης είναι σημαντική η ομοιότητα στην δονητική συμπεριφορά που παρουσιάζουν οι πλάτες των 2 καλύτερων οργάνων με την καλύτερη λύρα να συμφωνεί σε πολλούς τρόπους ταλάντωσης με την 2^η λύρα.



Σχήμα 9.3 * Ηχοβόλιση 1^{ης} (μαύρο) και 2^{ης} (κόκκινο) λύρας. α – για τα καπάκια και β – για τις πλάτες

Οι λίγες διαφορές που εμφανίζονται στους τρόπους ταλάντωσης για τις πλάτες είναι :

1. Μεγαλύτερο πλάτος για την 1^η λύρα στα 680 – 860 και 2000Hz
2. Μικρότερο πλάτος για την 1^η λύρα κατά 6 dB περίπου στα 1250 Hz

Είναι τέλος σημαντικό για τις πλάτες των 2 πρώτων οργάνων πως η μεγαλύτερη απόκλιση σε όλο το ακουστικό εύρος είναι περίπου 6 dB ενώ σε ανάλυση 1/3 οκτάβας η μέγιστη

* Διευκρινίζεται σε αυτό το σημείο πως ενώ στο σχήμα φαίνεται ο ιδιορυθμός στα 500Hz να μην έχει πολύ μεγάλο πλάτος ταλάντωσης στην πραγματικότητα έχει αρκετά μεγαλύτερο. Η ανάλυση όμως με την οποία έγινε η δημιουργία των συγκεκριμένων φασμάτων επιλέχθηκε έτσι ώστε να είναι εμφανής η γενική δονητική συμπεριφορά των 2 οργάνων. Έτσι κάποιοι ισχυροί τρόποι ταλάντωσης φαίνονται περισσότερο «αμβλυμμένοι». Επίσης η συνολική ένταση του καπακιού της 2^{ης} λύρας έχει μειωθεί για λόγους καλύτερης παρατήρησης σε αντίθεση με τις πλάτες των οποίων τα φάσματα επικαλύπτονται.

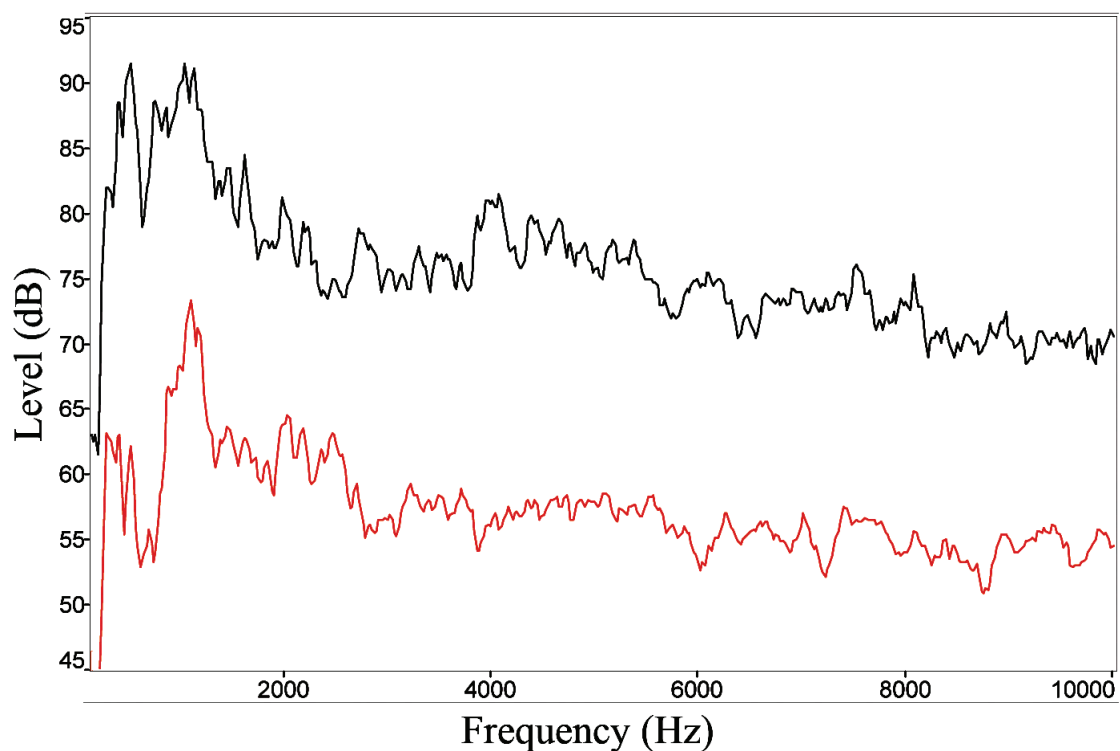
απόκλιση της καλύτερης ως προς την 2^η καλύτερη λύρα είναι +6dB στα 630Hz και +4dB στα 2KHz και στο υπόλοιπο φάσμα κατά προσέγγιση +2,-1 dB.

9.2.2 1^η «εναντίον» 13^{ης} λύρας

Παρατηρώντας τα δονητικά χαρακτηριστικά της 13^{ης} λύρας του πειράματος ως προς τα αντίστοιχα της 1^{ης} (και ως εκ τούτου και της 2^{ης} καλύτερης με βάση τον βαθμό ομοιότητας που σημειώθηκε στην προηγούμενη παράγραφο) διαπιστώνονται οι εξής σημαντικές διαφορές :

1. Πολύ χαμηλό πλάτος ταλάντωσης στην περιοχή των 340-350Hz σα να μην υπάρχει αέρινη συχνότητα γι' αυτή την λύρα (13^η).
2. Πολύ ισχυρό τρόπο ταλάντωσης στο 1 με 1.2 KHz για το καπάκι και κυρίως για την πλάτη του οργάνου.
3. Πολύ μεγαλύτερη κατανομή ενέργειας στις μεσαίες και υψηλές περιοχές του ακουστικού φάσματος σε σχέση με τις χαμηλές συχνότητες όπου βρίσκονται οι θεμέλιοι για τις νότες που μπορεί να παράγει το όργανο.
4. Επίσης πολύ ισχυροί τρόποι στα 1.3KHz σε σχέση με την περιοχή της αέρινης.
5. Ένα μεγάλο βύθισμα στην περιοχή των 600Hz και γενικά πολλές αυξομειώσεις του πλάτους σε μικρά συχνοτικά εύρη.

Οι παραπάνω παρατηρήσεις για τα δονητικά χαρακτηριστικά του 13^{ου} οργάνου ταυτίζονται σε πολλά σημεία με τα συμπεράσματα που σημειώθηκαν κατά την σύγκριση της φασματικής συμπεριφοράς του εκπεμπομένου ήχου των οργάνων (παράγραφος 8.2 και 8.3).



Σχήμα 9.4 Δονητική συμπεριφορά της 13^{ης} λύρας με ηχοβόλιση. Καπάκι (μαύρο) και πλάτη (κόκκινο).

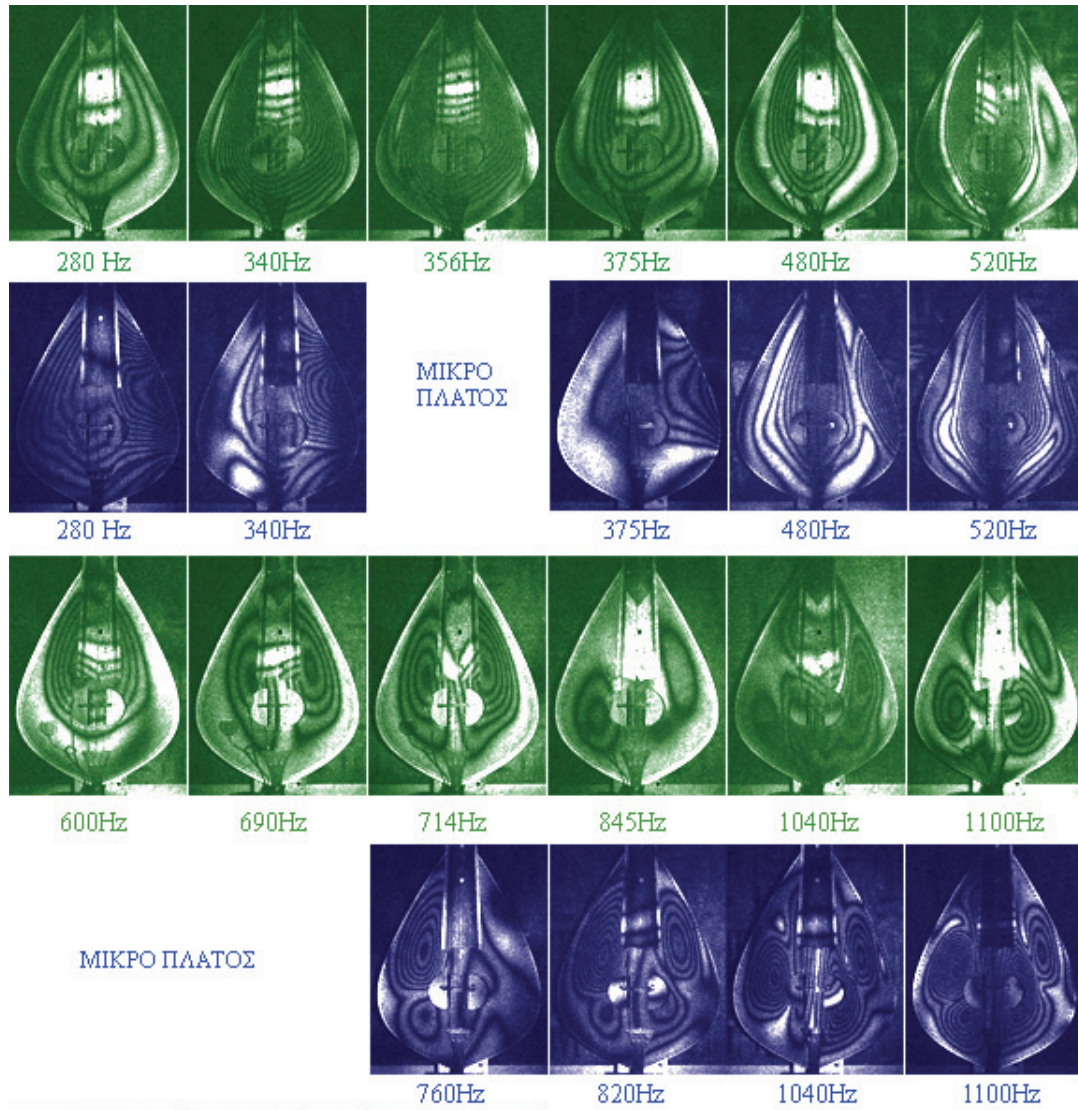
Η σημαντικότητα της παρατήρησης είναι ουσιαστική σε αυτό το στάδιο αφού θα μπορούσαν να έχουν «προβλεφθεί» (πάντα με γενικό ύφος η έννοια της λέξης) τα κύρια χαρακτηριστικά του εκπεμπομένου ήχου για το χειρότερο όργανο σε σχέση με τα καλύτερα, παρατηρώντας τα αποτελέσματα αυτά.

Αν για παράδειγμα θεωρηθεί μία οριζόντια νοητή ευθεία με άκρα τον συντονισμό της αέριας και το δεξί μέρος όπου τελειώνει το φάσμα (10KHz), διαπιστώνεται πως οι συχνοτικές περιοχές γύρω από τα 1KHz, 1.3KHz αλλά και υψηλότερα στα 2 και 2.8 KHz και κυρίως από τα 4 έως τα 5.8KHz συγκεντρώνουν μεγάλα ποσοστά ενέργειας σε σχέση με τις χαμηλότερες συχνότητες.

Αντίθετα αν παρατηρηθεί με τον ίδιο τρόπο το φάσμα ταλάντωσης των καπακίων της 1^{ης} και 2^{ης} λύρας διαπιστώνεται η αντίθετη συμπεριφορά στην ενεργειακή κατανομή.

Όλα αυτά έρχονται σε πλήρη ταύτιση με τον βαθμό που συγκέντρωσαν τα όργανα αυτά αλλά και με τα σχόλια των εμπειρογνομόνων που χαρακτήρισαν την 13^η λύρα με τους όρους «λεπτός ήχος», «οξύς ήχος», «άδειος ήχος» κλπ (παράγραφος 8.2 και 8.3)

Με την μέθοδο της συμβολομετρίας επίσης, διαπιστώνονται όλα όσα έχουν αναφερθεί έως αυτό το σημείο για τα δονητικά χαρακτηριστικά των οργάνων.



Σχήμα 9.5 ESPI για την καλύτερη λύρα (πράσινο φόντο) και την χειρότερη (μπλε φόντο)

Παρατηρείται λοιπόν πως η χειρότερη λύρα της μελέτης έχει πολύ χαμηλή ενέργεια στις συχνότητες γύρω από την αέρια (340-360 Hz), με αποτέλεσμα να υπάρχει περίπου ίση ενέργεια στις μεσαίες και υψηλές συχνοτικές ζώνες κάνοντας το όργανο πιο «πρίμο» και «ξερό» όπως αναφέρθηκε και προωτέρα.

Αντίθετα η καλύτερη, όπως και οι υπόλοιπες λύρες του πειράματος έχουν ισχυρούς συντονισμούς γύρω από την συγκεκριμένη συχνότητα.

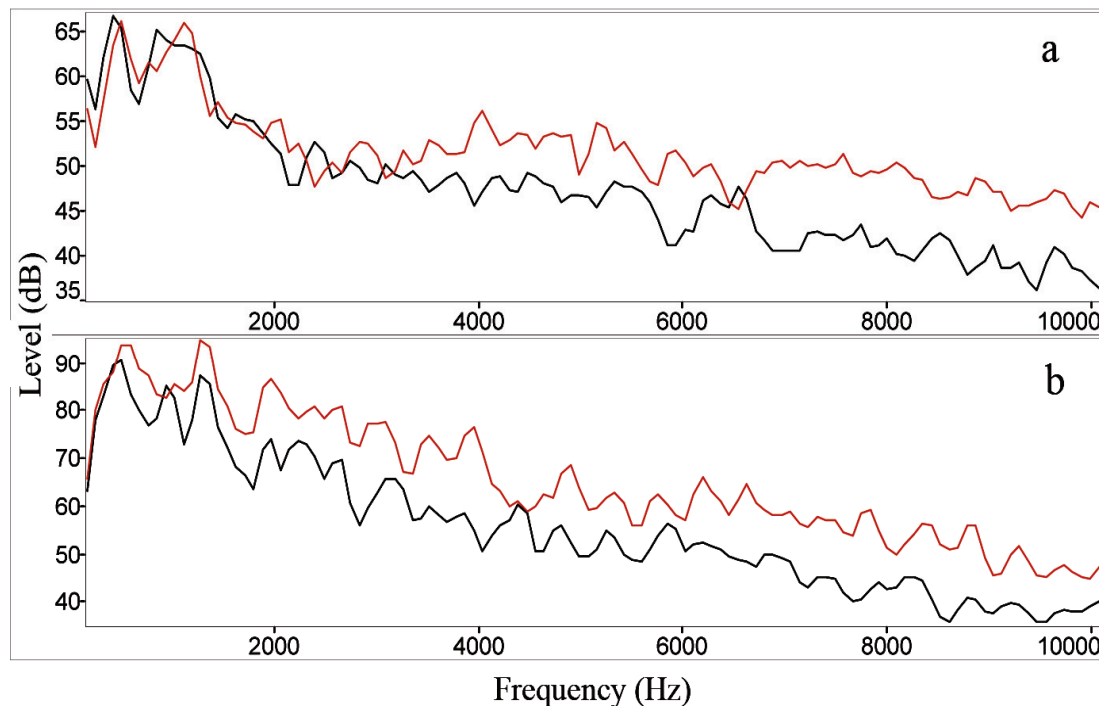
Μέσω της ESPI παρατηρείται επίσης η έλλειψη ενέργειας στην συχνοτική περιοχή 620-680 Hz αλλά και ο ισχυρός συντονισμός κοντά στα 1.1 με 1.2KHz για την χειρότερη σε σχέση με την καλύτερη λύρα της εργασίας.

9.3 7^η ΚΑΙ 8^η ΛΥΡΑ

Τα αποτελέσματα για αυτά τα 2 όργανα δεν παρουσιάζουν διαφορές με ότι έχει παρουσιαστεί έως τώρα. Υπάρχει συμπεριφορά στα φάσματα των οργάνων που σχετίζεται άμεσα με τις συναρτήσεις μεταφοράς που προκύπτουν από την ηχοβόλιση. Επίσης υπάρχει μεγάλη ταύτιση με την ολογραφία και αυτό παρουσιάστηκε για την 8^η λύρα στο κεφάλαιο 6 (σχήμα 6.3).

9.3.1 Η 8^η λύρα

Στην 8^η λύρα παρατηρείται περισσότερη ενέργεια στις χαμηλές συχνότητες. Υπάρχει ο τρόπος δόνησης στην αέρινη συχνότητα και στα 500 Hz με συμπεριφορά που προσεγγίζει τα καλύτερα όργανα. Σημαντικές όμως διαφορές εντοπίζονται στην συνέχεια όπου εμφανίζεται ένα «βύθισμα» περίπου όπως στην χειρότερη λύρα στα 580 με 780Hz. Επίσης υπάρχει ένας ισχυρός τρόπος δόνησης στα 860Hz και αρκετή ενέργεια ταλάντωσης έως τα 1380 Hz περίπου, ενώ στα καλά όργανα μετά τα 1250Hz επικρατεί φθίνουσα κατανομή του πλάτους. Επόμενοι ιδιορυθμοί εμφανίζονται στα 1.8KHz και 2.2KHz. Στο εύρος 2.4 με 5.7KHz εντοπίζεται μια «γραμμικότερη» απόκριση του καπακιού.



Σχήμα 9.6 **a** -συχνотική απόκριση καπακιών και **b** -LTAS στο φαρματικό μέσο όρο του συρτού και των κοντυλιών, για την 8^η (μαύρο) και την 13^η (κόκκινο) λύρα της εργασίας.

Σε σχέση με την 13^η λύρα όμως η 8^η εκτός από το πολύ μεγαλύτερο πλάτος στις συχνότητες γύρω από την αέρινη έχει και πολύ μικρότερη κατανομή ενέργειας από τα 3.6KHz έως τα υψηλότερα αρμονικά στοιχεία του ακουστικού φάσματος.

Μπορεί λοιπόν η 8^η λύρα να μην συγκέντρωσε υψηλή βαθμολογία με 1.4 βαθμούς κάτω από την 1^η στον μέσο όρο, αλλά δεν ενόχλησε τόσο πολύ τους ακροατές-κριτές όσο η 13^η, λόγω του ότι δεν είχε έλλειψη ενέργειας στις χαμηλές σε σχέση με τις υψηλότερες συχνότητες. Αυτό παρατηρείται στο παραπάνω σχήμα και στις δονήσεις του καπακιού όπως και στο φάσμα του ήχου για το κομμάτι του συρτού και των σητειακών κοντυλιών.

9.3.2 Η 7^η λύρα

Και η 7^η λύρα έχει έναν τρόπο δόνησης του αντηχείου της που παρουσιάζει στοιχεία και των 1^{ου} οργάνων αλλά και της 13^{ης} λύρας.

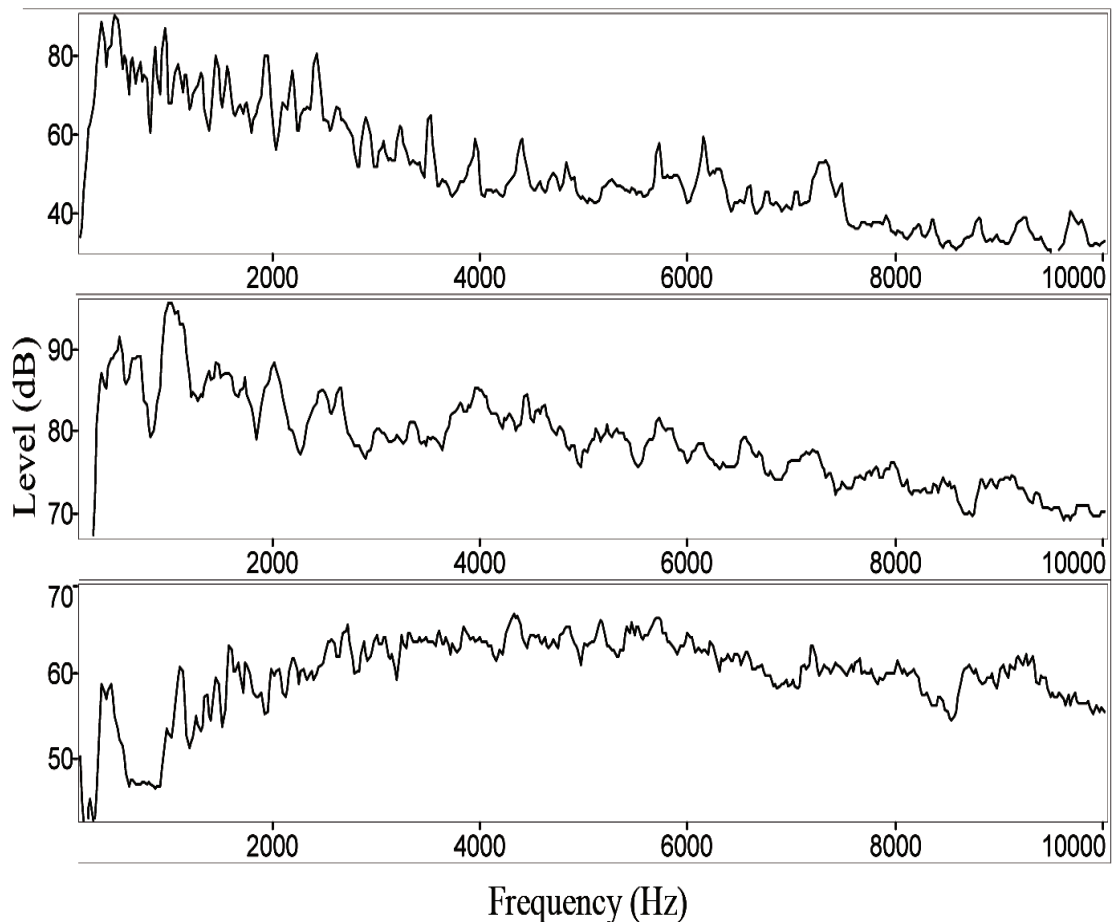
Παρατηρείται πως η 7^η λύρα παρουσιάζει τον συντονισμό της αέρινης κοιλότητας του αντηχείου όπως και τους ισχυρούς τρόπους δόνησης στα 500 και 1100 Hz. Ο ιδιορυθμός όμως στα 1100Hz παρουσιάζεται με μεγαλύτερο εύρος και πλάτος σε αυτή τη λύρα από ότι στα πρώτα όργανα αλλά και μικρότερο από την 13^η λύρα.

Οι ομοιότητες όμως με την 13^η λύρα που φαίνονται και στον τρόπο ταλάντωσης του καπακιού αλλά και στο φάσμα του εκπεμπομένου ήχου στο παρακάτω σχήμα είναι 2 :

1. Το βύθισμα στα 780Hz το οποίο παρατηρείται μεν και στις καλύτερες λύρες, αλλά όχι τόσο απότομο σε σχέση με το πλάτος ταλάντωσης της αέριας κοιλότητας.
2. Η μεγάλη ενέργεια που κατανέμεται στις δονήσεις των αντηχείων έως τα 2KHz και σε υψηλότερες συχνότητες σε σχέση με τις χαμηλότερες συχνότητες του οργάνου.

Γενικά όμως η 7^η λύρα είναι ένα όργανο με σημαντικές ομοιότητες με τις καλύτερες. Αυτό σε συνδυασμό με την ποιο ομαλή δονητική συμπεριφορά της, χωρίς βυθίσματα και με εμφανείς τρόπους ταλάντωσης θεωρείται πως της δίνουν μια σχετικά καλή βαθμολογία σε σχέση με το 13^ο όργανο στην βαθμολογία.

Τέλος είναι πολύ σημαντική η παρατήρηση που γίνεται και στο σχήμα που ακολουθεί και αφορά την μεγάλη ομοιότητα στην δονητική συμπεριφορά του καπακιού με την αντίστοιχη φασματική του εκπεμπομένου ήχου.



Σχήμα 9.7 Φάσμα μέσης έντασης(dB)-συχνότητας (Hz) για την 7^η λύρα. Πάνω LTAS για το κομμάτι του συρτού. Στο κέντρο- δονητική συμπεριφορά καπακιού και κάτω- δονητική συμπεριφορά της πλάτης από την μέθοδο της ηχοβόλισης.

Συγκεκριμένα στα 350Hz, στα 500Hz, γύρω από το 1.1KHz, στα 2 και 2.5KHz. Αλλά αν παρατηρηθεί και ποιο γενικά το φάσμα του ήχου, η συγκέντρωση ενέργειας έως τα 2.5KHz και μετά η πτώση σε χαμηλότερα επίπεδα εμφανίζεται και στην δονητική συμπεριφορά του καπακιού.

Πρέπει βέβαια πάντα ο παρατηρητής να λαμβάνει υπόψη του και την συμπεριφορά των δονήσεων της χορδής και της γέφυρας υπό την έννοια πως υπάρχει ούτως ή άλλως μια γενική πτώση του πλάτους των αρμονικών όσο η συχνότητα αυξάνει.

Αυτή η παρατήρηση γίνεται ώστε να μην θεωρήσει κάποιος πως εάν η συχνοτική απόκριση του καπακιού είναι γραμμική τότε και η φασματική συμπεριφορά του ήχου θα πρέπει να είναι επίσης γραμμική.

9.4 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕΣΩ «ΑΝΑΣΥΝΘΕΣΗΣ» ΤΟΥ ΗΧΟΥ

Θεωρείται σε αυτό το στάδιο πως υπάρχουν μόνο τα αποτελέσματα της ηχοβόλισης για την περιγραφή των δονήσεων του καπακιού ενός οργάνου.

Δεδομένης μόνο αυτής της πληροφορίας για ένα όργανο, μπορεί να προβλεφθεί ο τρόπος με τον οποίο ηχοβολεί;

Τι μπορεί να υποδηλώνει για τα φασματικά χαρακτηριστικά του ήχου του η δονητική συμπεριφορά των καπακιών;

Έως αυτό το στάδιο έχει παρατηρηθεί πως

- ✓ Η δύναμη με την οποία η χορδή «οδηγεί» την γέφυρα, μοιάζει με μια σειρά παλμών όπου στο σύστημα όμως της γέφυρας διαμορφώνεται σε πρωινοτή (ιδανική περίπτωση) και «φιλτράρεται» με βάση τα δονητικά χαρακτηριστικά της γέφυρας, αλλά και ολόκληρου του συστήματος.
- ✓ Τα φάσματα που προκύπτουν από την ανάλυση του ήχου που ηχογραφήθηκε σχετίζονται με τρόπο άμεσο ως προς την δονητική συμπεριφορά κυρίως των καπακιών. Παρατηρείται ακόμα συμβολή της πλάτης σε κάποιους τρόπους ταλάντωσης.

Αυτό που επιζητείται είναι η προσομοίωση του σήματος που ηχογραφήθηκε κατά την δημιουργία της βάσης δεδομένων για ηχητικών δειγμάτων.

Το όλο σύστημα λοιπόν οργανοπαίκτης-δοξάρι-λύρα έχει ως έξοδο το σήμα που ηχογραφήθηκε και θεωρείται ως $Y(t)$.

Το σύστημα που διατίθεται όπως αναφέρθηκε είναι μόνο το καπάκι ενός οργάνου τα δονητικά χαρακτηριστικά του οποίου υπολογίζονται μέσω της διαδικασίας της ηχοβόλισης και θεωρείται ως $y(t)$.

Η είσοδος που θεωρείται στο σύστημα αυτό είναι πρωινοτή κυματομορφή με:

1. Ίδια συχνότητα με αυτή των νοτών του ηχογραφημένου υλικού.
2. Ίδιο πλάτος με αυτό του ηχογραφημένου υλικού.

Αφού λοιπόν διεκπεραιώνονται οι απαραίτητες κανονικοποιήσεις (normalization) της έντασης και της συχνότητας ώστε να είναι ίδιες με αυτές των νοτών G3 έως E5 της 2^{ης} λύρας ενεργείται η διαδικασία της συνέλιξης του σήματος αυτού, $F(t)$, με την απόκριση του

συστήματος (σ) που είναι ο μέσος των 22 σημάτων που προέκυψε από την ηχοβόλιση για το καπάκι της συγκεκριμένης λύρας.

$$F(t) * \sigma = y(t) = b(t) Y(t) \quad (9.4.1)$$

Όπου * συμβολίζει την συνέλιξη

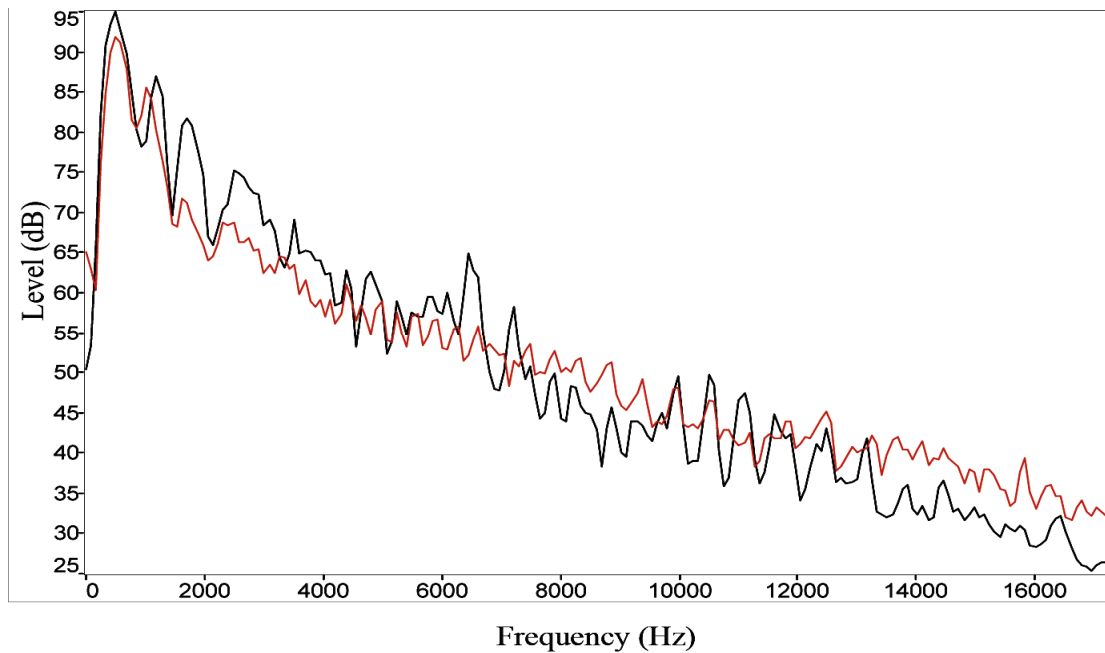
σ	η συνάρτηση μεταφοράς του καπακιού που υπολογίζεται από την ηχοβόλιση
$F(t)$	η συνάρτηση της πριονωτής δύναμης με την οποία θεωρούμε πως η γέφυρα διεγείρει το καπάκι
$y(t)$	το σήμα εξόδου του συστήματος
$Y(t)$	το σήμα που ηχογραφήθηκε
$b(t)$	ο παράγων που περιέχει όλους τους αστάθμητους παράγοντες από τον οργανοπαίκτη, έως τις δονήσεις της γέφυρας της πλάτης, και όλων όσων επηρεάζουν τον εκπεμπόμενο ήχο (γλώσσα, ηχογράφιση κτλ)

Μέσω λοιπόν της συνέλιξης αυτής «προσομοιώθηκε» το ηχογραφημένο σήμα $Y(t)$ μόνο από τις δονήσεις του καπακιού της 2^{ης} λύρας και της πριονωτής δύναμης που θεωρήθηκε ως είσοδος στο σύστημα «καπάκι» για τις νότες G3 έως E5.

Στην συνέχεια αναλύθηκαν τα φάσματα των 2 σημάτων με σκοπό την παρατήρηση ομοιοτήτων και διαφορών.

Σε γενικές γραμμές λοιπόν το σήμα $y(t)$ παρουσιάζει πάρα πολλές ομοιότητες με το ηχογραφημένο $Y(t)$ αφού όπως αναλύθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο (9.1.1) τα δονητικά χαρακτηριστικά του καπακιού παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες με τα φασματικά του εκπεμπομένου ήχου.

Στο σχήμα που ακολουθεί παρατήθενται τα φάσματα των σημάτων.



Σχήμα 9.8 LTAS για τις ηχογραφημένες νότες (μαύρο) και LTAS για τις νότες από την ανασύνθεση του ήχου μέσω των δονήσεων του καπακιού για την 2^η λύρα.

Παρατηρούνται οι ομοιότητες των δύο φασμάτων. Υπάρχουν βέβαια και σημαντικές διαφορές οι οποίες επεξηγούνται γενικά στην συνέχεια:

1. Μπορεί να παρατηρήσει κάποιος στο σχήμα την γενικά υψηλή κατανομή ενέργειας στις υψηλές συχνότητες (8-17 KHz) που υπάρχει στο σήμα της ανασύνθεσης έναντι του ηχογραφημένου.

Αυτό εν μέρει αιτιολογείται αν λάβουμε υπόψη μας πως κατά την παρατήρηση της ταλάντωσης των χορδών ήταν εμφανές το ότι οι υψηλές αυτές συχνότητες εμφανιζόταν με πολύ μικρότερο πλάτος έναντι των χαμηλών.

Οι μηχανικοί παράγοντες του συστήματος όπως η μόνωση που μπορεί να επιφέρει η επαφή με το δοξάρι, η μάζα των χορδών και ανακλαστικοί παράγοντες στα άκρα της χορδής δύναται να μην επιτρέπουν την ταλάντωση τόσο υψηλών συχνοτήτων με μεγάλα πλάτη.

Στο σήμα πριονωτής κυματομορφής που δημιουργήθηκε όμως, δεν λήφθηκαν υπόψη του γράφοντος τέτοιοι παράγοντες και έτσι δεν επιβλήθηκε κανένα φίλτρο διέλευσης χαμηλών συχνοτήτων ώστε να προσομοιωθούν τέτοιου είδους φαινόμενα με αποτέλεσμα τα υψηλότερα αρμονικά στοιχεία να έχουν μεγάλη συγκέντρωση ενέργειας.

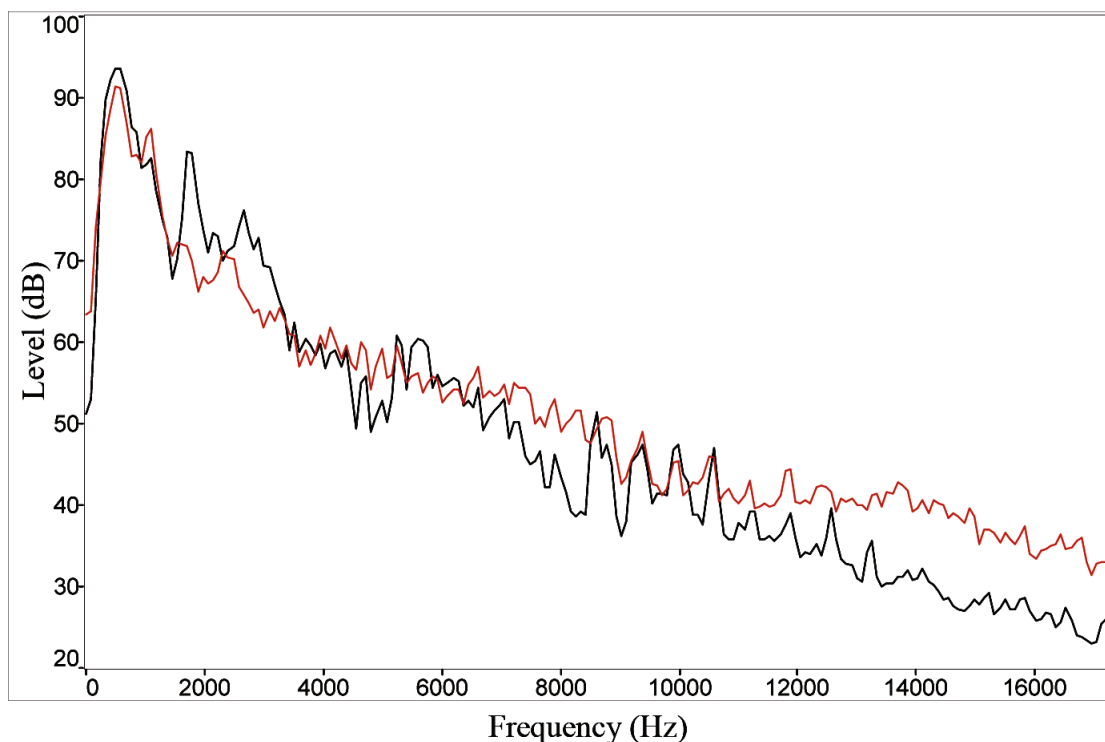
2. Οι επόμενες σημαντικές διαφορές εμφανίζονται στις συχνοτικές περιοχές των 1.7 έως 4KHz, στα 6.3KHz και στα 7KHz όπου ο εκπεμπόμενος ήχος $Y(t)$ συγκεντρώνει μεγαλύτερα ποσοστά ενέργειας από ότι το σήμα της ανασύνθεσης $y(t)$.

Τέτοιου είδους όμως ταλαντώσεις και ιδίως στην περιοχή 1.8 με 3KHz είναι εμφανές πως ευνοούνται από το σύστημα της γέφυρας (παράγραφος 7.2) και στο σημείο πάνω στο καπάκι δίπλα από την γέφυρα (παράγραφος 7.7).

Δεν μπορεί να αναφερθεί με βεβαιότητα πως η γέφυρα ευθύνεται από μόνη της για όλες αυτές τις ταλαντώσεις αν και από τις παρατηρήσεις που έχουν γίνει στα πλαίσια της εργασίας θεωρείται πως υπάρχουν πολλές πιθανότητες για αυτό.

Ωστόσο πρέπει να γίνει αναφορά και στην δονητική συμπεριφορά της πλάτης η οποία περιέχει πολλά από τα χαρακτηριστικά που υπολείπονται της συνάρτησης του σφάλματος, b , ώστε τα δύο σήματα $y(t)$ και $Y(t)$ να αποκτήσουν περισσότερες ομοιότητες στην ενεργειακή τους κατανομή στο συχνοτικό φάσμα (σχήμα 9.1)

Εφαρμόζοντας την ίδια διαδικασία και στην καλύτερη λύρα σε αυτό το στάδιο εντοπίζονται περίπου οι ίδιες διαφορές. Αυτό είναι πολύ σημαντικό αφού ως ένα βαθμό θα μπορούσε να εντοπιστεί με μεγάλη ακρίβεια το φάσμα του ήχου της καλύτερης λύρας, μόνο από την δονητική συμπεριφορά των καπακιών της 2^{ης} και το αντίστροφο.



Σχήμα 9.9 LTAS για τις ηχογραφημένες νότες (μαύρο) και LTAS για τις νότες από την ανασύνθεση του ήχου μέσω των δονήσεων του καπακιού για την 1^η λύρα.

Αυτό θα μπορούσε να γίνει εάν ο παράγων b , που υπολογίζεται από την αποσυνέλιξη του $Y(t)$ με το $y(t)$, στη συνέχεια λειτουργούσε ως σήμα εισόδου σε ένα σύστημα με συνάρτηση μεταφοράς που θα προέκυπτε από την ηχοβόλιση ενός καπακιού με τον ίδιο τρόπο που έγινε στην παρούσα εργασία.

Αν το $b(t)$ προσδιοριστεί για οποιοδήποτε εκ των 2 οργάνων, τότε μετρώντας μέσω ηχοβόλισης μόνο την δονητική συμπεριφορά των αντηχείων, μπορεί να προσδιοριστεί η φασματική συμπεριφορά του ήχου μέσω της συνέλιξης του παράγοντα σφάλματος $b(t)$ με το σήμα $y(t)$ που όπως αναφέρθηκε είναι η συνέλιξη της δύναμης της γέφυρας (πριονωτής κυματομορφής) με την δονητική συμπεριφορά του καπακιού ενός οργάνου όπως προκύπτει από την ηχοβόλιση.

Κάτι τέτοιο θα έδινε μια καλή προσέγγιση για τις 2 καλύτερες λύρες που όπως έχει αναφερθεί έχουν όμως και πολλά κοινά στον τρόπο που δονούνται οι πλάτες τους και οι ταστιέρες (γλώσσες) τους, για τις οποίες δεν έχει προσδιοριστεί το μέγεθος με το οποίο συμβάλλουν στα χαρακτηριστικά του εκπεμπομένου ήχου.

Γενικά όμως οι πλάτες των οργάνων εμφανίζουν μια ποιο κοινή συμπεριφορά και οι μεγαλύτερες διαφορές εντοπίζονται στον τρόπο με τον οποίο δονούνται τα καπάκια των οργάνων. Η απόλυτη ισχύς αυτής της παρατήρησης θα ήταν ιδανική για περαιτέρω συσχέτιση των δονήσεων των καπακιών των οργάνων με το φάσμα του εκπεμπομένου ήχου.

Στην βιβλιογραφία ωστόσο δεν συναντιόνται παρόμοιες σκέψεις για τον εντοπισμό της ποιότητας των οργάνων με χρήση της θεωρίας των σημάτων.

Φυσικά όλα αυτά αναφέρονται σε αυτό το στάδιο για να «αποδειχθεί» η σχέση των αντηχείων με τα δονητικά χαρακτηριστικά όπου πιστεύεται πως γίνεται αντιληπτό το πόσο ουσιαστική είναι, παρότι υπάρχουν σφάλματα των οποίων τα αίτια πιθανολογούνται χωρίς να αποδεικνύονται.

Τα πράγματα στην θεωρία των σημάτων δεν είναι τόσο απλά όσο παρουσιάζονται σε αυτήν την παράγραφο όπου σημαντικοί παράγοντες δεν λαμβάνονται υπόψη προς την απλοποίηση της παρουσίασης.

Δεν θεωρείται ωστόσο πως θα αργήσουν στο μέλλον να χρησιμοποιούνται τέτοιες σκέψεις και θεωρίες που θα κάνουν ποιο εύκολη την κατανόηση των συστημάτων και ίσως διευκολύνουν τους κατασκευαστές.

9.5 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

Αναγνωρίζεται πως τα δείγματα της εργασίας δεν είναι αρκετά ώστε να προβεί κανείς σε απόλυτες θεωρίες για την σχέση των δονήσεων με τον εκπεμπόμενο ήχο ή στην ποσοτική περιγραφή.

Για να γίνει κάτι τέτοιο πρέπει να προσδιοριστούν όλοι οι αστάθμητοι παράγοντες και φυσικά τα σφάλματα των μεθόδων.

Από τον οργανοπαίκτη έως την ηχογράφιση και από την απόκριση των συστημάτων ηχοβόλισης, έως την τάση που εφαρμόστηκε στα όργανα όταν στηρίχθηκαν και το βάρος των πιεζοηλεκτρικών κρυστάλλων που μπορεί να προκαλέσει ολισθήσεις στις συχνότητες που εμφανίζονται οι τρόποι δόνησης των αντηχείων. Στους σημαντικούς επίσης παράγοντες, συγκαταλέγεται η ακουστική συμπεριφορά του χώρου στον οποίο έγινε η ηχοβόλιση.

Ο ακριβής ποσοτικός προσδιορισμός όλων των παραγόντων αν και δεν θεωρείται δύσκολος στην επίτευξή του εφόσον διατίθεται ο απαιτούμενος εξοπλισμός, δεν επιχειρήθηκε καθώς ανάγει την παρούσα μελέτη σε υψηλότερο επίπεδο.

Οι βασικές όμως ομοιότητες που εμφανίζονται και με βάση την ταύτιση των αποτελεσμάτων κατά την διαδικασία επανάληψης μετρήσεων της ηχοβόλισης (με ελεύθερες και μονωμένες χορδές) όπως επίσης και αυτές που εμφανίζονται μεταξύ των αποτελεσμάτων της συμβολομετρίας με την ηχοβόλιση, δίνουν βήμα στον γράφοντα ώστε να συγκεντρωθούν τα βασικότερα των αποτελεσμάτων που αφορούν την παρούσα εργασία και να περιγραφούν τα δονητικά χαρακτηριστικά των καλών οργάνων της με τα οποία άμεσα σχετίζεται και ο ήχος τους.

9.6 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΚΑΛΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ

Αυτό λοιπόν που είναι αποδεκτό ως πολύ καλό όργανο στην συγκεκριμένη μελέτη πρέπει να παρουσιάζει τα εξής δονητικά χαρακτηριστικά στα καπάκι του :

1. Αύξουσα κατανομή ενέργειας από τα 280 έως τα 340-350Hz όπου εμφανίζεται ο πρώτος ισχυρός συντονισμός, αυτός της αέρινης κοιλότητας.
2. Ομαλή μείωση πλάτους ανά συχνότητα έως τα 440Hz και αύξηση από τα 470Hz μέχρι τον σχηματισμό του ισχυρότερου τρόπου δόνησης του οργάνου στα 500-520Hz.
3. Ομαλή μείωση και αύξηση του πλάτους ταλάντωσης έως την περιοχή των 710-730Hz, όπου εμφανίζεται η επόμενη συχνότητα συντονισμού του καπακιού.

4. Επόμενος ισχυρός συντονισμός εμφανίζεται στα 1050 Hz με 1150 Hz και είναι ο 2^{ος} ισχυρότερος μετά από αυτόν των 500Hz με πολύ μικρή διαφορά πλάτους.
5. Στην συνέχεια στα 1250-1330Hz με αρκετή ενέργεια, ωστόσο όμως και αρκετά μικρότερη από τα 1100Hz.
6. Τέλος, συντονισμοί στα 1580-1620Hz , στα 1750-1800Hz και από αυτό το σημείο και μετά το πλάτος ταλάντωσης που κατανέμεται στους υψηλότερους σε συχνότητα τρόπους δόνησης είναι αρκετά μικρότερο σε σχέση με τις πρώτες 5 συχνότητες συντονισμού.
7. Βασικοί τέλος είναι οι συντονισμοί στις περιοχές των 2.4KHz , 3.5 KHz και 5.5KHz.
8. Μία σημαντική ακόμα παρατήρηση που αφορά τα καλύτερα όργανα είναι πως κατά την διάρκεια της ημιτονικής διέγερσης στην διαδικασία της ολογραφίας ταλαντώνονται συνεχώς με κάποιο αξιόλογο πλάτος δίνοντας την αίσθηση πως ανάμεσα στους συντονισμούς δεν υπάρχουν «νεκρές» συχνοτικές περιοχές και έχουν οξείς συντονισμούς αλλά και γραμμικότερη απόκριση έξω από τις περιοχές των συντονισμών αυτών.

Οι πλάτες των οργάνων πρέπει να εμφανίζουν επίσης τους βασικούς τρόπους δόνησης στα 350Hz, 500Hz και 1.1 με 1.3KHz και στα 1.6-1.7KHz. Μετά όμως τα 2.3KHz πρέπει να έχουν ομαλά και ισόποσα κατανομημένη ενέργεια με ρυθμό πτώσης της μέσης ενέργειας της τάξης των 2-3dB ανά οκτάβα όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα της ηχοβόλισης.

Τέλος αναφέρεται πως τα παραπάνω αποτελέσματα συμφωνούν και στην μέθοδο της ηχοβόλισης και στην μέθοδο της ESPI με διέγερση από ηχείο.

Εάν όμως εφαρμοστεί η μέθοδος της ESPI με διέγερση από πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο, τότε θα πρέπει να τοποθετηθεί ή στο κέντρο του καπακιού ή πίσω από την γέφυρα το οποίο όμως είναι αρκετά δύσκολο.

9.7 ΤΑ «ΝΕΡΑ» ΤΩΝ ΚΑΠΑΚΙΩΝ

Κατά τις συναντήσεις με τους υποβεβλημένους στα ψυχοακουστικά τεστ στο στάδιο της μελέτης, συχνά η συζήτηση έφτανε στο θέμα των νεύρων του ξύλου που αποκαλούνται και με τον όρο «νερά».

Είναι αποδεκτό από όλους το ότι όσο πιο λεπτά είναι τα νερά και παράλληλα με μικρές αποστάσεις μεταξύ τους, τότε τόσο αυξάνεται η πιθανότητα το όργανο το οποίο θα έχει το εν λόγω ξύλο στο καπάκι του να έχει και πολύ καλό ηχώχρωμα.

Παρατηρώντας τα όργανα της μελέτης φαίνεται πως τα καλύτερα όργανα έχουν πιο λεπτά και παράλληλα νερά. Ισχύει λοιπόν η παραπάνω θεωρία;



Σχήμα 9.10 Αριστερά η καλύτερη λύρα. Δεξιά η 8η

Για να αποδειχθεί μία τέτοια θεωρία, θα πρέπει να μελετηθεί :

Ο τρόπος με τον οποίο σχηματίζονται οι ιδιορυθμοί στο καπάκι του οργάνου σε καπάκια με διαφορετικά νερά.

Για παράδειγμα ανατρέχοντας στο σχήμα 9.5 όπου φαίνεται ο τρόπος δόνησης της 13^{ης} λύρας της μελέτης στα 350Hz παρατηρείται πως το μέγιστο πλάτος έχει μεταφερθεί στην δεξιά πλευρά του καπακιού στο σημείο όπου αυτό συνδέεται με την πλάτη.

Αυτό το πράγμα έχει πολύ σημαντικό ρόλο στον τρόπο που ακτινοβολεί ο συγκεκριμένος τρόπος δόνησης που για τις υπόλοιπες λύρες είναι ένα μονόπολο με μέγιστο την κεντρική περιοχή του καπακιού.

Φυσικά και δεν μπορεί να προσδιοριστεί σε αυτό το στάδιο το κατά πόσο εξαρτάται η συγκεκριμένη περίπτωση από τον σχηματισμό των νερών στο καπάκι.

Ωστόσο μία τέτοια μελέτη θα είχε ενδιαφέρον καθώς η διάταξη και η μορφολογία τους στο καπάκι θα μπορούσε σε τελική ανάλυση να παίζει σπουδαίο ρόλο στην διαμόρφωση του ήχου των οργάνων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

Η ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ -ΙΔΕΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

10.1 ΠΑΝΤΟΓΡΑΦΟΣ

Το εγχείρημα που περιγράφεται σε αυτήν την παράγραφο πραγματοποιήθηκε στον Άγιο Νικόλαο Λασιθίου και συγκεκριμένα στο Χειροτεχνικό Εργαστήριο Λασιθίου.

Στο εν λόγω πείραμα χρησιμοποιήθηκαν 2 λύρες υπό κατασκευή για να δημιουργηθούν τελικά 6. *Πώς έγινε αυτό;* Τα κομμάτια των οργάνων τοποθετήθηκαν σε τρισδιάστατο σαρωτή (3D-scanner) ο οποίος κατέγραψε τις διαστάσεις τους και στην συνέχεια ένας παντογράφος «ανέλαβε» να χαράζει τα είδωλα τους σε 2 διαφορετικά ξύλα*.

Οι 6 αυτές λύρες υπάρχουν μέσα στην μελέτη και σε αυτό το στάδιο αναφέρεται το πως παρουσιάζεται το ηχόχρωμά τους αλλά και τον τρόπο με τον οποίο βαθμολογήθηκαν κατά την διαδικασία στατιστικής μελέτης των εμπειρογνομώνων.

Η πρώτη ομάδα των τριών οργάνων κατέχει τις θέσεις 9, 10 και 11 με μέσους όρους 6.18 , 6.14 και 6.14 αντίστοιχα. Οι ομοιότητες στα φάσματα είναι εμφανείς και δεδομένης της επίδρασης του οργανοπαίκτη υπάρχουν νότες που είναι ακριβώς οι ίδιες στα φάσματά τους.

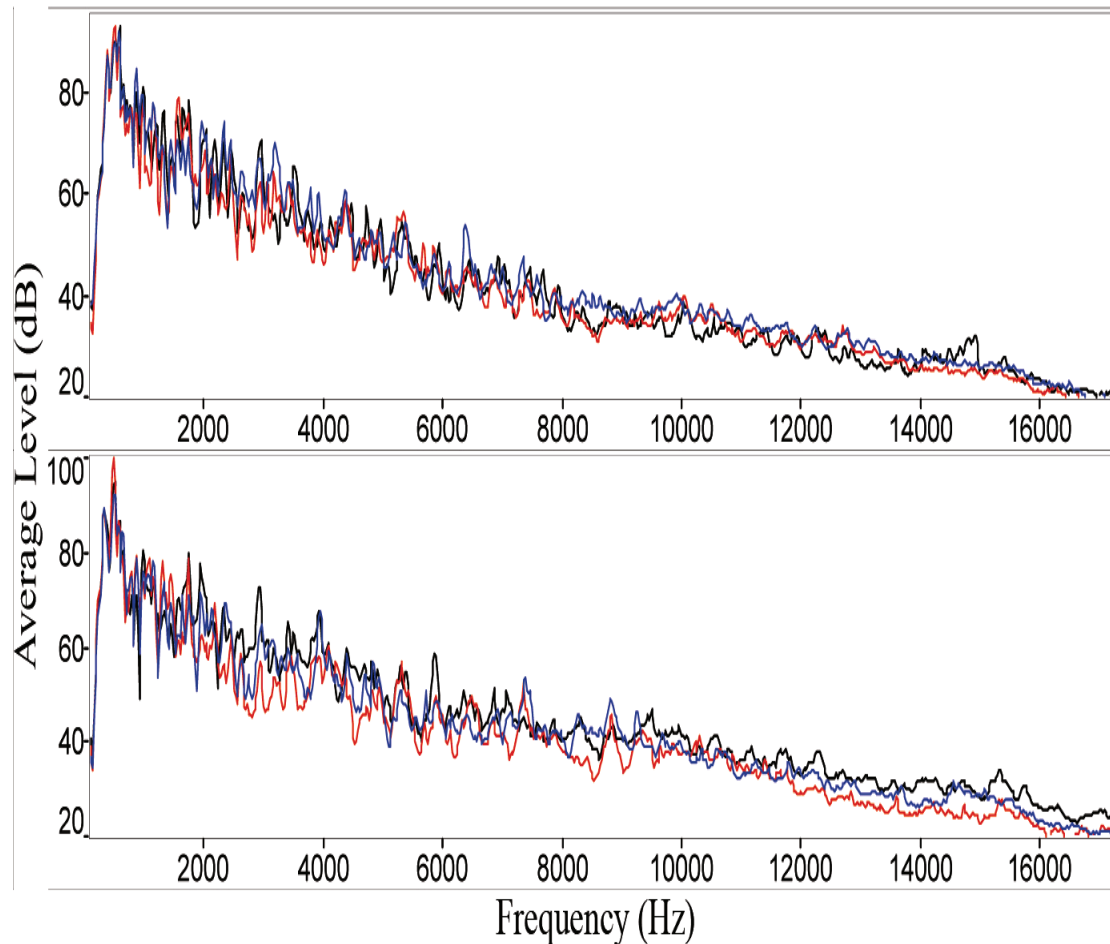
Στην 2^η ομάδα το πρωτότυπο είναι η 4^η και το 1^ο αντίγραφο η 5^η λύρα για τις οποίες έγινε αναφορά στην παράγραφο 8.5. Το 2^ο όμως αντίγραφο βρίσκεται πολύ χαμηλότερα στην 10^η θέση με μέσο όρο 5.91 μονάδες. Αυτό που παρατηρείται σαν διαφορά της συγκεκριμένης λύρας είναι μία μεγάλη πτώση στα αρμονικά στοιχεία από τα 2 έως τα 4KHz. Επίσης κάποια βυθίσματα στα 600 Hz που δεν υπάρχουν στις άλλες 2. Γενικά όμως η φασματική συμπεριφορά των οργάνων έχει πολλά κοινά στοιχεία που οδηγούν στο συμπέρασμα πως ένα όργανο μπορεί να αντιγραφεί με μεγάλο βαθμό επιτυχίας.

Η σημαντικότητα της επιτυχίας ενός τέτοιου εγχειρήματος έγκειται στο ότι:

- Ένας οργανοποιός που θα έχει πετύχει μία πολύ καλή κατασκευή καπακιού, θα μπορεί πολύ σύντομα να αντιγράψει την δομή του στο ίδιο ή και σε ένα διαφορετικό ξύλο.

* Οι πληροφορίες για τον παντογράφο αντλήθηκαν από Παντελή Σωτηριάδη, συμμετέχοντα στο πρόγραμμα.

- Επίσης μπορεί να γίνει σύγκριση πολλών ίδιων καπακιών με διαφορετικά ξύλα ώστε να βρεθεί εάν όντως ο κέδρος Λιβάνου είναι το «πολυτιμότερο» για την κατασκευή των καπακιών της κρητικής λύρας.



Σχήμα 10.1 Τα όργανα ανά 3. Πρωτότυπο κέδρος Λιβάνου(μαύρο) και αντίγραφα με καρυδιά (μπλε) και τριανταφυλλιά (κόκκινο)

10.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ 1 - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΜΕΣΩ ΣΥΝΕΛΙΞΗΣ

Αρκετές φορές στην παρούσα εργασία, έγινε αναφορά στην σχέση του κεντρικού σημείου του καπακιού δίπλα στην γέφυρα και του εκπεμπομένου ήχου.

Υποστηρίζεται μέσα στο κείμενο πως από τις ενδείξεις και τα από τα αποτελέσματα των πειραμάτων πως είναι η ιδανική θέση για τοποθέτηση του διεγέρτη κατά την εφαρμογή της ESPI και του αισθητήρα κατά την κρουστική απόκριση.

Επίσης σε ένα κοντινό σημείο του οποίου τα δονητικά χαρακτηριστικά μετρήθηκαν μέσω της ηχοβόλισης, παρουσιάστηκαν πολλά κοινά με την μέση δονητική συμπεριφορά από τα 22 σημεία τοποθέτησης, που συνεπάγεται σε άμεση σχέση και με το φάσμα του εκπεμπομένου ήχου.

Ακόμη όμως και αν δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτό το σημείο για την πρόβλεψη της φασματικής συμπεριφοράς του εκπεμπομένου ήχου είναι πολύ σημαντική η σχέση του με αυτόν και αυτό επεξηγείται στην παρουσίαση της παρακάτω εφαρμογής.

Υπάρχουν πολλοί οργανοπαίκτες που χρησιμοποιούν πιεζοηλεκτρικούς κρυστάλλους στις μουσικές εκδηλώσεις στις οποίες λαμβάνουν μέρος για λόγους αποφυγής ανεπιθύμητων φαινομένων όπως οι «μικροφωνισμοί» (ανάδραση) που μπορούν να δημιουργηθούν με την χρήση μικροφώνων.

Από το πείραμα που έγινε στην παράγραφο 7.7 προέκυψε το σήμα που ηχογραφήθηκε στην έξοδο και το σήμα πάνω στο καπάκι και δίπλα στην γέφυρα για όλες τις συχνότητες που εκτελέστηκαν (νότες G3 - E5 με sweep tones).

Η διαίρεση του φασματικού περιεχομένου των 2 αυτών σημάτων δίνει ένα σήμα απόκρισης του μικροφώνου ως προς τον πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο.

Αν κανείς προβεί σε συνέλιξη αυτού του σήματος με το σήμα που καταγράφεται από τον πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο τότε στην έξοδο δημιουργείται ένα σήμα που είναι «ίδιο» με του μικροφώνου κατά την διαδικασία της ηχογράφησης.

Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να δημιουργηθούν συσκευές ηλεκτρονικές ή βασισμένες σε μικροϋπολογιστές οι οποίες θα προσομοιώνουν αυτά τα φαινόμενα και με πολύ μικρό κόστος και αποφεύγοντας προβλήματα που μπορούν να δημιουργηθούν από την χρήση μικροφώνων.

Η παραδοχή που γίνεται βέβαια είναι πως η σχέση του σημείου που τοποθετείται ο κρύσταλλος στο όργανο σε σχέση με το καταγεγραμμένο σήμα από το μικρόφωνο είναι γραμμική.

Μια τέτοια εφαρμογή υλοποιείται από τον γράφοντα σε περιβάλλον Max/MSP της εταιρίας Cycling 74. Δημιουργήθηκε πρόγραμμα το οποίο πραγματοποιεί την συνέλιξη των 2 σημάτων (για 1^η φορά στο συγκεκριμένο πρόγραμμα*). Οι παραδοχές είναι αρκετές όπως η σταθερή θέση του μικροφώνου και κυρίως η γραμμικότητα των συστημάτων όπως αναφέρθηκε.

* Το συγκεκριμένο πρόγραμμα δεν θεωρείται κάτι ιδιαίτερο αν και είναι η πρώτη φορά που σχεδιάζεται κάτι τέτοιο στην Max/MSP. Το ότι δεν έχει πραγματοποιήσει όμως κανείς προγραμματιστής το εν λόγω εγχείρημα γίνεται εύκολα κατανοητό παρατηρώντας την υπολογιστική ισχύ που καταναλώνει για συνέλιξη η οποία είναι 60% της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας ενός σύγχρονου υπολογιστή για συνέλιξη ενός σήματος σε πραγματικό χρόνο με ένα σήμα παλμικής απόκρισης διάρκειας 160ms. Πραγματικά ασύμφορο.

Ο οργανοπαίκτης εκτέλεσε νότες σε ολόκληρη την έκταση του οργάνου και μετά δημιουργήθηκε ένα average response μικρού χρόνου (80 ms) ώστε να μην μπορεί να επηρεάζει χρονικά τα σήματα του πιεζοηλεκτρικού κρυστάλλου.

Έτσι παρατηρείται μια πολύ καλή προσέγγιση του ηχογραφημένου σήματος με ένα πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο.

11.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ 2 - ΣΧΕΣΗ ΤΩΝ ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΚΑΠΑΚΙΩΝ ΜΕ ΤΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΟΡΓΑΝΑ.

Από τις αναφορές που έχουν γίνει σχετικά με τους τρόπους δόνησης ελεύθερων καπακιών και την παρούσα μελέτη συμπεραίνονται τα εξής:

1. Παρατηρώντας τους τρόπους δόνησης των καπακιών καταγράφεται μια πολύ καλή εικόνα για την φασματική συμπεριφορά του εκπεμπομένου ήχου.
2. Στην συνέχεια, μπορεί να υπολογιστεί το ποια είναι αποδεκτή ως καλή φασματική συμπεριφορά συγκρίνοντας με τα 4 κυρίως καλύτερα όργανα της εργασίας.

Αν λοιπόν μελετηθεί η σχέση των δονήσεων των αντηχείων με τους τρόπους ταλάντωσης των καπακιών πριν αυτά δεθούν στο ολοκληρωμένο όργανο, τότε θα μπορεί να προβλεφθεί η συμπεριφορά των οργάνων κατά την διαδικασία παραγωγής από την πρώτη φάση κατασκευής.

Σε αυτό συμβάλει και η ανάπτυξη του λογισμικού «Μοντέλου Πεπερασμένων Στοιχείων»[18].

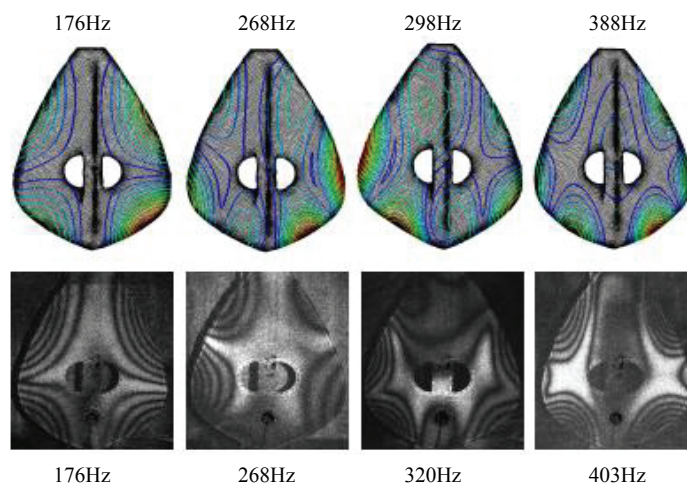
Το ΜΠΣ είναι ένα μοντέλο όπου σαν είσοδο δέχεται τρισδιάστατες σαρώσεις των υπό μελέτη αντικειμένων και βάση αυτών είναι δυνατός ο θεωρητικός υπολογισμός των ιδιοσυχνοτήτων και των αντίστοιχων κατανομών του πλάτους δόνησης της επιφάνειάς τους. Το υλικό των αντικειμένων θεωρείται ότι είναι ορθοτροπικής φύσεως και ότι έχει διαφορετικές ελαστικές ιδιότητες κατά τη διεύθυνση των τριών κύριων αξόνων. Στην χρησιμοποίηση του ΜΠΣ για τα καπάκια της λύρας σαν υλικό κατασκευής θεωρήθηκε ο κέδρος Λιβάνου, οι ορθοτροπικές ιδιότητες του οποίου είναι διαθέσιμες στη διεθνή βιβλιογραφία [32].

Όμως οι ελαστικές ιδιότητες ενός συγκεκριμένου αντικειμένου επηρεάζονται από παράγοντες όπως η ύπαρξη ανομοιογενειών, το ποσοστό υγρασίας αλλά και η χημική επεξεργασία καθώς

και οι θερμοκρασιακές αλλαγές που αυτό έχει υποστεί. Για αυτούς τους λόγους οι διαθέσιμες στη βιβλιογραφία τιμές των ορθοτροπικών ιδιοτήτων του συγκεκριμένου ξύλου τροποποιήθηκαν ανάλογα, ώστε οι χαμηλές ιδιοσυχνότητες που προκύπτουν από το ΜΠΣ να συμπίπτουν με τις πειραματικά μετρούμενες.

Στο ΜΠΣ τα καπάκια θεωρούνται απλά αναρτημένα στα δύο άκρα ώστε να προσομοιωθούν οι πειραματικές συνθήκες. Η Ανάλυση ιδιοσυχνοτήτων από 0-1500Hz έγινε χρησιμοποιώντας το εμπορικά διαθέσιμο κώδικα πεπερασμένων στοιχείων HKS/ABAQUS [18].

Τυπικά αποτελέσματα της κατανομής πλάτους ταλάντωσης σε καπάκι λύρας κατασκευής Σταγάκη που υπολογίστηκαν με το ΜΠΣ παρουσιάζονται στο σχήμα 10.3 Το μοντέλο λαμβάνει υπ' όψη το επιπρόσθετο βάρος του πιεζοηλεκτρικού στοιχείου διέγερσης καθώς και της θέσης του πάνω στο καπάκι[18].

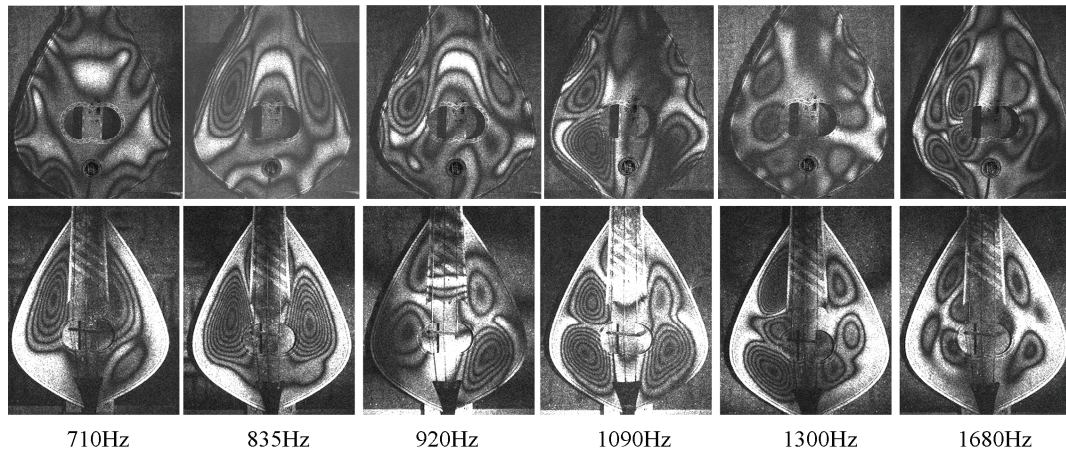


Σχήμα 10.3 Ιδιομορφές και αντίστοιχες ιδιοσυχνότητες υπολογισμένες με το ΜΠΣ (επάνω) καθώς και αντίστοιχα αποτελέσματα πειραματικής τεχνικής ESPI (κάτω) [18].

Η σημαντικότητα αυτής της μελέτης είναι πολύ μεγάλη καθώς οι διορθώσεις που είναι δυνατό να γίνουν στην μορφολογία ενός καπακιού οργάνου είναι σχεδόν απεριόριστες. Αντίθετα, όταν το καπάκι κολλήσει με την πλάτη, τότε η ενέργεια αυτή θεωρείται μη αναστρέψιμη αφού κανείς δεν μπορεί να εγγηθεί πως η τεχνική αφαίρεσης του καπακιού δεν θα του προκαλέσει ανεπανόρθωτες φθορές.

Η παρούσα μελέτη δεν επεκτείνεται στη συγκεκριμένη συσχέτιση η οποία παίρνει τον χαρακτήρα μελλοντικής εργασίας.

Ωστόσο τα πρώτα εμφανή αποτελέσματα προκύπτουν...



Σχήμα 10.4 Άνω σειρά :ESPI σε ελεύθερο καπάκι και κάτω σειρά: ESPI σε δεμένη λύρα

Πολλοί τρόποι δόνησης των ελεύθερων καπακιών εμφανίζονται και στα δεμένα όργανα. Άρα αν μελετηθούν περαιτέρω οι σχέσεις μπορεί να προκύψουν πολύ χρήσιμα αποτελέσματα και για τα πλάτη ταλάντωσης και σε συνδιασμό με την παρούσα εργασία να γίνει ταύτιση των αποτελεσμάτων ώστε να δημιουργηθεί ένα πρόγραμμα που θα προσομοιώνει τα φασματικά χαρακτηριστικά του εκπεμπομένου ήχου.

Θεωρείται ιδανικό για οποιονδήποτε κατασκευαστή να μπορεί να ακούσει το πώς θα ηχεί το υπό κατασκευή όργανο, προτού τα καπάκια κολληθούν στις πλάτες.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Όπως έχει αναφερθεί αρκετές φορές μέχρι στιγμής στην παρούσα μελέτη, είναι πολλοί οι παράγοντες που επηρεάζουν τον εκπεμπόμενο ήχο των οργάνων.

Παράγοντες μηχανικοί, όπως οι ιδιότητες των ξύλων των οργάνων, οι τρόποι σύζευξης - «συνοριακές» συνθήκες των μερών που απαρτίζουν τα ταλαντώμενα συστήματα του οργάνου.

Επιπλέον ο ίδιος ο οργανοπαίκτης με τον τρόπο που χειρίζεται το όργανο συμβάλλει στο πως αυτό θα ακουστεί.

Με βάση αυτές τις παρατηρήσεις, επικρατεί σχετική ικανοποίηση από τα αποτελέσματα αφού έστω και ποιοτικά μπορεί να γίνει περιγραφή του ηχητικού φάσματος ενός οργάνου παρατηρώντας τις δονήσεις των καπακιών κυρίως, αλλά και των πλατών με οποιαδήποτε από τις 2 μεθόδους και να προσδιοριστεί το αν αυτό το όργανο συγκαταλέγεται στα καλά ή στα μέτρια.

Σίγουρα όμως δεν μπορεί να γίνει ποσοτική σύγκριση του ήχου με τις δονήσεις διότι δεν προσδιορίζεται η είσοδος στο κάθε σύστημα από την στιγμή που ο διεγέρτης του οργάνου είναι ο εκτελεστής, και όχι κάποια μηχανή της οποίας οι παράμετροι να ελέγχονται ώστε να υπάρχει αναφορά στην έξοδο του συστήματος.

Δυστυχώς λόγω δυσλειτουργίας του συστήματος της κρουστικής απόκρισης δεν κατέστη δυνατή η εξαγωγή αναλυτικότερων αποτελεσμάτων τα οποία ίσως μπορούν και να ποσοτικοποιηθούν και να μοντελοποιηθούν λόγω της μεγαλύτερης ακεραιότητας των συστημάτων μέτρησης.

Η ορθότερη ποσοτική παρατήρηση μπορεί να γίνει για τους ιδιορρυθμούς των οποίων τα πλάτη υπολογίζονται όπως έχει αναφερθεί με βάση τους κροσσούς συμβολής που σχηματίζονται στην δονούμενη επιφάνεια κατά την ESPI. Ωστόσο αυτό συμβαίνει μόνο όταν ο μηχανισμός που διεγείρει τα δονούμενα συστήματα έχει σταθερή δύναμη διέγερσης ανεξάρτητα με την συχνότητα και κυρίως πρέπει να προσδιοριστεί η τάση με την οποία στηρίζονται τα όργανα ώστε να εντοπιστούν πιθανές αποκλίσεις στις συχνότητες που εμφανίζονται οι τρόποι ταλάντωσης.

Οι δρόμοι που ανοίγονται για μελλοντική εργασία είναι πραγματικά αμέτρητοι και οι ιδέες και εφαρμογές που αναφέρονται στο τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας είναι κυριολεκτικά ένα πολύ μικρό δείγμα του τι γίνεται, και τι θα μπορούσε να μελετηθεί στο μέλλον.

Φυσικά εκτός της λύρας υπάρχει πλήθος παραδοσιακών οργάνων τα οποία δεν έχουν μελετηθεί ούτε σε αρχικό στάδιο, όπως η λύρα στην παρούσα εργασία. Κάποια από αυτά είναι

το κρητικό λαούτο, η ποντιακή και γενικά οι λύρες της Ελλάδος, το σαντούρι και πολλά άλλα.

Τέλος επιθυμώ να ευχαριστήσω τον Νεκτάριο Παπαδογιάννη που μοιράστηκε μαζί μου την ιδέα του θέματος της συσχέτισης του ήχου με τα αντηχεία των οργάνων. Εύχομαι θέματα αυτού του τομέα να αρχίσουν να απασχολούν ομάδες ανθρώπων και να μην αφορούν ατομική μελέτη, έτσι ώστε κάποια στιγμή η επιστήμη και η τεχνολογία να συνδυαστούν απόλυτα με την τέχνη της οργανοποιίας και ως εκ τούτου με την ίδια την μουσική.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Κώδικας για φάσματα με βήμα 100ms για νότες διάρκειας 1s και για 7 λύρες της βάσης δεδομένων.

ΣΤΗΛΗ 1

```
;;;LEONIDAS XARTOFYLAKAS
;;;script name : FFT of a large file in n steps
;;;version 1
;;;26/4/2006

for g from 1 to 10 ; number of steps
pathname$ = "C:\Documents and Settings\"
freqminlin = 20 ;Linear Drawing Bandwidth
freqmaxlin = 5000
; TIME WINDOW FFT string G
step = 0.1 ;; 100 ms
fftimeMinG = 7.0 + (step*g)-0.2 ;; 7 sec
fftimeMaxG = 7.0 + (step*g) ;; 8 sec
; string D
fftimeMinD = 35.5 + (step*g)-0.2 ;; 35.5 sec
fftimeMaxD = 35.5 + (step*g) ;; 36.5 sec
; string A
fftimeMinA = 61.5 + (step*g)-0.2 ;; 61.5 sec
fftimeMaxA = 61.5 + (step*g) ;; 62.5 sec
window1 = (fftimeMinG - 7.0)*1000
window2 = (fftimeMaxG - 7.0)*1000
; Step (i*0.5)
for x from 0 to 11
    t1 = x+(x*0.5) + fftimeMinG
    t2 = x+(x*0.5) + fftimeMaxG
    if x = 0
        l$ = "G G3"
    elseif x = 1
        l$ = "G G-SHARP-3"
    elseif x = 2
        l$ = "G A3"
    elseif x = 3
        l$ = "G A-SHARP-3"
    elseif x = 4
```

ΣΤΗΛΗ 2

```
l$ = "G B3"

elseif x = 5
    l$ = "G C4"
elseif x = 6
    l$ = "G C-SHARP-4"

elseif x = 7
    l$ = "G D4"
elseif x = 8
    l$ = "G D-SHARP-4"
elseif x = 9
    l$ = "G E4"
elseif x = 10
    l$ = "G F4"
elseif x = 11
    l$ = "G F-SHARP-4"
elseif x = 12
    l$ = "G G4"
endif

for i from 0 to 6
    if i = 0
        lyraname$="1"
    elseif i = 1
        lyraname$="2"
    elseif i = 2
        lyraname$="3"
    elseif i = 3
        lyraname$="4"
    elseif i = 4
        lyraname$="5"
    elseif i = 5
        lyraname$="6"
    elseif i = 6
```

```

        lyraname$="7"
        endif
Extract part... t1 t2 no
select Sound 'lyraname$'
To Spectrum... yes

;SPECTRUM WINDOW
if i = 0
Select outer viewport... 0 8.5 0 2.05
Draw... freqminlin freqmaxlin 0 0 no
else
Select outer viewport... 0 8.5 (1.45*i)+0.05
2.05+(i*1.45)
endif
Draw... freqminlin freqmaxlin 0 70 no
Draw inner box
;DB
Marks left every... 1 20 yes yes no
;TEXT
RIGHT;,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,
Text right... no 'lyraname$'
Marks bottom every... 1 500 yes yes no
;TEXT
LEFT;,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,
if i = 0
Select outer viewport... 0.2 8.5 0 2.05
Text left... yes pressure (db)
else
Select outer viewport... 0.2 8.5 (1.45*i)+0.05
2.05+(i*1.45)
Text left... yes Pressure (db)
endif
;HZ
if i = 0
Select outer viewport... 7.45 9 1 1.9
Text bottom... no (Hz)
else
Select outer viewport... 7.45 9 1+(1.45*i)+0.05
2.05+(i*1.45)
Text bottom... no (Hz)

```

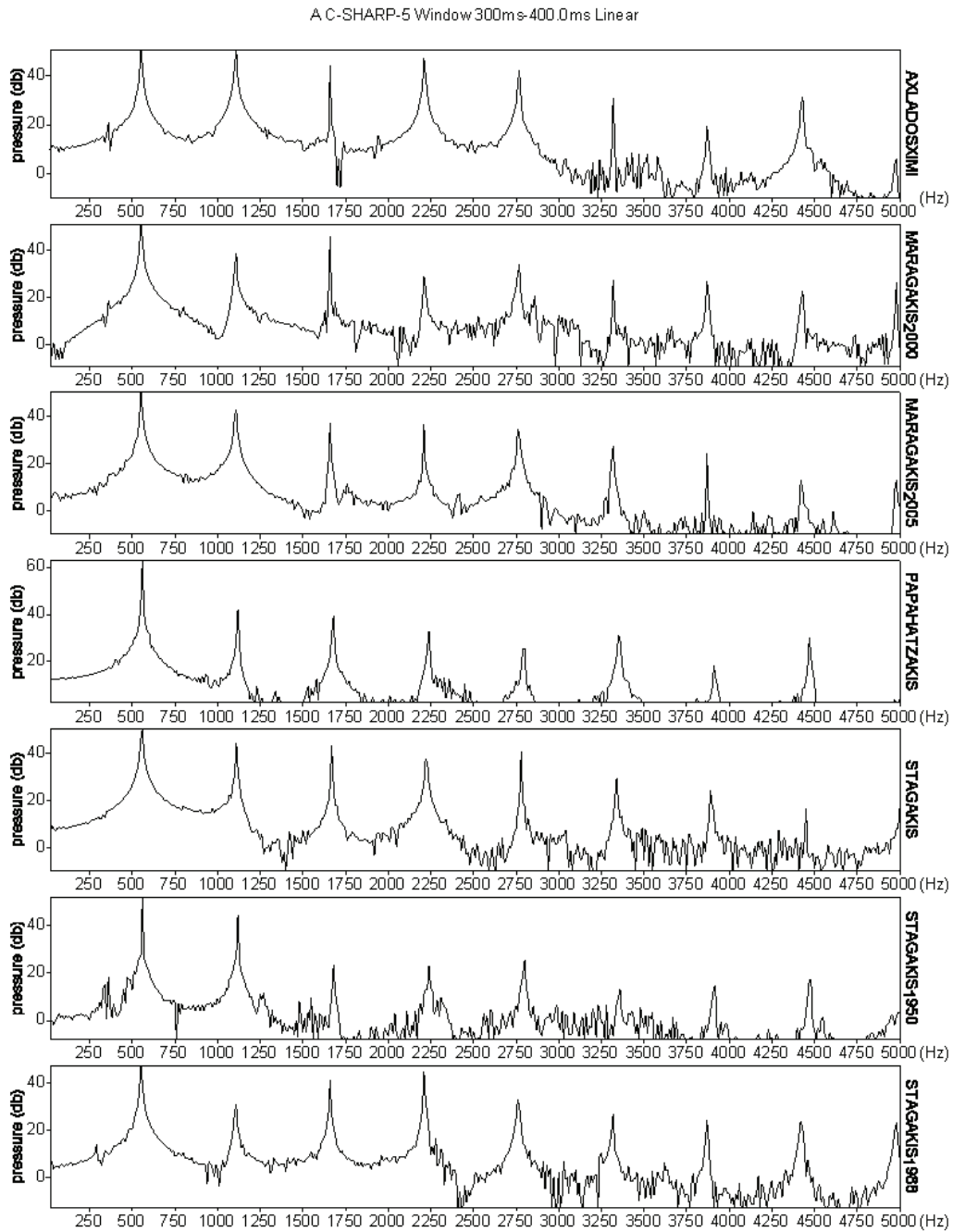
```

select LongSound 'lyraname$'

endif
select Sound 'lyraname$'
Remove
select Spectrum 'lyraname$'
Remove
select LongSound 'lyraname$'
endifor
Select outer viewport... 0 8.5 0 11
Text top... yes 'I$' Window 'window1:0'ms-
'window2:1'ms Linear
Write to Windows metafile... 'pathname$I$'
Window 'window1:0'ms-
'window2:1'ms_Linear.EMF
Erase all
endifor

```

Ένα τυπικό φάσμα που εξάγεται με τον παραπάνω κώδικα για τις πρώτες 7 λύρες φαίνεται στην συνέχεια:



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

Πίνακας βαθμολογιών

	A	B	Γ	Δ	E	ΣΤ	Z	H	Θ	I	K	M.O	M.O
λύρες													
1	8	8	8	8	7	7	6	7	9	8	7	7,55	7,82
1	8	8	7	8	8	8	6	9	8	9	10	8,09	
2	7	10	8	8	6	7	5	8	8	8	8	7,55	7,59
2	9	6	8	9	5	9	4	8	8	10	8	7,64	
3	5	9	7	9	8	8	7	8	8	7	6	7,45	7,45
3	6	9	8	8	7	8	5	8	8	8	7	7,45	
4	9	7	9	8	6	8	4	6	9	9	9	7,64	7,27
4	7	5	8	7	7	7	3	5	9	9	9	6,91	
5	9	6	9	8	7	7	4	6	9	8	8	7,36	7,14
5	7	5	8	8	6	7	4	6	9	8	8	6,91	
6	8	6	9	6	8	8	4	5	7	5	8	6,73	6,64
6	8	7	7	6	4	6	4	8	8	7	7	6,55	
7	5	7	9	7	5	6	4	6	7	5	5	6,00	6,41
7	6	7	9	6	6	6	4	7	8	8	8	6,82	
8	6	8	6	7	5	5	4	5	8	6	4	5,82	6,32
8	8	6	7	7	7	7	5	7	7	7	7	6,82	
9	7	6	8	6	8	6	3	5	8	8	4	6,27	6,18
9	6	5	8	5	5	5	4	7	8	8	6	6,09	
10	8	6	7	6	5	7	4	8	8	8	8	6,82	6,14
10	7	5	6	6	7	4	3	8	7	4	3	5,45	
11	9	5	7	7	6	6	2	6	7	8	8	6,45	6,14
11	7	6	8	5	6	5	3	6	7	5	6	5,82	
12	5	7	5	7	4	6	3	4	7	7	4	5,36	5,91
12	6	6	8	7	5	8	5	7	7	6	6	6,45	
13	1	5	5	6	3	4	2	3	8	4	3	4,00	4,77
13	3	5	8	6	6	6	4	4	8	7	4	5,55	

- A-K οι κριτές-υποβεβλημένοι στα τεστ
- Με έντονα γράμματα ο συρτός και με κανονικά γράμματα οι σητειακές κοντυλιές.
- 6^η και 10^η είναι η ίδια λύρα εκτελεσμένη από τους 2 οργανοπαίκτες.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

[1] Πληροφορητές – Συμμετέχοντες στα ψυχοακουστικά τεστ.
(κατά αλφαβητική σειρά)

- Βάρδας Νίκος
- Γκερεδάκης Γιώργος
- Ηλιάκης Νίκος
- Θρασανιώτης Δημήτρης
- Νταγιαντάς Γιώργος
- Νταγιαντάς Μενέλαος
- Ξυδάκης Μιχάλης
- Ξυλούρης Αντώνης (Ψαραντώνης)
- Παπαδάκης Χαρίλαος
- Πατεράκης Ιάκωβος
- Ρομπογιαννάκης Γιάννης

[2] Συνέντευξη με τον κ. Σταγάκη Εμμανουήλ, «Η μουσική παράδοση της λύρας στην κρητική δημοτική μουσική του ν. Ρεθύμνης», Φορέας Υλοποίησης:Ινστιτούτο Μεσογειακών Σπουδών (I.T.E.), Φορέας Διαχείρισης: Περιφέρεια Κρήτης, Υπεύθυνος ενέργειας: Σηφάκης Γρηγόριος, 2005, (<http://gaia.ims.forth.gr/portal/>)

[3] Συνέντευξη με τον κ. Κεραμιανάκη Εμμανουήλ, στο ίδιο.

[4] Masri, R., 1995. The Cedars of Lebanon: Significance, Awareness and Management of the Cedrus Libani in Lebanon.

[<http://almashriq.hiof.no/lebanon/300/360/363/363.7/transcript.html>]

[5] Schelleng, J. C., 1973. The Bowed String and the Player. *J. Acoust. Soc. Am.*, **53**,pp.26-

[6] Janson, E., 2002. *Acoustics for Violin and guitar makers*. Erik Janson
<http://www.speech.kth.se/music/acvguit4/part3.pdf>

- [7] Helmholtz, H.V., 1954. *On the Sensations Of tone* . New York:Dover (English translation of the German edition of 1877).
- [8] Raman, C. V., 1918.On the mechanical theory of vibrations of bowed strings. *Indian Assoc. Cult. Sci. Bull.*,**15**, p.1–158
- [9] Fletcher, N. and Rossing, T., 1998. *The Physics of musical instruments*. 2nd Ed. New York: Springer.
- [10] Woodhouse, J. and Galluzzo, P. M., 2004. The Bowed String As We Know It Today. *Acustica - acta acustica* ,**90**, pp.579 – 589
- [11] Askenfelt, A. and Guettler, K., 1997. The bouncing bow: Some important parameters. *Norwegian State Academy of Music*.
- [12] Bavu, E. and others., 2004. Rotational and translational waves in a bowed string. *ISMA2004,Japan*.
- [13] McIntyre, M. E. and Woodhouse, J., 1979.On the Fundamentals of Bowed-String Dynamics. *Acustica* ,**43**, pp.355–368.
- [14] Schumacher, R. T., Garoff, S. and Woodhouse, J., 2005. Probing the Physics of Slip–Stick Friction using a Bowed String. *Taylor & Francis Inc.*,**81**,pp.723–750.
- [15] Smith, J. H. and Woodhouse,J., 2000. The tribology of rosin. *J. Mech. Phys. Solids*,**48**,pp.1633–1681.
- [16] Woodhouse, J., 2003. Bowed String Simulation Using a Thermal Friction Model. *Acustica - acta acustica*,**89**,pp.355–368.
- [17] Woodhouse, J., 2005. On the “Bridge Hill” of the Violin. *Acustica - acta acustica*,**91**,pp.155–165.

[18] Gymnopoulos, S. and others., 2006. Laser interferometric and acoustical analysis of the Cretan lyra . *Acoustics 2006, Heraklion, Crete*.

[19] Γυμνόπουλος, Σ. και άλλοι, 2004. Μελέτη δονήσεων καπακιών Ελληνικών παραδοσιακών εγχόρδων μουσικών οργάνων: Προκαταρκτικά αποτελέσματα με χρήση μηχανικών και οπτικών τεχνικών.

[20] Vos, H.J. and others. Analysis and reproduction of the frequency spectrum and directivity of a violin. *NAG-Journaal*.
www.mediatheque.ircam.fr/articles/textes/Vos03a/

[21] Carrillo, A.A.P., 2006. *Gesture based synthesis of bowed string instruments*. Diploma of Advanced Studies. Pompeu Fabra University

[22] Janson, E., *Acoustics for Violin and guitar makers*. Chapters 4-8. Erik Janson.

[23] Everest, F.A., 2001. *Master Handbook of Acoustics*. 4th Ed. Mc-Grow Hill.

[24] Rastogi, P.K., 2001. *Digital speckle pattern interferometry and related techniques*. Chichester : John Wiley & Sons Ltd.

[25] Jones, R. and Wykes, C., 1989. *Holographic and speckle interferometry*. Cambridge: Cambridge University Press.

[26] Huang C-H. and others, 2001. Experimental and numerical investigations of resonant vibration characteristics for piezoceramic plates. *J. Acoust. Soc. Am.*, **109**, pp.2780-2788.

[27] David, H., 2000. *Signals, Linear Systems, and Convolution*.
[www.cns.nyu.edu/~david/ftp/handouts/convolution.pdf]

[28] Andrews, J.R. , 2004. Deconvolution of System Impulse Responses and Time Domain Waveforms. Picosecond Pulse Labs[www.picosecond.com.]

[29] Jansson, E., 1996. On the function of the violin - vibration excitation and sound radiation. *TMH-QPSR 4/1996 pp.9-12*

[30] Woodhouse, J. and others, 2002. *Strings and things*.
Musical acoustics in Cambridge.
www.ph.ed.ac.uk/acoustics/MAN/kickoff/woodhouse.pdf

[31] Woodhouse, J., 1993. On the playability of violins Part II : Minimum bow force and transients. *Acustica* ,**78** ,pp.137-153

[32] Forest Product Laboratory,1999. *Wood Handbook – Wood as an engineering material*.
Technical report FPL-GTR-113.