

Το ξύλο ένα παμπάλαιο υλικό. Η αλλοίωση και η συντήρησή του με τη βοήθεια της Χημείας

Ευρύκλεια Καραγιαννίδου

Χημικός-Συγγραφέας

*MSc. Conservation and Restoration of Historic Buildings and Monuments, Frederick University
Cyprus*

*MSc. Polymer Science and Technology, Aristotle University of Thessaloniki
evrykleia21@hotmail.com*

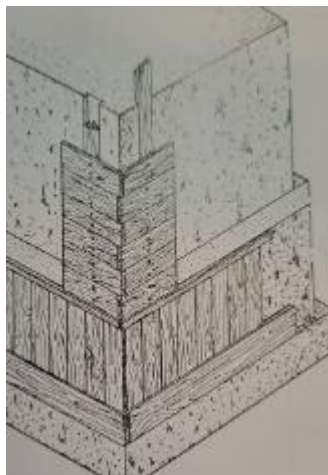
Περίληψη

Το ξύλο είναι ένα υλικό που απασχόλησε από πολύ παλιά τον άνθρωπο ενώ η επιστημονική έρευνα για αυτό συνεχίζεται μέχρι και σήμερα με στόχο τη δημιουργία νέων σύνθετων υλικών αλλά και νέων πιθανών χρήσεων. Σήμερα, παρόλο που υπάρχουν αρκετά ανταγωνιστικά υλικά, εντούτοις ορισμένες ιδιότητές του το διατηρούν σε περίοπτη θέση στις προτιμήσεις των καταναλωτών για ένα σημαντικό αριθμό χρήσεων.

Λέξεις κλειδιά: Ξύλο, Φθορές, Συντήρηση, Χημεία.

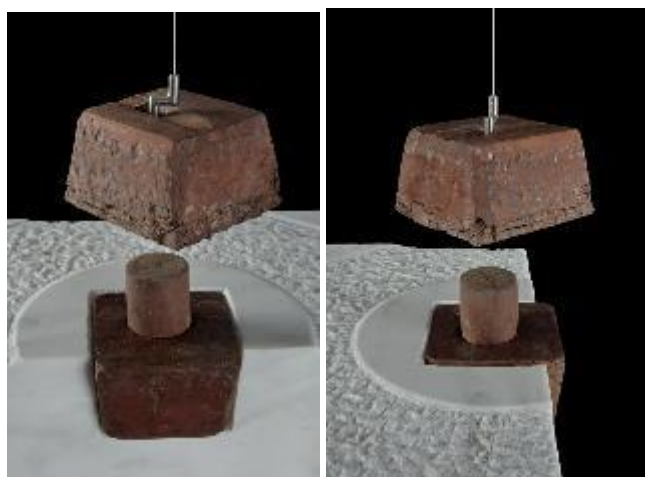
1. Εισαγωγή

Το ξύλο, η πέτρα, το μάρμαρο, τα μέταλλα, τα υφάσματα, το γυαλί, το κεραμικό, το χαρτί και δεκάδες άλλα υλικά έχουν χρησιμοποιηθεί από τον άνθρωπο από πολύ παλιά μέχρι σήμερα, στον αγώνα του για επιβίωση, εξέλιξη, ανάπτυξη και ευημερία. Το ξύλο ως υλικό προσέφερε στον άνθρωπο τη δυνατότητα να κατασκευάσει μια μεγάλη ποικιλία διαφόρων κτιρίων, εργαλείων, όπλων, μηχανημάτων, επίπλων, επιστημονικών και μουσικών οργάνων, έργων τέχνης, αντικειμένων οικιακής χρήσης, παιχνιδιών κ.ά. Είναι γεγονός ότι πολύ λίγα αντικείμενα από ξύλο έχουν διασωθεί μέχρι τις μέρες μας από τους αρχαίους χρόνους λόγω της εύκολης φθοράς του. Κάθε εφαρμογή από τις προαναφερθείσες έχει διαφορετικές ιδιότητες και χαρακτηριστικά, οπότε απειλείται με διαφορετική ένταση από μια μεγάλη ποικιλία παραγόντων και απαιτεί ιδιαίτερη φροντίδα με στόχο τη διατήρησή του στο χρόνο. Για να προσδιοριστούν αρχικά και να αντιμετωπιστούν στη συνέχεια οι φθορές των διαφόρων υλικών απαιτείται η συνεργασία πολλών και διαφορετικών μεταξύ τους επιστημονικών ειδικοτήτων.



(α)





(β)

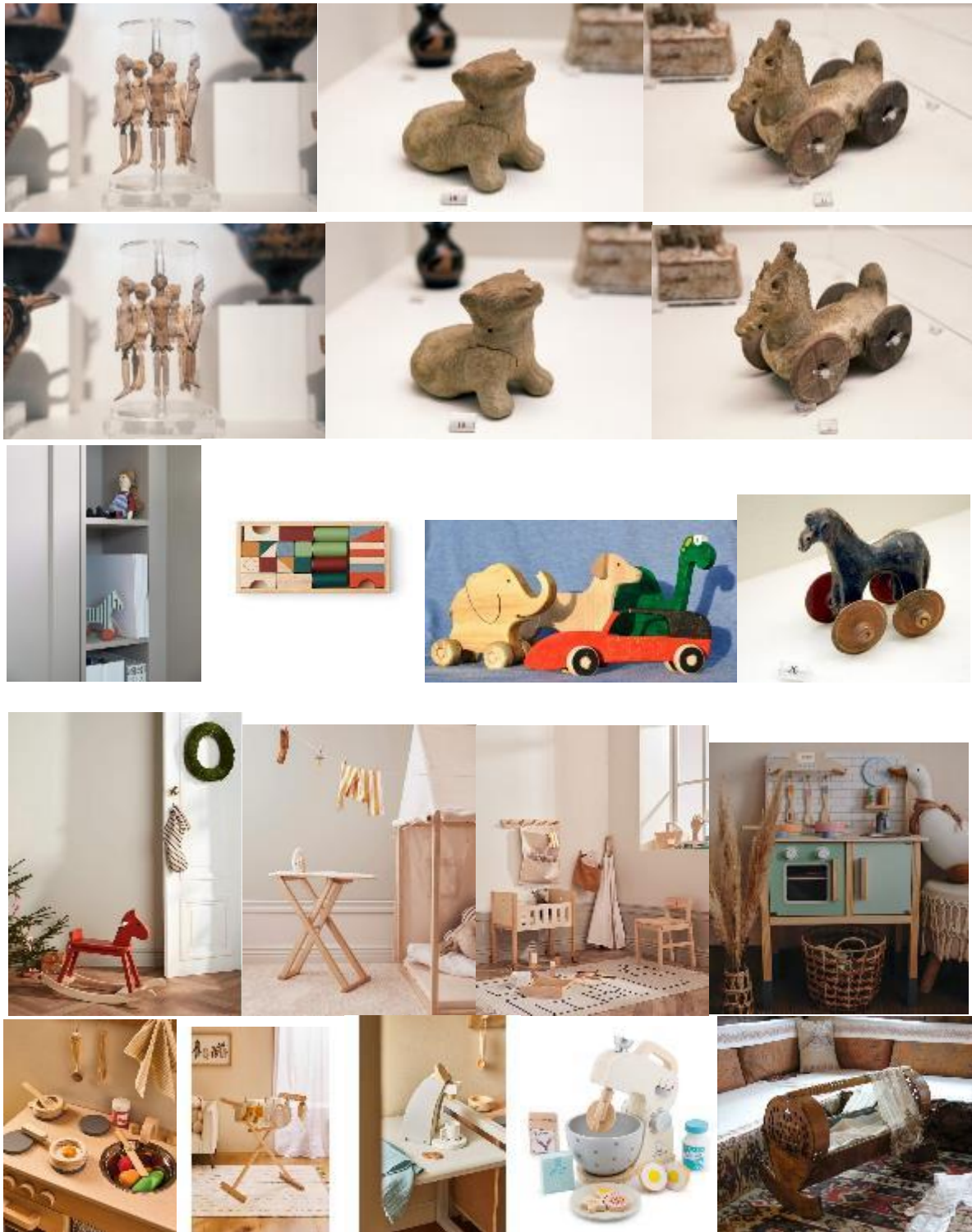
Εικόνες 1 & 2. (α) Επένδυση γωνίας με ξύλο στο ναό C στον Σελινούντα της Σικελίας, πηγή: Α.Κ. Ορλάνδου «Η Αρχιτεκτονική του Παρθενώνος» β) Εμπόλια μέσα σε κίονες, ©Μουσείο Ακρόπολης

2. Το ξύλο

Το ξύλο σύμφωνα με τη βοτανική είναι η σκληρή, ινώδης, κυτταρινική ουσία από την οποία αποτελούνται κατά κύριο λόγο ο κορμός, τα κλαδιά και οι ρίζες των γνωστών και ως ξυλοδών φυτών. Ξύλο παράγεται από όλα τα αγγειόφυτα, τα ποώδη, τα θαμνώδη και τα δενδρώδη φυτά σε διαφορετικές αναλογίες αν και το υλικό αυτό στο σύγχρονο εμπόριο προέρχεται κυρίως από την ξύλευση των δασικών δένδρων. Το ξύλο στη φυσική του κατάσταση καίγεται εύκολα, σαπίζει, έχει μεταβλητή δομή και ιδιότητες, προσβάλλεται από ποικιλία ζώντων οργανισμών ενώ απειλείται από τις συχνές μεταβολές των περιβαλλοντικών συνθηκών στον χώρο όπου φιλοξενείται (σχετική υγρασία, θερμοκρασία, υπεριώδη ακτινοβολία κ.ά.). Στον πλανήτη μας υπάρχουν πάνω από 100.000 διαφορετικά είδη δένδρων και καθένα από αυτά μπορεί να προσφέρει ξύλο με διαφορετικές ιδιότητες και χαρακτηριστικά. Από αυτά τα ευρέως διαδεδομένα για τη μαλακή ξυλεία είναι περίπου 750 είδη και για τη σκληρή περίπου 30.000. Εμπορικά εκμεταλλεύσιμη σε παγκόσμιο επίπεδο είναι η ξυλεία που προέρχεται από έναν μικρό αριθμό ειδών δένδρων, περίπου 120.

Όπως προαναφέρθηκε μια σημαντική εφαρμογή από τους αρχαίους χρόνους μέχρι σήμερα είναι η κατασκευή παιχνιδιών. Τα είδη ξύλου που προτιμήθηκαν στην κατασκευή των παιδικών παιχνιδιών είναι η πεύκη, η οξιά, η τριανταφυλλιά, η ελιά, η κερασιά, η ιτιά, η καρυδιά, η σημύδα κ.ά. Αν και τα ξύλινα παιχνίδια δέχθηκαν ισχυρή πίεση στην αγορά και κάμφθηκε η ζήτησή τους, αφού αντικαταστάθηκαν σταδιακά από παιχνίδια μεταλλικά ή τελευταία από πλαστικά, εντούτοις την τελευταία δεκαετία παρουσιάζεται μια σημαντική ανάκαμψη στη ζήτησή τους από τους γονείς, ιδιαίτερα για παιδιά ηλικίας 0-6 ετών. Για τους μεγαλύτερους τα ξύλινα παιχνίδια όπως το τάβλι, το σκάκι, το ποδοσφαιράκι, το μπιλιάρδο κ.ά. κατασκευάζονται αρκετές δεκαετίες τώρα από διαφορετικά ξύλα όπως το μαόνι, η ελιά, η τριανταφυλλιά, η καρυδιά κ.ά. Για τον σκελετό συνήθως χρησιμοποιούνται ξύλα που διαθέτουν μεγάλη αντοχή ενώ η διακόσμηση γίνεται συνήθως με καπλαμάδες από είδη της μαλακής ξυλείας που διαθέτουν όμορφη σχεδίαση.





Εικόνα 3. Παιχνίδια από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα

3. Χημική σύσταση και ιδιότητες του ξύλου

Από χημικής άποψης το ξύλο θα μπορούσε να περιγραφεί ως ένα δικτυωμένο βιολογικό πολυμερικό υλικό που αποτελείται από ένα διασυνδεδεμένο δίκτυο κυτταρίνης, ημικυτταρινών, λιγνίνης και μικρών ποσοτήτων εκχυλισμάτων οργανικών και ανόργανων ενώσεων. Η χημική του σύσταση ποικίλλει σημαντικά μεταξύ των διαφόρων ειδών του και οφείλεται στην ποικιλία των δένδρων που το παράγουν, στη γεωγραφική προέλευση των δένδρων παραγωγής του, στην επίδραση περιβαλλοντικών και γενετικών παραγόντων, στην



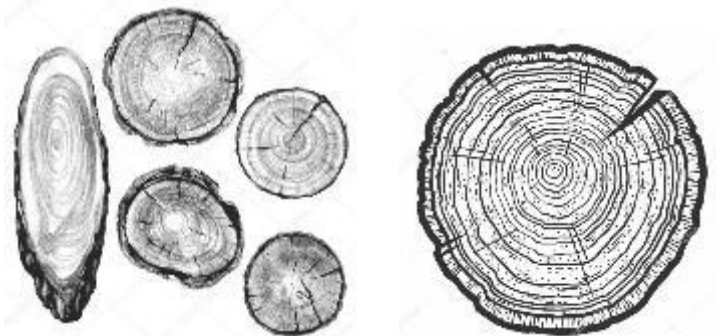
ηλικία, την ανάπτυξη του δένδρου, τη σύσταση του εδάφους στο οποίο αναπτύσσεται το δένδρο κ.ά. Στους δύο πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα χημικά συστατικά του ξύλου.

Πίνακας 1. Χημικές ενώσεις που συναντώνται στο ξύλο

Χημικές ενώσεις που συναντώνται στο ξύλο	
Υδατάνθρακες	Κυτταρίνη (C ₆ H ₁₀ O ₅) _n Ημικυτταρίνες (άμυλο, πηκτινικές ουσίες)
Φαινολικές ουσίες	Λιγνίνη
Αλκοόλες	Αρωματικές και αλειφατικές αλκοόλες
Οξέα	Κορεσμένα και ακόρεστα λιπαρά οξέα, μη λιπαρά οξέα (οξικό οξύ) κ.ά.
Τερπένια	Είναι οργανικά μόρια με μεγάλη ποικιλομορφία ως προς τη δομή τους (τα αιθέρια έλαια των φυτών αποτελούνται κυρίως από τερπένια)

Πίνακας 2. Στοιχειακή σύσταση του ξηρού ξύλου

Στοιχειακή σύσταση του ξηρού ξύλου	
Άνθρακας (C)	49-50%
Υδρογόνο (H ₂)	6%
Οξυγόνο (O ₂)	43-45%
Άζωτο (N)	0.1-1.0%
Ανόργανες ενώσεις (πυρίτιο, ασβέστιο, μαγνήσιο, κάλιο κ.ά.)	1%



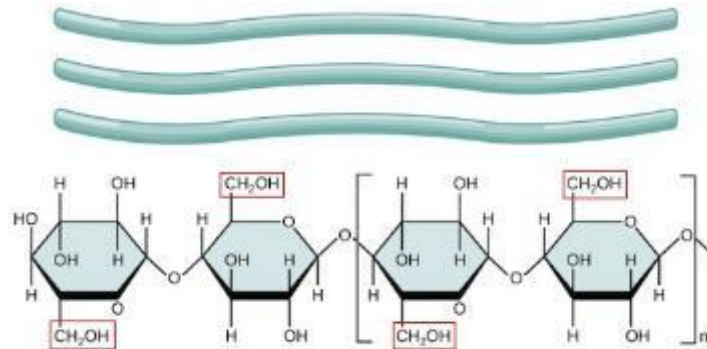
Εικόνες 4 & 5. Εγκάρσια τομή από κορμό δένδρου

Τα συστατικά του ξύλου μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες. Στα δομικά συστατικά (κυτταρίνη, ημικυτταρίνες, λιγνίνη) και στα εκχυλίσματα του ξύλου. Τα πρώτα συνθέτουν τα κυτταρικά τοιχώματα του ξύλου, είναι υπεύθυνα για τη μορφή των κυττάρων και για τις περισσότερες χημικές και φυσικές ιδιότητες του ξύλου ενώ τα δεύτερα είναι μη δομικά συστατικά του ξύλου τα οποία περιέχονται εντός των κυττάρων ή στα κενά που σχηματίζονται μεταξύ τους όπως π.χ. μικρές ποσότητες αμύλου, σακχάρου, δεξτρίνης, λιπαρών και αιθέριων ελαίων, λευκώματος, δεψικών ουσιών ανόργανων ενώσεων του πυριτίου, του ασβεστίου, του μαγνησίου, του καλίου και τα στοιχεία και τις ενώσεις που χρησιμοποιεί το δένδρο για την τροφή του. Μέρος των ενώσεων αυτών περιλαμβάνει μια



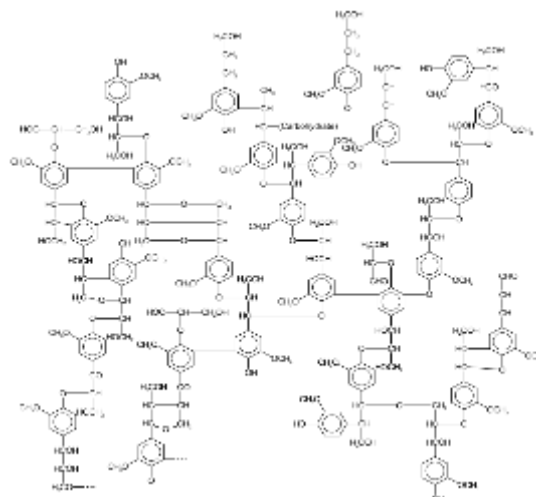
μεγάλη ποικιλία χημικών ενώσεων, σε γενικές γραμμές χαμηλού μοριακού βάρους, εκ των οποίων λίγες είναι πολυμερείς. Τα ανόργανα συστατικά είναι επίσης παρόντα σε μικρό βαθμό (συνήθως <1%) στη σύσταση του ξύλου.

Η κυτταρίνη με τον εμπειρικό τύπο $(C_6H_{10}O_5)_n$ είναι η πλέον διαδεδομένη φυσική οργανική ένωση στη γη. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι αποτελεί το βασικό δομικό συστατικό των φυτικών κυττάρων. Ανιχνεύεται σε σημαντικές ποσότητες σε όλα τα μέρη ενός φυτού. Πρόκειται για ένα φυσικό πολυμερές, για έναν γραμμικό πολυσακχαρίτη μακρομοριακής δομής που αποτελείται από μια μεγάλη αλυσίδα μορίων β-D-γλυκόζης τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με β (1-4) γλυκοζιτικούς δεσμούς.



Εικόνες 6 & 7. Η αλυσίδα της κυτταρίνης

Η λιγνίνη είναι ένα φυσικό πολυμερές και ανήκει στην οικογένεια των πολυφαινολών. Από λιγνίνη αποτελείται περίπου το 25-30% των κυτταρικών τοιχωμάτων του ξύλου. Πρόκειται για την πιο σύνθετη, από άποψη διάθρωσης, ουσία του ξύλου. Η χημική της δομή δεν είναι εντελώς γνωστή και αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι είναι αδιάλυτη στους γνωστούς διαλύτες και δεν υδρολύεται. Είναι ένα πολύπλοκο, δικτυωμένο πολυμερές με βασική μονάδα το φαινυλοπροπάνιο με μια ή περισσότερες μεθοξυομάδες ενωμένες στον δακτύλιο. Οι διαφορετικές δομικές ομάδες της συνδέονται μεταξύ τους ή με δεσμούς άνθρακα ή με αιθερικούς ομοιοπολικούς δεσμούς (C-O-C). Η υπεριώδης ακτινοβολία του ήλιου (και σε μικρότερο ποσοστό το έντονο τεχνητό φως) μπορεί να προκαλέσει τη φωτοδιάσπαση της λιγνίνης με το σχηματισμό χαμηλού μοριακού βάρους πολυφαινολών των οποίων η δημιουργία αποδεικνύεται από το σκούρο χρώμα που αποκτούν οι ξύλινες επιφάνειες που εκτίθενται στην ηλιακή ακτινοβολία.



Εικόνα 8. Χημική δομή λιγνίνης



Τα εκχυλίσματα στο ξύλο ευθύνονται σε πολύ μεγάλο ποσοστό για την οσμή του ξύλου, το χρώμα του, τη γεύση του κ.ά. Μπορούν να ταξινομηθούν με βάση τη χημική τους σύσταση στις τρεις ακόλουθες μεγάλες κατηγορίες:

α) Αρωματικές φαινολικές ενώσεις: οι ενώσεις αυτές ανιχνεύονται κυρίως στο εγκάρδιο ξύλο και σε αυτές οφείλεται κυρίως τόσο το πιο σκούρο χρώμα όσο και η αυξημένη ανθεκτικότητα που παρουσιάζει στις βιολογικές προσβολές.

β) Αλειφατικές ενώσεις (λίπη και κηροί): Η πλειονότητα των αλειφατικών ενώσεων τόσο στη μαλακή όσο και στη σκληρή ξυλεία είναι λιπαρά οξέα και οι εστέρες τους και πιο συγκεκριμένα τριγλυκερίδια κορεσμένων και ακόρεστων οξέων όπως του λινολεϊκού οξέος, του ελαϊδικού οξέος, του λινολενικού οξέος κ.ά.

γ) Τερπένια και τερπενοειδή: Τα τερπένια είναι υδρογονάνθρακες βιολογικής προέλευσης με μητρική ένωση το ισοπρένιο ($\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{CH}=\text{CH}_2$) και βρίσκονται ιδιαίτερα στα κωνοφόρα δένδρα.

4. Αλλοιώσεις του ξύλου

Η εμφάνιση, η δομή και η χημική σύσταση του ξύλου μπορούν να αλλοιωθούν από μια ποικιλία απειλών βιολογικής, περιβαλλοντικής, χημικής και μηχανικής προέλευσης. Οι απειλές αυτές μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Σε αυτές που προέρχονται από ζωντανούς οργανισμούς (βακτήρια, μύκητες, έντομα, θαλάσσιοι οργανισμοί, τρωκτικά, πουλιά, άνθρωπος) και σε αυτές που προέρχονται από αβιοτικούς παράγοντες όπως οι απειλές περιβαλλοντικής, χημικής (φως, πυρκαγιά, υγρασία, οξέα, βάσεις, άλατα) και μηχανικής προέλευσης (ανομοιογένεια στη σύσταση και τη δομή των ινών του ξύλου μπορεί να προκαλέσουν μηχανικές τάσεις στις ξύλινες κατασκευές με αποτέλεσμα την εμφάνιση ρηγματώσεων/αποκολλήσεων ή παραμορφώσεων.

Τα συστατικά του ξύλου αποτελούν τροφή για πολλά είδη μικροοργανισμών. Τα δένδρα, όταν είναι ζωντανά, διαθέτουν μηχανισμούς εξουδετέρωσης πολλών εξ αυτών. Όταν όμως κόβονται, τότε οι περισσότεροι μηχανισμοί από αυτούς παύουν να ισχύουν και τότε το ξύλο είναι δυνατό να προσβληθεί από διάφορα είδη οργανισμών που μπορούν κάτω από ορισμένες συνθήκες να προκαλέσουν μέχρι και την ολική καταστροφή του. Υπάρχουν πολλά είδη μικροοργανισμών και εντόμων τα οποία είναι δυνατόν να επιφέρουν φθορά στο ξύλο. Ως παράδειγμα αναφέρονται οι μύκητες που μπορούν να προκαλέσουν τη μαλακή σήψη του ξύλου και να το προσβάλλουν σε ευρείες περιοχές θερμοκρασιών, υγρασίας και pH.

Στην κατηγορία απειλών από αβιοτικούς παράγοντες ανήκουν αυτές που προέρχονται από ζώντες οργανισμούς αλλά από το περιβάλλον στο οποίο φιλοξενούνται τα ξύλινα αντικείμενα ή από τα υλικά με τα οποία συνυπάρχουν. Κάθε υλικό βρίσκεται σε διαρκή σχέση εξάρτησης με το περιβάλλον που το φιλοξενεί και δε «φθίρεται» με την ίδια ταχύτητα στην προσπάθειά του να βρεθεί σε ισορροπία με το περιβάλλον που το φιλοξενεί. Πέρα από τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία του περιβάλλοντος υπάρχουν και άλλες παράμετροι ή φυσικά φαινόμενα που μπορούν να προκαλέσουν φθορές σε ένα υλικό όπως το φως (φυσικό ή τεχνητό), η ατμοσφαιρική ρύπανση, οι δονήσεις (σεισμοί), ο άνεμος για τα αντικείμενα που είναι εκτεθειμένα σε εξωτερικό περιβάλλον, η χιονόπτωση, οι κεραυνοί κ.ά. Η έκθεση ενός υλικού στις συνθήκες που επικρατούν κυρίως στο εξωτερικό περιβάλλον για μεγάλο χρονικό διάστημα, είναι δυνατόν να του προκαλέσουν ποικίλες φθορές. Οι φθορές αυτές περιγράφονται με τον όρο της αποσάθρωσης. Είναι γνωστό σε όλους ότι το ξύλο, ανεξάρτητα από την επεξεργασία που μπορεί να έχει δεχθεί κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας του, όταν βρίσκεται σε υπαίθριους χώρους, φθίρεται με μεγαλύτερη ταχύτητα. Οι



σημαντικότεροι περιβαλλοντικοί παράγοντες που εμπλέκονται στην αποσάθρωση του ξύλου είναι το νερό, η ηλιακή ακτινοβολία, η διαρκής μεταβολή της θερμοκρασίας, η βροχή, το χιόνι, τα αιωρούμενα σωματίδια και οι αέριοι ατμοσφαιρικοί ρύποι, τεχνητός φωτισμός κ.ά. Η αποσάθρωση φανερώνεται αρχικά από μια αλλαγή στο χρώμα της επιφάνειας των ξύλινων κατασκευών, Ορισμένα είδη ξύλου αναπτύσσουν, στο τελικό στάδιο της αποσάθρωσης, ένα ασημί ανοικτό-γκρι χρώμα, άλλα ένα σκούρο γκρι, ενώ υπάρχουν και περιπτώσεις όπου ο χρωματισμός μπορεί να κυμανθεί μεταξύ διαφόρων αποχρώσεων του καφέ χρώματος. Το γκρι χρώμα που αποκτά το ξύλο οφείλεται κυρίως στη διάσπαση της λιγνίνης στην ξύλινη επιφάνεια και στο υπόλειμμα κυτταρίνης που απομένει σε αυτή. Πέρα από τη μεταβολή του χρώματος των ξύλινων κατασκευών, ο συνεχής κύκλος της ύγρανσης-ξήρανσης-επανύγρανσης μπορεί να προκαλέσει ρωγμές, σκασίματα, στρεβλώσεις ή και την αποκόλληση διαφόρων συγκολλημένων μερών μιας ξύλινης κατασκευής. Ο αέρας και τα αιωρούμενα σωματίδια που μεταφέρει μπορούν να προκαλέσουν τη λείανση των ξύλινων επιφανειών με αποτέλεσμα τη σταδιακή φθορά των λεπτομερειών της κατασκευής. Επίσης η υπεριώδης ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει τη φθορά της δομής της επιφάνειας.

Με βάση τη σοβαρότητα των επιπτώσεων που έχουν οι διάφορες απειλές για τη διατήρηση των ξύλινων κατασκευών, οι σημαντικότερες απειλές είναι βιολογικής προέλευσης, ακολουθούν οι απειλές περιβαλλοντικής προέλευσης και τελευταίες είναι οι απειλές χημικής προέλευσης. Με βάση όμως την ταχύτητα της φθοράς του ξύλου η σειρά ταξινόμησης των απειλών αλλάζει με σημαντικότερες τις χημικές και στη συνέχεια οι περιβαλλοντικές και οι βιολογικές.

5. Τα συντηρητικά του ξύλου

Τα συντηρητικά του ξύλου περιλαμβάνουν πολλές χημικές ουσίες οι οποίες χρησιμοποιούνται για να καταστήσουν το ξύλο λιγότερο ευαίσθητο στις διάφορες απειλές με στόχο την αύξηση της φυσικής διάρκειάς του. Μπορούν να ταξινομηθούν σε μυκητοκτόνα, εντομοκτόνα, εξειδικευμένα σκευάσματα κατά της μούχλας, προστατευτικές ουσίες για την αντιμετώπιση της υπεριώδης ακτινοβολίας, της υγρασίας κ.ά. Οι πιο γνωστές ενώσεις που χρησιμοποιούνται ως συντηρητικά ξύλου είναι αυτές του χρωμίου, χαλκού, ψευδαργύρου και αρσενικού, οξείδια χρωμίου, χαλκού και βορίου, άλατα χρωμίου, ψευδαργύρου, χλωρίου, αρσενικού, βορίου, φθορίου, ο βόρακας ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), διάφορα διαλύματα γαλαζόπετρας, διχρωμικού καλίου και πεντοξειδίου του αρσενικού, η πενταχλωροφαινόλη κ.ά.

Πίνακας 3. Ανόργανες και οργανικές ουσίες που έχουν χρησιμοποιηθεί για την απολύμανση/καταπολέμηση της προσβεβλημένης ξυλείας από έντομα

Ανόργανες και οργανικές ουσίες που έχουν χρησιμοποιηθεί για την απολύμανση/καταπολέμηση της προσβεβλημένης ξυλείας από έντομα	
Ένωση	Χημικός τύπος
Ανόργανες ενώσεις	
Διοξείδιο του θείου	SO_2
Διοξείδιο του άνθρακα	CO_2
Άζωτο	N_2
Υδροκυάνιο	HCN
Φωσφίνη	PH_3
Σουλφουρυλοφθορίδιο	SO_2F_2



Αργό	Ar
Οργανικές ενώσεις	
Διθειάνθρακας	CS ₂
Τετραχλωρομεθάνιο	CCl ₄
Μεθυλοβρωμίδιο (βρωμο-μεθάνιο)	CH ₃ Br
Αιθυλενοξείδιο (ή 1,2-εποξυαιθάνιο)	C ₂ H ₄ O
Φορμαλδεΐδη	H ₂ C=O

Η πλειονότητα των πλέον διαδεδομένων ουσιών/διαλυμάτων που έχουν χρησιμοποιηθεί ιστορικά ως συντηρητικά του ξύλου και η χρήση τους συνεχιζόταν μέχρι και πρόσφατα, έχουν πλέον αποδειχθεί ότι είναι εξαιρετικά επικίνδυνα τόσο για το περιβάλλον όσο και για την ανθρώπινη υγεία και η χρήση τους σήμερα διέπεται είτε από πολύ αυστηρούς κανόνες κατά την εφαρμογή τους ή έχει απαγορευτεί εντελώς. Τα τελευταία χρόνια γίνεται μεγάλη έρευνα γιατί υπάρχουν αρκετές ενδείξεις ότι ορισμένα από τα ευρέως χρησιμοποιούμενα συντηρητικά ξύλου απελευθερώνονται στο περιβάλλον, προκαλώντας σοβαρά προβλήματα ακόμα και για την ανθρώπινη υγεία. Σε γενικές γραμμές σήμερα, υπάρχει σε διεθνές επίπεδο μια τάση να απαγορεύεται/περιορίζεται η χρήση συντηρητικών ξυλείας που περιέχουν ενώσεις του αρσενικού και του χρωμίου ενώ προωθείται και η χρήση συντηρητικών ξυλείας που περιέχουν ενώσεις του χαλκού και βορίου. Η σύγχρονη επεξεργασία του ξύλου γίνεται κάτω από αυστηρά ελεγχόμενες εργοστασιακές συνθήκες και το ξύλο διαθέτει πλέον εργοστασιακή εγγύηση ως υλικό. Επίσης οι βιομηχανίες ενημερώνουν τους πελάτες τους, μέσω σήμανσης, για τα συντηρητικά με τα οποία είναι επεξεργασμένη η ξυλεία τους.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Dilruba, Sh., & Okada, F. (2014). *Conservation and Restoration of Archaeological Excavated Wooden Artifacts of Japan*.
- Dorge, V., & Carey - Howlett, F. (1998). *Painted Wood: History and Conservation*. The Getty Conservation Institute.
- Herman, K. (1987). *Conservation and Restoration of Works of Art and Antiquities, vol. 1*. Butterworth-Heinemann.
- Hunt, D. (2012). Properties of wood in the conservation of historical wooden artifacts, *Journal of Cultural Heritage*, 13(3), S10-S15. Elsevier.
- McGiffin, R. F. (1983). *Furniture Care and Conservation*. American Association for State and Local History.
- Sandwith, H., & Stainton, Sh. (1986). *The National Trust Manual of Housekeeping*. USA: Penguin Books.
- Smith, Cl. (Ed.). (n.d.). *Wood: Conservation and Preservation*. In *Encyclopedia of Global Archaeology*. London: Springer
- Unger, A. P., & Schniewind, W. (2001). *Conservation of Wood Artifacts”, A Handbook*. London: Springer.
- Παυλογεωργάτος, Γ. (2012). *Το ξύλο. Τα υλικά της πολιτιστικής κληρονομιάς*. Αθήνα: Προπομπός.

