

**Περιεχόμενα:**

1. Εισαγωγή.....	3
2. Τα κύρια βασικά υλικά από το παρελθόν μέχρι σήμερα	
2.1. Υλικά του παρελθόντος.....	4
2.2. Σύγχρονα υλικά .....	10
3. Επιλογή των δομικών υλικών.....	11
4. Παράγοντες που επιδρούν στα δομικά υλικά.....	12
5. Κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια- Εκτίμηση του Κύκλου ζωής LCA κτιρίου...	13
6. Χρήση φιλικών προς το περιβάλλον δομικών υλικών	
6.1. Γενικές αρχές.....	16
6.2. Οικολογικό περιβαλλοντικό ισοζύγιο των υλικών.....	17
6.3. Προδιαγραφές υλικών.....	18
6.4. Περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά βασικών δομικών υλικών.....	20
7. Παραδοσιακά υλικά	
7.1. Υλικά κατασκευής της ελληνικής παραδοσιακής αρχιτεκτονικής.....	23
7.2. Υλικά κατασκευής της παραδοσιακής κινέζικης αρχιτεκτονικής.....	24
7.3. Το ξύλο στην παραδοσιακή γιαπωνέζικη αρχιτεκτονική.....	27
8. Χώμα	
8.1. Σύσταση προϊόντα	
8.1.1. Αδρανή υλικά.....	29
8.1.2. Πηλοκοκία.....	30
8.1.3. Άργιλος.....	30
8.1.4. Πηλός.....	30
8.1.5. Κεραμικά.....	31
8.2. Είδη εδαφών.....	32
8.3. Ιδιότητες που διαθέτει το χώμα.....	34
8.4. Κατασκευές από χώμα	
8.4.1. Χαρακτηριστικά.....	36
8.4.2. Χωμάτινοι τοίχοι	
8.4.2.1. Δομή.....	38
8.4.2.2. Λόγοι καταστροφής-προστασία.....	40
8.4.3. Σταθεροποίηση του χώματος.....	42
8.4.4. Πειράματα σταθεροποίησης.....	44

9. Ξύλο	
9.1 Γενικά χαρακτηριστικά.....	46
9.2. Δομή του ξύλου.....	46
9.3. Ιδιότητες του ξύλου	
9.3.1. Φυσικές ιδιότητες.....	46
9.3.2. Μηχανικές ιδιότητες	
9.3.2.1. Φαινόμενο ειδικό βάρος.....	49
9.3.2.2. Υγρασία.....	49
9.3.2.3. Ελαστικότητα.....	50
9.3.2.4. Αντοχές.....	51
9.3.2.5. Σκληρότητα και αντοχή σε φθορά.....	52
9.3.2.6. Θερμοαγωγιμότητα.....	52
9.3.2.7. Ακουστικές ιδιότητες.....	53
9.3.2.8. Συμπεριφορά σε πυρκαγιά.....	53
9.4. Άλλα στοιχεία για το ξύλο	
9.4.1. Είδη δέντρων.....	55
9.4.2. Προστασία του ξύλου.....	56
9.4.3. Μορφές του ξύλου στη δόμηση.....	56
9.5. Περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά του ξύλου.....	58
9.6. Σύγχρονη πρακτική.....	59
9.7. Σχεδιασμός με βάση το ξύλο.....	60
9.8. Πειραματισμός.....	62
10. Κατασκευή δαπέδων από ξύλο και χώμα.....	64
11. Κατασκευή στεγών από ξύλο και χώμα.....	66
12. Σύγκριση υλικών	
12.1. Ενέργεια- εκπομπές φαινομένου του θερμοκηπίου.....	68
12.2. Αξιολόγηση εναλλακτικών υλικών κατασκευής.....	73
12.3 Κόστος κατασκευής με εναλλακτικά υλικά.....	75
13. Συμπεράσματα.....	77
14. Βιβλιογραφία.....	79

## **1. Εισαγωγή**

Η ανάπτυξη των επιστημών και της τεχνολογίας έχει μέχρι σήμερα οδηγήσει προς μια εξέλιξη των κατασκευών και των δομικών υλικών. Έτσι νέα δομικά υλικά με καλύτερες ιδιότητες χρησιμοποιούνται προς χάρη της αντοχής τους, της όλο και μικρότερης απαιτούμενης επεξεργασίας και της οικονομίας τους.

Στα πλαίσια του εκσυγχρονισμού τα μέχρι σήμερα παραδοσιακά υλικά που αντλήθηκαν από τη φύση και χρησιμοποιήθηκαν από τους κατοίκους της κάθε περιοχής για να ικανοποιήσουν τις επί τόπου ανάγκες για κατασκευή καταλυμάτων παραμερίσθηκαν. Στη νέα εποχή μια τάση εντυπωσιασμού και επίδειξης εκμεταλλεύτηκε τις ιδιότητες των σύγχρονων υλικών και οδήγησε σε δραστηριότητα που ξέφυγε από τις βασικές ανάγκες δημιουργίας της και έτεινε να ικανοποιήσει πρόσθετες ανάγκες.

Τα σύγχρονα έργα έχασαν έτσι την αυθεντικότητά τους αλλά και το χαρακτήρα ενός έργου που πηγάζοντας από ανάγκη σέβεται τη φύση και ακολουθεί τους κανόνες της.

Αποτέλεσμα της υπέρμετρης διόγκωσης των αστικών κέντρων και της εγκατάλειψης της υπαίθρου, της εντατικής και συχνά αλόγιστης εκμετάλλευσης των φυσικών πόρων, της βιομηχανικής και εμπορικής ανάπτυξης με τις απαιτήσεις τους για μεγάλης κλίμακας τεχνικά έργα ή πιο πρόσφατα, της ανάπτυξης του μαζικού τουρισμού που ασκεί πιέσεις ακόμη και σε περιθωριακές κατά τα άλλα περιοχές είναι η υποβάθμιση του περιβάλλοντος, τόσο του φυσικού όσο και του ανθρωπογενούς.

Με τις καταστροφές και αλλοιώσεις που προκάλεσαν αυτά τα φαινόμενα, τα στοιχεία της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς του παρελθόντος έγιναν σπανιότερα (και επομένως πολυτιμότερα). Απέκτησαν μια ιδιαίτερη αξία ως μοναδικές οάσεις-ισορροπίας, ποικιλίας και ανθρώπινου μέτρου μέσα στο σύγχρονο τεχνοκρατικό περιβάλλον που χαρακτηρίζεται από αναρχία, μονοτονία και γιγαντισμό ή, ακόμη, και ως πρότυπα για τη δημιουργία ενός ανθρωπινότερου περιβάλλοντος στο μέλλον.

Στις μέρες μας όλο και περισσότερο τα περιβαλλοντικά ζητήματα γίνονται αντικείμενο ενδιαφέροντος και σιγά σιγά όλο και περισσότεροι τομείς της ζωής και της δραστηριότητας του ανθρώπου αναζητούν μια στροφή προς την περιβαλλοντική θεώρηση.

Στα πλαίσια της αειφόρου ανάπτυξης, η προστασία της αρχιτεκτονικής και του περιβάλλοντος αποτελεί απαίτηση της σύγχρονης πραγματικότητας.

## **2. Τα κύρια βασικά υλικά από το παρελθόν μέχρι σήμερα**

### **2.1 Υλικά του παρελθόντος**

Κατά την εποχή του λίθου που διάρκεσε πολύ περισσότερα χρόνια από κάθε άλλη εποχή πολιτισμού, ο άνθρωπος ζούσε σε συνεχή επαφή με τη φύση και ήταν εξαρτημένος από τα στοιχεία της. [1]

Η πρώτη φάση της εποχής του λίθου είναι γνωστή με το όνομα παλαιολιθική. Τα όρια της δεν είναι σαφώς καθορισμένα. Υπολογίζουν την πρώτη εμφάνιση του ανθρώπου 600.000 έως 550.000 χρόνια περίπου πριν από την εποχή μας και την έναρξη της μέσης παλαιολιθικής εποχής γύρω στο 100.000 π.Χ. κατά την παλαιολιθική εποχή η Ευρώπη καλύπτεται από παγετώνες. Ο άνθρωπος δεν κατοικεί σε μόνιμα μέρη, αλλά περιφέρεται, γιατί αγνοεί την παραγωγή και την καλλιέργεια της γης και επιβιώνει μόνο από το κυνήγι και το ψάρεμα (συλλεκτική οικονομία).

Μετά το 20.000 υπολογίζουν ότι αρχίζει να κατασκευάζει πρόχειρες καλύβες, από τις οποίες, όπως είναι φανερό, δε σώθηκε τίποτα. Γενικά, κατά την εποχή αυτή η αρχιτεκτονική είναι ανύπαρκτη, όπως άλλωστε και κάθε έννοια κατασκευής. Η δεύτερη φάση της εποχής του λίθου, η νεολιθική αρχίζει γύρω στο 7.500 π.Χ. περίπου. Πολλά πράγματα αλλάζουν κατά τη νεολιθική εποχή. Οι παγετώνες βαθμιαία εξαφανίζονται και το κλίμα γίνεται όπως το σημερινό. Παράλληλα συντελείται η λεγόμενη «παραγωγική επανάσταση»: οι άνθρωποι για πρώτη φορά αρχίζουν να παράγουν αγαθά για τη ζωή τους με την καλλιέργεια της γης και την εκμετάλλευση των ζώων, τα οποία εξημερώνουν. Η συλλεκτική οικονομία περιορίζεται βαθμιαία. Αντί του παλαιού τρόπου ζωής των περιφερόμενων ομάδων, οι άνθρωποι εγκαθίστανται σε διάφορες περιοχές μόνιμα και για πρώτη φορά δημιουργείται η έννοια της ιδιοκτησίας της γης. Η νέα αυτή αντίληψη για τη ζωή φαίνεται ότι ξεκίνησε από τη Μέση Ανατολή και γρήγορα διαδόθηκε. Χαρακτηριστική είναι η εξάπλωση του ανθρώπου σε όλο τον κόσμο, η χρησιμοποίηση κατεργασμένων όπλων και εργαλείων από πυριτόλιθο και η ανάπτυξη της χειροτεχνίας, της αγγειοπλαστικής (χωρίς τη χρήση τροχού), της υφαντικής και της πλεκτικής. [1]

Μέσα στην νεολιθική εποχή διακρίνονται πέντε μεγάλες ενότητες λαών, που αργότερα δημιούργησαν αντίστοιχους πολιτισμούς. Και οι πέντε αυτές ενότητες αναπτύσσουν σιγά σιγά αρχιτεκτονική, η οποία είναι άλλοτε καθαρά ωφελιμιστική (κατοικίες, κτλ.) κι άλλοτε χαρακτήρα θρησκευτικού και μνημειακού. Κάθε ενότητα



χρησιμοποιεί βασικά ορισμένα υλικά, τα οποία χαρακτηρίζουν την αρχιτεκτονική της. Διακρίνουν την εξάπλωση του νεολιθικού πολιτισμού, ως εξής:

Πρώτη ενότητα: Κεντρική Ασία, Αρμενία, Περσία, Ιράκ, Ανατολική Συρία και Μεσοποταμία, με επεκτάσεις προς την κοιλάδα του Ινδού και το Πουντζάμπ των Ινδιών. Σε αυτή την ενότητα η εποχή του λίθου φτάνει ως το 3.500 π.Χ. περίπου και το υλικό δομής που επικρατεί είναι ο πηλός (χρήση τούβλων στην αρχιτεκτονική) αλλά και ο λίθος. [1]

Δεύτερη ενότητα: Μεσογειακή Λεκάνη, Αίγυπτος, Β. Αφρική, νησιά της Μεσογείου, ακτές της Μ. Ασίας και της Συρία, Ιταλία, Ελλάδα, Κρήτη, νησιά του Αιγαίου με επέκταση στην Ισπανία και την Πορτογαλία. Στη δεύτερη ενότητα η εποχή του λίθου φθάνει ως το 2.500 π.Χ. περίπου και επικρατεί ως βασικό υλικό δομής η πέτρα. Σε αυτήν ανήκουν τα νεολιθικά της Ελλάδας που έδωσαν αργότερα τη θέση τους στο μινωικό και τον ελλαδικό πολιτισμό της εποχής του χαλκού και για τους οποίους θα γίνει λόγος. Επίσης στην Αίγυπτο υφίσταται νεολιθικός πολιτισμός που οδηγεί αργότερα σε εκείνον του κράτους των Φαραώ. Ενδιαφέροντα κτίσματα της εποχής αυτής διασώθηκαν στη νήσο Μάλτα, όπου μεγάλα μνημεία ή ναοί σε σπήλαια φανερώνουν ειδική ανάπτυξη και επιδεξιότητα στη λάξευση του λίθου. [1]

Τρίτη ενότητα: Κεντρική Ευρώπη, κοιλάδα του Δούναβη, Μαύρη θάλασσα και επεκτάσεις προς τις Σκανδιναβικές χώρες, την Γαλλία και την Αγγλία. Σε αυτήν την ενότητα επικρατεί σαν υλικό το ξύλο. Αρχίζει περίπου στα 1.500 χρόνια π.Χ.. Στις πρώτες φάσεις της νεολιθικής εποχής στην Ευρώπη επικρατούν οι καλύβες με σχήμα στρογγυλό ή ελλειψοειδές από ξύλα, με στέγη από πλεκτές ράβδους και άχυρα. Στην τελευταία φάση άρχισαν να γίνονται οι λιμναίοι οικισμοί. Γνωστοί είναι αυτοί γύρω από το Δούναβη, τις λίμνες της Ελβετίας (Γενεύης και Neuchatel), γίνονταν σε μέρη ρηχά και κατά κανόνα στηρίζονταν σε κατακόρυφους πασσάλους 1-1.5 μέτρο πάνω από τα νερά. Ένα ξύλινο πάτωμα στηριζόταν πάνω στους πασσάλους και πάνω σε αυτό στηνόταν οι καλύβες, ξύλινες επίσης με στέγη από καλάμια και άχυρα. Μια κινητή γέφυρα σύνδεε το πάτωμα με την ακτή, ενώ μέσα από τις καλύβες διαμορφωνόταν καταπακτή, από την οποία μπορούσαν να ψαρεύουν. [1]

Παρεμφερείς με τους παραπάνω οικισμούς ήταν οι τερραμάρες, που ανήκουν όμως στην εποχή του χαλκού. Κοντά σε ποταμούς σχηματιζόταν με περιμετρική τάφρο που γέμιζε νερό, ένα ορθογώνιο μέσα στο οποίο κατασκευαζόταν πασσαλόπηκτο πάτωμα με καλύβες. Παράδειγμα του είδους έχουμε στη Β. Ιταλία, κοντά στον ποταμό Πάδο (Μοδένα, Πάδοβα). Οι καλύβες είχαν κανονική πλαισιωτή κατασκευή στους

τοίχους τους, από ξύλο ενίοτε και πηλό μαζί με άλλες ελαφρές ύλες. [1]

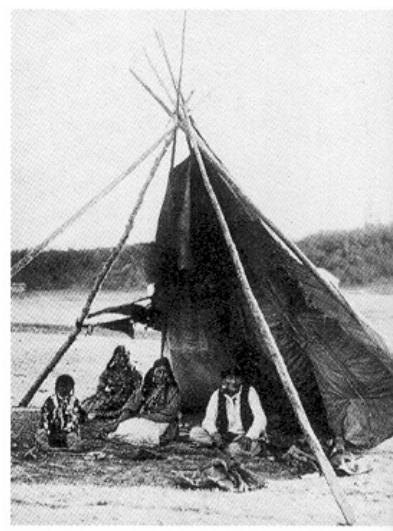
Τα σπουδαιότερα κατάλοιπα της νεολιθικής εποχής είναι τα μεγαλιθικά μνημεία. Πρόκειται για κατασκευάσματα μνημειακού χαρακτήρα, τα σπουδαιότερα από τα οποία βρέθηκαν στη Γαλλία και την Αγγλία. Οι λαοί πάντως που δημιουργήσαν στην Ευρώπη τα μεγαλιθικά μνημεία δεν παρουσίασαν σε μεταγενέστερη εποχή αρχιτεκτονική του λίθου, σε αντίθεση με τους λαούς της δεύτερης ενότητας (Μεσογειακούς). [1]

Τέταρτη Ενότητα: Άπω Ανατολή, Κίνα, Ιαπωνία. Σε αυτήν την ενότητα γίνεται χρήση λίθων, πηλού (τούβλων) και ξύλων σε πολλούς συνδυασμούς, που οδηγεί σε μεταγενέστερη εποχή, σε ιδιότυπη αρχιτεκτονική. Για την πρώτη περίοδο της αρχιτεκτονικής της Άπω Ανατολής ελάχιστα πράγματα είναι γνωστά. Ο κύκλος της αργότερα επεκτείνεται στην Μογγολία, την Ινδοκίνα, την Κορέα και την Μαλαισία. [1]

Πέμπτη ενότητα: Κεντρική και Νότιος Αμερική. Σε αυτή την ενότητα μεγάλο ρόλο έπαιξε πάλι η κατεργασία και η εν γένει χρήση του λίθου. [1]

Με την πάροδο λοιπόν του χρόνου οι πρόγονοι του σύγχρονου ανθρώπου, βελτιώνοντας τα υλικά και τις μεθόδους κατασκευής, κατόρθωσαν να δώσουν μορφή και εσωτερική διάταξη στους χώρους τέτοια ώστε να καλύπτουν τις διαρκώς αυξανόμενες ανάγκες τους.

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για τις κατασκευές ήταν αρχικά οστά και δέρματα ζώων καθώς και ξύλα και ελαφρότερα φυτικά προϊόντα και μετά φυσικοί λίθοι. Σιγά-σιγά όμως με την κατασκευή και βελτίωση εργαλείων από μέταλλο (χαλκό ή σίδηρο) ο άνθρωπος άρχισε να επεξεργάζεται τα πρώτα αυτά δομικά υλικά και ιδιαίτερα τους λίθους και τα ξύλα και να κατασκευάζει καλύτερα έργα.



Εικ.1 Σκηνή Ινδιάνων στη βόρειο Αμερική [2]



Εικ.2 Πετρόχτιστο οίκημα στην Κρήτη [3]

Ο λίθος ήταν το υλικό, που λόγω των καλών μηχανικών ιδιοτήτων του και κυρίως της μεγάλης αντοχής του στο χρόνο, αποτέλεσε το κυριότερο δομικό υλικό.

Σήμερα σώζονται λίθινες κατασκευές μεγάλης τεχνικής τελειότητας. Γέφυρες, τείχη φρουρίων και ακροπόλεων, λίθινοι πύργοι και θολωτές στέγες, υδραγωγεία, μεγάλα δημόσια κτίρια και ναοί, ηλικίας χιλιάδων ετών.

Πολλοί πιστεύουν ότι τα πέτρινα κτίρια παρουσιάζονται στην ιστορία πριν από τις ξύλινες κατασκευές. Η εμπειρία δείχνει ότι η επεξεργασία της πέτρας είναι πολύ πιο δύσκολη από ότι του ξύλου. Σε αυτό ας προσθέσουμε το γεγονός ότι η φωτιά και οι πόλεμοι εξαφάνισαν τα κατάλοιπα του ξύλου και άφησαν μόνο ίχνη από πέτρα. [4]

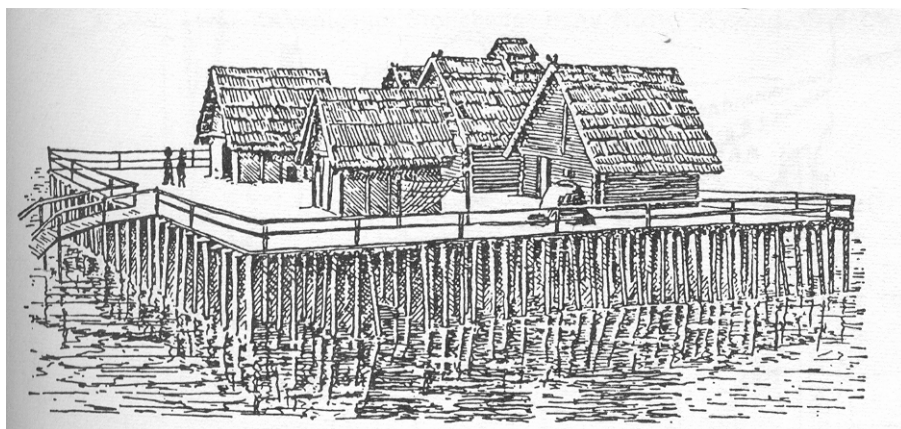
Για την κατασκευή των πυραμίδων χρησιμοποιήθηκαν ξύλινα πλαίσια. Μάλιστα τα εργαλεία που χρησιμοποιούσαν οι ξυλουργοί της Αιγύπτου, συμπεριλαμβανομένων των κοπιδιών και των χειροκίνητων πλανών, μοιάζουν πολύ με τα σημερινά. Ακόμα και στα κείμενα της Βίβλου, στις περιγραφές της κατασκευής του ναού του Σολομώντα διαβάζουμε ότι χρησιμοποιήθηκε ξύλο από τους κέδρους του Λιβάνου. [4]

Το γεγονός ότι στις μεσογειακές χώρες, όπως για παράδειγμα η Ελλάδα, συναντάμε πέτρινες και όχι ξύλινες κατασκευές δικαιολογείται από την έλλειψη του ξύλου σαν πρώτη ύλη. Οι μορφές όμως αντικατοπτρίζουν τη χρήση ξύλου στα παλαιότερα χρόνια. Σε έναν τυπικό αρχαιολογικό ναό όπως ο ναός του Παρθενώνα του 5ου π.χ. αιώνα, βρίσκουμε κίονες στρογγυλούς, με μυτερή απόληξη και γερούς, όπως ακριβώς είναι και οι κορμοί των δέντρων. Το επιστύλιο ήταν το δοκάρι που

πατούσε σε όλους τους κίονες κατά πλάτος του κτιρίου. Πάνω σε αυτό το δοκάρι τοποθετούσαν γωνιακά δοκάρια, που συγκρατούσαν τα πάνω πατώματα. Όταν τελικά ο ναός κατασκευάστηκε από πέτρα, οι γωνίες εξελίχθηκαν στα γνωστά μας τρίγλυφα. Ακόμα και τα κιονόκρανα που βρίσκονται ανάμεσα στους κίονες και το επιστύλιο, μιμούνται σε μεγάλο βαθμό την προηγούμενη χρήση ξύλινων διατομών, που τοποθετούνταν στο σημείο αυτό για να προστατέψουν τους ξύλινους στύλους από την υγρασία.

Όμως το ξύλο στην Ευρώπη δεν είναι παντού εκλεκτό. Στη Βαλτική και στις Σκανδιναβικές χώρες υπήρχε πάντα απόθεμα ξυλείας και κυρίως ξυλείας ελάτου που μπορούσε να χρησιμοποιηθεί απευθείας στην κατασκευή. [4]

Το ξύλο ήταν επίσης από τα πρώτα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή καταλυμάτων και αργότερα συνθετότερων κατοικιών. Επίσης από κορμούς δένδρων ακατέργαστων ή κατεργασμένων δημιουργήθηκαν οχυρώσεις οικισμών και ακροπόλεων, στέγες σπιτιών και ναών, γέφυρες, οδοστρώματα και μικρά φράγματα για τη συγκράτηση των υδάτων. Ελάχιστες όμως ξύλινες κατασκευές διατηρήθηκαν μέχρι σήμερα λόγω κυρίως της μικρής αντοχής του ξύλου στις εξωτερικές συνθήκες.



Εικ.3 Αναπαράσταση λιμναίου οικισμού της νεολιθικής εποχής στη λίμνη της Κωνσταντίας (G. Mansuelli). [1]

Τέλος, χρησιμοποιήθηκε από τα παλιά χρόνια ως δομικό υλικό και το χώμα, που περιέχει άργιλο, δηλαδή ο πηλός. Στην αρχή χρησιμοποιήθηκε υπό μορφή κονιάματος (λάσπη) για να γεμίσει τα κενά, που υπήρχαν σε κατασκευές από ακατέργαστους λίθους ή ξύλα. Αργότερα ο πηλός, με κατάλληλη επεξεργασία, βελτιώθηκε ποιοτικά και υπό μορφή πρίσματος, ως ωμή πλίνθος (πλίθρα), για πολλούς αιώνες ήταν το σπουδαιότερο δομικό υλικό, ιδίως όπου σπάνιζαν οι λίθοι. Τέλος με το ψήσιμο του πηλού έγινε δυνατή η παρασκευή υλικών ανώτερης ποιότητας, τα οποία μέχρι σήμερα χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές. Τέτοια υλικά, που ονομάζονται κεραμικά, είναι οι οπτόπλινθοι (τούβλα), τα κεραμίδια και οι κεραμικές πλάκες.



Εικ.4 Συγκρότημα κτιρίων μονόχωρων οικημάτων χτισμένων από λάσπη, στο Νέο Μεξικό  
[2]

## 2.2 Σύγχρονα Υλικά

Οι λίθοι, τα ξύλα και τα κεραμικά υλικά αποτέλεσαν τα βασικά δομικά υλικά ως τα μέσα του περασμένου αιώνα. Από τότε εμφανίζονται λόγω της ανακάλυψης νέων πηγών ενέργειας νέα δομικά υλικά με υψηλότερου βαθμού ιδιότητες. [5]

Τα βασικότερα από αυτά είναι:

- Ο *ασβέστης*. Υλικό αρκετά παλιό που χρησιμοποιείται ως συγκολλητική ύλη των κόκκων της άμμου στα κονιάματα.

- Ο *σίδηρος*. Στην αρχή χρησιμοποιήθηκε υπό μορφή χυτοσιδήρου, αργότερα ως χάλυβας κοινός, τέλος ως χάλυβας υψηλής αντοχής. Μεγάλα τεχνικά έργα κατασκευάζονται από χάλυβα, όπως π.χ. γέφυρες με άνοιγμα μεγαλύτερο από τα 1200m και κτίρια ύψους πάνω από 300m.

- Το *τσιμέντο*. Χρησιμοποιείται ως συνδετική ύλη, όπως ο ασβέστης, αλλά έχει πολύ καλύτερες συγκολλητικές ιδιότητες. Από τσιμέντο, άμμο και χαλίκια άρχισαν να κατασκευάζονται τεχνητοί λίθοι, διαφόρων μορφών και διαστάσεων. Με την ενσωμάτωση μέσα στους τεχνητούς λίθους σιδερένιων ράβδων δημιουργήθηκε το οπλισμένο σκυρόδεμα. Τα τελευταία ογδόντα χρόνια το άοπλο και το *οπλισμένο σκυρόδεμα* απετέλεσαν το κατ' εξοχήν δομικό υλικό σε όλα σχεδόν τα είδη των τεχνικών έργων.

- Τα *πλαστικά*. Είναι τα νεότερα δομικά υλικά και εμφανίσθηκαν μόλις πριν από 60 χρόνια. Είναι προϊόντα της χημικής βιομηχανίας με πολλές δυνατότητες.

Σήμερα εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται τόσο τα παλιά δομικά υλικά (λίθοι, ξύλα, κεραμικά), όσο και τα νεώτερα (σίδηρος, τσιμέντο, πλαστικά). Συνδυασμένα μάλιστα μεταξύ τους δίνουν πλήθος άλλων υλικών. [5]

### 3. Επιλογή των δομικών υλικών

Για την επιλογή του κατάλληλου υλικού στην κατασκευή απαιτείται γνώση των ιδιοτήτων των υλικών και της συμπεριφοράς τους. Όπως:

- Οι εξωτερικές επιδράσεις, που δέχεται το έργο, δηλαδή οι θερμοκρασιακές μεταβολές του περιβάλλοντος, η υγρασία, ο παγετός, το ηλιακό φως, ο ήχος, οι χημικοί παράγοντες, η ραδιενέργεια, το ίδιο βάρος των υλικών, οι ωθήσεις των γαιών, η πίεση του νερού, τα βάρη αντικειμένων, μηχανημάτων, ανθρώπων, βιομηχανικών προϊόντων, ο σεισμός.

- Οι απαιτήσεις που υπάρχουν από το έργο προκειμένου να λειτουργήσει σωστά και να εκπληρώσει το σκοπό για τον οποίο προορίζεται.

- Ο τρόπος που αντιδρούν τα δομικά υλικά στις εξωτερικές επιδράσεις, δηλαδή οι ιδιότητες των υλικών. Κάθε υλικό αντιδρά με διαφορετικό τρόπο, παρουσιάζει δηλαδή μεγαλύτερη ή μικρότερη αντοχή από ένα άλλο υλικό, όταν τα υλικά αυτά υποστούν την ίδια εξωτερική επίδραση [π.χ. το ξύλο είναι ελαφρότερο από το χάλυβα (έχει μικρότερο ειδικό βάρος), αντέχει λιγότερο από αυτόν στις εξωτερικές δυνάμεις (θλίψεως, εφελκυσμού κλπ), αλλά παρουσιάζει μεγαλύτερη αντοχή στη διάβρωση].

- Οι οικονομικοί παράγοντες όπως η τιμή αγοράς του υλικού, η ευκολία μεταφοράς του στον τόπο που κατασκευάζεται το έργο, η ύπαρξη επαρκών αποθεμάτων στην αγορά, τα έξοδα συντηρήσεως και προστασίας του υλικού μετά την ενσωμάτωσή του στο

έργο

κ.ά.

[5]

**4. Παράγοντες που επιδρούν στα δομικά υλικά**

Στην κατασκευή επιδρούν παράγοντες του εξωτερικού περιβάλλοντος. Μερικοί από αυτούς αποτελούν τις κυριότερες αιτίες φθοράς του έργου. Άλλοι πρέπει να αντιμετωπισθούν, με διάφορους τρόπους για να μπορέσει το έργο να εκτελέσει τον προορισμό του.

Για κάθε κατασκευή πρέπει να προσδιορισθούν και να μελετηθούν αρχικά όλοι οι παράγοντες αυτοί που υφίστανται στην περιοχή ώστε να επιλεχθούν τα κατάλληλα υλικά που θα τους αντιμετωπίσουν.

Πρόκειται για παράγοντες:

- Φυσικούς και μηχανικούς. Σε αυτούς ανήκουν, μεταξύ των άλλων, η θερμότητα και το ψύχος, ο άνεμος, το νερό και οι διάφορων ειδών δυνάμεις (φορτία) που ενεργούν επάνω στο έργο.

- Χημικούς. Είναι τα διάφορα οξέα που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα, τα διάφορα άλατα που είναι διαλυμένα μέσα στο νερό και γενικά χημικές ουσίες που έρχονται σε επαφή με το έργο λόγω λειτουργικής ανάγκης ( όπως π.χ. στις δεξαμενές χημικών προϊόντων, στις δεξαμενές λαδιού και κρασιού κ.ά.).

- Οργανικούς. Διάφοροι μύκητες, που αναπτύσσονται σε σκιερό και υγρό περιβάλλον, καθώς και διάφοροι μικροοργανισμοί που κολλούν στα ύφαλα μιας κατασκευής μεταξύ της υψηλής και της χαμηλής στάθμης του νερού. [5]



## 5. Κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια - Εκτίμηση του κύκλου ζωής (LCA) κτιρίου

Στα κτίρια καταναλώνεται μεγάλη ποσότητα ενέργειας. Η κατανάλωση αυτή περιλαμβάνει την ενέργεια που χρησιμοποιείται σε όλη τη διάρκεια του κύκλου της ζωής μιας οικοδομής και αυτή απαιτείται:

- Για την παραγωγή των υλικών και τη μεταφορά τους
- Κατά τη διάρκεια της κατασκευής της
- Κατά τη φάση της εκμετάλλευσης του κτιρίου
- Για τη θέρμανση, τον αερισμό, την παραγωγή ζεστού νερού, για την ανάγκη υγιεινής, το φωτισμό και την τροφοδοσία των συσκευών
- Για την κατεδάφιση και τα απορρίμματα [6]

Η αρχική περιεχόμενη ενέργεια είναι άμεση και έμμεση και χρησιμοποιείται για την κατασκευή, μεταφορά και τοποθέτηση των προϊόντων του κτιρίου. Η άμεση ενέργεια είναι αυτή που ουσιαστικά καταναλώνεται στην κατασκευή κτιρίων. Αντιπροσωπεύει την τελική μεταφορά και τοποθέτηση υλικών και στοιχείων. Η έμμεση ενέργεια αντιπροσωπεύει την ενέργεια που καταναλώνεται στην παραγωγή υλικών κατασκευής και την απαραίτητη μεταφορά τους. Η έμμεση ενέργεια αποτελεί το μεγαλύτερο κομμάτι της περιεχόμενης ενέργειας. Αντιπροσωπεύει την παραγωγή ενός στοιχείου αποκλειστικά χωρίς τη μεταφορά του προς και από την εγκατάσταση του κτιρίου. [7]

Η περιεχόμενη ενέργεια και οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που σχετίζονται με την κατασκευή τυπικά αποτελούν ένα σχετικά μικρό τμήμα από αυτό που απαιτείται για την αρχική κατασκευή κτιρίων. [7]

Η έννοια της Εκτίμησης του Κύκλου Ζωής αποτελεί βάση για σύγκριση εναλλακτικών υλικών, συστατικών και υπηρεσιών. Όσον αφορά τα κτίρια περιλαμβάνει την ανάλυση και την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των δομικών υλικών καθ' όλη τη διάρκεια ζωής της κατασκευής. Η μεγαλύτερη προσπάθεια για κατανόηση της σχετιζόμενης με τα κτίρια εκτίμησης του κύκλου ζωής προσανατολίζονται σε επίπεδο ανάλυσης με απογραφή. [7]

Ο κύκλος ζωής των κτιρίων είναι πολύπλοκος σε σχέση με άλλα προϊόντα μια και περικλείει επιπτώσεις από πλήθος κύκλων ζωής συστατικών υλικών και συστημάτων λειτουργίας της κατασκευής. Ο κύκλος ζωής της ενέργειας και άλλων περιβαλλοντικών

επιπτώσεων περιλαμβάνει ότι περικλείεται στην παραγωγή, χρήση και μετακίνηση ενός κτιρίου.

Πρόσφατες περιγραφές κύκλου ζωής κτιρίου αναφέρονται σε επίπεδα κύκλου ζωής που αφορούν:

- Τη λεπτομερή εκτίμηση των επιπτώσεων παραγωγής των υλικών που χρησιμοποιούνται ως δομικά υλικά, συστατικά και στοιχεία στην κατασκευή.

- Τη χρήση πόρων και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της αρχικής παραγωγής του κτιρίου.

- Την επανεμφανιζόμενη ενσωματωμένη χρήση πόρων και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν από την ενεργή λειτουργία του κτιρίου και περιλαμβάνει εκείνες τις επιπτώσεις που αφορούν διατήρηση, επιμέλεια και λειτουργία του κτιρίου, (ενέργεια που απαιτείται για θέρμανση, κλιματισμό, αερισμό και φωτισμό των εσωτερικών χώρων και λειτουργία συσκευών). [7]

- Τη χρήση πόρων και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατεδάφισης και διάθεσης του κτιρίου στο τέλος της ενεργής του δραστηριότητας. [7]

Το πρώτο επίπεδο είναι συγκεκριμένο για υλικά μόνο, ενώ τα άλλα αναφέρονται σε υλικά και συστατικά για την εφαρμογή τους στα πλαίσια ενός συγκεκριμένου σχεδίου.

Λεπτομερή ανάλυση κύκλου ζωής συχνά επωφελείται την αρχική ενέργεια και τα περιβαλλοντικά δεδομένα και κάνει μικρή αναφορά στις μετέπειτα φάσεις. Η ενέργεια που απαιτείται στην αρχική κατασκευή ενός κτιρίου ορίζεται σαν την περιεχόμενη ενέργειά του, μια έννοια που έχει επεκταθεί να περιλαμβάνει και τις αέριες εκπομπές, όπως πχ το CO<sub>2</sub>. [7]

Στη Γαλλία η μέθοδος HQE αποτελεί ένα πλαίσιο που απευθύνεται σε ιδιοκτήτες, αρχιτέκτονες και ειδικούς μηχανολόγους και προϋποθέτει τη συμβολή βιομηχανιών και οικοδομικών επιχειρήσεων ώστε να δραστηριοποιηθούν σε μια οικολογική αρχιτεκτονική που κινείται στα πλαίσια της βιώσιμης ανάπτυξης.

**ΟΙ 14 ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ HQE [6]**

(Haute Qualite Environnementale:

Υψηλή Περιβαλλοντική Ποιότητα)

### **Διαχείριση των επιδράσεων στο εξωτερικό περιβάλλον**

#### **Οικοκατασκευή**

- Αρμονική σχέση του κτιρίου με το άμεσο περιβάλλον του
- Ολοκληρωμένη επιλογή των τρόπων και των υλικών της κατασκευής
- Εργοτάξια ασθενών οχλήσεων

#### **Οικοδιαχείριση**

- Διαχείριση της ενέργειας
- Διαχείριση του νερού
- Διαχείριση των απορριμμάτων
- Επισκευή και συντήρηση

### **Δημιουργία ικανοποιητικού εσωτερικού περιβάλλοντος**

#### **Άνεση**

- Υγρομετρική άνεση
- Ακουστική άνεση
- Οπτική άνεση
- Άνεση όσφρησης

#### **Υγεία**

- Υγειονομικές συνθήκες
- Ποιότητα του αέρα
- Ποιότητα του νερού

## 6. Χρήση φιλικών προς το περιβάλλον δομικών υλικών

### 6.1 Γενικές αρχές

Κάθε κτίριο, ανεξάρτητα από την αισθητική του αξία, συνδέεται με τα οικοσυστήματα μέσω της οικολογικής αλυσίδας, στην οποία συμμετέχουν το νερό, ο αέρας και η ενέργεια. Για να μην είναι αρνητική και σε βάρος του περιβάλλοντος η σχέση αυτή, τα κτίρια δεν αρκεί μόνο να εξοικονομούν ενέργεια αλλά θα πρέπει και να κατασκευάζονται όσο το δυνατό με οικολογικά υλικά και να παράγουν όσο το δυνατό λιγότερα απόβλητα και απορρίμματα. Εκτός του μελήματος για αποφυγή των γεωμαγνητικών ακτινοβολιών ή της κατασκευής των κτισμάτων σύμφωνα με τις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής θα πρέπει να επιδιώκεται επίσης η χρησιμοποίηση υλικών φιλικών προς το περιβάλλον. [8]

Για να υπάρχει ισόρροπη συνύπαρξη βέβαια κτίσματος- περιβάλλοντος θα πρέπει να έχει προηγηθεί της κατασκευής μελέτη του περιβάλλον χώρου, της κλίσης, του προσανατολισμού, και όλων των άλλων χαρακτηριστικών στοιχείων που θα μπορούσαν να συμβάλλουν στο σωστό σχεδιασμό. [8]

Η επιλογή των υλικών έχει να κάνει με την επίδρασή τους στο φυσικό περιβάλλον, στο εσωτερικό περιβάλλον της κατοικίας και στην υγεία των χρηστών. Η αξιολόγηση των επιπτώσεών τους έχει να κάνει με τον κύκλο ζωής τους και συγκεκριμένα με την παραγωγή, εφαρμογή, χρήση και συντήρηση, κατεδάφιση και απομάκρυνσή τους. [6]

Τα χρησιμοποιούμενα υλικά θα πρέπει να είναι τοπικά ώστε να τονώνεται η τοπική οικονομία και να περιορίζονται οι οδικές μεταφορές και η βιομηχανική παραγωγή τους θα πρέπει να απαιτεί λίγη ενέργεια. [6]

Η πιο οικολογική στάση στην κατασκευή θα ήταν η επιλογή τελικά υλικών που ανταποκρίνονται καλύτερα στις απαιτήσεις του έργου και στον προϋπολογισμό του, είναι ανανεώσιμα και ανακυκλώσιμα και δεν προκαλούν κίνδυνο για την υγεία.

**6.2 Οικολογικό περιβαλλοντικό ισοζύγιο των υλικών**

Το οικολογικό ισοζύγιο ενός οικοδομικού υλικού λαμβάνει υπόψη την ποσότητα του υλικού, την ενέργεια και το νερό που είναι αναγκαία στα διάφορα βήματα του κύκλου ζωής του όπως:

- την εξαγωγή της πρώτης ύλης και τη μεταφορά της προς το εργοστάσιο,
- τη βιομηχανική παραγωγή,
- τη μεταφορά προς το εργοτάξιο,
- την εφαρμογή
- τη συντήρηση, επισκευή,  
και την πιθανή ανανέωσή στη  
διάρκεια της χρήσης του κτιρίου,
- την κατεδάφιση,
- την αποβολή των απορριμμάτων. [6]

### 6.3 Προδιαγραφές υλικών

Οι προδιαγραφές των υλικών που μπορούν να γίνουν αποδεκτά σε μια βιοκατασκευή πρέπει να ικανοποιούν τις παρακάτω ανάγκες:

- α) να επιτρέπουν την είσοδο ευνοϊκών για την υγεία μικροκυμάτων,
- β) να μην αυξάνουν το ποσοστό της φυσικής ραδιενέργειας ούτε του στατικού ηλεκτρισμού,
- γ) να μην απελευθερώνουν τοξικά αέρια, θετικά ιόντα, επικίνδυνα σκόνη ινών (αμίαντος)
- δ) να παρέχουν καλή θερμική και ακουστική μόνωση
- ε) να επιτρέπουν τη διατήρηση ενός ανεκτού από τον ανθρώπινο οργανισμό επιπέδου υγρασίας,
- στ) να έχουν καταναλώσει στη φάση παραγωγής τους, όσο το δυνατό λιγότερη ενέργεια
- ζ) να μην έχουν επιβαρύνει το περιβάλλον, στη φάση παραγωγής και μεταφοράς τους, με τοξικά απόβλητα και απορρίμματα,
- η) να μην προέρχονται από φυτικά είδη που απειλούνται με εξαφάνιση
- θ) να παράγονται σε όσο το δυνατό μικρότερη απόσταση από τον τόπο κατανάλωσής τους,
- ι) να μπορούν να ανακυκλωθούν ή να επαναχρησιμοποιηθούν [8]

Στα πλαίσια μιας περιβαλλοντικής προσέγγισης, είναι αναγκαία η γνώση της σύνθεσης των υλικών και της διαδικασίας παραγωγής τους. Σήμερα είναι ελάχιστες οι επιχειρήσεις που έχουν εξασφαλίσει πιστοποίηση ISO 14001.

Το 1989 δημοσιεύτηκε η Ευρωπαϊκή κατευθυντήρια οδηγία 'Προϊόντα κατασκευής' και μεταφέρθηκε στο δίκαιο των χωρών-μελών. Από τότε η Ευρωπαϊκή Ένωση κινητοποιήθηκε για να επιλέξει τα αναγκαία εργαλεία για την εφαρμογή της. Τα στοιχεία μελλοντικών τεχνικών ευρωπαϊκών εγκρίσεων για πολυάριθμα δομικά στοιχεία για το κτίριο γίνονται επίσης αντικείμενο διαδικασιών έγκρισης. Το 2001 θεσμοθετήθηκε ένας πειραματικός κανονισμός με τίτλο 'Πληροφορία για τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά των προϊόντων κατασκευής-μεθοδολογία και πρότυπο περιβαλλοντικής διακήρυξης. [6]

Μια ευρωπαϊκή κατάταξη για τα δομικά στοιχεία του κτιρίου μπορεί να ευνοήσει την ανάπτυξη των περιβαλλοντικών υλικών που έχουν ήδη δοκιμαστεί σε ορισμένες χώρες. [6]

Στην Ελλάδα έγινε η πρώτη προσπάθεια περιβαλλοντικής αξιολόγησης των συνηθέστερων οικοδομικών υλικών σε έναν κατάλογο που εξέδωσε το ΥΠΕΧΩΔΕ, την Οικολογική Δόμηση, 2000. [9]

Το σίγουρο είναι πάντως ότι η περιβαλλοντική ποιότητα μπορεί μόνο να γενικευτεί όταν τα οικολογικά υλικά θα είναι εύκολα διαθέσιμα και σε προσιτή τιμή.

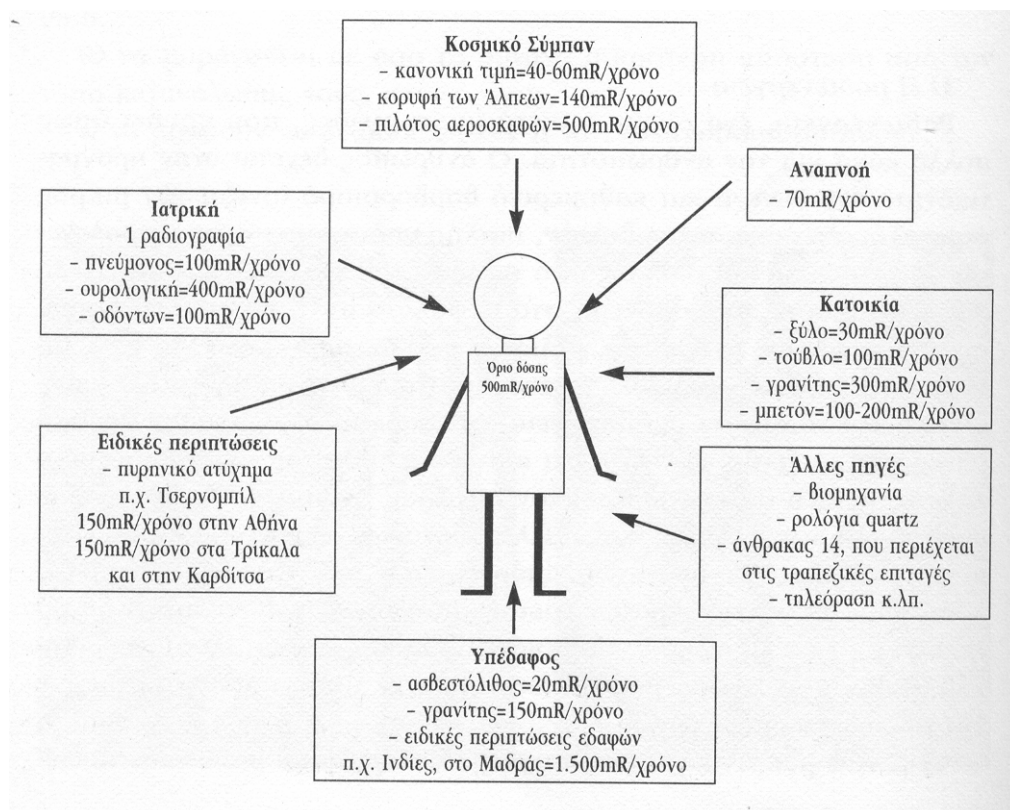
## 6.4 Περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά βασικών δομικών υλικών

Τα βασικά υλικά όπως ο χάλυβας, το σκυρόδεμα, το χώμα και το ξύλο έχουν διαφορετικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Στα πλαίσια της βιώσιμης ανάπτυξης πρέπει να περιορίζεται η χρήση εκείνων των υλικών που προκύπτουν από τη βαριά βιομηχανική επεξεργασία, που απαιτούν πολλή ενέργεια και χρησιμοποιούν μη ανανεώσιμη πρώτη ύλη, όπως συμβαίνει με το χάλυβα και στο σκυρόδεμα.

Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη επίσης ότι στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται υλικά με μικρές έστω ποσότητες ραδιενέργειας, η αρχική και επομένως ανεκτή δόση φυσικής ραδιενέργειας μπορεί να αυξηθεί μέχρι και 50%, γεγονός που θα έχει επιβλαβείς συνέπειες για τους χρήστες της.

Το μπετόν αρμέ απελευθερώνει ετήσια 100-180 mR, τα κόκκινα τούβλα 140-180 mR, τα συνήθη μάρμαρα 40mR, το ξύλο 30 mR και ο γρανίτης 240-400 mR το χρόνο. [8]



Εικ.5 Ποσά ραδιενέργειας που δέχεται ο άνθρωπος από το περιβάλλον[8]



Η επιλογή υλικών πρέπει επίσης να γίνεται σύμφωνα με το πόσο αυτά επιτρέπουν τη ροή των νετρονίων που προέρχονται από τη γη και η οποία εμφανίζεται με τη μορφή μικροκυμάτων στην ευνοϊκή περιοχή των 2,85-3 GHz για την ανθρώπινη υγεία. [8]

Στην περίπτωση χρήσης σκυροδέματος δεν πρέπει να αμελείται το γεγονός ότι ο οπλισμός δημιουργεί στην όλη κατασκευή ένα φαινόμενο αντίστοιχο με το φαινόμενο του κλωβού του Faraday, δηλαδή ένα χώρο εντελώς μονωμένο από ηλεκτρικά και ηλεκτρομαγνητικά κύματα, όχι όμως και τα μαγνητικά, με αποτέλεσμα την πιθανή εμφάνιση προβλημάτων υγείας στους κατοίκους του. [8]

Η αποδεκτή πάντως αναλογία υλικών σε μια κατασκευή που θα σέβεται το περιβάλλον, σύμφωνα με τον καθηγητή Karl Ernst Lotz, είναι 1/3 με 'σκληρά' υλικά, όπως το μπετόν και ο σίδηρος, 1/3 με 'ουδέτερα' υλικά όπως τα τούβλα, κεραμίδια και 1/3 με 'φυσικά' υλικά όπως ξύλο, φελλός κτλ.. [8]

Γεγονός είναι ότι η ποιότητα των βιώσιμων κτιρίων εξασφαλίζεται κυρίως με την ανάμειξη των υλικών προς βελτιστοποίηση των δυνατοτήτων τους και περιορίζοντας στο ελάχιστο την ποσότητα κάθε υλικού που εφαρμόζεται. [6]

Το χώμα αποτελεί ένα καλό υδροθερμικό ρυθμιστή που δεν περιλαμβάνει ίνες, πτητικά οργανικά σύνθετα υλικά ή βαριά μέταλλα, αλλά το ψήσιμό του καταναλώνει πολύ ενέργεια. Μπορεί βέβαια να χρησιμοποιηθεί και ωμό χώμα.

Το χώμα επιτρέπει επίσης την εκμετάλλευση άμεσα των γήινων επιδράσεων, αφομοιώνοντας τα πλεονάσματα ηλεκτρικού φορτίου και παίζοντας το ρόλο του βιολογικού εξισορροπιστή. [6, 8] (περισσότερα χαρακτηριστικά για το χώμα σελ.29)

Το ξύλο αποτελεί τοπικό δομικό υλικό, διαθέσιμο σε επαρκή ποσότητα, του οποίου ο μετασχηματισμός απαιτεί λίγη ενέργεια. Είναι πολύ πορώδες υλικό που μεταδίδει όλες τις επιδράσεις της γης, τόσο τις θετικές όσο και τις αρνητικές. Όλα τα είδη ξύλων όμως όταν υποστούν επεξεργασία με φυσικό τρόπο αποχτούν προφυλακτικές ιδιότητες, αφού ουδετεροποιούν τα βαριά ιόντα και τις ηλεκτροστατικές επιδράσεις του περιβάλλοντος και εξισορροπούν την υγρασία του. [6, 8]

Αποτελεί άρα εναλλακτική λύση με ιδιαίτερο ενδιαφέρον αν τηρηθούν ορισμένες συνθήκες σχετικές με την εφαρμογή του.

Όπως παράδειγμα ο έλεγχος εκπομπών φορμαλδεΐδης στους εσωτερικούς χώρους από συμπιεσμένα προϊόντα ξύλου, όπως μοριοσανίδες και καπλαμάδες, όπου χρησιμοποιείται κόλλα ουρίας φορμαλδεΐδης. Η συγκέντρωσή της στον αέρα εσωτερικών χώρων αυξάνει με την αύξηση της σχετικής υγρασίας και της

θερμοκρασίας, ενώ μειώνεται με την αύξηση του ρυθμού εξαερισμού του χώρου και με την ηλικία της πηγής. [8, 9] (περισσότερα χαρακτηριστικά του ξύλου στη σελ. 47)

Όταν στην κατασκευή χρησιμοποιούνται πέτρες, αυτές πρέπει να συμφωνούν με τη γεωλογική σύσταση του εδάφους. Αυτό γιατί αν η προέλευση τους είναι διαφορετική από εκείνη του εδάφους, θα προκαλέσουν δονητικές διαταραχές στη μετάδοση και την ισορροπία των γήινων και κοσμικών κυμάτων, εξαιτίας της μεγάλης διαφοράς αγωγιμότητας των υλικών. Οπότε οι βασάλτες και οι γρανίτες ταιριάζουν καλύτερα στα ηφαιστειογενή εδάφη. Ενώ τα τούβλα ταιριάζουν με τα ασβεστολιθικά εδάφη, γιατί απλούστατα η άργιλος που χρησιμοποιείται για την κατασκευή τους προέρχεται από την αποσύνθεση αυτών των εδαφών. [8]

Για αυτό πάντα σύμβουλος για την επιλογή των υλικών των κτιρίων θα πρέπει να είναι η παραδοσιακή αρχιτεκτονική της κάθε περιοχής, γεγονός που δεν παρατηρείται στις σύγχρονες κατασκευές. Η παραδοσιακή αρχιτεκτονική χρησιμοποίησε υλικά του περιβάλλοντος σύμφωνα με τις βασικές ανάγκες του ανθρώπου και δημιουργήθηκε σε συγκεκριμένο τόπο σεβόμενη πάνω από όλα το περιβάλλον. Οπότε σίγουρα πρόκειται για μια οικολογική αρχιτεκτονική.

***Ακολουθεί σύντομη αναφορά στα υλικά κατασκευής της ελληνικής, κινέζικης και γιαπωνέζικης αρχιτεκτονικής που προέκυψαν από λαούς που σεβάστηκαν περισσότερο από άλλους το φυσικό περιβάλλον και τις ιδιομορφίες του στα πλαίσια της αρχιτεκτονικής δημιουργίας.***

## 7. Παραδοσιακά υλικά

### 7.1 Υλικά κατασκευής της ελληνικής παραδοσιακής αρχιτεκτονικής

Η πέτρα χρησιμοποιείται ως βασικό υλικό κατασκευής στα περισσότερα παραδοσιακά κτίσματα της χώρας μας. Σε μικρότερη έκταση χρησιμοποιήθηκαν στο παρελθόν οι πλίνθοι (ωμοί ή οπτόπλινθοι) ενώ σύνθετοι τοίχοι από ξύλο και σοβά (τσατμάδες) χρησιμοποιήθηκαν στους ορόφους ή ως εσωτερικά χωρίσματα λόγω του μικρού τους βάρους. Κτίσματα εξ ολοκλήρου από ξύλο είναι μάλλον ασυνήθιστα στον ελληνικό χώρο, ενώ ο συνδυασμός πολλών υλικών στη διαμόρφωση της τοιχοποιίας είναι αρκετά συνηθισμένος. [10]

Τα πατώματα και οι στέγες κατασκευάζονται κυρίως από ξύλο και εδράζονται στα κατακόρυφα μέλη του φέροντα οργανισμού. Η ποιότητα της κατασκευής, τα υλικά που χρησιμοποιούνται, οι διατομές και η συνδεσμολογία εξαρτώνται από τον τόπο, το χρόνο, τα μέσα κατασκευής, τα διαθέσιμα υλικά, το κόστος και την τεχνολογία. Σε πρόχειρα κτίσματα ή σε περιοχές που το ξύλο σπανίζει χρησιμοποιούνται δοκοί από κορμούς ή κλαδιά δέντρων χωρίς καμιά ή με μικρή επεξεργασία. Σε άλλες κατασκευές η ξυλεία είναι πελεκητή και η συνδεσμολογία παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία. Το μέταλλο σε φέρουσες κατασκευές άρχισε να χρησιμοποιείται αργότερα και σε μικρότερη κλίμακα. [10]

Εικ.6. Μοναστηράκι Λασηθίου.

Τυπικό πλατυμέτωπο δωματοσκέπαστο σπίτι [11]



Εικ.7. Εσωτερικό καμαρόσπιτου [11]

## 7.2 Υλικά κατασκευής της παραδοσιακής κινέζικης αρχιτεκτονικής

Οι κατοικίες στην κινέζικη παραδοσιακή ζωγραφική είναι τοποθετημένες κοντά σε λόφους και ποτάμια, σε σκηνογραφικά φυσικά περιβάλλοντα. Ανέκαθεν στην επιλογή της θέσης οικοδόμησης σημασία δίνεται στο περιβάλλον και στο fengshui. [12]

Η ομοιογένεια και η αρμονία παρά την ποικιλία των αναγκών και των απαιτήσεων δύσκολα επιτυγχάνονται αλλά αποτελούν ύψιστη επιδίωξη στην παραδοσιακή κατοικία.

Όσον αφορά τον κατασκευαστικό σκελετό, το βάρος αναλαμβάνουν οι ξύλινοι δοκοί και ο δομικός σκελετός. Το σύστημα των ξύλινων υποστυλωμάτων και δοκών χρησιμοποιείται για να υποστηρίξει τα μεγάλα γείσα, τη σοφίτα, τον ημιώροφο, τη στέγη με τα κεραμίδια. Η σύνδεση των στεγών εναλλασσόμενου ύψους αποδεικνύει τις ιδιαίτερες δυνατότητες της ξύλινης κατασκευής. Τα δοκάρια υποστηρίζονται από τις κολώνες, η στέγη καλύπτεται με κεραμίδια, ο περιβάλλον τοίχος είναι χωμάτινος, με ή χωρίς επικάλυψη από τούβλα. [12]

Σύμφωνα με την παραδοσιακή πρακτική, τα σπίτια κτίζονται πάνω σε ένα επίπεδο από εμβολισμένο χώμα, πέτρες ή τούβλα. Πέτρινες βάσεις, φτιαγμένες από μεγάλες πέτρες, τοποθετούνται στο επίπεδο και κολώνες μέσα στις βάσεις. Όταν οι κολώνες του ισογείου συνεχίζουν και στον όροφο, εκεί τοποθετείται ψεύτικη βάση από ξύλο.

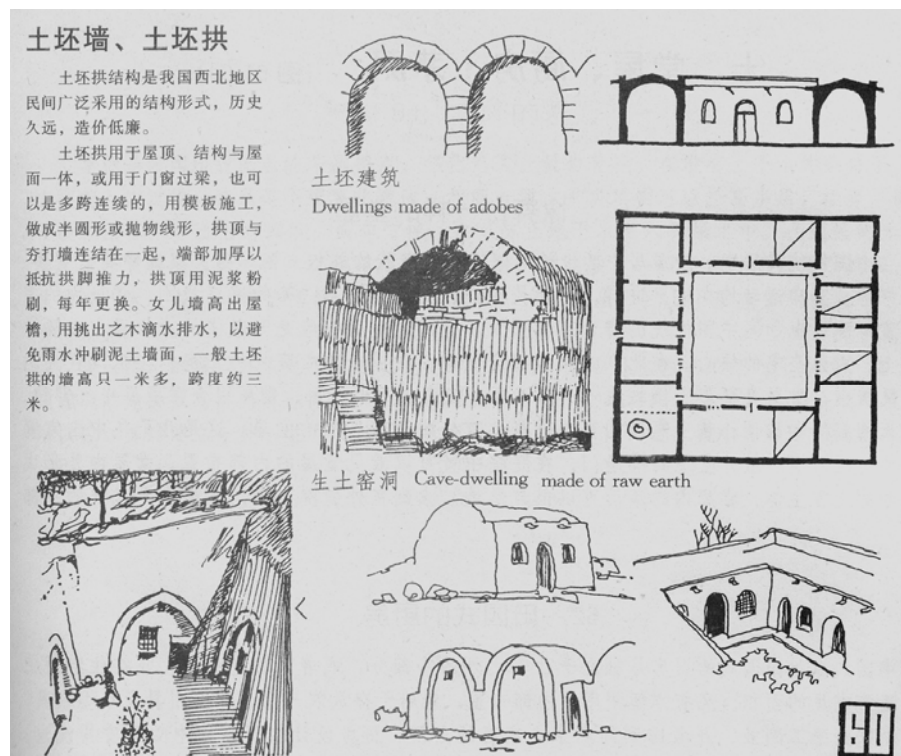
Οι αρχές σχεδιασμού στην παραδοσιακή κινέζικη κατοικία δεν αποβλέπουν σε καμία περίπτωση την παραγωγή ενός εξεζητημένου χώρου αλλά στη δημιουργία μιας δομής που θα ικανοποιεί τις ανάγκες του κατοίκου για χώρο. Με βάση τα χαρακτηριστικά του τρισδιάστατου αρχιτεκτονικού χώρου επιλέγεται το πιο ικανοποιητικό δομικό σύστημα, στέρεο, πρακτικό και καλαίσθητο. Ο σχεδιασμός παράλληλα εκμεταλλεύεται τις ιδιότητες των δομικών υλικών και επεξεργάζεται τις λεπτομέρειες μιας επαρκούς σύνθεσης δομών. [12]

Τα κατασκευαστικά υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατοικία, πρέπει να είναι φτηνά και ανθεκτικά και μικρά σε μέγεθος. Πρέπει να είναι εύκολα στην επεξεργασία, την τοποθέτηση και τη διατήρηση και να προσαρμόζονται εύκολα.

Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται το χώμα, το μπετόν, η ξυλεία, τα τούβλα, και οι πέτρες. Το χώμα είναι φτηνό και ιδανικό, άφθονο για χρήση. Τα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν μετά από διπλή επεξεργασία είναι το μπαμπού, το καλάμι, το άχυρο, το πλαστικό, το χαρτόνι, το πανί, το σχοινί, το βινύλιο, το γυαλί καθώς και άλλα που προσδίδουν πάντα το δικό τους χαρακτήρα στην κατασκευή. [12]

Οι άνθρωποι χρησιμοποιούν στις κατασκευές τους εγχώρια υλικά που είναι ανεξάντλητα. Στις πιο ξηρές περιοχές το επίπεδο του υπόγειου νερού είναι χαμηλό, η υδατόπτωση σπάνια και η πλαστικότητα της γης καλή, έτσι συχνά χρησιμοποιείται για την κατασκευή τοίχων. Το χώμα αναμειγμένο με άχυρο χρησιμοποιείται επίσης για την κατασκευή της επιφάνειας της σκεπής και της εξωτερικής και εσωτερικής επιφάνειας των τοίχων. [12]

Οι τοίχοι αντέχουν χωρίς θεμελίωση, καθώς το χώμα είναι ξηρό όταν αυτοί κατασκευάζονται. Λίγα κομμάτια τούβλων χρησιμοποιούνται για την επίστεψη του τοίχου και τη σταθεροποίησή του. Συνήθεις περιβάλλοντες τοίχοι και τοίχοι αυλών, είναι φτιαγμένοι από πλίνθους και χώμα. Η εξωτερική επιφάνεια τους επιχρίεται με λάσπη με άχυρα ενώ σε άλλες περιπτώσεις παραμένει ανεπίχριστη, με τα σημεία σύνδεσης εκτεθειμένα. Στις τραχιές επιφάνειες του τοίχου κάποτε σκαλίζονται διάφορα μοτίβα.

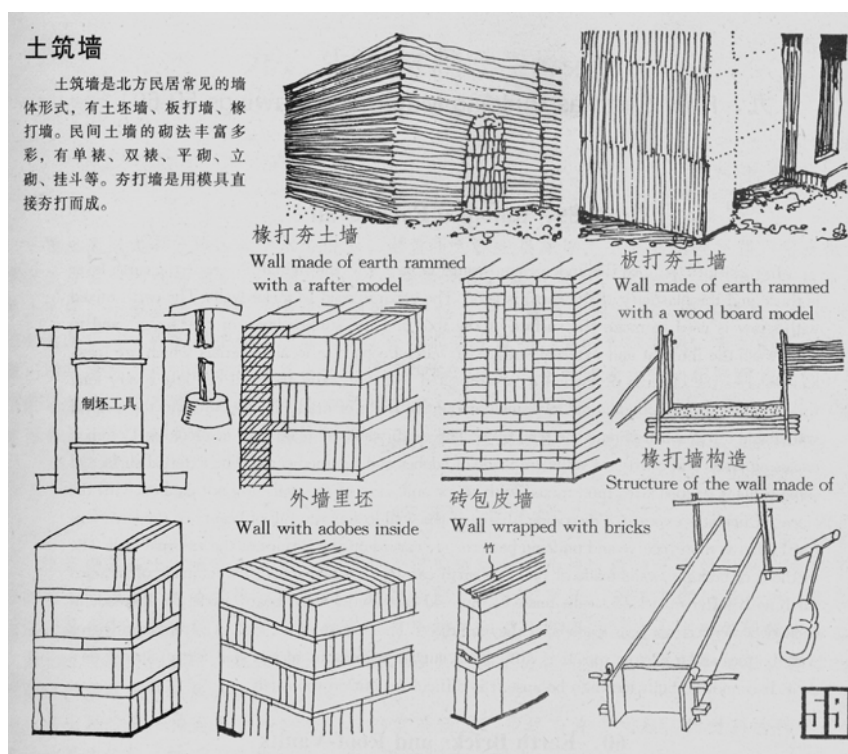


Εικ.8 Δομικά στοιχεία από χώμα και πλίνθους στην κινέζικη παραδοσιακή αρχιτεκτονική

[12]

Οι τοίχοι από χωμάτινα τούβλα είναι η εξέλιξη των χωμάτινων τοίχων. Καθώς ο τοίχος χωρίζεται σε μικρότερα μέρη είναι πολύ πιο εύκολο να στεγνώσει και η κατασκευή του γίνεται ευκολότερη. Τα τούβλα είναι τα πιο διαδεδομένα υλικά στα κτίρια από απτή γη. Ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής τους χωρίζονται σε τούβλα που παράγονται υπό ξηρή και υγρή επεξεργασία. [12]

Με σκοπό να αποτραπεί η απόπλυση των τοίχων από το νερό της βροχής, το αέτωμα καλύπτεται από σειρές προστατευτικών κεραμιδιών. Πολλές φορές η κορυφή των χωμάτινων τοίχων καλύπτεται από καλάμια. Σε τοίχους που έχουν κατασκευαστεί από χώμα δημιουργείται μια επιφάνεια επικάλυψης από άχυρα, καλάμια, τούβλα ή πέτρινες πλάκες. Άλλοι τρόποι προστασίας είναι η τοποθέτηση ενός δεματιού από καλάμια κάτω από τον τοίχο για αερισμό, το άπλωμα ξύλινων λουρίδων περασμένων με λάδι ή ακόμα και η κάλυψη χαμηλά στον τοίχο και το δάπεδο με μια επιφάνεια από πέτρινες πλάκες ή σπασμένα κεραμίδια. [12]



Εικ.9 Δομικά στοιχεία από χώμα και πλίνθους στην κινέζικη παραδοσιακή αρχιτεκτονική

[12]

### 7.3 Το ξύλο στην παραδοσιακή γιαπωνέζικη αρχιτεκτονική

Το ξύλο είναι ένα μοναδικό ζωντανό υλικό που ανταποκρίνεται στις εποχιακές αλλαγές και τις καιρικές συνθήκες. Οι αρχαίοι Γιαπωνέζοι θεωρούσαν το ξύλο ένα ειδικό υλικό προικισμένο με ξεχωριστές ποιότητες. Οι κτίστες έθεσαν τα θεμέλια μιας τοπικής παράδοσης που αναπτύχθηκε σε μια υποτυπώδη συμφωνία με το κλίμα και ανέπτυξαν μια απλή αισθητική που αποτελεί μέρος της μοναδικής τοπικής φιλοσοφίας στην Ιαπωνία. [13]

Δυο βασικές ενεργειακές θεωρήσεις στη γιαπωνέζικη αρχιτεκτονική είναι ο φυσικός διάχυτος φωτισμός και ο αερισμός κατά τη διάρκεια ζεστών και υγρών καλοκαιριών. Η αισθητική αναμίχθηκε εδώ με τεχνικές και πρακτικές αναζητήσεις και οδήγησε σε ιδιαίτερες ξύλινες δομές. Η κατανόηση της φύσης και των φυσικών υλικών αποτελεί ουσία ανάπτυξης της γιαπωνέζικης κουλτούρας. Η αρμονική και αξιολάτρευτη σχέση μεταξύ ανθρώπων και φύσης χαρακτηρίζει όλη τη γιαπωνέζικη αντίληψη. Η πνευματική, αισθητική και διανοητική συναίσθηση εξαρτάται από την αρμονία με το περιβάλλον. [13]

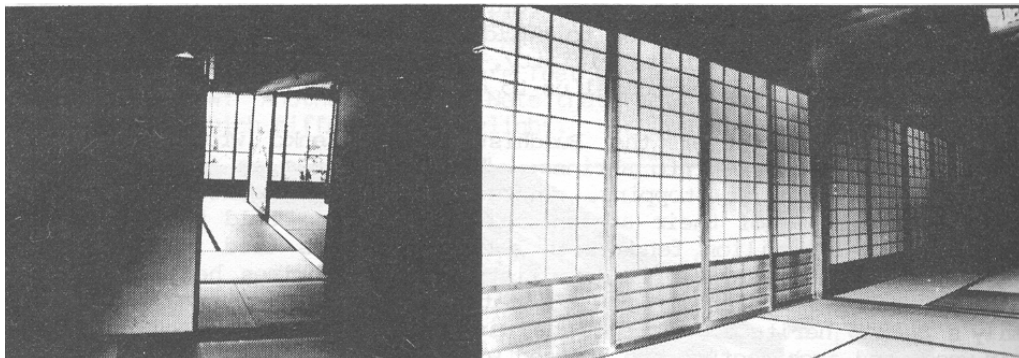
Τα δέντρα για κατασκευές στην Ιαπωνία διαλέγονταν με μεγάλη φροντίδα και πρόνοια. Μάλιστα λίγοι δεξιότεχνες μάστορες κάποτε γίνονταν ιερείς υπεύθυνοι να μεταβιβάσουν την πολύπλοκη γνώση όσον αφορά το ξύλο και την κατασκευή στην επόμενη γενιά μαθητευόμενων. [13]

Οι ξυλοκόποι συσώρευαν τα ξύλα με σεβασμό κατακόρυφα με το άκρο που ήταν πιο κοντά στις ρίζες τους να βλέπει το έδαφος. Οι τεχνίτες τα χρησιμοποιούσαν στα κτίρια με τον ίδιο τρόπο. Οι κολώνες τοποθετούνταν πάντα με την κατεύθυνση με την οποία μεγάλωναν, μια και θεωρούνταν κακή τύχη να τοποθετηθούν ανάποδα.

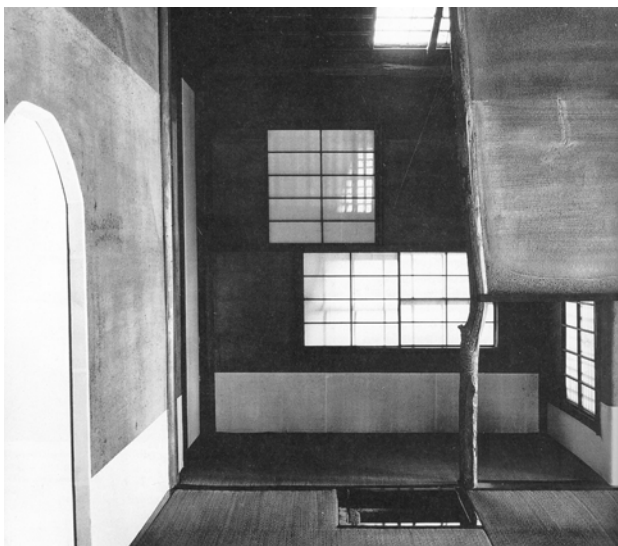
Οι Γιαπωνέζοι λάτρευαν το δέντρο της ζωής τους σαν σύμβολο δημιουργίας και η αισθητική αντίληψη τους εξελίχθηκε και αναπτύχθηκε σε τεκτονική. Μάλιστα ανέπτυξαν μια γλώσσα περιβαλλοντικής αισθητικής στις δομές από ξύλο. Σχηματοποίησαν το περιβάλλον, πράξη καλλιτεχνική που εμπλέκεται με μύθο και πνεύμα. Η γιαπωνέζικη ιδέα αυτής της σχηματοποίησης συμπεριλάμβανε ανανέωση και αποκατάσταση. Καλλιεργώντας δάση οι γιαπωνέζοι συνέχισαν την καλλιέργεια μιας κουλτούρας για το ξύλο. Έχτισαν κτίρια από ξύλο, ένα υλικό που συσχετίζεται με τη φύση αλλά και με την ομορφιά του υπαρκτού περιβάλλοντος. Οι γιαπωνέζοι περισσότερο από άλλους λαούς σχεδίασαν και σχεδιάζουν δίνοντας βάση στη φύση. [13]



Εικ.10 Γιαπωνέζικος κήπος [2]



Εικ.11 Ξύλινα στοιχεία δημιουργούν κατάλληλες συνθήκες αερισμού και φωτισμού στο εσωτερικό της γιαπωνέζικης κατοικίας [13]



Εικ.12 Δωμάτιο για τσάι γιαπωνέζικης κατοικίας [2]



## 8. Χώμα

### 8.1. Σύσταση-προϊόντα

#### 8.1.1. Αδρανή υλικά

**Λίθινα προϊόντα** είναι τα διάφορα βοηθητικά δομικά υλικά, που προέρχονται από τους φυσικούς λίθους με μηχανικό τεμαχισμό τους. Χαρακτηρίζονται ως βοηθητικά, γιατί δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνα τους για την κατασκευή ενός δομικού στοιχείου αλλά πρέπει να αναμιχθούν με ένα πολτό συγκολλητικής ύλης, όπως ο ασβέστης, το τσιμέντο, η άσφαλτος και οι συνθετικές κόλλες. Από το μίγμα αυτό προκύπτουν υλικά κατάλληλα για δόμηση. Κατά την πήξη και την σκλήρυνση των μιγμάτων αυτών, τα λίθινα προϊόντα δε συμμετέχουν ενεργά και για αυτό καλούνται συνήθως **αδρανή υλικά**. [5]

Τα πιο συνηθισμένα από τα αδρανή υλικά είναι τα χαλίκια, η άμμος, το αμμοχάλικο, το χώμα και οι σκόνες (μαρμαρόσκονη κλπ.)

Τα χαλίκια έχουν μέγεθος 7mm ως 70mm και διακρίνονται κυρίως από τις στρογγυλεμένες ακμές τους και τη λεία επιφάνειά τους. Τα χαρακτηριστικά αυτά οφείλονται στον κυλινδρισμό, που έχουν υποστεί κατά την κίνησή τους μέσα στους χείμαρρους. Προέρχονται από κάθε φύσεως πετρώματα. Χρησιμοποιούνται σε περιορισμένη κλίμακα για την κατασκευή σκυροδεμάτων και περισσότερο για την υποδομή των δρόμων. Ενώ τα πλατιά χαλίκια (λατύπια) είναι ακατάλληλα για σκυροδέματα, λόγω της μικρής συνάφειας που παρουσιάζουν.

Η φυσική άμμος αποτελείται από κόκκους γωνιώδεις και στρογγυλούς. Βρίσκεται σε αφθονία στις παραλίες (θαλάσσια), στις κοίτες των ποταμών (ποταμίσια) , σε εναποθέσεις μέσα στη γη (ορυκτή) και τέλος στις έρημους. Ανάλογα με τη σύστασή της διακρίνεται σε χαλαζιακή, όταν περιέχει σε μεγάλες ποσότητες χαλαζία, ασβεστολιθική, αργιλική κ.ο.κ.

Η χαλαζιακή άμμος που προέρχεται από παραλίες, είναι η πιο κατάλληλη για την κατασκευή δομικών υλικών. Είναι σκληρή, γωνιώδης, ανθεκτική στους καιρικούς παράγοντες και καθαρή χωρίς ξένες προσμίξεις, εκτός από αλάτι. [5]

Το πρώτο από τα υλικά της κατηγορίας αυτής που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος, είναι το χώμα. Περιέχει λεπτούς κόκκους άμμου, που προήλθαν από την αποσάθρωση των πετρωμάτων, και μια φυσική συγκολλητική ουσία, την πηλοκονία.

### 8.1.2. Πηλοκονία.

Η πηλοκονία είναι ως προς την προέλευσή της, φυσική κονία αν και δεν βρίσκεται ελεύθερη στη φύση πάρα μόνο σε σπάνιες περιπτώσεις. Είναι ανακατεμένη με αδρανείς ύλες διαφόρων συστάσεων και κυρίως με άμμο. Το μίγμα αυτό της πηλοκονίας και των αδρανών υλών αποτελεί τους γνωστούς πηλούς ή αργίλους.

Η πηλοκονία δεν έχει ορισμένη φυσική (ορυκτολογική) ή χημική σύσταση. Συστατικά της είναι διάφορες ένυδρες ενώσεις του πυριτίου και του αργιλίου. Ανήκει στην κατηγορία των αερικών κονιών και στερεοποιείται όταν εξατμιστεί το νερό που είναι αναμεμιγμένο με αυτήν. Η ξήρανση της έχει ως αποτέλεσμα να κολλούν τα μόρια των αδρανών υλικών με τους κόκκους της κονίας και μεταξύ τους. Στην ιδιότητα αυτή βασίζεται η κατασκευή των ωμοπλίνθων.

Εάν μετά την ξήρανση διαποτιστεί με νερό, η κονία επανέρχεται στην πλαστική της κατάσταση και το στερεό που είχε δημιουργηθεί διαλύεται. Κατά την όπτηση (ψήσιμο) η πηλοκονία χάνει το νερό, που βρίσκεται στα μόριά της (κρυσταλλικό νερό) και μετατρέπεται σε μία σταθερή ένωση. Εκεί βασίζεται η κατασκευή των οπτόπλινθων (τούβλα), των κεραμιδιών, κλπ. [5]

### 8.1.3. Άργιλος

Η άργιλος δημιουργείται από την αποσάθρωση των αστρίων. Περιέχει λευκό καθαρό καολίνη καθώς και άλευρο πετρωμάτων, οξειδία του σιδήρου και άλλες προσμίξεις που καθορίζουν το χρώμα της. Η πήξη του καολίνη επιτυγχάνεται μόνο με την παρουσία συλλιπασμάτων. Σε κορεσμένη πλαστική κατάσταση χρησιμοποιείται πολύπλευρα σαν στεγανωτικό μέσο. [14]

### 8.1.4. Πηλός

Ο πηλός είναι φυσικό μίγμα από άργιλο και λεπτόκοκκα ως μεσόκοκκα αμμώδη συστατικά. Με την ξήρανσή του σκληρύνεται και συστέλλεται τόσο περισσότερο όσο περισσότερη άργιλο περιέχει. Ο επιθυμητός βαθμός απίσχνασης για πηλοκατασκευές επιτυγχάνεται με την ανάμιξη με άμμο, καμία φορά και με πετρώδη αδρανή, καθώς και με άχυρο ή άλλα πορώδη υλικά. Ο πηλός στην τελική ξηρή κατάσταση έχει καλές ηχομονωτικές και θερμομονωτικές ιδιότητες. Παρουσιάζει μεγάλη ευαισθησία στο νερό και στον παγετό όταν υγρανθεί. Είναι υλικό πυρανασταλτικό, δεκτικό ήλωσης. Τοίχοι από άνοπτους πλίνθους (πλίθρες) και δάπεδα συμπυκνωμένα δια κρούσεων, έχουν πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής (μπορεί και 200 χρόνια). [14]

### 8.1.5 Κεραμικά

Πρόκειται για τα προϊόντα οπτής αργίλου. Το χρώμα τους είναι καστανό, κόκκινο, κίτρινο ανάλογα με τις προσμείξεις σε άλατα σιδήρου. Η άργιλος παρασύρει ανθρακικά άλατα ασβεστίου και μαγνησίου, μίκα, αστρίους, χαλαζία από το πέτρωμα που προέρχεται. Σε περίπτωση που ο χαλαζίας είναι σε μεγάλη αναλογία ο πηλός πλάθεται εύκολα αλλά όταν ψήνεται συστέλλεται. Όταν ο πηλός είναι παχύς προστίθενται υλικά που με το ψήσιμο δεν συστέλλονται όπως χαλαζιακή άμμος, σαμός (σκόνη κεραμικών). Για τις πορσελάνες χρησιμοποιείται καολίνη με άστριο και χαλαζία.

Η κατασκευή κεραμικών περιλαμβάνει κατεργασία πρώτης ύλης, μορφοποίηση, απαέρωση, σχηματουργία, ξήρανση, ψήσιμο. Το χώμα αναμειγνύεται σε διάφορες αναλογίες σύμφωνα με την περιεκτικότητά του σε καολίνη και τα προϊόντα που πρόκειται να κατασκευαστούν. Το μίγμα αλέθεται ώστε να κονιοποιηθούν τα ανθρακικά άλατα και όταν ψηθούν τα κεραμικά να μην υπάρχει κίνδυνος να σπάσουν με τη διαστολή λόγω έκλυσης διοξειδίου του άνθρακα. Και τελικά διαβρέχεται για να γίνει καλύτερα άλεση και ανάμειξη. [15]

## 8.2. Είδη εδαφών

Τα εδάφη χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

Τα βραχώδη και συμπαγή εδάφη τα οποία παρουσιάζουν σχετικά μεγάλη αντοχή στην παραλαβή φορτίων. [17]

Τα ημιβραχώδη εδάφη που είναι βράχοι μαλακοί και η αντοχή τους είναι μικρότερη από τα βραχώδη και ιδιαίτερα επικίνδυνοι στην περίπτωση που υπάρχουν ενδιάμεσα λεπτά στρώματα αργίλου των οποίων η διαβροχή μπορεί να προκαλέσει την κίνηση στρώματός τους και συνεπακόλουθα προβλήματα υποχωρήσεων.

Τα πηλώδη και αργιλώδη εδάφη που έχουν προέλθει από διάφορα ορυκτά. Οι κόκκοι τους προέρχονται συνήθως από την αποσάθρωση μαλακών κυρίως πετρωμάτων ή ακόμη και σκληρών πετρωμάτων που κάτω από χημικές αντιδράσεις δημιούργησαν πετρώματα με μικρότερη σκληρότητα.

Όταν η διάμετρος των κόκκων τους κυμαίνεται ανάμεσα σε 5-80 μικρόμετρα, ονομάζονται πηλώδη και όταν είναι μικρότεροι από 5 μικρόμετρα ονομάζονται αργιλώδη. Τα εδάφη αυτά είναι σχεδόν αδιαπέραστα από το νερό και το απορροφούν εύκολα. Παρά τη μεγάλη υδατοαπορροφητικότητά τους αντιδρούν στην απομάκρυνση του νερού από τη μάζα τους, δηλαδή είναι υδατοαπορροφητικά, χωρίς απαραίτητα να είναι και υδατοπερατά.

Συνήθως, τα αργιλώδη εδάφη αποτελούνται από διάφορα οξείδια, υδροξείδια και άλατα του αργιλίου. Στα πηλώδη εδάφη, οι μεγαλύτεροι κόκκοι είναι συνήθως χαλαζιακοί, οι μικρότεροι είναι ασβεστολιθικοί.

Η βασική διαφορά των αμμωδών εδαφών από τα πηλώδη και ιδιαίτερα από τα αργιλώδη είναι ότι, όταν στα αμμώδη η υγρασία ξεπερνάει ένα ορισμένο όριο, δείχνουν να αποτελούν ένα πλαστικό σαθρό σώμα. Ενώ αντίστοιχα στα πηλώδη, διατηρείται η συνοχή τους.

Το ποσοστό του νερού που περιέχουν τα συνεκτικά εδάφη, δεν επηρεάζει μόνο τις φυσικές ιδιότητές τους αλλά και τον όγκο τους. Τα συνεκτικά εδάφη δεν είναι ασυμπίεστα αλλά συνήθως πολύ συμπιεστά, και η συμπίεση του όγκου τους είναι διαφορετική από αυτήν που προκαλεί τις καθιζήσεις στα χαλαρά εδάφη. Όταν σε ένα συνεκτικό έδαφος προσθέσουμε φορτία, οι κόκκοι συνήθως δεν αλλάζουν σχετικά θέσεις, αλλά η πίεση του νερού που βρίσκεται ανάμεσα στους κόκκους αυξάνεται.

Τα οργανικά (φυτικά) εδάφη μοιάζουν με τα πηλώδη και αργιλώδη με κόκκους περίπου 1 μικρόμετρο. Από χημική άποψη είναι ασταθή μια και ανάμεσα στους

κόκκους τους υπάρχουν και οργανικά υλικά, προερχόμενα από την αποσύνθεση φυτών ή ζώων. Επειδή περιέχουν και ελεύθερο άνθρακα, έχουν μία χαρακτηριστική μυρωδιά και δίνουν στο έδαφος ένα γκρίζο έως και μαύρο ακόμη χρώμα. [17]

Τα εδάφη αυτά περιέχουν πολλές φορές ηλεκτρολύτες που μπορούν με τις χημικές τους αντιδράσεις να προκαλέσουν δυσάρεστα φαινόμενα στα οικοδομικά υλικά όπως τα κονιάματα, τα ξύλα, τον οπλισμό κτλ.

Συνήθως, τα εδάφη που συναντούμε, δεν μπορούν στο σύνολό τους να υπαχθούν σε μία κατηγορία, αλλά σε περισσότερες.

Η κατάταξη των εδαφών, σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς, χαρακτηρίζεται ανάλογα με την κατηγορία τους με δύο γράμματα του Λατινικού αλφαβήτου, όπως φαίνεται στον πίνακα [17] :

Βασικός διαχωρισμός εδαφών		Σύμβολο κατηγορίας	Αντιπροσωπευτική ονομασία
Βράχοι	-		Εδάφη βραχώδη και ημιβραχώδη
Εδάφη χονδροκόκκα ή χαλαρά	Χαλίκια & εδάφη χαλικώδη	GW	Χαλίκια με καλή κοκκομετρική σύνθεση. Αμμοχάλικο με λίγους ή χωρίς λεπτούς κόκκους.
		GP	Χαλίκια με κακή κοκκομετρική σύνθεση. Αμμοχάλικα με λίγους ή χωρίς λεπτούς κόκκους.
		GM	Χαλίκια πηλώδη. Αμμοχάλικα με πηλό και κακή κοκκομετρική σύνθεση.
		GC	Χαλίκια αργιλώδη. Αμμοχάλικα με άργιλο και κακή κοκκομετρική σύνθεση.
	Άμμοι & εδάφη αμμώδη	SW	Άμμος με καλή κοκκομετρική σύνθεση. Άμμος με λίγα ή χωρίς χαλίκια και λεπτούς κόκκους.
		SP	Άμμος με κακή κοκκομετρική σύνθεση. Άμμος με λίγα ή χωρίς χαλίκια και λεπτούς κόκκους.
		SM	Άμμος πηλώδης. Άμμος με πηλό και κακή κοκκομετρική σύνθεση.
		SC	Άμμος αργιλώδης. Άμμος με άργιλο και κακή κοκκομετρική σύνθεση.
Εδάφη λεπτόκοκκα ή συνεκτικά	Πηλοί & άργιλοι ML < 50	ML	Πηλός ανόργανος και άμμος πολύ λεπτόκοκκο. βραχώδεις παιπάλες, άμμος πηλώδης ή αργιλώδης λεπτόκοκκο με ελάχιστη πλαστικότητα.
		CL	Άργιλος ανόργανη με μέση ή μικρή πλαστικότητα, άργιλος χαλικώδης, άργιλος αμμώδης, άργιλος πηλώδης, ισχνή άργιλος.
		OL	Οργανικοί πηλοί,οργανικό μείγμα πηλού-αργίλου με μικρή πλαστικότητα.
	Πηλοί & άργιλοι ML > 50	MH	Ανόργανος πηλός,μαρμαρυγιακά ή διατομούχα λεπτόκοκκα αμμώδη ή αργιλώδη εδάφη,πλαστικός πηλός.
		CH	Ανόργανη άργιλος με μεγάλη πλαστικότητα,παχειά άργιλος.
		OH	Οργανική άργιλος με μέση ως μεγάλη πλαστικότητα.
	Οργανικά εδάφη	RT	Χούμος, τύρφη και άλλα εδάφη έντονα οργανικά

Εικ.13 Κατάταξη εδαφών σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς [17]

### 8.3. Ιδιότητες που διαθέτει το χώμα

Η άργιλος είναι το σημαντικότερο υλικό γης που χρησιμοποιείται στην κατασκευή. Είναι υλικό που αναπτύσσει την πλαστικότητα του όταν αναμιγνύεται με ένα μικρό ποσό νερού. Στα περισσότερα αποθέματα αργίλου συχνά ο καολίνης είναι το αφθονότερο ορυκτό υλικό με ποσοστό πολλές φορές 80%. Ο χαλαζίας ακολουθεί τον καολίνη και έπονται άλλα μεταλλεύματα όπως ο ιλίτης, ο χλωρίτης και ο χαλουζίτης. Στοιχεία που υπάρχουν σε σημαντικές ποσότητες σε αυτά τα αποθέματα είναι το πυρίτιο, η αλουμίνα, ο σίδηρος, το ασβέστιο, το μαγνήσιο, το νάτριο, το κάλιο, και ο φώσφορος σε ποικίλα ποσοστά. Οι άργιλοι βρίσκονται ότι διαθέτουν πλαστικότητα, με το μέσο όρο του ορίου πλαστικότητάς τους 22.18% και ένα μέσο όρο δεικτών πλαστικότητας 21.88%. Η περιεκτικότητα σε χαλαζία που κυμαίνεται μεταξύ 1.7 και 35% επιδρά στην πλαστικότητα της αργίλου. Εάν είναι πολύ υψηλή, η πλαστικότητα θα μειωθεί. Η περιεκτικότητα σε νερό της αργίλου επίσης παρατηρείται ότι είναι χαμηλή. [18]

Οι καολινικοί άργιλοι είναι κατάλληλες πρώτες ύλες για την κατασκευή κεραμικών προϊόντων και ειδών υγιεινής. Είναι καλοί για την παραγωγή χρωμάτων, για την κατασκευή τούβλων επίστρωσης και τοίχων. [18]

Οι θερμικές ιδιότητες της αργίλου το καθιστούν πολύ καλό υλικό για κατασκευή στον τροπικό. Είναι φτωχός αγωγός της θερμότητας. Τα προϊόντα της αργίλου απορροφούν τη θερμότητα πολύ αργά τα ζεστά απογεύματα ενώ το εσωτερικό των δωματίων παραμένει δροσερό. Η θερμότητα που συσσωρεύεται διαλύεται αργά τις νύχτες. Παρά τα πλεονεκτήματα της αργίλου, τα προϊόντα της απαιτούν ουσιαστική βελτίωση για να είναι επιθυμητής ποιότητας. Για παράδειγμα η ισχύς συμπίεσης των ξεραμένων μπλοκ από άργιλο είναι χαμηλή, ενώ έκθεση σε υγρασία δημιουργεί πρόσθετη βλάβη. Για το λόγο αυτό απαιτείται προσεκτική θεώρηση του τρόπου παραγωγής και της κατασκευαστικής τεχνικής. [18]

Έρευνα έχει δείξει ότι αν ασκείται ικανοποιητική συμπίεση κατά τη διάρκεια παραγωγής, η συμπιεστική δύναμη των ξηραμένων αργιλικών μπλοκ μπορεί να αυξηθεί. Η περιεκτικότητα σε νερό μπορεί επίσης να ελεγχθεί ενώ τα μπλοκ θα υποβληθούν σε επιταχυνόμενη γήρανση. [18]

Η R αξία των τοίχων από χώμα είναι χαμηλή γι αυτό αναμένεται να άγουν τη θερμότητα σε ένα κτίριο κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Ο μεγάλος όγκος των τοίχων και η συσχετιζόμενη θερμική καθυστέρηση στη μεταφορά θερμότητας από έξω

προς τα μέσα μπορεί να οδηγήσει σε ικανοποιητική λειτουργία. Οι εξωτερικοί χωμάτινοι τοίχοι μπορούν να αποτελέσουν μεσολαβητές μεγάλων θερμοκρασιακών μεταστροφών που βοηθούν στην εξασφάλιση μιας ικανοποιητικής θερμοκρασίας σε ένα κτίριο.

Αν και άγει τη θερμότητα το καλοκαίρι ο χωμάτινος τοίχος, οι υποστηρικτές των χωμάτινων κατασκευών τονίζουν ότι μεγάλο μέγεθος των τοίχων μετριάζει αυτή την επίδραση. [19]

#### 8.4. Κατασκευές από χώμα

##### 8.4.1. Χαρακτηριστικά

Τα υλικά κατασκευής αποτελούν συχνά το 70% του κόστους κατασκευής. Η περιεχόμενη ενέργεια της γης, σαν υλικό χαμηλής ενέργειας συνήθως αποτελείται από την ενέργεια που καταναλώνεται σε κάποια πρωταρχική κονιορτοποίηση και στη μεταφορά. Μια και το χώμα μπορεί να παραχθεί τοπικά, αυτό το κόστος μπορεί σχεδόν να αμεληθεί. [20]

Η χρήση του χώματος λαμβάνει υπόψη το σχετικό μικρό κόστος σε σχέση με αυτό των μοντέρνων υλικών και την αφθονία του. Το χώμα μάλιστα έχει θερμικές ικανότητες που το καθιστούν ιδανικό για κατασκευές σε τροπικό κλίμα. [18]

Σαν ένας τρόπος πολιτικής, η χρήση οικοδομικών υλικών τοπικής προέλευσης πρέπει να υιοθετηθεί για χαμηλού κόστους κατοικίες, χαμηλών εισοδηματιών. Μικρής κλίμακας βιομηχανίες πρέπει να λειτουργήσουν για να διευκολύνουν τη διάθεση των τοπικών υλικών σε προσιτές τιμές. [18]

Οι παραδοσιακές κοινωνίες αναπτύσσουν το χώμα σαν ένα από τα πιο σημαντικά δομικά υλικά λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις σε αντοχή, το περιβαλλοντικό ενδιαφέρον στην επεξεργασία και χρήση του υλικού. [20]

Σύμφωνα με την ποικιλία των διαφόρων τύπων εδάφους, τις κλιματικές συνθήκες, το πολιτιστικό υπόβαθρο και τους οικονομικούς παράγοντες, αναπτύχθηκαν διάφοροι τρόποι που χρησιμοποιείται το χώμα. Όπως η συμπιεσμένη γη, τούβλα καλουπιασμένα με ωμή γη και ψημένα στον ήλιο, συμπιεσμένα τούβλα κ.α. Μια και οι παραδοσιακές κοινωνίες δεν μπορούσαν να καταναλώσουν μεγάλες ποσότητες από χώμα ή γαιάνθρακα για να επεξεργαστούν τη γη, οι περισσότεροι άνθρωποι θεώρησαν ότι μπορούν να βασιστούν στους φυσικούς, ενεργειακούς πόρους. Αυτό απαιτούσε ακριβή και λεπτομερή γνώση τοπικών κλιματικών συνθηκών από τη μια μεριά και από την άλλη μια λογική κατανόηση των χαρακτηριστικών λειτουργίας της γης σαν υλικό κατασκευής. [20]

Με το πέρασμα του χρόνου η χρήση της γης σαν δομικό υλικό άλλαξε. Αυτό ήταν απαραίτητο αρχικά για συνεχή διαχείριση και συχνή επιδιόρθωση των δομών από συμπιεσμένο χώμα και των κτιρίων από χωμάτινα τούβλα, λόγω της χαμηλής τους αντοχής και εν μέρει από την εμφάνιση καινούργιων τεχνολογιών που κάνουν την επεξεργασία των προϊόντων από χώμα πιθανή.

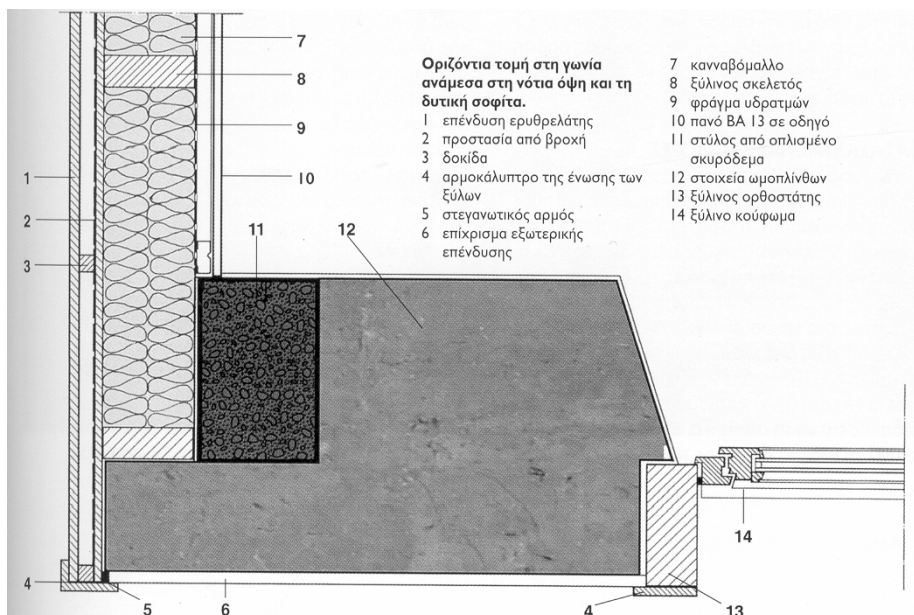


τα φιλικά προς το περιβάλλον δομικά υλικά

Η υιοθέτηση όμως της σύγχρονης κατασκευής από χώμα και των σύγχρονων υλικών έχει αντικαταστήσει τις παραδοσιακές μεθόδους. Μοντέρνα δομικά υλικά από χώμα συνεπάγονται μεθόδους με υψηλή ενεργειακή κατανάλωση, περιβαλλοντική υποβάθμιση και ελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα και άλλες εκπομπές. [20]



Εικ.14 Προκατασκευασμένα στοιχεία ωμοπλίνθων πάχους 50εκ. και ύψους 70εκ. στην κατοικία Salvatierra στη Ρεν της Γαλλίας [6]



Εικ.15 Οριζόντια τομή που δίνει τη διάταξη των δομικών στοιχείων της κατασκευής (χώμα – ξύλο - σκυρόδεμα) [6]

#### 8.4.2. Χωμάτινοι τοίχοι

##### 8.4.2.1. Δομή

Η κατασκευή χωμάτινων τοίχων βασίζεται στο γεγονός ότι όταν συγκεκριμένα υλικά εδάφους με τη σωστή περιεχόμενη υγρασία συμπιέζονται ελαφρά, διατηρούν τη συνοχή τους ώστε να σχηματίσουν ένα αρκετά σκληρό, δυνατό και στερεό σώμα. Η απαραίτητη συνοχή επιτυγχάνεται από συμπίεση ενός σχετικά στεγνού μίγματος γης που τοποθετείται σε κλειστό πλαίσιο, ή από το φυσικό στέγνωμα ενός υγρού μίγματος επίσης τοποθετημένου άμεσα σε έναν τοίχο. Σε κάθε περίπτωση από τη στιγμή που ο τοίχος κατασκευαστεί η συνοχή διαρκεί μόνο όσο τα υλικά διατηρούνται στεγνά. [21]

Παραδοσιακά οι τρεις κύριοι τύποι κατασκευής από χώμα είναι πλίνθος από πηλό, συμπιεσμένο χώμα και συμπιεσμένα τεμάχια από χώμα.

Οι τοίχοι που κατασκευάζονται χωρίς καλούπι αποτελούνται από χώμα που περιέχει άργιλο και άμμο καθώς και άχυρο που προστίθεται για να βοηθήσει στο στέγνωμα και να αποτρέψει τη δημιουργία ρωγμών. Το χτίσιμο γίνεται με την τοποθέτηση ενός μαλακού αλλά και συνεκτικού μίγματος σε στρώματα, ενώ η επιφάνεια του τοίχου περικόπτεται σταδιακά με φτυάρι για να διαμορφωθεί η εξωτερική επιφάνεια του. [21]



Εικ.16 Τοίχος από χώμα σε βάση από πυρόλιθο και τούβλο

με στερεωμένη με σύρμα αχυροσκεπή σχηματοποιημένη σε προιονισμένο δρύινο πλαίσιο. Ήταν προστατευόμενος και από τις δυο πλευρές από κίτρινο ασβέστη και πλύση με λίπος. Ο τοίχος μπορεί να επιβιώσει λόγω του ότι η αχυροσκεπή διατηρείται σε καλή κατάσταση (κάθε 15 χρόνια πιθανώς), το ασβέστωμα ανανεώνεται (πιθανώς κάθε 5 χρόνια), ενώ το επίπεδο του εδάφους διατηρείται σε καλή κατάσταση κάτω από κορυφή της βάσης. [21]

Η εμβολισμένη γη παράγεται με ημιστεγνή μέθοδο. Αποτελείται από χώμα χαμηλής περιεκτικότητας υγρασίας που τοποθετείται σε σανίδες καλουπώματος. Ένα τέτοιο ιδανικό μίγμα αποτελείται από χώμα με περιεκτικότητα 25-30% σε άργιλο και 70-75% σε άμμο και χαλίκι σε ένα σωστά βαθμονομημένο μίγμα με ελάχιστα κενά αέρα. [21]

Κατασκευή τοίχων μπορεί να γίνει και με μεγάλα άκαυστα μπλοκ από αργιλικό έδαφος. Τα μπλοκ σχηματοποιούνται με την τοποθέτηση του εδάφους σε ξύλινα καλούπια. Αν και είναι μεγαλύτερα σε μέγεθος από τα τούβλα, η αρχική προετοιμασία, οι διαδικασίες καλουπώματος και στεγνώματος ακολουθούν παραδοσιακές διαδικασίες κατασκευής τούβλων. Το μίγμα γενικά περιέχει τουλάχιστο 50% άμμο αν και συχνά μπορεί να βρεθεί 85% άμμος / χαλίκι με περιεχόμενη άργιλο 5-15%. Εδάφη που περιέχουν μεγάλη αναλογία αργίλου υπάρχει ανάγκη να συμπεριλάβουν συνδετικά υλικά όπως άχυρο ή χορτάρι. [21]

Οι διαδικασίες με τις οποίες το χώμα διαμορφώνεται σε τούβλα περιλαμβάνει μάλαξη θρυμμάτων, ξήρανση στον ήλιο και ψήσιμο. Είναι διαδικασίες που απαιτούν μεγάλο σωματικό μόχθο αλλά δεν έχουν μεγάλο κόστος. Το υλικό ποικίλει ανάλογα με την ποιότητα γης της περιοχής. [18]

Τα τεμάχια αργίλου μπορούν εκτός από το να στεγνώσουν στον ήλιο, να εκτεθούν σε φωτιά. Στην περίπτωση αυτή δεν είναι ανάγκη να σταθεροποιηθούν.

Ντόπια τεχνολογία μπορεί να υπάρχει για την παραγωγή τούβλων εκτεθειμένων στη φωτιά με τη χρήση ξύλου και άχυρου ως καύσιμων. Ο άνθρακας θεωρείται ότι είναι καλύτερο επίσης εναλλακτικό καύσιμο.

## 8.4.2.2. Λόγοι καταστροφής – προστασία

Οι κύριοι λόγοι καταστροφής των κτιρίων από χώμα είναι συρρίκνωση, ράγισμα, διάβρωση και μηχανική βλάβη που οφείλεται άμεσα ή έμμεσα στο νερό. Όμως χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα αρχιτεκτονικά σχέδια, δομικές τεχνικές, μέτρα σταθεροποίησης, τα κτίρια από χώμα μπορούν να κατασκευαστούν με επιτυχία σε περιοχές με διάφορους τύπους κλίματος. Με ειδική μάλιστα φροντίδα και διαχείριση μπορούν να διατηρηθούν για δεκαετίες. [20]

Όλοι οι τύποι κατασκευής από χώμα χαρακτηρίζονται από χαμηλή αντοχή. Οι σημαντικές ιδιότητες που λαμβάνονται υπόψη για βελτίωση τους είναι η ισχύς συμπίεσης, η απορρόφηση νερού και η αντίσταση στις καιρικές συνθήκες. Διάφορες μέθοδοι έχουν αναπτυχθεί για την αντιμετώπιση των μειονεκτημάτων τους. [20]

Οι πλίνθοι ψήνονται σε θερμοκρασία παραγωγής 700-1000 °C για να έχουν αντοχή. Σε αυτή την περίπτωση απαιτούνται μεγάλα ποσά καυσίμου που εξαρτώνται από τον τύπο του καμινιού. Η παραγωγή μάλιστα των πλίνθων συνοδεύεται επίσης από έκλυση διοξειδίου του άνθρακα. [20]



Εικ.17 Αργιλικά τεμάχια σε τούβλινη βάση. Τα μπλόκ είναι στερεωμένα με ασβέστη και άργιλο, σοβατισμένα με ενισχυμένο με άχυρα, σοβά ασβέστη και άμμου. Το τελείωμα είναι από ασβεστοπλυσίματα. Άλλα εναλλακτικά τελειώματα μπορούν να είναι ασβέστης με λάδι ή αμμώδης πίσσα. [21]

Οι εξωτερικές επιφάνειες των τοίχων σχεδόν πάντα προστατεύονται με σοβάτισμα ή ασβεστοπλυσίματα. Υπάρχει επίσης ανάγκη για δημιουργία γείσων, συνεχούς επιφάνειας επίστρωσης, πλίνθου απομόνωσης και άλλων συστημάτων που θα τις προστατέψουν. [21]

Για να παράγουν τεμάχια συγκρίσιμης συμπιεστικής ισχύς με τεμάχια τσιμέντου, οι τοίχοι που κατασκευάζονται από τεμάχια ιλύος χρειάζεται να προστατευτούν από τη βροχή. Μια και η άργιλος απορροφά το νερό και φουσκώνει και συρρικνώνεται αργότερα όταν εξατμιστεί το νερό, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ρωγμών, οι τοίχοι μπορούν να σοβατιστούν με κονίαμα τσιμέντου για να αποφευχθεί η διείσδυση υγρασίας. Προεξοχές στεγών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προστατεύσουν τους τοίχους, ενώ θεμελιακοί τοίχοι μπορούν να προστατευτούν από πεζοδρόμιο που χτίζεται γύρω από τα κτίρια. [18]

## 8.4.3. Σταθεροποίηση του χώματος

Η παραδοσιακή κατασκευή από χώμα χρησιμοποιεί χαμηλής ενέργειας υλικά που μπορούν να αναβαθμισθούν για να βελτιώσουν τις ιδιότητές τους, με λίγο πρόσθετο κόστος όσον αφορά την ενέργεια. Λόγω της ευρείας χρήσης και του χαμηλού κόστους της γης σαν δομικό υλικό, η αναβάθμισή της είναι πιο πιθανό να επιτύχει, σε σχέση με πιθανή αντικατάσταση από νέα υλικά ή με επεξεργασία της με μεθόδους που είναι ακριβοί και μη διαρκείς. [20]

Σταθεροποίηση του χώματος συνεπάγεται την τροποποίηση των ιδιοτήτων ενός συστήματος από χώμα, νερό, αέρα που εξασφαλίζει διαρκείς ιδιότητες. Η σταθεροποίηση είναι απαραίτητη όταν το υλικό είναι εκτεθειμένο σε υγρασία. [20]

Το χώμα μπορεί να ενισχυθεί από φυσικές ίνες. Ίνες από φυτά και λαχανικά λειτουργούν ως υλικό οπλισμού με τον ίδιο τρόπο που λειτουργούν οι ίνες του οπλισμένου σκυροδέματος και παρεμποδίζουν τη ρηγμάτωση από το στέγνωμα, με την κατανομή της έντασης που προκύπτει από τη συρρίκνωση του πηλού από το κύριο μέρος του υλικού. Η προσθήκη ινών όπως το άχυρο επιτρέπει αύξηση της αντοχής 15% τουλάχιστο σε σχέση με το υλικό χωρίς ίνες. [20]

Πολλές παραδοσιακές κοινωνίες χρησιμοποιούν περιττώματα από αγελάδες και άλλα ζώα σαν σταθεροποιητές. Όταν η κοπριά προστίθεται σε μια μάζα από χώμα σε υγρή μορφή, δημιουργείται ένα αδρανές καλούπι στο οποίο η συνεκτικότητα ανάμεσα στα μόρια του χώματος αυξάνει. Η κοπριά κατά συνέπεια περικυκλώνει τα μόρια και τα κολλά μεταξύ τους σε ξηρασία και διατηρεί τη σταθερότητά τους όσο δεν είναι εκτεθειμένα σε έντονη υγρασία. Η ύπαρξη ινών στην κοπριά επίσης μειώνει το σχηματισμό ρωγμών στο προϊόν. [20]

Οι ιδιότητες της δομικής γης μπορούν να βελτιωθούν επίσης με την προσθήκη υλικών όπως το τσιμέντο, ο ασβέστης, η πίσσα.

Το τσιμέντο είναι το πιο συνηθισμένο υλικό. Βελτιώνει τη συνεκτικότητα του χώματος, τη λειτουργικότητα του μια και προκαλεί αύξηση της πλαστικότητας του χώματος χαμηλής πλαστικότητας και τη μείωση της πλαστικότητας των συνεκτικών χωμάτων. [18]

Το ένυδρο τσιμέντο ενεργεί με δυο τρόπους. Πρώτα αντιδρά με τον εαυτό του ή με αμμώδη σκελετό για να σχηματίσει ασβεστοκονίαμα και δεύτερον μπορεί να υποστεί μια αντίδραση τριών φάσεων με την ιλύ να σχηματίζει **ζελέ** τσιμέντου και τσιμεντολάσπη, τα οποία σε τελική ανάλυση ενώνονται στενά. Οι απαιτούμενες

ποσότητες εξαρτώνται από την κοκκομετρία και τη δομή του χώματος και τον τρόπο με τον οποίο αυτό χρησιμοποιείται. [20]

Η σταθεροποίηση με χρήση ασβέστη συχνά χρησιμοποιείται για χώμα που περιέχει συγκεκριμένο κλάσμα αργίλου. Τα αποτελέσματα από τη σταθεροποίηση ασβεστίου ποικίλουν και εξαρτώνται από τη φύση του αργιλικού ορυκτού και είναι καλύτερα σε υψηλές περιεκτικότητες από αργιλοπυριτικά άλατα, πυρίτια και σιδηρούχα υδροξείδια. Το μίγμα πρέπει να πραγματοποιηθεί γρήγορα και προσεκτικά ώστε να εξασφαλιστεί καλό ανακάτεμα ασβέστη με χώμα. Για πολύ πλαστικά εδάφη το ανακάτεμα πρέπει να γίνει σε δυο φάσεις, με διακοπή μιας ή δυο ημερών ενδιάμεσα. Η σταθεροποίηση με ασβέστη μειώνει τη μέγιστη ξηρή πυκνότητα χώματος αργίλου ενώ αυξάνει τη βέλτιστη περιεκτικότητα σε υγρασία. Προσθήκη ασβέστη προκαλεί μείωση του χαρακτηριστικού διόγκωσης του αργιλώδους εδάφους και μια αύξηση στο όριο συρρίκνωσης. [18, 20]

Η πίσσα αυξάνει την αντίσταση σε πίεση και τις ιδιότητες στεγανοποίησης των χωμάτινων τοίχων. Πρόκειται για προϊόν που αποτελείται από τουλάχιστον 40% πολυκαρβονικά (hydrocarbons, fillet).

Ενισχύει περαιτέρω τη χαμηλή θερμική αγωγιμότητα και παρέχει στα τεμάχια ακραία εσωτερική ξηρότητα. Η πίσσα πρέπει να αναμιχθεί με διαλυτικά που οδηγούν σε περικοπή ή διασκορπισμό της σε νερό σαν γαλάκτωμα. Συνήθως χώμα που περιέχει πάνω από 50% άμμο, απαιτεί 4-6% γαλακτοποιημένη πίσσα κατά βάρος για ικανοποιητική σταθεροποίηση. Ενώ εδάφη που περιέχουν λιγότερο από 50% άμμο απαιτούν 7-12% πίσσα. Οπότε αντίστοιχα για χώμα υψηλής περιεκτικότητας σε άργιλο απαιτείται προσθήκη περίπου 15% πίσσας. Η αποτελεσματικότητα της σταθεροποίησης εξαρτάται από τη μίξη. Μεγάλη μίξη μπορεί να αυξήσει την απορρόφηση μετά το στέγνωμα λόγω πρόωρου σπασίματος του γαλακτώματος. Μια και το υλικό είναι δηλητηριώδες, τα τεμάχια από χώμα που σταθεροποιείται από πίσσα αποκρούουν φυσικά τρωκτικά και ερπετά. [18, 20]

## 8.4.4. Πειράματα σταθεροποίησης

Σε δυο μεγάλα χωριά της Botswana πειράματα έδειξαν ότι η παραδοσιακή δόμηση με χώμα μπορεί να βελτιωθεί με χρήση συγκεκριμένων αναλογιών τσιμέντου και ασβέστη που λειτουργούν ως σταθεροποιητές. Πολλά πεπιεσμένα και σταθεροποιημένα τούβλα κατασκευάστηκαν και δοκιμάστηκαν. [20]

Κατά τη διάρκεια των δοκιμών τα μη σταθεροποιημένα τούβλα θρυμματίστηκαν σε μικρό χρονικό διάστημα αφού βυθίστηκαν στο νερό, ενώ τα τούβλα από σταθεροποιητή κοπριάς έσπασαν μετά από 12-24 ώρες σε μεγάλα τεμάχια, σε σχέση με τα τούβλα που δεν ήταν σταθεροποιημένα. Τα τούβλα με σταθεροποιητή από πίσσα δε θρυμματίστηκαν μέσα σε 24 ώρες αλλά ανέπτυξαν μεγάλες ασταθείς ρωγμές που μπορεί να είναι το αποτέλεσμα ανεπαρκούς μίξης με το χέρι, χώματος με πίσσα. Μηχανική μίξη που επιτρέπει ενιαία κατανομή πίσσας στο χώμα, μπορεί να εξαλείψει τα αδύναμα σημεία και να σταματήσει τις ρωγμές ώστε να προσδώσει μεγάλη αντοχή στα τούβλα. [20]

Η μελέτη αποκαλύπτει ότι τα μη σταθεροποιημένα τούβλα και αυτά που είναι σταθεροποιημένα με κοπριά και πίσσα είναι ανεπαρκή σε περιπτώσεις απώλειας χώματος και αποσύνθεσης. Τα τούβλα που ήταν σταθεροποιημένα με τσιμέντο δεν αποσυνδέθηκαν όταν εισήχθησαν στο νερό. Η αύξηση της περιεκτικότητας σε τσιμέντο ελάττωσε την απορρόφηση νερού των τούβλων και τούβλα σταθεροποιημένα με περισσότερο από 7.5% τσιμέντο έφτασαν το όριο 7% απορρόφησης νερού, που είναι αποδεκτή για ψημένα τούβλα που χρησιμοποιούνται σε υγρή δοκιμή. [20]

Η διάβρωση του χώματος σε τούβλα με σταθεροποίηση από τσιμέντο και ασβέστη μειώθηκε όταν το ποσό του σταθεροποιητικού υλικού αυξήθηκε στα μίγματα. Οι δοκιμές έδειξαν ότι τα τούβλα που παρήχθησαν από χώμα με μεγάλη περιεκτικότητα σε άμμο διαβρώθηκαν τρεις με τέσσερις φορές περισσότερο από τα τούβλα που παρήχθησαν από χώμα με μεγάλη περιεκτικότητα σε άργιλο. Η αντοχή των τούβλων που έχουν σταθεροποιηθεί με τσιμέντο είναι δυο φορές μεγαλύτερη αυτών με ασβέστη. [20]

Χώμα με μεγάλη περιεκτικότητα σε άμμο και χαμηλή σε άργιλο ενδείκνυται για σταθεροποίηση με τσιμέντο, ενώ χώμα με μεγάλη περιεκτικότητα σε άργιλο είναι καλύτερο να σταθεροποιείται με ασβέστη από άποψη αντοχής. Τα τούβλα που είναι σταθεροποιημένα με ασβέστη και που παράγονται από χώμα που έχει υψηλή περιεκτικότητα σε άμμο, πρέπει να σταθεροποιηθούν με περισσότερο από 15%



ασβέστη, ή να καλουπωθούν με μεγαλύτερη πίεση για να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις. [20]

Οι παράγοντες σταθεροποίησης δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται αδιακρίτως. Πρέπει να γίνονται πειράματα για να αναγνωρίζεται ο κατάλληλος τύπος παράγοντα σταθεροποίησης και οι σωστές περιεκτικότητες. [20]

Type of brick and stabilizer ratio (%)	Compressive strength of soil bricks (N/mm <sup>2</sup> )				
	Unstabilized	Cement	Lime	Cow-dung	Bitumen
Mahalapye soil					
0.0	1.84				
5.0		4.55	2.65		
7.5		5.90	3.14		
1.0		6.80	3.85	1.80	1.79
15.0		8.50	5.00		
20.0					
Tsabong soil					
0.0	1.80				
5.0		4.98	2.16		
7.5		6.02	3.10		
10.0		8.12	3.23	1.75	1.48
15.0		10.64	3.73		
20.0				1.43	1.39

Εικ.18 Μέσες τιμές ισχύς συμπίεσης χωμάτων τούβλων, με ή χωρίς σταθεροποίηση (από χώμα της Mahalapye και Tsabong, χωριά της Botswana) [20]

Material	Ratio of stabilization (%)	Density (g/mm <sup>3</sup> )	Soil erosion (g)	Water absorption (%)
Cement	5.0	1.81	109.3	8.57
	7.5	1.89	49.4	7.20
	10.0	1.89	33.3	7.03
	15.0	2.03	19.0	6.65
Lime	5.0	1.81	190.0	10.99
	7.5	1.92	171.0	11.02
	10.0	1.95	161.5	11.26
	15.0	1.98	123.5	12.88

Εικ.19 Μέση πυκνότητα, διάβρωση στο χώμα και απορρόφηση νερού από τα χωμάτινα τούβλα που είναι σταθεροποιημένα με τσιμέντο και ασβέστη στις περιπτώσεις των δυο χωριών Mahalapye και Tsabong, στον πρώτο και δεύτερο πίνακα αντίστοιχα [20]

Material	Ratio of stabilization (%)	Density (g/mm <sup>3</sup> )	Soil erosion (g)	Water absorption (%)
Cement	5.0	1.79	54.0	10.00
	7.5	1.81	19.0	7.11
	10.0	1.88	14.5	7.04
	15.0	2.00	5.7	6.85
Lime	5.0	1.87	78.9	8.52
	7.5	2.00	75.9	8.54
	10.0	2.02	57.0	8.56
	15.0	2.06	23.5	8.90

## 9 Ξύλο

### 9.1. Γενικά χαρακτηριστικά

Το ξύλο αποτελεί σπουδαίο και χρήσιμο υλικό. Σημαντικά πλεονεκτήματά του είναι η εύκολη επεξεργασία του, η υψηλή στερεότητα με συγκριτικά ελαφρό βάρος, η καλή μονωτική ικανότητα από τη θερμότητα και το ψύχος, η ποικιλία χρωμάτων, σχεδίων και πυκνότητας και η δυνατότητα περαιτέρω επεξεργασίας και διαρκής διάθεσής του.

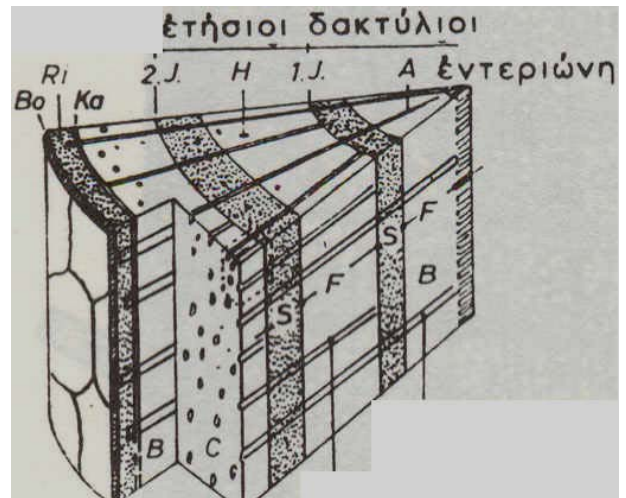
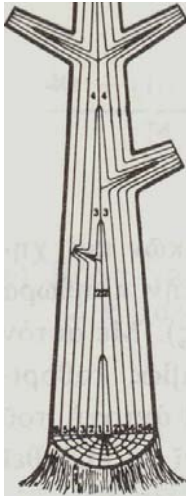
Σαν κατασκευαστικό υλικό, παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον λόγω των παραπάνω πλεονεκτημάτων και είναι από τα λίγα υλικά που προέρχονται από ζώντες οργανισμούς. Οι ιδιότητές του εξαρτώνται από το είδος και την ηλικία του δένδρου, από τον προσανατολισμό των νερών, από τις συνθήκες ζωής του από τον τρόπο συντήρησης και κατεργασίας του ξύλου. Από χημική άποψη αποτελείται από λιγνίνη και κυτταρίνη. Έτσι, όταν ένα ξύλο περιέχει 15% υγρασία, αποτελείται από άνθρακα 35%, υδρογόνο 5%, οξυγόνο 55% περίπου και μικρά ποσά αζώτου, θείου, καλίου, πυριτίου. [14,15]

### 9.2. Δομή του ξύλου

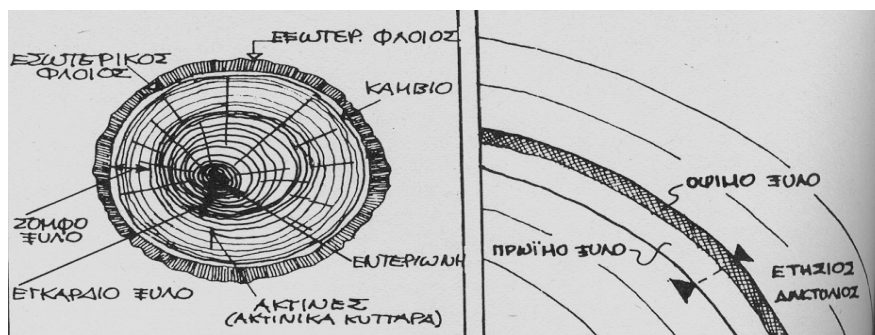
Σε κάθετη τομή του κορμού στον άξονά του, παρατηρούνται ομόκεντροι κύκλοι. Το εσωτερικό του είναι μαλακό και αποτελεί την εντεριώνη. Ακολουθεί το καρδιόξυλο που αποτελείται από ζώνες σκληρές και μαλακές σε εναλλαγή που φανερώνουν την ηλικία του δένδρου. Έξω από το καρδιόξυλο βρίσκεται το σομφό ή σομφόξυλο που είναι μαλακό. Αποτελείται από 2-4 ετήσιους δακτυλίους που δεν έχουν ακόμη σκληρύνει. Μετά το σομφόξυλο ακολουθεί άλλος δακτύλιος, μαλακός και αυτός, το κάμβιο που κάθε χρόνο σχηματίζει ένα δακτύλιο σομφόξυλου εσωτερικά και ένα δακτύλιο φλοιού εξωτερικά.

Η ανάπτυξη οπότε του δένδρου γίνεται στο έξω μέρος του κορμού. Ο παλιός φλοιός εξωτερικά νεκρώνεται και αποτελεί μέσο προστασίας του δένδρου από τις καιρικές μεταβολές και τα έντομα. Οι ετήσιοι δακτύλιοι αποτελούνται από ίνες προσανατολισμένες κατά μήκος του δένδρου και σχηματίζουν τα αγγεία κυκλοφορίας των χυμών. [14, 15, 22]

Εικ.20 Κατά μήκος τομή ενός δέντρου, αναπαράσταση της ετήσιας ανάπτυξης κορμού και κλαδιών [14]

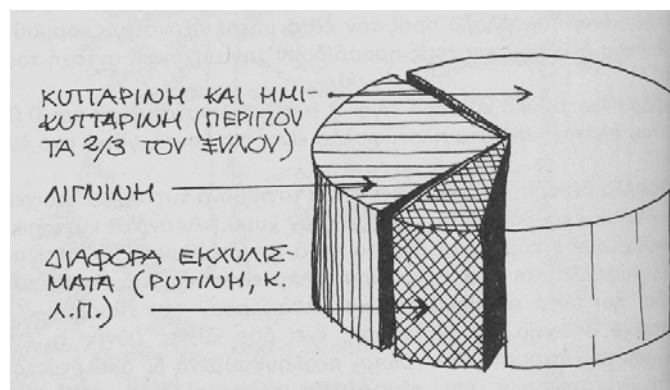


Εικ.21 Η δομή του ξύλου [14]



Εικ.22 Εγκάρσια τομή δέντρου [22]

Εικ.23 Η χημική σύνθεση της συμπαγούς ύλης του ξύλου [22]



### 9.3. Ιδιότητες του ξύλου

Οι ιδιότητες του ξύλου κατατάσσονται στις εξής δύο βασικές κατηγορίες:

Τις Φυσικές όπως το χρώμα, η στιλπνότητα, η υφή, η οσμή.

Τις μηχανικές και τεχνικές όπως η σκληρότητα, η πυκνότητα, η ευκαμψία και οι αντοχές σε εφελκυσμό, θλίψη, κάμψη, λύγισμα, τριβή και κρούση.

#### 9.3.1 Φυσικές ιδιότητες:

Η **οπτική εντύπωση** ενός ξύλου προσδιορίζεται από την υφή της φυσικής του επιφάνειας και το χρώμα του. Αυτό κυμαίνεται από άσπρο-κίτρινο (δεσποτάκι, ερυθρελάτη, σουηδικό), έως κίτρινο καστανό (δρυς, μελία, όρεγκον, μακορέ κ.τ.λ.), σκούρο καστανό (καρυδιά, τίκ, βέγκε), μαύρο (έβενος), βιολετί (δαμασκηλιά) κ.ά.

Με τα σχέδια, τις γραμμές (κανονικές ή ακανόνιστες), τα σχήματα, τα νερά και τους διαφορετικούς χρωματισμούς, τα ξύλα δημιουργούν ποικιλία εντυπώσεων τόσο στην επιπλοποιεία, όσο και στις άλλες οικοδομικές χρήσεις. Με την εξέλιξη των βερνικιών, υπάρχει σήμερα η δυνατότητα χρωματικών επιλογών για τα ανοιχτόχρωμα ξύλα ή καπλαμάδες (κυρίως Δεσποτάκι (Ash) σε πολύ μεγάλη ποικιλία).

Ειδικοί μπορούν να προσδιορίσουν το είδος ενός ξύλου από το χρώμα του, τους δακτυλίους κτλ.

Πολλά ξύλα έχουν μία χαρακτηριστική **οσμή** που οφείλεται στις ρητίνες, τα αιθέρια έλαια και τις λοιπές ουσίες που εμποτίζουν τα κύτταρά του. Όταν το ξύλο ξεραθεί, η οσμή του εξασθενίζει. Αν τυχόν η οσμή του ξύλου αλλάξει και γίνει δυσάρεστη σημαίνει πως έχει προσβληθεί από μύκητες.

Μερικά δένδρα, όπως η καστανιά και η δρυς, έχουν μία χαρακτηριστικά πικρή **γεύση** που προέρχεται από τις πτητικές ουσίες (τανίνες) που περιέχουν. Με την έκθεσή τους στον ήλιο η γεύση αυτή εξασθενεί.

Οι μικροσκοπικές διαφορές δομών που εμφανίζονται κυρίως στις εγκάρσιες επιφάνειες του ξύλου, χαρακτηρίζουν και την **υφή** του. Οι διαφορές αυτές οφείλονται στο μέγεθος των κυττάρων, στην κατανομή τους και στον αυξητικό δακτύλιο. Με βάση τα κριτήρια αυτά η υφή διακρίνεται σε λεπτή και τραχεία.

Μερικά ξύλα παρουσιάζουν μία φυσική **στιλπνότητα** που είναι πιο εμφανής στις ακτινικές επιφάνειες. Όσες περισσότερες ακτίνες βγαίνουν κατά την κοπή του κορμού, τόσο περισσότερο στιλπνό είναι το ξύλο. [17]

## 9.3.2. Μηχανικές ιδιότητες

## 9.3.2.1. Φαινόμενο ειδικό βάρος

Το φαινόμενο ειδικό βάρος είναι η σχέση του βάρους προς τον όγκο του. Η γνώση του αποτελεί ένδειξη των ιδιοτήτων του ξύλου όπως της δυνατότητας επεξεργασίας, της στερεότητας, της ελαστικότητας, της σκληρότητας. Μια και το βάρος και ο όγκος του ξύλου επηρεάζονται από την υγρασία, παίρνουμε σωστά συγκριτικά στοιχεία μόνο όταν πρόκειται για υλικά με όμοια υγρασία. Η ξηρά πυκνότητα μεταξύ των διαφόρων ειδών ξυλείας κυμαίνεται μεταξύ 0.1 (για ξύλο μπάλας) μέχρι 1.3 (για τροπικό ξύλο Γουαϊάκον). Υπάρχουν δηλαδή ξύλα στα οποία τα κενά καταλαμβάνουν το 0.9% του όλου όγκου και άλλα στα οποία τα κενά καταλαμβάνουν το 0.20% του όγκου. Είναι πάντως δυνατόν ξύλα που προέρχονται από τον ίδιο κορμό να παρουσιάζουν διαφορετική πυκνότητα, γιατί το σομφό είναι αραιότερο από την καρδιά. Άρα το φαινόμενο βάρος αυξάνεται ανάλογα με τον λόγο που αυξάνει η αναλογία του καρδιόξυλου. Επίσης παίζει ρόλο το πλάτος των ετήσιων δακτυλίων. [14, 17]

ΥΛΙΑ	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ κρ / m <sup>3</sup>
ΞΥΛΟ	500
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	2 400
ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	2.700
ΧΑΛΥΣ	7.800

Εικ.24 Βάρος ανά κυβικό μέτρο των κυριότερων δομικών υλικών [22]

## 9.3.2.2. Υγρασία

Το ξύλο είναι υγροσκοπικό υλικό. Αποβάλλει ή απορροφά υγρασία μέχρι η περιεχόμενη σε αυτό υγρασία να βρεθεί σε ισορροπία με τον περιβάλλοντα αέρα. Τότε επέρχεται κατάσταση ισορροπίας της υγρασίας του ξύλου. Αυτή η ισορροπία εξαρτάται άμεσα από τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας. Οπότε ένα αποξηραμένο ξύλο όταν εκτεθεί σε υγρή ατμόσφαιρα τείνει να επαναπροσλάβει υγρασία και να διασταλεί ή το αντίθετο. [22]

Η υγρασία του ξύλου επηρεάζει όλες σχεδόν οι ιδιότητες του που έχουν να κάνουν με τη στερεότητα, τη δυνατότητα επεξεργασίας, τη ρίκνωση και την υγροσκοπικότητα, την αντίσταση που προβάλλει αυτό στους μύκητες και τα έντομα κτλ. Μεγάλες εναλλαγές

στην περιεκτικότητα σε υγρασία του ξύλου μειώνει την αντοχή του και προξενεί παραμορφώσεις. [14, 22]

Η περιεχόμενη στην ξυλεία υγρασία πρέπει να ελέγχεται κατά τη βιομηχανική παραγωγή. Οι κανονισμοί ορίζουν ότι η ξυλεία για τους φέροντες οργανισμούς πρέπει να έχει περιεχόμενη υγρασία 19% ή λιγότερο. Η παραμόρφωση του ξύλου μετά την επεξεργασία του αποφεύγεται όταν αυτό προσαρμοσθεί αρχικά σε αντίστοιχο ποσοστό υγρασίας του χώρου που πρόκειται να τοποθετηθεί (π.χ. οικοδομική ξυλεία 19%, για κουφώματα, παράθυρα, εξωτερικές πόρτες 12 έως 15%, για έπιπλα, εσωτερικές πόρτες, παρκέτα σε χώρους που θερμαίνονται με κεντρική θέρμανση 8 έως 10%). [14, 22]

Η ξήρανση του ξύλου επιτυγχάνεται με φυσικό στέγνωμα των ξύλων στην ατμόσφαιρα ή σε ειδικά στεγνωτήρια για να επιταχυνθεί η διαδικασία. [14, 22]

### 9.3.2.3. Ελαστικότητα

Η ελαστικότητα του ξύλου είναι σχετικά μεγάλη. Μια ξύλινη κατασκευή, ακόμα και έπειτα από μια υψηλή φόρτιση που προκάλεσε την παραμόρφωσή της, ξαναπαίρνει αμέσως την αρχική της μορφή. Αυτή η δυνατότητα διαστολής δίνεται από το συντελεστή ελαστικότητας (συντελεστής)  $E$ . Υψηλός συντελεστής  $E$  σημαίνει ελάχιστη ελαστικότητα και μάλιστα αυτός αυξάνει όταν αυξάνει το φαινόμενο βάρος και ελαττώνεται όταν αυξάνεται η υγρασία και η θερμοκρασία του ξύλου. [14, 17]

ΥΛΙΑ	ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΟΣ $E$ κρ / cm <sup>2</sup>	
ΕΙΔΟΣ ΞΥΛΟΥ	ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ ΠΡΟΣ ΤΙΣ ΙΒΕΣ $E_{II}$	ΚΑΘΕΤΑ ΠΡΟΣ ΤΙΣ ΙΒΕΣ $E_{I}$
ΞΥΛΕΙΑ ΚΟΜΟΦΟΡΩΝ	100.000	3.000
ΔΡΥΣ ΚΑΙ ΟΞΥΑ	125.000	6.000
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	300.000	
ΧΑΛΥΣ	2.100.000	

Εικ.25 Συγκριτικός πίνακας των μέτρων ελαστικότητας ξύλου, σκυροδέματος και χάλυβα [22]

## 9.3.2.4 Αντοχές

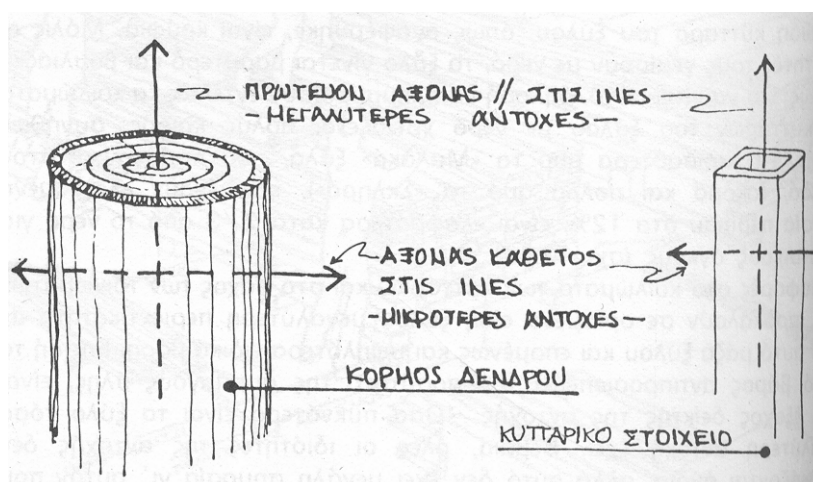
Αντοχή χαρακτηρίζεται η μέγιστη δυνατή τάση και είναι ο λόγος της δύναμης που οδηγεί σε θραύση προς τη διάμετρο.

- Η αντοχή σε εφελκυσμό του ξύλου κατά την κατεύθυνση των ινών είναι περίπου 10 φορές μεγαλύτερη από την αντοχή σε εφελκυσμό κάθετα στην κατεύθυνση των ινών. Μια κάθετα κρεμασμένη ξύλινη ράβδος θραύεται μόνο από την πίεση του βάρους της σε ένα μήκος από 15 έως 30 χιλιόμετρα. Συγκριτικά ένας χάλυβας μπετόν σε περίπου 5 χιλιόμετρα και ένας χάλυβας ελατηρίων σε 18 χιλιόμετρα. [14]

- Η αντοχή σε κάμψη ενός ξύλου είναι σχετικά μεγάλη σε σχέση με το ελάχιστο βάρος του και αποτελεί πλεονέκτημα των ξύλινων οικοδομών. [14]

- Οι κατά μήκος της ουδέτερης ζώνης οριζόντιες τάσεις διάτμησης είναι συχνά ο κύριος παράγοντας στο σχεδιασμό των δοκών. Προκαλούνται από τα καμπτικά φορτία και προξενούν τη μέγιστη κατά μήκος διατμητική τάση παράλληλα προς τις ίνες, στον ουδέτερο άξονα. [22]

Το ξύλο είναι πολύ ανθεκτικό σε καταπονήσεις που προκαλούνται από περιοδικές δυναμικές φορτίσεις (όπως π.χ. στις γέφυρες). Για κρουστικά φορτία, οι επιτρεπόμενες τάσεις μπορούν να αυξηθούν και κατά 100%. Η αντοχή πάντως του ξύλου αυξάνεται όταν αυξάνει και το φαινόμενο βάρος. Μια μεγάλη προηγούμενη ύπαρξη κλαδιών προκαλεί ελάττωση της αντοχής κυρίως σε εφελκυσμό. Όλες οι ιδιότητες που ενισχύουν την αντοχή επηρεάζονται πάντα και από τη διάρκεια της καταπόνησης. [14, 17, 22]



Εικ.26 Ανισοτροπία του ξύλου [22]

## 9.3.2.5. Σκληρότητα και αντοχή σε φθορά

Όσο πιο σκληρό είναι το ξύλο τόσο πιο δύσκολα γίνεται η επεξεργασία του. Η σκληρότητα αυξάνει με αύξηση του φαινόμενου βάρους, ανάλογα με το ποσοστό σκληρού ξύλου (καρδιόξυλο). Όταν η καταπόνηση γίνεται κατά την κατεύθυνση των ινών, τότε η σκληρότητα είναι διπλάσια σε σχέση με όταν γίνεται κάθετα προς αυτήν. Σκληρά έως πολύ σκληρά ξύλα θεωρούνται ο δρυς, η μελιά, η κόκκινη οξιά.

Η αντοχή σε φθορά αυξάνει όταν αυξάνει το φαινόμενο βάρος, η σκληρότητα και η ξηρότητα του ξύλου. [14, 17]

## 9.3.2.6. Θερμοαγωγιμότητα

Το ξύλο έχει άριστες θερμομονωτικές ιδιότητες λόγω του πορώδους της κατασκευής του. Η θερμική αγωγιμότητα του ξύλου κατά τη διεύθυνση των ινών είναι περίπου διπλάσια της αγωγιμότητας του ξύλου κάθετα προς τις ίνες και αυξάνει όταν αυξάνει το φαινόμενο βάρος και η υγρασία του ξύλου.

Λόγω αυτής του της ιδιότητας, το ξύλο χρησιμοποιείται για την επένδυση οροφής, τοίχων και δαπέδων. Μάλιστα σε περίπτωση ίδιων συνθηκών θερμοκρασίας δωματίου, ένα δάπεδο από ξύλο απορροφά λιγότερη θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα σε σχέση με ένα δάπεδο παραδείγματος χάρη με επίστρωμα από P.V.C. [14, 17, 22]

ΥΛΙΚΑ	ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ $k$ $\text{Btu/hr/ft}^2/\text{in.}/^\circ\text{F}$	ΣΧΕΤΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣΤΗΤΑ ( $\xi_{\text{ξυλο}} = 100$ ) %
ΑΕΡΑΣ	0.168	476.0
ΞΥΛΟ	0.80	100.0
ΟΗΤΟΠΛΙΝΘΟΣ	4.8	16.5
ΓΥΑΛΙ	5.5	14.7
ΛΙΘΕΣΤΟΛΙΘΟΣ	6.5	12.3
ΑΜΜΟΛΙΘΟΣ	12.0	6.6
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	12.6	6.3
ΧΑΛΥΣ	312.0	0.25
ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	1.416.0	0.06

Εικ.27 Θερμικές ιδιότητες των κοινών δομικών υλικών (κατά AITC) [22]

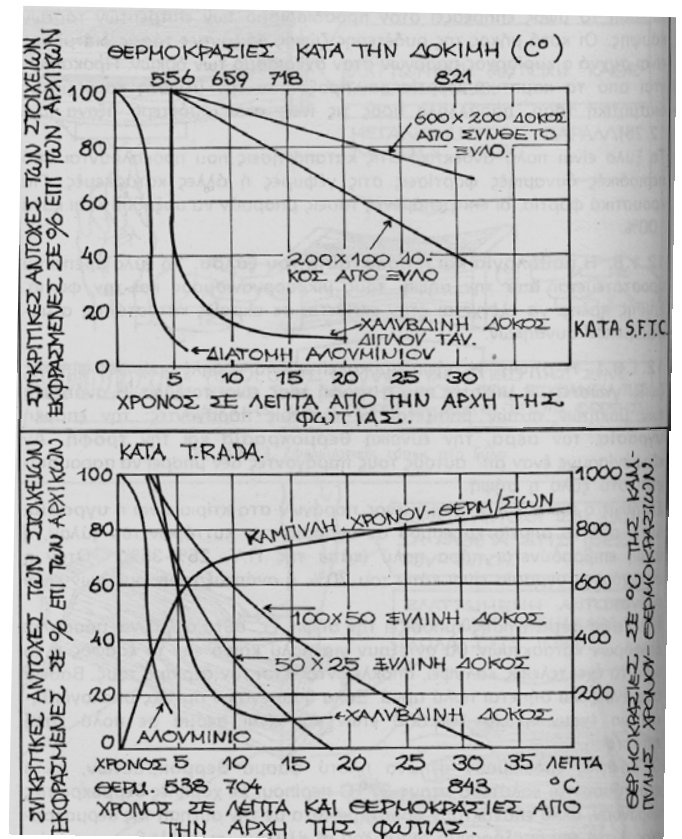


**9.3.2.7. Ακουστικές ιδιότητες**

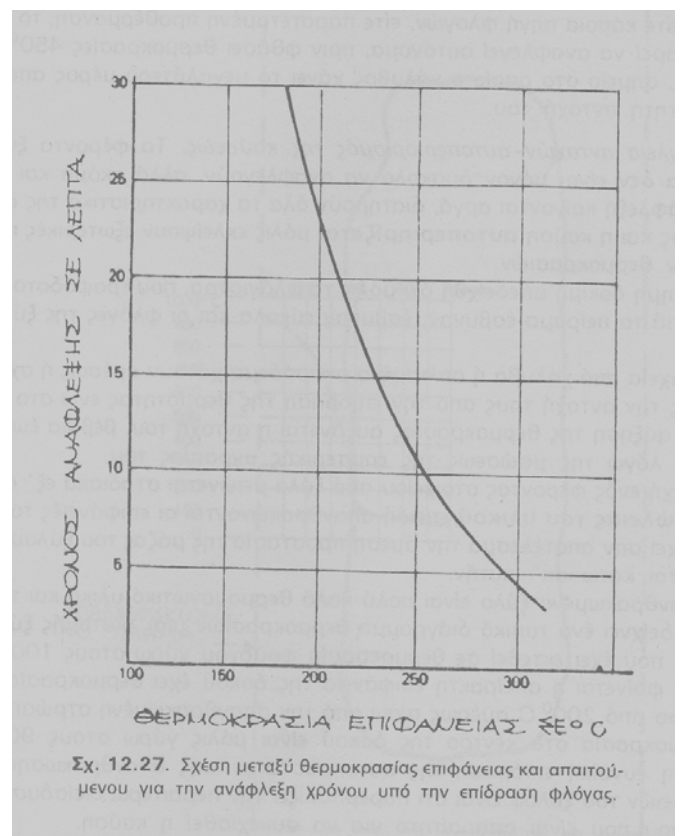
Οι καλές ακουστικές Ιδιότητες του ξύλου είναι πολύ γνωστές (π.χ. κατασκευή μουσικών οργάνων, ακουστική αιθουσών συναυλιών κλπ.). Για την χρησιμοποίηση του ξύλου στις κατασκευές, αποφασιστική σημασία έχει η ακουστική συμπεριφορά του ξύλου στη μόνωση της ενέργειας του ήχου και στη μείωση της μεταβίβασης της ενέργειας αυτής του ήχου στους γειτονικούς προς αυτόν χώρους (ηχομόνωση). Η σχετικά καλή πρόσληψη και μεταβίβαση του ήχου στις ξύλινες κατασκευές ενεργεί δυσμενώς. Αυτές οι ιδιότητες εξουδετερώνονται εν μέρει με κατάλληλες κατασκευαστικές μετατροπές όπως π.χ. ηχομονώσεις των πατωμάτων, δημιουργία πολλαπλών τοιχωμάτων, καθώς και με την χρησιμοποίηση κατάλληλων ξύλινων ή πλαστικών υλικών (ηχομονωτικών πλακών).

**9.3.2.8. Συμπεριφορά σε πυρκαγιά**

Το ξύλο αποτελεί εύφλεκτο υλικό. Μπορεί με κατάλληλα προστατευτικά μέσα να καταστεί ανθεκτικό. Το σίγουρο είναι ότι ξύλινες κατασκευές μπορούν σε περίπτωση πυρκαγιάς να συμπεριφερθούν ευνοϊκότερα σε σχέση με άλλα υλικά που θεωρούνται άκαυστα. Λόγω της χαμηλής θερμοαγωγιμότητας, τα εξωτερικά στρώματα των δοκών μπορούν να προστατεύσουν τα εσωτερικά από τις υψηλές θερμοκρασίες. Λόγω του χαμηλού συντελεστή θερμικής διαστολής του ξύλου, οι φορείς και οι κολώνες δεν παραμορφώνονται καθόλου. Η στερεότητα του ξύλου ελαττώνεται αργά και προοδευτικά με αύξηση της θερμοκρασίας, σε αντίθεση με το χάλυβα, το αλουμίνιο και τα πλαστικά. [14, 22]



Εικ.28 Σύγκριση αντοχών στη φωτιά [22]



Εικ.29 Σχέση μεταξύ θερμοκρασίας επιφάνειας και απαιτούμενου χρόνου για την ανάφλεξη υπό την επίδραση φλόγας [22]

#### 9.4. Άλλα στοιχεία για το ξύλο

##### 9.4.1. Είδη δέντρων

Τα δέντρα διακρίνομε στα κωνοφόρα, μαλακά ξύλα, και στα πλατύφυλλα με σκληρά ξύλα. Τα σκληρά ξύλα είναι πιο ακριβά και χρησιμοποιούνται εκεί όπου υπάρχει φθορά και τριβή.

Από τα κωνοφόρα συνηθέστερα χρησιμοποιούνται το έλατο και το πεύκο.

Το έλατο έχει ξύλο κιτρινωπό, κατεργάζεται εύκολα είναι μαλακό και οικονομικό.

Το πεύκο του βορρά ή Σουηδικό είναι σχετικά σκληρό, ελαφρά κίτρινο και δεν έχει πολλούς ρόζους.

Το πεύκο λάρτζινο είναι ξανθοκόκκινο με περισσότερους ρόζους από το Σουηδικό, είναι πιο σκληρό από το Σουηδικό και περιέχει περισσότερο ρετσίνι.

Το πεύκο Αυστριακό (πιτς-πάιν) προέρχεται από τις νότιες Η.Π.Α ενώ τα προηγούμενα πεύκα προέρχονται από την Ευρώπη, δεν έχει πολλούς πόρους οπότε έχει μεγάλη πυκνότητα, μεγάλη σκληρότητα και χρησιμοποιείται για πατώματα.

Το πεύκο Όρεγκον (Όριγκον-πάιν) προέρχεται από την περιοχή του ποταμού Όρεγκον, η μεγάλη περιεκτικότητα σε ρετσίνι του προσδίδει μεγάλη αντοχή στην επίδραση της υγρασίας.

Από τα πλατύφυλλα πολύ γνωστά είναι η οξυά, η δρυς, η καστανιά, η λεύκα, η φτελιά, η φλαμουριά.

Η οξιά είναι σκληρό ξύλο κιτρινωπό με πυκνά νερά, παράγεται και στην Ελλάδα αλλά τα μεγαλύτερα ποσά ξυλείας οξιάς προέρχονται από την Αυστρία. Χρησιμοποιείται πολύ στην επιπλοποιία.

Η βαλανιδιά (δρυς) είναι ξύλο σκληρό και βαρύ, στο νερό αυξάνει η αντοχή του και σκουραίνει. Χρησιμοποιείται στην κατασκευή πατωμάτων και επίπλων μια και μετά τη στίλβωση παρουσιάζει εξαιρετική εμφάνιση.

Η φτελιά έχει μεγάλη σκληρότητα και μακροζωία αλλά δύσκολα κατεργάζεται. Χρησιμοποιείται στην οικοδομική για βαριές κατασκευές

Η καστανιά είναι πολύ καλής ποιότητας, έχει χρώμα σταχτοκίτρινο, έχει μεγάλη αντοχή και ωραία εμφάνιση μετά στίλβωση. Χρησιμοποιείται στην επιπλοποιία.

Η λεύκα είναι μαλακό ξύλο μικρής αντοχής. [15]

#### 9.4.2. Προστασία του ξύλου

Το ξύλο έχει ανάγκη να προστατευτεί από τη φωτιά και τους μικροοργανισμούς.

Για την προστασία του ξύλου από μικροοργανισμούς μπορεί να γίνει επίστρωση με ασφαλτο που εμποδίζει την υγρασία να προσβάλει το ξύλο και να το διαποτίσει με μικροοργανισμούς όταν το ξύλο βρίσκεται μέσα στο έδαφος. Επίσης επιφανειακή απανθράκωση μπορεί να προστατεύσει το εσωτερικό από τα μικρόβια ή τα έντομα. Στην περίπτωση αυτή όμως ελαττώνεται η διατομή του ξύλου.

Με εμποτισμό του ξύλου με κρεόζωτο ή διάλυμα θειικού χαλκού ή χλωριούχου ψευδαργύρου ή χλωριούχου υδραργύρου τα οποία λειτουργούν σα δηλητήρια παρεμποδίζεται η ανάπτυξη μικροοργανισμών. Ενώ ο εμποτισμός με λινέλαιο ή η κάλυψη με ελαιοχρώματα μπορεί να προστατεύσει από την υγρασία και τους μικροοργανισμούς.

Για την προστασία από τη φωτιά μπορεί να γίνει εμποτισμός με διάλυμα φωσφορικού αμμωνίου το οποίο όταν το ξύλο πυρωθεί, εκλύει αέρια που εμποδίζουν την ανάφλεξη.  
[15, 17]

#### 9.4.3. Μορφές του ξύλου στη δόμηση

-Το φυσικό ξύλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας αφού καθαριστεί, ως ξύλινος κύλινδρος, ιδιαίτερα όταν είναι περιορισμένης διατομής. Αυτού του είδους η ξυλεία αποκαλείται **στρογγυλή**.

Όταν η κορμοί ορθογωνίζονται πρόχειρα τότε αναφερόμαστε στην **πελεκητή** ξυλεία.

Στην περίπτωση που οι κορμοί πριονίζονται σε τετραγωνικές ή ορθογωνικές διατομές τότε πρόκειται για την πριονιστή ή πριστή ξυλεία.

Στο εμπόριο η ξυλεία προσφέρεται σε τυποποιημένες διατομές όπως τα καδρόνια, τα μισοκάδρωνα, τις σανίδες, τις πιχοσανίδες.

- Οι καπλαμάδες παράγονται αφού θερμανθεί και υγρανθεί ο κορμός με ατμό και κοπεί σε φύλλα πάχους 0,25-6 χιλιοστόμετρα. Με την ύγρανση και θέρμανση το ξύλο γίνεται εύκαμπτο. Με τους καπλαμάδες από σκληρά ξύλα καλύπτονται φθηνά και μαλακά ξύλα σε έπιπλα.

- Τα αντικολλητά φύλλα (κόντρα-πλακέ) προκύπτουν όταν κολληθούν 3, 5 ή 7 φύλλα πάχους 1 μέχρι 3 χιλιοστών κάθετα μεταξύ τους. Η κόλληση γίνεται στους 120°C με κόλλα καζεΐνης, διαρκεί 10 λεπτά και γίνεται υπό πίεση 5at. Όταν το κόντρα πλακέ

προορίζεται για έπιπλα το έξω φύλλο είναι από σκληρό ξύλο χωρίς ρόζους."

- Οι ινόπλακες ή ινοσανίδες (fiberboards) παράγονται με συμπίεση ατμού μέσα στο ξύλο και εκτόνωση ώστε το ξύλο να χωριστεί σε ίνες. Με συμπίεση και κόλλα ξανακολλούν μεταξύ τους σε πορώδη φύλλα με πυκνότητα  $0,2 \text{ gr/cm}^3$  κατάλληλα για μονώσεις ήχου σε αίθουσες. Με μεγαλύτερη πίεση αυξάνει η πυκνότητα και η αντοχή και κατασκευάζονται λαβές εργαλείων, χαρτόνια (χάρντ-μπόρντ).

- Οι μοριοσανίδες (particleboards),(NOBOΠΑΝ) παράγονται όταν απορρίμματα κατεργασίας ξύλου, άχυρο, καλάμια και λεπτά κλαδιά, μετά από τον τεμαχισμό τους σε πάχος περίπου ενός χιλιοστού συμπιέζονται και συγκολλούνται με συνθετική ρητίνη.

- Πηχοσανίδες (plaquages) δημιουργούνται όταν από τις δυο πλευρές μιας στρώσης από λεπτούς πήχεις επικολλώνται λεπτά αντικολλητά φύλλα. Πρόκειται για αρκετά ισχυρές ξυλόπλακες που χρησιμοποιούνται σε επικαλύψεις, σε επενδύσεις και στην κατασκευή επίπλων. [15, 17, 22]

## 9.5 Περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά του ξύλου.

Το ξύλο αποτελεί ανανεώσιμο φυσικό πόρο, απαιτεί λίγη ενέργεια για την επεξεργασία και τη μεταφορά του ενώ δε μολύνει το νερό, τον αέρα και το έδαφος. Από το παρελθόν αποτελεί ένα σπουδαίο υλικό κατασκευής.

Το περιορισμένο βάρος του δεν απαιτεί χρήση μεγάλων μηχανικών εργαλείων οπότε περιορίζονται οι θόρυβοι και οι σκόνες κατά τη φάση της κατασκευής. [6] Χρησιμοποιείται στη στήριξη της στέγης, στην κατασκευή κουφωμάτων, πόρτων, παραθύρων, επίπλων, για επενδύσεις τοίχων και δαπέδων.

Τα στοιχεία κατασκευής από ξύλο ευνοούν τη μείωση των δαπανών και των καθυστερήσεων στο εργοτάξιο μια και τυποποιούνται και προκατασκευάζονται στο εργαστήριο. Συστήματα με ξύλινο σκελετό επιτρέπουν ενισχυμένη μόνωση με περιορισμένο πάχος τοίχων ενώ τα απορρίμματα τους μπορούν να ανακυκλωθούν, να καούν παράγοντας ενέργεια, ή να υποστούν βιολογική επεξεργασία αποβάλλοντας μεθάνιο, το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί. [6]

Η χρήση του ξύλου συμβάλλει στη μείωση του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Τα δέντρα απορροφούν CO<sub>2</sub> για να παράγουν κυτταρίνη και λιγνίνη, αφομοιώνουν και σταθεροποιούν τον άνθρακα και ελευθερώνουν οξυγόνο στην ατμόσφαιρα. Όταν ένα δέντρο μετασχηματίζεται σε υλικό κατασκευής, καθυστερεί η στιγμή που ο άνθρακας που σταθεροποιήθηκε από τη φωτοσύνθεση θα απορριφθεί στην ατμόσφαιρα με αποσύνθεση ή καύση.

Αν το ξύλο καεί στο τέλος του κύκλου του κτιρίου, το ανθρακικό αέριο που είναι αποθηκευμένο στο ξύλο επιστρέφει στην ατμόσφαιρα. Μπορεί λοιπόν να θεωρηθεί ότι το ισοζύγιο του ξύλου έναντι της ολικής υπερθέρμανσης αντιστοιχεί με μηδέν, ενώ αυτό των άλλων υλικών κατασκευής (μέταλλο, σκυρόδεμα, γυαλί, πλαστικά υλικά) είναι θετικό γιατί η κατασκευή τους χρειάζεται πολύ ενέργεια και ελευθερώνει κατά συνέπεια CO<sub>2</sub>. [6]

Η χρήση ξύλου προσδίδει υψηλή ποιότητα στην κατοικία ή στην εργασία γιατί ρυθμίζει φυσικά την υγρασία του καθαρού αέρα, καθιστά τις επιφάνειες απαλές και θερμές στην επαφή, εξασφαλίζοντας θερμική άνεση. Είναι όμως οικολογική μόνο αν αυτό χρησιμοποιείται χωρίς την προσθήκη τοξικών ουσιών. [6]

## 9.6 Σύγχρονη πρακτική

Σήμερα η αλόγιστη ξύλευση του δάσους, η χωρίς φραγμούς οικοπεδοποίηση μαζί με την απαλλοτρίωση και την απόδοσή του για γεωργικές καλλιέργειες και φυσικά η ραγδαία συρρίκνωσή του λόγω πυρκαγιών κατέστησαν το άλλοτε φτηνό αυτό και άφθονο υλικό πανάκριβο και δυσεύρετο.

Οι παραπάνω παράγοντες μαζί με τη ραγδαία εξέλιξη της χημείας και της βιομηχανικής παραγωγής, έστρεψαν τους κατασκευαστές σε πιο φτηνές εναλλακτικές λύσεις. [8]

Τις τελευταίες δεκαετίες του 20<sup>ου</sup> αιώνα το ξύλο σαν δομικό υλικό σταδιακά αντικαταστάθηκε από υλικά όπως το σίδηρο, το τούβλο, το οπλισμένο σκυρόδεμα και πιο πρόσφατα το πλαστικό. Το ξύλο περιφρονήθηκε και θεωρήθηκε κατώτερο από άλλα υλικά λόγω κυρίως του κινδύνου για πυρκαγιά και των προβλημάτων ακουστικής. Σήμερα οι επιστήμονες, ερευνητές, μηχανικοί αντιλαμβάνονται την ανάγκη για αύξηση χρήσης του ξύλου. Τα τελευταία χρόνια γίνεται σημαντική ανάπτυξη στην κατασκευή κτιρίων μέσου ύψους με ξύλινη δομή. Αυτή η πρακτική έγινε πραγματικότητα με την τυποποίηση και την ανανέωση του κώδικα πυροπροστασίας σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες γύρω στο 1990. Έτσι ένα από τα εναλλακτικά υλικά στην αγορά της κατασκευής έγινε το στρώμα από συμπαγές ξύλο σε πατώματα και τοίχους, που παρέχει δυνατότητα σύγκρισης όσον αφορά την οικονομία και την ποιότητα ζωής και των χαρακτηριστικών ενός φιλικού για το περιβάλλον υλικού. [25]

### 9.7. Σχεδιασμός με βάση το ξύλο

Είναι γεγονός ότι το εσωτερικό κλίμα της κατοικίας επηρεάζεται κυρίως από παράγοντες όπως τη θέρμανση, τον αερισμό, το περίβλημα του κτιρίου και τα υλικά, τους κάτοικους, τα έπιπλα. Τα τελευταία χρόνια το σύνηθες πορώδες που παρέχεται από τις κατασκευές των τοίχων και του πατώματος έχει επισημανθεί ότι λειτουργεί σαν παθητικό σύστημα ικανό να προφυλάξει τις μεταβολές του εσωτερικού κλίματος όσον αφορά τη θερμοκρασία και την υγρασία. [25]

Η άνεση, υγεία και ενεργειακή χρήση σχετίζονται στενά με την εσωτερική θερμοκρασία και υγρασία. Συγκεκριμένα με τις μεταβολές τους στο χώρο και το χρόνο. Για το λόγο αυτό υπάρχει η επιθυμία να αναπτυχθεί σχεδιασμός για παθητικές μεθόδους και ενεργειακά συστήματα χαμηλής έντασης που θα διαμορφώνουν το εσωτερικό κλίμα. Αυτές οι μέθοδοι γίνονται δημοφιλείς καθώς είναι συνειδητοποιημένες ενεργειακά και φιλικές προς το περιβάλλον. [25]

Σωστή χρήση της αποθηκευμένης θερμοκρασίας και υγρασίας στο κτίριο μπορεί να συμβάλει στην παθητική αύξηση της άνεσης στο εσωτερικό της κατοικίας ενώ μειώνει την ανάγκη για αναπλήρωση από ψύξη και θέρμανση.



Εικ.30 Εσωτερικός χώρος νηπιαγωγείου στο Pliezhausen στη Γερμανία [6]

Το ξύλο είναι γνωστό ότι είναι ασταθές όταν η περιεχόμενη υγρασία του είναι χαμηλότερη από το σημείο διαπότισης της δομής του, για αυτό οι σχεδιαστές προσπαθούν να κρατήσουν το επίπεδο της περιεχόμενης υγρασίας του σε μια σχετικά κοντά στην περιεχόμενη ισορροπτη υγρασία του ξύλου με τον αέρα του περιβάλλοντος.



Κάτω από συνήθεις συνθήκες σε εσωτερικό κλίμα η σχετική υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 30% το χειμώνα και 60% το καλοκαίρι. Αυτή η διαφορά υγρασίας προκαλεί 4% αλλαγή στην περιεχόμενη υγρασία της μάζας. Για αυτό η υπερισχύουσα τάση είναι να προστατευτούν οι ξύλινες επιφάνειες από την κίνηση υδρατμών. Η χρήση συμπαγούς ξυλείας οδηγεί όμως σε μεγαλύτερη ελευθερία που έχει να κάνει με την πιθανότητα να εκθέσει τις ξύλινες επιφάνειες απευθείας σε ένα εσωτερικό κλίμα. Αυτό καθίσταται δυνατό με μια καλή διαστασιολογική σταθερότητα αυτών των δομών που επιτρέπουν περισσότερες αλλαγές στην περιεχόμενη υγρασία μέσα στο ξύλινο υλικό. [25]



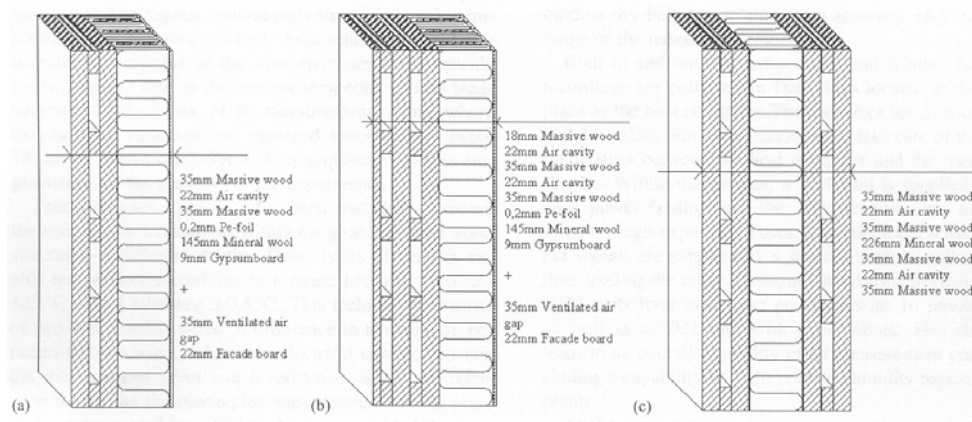
Εικ.31 Πολυκατοικία Salvatierra στη Ρεν της Γαλλίας [6]

## 9.8. Πειραματισμός

Είναι γεγονός ότι ο άνθρωπος νοιώθει πιο άνετα σε συγκεκριμένη υγρασία και θερμοκρασία. Υπερβολικά υψηλή ή χαμηλή θερμοκρασία ή υγρασία προκαλεί μη άνεση. Για βάσιμη τεκμηρίωση της θερμική συμπεριφοράς και της υγρασίας ενός χώρου μέσω ενός σχεδιασμού που θεωρεί φυσικούς και οικονομικούς παράγοντες που σχετίζονται με την θερμική άνεση και την ενεργειακή κατανάλωση απαιτείται έρευνα [25]

Για την αξιολόγηση της διαμόρφωσης ιδανικού εσωτερικού κλίματος χρησιμοποιώντας μεγάλες επιφάνειες από εμφανές συμπαγές ξύλο πραγματοποιήθηκε μια πειραματική μελέτη σε 4 κατοικήσιμα διαμερίσματα ενός πολυώροφου κτιρίου στη Σουηδία. Αυτή η μελέτη έδωσε μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας που δείχνουν καθαρά ότι συμφωνούν με αυτές που συνιστούνται για ένα καλό εσωτερικό κλίμα με εξαίρεση τη διάρκεια κρύων περιόδων που εγγράφουν χαμηλή σχετικά εσωτερική υγρασία. Τα πρώτα αποτελέσματα αποδεικνύουν ότι μια μεγάλη περιοχή από εμφανές συμπαγές ξύλο συνεισφέρει στην μείωση των εσωτερικών θερμοκρασιακών μεταβολών. Δε δείχνουν όμως ότι μια μεγάλη περιοχή από εμφανές συμπαγές ξύλο μπορεί να αποθαρρύνει καθημερινές διακυμάνσεις στη σχετική υγρασία. [25]

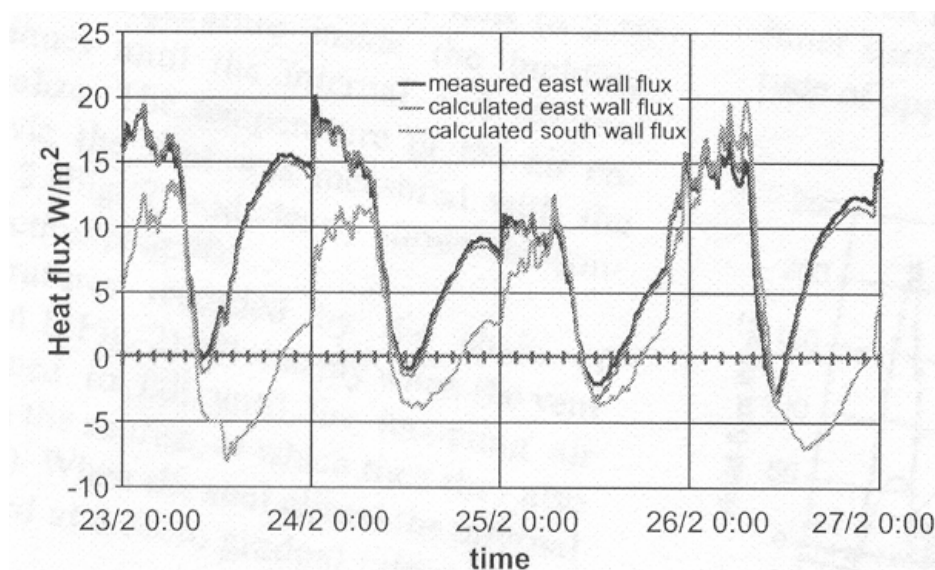
Για τον προσδιορισμό του μεγέθους της επιφάνειας εμφανούς συμπαγούς ξύλου που μπορεί να συνεισφέρει στη μείωση των εσωτερικών μεταβολών θερμοκρασίας και υγρασίας απαιτείται πρόσθετη έρευνα.



Εικ.32 Τομή του εξωτερικού τοίχου (α), του βόρειου και νότιου εξωτερικού τοίχου (γ) και του εσωτερικού τοίχου ανάμεσα σε δυο διαμερίσματα. [25]

Με βάση συγκεκριμένη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε σε ένα κτίριο γραφείων του πανεπιστημίου της Riverina στην Αυστραλία υπολογίστηκαν ροές θερμότητας στην εσωτερική επιφάνεια των τοίχων και στο χώρο μέσα στα δωμάτια χρησιμοποιώντας ακριβείς θερμογράφους. Ένας δεδομένος συντελεστής θερμικής μεταφοράς θεωρήθηκε δεδομένος και συμφώνησε μεταξύ μετρημένων και υπολογισμένων ροών θερμότητας για τις θερμοκρασιακές διαφορές και τις κινήσεις αέρα που υπήρχαν στο γραφείο. [19]

Οι υπολογισμοί μεταφοράς θερμότητας έδειξαν ότι το φορτίο θερμότητας από τον ανατολικό τοίχο ήταν το ίδιο με το θερμικό φορτίο διήθησης, αλλά μόνο το 25% της εξαπλωμένης ακτινοβολίας του θερμικού φορτίου. Ο εσωτερικός δυτικός τοίχος απορρόφησε όση θερμότητα εξέπεμψε ο ανατολικός. Τα δεδομένα έδειξαν ότι ο ανατολικός τοίχος επιβραδύνει την πρωινή μέγιστη ακτινοβολία που μεταβιβάζεται στην εσωτερική επιφάνεια του τοίχου μέχρι το απόγευμα. Το πάτωμα, το ταβάνι και άλλοι τοίχοι απορροφούν θερμότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας συμβάλλοντας επίσης στο δροσισμό του κτιρίου. [19]



Εικ.33 Μετρημένες και υπολογισμένες μετρήσεις ροών θερμότητας στους τοίχους από εμβολισμένο χώμα. [19]

## 10. Κατασκευή δαπέδων από ξύλο και χώμα

Η οικολογική επένδυση ενός δαπέδου μπορεί να είναι είτε κατασκευή ενός ξύλινου δαπέδου (χωρίς χημικά βερνίκια) είτε τοποθέτηση κεραμικών πλακιδίων είτε τέλος τοποθέτηση μαρμάρων χαμηλού ποσοστού ραδιενέργειας, που να επιτρέπουν τη διαπερατότητα των ευνοϊκών για την υγεία μικροκυμάτων, στη βιολογική περιοχή των 0,6 με 6 gHZ. Δεν ενδείκνυνται οι μοκέτες, τα πλαστικά και τα συνθετικά δάπεδα. [8]

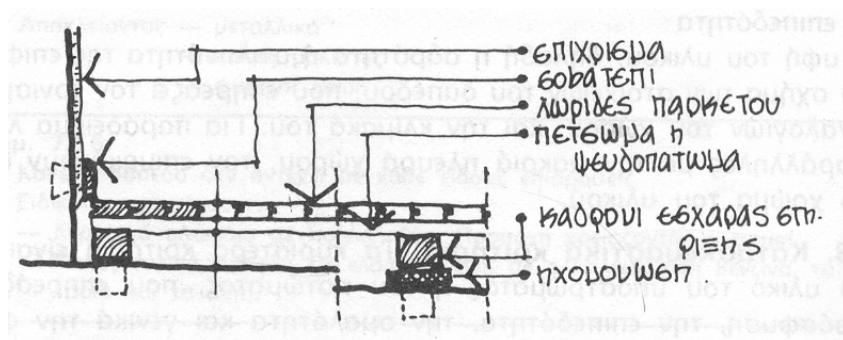
Σε περιπτώσεις πάντως που επιδιώκεται μια καθαρά περιβαλλοντική διαχείριση της κατασκευής, το δάπεδο μπορεί να διαμορφωθεί και από χώμα.

Στην περίπτωση ξύλινου πατώματος, ο φέρων οργανισμός αποτελείται από ξύλινα δοκάρια και σανίδες. Η κατασκευή περιορίζεται μέσα στο κυρίως σώμα του κτιρίου ή προεξέχει δημιουργώντας ανοικτούς ή καλυμμένους εξώστες.

Το πάτωμα πρέπει να δημιουργεί ένα επίπεδο που να ικανοποιεί τις συνθήκες χρήσης του, να εξασφαλίζει μόνωση, να μεταβιβάζει σωστά τα φορτία που φέρει στα κατακόρυφα μέλη του φέροντος οργανισμού και από κει στη γη. [10]

Απαιτείται αντοχή των επιμέρους στοιχείων, ακαμψία του συστήματος κατασκευής και σωστή συνεργασία με τις λιθοδομές και τα υποστυλώματα. Η σωστή διάταξη και συναρμογή των μελών του φέροντος οργανισμού καθιστά το σύστημα άκαμπτο. [10]

Ο φέρων οργανισμός αποτελείται από ξύλινα δοκάρια, τοποθετημένα ανά 40-45εκ. και σανίδες ραμποταρισμένες ή συνήθως απλά καρφωμένες πάνω σε αυτά. Ανάλογα με το άνοιγμα υπάρχει πρωτεύουσα ή και δευτερεύουσα διαδοκίδωση. Σπανιότερα συναντώνται πατώματα με μόνωση με διάφορα ελαφρά και στεγνά υλικά όπως σκωρίες ή κίσσηρι, που τοποθετούνται ανάμεσα στο πάτωμα και το ψευδοπάτωμα. [10]



Εικ.34 Ξύλινο δάπεδο με πέτσωμα [22]

Τα δάπεδα πολλών αρχαίων κτιρίων ήταν συχνά όχι κάτι περισσότερο από καλά πατημένο χώμα. Πάνω από το χώμα τοποθετούνταν άχυρο ή ψαθιά ως ανανεώσιμο κάλυμμα. Η ποιότητα και η επιβίωση τέτοιων δαπέδων σήμερα εξαρτάται από τη φύση του εδάφους και τη δυνατή αποστράγγιση, την κατάσταση της οροφής του κτιρίου όπου βρίσκεται και την έκταση και τον τύπο της χρήσης. [21]

Με τη χρήση ασβέστη ή γύψου μπορούσε να σχηματιστεί ένας τύπος ασθενούς τσιμεντένιας πλάκας. Τέτοιες πλάκες χρησιμοποιούνταν στο έδαφος ή στα ανώτερα πατώματα. [21]

Ακόμα και σήμερα πατώματα από χώμα μπορούν να σταθεροποιηθούν με επάλειψη της ανώτερης επιφάνειας, ισοπεδώνοντας 10-15% του όγκου του χώματος με ένυδρο ασβέστη, καταβρέχοντάς το με τρυπητό ραντιστήρι και συμπιέζοντάς το με ρολό- δονητή. Αυτό επιτυγχάνεται σε έδαφος με περιεκτικότητα σε φυσική άργιλο. [21]

Εάν το πάτωμα έχει λίγη ή καθόλου άργιλο τότε η σταθεροποίηση μπορεί να επιτευχθεί με επίστρωση 10-15% από τσιμέντο φτιαγμένο από ίσα μέρη τσιμέντου πόρτλαντ, ασβέστη και κονιορτοποιημένης στάχτης καυσίμου. Σωστή προετοιμασία και συμπίεση μπορεί να έχει σωστά αποτελέσματα.

Υπερβολική χρήση πάντως των κατωφλιών μπορεί να βλάψει το δάπεδο και υπάρχει ανάγκη για σχηματισμό συχνά μιας μουσκεμένης σανίδας- χαλιού. Μπορεί επίσης η περιεχόμενη αναλογία τσιμέντου να αυξηθεί για να αντιμετωπιστεί έντονη χρήση. Σε αυτή την περίπτωση όμως ο χαρακτήρας του πατώματος είναι πιθανό να αλλάξει. [21]



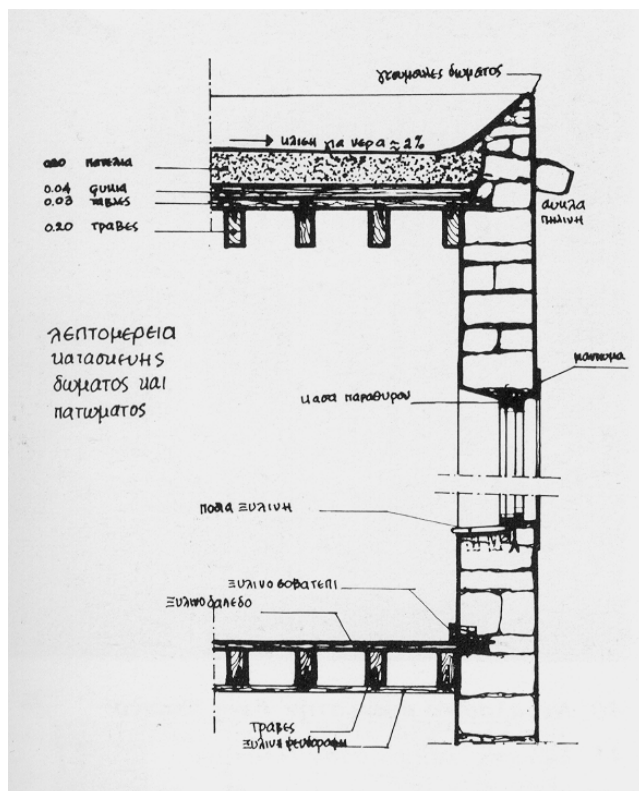
Εικ. 35 Εσωτερικό παραδοσιακής κατοικίας της Ρόδου με πάτωμα από καλά πατημένο χώμα [11]

## 11. Κατασκευή στεγών από ξύλο και χώμα

Οι στεγάσεις διακρίνονται σε οριζόντια δώματα και κεκλιμένες στέγες.

Τα οριζόντια δώματα συναντώνται κυρίως στα νησιά. Η ξύλινη κατασκευή έχει τις ίδιες στατικές αρχές με τα πατώματα προστίθεται όμως η ανάγκη για θερμομόνωση και δημιουργία ρύσεων. [10]

Αντιπροσωπευτική είναι η κατασκευή δώματος σε λαϊκά σπίτια της Αίγινας. Τα δοκάρια τοποθετούνται απ' ευθείας στην τοιχοποιία σε απόσταση 30-40 εκ. μεταξύ τους. Πάνω σε αυτά τοποθετούνται καλάμια, κλαδιά και για να κλειστούν τα κενά μπαίνουν φρύγανα που συγκρατούν ένα παχύ στρώμα φύκια. Έπειτα στρώνεται κοκκινόχωμα καλά πατημένο και τέλος διαστρώνεται αργιλική γη που κυλινδρώνεται για να σκληρύνει και να δώσει την κατάλληλη υγραμόνωση. Περιμετρικά η στέψη του τοίχου διαμορφώνεται με σαμάρι ή πλάκες. Η συντήρηση της επικάλυψης πρέπει να γίνεται μια φορά το χρόνο. Οι ρύσεις είναι ελαφριές για να μην ξεπλένεται το χώμα. Παρεμφερείς είναι οι κατασκευές δωματίων σε όλα τα νησιά. Πολλές φορές τα καλάμια αντικαθίστανται με σχιστόπλακες ή γίνονται μικτές κατασκευές. [10]



Εικ. 36 Λεπτομέρεια κατασκευής δώματος και πατώματος στη Λέρο [11]



Εικ.37 Στέγη από κορμούς και καλάμια στη Λέρο [11]

Οι συνηθέστερες κεκλιμένες στέγες στον ελληνικό χώρο είναι οι τετράριχτες, οι τετράριχτες με ράχη, οι τετράριχτες με ράχη και προεξοχή. Το μεγαλύτερο πρόβλημα τους είναι η παραλαβή των πλάγιων ωθήσεων που μεταβιβάζουν τα κεκλιμένα δοκάρια. [10]

Ανάλογα με το σύστημα κατασκευής και τη στατική επίλυση τους οι στέγες διακρίνονται στις αντιστηριζόμενες στέγες, τις στέγες με πυκνή αντιστήριξη των κεκλιμένων δοκών, τα ζευκτά και τις μικτές κατασκευές. Η επικάλυψή τους ποικίλει και συνήθως γίνεται με κεραμίδια ή σχιστόπλακες πάνω σε καλάμια ή πέτσωμα. [10]

Τα κεραμίδια από άργιλο είναι πρακτικά εναλλακτικά υλικά σκεπής. Μπορούν να κατασκευαστούν από κατάλληλη άργιλο που εκτίθεται στη φωτιά σε απλούς κλιβάνους σφικτήρων, χρησιμοποιώντας αγροτικά απόβλητα όπως μίσχους καλαμποκιού, καλάμια και φλοιούς ρυζιού ως καύσιμα. Είναι ανθεκτικά, έχουν καλές ιδιότητες και είναι στεγανά στο νερό. [18]

Η φύτευση στεγών μικρής κλίσης συναντάται σε πολλές χώρες. Η φύτευση μπορεί να συμβάλει στην ακουστική και θερμική μόνωση των στεγών. Μπορεί να συμβάλει επίσης μειώνοντας τη θερμοκρασία της στέγης, στην αύξηση της διάρκειας ζωής της. Τα φυτά φιλτράρουν τη σκόνη και ρυθμίζουν τη θερμοκρασία του μικροκλίματος ενώ επίσης κατακρατούν το 70-90% του νερού της βροχής. [6]

Στη Στουτγάρδη η φύτευση των στεγών περιλαμβάνεται στο σχέδιο πολεοδομικής ανάπτυξης για περισσότερα από 15 έτη, ενώ πολλές γερμανικές πόλεις ακολουθούν ήδη το παράδειγμά της. [6]



Εικ.38 Δώμα με πατελιά στη Λέρο (αδιάβροχο χώμα που υπάρχει στο νησί) [11]



Εικ.39 Φυτεμένο δώμα [6]

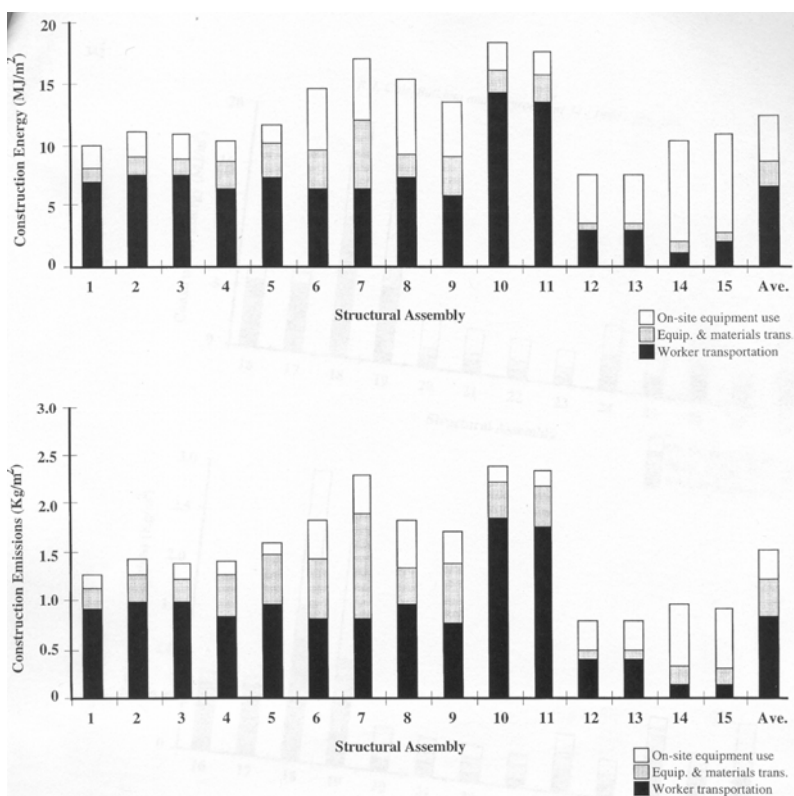
## 12. Σύγκριση υλικών

## 12.1. Ενέργεια-εκπομπές αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου

Μελέτη για την ενέργεια και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που σχετίζονται με την επί τόπου κατασκευή με εναλλακτική χρήση ξύλου, χάλυβα και σκυροδέματος ως δομικών υλικών χρησιμοποιεί την πιο σύγχρονη βάση δεδομένων. Πρωταρχικά στοχεύει στην εξακρίβωση της σχετικής αναλογίας που η διαδικασία κατασκευής αντιπροσωπεύει σε σχέση με τη συνολική αρχική περιεχόμενη ενέργεια και αν υπάρχουν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα εναλλακτικά υλικά. Τα παραδείγματα που επιλέχθηκαν και τα δεδομένα για την ανάλυση σχετίζονται με την κατασκευαστική βιομηχανία του Καναδά και αποτελούν μέρος της μελέτης ATHENA για την ανάπτυξη ενός εργαλείου εκτίμησης του κύκλου ζωής που επιτρέπει τους σχεδιαστές να συγκρίνουν τη σχετική αξία, τα ποσά ενέργειας, τις αέριες εκπομπές, τα υγρά και τα στερεά απόβλητα που σχετίζονται με την παραγωγή και την εγκατάσταση εναλλακτικών σχεδίων. [7]

Το ποσό της ενέργειας που χρησιμοποιείται στην κατασκευή ποικίλει από υλικό σε υλικό.

Για το ξύλο η ενέργεια κατασκευής και οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κινούνται από 8-20 MJ/m<sup>2</sup> και 0.8-2.5 kg/m<sup>2</sup> αντίστοιχα, με τη μεταφορά των εργατών να αποτελεί το κυριότερο συστατικό.

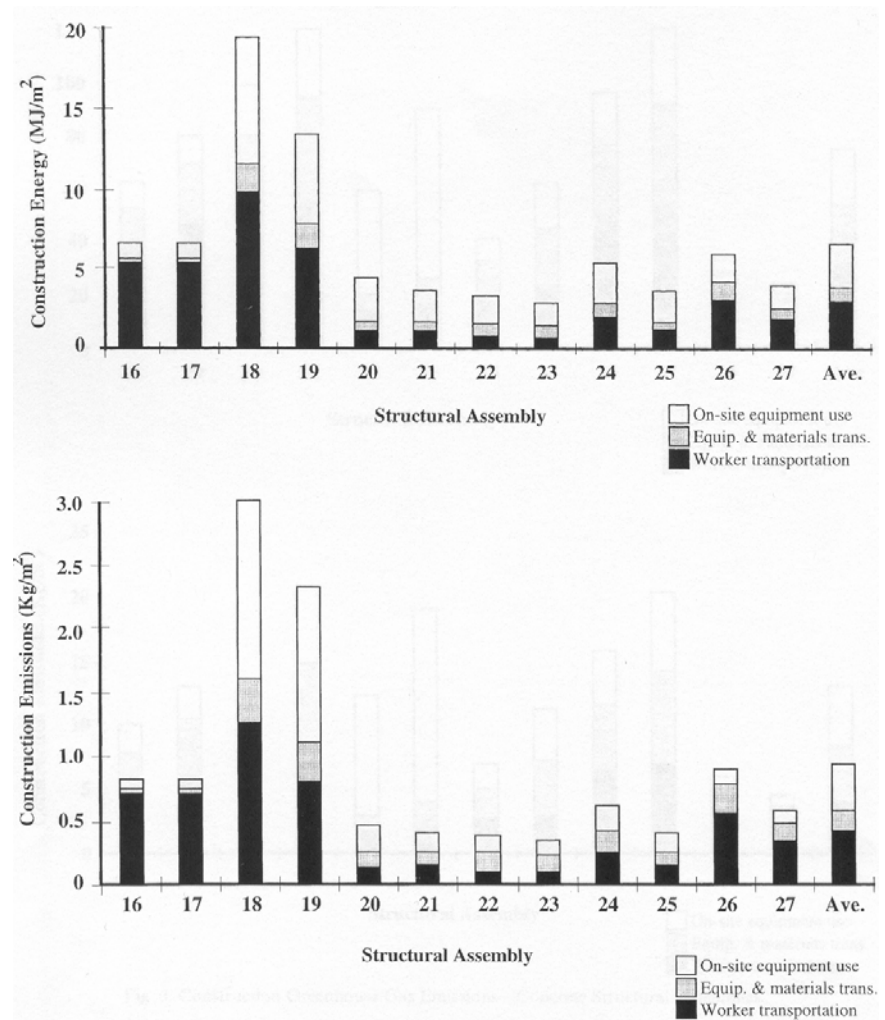


Εικ.40 (α) Ενέργεια κατασκευής – ξύλινα δομικά στοιχεία, (β) εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην κατασκευή –ξύλινα δομικά στοιχεία [7]



Τα στοιχεία χάλυβα τυπικά συνεπάγονται τη χαμηλότερη ενέργεια και εκπομπές, 3-7MJ/m<sup>2</sup> και 0.4-1.0kg/m<sup>2</sup> αντίστοιχα. Εξάιρεση αποτελεί το χαλύβδινο σύστημα με υψηλότερες αξίες. Η μεταφορά εργατών και η επί τόπου χρήση εργαλείων αποτελούν σημαντικά συστατικά της ενέργειας και των εκπομπών. [7]

Εικ.41 (α) Ενέργεια κατασκευής – χαλύβδινα δομικά στοιχεία, (β) εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην κατασκευή – χαλύβδινα δομικά στοιχεία [7]

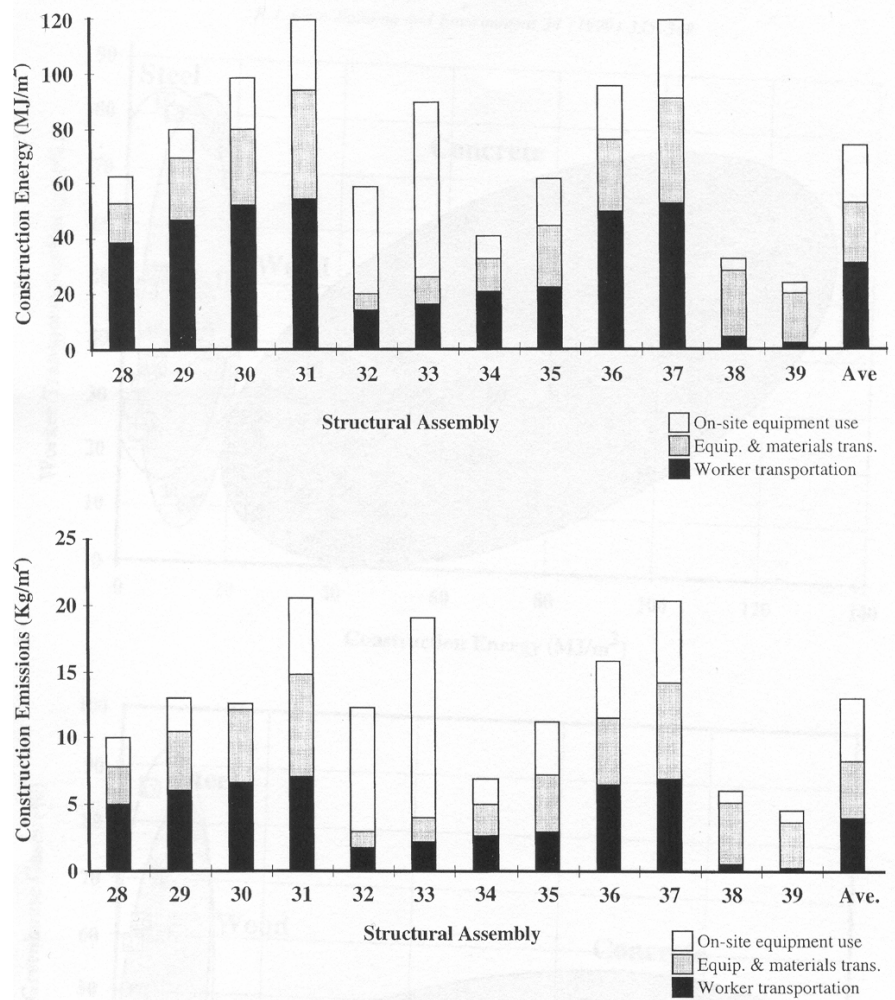


Οι δομές με σκυρόδεμα απαιτούν τη μεγαλύτερη ενέργεια και έχουν τις μεγαλύτερες εκπομπές, 20-120MJ/m<sup>2</sup> και 5-20 kg/m<sup>2</sup>. [7]

Η πραγματοποίηση επί τόπου των συνδέσεων απαιτεί τα μεγαλύτερα ποσά για τη μετακίνηση των εργατών από και προς την κατασκευή και αποτελεί το 40-50% της συνολικής.

Για την κατασκευή τοίχων η ενέργεια είναι 60-90MJ/m<sup>2</sup> με τον εξοπλισμό να αποτελεί το 55-65% της ενεργειακής χρήσης. [7]

Η ενέργεια και οι εκπομπές για προκατασκευασμένο σκυρόδεμα είναι πολύ χαμηλότερες από την επί τόπου κατασκευή  $20\text{--}35\text{MJ/m}^2$  και  $4\text{--}5\text{ kg/m}^2$  με τη μεγαλύτερη αναλογία να σχετίζεται με τα υλικά και τη μεταφορά του εξοπλισμού. [7]



Εικ.42 (α) Ενέργεια κατασκευής – δομικά στοιχεία από σκυρόδεμα, (β) εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην κατασκευή – δομικά στοιχεία από σκυρόδεμα [7]

Η σχέση της ενέργειας κατασκευής όσον αφορά τα ανοίγματα, το μέγεθος του κοίλου και το φορτίο για τα διάφορα υλικά και συστήματα διαφέρει. Σε λίγες περιπτώσεις η ενέργεια μειώνεται με μεγαλύτερα ανοίγματα και φορτία ενώ συνήθως αυξάνει λόγω της πιθανής ανάγκης για παραπάνω υλικό ή της αύξησης της απαιτούμενης ενέργειας λόγω μεταφοράς.

Πρώτο επίπεδο ανάλυσης της ενέργειας τυπικά συμπεριλαμβάνει την άμεση ενέργεια που χρησιμοποιείται από τον εξοπλισμό και την συνεπακόλουθή του μόλυνση στην εφαρμογή όλων των δομικών υλικών, συστατικών και τη μεταφορά των υλικών και συστατικών προς και από το χώρο εργασίας. Το δεύτερο επίπεδο ανάλυσης δεν

συμπεριλαμβάνει την ενέργεια που χρησιμοποιείται από τον εξοπλισμό και την επακόλουθη μόλυνση από τα οχήματα ή άλλα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται στη διαδικασία της κατασκευής, της συντήρησης του εξοπλισμού, της διεκπεραίωσης και εφαρμογής και της μεταφοράς των εργατών. [7]

Η μεταφορά του προσωπικού προς και από το χώρο της κατασκευής είναι ένα σημαντικό συστατικό της διαδικασίας κατασκευής που κυμαίνεται μεταξύ 5-85%.

Η ΑΘΗΝΑ χρησιμοποιήθηκε για να παρέχει την αρχική περιεχόμενη ενέργεια και τις αέριες εκπομπές του φαινομένου του θερμοκηπίου για μια επιλογή δομικών διεργασιών, εξαγωγή, παραγωγή και κατασκευαστικές αξίες. Τα όρια του συστήματος είναι κριτικά στην περιβαλλοντική ανάλυση και η ΑΘΗΝΑ δεν συμπεριλαμβάνει τη μεταφορά των εργατών στα τρία επίπεδα της περιεχόμενης ενέργειας και των αερίων εκπομπών. [7]

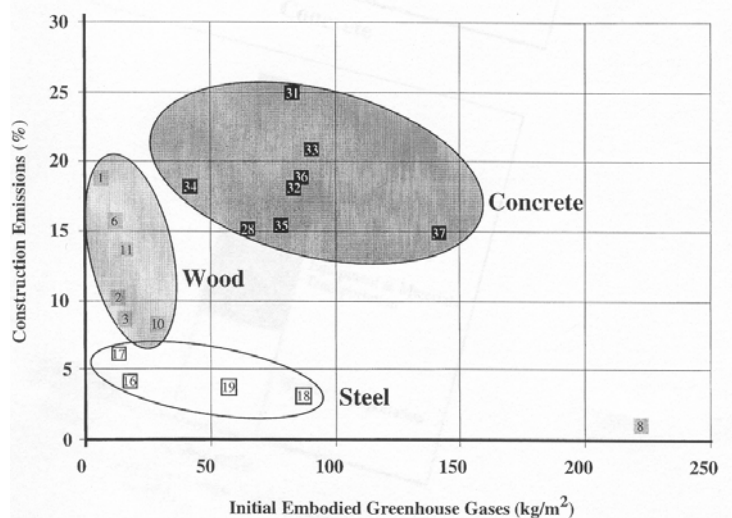
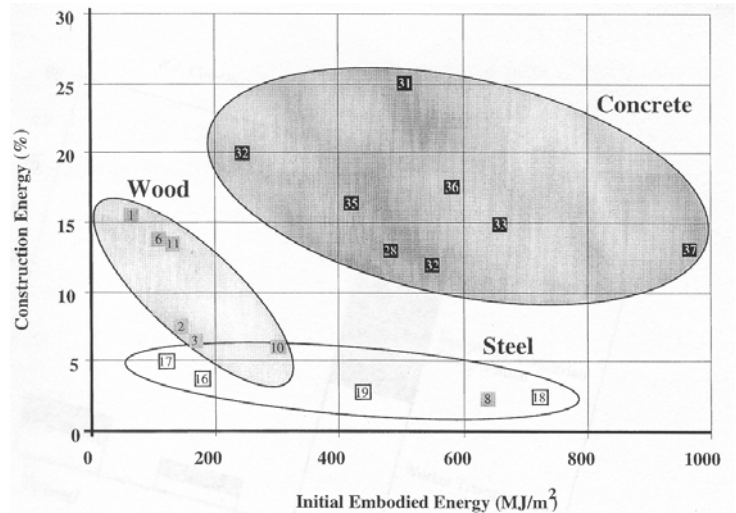
Μια κοινή προϋπόθεση που γίνεται στις αναλύσεις περιεχόμενης ενέργειας είναι ότι το τμήμα της κατασκευής περιλαμβάνει σχεδόν το 7-10% της συνολικής περιεχόμενης ενέργειας. [7]

Η ενέργεια κατασκευής και οι εκπομπές αερίων ποικίλουν από το ένα δομικό σύστημα στο άλλο και ιδιαίτερα ανάμεσα στις μεγαλύτερες κατηγορίες υλικών. Για τις δομές ξύλου και χάλυβα η ενέργεια κατασκευής είναι σε χαμηλότερη αναλογία ως προς τη συνολική περιεχόμενη ενέργεια σε σχέση με το τι συνήθως θεωρείται και του σκυροδέματος υψηλότερη. Όμως για τις αέριες εκπομπές η διαδικασία κατασκευής για δομές σκυροδέματος αντιπροσωπεύει μια σημαντικά μεγαλύτερη αναλογία. [7]

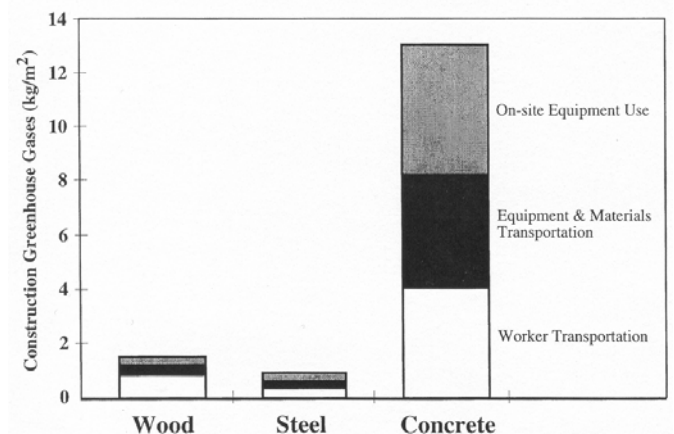
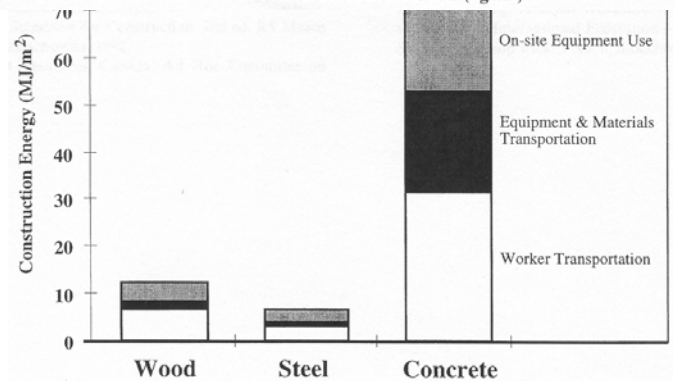
Τα σχήματα δείχνουν τη σχετική αναλογία που η κατασκευή αντιπροσωπεύει στη συνολική περιεχόμενη ενέργεια και τις εκπομπές αερίων, αλλά συμπεριλαμβανομένων και της μεταφοράς των εργατών σε επίπεδο κατασκευής. Η υπόθεση εδώ είναι ότι η μεταφορά σε επίπεδο εξαγωγής και παραγωγής είναι ασήμαντη σε ανά μονάδα βάση παραγωγής συναρμολόγησης. Σε αυτή την περίπτωση η κατασκευή από χαλύβδινα στοιχεία είναι ακόμα πιο χαμηλή, 2-5% και η κατασκευή από ξύλο 6-16%. Όμως η κατασκευή από σκυρόδεμα αντιπροσωπεύει το 11-25% της συνολικής περιεχόμενης ενέργειας. Πάλι για τις αέριες εκπομπές η σχετική αναλογία που αντιπροσωπεύει το σκυρόδεμα είναι υψηλότερη από αυτή της ενέργειας. [7]

## τα φιλικά προς το περιβάλλον δομικά υλικά

Εικ.43 (α) Ενέργεια κατασκευής/ περιεχόμενη ενέργεια (συμπεριλαμβανομένης της μεταφοράς των εργατών), (β) εκπομπές κατασκευής/ περιεχόμενες αέριες εκπομπές του φαινομένου του Θερμοκηπίου (συμπεριλαμβανομένης της μεταφοράς των εργατών) [7]



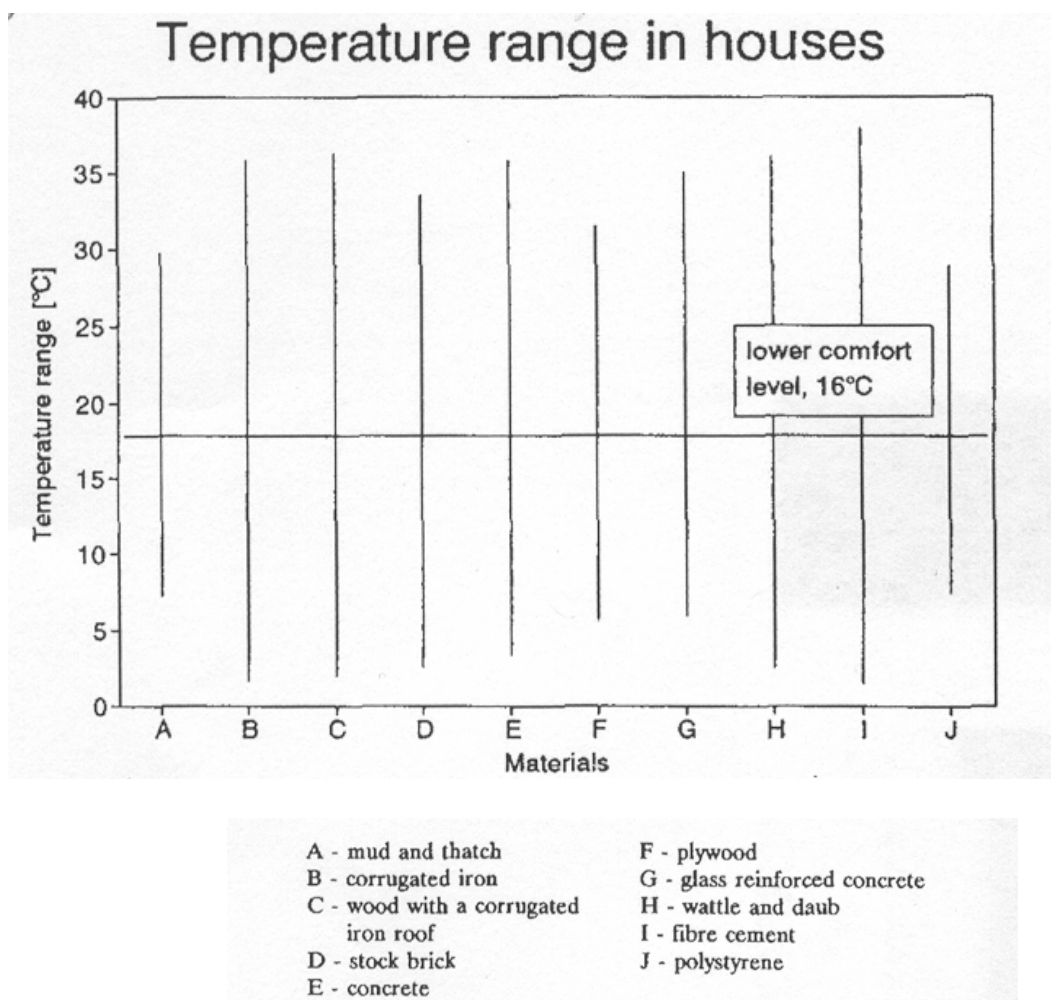
Σημαντικές αλλαγές συμβαίνουν ανάμεσα στο ποσό ενέργειας και των αερίων εκπομπών που σχετίζονται με την κατασκευή εναλλακτικών δομών από ξύλο, χάλυβα και σκυρόδεμα. Το σκυρόδεμα τυπικά συνεπάγεται μια σειρά από υψηλότερες ποσότητες. [7]



Εικ.44 (α) Μέση ενέργεια κατασκευής για δομικά στοιχεία από ξύλο, χάλυβα και σκυρόδεμα, (β) μέσες εκπομπές αερίων του Θερμοκηπίου της κατασκευής για δομικά στοιχεία από ξύλο, χάλυβα και σκυρόδεμα [7]

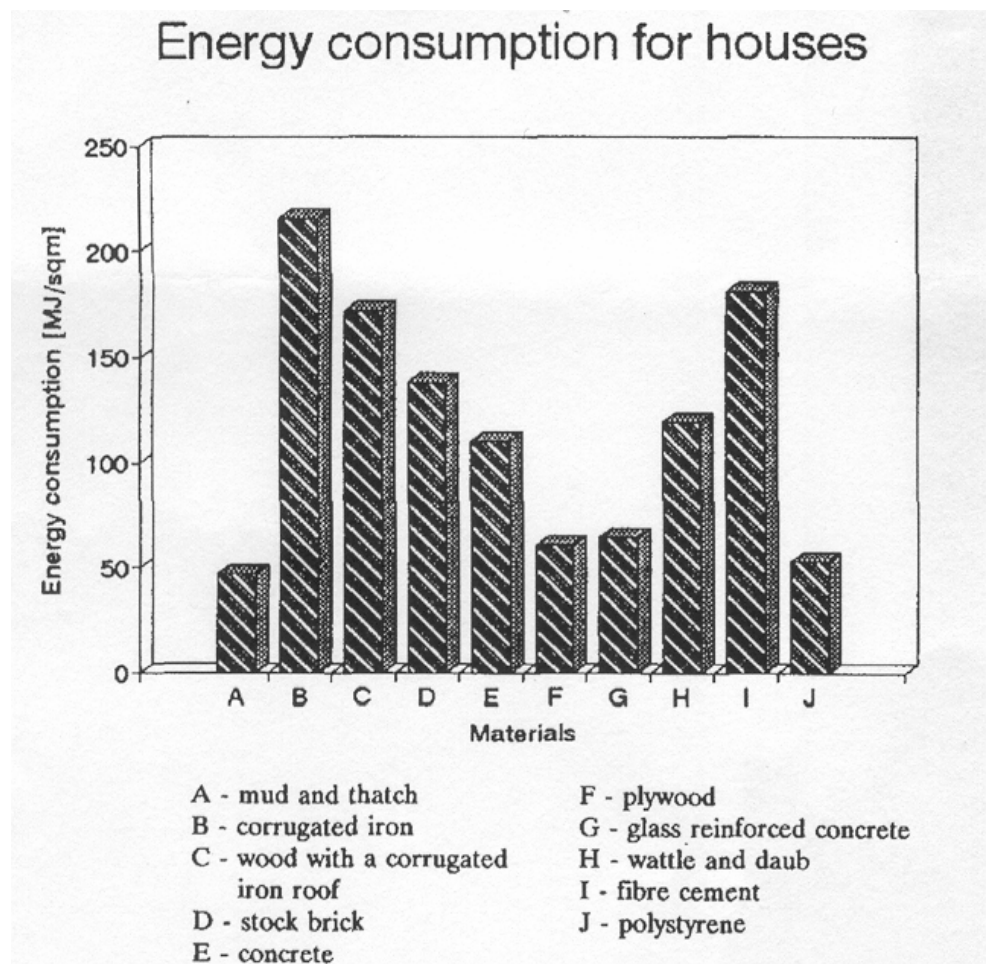
## 12.2. Αξιολόγηση εναλλακτικών υλικών κατασκευής

Για την αξιολόγηση υλικών που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή έχει γίνει έρευνα που βασίζεται σε προσομοίωση. Το πρόγραμμα θερμικής ανάλυσης QUICK που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι βολικό μια και αρχικά αναπτύχθηκε για παθητικό σχεδιασμό κτιρίου. Από το μοντέλο μπορούν να ληφθούν υπόψη παράγοντες όπως ο φυσικός αερισμός, πλίνθινα πατώματα κτλ.. Μάλιστα οι προβλέψεις του προγράμματος έχουν ήδη αξιολογηθεί σε πάνω από 30 φυσικά εξαιρεζόμενα κτίρια. Άλλο σημαντικό πλεονέκτημα του προγράμματος είναι η προσαρμοστικότητά του που επιτρέπει την έρευνα διαφόρων εναλλακτικών όπως το υλικό κατασκευής, το χρώμα, ο προσανατολισμός, η κατασκευή, το κλίμα κ.α. [26]



Εικ.45 Σχεδιάγραμμα εσωτερικών θερμοκρασιών αέρα για διαφορετικά κατασκευαστικά υλικά [26]

Το σχήμα της εικόνας 45 δείχνει την ετήσια ελάχιστη και μέγιστη εσωτερική θερμοκρασία αέρα για κάθε ένα από τα διαφορετικά υλικά όταν δεν επιχειρείται η θέρμανση ή ψύξη του εσωτερικού χώρου. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι κανένα από τα δομικά υλικά δεν παρέιχε την απαιτούμενη ελάχιστη θερμοκρασία χωρίς πρόσθετη εσωτερική θέρμανση. Μια και η καλοκαιρινή ψύξη δεν είναι δυνατή στις χαμηλές οικονομικά κοινότητες το σχήμα της εικόνας 46 δείχνει τις απαιτήσεις σε θέρμανση το χειμώνα για τη διασφάλιση μιας μίνιμουμ θερμοκρασίας 16° C. Από όλα τα υλικά πλίνθινοι τοίχοι και σκεπή από άχυρο δίνουν τις καλύτερες θερμικές συνθήκες. Η χρήση πηλού είναι ιδιαίτερα πρακτική σε αγροτικές περιοχές όπου ο πηλός είναι άφθονος. [26]



Εικ.46 Σχεδιάγραμμα ενεργειακής κατανάλωσης για διαφορετικά κατασκευαστικά υλικά [27]

### 12.3. Κόστος κατασκευής με εναλλακτικά υλικά

Η Νιγηρία είναι μια χώρα που πειραματίζεται στο γρήγορη αστικοποίηση. Στόχος της κυβέρνησης στη Νιγηρία για να βελτιώσει τις συνθήκες κατοικίας είναι να κατασκευάσει η ίδια χαμηλού κόστους κατοικίες. [18]

Γεγονός είναι ότι οι κατοικίες πάντα είναι πολύ ακριβές για να αγοραστούν ή να ενοικιαστούν από τους φτωχούς. Έχει μάλιστα παρατηρηθεί ότι το κόστος των δομικών υλικών αποτελεί σχεδόν το 60% του συνολικού κόστους κατασκευής. Οπότε η δομική γη αποτελεί τοπικό υλικό άμεσα διαθέσιμο και οικονομικό μια και έχει αποδειχθεί ότι κοστίζει λιγότερο στην κατασκευή σε σχέση με μεγάλα τεμάχια άμμου ή μπετόν. [18]

Η μελέτη που έγινε έδειξε ότι υπάρχει 40% εξοικονόμηση στη χρήση τοπικών υλικών σε σχέση με μοντέρνα στην ίδια ακριβώς κατασκευή.

Το πείραμα χρησιμοποίησε πήλινα τεμάχια σταθεροποιημένα με τσιμέντο και κεραμίδια οροφής από τσιμεντοίνες. Η μελέτη αποτελούνταν από κτίσματα δυο διαμερισμάτων με δυο υπνοδωμάτια το καθένα. Στην κατασκευή των τεμαχίων χρησιμοποιήθηκαν αμμώδης και από χαλίκι ιλύς με βαθμό πλαστικότητας σε ποσοστό 10-20% με μέγιστη συρρίκνωση 6%. [18]

Τα κτίρια που χτίστηκαν το 1986 κόστισαν 15.000 N, με τα υλικά να αποτελούν το 55% του συνολικού κόστους. Στην περίπτωση που αυτά κτιζόταν με συνηθισμένα υλικά θα κόστιζε 80.000N.

Το 1999 σχεδιάστηκαν μπλοκ αποτελούμενα από 4 μονάδες με διαμερίσματα 2 υπνοδωματίων, διαμερίσματα 2 υπνοδωματίων, διαμερίσματα 3 υπνοδωματίων.

Η χρήση τεμαχίων από πηλό σταθεροποιημένων από τσιμέντο αντί για αντίστοιχα από τσιμέντο, είχε 20-35% εξοικονόμηση για του τρεις τύπους κατοικίας.

Για την κατασκευή μιας μονάδας προορισμένης για μια οικογένεια χρησιμοποιήθηκαν τρία διαφορετικά εναλλακτικά υλικά και έγινε μια ανάλυση κόστους. [18]

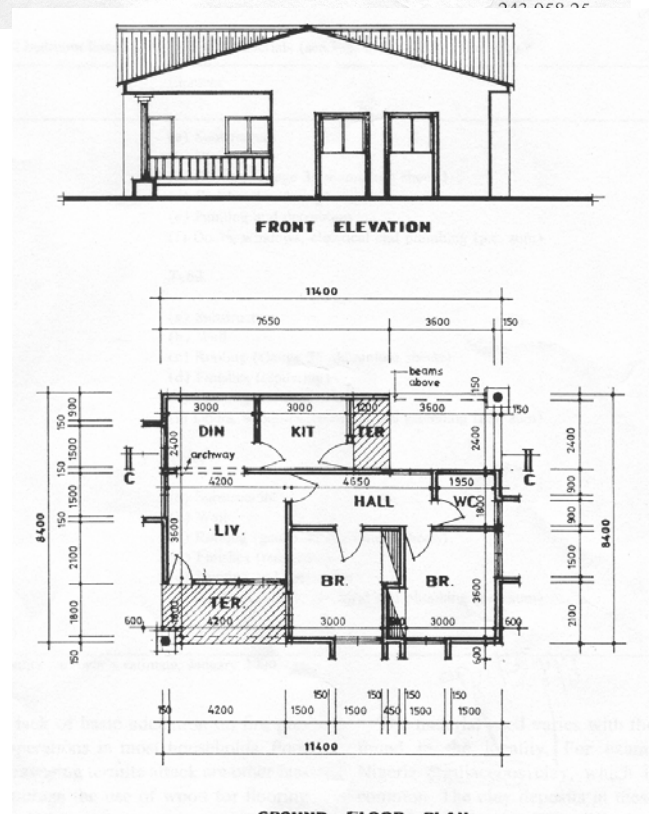
Οι εναλλακτικές λύσεις ήταν ξύλινη κατασκευή, τοίχοι με τεμάχια από τσιμέντο και τοίχοι από τεμάχια από πηλό. Η δεύτερη κατασκευή κόστισε πολύ περισσότερο από τις άλλες δυο που είναι από ενδογενή υλικά. Η χρήση ξύλου παρείχε 28% εξοικονόμηση. Το σκληρό ξύλο είναι άφθονο στην περιοχή αλλά υπάρχει ο κίνδυνος πυρκαγιάς που αυξάνει λόγω ανεπαρκών μέτρων προστασίας, έλλειψη βασικής μόρφωσης για πρόληψη, και πρώτες βοήθειες στην οικογένεια. Μικρή αντοχή στο

χρόνο και καταστροφή από τερμίτες συμβάλλουν στη μειωμένη χρήση του ξύλου για πατώματα και τοίχους.

Η χρήση σταθεροποιημένου μπλοκ από ιλύ εξοικονομεί 33% σε σχέση με τα μπλοκ από τσιμέντο. Αυτά μπορούν να παραχθούν στο σημείο όπου η ιλύς έχει συλλεχθεί χρησιμοποιώντας ένα ειδικά σχεδιασμένο μηχάνημα καλουπώματος που θα εξασφαλίσει την απαραίτητη συμπίεσή τους. [18]

Material	Element	Cost ₺ K
Timber-framed construction (hardwood in wall and roof)	(a) Substructure	36,388.00
	(b) Wall	56,100.00
	(c) Roofing (gauge 35 aluminium sheets)	36,000.00
	(d) Finishes (rendering)	—
	(e) Painting and decoration	—
	(f) Doors, windows, electrical and plumbing (p.c. sum)	135,000.00
	Total	263,488.00
Sandcrete (cement) blockwall	(a) Substructure	36,388.00
	(b) Wall	89,250.00
	(c) Roofing (Gauge 35 aluminium sheets)	36,000.00
	(d) Finishes (rendering)	33,000.00
	(e) Painting and decoration	35,200.00
	(f) Doors, windows, electrical and plumbing (p.c. sum)	135,000.00
	Total	364,838.00
Cement-stabilised clay blockwall	(a) Substructure	23,563.25
	(b) Wall	49,395.00
	(c) Roofing (gauge 35 aluminium sheets)	36,000.00
	(d) Finishes (rendering)	—
	(e) Painting and decoration	—
	(f) Doors, windows, electrical and plumbing (p.c. sum)	135,000.00
	Total	243,958.25

Εικ.47 Εκτιμώμενο κόστος μιας κατοικίας 2 υπνοδωματίων (με σχέδιο της εικ.48) με χρήση διαφορετικών υλικών [18]



Εικ.48 Κάτοψη και όψη κατοικίας 2 υπνοδωματίων [18]



### 13. Συμπεράσματα

Το ξύλο και το χώμα αποτελούν υλικά που δικαιολογημένα μπορούν να αποκαλούνται φιλικά προς το περιβάλλον.

- Σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν, το ξύλο και το χώμα είναι άφθονα στη φύση, δεν υπάρχει φόβος για να εξαντληθούν εκτός της περίπτωσης του ξύλου, σε συγκεκριμένες περιοχές.

- Η διάθεσή τους μπορεί να γίνει από τον τόπο όπου αυτά θα χρησιμοποιηθούν για κατασκευή. Οπότε υπάρχει η δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας.

- Ενέργεια εξοικονομείται επίσης και στην όλη διαδικασία της κατασκευής σε σχέση με άλλα υλικά όπως έδειξαν μελέτες.

- Αλλά και οι εκλύσεις αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του Θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια της κατασκευής είναι μειωμένες σε σχέση με άλλα υλικά.

- Το κόστος για κατασκευή με χώμα είναι μικρό σε σχέση με άλλα υλικά. Αλλά και το κόστος του ξύλου, αν και μπορεί να έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια υπάρχει τάση να εξισορροπιστεί.

- Ο μετασχηματισμός του ξύλου και η επεξεργασία του χώματος για παραγωγή τοίχων, δαπέδων κτλ., απαιτούν επίσης λίγη ενέργεια.

- Οι ιδιότητές τους ενδείκνυνται για χρήση τους ως δομικά υλικά αλλά και όπου αυτές μειονεκτούν μπορούν να ρυθμιστούν εύκολα και οικονομικά.

- Αποτελούν παραδοσιακά υλικά. Χρησιμοποιήθηκαν με σοφία και σύνεση στο παρελθόν οπότε σίγουρα αποτελούν υλικά που αναμφισβήτητα είναι φιλικά προς το περιβάλλον.

Η κατασκευή με χώμα και ξύλο μπορεί να αποτελέσει και σήμερα που υπάρχει μεγαλύτερη από άλλοτε ανάγκη, βάση αναφοράς στο φυσικό περιβάλλον.

Οι κατασκευές που παράγουν αυτά τα υλικά δε θα είναι μεγάλες και πληθωρικές, δε θα εμπεριέχουν υπερβολή και εντυπωσιασμό. Θα προσπαθούν όπως και στο παρελθόν να προσεγγίσουν την αλήθεια μέσω της φύσης και του σεβασμού προς το τοπίο και τον άνθρωπο.

## ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ [8]

ΥΛΙΚΟ	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ															Μέσος όρος
	A	B	Γ	Δ	E	ΣΤ	Z	H	Θ	I	ΙΑ	ΙΒ	ΙΓ	ΙΔ	ΙΕ	ΙΖ
1. Ξύλο	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2. Φελλός	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3. Άργιλος	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4. Κερί μέλισσας	3	3	3	3	3	3	-	-	-	3	3	-	3	3	3	-
5. Τούβλο	2	3	3	2	2	3	2	3	3	2	1	3	2	3	3	-
6. Ασβεστοκονίαμα	2	2	3	2	3	3	1	2	-	2	3	2	2	3	2	-
7. Φυσικό λινέλαιο	1	2	3	2	3	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	-
8. Τσιμέντο τύπου Portland	1	0	2	1	0	3	1	2	-	1	2	0	1	3	1	-
9. Πλάκα αμιάντου	1	0	0	1	1	-	2	2	0	1	2	3	-	3	1	0
10. Συνθετικός γύψος	0	0	0	1	0	-	1	2	0	2	2	3	-	3	1	0
11. Γυαλί	0	1	1	0	3	0	0	0	-	0	0	3	0	3	3	-
12. Ασφαλτόπανο	1	0	1	1	3	3	-	-	0	0	0	-	-	0	0	-
13. Πολυεστέρας	0	0	0	0	3	0	3	3	0	1	0	3	0	0	0	0
14. PVC	0	0	0	0	3	0	1	2	0	0	0	3	0	0	0	0
15. Συνθετική κόλλα	0	0	0	0	3	0	-	-	0	0	0	0	0	3	0	0
16. Betaname	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0
17. Συνθετικό Βερνίκι	0	0	0	0	3	0	-	-	-	0	0	-	0	0	0	-

## ΕΡΜΗΝΕΙΑ

A = Πηγή προέλευσης

B = Βιολογική διάρκεια ζωής

Γ = Οικολογική συμβατότητα

Δ = Κατανάλωση ενέργειας

E = Ραδιενέργεια

ΣΤ = Ηλεκτρικές ιδιότητες

Z = Θερμικές ιδιότητες

H = Ακουστικές ιδιότητες

Θ = Αντίσταση στα μικροκύματα

I = Διαπνοή

ΙΑ = Υγρασία / Χρόνος στεγνώματος

ΙΒ = Αφομοίωση

ΙΓ = Τοξικές πτητικές ουσίες

ΙΔ = Οσμές

ΙΕ = Τεστ αντίστασης του δέρματος

ΙΖ = Βιολογικό τεστ

## ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ

0 = Να αποφεύγεται η χρήση του

1 = Δε συνιστάται

2 = Αμφίβολη χρήση

3 = Συνιστάται η χρήση του

#### 14. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

1. Μαθήματα ιστορίας της Αρχιτεκτονικής, πρώτος τόμος, Χαραλάμπου Μπούρα, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1991
2. The story of Architecture, Patrick Nuttgens, Phaidon, 1997
3. Το Κρητικό σπίτι, Δ. Βασιλειάδη, β' έκδοση, βιβλιοπωλείο της Εστίας 1983
4. Η τεχνική των ξύλινων κατασκευών, Jack Sobon, Roger Schroeder, Εκδότης Μ. Γκιούρδας
5. Τεχνολογία Δομικών Υλικών, Αντωνίου Λεγάκη, Ίδρυμα Ευγενίδου
6. Οικολογική αρχιτεκτονική, 29 παραδείγματα από την Ευρώπη, Dominique Gauzin-Muller, εκδόσεις ΚΤΙΠΙΟ, 2001
7. Energy and greenhouse gas emissions associated with the construction of alternative structural systems, Raymond J Cole, Environmental Research Group, School of Architecture, University of British Columbia, Vancouver, Canada, Building and Environment 34 (1999) 335-348
8. Το Οικολογικό σπίτι, Κώστα Στεφ. Τσίπηρα, Εκδόσεις «Νέα Σύνορα»-Α.Λιβάνη, Αθήνα 1996
9. Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός, Πάνου Κοτσόπουλου, Εκδόσεις University Studio Press, Δεύτερη Έκδοση University Studio Press, Θεσσαλονίκη 2004
10. Σημειώσεις, Για τη συντήρηση και τις επισκευές παραδοσιακών κτιρίων, Σύνταξη: Γ. Μακρή-Φ. Γουλιέλμος-Δ. Μπίρης-Ε. Εφεσίου-Κ. Μυλωνάς, Ε.Μ.Π. Τμήμα Αρχιτεκτόνων, Αθήνα 1987
11. Ελληνική παραδοσιακή αρχιτεκτονική, τρίτος τόμος, Δωδεκάνησα-Κρήτη, Εκδοτικός οίκος Μέλισσα, Αθήνα 1990
12. Traditional Chinese Dwellings, Jing Qimin, translated by Liu Zhuangchong, Tianjin University Press, 1999
13. Passive and low energy ecotechniques, the third international PLEA Conference, Traditional Japanese low- technology approach to housing: an essay on wood, Barbara Sandrisser, New York, , edited by Arthur Bowen and Simos Yannas, Pergamon press, 1985 Ltd
14. Δομικά Υλικά, WENDEHORST, Εκδότης Μ.Γκιούρδας
15. Τεχνολογία Υλικών, Γ. Καλκάνη, Ι. Χατήρη, Εκδόσεις ΙΩΝ, 1992
16. Υλικά ξύλο, κεραμικά, πολυμερή, ειδικά θέματα για μέταλλα, Παναγιώτα Βασιλείου, Ανδρέας Ανδρεόπουλος, Αθήνα 1995

17. Δομική Τεχνολογία Υλικά και Εφαρμογές, Σωτήρη Κούκη, Αθήνα 2001
18. Recourse to earth for low-cost housing in Nigeria, A.O. Olotuah, Department of Architecture, Federal University of Technology, Akure, Nigeria, Building and Environment 37 (2002) 123-129
19. Evaluating rammed earth walls: a case study, P. Taylor, M.B. Luther, Built Environment Research Group, Deakin University, Waterfront Campus, Australia, La Trobe University, DEME, Australia, Solar Energy 76 (2004) 79-84
20. Improving the traditional earth construction: a case study of Botswana, Alfred B. Ngowi, Construction and building Materials, Vol. 11, No. 1, pp. 1-7, 1997
21. Practical Building Conservation [English Heritage Handbook], Volume 2, Brick, Terracotta & Earth, John & Nicola Ashurst, Gower Technical Press
22. Θέματα οικοδομικής, ΕΜΠ, Τμήμα Αρχιτεκτόνων, Τομέας Συνθέσεων Τεχνολογικής Αιχμής, Οικοδομική, Εκδόσεις Συμμετρία 1993
23. The science of structures and materials, J.E. Gordon
24. Practical Building Conservation [English Heritage Handbook], Volume 5, Wood, Glass & Resins, John & Nicola Ashurst, Gower Technical Press
25. Contribution of indoor exposed massive wood to a good indoor climate: in situ measurement campaign, Stephane Hameury, Tor Lundstrom, Department of Building Sciences, Division of Building Materials, KTH- The Royal Institute of Technology, Sweden, Swiss Federal Institute for Snow and Avalanche Research SLF-WSL, Switzerland, Energy and Buildings 36 (2004) 281-292
26. Life cycle assessment of flooring materials: case study, A. Jonsson, A-M. Tillman, T. Svensson, Building and Environment, Vol. 32, No3, pp 245-255, 1997
27. Energy Efficiency of ultra-low-cost housing, E.H. Mathews, P.G. Richards, S.L. Van Wyk, P.G. Rousseau, Building and Environment, Vol.30, No3, pp. 427-432, 1995