

Χρόνο-φασματική Ανάλυση Ακουστικού Σήματος Αντιπροσωπευτικών Τύπων Ζουρνά

Παναγιώτης Τζεβελέκος¹, Ιωάννης Μπαξεβάνης², Γεώργιος
Κουρουπέτρογλου¹ και Ελένη Περπιράκη²

¹Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, Πανεπιστημιόπολη, Ιλίσια, 15784 Αθήνα, koupe@di.uoa.gr

²ΤΕΙ Κρήτης, Παράρτημα Ρεθύμνου, Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής, Περιβόλια Ρεθύμνου, Κρήτη, elperp1@hotmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την ψηφιακή ανάλυση σήματος ήχου από χαρακτηριστικούς τύπους ζουρνά στο πεδίο του χρόνου και στο πεδίο των συχνοτήτων. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε σε υλικό από ένα αυστηρά προδιαγεγραμμένο σώμα ηχογραφήσεων, που περιλαμβάνει ηχογραφήσεις από τρεις αντιπροσωπευτικούς τύπους ζουρνά και από τέσσερις πόλεις της Ελλάδας. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν εκτελέσεις από οκτώ διαφορετικά όργανα ζουρνά και οκτώ οργανοπαίχτες. Η ανάλυση αφορά σε σήματα από μεμονωμένες νότες για κάθε ζουρνά, εκτελεσμένες τόσο με σταθερή όσο και με μεταβλητή πίεση φυσήματος. Στο πεδίο του χρόνου, εξάγονται χαρακτηριστικά περιβάλλουσας έντασης (χρόνοι ανάκρουσης - ελευθέρωσης). Στο πεδίο των συχνοτήτων, εξάγονται φάσματα μέσω μετασχηματισμού Fourier, στα οποία η μελέτη εστιάζεται στην κατανομή των αρμονικών. Για τις νότες που εκτελούνται με μεταβλητή πίεση εξάγονται καμπύλες τονικού ύψους. Βάσει των αποτελεσμάτων γίνεται σχολιασμός στα ακουστικά χαρακτηριστικά για το κάθε όργανο, αλλά και στις ομοιότητες και διαφορές που παρουσιάζουν οι διαφορετικοί τύποι ζουρνά.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: ζουρνάς, ακουστική ανάλυση, παροδοσιακά μουσικά όργανα

ABSTRACT

In the present paper, results from the digital analysis of sound signals from characteristic types of the zournás shawm in the time and frequency domain are presented. The analysis was performed on recordings from a highly specified recording corpus, including 3 representative zournas types that took place in four Greek towns. All together, recordings from 8 different instruments and 8 performers were used. Signals from isolated notes, performed with steady as well as blowing pressure, are analyzed. In the time domain, intensity characteristics (attack - decay time) are derived. In the frequency domain, spectra through Fourier transform are derived, focusing on the distribution of the harmonics. Concerning the notes performed with variable blowing pressure, pitch contours are derived. Based on the results, we discuss on the acoustic characteristics for each instrument, but also on the similarities and differences between the different types of the zournás.

KEY WORDS: zournas shawm, acoustic analysis, folk musical instruments

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η προσπάθεια κατανόησης και επιστημονικής περιγραφής της λειτουργίας των μουσικών οργάνων δεν αποτελεί κάτι νέο. Είτε στηριζόμενοι σε ακουστικά σήματα ηχογραφήσεων, είτε σε ειδικές πειραματικές διατάξεις (Dalmont et al. 2003), είτε ακόμα και σε φυσικά μοντέλα μουσικών οργάνων (Guillemain, 2007), οι ερευνητές έχουν αναπτύξει αρκετές μεθοδολογίες στην προσπάθεια τους να καταγράψουν την ακουστική λειτουργία των οργάνων και των τμημάτων τους. Αν και τα δυτικοευρωπαϊκά μουσικά όργανα ορχήστρας μελετώνται κατά κόρον την τελευταία πενήτηκονταετία (π.χ. βλέπε αναφορές σε Nederveen, 1998 και Fletcher & Rossing, 1998), λίγες είναι οι έρευνες που εστιάζουν σε συστηματική καταγραφή παραδοσιακών μουσικών οργάνων και μελέτη της ακουστικής τους (Erkut, 2002) (Tsai, 2003). Οι μελέτες αυτές είναι απαραίτητες εκτός των άλλων και για την ανάπτυξη αντίστοιχων ιδεατών μουσικών οργάνων (Tzevelekos & Kouroupetroglou 2004, Tzevelekos et al. 2006 και 2007).

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται αποτελέσματα από την ανάλυση ακουστικού σήματος ζουρνά. Αρχικά, δίνονται οργανολογικές και ιστορικές πληροφορίες. Στη συνέχεια περιγράφεται το σώμα των ηχογραφήσεων από το οποίο λήφθηκε το προς ανάλυση υλικό. Το υλικό αυτό περιλαμβάνει ηχογραφήσεις από 8 διαφορετικούς ζουρνάς, εκτελεσμένους από 8 οργανοπαίχτες, σε 4 περιοχές της Ελλάδας. Αναλύονται μεμονωμένες νότες, εκτελεσμένες τόσο με σταθερή όσο και με μεταβλητή πίεση φυσήματος, στο πεδίο του χρόνου και το πεδίο των συχνοτήτων, ενώ ιδιαίτερη σημασία δίνεται στην ανάλυση τονικού ύψους. Τα αποτελέσματα μας δίνουν σημαντικά στοιχεία για τις ιδιότητες αυτού του τόσο ξεχωριστού αλλά και σπάνιου στις μέρες μας οργάνου.

2. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΖΟΥΡΝΑ

2.1 ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ο ζουρνάς ανήκει στην κατηγορία των ξύλινων πνευστών μουσικών οργάνων κωνικού σωλήνα, με διέγερση διπλής γλωσσίδας. Σύμφωνα με την ταξινόμηση των μουσικών οργάνων κατά Hornbostel και Sachs, ανήκει στα αερόφωνα. Στην ίδια κατηγορία, όσον αφορά όργανα δυτικοευρωπαϊκής ορχήστρας, περιλαμβάνονται το όμποε, το φαγκότο, το αγγλικό κόρνο κ.α.

Δύο είναι τα κύρια τμήματα του ζουρνά: το επιστόμιο και το κυρίως σώμα. Το επιστόμιο χωρίζεται στη διπλή γλωσσίδα (τσαμπούνι, καλάμι) και ένα μεταλλικό κωνικό φύλλο (κανέλι), πάνω στο οποίο δένεται με κλωστή το καλάμι. Η γλωσσίδα κατασκευάζεται συνήθως από καλάμι, αγριοκάλαμο ή παρόμοια φυτά. Το τμήμα που συνδέει το επιστόμιο με το κυρίως σώμα ονομάζεται κλέφτης.

Το κύριο σώμα του ζουρνά αφορά στον ακουστικό σωλήνα, τις οπές και την καμπάνα. Ο σωλήνας έχει 7 κύριες οπές στην πάνω πλευρά του, μία οπή ρετζίστρου (ψυχή) στην κάτω πλευρά του και, σε πολλές περιπτώσεις, κάποιες βοηθητικές οπές περιφερειακά της καμπάνας που δεν «παίζονται» αλλά ρυθμίζουν το γενικότερο κούρδισμα του ζουρνά. Δεν υπάρχουν κλειδιά ή άλλα μηχανικά μέρη. Η καμπάνα αποτελεί το τελικό τμήμα του στο σώμα του ζουρνά, από το οποίο διαδίδεται κατά κύριο λόγο ο ήχος στο περιβάλλον. Η καμπυλότητά της ποικίλει από ζουρνά σε ζουρνά, αλλά είναι πάντα σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή του κλαρίνου. Το κύριο

σώμα είναι συνήθως κατασκευασμένο από σκληρό ξύλο όπως αυτό της κερασιάς, της βερικοκιάς, της μουριάς, της καρυδιάς.

Πρέπει να καταστεί σαφές πως στην Ελλάδα δεν υπάρχει μαζική βιομηχανική παραγωγή ζουρνάδων. Εκτός από κάποιες περιπτώσεις εισαγωγής τυποποιημένων ζουρνάδων από Τουρκία, κάθε κατασκευαστής, που είναι συνήθως και εκτελεστής, φτιάχνει ζουρνάδες σύμφωνα με δικά του σχέδια. Για τον λόγο αυτό, συναντά κανείς ζουρνάδες σε ποικιλία μεγεθών, σχημάτων, κουρδισμάτων κ.ο.κ.

Παρόλα αυτά, στην Ελλάδα εμφανίζονται τρία χαρακτηριστικά σχήματα ζουρνά, που φέρουν ονόματα από το μέγεθός τους και την περιοχή της Ελλάδας που συναντώνται περισσότερο. Ο μικρός ζουρνάς έχει συνήθως μήκος 18–23 cm, συναντάται συνήθως στην Αιτωλοακαρνανία και την Δυτική Πελοπόννησο και για αυτό είναι γνωστός ως *Μεσολογγίτικος ζουρνάς*. Ο μεσαίος ζουρνάς έχει συνήθως μήκος 33–37 cm και συναντάται σε όλη σχεδόν την Ηπειρωτική Ελλάδα. Είναι γνωστός ως *Τούρκικος ζουρνάς*. Τέλος, ο μεγάλος ζουρνάς έχει συνήθως μήκος 49–54 cm και συναντάται σε Μακεδονία και Θράκη. Για αυτό είναι γνωστός ως *Μακεδονίτικος ζουρνάς*. (Ανωγειανάκης, 1991, Καρακάτσης 1970, Picken, 1975)

2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Στην Αρχαία Ελλάδα, ο ζουρνάς εμφανίστηκε με το όνομα οξύαυλος, όνομα που δηλώνει πως ανήκει στην οικογένεια του αυλού αλλά με χαρακτηριστικό οξύ ηχόχρωμα. Όπως όλα τα είδη αυλών, συνδέθηκε με τη λατρεία του Διονύσου. Η χαρακτηριστική οξεία και διαπεραστική χροιά του τον κατέστησε ιδανικό μουσικό εκπρόσωπο κυρίως σε διονυσιακά δρώμενα, τα οποία χαρακτηρίζονται από έκστατικές εκδηλώσεις, την μέθη και την μέθεξη των μετόχων.

Ενώ ήταν ήδη γνωστός σε Μέση Ανατολή, Κεντρική Ασία και Αίγυπτο, εξαπλώθηκε στην Ευρώπη μέσω της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας και έγινε το πιο διαδεδομένο πνευστό με διπλή γλωσσίδα τον Μεσαίωνα, αποκτώντας διαφορετικά ονόματα και σχήματα ανά περιοχή (shawm, bombard, salmel, kronhort, racket κ.ά.). Τον 17^ο αιώνα, τα όργανα αυτά εξελίχτηκαν με την προσθήκη μηχανισμού κλειδιών και έτσι δημιουργήθηκε το hautbois, το όμποε.

Ο ζουρνάς διαδόθηκε επίσης στον ισλαμικό κόσμο από τον 7^ο μ.Χ. αιώνα. Εισήχθει σε στρατιωτικές μπάντες και μέχρι σήμερα αποτελεί κοινό μουσικό όργανο στα ισλαμικά κράτη. Στη σύγχρονη Ελλάδα ο ζουρνάς διαδόθηκε πάλι κατά την τουρκική κατάκτηση, αλλά συνδέθηκε γρήγορα με τις Αρχαιοελληνικές του καταβολές. Μαζί με το νταούλι αποτέλεσε το κύριο μουσικό σχήμα (ζυγιά) της Ηπειρωτικής Ελλάδας. Κατα τη διάρκεια του 19^{ου} και 20^{ου} αιώνα αντικαταστάθηκε σταδιακά από το κλαρίνο.

Σήμερα στην Ελλάδα, ο ζουρνάς συνδέεται ακόμα με κατάλοιπα Διονυσιακών τελετών, όπως τα καρναβάλια του Τριωδίου ή παραδοσιακούς γάμους, διατηρώντας τον εκστατικό του χαρακτήρα. Επίσης, συνδέεται με την μουσική παράδοση των Τσιγγάνων και των Γύφτων (Ρομά) της Ελλάδας, αφού οι περισσότεροι λαϊκοί μουσικοί του 19^{ου} και των αρχών του 20^{ου} αιώνα ήταν Ρομά. Στις μέρες μας, ο ζουρνάς συναντάται όλο και σπανιότερα. (Ανωγειανάκης, 1991, Καρακάτσης 1970, Picken, 1975).

3. ΣΩΜΑ ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΕΩΝ

3.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΕΩΝ

Με σκοπό την ακουστική ανάλυση και την εξαγωγή παραμέτρων χρήσιμων για την περιγραφή της ακουστικής λειτουργίας του ζουρνά, έχει αναπτυχθεί το σώμα ηχογραφήσεων ζουρνά. Ακολουθεί λοιπόν ο σχεδιασμός του σώματος από τον οποίο και προκύπτουν τα στοιχεία που περιέχονται σε αυτό.

Αρχικά ζητείται από τον εκτελεστή να παίζει μεμονωμένες νότες διάρκειας περίπου 3 sec, με σταθερή δυναμική σε όλο το εύρος του οργάνου. Στον ζουρνά παρατηρείται μεγάλη εξάρτηση του τονικού ύψους, για συγκεκριμένο δακτυλισμό, από την πίεση φυσήματος. Έτσι, πραγματοποιείται επανάληψη της εκτέλεσης των μεμονωμένων νοτών, με τη διαφορά πως σε κάθε νότα (δακτυλισμός), η πίεση θα αλλάζει από την ελάχιστη ως τη μέγιστη δυνατή τιμή της. Ζητείται η εκτέλεση ανιούσας και κατιούσας κλίμακας, καθώς επίσης και η εκτέλεση πέντε τουλάχιστον ολοκληρωμένων μουσικών κομματιών. Τα κομμάτια αυτά πρέπει να είναι χαρακτηριστικά για το όργανο, ώστε να είναι γνωστά και από άλλους εκτελεστές και να προσφέρονται για ανάδειξη των εκτελεστικών δυνατοτήτων του οργάνου και του εκτελεστή. Παράλληλα, πρέπει να είναι κομμάτια που ακούγονται συχνά στην περιοχή από την οποία κατάγεται ή στην οποία ζει και παίζει ο ζουρνατζής, σε τοπικές γιορτές, πανηγύρια και χορούς.

Κατά τη διάρκεια της ηχογράφησης γίνεται χρήση ηλεκτρογλωττιδογράφου. Η συσκευή αυτή καταγράφει την ταλάντωση των φωνητικών χορδών του εκτελεστή κατά τη διάρκεια του παιξίματος. Η χρήση των φωνητικών χορδών αποτελεί ένα αντικειμενικό στοιχείο της τεχνολογίας του εκτελεστή και για αυτό καταγράφεται. Στην παρούσα εργασία δεν αναλύεται το σήμα του ηλεκτρογλωττιδογράφου.

Τέλος, πέρα από την ηχογράφιση, πραγματοποιείται και συνέντευξη του κάθε οργανοπαίχτη που καταγράφεται με βιντεοκάμερα. Η συνέντευξη βοηθά στην εξαγωγή πληροφοριών σχετικών με την ιστορία, την κατασκευή, την εκτέλεση και ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του ζουρνά, που μπορούν να μας δώσουν οι οργανοπαίχτες. Αν και υπάρχει ένας βασικός σκελετός ερωτήσεων, η συζήτηση κινείται ελεύθερα και ο ζουρνατζής αφήνεται να κατευθύνει την συνέντευξη στα θέματα στα οποία γνωρίζει καλύτερα. Παράλληλα, λαμβάνονται φωτογραφίες από τον χώρο της ηχογράφησης, τους εκτελεστές και τα όργανα.

3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΕΩΝ

Οι ηχογραφήσεις πραγματοποιήθηκαν σε τέσσερις διαφορετικές πόλεις της Ελλάδας, όπου και κατοικούν οι εκτελεστές. Οι δύο πρώτες ηχογραφήσεις, Αλέξανδρος Αρκαδόπουλος (μεσαίος ζουρνάς) και Χρήστος Μπατίσης (μεγάλος ζουρνάς), έγιναν στο στούντιο του Ι.Ε.Μ.Α. στην Αθήνα. Στη συνέχεια, στο ιδιωτικό στούντιο «Πρόβα» στο Αγρίνιο, έγινε η ηχογράφιση του Ηλία Αριστόπουλου (μικρός ζουρνάς). Η ηχογράφιση του Δημήτρη Παναγιωτόπουλου (μικρός και μεσαίος ζουρνάς) έλαβε χώρα στην Αμαλιάδα Ηλείας, στο στούντιο του Δημοτικού Ραδιοφωνικού Σταθμού Αμαλιάδος. Στον ίδιο χώρο, ηχογραφήθηκαν και ο Νίκος Παναγιωτόπουλος (μικρός ζουρνάς) και ο Σάκης Παναγιωτόπουλος (μικρός ζουρνάς). Η τελευταία ηχογράφιση έγινε στον Ν. Σερρών σε ιδιωτικό στούντιο μέσα στην πόλη των Σερρών. Εκεί ηχογραφήθηκαν ο Γιάννης Μάλαμας (μεγάλος

ζουρνάς) και ο Χρήστος Μάλαμας (μεγάλος ζουρνάς). Έχουμε λοιπόν υλικό από 8 διαφορετικούς οργανοπαίχτες, με 9 διαφορετικούς ζουρνάδες.

Αξίζει να σημειωθεί πως καθώς το όργανο αυτό εμφανίζεται όλο και λιγότερο στα μουσικά δρώμενα της χώρας μας, οι εκτελεστές ζουρνά σπανίζουν. Ο ζουρνάς έχει διατηρηθεί κυρίως στο ευρύτερο περιβάλλον των Τσιγγάνων και αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της μουσικής τους παράδοσης. Η παρατήρηση αυτή καθιστά ακόμα πιο δύσκολη την εύρεση οργανοπαιχτών, καθώς οι Τσιγγάνοι μετακινούνται συχνά και είναι δύσκολο να συναντηθείς μαζί τους. Επίσης, αρκετοί οργανοπαίχτες δεν θέλουν να ηχογραφείται η μουσική τους, γιατί τα τελευταία χρόνια στις γιορτές και τα πανηγύρια παίζεται ηχογραφημένη μουσική και δεν προσλαμβάνονται «ζωντανοί» μουσικοί. Έτσι, μένουν συχνά εκτός μουσικών δρώμενων, κάτι που αποτελεί συχνά την κύρια εργασία τους.

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε είναι ίδιος για όλες τις ηχογραφήσεις. Περιλαμβάνει: ψηφιακή κονσόλα ηχογράφησης και επεξεργασίας Yamaha AW16G Audio Workstation, πυκνωτικό μικρόφωνο που τοποθετείται στην καμπίνα του πνευστού, LCM 85 LP της SD Systems, με δικό του προενισχυτή, ηλεκτρογλωττιδογράφο Field Electro-Laryngograph της Laryngograph LTD, δημοσιογραφικό ψηφιακό εγγραφέας Panasonic για τις ηχογραφήσεις των συνεντεύξεων, βίντεοκάμερα Panasonic DV, ακουστικά Sennheiser και ψηφιακή φωτογραφική μηχανή Canon 350 DSLR.

Η ηχογράφιση έγινε σε συχνότητα δειγματοληψίας 44100 Hz και τα σήματα από το μικρόφωνο και τον ηλεκτρογλωττιδογράφο καταγράφησαν σε διαφορετικά κανάλια, απ' ευθείας σε μορφή αρχείου wav από την κονσόλα. Στη συνέχεια, με χρήση του λογισμικού Sound Forge, ακολούθησε επεξεργασία των σημάτων, ώστε να απομονωθούν το ακουστικό σήμα του ζουρνά για κάθε νότα.

3.3 ΟΙ ΖΟΥΡΝΑΔΕΣ ΤΗΣ ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΗΣ

Όπως αναφέρθηκε, ηχογραφήθηκαν συνολικά 8 διαφορετικοί ζουρνάδες και από τις τρεις μεγάλες ομάδες που συναντώνται στην Ελλάδα. Για κάθε έναν έγινε λεπτομερής καταγραφή των κατασκευτικών και γεωμετρικών του στοιχείων, τόσο για τη γλωσσίδα όσο και για τον ακουστικό σωλήνα, τις οπές και την καμπίνα. Μετρήσεις για τρεις από αυτούς, έναν για κάθε είδος, δίνονται στον πίνακα 1. Στις εικόνες του πίνακα εικονίζεται το επιστόμιο για μικρό/μεσαίο και μεγάλο ζουρνά αντίστοιχα.

4. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

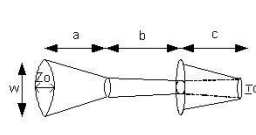
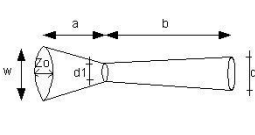
4.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Μετά την ανάπτυξη του σώματος ηχογραφήσεων όπως αυτό περιγράφηκε στην προηγούμενη ενότητα, ακολουθεί η ψηφιακή επεξεργασία και ανάλυση των ακουστικών σημάτων. Για κάθε ζουρνά και οργανοπαίχτη αναλύονται μεμονωμένες νότες εκτελεσμένες με σταθερή πίεση φυσήματος στο πεδίο του χρόνου και των συχνοτήτων και νότες εκτελεσμένες με μεταβλητή πίεση φυσήματος στο πεδίο των συχνοτήτων. Επίσης, εκτελείται ανάλυση τονικού ύψους από την οποία προκύπτει το ακριβές τονικό ύψος για κάθε νότα, η έκταση και η τονικότητα κάθε ζουρνά και η μεταβολή του τονικού ύψους κατά την μεταβολή της πίεσης φυσήματος.

Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό PRAAT (Boersma, P. 2001). Ειδικότερα, χρησιμοποιήθηκαν τα εργαλεία ανάλυσης που διαθέτει λογισμικό,

καθώς επίσης και προγραμματιστικός κώδικας που αναπτύχθηκε για εξαγωγή εξειδικευμένων δεδομένων και μαζική επεξεργασία αρχείων. Περισσότερες πληροφορίες δίνονται παρακάτω.

Μέγεθος	Μικρό		Μεσαίο		Μεγάλο	
Συνολικό μήκος σωλήνα (cm)	20.3		34.5		51.5	
Διάμετρος σωλήνα (cm)	0.6		2.0		1.3	
Διάμετρος καμπάνας	4.5		8.0		6.8	
Αποστάσεις οπών (από το τέλος του επιστομίου) /Διάμετρος οπών (cm)	2.5	0.5	6.2	0.6	7.8	0.8
	4.5	0.5	8.7	0.6	11.2	1.0
	6.0	0.5	11.2	0.6	14.8	1.0
	7.8	0.8	13.7	0.6	18.2	1.0
	9.5	0.9	16.4	0.6	21.8	1.0
	11.5	1.0	18.6	0.6	25.2	1.1
	13.5	0.9	21.4	0.6	28.8	1.2
Απόσταση/Διάμετρος ψυχής (cm)	3.5	0.5	7.5	0.6	9.8	0.8

Διαστάσεις επιστομίου (cm)							
	a	0.6	1.5		a	1.0	
	b	0.9	1.9		a+b	7.5	
	c	1.0	1.9		d1	0.3	
	d	0.4	0.6		d2	1.0	
	w	0.6	1.0		w	1.1	
	Zo	0.1	0.1		Zo	0.2	

Πιν.1: Διαστάσεις για τρεις ζουρνάδες ηχογράφησης

4.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

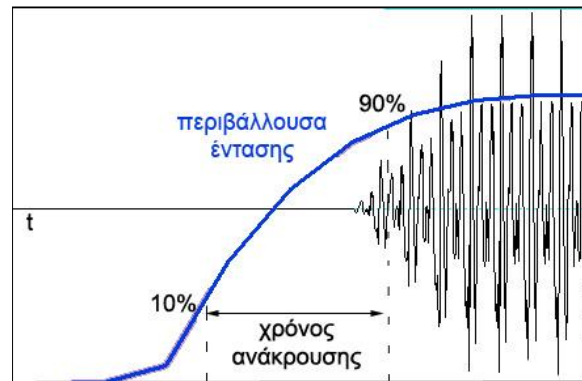
Η ανάλυση στο πεδίο του χρόνου αφορά σε στοιχεία που εξάγονται από την κυματομορφή του σήματος. Για τις νότες που παίχτηκαν με σταθερή πίεση φυσήματος, ενδιαφέρον παρουσιάζει ο προσδιορισμός των χρόνων ανάκρουσης (attack) και ελευθέρωσης (release). Ως χρόνος ανάκρουσης θεωρείται ο χρόνος που χρειάζεται το σήμα να φτάσει από το 10% στο 90% της μέγιστης έντασής του. Αντίστοιχα, ως χρόνος ελευθέρωσης θεωρείται ο χρόνος που χρειάζεται το σήμα να φτάσει από το 90% της μέγιστης έντασής του (μετά την σταθερή του κατάσταση) στο 10%, στο τελείωμα της νότας.

Οι χρόνοι ανάκρουσης και ελευθέρωσης του σήματος εξάγονται από την περιβάλλουσα έντασης μέσω του λογισμικού PRAAT. Επειδή πολλές φορές είναι δύσκολο να προσδιοριστεί με ακρίβεια η ελάχιστη ένταση του σήματος, ή αλλιώς η αρχή και το τέλος του, μόνο από την περιβάλλουσα, ελέγχεται πάντα η περιβάλλουσα σε συνδυασμό με την κυματομορφή. Στον πίνακα 2 αναγράφονται οι μέσοι χρόνοι ανάκρουσης και ελευθέρωσης για κάθε ζουρνά. Στην εικόνα 1 μπορεί

κανείς να δει την κυματομορφή της νότας g_5 (799 Hz) για έναν μεσαίο ζουρνά μαζί με την περιβάλλουσα έντασης κατά την ανάκρουσή της.

Τύπος Ζουρνά	Χρόνος Ανάκρουσης (sec)		Χρόνος Ελευθέρωσης (sec)	
	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
Μικρός 1	0,018	0,009	0,025	0,006
Μικρός 2	0,019	0,009	0,032	0,003
Μικρός 3	0,014	0,005	0,033	0,004
Μεσαίος 1	0,027	0,012	0,025	0,007
Μεσαίος 2	0,024	0,009	0,023	0,008
Μεγάλος 1	0,019	0,005	0,024	0,006
Μεγάλος 2	0,021	0,006	0,025	0,006
Μεγάλος 3	0,034	0,006	0,026	0,007

Πιν. 1: Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις των χρόνων ανάκρουσης και ελευθέρωσης για νότες με σταθερή ένταση φυσήματος από 8 ζουρνάδες

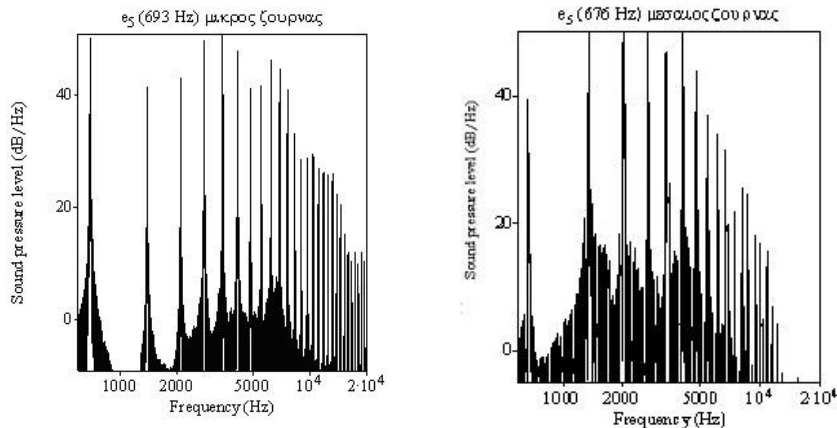


Εικ. 1: Κυματομορφή και περιβάλλουσα έντασης για τη νότα g_5 (799 Hz) από μεσαίο ζουρνά

4.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

Η ανάλυση στο πεδίο των συχνοτήτων αφορά σε πληροφορίες που μπορούν να εξαχθούν από το φάσμα ισχύος του ακουστικού σήματος. Η κατανομή και η σχετική

ένταση των αρμονικών είναι τα στοιχεία που ελέγχονται στην παρούσα εργασία για τις νότες με σταθερή πίεση φυσήματος. Τα φάσματα προκύπτουν από το λογισμικό PRAAT που χρησιμοποιεί αλγόριθμο μετασχηματισμού Fourier (FFT). Στην εικόνα 2 εμφανίζονται τα φάσματα ισχύος για την ίδια νότα, εκτελεσμένη από δύο διαφορετικούς σε τύπο ζουρνάδες.



Εικ. 2: Φάσματα για την ίδια νότα από έναν μικρό και έναν μεσαίο ζουρνά

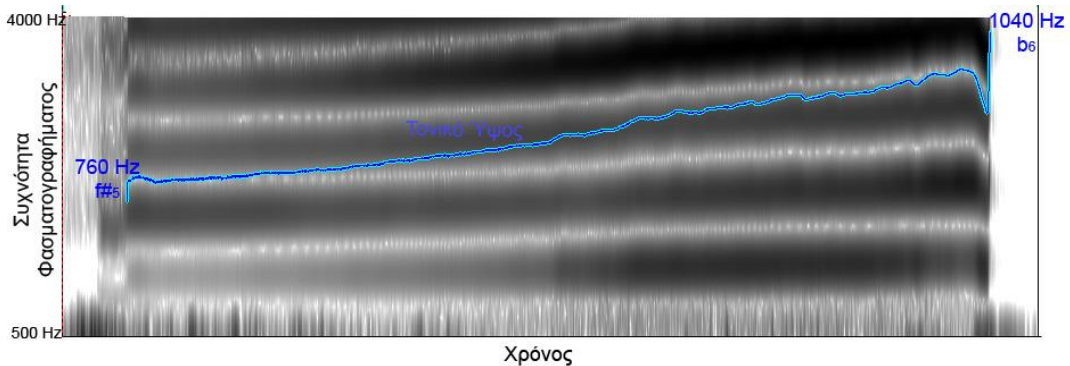
4.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΝΙΚΟΥ ΥΨΟΥΣ

Αν και αποτελεί τμήμα της συχνοτικής ανάλυσης, η ανάλυση τονικού ύψους περιγράφεται εδώ ξεχωριστά. Πραγματοποιείται τόσο στις νότες με σταθερή πίεση φυσήματος όσο και σε αυτές με μεταβλητή. Στην πρώτη περίπτωση, εξάγονται τα μέσα τονικά ύψη για όλες τις νότες και έτσι κατασκευάζεται ο πίνακας 3 στον οποίο αναγράφονται οι εκτάσεις και οι τονικότητες όλων των ζουρνάδων. Καθότι οι ονομασίες των νοτών στο ζουρνά δεν αντιστοιχούν ακριβώς στις συχνότητες των ίδιων νοτών ενός ισοσυγκερασμένου οργάνου, αναγράφονται και οι συχνότητες. Η τονικότητα προκύπτει από την νότα που παράγεται με πέντε τρύπες κλειστές και τις δύο τελευταίες ανοιχτές. Τα αποτελέσματα προκύπτουν με τη βοήθεια προγραμματιστικού κώδικα που αναπτύχθηκε στο PRAAT.

Για την περίπτωση της μεταβλητής πίεσης φυσήματος εξάγονται καμπύλες τονικού ύψους και φασματογραφήματα που δείχνουν τη μεταβολή του τονικού ύψους και του φάσματος για κάθε δακτυλισμό, ενώ συντάσσονται πίνακες που καταγράφουν τη μέγιστη και ελάχιστη νότα (σε όνομα και συχνότητα) για κάθε δακτυλισμό και κάθε ζουρνά. Και εδώ, η ανάλυση έχει γίνει με τα εργαλεία του PRAAT και κώδικα που αναπτύχθηκε στο περιβάλλον αυτό. Στην εικόνα 3 εικονίζονται μια καμπύλη τονικού ύψους για μεταβλητή πίεση, με συνεχή μεταβολή και το αντίστοιχο φασματογράφημα.

Τύπος Ζουρνά	Έκταση		Τονικότητα
	Νότες	Συχνότητες (Hz)	
Μικρός 1	$e_5 - f\#_6$	676 – 1526	g
Μικρός 2	$d_5 - e_6$	618 – 1355	g
Μικρός 3	$d\#_5 - d\#_6$	643 – 1272	g
Μεσαίος 1	$g_4 - a\#_5$	393 – 948	b flat
Μεσαίος 2	$a\#_4 - a\#_5$	467 – 947	c
Μεγάλος 1	$d_4 - d\#_6$	296 – 1283	a
Μεγάλος 2	$d_4 - f_6$	294 – 1472	a
Μεγάλος 3	$e_4 - g\#_5$	334 - 836	a

Πιν. 2: Εκτάσεις και τονικότητες για τους 8 ζουρνάδες

Εικ. 3: Καμπύλη τονικού ύψους (μπλε γραμμή) και φασματογράφημα για νότα από μεσαίο ζουρνά για μεταβλητή πίεση φυσήματος. Ο δακτυλισμός αντιστοιχεί σε νότα $g\#_6$

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο σημείο αυτό θα σχολιαστούν τα σημαντικότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση που προηγήθηκε. Οι χρόνοι ανάκρουσης και ελευθέρωσης που προκύπτουν είναι αναμενόμενα μικροί για πνευστά όργανα. Παρατηρείται πως οι μικρότεροι ζουρνάδες παρουσιάζουν γενικά μικρότερους σε σχέση με τους μεγαλύτερους. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως οι νότες με

μικρότερα μήκη κύματος (μικροί ζουρνάδες) σχηματίζονται πιο γρήγορα σε σχέση με μεγαλύτερα μήκη κύματος. Σε κάθε ζουρνά παρατηρούμε κάποιες νότες που έχουν μεγάλους χρόνους ανάκρουσης. Αυτές είναι νότες που σχηματίζονται δυσκολότερα από άλλες και έχουν ασταθέστερο τονικό ύψος (δακτυλισμοί με καμάρες, χρωματικές νότες κ.ά.). Οι χρόνοι αυτοί εξαρτώνται επίσης από τον οργανοπάχτη και την ποιότητα του οργανου. Ένα καλό ποιοτικά και καλοκουρδισμένο όργανο βοηθά τον εκτελεστή να σχηματίζει γρηγορότερα και πιο σταθερά μια νότα και τότε παρατηρούμε μικρούς χρόνους (π.χ. μεγάλος ζουρνάς 1). Οι χρόνοι ελευθέρωσης παρουσιάζουν μικρότερες διακυμάνσεις από όργανο σε όργανο σε σχέση με τους χρόνους ανάκρουσης μιας και ο πρώτος επηρεάζεται περισσότερο από την ακουστική του χώρου όπου γίνεται η ηχογράφιση.

Στα φάσματα των σημάτων παρατηρούμε αρχικά μια ευρεία κατανομή ισχυρών αρμονικών που εκτείνεται σε υψηλές συχνότητες (ως 10 kHz). Το γεγονός αυτό δικαιολογεί τον οξύ και δυνατό ήχο του ζουρνά. Επίσης, η θεμέλιος είναι σπάνια η επικρατούσα αρμονική. Πιο ισχυρές εμφανίζονται αρμονικές υψηλότερης τάξης (2^η ως 5^η). Τα παραπάνω οφείλονται στη γεωμετρία του σώματος του ζουρνά και πιο συγκεκριμένα στον κωνικό σωλήνα και στην μεγάλη διαμέτρου καμπάνα. Η σχετική ένταση των αρμονικών διαφέρει από νότα σε νότα στο ίδιο όργανο, ενώ διαφορές παρουσιάζονται και κατά την εκτέλεση όμοιων τονικά νοτών από διαφορετικά όργανα.

Από τα σήματα μεταβλητής πίεσης φυσήματος διαπιστώνεται πως στο ζουρνά είναι πολύ εύκολο να αλλάξει το τονικό ύψος μίας νότας όταν αλλάζει η πίεση, με σταθερό δακτυλισμό. Για το λόγο αυτό, ο εκτελεστής δεν μπορεί να παίζει αλλάζοντας τη δυναμική αφού έτσι αλλάζει και το τονικό ύψος. Επίσης, δεν υπάρχουν αυστηρά κουρδίσματα ούτε αυστηρές συχνοτικά νότες. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός πως η μέγιστη μεταβολή του τονικού ύψους είναι σε όλους τους ζουρνάδες κοντά στο διάστημα της πέμπτης, ενώ υπάρχουν και περιπτώσεις που προκύπτει ασυνεχής μετάβαση (κοκκοράκι) που στους μεγάλους ζουρνάδες μπορεί να ξεπερνά την οκτάβα.

6. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εργασία αυτή χρηματοδοτήθηκε μερικώς μέσω του έργου ΗΡΩΝ του Προγράμματος ΠΥΘΑΓΟΡΑΣ Ι / ΕΠΕΑΕΚ, το οποίο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο και Εθνικούς πόρους.

7. ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Ανωγειανάκης, Φ. (1991). *Ελληνικά λαϊκά μουσικά όργανα*. Αθήνα: Εκδόσεις Μέλισσα.
- Boersma, P. (2001). Praat, a system for doing phonetics by computer. *Glott International*, 5(9/10) pp. 341-345.
- Dalmont, J.-P., Gilbert, J., Ollivier, S. (2003). Nonlinear characteristics of single-reed instruments: Quasistatic volume flow and reed opening measurements. *Journal of the Acoustic Society of America*, 114(4), pp. 2253-2262.
- Erkut, C., Karjalainen, M., Huang, P., Välimäki, V. (2002). Acoustical analysis and model-based sound synthesis of the kantele. *Journal of the Acoustic Society of America*, 112(4), pp. 1681-1691.

- Fletcher, N. & Rossing, T. (1998). *The physics of musical instruments*. New York: Springer-Verlag New York.
- Guillemain, P. (2007). Some roles of the vocal tract in clarinet breath attacks: Natural sounds analysis and model-based synthesis. *Journal of the Acoustic Society of America*, 121(4), p. 2396.
- Καρακάσης, Σ. (1970). *Ελληνικά μουσικά όργανα, αρχαία, βυζαντινά, μεταβυζαντινά, σύγχρονα: μουσικολογική, λαογραφική και γλωσσολογική μελέτη*. Αθήνα: Εκδόσεις Δίρφος.
- Nederveen, C. J. (1998). *Acoustical aspects of woodwind instruments*. Illinois: Northern Illinois University Press.
- Picken, L. (1975). *Folk Musical Instruments of Turkey*. Oxford University Press.
- Tsai, C. G. (2003). Timbre space of the Chinese membrane flute (dizi): Physical basis and psychoacoustical effects. *Journal of the Acoustic Society of America*, 116(4), p. 2620.
- Tzevelekos, P. and Kouroupetroglou, G. (2004). *Acoustical analysis of woodwind musical instruments for virtual instrument implementation by physical modeling*. Proc. of the ACOUSTICS 2004 Conference, Thessalonica, 27-28 Sept. 2004, pp. 49-60.
- Tzevelekos, P., Kyritsi, Y., Perperis Th. Kouroupetroglou, G. (2006). *Physical Modelling of Wood Wind Musical Instruments based on the Acoustic Process of their components*, Proc. of the ACOUSTICS 2006 Conference, Heraclion, 18-19 Sept. 2006, pp. 231-238.
- Tzevelekos, P., Perperis, Th., Kyritsi, V. and Kouroupetroglou, G. (2007). *A Component-Based Framework for the Development of Virtual Musical Instruments Based on Physical Modeling*. Proc. of the 4th Sound and Music Computing Conference (SMC07), Lefkada, 11-13 July 2007, pp. 30-37.