ΞΥΛΟ, ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΜΟΥΣΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

1. ΟΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ

1.1 Φυσικές ιδότητες

Πυκνότητα, Υγροσκοπικότητα, Ρίκνωση και διόγκωση λόγω μεταβολής υγρασίας

1.2 Μηχανικές ιδιότητες (ορθοτροπικό/ανισότροπο υλικό, δηλαδή διαφορετικές μηχ. ιδιότητες στις 3 διευθύνσεις)

Εφελκυστική αντοχή, Θλιπτική αντοχή, Μέτρο ελαστικότητας, Αντοχή σε κάμψη, Διατμητική αντοχή, Ερπυσμός, κτλ

1.3 Θερμικές ιδιότητες

Συστολή και διαστολή, Θερμοαγωγιμότητα, Ειδική θερμότητα, Συμπεριφορά του ξύλου σε πυρκαγιά.

1.4 Ακουστικές ιδιότητες

1.5 Παράγοντες που επηρεάζουν τις μηχανικές ιδιότητες

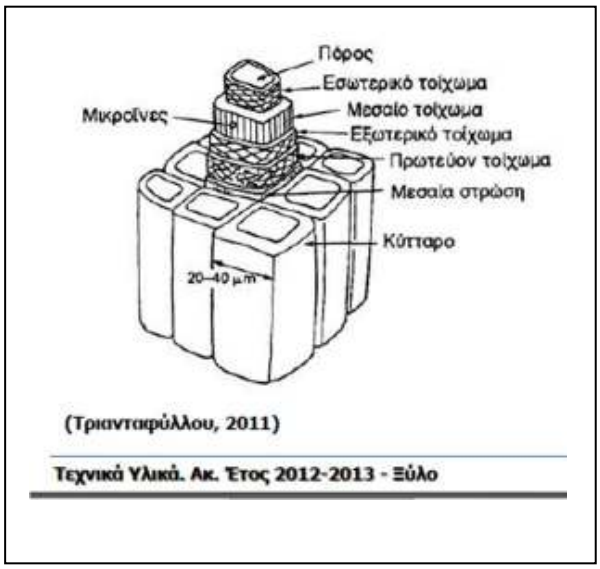
1. Υγρασία
2. Θερμότητα
3. Ηλιακή Ακτινοβολία
4. Χημικοί Παράγοντες
5. Βιολογικοί Παράγοντες
6. Διάρκεια και Είδος Φόρτισης

Πηγή:https://docs.google.com/file/d/0B9Y9hf4FXbCsWU5vVjNWZ0JsNms/edit?usp=sharing,

http://www.kofinas.gr/wp-content/uploads/2013/08/Study3.pdf

2. ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

Η παρακάτω εικόνα δείχνει τη μοριακή δομή του ξύλου (εικόνα 1):



Εικόνα 1: Η μοριακή δομή του ξύλου.

Μερικοί χρήσιμοι ορισμοί:

Ισοδύναμη Υγρασία (=Υγρασία Ισορροπίας): Η τελική υγρασία την οποία θα συγκρατήσει το ξύλο, ανάλογα με την υγρασία του περιβάλλοντος χώρου στον οποίο είναι εκτεθειμένο. (Πηγή: http://civil.teipir.gr/web/uploads/HMERIDA%20_3_E/SKARBELHS_1A_19.04.2013.pdf)

Σημείο ινοκόρου: Το ποσοστό υγρασίας του ξύλου που αντιστοιχεί σε πλήρη κορεσμό των κυτταρικών τοιχωμάτων και εντελώς κενές κυτταρικές κοιλότητες. (πηγή: http://www.kofinas.gr/wp-content/uploads/2013/08/Study3.pdf)

Το ποσοστό περιεχομένης υγρασίας του ξύλου εκφράζεται επί τοις εκατό (%) ως το βάρος του νερού που περιέχεται στο ξύλο ανηγμένο στο βάρος του ξηρού ξύλου (εξίσωση 1):

$$\text{ποσοστό υγρασίας}(\%) = \frac{\text{βάρος ξύλου} - \text{βάρος ξηρού ξύλου}}{\text{βάρος ξηρού ξύλου}} x100$$

Εξίσωση 1 : ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας του ξύλου.

Από το ποσοστό υγρασίας εξαρτώνται όλες οι μηχανικές ιδιότητες του ξύλου, αλλά και οι ακουστικές ιδιότητες του ξύλου όπως η ταχύτητα διάδοσης του ήχου. Η υγρασία μειώνει την ταχύτητα και συντελεί στην ταχύτερη απόσβεση του ήχου.

- Το ποσοστό υγρασίας ενός ξύλου μεταβάλλεται ακολουθώντας τις συνθήκες του περιβάλλοντος (σχετική υγρασία και θερμοκρασία) έως ότου φτάσει το ποσοστό ισορροπίας του (Υγρασία Ισορροπίας του συγκεκριμένου ξύλου, όχι την σχετική υγρασία του περιβάλλοντος).
- Η διαδικασία πρόσληψης νερού από το περιβάλλον είναι η εξής:

- το νερό μαζεύεται στα τοιχώματα των κυττάρων («δεσμευμένο νερό») έως ένα ποσοστό υγρασίας («*σημείο κορεσμού των ινών*» ή «*σημείο ινοκόρου*»), της τάξεως 25-30% ανάλογα με

το είδος του ξύλου. Σε αυτό το εύρος υγρασίας προκαλείται αύξηση του όγκου του ξύλου. Φυσικά, ισχύει και το αντίστροφο. Ο όγκος του ξύλου μειώνεται όταν μειώνεται η υγρασία του (για εύρος υγρασίας από 0 έως σημείο ινοκόρου).

- το νερό γεμίζει τις κοιλότητες των κυττάρων, έως το «*ποσοστό ισορροπίας*», ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος, χωρίς να σημειώνεται αύξηση του όγκου του ξύλου. Δηλαδή, κατά την πρόσληψη νερού, το ξύλο διογκώνεται έως το ποσοστό υγρασίας του να φτάσει το σημείο κορεσμού. Οποιαδήποτε περαιτέρω πρόσληψη νερού δεν θα μεταβάλλει τον όγκο του ξύλου.

(Πηγές:http://portal.tee.gr/portal/page/portal/MATERIAL_GUIDES/KSILO/xil_1_5t.htm,
http://www.wfdt.teilar.gr/papers/ptyxiakes/Sardis_Papachristopoulou.pdf)

3. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΞΥΛΟ

Πτώση της υγρασίας κάτω από το σημείο ινοκόρου (δηλαδή για εύρος υγρασίας 0-25/30%) προκαλεί μείωση στις διαστάσεις του ξύλου (ρίκνωση). Αντίστροφα, άνοδος της υγρασίας του ξύλου μέχρι το σημείο ινοκόρου (δηλαδή για εύρος υγρασίας 0-25/30%), προκαλεί αύξηση των διαστάσεων (διόγκωση).

Οι συστολοδιαστολές (οι οποίες προκαλούνται από πρόσληψη και αποβολή υγρασίας αλλά και από θερμοκρασιακές μεταβολές) προκαλούν ανάπτυξη (σημαντικών κάποιες φορές) τάσεων. Η συμπεριφορά και οι αντοχές του ξύλου εξαρτώνται από τις μηχανικές του ιδιότητες .

(Πηγή: http://civil.teipir.gr/web/uploads/HMERIDA%20_3_E/SKARBELHS_1A_19.04.2013.pdf)

Οι συστολοδιαστολές δεν είναι ομοιόμορφες. Οι διαστάσεις μεταβάλλονται ανάλογα με την διεύθυνση των ινών του ξυλοτεμαχίου (περίπου 0.4% αξονικά, 4% ακτινικά, 8% εφαπτομενικά, επί των διαστάσεων του ξηρού ξύλου), άρα ανάλογα με την κοπή του συγκεκριμένου τεμαχίου ξύλου.

(Πηγή: http://portal.tee.gr/portal/page/portal/MATERIAL_GUIDES/KSILO/xil_1_5t.htm)

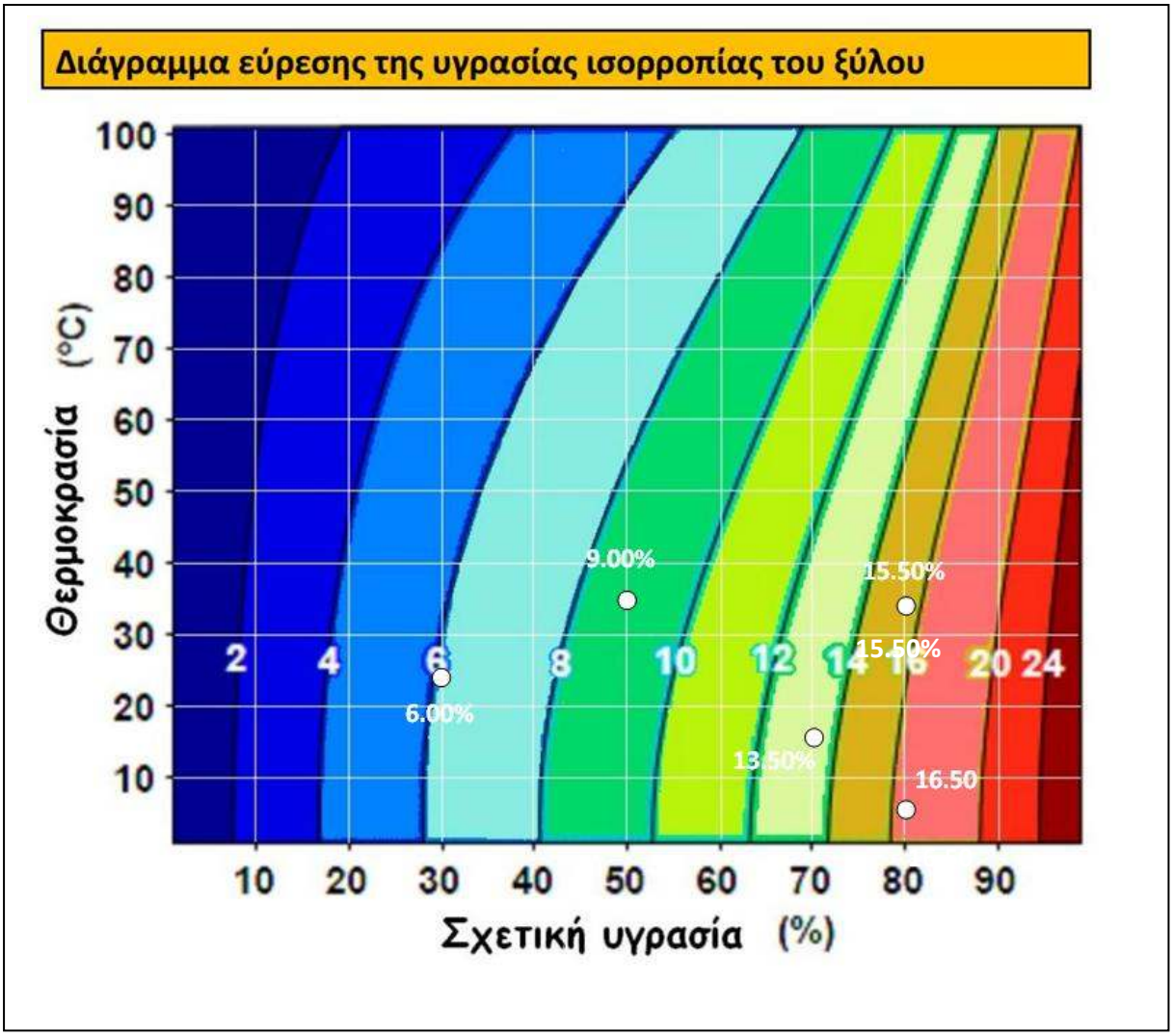
Για την οργανοποιία χρησιμοποιούνται ξύλα με υγρασία από 2% μέχρι 12% (ας την ονομάσουμε Υγρασία Ισορροπίας κατασκευής) , αναλόγως τον κατασκευαστή (δηλαδή το εύρος της υγρασίας είναι από 0 έως σημείο ινοκόρου).

Άρα βλέπουμε ότι η αύξηση και η μείωση της περιεχόμενης στο όργανο μας υγρασίας (σε σχέση με την Υγρασία Ισορροπίας κατασκευής του), επηρεάζει τη γεωμετρία, τις διαστάσεις και την συνολική συμπεριφορά του. Τα παραπάνω μπορούν να παίξουν ρόλο τόσο στον ήχο, όσο και στην υγεία του οργάνου. Παρακάτω, θα δούμε πως υπολογίζουμε την Υγρασία Ισορροπίας (δηλαδή έμμεσα την περιεχόμενη στο όργανο μας υγρασία) για διαφορετικές συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας. Όταν λέμε πόσο υγρασία έχασε ή πήρε το όργανο, εννοούμε Υγρασία Ισορροπίας κατασκεύης – Υγρασία Ισορροπίας (τρέχουσα, διαφορετική ανάλογα με τις συνθήκες θερμοκρασίας και σχ. Υγρασίας)

4. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ, ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ, ΥΓΡΑΣΙΑ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΑ ΟΡΓΑΝΑ

4.1 Εύρεση ισοδύναμης υγρασίας (ή υγρασίας ισορροπίας)

(Πηγή: http://civil.teipir.gr/web/uploads/HMERIDA%20_3_E/SKARBELHS_1A_19.04.2013.pdf)



Διάγραμμα 1: διάγραμμα εύρεσης της υγρασίας ισορροπίας του ξύλου.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν το διάγραμμα 1, ας εξετάσουμε ορισμένες περιπτώσεις/υποθέσεις:

Ας υποθέσουμε ότι το όργανο μας έχει κατασκευαστεί με 9.00 % υγρασία (Υγρασία ισορροπίας κατασκευής).

1. Σε θερμοκρασία 15 βαθμών κελσίου (Β.Κ) και σχετική υγρασία (Σ.Υ) 70% έχουμε περίπου 13.50 % υγρασία ισορροπίας (Υ.Ι)
2. Σε θερμοκρασία 25 Β.Κ και 30% Σ.Υ έχουμε περίπου 6.00 % Υ.Ι
3. Σε θερμοκρασία 5 Β.Κ και 80% Σ.Υ έχουμε περίπου 16.50 % Υ.Ι
4. Σε θερμοκρασία 35 Β.Κ και 80% Σ.Υ έχουμε περίπου 15.50 % Υ.Ι
5. Σε θερμοκρασία 35 Β.Κ και 50% Σ.Υ έχουμε περίπου 9.00 % Υ.Ι

Όταν το όργανο μας βρεθεί σε περιβάλλον με συνθήκες όμοιες με την περίπτωση 1, τότε αυτό θα <u>απορροφήσει</u> υγρασία από το περιβάλλον (4.50%), μέχρι να φτάσει την Υ.Ι = 13.50 %

Όταν το όργανο βρεθεί σε περιβάλλον με συνθήκες όμοιες με την περίπτωση 2, τότε αυτό θα <u>αποβάλλει</u> υγρασία προς το περιβάλλον (3.00%), μέχρι να φτάσει την Υ.Ι = 6.00 %

Όταν το όργανο βρεθεί σε περιβάλλον με συνθήκες όμοιες με την περίπτωση 3, τότε αυτό θα <u>απορροφήσει</u> υγρασία από το περιβάλλον (7.50%), μέχρι να φτάσει την Υ.Ι = 16.50 %

Όταν το όργανο βρεθεί σε περιβάλλον με συνθήκες όμοιες με την περίπτωση 4, τότε αυτό θα <u>απορροφήσει</u> υγρασία προς το περιβάλλον (6.50%), μέχρι να φτάσει την Υ.Ι = 15.5 %

Όταν το όργανο βρεθεί σε περιβάλλον με συνθήκες όμοιες με την περίπτωση 5, τότε αυτό δεν θα αποβάλλει ούτε και θα προσλάβει υγρασία αφού η υγρασία του ταυτίζεται με την Υ.Ι.

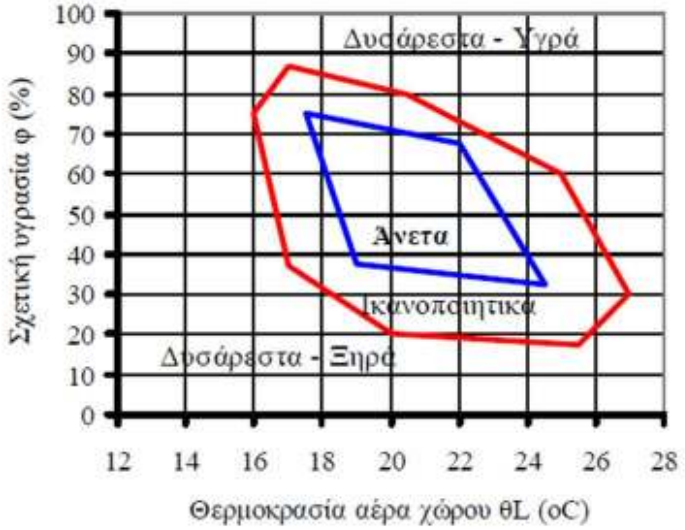
Εδώ θα πρέπει να σημειώσουμε ότι, εάν η σχετική υγρασία περιβάλλοντος είναι 100% (κορεσμένος αέρας), τότε το όργανο <u>δεν μπορεί να αποβάλλει υγρασία προς το περιβάλλον</u>, αφού ο αέρας δεν ΄΄χωράει΄΄ άλλη υγρασία.

Επίσης, παρατηρούμε ότι για ποσοστά σχετικής υγρασίας μεταξύ περίπου 35-60 %, έχουμε ποσοστά υγρασίας ισορροπίας μεταξύ περίπου 7-11% ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία (για άνω των 0 Β.Κ και μέχρι περίπου 40 Β.Κ).

4.2 Παραδείγματα

Αρχικά, πρέπει να έχουμε στο μυαλό μας ότι οι περισσότεροι κατασκευαστές συμφωνούν στο ότι το "όργανο μας αντέχει ότι αντέχουμε και εμείς".

Επειδή πολλοί ίσως να μην είναι εξοικειωμένοι με τα ποσοστά υγρασίας και θερμοκρασίας και την σχέση τους με την θερμική άνεση:



Διάγραμμα 2:Διάγραμμα θερμικής άνεσης

οδηγία 2002/91/EC για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων

http://repository.edulll.gr/edulll/bitstream/10795/1497/11/1497_01.pdf

Ας δούμε τώρα κάποιες εφαρμογές όλων των παραπάνω.

<u>Χειμώνας, μέσα στο σπίτι:</u>
Θ=15 β.κ, συ=70%, υι=13.50%
Ανάβουμε κλιματιστικό ή πηγαίνουμε στο διπλά δωμάτιο, όπου είχαμε ανάψει κλιματιστικό:
Θ=25 β.κ, συ=30%, υι=6%

Η υι του οργάνου (δηλ. η περιεχόμενη στο όργανο υγρασία) μεταβάλλεται από 13.50 % σε 6 % (η υγρασία του οργάνου πήγε από 9%, σταδιακά, σε 13.50% και από 13.50% πήγε, απότομα, στο 6%). Το όργανο απέβαλλε σχετικά απότομα υγρασία.

<u>Χειμώνας, είμαστε έξω:</u>
Θ=5β.κ, συ=80.%, υι=16.50%.
Μπαίνουμε σε χώρο με θέρμανση:
Θ=25 βκ, συ=30.%, υι=6%

Η υι του οργάνου μεταβάλλεται από 16.50% σε 6%. Το όργανο απέβαλλε σχετικά απότομα υγρασία.

Καλοκαίρι, είμαστε έξω:
Θ=35 βκ, συ=80%, υι=15.50%
Μπαίνουμε σε χώρο με κλιματισμό:
Θ=25 βκ, συ=30, υι=6%

Η υι του οργάνου μεταβάλλεται από 15.50% σε 6%. Το όργανο απέβαλλε σχετικά απότομα υγρασία.

Προφανώς, ισχύουν και τα αντίστροφα. Δηλαδή, το όργανο θα απορροφήσει απότομα υγρασία στην αντίστροφη διαδικασία των παραπάνω.

4.3 Προβληματισμοί

Κάπου εδώ τελειώνει, εν μέρει, η θεωρία. Μερικές από τις ερωτήσεις που έρχονται στο μυαλό μου είναι: Τα ποσοστά αυτά σίγουρα επηρεάζουν τον ήχο του οργάνου. Πότε? Πως? Πόσο? Μετριέται? Είναι επικίνδυνα για την υγεία του οργάνου? Υπάρχουν όρια, έστω και εμπειρικά? Πως πρέπει να αποθηκεύω το όργανο μου έτσι ώστε να μην είναι ευάλωτο? Πως μπορώ να κρατήσω τον ήχο του οργάνου μου καθαρό, χωρίς τριξίματα? Η βέργα βοηθάει? Υπάρχουν μετρήσεις, πειράματα που να καταλήγουν σε συμπεράσματα? Ίσως κάποια ανάλυση μοντέλου σε υπολογιστή?

Η απάντηση δεν είναι εύκολη. Η συμπεριφορά του ξύλου εξαρτάται από τις ιδιότητες του (μηχανικές, φυσικές, θερμικές κτλ). Άρα κάθε ξύλο θα συμπεριφερθεί διαφορετικά. Το ξύλο είναι ζόρικο υλικό. Χώρος, χρόνος και χρήμα για πειράματα μάλλον δεν υπάρχει. Δεν έχω ακούσει επίσης για ανάλυση μοντέλων (μουσικών οργάνων) σε υπολογιστή. Έχω ακούσει μόνο από τον κ. Φρονιμόπουλο κάποια πράγματα, αλλά δεν γνωρίζω την κατεύθυνση και τα αποτελέσματα. Από την μικρή εμπειρία μου στα προγράμματα υπολογιστή με πεπερασμένα στοιχεία, θα είναι απαραίτητος τόσο ο εξειδικευμένος οργανοποιός όσο και ο εξειδικευμένος χρήστης του προγράμματος. Επίσης, απαραίτητα είναι τα πειράματα που επιβεβαιώνουν τα αποτελέσματα του υπολογιστή. Διαφορετικά, το αποτέλεσμα είναι μάλλον αμφισβητήσιμο. Κάποια από τα παραπάνω έχουν συζητηθεί στο φόρουμ και πολλοί οργανοποιοί έχουν πάρει θέση (πχ βέργα).

Αρμόδιος για τις απαντήσεις σε αυτές τις ερωτήσεις είναι ο οργανοποιός. Έτσι, απευθύνθηκα στον Ανδρέα Παπαδάμου. Ο Ανδρέας είχε τη καλοσύνη να γράψει την άποψη του για κάποιες από τις απορίες μου, την οποία και παραθέτω.

4.4 Επιπτώσεις στον ήχο και στην υγεία του οργάνου (Ανδρέας Παπαδάμου)

Οι επιπτώσεις των μεταβολών υγρασίας του περιβάλλοντος χώρου στον ήχο του οργάνου είναι ένα σκοτεινό σημείο. Δεν υπάρχουν σαφείς ενδείξεις βελτίωσης ή απώλειας ήχου με μετρήσεις που να αποδεικνύουν ξεκάθαρα μια τέτοια πραγματικότητα. Είναι σίγουρα αποδεκτό ότι η μεταβολή του ποσοστού υγρασίας στα κυτταρικά τοιχώματα μπορεί να επηρεάσει την απόδοση ήχου σε ένα μουσικό όργανο. Η ταχύτητα μετάδοσης του ήχου αλλά και το πλάτος ταλάντωσης του ξύλου ως υλικό κατασκευής ηχείου και αντηχείου έχουν άμεση σχέση με τον ήχο που αποδίδεται στον παίχτη. Όμως το κατά πόσο αυτή η διαφορά είναι αντιληπτή είναι ιδιαίτερα αμφίβολο. Η διαφορά ενός οργάνου σε μια πολύ υγρή εποχή (75%-85%) μπορεί για τον κάτοχό του να είναι αντιληπτή εάν αυτός είναι ιδιαίτερα εξασκημένος στο να εντοπίζει και την παραμικρή μεταβολή. Αντίθετα ένας τρίτος που πιθανόν να μην έχει παίξει το συγκεκριμένο όργανο αρκετά κατά πάσα πιθανότητα δεν θα παρατηρήσει κάποια αντιληπτή διαφορά στην ηχητική απόδοση.

Επειδή όμως η γεωμετρία του οργάνου επηρεάζεται πολύ εύκολα από τα ποσοστά υγρασίας και θερμοκρασίας του αέρα μπορεί πολλές φορές να δημιουργήσει εντυπώσεις απώλειας «φωνής» στον παίχτη. Αν δηλαδή το μάνικο ενός μπουζουκιού που σε φυσιολογικές συνθήκες (23 B.K, 45%-50% υγρασία) είναι απόλυτα ίσιο γεμίσει με υγρασία λόγω των καιρικών συνθηκών τότε οι συνέπειες θα είναι οι εξής:

Η ταστιέρα του μπουζουκιού γεμίζοντας υγρασία θα υπερνικήσει την τάση των χορδών και θα αποκτήσει μια κλίση προς τα πίσω (αντισκεύρωμα*). Αυτή η καμπύλωση της ταστιέρας θα δημιουργήσει την αίσθηση απώλειας ήχου (ήχος μουντός και στομωμένος) όχι όμως επειδή άλλαξαν οι συνθήκες μετάδοσης ήχου στο ηχείο και το αντηχείο αλλά επειδή οι χορδές ακουμπούν στα επόμενα τάστα. Στην περίπτωση που οι χορδές του οργάνου είναι αρκετά μακριά από τα τάστα και ακόμα και σε πολύ υγρές συνθήκες δεν εφάπτονται σε τάστα πέραν του επιλεγμένου τότε όντως εάν διαπιστώνεται αλλαγή στον ήχο οφείλεται στην αλλαγή ιδιοτήτων των ξύλων.

Εκτός από τις επιπτώσεις στο λαιμό του οργάνου μπορούμε να εντοπίσουμε σπανιότερα και επιπτώσεις στο καπάκι και το σκάφος. Μια απότομη μετάβαση από πολύ υγρό (85%) σε πολύ ξηρό περιβάλλον (25%) μπορεί να προκαλέσει την ρήξη του ελάτινου συνήθως καπακιού.

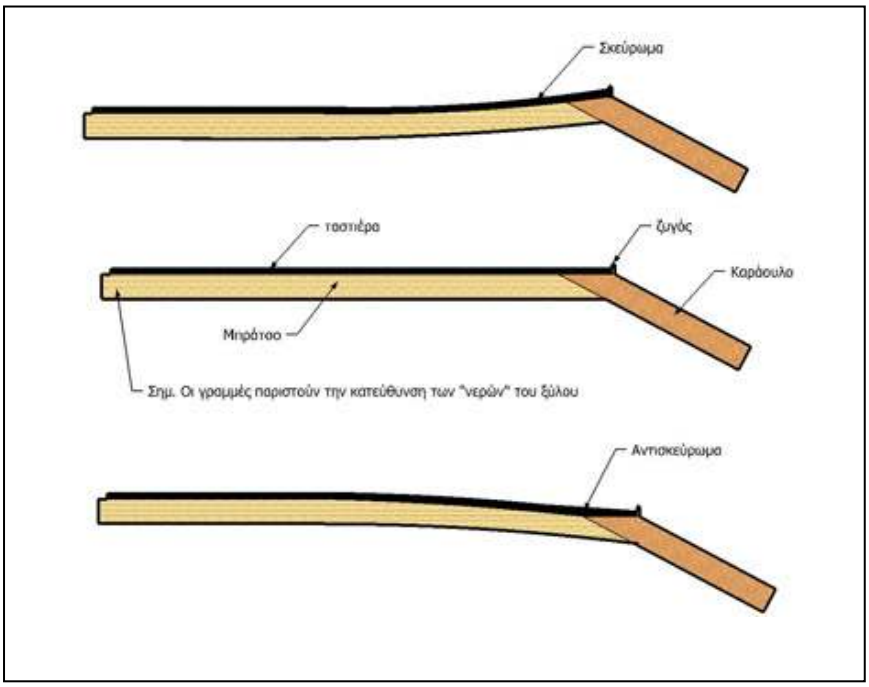
Ακριβώς λόγω της μεγάλης επίδρασης των καιρικών συνθηκών του περιβάλλοντος στην υγεία ενός οργάνου οι βιομηχανίες κατασκευής κιθάρας ξεκίνησαν την χρήση μεταλλικών ράβδων ρύθμισης ενώ αργότερα προστέθηκε και η επιλογή της ενίσχυσης με ράβδους ανθρακονημάτων. Η μεταλλική ράβδος προσθέτει αρκετό βάρος στο όργανο αλλά από την άλλη δίνει την δυνατότητα εύκολων επεμβάσεων στην ισορροπία του μάνικου. Οι ράβδοι ανθρακονημάτων αυξάνουν κατά πολύ την ακαμψία του μάνικου και περιορίζουν την ευπάθειά του στις καιρικές καταπονήσεις αλλά δεν ρυθμίζονται. Ο κάθε κατασκευαστής επιλέγει τους τρόπους ενίσχυσης ενός μάνικου ανάλογα με τις τεχνοτροπίες που προτιμά. Παραδοσιακά βέβαια ο οπλισμός του μάνικου γίνεται με τη χρήση δυνατών ξύλων ως φυσικά νεύρα συνδυασμένα με άλλα μαλακά και ελαφριά ξύλα.

Επιπτώσεις στην υγεία ενός μουσικού οργάνου μπορούν να εντοπιστούν και λόγω της συμπεριφοράς άλλων υλικών κολλημένων με τα ξύλα του. Ορισμένα ακρυλικά πλαστικά μεταβάλλονται πολύ πιο έντονα από ότι τα ξύλα. Η υπερβολική υγρασία ή ξηρασία μπορεί να προκαλέσει αποκόλλησή τους από τα ξύλα με αρνητικές επιπτώσεις στην όλη κατασκευή.

Ποσοστά υγρασίας κάτω του 20% είναι επικίνδυνα για το όργανο. Σε τέτοιες περιπτώσεις πρέπει να χρησιμοποιούνται υγραντικά μέσα στο χώρο ή στη θήκη του οργάνου. Τέτοια ποσοστά συναντούμε άλλες χώρες (Ελβετία, Αμερική) όπου πολλά όργανα καταστρέφονται (σχίσιμο καπακιών και σκεύρωμα ταστιέρας).

Τα αποδεκτά και ασφαλή όρια υγρασίας και θερμοκρασίας είναι : υγρασία 30%-75% , θερμοκρασία 5-35 B.K

*Σχόλιο sofopc : Στο άρθρο του κ. Σπουρδαλάκη [http://www.music-instruments.gr/gr/arthra9.php] βρήκα την παρακάτω πολύ ωραία εικόνα (εικόνα 2) για το σκεύρωμα και το αντισκεύρωμα.



Εικόνα 2:
Σκεύρωμα - αντισκεύρωμα

Άλλες πηγές:

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π., Εργαστήριο Οπλισμένου Σκυροδέματος, Βουγιούκας Ε., Μπαδογιάννης Ε., Χριστίδης Κ., Ξύλο: Δομή και ιδιότητες-Δομική Ξυλεία, σελίδα παρουσίασης 22 Link: https://docs.google.com/file/d/0B9Y9hf4FXbCsWU5vVjNWZ0JsNms/edit?usp=sharing

Χρήστος Σπουρδαλάκης, Υγρασία και μουσικό όργανο, http://www.music-instruments.gr/gr/arthra9.php