

Η εφαρμογή της σύγχρονης τεχνολογίας στη συντήρηση έργων τέχνης από ξύλο

Ιωάννη Κακαρά και Γεωργίου Μαντάνη

Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου - Τ.Ε.Ι. Λάρισας

Περίληψη

Το ξύλο λόγω των σημαντικών πλεονεκτημάτων του είναι ιδανικό υλικό για αξιόλογες κατασκευές και έργα τέχνης. Παρουσιάζει όμως αρκετές δυσκολίες γιατί είναι υγροσκοπικό, ανισότροπο και ανομοιογενές υλικό, το οποίο προσβάλλεται από μύκητες και έντομα, ενώ υφίσταται και φθορές από γήρανση με την επίδραση των καιρικών συνθηκών. Για τους λόγους αυτούς, η συντήρηση των ξύλινων κατασκευών είναι απαραίτητη αλλά και δύσκολη διαδικασία που προϋποθέτει τη γνώση της δομής και των ιδιοτήτων των διαφόρων ειδών ξύλου. Ανάλογα με την κατηγορία των ξύλινων κατασκευών (έργα ξυλογλυπτικής, εικόνες, αντικείμενα πολιτιστικής κληρονομιάς, μουσικά όργανα κ.α.) για τη συντήρησή τους εφαρμόζονται σήμερα διάφορες μέθοδοι σύγχρονης τεχνολογίας με χρήση ακτίνων Laser, ακτίνων X, ακτίνων γ, υπέρυθρης θερμογραφίας, δενδροχρονολόγησης, εκχύλισης με διοξείδιο του άνθρακα σε υπερκρίσιμες συνθήκες κ.α.

Λέξεις κλειδιά: Έργα τέχνης, γήρανση ξύλου, δομή ξύλου, ακτίνες Laser, ακτίνες X, ακτίνες γ, υπέρυθρη θερμογραφία, δενδροχρονολόγηση.

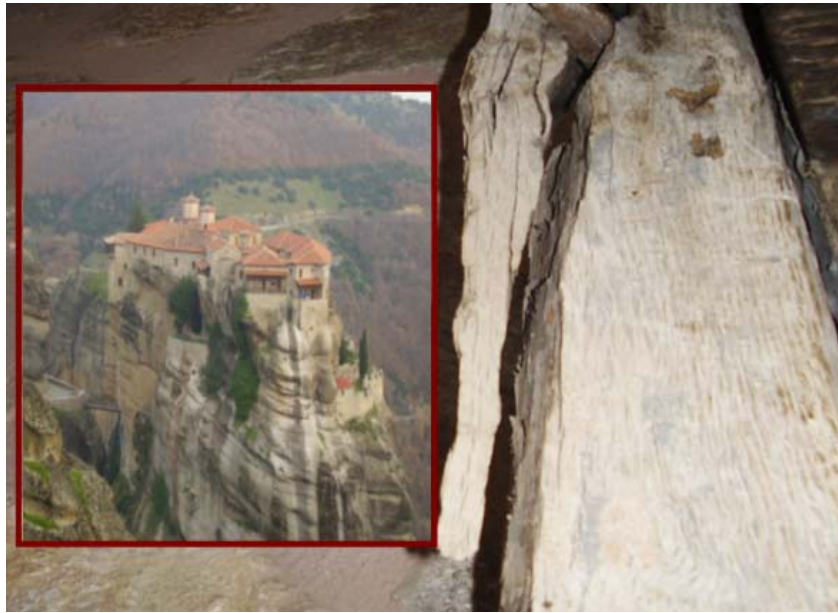
1. Εισαγωγή

Το ξύλο λόγω των σημαντικών πλεονεκτημάτων που έχει, προσφέρεται ως ιδανικό υλικό για αξιόλογες κατασκευές και έργα τέχνης (Tsoumis 1991). Οι ιδιότητες που το καθιστούν ασυναγώνιστη πρώτη ύλη για κατασκευές με ιδιαίτερη αξία είναι οι εξής:

- Έχει μια αισθητική υπεροχή, αρκεί ο τεχνίτης - δημιουργός να αποκαλύψει την εσωτερική του ομορφιά με την εφαρμογή της κατάλληλης τεχνικής και κατεργασίας. Η ομορφιά αυτή δεν είναι μονότονη αλλά διαφέρει από ξύλο σε ξύλο, ακόμα και στο ίδιο ξύλο η εμφάνισή του διαφέρει στις διάφορες κατευθύνσεις. Οι ιδιορρυθμίες και η πολυπλοκότητα των στοιχείων δομής του, όπως π.χ. ρόζοι, αυξητικές ακανονιστίες, στρεβλότητα, μεταχρωματισμοί, ανωμαλίες στη δομή του, δημιουργούν μοναδικά, πολύχρωμα σχέδια που προσφέρονται για καλλιτεχνικές δημιουργίες. Ορισμένα χαρακτηριστικά δομής προσδίδουν σε κάποια είδη ξύλου άριστες ακουστικές ιδιότητες και τα καθιστούν εξαιρετικά για μουσικά όργανα.
- Η κατεργασία του είναι σχετικά εύκολη τόσο με πολύ απλά, όσο και με σύγχρονα εργαλεία και μηχανήματα.
- Έχει μεγάλη μηχανική αντοχή και ελαστικότητα, είναι μονωτικό υλικό, ενώ ορισμένα είδη έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής (φυσική ανθεκτικότητα) λόγω της χημικής τους σύστασης (ταννίνες, ρητίνες, φαινολικές ουσίες). Οι ιδιότητες αυτές καθιστούν το ξύλο κατάλληλο μετά από ειδικούς χειρισμούς για διάφορες κατασκευές δομικών στοιχείων κτιρίων, εργαλείων, οργάνων ακριβείας κ.α.
- Είναι προϊόν βιολογικών διεργασιών και αειφορίας με μια ιδιαίτερη «ζεστασιά» και υπεροχή στην αφή, που το κάνουν ευχάριστο και κατάλληλο ακόμη και όταν βρίσκεται σε συνεχή επαφή με το ανθρώπινο σώμα.

Το ξύλο χρησιμοποιείται στις περισσότερες κατασκευές και έργα τέχνης, κυρίως με τη μορφή του συμπαγούς (*μασίφ*) ξύλου. Από τα προϊόντα ξύλου χρησιμοποιούνται μόνο εκείνα που διατηρούν τη δομή του ξύλου, δηλ. τα ξυλόφυλλα και τα αντικολλητά. Το ξύλο λόγω της χημικής του σύστασης (κυτταρίνη, ημικυτταρίνες, λυγνίνη) και ως βιολογικό προϊόν προσβάλλεται από μύκητες και σαπίζει ή αλλάζει χρώμα, από έντομα, και αποικοδομείται

από βακτήρια και άλλους μικροοργανισμούς και υποβαθμίζεται. Οι κλιματικοί παράγοντες (νερό, υπεριώδης ακτινοβολία, θερμότητα, άνεμος) προκαλούν φθορές στο ξύλο και το υποβαθμίζουν με την πάροδο του χρόνου (Tsoumis 1991). Το ξύλο επίσης, ως υγροσκοπικό υλικό προσλαμβάνει υγρασία από την ατμόσφαιρα και διογκώνεται, χάνει υγρασία και ρικνώνεται, ενώ ως ανισότροπο και ανομοιογενές υλικό, οι ιδιότητές του και οι μεταβολές που υφίσταται διαφέρουν στις διάφορες κατευθύνσεις μέσα στη μάζα του. Με το χρόνο το ξύλο των κατασκευών υφίσταται μια συνεχή τροποποίηση των αρχικών του ιδιοτήτων ως συνέπεια της αλληλεπίδρασης διάφορων παραγόντων (Ασημένος 1977). Το αποτέλεσμα όλων αυτών των διαδικασιών - αλλαγών στο ξύλο είναι γνωστό με τον όρο *γήρανση* (Εικ. 1).



Εικ. 1. Μονές Μετεώρων: οι κατασκευές ξύλου υφίστανται γήρανση από τη συντονισμένη επίδραση των εξωτερικών παραγόντων.

Όλοι αυτοί οι παράγοντες που προκαλούν τη γήρανση του ξύλου βρίσκονται σε μια συνεχή δυναμική αλλαγών και το αποτέλεσμα της επίδρασής τους στο ξύλο δεν μπορεί να μελετηθεί και να εκτιμηθεί από τη μελέτη κάθε παράγοντα (μεταβλητής) χωριστά (Δασακλή 2000, Tsoumis 1991, Lavier 2007) αλλά από τη συνδυασμένη επίδραση πολλών παραγόντων μαζί (Tsakanika 2005). Συνεπώς, σύμφωνα με την άποψη αυτή κάθε κατασκευή ξύλινου αντικειμένου πρέπει να αντιμετωπίζεται ως μοναδική, που αντιπροσωπεύει το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ των αρχικών συνθηκών κατασκευής και μιας ομάδας φυσικομηχανικών και φυσικοχημικών χαρακτηριστικών. Τα δεδομένα αυτά κατά τη διάρκεια χρήσης του ξύλινου αντικειμένου τέχνης δημιουργούν περίεργες και αλλόκοτες επιδράσεις

υποβάθμισης στο αντικείμενο. Έτσι ο σχεδιασμός των μέτρων προστασίας και αποφυγής της γήρανσης του έργου γίνεται με διαφορετικό τρόπο στη κάθε μια από τις ακόλουθες κατηγορίες των ξύλινων κατασκευών: ξύλινα αντικείμενα πολιτιστικής κληρονομιάς, πολυχρωμίες σε πάνελς και εικόνες, έργα ξυλογλυπτικής, μουσικά όργανα, αρχαιολογικό ξύλο (Fioravanti 2007, Grabner 2007, Marton 2007, Szmelter 2007).

Όλα τα παραπάνω δεδομένα αποδεικνύουν την ιδιαίτερη δυσκολία συντήρησης έργων τέχνης από ξύλο και καθιστούν αναγκαία τη συμβολή της σύγχρονης τεχνολογίας στη διαδικασία συντήρησης. Το ξύλο ως βιολογικό υλικό προσφέρεται για εφαρμογή γνήσιων πρώτων υλών συντήρησης, όπως διάφορα φυσικά έλαια, φυσικές ρητίνες κ.α. που εγγυώνται τη διατήρηση της αυθεντικότητας και γνησιότητας κατά τις επεμβάσεις συντήρησης και αποκατάστασης (Esteban et al. 2005, Brocke 2007). Η σύγχρονη τεχνολογία, ωστόσο, δημιουργεί συνθήκες πρόκλησης για τον επιστήμονα και συντηρητή και ιδιαίτερα στον τομέα των ξύλινων έργων τέχνης και κατασκευών πολιτιστικής κληρονομιάς. Έτσι τα τελευταία χρόνια αναπτύσσονται τεχνικές συντήρησης και εκτίμησης έργων τέχνης με χρήση ακτίνων Laser, ακτίνων X, ακτίνων γ, κ.α. (Barbu 2007, Cutrubinis 2007, Jezewska 2007, Lehmann 2007, Lubryczynska 2007, Marton 2007, Melessanaki 2007, Szokefalvi-Nagy 2007).

Για την επιλογή της κατάλληλης τεχνικής συντήρησης και αποκατάστασης των κατασκευών και έργων τέχνης από ξύλο, είναι καθοριστική και αναγκαία η γνώση της πλήρους ταυτότητας του κάθε ξύλου (Tsoumis 1991, Romagnoli 2007), δηλ. η γνώση όλων των ιδιοτήτων του, όπως των φυσικών, χημικών, μηχανικών, ακουστικών, ηλεκτρικών, θερμικών ιδιοτήτων, η γνώση της εσωτερικής του δομής, των σφαλμάτων δομής και της ανισοτροπίας που παρουσιάζει, η γνώση της φυσικής του διάρκειας (ανθεκτικότητας), της διαστασιακής του σταθερότητας κατά τη μεταβολή των συνθηκών του περιβάλλοντος, της συμπεριφοράς του κατά τη μηχανική κατεργασία, τον εμποτισμό, την ξήρανση, τη βαφή και το φινίρισμα. Είναι επίσης απαραίτητη για την επιλογή των κατάλληλων υλικών και εργαλείων - συσκευών συντήρησης (Ασήμενος 1977, Tsakanika 2005, Lavier 2007, Macchioni 2007, Urger & Tello 2007, Hemmingsen 2007).

2. Συντήρηση έργων τέχνης και πολύτιμων κατασκευών ξύλου με Laser

Η επιτυχής εφαρμογή της τεχνολογίας Laser στην ιατρική οδήγησε στην εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής και στη συντήρηση έργων τέχνης. Οι εφαρμογές αυτές αποτελούν ένα νέο πεδίο δραστηριότητας στη συντήρηση και σε ότι αφορά ξύλινα αντικείμενα πολιτιστικής κληρονομιάς. Δύο τέτοιες περιπτώσεις εφαρμογής της τεχνολογίας αυτής αναλύονται στη συνέχεια.

2.1. Καθαρισμός και διάγνωση πολύχρωμων παραστάσεων ζωγραφικής και εικόνων με τεχνολογία Laser

Ο καθαρισμός των έργων ζωγραφικής, δηλ. η απομάκρυνση των σωματιδίων της αιθάλης και της ακαθαρσίας που με την πάροδο του χρόνου συγκεντρώνονται στις επιφάνειες έργων ζωγραφικής είναι μια από τις δυσκολότερες επεμβάσεις συντήρησης (Barbu 2007, Marton 2007, Szmelter 2007). Οι κλασικές χημικές μέθοδοι καθαρισμού με μίγμα νερού και δραστικών καθαριστικών συχνά προκαλούν προβλήματα αισθητικής υποβάθμισης του έργου και ενίσχυσης των τυχόν ρωγμών στο υπόστρωμα της πολυχρωμίας. Τα τελευταία χρόνια αναπτύχθηκαν τεχνικές καθαρισμού πινάκων ζωγραφικής, πολύχρωμων παραστάσεων και εικόνων με συστήματα ακτίνων Laser. Σε μια τέτοια εφαρμογή ως πηγή Laser χρησιμοποιήθηκε το νέο σύστημα *ReNOVALaser 1* (Εικ. 2.). Οι παράμετροι της ακτινοβολίας Laser παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίν. 1.

Πίνακας 1. Παράμετροι ακτινοβολίας Laser για καθαρισμό πολυχρωμίας.

Παράμετροι Laser	Τιμή
Μήκος κύματος (μm)	1,064
Εξερχόμενη ενέργεια (mJ)	120
Εύρος παλμού (ns)	8
Διάμετρος δέσμης (mm)	6
Συχνότητα επανάληψης (Hz)	1-20



(α)



(β)



Εικ. 2. α. Πηγή ακτίνων Laser (ReNOVALaser 1)

β. Δοκιμές καθαρισμού πολυχρωμίας με ακτίνες Laser.

Το σύστημα Laser είναι εφοδιασμένο με σύστημα οπτικής ίνας. Πρέπει να τονιστεί ότι κατά τη διάρκεια καθαρισμού με Laser ειδικά σε επιφάνειες ξύλου παράγονται αέρια προϊόντα (CO , SO_2 , βενζόλιο) τα οποία προκαλούν ρύπανση της ατμόσφαιρας, που μπορεί να είναι επιβλαβής για τον συντηρητή (Szmelter 2007). Πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι σε σύγκριση με το χημικό καθαρισμό, ο καθαρισμός με Laser έχει καλύτερα αποτελέσματα (Lubryczynska *et al.* 2007) και χαρακτηρίζεται ως η καλύτερη και μόνη λύση με την οποία επιτυγχάνεται πλήρης καθαρισμός της πολυχρωμίας από τις ακαθαρσίες, με τη μικρότερη δυσμενή επίδραση στο υπόστρωμα της πολυχρωμίας. Τα παραγόμενα τοξικά αέρια που μετρήθηκαν με φωτοοπτικό φασματοφωτόμετρο είναι σε μικρές ποσότητες, συγκρινόμενα με τη συγκέντρωση των επικίνδυνων ατμών κατά το χημικό καθαρισμό.

2.2. Απομάκρυνση στρώσεων βερνικιών και γομαλάκας με σύστημα Laser

Αξιόλογη θεωρείται και η εφαρμογή της τεχνολογίας Laser στην απομάκρυνση στρώσης βερνικιού ή γομαλάκας από την επιφάνεια πολυχρωμίας σε ξύλο ή από την επιφάνεια επίπλου ή έργου τέχνης, χωρίς την πρόκληση φθοράς στο υπόστρωμα. Η απομάκρυνση αυτή επιβάλλεται όταν το προστατευτικό βερνίκι έχει κιτρινίσει και έχει υποβαθμιστεί αισθητικά. Τελευταίες έρευνες απέδειξαν ότι τεχνολογία Laser με μήκος κύματος $2,94\mu\text{m}$ είναι ένα εξαιρετικό εργαλείο για την απομάκρυνση στρώσεων βερνικιού και πατίνας (Szmelter 2007),

ενώ για γομαλάκα χρησιμοποιήθηκε νέας τεχνολογίας Excimer Laser και νεοδύμιο (Nd) που εκπέμπουν σε μήκη κύματος 248 έως και 1064nm (Melessanaki 2007). Η βέλτιστη επιλογή των παραμέτρων Laser είναι απαραίτητη για να αποφευχθούν φθορές στο υπόστρωμα της πολυχρωμίας ή του ξύλου (π.χ. κάψιμο, μεταχρωματισμός).

3. Εκτίμηση έργων τέχνης με υπέρυθρη θερμογραφία

Για τη μελέτη πολύτιμων ξύλινων αντικειμένων, συχνά είναι απαραίτητη η διάγνωση της εσωτερικής κατάστασης του αντικειμένου χωρίς την πρόκληση φθοράς. Αυτό βοηθάει στην επιλογή των κατάλληλων μεθόδων συντήρησης και αποκατάστασης. Μια τέτοια μέθοδος είναι η εφαρμογή της υπέρυθρης θερμογραφίας. Κατά τη μέθοδο αυτή το ξύλινο αντικείμενο δέχεται θερμική παλμική ακτινοβολία και ταυτόχρονα γίνονται λεπτομερείς παρατηρήσεις του ξύλου μέσω κάμερας υπέρυθρης ακτινοβολίας. Οι διαφορές στη θερμική αγωγιμότητα και την ποσότητα της θερμικής ακτινοβολίας στα διάφορα σημεία στο εσωτερικό του αντικειμένου αποτυπώνονται στη θερμογραφία και αποκαλύπτουν την εσωτερική κατάσταση του ξύλου, π.χ. προσβολές εντόμων, μυκήτων, ύπαρξη μεταλλικών αντικειμένων, αποκολλήσεις, ρωγμές (Εικ. 3). Η μέθοδος αυτή προτείνεται ως εναλλακτική και καλύτερη μέθοδος αποτύπωσης των φυσικών ιδιοτήτων από τις μεθόδους υπερήχων και ραδιομετρικών ακτίνων. Τυπικές εφαρμογές της μεθόδου είναι ο χαρακτηρισμός των διακοσμητικών ενθεμάτων, ο έλεγχος ξύλου εικόνων και έργων ζωγραφικής και ο έλεγχος δομικού ξύλου (Brocke 2007).



Εικ. 3. Υπέρυθρη θερμογραφία ξύλινης δοκού κτιρίου, που αποκαλύπτει την υποβάθμιση της ξυλόγλυπτης παράστασης (Brocke 2007).

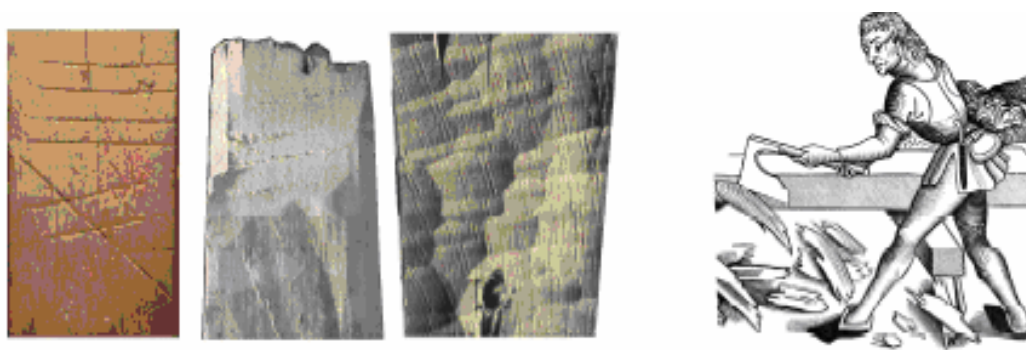
4. Εφαρμογές δένδρομετρίας και δένδροχρονολόγησης για χρονολόγηση μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς

Δενδρομετρία είναι ο κλάδος της δασοπονικής επιστήμης που ασχολείται με τη μέτρηση του όγκου ξυλείας δένδρων και δάσους και τη μέτρηση της αύξησης και προσαύξησης δένδρων και δάσους. Δενδροχρονολόγηση είναι η χρονολόγηση γεγονότων στο παρελθόν μέσω μελέτης της ανάπτυξης των δακτυλίων των δένδρων. Με τον τρόπο αυτό αν συγκρίνουμε ένα άγνωστης ηλικίας ξύλο και κάποιο γνωστής ηλικίας και ταιριάζουμε τους δακτυλίους τους, μπορούμε να υπολογίσουμε τη χρονολογία κοπής του άγνωστης ηλικίας δένδρου. Η δενδροχρονολόγηση είναι η μόνη αρχαιομετρική τεχνική που μπορεί να δώσει αποτέλεσμα με ακρίβεια έτους ή καμιά φορά και μηνών.

Η μελέτη των ξύλινων αντικειμένων πολιτιστικής κληρονομιάς προσαρμόζεται στα δεδομένα του κάθε τεχνουργήματος ξεχωριστά. Το αντικείμενο μελετάται στο σύνολό του έτσι, ώστε να προκύψουν πληροφορίες αρχαιολογικής φύσεως, όπως πληροφορίες τυπολογίας, μορφολογίας και ανεύρεσης ιχνών (Grabner 2007, Romagnoli 2007). Οι πληροφορίες αυτές αξιολογούνται κατάλληλα και οδηγούν στην εξαγωγή πολύτιμων πληροφοριών. Έτσι, ίχνη (αποτυπώματα) πάνω στο ξύλο αποκαλύπτουν το είδος των εργαλείων και τον τρόπο χειρισμού από τον τεχνίτη (Εικ. 4). Η μορφή ενός ξύλινου πασάλου αποκαλύπτει κατά πόσο χρησιμοποιήθηκε ως δομικό στοιχείο κτιρίου ή ως περίφραξη, κατά πόσο το δένδρο από το οποίο προήλθε αναπτύχθηκε σε επίπεδο μέρος ή σε κεκλιμένο έδαφος. Στοιχεία τυπολογίας αποκαλύπτουν π.χ. ότι ένα τεμάχιο ξύλου χρησιμοποιήθηκε ως δομικό στοιχείο κατασκευής σπιτιού τύπου αγροικίας. Επιπροσθέτως λαμβάνονται δείγματα ξύλου για δενδροχρονολογική ανάλυση (Grabner 2007). Η αρχή της μεθόδου είναι η σύγκριση του εύρους μιας σειράς των τελευταίων ετησίων δακτυλίων ενός δένδρου του ίδιου είδους και της ίδιας περιοχής με το εύρος των ετησίων δακτυλίων του δείγματος, έτσι ώστε να οριστεί η απόλυτη χρονολογία για τον τελευταίο ετήσιο δακτύλιο και να προσεγγίσουμε τον χρόνο ζωής του ξύλου που μελετάμε. Μπορεί επίσης να αναγνωρίσουμε τη γεωγραφική περιοχή προέλευσης του δένδρου από το οποίο προέρχεται το ξύλο που μελετάμε.

4.1 Παράδειγμα μελέτης προϊστορικού δομικού ξύλου: Για να διατηρηθεί το ξύλο για τόσο μεγάλο χρονικό διάστημα, θα πρέπει οι φυσικές συνθήκες συντήρησης στον αρχαιολογικό χώρο να είναι ιδανικές. Αυτό συμβαίνει όταν η κατασκευή έχει θαφτεί για πολλούς αιώνες μέσα σε υγρό έδαφος, παρουσία νερού, με πλήρη απουσία οξυγόνου και σε αναγωγικό περιβάλλον. Λαμβάνεται τομή κορμιδίου από κατάλληλο σημείο, που αποκαλύπτει πολλά ανατομικά στοιχεία, λ.χ. εντεριώνη, σομφό ξύλο, τελευταίο δακτύλιο κάτω από το φλοίο, τμήμα με πολλούς ετησίους δακτυλίους, απουσία ρόζων κ.α. Από τη συγκριτική μελέτη των δεδομένων προς γνωστά δείγματα του ίδιου είδους εκτιμάται το έτος υλοτομίας του δένδρου. Τέτοια ευρήματα ξύλου προϊστορικών κατασκευών βρέθηκαν στη Γαλλία (Moriez Saltwell των Άλπεων της επαρχίας Haute) και ανάγονται στην 6^η χιλιετήριδα π.Χ. Πρόσφατες μελέτες ξύλου νεολιθικής εποχής στο Clairvaux de -Lacs and Chalain αποδεικνύουν ότι η περιοχή κατοικήθηκε για περισσότερο από μία χιλιετία (3^η και 4^η χιλιετία π.Χ.). Οι κατασκευές κατοικιών, περιφράξεων, στην αρχή γίνονταν από στρογγυλό ξύλο και αργότερα με τεμάχια ξύλου κομμένα κατά μήκος. Οι οικισμοί παρουσίαζαν μια σταδιακή βελτίωση των κατασκευών στην αρχιτεκτονική και στην οργάνωση του κοινωνικού βίου.

4.2. Παράδειγμα μελέτης ιστορικής περιόδου: Η μελέτη αυτή είναι ευκολότερη. Τα δείγματα λαμβάνονται από σημεία με περισσότερα δενδρολογικά στοιχεία, π.χ. από στέγες, πατώματα, ταβάνια κατοικιών. Έτσι εκτιμάται ο χρόνος υλοτομίας των δένδρων. Στην περίοδο αυτή η ξυλεία χρησιμοποιούνταν στον ίδιο χρόνο υλοτομίας των δένδρων, μετά την πρίση και ξήρανση στο 20-30%. Στις μελέτες είναι δυνατή η αναγνώριση του είδους ξύλου, της ηλικίας και του ρυθμού αύξησης του δένδρου, καθώς και η εκτίμηση των συνθηκών του περιβάλλοντος. Ανάλυση των ιχνών των εργαλείων αποκαλύπτουν το είδος των εργαλείων, π.χ. τσεκούρι, μαχαίρι, πριόνι (Εικ. 4).



(α)

(β)

Εικ. 4. (α) Αναγνώριση εργαλείων από τα αποτυπώματα - ίχνη κατεργασίας πάνω στο ξύλο. (β) Πελέκηση ξυλείας για δημιουργία πριστών ορθογωνικής διατομής.

Η εφαρμογή της μελέτης δενδρομετρίας και δενδροχρονολόγησης για κινητές κατασκευές επίπλων, αντικειμένων, εργαλείων, παρουσιάζει ιδιαίτερες δυσκολίες. Περιορίζεται σε μακροφωτογράφιση μετά από τον καθαρισμό της επιφάνειας και εργαστηριακές εξετάσεις. Από την εφαρμογή της δενδροχρονολόγησης σε κατασκευές και έπιπλα μεσαιωνικής περιόδου είναι γνωστά ακόμη περισσότερα στοιχεία της τεχνολογίας και των μεθόδων παραγωγής, π.χ. κατεργασία και τεχνικές συνδέσεων, πλανίσματος, λείανσης, τρυπήματος, μονταρίσματος και βαφής των κατασκευών.

Ένας άλλος ενδιαφέρον τομέας μελέτης είναι τα βιβλία της Δυτικής Ευρώπης κατά τον Μεσαίωνα, τα οποία περιέχουν ξύλο στη βιβλιοδεσία τους, είτε πρόκειται για βιβλία γραμμένα με το χέρι είτε για ξυλογραφία (incunabula, δηλ. βιβλία που έχουν γραφτεί μέχρι το 1500 μ.Χ.). Χρησιμοποιούνταν ξύλο δρυός και οξιάς με διαστάσεις από 10 έως 80cm και πάχος 2-5cm. Γίνονταν επιλογή ξύλου με ισόβενη δομή (ακτινική τομή) και το σχίσσιμο γινόταν στην κατεύθυνση των ινών, ενώ στη δρυ αποφεύγονταν η συνύπαρξη εγκεαυδίου και σομού ξύλου. Κατά τον 15^ο αιώνα κυριάρχησε η οξιά. Ο Γουτεμβέργιος αργότερα έθεσε τέλος στο ξύλινο δέσιμο των βιβλίων (Lavie 2007).

5. Εφαρμογές ακτίνων γ και ακτίνων X στη συντήρηση του ξύλου

5.1. Εφαρμογές ακτίνων γ

Οι ακτίνες γ έχουν έντονα βιοκτόνες επιδράσεις και για το λόγο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε μεθόδους απολύμανσης και καταπολέμησης προσβολών ξύλινων κατασκευών από μύκητες, έντομα κ.α. Δεν υπάρχουν στοιχεία, ωστόσο, για τους χρόνους εφαρμογής των ακτίνων γ, σε σχέση με το πάχος του ξύλου για να επιτευχθεί βέλτιστος χειρισμός απολύμανσης. Τα πλεονεκτήματα της εφαρμογής αυτής είναι τα ακόλουθα:

- μεγάλη ταχύτητα,
- χαμηλό κόστος,
- εξαιρετική αποτελεσματικότητα,
- δεν παραμένουν τοξικά και ραδιενεργά κατάλοιπα στο ξύλο

Αν και η εφαρμογή της μεθόδου για περίπου τριάντα χρόνια παρουσιάζει τα πλεονεκτήματα αυτά, εντούτοις υπάρχουν παρενέργειες που μελετώνται προκειμένου να καθιερωθούν οι αυστηροί περιορισμοί και οι προδιαγραφές στη χρήση της ακτινοβολίας γ (Cutrubinis 2007).

5.2 Εφαρμογές ακτίνων X

Η εφαρμογή των ακτίνων X για έλεγχο τυχόν προσβολών του ξύλου από έντομα και εκτίμηση του μεγέθους της προσβολής, είναι αντικείμενο έρευνας με θετικά αποτελέσματα (Jezewska 2007).

Στο στάδιο της έρευνας βρίσκεται επίσης και η εφαρμογή ειδικών τεχνικών οι οποίες δεν καταστρέφουν το ξύλο για τη μελέτη των ιδιοτήτων του, με δημιουργία ειδώλων (imaging techniques) χρησιμοποιώντας νετρόνια και ακτίνες X (Lehmann 2007). Σε εξέλιξη βρίσκεται επίσης έρευνα για την ανάπτυξη μη καταστρεπτικής ανάλυσης των ιδιοτήτων διαφόρων ξύλινων αντικειμένων σε μουσεία με χρήση μικρού κινητού φασματοφωτόμετρου ακτίνων X (XPF) με διέγερση ραδιοϊσοτόπων (X-ray fluorescence (XRF) spectrometer) (Szokefalvi-Nagy 2007).

6. Ακουστική ανίχνευση σημάτων προσβολών ξύλου από έντομα

Στο στάδιο της έρευνας βρίσκεται πρόσθετα τεχνική για τον εντοπισμό της παρουσίας προνυμφών ξυλοφάγων εντόμων, μέσα από διαδικασία ανίχνευσης των ακουστικών σημάτων που δημιουργούνται από τις προνύμφες, όταν κατατρώνουν το ξύλο ανοίγοντας οπές μέσα σε αυτό (Maurin 2007).

7. Απομάκρυνση επιβλαβών βιοκτόνων ουσιών από συντηρημένο ξύλο με εκχύλιση σε διοξείδιο του άνθρακα σε υπερκρίσιμες συνθήκες

Ξύλινα αντικείμενα πολιτιστικής κληρονομιάς συντηρήθηκαν στο παρελθόν με ισχυρές βιοκτόνες ουσίες, όπως διχλωροδιφαινυλοτριχλωροαιθάνιο (γνωστό ως DDT), γ-εξαχλωροκυκλοεξάνιο (γνωστό ως lindane), πενταχλωροφαινόλη, σύμπλοκα βαρέων μετάλλων αρσενικού, χρωμίου, χαλκού, οι οποίες παραμένουν στα αντικείμενα δημιουργώντας βλάβες στο ξύλο και ανεπιθύμητες επιδράσεις στον άνθρωπο. Για το λόγο αυτό πολλά από τα συντηρημένα αντικείμενα απομακρύνονται από το ανθρώπινο περιβάλλον. Το γεγονός αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη μεθόδων απομάκρυνσης των βιοκτόνων ουσιών από τα ξύλινα αντικείμενα με εκχύλιση σε διοξείδιο του άνθρακα σε υπερκρίσιμες συνθήκες, δηλ. σε συνθήκες 31,1°C και πίεση >73.8 ατμόσφαιρες (bars), με χρήση καινοτόμων τεχνολογιών (Urger and Tello 2007).

8. Συμπεράσματα

Το ξύλο που έχει χρησιμοποιηθεί σε αξιόλογες ξύλινες κατασκευές και έργα τέχνης μπορεί σήμερα με νέες, σύγχρονες τεχνικές να υποστεί εύκολα, γρήγορα και αποτελεσματικά συντήρηση και αποκατάσταση. Αναμφίβολα, απαραίτητη είναι και η γνώση της δομής και των ιδιοτήτων των ξύλου, ώστε ξύλινες κατασκευές όπως π.χ. έργα ξυλογλυπτικής, εικόνες, αντικείμενα πολιτιστικής κληρονομιάς, μουσικά όργανα να συντηρηθούν με διάφορες μεθόδους σύγχρονης τεχνολογίας με χρήση ακτίνων Laser, ακτίνων X, ακτίνων γ, υπέρυθρης θερμογραφίας, δένδροχρονολόγησης, εκχύλισης με διοξείδιο του άνθρακα σε υπερκρίσιμες συνθήκες. Η σύγχρονη τεχνολογία, συνεπώς, δημιουργεί συνθήκες πρόκλησης για τον επιστήμονα και τον συντηρητή, ιδιαίτερα στον τομέα των ξύλινων έργων τέχνης και των κατασκευών πολιτιστικής κληρονομιάς.

Application of contemporary technologies in the conservation of wooden artworks

Ioannis Kakaras and George Mantanis

Department of Wood and Furniture Design and Technology

Technological Educational Institute (TEI) of Larissa

Abstract

Wood due to its important advantages is an ideal material for remarkable constructions and artworks. It however shows some difficulties due to the fact that it is a hygroscopic anisotropic and complex material which is attacked by insects and fungi. It also undergoes ageing effects because of the weather conditions. For the above reasons the conservation of wood constructions and artworks is an essential but difficult process which does require the knowledge of structure and properties in different wood species. According to the manufacturing category (i.e. work of woodcrafts, icons, works of cultural heritage, musical instruments etc.) for their conservation, they are applied today different contemporary technologies using Laser systems, X-rays and gamma rays, infrared thermography, dendrochronology etc.

Keywords: artworks, ageing effect, wood structure, Laser systems, X-rays, gamma rays, infrared thermography, dendrochronology

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ασημένος, Κ., 1977. Συντήρηση αρχαίου ένυδρου ξύλου με πολυαιθυλενογλυκόλη. Αρχαιολογικά ανάλεκτα εξ Αθηνών 1982.
- Barbu, O.H., 2007. Infrared and optical microscopy of painting materials. In: Proc. of Workshop for Cost Action IE0601 “*Wood Science for conservation of cultural heritage*”, June 8-10, 2007, Tervuren, Brussels, Belgium, pp. 23-28.
- Brocke, H., 2007. Non-destructive evaluation of cultural heritage by infrared thermography. In: Proc. of Workshop for Cost Action IE0601 “*Wood Science for conservation of cultural heritage*”, June 8-10, 2007, Tervuren, Brussels, Belgium, pp. 92-99.
- Cutrubinis, M., 2007. Conservation by gamma irradiation. In: Proc. of Workshop for Cost Action IE0601 “*Wood Science for conservation of cultural heritage*”, June 8-10, 2007, Tervuren, Brussels, Belgium, pp. 171-178.
- Δασακλή, Ν., 2000. Δισπηλιό, 7500 χρόνια μετά. Συντήρηση ξύλινων δομικών στοιχείων στο Δισπηλιό Καστοριάς. Πτυχιακή εργασία, Τ.Ε.Ι. Αθήνας.
- Esteban, L.G., Gril, G., Palagios, P.P., Casusus, A., 2005. Reduction of wood hygroscopicity and associated dimensional response by repeated humidity cycles. *Annals of Forest Science* 62 (3): 275-284.
- Fioravanti, M., 2007. Is wood ageing an analogy of a complex phenomena? Reflections on the meaning of characterisation in wooden cultural heritage. In: Proc. of Workshop for Cost Action IE0601 “*Wood Science for conservation of cultural heritage*”, June 8-10, 2007, Tervuren, Brussels, Belgium, pp. 7-10.
- Grabner, M., 2007. Dendrochronological dating - the use of 3D scanning. In: Proc. of Workshop for Cost Action IE0601 “*Wood Science for conservation of cultural heritage*”, June 8-10, 2007, Tervuren, Brussels, Belgium, pp. 38-45.
- Hemmingsen, C., 2007. An authentic procedural approach for understanding the tooling methods used in processing wooden-constructions. In: Proc. of Workshop for Cost Action IE0601 “*Wood Science for conservation of cultural heritage*”, June 8-10, 2007, Tervuren, Brussels, Belgium, pp. 99-107.

- Jezewska, E., 2007. Assessment of X-ray photographs on mxk Kodak film applicability as non-destructive technique to detect wood damages caused by wood borers. In: Proc. of Workshop for Cost Action IE0601 "*Wood Science for conservation of cultural heritage*", June 8-10, 2007, Tervuren, Brussels, Belgium, pp. 141-149.
- Lavier, C., 2007. From the artifact to the forest: Uses of wood to a better understanding of its behaviour. In: Proc. of Workshop for Cost Action IE0601 "*Wood Science for conservation of cultural heritage*", June 8-10, 2007, Tervuren, Brussels, Belgium, pp. 109-115.
- Lehmann, E., 2007. Non-destructive analysis of wood properties by neutron and X-ray imaging techniques. In: Proc. of Workshop for Cost Action IE0601 "*Wood Science for conservation of cultural heritage*", June 8-10, 2007, Tervuren, Brussels, Belgium, pp. 81-86.
- Lubryczynska, M., Marczak, J., Strzelec, M. and A. Koss, 2007. Laser cleaning of wooden ceiling polychrome of the 16th century church. In: Proc. of Workshop for Cost Action IE0601 "*Wood Science for conservation of cultural heritage*", June 8-10, 2007, Tervuren, Brussels, Belgium, pp. 72-80.
- Macchioni, N., 2007. Diagnosis and conservation of wood cultural heritage. Istituto per la Valorizzazione del legno e delle Specie Arboree IVALSA-CNR, Italy.
- Marton, S., 2007. Laser cleaning and diagnostic techniques for cultural heritage objects in Pecs, Hungary. In: Proc. of Workshop for Cost Action IE0601 "*Wood Science for conservation of cultural heritage*", June 8-10, 2007, Tervuren, Brussels, Belgium, pp. 191-194.
- Maurin, E., 2007. Signals emitted by larvae of insects in dry wood and acoustic detection. In: Proc. of Workshop for Cost Action IE0601 "*Wood Science for conservation of cultural heritage*", June 8-10, 2007, Tervuren, Brussels, Belgium, pp. 151-155.
- Melessanaki, K., 2007. Laser cleaning of aged shellac from wood. Cost Action IE0601. In: Proc. of Workshop for Cost Action IE0601 "*Wood Science for conservation of cultural heritage*", June 8-10, 2007, Tervuren, Brussels, Belgium, pp. 61-68.
- Romagnoli, M., 2007. Studies of wood anatomy and dendrochronology in some artefacts of central southern Italy. In: Proc. of Workshop for Cost Action IE0601 "*Wood Science for conservation of cultural heritage*", June 8-10, 2007, Tervuren, Brussels, Belgium, pp. 141-147.
- Szmelter, I., 2007. Tests of laser cleaning and diagnostics of modern paintings. In: Proc. of Workshop for Cost Action IE0601 "*Wood Science for conservation of cultural heritage*", June 8-10, 2007, Tervuren, Brussels, Belgium, pp. 201-210.
- Szokefalvi-Nagy, Z., 2007. Non-destructive analysis of wood objects by energy dispersive X-ray spectrometry. In: Proc. of Workshop for Cost Action IE0601 "*Wood Science for conservation of cultural heritage*", June 8-10, 2007, Tervuren, Brussels, Belgium, pp. 100-106.
- Tsakanika, E., 2005. Methodology concerning the restoration of Historical Buildings. Case studies: the Turkish Mansion and the Hagi Mehmet Aga Mosque in Rhodes. Proceedings of the International Conference: Conservation of Historical Wooden Structures, vol. 2, pp. 194-203.
- Tsoumis, G., 1991. Science and technology of wood, Structure, properties, utilization. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Urger, A., Tello, H., 2007. The decontamination of pesticides from art objects with supercritical carbon dioxide. In: Proc. of Workshop for Cost Action IE0601 "*Wood Science for conservation of cultural heritage*", June 8-10, 2007, Tervuren, Brussels, Belgium, pp. 219-227.