

## **Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ ΩΣ ΒΑΣΙΚΟ ΔΟΜΙΚΟ ΥΛΙΚΟ**

**Όνομα Φοιτητή**

**ΜΑΘΗΜΑ:**

**Διδάσκων:**

**Αθήνα 2015**

**ΑΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ**

**Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών**

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/Η κάτωθι υπογεγραμμένος Καπραβέλος Βασίλειος ,του

.....φοιτητής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Α.Ε.Ι Πειραιά Τ.Τ, πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε, ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα, σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονείμει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασή της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση Π.Ε με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε πρέπει να ολοκληρώσει εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού 6μήνου από την ημερομηνία ανάθεσής της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18. παρ.5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού».

Ο Δηλών

Ημερομηνία

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|  |    |
|--|----|
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....  | 4  |
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ .....  | 5  |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....   | 8  |
| 1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ .....  | 10 |
| 2 ΤΟ ΞΥΛΟ ΩΣ ΔΟΜΙΚΟ ΥΛΙΚΟ.....   | 14 |
| 2.1 Είδη ξυλείας.....  | 14 |
| 2.2 Χαρακτηριστικά δομικής ξυλείας.....  | 19 |
| 3 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΕΓΕΡΣΗΣ ΠΟΛΥΟΡΟΦΩΝ ΞΥΛΙΝΩΝ<br>ΚΤΙΡΙΩΝ .....  | 28 |
| 3.1 Συμβατική κατασκευή .....  | 28 |
| 3.1.1 Κατασκευή με ξύλινο φέροντα σκελετό .....  | 29 |
| 3.1.2 Κατασκευή με ξύλινη φέρουσα τοιχοποιία – κορμόσπιτο (log house)<br>36  |    |
| 3.2 Χρήση προκατασκευασμένων ξύλινων στοιχείων .....   | 39 |
| 3.2.1 Κατασκευή από προκατασκευασμένα ξύλινα πλαίσια (Timber Framed<br>House) 39   |    |
| 3.2.2 Κατασκευή από προκατασκευασμένα φέροντα Panels.....  | 42 |
| 3.3 Κατασκευή με Διπλό Δομικό Σύστημα – Φέρουσα λιθοδομή στο ισόγειο<br>και ξύλινο χωρικό πλαίσιο στους ορόφους που καταλήγει στο ισόγειο σε ξύλινα<br>υποστυλώματα (Παραδοσιακά Κτίρια Λευκάδας)..... | 49 |
| 3.4 Θερμομόνωση.....   | 50 |
| 3.5 Ηχομόνωση.....   | 51 |
| 3.6 Πυροπροστασία .....  | 51 |
| 3.7 Ανθεκτικότητα στο χρόνο .....  | 53 |
| 3.8 Ξύλο και περιβάλλον .....  | 54 |
| 3.9 Κόστος ανέγερσης .....   | 55 |
| 4 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ .....  | 57 |
| 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....   | 59 |

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

|   |    |
|---|----|
| Πίνακας 1: Δεδομένα πρόσφατων σεισμών στην Β. Αμερική.....  | 33 |
| Πίνακας 2: Σύγκριση κόστους κατασκευής ξύλινων προκατασκευασμένων κατοικιών με αντικολλητό κορμό και με τμήμα κορμού – τοιχοποιία (panels)..... | 56 |

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

|  |    |
|--|----|
| Εικόνα 1: Πανοραμική τρισδιάστατη απεικόνιση του Ανακτόρου της Κνωσσού .....                                     | 10 |
| Εικόνα 2: Επιμέρους τρισδιάστατη απεικόνιση του Ανακτόρου της Κνωσσού.....                                       | 10 |
| Εικόνα 3: Τα πολύθυρα αριστερά και δεξιά στην αίθουσα του Θρόνου του Ανακτόρου της Κνωσσού διαχέουν το φως. .... | 11 |
| Εικόνα 4: Ξύλινα δοκάρια και θύρες του Ανακτόρου της Κνωσσού .....   | 11 |
| Εικόνα 5: Προοπτική αναπαράσταση του κυρίως Παρθενώνα από ΒΔ.....  | 11 |
| Εικόνα 6: Ξύλινη οροφή του κυρίως Παρθενώνα, όπου διακρίνονται εννέα φατνώματα. ....                             | 11 |
| Εικόνα 7: Παλιά Ραιδεστός (σημερινή Τεκριντάγ) στην ανατολική Θράκη.....   | 12 |
| Εικόνα 8: Σοκάκι στο Cerrahpaşa στην Κωνσταντινούπολη.....   | 12 |
| Εικόνα 9: Sanya Nanshan Treehouse Resort Institute, Sanya, China.....  | 12 |
| Εικόνα 10: Πόλη Colmar, “η μικρή Βενετία “ της Αλσατίας, Γαλλία .....  | 12 |
| Εικόνα 11: Πόλη Hallstatt στην Άνω Αυστρία, μνημείο παγκόσμιας κληρονομιάς της UNESCO.....                       | 12 |
| Εικόνα 12: Nanchan Temple.....   | 13 |
| Εικόνα 13: Dougong .....   | 13 |
| Εικόνα 14: Η παλαιότερη και ψηλότερη ξύλινη παγόδα στην επαρχία Γκινγκσιάν της Κίνας .....                       | 13 |
| Εικόνα 15: Φινλανδική κατοικία από κορμούς δέντρων .....   | 13 |
| Εικόνα 16: Ξύλινη κατοικία στην περιοχή Amatsciems στη Λετονία.....  | 13 |
| Εικόνα 17: Απαραίτητη η ειδική σήμανση για κάθε ξύλινο μέλος. ....   | 25 |
| Εικόνα 18: Σύστημα δοκού επί στύλου .....  | 29 |
| Εικόνα 19: Σύστημα δοκού επί στύλου λεπτομέρεια σύνδεσης.....  | 29 |
| Εικόνα 20: Ανοίγματα και διαφάνεια στο σύστημα δοκού επί στύλου.....   | 30 |
| Εικόνα 21: Σύστημα με ελαφρύ και πυκνό ξύλινο σκελετό σε φάση κατασκευής Α’                                      | 30 |
| Εικόνα 22: Σύστημα με ελαφρύ και πυκνό ξύλινο σκελετό σε φάση κατασκευής Β’                                      | 31 |
| Εικόνα 23: Σύστημα με ελαφρύ και πυκνό ξύλινο σκελετό ολοκληρωμένης κατασκευής .....                             | 31 |
| Εικόνα 24: Κατασκευαστικές λεπτομέρειες “συστήματος πλατφόρμας” σε σύγκριση με το “σύστημα κλωβού” .....         | 32 |
| Εικόνα 25: Βιοκλιματικό Κολυμβητήριο Παλλήνης.....   | 34 |

|   |    |
|---|----|
| Εικόνα 26: Βιοκλιματικό Κολυμβητήριο Παλλήνης, λεπτομέρεια οροφής .....   | 34 |
| Εικόνα 27: Κεντρικά γραφεία της Tamedia AG, φάση κατασκευής (επταόροφη ξύλινη κατασκευή).....                                     | 35 |
| Εικόνα 28: Κεντρικά γραφεία της Tamedia AG, διπλή πρόσοψη και ενώσεις κατακόρυφων και οριζόντιων ξύλινων φερόντων στοιχείων ..... | 35 |
| Εικόνα 29: Κεντρικά γραφεία της Tamedia AG, συνδέσεις μελών με ξύλινα αγκύρια .....   | 36 |
| Εικόνα 30: Κεντρικά γραφεία της Tamedia AG, συνδέσεις μελών, σύστημα διπλών - ενωμένων στα άκρα των ανοιγμάτων δοκών.....         | 36 |
| Εικόνα 31: “Mercer Court” στο Πανεπιστήμιο της Washington (Timber – frame)....  | 36 |
| Εικόνα 32: Χριστιανική εκκλησία στο νησί Kizhi Pogost στη Ρωσία (1714) (Log house).....   | 36 |
| Εικόνα 33: Διάφοροι τρόποι συναρμογής τοίχων σε κορμόσπιτα.....   | 37 |
| Εικόνα 34: Κορμοκαλύβα (Log cabin) .....  | 38 |
| Εικόνα 35: Κορμόσπιτο (Log house).....  | 38 |
| Εικόνα 36: “Χειροποίητο” κορμόσπιτο (Handcrafted log house) .....   | 38 |
| Εικόνα 37: “Επεξεργασμένο” κορμόσπιτο (Milled or machine – profiled log house) .....  | 38 |
| Εικόνα 38: Ξενοδοχείο Prechtthof, Altenbach, Αυστρία.....   | 39 |
| Εικόνα 39: The Lodge Treehouse .....  | 39 |
| Εικόνα 40: New Zealand's Whimsical Yellow Treehouse Restaurant Towers Above The Redwood Forest.....                               | 39 |
| Εικόνα 41: Κατασκευή από προκατασκευασμένα ξύλινα πλαίσια (Timber Framed House).....  | 40 |
| Εικόνα 42: “The Marselle”, Seattle, USA .....   | 40 |
| Εικόνα 43: The Strandparken apartment building, στην όχθη του ποταμού Bällstaviken.....   | 41 |
| Εικόνα 44: The Strandparken apartment building, πρόσοψη από ακατέργαστες σανίδες κέδρου.....                                      | 41 |
| Εικόνα 45: The Strandparken apartment building, το πρώτο οκταόροφο κτίριο της Στοκχόλμης.....                                     | 41 |
| Εικόνα 46: SIP Panel .....  | 43 |
| Εικόνα 47: Μεγάλα SIP Panels εγκατεστημένα με γερανό.....   | 43 |
| Εικόνα 48: CLT (Cross - Laminated Timber Panels) .....  | 44 |

|   |    |
|---|----|
| Εικόνα 49: Open Academy Norwich, Αγγλία .....   | 44 |
| Εικόνα 50: The Stadthaus, Hoxton, Λονδίνο.....  | 44 |
| Εικόνα 51: Οικία Μαμαλούκα, Λευκάδα, κύρια όψη επί της οδού Άγγελου<br>Σικελιανού.....    | 49 |
| Εικόνα 52: Οικία Μαμαλούκα, Λευκάδα, λεπτομέρεια δόμησης τοιχοποιίας.....                 | 49 |
| Εικόνα 53: Πλήρωση του ξύλινου πλαισίου με πλινθόκτιστη τοιχοποιία.....                   | 49 |
| Εικόνα 54: Το διπλό δομικό σύστημα .....  | 50 |
| Εικόνα 55: Σχηματική θεμελίωση των λιθόκτιστων παραδοσιακών κτιρίων της<br>Λευκάδας ..... | 50 |
| Εικόνα 56: Ξύλο προσβεβλημένο από μύκητες.....  | 53 |
| Εικόνα 57: Ξύλο προσβεβλημένο από έντομα .....  | 53 |

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χρήση της δομικής ξυλείας είναι ευρέως διαδεδομένη από αρχαιοτάτων χρόνων. Στην Ελλάδα η χρήση της ξυλείας ως δομικού υλικού, παρά τη μείωση που υπέστη με την εμφάνιση και ευρεία υιοθέτηση του οπλισμένου σκυροδέματος ως βασικού δομικού υλικού και στη συνέχεια την είσοδο και του χάλυβα στο προσκήνιο, κερδίζει συνεχώς περισσότερο έδαφος.

Τα σπίτια με ξύλο – συμβατικής κατασκευής ή προκατασκευασμένα - έχουν αρχίσει να κάνουν πλέον αισθητή την παρουσία τους και στην Ελλάδα, κυρίως σε ορεινές περιοχές, με αρκετή καθυστέρηση αλλά και διστακτικότητα σε σχέση με άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Ως βασικές αιτίες για τη χαμηλή προτίμηση του ξύλου ως υλικού κατασκευής κατοικίας στην Ελλάδα αναφέρονται χαρακτηριστικά ο φόβος συμπεριφοράς του υλικού σε περίπτωση πυρκαγιάς, η έλλειψη τεχνογνωσίας σε μελετητικό επίπεδο, αλλά και σε κατασκευαστικό, που σε συνδυασμό με την απουσία αντίστοιχης εμπειρίας πάνω σε εισαγόμενο πολλές φορές υλικό οδήγησε σε αρκετές κακοτεχνίες [Πηγή 1]. Επίσης σε αυτό συνετέλεσε και η ευρέως διαδεδομένη κοινή γνώμη αναφορικά με το ξύλο ως “παλιού και ξεπερασμένου” δομικού υλικού, κυρίως λόγω άγνοιας ή μη επαρκούς πληροφόρησης, η οποία επηρεάζει ουσιαστικά την αντίστοιχη ζήτηση ξύλινων κατασκευών.

Παρόλα αυτά το ξύλο έχει κατοχυρωθεί σήμερα ως ένα από τα τρία βασικά χρησιμοποιούμενα δομικά υλικά, εκ των οποίων τα άλλα δύο είναι το οπλισμένο σκυρόδεμα και ο χάλυβας. Μεταξύ αυτών των υλικών η ξυλεία αποτελεί το μόνο φυσικό υλικό αναπαραγόμενο από τη φύση, με ελάχιστη ως μηδαμινή δαπάνη ενέργειας για την παραγωγή και επεξεργασία του ως δομικό υλικό. Για τον ίδιο λόγο η παραγωγή και η χρήση της ξυλείας προκαλεί ασύγκριτα μικρότερη ρύπανση της ατμόσφαιρας από τα άλλα δύο υλικά [Πηγή 2].

Σε άλλες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στο πλαίσιο της Αειφόρου ή Βιώσιμης Ανάπτυξης, η οργανωμένη και πολιτικά υποστηριζόμενη χρήση της ξυλείας επιτρέπει μια ορθολογική χρήση των δασών, υποβοηθώντας τόσο την προστασία όσο και την ανάπτυξή τους. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι για κάθε δένδρο που κόβεται, φυτεύονται 1.4 δένδρα, κάτι που θα μπορούσε να εφαρμοστεί κάλλιστα και στην Ελλάδα [Πηγή 2].



Η υπεροχή του ξύλου ως μονωτικού υλικού και η αντοχή του στο χρόνο, η οποία εάν εξουδετερωθεί ο βιολογικός παράγοντας – κάτι άνετα εφικτό σήμερα – υπολογίζεται σε αιώνες, συνιστούν μία ανοδική πορεία στο ρόλο του ως βασικού δομικού υλικού. Σε αυτό συνάδουν τόσο το μειωμένο κόστος μιας ξύλινης κατασκευής έναντι μιας συμβατικής όσο και ο μειωμένος χρόνος για την κατασκευή και παράδοσή της. Επίσης είναι εντυπωσιακό και καθόλου τυχαίο το γεγονός ότι συχνά είτε επενδύονται τα άλλα δομικά υλικά – οπλισμένο σκυρόδεμα και χάλυβας – με ξύλο είτε γίνεται προσπάθεια απομίμησης άλλων (π.χ. αλουμινίου) της επιφάνειάς τους ως ξύλινης. Είναι αδιαμφισβήτητη η πλήρης ουσιαστική και αισθητική εναρμόνισή του με το φυσικό περιβάλλον, προσφέροντας ιδανική λύση για χρήση σε εξοχική κατοικία και όχι μόνο.

Αξίζει να σημειωθεί πως για την κατασκευή ξύλινης κατοικίας απαιτείται άδεια από την Πολεοδομία επομένως υποβάλλεται κανονικά και αρχιτεκτονική και στατική μελέτη.

## 1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Το ξύλο κυριαρχούσε ως υλικό κατά την αρχαιότητα. Τα αγάλματα στην αρχαία Αίγυπτο και αρχικά στην Αρχαία Ελλάδα ήταν ξύλινα. Χαρακτηριστικά αναφέρεται το χρυσελεφάντινο άγαλμα του Δία ύψους 12.40m , έργο του Φειδία από ξύλο εβένου (ξύλινος πυρήνας επί του οποίου προσαρμόστηκαν ελάσματα χρυσού και ελεφαντόδοντο), το οποίο θεωρείται ένα από τα επτά θαύματα του αρχαίου κόσμου [Πηγή 3].

Ευρέως διαδεδομένη από αρχαιοτάτων χρόνων είναι και η χρήση της δομικής ξυλείας, αφού η οικοδομική δραστηριότητα του ανθρώπου στηρίχθηκε σε υλικά που ήταν διαθέσιμα στη φύση, όπως η πέτρα, το χώμα και το ξύλο. Το τελευταίο απαντάται σε πρωταγωνιστικό ρόλο σε όλες τις περιόδους της ελληνικής αρχιτεκτονικής. Κατά κόρον χρησιμοποιείται και στη ναυπηγική. Η προστασία του ξύλου ήταν γνώστη από τους αρχαίους χρόνους, π.χ. πίσσα, και άσφαλτος, αν και η μεταξύ τους διάκριση όχι πάντοτε σαφής.



**Εικόνα 1: Πανοραμική τρισδιάστατη απεικόνιση του Ανακτόρου της Κνωσού**

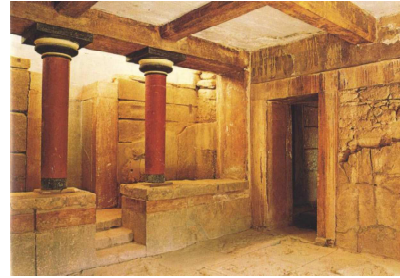
**Εικόνα 2: Επιμέρους τρισδιάστατη απεικόνιση του Ανακτόρου της Κνωσού**

Εξαιρετικό δείγμα εφαρμογής του ξύλου ως κύριου δομικού υλικού αποτελούν τα κτίρια της Μινωικής εποχής (3000 – 1450 π.Χ.) στην Κρήτη. Οι Μινωίτες κατασκευάζουν αντισεισμικά πολώροφα κτίρια με πολλαπλά και τεράστια ανοίγματα, με ψηλές και μεγάλες αίθουσες, δομικό σύστημα το οποίο παραπέμπει στον 20ο αιώνα (Εικ. 1, 2). Πιο συγκεκριμένα το βασικό τους σύστημα είναι μεικτό, με συνεργασία πέτρας και ξύλου. Η χρήση ξύλινων Πεσσών (ορθογωνικών υποστυλωμάτων) αντί λαξευτών στα τρισδιάστατα ξύλινα πλαίσια γύρω από τα ανοίγματα των τεράστιων παραθύρων και κυρίως των πολυθύρων (ονομασία ερευνητών στο δομικό σύστημα με ξύλινο σκελετό πολλών ανοιγμάτων θυρών στα

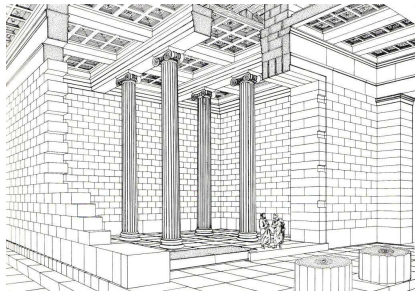
κτίρια της μινωικής εποχής) (Εικ. 3,4), υπαγορεύεται από την ανάγκη έκφρασης μιας πολυώροφης διάτρητης αρχιτεκτονικής, εντυπωσιακής και μοντέρνας, με πολλά ανοίγματα όχι μόνο στους ορόφους, αλλά κυρίως στο ισόγειο σε μια έντονα σεισμογενή περιοχή [Πηγή 3].



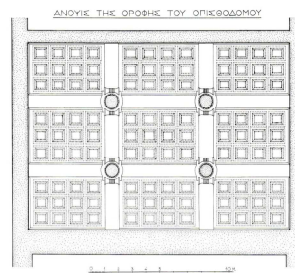
**Εικόνα 3:** Τα πολύθυρα αριστερά και δεξιά στην αίθουσα του Θρόνου του Ανακτόρου της Κνωσού διαχέουν το φως.



**Εικόνα 4:** Ξύλινα δοκάρια και θύρες του Ανακτόρου της Κνωσού



**Εικόνα 5:** Προοπτική αναπαράσταση του κυρίως Παρθενώνα από ΒΑ.



**Εικόνα 6:** Ξύλινη οροφή του κυρίως Παρθενώνα, όπου διακρίνονται εννέα φατνώματα.

Κατά τους αρχαϊκούς χρόνους, αλλά και στους κλασικούς και τους μετέπειτα χρόνους, ναοί, στοές, οικίες κατασκευάζονταν εξ ολοκλήρου ή εν μέρει από ξύλο. Αλλά ακόμη και όταν τα κτίσματα ήταν πλίνθινα ή λίθινα και πάλι το ξύλο χρησιμοποιούνταν σε ορισμένα μέρη, όπως στις θεμελιώσεις, τις ξυλοδεσιές, τα πατώματα, τις πόρτες, τα παράθυρα, τις οροφές, τις στέγες κλπ. Ως εντυπωσιακό δείγμα ξύλινης στέγης παρατίθεται η οριζόντια οροφή του κυρίως ναού (σηκού) και του κυρίως Παρθενώνα (οπισθόδομος) (Εικ. 5, 6), ύψους 13.19m.

Αξιοσημείωτη είναι η χρήση ξύλινων συνδέσμων (γόμφων) από ξύλο αγριελιάς και κέδρου για αντισεισμική προστασία, για την κατακόρυφη σύνδεση των επιμέρους σφονδύλων των κιόνων των ναών (Παρθενώνας, ναός του Απόλλωνα στη Δήλο, βωμός της Ήρας στη Σάμο κ.α.). Οι ξύλινοι γόμφοι μολυβδοχοούνται, δηλ.

περιβάλλονται με μολύβι σε υγρή μορφή, για να στεγανοποιείται το ξύλο και να προστατεύεται από μύκητες και έντομα [Πηγή 3].

- Στους επόμενους αιώνες η παρουσία του ξύλου συνεχίζει να είναι κυρίαρχη στην οικοδομική δραστηριότητα της Ελλάδας και όχι μόνο. Χαρακτηριστικά απομεινάρια μιας αλλοτινής εποχής ξύλινα σπίτια διατηρούνται (ή καλύτερα στέκονται για λίγο πιθανόν ακόμη) στην Κωνσταντινούπολη (Εικ. 7), ολόκληρο το Βόσπορο και ολόκληρη την Προποντίδα (Εικ. 8), αλλά και στη Θράκη και τη Λέσβο. Σήμερα η πλέον γνωστή περίπτωση είναι η κατασκευή σπιτιών από πέτρα και ξύλο (ως οριζόντιες ξυλοδεσιές), πλίνθους και ξύλο στα ελληνικά νησιά και στην ηπειρωτική Ελλάδα [Πηγή 6: Ιστοσελίδα: [http://library.tee.gr/digital/m2464/m2464\\_ec5\\_1\\_1.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2464/m2464_ec5_1_1.pdf), ΤΕΕ - Εκπαιδευτικά Σεμινάρια Ευρωκωδίκων, EN 1995-1-1, Ευρωκώδικας 5, “Σχεδιασμός ξύλινων κατασκευών”, Μέρος 1-1, Γενικοί κανόνες και κανόνες για κτίρια
- Πηγή 7: Ιστοσελίδα: [http://www.academia.edu/4725485/%CE%9A%CE%B1%CF%84%CE%B7%CE%B3%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%B5%CF%82\\_%CE%BA%CE%B1%CE%B9\\_%CE%B5%CE%AF%CE%B4%CE%B7\\_%CE%BE%CF%85%CE%BB%CE%B5%CE%AF%CE%B1%CF%82](http://www.academia.edu/4725485/%CE%9A%CE%B1%CF%84%CE%B7%CE%B3%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%B5%CF%82_%CE%BA%CE%B1%CE%B9_%CE%B5%CE%AF%CE%B4%CE%B7_%CE%BE%CF%85%CE%BB%CE%B5%CE%AF%CE%B1%CF%82), “Κατηγορίες και είδη ξυλείας”, Αθαν. Καλλιγέρης MSc, Αθήνα 2012
- Πηγή 8: Ιστοσελίδα: <http://www.houzz.com/ideabooks/11852348/list/know-your-house-post-and-beam-construction-basics>, Άρθρο “Know your house: Post and Beam Construction Basics”, Bud Dietrich, AIA, Architect

Πηγή 4].



**Εικόνα 7: Παλιά Ραιδεστός (σημερινή Τεκριντάγ) στην ανατολική Θράκη**

**Εικόνα 8: Σοκάκι στο Cerrahpaşa στην Κωνσταντινούπολη**

**Εικόνα 9: Sanya Nanshan Treehouse Resort Institute, Sanya, China**





**Εικόνα 10: Πόλη Colmar, “η μικρή Βενετία” της Αλσατίας, Γαλλία**



**Εικόνα 11: Πόλη Hallstatt στην Άνω Αυστρία, μνημείο παγκόσμιας κληρονομιάς της UNESCO**

Αλλά και σε άλλες χώρες σε παγκόσμιο επίπεδο απαντώνται ξύλινες κατοικίες, είτε πρόκειται για δεντρόσπιτα (Εικ. 9) είτε ως απόηχοι άλλων καιρών και σημερινά τουριστικά θέρετρα, όπως η πόλη Colmar, η “μικρή Βενετία” όπως την αποκαλούν λόγω των πολυάριθμων καναλιών της, μια από τις πιο όμορφες πόλεις της Αλσατίας στη Γαλλία (Εικ. 10) και η πόλη Hallstatt στην Άνω Αυστρία, μνημείο παγκόσμιας κληρονομιάς της UNESCO (Εικ. 11).

Στην Κινέζικη αρχιτεκτονική επίσης χρησιμοποιείται το ξύλο ως φέρων οργανισμός και κυρίως η τεχνική της αμφιέριστης δοκού και του dougong (χαρακτηριστικό ξύλινο υποστήριγμα, Εικ. 13) όπως ο Nanchan Temple (Εικ. 12), το αρχαιότερο σωζόμενο ξύλινο κτίριο της Κίνας και η παλαιότερη σωζόμενη (χτισμένη το 1056) και ψηλότερη (ύψους 70m) ξύλινη παγόδα στην επαρχία Γινγκσιάν της Κίνας (Εικ. 14).



**Εικόνα 12: Nanchan Temple**



**Εικόνα 13: Dougong**



**Εικόνα 14: Η παλαιότερη και ψηλότερη ξύλινη παγόδα στην επαρχία Γινγκσιάν της Κίνας**

Παραδοσιακές κατασκευές ξύλινων κατοικιών από κορμούς κωνοφόρων σε στρόγγυλη μορφή ή σε ορθογωνισμένη τετράγωνη μορφή (κορμοκατοικίες) κατασκευάζονται σε πολλές χώρες της Κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης, όπως στη Φινλανδία (Εικ. 15) και στην Λετονία (Εικ. 16).



**Εικόνα 15: Φινλανδική κατοικία από κορμούς δέντρων**



**Εικόνα 16: Ξύλινη κατοικία στην περιοχή Amatsciems στη Λετονία**

## 2 ΤΟ ΞΥΛΟ ΩΣ ΔΟΜΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

### 2.1 Είδη ξυλείας

Το ξύλο αποτελεί ένα ευρέως διαδεδομένο υλικό από αρχαιοτάτων χρόνων. Λόγω της λιγνοκυτταρικής του σύστασης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για την παραγωγή ενός μεγάλου πλήθους προϊόντων. Τα προϊόντα αυτά, ανάλογα με τη διαδικασία που ακολουθείται για την παραγωγή τους, μπορούν να καταταχθούν στις εξής τρεις κατηγορίες [Πηγή 5]:

#### i. Προϊόντα Μηχανικής Κατεργασίας

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται τα προϊόντα στα οποία διατηρείται η φυσική δομή του ξύλου και τα οποία παράγονται με τεμαχισμό του ξύλου με πριόνι ή μαχαίρι. Στα προϊόντα αυτά ανήκουν η πριστή ξυλεία, τα παρκέτα, τα ξυλόφυλλα κ.ά.

#### ii. Σύνθετα ή Συγκολλημένα Προϊόντα

Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται προϊόντα που παράγονται με συγκόλληση, κυρίως κατόπιν προσθήκης συνθετικών ρητινών (συγκολλητικών ουσιών) και στα οποία μπορεί να έχει μεταβληθεί η φυσική δομή του ξύλου αλλά διατηρείται η χημική δομή του. Τέτοια προϊόντα είναι τα αντικολλητά, οι μοριόπλακες, οι ινόπλακες κ.ά.

#### iii. Προϊόντα Χημικής Κατεργασίας

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα προϊόντα που παράγονται με την επίδραση χημικών αντιδραστηρίων και στα οποία έχει μεταβληθεί και η χημική δομή του ξύλου. Εδώ περιλαμβάνονται το χαρτί, οι συνθετικές ίνες, τα πλαστικά κ.ά.

Τα διάφορα είδη προϊόντων ξύλου αναφέρονται ενδεικτικά ακολούθως [Πηγή 5]:

#### 1. Στύλοι – πάσσαλοι (*Posts – Piles*)

Είναι προϊόντα στα οποία διατηρείται η κυλινδρική μορφή του κορμού.

## 2. Πριστή ξυλεία (*Sawnwood, Sawn boards, Lumber*)

Είναι η ξυλεία που παράγεται με τεμαχισμό των κορμοτεμαχίων με πριόνι, σε μεγέθη κατάλληλα για χρήση στην οικοδομική, ξυλουργική κλπ. και πάχος πάνω από 5 mm.

**Προϊόντα δευτερογενούς κατεργασίας της πριστής ξυλείας αποτελούν:**

### a. Στρωτήρες (*railroad ties*)

Είναι η πριστή ξυλεία που χρησιμοποιείται στην κατασκευή των σιδηροδρομικών γραμμών, μετά από κατάλληλη διαμόρφωση και προστατευτικό εμποτισμό της με πισσέλαιο.

### b. Παρκέτα (*solid wood parquet*)

Είναι τα προϊόντα που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των ξύλινων δαπέδων. Η άνω όψη τους είναι πάντοτε επίπεδη και λεία ενώ οι πλευρές τους στα μεν του κλασικού τύπου παρκέτα, διαμορφώνονται σε γλώσσες και εγκοπές για να επιτυγχάνεται μεταξύ τους καλή και σταθερή σύνδεση, στα δε παρκέτα μωσαϊκού τύπου (*mosaic*), τα οποία τοποθετούνται επάνω σε προϋπάρχον δάπεδο, είναι συνήθως επίπεδες.

### c. Ξυλεία Επενδύσεων (*wall panelling*)

Είναι η ξυλεία που χρησιμοποιείται για την επένδυση τοίχων και οροφών. Η μία όψη της (η εμφανής) σχηματίζεται με ανάλογη κατεργασία – σχεδίαση. Οι δύο κατά μήκος πλευρές διαμορφώνονται κατάλληλα για να επιτυγχάνεται η μεταξύ τους σύνδεση.

### d. Κορνίζες ή Προφίλ (*profiles*)

Είναι προϊόντα ξύλου τα οποία προορίζονται για ειδικές χρήσεις, όπως για κάλυψη των αρμών γύρω από τα κουφώματα, στις γωνίες τοίχων με ξυλεπένδυση, για διακόσμηση επίπλων κ.ά.

### e. Κιβώτια (*boxes*)

### f. Βαρέλια (*barrels*)

κ.ά.



### 3. Ξυλόφυλλα (*Veneer*)

Είναι λεπτά φύλλα ξύλου που παράγονται κυρίως με τομή του ξύλου με μαχαίρι και ανάλογα με τη μέθοδο παραγωγής τους διακρίνονται σε:

#### a. Ξυλόφυλλα περιστροφικής τομής ή εκτύλιξης (*rotary cutting, peeling veneer*)

Τα ξυλόφυλλα αυτά παράγονται συνήθως σε πάχη από 0.5 έως 6 mm περίπου και χρησιμοποιούνται κυρίως για την παραγωγή συνθέτων προϊόντων ξύλου, όπως π.χ. για την κατασκευή των αντικολλητών, των πηχοσανίδων κ.ά.

#### b. Ξυλόφυλλα παλινδρομικής τομής (*slicing veneer*)

Με τη μέθοδο αυτή παράγονται τα διακοσμητικά ξυλόφυλλα (γνωστά ως καπλαμάδες), σε πάχη από 0.05 έως 5 mm και χρησιμοποιούνται στην επένδυση των σύνθετων προϊόντων ξύλου.

### 4. Αντικολλητά (*Plywood*)

Είναι γνωστά ως “κόντρα-πλακέ” και κατασκευάζονται με την συγκόλληση, περιττού αριθμού στρώσεων ξυλοφύλλων περιστροφικής τομής, με τη διεύθυνση των ινών κάθε στρώσεως να είναι κάθετα προς τη διεύθυνση των ινών της επόμενης στρώσεως. Η χρησιμοποίηση ξυλοφύλλων από διαφορετικά πάχη ή δασοπονικά είδη πρέπει να γίνεται συμμετρικά ως προς την μεσαία στρώση του αντικολλητού.

### 5. Πηχοσανίδες ή Πλακάς (*Blockboard*)

Κατασκευάζονται όπως τα αντικολλητά αλλά ως μεσαία στρώση αντί για ξυλόφυλλο, τοποθετείται στρώση από λωρίδες (πάχους 10 – 20 mm και πλάτους 20 -30 mm) πριστής ξυλείας.

### 6. Επικολλητό ή Σύνθετο Ξύλο (*Glulam, Laminated Wood*)

Το προϊόν αυτό αποτελείται από στρώσεις πριστών ή ξυλοφύλλων που όλα έχουν συγκολληθεί μεταξύ τους με τη διεύθυνση των ινών τους παράλληλα.

### 7. Μοριόπλακες ή Μοριοσανίδες (*Particleboard*)

Είναι το προϊόν το οποίο κατασκευάζεται σε πυκνότητες από 0.4 έως 0.8 g/cm<sup>3</sup> και συνήθως σε μεγάλες επιφάνειες και ποικίλα πάχη, με θερμή συμπίεση ξυλοτεμαχιδίων, τα οποία προηγουμένως έχουν ψεκασθεί με συγκολλητική ουσία. Στο ευρύ κοινό της χώρας μας το προϊόν αυτό είναι γνωστό ως “NOVOPAN”, από την πρώτη εμπορική ονομασία του.

### 8. Τσιμεντοσανίδες (*Cement-bonded chipboards*)

Είναι δομικό προϊόν το οποίο κατασκευάζεται με συγκόλληση ξυλοτεμαχιδίων με τσιμέντο και έχει πυκνότητα περίπου 1.3 g/cm<sup>3</sup>.

### 9. Ελαφρές Δομικές Πλάκες (*Light weight building board*)

Είναι δομικό προϊόν που χρησιμοποιείται συνήθως ως μονωτικό υλικό και κατασκευάζεται από ξυλόμαλλο (μια μορφή ξυλοτεμαχιδίων) και τσιμέντο ή καυστική μαγνησία σε πυκνότητα από 0.3 – 0.5 g/cm<sup>3</sup>. Συνήθως το προϊόν αυτό το κατατάσσουν στις τσιμεντοσανίδες.

### 10. Σκληρές Ινοπλάκες (*Hardboard*)

Παράγονται μετά από πολτοποίηση του ξύλου και την υγρή στρωμάτωση του πολτού πάνω σε μεταλλικό πλέγμα και ακολούθως την υψηλή και θερμή συμπίεσή του. Συνήθως δεν προστίθεται συγκολλητική ουσία και η συνοχή του προϊόντος επιτυγχάνεται κυρίως με την πλοκή των ινών. Έχουν πυκνότητα από 0.80 – 1.20 g/cm<sup>3</sup>.

### 11. Ινοπλάκες Μέσης Πυκνότητας (*MDF, Medium Density Fiberboard*)

Παράγονται μετά από πολτοποίηση του ξύλου και ακολούθως με ξηρή στρωμάτωση και ξηρή πίεση του υλικού στο οποίο έχει προστεθεί συγκολλητική ουσία σε ποσοστό 8 – 10%. Η πυκνότητά τους κυμαίνεται από 0.70 – 0.80 g/cm<sup>3</sup>.

## 12. Μονωτικές Ινοπλάκες

Παράγονται όπως οι άλλες ινοπλάκες αλλά χωρίς πίεση εκτός από αυτήν που εφαρμόζεται για την απομάκρυνση του νερού. Έχουν πυκνότητα  $0.10 - 0.40 \text{ g/cm}^3$ .

## 13. Πολύστρωμα Ξύλινα Δάπεδα (*Engineered wood floors*)

Κατασκευάζονται από επιφανειακή στρώση πραγματικού ξύλου, συνήθως από πλατύφυλλα είδη, και από ακόμη μία ή περισσότερες συμπληρωματικές στρώσεις που προσθέτουν αντοχή και μεγάλη διαστασιακή σταθερότητα στις κλιματικές αλλαγές, η οποία μπορεί να είναι μέχρι και 70% καλύτερη από το συμπαγές ξύλο. Παράγονται σε πάχος από 7 mm (με επιφανειακή στρώση ξύλου πάχους  $< 0.7 \text{ mm}$ ) έως και 20 mm (με επιφανειακή στρώση ξύλου πάχους  $> 2.5 \text{ mm}$ ).

## 14. Σύνθετα Δάπεδα (*Laminate floors*)

Κατασκευάζονται με βάση ένα σύνθετο προϊόν ξύλου, κυρίως ινσανίδα, η άνω επιφάνεια του οποίου επενδύεται με ένα διακοσμητικό φύλλο χαρτιού και μελαμίνη, ενώ η κάτω επιφάνεια, για εξισορρόπηση, επενδύεται με ένα φύλλο χαρτιού.

## 15. Ξυλοπλάκα με μεγάλα προσανατολισμένα ξυλοτεμαχίδια (*OSB*)

Κατασκευάζεται με ξυλοτεμαχίδια μεγάλων διαστάσεων προσανατολισμένα σε ορισμένη διεύθυνση και η τεχνολογία παραγωγής της είναι παρόμοια με εκείνης των μοριοπλακών.

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 5, τα είδη ξυλείας διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με το είδος του δέντρου από το οποίο προέρχεται [Πηγή 6]. Τα δέντρα από τα οποία παράγεται η δομική ξυλεία κατατάσσονται σε:

- **Κωνοφόρα** (conifer) ή **Αειθαλή** (πεύκη, ελάτη, κυπαρίσσι, ψευδοτσούγκα (Douglas fir), pitch-pine κ.ά.) και
- **Πλατύφυλλα** (deciduous) ή **Φυλλοβόλα** (δρυς, οξιά, καστανιά, καρυδιά, σημύδα, σφενδάμι, λεύκη, μπάλσα κλπ.).

Επομένως η ξυλεία χαρακτηρίζεται αντίστοιχα ως:

- **Μαλακή ξυλεία**, όταν προέρχεται από κωνοφόρα και
- **Σκληρή ξυλεία**, όταν προέρχεται από πλατύφυλλα.

Οι ονομασίες όμως “μαλακή” ή “σκληρή” ξυλεία δεν συνεπάγονται αντίστοιχη σκληρότητα. Η ψευδοτσούγκα (Douglas fir) είναι ιδιαίτερα σκληρό ξύλο, ενώ η μπάλσα πολύ μαλακό. Για την πλειονότητα των φερόντων στοιχείων χρησιμοποιείται πριστή ξυλεία κωνοφόρων είτε ως φυσική ξυλεία είτε ως επικολλητή.

## 2.2 Χαρακτηριστικά δομικής ξυλείας

Το ξύλο είναι ένα άριστο υλικό με πολλά πλεονεκτήματα, αλλά και με μειονεκτήματα. Είναι μια ανανεώσιμη πρώτη ύλη η οποία προσφέρεται σε μια ποικιλία σχεδιάσεων και χρωμάτων, ανάλογα με το είδος του ξύλου από το οποίο προέρχεται. Είναι μονωτικό υλικό και αποτελεί την πρώτη ύλη από την οποία μπορεί ο άνθρωπος να παράγει με μηχανική ή χημική κατεργασία πάνω από 2.000 προϊόντα.

Η γνώση των ιδιοτήτων κάθε είδους ξύλου αποτελεί απαραίτητο προαπαιτούμενο για την αξιοποίησή του σε προϊόντα και κατασκευές. Οι ιδιότητες του ξύλου διακρίνονται στις εξής τρεις κατηγορίες:

### 1. Φυσικές ιδιότητες

- **η πυκνότητα**, η οποία ορίζεται ως ο λόγος της μάζας του ξηρού ξύλου που περιέχεται σε ορισμένο όγκο ξύλου. Αποτελεί το σημαντικότερο φυσικό χαρακτηριστικό του ξύλου και κυμαίνεται μεταξύ 100 έως 1200 kg/m<sup>3</sup> (στα ελληνικά ξύλα 0.3 – 0.9 kg/m<sup>3</sup>, ενώ συνήθης πυκνότητα κωνοφόρων είναι περίπου 400 kg/m<sup>3</sup>). Αξιοσημείωτο είναι ότι διαφέρει όχι μόνο σε είδη του ίδιου είδους (π.χ. διαφορετικά είδη δρυός), αλλά και σε διαφορετικά δέντρα του ίδιου είδους και σε διαφορετικές θέσεις της ξυλείας στον κορμό. Σχετίζεται στενά με τις μηχανικές ιδιότητες και συνεπώς αποτελεί σημαντικό δείκτη της ποιότητας του ξύλου.
- **η υγροσκοπικότητα**, η ιδιότητα του ξύλου να αποβάλλει ή να προσλαμβάνει υγρασία ανάλογα με τη σχετική υγρασία και θερμοκρασία του περιβάλλοντος, ώσπου να φτάσει σε μια κατάσταση ισορροπίας.

- **το ποσοστό της περιεχομένης υγρασίας του ξύλου**, το οποίο εκφράζεται ως ποσοστιαία διαβάθμιση του βάρους του νερού που περιέχεται στο ξύλο, ανηγμένο στο βάρος του ξηρού ξύλου:

$$\text{ποσοστό υγρασίας (\%)} = \frac{\text{βάρος ξύλου} - \text{βάρος ξηρού ξύλου}}{\text{βάρος ξηρού ξύλου}} \times 100$$

Όλες οι μηχανικές ιδιότητες του ξύλου εξαρτώνται από το ποσοστό υγρασίας του, όπως η παραμορφωσιμότητα, η ανθεκτικότητα στον χρόνο, η δυνατότητα επεξεργασίας, η αντίσταση σε μύκητες και έντομα, κλπ. Μεταβάλλεται ακολουθώντας τις συνθήκες του περιβάλλοντος (σχετική υγρασία και θερμοκρασία) έως ότου το ποσοστό υγρασίας του ξύλου φτάσει το ποσοστό ισορροπίας του (όχι την σχετική υγρασία του περιβάλλοντος). Η διαδικασία της προσλήψεως 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 του 25 – 30 % ανάλογα με το είδος του ξύλου. Προκαλείται αύξηση του όγκου του ξύλου.
- ❖ 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 διογκείται έως το ποσοστό υγρασίας του να φτάσει το σημείο κορεσμού.

Για την αύξηση του ποσοστού υγρασίας πάνω από το σημείο ινοκόρου πρέπει να υπάρχει άμεση διαβροχή του ξύλου. Δεν συμβαίνει εύκολα με πρόσληψη από την ατμόσφαιρα, εκτός από την περίπτωση εγκλωβισμού της υγρασίας.

Στον Ευρωκώδικα 5, η επιρροή του ποσοστού υγρασίας, όπως και η επιρροή της διάρκειας της φορτίσεως, λαμβάνονται υπόψη στον καθορισμό των τιμών σχεδιασμού των αντοχών του ξύλου, με την εισαγωγή ενός μειωτικού συντελεστή,  $k_{\text{mod}}$ ,

με τον οποίο πολλαπλασιάζονται οι χαρακτηριστικές τιμές,  $f_k$ , ώστε (και με τη διαίρεση με τον επιμέρους συντελεστή  $\gamma_M = 1.3$ ) να προκύψουν οι τιμές σχεδιασμού,  $f_d$

- **η ρίκνωση και η διόγκωση**, δηλαδή η αυξομείωση των διαστάσεων του ξυλοτεμαχίου, ανάλογα με το ποσοστό υγρασίας του. Οι διαστάσεις μεταβάλλονται ανάλογα με τη 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.

## 2. Μηχανικές ιδιότητες

Το ξύλο είναι φυσικό οργανικό υλικό με κυτταρική δομή. Αποτελείται από επιμήκη σωληνωτά κύτταρα (ινώδη κύτταρα) συνδεδεμένα μεταξύ τους στην εξωτερική τους επιφάνεια με μια κολλώδη ουσία, την λιγνίνη.

Ένα απλοποιητικό προσομοίωμα του υλικού που περιγράφει και ερμηνεύει την μηχανική συμπεριφορά του ξύλου είναι μια δέσμη από σωλήνες συγκολλημένες με κόλλα (λιγνίνη). Οι αντοχές της δέσμης αυτής για καταπόνηση παραλλήλως ως προς τους “σωλήνες” (ίνες του ξύλου) είναι πολύ υψηλότερες από τις αντίστοιχες αντοχές για καταπόνηση καθέτως προς αυτούς.

Επίσης το ξύλο, όπως όλα τα υλικά, εμφανίζει ερπυσμό. Οι ερπυστικές παραμορφώσεις καθορίζονται, εκτός από τη διάρκεια της φορτίσεως, από τις συνθήκες υγρασίας του περιβάλλοντος και μπορεί να είναι σημαντικές.

## 3. Λοιπές φυσικές ιδιότητες

Η σύνθεση και η δομή του ξύλου καθορίζουν και τις λοιπές του ιδιότητες. Διακρίνονται οι:

- **Θερμικές ιδιότητες.** Η συστολή και η διαστολή του ξύλου είναι αμελητέες κατά μήκος και κάθετα στις ίνες (υπερκαλύπτονται κατά πολύ από τη ρίκνωση και τη διόγκωση), μια σημαντική διαφορά με τις χαλύβδινες κατασκευές. Έχει μικρή θερμοαγωγιμότητα, λόγω πορώδους δομής και ειδική θερμότητα μεγαλύτερη από των μετάλλων.
- **Ακουστικές ιδιότητες.** Είναι κακός αγωγός για ήχους που παράγονται εκτός του ξύλινου στοιχείου και προσπίπτουν στην

επιφάνειά του και γι' αυτό είναι κατάλληλο για χώρους ειδικών χρήσεων και ακουστικών απαιτήσεων (π.χ. αίθουσες συναυλιών). Είναι καλός αγωγός για ήχους που παράγονται μέσα στη μάζα του ξύλινου στοιχείου γι' αυτό είναι απαραίτητη η χρήση ηχομονωτικών διατάξεων (π.χ. σε ξύλινα πατώματα).

- **Ηλεκτρικές ιδιότητες.** Το ξηρό ξύλο είναι μονωτικό υλικό. Η ηλεκτρική του αντίσταση μειώνεται με την αύξηση της υγρασίας.
- **Ποραντίσταση.** Αναφλέγεται στους 500°C περίπου, θερμοκρασία που για να επιτευχθεί σε συνήθεις διαστάσεις δομικής ξυλείας απαιτείται αρκετός χρόνος. Λόγω της κυτταρικής δομής και της θερμομονωτικής ιδιότητος της κυτταρίνης, η θερμότητα μεταδίδεται αργά στη μάζα του καιόμενου μέλους και η καύση περιορίζεται στην εκτιθέμενη επιφάνειά του. Οι υψηλές θερμοκρασίες δεν επιφέρουν μηχανική ή χημική αλλοίωση στην μη καιόμενη μάζα του ξύλου. Η απώλεια αντοχής ενός καιόμενου ξύλινου στοιχείου είναι ανάλογη της απομείωσης της διατομής του, η οποία συμβαίνει με πολύ αργούς ρυθμούς 0.50 – 0.65 mm/s. Η αντιμετώπιση της απομείωσης της διατομής του εκάστοτε ξύλινου δομικού μέλους – που είναι και η βασική βλάβη που προκαλείται από τη φωτιά – αντιμετωπίζεται είτε με επικάλυψη των μελών με αντιπυρικά υλικά υπό μορφή επιφανειακών στοιχείων είτε με απλή επαύξηση των απαιτούμενων για τη φέρουσα ικανότητα διατομών. Επειδή οι ξύλινες κατασκευές έχουν απολύτως προβλέψιμη χρονική εξέλιξη των αντοχών των μελών τους και επαρκώς προβλέψιμη της αντίστοιχης των συνδέσεων, είναι δυνατόν να υπολογιστούν με μεγάλη ακρίβεια οι απαιτούμενες διαστάσεις των ξύλινων φερόντων στοιχείων μιας κατασκευής, για τον απαιτούμενο χρόνο πυροπροστασίας.

Τυποποίηση, πρότυπα, οδηγίες, είναι έννοιες που τα τελευταία χρόνια απασχολούν τον κλάδο του ξύλου τόσο διεθνώς όσο και στη χώρα μας. Η εφαρμογή της τυποποίησης αποτελεί βασικό παράγοντα εξασφάλισης της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων. Αυτό είναι εφικτό μέσω των Ευρωπαϊκών Προτύπων (EN)

που εκπονούνται και εκδίδονται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης (CEN). Ο χαρακτηρισμός (ENV) υποδηλώνει ευρωπαϊκό προκαταρκτικό πρότυπο. Πρότυπα εκπονεί και εκδίδει επίσης ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO), ο οποίος συνεργάζεται στενά με την CEN. Χαρακτηριστικά παραθέτονται στον Πίνακα 1 μερικά από αυτά τα πρότυπα, καθώς και το αντικείμενο στο οποίο αναφέρονται [Πηγή 7].

Επιπρόσθετα, αναφορικά με τη μελέτη – σχεδιασμό ξύλινων κατασκευών υπάρχει ο Ευρωκώδικας 5 (EN 1995), συνδυαστικά με τους υπόλοιπους Ευρωκώδικες (1-8). Σύμφωνα με αυτόν γίνεται διαβάθμιση της ξυλείας ως προς τα μηχανικά χαρακτηριστικά της. Σκοπός της διαβάθμισης είναι η μετατροπή του ξύλου από φυσικό ακατέργαστο υλικό σε ανταγωνιστικό και αξιόπιστο δομικό υλικό με τη βοήθεια σύγχρονων προτύπων διαβάθμισης. Ξυλεία οποιουδήποτε συνδυασμού, είδους και προέλευσης κατατάσσεται σε κατηγορίες αντοχής, ώστε να πληρούνται κοινές απαιτήσεις για την ενιαία Ευρωπαϊκή αγορά.

Πρέπει να επισημανθεί η σημαντικότερη αλλαγή στον τρόπο βαθμονόμησης των ξύλινων δομικών στοιχείων ως προς την αντοχή. Η παρουσία των φυσικών ελαττωμάτων του ξύλου και κυρίως των ρόζων (διάταξη, θέση, αριθμός, μέγεθος) αποτελεί τον κρισιμότερο παράγοντα καθορισμού των μηχανικών του ιδιοτήτων. Η πυκνότητα (απόσταση αυξητικών δακτυλίων), αποτελεί τον επόμενο κρισιμότερο παράγοντα. Γι' αυτό το ξύλο, σε αντίθεση με τα άλλα δομικά υλικά (σκυρόδεμα, χάλυβα κλπ.), ΔΕΝ ΜΠΟΡΕΙ να διαβαθμιστεί μέσω δοκιμών, δηλαδή μικρών κομματιών ξύλου (συνήθως καθαρών από φυσικά ελαττώματα) σε εργαστήρια. Για τη φυσική ξυλεία διαβαθμίζεται όλο το δομικό μέλος όπως θα χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή, με τις πραγματικές του διαστάσεις (τελική διατομή και μήκος), μέσω οπτικής ή / και μηχανικής διαβάθμισης. Για την επικολλητή ξυλεία διαβαθμίζονται οι στρώσεις του ξύλου που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή ενός δομικού στοιχείου. Πρόσφατα έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται και μέθοδοι διαβάθμισης με τη χρήση υπερήχων [Πηγή 6].



Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά πρότυπα και αντικείμενο αναφοράς τους

| <b>ΠΡΟΤΥΠΟ</b>      | <b>ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ</b>  |
|---------------------|--|
| <b>EN 113</b>       | Συντηρητικά ξύλου – Μέθοδος ελέγχου για τον προσδιορισμό της αποτελεσματικότητας της προστασίας από τους καταστρεπτικούς για το ξύλο βασιδιομύκητες – Προσδιορισμός των τοξικών δόσεων.  |
| <b>EN 320</b>       | Ινοπλάκες – Προσδιορισμός της ανθεκτικότητας σε αξονική υποχώρηση βιδών.   |
| <b>EN 350-1</b>     | Ανθεκτικότητα του ξύλου και προϊόντων με βάση το ξύλο – Φυσική ανθεκτικότητα συμπαγούς ξύλου – Μέρος 1: Οδηγός ως προς τις αρχές ελέγχου και ταξινόμησης της φυσικής ανθεκτικότητας του ξύλου.   |
| <b>EN 408</b>       | Δομές ξυλείας – Δομική ξυλεία και συγκολλητή ξυλεία – Προσδιορισμός ορισμένων φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων.   |
| <b>EN 717-1</b>     | Ξυλόπλακες με βάση το ξύλο – Προσδιορισμός απελευθέρωσης φορμαλδεΐδης – Μέρος 1: Εκπομπή φορμαλδεΐδης με τη μέθοδο θαλάμου.  |
| <b>ENV 807</b>      | Συντηρητικά ξύλου – Προσδιορισμός της αποτελεσματικότητας ενάντια σε μύκητες μαλακής σήψης και άλλους μικροοργανισμούς του εδάφους.  |
| <b>EN 927-3</b>     | Βαφές και βερνίκια – Υλικά και συστήματα επίστρωσης – Μέρος 3: Έλεγχος φυσικής γήρανσης  |
| <b>EN 927-5</b>     | Βαφές και βερνίκια – Υλικά και συστήματα επίστρωσης για ξύλο εξωτερικής χρήσης – Μέρος 5: Αξιολόγηση διαπερατότητας του υγρού στοιχείου.   |
| <b>EN 927-6</b>     | Βαφές και βερνίκια – Υλικά και συστήματα επίστρωσης για ξύλο εξωτερικής χρήσης – Μέρος 6: Έκθεση επιστρώσεων ξύλου σε τεχνητή γήρανση με χρήση λαμπτήρων φθορισμού UV και νερού.   |
| <b>EN 12667</b>     | Θερμική απόδοση υλικών και προϊόντων κατασκευής – Προσδιορισμός θερμικής ανθεκτικότητας με τη βοήθεια ελεγχόμενης θερμής πλάκας και μεθόδους μέτρησης ροής θερμότητας – Προϊόντα υψηλής και μέτριας θερμικής ανθεκτικότητας.                 |
| <b>ISO 16000-6</b>  | Αέρας εσωτερικού χώρου – Μέρος 6: Προσδιορισμός πτητικών οργανικών ενώσεων σε αέρα εσωτερικού χώρου και θαλάμου ελέγχου με ενεργή δειγματοληψία σε Tenax TA προσροφητική, προσροφητική και θερμική εκρόφηση και αέρια – χρωματογραφία μαζών. |
| <b>ISO 16000-9</b>  | Αέρας εσωτερικού χώρου – Μέρος 9: Προσδιορισμός των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων από προϊόντα κατασκευής και επίπλωση – Μέθοδος θαλάμου ελέγχου εκπομπών.   |
| <b>ISO 16000-11</b> | Αέρας εσωτερικού χώρου – Μέρος 11: Προσδιορισμός των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων από προϊόντα κατασκευής και επίπλωση – Δειγματοληψία, αποθήκευση δειγμάτων και επεξεργασία δειγμάτων ελέγχου.                                       |

Κάθε ξύλινο μέλος που βαθμονομείται πρέπει να μαρκάρεται στο σόκορό του με ειδικό σήμα στο οποίο πρέπει να αναγράφονται με σαφήνεια η κατηγορία αντοχής του, το είδος του, το ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας, ο παραγωγός, ο οργανισμός πιστοποίησής του και το πρότυπο (κανονισμός) με το οποίο βαθμονομήθηκε [Πηγή 6].



Εικόνα 17: Απαραίτητη η ειδική σήμανση για κάθε ξύλινο μέλος.

Για τον προσδιορισμό της τιμής της φέρουσας ικανότητας  $R_k$ , σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 5, διακρίνονται τρεις **κατηγορίες αντοχών** [Πηγή 6]:

- **Φυσική ξυλεία από κωνοφόρα.** Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνεται και η λεύκη, παρότι ανήκει στα πλατύφυλλα, επειδή οι σχέσεις των αντοχών και της πυκνότητάς της προσομοιάζουν περισσότερο με αυτές των κωνοφόρων. Η βαθμονομημένη ως προς την αντοχή φυσική δομική ξυλεία χαρακτηρίζεται με το γράμμα C (coniferous = κωνοφόρο) ακολουθούμενο από την αντοχή σε κάμψη (π.χ. C24).
- **Φυσική ξυλεία από πλατύφυλλα.** Η βαθμονομημένη ως προς την αντοχή φυσική δομική ξυλεία χαρακτηρίζεται με το γράμμα D (deciduous = φυλλοβόλο, πλατύφυλλο) ακολουθούμενο από την αντοχή σε κάμψη (π.χ. D40).
- **Επικολητή ξυλεία.** Χαρακτηρίζεται με το γράμμα GL ακολουθούμενο από την αντοχή σε κάμψη (π.χ. GL28). Διακρίνεται σε δύο υποκατηγορίες:
  - ❖ *Την ομοιογενή (homogenous) επικολητή ξυλεία,* για την παραγωγή της οποίας χρησιμοποιούνται ίδιας κατηγορίας αντοχής στρώσεις από σανίδες ξύλου σε όλο το ύψος της διατομής.

Συμβολίζεται με το γράμμα h (homogenous), μετά την τιμή της αντοχής σε κάμψη (π.χ. GL28h).

- ❖ **Την ανομοιογενή (combined) επικολλητή ξυλεία**, η οποία έχει προκύψει από τον συνδυασμό στρώσεων σανίδων ξύλου διαφορετικών αντοχών, για την καλύτερη αξιοποίηση του υλικού. Οι μεγαλύτερης αντοχής στρώσεις τοποθετούνται στο άνω και κάτω άκρο της διατομής, όπου αναπτύσσονται και οι μεγαλύτερες καμπτικές τάσεις, μειώνοντας το κόστος του υλικού, εφόσον βέβαια θα χρησιμοποιηθούν για κύρια καμπτόμενα στοιχεία. Συμβολίζεται με το γράμμα c (combined), μετά την τιμή της αντοχής σε κάμψη (π.χ. GL28c).

Το ξύλο ως προιόν βιολογικών διεργασιών προσβάλλεται από μύκητες, έντομα, βακτήρια και άλλους μικροοργανισμούς. Για την αντιμετώπιση αυτού του φαινομένου το ξύλο υπόκειται σε εμποτισμό, ο οποίος πολλαπλασιάζει το χρόνο ζωής του και επομένως και της εκάστοτε κατασκευής. Ως παράδειγμα αναφέρεται μια συμβατική ξύλινη στέγη, η οποία έχει μια φυσιολογική διάρκεια ζωής 30 χρόνια εφόσον η ξυλεία που χρησιμοποιήθηκε ήταν χωρίς προσβολές και χωρίς εμποτισμό. Είναι φυσιολογικό στα 20 χρόνια της κατασκευής να υπάρχει ανησυχία για προσβολές από έντομα και μύκητες. Η ίδια στέγη κατασκευασμένη με το ίδιο ξύλο αλλά εμποτισμένη υπό πίεση με βορικά άλατα, κοστίζει 10% του συνολικού κόστους περισσότερο και έχει 5πλάσιο χρόνο ζωής. Το ίδιο ισχύει για ξύλινες κατασκευές εξωτερικού χώρου ή σε επαφή με το έδαφος (περιφράξεις, πέργκολες, κατασκευές χώρων αναψυχής).

Οι εμποτιστικές (χημικές) ουσίες που χρησιμοποιούνται για τον εμποτισμό του ξύλου διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες από τις οποίες οι σπουδαιότερες είναι τα έλαια και τα υδατοδιαλυτά εμποτιστικά. Στα έλαια υπάγεται το γνωστό πισσέλαιο, με το οποίο εμποτίζονται υπό πίεση οι στύλοι δικτύων τηλεφώνου και ρεύματος, οι στρωτήρες σιδηροδρόμων και η ξυλεία περιφράξεων. Σε πολλές χώρες της Δύσης και της Ε.Ε. ωστόσο έχει απαγορευθεί η χρήση του πισσελαίου εξαιτίας της τοξικότητάς του. Στην κατηγορία των υδατοδιαλυτών εμποτιστικών υπάγονται διάφορα άλατα ή οξείδια αλάτων του βορίου, χρωμίου, ψευδαργύρου, χαλκού κ.ά. Ο συνδυασμός των αλάτων αυτών δίνει πολύ αποτελεσματικά εντομοκτόνα μυκητοκτόνα συντηρητικά

του ξύλου, τα οποία βρίσκουν παγκόσμια χρήση. Τα τελευταία χρόνια έχει απαγορευθεί η χρήση των αλάτων του αρσενικού (γνωστά ως άλατα CCA) για λόγους προστασίας του περιβάλλοντος και του ανθρώπου. Τα πλέον ασφαλή από τα άλατα αυτά είναι τα άλατα βορίου και χαλκού.

Οι πιο αποτελεσματικές μέθοδοι εμποτισμού του ξύλου είναι αυτές που γίνονται σε κλειστό κύλινδρο με άσκηση πίεσης και κενού μέσα στον κύλινδρο. Με τον τρόπο αυτό το υγρό εμποτιστικό εισχωρεί μέσα στα κενά του ξύλου και έτσι επιτυγχάνεται πλήρης προστασία του ξύλου. Η μέθοδος αυτή είναι η πιο αποτελεσματική και επιβάλλεται σε εξωτερικές εφαρμογές του ξύλου και ειδικότερα όταν η κατασκευή έρχεται σε επαφή με το έδαφος ή το νερό ή είναι μέσα στο έδαφος (στύλοι, στρωτήρες, περιφράξεις, γέφυρες, μη εμφανείς στέγες, κλπ). Όταν η κατασκευή δεν κινδυνεύει από μύκητες, τότε μπορεί να εφαρμοσθεί ο εμποτισμός του ξύλου με τη μέθοδο της απλής εμβάπτισης.

Στο εμποτισμένο ξύλο με άλατα βορίου, χαλκού κλπ. δημιουργείται ένας πολύ σταθερός χημικός δεσμός μεταξύ των μορίων της κυτταρίνης του ξύλου και των αλάτων (fixation), ο οποίος δεν επιτρέπει την έκπλυση των αλάτων στο περιβάλλον και κατά συνέπεια δεν υπάρχει κίνδυνος για το περιβάλλον και για αυτόν που θα χρησιμοποιήσει το εμποτισμένο ξύλο, ή την ξύλινη κατασκευή. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο ξύλινοι στύλοι διατηρούνται χωρίς να σαπίζουν για 40 και πλέον χρόνια.

### 3 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΕΓΕΡΣΗΣ ΠΟΛΥΟΡΟΦΩΝ ΞΥΛΙΝΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

Στον Ελλαδικό χώρο οι ξύλινες κατασκευές απαντώνται κυρίως σε εξοχικές κατοικίες σε ορεινές ως επί το πλείστον περιοχές, σε προκατασκευές και σε μικρότερης κλίμακας κατασκευές, όπως είναι τα σπιτάκια κήπου κλπ. Στο εξωτερικό κατασκευάζονται πολυώροφα ξύλινα κτίρια για ξενοδοχειακή κυρίως χρήση αλλά και για την κατασκευή κύριας κατοικίας. Η υιοθέτηση του ξύλου ως κύριου φέροντα οργανισμού κερδίζει όλο και περισσότερους υποστηρικτές. Σε αυτό συνάδουν τόσο η σύγχρονη και ευρέως διαδεδομένη τάση για «Πράσινη Οικολογία» και “Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική” όσο και η προέχουσα θέση του σε αισθητικό και χρηστικό – με κατάλληλη επεξεργασία και τεχνογνωσία – επίπεδο.

Διακρίνονται τρεις διαφορετικοί τύποι κατασκευών:

- η συμβατική κατασκευή, όπου αυτή υλοποιείται με ξύλινο φέροντα σκελετό ή με ξύλινη φέρουσα τοιχοποιία αντίστοιχα,
- η κατασκευή με χρήση προκατασκευασμένων ξύλινων φερόντων στοιχείων, όπως το “Frame house” και τα “SIP Panels” (Structural Insulated Panels), τα CLT Panels (Cross Laminated Timber Panels) και
- η κατασκευή με διπλό δομικό σύστημα, με φέρουσα λιθοδομή στο ισόγειο και ξύλινο χωρικό πλαίσιο στους ορόφους, που καταλήγει στο ισόγειο σε ξύλινα υποστυλώματα (Παραδοσιακά Κτίρια Λευκάδας),

τα οποία και μελετώνται διεξοδικά στη συνέχεια.

#### 3.1 Συμβατική κατασκευή

Ο όρος συμβατική χρησιμοποιείται για τη διάκριση από την ξύλινη κατασκευή για την οποία γίνεται χρήση προκατασκευασμένων στοιχείων. Σε αυτόν τον τύπο κατασκευής ανήκουν οι κατασκευές με ξύλινο φέροντα οργανισμό ή με ξύλινη φέρουσα τοιχοποιία, ανάλογα με το φέροντα οργανισμό που υιοθετείται.

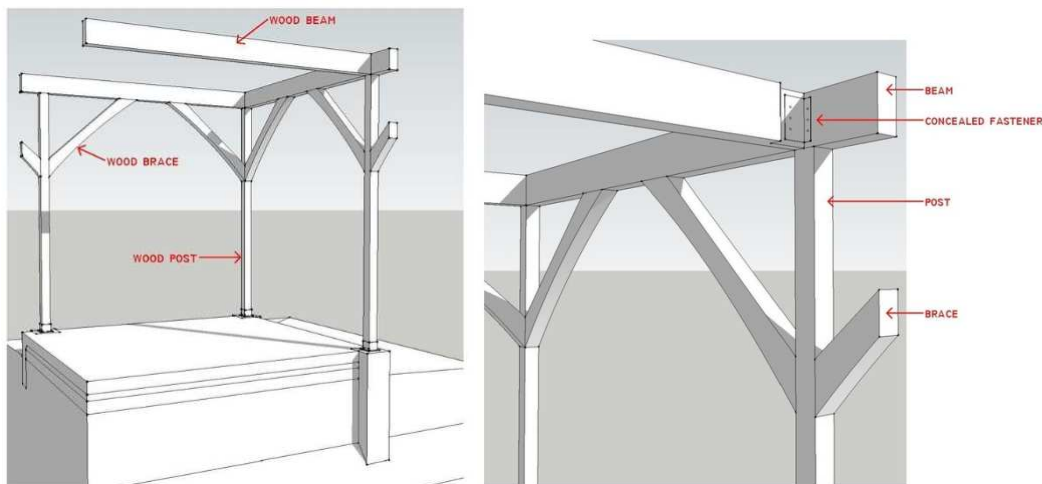
### 3.1.1 Κατασκευή με ξύλινο φέροντα σκελετό

Σε αυτόν τον τύπο κατασκευής ο φέρων οργανισμός, υποστυλώματα και δοκοί, είναι ξύλινοι. Παρά την αποκλειστική χρήση τους προηγούμενους αιώνες, τον 20<sup>ο</sup> παραδίνει τα ηνία στο οπλισμένο σκυρόδεμα και στις τελευταίες δεκαετίες και στο δομικό χάλυβα. Οι σύγχρονες τάσεις όμως του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και της υιοθέτησης ενός τρόπου ζωής πιο κοντά στο φυσικό περιβάλλον, επιτάσσουν επιστροφή “στους πατροπαράδοτους τρόπους δόμησης” και παραδίδουν ξανά τη σκυτάλη στα ξύλινα σπίτια.

Στην Ελλάδα η ζήτηση για αυτού του είδους τις κατασκευές αυξάνεται συνεχώς, αν και περιορίζεται συνήθως σε εξοχικές κατοικίες ορεινών περιοχών. Ισόγειες ή διώροφες το πολύ κατοικίες, διακρίνονται σε δύο υποκατηγορίες ανάλογα με το είδος του φέροντα οργανισμού:

- Σύστημα δοκού επί στύλου (Post and Beam)
- Σύστημα με ελαφρύ και πυκνό σκελετό (Light Timber Frame)

#### 3.1.1.1 Σύστημα δοκού επί στύλου (Post and Beam)



Εικόνα 18: Σύστημα δοκού επί στύλου

Εικόνα 19: Σύστημα δοκού επί στύλου λεπτομέρεια σύνδεσης

Το σύστημα δοκού επί στύλου είναι ένα σύστημα κατασκευής όπου ο βασικός φέρων οργανισμός αποτελείται από ξύλινα δοκάρια που στηρίζονται σε ξύλινα

υποστυλώματα όχι σε τόσο κοντινές αποστάσεις όσο το σύστημα με πυκνό και ελαφρύ σκελετό (Εικ. 18, 19 [Πηγή 8]). Οι κατασκευές με το σύστημα δοκού επί στύλου, χρησιμοποιούνται εδώ και αιώνες και εξακολουθούν να εφαρμόζονται στη σύγχρονη εποχή, παρά την μεγάλη τεχνολογική πρόοδο που έχει σημειωθεί στον τομέα των κατασκευών και της αρχιτεκτονικής τα τελευταία χρόνια. Παραδοσιακά χρησιμοποιούνται επιπρόσθετα διαγώνιοι χιαστί σύνδεσμοι που ενισχύουν τις δοκούς και προσδίδουν ακαμψία στην κατασκευή. Επιτρέπει περισσότερα ανοίγματα και διαφάνεια στην κατασκευή, αφού τα δωμάτια χωροθετούνται από σημεία και όχι από επίπεδους τοίχους (Εικ. 20 [Πηγή 8]).



**Εικόνα 20:** Ανοίγματα και διαφάνεια στο σύστημα δοκού επί στύλου

**Εικόνα 21:** Σύστημα με ελαφρύ και πυκνό ξύλινο σκελετό σε φάση κατασκευής Α'

### 3.1.1.2 Σύστημα με ελαφρύ και πυκνό ξύλινο σκελετό (*Light Timber Frame*)

Το σύστημα με ελαφρύ και πυκνό σκελετό είναι κατάλληλο για μικρά ανοίγματα μέχρι 6m περίπου, όπου όλα τα φορτία, κινητά και μόνιμα καθώς και τα φορτία από ανεμοπίεση και σεισμό παραλαμβάνονται από ξύλινα στοιχεία μικρής διατομής, τα οποία συνθέτουν τον ξύλινο πυκνό και ελαφρύ σκελετό. Η επένδυση του ξύλου γίνεται από plywood (contreplaque ο γαλλικός όρος με τον οποίο είναι γνωστό στη χώρα μας, αντικολλητή ξυλεία, ο επίσημος Ελληνικός όρος), ή OSB το οποίο καρφώνεται επάνω του, εξασφαλίζοντας έτσι την ακαμψία του. Τα απαραμόρφωτα διαφράγματα που δημιουργούνται έτσι, είναι ικανά να μεταφέρουν σημαντικά φορτία από την ανωδομή στη θεμελίωση. Στις Εικόνες 21, 22 και 23 δίνεται ένα παράδειγμα

κατασκευής τέτοιου τύπου [Πηγή 9]. Στην Εικόνα 21 διαφαίνεται η φάση κατασκευής όπου έχει τοποθετηθεί ο ξύλινος φέρων σκελετός καθώς και ο φέρων σκελετός της στέγης, σε θεμελίωση πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος. Στην Εικόνα 22 διαφαίνεται λεπτομέρεια κατασκευής με ολοκληρωμένη την στέγη, την τοιχοποιία πληρώσεως και την εξωτερική επικάλυψη ξύλου. Τέλος στην Εικόνα 23 η τελική ολοκληρωμένη κατασκευή, όπου στο ισόγειο έχει γίνει επικάλυψη πέτρας.



Εικόνα 22: Σύστημα με ελαφρύ και πυκνό ξύλινο σκελετό σε φάση κατασκευής Β'

Εικόνα 23: Σύστημα με ελαφρύ και πυκνό ξύλινο σκελετό ολοκληρωμένης κατασκευής

Κάθε κατασκευή Timber Frame μπορεί να δημιουργηθεί με δύο συστήματα (Εικ. 24):

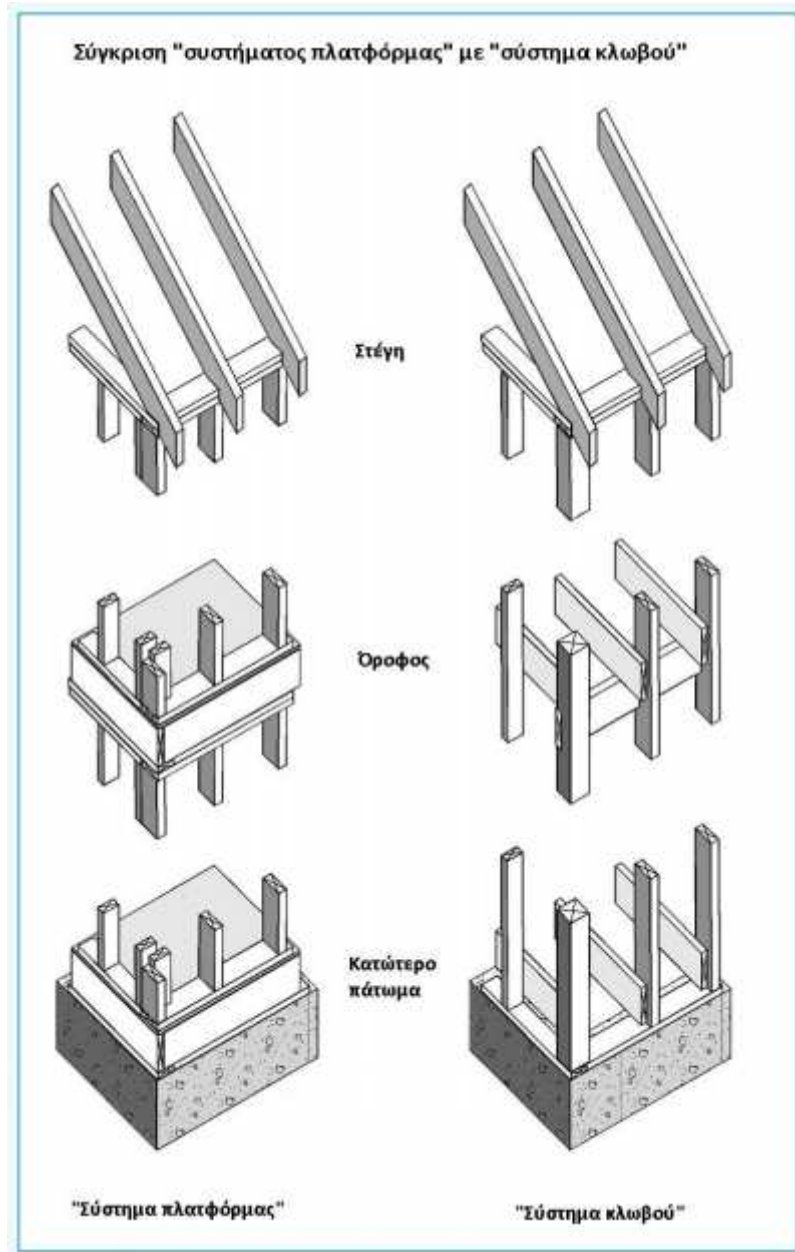
- **“Το σύστημα της πλατφόρμας” (platform system)**, όπου το πάτωμα εκτείνεται ως τις εξωτερικές παρειές του κτίσματος, εξασφαλίζοντας στα πρώτα στάδια της κατασκευής μια “πλατφόρμα”, πάνω στην οποία στηρίζονται οι εξωτερικοί τοίχοι καθώς και τα εσωτερικά χωρίσματα ανά όροφο. Η κατασκευαστική αρτιότητα του φέροντα οργανισμού εξαρτάται από το σωστό κάρφωμα στις συνδέσεις, επιδιώκοντας στο σύνολο τα καρφιά να φορτίζονται διαμητικά και όχι σε εξόρυξη.

Εξωτερικά τελειώματα και επενδύσεις για λόγους μορφολογίας ή προστασίας δεν έχουν συνήθως στατική λειτουργία, εκτός από το φύλλο plywood που μπορεί να χρησιμοποιείται και σαν τελική επένδυση. Η αντίσταση στη φωτιά που απαιτείται από τους κανονισμούς, συνήθως καλύπτεται με τη χρήση γυψοσανίδων σαν υλικό εσωτερικής επένδυσης.

Ο χώρος μεταξύ των φύλλων plywood, στο εσωτερικό του σκελετού των τοίχων, των πατωμάτων και των στεγών, επιτρέπει την εύκολη



τοποθέτηση των διαφόρων εγκαταστάσεων και μονώσεων. Κάνναβοι και ανοίγματα καθορίζονται από τυποποιημένα δομικά υλικά και στοιχεία. Η θεμελίωση θα πρέπει να είναι υπερυψωμένη σε σχέση με το έδαφος για την προστασία του κτιρίου από την υγρασία και το νερό.



Εικόνα 24: Κατασκευαστικές λεπτομέρειες "συστήματος πλατφόρμας" σε σύγκριση με το "σύστημα κλωβού"

- **“Το σύστημα κλωβού” (ballon frame)**, όπου οι ορθοστάτες των τοίχων δεν διακόπτονται σε κάθε όροφο (όπως στο “σύστημα πλατφόρμας”),

αλλά είναι συνεχείς από την επιφάνεια θεμελίωσης μέχρι το γείσο της στέγης. Τα δοκάρια των ενδιάμεσων πατωμάτων στηρίζονται σε οριζόντιο ξύλινο στοιχείο που βρίσκεται τοποθετημένο σε ειδικές εγκοπές των ορθοστατών. Το “σύστημα κλωβού” έχει αντικατασταθεί με το “σύστημα πλατφόρμας” λόγω των προβλημάτων που παρουσιάζονται στο σχεδιασμό, στην παραγωγή και στην ανέγερση.

Μετά από εκτεταμένες έρευνες έχει αξιολογηθεί η συμπεριφορά κτιρίων με ελαφρύ ξύλινο σκελετό (γνωστή ως τύπου πλατφόρμας) στους ακόλουθους σχετικά πρόσφατους σεισμούς: Αλάσκα 1964, San Fernando – California 1971, Edgcumbe – New Zealand 1987, Saguenay - Quebec 1988, Loma Prieta – California 1989, Northridge - California 1994 και Kobe Japan 1995 [Πηγή 10]. Η μελέτη απέδειξε ότι η πλειονότητα των κατασκευών τύπου πλατφόρμας διαφόρων εποχών όταν δέχθηκε τις ακραίες οριζόντιες εδαφικές δονήσεις των 0,6g και μεγαλύτερες, άντεξαν τις δονήσεις, χωρίς σοβαρές βλάβες στις κατασκευές και με πολύ λίγους τραυματισμούς και θανάτους (Πίν.1), (Karacabeyli E.) [Πηγή 11]. Έτσι το κριτήριο της ασφάλειας ζωής, το οποίο είναι αναμφίβολο στους κώδικες των κτιρίων, είναι ικανοποιητικό σε πολύ μεγάλο βαθμό. Επιπρόσθετα πολλά σύγχρονα σπίτια με ξύλινο σκελετό άντεξαν τους σεισμούς χωρίς καμία ορατή βλάβη.

**Πίνακας 1: Δεδομένα πρόσφατων σεισμών στην Β. Αμερική**

| Στοιχεία σεισμού                   | Μέγεθος Σεισμού | Αριθμός ανθρώπων που σκοτώθηκαν (ολικός) | Αριθμός ανθρώπων που σκοτώθηκαν σε ξύλινα σπίτια | Αριθμός ξύλινων σπιτιών που δέχτηκαν χτύπημα σεισμού |
|------------------------------------|-----------------|--|--|--|
| <b>Alaska 1964</b>                 | 8.4             | 130                                      | <10  |  |
| <b>San Fernando 1971</b>           | 6.7             | 63                                       | 4  | 100.000  |
| <b>Edgcumbe 1987</b>               | 6.3             | 0  | 0  | 7.000  |
| <b>Saguenay, 1988</b>              | 5.7             | 0  | 0  | 10.000   |
| <b>Loma Prieta 1989</b>            | 7.1             | 66                                       | 0  | 50000  |
| <b>Northridge 1994</b>             | 6.7             | 60                                       | 16+4   | 200.000  |
| <b>Hyogo-ken Nambu (Kobe) 1995</b> | 6.8             | 6.300                                    | 0  | 8.000  |

*Πηγή: Karacabeyli, Erol, Rainer, J. Hans. 2000.*

Οι πολύ λίγες βλάβες και καταρρεύσεις που παρατηρήθηκαν αποδόθηκαν στα εξής αίτια:

- έλλειψη επαρκούς πλευρικής ενίσχυσης,
- ασθενής όροφος ισογείου,
- ανεπαρκής σύνδεση στη θεμελίωση του σκελετού και
- το γεγονός ότι οι δονήσεις που έλαβαν χώρα ήταν πρωτόγνωρες και πολύ μεγαλύτερες των προηγούμενων δονήσεων που είχαν καταγραφεί [Πηγή 11].



**Εικόνα 25: Βιοκλιματικό Κολυμβητήριο Παλλήνης**



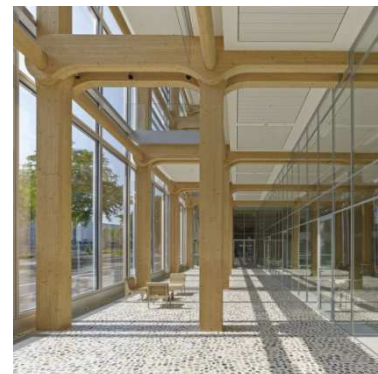
**Εικόνα 26: Βιοκλιματικό Κολυμβητήριο Παλλήνης, λεπτομέρεια οροφής**

Στην Ελλάδα, κάνουν δειλά την εμφάνισή τους κατασκευές ανταποκρινόμενες στις επιταγές για σχεδιασμό και κατασκευή κτιρίων όσο το δυνατόν πιο υψηλής βιοκλιματικής απόδοσης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτού το Βιοκλιματικό Κολυμβητήριο Παλλήνης (Εικ. 25). Βασικές προκλήσεις που κλήθηκαν να ξεπεράσουν οι μελετητές αποτελούν η ιδιόζουσα χρήση των χώρων από γυμναζόμενους, η οποία απαιτεί τη μέγιστη υγιεινή ατμόσφαιρα, ενώ η παραγωγή των χλωριούχων υδρατμών από τις θερμαινόμενες δεξαμενές κολύμβησης και η αποπνοή των υδρατμών από τα ασκούμενα σώματα δεν βοηθούν σ' αυτό. Ξύλινοι τοξωτοί και ευθύγραμμοι φορείς χρησιμοποιούνται στις στεγάσεις και στο επίπεδο του ορόφου (Εικ. 26). Χαλύβδινα στοιχεία συμπληρώνουν τον φέροντα οργανισμό κυρίως στα κατακόρυφα και διαγώνια μέλη. Φορείς από οπλισμένο σκυρόδεμα στηρίζουν στο κατώτερο επίπεδο όλο το σύστημα. Ο ελαφρύς εύκαμπτος ξύλινος φορέας μειώνει στο ελάχιστο την αδρανειακή φόρτιση των υψηλότερων δομικών περιοχών του κτιρίου στην περίπτωση σεισμού. Το ξύλο σαν υλικό είναι ουδέτερο ως προς τους όξινους χλωριούχους υδρατμούς που φυσιολογικά συγκεντρώνονται υπό

τις καλύψεις των χώρων. Τέλος μια ξύλινη στέγαση προσφέρει εξαιρετικά υψηλό αισθητικό αποτέλεσμα. Πρωτότυπη προσπάθεια αποτέλεσε η απόφαση ολόκληρη η κεντρική περιοχή της στέγασης, άνωθεν της κύριας δεξαμενής κολύμβησης των 25 μέτρων μήκους, να ανοίγει κυλιόμενη επιτρέποντας, κατά βούληση, τη μέγιστη εκμετάλλευση φυσικού εξαερισμού, φωτισμού και ηλιασμού των κολυμβητών [Πηγή 12].



**Εικόνα 27: Κεντρικά γραφεία της Tamedia AG, φάση κατασκευής (επτάοροφη ξύλινη κατασκευή)**



**Εικόνα 28: Κεντρικά γραφεία της Tamedia AG, διπλή πρόσοψη και ενώσεις κατακόρυφων και οριζόντιων ξύλινων φερόντων στοιχείων**

Στο εξωτερικό όπου η χρήση του ξύλου ως φέρον δομικό στοιχείο είναι πιο διαδεδομένο, οι μελετητές τολμούν και κατασκευάζουν κτίρια με πολύ περισσότερους ορόφους από δύο, με περίτεχνο παράδειγμα αυτό των κεντρικών γραφείων της Tamedia AG, μιας ελβετικής εταιρείας μέσω μιας μαζικής ενημέρωσης, στη Ζυρίχη της Ελβετίας. Το επίτευγμα μιας επτάοροφης ξύλινης κατασκευής από έλατο (laminated spruce) και επιπλέον δύο υπογείων επιπέδων ανήκει στο βραβευμένο με το βραβείο “Pritzker Prize” αρχιτέκτονα, Shigeru Ban (Εικ. 27). Τα κατακόρυφα στοιχεία, ύψους ισοδύναμου με πέντε ορόφους, έχουν ανεγερθεί επί τόπου με τη βοήθεια γερανού και σταθεροποιηθεί με την προσθήκη εγκάρσιων ράβδων οβάλ διατομής, 5.5m μήκους και ύψους 0.35m, για να εμποδιστεί η περιστροφή της όψης. Η κατασκευή της διασταύρωσης των κόμβων μεταξύ του πατώματος και των κάθετων μελών που στηρίζουν τη διπλή όψη (Εικ. 28) – ενός υαλοπετάσματος και μιας εσωτερικής – γίνεται με χρήση ξύλινων δοκών ενωμένων στα άκρα των ανοιγμάτων, ύψους 56cm και πλάτους 20cm. Εκτός από τα υποστρώματα και τις δοκούς, οι συνδέσεις είναι επίσης ξύλινες: ειδικά ξύλινα



αγκύρια χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά φορτίων και την ενίσχυση των κατασκευαστικών μελών (Εικ. 29, 30).



**Εικόνα 29:** Κεντρικά γραφεία της Tamedia AG, συνδέσεις μελών με ξύλινα αγκύρια

**Εικόνα 30:** Κεντρικά γραφεία της Tamedia AG, συνδέσεις μελών, σύστημα διπλών - ενωμένων στα άκρα των ανοιγμάτων δοκών

Άλλο παράδειγμα πολυώροφης ξύλινης κατασκευής αποτελεί το “Mercer Court” στο Πανεπιστήμιο της Washington, το οποίο συμπεριλαμβάνει πέντε κτίρια, το καθένα από τα οποία με πέντε ορόφους κατασκευής από ξύλινα πλαίσια πάνω από δύο ή τρεις ορόφους σκυροδέματος (Εικ. 31).

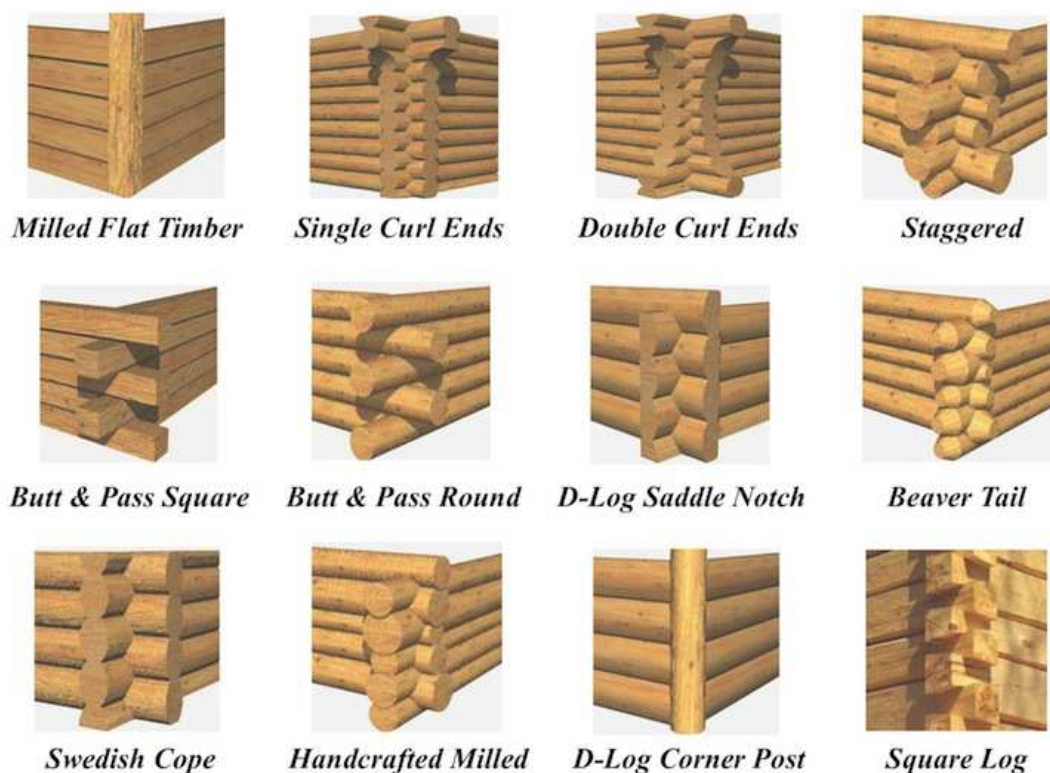


**Εικόνα 31:** “Mercer Court” στο Πανεπιστήμιο της Washington (Timber – frame)

**Εικόνα 32:** Χριστιανική εκκλησία στο νησί Kizhi Pogost στη Ρωσία (1714) (Log house)

### 3.1.2 Κατασκευή με ξύλινη φέρουσα τοιχοποιία – κορμόσπιτο (log house)

Το κορμόσπιτο (log house) κατασκευάζεται με ξύλινους κορμούς – ολόσωμους, στρογγυλούς ή πλακέ κατάλληλα επεξεργασμένους – οι οποίοι τοποθετούνται ο ένας πάνω στον άλλο και με τον τρόπο αυτό δημιουργούνται οι εξωτερικοί τοίχοι και τα εσωτερικά χωρίσματα. Ειδικές εγκοπές στις άκρες των κορμών (αποτμήσεις)



**Εικόνα 33: Διάφοροι τρόποι συναρμογής τοίχων σε κορμόσπιτα**

διασφαλίζουν την ένωση των τοίχων μεταξύ τους (Εικ. 33). Επικουρικά χρησιμοποιούνται και μεταλλικές συνδέσεις μεταξύ τους. Χειροποίητα κορμόσπιτα κατασκευάζονται για πολλούς αιώνες στη Σκανδιναβία, τη Ρωσία και την Ανατολική Ευρώπη. Εξαιρετική κατασκευή αυτού του είδους αποτελεί η Χριστιανική Εκκλησία στο νησί Kizhi Pogost στη Ρωσία, χτισμένη το 1714 (Εικ. 32). Σήμερα τα κορμόσπιτα είναι ιδιαίτερα δημοφιλή στη Σουηδία, τη Φινλανδία, τη Νορβηγία και τη Ρωσία, όπου ευθυτενή και ψηλά κωνοφόρα δέντρα, όπως το πεύκο και το έλατο, είναι άμεσα διαθέσιμα.

Στο εξωτερικό εκτός από τον όρο κορμόσπιτο (log house or log home) (Εικ. 35) χρησιμοποιείται και ο όρος κορμοκαλύβα (log cabin) (Εικ. 34). Ένα κορμόσπιτο είναι κατασκευαστικά πανομοιότυπο με μία κορμοκαλύβα, σπίτι τυπικά φτιαγμένο από κορμούς οι οποίοι δεν έχουν επεξεργαστεί σε ένα παραδοσιακό πριονιστήριο. Ο όρος κορμόσπιτο προτιμάται από τους περισσότερους σύγχρονους κατασκευαστές. Ο όρος κορμοκαλύβα αναφέρεται γενικά σε ένα μικρότερο, πιο rustic (αγροτικό ή χοντροφτιαγμένο) κορμόσπιτο όπως μία καλύβα κυνηγιού στα δάση ή ένα θερινό εξοχικό [Πηγή 13].



Εικόνα 34: Κορμοκαλύβα (Log cabin)



Εικόνα 35: Κορμόσπιτο (Log house)

Υπάρχουν δύο τύποι κορμόσπιτων [Πηγή 14]:

- **Χειροποίητα (Handcrafted):** Τυπικά φτιαγμένα από κορμούς που έχουν αποφλοιωθεί, αλλά αλλιώς ουσιαστικά αμετάβλητοι από την αρχική τους εμφάνιση στα δέντρα (Εικ. 36).
- **Επεξεργασμένα (Milled) (επίσης αποκαλούμενα μηχανικού προφίλ (machine – profiled)):** Φτιαγμένα από ένα καλούπι για κορμόσπιτο. Κατασκευασμένα από κορμούς που έχουν υποστεί μια εργοστασιακή διαδικασία που τα μετατρέπει σε ξύλα τα οποία είναι σταθερά σε μέγεθος και εμφάνιση (Εικ. 37).



Εικόνα 36: “Χειροποίητο” κορμόσπιτο (Handcrafted log house)



Εικόνα 37: “Επεξεργασμένο” κορμόσπιτο (Milled or machine – profiled log house)

Ο τρόπος κατασκευής των τοίχων, με ολόσωμο κορμό, είναι ο καταλληλότερος για κατασκευές μικρού ύψους, οπότε συνήθως απαντώνται με τρεις το πολύ ορόφους.

Επίσης είναι ιδιαίτερα διαδεδομένος τρόπος κατασκευής για δενδρόσπιτα, τα οποία προσφέρονται ακόμη και για πολυτελή διαμονή τουριστών, όπως το” Sanya



Nanshan Treehouse Resort Institute”, στη Sanya στην Κίνα (Εικ. 9) και το “Ξενοδοχείο Prechtthof”, ένα δενδρόσπιτο που κατασκευάστηκε για την αξιοποίηση ενός δέντρου 300 ετών [Πηγή 15], που χτυπήθηκε από κεραυνό (Εικ. 38) με θέα την παλιά πόλη του Altenbach στην Αυστρία [Πηγή 12], αλλά και άλλες εκδοχές, όπως ενός δενδρόσπιτου (Εικ 39) και ενός εστιατορίου στη Νέα Ζηλανδία (Εικ 40).



**Εικόνα 38: Ξενοδοχείο Prechtthof, Altenbach, Αυστρία**

**Εικόνα 39: The Lodge Treehouse**

**Εικόνα 40: New Zealand's Whimsical Yellow Treehouse Restaurant Towers Above The Redwood Forest**

## **3.2 Χρήση προκατασκευασμένων ξύλινων στοιχείων**

### **3.2.1 Κατασκευή από προκατασκευασμένα ξύλινα πλαίσια (Timber Framed House)**

Οι κατασκευές από προκατασκευασμένα ξύλινα πλαίσια (Timber Framed House) είναι μια μέθοδος δόμησης που κερδίζει συνεχώς έδαφος στην αγορά. Όπως υποδηλώνει και η ονομασία τους, ως κύριο δομικό στοιχείο αυτών των κατασκευών χρησιμοποιούνται ξύλινα προκατασκευασμένα πλαίσια (Εικ. 41). Το ελεγχόμενο εργοστασιακό περιβάλλον παράγει με συνέπεια ένα υψηλό επίπεδο τεχνικής εργασίας. Η προκατασκευή και η απουσία υγρασίας εσωτερικά των εμπορεύσιμων στοιχείων υποδεικνύει εξοικονόμηση χρόνου στο εργοτάξιο.

Η χρησιμοποιούμενη τεχνολογία συνοψίζεται στα εξής σημεία: ο σκελετός σε Ευρώπη και Αμερική κατασκευάζεται με την κλασική “μέθοδο πλατφόρμας”, διατομής στοιχείων σκελετού 5 x 10cm. Τα πλαίσια σκελετού τοίχων σε κάθε όροφο χωριστά, επενδύονται στις δύο όψεις με panel, τα οποία είτε προκατασκευάζονται



(Ευρώπη και Αμερική), ή κατασκευάζονται επί τόπου (Αμερική) και γεμίζονται με άφλεκτη μόνωση. Το ξύλο έχει άριστη θερμική αντίσταση, το οποίο το κάνει έναν φυσικό μονωτή και ως εκ τούτου ιδανικό για την κατασκευή τοίχων. Τα πατώματα είναι “τύπου πλατφόρμας” και τα υποστυλώματα έχουν ύψος μόνο ενός ορόφου. Μια δεύτερη μέθοδος προβλέπει κατασκευή των πλαισίων από ξύλο μασίφ, ενώ μια τρίτη προβλέπει υποστυλώματα που διαπερνούν πολλούς ορόφους, επάνω στις οποίες στηρίζονται οι οριζόντιες δοκοί του σκελετού [Πηγή 16].

Τα πατώματα και η στέγη είναι παρόμοια με αυτά των συμβατικών μεθόδων κατασκευής, μόνο οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες των κόμβων είναι διαφορετικές [Πηγή 17].



**Εικόνα 41: Κατασκευή από προκατασκευασμένα ξύλινα πλαίσια (Timber Framed House)**



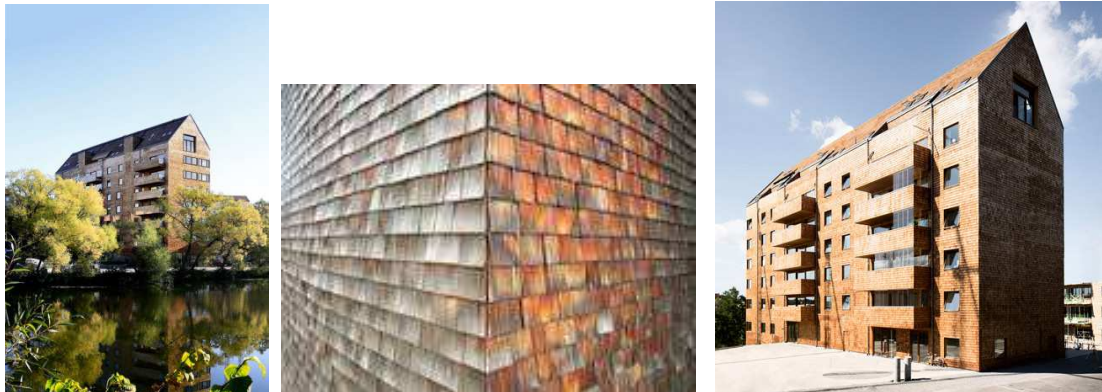
**Εικόνα 42: “The Marselle”, Seattle, USA**

Τέτοιου είδους κτίρια και μάλιστα πολυώροφα αποτελούν κοινή πρακτική στη Β Αμερική (Εικ. 42), ενώ στην Κεντρική Ευρώπη βρίσκονται σε αρχικό στάδιο εφαρμογής. Τα τελευταία 10 χρόνια στη Γερμανία, Αυστρία, Ελβετία και Γαλλία κατασκευάστηκαν περίπου 500 πολυώροφα ξύλινα σπίτια με 6.000 διαμερίσματα. Στη Βόρεια Ευρώπη η κατασκευή τέτοιων κτιρίων είναι πιο διαδεδομένη, με την Αγγλία να κατέχει προέχουσα θέση. Συναντά τις απαιτήσεις για οικονομία, ταχύτητα κατασκευής και χρήση βιώσιμων και άμεσα διαθέσιμων πρώτων υλών [Πηγή 16].

Τα οφέλη από την κατασκευή κτιρίων με πλαίσια είναι πολλά. Προσφέρουν ισχυρή δομική ακεραιότητα, μοναδικότητα και ευελιξία στα σχέδια, αισθητική ομορφιά, άνεση, καθώς επίσης και μεγάλη ποικιλία στην εξωτερική επένδυση. Έχουν υψηλή αναλογία δύναμης – βάρους που επιτρέπει τα κατασκευαζόμενα κτίρια να φτάσουν μέχρι έξι ή επτά ορόφους χωρίς να απαιτείται βαθιά θεμελίωση, γεγονός που προσφέρει μεγάλη μείωση των δαπανών. Από την άποψη της ταχύτητας της

κατασκευής, το ξύλινο πλαίσιο μπορεί να μειώσει κατά 30% τους παραδοσιακούς χρόνους δόμησης.

Στο βιομηχανικό και εμπορικό τομέα, η τεχνολογία ξύλινων πλαισίων εφαρμόζεται σε ένα ευρύ φάσμα, όπως σχολεία, εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης, κοινοτικά κέντρα, αθλητικές αίθουσες, ξενοδοχεία, επιχειρησιακές μονάδες και εκκλησίες.



**Εικόνα 43: The Strandparken apartment building, στην όχθη του ποταμού Bällstaviken**

**Εικόνα 44: The Strandparken apartment building, πρόσοψη από ακατέργαστες σανίδες κέδρου**

**Εικόνα 45: The Strandparken apartment building, το πρώτο οκταόροφο κτίριο της Στοκχόλμης**

Αξιόλογο παράδειγμα προκατασκευασμένου πολυώροφου ξύλινου κτιρίου αποτελεί μία κατασκευή διαμερισμάτων ενός οικοδομικού τετραγώνου, “The Strandparken apartment building”, όπως ονομάζεται. Η κατασκευή του αρχιτέκτονα Wingardhs είναι το πρώτο οκταόροφο κτίριο της Στοκχόλμης στη Σουηδία (Εικ. 45) φτιαγμένο εξ ολοκλήρου με τη χρήση σύγχρονης οικοδομικής ξυλείας. Το κτίριο είναι το πρώτο από τέσσερα προγραμματισμένα σε μία ελκυστική τοποθεσία στο Strandparken, δίπλα στον ποταμό Bällstaviken, στη συνοικία Sundbyberg της Στοκχόλμης (Εικ. 43). Αποτελείται από τριάντα ένα διαμερίσματα, κυμαινόμενα σε μέγεθος από μία έως τέσσερις κρεβατοκάμαρες. Η εκπληκτική όψη του είναι φτιαγμένη από ακατέργαστες σανίδες κέδρου, που με το χρόνο θα αποκτήσουν ένα ασημένιο γκρι χρώμα, ενώ και το εσωτερικό του είναι από ξύλο (Εικ. 44). Αξιοσημείωτη είναι η ταχύτητα κατασκευής του, με την ανέγερση ενός ορόφου κάθε δέκα μέρες! Ήδη κατοικείται από το καλοκαίρι του 2013 [Πηγή 18].

Συμμετέχοντας σε αρχιτεκτονικό διαγωνισμό κατοικίας στη Στοκχόλμη της Σουηδίας (που θα ολοκληρωθεί το 2023), η εταιρεία CF Moller προτείνει ένα 34

ορόφων ξύλινο ουρανοξύστη (Εικ. 46), ο οποίος θα είναι οικονομικότερος, ευκολότερος στην ανέγερση και περισσότερο σύμφωνος με τη Βιώσιμη Ανάπτυξη από τις τυπικές κατασκευές χάλυβα και σκυροδέματος. Ξύλινα υποστρώματα, δοκοί, τοίχοι, οροφές και κουφώματα παραθύρων θα είναι όλα ορατά μέσω της γυάλινης πρόσοψης του κτιρίου. Τα παρουσιαζόμενα σχέδια επίσης περιλαμβάνουν έναν πυρήνα σκυροδέματος, αν και μέλος της μελετητικής ομάδας υποστηρίζει ότι θα μπορούσε αυτός να αντικατασταθεί από ξύλο, πιστεύοντας ότι ένα μοντέρνο κτίριο θα έπρεπε να χρησιμοποιεί κάθε υλικό για τον καλύτερό του σκοπό. Στην Εικ. 47 δίνεται μια τυπική κάτοψη της εν λόγω κατασκευής [Πηγή 19].



**Εικόνα 46: Πρόταση για ξύλινο ουρανοξύστη 34 ορόφων στη Στοκχόλμη, Σουηδία**

**Εικόνα 47: Τυπική κάτοψη του ξύλινου ουρανοξύστη**

**Εικόνα 48: Πρόταση για 4 ξύλινες πολυκατοικίες 20 ορόφων στη Σουηδία.**

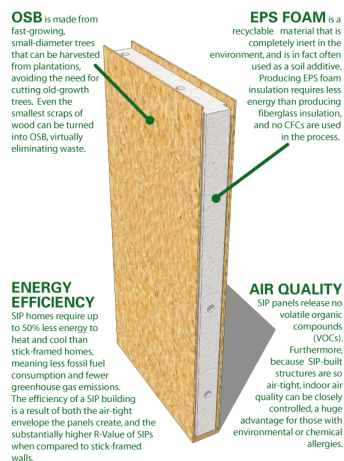
Άλλη ενδιαφέρουσα πρόταση η οποία επίσης δεν έχει υλοποιηθεί ακόμη, είναι της εταιρείας Tham & Videgård Arkitekter, η οποία προτείνει μία σειρά τεσσάρων πολυκατοικιών 20 ορόφων η κάθε μία (Εικ. 48), στην προκυμαία του ποταμού Loud den, στο νησί Djurgården. Τα κτίρια είναι κατασκευασμένα ολοκληρωτικά από ένα υλικό, Σουηδικό μασίφ ξύλο, από το φέροντα σκελετό ως την πρόσοψη, τις επικαλύψεις και τα παράθυρα [Πηγή 20].

### **3.2.2 Κατασκευή από προκατασκευασμένα φέροντα Panels**

#### **3.2.2.1 Κατασκευή από Διαρθρωτικά Μονωμένα Panels - SIP Panels (Structural Insulated Panels)**

Το σύστημα με SIP Panels της εταιρείας Quick & Easy είναι μια ολοκληρωμένη και δημιουργική λύση, η οποία μεταφράζεται σε ένα ολοκληρωμένο δομικό σύστημα

κτιρίων. Το σύστημα αυτό παρέχει αντοχή, ακαμψία, υψηλή θερμομόνωση και ηχομόνωση και μεγάλη αντισεισμικότητα. Το αποτέλεσμα είναι ένα δομικό προϊόν προβλέσιμο αναφορικά με την απόδοση του κόστους και της θερμομόνωσης. Τα SIP Panels είναι κομμάτια προσυναρμολογούμενου τοίχου, τμήματα οροφής και δαπέδου, που φθάνουν στο εργοτάξιο έτοιμα να εγκατασταθούν και να ενωθούν μεταξύ τους.



**Εικόνα 49: SIP Panel**

**Εικόνα 50: Μεγάλα SIP Panels εγκατεστημένα με γερανό**

Τα SIP Panels αποτελούνται από δύο φύλλα OSB ξύλου (Ξυλοπλάκα με μεγάλα προσανατολισμένα ξυλοτεμαχίδια), πάχους 11mm έως 15mm το καθένα, με θερμομονωτικό πυρήνα από οικολογική διογκωμένη πολυστερίνη (Εικ. 49). Στη συνέχεια χρησιμοποιούνται ειδικές κόλλες για το δέσιμο με ένα ειδικό μη τοξικό υλικό για να ενωθούν με τις πλάκες από πολυστερένιο (το οποίο είναι υψηλής πυκνότητας, τουλάχιστον  $20 \text{ kg} / \text{m}^3$ ). Όλα μαζί συμπιέζονται και κολλάνε.

Τα SIP Panels Energopan χρησιμοποιούνται τόσο για την εξωτερική τοιχοποιία (με υψηλής πυκνότητας ενισχυμένη πολυστερίνη η οποία είναι συνήθως περίπου 15 cm), στη στέγη με τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά, αλλά και στους εσωτερικούς τοίχους, όπου το μονωτικό είναι 10 cm. Λόγω της πολυπλοκότητας του συστήματος, διασταύρωση και των αρθρώσεων μεταξύ των Energopan SIP Panels, μπορούν να αντέξουν έως και  $300 \text{ kg} / \text{m}^2$ !

Λόγω της δύναμης και της ελαστικότητας των δομών, τα SIP Panels αντέχουν σε πολύ μεγάλες πιέσεις αέρα και σε ταχύτητες έως και  $250 \text{ km} / \text{h}$  (βαθμός 5 ανεμοστρόβιλος)!



Τα SIP Panels έχουν υψηλή ενεργειακή απόδοση, είναι φιλικά προς το περιβάλλον, παρέχουν ασφάλεια με εγγύηση άνω των 60 χρόνων και σχεδιαστική ευελιξία, καθώς και εξοικονόμηση χρόνου και κόστους κατασκευής (Εικ. 50).

### 3.2.2.2 Κατασκευή από Αντικολλητά Ξύλινα Panels – CLT (Cross - Laminated Timber Panels)



**Εικόνα 51: CLT (Cross - Laminated Timber Panels)**

**Εικόνα 52: Open Academy Norwich, Αγγλία**

**Εικόνα 53: The Stadthaus, Hoxton, Λονδίνο**

Πρόκειται για ένα δομικό σύστημα στο οποίο μεγάλα panels αποτελούν τον φέροντα οργανισμό ενός κτιρίου. Είναι επίσης γνωστό και με την ονομασία “XLam”. Αυτή η κατασκευαστική μέθοδος διαθέτει πολλούς οπαδούς στον τομέα των ξύλινων κατασκευών κυρίως στην Αυστρία, τη Γερμανία και τις ιταλικές περιφέρειες του Νοτίου Τιρόλου και Βένετου. Το υψηλό επίπεδο προκατασκευασμένων στοιχείων και ο εξαιρετικά σύντομος χρόνος κατασκευής των κτιρίων είναι παράγοντες που βελτιστοποιούν αυτήν τη διαδικασία. Τα μέσα μεταφοράς είναι ο μόνος παράγοντας που περιορίζει το μέγεθος των δομικών στοιχείων. Τα panels είναι φτιαγμένα από μεγάλα φύλλα ξύλλου που, ανάλογα με τη μέθοδο παραγωγής, είναι τοποθετημένα σε στρώσεις και συγκολλημένα κάθετα μεταξύ τους (Εικ. 51). Το μέγεθος και η αντοχή του κάθε panel (συμπεριλαμβανομένων των τοίχων και των πλακών), η συναρμολόγηση των επιμέρους panel, οι λεπτομέρειες των ενώσεων, η τοποθέτηση και το πάχος της μόνωσης, καθώς και τα είδη ξύλου που χρησιμοποιούνται, εξαρτώνται από τους διάφορους κατασκευαστές, τις στατικές απαιτήσεις, και τέλος το επιθυμητό αρχιτεκτονικό αποτέλεσμα.

Αν και η τεχνολογία είναι σχετικά νέα, χρησιμοποιείται ευρέως σε όλη την Ευρώπη, όπως στην Ανοιχτή Ακαδημία του Norwich στην Αγγλία (Εικ. 52). Από τα ψηλότερα κατασκευασμένα κτίρια μέχρι στιγμής είναι ένα εννέα ορόφων κτίριο κατοικιών στο Λονδίνο της Αγγλίας, “The Stadthaus” (Εικ. 53).

Το ψηλότερο του είδους παγκοσμίως είναι ένα δεκαόροφο κτίριο διαμερισμάτων στην Μελβούρνη της Αυστραλίας, το “Forté” (Εικ. 54), που ολοκληρώθηκε το 2012, ύψους 32.17m. αποτελείται από 23 διαμερίσματα για χρήση κατοικίας με ισόγειο για εμπορική χρήση (λιανικής πώλησης) και έχει πιστοποιηθεί ως το πρώτο 5 Αστέρων Green-Star κτίριο κατοικιών στην Αυστραλία. Η πιστοποίηση αυτή εκτιμά την περιβαλλοντική επίδραση που είναι άμεση συνέπεια της επιλογής χωροθέτησης του κτιρίου, του σχεδιασμού, της κατασκευής και της συντήρησης. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι χρησιμοποιώντας Ξύλινα Αντικολλητά Panels (CLT Panels), το “Forté” μειώνει τις ισοδύναμες εκπομπές CO<sub>2</sub> περισσότερο από 1400 τόνους, συγκρινόμενο με το σκυρόδεμα και το χάλυβα – το ισοδύναμο με το να αποσυρθούν 345 αυτοκίνητα από τους δρόμους [Πηγή 21].



**Εικόνα 54: Forté, Μελβούρνη, Αυστραλία**

**Εικόνα 55: LCT ONE, Αυστρία**

**Εικόνα 56: LCT ONE, Αυστρία, Δομικό σύστημα αποτελούμενο από glulam υποστυλώματα στηρίζοντα υβριδικές πλάκες δαπέδου ξύλου/ σκυροδέματος**

Το LCT ONE στην Αυστρία (Εικ. 55), χτισμένο σε ένα μόλις έτος (2012), με ταχύτητα ανέγερσης ενός ορόφου ανά ημέρα και έκτασης 1600m<sup>2</sup>, είναι ένα άλλο παράδειγμα οκταόροφου κτιρίου με ξύλινο κατασκευαστικό σύστημα. Το LifeCycle Tower (LCT) system είναι ένα σύστημα το οποίο αποτελείται από ένα κεντρικό πυρήνα, υποστυλώματα και υβριδικές πλάκες. Ο πυρήνας, όπου οι ανελκυστήρες και οι κλίμακες είναι τοποθετημένα, είναι το στοιχείο ακαμψίας του κτιρίου. Ενώ το ξύλο

είναι η βέλτιστη επιλογή υλικού για τον πυρήνα, σκυρόδεμα και χάλυβας μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν. Για την επίσπευση της διαδικασίας έγκρισης του κτιρίου του LCT ONE, χρησιμοποιείται σκυρόδεμα. Τα υποστυλώματα είναι από επικολλητό ή σύνθετο ξύλο (glue laminated timber (glulam)) και οι υβριδικές πλάκες είναι από ξύλο και σκυρόδεμα (Εικ. 56) [Πηγή 22].



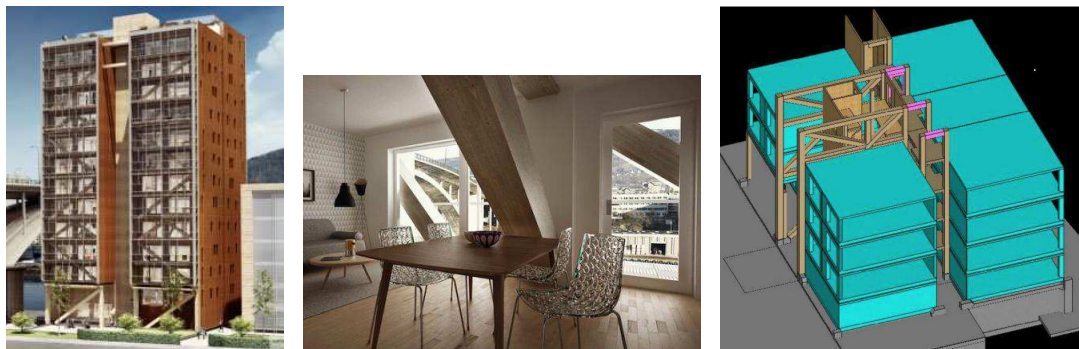
**Εικόνα 57: Wood Innovation & Design Centre (WIDC) στην πόλη Prince George, British Columbia, Καναδάς**

**Εικόνα 58: Wood Innovation & Design Centre (WIDC), φέρων οργανισμός**

Το Κέντρο Ξύλινης Καινοτομίας και Σχεδιασμού (Wood Innovation & Design Centre (WIDC)) στην πόλη Prince George στη British Columbia στον Καναδά (Εικ. 57), ένα οκταόροφο ξύλινο κτίριο (6 όροφοι με ημιώροφο συν το ρετιρέ), ύψους 29.5m και αποτελεί το υψηλότερο προς το παρόν κτίριο στη Βόρεια Αμερική. Ο σχεδιασμός του ενσωματώνει μία απλή κατασκευή ενοποιημένων συστημάτων – δάπεδα από αντικολλητά ξύλινα panels (Cross Laminated Timber (CLT)), υποστυλώματα και δοκούς από επικολλητό ή σύνθετο ξύλο (glue laminated timber (glulam)) και ξύλινους δομικούς τοίχους (Εικ. 58). Αυτή η απλότητα μεταφράζεται σε επαναληπτικότητα του συστήματος. Αντί της επικέντρωσης μόνο σε μία κατασκευή – έκθεμα, δημιουργείται ένα κτίριο το οποίο μπορεί εύκολα να αναπαραχθεί [Πηγή 23].

Στην πόλη Bergen της Νορβηγίας είναι ήδη σε φάση κατασκευής και αναμένεται να ολοκληρωθεί τον Οκτώβριο του 2015 το κτίριο “Treet” ή “The Tree” (Εικ. 59),

ύψους 49m και απαριθμώντας 14 ορόφους [Πηγή 24]. Με την ολοκλήρωσή του θα πάρει τη σκυτάλη από το “Forté” και θα οικειοποιηθεί αυτό τον τίτλο του υψηλότερου ξύλινου κτιρίου κατοικίας. Το δομικό του σύστημα αποτελείται υποστρώματα επικολλητού ή σύνθετου ξύλου (glue laminated timber (glulam)) πάχους 1m (Εικ. 60) σε σχέδιο δομικών μονάδων σε στοίβα (Εικ. 61), ενώ γίνεται χρήση και αντικολλητών ξύλινων panels (Cross Laminated Timber (CLT)) σε δομικά στοιχεία. Όταν όλες οι δομικές μονάδες είναι στη θέση τους το κτίριο θα ντυθεί με γυαλί και ατσάλι για προστασία του ξύλου από το υγρό κλίμα του Bergen. Οι δομικές μονάδες – διαμερίσματα του κτιρίου έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να συμμορφώνονται με το πρότυπο αειφορίας του Παθητικού Κτιρίου [Πηγή 25].



**Εικόνα 59:** “Treet” ή “The Tree”, Bergen, Νορβηγία

**Εικόνα 60:** “Treet” ή “The Tree”, Δομικό σύστημα αποτελούμενο από glulam υποστρώματα

**Εικόνα 61:** “Treet” ή “The Tree”, Δομικό σύστημα αποτελούμενο από δομικές μονάδες σε στοίβα

Ο αρχιτέκτονας Michael Green θέλει να χτίσει τον υψηλότερο ξύλινο ουρανοξύστη, ένα πύργο 30 ορόφων φτιαγμένο αποκλειστικά από ξύλο (Εικ. 62). Θα είναι μία μίξη από υποστρώματα επικολλητού ή σύνθετου ξύλου (glue laminated timber (glulam)), μεταλλικές δοκούς και προκατασκευασμένους φέροντες τοίχους από αντικολλητά ξύλινα panels (Cross Laminated Timber (CLT)), τα οποία θα ανυψωθούν και θα τοποθετηθούν στη θέση τους με τη βοήθεια γερανού. Αφού το ξύλο είναι ελαφρύτερο από το σκυρόδεμα εκτιμά ότι ο χρόνος κατασκευής θα μειωθεί κατά το ήμισυ. Επιπρόσθετα, η πρότασή του για ένα μικρό ουρανοξύστη, ένα 16 ορόφων πύργο κατοικίας (Εικ. 63), έχει υποβληθεί στο Τμήμα Σχεδιασμού του Vancouver. Εάν εγκριθεί, θα επιδείξει ότι τα δομικά προϊόντα ξύλου είναι μια βιώσιμη εναλλακτική του σκυροδέματος και του χάλυβα και χαράσσουν το δρόμο για



ακόμη υψηλότερους πύργους, συμπεριλαμβανομένου και του 30 ορόφων κολοσσού του [Πηγή 26].



**Εικόνα 62: Πρόταση του Michael Green για τον υψηλότερο ξύλινο ουρανοξύστη 30 ορόφων**

**Εικόνα 63: Πρόταση του Michael Green για μικρούς ξύλινους ουρανοξύστες, έως 12 και έως 20 ορόφων αντίστοιχα**

Τα τελευταία χρόνια πραγματοποιούνται έρευνες που αποσκοπούν στο σχεδιασμό κτιρίων με ξύλινο σκελετό αυξημένης αντοχής σε σεισμούς. Στα πλαίσια των ερευνών αυτών τον Οκτώβριο του 2007, πολώροφο κτίριο επτά ορόφων που κατασκευάστηκε από ολόσωμα συμπαγή αντικολλητά πάνελ ερυθρελάτης (Cross Laminated Solid Wood Panels) υποβλήθηκε σε επαναλαμβανόμενη δοκιμασία καταστροφικών σεισμών στο Ινστιτούτο NIED (National Institute for Earth Science and Disaster Prevention) που διαθέτει την πιο ισχυρή τράπεζα δοκιμών στον κόσμο, στην πόλη MIKI κοντά στο Kobe της Ιαπωνίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η πολυκατοικία άντεξε σε δέκα επαναλήψεις εν σειρά, τριών από τους πιο ισχυρούς σεισμούς που έχουν καταγραφεί παγκοσμίως μέχρι σήμερα (σεισμός με μέγιστη εδαφική επιτάχυνση 0,68g στο Kobe της Ιαπωνίας το 1995, σεισμός με επιτάχυνση 0,68g στο Niigata-Ken Chuetsu-Oki το 2007, σεισμός με επιτάχυνση 0,50g στο Umbria-Marche το 1997). Η εν λόγω πολυκατοικία διαστάσεων 7.5x15x23m, με ίδιο βάρος 120tn και επιπλέον βάρος αντικειμένων 150tn μετά τη δέκατη επανάληψη των

φονικών σεισμών δεν παρουσίασε σφάλματα, παραμορφώσεις ή άλλου είδους αστοχίες. Η μόνη ενέργεια που κρίθηκε απαραίτητη μετά την δέκατη επανάληψη ήταν το σφίξιμο των μπουλονιών και κοχλιών των μεταλλικών συνδέσεων μεταξύ των ορόφων (Ceccotti 2008).

### 3.3 Κατασκευή με Διπλό Δομικό Σύστημα – Φέρουσα λιθοδομή στο ισόγειο και ξύλινο χωρικό πλαίσιο στους ορόφους που καταλήγει στο ισόγειο σε ξύλινα υποστυλώματα (Παραδοσιακά Κτίρια Λευκάδας)



Εικόνα 64: Οικία Μαμαλούκα, Λευκάδα, κύρια όψη επί της οδού Αγγελου Σικελιανού.

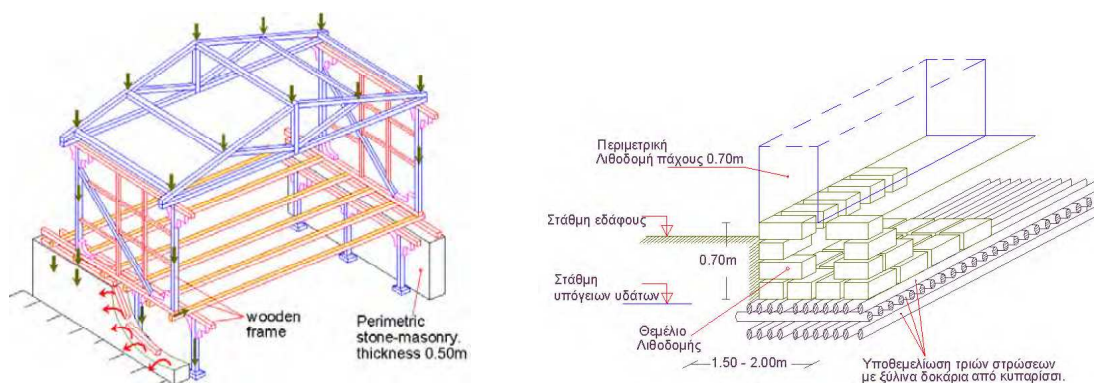
Εικόνα 65: Οικία Μαμαλούκα, Λευκάδα, λεπτομέρεια δόμησης τοιχοποιίας.

Εικόνα 66: Πλήρωση του ξύλινου πλαισίου με πλινθόκτιστη τοιχοποιία

Τα παραδοσιακά κτίρια της Λευκάδας είναι κατασκευασμένα με διπλό δομικό σύστημα, του οποίου η καλή σεισμική συμπεριφορά επαληθεύτηκε και στον ισχυρό σεισμό της 14<sup>ης</sup> Αυγούστου 2003, που έπληξε τη Λευκάδα (Εικ. 64, 65). Το μεν πρώτο δομικό σύστημα αποτελείται από φέρουσα λιθοδομή στο ισόγειο, ενώ το δεύτερο δομικό σύστημα αποτελείται από ξύλινο χωρικό πλαίσιο των ανώτερων ορόφων, το οποίο καταλήγει στο ισόγειο σε ξύλινα υποστυλώματα (Εικ. 67). Τα δύο δομικά συστήματα συνεργάζονται μεταξύ τους [Πηγή 27].

Το 1825 η πόλη της Λευκάδας καταστράφηκε από μεγάλο σεισμό. Μετά από αυτό οι Άγγλοι κατακτητές (την περίοδο εκείνη) του Νομού καθιέρωσαν τον πρώτο αντισεισμικό κανονισμό. Σύμφωνα με αυτόν το ισόγειο της κατοικίας περιβάλλεται από λιθόκτιστους τοίχους, επάνω στους οποίους στηρίζεται ο ξύλινος σκελετός των πιο πάνω ορόφων μέσω ξύλινων στρωτήρων. Στο εσωτερικό των τοίχων του ισόγειου υπάρχει δευτερεύον βοηθητικός φέρον οργανισμός από αραιά ξύλινα υποστυλώματα, τα οποία υποβαστάζουν τους ορόφους (Εικ 66). Έτσι στη διάρκεια καταστρεπτικών

σεισμών, εάν τμήματα της λιθοδομής καταρρεύσουν, το κτίριο συνεχίζει να στηρίζεται στον δευτερεύοντα βοηθητικό ξύλινο οργανισμό έως ότου αποκατασταθεί η ζημιά.. Αυτό το δομικό σύστημα συμπεριφέρεται μέχρι σήμερα με μεγάλη επιτυχία σε ισχυρούς σεισμούς.



**Εικόνα 67: Το διπλό δομικό σύστημα**

**Εικόνα 68: Σχηματική θεμελίωση των λιθόκτιστων παραδοσιακών κτιρίων της Λευκάδας**

Διαθέτουν δύο ή τρεις ορόφους, ενώ τα θεμέλια είναι κατασκευασμένα με τη χρήση ακατέργαστων ή κατεργασμένων λίθων, ψιλής άμμου, ποζουλάνας και ξύλινων στοιχείων οριζόντια τοποθετημένων. Είναι άξιο λόγου να αναφερθεί ότι στο κατώτερο τμήμα του θεμελίου τοποθετούνταν, εντός της στάθμης του υπόγειου ύδατος, τρεις επάλληλες στρώσεις ξύλινων οριζόντιων δοκών μήκους ενός έως δύο μέτρων, ορθογωνικής ή κυκλικής διατομής, εμβαδού διατομής της κάθε μιας περίπου  $130\text{cm}^2$ , σε παράλληλες διατάξεις περίπου ανά 45cm (Εικ. 68). Χρησιμοποιούνται ως υποθεμελίωση, προκειμένου οι τεχνίτες να αποφύγουν να εργάζονται εντός του νερού, καθότι η στάθμη του υπόγειου ύδατος στην πόλη της Λευκάδας βρίσκεται αρκετά ψηλά από 0.50m έως 1.00m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, με αποτέλεσμα και την αποφυγή των διαφορικών καθιζήσεων των λιθόκτιστων τοίχων γεγονός που είναι ορατό μέχρι και σήμερα (100 έως 200 χρόνια μετά) [Πηγή 27].

### 3.4 Θερμομόνωση

Ο ξύλινος σκελετός έχει χαμηλή θερμοχωρητικότητα και εξασφαλίζει θερμομόνωση υψηλών προδιαγραφών σε σύγκριση με όλα τα άλλα ανταγωνιστικά δομικά υλικά. Το ξύλο είναι 9 φορές πιο μονωτικό από το οπλισμένο σκυρόδεμα, 700

φορές από το χάλυβα και 2000 φορές πιο μονωτικό από το αλουμίνιο. Επομένως η χρήση του ξύλινου σκελετού σε συνδυασμό με υλικό μόνωσης των κενών προσφέρουν μια κατασκευή με χαμηλό κόστος θέρμανσης [Πηγή 16].

Για την κατασκευή ξύλινων κατοικιών με πυκνό και ελαφρύ σκελετό ως μόνωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε διογκωμένη πολυστερίνη, είτε πετροβάμβακας ή ακόμα και ορυκτοβάμβακας.

### 3.5 Ηχομόνωση

Όταν τα ηχητικά κύματα που παράγονται από άλλη πηγή προσπίπτουν πάνω σε επιφάνεια ξύλου, μέρος της ηχητικής ενέργειας ανακλάται με ταυτόχρονη ενίσχυση του ήχου και το υπόλοιπο “απορροφάται”. Όταν ο ήχος ανακλάται από την ξύλινη επιφάνεια, τότε υφίσταται το φαινόμενο της συνήχησης ή συντονισμού (ξύλο = αντηχείο). Το αντηχείο δεν μεταβάλλει το ύψος του ήχου, αλλά ενισχύει την ένταση και αυξάνει τη διάρκειά του.

Η ηχομόνωση των ξύλινων σπιτιών είναι μέτρια στις μεσοτοιχίες μεταξύ των δωματίων, ενώ υστερεί από όροφο σε όροφο για θορύβους που προέρχονται από κρούση. Η εξασφάλιση της ηχομόνωσης επιτυγχάνεται με ειδικά υλικά που τοποθετούνται τόσο στα χωρίσματα των δωματίων, όσο και στα πατώματα [Πηγή 16].

Γενικά, όσο αυξάνεται το πάχος του κορμού, αυξάνεται και η ηχομόνωση. Το σύνηθες πάχος κορμού που χρησιμοποιείται στις κατοικίες έχει ηχομόνωση 35db ενώ υπάρχει και η δυνατότητα αύξησης των διαστάσεων (120 x 170 mm., 145 x 170 mm), με αποτέλεσμα η ηχομόνωση να φθάνει τα 60 db, προδιαγραφή που ικανοποιεί ακόμη και τις απαιτήσεις ξενοδοχείων. Κατά την κατασκευή των ενδιάμεσων ορόφων εφαρμόζεται και η κατάλληλη μόνωση ενώ το ίδιο γίνεται και στην τοιχοποιία όπου εφαρμόζονται ειδικά πάνελς που ταιριάζουν αισθητικά με τους κορμούς.

### 3.6 Πυροπροστασία

Σύμφωνα με τα στατιστικά δεδομένα της Βρετανίας, τα σπίτια με ξύλινο σκελετό δεν κατέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο φωτιάς συγκρινόμενες με τις κοινές κατασκευές, εφόσον πληρούνται βασικοί κανόνες πρόληψης στην κατασκευή [Πηγή 16].

Το ξύλο καίγεται με ταχύτητα απανθράκωσης 0.67 mm/min, ενώ η επίδραση της θερμότητας αυξάνει την αντοχή του ξύλου, λόγω της μείωσης της εσωτερικής υγρασίας. Αντίθετα το μπετόν και ο χάλυβας με την αύξηση της θερμότητας χάνουν την αντοχή τους γρήγορα και απότομα.

Η συμπεριφορά μιας ξύλινης κατασκευής σε φωτιά επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, για τους οποίους είναι θεμιτό να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα προστασίας και ασφάλειας. Στα πλαίσια της πρόληψης, μπορούν να πραγματοποιηθούν διάφορες ενέργειες προς αυτή την κατεύθυνση, όπως ενδεικτικά αναφέρονται παρακάτω για κατασκευές με ξύλινο φέροντα σκελετό (Timber frame house) [Πηγή 16]:

- Ο κίνδυνος προσέγγισης της φωτιάς από εξωτερική εστία μειώνεται σημαντικά με την εξωτερική επένδυση με τοιχίο από τούβλα.
- Αντίστοιχα ο κίνδυνος εξάπλωσης της φωτιάς από εσωτερική πηγή μειώνεται σημαντικά με την εσωτερική επένδυση του ξύλινου σκελετού με γυψοσανίδα και χρήση υαλοβάμβακα για μόνωση (άκαυστα υλικά).
- Η ύπαρξη κενών μέσα στο σκελετό του ξύλινου σπιτιού διευκολύνει την ενίσχυση και την εξάπλωση της φωτιάς. Επίσης η αναφλεξιμότητα και η ταχύτητα με την οποία καίγονται τα διάφορα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή, επηρεάζουν τη συμπεριφορά αυτής στη φωτιά. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται αντιπυρικές επιβραδυντικές ουσίες (fire retardants), με τις οποίες εμπλουτίζεται ο σκελετός και τα τελευταία χρόνια και οι ξυλοπλάκες επένδυσης (αντικολλητά, μοριοσανίδες, ινοσανίδες).
- Για να μη μεταδίδεται η φωτιά που εκδηλώθηκε σε κάποιο σημείο του σκελετού μέσω αυτού σε γειτονικά δωμάτια ή σε άλλους ορόφους, ο ξύλινος σκελετός διακόπτεται στα σημεία επαφής με γωνιακά υποστυλώματα και με στοιχεία σκελετού του πατώματος, από ειδικές αντιπυρικές επιφάνειες (fire stops).
- Για τη μείωση του κινδύνου στο ελάχιστο, σκόπιμη είναι επίσης και η χρησιμοποίηση ειδικών αντιπυρικών θυρών.

### 3.7 Ανθεκτικότητα στο χρόνο

Το ξύλο έχει μεγάλη διάρκεια ζωής και είναι ανθεκτικό στο χρόνο. Συμπεριφέρεται εξίσου καλά στα ζεστά και στα υγρά κλίματα, ακόμα και σε θερμοκρασίες που αγγίζουν τους  $-60^{\circ}\text{C}$ . Αναφορικά με την ανθεκτικότητα των ξύλινων κατασκευών, δύο είναι οι βασικοί παράγοντες προβληματισμού:



**Εικόνα 69:** Ξύλο προσβεβλημένο από μύκητες



**Εικόνα 70:** Ξύλο προσβεβλημένο από έντομα

➤ *Προσβολή από μύκητες (Εικ. 69).*

Προσβολή από μύκητες μπορεί να υπάρξει εφόσον από κατασκευαστικό λάθος (ή μη σωστή επένδυση του σκελετού), προκληθεί διαρροή νερού στον ξύλινο σκελετό, ή συμπύκνωση υδρατμών. Η περιεκτικότητα του ξύλου σε υγρασία είναι κρίσιμη για την ανάπτυξη των μυκήτων. Εάν είναι μικρότερη από 20% αποκλείεται περίπτωση ανάπτυξή τους. Υπέρβαση αυτού του ποσοστού γίνεται μόνο όταν η σχετική υγρασία του αέρα έχει παραμείνει άνω του 85% για μια μεγάλη χρονική περίοδο.

➤ *Προσβολή από έντομα (Εικ. 70).*

Προσβολή από έντομα πιθανόν να παρουσιαστεί εφόσον ο ξύλινος σκελετός δεν υποστεί κατά την τοποθέτησή του την παραμικρή συντήρηση με εντομοκτόνες ουσίες.

Σύμφωνα με στοιχεία που αφορούν τη σημερινή κατάσταση σπιτιών – κατασκευασμένων στη Βρετανία την περίοδο 1900- 1950 – αποδεικνύεται ότι γενικά οι κατασκευές αυτές είναι ανθεκτικές σε προσβολές μυκήτων και εντόμων [Πηγή 16]. Οι πιο σύγχρονοι τύποι προκατασκευών από εμφανή ξύλινο σκελετό στο εσωτερικό μέρος του σπιτιού και panel υψηλών προδιαγραφών μόνωσης εξωτερικά, δεν έχουν

ακόμη δοκιμασθεί στην πράξη για μεγάλη διάρκεια ζωής. Οι κατασκευές αυτές είναι θεωρητικά πιο ευαίσθητες σε συμπύκνωση υδρατμών σε ρωγμές του ξύλινου σκελετού. Οι κίνδυνοι σήψης και προσβολής από ξυλοφάγα έντομα αποφεύγονται με τη χρησιμοποίηση συντηρημένης ξυλείας για την κατασκευή του ξύλινου σκελετού, δηλαδή ξυλείας που έχει υποστεί προληπτικό εμποτισμό υπό πίεση με εντομοκτόνα και μυκητοκτόνα συντηρητικά, κυρίως υδατοδιαλυτά άλατα χαλκού, χρωμίου, βορίου (γνωστά ως CCB).

### 3.8 Ξύλο και περιβάλλον

Οι εφαρμογές του ξύλου τόσο στην αρχαιότητα όσο και στους επόμενους αιώνες είναι πολυάριθμες και σε μεγάλη κλίμακα, γεγονός που οδηγεί σταδιακά στην παράλληλη καταστροφή των δασών. Είναι το απαραίτητο υλικό για βάρκες και πλοία, κατοικίες και άλλα κτίσματα, όπλα και ειδικές πολεμικές κατασκευές, αγροτικά εργαλεία (άροτρα κλπ), διάφορα προϊόντα και καυσόξυλα, γέφυρες, στρωτήρες σιδηροδρόμων. Η υλοτομία των δασών για κάλυψη αναγκών σε ξύλο αποτελεί τον κύριο παράγοντα καταστροφής τους από τα αρχαία χρόνια μέχρι δυστυχώς και σήμερα. Εφόσον όμως χρησιμοποιηθούν σωστές μέθοδοι δασικής διαχείρισης θα παραμένει ένας ανεξάντλητος πόρος. Περιβαλλοντικά η ξυλεία ξεπερνά όλα τα άλλα δομικά υλικά και μπορεί αληθινά να περιγραφεί ως το μόνο φυσικό οικοδομικό υλικό, χωρίς μεγάλες ανάγκες κατεργασίας.

Επίσης σε μια μελέτη της Eurostat αναφέρεται ότι η Ελλάδα που βρίσκεται στη Μεσόγειο, καταναλώνει περισσότερη ενέργεια για θέρμανση από ό,τι χώρες όπως η Δανία, η Γερμανία, η Αγγλία ή η Ολλανδία. Η αιτία είναι ο ξεπερασμένος τρόπος δόμησης που εφαρμόζεται στην Ελλάδα. Ο νόμος 3661/2008, στον οποίο ενσωματώθηκε την 01-02-2013 η οδηγία 2010/31/ΕΕ περί «Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων», υποχρεώνει από το 2019 τα κτίρια δημοσίου χαρακτήρα να είναι κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης ενώ από το 2021, μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης πρέπει να είναι τα πάσης φύσεως κτίρια. Τα ξύλινα κτίρια αποτελούν μία ιδανική λύση προς αυτή την κατεύθυνση.

Ο όρος φυσικός πόρος αναφέρεται σε διάφορες φυσικές ουσίες που είναι χρήσιμες στον άνθρωπο καλύπτοντας “ως έχουν” τις ανάγκες του. Ο όρος



ανανεώσιμος φυσικός πόρος αναφέρεται σε αυτούς που ανανεώνονται με φυσικές ή τεχνικές διεργασίες. Επομένως το ξύλο είναι ένας ανανεώσιμος φυσικός πόρος, αφού τα δέντρα ενώ κόβονται για να ληφθεί η πρώτη ύλη (ξύλεια) μπορούν να αντικατασταθούν με φυσική ή τεχνητή αναδάσωση. Το ξύλο επίσης ανακυκλώνεται έχει μεγάλη διάρκεια ζωής, απαιτεί πολύ μικρή επεξεργασία έτσι ώστε να φτάσει στη τελική του προς χρήση μορφή, ενώ όταν πλέον δεν είναι κατάλληλο για χρήση στις κατασκευές, μπορεί να εξαφανιστεί αποδίδοντας ενέργεια.

Μελέτες εκτιμής του κύκλου της ζωής (Life Cycle Assessment, LCA) εξετάζουν τις περιβαλλοντικές επιδράσεις των υλικών σε όλο τον κύκλο της ζωής, από την εξαγωγή ή τη συγκομιδή πρώτων υλών έως την εργοστασιακή κατεργασία, τη μεταφορά, την εγκατάσταση, τη χρήση, τη συντήρηση και τη διάθεση/ απόρριψη ή την ανακύκλωση. Αυτές οι μελέτες δείχνουν συστηματικά δείχνουν ότι το ξύλο είναι καλύτερο για το περιβάλλον από το χάλυβα ή το σκυρόδεμα όσον αφορά την περικλειόμενη ενέργεια, την ατμοσφαιρική μόλυνση και τη μόλυνση των υδατών και των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Η βιομηχανία ξυλείας μειώνει απορρίματα με παρόμοιους τρόπους, βελτιστοποιώντας τις λειτουργίες πριονιστηρίου και χρησιμοποιώντας ροκανίδια και πριονίδια για να παράγει χαρτί και σύνθετα προϊόντα, ή ως καύσιμο για καθαρή βιοενέργεια. Με αυτόν τον τρόπο στη Βόρεια Αμερική οι κατασκευαστές ξύλου είναι σε θέση να χρησιμοποιούν το 99% της συγκομιδής από κάθε δέντρο. Τα προϊόντα ξύλου τυπικά έχουν λιγότερη περικλειόμενη ενέργεια, είναι υπεύθυνα για μικρότερη ατμοσφαιρική και υδατική μόλυνση και έχουν ελαφρύτερο αποτύπωμα άνθρακα από άλλα συνήθως χρησιμοποιούμενα υλικά κτιρίων.

### **3.9 Κόστος ανέγερσης**

Το κόστος ανέγερσης μιας ξύλινης κατασκευής εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως το είδος της κατασκευής, η πολυπλοκότητα του σχεδίου κλπ.

Σύμφωνα με τις τιμές του 2010 για προκατασκευασμένες ξύλινες κατοικίες, αναφέρεται ενδεικτικά ότι ένα σπίτι 156 m<sup>2</sup> κυμαίνεται γύρω στις 130.000 €, ένα σπίτι 72 m<sup>2</sup> κοστίζει γύρω στις 75.000 € και ένα σπίτι 25 m<sup>2</sup> κοστίζει γύρω στις 40.000 €. Στο κόστος πρέπει να συμπεριληφθεί και το ΙΚΑ, καθώς και τα έξοδα για την άδεια δόμησης που ξεκινούν από 10.000 €. Ο απαιτούμενος χρόνος ανέγερσης



μπορεί να είναι από 2 έως 4 μήνες ανάλογα με το μέγεθος και την πολυπλοκότητα της κατασκευής.

Σε σύγκριση με μία συμβατική κατασκευή οπλισμένου σκυροδέματος, μία ξύλινη κατασκευή κοστίζει πολύ λιγότερο. Η τιμή εξαρτάται από την ποιότητα των υλικών, το είδος της κατασκευής (κορμόσπιτο (log house), κατασκευή (timber frame), χρήση προκατασκευασμένων στοιχείων κλπ.), τα τετραγωνικά, τους ορόφους κ.ά.

Ενδεικτικά δίνονται στον Πίνακα 2 τιμές κόστους κατασκευής για δύο διαφορετικές περιπτώσεις προκατασκευασμένων ξύλινων κατοικιών, μιας από αντικολλητό κορμού δέντρου και μιας από τμήμα κορμού – τοιχοποιία (panels). Εξετάζονται τρεις διαφορετικές διαστάσεις κατοικίας. Τα στοιχεία αναφέρονται στην ιστοσελίδα της εταιρείας “ΚΟΡΜΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ”, όπου σημειωτέον αναφέρεται ότι υπάρχει προσφορά για νέες χαμηλότερες τιμές [Πηγή 28: Ιστοσελίδα: <http://www.kormos.com.gr/>, “ΚΟΡΜΟΣ Κατασκευαστική” Πηγή 28].

**Πίνακας 2: Σύγκριση κόστους κατασκευής ξύλινων προκατασκευασμένων κατοικιών με αντικολλητό κορμό και με τμήμα κορμού – τοιχοποιία (panels).**

|             | Εμβαδόν κατοικίας (m <sup>2</sup> ) |         |        | Κόστος κατασκευής (€) |                                       |
|-------------|-------------------------------------|---------|--------|-----------------------|---------------------------------------|
|             | Ισόγειο                             | Βεράντα | Σύνολο | Με αντικολλητό κορμό  | Με τμήμα κορμού – τοιχοποιία (panels) |
| Περίπτωση 1 | 30                                  | 12      | 42     | 25.000                | 22.500                                |
| Περίπτωση 2 | 40                                  | 16      | 56     | 32.500                | 29.500                                |
| Περίπτωση 3 | 60                                  | 16      | 76     | 50.000                | 42.000                                |

Σε γενικές γραμμές το ξύλο μπορεί τοπικά να παραχθεί και είναι συνήθως λιγότερο δαπανηρό από εναλλακτικά κατασκευαστικά υλικά. Η δόμηση με ξύλο, είτε συμβατική είτε με προκατασκευή, είναι γρήγορη και αποτελεσματική και μπορεί να πραγματοποιηθεί όλο το χρόνο σε σχεδόν οποιοδήποτε κλίμα. Τα συστήματα δόμησης με ξύλο τυπικά κοστίζουν λιγότερο για να εγκατασταθούν από άλλα κύρια δομικά υλικά. Έμπειροι κατασκευαστές ξύλου είναι ευρέως διαθέσιμοι και εργάτες ποικίλων επιπέδων ικανότητας και δεξιοτεχνίας μπορούν ταχύτατα να μάθουν τεχνικές ξύλινης κατασκευής [Πηγή 29].

## 4 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Η χρήση της δομικής ξυλείας σε πολυώροφα κτίρια γνωρίζει μεγάλη εξάπλωση και χαίρει σημαντικής αποδοχής και προτίμησης στην Αμερική, στη Βόρεια και Κεντρική Ευρώπη, όπως προαναφέρθηκε. Στην Ελλάδα είναι ελάχιστα εφαρμόσιμη, ενώ η χρήση της σε διώροφα ή τριώροφα βρίσκει ολοένα και περισσότερο πρόσφορο έδαφος στην αγορά των κατασκευών [Πηγή 30].

Είναι προφανές από την ανωτέρω μελέτη των εναλλακτικών τρόπων δόμησης ξύλινων κτιρίων ότι οι συμβατικές κατασκευές ξύλινης φέρουσας τοιχοποιίας ενδείκνυνται για δύο ή τρεις συνήθως ορόφους. Σε κάτοψη οι διαστάσεις μπορούν να είναι εντυπωσιακά μεγάλες (Εικ. 35, 37), αλλά παρά τη συχνή χρήση τους σε κατοικίες δεν απαντώνται σε υψηλά κτίρια δημόσιων χρήσεων. Μπορούν παρόλα αυτά να χρησιμοποιηθούν για εξειδικευμένες κατασκευές, όπως δεντρόσπιτα (Εικ. 38, 39, 40).

Οι συμβατικές κατασκευές ξύλινου φέροντα σκελετού βρίσκουν ευρεία εφαρμογή τόσο σε κοινές κατοικίες όσο και σε πολυώροφα κτίρια. Το σύστημα Δοκού επί Στύλου (Post and Beam) (Εικ. 18, 19) παρέχει τη δυνατότητα χρήσης μεγαλύτερων και περισσότερων ανοιγμάτων (Εικ. 20). Το σύστημα με Πυκνό και Ελαφρύ Ξύλινο Σκελετό (Light Timber Frame) (Εικ. 21) διαδραματίζει πρωταγωνιστικό ρόλο στην αγορά των κατασκευών, κυρίως η “Μέθοδος Πλατφόρμας” (Εικ. 24). Αποτελεί συνήθη πρακτική για κατοικίες με γρήγορους χρόνους κατασκευής, μειωμένα κόστη ανέγερσης και ανταγωνιστικό προϊόν στο χώρο της πολυώροφης κατασκευής (Εικ. 25, 27, 31).

Η χρήση της προκατασκευής ανεβάζει πολύ τον πήχυ δίνοντας βέλτιστες σχέσεις ποιότητας και ταχύτητας κατασκευής [Πηγή 14]. Τα προκατασκευασμένα ξύλινα πλαίσια κατέχουν μεγάλο μερίδιο της αγοράς των πολυώροφων κτιρίων και όχι μόνο. Βρίσκουν εφαρμογή τόσο στο βιομηχανικό όσο και στον εμπορικό τομέα. Εντυπωσιακά παραδείγματα αποτελούν το “The Marselle” (Εικ. 42) στο Seattle της Αμερικής και το “The Strandparken apartment building” (Εικ. 43, 45) στη Στοκχόλμη της Σουηδίας, με την ταχύτητα ανέγερσης του δευτέρου να φθάνει στον αξιοζήλευτο αριθμό των δέκα ημερών ανά όροφο. Οι προτάσεις για ουρανοξύστη 34 ορόφων (Εικ. 46) και συγκροτήματος 4 πολυκατοικιών 20 ορόφων η κάθε μία (Εικ. 48),

διαμορφώνουν ένα πλαίσιο εξαιρετικά ελπιδοφόρο και πολλά υποσχόμενο στον τομέα αυτό.

Ισότιμο μερίδιο στην αγορά των πολυόροφων κτιρίων και στη χρήση της προκατασκευής κατέχουν και τα φέροντα panels. Τα SIP Panels (Εικ. 47) έχουν κυρίως οικιακή και ελαφρά εμπορική χρήση και συνήθως απαντώνται σε μέχρι τεσσάρων ορόφων κατασκευές. Τα πολλαπλά πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν τα CLT Panels (Εικ. 51), τα καθιστούν πολύ ελκυστικά για την κατασκευή κατοικιών αλλά και κτιρίων δημοσίου χαρακτήρα (σχολεία, νηπιαγωγεία, φοιτητικές εστίες, κλινικές κ.α) (Εικ. 52), όπως επίσης και ιδιωτικού χαρακτήρα (επαγγελματική στέγη, ξενοδοχειακές μονάδες, πολυκαταστήματα, κτίρια γραφείων κ.α.). Εισάγουν στο προσκήνιο νέα δεδομένα στο χώρο των πολυόροφων κατασκευών, με το περίφημο 9 ορόφων κτίριο “The Stadthaus” στο Λονδίνο ως πρωτοπόρο προς αυτή την κατεύθυνση (Εικ. 53). Το 10 ορόφων “Forté” (Εικ. 54) αποτελεί το υψηλότερο ξύλινο κτίριο προς το παρόν, για να παραδώσει τον τίτλο του στο 14 ορόφων “Treet” ή “The Tree” (Εικ. 59) μόλις αυτό ολοκληρωθεί. Αξιόλογα παραδείγματα αποτελούν τα 8 ορόφων “LCT One” (Εικ. 55), που υιοθετεί ένα υβριδικό φέρων σύστημα με glulam (glue laminated timber) υποστυλώματα και πλάκες ξύλου – σκυροδέματος, καθώς και το Wood Innovation & Design Centre (WIDC), το οποίο χρησιμοποιεί CLT και glulam στο φέροντα οργανισμό του. Πέρα από την πληθώρα των ήδη κατασκευασμένων πολυόροφων κτιρίων, υπάρχουν και εδώ προτάσεις για 30 ορόφων ουρανοξύστη και 12 ή 20 ορόφων μικρούς ουρανοξύστες με ξύλινο δομικό σύστημα. Ενίοτε αυτό χρησιμοποιείται συνδυαστικά με σκυρόδεμα – π.χ. πυρήνα οπλισμένου σκυροδέματος - και χάλυβα – π.χ. μεταλλικές δοκοί.

Το παραδοσιακό διπλό δομικό σύστημα των κτιρίων της Λευκάδας (Εικ. 51, 53) παρουσιάζει καλή σεισμική συμπεριφορά, αλλά δεν υπάρχει μέχρι στιγμής εφαρμογή σε πολυώροφα κτίρια.

## 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το ξύλο είναι το παλαιότερο και πιο γνωστό οικοδομικό υλικό. Χρησιμοποιήθηκε και συνεχίζει να χρησιμοποιείται ευρέως σε πλήθος κατασκευών, από μικρές ισόγειες κατοικίες μέχρι πολώροφες πολυκατοικίες. Τόσο στην Αμερική όσο και στην Κεντρική και Βόρεια Ευρώπη είναι ευρέως διαδεδομένο για χρήση κατοικίας, αλλά και εμπορικών, σχολικών και ποικίλων άλλων δραστηριοτήτων. Στην Ελλάδα απαντάται κυρίως σε διώροφες ή τριώροφες το πολύ κατασκευές ορεινών κυρίως περιοχών.

Προσφέρει απεριόριστες αρχιτεκτονικές επιλογές και συνδυάζεται εξαιρετικά με άλλα υλικά. Από αισθητικής άποψης συγκρινόμενο με άλλα υλικά υπερτερεί κατά γενική ομολογία, προσφέροντας μία ζεστή ατμόσφαιρα προς το χρήστη. Είναι ανανεώσιμος φυσικός πόρος με ελάχιστο ενεργειακό αποτύπωμα. Με τη σωστή επεξεργασία και την ανάλογη συντήρηση που απαιτεί η εκάστοτε χρήση του, η ανθεκτικότητά του σε βάθος χρόνου είναι δεδομένη. Επιπρόσθετα, όπως προαναφέρθηκε, τα σπίτια με ξύλινο σκελετό δεν κατέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο φωτιάς συγκρινόμενες με τις κοινές κατασκευές, εφόσον πληρούνται βασικοί κανόνες πρόληψης στην κατασκευή. Η ηχομονωτική του ιδιότητα κρίνεται ικανοποιητική, ενώ η θερμομονωτική του άριστη.

Οι ξύλινες κατοικίες όλων των τύπων εξασφαλίζουν το κριτήριο της ασφάλειας ζωής και της προστασίας της περιουσίας, ακόμη και σε έντονες σεισμικές δονήσεις. Έρευνες σε φυσική κλίμακα πραγματοποιούνται σε διεθνές επίπεδο για την μελέτη και βελτίωση της συμπεριφοράς των διαφόρων τύπων ξύλινων κατασκευών και συνδέσεων.

Η νέα τεχνολογία αυξάνει δραματικά τη δυναμική για μεγάλες εμπορικές ξύλινες κατασκευές και οι κατασκευαστικοί κώδικες αλλάζουν για να προσαρμοστούν. Στην Ευρώπη, περισσότερο από την Αμερική, περιβαλλοντικές ανησυχίες και κίνητρα έχουν ως αποτέλεσμα μία αλλαγή κατεύθυνσης προς το ξύλο αναφορικά με τα ψηλά κτίρια, η οποία, μέχρι πρόσφατα, υπήρχε για άλλα υλικά. Υπάρχουν αξιοσημείωτα υψηλά κτίρια από CLT (Cross Laminated Timber frames) σε άλλες χώρες και ως αποτέλεσμα υπάρχει υψηλό αντίστοιχο ενδιαφέρον στη Βόρεια Αμερική. Οι κώδικες δίνουν λιγότερη προσοχή στην ευφλεκτότητα ενός πλαισίου και περισσότερη στην ασφάλεια ζωής και την πυραντίσταση, το οποίο είναι πιο θεμιτό. Τα μειονεκτήματα

του ξύλου για μεγάλα κτίρια εξαφανίζονται, αφού δίνεται μεγάλη έμφαση στην απαιτούμενη απόδοση τόσο σε κατασκευαστικό επίπεδο όσο και σε περίπτωση φωτιάς [Πηγή 31].

Αρκετές είναι πλέον και στην Ελλάδα οι εταιρίες που ασχολούνται με την εισαγωγή κατοικιών από το εξωτερικό, κυρίως από χώρες της Σκανδιναβίας. Υπάρχουν βέβαια και κάποιες εταιρίες που συνεργάζονται με τεχνίτες και συνεργεία του εξωτερικού ενώ το θετικό είναι ότι παρατηρείται αργά και σταδιακά ένα ενδιαφέρον ενημέρωσης και επιμόρφωσης των Ελλήνων τεχνιτών και επαγγελματιών στον τομέα αυτό.

Αναφορικά με τα διάφορα συστήματα δόμησης πολυώροφων ξύλινων κτιρίων πολλά υποσχόμενα μακροπρόθεσμα εμφανίζονται τα προκατασκευασμένα κτίρια. Ιδιαίτερα η προκατασκευή είτε με τη μορφή ξύλινων πλαισίων είτε με τη μορφή ξυλείας CLT, glulam απολαμβάνει μεγάλης εκτίμησης σχεδιαστών και κατασκευαστών, με αξιοθαύμαστα οφέλη σε χρόνους ανέγερσης και κόστος κατασκευής. Επίσης το εξαιρετικά χαμηλό περιβαλλοντικό αποτύπωμα του ξύλου καθιστά τα υπόλοιπα δομικά υλικά εκτός συναγωνισμού. Από το πλήθος των ήδη κατασκευασμένων πολυώροφων κτιρίων με ξύλινο φέροντα οργανισμό είναι πρόδηλο ότι το ξύλο είναι ένα ανταγωνιστικότατο προϊόν, το οποίο είναι ικανό να δώσει λύση στις υψηλές κτιριακές κατασκευές, είτε μόνο του είτε συνδυαστικά με το σκυρόδεμα και το χάλυβα. Επίσης υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον και αντίστοιχες προτάσεις για ακόμη υψηλότερα επιτεύγματα. Έρευνες και μελέτες διεξάγονται ανά τον κόσμο για τις δυνατότητές του και διαφαίνεται ότι ο τομέας αυτός έχει ένα λαμπρό μέλλον.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Πηγή 1: Ιστοσελίδα: [www.Buildnet.gr](http://www.Buildnet.gr) , Ξύλινη Κατασκευή
- Πηγή 2: Ιστοσελίδα: [http://www.spolmik.org/downloads/periodiko/Periodiko\\_24.pdf](http://www.spolmik.org/downloads/periodiko/Periodiko_24.pdf) , “Ευρωκώδικας 5 και ο υπολογισμός των ξύλινων κατασκευών” & “Το ξύλο και η φωτιά φυσικές ιδιότητες και γενικές απαιτήσεις”, “Πολιτικός Μηχανικός”, Το επίσημο εκφραστικό μέσο του Συλλόγου των Πολιτικών Μηχανικών Κύπρου, Απρίλιος 2010, Ν° 024
- Πηγή 3: Πρακτικά 15<sup>ου</sup> Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου, Καρδίτσα 16 – 19 Οκτωβρίου 2011, “Εφαρμογές του ξύλου στην Ελλάδα από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα”
- Πηγή 4: Ιστοσελίδα: <http://rodosto.blogspot.gr/2013/02/blog-post.html>, “Rodosto”, Κείμενα και μελέτες για τον Ανατολικό Ελληνισμό, “Ξύλινα σπίτια”, Δευτέρα 25 Φεβρουαρίου 2013
- Πηγή 5: Σημειώσεις Εργαστηρίων “Δασικής Τεχνολογίας 1”, Μέρος Β’, “Παραγωγή προϊόντων ξύλου”, Ι. Α. Μπαρμπούτης, Επ. Καθηγητής ΑΠΘ, Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος
- Πηγή 6: Ιστοσελίδα: [http://library.tee.gr/digital/m2464/m2464\\_ec5\\_1\\_1.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2464/m2464_ec5_1_1.pdf), ΤΕΕ - Εκπαιδευτικά Σεμινάρια Ευρωκωδίκων, EN 1995-1-1, Ευρωκώδικας 5, “Σχεδιασμός ξύλινων κατασκευών”, Μέρος 1-1, Γενικοί κανόνες και κανόνες για κτίρια
- Πηγή 7: Ιστοσελίδα: [http://www.academia.edu/4725485/%CE%9A%CE%B1%CF%84%CE%B7%CE%B3%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%B5%CF%82\\_%CE%BA%CE%B1%CE%B9\\_%CE%B5%CE%AF%CE%B4%CE%B7\\_%CE%BE%CF%85%CE%BB%CE%B5%CE%AF%CE%B1%CF%82](http://www.academia.edu/4725485/%CE%9A%CE%B1%CF%84%CE%B7%CE%B3%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%B5%CF%82_%CE%BA%CE%B1%CE%B9_%CE%B5%CE%AF%CE%B4%CE%B7_%CE%BE%CF%85%CE%BB%CE%B5%CE%AF%CE%B1%CF%82), “Κατηγορίες και είδη ξυλείας”, Αθαν. Καλλιγέρης MSc, Αθήνα 2012
- Πηγή 8: Ιστοσελίδα: <http://www.houzz.com/ideabooks/11852348/list/know-your-house-post-and-beam-construction-basics>, Άρθρο “Know your house: Post and Beam Construction Basics”, Bud Dietrich, AIA, Architect
- Πηγή 9: Ιστοσελίδα: [https://www.arch.ntua.gr/sites/default/files/resource/2161\\_/pyknos\\_ksylinos\\_f.o.pdf](https://www.arch.ntua.gr/sites/default/files/resource/2161_/pyknos_ksylinos_f.o.pdf), Αρχείο “Κατασκευή με Πυκνό Ξύλινο Φ. Ο.”, Συνθετικό Μάθημα 6Α – Περιοχή Οικοδομικής, Β. Τσούρας, Επικ. Καθηγητής Σχολής Αρχιτεκτόνων Ε.Μ.Π.
- Πηγή 10: Ιστοσελίδα: <http://www.newsbeast.gr/technology/arthro/622646/meleti-gia-tin-adohi-ton-xulinon-katoikion-stous-seismous>, Άρθρο: “Μελέτη για την αντοχή των ξύλινων κατοικιών στους σεισμούς”, Πέμπτη 19 Δεκεμβρίου 2013
- Πηγή 11: Ιστοσελίδα: <http://kakarasioannis.blogspot.gr/>, “ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΞΥΛΟΥ & ΞΥΛΙΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ”, Δρ. Ι. Κακαράς, Τεχνολόγος ξύλου – ξύλινων κατασκευών, τ. Καθηγητής ΤΕΙ

- Πηγή 12: Ιστοσελίδα: <http://www.epibleon.gr/>, επαγγελματικό περιοδικό της εταιρείας MEDEXPO, η οποία δραστηριοποιείται στον κλάδο ξύλου – επίπλου
- Πηγή 13: Ιστοσελίδα: <http://www.cygnusrealestate.com/architectures.aspx>, “Cygnus Real Estate”, Explore Architectural Home Styles, Log House
- Πηγή 14: Ιστοσελίδα: [http://www.kontio.net/house\\_models](http://www.kontio.net/house_models), KONTIO LOGHOUSES
- Πηγή 15: Ιστοσελίδα: [http://www.prechtlhof.com/seelenluxus\\_ger.html](http://www.prechtlhof.com/seelenluxus_ger.html), Ξενοδοχείο Prechtlhof, Αυστρία
- Πηγή 16: Άρθρο “Timber frame: Σπίτια από προκατασκευασμένα πλαίσια”, Φ. Μοτεσνίτσα, Περιοδικό “ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ”
- Πηγή 17: Ιστοσελίδα: <http://www.ecofriendlybuilding.com/timber-framed-house.html>, “EcoFriendlyBuilding.com”, Timber Framed House
- Πηγή 18: Ιστοσελίδα: <http://www.dezeen.com/2014/07/03/wingardhs-strandparken-wooden-prefabricated-housing-stockholm/>, περιοδικό “Dezeen”, Άρθρο: “Wingardhs completes prefabricated apartment block built entirely from wood”
- Πηγή 19: Ιστοσελίδα: <http://www.dezeen.com/2013/06/18/c-f-moller-designs-worlds-tallest-wooden-skyscraper/>, Περιοδικό Dezeen, Άρθρο “Η CF Moller σχεδιάζει τον υψηλότερο ξύλινο ουρανοξύστη του κόσμου”, 18 Ιουνίου 2013
- Πηγή 20: Ιστοσελίδα: <http://www.dezeen.com/2015/03/23/tham-videgard-wooden-high-rise-apartments-stockholm-waterfront/>, Περιοδικό Dezeen, Άρθρο “Η Tham & Videgård σχεδιάζει ξύλινους πύργους κατοικίας για προκουαία της Στοκχόλμης”, 23 Μαρτίου 2015
- Πηγή 21: Ιστοσελίδα: <http://makeitwood.org/made-from-wood/forte.cfm>, “Forté”, Docklands, Melbourne
- Πηγή 22: Ιστοσελίδα: <http://www.structuremag.org/?p=644>, Άρθρο “LCT ONE”, Nabih Tahan, Σεπτέμβριος 2013
- Πηγή 23: Ιστοσελίδα: <http://mg-architecture.ca/work/wood-innovation-design-center/>, Εταιρεία MGA, Wood Innovation & Design Centre
- Πηγή 24: Ιστοσελίδα: <http://www.ctbuh.org/News/GlobalTallNews/tabid/4810/Article/1442/language/en-US/view.aspx>, Άρθρο “Bergen to Be “Treet”ed to Tallest Timber Residential Building, Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH), Bergen, Νορβηγία, 3 Απριλίου 2014
- Πηγή 25: Ιστοσελίδα: <http://www.bdcnetwork.com/norwegian-modular-project-set-be-worlds-tallest-timber-frame-apartment-building-slideshow>, Άρθρο “Norwegian modular project set to be world’s tallest timber – frame apartment building [slideshow], Building Design & Construction Network, 2 Μαΐου 2014
- Πηγή 26: Ιστοσελίδα: <http://dzinetrip.com/wooden-skyscraper-in-vancouver-by-architect-michael-green/>, Περιοδικό DZineTrip, Άρθρο “Wooden skyscrapers challenge conventional thinking: Tall wood by architect Michael Green”, John Thomson, 23 Φεβρουαρίου 2013

- Πηγή 27: “Τα Παραδοσιακά Κτίρια της Λευκάδας με το Διπλό Δομικό Σύστημα και η Αντισεισμική τους Συμπεριφορά”, Τρ. Μακάριος και Μ. Δημοσθένους, 3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας, 5-7 Νοεμβρίου, 2008, Άρθρο 2047
- Πηγή 28: Ιστοσελίδα: <http://www.kormos.com.gr/>, “ΚΟΡΜΟΣ Κατασκευαστική”
- Πηγή 29: Ιστοσελίδα: <http://www.rethinkwood.com/material-and-building>, “Material and Building”
- Πηγή 30: Ιστοσελίδα: <http://users.teilar.gr/~mantanis/xk7.pdf> , “7<sup>ο</sup> ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΞΥΛΙΝΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ (ΓΕΝΙΚΟΤΕΡΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ)”, Δρ. Ι. Κακαρά, ΤΕΙ Λάρισας – Παράρτημα Καρδίτσας, Τμήμα Σχεδιασμού & Τεχνολογίας Ξύλου & Επίπλου, Εργαστήριο Τεχνολογίας & Συντήρησης Ξυλοκατασκευών
- Πηγή 31: Έγγραφο: <http://www.awc.org/pdf/C-BuildingBlocks-Coats-Jun13.pdf>, “Height and Area Considerations for Commercial Wood Buildings”, by Paul D. Coats, P. E., C.B.O. and Dennis Richardson, P.E., C. B. O., Technical paper that address building code considerations for CLT suggested by American Wood Council (AWC)