

Οι πρακτικές δόμησης των χωμάτων κατασκευών στην σύγχρονη τεχνολογία κατασκευής και στις σημερινές πρακτικές κατοίκησης





---

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θέλω να ευχαριστήσω θερμά και να εκφράσω την εκτίμηση μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Βλάχο για την πολύτιμη βοήθεια του και για το σύνολο των γνώσεων που μου προσέφερε κατά της διάρκεια των φοιτητικών μου χρόνων.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου και στους φίλους μου για την υπομονή τους και την στήριξη τους όλο αυτό το διάστημα.





---

## Περίληψη

Η διαχρονικότητα των χωμάτων κατασκευών και η πολλαπλή σημασία που εμπεριέχουν, περιβαλλοντική, οικονομική, κοινωνική αποτελεί κίνητρο για την διερεύνηση των δυνατοτήτων του χώματος ως δομικό υλικό. Η δόμηση με χώμα δεν είναι κάτι σύγχρονο, παραδείγματα και αρχαιολογικές ανασκαφές οικισμών αποδεικνύουν την παρουσία τους εδώ και χιλιετίες και εξακολουθούν μέχρι και σήμερα να αποτελούν ένα τρόπο κατοίκησης.

Το χώμα ως δομικό υλικό παρουσιάζει πολλές ιδιομορφίες καθώς διαφέρει η σύσταση του από περιοχή, σε περιοχή γι' αυτό και αναπτύχθηκαν πληθώρας τεχνικών κατασκευής. Οι διαφορές ως προς την τεχνική εντοπίζονται ως προς το αν το χώμα χρησιμοποιείται ως φέρον στοιχείο, είτε ως δομική μονάδα, είτε ως χυτό υλικό ή ως υλικό πλήρωσης. Ανάλογα την τεχνική το χώμα αναμιγνύεται με φυτικές ουσίες όπως το άχυρο έτσι ώστε να αυξηθεί η αντοχή του υλικού και οι μονωτικές ιδιότητες του. Σήμερα η τεχνολογία των τεχνικών κατασκευής με χώμα τροποποιήθηκε έτσι ώστε να ανταποκρίνεται στα δεδομένα και στις ανάγκες του κόσμου, του 21<sup>ου</sup> αι. με σύγχρονα υλικά, αναδύοντας τις ξανά ως <<καινοτόμες>> τεχνικές λύσεις. Με βάση τα παραπάνω στα πλαίσια αυτής της ερευνητικής επιχειρείται μια διερεύνηση σε σχέση με το ερώτημα του κατά πόσο η χρήση του χώματος ως πρωταρχικό υλικό στην έννοια του "κτίζειν"<sup>1</sup>, αποτέλεσε την βάση για την εξέλιξη της τεχνολογίας κατασκευής και εξακολουθεί να εφαρμόζεται ως μια νέα έκφραση σε πρακτικές της σύγχρονης μοντέρνας δόμησης.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι το 1/3 του παγκόσμιου πληθυσμού ζει ακόμα και σήμερα σε σπίτια κατασκευασμένα από χώμα. Αυτό συμβαίνει λόγω της άμεσης διαθεσιμότητας του, την κατασκευή σε μικρό χρονικό διάστημα, της στατικότητας και της ανθεκτικότητας του στον σεισμό και τις πυράντοχες ιδιότητες του. Η κατασκευή του δεν απαιτεί ακριβό εξοπλισμό και η χρήση του έχει περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη. Βέβαια η εξέλιξη της τεχνολογίας κατασκευής στον δυτικό πολιτισμό περιθωριοποίησε την χρήση του πηλού αντίθετα εκεί που η βιομηχανία δεν επηρεάζει την τεχνολογία κατασκευής και οι κανονισμοί δόμησης είναι ελαστικοί, διατηρούν τις μεθόδους ζωντανές.

Η ανάγκη της χρήσης λιγότερων ενεργειακών πόρων και επιβάρυνσης του περιβάλλοντος, οδήγησε πολλούς αρχιτέκτονες και οικοδόμους στον επαναπροσδιορισμό της χρήσης του χώματος ως δομικό υλικό. Τα τελευταία χρόνια η γήινη δόμηση ανθίζει και σε αναπτυσσόμενες χώρες, χρησιμοποιώντας νέες εξελιγμένες τεχνικές και μεθόδους στις εφαρμογές της, ενισχύοντας την ανθεκτικότητα του υλικού. Η Γη δεν είναι μόνο το έδαφος στο οποίο στεκόμαστε, αλλά εξακολουθεί να αποτελεί και την πρώτη ύλη με την οποία μπορούμε να συνεχίσουμε να συνυφαίνουμε το μέλλον μας.

**Λέξεις κλειδιά:** Γήινη δόμηση, χώμα ως δομικό υλικό, πλινθοκατασκευές, σύγχρονος τρόπος κατοίκησης, χωμάτινες κατασκευές

---

<sup>1</sup> HEIDEGGER MARTIN, ΚΤΙΖΕΙΝ, ΚΑΤΟΙΚΕΙΝ, ΣΚΕΠΤΕΣΘΑΙ

---

## Abstract

The timelessness of earthworks have multiple meanings and with all its' usefulness and senses considering the environmental, economic and social aspects is a motive to explore the possible potential of soil as a building material. Soil construction is not a modern technique, due to some examples and archaeological excavations of settlements proving their presence for thousands of years and still continue to be a way of habitation.

Soil as a building material presents many peculiarities as its' composition differs from region to region and that's the reason we have developed a variety of construction techniques. Some technique differences are identified as to whether the soil is used as a load-bearing element, or as a building block, as a cast, or as a filler. Depending on the technique, the soil is mixed with plant substances such as straw in order to increase the strength of the material and its insulating properties. Nowadays, the knowledge of soil construction has been modified in order to meet the needs of the people in the 21<sup>st</sup> century. That has been achieved by using modern materials to build up innovative technical solutions. In the context of this research, an investigation is attempted in relation to the question of whether the use of soil as a primary has been the starting point for the evolution of construction technology and can still be applied in modern building experiences.

A remarkable phenomenon is that the 1/3 of worldwide population lives until today in houses made out of soil. That's due to its' availability, the short construction time it need, its statics and resistance to earthquakes and fire. The construction of it does not require extra common expenses (eg. Equipment) and its' use has environmental and economic benefits. The evolution of construction technology in the Western part has decreased the use of clay. Industry does not affect construction technology and building regulations are flexible and kept their methods like they were in the first place.

Many architects and builders redefined the use of soil as a building material as the world needs to use less energy resources due to the burden the environment. In recent years earth constructions have been expand in developed countries using new advanced techniques and methods. In that way they enhanced the durability of the material. Earth gives us so much more than a place to live or ground on which we stand on. It's the future!

**Key words:** *Earth construction, soil as a building material, mud brick structures, contemporary earth architecture, earth architecture*





Περιεχόμενα:

1_ Εισαγωγή	14
2_ Ιστορική αναφορά και είδη γήινης δόμησης ανά ήπειρο	17-48
3_ Το χώμα ως υλικό δόμησης	52
Ορισμός	52
Σύνθεση	53-54
Αναγνώριση εδάφους	55-56
Φυσικές και μηχανικές ιδιότητες	57-58
4_ Τεχνικές κατασκευής	59
Λάξευση του εδάφους	62
Το χώμα ως φέρων στοιχείο	63-72
Το χώμα ως χυτό υλικό	73-74
Το χώμα ως υλικό πλήρωσης	75-77
5_ Οι τεχνικές κατασκευής του χώματος στην σύγχρονη τεχνολογία κατασκευής	78-96
6_ Σύγχρονη δόμηση με χώμα	97
Πλεονεκτήματα- Μειονεκτήματα	99
Εξέλιξη κατασκευαστικών τεχνικών	100-101
Παραδείγματα	102-110
6_ Συμπεράσματα	111-114
7_ Βιβλιογραφία	115







Εικ.1: Περιοχές με γήινη δόμηση

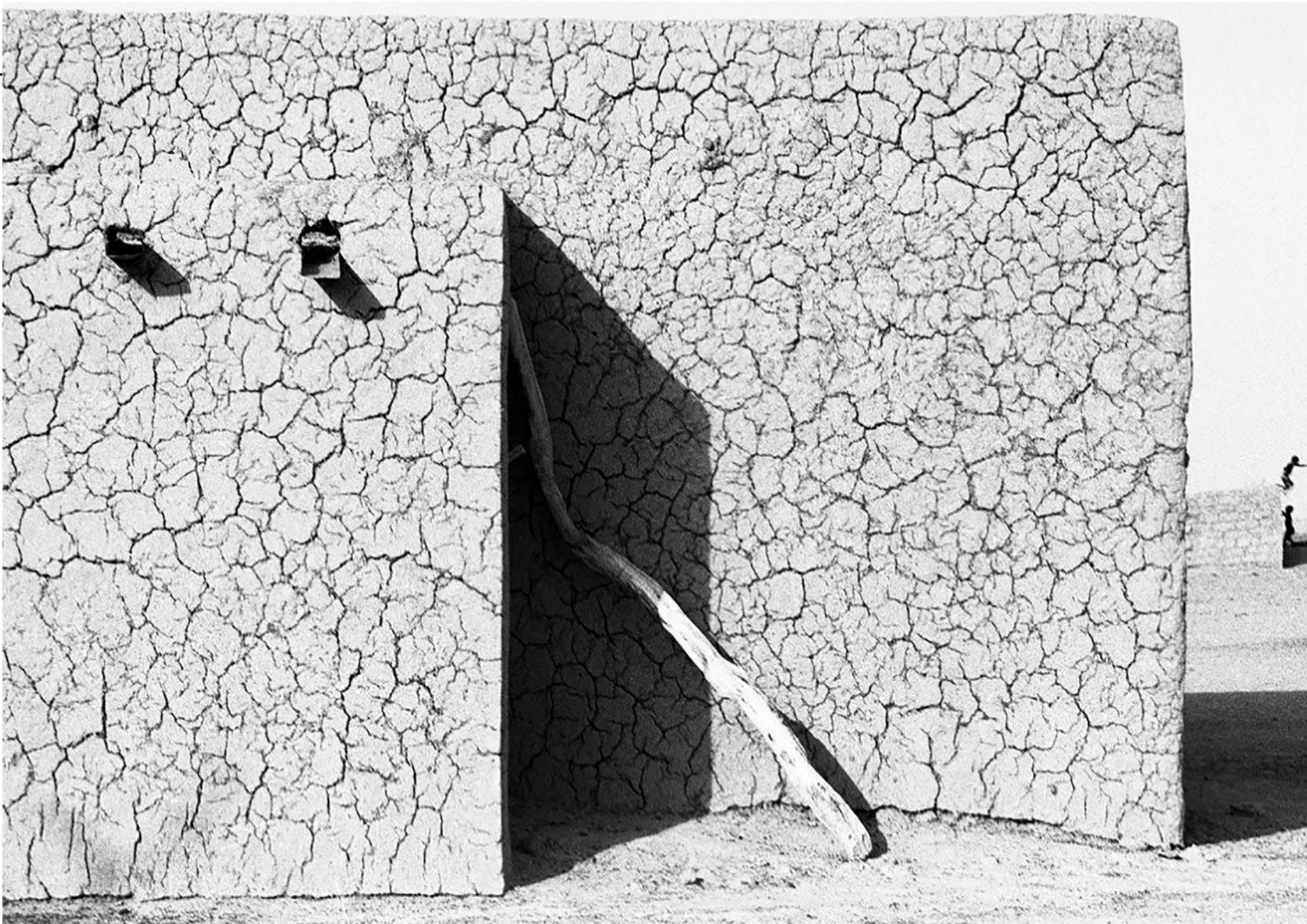
Εκτιμάται σήμερα, ότι περίπου 1,7 δισεκατομμύρια ανθρώπων του παγκόσμιου πληθυσμού ζει σε χωμάτινες κατασκευές. Το χώμα είναι ένα από τα πρώτα και πιο διαδεδομένα οικοδομικά υλικά που χρησιμοποιείσαι ο άνθρωπος, για να χτίσει ένα χώρο που θα ένιωθε ασφάλεια και σταθερότητα για την διαβίωση του. Σηματοδοτώντας έτσι το ξεκίνημα των πρώτων ανθρώπινων οικισμών, διαγράφοντας ιστορία 10.000 χρόνων. Από τον νομαδικό τρόπο ζωής και κατοίκησης, με τις ξύλινες κατασκευές επικαλυπτόμενες με λάσπη, ο άνθρωπος αναζήτησε μια πιο σταθερή κατοικία. Οι καλύβες από πλεκτά κλαδιά μετατρέπονται σε οικίες από λάσπη και άχυρο. Είναι ένα φυσικό υλικό, άμεσα διαθέσιμο σε όλες τις περιοχές του πλανήτη, οικονομικό και ανθεκτικό που δεν απαιτεί κάποια ιδιαίτερη τεχνογνωσία. Συνεπώς το χώμα που χρησιμοποιείται προέρχεται απευθείας από τον τόπο που γίνεται η κατασκευή. Έτσι το χώμα ως υλικό οικοδόμησης, δεν είναι μια νέα τεχνική καθώς εξακολουθεί μέχρι και σήμερα να αποτελεί ένα τρόπο κατοίκησης. Αρχαιολογικές ανασκαφές και παραδείγματα πόλεων γήινης δόμησης, μας αποκαλύπτουν την τοπική παράδοση και ταυτότητα, καθώς και την διαχρονικότητα του ως υλικό δόμησης και την νοηματοδότηση του ξανά στο σήμερα.

Σύμφωνα με έρευνες της UNESCO (εικ.1) για τις χωμάτινες κατασκευές, δεν υπάρχει ήπειρος που να μην έχει αρχιτεκτονική κληρονομιά από χώμα. Η πρακτική δόμησης με χώμα η οποία εφαρμόστηκε σε διαφορετικούς πολιτισμούς, ενσωμάτωσε το οικοδόμημα στο φυσικό περιβάλλον του τόπου στον οποίο αναφέρεται. Επιπλέον κατασκευάστηκαν σύμφωνα με τις ιδιομορφίες του χώματος, το κλίμα του τόπου και τις πολιτισμικές και κοινωνικές συνθήκες, που είχε ως αποτέλεσμα να αναπτυχθούν πολλές κατασκευαστικές τεχνικές με διαφορετικές αρχιτεκτονικές εκφράσεις.

Οι τεχνικές κατασκευής και οι εφαρμογές με χώμα χρονολογούνται από το 9.000π.χ.. Γεγονός που δίνει το έναυσμα για να επανεξετάσουμε ορισμένα εντυπωσιακά παραδείγματα που υπάρχουν μέχρι και σήμερα και αποτελούν ένα σημείο αναφοράς με κριτήριο την εξέλιξη της τεχνολογίας κατασκευής σήμερα. Οι πρώτοι πολιτισμοί έχουν δημιουργήσει όχι μόνο κατοικίες αλλά δομές εργασίας και λατρείας, παλάτια, ακροπόλεις, μνημεία και τείχη πόλεων.

---

/ Ιστορική αναφορά και ήδη γήινης δόμησης ανά ήπειρο





Σε κάθε ήπειρο και περιοχή παρατηρούνται αξιόλογα αρχιτεκτονικά παραδείγματα γήινης δόμησης εφαρμόζοντας διαφορετικές τεχνικές κατασκευής και τυπολογίας.

Η UNESCO στην προσπάθεια αποτύπωσης και προστασίας αρχιτεκτονικών έργων με γήινη δόμηση έχει καταγράψει αρκετά αξιοσημείωτα παραδείγματα (εικ.6), τα οποία μας αποδεικνύουν την διαχρονικότητα, και την αξία του χώματος ως υλικό δόμησης με την χρήση πληθώρας τεχνικών κατασκευής. Ιστορικά έχουν χρησιμοποιηθεί 18 τεχνικές κατασκευής με χώμα.

Οι πιο διαδεδομένες ήταν η τεχνική του ωμόπλινθου, της συμπιεσμένης γης, το χώμα ως υλικό πλήρωσης και ο σχηματισμός πλίνθων με τα χέρια[1]. Στην τεχνική της ωμοπλινθοδομής το χυτό μίγμα αποτελείτο από χώμα, νερό και άχυρο, τοποθετούνταν σε παραλληλεπίπεδα καλούπια, ακολούθως ξεραινόταν στον ήλιο και στην συνέχεια τοποθετούσαν διαδοχικά τα τούβλα με την χρήση συνδετικού κονιάματος(εικ.3). Ο πιο απλός και παλιός τρόπος κατασκευής ωμόπλινθου ήταν το πλάσιμο του χυτού υλικού σε διάφορα σχήματα όπως σβόλος, τοποθετημένα το ένα πάνω στο άλλο. Στην τεχνική της συμπιεσμένης γης(εικ.3) χρησιμοποιούνταν ξυλότυπος μέσα στον οποίο τοποθετείτο το

μίγμα λάσπης το οποίο συμπιέζαν με έμβολο. Ακόμα χρησιμοποιήθηκε ως υλικό πλήρωσης σε ξύλινο φέρων σκελετό στο πλέγμα που δημιουργούνταν ανάμεσα από κλαδιά και καλάμια(εικ.5).

Παρακάτω παρουσιάζονται ορισμένα παραδείγματα γήινης δόμησης χαρακτηρισμένα ως πολιτισμικά τοπία από την UNESCO, όσο και αξιόλογα παραδείγματα γήινης δόμησης ταξινομημένα ανά ήπειρο και χρονική περίοδο και με βάση τις τεχνικές κατασκευής που χρησιμοποιήθηκαν.



Εικ.2: Τεχνική κατασκευής με ωμόπλινθο στην Μεσοποταμία,



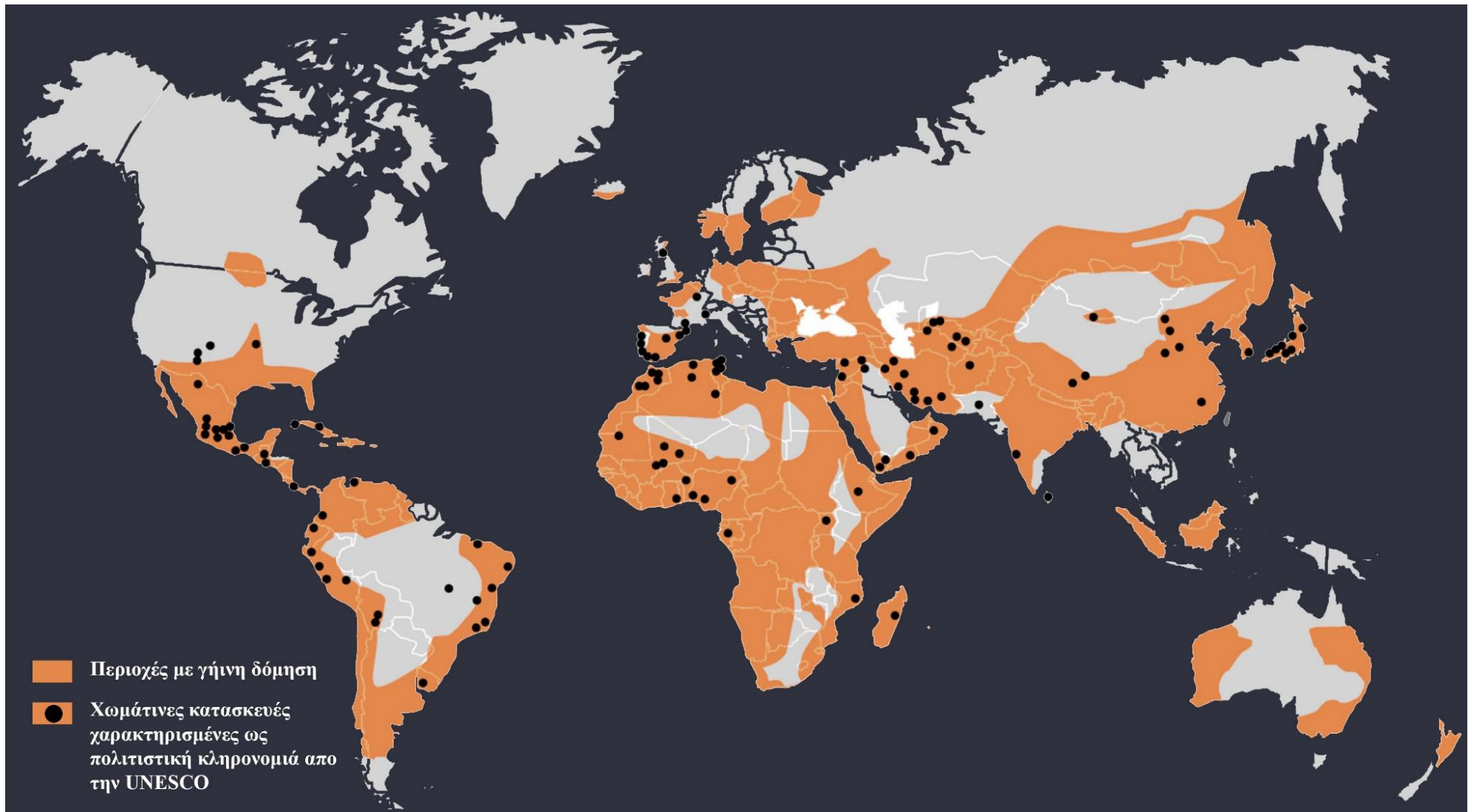
Εικ.3: Τεχνική κατασκευής της συμπιεσμένης γης



Εικ.4: Τεχνική κατασκευής cob



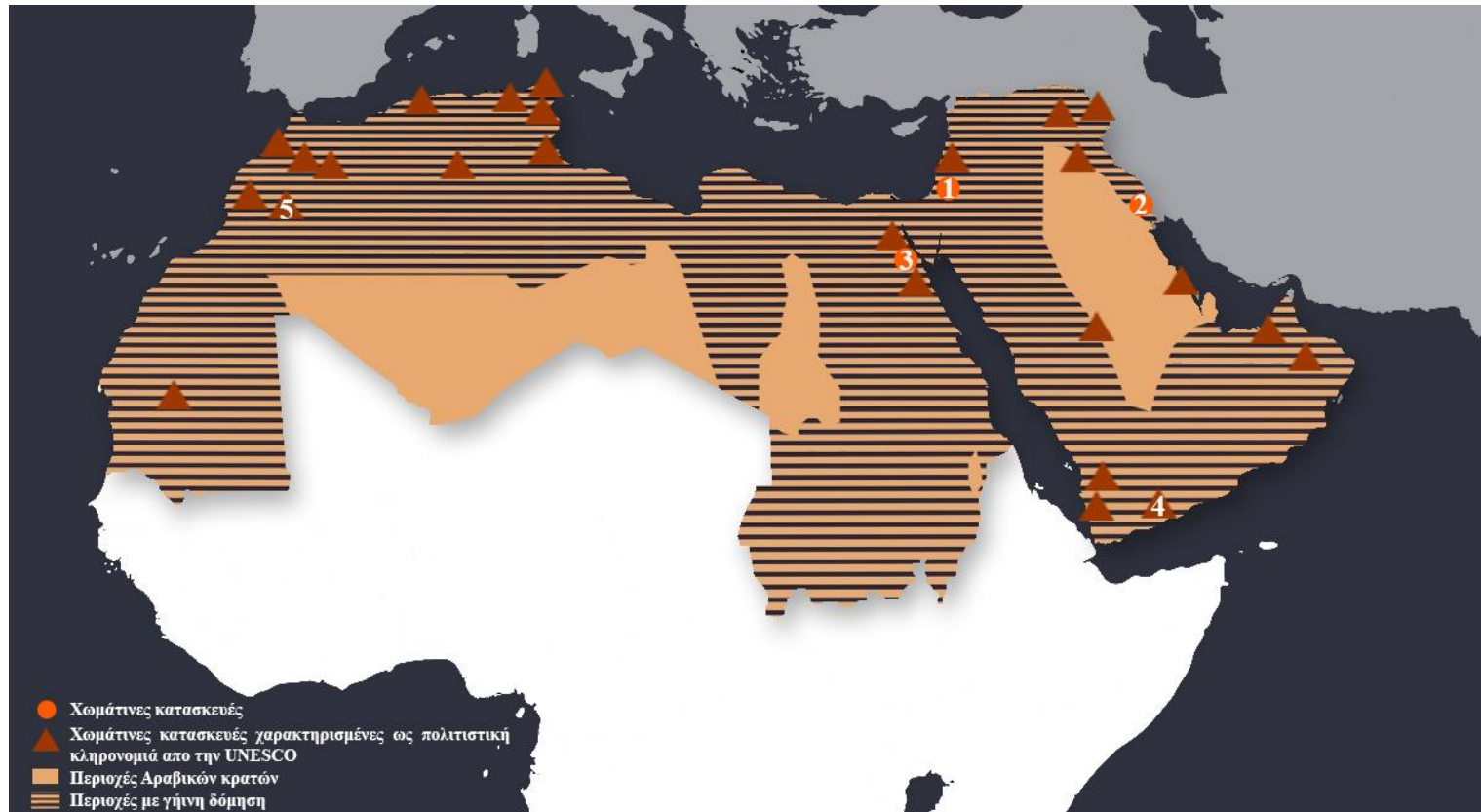
Εικ.5:Το χώμα ως υλικό πλήρωσης σε ξύλινο σκελετό



Εικ.6: Στο χάρτη παρουσιάζονται οι περιοχές ανά τον κόσμο στις οποίες συναντάται γήινη δόμηση καθώς και αυτές που χαρακτηρίζονται ως πολιτιστικά τοπία από την UNESCO.

### Αραβικός Σύνδεσμος- Αραβικά κράτη

Ο Αραβικός σύνδεσμος αποτελείται από 22 χώρες μέλη της Βόρειας Αφρικής και της Μέσης Ανατολής με συμφωνία επτά ιδρυτικών μελών της Αιγύπτου, της Σαουδικής Αραβίας, της Συρίας, του Ιράκ, της Ιορδανίας, της Υεμένης και του Λίβανου. Στα αραβικά κράτη εντάσσονται δηλαδή οι χώρες της Βόρειας Αφρικανικής ηπείρου οι οποίες επηρεάστηκαν σε γλωσσικό, θρησκευτικό και αρχιτεκτονικό επίπεδο. Ήταν τα κράτη τα οποία αναπτύχθηκαν πολύ περισσότερο από όλη την ήπειρο. Τα παραδείγματα γήινης δόμησης είναι κυρίως αστικοί οικισμοί, ιστορικά κτίρια και τοπία, δηλαδή έργα μεγάλης κλίμακας. Η πιο διαδεδομένη τεχνική που εφάρμοσαν φαίνεται να είναι η τεχνική της ωμοπλινθοδομής και της συμπιεσμένης γης.



Εικ.7: Στο χάρτη παρουσιάζονται παραδείγματα γήινης δόμησης τόσο αυτά που έχουν χαρακτηριστεί ως πολιτισμικά τοπία από την UNESCO όσο και αξιόλογες κατασκευές γήινης δόμησης: 1. Ιερικό, 2. Πύργος-Ναός, Ziggurat στο Ιράκ, 3. Ναο του Ραμσή Β', 4. Το << Μανχάταν της Ερήμου >>, η Shibam στη Υεμένη, 5. Ksar of Ait-Ben Haddou στο Μαρόκο

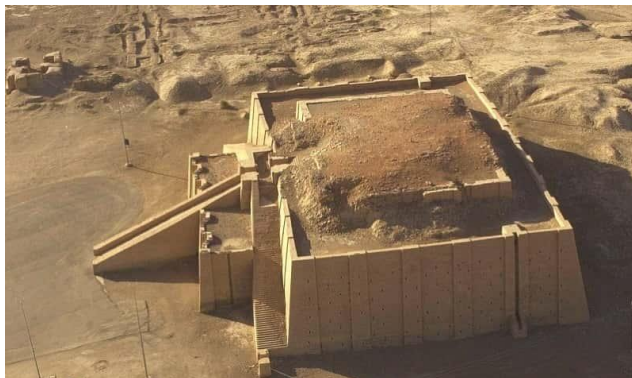


## 1-2. Ιεριχώ- Πύργος-Ναός, Ziggurat στο Ιράκ

Τεχνική κατασκευής: ωμόπλινθος και συμπιεσμένο χώμα



Εικ. 8: Αναπαράσταση πλινθόκτιστης κατοικίας στην Μεσοποταμία το 3000 π.Χ.



Εικ. 9: Πύργος-Ναός, Ziggurat στο Ιράκ

Η τεχνική της ωμόπλινθοδομής εμφανίζεται την 8<sup>η</sup> χιλιετία π.χ., συγκεκριμένα στην Ιεριχώ στην κοιλάδα του Ιορδάνη και στο Ρωσικό Τουρκεστάν.

Στην Μεσοποταμία, λόγω της γεωγραφικής της θέσης κοντά στις εύφορες κοιλάδες ανάμεσα στους ποταμούς Τίγρη και Ευφράτη, χρησιμοποιήθηκε ο ωμόπλινθος ως βασική τεχνική για τους Ασσύριους και Βαβυλώνιους(εικ.8). Χαρακτηριστικό παράδειγμα πύργου-ναού είναι το Ziggurat στο Ιράκ (εικ.9), με ορθογώνια πυραμιδική δομή.

Ο αρχαιολόγος Wolley [2] αναφέρει μετά από ανασκαφές που σημειώθηκαν στα τέλη του 20<sup>ου</sup> αι. πως αυτό που είχε συναντήσει ήταν μια πυραμιδική δομή προσανατολισμένη στον βορρά κατασκευασμένη σε τρία επίπεδα βεράντες. Υπήρχαν τρεις σκάλες που οδηγούσαν στα τρία επίπεδα. Στο δεύτερο επίπεδο βρισκόταν ο ναός. Επιπλέον η ανάβαση πραγματοποιούνταν και από μια ράμπα.

Ο πυρήνας ήταν φτιαγμένος από ωμόπλινθους που συνδεόντουσαν με λάσπη. Για το πρώτο επίπεδο χρησιμοποιήθηκαν περίπου 720.000

ωμόπλινθοι. Το κάτω μέρος το οποίο ήταν αυτό που σώθηκε μας αποκαλύπτει λεπτομέρειες μηχανικής και σχεδιασμού. Τα τούβλα από ωμόπλινθο που χρησιμοποιήθηκαν με βάση τις καιρικές συνθήκες της κάθε περιόδου που κατασκευάζονταν ήταν λιγότερο ή περισσότερο υγρά. Έτσι οι αρχιτέκτονες σε μερικά σημεία είχαν αφήσει κενό ανάμεσα από τα τούβλα για να μπορεί να εξατμιστεί το νερό(εικ.10).

Ακολούθησαν δυο αποκαταστάσεις από τους ηγέτες. Ακόμα στην Ασσυρία έχουν βρεθεί θεμέλια από συμπιεσμένο χώμα (rammed earth) που χρονολογούνται από το 5000 π.χ.



Εικ. 10: Ο Πύργος-Ναός, Ziggurat στο Ιράκ στο πίσω μέρος και η βάση η οποία σώζεται σήμερα, όπου φαίνονται τα κενά σημεία ανάμεσα στα τούβλα για να μπορεί να εξατμίζετε το νερό.



### 3.Ραμσειον (Ναο του Ραμσή Β'), Αίγυπτος

Τεχνική κατασκευής: ωμόπλιθοδομή

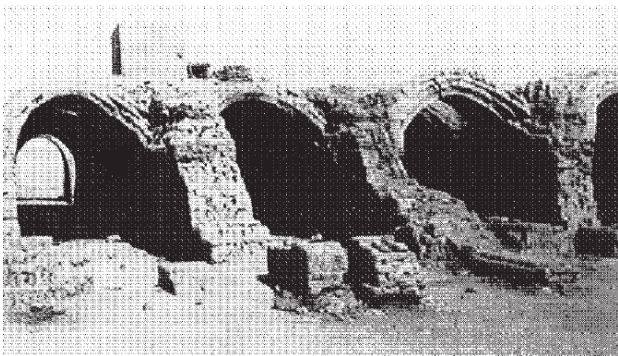
Άλλο ένα εντυπωσιακό παράδειγμα ωμόπλιθου που σώζεται μέχρι σήμερα είναι στην Αίγυπτο, στο Ραμσείον (Ναο του Ραμσή Β') κατασκευασμένο περίπου το 1.300π.χ (εικ.11). Δεν αποτελεί μέρος του πολιτισμικού τοπίου της UNESCO αλλά η τοξωτή μορφή του με ωμόπλιθους, αξίζει κανείς να το ερευνήσει.

Η θολοδομία ήταν γνωστή στους αρχαίους Αιγύπτιους και παρ' αυτά χρησιμοποιούσαν αυτήν την τεχνική εκεί που δεν μπορούσε να αναδειχθεί. Ένα μέρος του μεγάλου αυτού περιβόλου, καταλαμβάνεται από ερείπια θολοδομής κατασκευασμένα από ωμόπλιθο, τα οποία χρησιμοποιούνταν ως αποθήκες ναών[3].

Αναπτύχθηκαν δηλαδή κατασκευαστικές τεχνικές κυλίνδρων ή σφαιρικών θόλων από ωμόπλιθους χωρίς την χρήση ξυλότυπου ή κάποιας άλλης τεχνολογίας (εικ.12,13). Ήταν μια προηγμένη τεχνική αλλά φαίνεται πως σε ένα βαθμό η μορφή είναι ανεξάρτητη από τα υλικά κατασκευής και πως η λειτουργία μιας τέτοιας μορφής υποβαθμίζει την τεχνική αυτή.



Εικ. 11: Αποθήκες του Ραμσείου στεγασμένες με κυλινδρικούς θόλους



Εικ. 12: Σιταποθήκη του Ramesseum, δέκατη ένατη δυναστεία



Εικ. 13: Κατασκευή κυλινδρικών όψεων από εκπαιδευμένους νέους τεχνίτες



4. *Old Walled city of Shibam, Υεμένη-  
Το Μανχάταν της ερήμου*

Τεχνική κατασκευής: ωμόπλινθος



Εικ. 14: Πόλη Shibam στην Υεμένη - 'Το Μανχάταν της Ερήμου'

Υπάρχουν και συνεχίζουν να κατοικούνται ολόκληρες πόλεις κατασκευασμένες με ωμόπλινθους. Συγκεκριμένα στα αραβικά κράτη υπάρχουν δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα πόλεων. Οι χωμάτινοι ουρανοξύστες στην Υεμένη και το Ksar of Ait-Ben Haddou στο Μαρόκο.

Τα ίχνη της πόλης Shibam στην Υεμένη χρονολογείται από τον 3<sup>ο</sup> αι. μ.Χ. Το << Μανχάταν της Ερήμου >>, η Shibam στη Υεμένη(16<sup>ος</sup> αιώνας) με τους χωμάτινους ουρανοξύστες αποτελεί σήμερα ένα αξιοσημείωτο παράδειγμα της τεχνικής με ωμόπλινθους όπου τα περισσότερα σπίτια της πόλης προέρχονται από τον 16<sup>ο</sup> αι. (εικ.14).

Η πόλη είναι ένα από τα παλαιότερα παραδείγματα αστικού σχεδιασμού με βάση την αρχή της κατακόρυφης δόμησης. Είναι χτισμένη σε έναν υπερυψωμένο λόφο και το ύψος των κτιρίων ανέρχεται στα 30 μέτρα. Οι τοίχοι ανυψώνονται πάνω σε μια πέτρινη θεμελίωση (εικ.15,17). Όσο ανυψώνονται προς τα πάνω τόσο πιο λεπτοί είναι, έτσι ώστε να μειώσουν την πίεση στα κατώτερα επίπεδα αυξάνοντας έτσι την ανθεκτικότητα και την στατικότητα του κτιρίου (εικ.18,19).

Εξωτερικά επικαλύπτονταν με ένα είδος ασβεστοκονιάματος αναμειγμένο με τεμαχισμένο άχυρο, τα οποία έλαμπαν όταν το χτυπούσε ο ήλιος. Το λευκό ασβεστοκονιάμα προστάτευε τους τελευταίους ορόφους των κτιρίων από την βροχή. Προκειμένου να προστατευθούν τα κτίρια από την βροχή και την υγρασία, εφαρμόζουν στις προσόψεις των κτιρίων τακτικά νέα στρώματα λάσπης (εικ.16).

Υπάρχουν συνδετικές γέφυρες και πόρτες μεταξύ των κτιρίων που χρησιμοποιούνται ως τρόπος διαφυγής σε τυχών επιθέσεις. Ακόμα και σήμερα κατοικείται αποδεικνύοντας έτσι την διαχρονικότητα και την αξία του υλικού στην τεχνολογία κατασκευής.



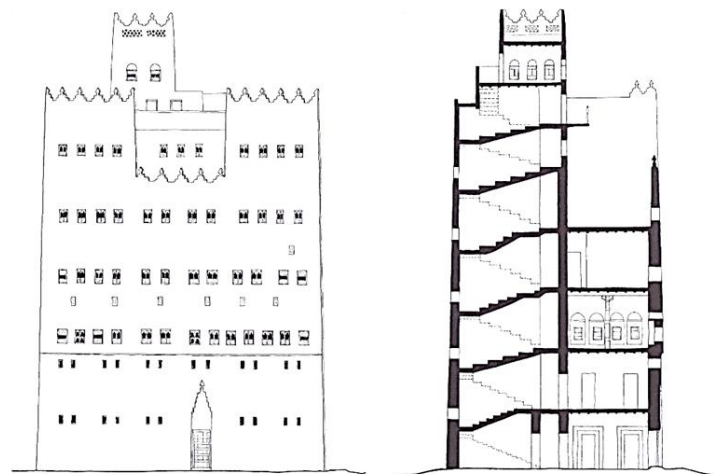
Εικ.15: Η οχύρωση της πόλης



Εικ.16: Συντήρηση των προσόψεων των κτιρίων



Εικ.17: Δρόμος στο εσωτερικό της πόλης

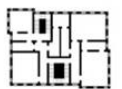


Εικ.18: Τομή σε κατοικία όπου διακρίνεται το δομικό σύστημα της μείωσης.

Κάτοψη οροφής-  
Ασβεστοκονιάμα



Κάτοψη κατοικίας-  
Ασβεστοκονιάμα



Κάτοψη κατοικίας



Ισόγειο- Λιθινή θεμελίωση



Εικ. 19: Κατόψεις ορόφων





### 5. Ksar of Ait-Ben-Haddou στο Μαρόκο

Τεχνική κατασκευής: ωμοπλινθοδομή και συμπιεσμένη γη

Το ksar of Ait-Ben-Haddou στο Μαρόκο βρίσκεται πάνω σε ένα μικρό λόφο κοντά στην κοιλάδα Ounila. Είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αρχιτεκτονικής του νότιου Μαρόκου (εικ.20,21). Έχει οχυρωθεί από τον 11<sup>ο</sup> αι. και κανένα από τα κτήρια δεν πιστεύεται ότι χρονολογείται πριν από τον 17<sup>ο</sup> αι..

Είναι ένα σύμπλεγμα κατοικιών, κατασκευασμένα με την τεχνική της συμπιεσμένης γης και της ωμοπλινθοδομής πάνω σε πέτρινα θεμέλια, τα οποία περιβάλλονται από οχυρωματικά τείχη. Ακόμα περιλαμβάνει ένα τζαμί, μια πλατεία, δύο νεκροταφεία, ένα μουσουλμανικό και ένα εβραϊκό και ένας χώρος έξω από τα τείχη για το αλώνισμα σιτηρών. Αποτελούσε ένα από τα κέντρα εμπορίου του Μαρόκου.

Τα περισσότερα κτίρια έχουν την μορφή μικρού κάστρου ενώ το ύψος τους φτάνει τα 15 μέτρα. Στο ισόγειο και στον πρώτο όροφο η τεχνική που χρησιμοποιείται είναι η συμπιεσμένη γη και στα ανώτερα τμήματα ωμοπλινθοδομή. Μερικά από αυτά έχουν την μορφή μικρού κάστρου με οχυρωμένες πτέρυγες και γωνιακούς πυργίσκους.

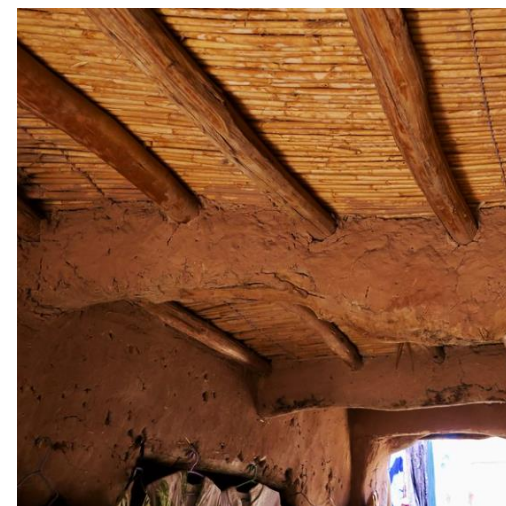


Εικ.20: Πόλη ksar of Ait-Ben-Haddou στο Μαρόκο

Ακόμα ένα χαρακτηριστικό των κτιρίων είναι ο διάκοσμος στο πάνω μέρος των κτιρίων (εικ.23). Δάπεδα, οροφές και εξώστες είναι χτισμένα εξίσου με χώμα(εικ.22). Σήμερα η πόλη έχει εγκαταλειφθεί λόγω των σύγχρονων αναγκών διαβίωσης των κατοίκων.



Εικ. 21: Πόλη ksar of Ait-Ben-Haddou στο Μαρόκο πάνω στην ακρόπολη



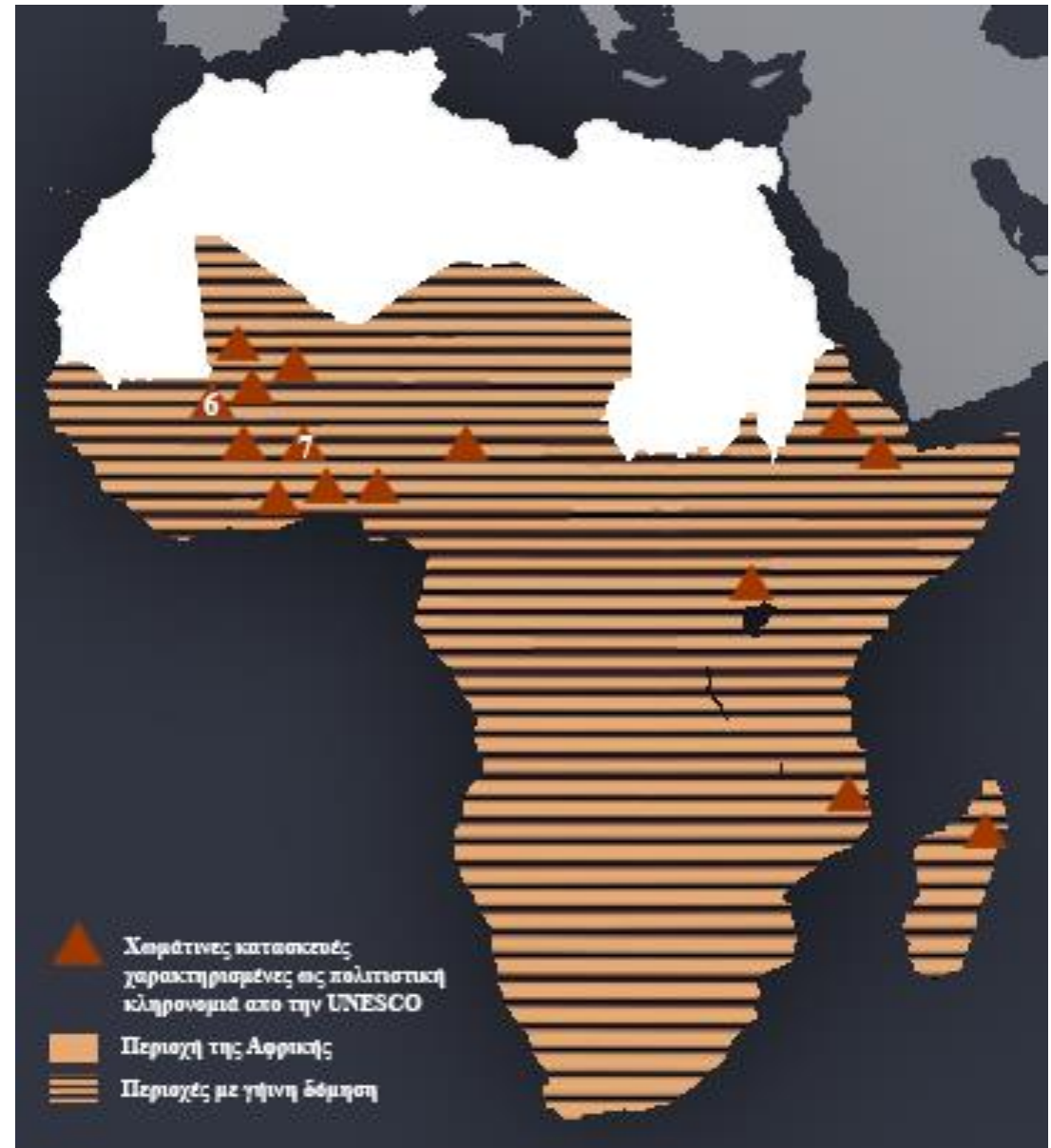
Εικ. 22: Κατασκευή οροφής με χώμα και ξύλα



Εικ. 23: Διάκοσμος των κτιρίων στα ανώτερα τμήματα

## Αφρικανική ήπειρος

Στην αφρικανική ήπειρο παρατηρούνται με βάση τον χάρτη της UNESCO τα περισσότερα παραδείγματα γήινης δόμησης τα οποία έχουν χαρακτηριστεί ως πολιτισμικά τοπία. Η περιοχή αυτή δεν είχε ιδιαίτερη ανάπτυξη σε σχέση με τις περιοχές των αραβικών κρατών γι' αυτό και οι πόροι οικονομικοί και τεχνολογικοί ήταν μηδαμινοί. Πιο διαδεδομένη τεχνική φαίνεται να είναι η ωμοπλινθοδομή, το cob (πλάσιμο με τα χέρια και ελεύθεροι σχηματισμοί της τοιχοποιίας) και η χρήση του χώματος ως πλήρωση.



Εικ.24: Στο χάρτη παρουσιάζονται παραδείγματα γήινης δόμησης που έχουν χαρακτηριστεί ως πολιτισμικά τοπία από την UNESCO. Χαρακτηριστικά παραδείγματα: 6. Η πόλη από λάσπη, η Djenne στο κέντρο του Μάλι, 7. The land of the Batmmariba, Koutamமாகου



6. Old Towns of Djenné- Η πόλη από λάσπη  
στο Μάλι

Τεχνική κατασκευής: Ωμόπλινθος



Εικ. 25 : Μπροστά είναι η αγορά και πίσω το τζαμί Great Mosque)

Η πόλη από λάσπη, η Djenné στο κέντρο του Μάλι είναι κατοικήσιμη από το 250 π.Χ. κατασκευασμένη από κυλινδρικές δομικές μονάδες (εικ.25). Στις επεμβάσεις και αναστηλώσεις που πραγματοποιήθηκαν τον 20<sup>ο</sup> αι., χρησιμοποιήθηκαν ωμόπλινθοι. Σώζονται περίπου 2.000 κατοικίες, χτισμένες σε λόφους λόγω των πλημμυρών και το εντυπωσιακό έργο είναι το τζαμί.

Είναι το μεγαλύτερο χωμάτινο κτίριο στον κόσμο κατασκευασμένο το 1300π.Χ. και έχει ανασκευαστεί τρεις φορές. Την δεύτερη φορά η κατασκευή του ήταν πιο συμπαγές και ογκώδες, το οποίο καθορίστηκε από ίδιο το βάρος. Η οροφή έχει αρκετές οπές οι οποίες είναι καλυμμένες από καπάκια τερακότας, έτσι ώστε να παρέχουν στους εσωτερικούς χώρους καθαρό αέρα ολόχρονα.

Οι κατοικίες αναπτύσσονται καθ' ύψος, με επίπεδες στέγες, μικρά ανοίγματα και λιτές όψεις(εικ.26). Περιμετρικά του κτιρίου διατρέχουν οι πολεμίστρες ενώ στην κύρια όψη υπερυψώνονται τρεις πυργίσκοι. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό που κεντρίζει το

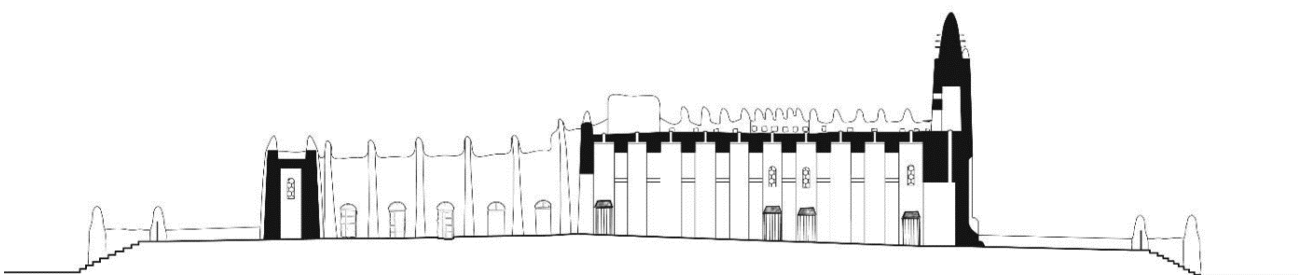
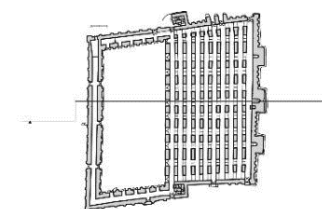
ενδιαφέρον είναι οι επάλληλες σειρές από αντηρίδες κατασκευασμένες από κλαδιά φοίνικα που προεξέχουν από τις όψεις των κτιρίων (εικ.27). Ενισχύουν την στήριξη της τοιχοποιίας και χρησιμοποιούνται ως σκαλωσιά για την ετήσια αποκατάσταση του πηλοκονιάματος στις προσόψεις. Στην αποκατάσταση αυτή συμμετέχει όλη η πόλη και η εργασία αυτή τελειώνει σε μια μέρα. Όλα αυτά τα στοιχεία διαμορφώνουν αυτή την ιδιαίτερη μορφή που βλέπει κανείς σήμερα. Κατοικείται μέχρι και σήμερα και ο αριθμός των κατοίκων ανέρχεται στις 32.944.



Εικ.26: Εσωτερικός δρόμος της πόλης



Εικ. 27: Φαίνονται οι σειρές από τις αντηρίδες στην όψη του κτιρίου



Εικ. 28: Τομή στο Μεγάλο Τζαμί στο Τζέννε, Μάλι



## 7.The land of the Batammariba, Koutammakou

Τεχνική κατασκευής: cob



Εικ. 29: Διακρίνονται τα σπίτια-πύργοι, κυλινδρικής μορφής καθώς και οι επίπεδες και οι κωνικές στέγες τους

Στην περιοχή Κουταμάκου στο βορειοανατολικό Τόγκο της Αφρικής, είχε αναπτυχθεί η τεχνική κατασκευής cob με τα <<Takienta>> να αποτελούν ένα παράδειγμα- τοπόσημο της περιοχής αυτού του είδους τεχνικής. Τα << Takienta>> όπως τα ονομάζουν οι κάτοικοι είναι μικρά σπίτια-πύργοι γήινης δόμησης(εικ.29), όπου εκτείνεται σε 50.000 εκτάρια, αντικατοπτρίζοντας την κοινωνική δομή, το τοπίο, την καθημερινότητα των κατοίκων και τις κοινωνικές σχέσεις τους. Επιπλέον ομαδοποιούνται σε χωριά και περιλαμβάνουν τελετουργικούς χώρους, ιερά βράχια, χωράφια και χώρους για τελετές μύησης. Αποτελούν ένα από τα χαρακτηριστικά παραδείγματα της αρχαίας αφρικανικής αρχιτεκτονικής.

Κάθε <<Takienta>> έχει σχεδόν σφαιρική μορφή τοποθετημένη πάνω από μια κυλινδρική βάση. Τα σπίτια είναι χτισμένα με τα χέρια, δημιουργώντας μπάλες λάσπης τοποθετώντας την μια πάνω στην άλλη σε στρώσεις σχηματίζοντας την σημερινή μορφή κατοικίας. Στις όψεις είναι ορατές οι διαφορετικές στρώσεις με την τεχνική αυτή.

Είναι αυτόνομα σπίτια- πύργοι και φτάνουν σε ύψος μέχρι και δύο ορόφους. Στα διώροφα κτίρια φαίνεται να προεξέχουν αντήρρηδες όπως και στο προηγούμενο παράδειγμα που λειτουργούν ως ενίσχυση της κατασκευής αλλά και ως σκαλωσιά (εικ.31). Έχουν επίπεδες ή κωνικές στέγες. Κατασκευάζεται και στις δυο περιπτώσεις ξύλινος σκελετός όπου οι επίπεδες στέγες καλύπτονται από χώμα και οι κωνικές από άχυρο. Αυτός ο ιδιαίτερος τύπος κατοικίας, οπτικά και μορφολογικά είναι το αποτέλεσμα της αρμονίας ανάμεσα στον άνθρωπο και στην φύση.



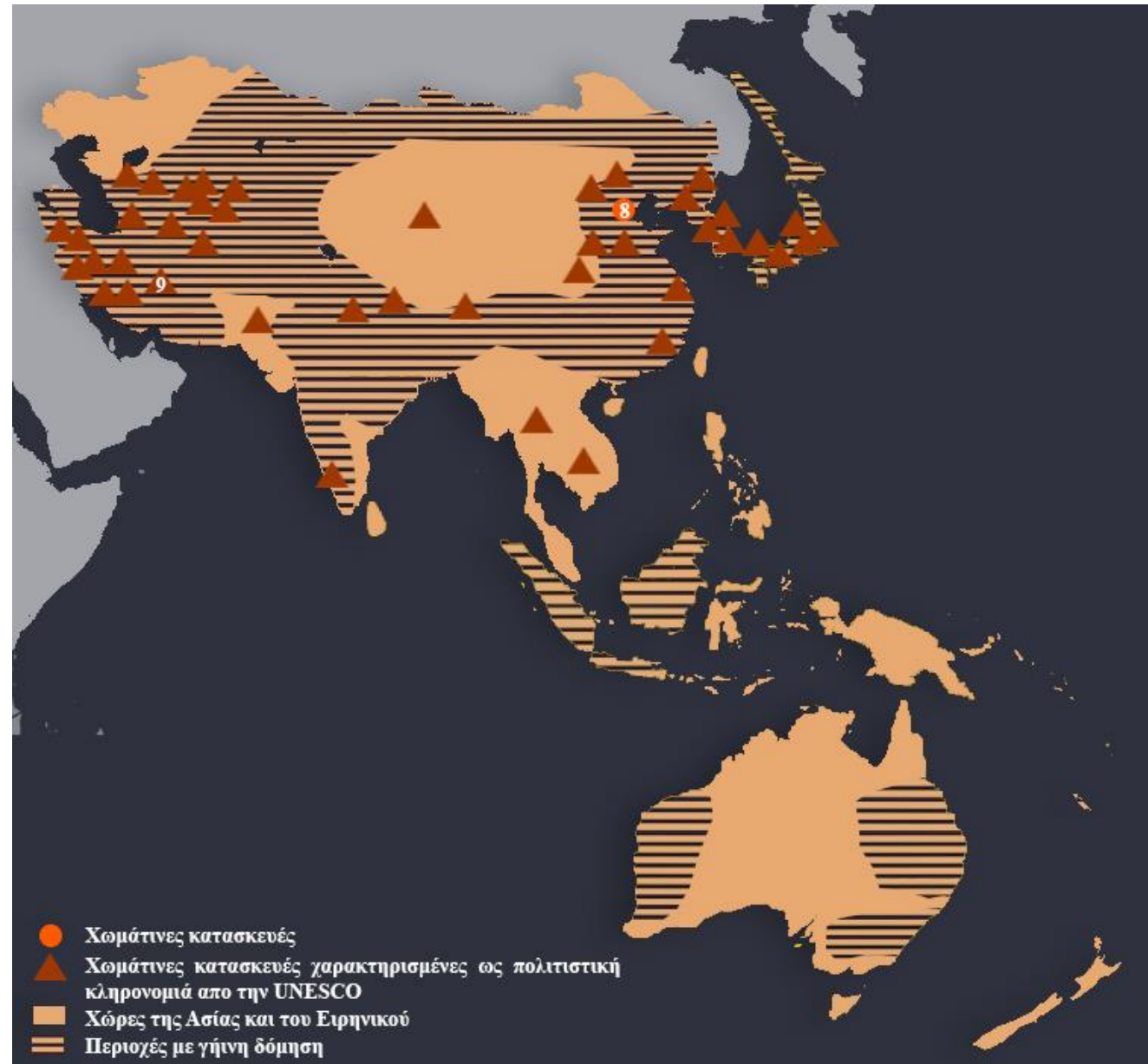
Εικ.30: Φαίνονται οι επίπεδες και οι κωνικές στέγες των <<Takieta>> καθώς και οι αντηρίδες που προεξέχουν.



Εικ.31: Ανανέωση των όψεων με την χρήση πηλοκονιάματος

## Χώρες της Ασίας και του Ειρηνικού

Σε χώρες της Ασίας και του Ειρηνικού η χρήση του χώματος ως υλικό δόμησης φαίνεται να χρησιμοποιείται πιο πολύ σε δημόσια κτίρια και έργα μεγάλης κλίμακας. Χρησιμοποιούνται όλες οι τεχνικές κατασκευής, ωμοπλινθοδομή, συμπίεσμένη γη, cob και το χώμα ως υλικό πλήρωσης αλλά στα περισσότερα παραδείγματα γήινης δόμησης η τεχνική που χρησιμοποιείται σε μεγαλύτερο ποσοστό είναι η ωμοπλινθοδομή. Στα έργα μεγάλης κλίμακας χρησιμοποιείται η τεχνική της συμπίεσμένης γης.



Εικ.32: Στο χάρτη παρουσιάζονται δύο αξιοσημείωτα παραδείγματα γήινης δόμησης: 8. Σινικό τείχος, Κίνα, 9. Το Bam and its Cultural Landscape, Ιραν





### 8. Σινικό τείχος, Κίνα

Τεχνική κατασκευής: συμπιεσμένη γη

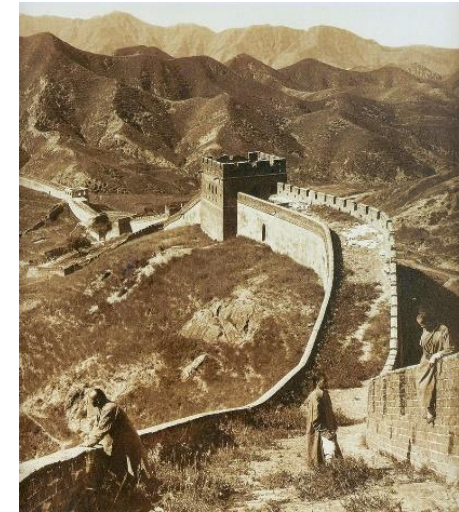
Το σινικό τείχος, στην Κίνα 4000 ετών, δεν ήταν μια συνεχής κατασκευή, ήταν επιμέρους τμήματα που αποτελούσαν μια σειρά τειχών και για να ολοκληρωθούν χρειάστηκαν πολλά χρόνια (εικ.33).

Η κατασκευή του ξεκίνησε το 3<sup>ο</sup> αι. π.Χ. μέχρι και τον 17<sup>ο</sup> αι., με συνολικό μήκος 20.000 χιλιόμετρα. Χρειάστηκαν γύρω στους 300.000 στρατιώτες για να χτίσουν το τείχος με την βοήθεια ντόπιων αγροτών. Οι τοίχοι που διέσχιζαν τα βουνά ήταν φτιαγμένοι από πέτρα ενώ οι τοίχοι που διέσχιζαν τις πεδιάδες από συμπιεσμένη γη (εικ.37).

Χρησιμοποιήθηκαν περίπου 100 εκ. τόνοι από τούβλα, πέτρα και λάσπη τα οποία μεταφερόντουσαν είτε από χέρι σε χέρι, είτε με τροχοφόρα και σχοινιά ή ζώα. Σε πρόσφατη ανακάλυψη φαίνεται ότι η χρήση κολλώδους ρυζιού (sticky rice) ως συνδετικό υλικό βοήθησε στην αντοχή του τοίχους (εικ.36). Κατά την διάρκεια της δυναστείας των Μινγκ μετατράπηκε στην σημερινή κατάσταση. Ήταν αρχικά χτισμένο από συμπιεσμένη γη και μετέπειτα καλύφθηκε από πέτρες και τούβλα δίνοντας την σημερινή όψη.



Εικ.33: Σινικό τείχος σήμερα



Εικ. 34: Το Σινικό Τείχος το 1907



Εικ.35: Επιβίωση του Σινικού Τείχους από τη δυναστεία των Χαν (206 π.Χ. - 220 μ.Χ.)



Εικ.36: Χρήση κολλώδους ρυζιού ως συνδετικό υλικό



Εικ. 37: Απεικόνιση για τον τρόπο κατασκευής του σινικού τείχους με την τεχνική συμπιεσμένης γης



Εικ. 38: Σινικό Τείχος στη δυναστεία των Χαν σήμερα



### 9. Bam and its Cultural Landscape, Ιράν

Τεχνική κατασκευής: ωμόπλινθοδομή

Το Bam and its Cultural Landscape είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα οχειρωμένου οικισμού που αναπτύχθηκε γύρω από το κεντρικό οροπέδιο του Ιράν, περίπου το 579-323 π.Χ. και αποτελεί μαρτυρία για την ανάπτυξη ενός εμπορικού οδικού, του μεταξιού, στην έρημο (εικ.41). Είναι ένα από τα πιο αντιπροσωπευτικά παραδείγματα οχυρωμένης μεσαιωνικής πόλης.

ΟΗ πόλη και τα οχυρωματικά τείχη είναι κατασκευασμένα με ωμόπλινθους. Η ακρόπολη είναι χτισμένη σε λόφο 45 μέτρων, όπου και βρίσκονται τα κυβερνητικά κτίρια και σε χαμηλότερο επίπεδο βρίσκονται τα κτίρια οργανωμένα σε ομάδες απλής κάτοψης, δημιουργώντας εσωτερικές αυλές (εικ.40). Η μορφή της στέγης που καλύπτει τα κτίρια είναι θολωτή και στις επιμέρους εισόδους της πόλης μπορεί κανείς να δει τα τοξωτά ανοίγματα (εικ.42), κατασκευασμένα με χώμα. Μετά τον σεισμό το 2003, η πόλη έχει υποστεί ζημιές και έχει χάσει την εντυπωσιακή μορφή της.



Εικ.39: Μετά την ανοικοδόμηση (Σεπτέμβριος του 2016)



Εικ. 40: Το Bam and its Cultural Landscape στο Ιράν πριν από τον σεισμό του 2003



Εικ.41: Μετά τον σεισμό



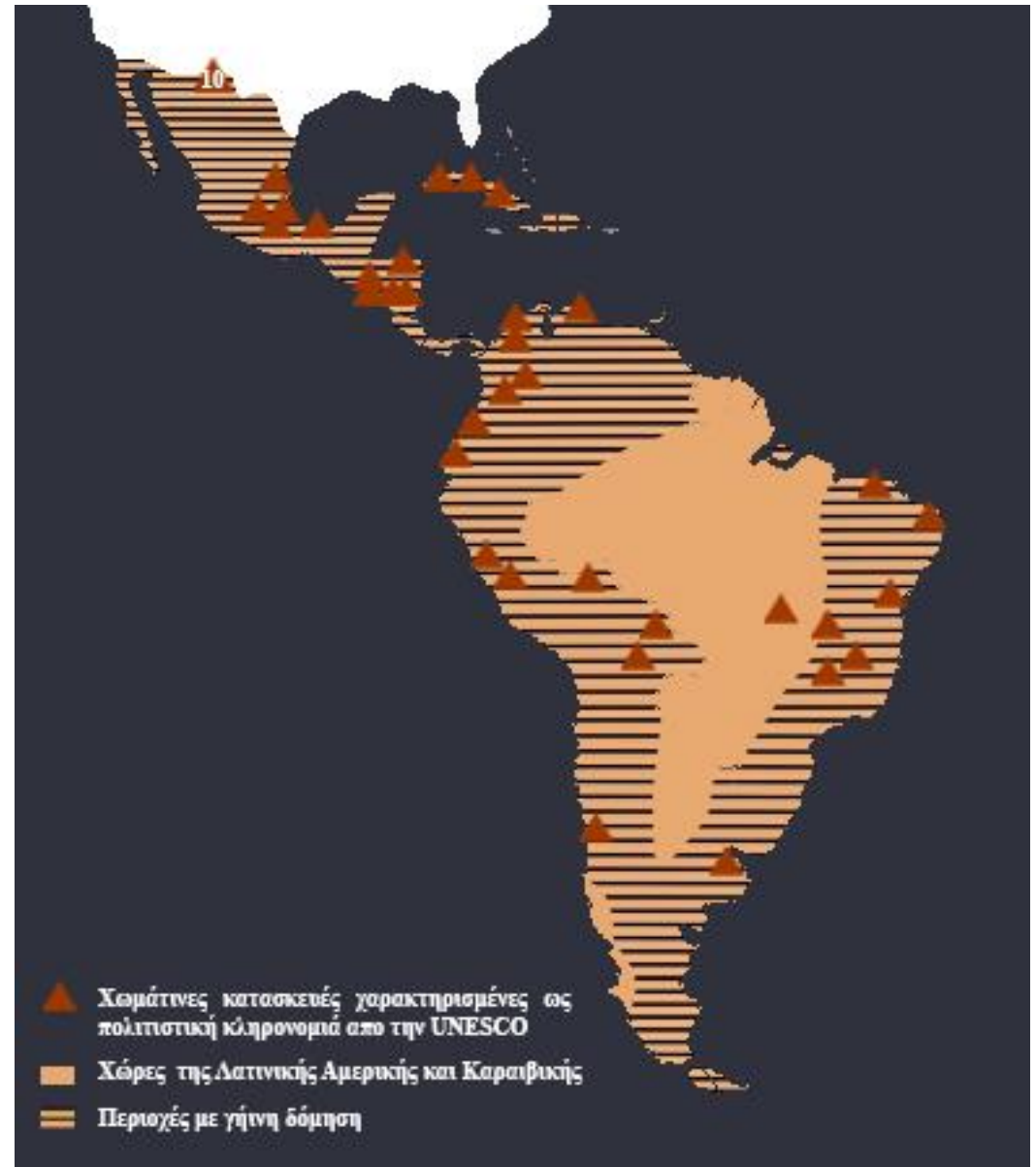
Εικ. 42: Φαίνονται οι θολωτές στέγες της αγοράς και η πόλη από τον λόφο



Εικ. 43: Φαίνονται οι θολωτές στέγες και το τοξωτό άνοιγμα που οδηγεί στο παζάρι της πόλης

### Χώρες της Λατινικής Αμερικής και της Καραϊβικής

Στις χώρες της Λατινικής Αμερικής και Καραϊβικής σώζονται παραδείγματα γήινης δόμησης αστικών οικισμών και ιστορικών τοπίων. Οι τεχνικές κατασκευής ήταν η ωμοπλινθοδομή, συμπιεσμένη γη και το χώμα ως υλικό πλήρωσης. Σε μεγάλο ποσοστό φαίνεται η χρήση του ωμόπλινθου μάλλον λόγω της αποικιοκρατίας και την τάση του Δυτικού κόσμου για επέκταση.



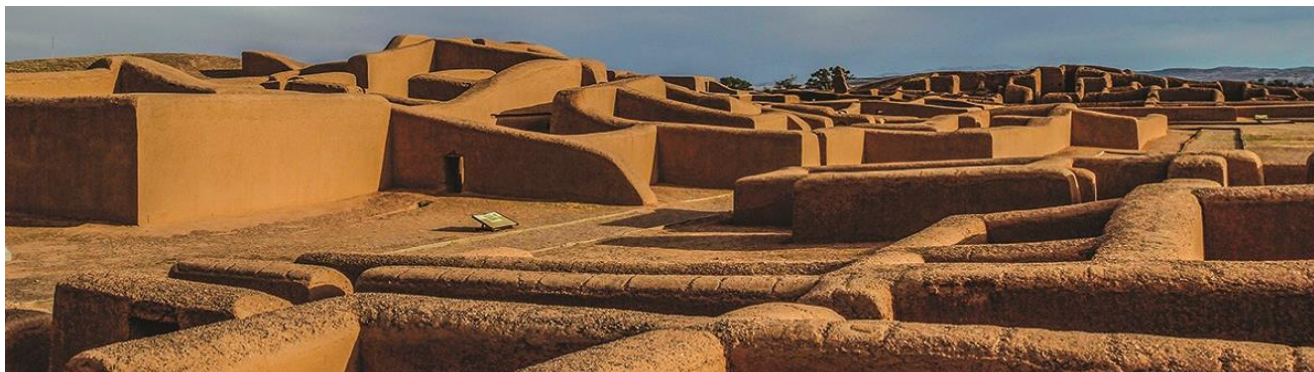
Εικ.44: Στο χάρτη παρουσιάζονται παραδείγματα γήινης δόμησης που έχουν χαρακτηριστεί ως πολιτισμικά τοπία από την UNESCO: 10. Η αρχαιολογική ζώνη του Paquime στο Μεξικό



## 10. Αρχαιολογική ζώνη του Paquime, Casas Grandes στο Μεξικό

### Τεχνική κατασκευής: ωμοπλινθοδομή

Στην Κεντρική Αμερική, στο Μεξικό οι τεχνικές κατασκευής κτιρίων με ωμόπλινθους ήταν γνωστές πριν από την προ-Κολομβιανή εποχή. Η αρχαιολογική ζώνη του Paquime στο Μεξικό, αποτέλεσε το κέντρο πολιτισμού και εμπορίου μεταξύ των νοτιοδυτικών ΗΠΑ και του βορείου Μεξικού. Ήταν ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα οργάνωσης του χώρου στην αρχιτεκτονική. Είναι ένας από τους πιο περίπλοκους πολιτιστικούς χώρους στην περιοχή. Ξεκίνησε να χτίζεται μετά το 1130μ.Χ. και εξελίχθηκε μετά το 1350 μ.Χ..

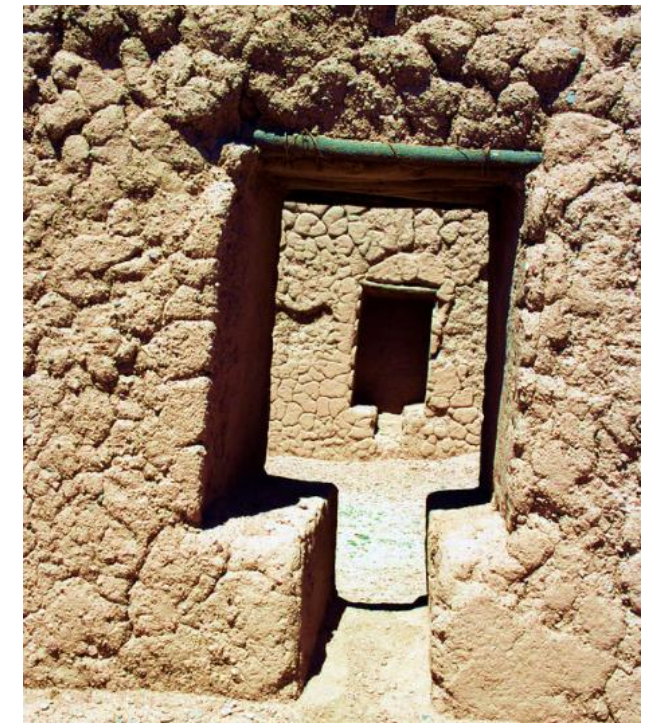


Εικ.45: Χωμάτινες τοιχοποιίες, Casas Grandes

Σήμερα υπάρχουν ερείπια 2000 δωματίων που γεινιάζουν με μια πέτρινη θεμελίωση και στην συνέχεια πλίνθινοι τοίχοι (εικ.45,47). Οι τοίχοι αυτοί ήταν μεγάλου πάχους και οι κατοικίες ήταν κολλημένες μεταξύ τους, με μικρά στενά και ανοίγματα (εικ.46) για την προστασία από τους εχθρούς, γι' αυτό και το συγκρότημα θυμίζει πιο πολύ λαβύρινθος. Η πόλη επηρέασε πολλούς οικισμούς και επηρεάστηκε αρκετά και δυστυχώς μετά τον 17<sup>ο</sup> αι. έχει εγκαταλειφθεί.



Εικ.46: Χωμάτινες τοιχοποιίες, Casas Grandes



Εικ.47: Χωμάτινες τοιχοποιίες, Casas Grandes, τα μικρά ανοίγματα που αποτελούσαν οι κατοικίες, το οποίο οδηγούσε στον εσωτερικό χώρο της

## Ευρώπη και Βόρεια Αμερική

Σε χώρες της Ευρώπης και της Βορείου Αμερικής η χρήση του χώματος ως υλικό δόμησης φαίνεται να χρησιμοποιείται σε αστικούς και αγροτικούς οικισμούς αλλά και σε ιστορικά τοπία. Οι τεχνικές κατασκευής που συναντάμε είναι η ωμοπλινθοδομή, η συμπίεσμένη γη και το χώμα ως υλικό πλήρωσης.



Εικ. 48: Στο χάρτη παρουσιάζονται παραδείγματα γήινης δόμησης τόσο αυτά που έχουν χαρακτηριστεί ως πολιτισμικά τοπία από την UNESCO όσο και χαρακτηριστικά παράδειγμα γήινης δόμησης στην κυρίως στην Ευρώπη: 10. Ο οικισμός της Χοιροκοιτίας, στην Κύπρο, 11. Ο οικισμος του Σεσκλου, στην Ελλάδα, 12. Το Δισπλιό, στην Ελλάδα, 13. Ο οικισμός Ταος Pueblo, Αριζόνα, 14. Το Στρασβούργο στην Γαλλία, 15. Μίλτενμπεργκ της Γερμανίας



### 10.Οικισμοί της Χοιροκοιτίας, της Κισσόνεργας, της Καλαβασού και της Λέμπας

Τεχνική κατασκευής: ωμοπλινθοδομή

Στην Κύπρο οι χωμάτινες κατοικίες χρονολογούνται μέσα στην 7η χιλιετία. Κατά την Νεολιθική περίοδο στην ανατολική πλευρά του νησιού, στην πλαγιά ενός λόφου, ο οικισμός της Χοιροκοιτίας σηματοδότησε την η αρχή της προϊστορίας της Κύπρου και σώζεται μέχρι και σήμερα(εικ.49).

Είναι ένας από τους σημαντικότερους προϊστορικούς χώρους στην ανατολική Μεσόγειο. Το σχήμα της κατοικίας είναι κυκλικό όπου για την βάση της τοιχοποιίας χρησιμοποιήθηκαν πέτρες και στην συνέχεια πηλό, άχυρο και πλίνθους (εικ.49). Το ίδιο ισχύει και για τον οικισμό της Καλαβασού, στην επαρχία Λεμεσού (εικ.50). Νοτιοδυτικά του νησιού στην επαρχία Πάφου βρίσκονται ακόμα δύο οικισμοί με την ίδια δομή, στα χωριά Λέμπα και της Κισσόνεργας, οι οποίοι χρονολογούνται στα τέλη της χαλκολιθικής περιόδου και νεολιθικής περιόδου αντίστοιχα. Στην συνέχεια της ιστορίας και



Εικ. 49: Ο οικισμός της Χοιροκοιτίας, στην Κύπρο



Εικ. 50: Τέντα Καλαβασός, Λεμεσός σήμερα



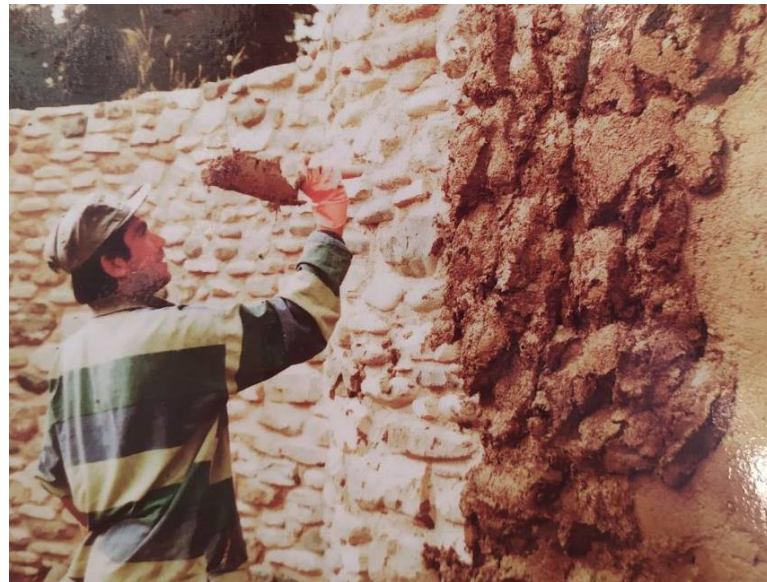
των περιόδων στο νησί, παρατηρείται τυποποίηση της τοιχοποιίας του οικισμού της Χοιροκοιτίας και σε άλλα πεδινά χωριά. Δηλαδή λίθινη υποδομή και ωμόπλινθοι, φτιαγμένοι από χώμα, άχυρο ή ίνες λιναριού και πηλό για την σύνδεση, σε καλούπι 40x30x6 εκατοστά. Το μεσογειακό κλίμα και η σύσταση του χώματος ευνοούσαν για μια τέτοια κατασκευή.



Εικ. 51: Το μίγμα πατιέται κάθε πρωί και βράδυ, καθώς αναμιγνύεται σε αυτό νερό κατά την διάρκεια μιας ή αρκετών μερών, ανάλογα την χρήση του



Εικ.52: Νεολιθικός τοίχος



Εικ. 53: Οι νεολιθικοί οικισμοί καλύπτονταν με λάσπη με προσμίξεις και ακολούθως με λευκό επίχρισμα.



Εικ. 54: Το λευκό επίχρισμα ρίχνεται με ένα τενεκεδάκι ή τοποθετείται με βούρτσα

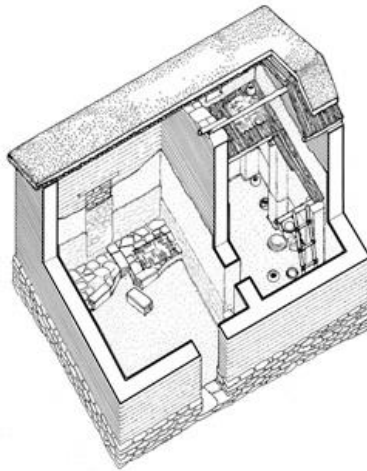


## 11. Οικισμός Σέσκλο

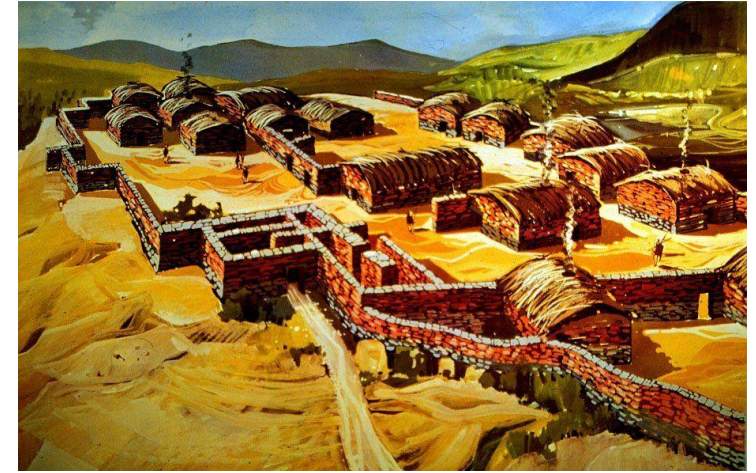
Τεχνική κατασκευής: ωμοπλινθοδομή

Ο οικισμός του Σέσκλο είναι ένας από τους αρχαιότερους νεολιθικούς οικισμούς της Ελλάδας, συγκεκριμένα στην Θεσσαλία, μόλις 15χλ. Νοτιοδυτικά του Βόλου(εικ.56). Εκτείνεται σε μια ακρόπολη μικρής έκτασης. Κατοικήθηκε την 7<sup>η</sup> χιλιετία και η μακραιώνη κατοίκηση του οφείλεται στο εύφορο έδαφος και στην γεωγραφική θέση του. Παρατηρείται ότι ο οικισμός είναι αραιοκατοικημένος μέχρι και την 6<sup>η</sup> χιλιετία.

Οι κατοικίες είναι τετράγωνης διατομής, μονόχωρα με πέτρινα θεμέλια, πλίνθινους τοίχους και τα δάπεδα είναι από πατημένη λάσπη (εικ.55,57). Στην συνέχεια αυτής της περιόδου παρατηρείτε ανάπτυξη της περιοχής και η πόλη επεκτείνεται και στις πλαγιές της ακρόπολης. Φαίνεται πως η κατοικία διαμορφώθηκε σε κάποιες περιπτώσεις σε δύο ορόφους.



Εικ. 55: Αξονομετρική αναπαράσταση κατοικίας του οικισμού



Εικ. 56: Αναπαράσταση του οικισμού Σέσκλο



Εικ. 57: Τωρινή κατάσταση του οικισμού όπου φαίνονται τα πέτρινα θεμέλια των κατοικιών.



## 12. Δισπήλιο, λίμνη Καστοριάς Ελλάδα

Τεχνική κατασκευής: Χώμα ως υλικό πλήρωσης σε ξύλινο σκελετό

Ο οικισμός στο Δισπήλιο της Καστοριάς είναι ένας λιμναίος οικισμός που ανακαλύφθηκε τυχαία το 1932 και αποτελεί έναν από τους αρχαιότερους και σημαντικότερους οικισμούς της Ευρώπης. Χρονολογείτε από την μέση Νεολιθική περίοδο και φαίνεται να κατοικήθηκε από το 5500 μέχρι το 3500 π.Χ. Είναι εμφανής η τεχνική κατασκευής, με το χώμα να χρησιμοποιείται ως υλικό πλήρωσης σε ξύλινο σκελετό. Οι κορμοί των

δέντρων αποτελούσαν τον φέρων οργανισμό, λεπτά κλαδιά και καλάμια πλεγμένα με σκοινί, σχηματίζουν ένα πλέγμα στο εσωτερικό τους (εικ.60). Η λάσπη από την λίμνη χρησιμοποιήθηκε ως πλήρωση στο πλέγμα αυτό (εικ.59,60). Οι στέγες είναι δίρριχτες και το πλέγμα από τα κλαδιά και τα καλάμια αποτελούσαν την βάση για να καλυφθεί στην συνέχεια με άχυρο και λάσπη. Οι καλύβες αυτές εδράζονται πάνω σε

πασσαλόπηκτες ξύλινες εξέδρες (εικ.58). Το κίνητρο που οδήγησε στην ανάπτυξη του οικισμού στο σημείο αυτό ήταν η άμεση εύρεση τροφής μέσω της αλιείας, του κυνηγιού, λόγω του εύφορου εδάφους για καλλιέργεια και την εκτροφή των ζώων.



Εικ. 58: Οι καλύβες εδράζονται πάνω σε πασσαλόπηκτες ξύλινες έδρες στην λίμνη. Στο κέντρο είναι μια ολοκληρωμένη καλύβα με την τεχνική της πλήρωσης σε σχέση με τις άλλες δυο δεξιά και αριστερά όπου είναι ο σκελετός και ενδιάμεσα το πλέγμα από τα κλαδιά και τα καλάμια.



Εικ. 59: Διακρίνεται η φέρουσα κατασκευή και το πλέγμα από κλαδιά και καλάμια στο εσωτερικό χωρίς την χωμάτινη πλήρωση.



Εικ. 60: Το χώμα ως στοιχείο πλήρωσης, σε ξύλινο σκελετό και δίρριχτη στέγη καλυμμένη από άχυρο.



### 13. Taos Pueblo, Αριζόνα, Νέο Μεξικό

#### Τεχνική κατασκευής: ωμοπλινθοδομή

Ο οικισμός του Taos Pueblo αναπτύχθηκε στα τέλη του 13<sup>ου</sup> με αρχές του 14<sup>ου</sup> αι., ο οποίος ήταν ένας σταθμός στην ιστορία της αστικής, κοινοτικής και πολιτιστικής ζωής της περιοχής. Αποτελεί ένα ζωντανό παράδειγμα της κουλτούρας των ινδιάνων Ταος και θεωρείται ο παλαιότερος οικισμός που κατοικήθηκε στις Η.Π.Α..

Είναι ο μεγαλύτερος πολυώροφος οικισμός, 5 ή 6 όροφοι, κατασκευασμένος από πέτρα και τούβλα ωμόπλινθου(εικ.61). Αποτελείται από μικρές κατοικίες ορθογωνικής διατομής, κολλημένα μεταξύ τους και όσο η τοιχοποιία όσο ανυψώνεται μειώνεται το πάχος της. Δεν υπάρχουν ενδιάμεσα περάσματα.

Χαρακτηριστικά των όψεων τους είναι πως οι είσοδοι των κατοικιών δεν βρίσκονται στις προσόψεις των κτιρίων όπως συνηθίζεται και τα ανοίγματα είναι μικρά και ελάχιστα για αμυντικούς λόγους(εικ.62). Η πρόσβαση στα δωμάτια στους κάτω ορόφους γινόταν από μια εξωτερική σκάλα η οποία έφτανε στην οροφή και μετά από μια εσωτερική σκάλα.

Η οροφή χρησιμοποιείται ως δάπεδο και βεράντα. Η οροφή αποτελείται από ξύλινο σκελετό από κορμούς δέντρων ο οποίος

επικαλύπτετε από διαδοχικές στρώσεις κλαδιών και χόρτων, λάσπης και πηλοκονιάματος(εικ.63).

Χαρακτηριστικό του οικισμού είναι πως μέχρι και σήμερα ο οικισμός απαγορεύεται το ηλεκτρικό ρεύμα, το τρεχούμενο νερό και τις υδραυλικές εγκαταστάσεις. Ο οικισμός έχει 150 μόνιμους κατοίκους οι οποίοι διατηρούν αυτή την παραδοσιακή διαβίωση.



Εικ. 61: Ο ινδικός οικισμός Taos Pueblo, Αριζόνα, Νέο Μεξικό



Εικ. 62: Διακρίνεται το μικρό άνοιγμα καθώς και οι ξύλινοι δοκοί τις οροφής



Εικ. 63: Εξωτερική σκάλα η οποία οδηγεί στο εσωτερικό της κατοικίας



### 14-15. Το Στρασβούργο στην Γαλλία και η Μίλτενμπεργκ της Γερμανίας

Τεχνική κατασκευής: Χώμα ως υλικό πλήρωσης σε ξύλινο σκελετό

Κατά την περίοδο του Μεσαίωνα, το χώμα χρησιμοποιήθηκε σε ολόκληρη την Ευρώπη σαν υλικό πλήρωσης σε κτίρια με ξύλινο σκελετό καθώς και για την κάλυψη στεγών από άχυρο, έτσι ώστε να τις κάνει πυράντοχες. Το Στρασβούργο στην Γαλλία (εικ.65), στη Μίλτενμπεργκ της Γερμανίας (εικ.64) αποτελούν διαχρονικά παραδείγματα πόλεων αυτής της μεθόδου. Από τον 15<sup>ο</sup>-19<sup>ο</sup> αι. η τεχνική του rammed earth, εξαπλώθηκε στην Γαλλία με την ονομασία

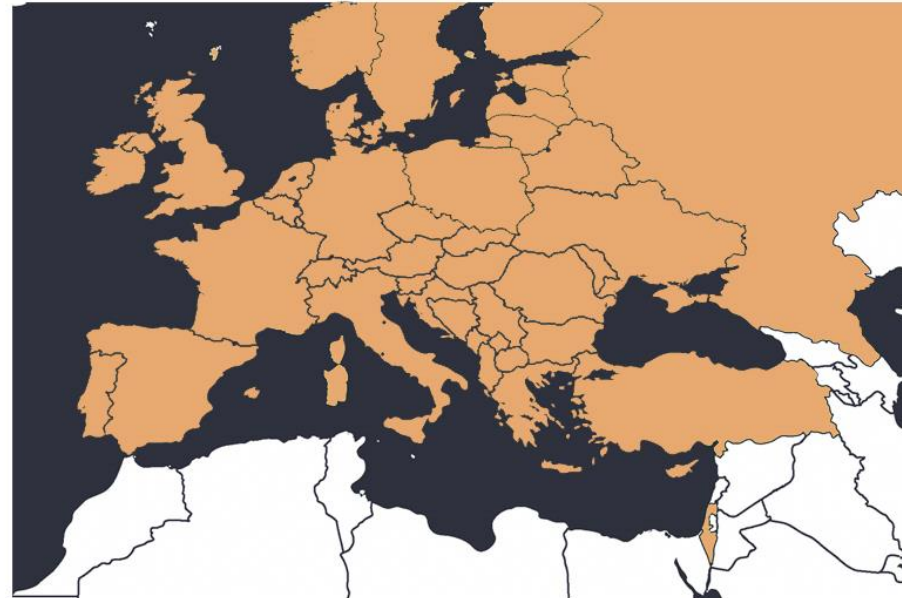
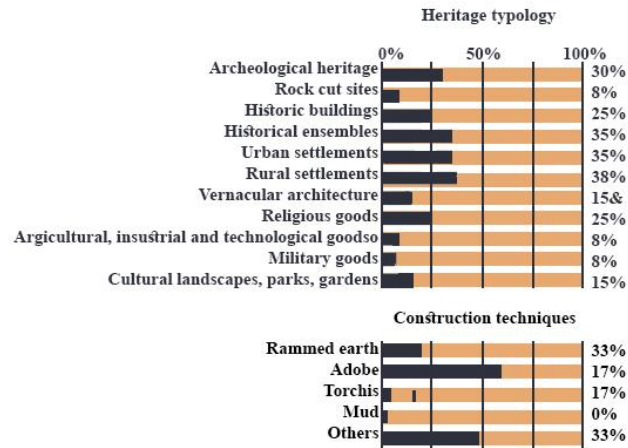
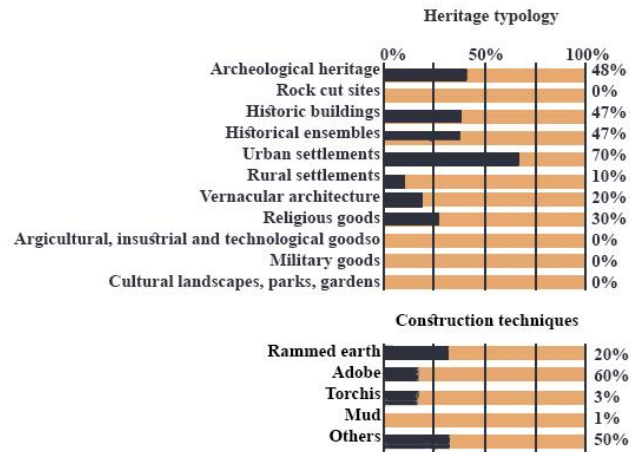
<<terre rrise>>, η οποία έφτασε και στην Γερμανία. Στην Λυόν της Γαλλίας υπάρχουν γήινα κτίρια, 300 ετών τα οποία κατοικούνται μέχρι και σήμερα. Αποτελούνται από τριώροφα και τετραώροφα κτίρια, ορθοκανονικά, με κεκλιμένες στέγες, με εμφανές τον φέρων ξύλινο σκελετό όπως στην τεχνική cob and roints, και χώμα για πλήρωση των εσωτερικών στοιχείων όπως στο προηγούμενο παράδειγμα.



Εικ. 64: Μίλτενμπεργκ της Γερμανίας



Εικ. 65: Στρασβούργο, Γαλλία



Εικ. 66(πάνω χάρτης): Κατανομή τυπολογιών και τεχνικών γήινης δόμησης στην Ευρώπη, Εικ. 67 (κάτω χάρτης) : Κατανομή τυπολογιών και τεχνικών κατασκευής γήινης δόμησης στην Μέση Ανατολή και Βόρεια Αφρική

Το Διεθνές κέντρο γήινης δόμησης (CRAterre-ENSAG, 2012) σε συνεργασία και υπό την επίβλεψη της UNESCO πραγματοποίησε έρευνα και καταγραφή στοιχείων σχετικά με τις τυπολογίες γήινων δομών και τις τεχνικές δόμησης στην Ευρώπη, στην Μέση Ανατολή και στην Βόρεια Αφρική. Στην Αφρική και στα αραβικά κράτη το 35-40%(εικ.67) χρησιμοποιεί το χώμα ως κατασκευαστικό υλικό ενώ στην Λατινική Αμερική το 15%, στην Ασία και στην Ευρώπη το 22% και Βόρεια Αμερική το 25% (εικ.66).

Οι τυπολογίες και οι τεχνικές ποικίλουν ανάλογα την περιοχή λόγω του κλίματος και τις ιδιαιτερότητες της κάθε περιοχής, αλλά η τεχνική που κυριαρχεί και στις δυο περιπτώσεις είναι το rammed earth και τούβλα από ωμόπλινθους. Μετά την βιομηχανική επανάσταση 19<sup>ος</sup> αιώνας, οι τεχνικές αυτές περιθωριοποιήθηκαν και περιορίστηκαν σημαντικά σε μεγάλο μέρος του πλανήτη. Η αστικοποίηση δημιούργησε την ανάγκη για μαζική παραγωγή υλικών για να καλύψει την ανάγκη για κατοίκηση και μεγάλες υποδομές με αποτέλεσμα ο άνθρωπος να απομακρυνθεί από την φύση.

Σημαντική είναι η συμβολή του Αιγύπτιου αρχιτέκτονα Hassan Fathy, με στόχο την νοηματοδότηση του χώματος ως βασικό υλικό δόμησης, στα μέσα του 20<sup>ου</sup> αι., ο οποίος επανάφερε την χρήση ωμόπλινθων στον τόπο του, που είχε ξεχαστεί και εκπαίδευσε ντόπιους με σκοπό να χτίζουν μόνοι τους τα σπίτια τους. Επιπλέον στα μέσα του 20<sup>ου</sup> αι. ο κόσμος ξεκίνησε να ευαισθητοποιείται σχετικά με τα περιβαλλοντικά ζητήματα αλλά και μια πιο βιώσιμη κατοίκηση, φέρνοντας ξανά στο προσκήνιο το χώμα και των παραδοσιακών τεχνικών δόμησης. Σήμερα οι τεχνικές και οι μέθοδοι της λαϊκής αρχιτεκτονικής αναδύονται ξανά ως <<καινοτόμες>> τεχνικές λύσεις.



---

/ Το χώμα ως υλικό δόμησης





## Ορισμός

Με βάση τα πιο πάνω παραδείγματα οι τεχνικές κατασκευής με χώμα διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή, ανάλογα με τις ιδιομορφίες του εδάφους και τις κλιματολογικές συνθήκες στον τόπο που αναφέρετε η κατασκευή. Η σύσταση και οι ιδιότητες του αλλάζουν ακόμα και σε απόσταση μερικών χιλιομέτρων γι' αυτό και οι άνθρωποι αντιλαμβανόμενοι τις ιδιότητες αυτές ανέπτυξαν διάφορες τεχνικές δόμησης. Εξετάζοντας την διαχρονικότητα του ως υλικό δόμησης μέσω των παραδειγμάτων ανά το κόσμο θα πρέπει πρώτα κανείς να εξετάσει τις ιδιότητες του ιδιόμορφου αυτού υλικού.

Το χώμα είναι αποτέλεσμα μετασχηματισμών του μητρικού πετρώματος της γήινης επιφάνειας. Αυτό οφείλετε σε μια σειρά επιδράσεων φυσικών, χημικών και βιολογικών ενεργειών όπως οι κλιματολογικές συνθήκες και στην ζωή των ζώων και των φυτών.



Εικ.69: Στην Υεμένη, σοβάτιζαν τα γήινα κτίρια τους καίγοντας ασβεστόλιθο

## Σύνθεση

Αποτελείται από οργανικά(0,5-1,5% ) και ορυκτά (48-49,5%) συστατικά. Δηλαδή αέρα (25%), νερό (25%), φυτά και ζωικά απόβλητα τα οποία απομακρύνονται και αυτά που προκύπτουν από τον μετασχηματισμό του μητρικού πετρώματος ή τις ανθρώπινες επιδράσεις. Τα συστατικά αυτά είναι ομοιόμορφα κατανομημένα και ισχυρά συνδεδεμένα μεταξύ τους στην μάζα του. Το ποσοστό του στοιχείου που υπερισχύει αλλάζει την σύσταση αντίστοιχα καθορίζει τις φυσικές ιδιότητες και την δομή του χώματος.

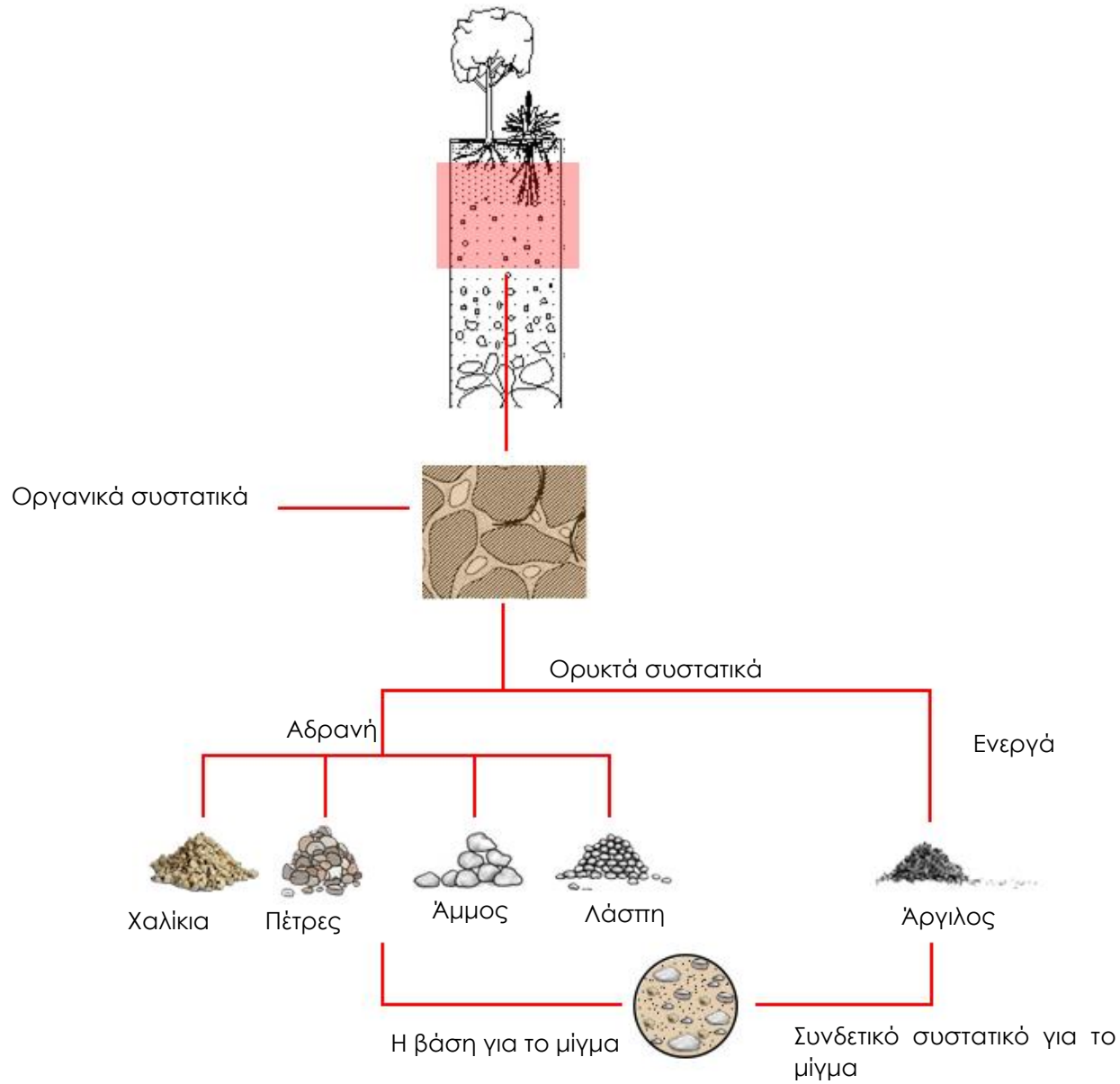
Τα συστατικά που εμπεριέχει το μίγμα που χρησιμοποιείται για μια γήινη κατασκευή, είναι λάσπη, άμμο, χαλίκια και πέτρες. Με βάση το μέγεθος των συστατικών του μίγματος χωρίζονται ως εξής(εικ1):

1. Πέτρα 20-200 mm
2. Χαλίκια 20-200mm
3. Άμμος 0,06-2mm, παρουσιάζει στενούς δεσμούς και έτσι το νερό παραμένει κυρίως στην επιφάνεια. Επιπλέον προστίθεται στο
4. μίγμα τόσο για τον περιορισμό της διόγκωσης όσο και της συμπύκνωσης που αυτό έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία ρωγμών.
5. Λάσπη-ίλη 0,002-0,06mm, η λάσπη

έχει την ιδιότητα να σταθεροποιεί το μίγμα.

6. Άργιλος <0.002mm, αποτελεί το βασικό συνδετικό συστατικό του μίγματος και της τοιχοποιίας. Για περισσότερη συνοχή και πλασιμότητα του μίγματος, η αναλογία σε άργιλο θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 5%-50%.

Ανάλογα το συστατικό του χώματος που βρίσκεται σε μεγάλο ποσοστό στην σύσταση του, χαρακτηρίζεται ως χαλικώδες, αμμώδες, ιλυώδες και αργιλώδες. Δεν είναι όλα τα εδάφη κατάλληλα για την κατασκευή μιας γήινης δόμησης, λόγω της σύστασης τους. Υπάρχουν διάφορα στάδια στα οποία πραγματοποιείται έλεγχος και διαλογή πριν την παραγωγή του μίγματος και εν συνεχεία την αρχή της κατασκευής.



Εικ.70: Τα ανόργανα συστατικά του χώματος και η διαδικασία εκλογής και κατηγοριοποίησης των συστατικών. Αρχικά σε οργανικά - ορυκτά συστατικά, στην συνέχεια σε αδρανή και ενεργά.

## Το χώμα ως υλικό δόμησης Αναγνώριση και έλεγχος του εδάφους

Η ποιότητα και η σύσταση του εδάφους καθορίζει αν το χώμα είναι κατάλληλο για χρήση καθώς δεν είναι όλα τα είδη κατάλληλα για γήινη δόμηση. Οι οργανικές ύλες που βρίσκονται στο επιφανειακό χώμα θα πρέπει να διαχωρίζονται από τα υπόλοιπα συστατικά διότι δεν συνιστάται η χρήση τους.

Ο έλεγχος για να οριστεί το χώμα κατάλληλο για χρήση γινόταν και γίνεται ακόμα σε ορισμένες περιοχές, είτε σε εργαστήρια είτε με την εμπειρία στο χώρο του εργοταξίου. Ο τελευταίος τρόπος μπορεί να μην είναι ακριβής, αλλά γίνεται επιτόπου εύκολα και γρήγορα έτσι ώστε να ληφθούν οι απαραίτητες αποφάσεις.

Μερικοί τρόποι έλεγχου καταλληλότητας είναι:

### 1. Μέσω της όσφρησης:

Το κατάλληλο και επιθυμητό έδαφος είναι άοσμο ενώ όταν περιέχει οργανική ύλη, η οποία θα πρέπει να διαχωρίζεται από τα υπόλοιπα συστατικά για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί, τότε αποκτά μια μυρωδιά μούχλας.

### 2. Κόψιμο μπάλας:

Κόβοντας το μίγμα σε σχήμα σφαίρας εάν η επιφάνεια είναι λεία, τότε το μίγμα έχει

υψηλή περιεκτικότητα σε άργιλο, ενώ αν είναι θαμπή υποδηλώνει μεγάλη περιεκτικότητα σε λάσπη.

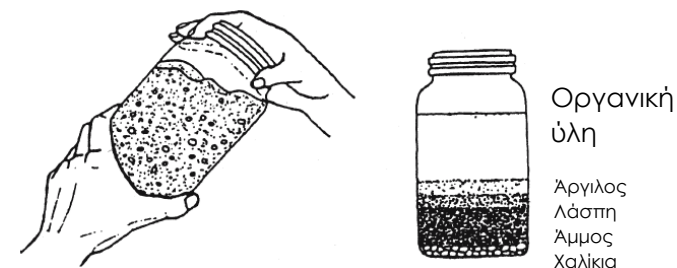
### 3. Τεστ καθίζησης:

Μέσα σε ένα βάζο με αρκετό νερό προστίθεται δείγμα χώματος και αφήνεται για αρκετή ώρα σε κατάσταση ηρεμίας. Παρατηρείται ότι το μίγμα διαχωρίζεται σε επιμέρους στρώματα λόγω του βάρους και της πυκνότητας του κάθε αδρανούς συστατικού. Τα μεγαλύτερα σωματίδια καθίστανται στον πυθμένα του βάζου ενώ τα μικρότερα επιπλέουν στην επιφάνεια.

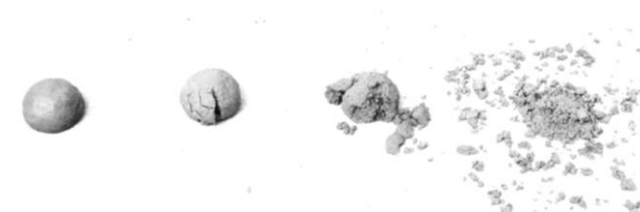
### 4. Ρίψη μπάλας:

Το χώμα χαρακτηρίζεται για την εφελκιστική του ιδιότητα όταν αποξηραθεί. Το μίγμα στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να είναι στεγνό με ελάχιστη υγρασία έτσι ώστε να πλαστεί μπάλα, 4cm. Αφήνεται να πέσει από ύψος 1,5m σε επίπεδη επιφάνεια. Εάν θριμματιστεί όταν πέσει στο έδαφος υποδικνύει την μικρή περιεκτικότητα σε άργιλο ενώ εάν δεν διασπαστεί εμπεριέχει μεγάλη ποσότητα άργιλου. Δεν συνιστάται η χρήση του σε καμία από τις δυο περιπτώσεις για κατασκευή. Ο άργιλος ως ένα από τα συστατικά του χώματος δρα ως ένα συνδετικό στοιχείο στην σύστασή του. Η

διάταξη των συστατικών του χώματος σε συνδιασμό με την ένωση τους σχηματίζουν μεγαλύτερα αδρανή. Η δομή του μίγματος επιρεάζει ανάλογα την διαπερατότητα και την αντοχή της κατασκευής.



Εικ.71 Τεστ καθίζησης



Εικ.72 Ρίψη μπάλας

Επομένως με βάση τα παραπάνω μπορεί το έδαφος να κατηγοριοποιηθεί ανάλογα με το συστατικό που βρίσκεται σε μεγαλύτερο ποσοστό. Ανάλογα την σύσταση του εδάφους υπάρχουν ιδιομορφίες και ιδιότητες ενώ παράλληλα μπορεί να καθοριστεί κατάλληλο ή ακατάλληλο για χρήση. Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω οι κατηγορίες του εδάφους είναι:

**1.Οργανικό:** χρησιμοποιείται σε ορισμένες περιπτώσεις με την αρχική του μορφή.

**2.Χαλικώδες:** περιέχει σε μεγάλο ποσοστό βότσαλα και χαλίκια και χρησιμοποιείται ως συμπληρωματικό υλικό στην τεχνική κατασκευής με συμπιεσμένη γη.

**3.Αμμώδες:** το μεγαλύτερο ποσοστό της σύστασης του είναι ο άμμος και έχει την μορφή λάσπης. Επιλέγεται για τις τεχνικές κατασκευής συμπιεσμένων μπλοκ και συμπιεσμένης γης.

**4.Λασπώδες:** κυριαρχεί η λάσπη και για να χρησιμοποιηθεί προστίθενται άργιλος λόγω της μικρής συνεκτικότητας του είδους αυτού. Χρησιμοποιείται για την τεχνική της ωμοπλινθοδομής και cob.

**5. Αργιλώδες:** κυριαρχεί ο άργιλος στην σύσταση του εδάφους. Ο άργιλος στο μίγμα προσφέρει πλασιμότητα και συνοχή γι' αυτό επιλέγεται στις τεχνικές κατασκευής με ωμόπλιθο και στον σχηματισμό με τα χέρια.



1. Οργανικό έδαφος



2. Χαλικώδες έδαφος



3. Αμμώδες έδαφος



4. Λασπώδες έδαφος



5. Αμμώδες έδαφος



## Φυσικές και μηχανικές ιδιότητες του εδάφους

Το έδαφος έχει φυσικές και μηχανικές ιδιότητες. Οι ιδιότητες αυτές προκύπτουν από την σύσταση και την δομή του εδάφους και χαρακτηρίζουν όλα τα εδάφη.

### 1. Πορώδες:

Το πόσο πορώδες είναι ένα έδαφος καθορίζεται από τον όγκο και το μέγεθος των κόκκων της δομής του και το μέγεθος του κενού που δημιουργείτε ανάμεσα τους. Όσο μεγαλύτερο είναι το πορώδες τόσο διαχέονται οι υδρατμοί και έτσι μεγαλύτερη είναι η αντίσταση στον παγετό.

Σε μια τοιχοποιία γήινης δόμησης αυτό επιτρέπει να απορροφάτε η υγρασία και να μεταφέρεται μέσω των πόρων, επιτρέποντας της να αναπνεύσει. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η κατάλληλη θερμοκρασία και υγρασία στο εσωτερικό της κατασκευής.

### 2. Ειδική επιφάνεια:

Είναι το άθροισμα όλων των επιφανειακών σωματιδίων στην συγκεκριμένη επιφάνεια. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια αυτή τόσο συνεκτικές είναι οι εσωτερικές δυνάμεις, οι οποίες ευθύνονται για την αντοχή σε θλίψη και εφελκυσμό του υλικού.

### 3. Συμπύεση:

Συμπιέζοντας το μίγμα είτε με στατική πίεση, είτε με δυναμική συμπύκνωση μειώνεται ο όγκος του υλικού. Με την βέλτιστη περιεκτικότητα σε νερό, επιτρέπει στα σωματίδια να μετακινούνται σε πυκνότερη δομή χωρίς να υπάρχει τριβή.

### 4. Θερμοχωρητικότητα:

Η θερμοχωρητικότητα(εικ.4) ενός υλικού είναι η ικανότητα του να απορροφά θερμότητα από το περιβάλλον και να την αποθηκεύει. Η ίδια η κατασκευή αποθηκεύει θερμότητα, δηλαδή τα δάπεδα, οι τοιχοποιίες και οι οροφές. Το χώμα έχει μεγάλη πυκνότητα και θερμοχωρητικότητα.

Δηλαδή, διατηρεί την θερμοκρασία του χώρου σταθερή, σε επίπεδα θερμικής άνεσης καθ' όλη την διάρκεια της μέρας. Έτσι περιορίζεται η χρήση θέρμανσης τον χειμώνα και ψύξης το καλοκαίρι.

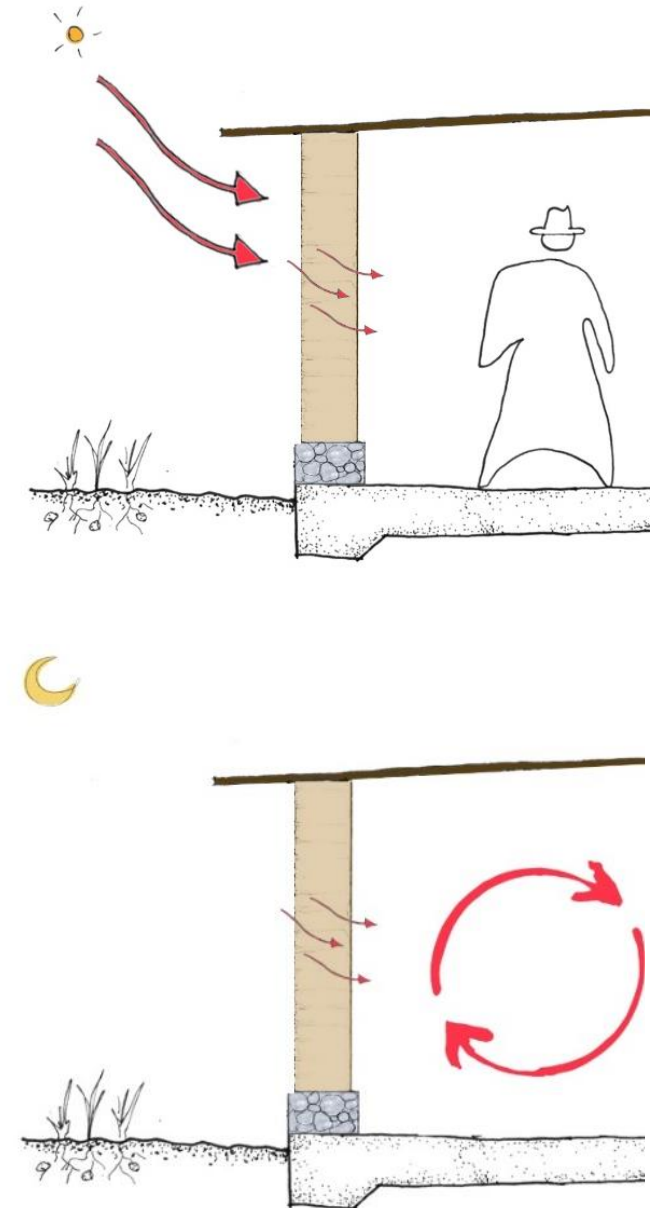
### 5. Σταθεροποίηση:

Η σταθεροποίηση του υλικού είναι μια διαδικασία η οποία βελτιώνει τις ιδιότητες του χώματος ως υλικό δόμησης. Προστίθενται στο μίγμα νερό και χώμα, φυσικοί ή χημικοί σταθεροποιητές όπως ίνες, άχυρο, τρίχωμα

ζώνων το οποίο αυξάνει την ανθεκτικότητα στο νερό του μίγματος και εν συνεχεία της κατασκευής.

#### 6.Ιδιότητες της κατασκευής:

Η γήινη δόμηση παρουσιάζει αντισεισμικές ιδιότητες και αντοχή στις όποιες καταπονήσεις. Λόγω της μεγάλης μάζας της τοιχοποιίας μεταφέρει όλα τα φορτία στο έδαφος με ασφάλεια. Ένα από τα μειονεκτήματα μιας τέτοιας κατασκευής είναι η κακή σχέση με το νερό. Σε πολλά από τα πιο πάνω παραδείγματα η χρήση πηλοκονιάματος ήταν η λύση και η στέγαση προεξείχε. Επιπλέον η σωστή θεμελίωση προστάτευε την τοιχοποιία από την ανερχόμενη υγρασία από το έδαφος. Ακόμα μια λύση στην προστασία της κατασκευής από το νερό ήταν η τεχνική της συμπίεσης που αναφέρθηκε προηγούμενος. Για την κατασκευή μιας γήινης δόμησης η σωστή σύσταση του μίγματος με βάση την τεχνική κατασκευής, η σωστή θεμελίωση και η προστασία έναντι της βροχής μπορεί να αποτελέσει ένα διαχρονικό τρόπο κατοίκησης.



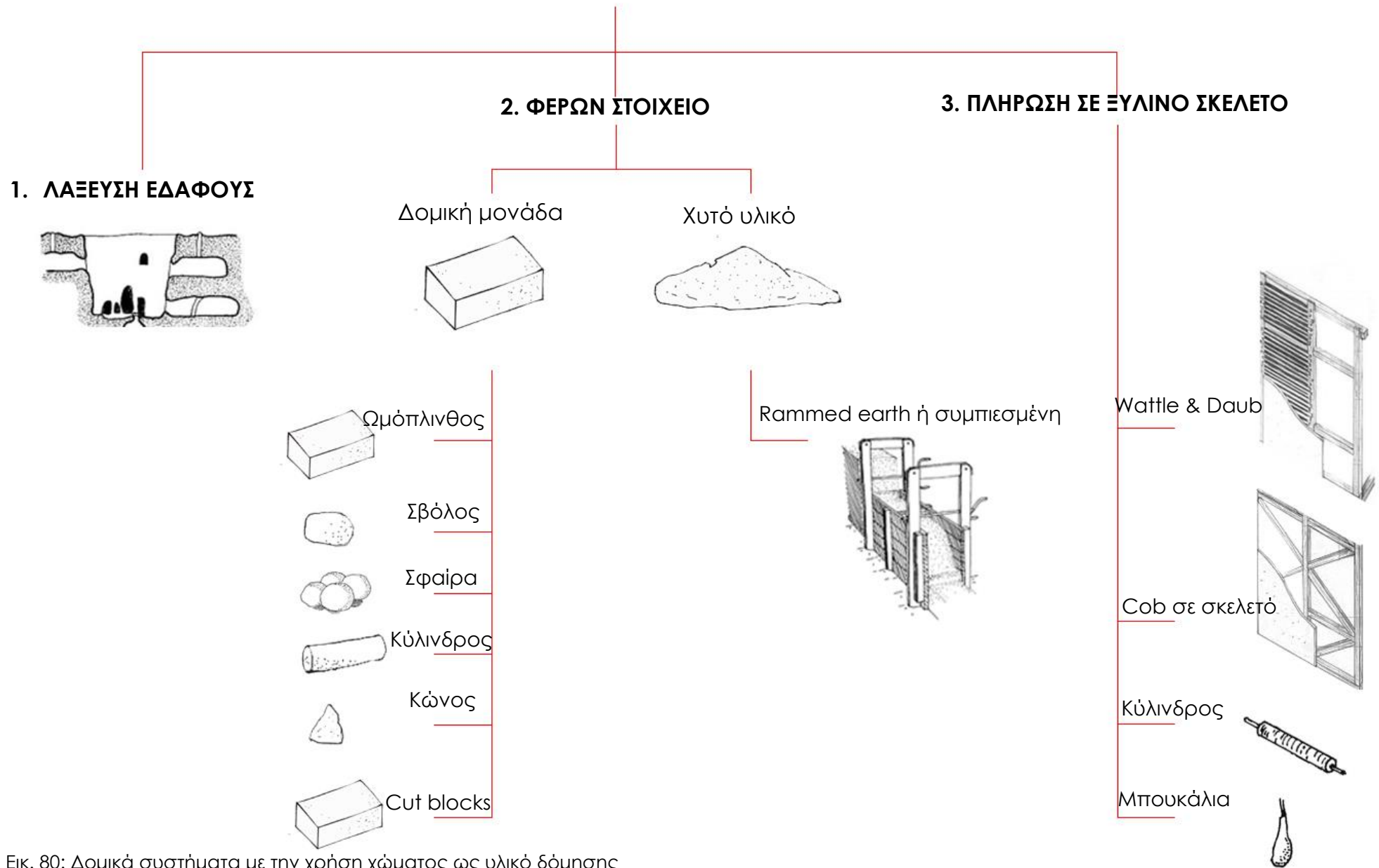
Εικ.78 Θερμοχωρητικότητα γήινης δόμησης



/ Τεχνικές κατασκευής



# ΧΩΜΑ



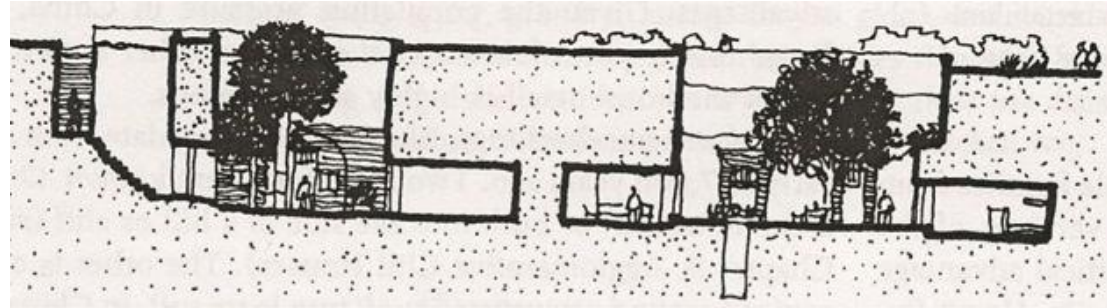
Το χώμα ως πρώτη ύλη και άμεσα διαθέσιμη σε κάθε πολιτισμό χρησιμοποιήθηκε με βάση τις ιδιότητες και τις ιδιομορφίες του, ανά ήπειρο. Ο κάθε πολιτισμός προσάρμοσε τις κατασκευές του ανάλογα με τις ιδιότητες αυτές και έτσι αναπτύχθηκαν πολλές τεχνικές κατασκευής. Διακρίνονται σε δύο κατηγορίες στο αν χρησιμοποιείται ως φέρον στοιχείο, δηλαδή είτε σαν δομική μονάδα είτε ως χυτό υλικό ή ως υλικό πλήρωσης σε ξύλινο σκελετό. Ακόμα μια τεχνική, όχι τόσο διαδεδομένη είναι η λάξευση του εδάφους(εικ.6).

### 3\_1. Λάξευση του εδάφους

Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται σε τόπους με απαλό χώμα, με ηφαιστειακό έδαφος και σε θερμό κλίμα. Αμυντικοί ήταν οι λόγοι που οδήγησαν σε τέτοιους είδους τεχνική καθώς χρησιμοποιούταν ως καταφύγιο σε περιόδους πολέμου και εισβολής. Υπάρχουν δύο κατηγορίες η κατακόρυφη και η οριζόντια λάξευση.

Οι υπόγειες πόλεις της Καππαδοκίας(εικ.82) είναι ένα παράδειγμα αυτής της τεχνικής που σώζεται μέχρι και σήμερα. Το ηφαιστειακό χώμα μπορεί εύκολα να λαξευτεί. Είναι ένα λαβυρινθικό συγκρότημα το οποίο περιλάμβανε άξονες εξαερισμού, πηγάδια, σχολικές αίθουσες και χώρο διαβίωσης. Σε περίπτωση επίθεσης το κάθε επίπεδο της πόλης σφραγιζόταν από

μονολιθικές πέτρινες πόρτες. Ήταν χωρισμένοι σε 18 επίπεδα με δίκτυα διαδρομών, σηράγγων και κλιμακοστασίων που σύνδεαν τα δωμάτια και τους κοινόχρηστους χώρους. Συνήθως τέτοιου είδους πόλεων περιβάλλονται γύρω από μια <<βυθισμένη>> αυλή (εικ.81).



Εικ. 81: Υπόγεια πόλη Tungkwan (Honnan), όπου φαίνεται η <<βυθισμένη>> αυλή



Εικ. 82: Υπόγεια πόλη, Derinkuyu στην Καππαδοκία

## ΔΟΜΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ

Στην Ιεριχώ, στην κοιλάδα του Ιορδάνη το 8000π.Χ. βρέθηκε το παλαιότερο κτίσμα γήινης δόμησης με μορφή δομικής μονάδας, με ωμόπλινθους.

Όπως προαναφέρθηκε πιο πάνω το αργιλώδες έδαφος λόγω της σύστασης του είναι κατάλληλο για αυτού του είδους τεχνική. Έχει αυξημένη συνεκτικότητα που επιτρέπει να πλαστεί με τα χέρια σε διάφορα σχήματα ή με την χρήση καλουπιού σε παραλληλεπίπεδο σχήμα. Ακολούθως στο μίγμα αυτό προστίθενται φυτικές ή χημικές ουσίες όπως άχυρο, τρίχες ζώων για να αυξηθεί η συνοχή του υλικού, για την αποφυγή της υγρασίας και των ρωγμών κατά την ξηρασία στον ήλιο. Στο Περού ανακαλύφθηκαν αυτού του είδους τούβλα σε σχήμα κώνου και κυλίνδρου.

**Σχηματισμός πλίνθων με τα χέρια- Σχήμα σβόλου, <<COB>>**

Ο σχηματισμός του χυτού υλικού με τα χέρια είναι ο πιο παλιός και εύκολος τρόπος κατασκευής. Στην Αφρικανική ήπειρο καθώς δεν είχε ιδιαίτερη ανάπτυξη για εργαλεία ή άλλο εξοπλισμό, εφάρμοζαν αυτού του είδους την τεχνική.

Η τεχνική αυτή αναπτύχθηκε στην Αγγλία και χρονολογείται από τον 15<sup>ο</sup> αι. μέχρι και τον

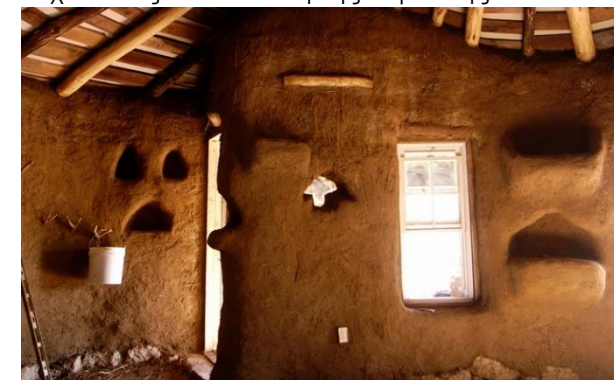
19<sup>ο</sup> αι.. Το είδος του εδάφους που χρησιμοποιείται είναι το αργιλώδες το οποίο αναμιγνύεται με άχυρο ή χόρτα και στην συνέχεια πλάθεται με τα χέρια σε σχήμα σβόλου(εικ.83).

Για την κατασκευή της τοιχοποιίας οι σβόλοι πετάγονται με δύναμη στο έδαφος και οι τοίχοι έχουν πάχος περίπου 40-60cm. Για να τοποθετηθεί η επόμενη στρώση θα πρέπει να στεγνώσει και να λειανθεί η προηγούμενη. Έτσι η κατασκευή προχωρά αργά και σταδιακά. Επιπλέον η τοιχοποιία όσο υψώνεται προς τα πάνω μειώνεται το πάχος της, έτσι ώστε να μειώσει τον κίνδυνο κατάρρευσης της κατασκευής από υπερβολική βαρύτητα.

Το χαρακτηριστικό αυτής της τεχνικής είναι οι στρογγυλεμένες πλευρές και γωνίες καθώς και το πάχος της τοιχοποιίας. Δίνει στον σχεδιαστή ελευθερία και ευελιξία στον σχεδιασμό κυρίως στο εσωτερικό της κατασκευής. Πρόκειται για ένα γλυπτικό έργο τέχνης(εικ.84).



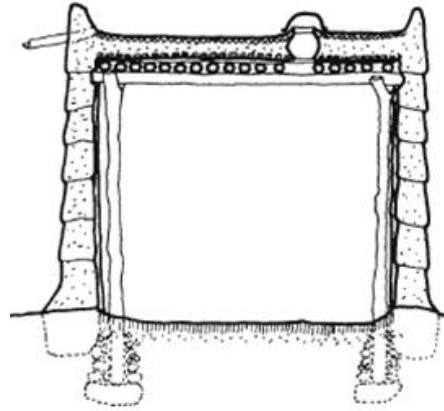
Εικ.83: Τοποθέτηση σβόλων για κατασκευή τοιχοποιίας και λείανση της στρώσης



Εικ.84: Εσωτερική άποψη κατοικίας της τεχνικής Cob, όπου διακρίνεται το γλυπτικό αποτέλεσμα

Ακολούθησαν διάφορες παραλλαγές της συγκεκριμένης τεχνικής. Στην Γκάνα φαίνεται πως οι επάλληλες στρώσεις της τοιχοποιίας επικάλυπταν την προηγούμενη και προεξείχαν ελαφρώς (εικ.85).

Στην Υεμένη παρατηρείται η ίδια τεχνική, με τις επάλληλες στρώσεις στις όψεις των κτηρίων(ει.86).



Εικ.85: Lobi houses, με την τεχνική cob, στην Γκάνα της Αφρικής



Εικ.86: Τοιχοποιία με την τεχνική cob, στην Υεμένη (Najran mud-house)

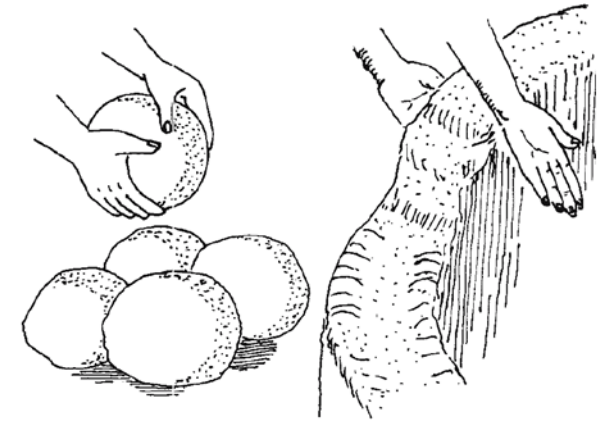


## Σχήμα μπάλας

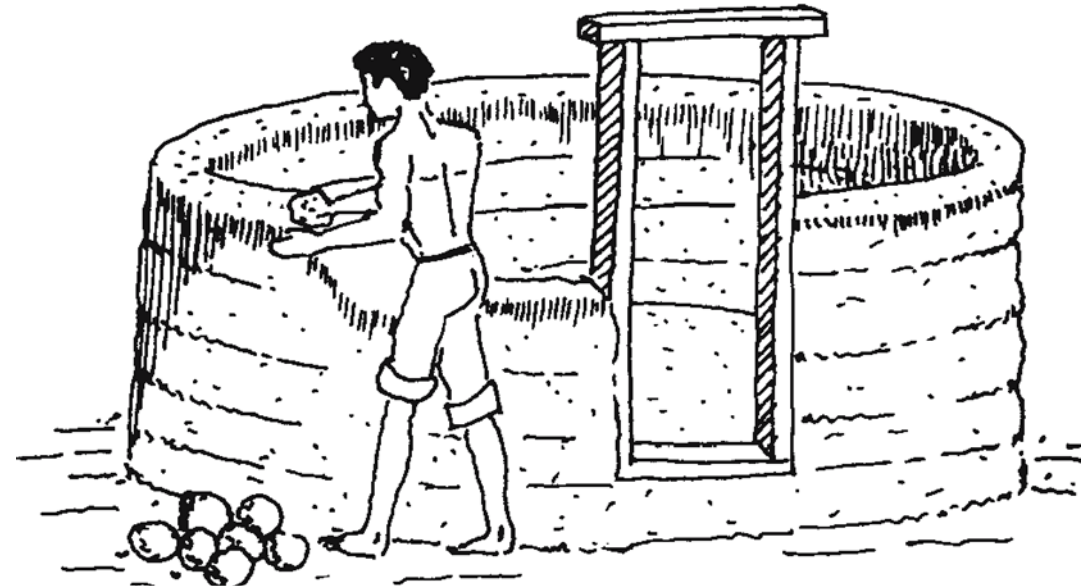
Σε άλλες περιοχές της Γκάνας της Αφρικής παρατηρούνται κυκλικές κατοικίες. Το μίγμα πλάθεται σε σχήμα μπάλας στοιβάζεται και πιέζεται στην τοιχοποιία (εικ.87, 88).

Η τοιχοποιία αυτή έχει πάχος 35cm και καθώς ανυψώνεται το πάχος φτάνει στα 20cm. Σε μερικές περιπτώσεις διαμορφώνεται μια θεμελίωση σε βάθος 15-30cm. Η στέγη μπορεί να είναι επίπεδη ή κωνική, με χώμα ή άχυρο αντίστοιχα χωρίς την χρήση σκελετού (εικ.89). Αρχικά φαίνεται τα κτίσματα αυτά να μην είχαν εισόδους, μόνο μικρά ανοίγματα στο κάτω μέρος της τοιχοποιίας. Πρόσφατα παραδείγματα κατοικιών παρατηρούνται ανοίγματα διαφόρων σχημάτων με την χρήση ξύλινου σκελετού.

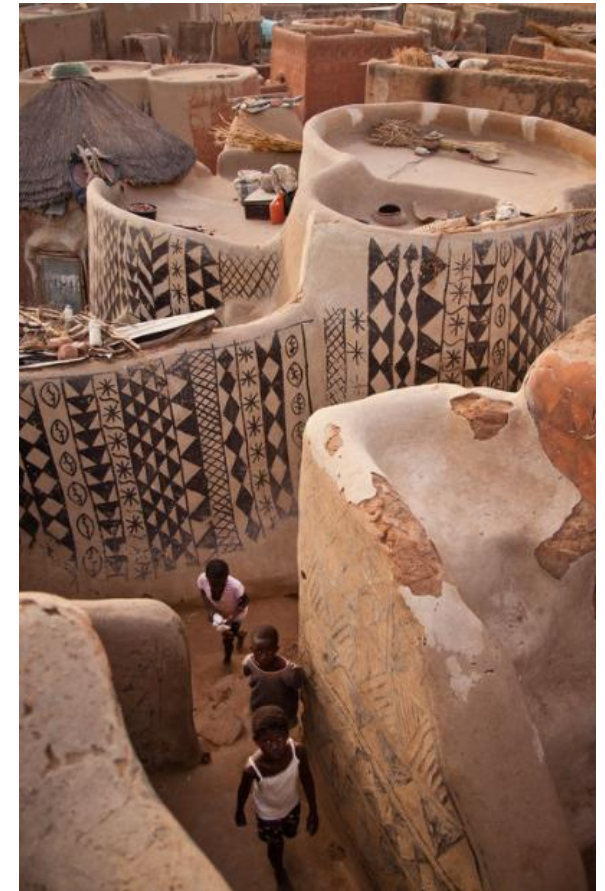
Αφού στεγνώσει ο τοίχος, σοβατίζεται και από τις δυο πλευρές και στην συνέχεια εξομαλύνεται και γυαλίζεται χρησιμοποιώντας επίπεδες πέτρες. Οι όψεις των κτισμάτων διακοσμούνται με διάφορα γεωμετρικά μοτίβα και χρώματα σύμφωνα με την νοοτροπία της χώρας.



Εικ.87: Σχηματισμός σφαίρας με τα χέρια



Εικ.88: Κατασκευή τοιχοποιίας με την τοποθέτηση σφαίρας και λείανση μετά την τοποθέτηση



Εικ. 89: Gurunsi architecture. Φαίνονται οι επίπεδες και οι κωνικές στέγες της κατασκευής καθώς και ο διάκοσμος στις όψεις

Σχήμα κυλινδρικό

Η τεχνική <<Duenner>> χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στην Γερμανία από ένα Γερμανό ιεραπόστολο που προσάρμοσε την πιο πάνω τεχνική στις γερμανικές συνθήκες(εικ.90).

Τα υγρά καρβέλια του αργίλιου ή αλλιώς κύλινδροι, όταν πάρουν το σχήμα τους στοιβάζονται στην τοιχοποιία χωρίς κάποιο συνδετικό κονίαμα. Αυτό συμβαίνει γιατί βρίσκονται ακόμα σε υγρή μορφή και συγκολλούνται μεταξύ τους. Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό που έχουν ορατό και στις όψεις είναι οι συμμετρικές τρύπες που έχουν, οι οποίες σχηματίζονται με τα δάχτυλα με σκοπό την απορρόφηση του πηλοκονιάματος(εικ.91).



Εικ.90: Κτίριο με ανεπίχριστη τοιχοποιία, στην Γερμανία

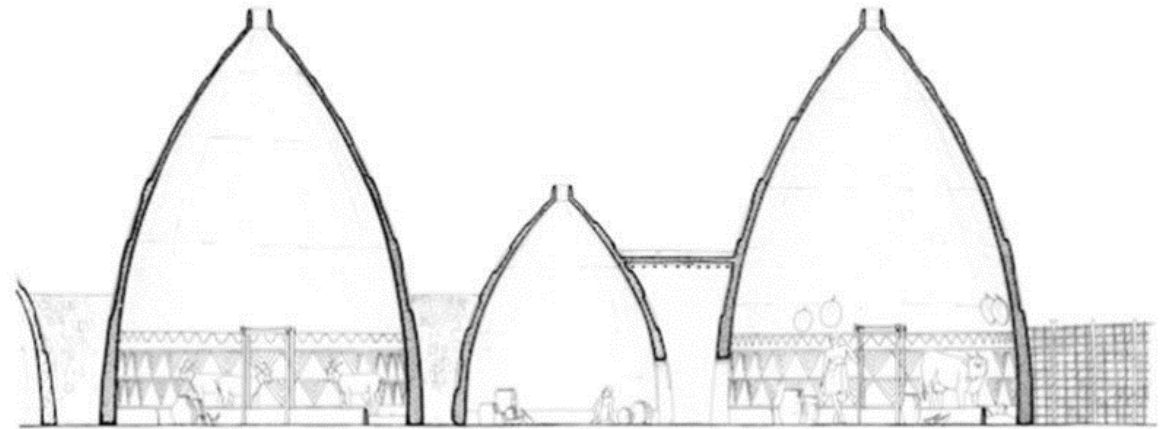


Εικ.91: Απεικόνιση τρόπου κατασκευής τοιχοποιίας με την τεχνική Duenner.

### Σχήμα κωνικό-πυραμοειδές

Οι μορφές σχηματίζονται απευθείας με το χυτό μίγμα, χώμα και άχυρο, το οποίο χρησιμοποιείται ως κονίαμα, χωρίς την χρήση καλουπιού ή ξυλότυπου. Οι τοίχοι που κατασκευάζονται είναι λεπτοί(εικ.92) και το μίγμα περιχύνεται σε μεγάλες ποσότητες και πλάθεται εκείνη την ώρα δίνοντας το επιθυμητό σχήμα που φαίνεται στις όψεις(εικ.93). Αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται ευρέως στην Δυτική Αφρική, στην περιοχή Τόγκο και ονομάζεται <<case obus (tòlék)>>.

Η συγκεκριμένη τεχνική δεν έχει τις απαιτούμενες μηχανικές ιδιότητες σε σχέση με τις προηγούμενες και αυτό συμβαίνει διότι μια κατασκευή πρέπει να σχεδιαστεί προσεκτικά.



Εικ. 92: Τομή στις κατοικίες στο Mousgoun του Βόρειου Καμερουν



Εικ. 93:Εξωτερική όψη κατοικιών στο Musgun του Βόρειου Καμερουν

### Cut blocks

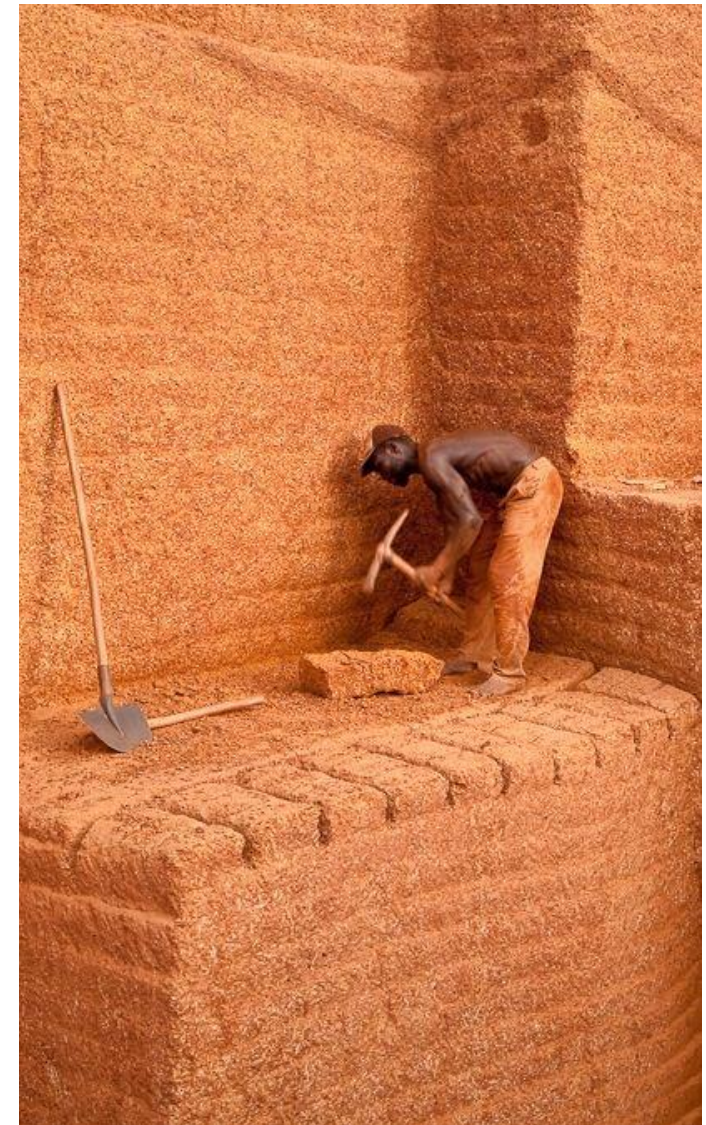
Στην δυτική Ινδία και στην Μπουρκίνα Φάσο της Αφρική αναπτύχθηκε η τεχνική cut blocks. Το έδαφος στις περιοχές αυτές ήταν φυσικά συνεκτικό καθώς περιέχει ανθρακικά άλατα, μια ουσία η οποία αυξάνει την συνεκτικότητα. Επομένως δεν απαιτεί κάποια προετοιμασία, δίνοντας έτσι την δυνατότητα μετά το κόψιμο τους να είναι έτοιμα για χρήση(εικ.94,96). Σε περιοχές όπου το έδαφος δεν παρουσιάζει αυτή την συνεκτικότητα, προσθέτουν στο έδαφος γρασίδι(εικ.95). Η μέθοδος αυτή έχει χρησιμοποιηθεί στην Αγγλία γνωστή ως sod, στην κεντρική Αμερική, στην νότια Αμερική καθώς και στις Σκανδιναβικές χώρες.



Εικ.94: Διαμόρφωση cut blocks



Εικ.95: Κοπή δομών sod, όπου προστίθενται γρασίδι στο έδαφος



Εικ.96: Κοπή δομών

## Παραλληλεπίπεδα Adobes με την χρήση καλουπιού

Η τεχνική της ωμοπλινθοδομής είναι ίσως από τις πιο διαδεδομένες και σύνηθες τεχνικές κατασκευής. Είναι γνωστά με την ισπανική τους ονομασία <<Adobe>> που χρησιμοποιείται για να αναφερθεί σε οποιοδήποτε είδος γήινης δόμησης.

Τα τούβλα πλίθας είναι κατασκευασμένα από χώμα με υψηλή περιεκτικότητα σε άργιλο και αναμιγνύεται με νερό, με μια ποσότητα άμμου και πολλές φορές προστίθενται άχυρο ή μαλλί ζώου. Το άχυρο όπως προαναφέρθηκε έχει την ιδιότητα να ενισχύει την ανθεκτικότητα της κατασκευής και να αποτρέπει τις ρωγμές.

Η κατάλληλη αναλογία των συστατικών του μίγματος είναι 15% άργιλο, 10-30% λάσπη και 55-57% άμμο. Η σωστή αναλογία καθιστά το μίγμα ως εύπλαστο και εύκολο στην χρήση καθώς και στην διατήρηση των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων, που αναφέρθηκαν. Στην συνέχεια το χυτό υλικό τοποθετείται σε ξύλινα καλούπια, παραλληλεπίπεδου σχήματος(εικ.96,97). Οι διαστάσεις και το βάρος τους ποικίλουν ανάλογα με την χρήση. Υπάρχουν μονά και διπλά καλούπια. Ένα άτομο παράγει σε μια μέρα γύρω στα 300-500 τούβλα, μαζί με την προετοιμασία που απαιτείται.



Εικ.96: Άχυρο ως πρόσθετο στοιχείο για ενίσχυση

Για τους δύο πρώτους ορόφους χρησιμοποιούνται διπλά καλούπια, με διαστάσεις 7x32x46 cm, 7x25x43cm για τον τρίτο και 7x20x43cm για τον πέμπτο. Καθώς υψώνεται η τοιχοποιία μειώνεται το πάχος και το ύψος του ορόφου.

Πριν την χρήση τους τα καλούπια βρέχονται και στο έδαφος ρίχνεται άμμος έτσι ώστε να μην κολλήσουν κάτω τα τούβλα. Για να λειανθεί το μίγμα μετά την τοποθέτηση στο καλούπι γίνεται είτε με το χέρι, είτε με την χρήση του μυστρί(εικ.98). Ακολούθως αφήνεται να ξεραθούν για μία βδομάδα και έπειτα στοιβάζονται για να χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή(εικ.99).



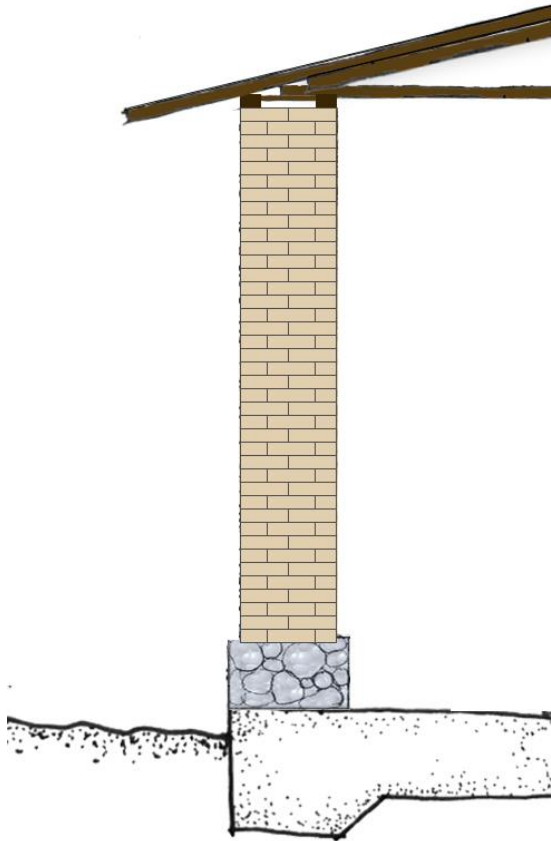
Εικ.97: Παραγωγή τούβλων Adobe στο έδαφος



Εικ.98: Λείανση του χυτού υλικού στο καλούπι



Εικ.99: Τα τούβλα ξηραίνονται για 7 μέρες



τοιχοποιία με την τεχνική του ωμόπλινθου παρουσιάζει μια ιδιομορφία στην κατασκευή της. Το σχήμα της κατασκευής που παρατηρείται είναι κυρίως ορθογώνιας μορφής. Το ύψος συνήθως φτάνει μέχρι τους δύο ορόφους αλλά σε παραδείγματα γήινης δόμησης της τεχνικής αυτής φτάνει μέχρι τους 11 ορόφους όπως στην Shibam της Υεμένης.

Διαμορφώνεται μια λίθινη θεμελίωση στο έδαφος ύψους περίπου 50cm έτσι ώστε να προστατεύετε η τοιχοποιία από την υγρασία του εδάφους. Στην συνέχεια πάνω σε αυτή την λίθινη βάση διαμορφώνεται η τοιχοποιία με την χρήση συνδετικού κονιάματος το οποίο για την παρασκευή του αναμιγνύετε το χώμα με οργανικά και ανόργανα συστατικά και τέλος με νερό. Το πάχος της τοιχοποιίας είναι περίπου 30-60cm. Αρχικά χτίζεται σε στρώσεις μέχρι το ένα μέτρο και σοβατίζεται με πηλοκονίαμα. Αυτό συμβαίνει διότι αφήνεται να αποξηραθεί το κομμάτι αυτό για δύο μήνες τουλάχιστον και στην συνέχεια χτίζουν τις επόμενες στρώσεις έτσι ώστε να μην υπάρξει κατάρρευση της τοιχοποιίας από υπερβολικό βάρος(εικ.100).

Εικ.100: Λεπτομέρεια τοιχοποιίας ωμοπλινθοδομής

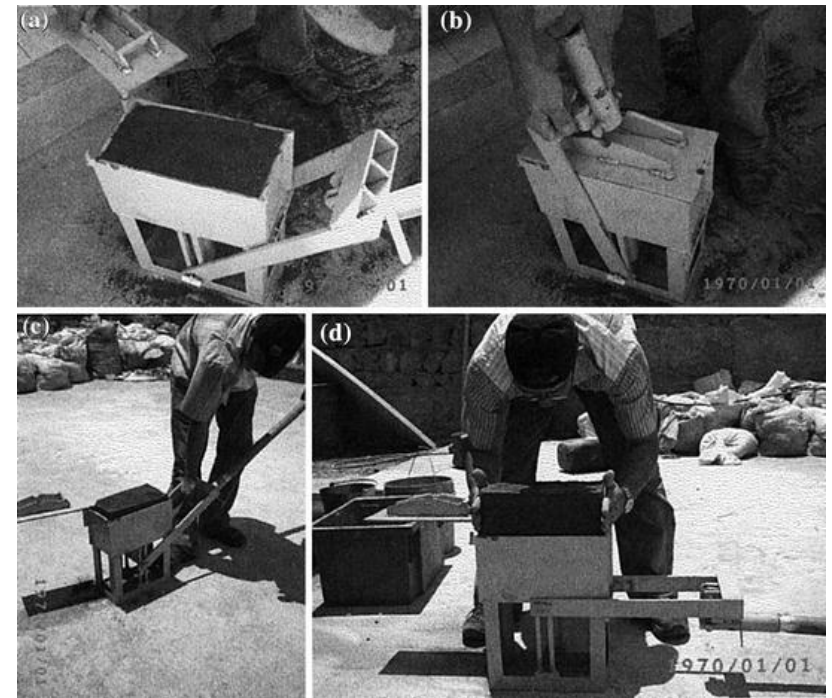
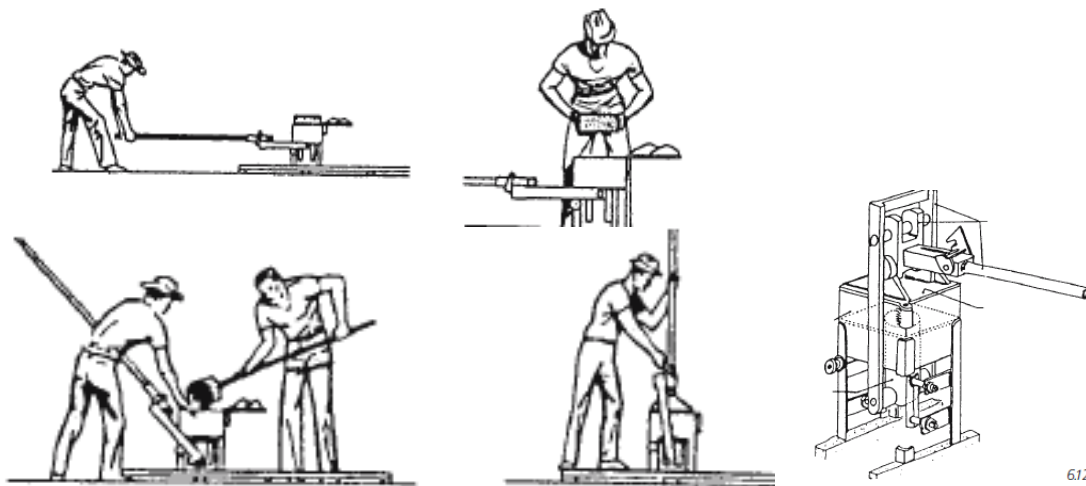
Η στέγη της κατασκευής μπορεί να είναι επίπεδη ή κεκλιμένη. Ο σκελετός της γίνεται πάντα με ξύλινα στοιχεία. Η κεκλιμένη στέγη προεξέχει της τοιχοποιίας για να την προστατεύσει από το νερό της βροχής. Περιμετρικά της τοιχοποιίας παρατηρούνται ενσωματωμένες ξυλοδεσιές.

Η τεχνική κατασκευής του ωμόπλινθου λόγω της ομοιομορφίας του υλικού οι τοιχοποιία λειτουργεί ως μονολιθικός όγκος.

Επιπλέον έχουν κατασκευαστεί μεγάλα καλούπια, διαστάσεων 3x3m, τα οποία δίνουν την δυνατότητα κατασκευής μικρής κλίμακας κτίρια.

Αργότερα εμφανίστηκε η μέθοδος της συμπίεσης ωμόπλινθων με στόχο την βελτίωση της κατασκευής στο νερό. Με την μέθοδο αυτή μειώνεται το πορώδες του χώματος και τα κενά αέρα που περιέχει και έτσι το νερό δεν διεισδύει εύκολα.

Αρχικά γινόταν χειροκίνητα με την χρήση εργαλείων συμπίεσης και στα τέλη του 18<sup>ου</sup> αι. χρησιμοποιήθηκαν χειροκίνητες πρέσες(εικ.101). Στις δυο αυτές περιπτώσεις η μέθοδος αυτή ήταν αναποτελεσματική λόγω χρόνου και αδυναμίας ελέγχου του τελικού προϊόντος και του κόστους συντήρησης των μηχανών αντίστοιχα.



Εικ.101: Χειροκίνητα πρέσες γνωστός ως CINVA Ram, που αναπτύχθηκε στην Κολομβία από τον Χιλή μηχανικό Ramirez



## ΧΥΤΟ ΥΛΙΚΟ

### Rammed earth-Συμπιεσμένη γη

Η τεχνική rammed earth ή συμπιεσμένη γη, ή pise στα γαλλικά χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία φέροντων τοίχων με την χρήση ξυλότυπου. Δείγματα θεμελίων της τεχνικής αυτής βρέθηκαν στην Ασσύρια και χρονολογούνται από το 5000π.Χ.

Χρησιμοποιείται αμμώδες χώμα ή χαλικώδες χαμηλό ποσοστό σε άργιλο, αναμιγμένο με νερό έτσι ώστε να γίνει ένα ομοιογενές χυτό μίγμα. Τοποθετείται προσωρινός ξυλότυπος, σε σχήμα ορθογώνιο ή καμπύλο(εικ.103), πάνω σε λίθινα θεμέλια και το μίγμα χύνεται μέσα στον ξυλότυπο σε στρώσεις (10-25cm). Ακολουθως συμπιέζεται ώστε να αυξηθεί η πυκνότητά του, φτάνοντας στο μισό του αρχικού ύψους(εικ.103). Η μέθοδος αυτή όπως και στις προηγούμενες τεχνικές αυξάνει την αντοχή του στο νερό αλλά και αντοχή σε θλίψη.

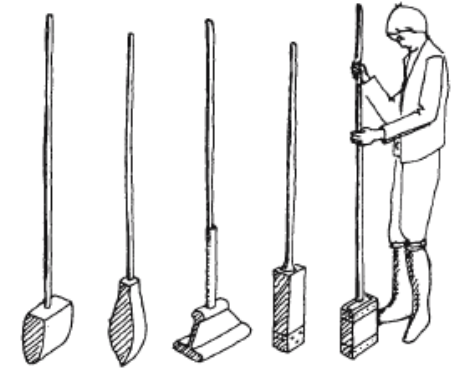
Αρχικά η συμπίεση γινόταν χειροκίνητα με την χρήση ειδικών εργαλίων, έμβολων(rammers) (εικ.102) ενώ αργότερα κατασκευάστηκαν ειδικά μηχανήματα.

Με την συμπίεση δημιουργούνται στρώσεις ύψους 50-80cm. Μετά ο ξυλότυπος αφαιρείται και επανατοποθετείται πάνω

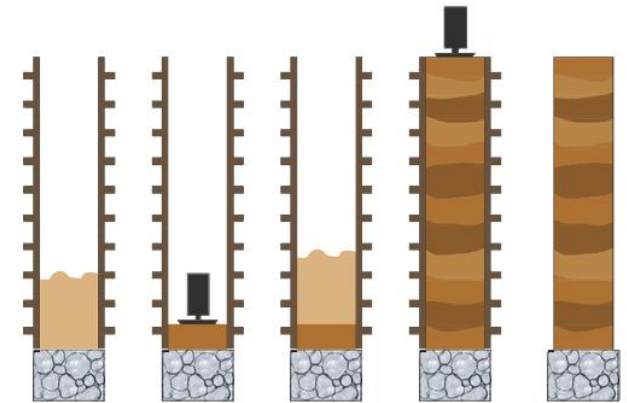
στην προηγούμενη στρώση έτσι ώστε να φτάσει κανείς στο επιθυμητό ύψος. Μετά την αφαίρεση του ξυλότυπου η όποια επεξεργασία της τοιχοποιίας θα πρέπει να γίνει άμεσα καθώς αποξυρύνεται ο τοίχος. Σε αυτή την φάση μπορούν να δημιουργηθούν τα ανοίγματα με την χρήση μαχαιριού ή σύρμα.

Κατά την διάρκεια της κατασκευής μπορεί να προκύψουν προβλήματα. Οι συμπιεσμένες στρώσεις αποξηρύνονται σε διαφορετικές χρονικές περιόδους και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την κακή σύνδεση μεταξύ τους. Έτσι εμφανίζονται ρωγμές στην τοιχοποιία, οι οποίες αντιμετωπίζονται με την χρήση ασβεστοκονιάματος ανάμεσα στις στρώσεις.

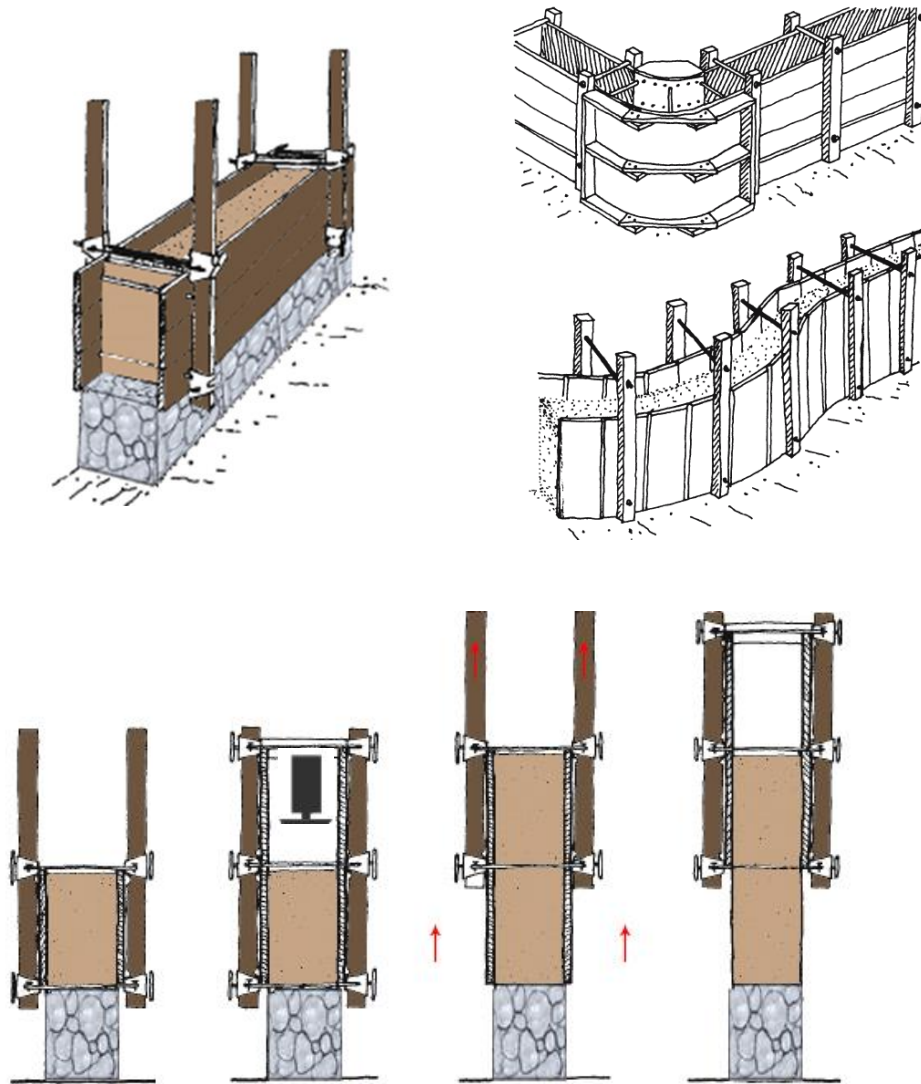
Οι όψεις που αποκτά η κατασκευή φαίνονται ενιαίες με την ιδιότητα της τοιχοποιίας να λειτουργεί ως μονολιθικός όγκος(εικ.104).



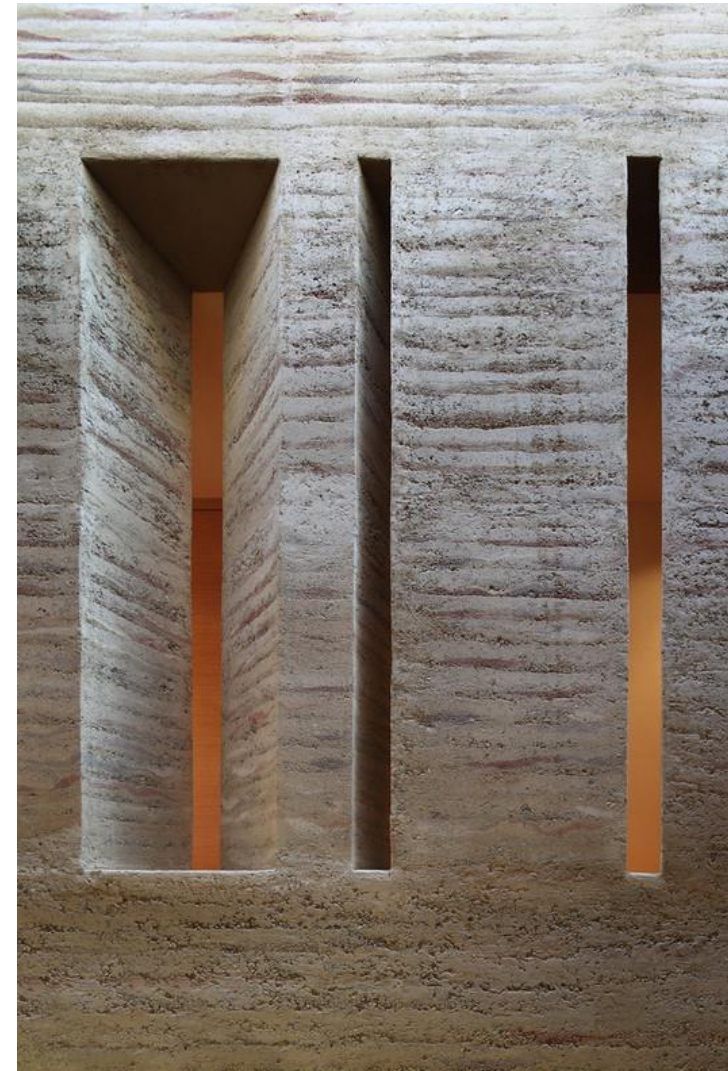
Εικ.102: Εργαλεία συμπίεσης χειροκίνητα (rams)



Εικ.103: Το χυτό μίγμα χύνεται μέσα στον ξυλότυπο και ακολουθως συμπιέζεται



Εικ.103: Ο ξυλότυπος μετά την συμπίεση αφαιρείται και τοποθετείται στο δίπλα τμήμα και συνεχίζει οριζόντια



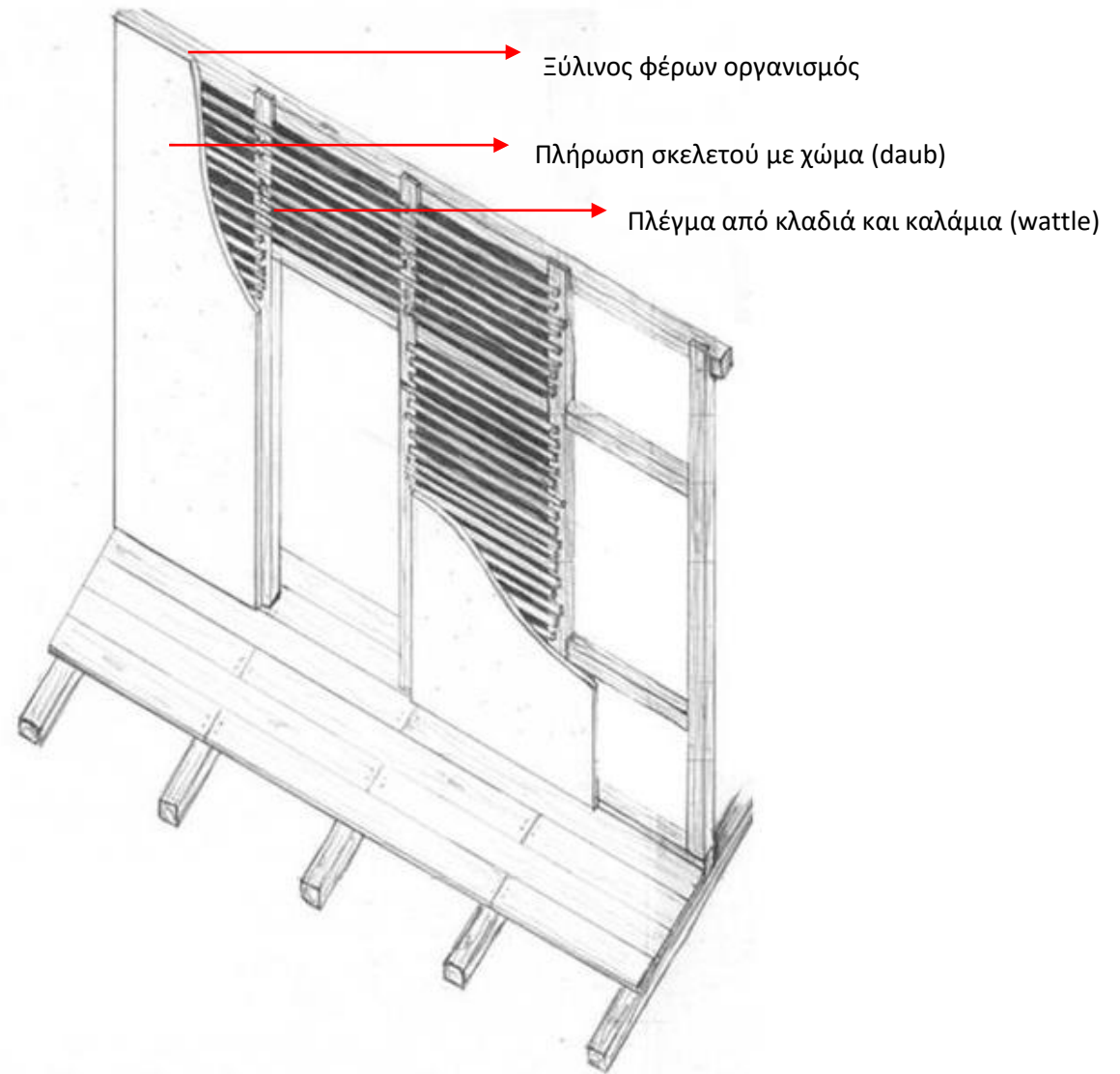
Εικ.104: Τοιχοποιία με την τεχνική rammed earth όπου διακρίνονται οι οριζόντιες συμπιεσμένες στρώσεις δίνοντας ένα ενιαίο αποτέλεσμα

## ΧΩΜΑ ΩΣ ΥΛΙΚΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ

Το χώμα ως υλικό δόμησης έχει χρησιμοποιηθεί ως υλικό πλήρωσης σε ξύλινο σκελετό. Η τεχνική αυτή εφαρμόστηκε τόσο στην Ευρώπη, Αφρική και Ασία όσο και στην Αμερική. Υπάρχουν πολλές παραλλαγές της τεχνικής αυτής.

## Wattle and daub

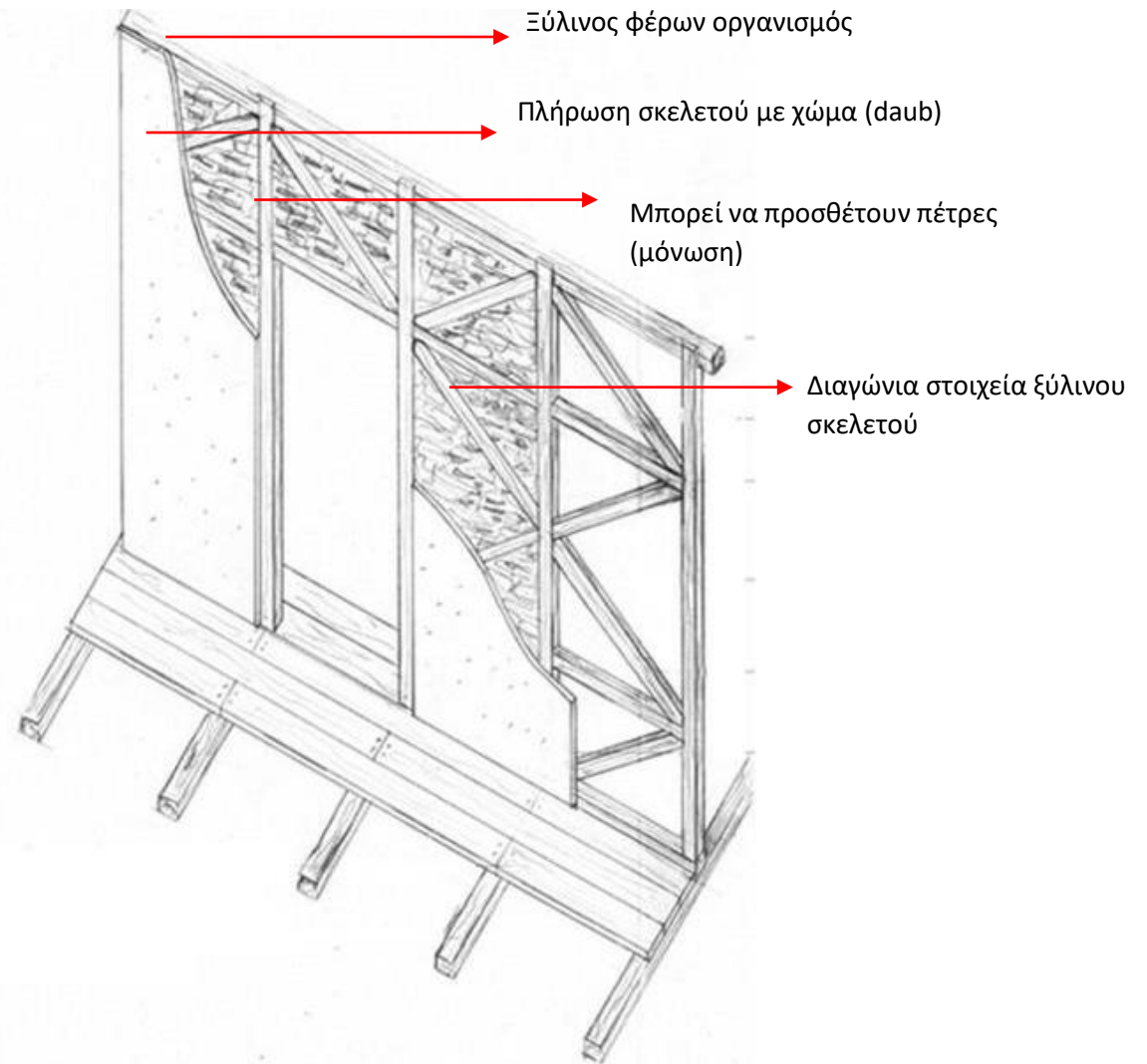
Το Wattle and daub είναι μία από τις πιο παλιές τεχνικές κατασκευής. Ξύλινα στοιχεία αποτελούσαν τον φέρον οργανισμό όπου στο εσωτερικό τους σχηματιζόταν ένα πλέγμα από λεπτά κλαδιά και καλάμια πλεγμένα με σκοινί. Το χυτό υλικό από αργιλώδες έδαφος αναμιγμένο με νερό και άχυρο χρησιμοποιούταν ως πλήρωση στο πλέγμα αυτό (εικ.105). Τοποθετούνται στρώσεις και εσωτερικά και εξωτερικά της κατασκευής έτσι ώστε να καλυφθούν όλα τα μέρη κατά τουλάχιστον 2cm. Εάν η στρώση που τοποθετήθηκε δεν είναι επαρκής θα εμφανιστούν ρωγμές με αποτέλεσμα ο τοίχος να καταστραφεί σε σύντομο χρονικό διάστημα.



Εικ.105: Τοιχοποιία με την τεχνική Wattle and daub, διακρίνεται ο ξύλινος σκελετός καθώς και το πλέγμα που δημιουργείται με τα κλαδιά και τα καλάμια

## Cob σε σκελετό

Η τεχνική αυτή είναι πιο διαδεδομένη σε χώρες με τροπικό κλίμα. Ο φέρων σκελετός αποτελείται από ξύλινα στοιχεία όπως ξύλο, μπαμπού, φυτά και άλλα φυσικά υλικά. Ο σκελετός αυτός πληρώνεται με χώμα (εικ.106) και ολοκληρώνεται μέσα σε λίγες μέρες, μια διαδικασία η οποία πραγματοποιείται κατά την περσόδο της ξηρασίας. Το πάχος των τοίχων είναι περίπου 10-15cm.

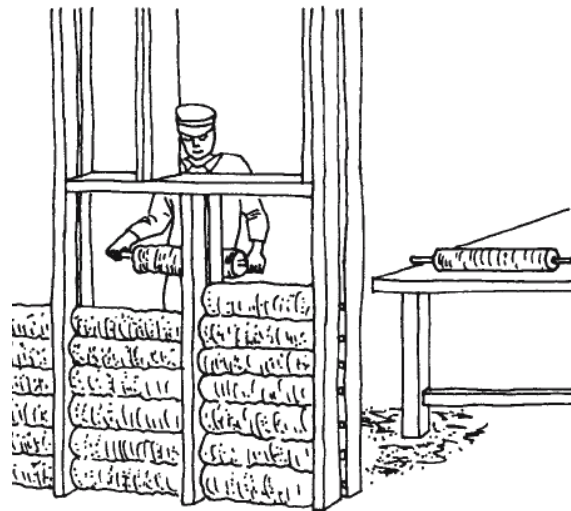


Εικ.106: Τοιχοποιία με την τεχνική cob σε σκελετό, διακρίνεται ο ξυλινος σκελετος ο οποίος σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να προστεθούν χαλίκια και στην συνέχεια πληρώνεται με χώμα

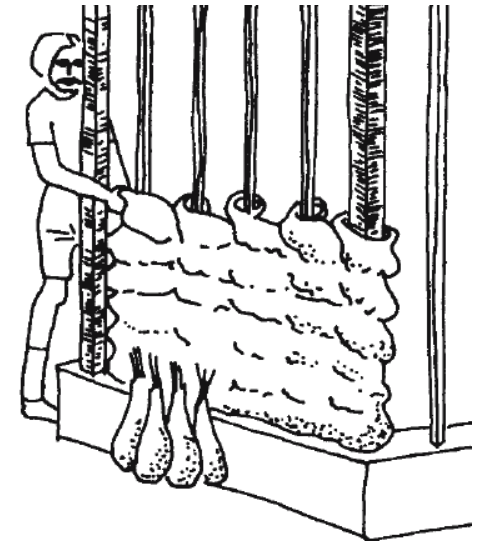
## Ρολά και μπουκάλια από χώμα

Στην Γερμανία και στην Γαλλία ο ξύλινος φέρων οργανισμός πληρωνόταν με στοιχεία που στην μια περίπτωση σχηματίζονται από ρολό, από άχυρο και άργιλο εδάφος τυλιγμένο γύρω από ένα ξύλινο στοιχείο. Ο ξύλινος φορέας ήταν κατάλληλα σχεδιασμένος με υποδοχές ώστε να υποδέχεται το ρολό αυτό(εικ.106).

Το μείγμα από άχυρο και άργιλο διαμορφωνόταν σε <<μπουκάλια>>(εικ.107), το οποίο περιείχε δέσμες άχυρου που βρίσκονταν πάνω στο μίγμα και στην συνέχεια επικαλύπτονταν εξωτερικά με αυτό. Έπειτα τοποθετούνται οριζόντια στον ξύλινο σκελετό και το στόμιο του μπουκαλιού περικλύεται γύρω από τις ξύλινες κολόνες. Το κάτω μέρος του μπουκαλιού πιέζει το στόμιο της προηγούμενης μπουκάλιας.



Εικ.106: Τεχνική κατασκευής ρολών από χώμα



Εικ.107: Τεχνική κατασκευής <<μπουκάλια>>





---

/ Οι τεχνικές κατασκευής του χώματος στην σύγχρονη τεχνολογία κατασκευής





Εικ. 109: Το χώμα χώμα ως στοιχείο  
επίστρωσης σε ξύλινο σκελετό

Οι τεχνικές κατασκευής με χώμα φαίνεται να έχουν αποτελέσει την βάση για την εξέλιξη της τεχνολογίας κατασκευής και εξακολουθούν να εφαρμόζονται ως μια νέα έκφραση σε πρακτικές της σύγχρονης μοντέρνας δόμησης.

Η Βιομηχανική επανάσταση, 19<sup>ος</sup> αι., σε συνδυασμό με την πρόοδο της τεχνολογίας έφερε νέα δεδομένα στην εξέλιξη της τεχνολογίας κατασκευής, περιθωριοποιώντας το χώμα ως υλικό δόμησης, θεωρώντας το υποδεέστερο. Η συσσώρευση του πληθυσμού στα μεγάλα αστικά κέντρα και η ανάπτυξη του βιοτικού επιπέδου είχε ως αποτέλεσμα την μαζική παραγωγή χώρων κατοίκησης με αντίστοιχη τυποποίηση της μεθοδολογίας κατασκευής. Το σκυρόδεμα και ο χάλυβας ως δομικά υλικά για φέρων στοιχεία κατασκευής και οι <<καινοτόμες>> αυτές τεχνικές τους, ήταν ικανές να δημιουργήσουν άμεσα και οικονομικά, κτιριακές υποδομές και έργα μεγάλης κλίμακας. Πάραυτα οι τεχνικές αυτές και η έννοια της φέρουσας κατασκευής ήταν οικείες και γνωστές στον άνθρωπο αφού υπάρχουν πολλές αντιστοιχίες στις τεχνικές δόμησης με αυτή του χώματος.

Ο ανθρωπολόγος Claude Lévi-Strauss[4], το 1964 επέστησε την προσοχή σε μια δυαδικότητα όσο αφορά τους πολιτισμούς, η χρήση «ωμών» και «ψημένων». Αυτά δεν περιορίζονται σε εφαρμογές στο φαγητό

αλλά σχετίζονται και με την αρχιτεκτονική αφού η γη <<θρέφει>> και τα δύο. Η χρήση της ηλιακής θερμότητας για να ξεραθεί και σταθεροποιήσει το μείγμα του χώματος είναι ίσως ο παλαιότερος τρόπος και ευρέως υιοθετημένος σε πολλές χώρες. Όπως είδαμε πιο πάνω υπάρχουν δύο χρήσεις του χώματος ως δομικό σύστημα. **Ως φέρων στοιχείο** είτε ως δομική μονάδα, είτε ως χυτό υλικό ή ως **υλικό πλήρωσης**. Έχει χρησιμοποιηθεί τόσο για φέρουσες τοιχοποιίες όσο για πατώματα, οροφές και ως συνδετικό υλικό.

Δεδομένου ότι είχαμε τις πρώτες ολοκληρωμένες κατασκευές με χώμα στην ιστορία καθώς εξελίχθηκε ο τρόπος επεξεργασίας του υλικού, οι τεχνικές και τα δομικά συστήματα που χρησιμοποιήθηκαν βάζουν τις θεμελιώδεις αρχές της δομικής τέχνης, χτίζοντας έτσι όλη την κουλτούρα κατασκευής. Εξελίχθηκαν τοπικά ιστορικά δομικά συστήματα παρουσιάζοντας έτσι την τυπολογία την μορφολογία, αποδεικνύοντας τις κατασκευαστικές ικανότητες του υλικού καθώς και τις τεχνικές κατασκευής σε εφαρμογές εξαιρετικά πρωτότυπες και μοναδικές. Παρακάτω παρουσιάζεται ο τρόπος επεξεργασίας και η τεχνικές κατασκευής του χώματος ως υλικό δόμησης καθώς και το φέρων δομικό σύστημα που χρησιμοποιήθηκε σε κάθε περίπτωση σε σύγκριση με αντίστοιχες τεχνικές κατασκευής σήμερα.

## Δομικό σύστημα

## Επεξεργασία του υλικού

### Δομική μονάδα

Το χώμα ως υλικό δόμησης έχει επεξεργαστεί σε διάφορες μορφές ως δομική μονάδα. Στο μίγμα αργίλου, προστίθενται φυτικές ουσίες όπως άχυρο ή χόρτα (εικ.110) για την ενίσχυση του υλικού, για την αποφυγή ρωγμών συρρίκνωσης και για την υγρασία όταν θα ξεραθούν στον ήλιο.



Εικ.110 : Προσθήκη άχυρου για ενίσχυση του υλικού

Αντίστοιχα για την κατασκευή προκατασκευασμένων προϊόντων από σκυρόδεμα στο μίγμα προστίθενται ίνες υάλου οι οποίες ενισχύουν την αντοχή τους.



Εικ.111 : Προσθήκη στο μίγμα σκυροδέματος ίνες υάλου

## Τεχνικές κατασκευής

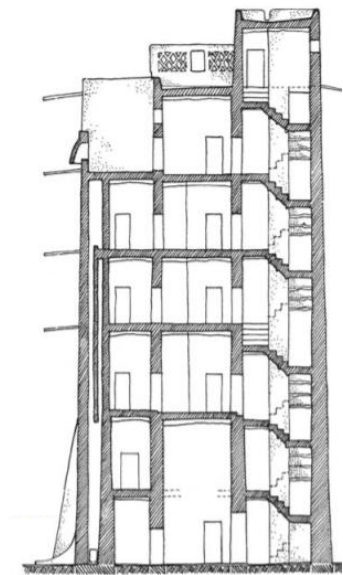
Οι πλινθοκατασκευές ήταν οι πρώτες κατασκευές στην ιστορία ενός ολοκληρωμένου φέροντος δομικού συστήματος της φέρουσας τοιχοποιίας που μπορεί κανείς να διακρίνει και να μελετήσει, εισάγοντας την θεμελιώδη **τεχνική του χισίματος**. Ανάλογα την μορφή της κατασκευής, χρησιμοποιήθηκε αντίστοιχα διαφορετικός τύπος δομικής μονάδας ενώ σε μερικές περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκαν δύο ειδών τεχνικής κατασκευής με χώμα. Η τοποθέτηση γινόταν διαδοχικά κατά ζώνες μέχρι να φτάσουν στο επιθυμητό ύψος. Πάνω σε λίθινη θεμελίωση τοποθετούσαν τις δομικές μονάδες διαδοχικά σε στρώσεις (εικ.112), οι οποίες συνδεόντουσαν με την χρήση κονιάματος και στο τέλος η τοιχοποιία επικαλυπτόταν με πηλοκονίμα (εικ.116).



Εικ.112:Τοποθέτηση δομικών μονάδων διαδοχικά για την κατασκευή φέρουσας τοιχοποιίας

Η χρήση των **δομικών μονάδων** μέσω της **τεχνικής του χισίματος** δημιούργησε ένα βασικό δομικό σύστημα, αυτό της **φέρουσας τοιχοποιίας**.

Έδωσαν την δυνατότητα κατασκευής τοιχοποιίας μεγάλου ύψους από ωμόπλινθους όπως οι ουρανοξύστες της Υεμένης, με την τεχνική της μείωσης. Η **τεχνική της μείωσης** στις φέρουσες τοιχοποιίες είτε με τούβλα ωμόπλινθων, είτε με σβόλους προφυλάσσει την κατασκευή από τυχόν κατάρρευση της τοιχοποιίας από υπερβολικό βάρος(εικ.113).



Εικ.113 : Κατοικία με την τεχνική της μείωσης στην Υεμένη.

Ο πιο εύκολος τρόπος κατασκευής ήταν να πλαστεί με τα χέρια σε **σχήμα σβόλου** (εικ.114) όπου στην συνέχεια πετάγονται με δύναμη στο έδαφος κατά ζώνες για την κατασκευή τοιχοποιίας η οποία έχει ένα γλυπτικό αποτέλεσμα. Όσο ανυψώνεται η τοιχοποιία μειώνεται το πάχος της έτσι ώστε να μην καταρρεύσει η κατασκευή.



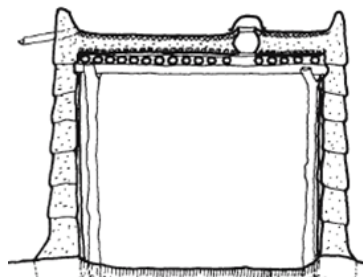
Εικ.114 : Δομική μονάδα σε σχήμα σβόλου  
Για την κατασκευή κυκλικών χώρων έχει πλαστεί σε σχήμα σφαίρας(εικ.115),το οποίο στοιβάζεται και πιέζεται στην τοιχοποιία. Στην συνέχεια σοβατίζεται, εξομαλύνεται και γυαλίζεται ο τοίχος, εσωτερικά και εξωτερικά.



Εικ.115 : Δομική μονάδα σε σχήμα σφαίρας

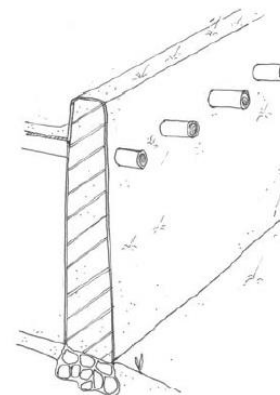


Εικ. 116: Επικάλυψη με πηλοκονίαμα  
Στην τεχνική κατασκευής cob, οι σβόλοι όπως προαναφέρθηκε πετάγονται στο έδαφος και στην συνέχεια λειαίνονται. Η κατασκευή γίνεται οριζόντια κατά ζώνες ενώ για να τοποθετηθεί η επόμενη ζώνη θα πρέπει να στεγνώσει η προηγούμενη(εικ.117). Οι σφαίρες στοιβάζονταν οι μία πάνω στην άλλη διαδοχικά και στην συνέχεια πιέζονταν, δημιουργώντας κυρίως κυκλικές μορφές κατασκευής. Σε διαδοχικές στρώσεις τοποθετούνταν οι κύλινδροι χωρίς την χρήση συνδετικού κονιάματος καθώς βρίσκονταν σε υγρή μορφή.



Εικ.117: Κατασκευή τοιχοποιίας με την τεχνική cob κατά ζώνες

Η ίδια τεχνική χρησιμοποιήθηκε στην πόλη από λάσπη στο Μάλι και στον οικισμό Mousgoun, όπου χρησιμοποιήθηκε ένα επιπλέον **δομικό σύστημα με αντηρίδες** οι οποίες ενίσχυαν τις ακμές επιτυγχάνοντας μεγαλύτερο ύψος στην κατασκευή. Επίσης λειτουργούσαν ως οπλισμός σε πολλά παραδείγματα γήινης δόμησης ενισχύοντας την αντοχή της κατασκευής(εικ.118,119).

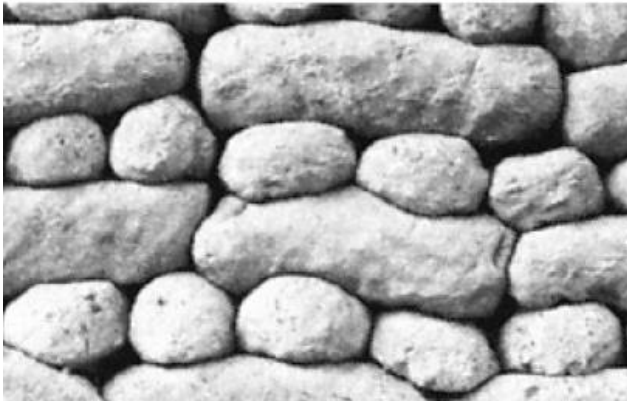


Εικ.118: Αξονομετρική απεικόνιση τοιχοποιίας με αντηρίδες.



Εικ.119: Ξύλινες ενισχύσεις της φέρουσας τοιχοποιίας και αναμονές για την επισκευή και συντήρηση της

Στην τεχνική << Duenner>> , το μίγμα πλάθεται σε σχήμα κυλίνδρου(εικ.120) όπου αυτοί στοιβάζονται παρουσιάζοντας ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό. Οι τρύπες οι οποίες είναι ορατές στις όψεις σχηματίζονται για την απορρόφηση του πηλοκονιάματος.



Εικ.120: Δομικές μονάδες σε σχήμα κυλίνδρου

Το κωνικό- πυραμοειδές σχήμα πλάθεται επιτόπου, δίνοντας το επιθυμητό αποτέλεσμα. Το μίγμα κονιάματος από χώμα και άχυρο, χύνεται σε μεγάλες ποσότητες έτσι ώστε η κορυφή του ενός να εισχωρήσει ανάμεσα στις δυο ανεστραμμένες κορυφές των προηγούμενων(εικ124).

Τα 3D εκτυπωμένα σπίτια είναι μια σύγχρονη καινοτομία η οποία βρίσκεται ακόμα σε εξέλιξη. Μέσω τρεχόντων γιγαντιαίων τρισδιάστατων εκτυπωτών κατασκευάζονται σπίτια χαμηλού κόστους και χρόνου. Έχει ρυθμιζόμενες διαστάσεις για την παραγωγή ανθεκτικών μονώροφων κτιρίων από τσιμέντο και η κατασκευή γίνεται σε ζώνες με το τελικό φινίρισμα να είναι ορατό στις όψεις(εικ.121,122).



Εικ.121: Διαδικασία κατασκευής με 3D εκτυπωτή

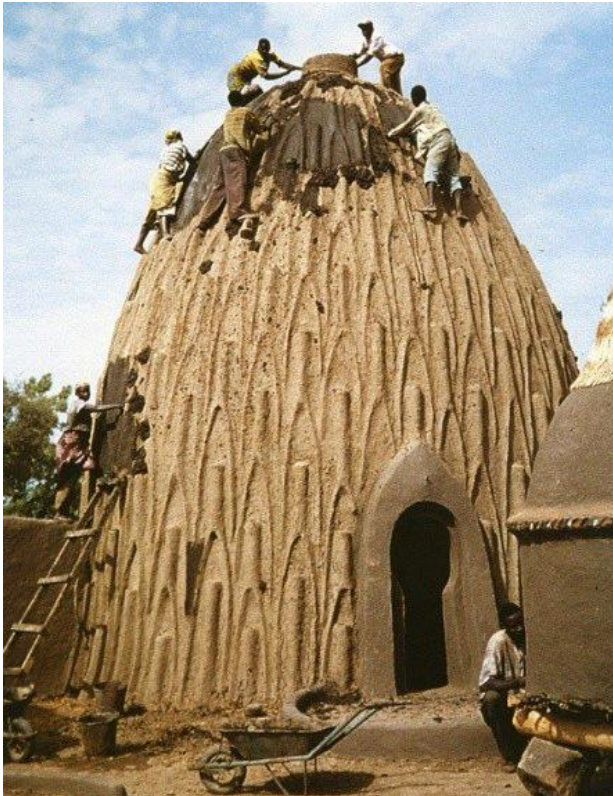


Εικ.122: Κατοικία με 3D εκτυπωτή

Αντίστοιχα οι σιδερένιοι ράβδοι που χρησιμοποιούνται ως οπλισμός στους τσιμεντόλιθους (εικ.123) και στην δημιουργία φέρων οργανισμού από χυτό σκυρόδεμα αυξάνει τις μηχανικές ιδιότητες της κατασκευής.



Εικ.123: Τοποθέτηση σιδερένιου οπλισμού για ενίσχυση της φέρουσας κατασκευής



Εικ. 124: Κωνικό- πυραμοειδές σχήμα

Στην τεχνική cut blocks οι μονάδες κόβονται απευθείας από το έδαφος και είναι έτοιμες για χρήση. Δεν χρειάζεται προετοιμασία διότι είναι φυσικά συνεκτικό το έδαφος στο οποίο κόβονται(εικ.17).

Για την **τεχνική της πλινθοκατασκευής** διαμορφωνόταν μια λίθινη θεμελίωση πάνω στην οποία ανυψωνόταν η φέρουσα τοιχοποιία με τούβλα ωμόπλινθου, αφού πρώτα είχαν ξεραθεί στον ήλιο. Η τοποθέτηση τους γινόταν διαδοχικά και συνδέονταν με την χρήση κονιάματος(εικ.125). Η κύρια μορφή της κατασκευής που επικράτησε ήταν ορθογώνιου σχήματος ωστόσο παραδείγματα γήινης δόμησης μας αποδεικνύουν πως αυτή η τεχνική έχει χρησιμοποιηθεί σε θολωτές, κυκλικές και τοξωτές μορφές.

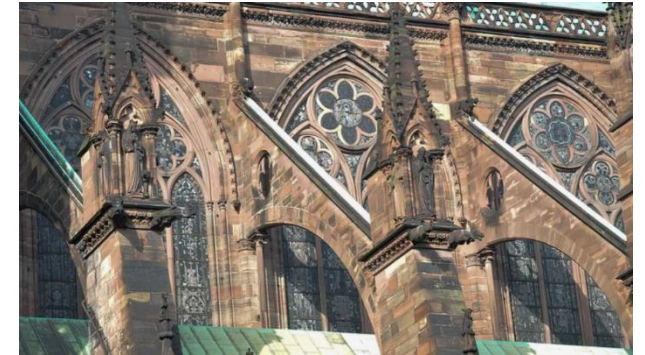


Εικ. 125: Τοποθέτηση τούβλων από ωμόπλινθο για την κατασκευή φέρουσας τοιχοποιίας



Εικ. 126: Πλινθοκατασκευή

Ο ναός της Παναγίας των Παρισίων είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της τεχνικής των αντηρίδων μιας και οι επίστεγες αντηρίδες συγκρατούν τους εξωτερικούς τοίχους(εικ.127).



Εικ.127: Επίστεγες αντηρίδες οι οποίες συγκρατούν την εξωτερική τοιχοποιία.

Η κατασκευή **κελύφους καμπυλόμορφης γεωμετρίας** είχε την ιδιότητα ενός άκαμπτου συστήματος. Για την κατασκευή κυκλικής μορφής χρησιμοποιήθηκαν περισσότερο οι σβόλοι και η μπάλα. Για τις θολοδομές χρησιμοποιήθηκαν τούβλα ωμόπλινθου, όπως στον Ναο του Ραμσή Β' [5], στην Αίγυπτο(εικ131). Η κατασκευή έγινε χωρίς την χρήση ξυλότυπου ή κάποιου άλλου εξοπλισμού. Τα τούβλα που χρησιμοποιήθηκαν είχαν μικρότερες διαστάσεις σε πλάτος και πάχος από τις δεδομένες διαστάσεις όπως και το βάρος του τούβλου ανά μονάδα εμβαδού αρμού κονιάματος που ήταν μικρότερο. Αυτό αποτρέπει την ολίσθηση των τούβλων, τα



Εικ.128: Cut- blocks

Ωστόσο για την κατασκευή τυποποιημένων δομικών μονάδων έχει χρησιμοποιηθεί καλούπι για την κατασκευή τούβλων από ωμόπλινθο. Το μίγμα τοποθετείτε σε ξύλινα καλούπια παραλληλεπίπεδου σχήματος και στην συνέχεια αφήνεται να ξεραθούν στον ήλιο(εικ.134). Διαμορφώνεται λίθινη θεμελίωση στην οποία ανυψώνεται η τοιχοποιία σε διαδοχικές στρώσεις με την τεχνική της μείωσης από τούβλα ωμόπλινθου τα οποία συνδέονται με κονίαμα(εικ.26). Οι τοιχοποιία σοβατίζεται με πηλοκονίαμα, όπου σε μερικές περιπτώσεις εφαρμόζονται στην

Αντίστοιχα σήμερα η θεμελιώδης τεχνική του χτισίματος βρίσκει εφαρμογή με σύγχρονα υλικά όπως τα τούβλα και τους λίθους(εικ.129,130).



Εικ.129: Οπτοπλινθοδομή



Εικ.130: Λιθοδομή

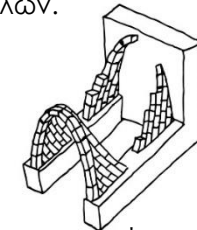
οποία βρίσκονται σε κεκλιμένη θέση(εικ.132,133).



Εικ.131 : Θολωτή μορφή, Ναός του Ραμσή Β', στην Αίγυπτο



Εικ.132 : Λεπτομέρεια σύγχρονης συναρμογής τούβλων με κονίαμα στην Αίγυπτο για κατασκευή θόλων.

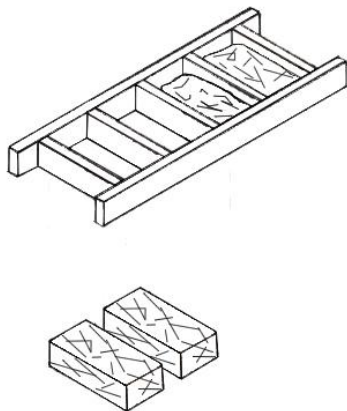


Εικ.133 : Αξονομετρική απεικόνιση θολωτής μορφής

κατασκευή αντηρίδες οι οποίες χρησιμοποιούνται ως σκαλωσιά.

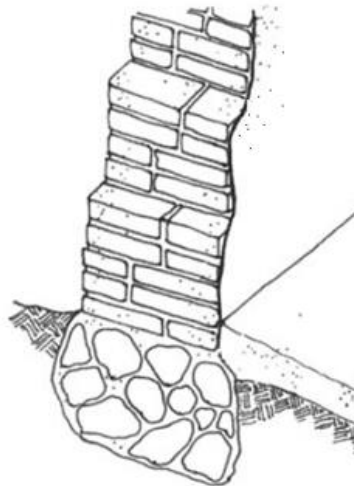
Ακολουθως αναπτύχθηκε η τεχνική του πρεσαρίσματος(εικ127). Με αυτό τον τρόπο αυξάνονται οι εσωτερικές δυνάμεις του υλικού, μειώνοντας το πορώδες του χώματος αποτρέποντας την διείσδυση του νερού.

Η επεξεργασία του υλικού σε διαφορετικά είδη δομικών μονάδων εξέλιξαν παράλληλα έννοιες και τεχνικές οι οποίες χρησιμοποιούνται σήμερα σε σύγχρονα υλικά όπως η **τεχνική του καλουπιού**, της **τυποποιημένης μονάδας**. Προκειμένου να αυξηθούν οι μηχανικές ιδιότητες του υλικού αναπτύχθηκε η τεχνική του **συνδετικού κονιάματος**, της **συμπίεσης** και του **οπλισμού**.



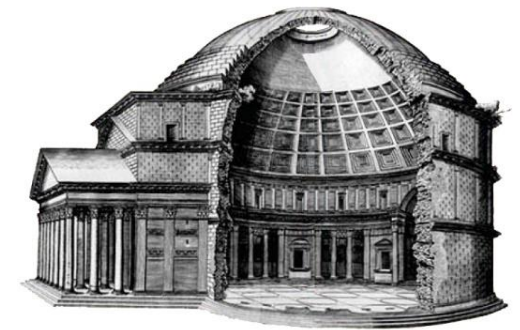
Εικ.134: Τοποθέτηση του μίγματος σε καλούπι

Σημαντικός ήταν ο ρόλος της λίθινης θεμελίωσης στις πλινθοκατασκευές καθώς λειτουργεί ως θεμελίωση, προστατεύει την τοιχοποιία από το νερό και την υγρασία και τέλος αποτρέπει την διείσδυση τρωκτικών και ερπετών στην τοιχοποιία. Ακόμα συμβάλει στην αντοχή της κατασκευής. Η **τεχνική κατασκευή της θεμελίωσης** εξακολουθεί να διαμορφώνεται για στατικούς και ανθεκτικούς λόγους καθώς δημιουργούνται περισσότερες απαιτήσεις από τα έργα μεγάλης κλίμακα που κατασκευάζονται. Για την κατασκευή πλίνθινου κτιρίου, το έδαφος σκάβεται περίπου 25-50cm. Στην συνέχεια τοποθετούνται λαξευμένες πέτρες οι οποίες συνδέονται με πηλοκονίαμα και ανυψώνεται η φέρουσα τοιχοποιία(εικ.135).

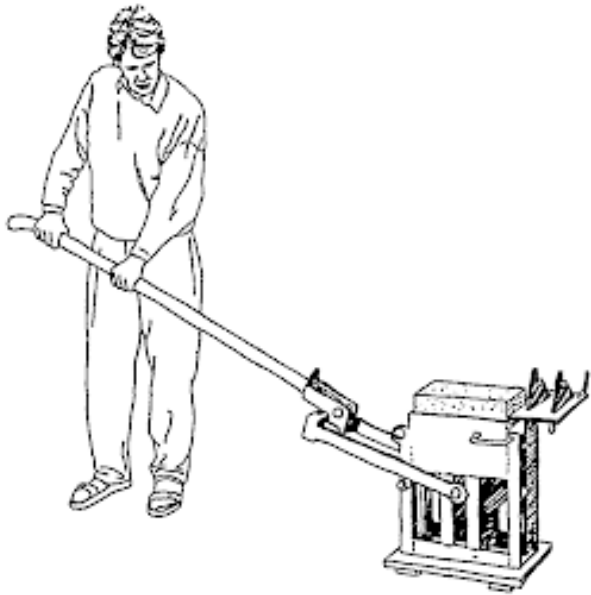


Εικ.135: Κατασκευή φέρουσας τοιχοποιίας πάνω σε λίθινη θεμελίωση με τούβλα από ωμόπλινθο

Αντίστοιχα οι θολωτές και οι τοξωτές μορφές σήμερα κατασκευάζονται από λίθους με σφηνοειδή γεωμετρική φόρμα ή τούβλα με την χρήση ξυλότυπου ορίζοντας την γεωμετρία της κατασκευής. Τα κενά μεταξύ των στοιχείων καλύπτονται με χυτά υλικά. Τις συναντάμε κυρίως σε θρησκευτικά κτίρια, σε γεφύρια και σε δημόσια κτίρια. Έχουν αναπτυχθεί διάφορα είδη τόξων και αυτό οφείλετε στον αρχιτεκτονικό ρυθμό της εποχής, στην μορφή και στην λειτουργία του χώρου και τις στατικές απαιτήσεις. Οι τρούλοι οι οποίοι κατασκευάζονται υιοθετούν το βυζαντινό σύστημα των σφαιρικών θόλων πάνω από τετράγωνους χώρους σε κάτοψη. Χαρακτηριστικά παραδείγματα θόλων είναι ο τρούλος του Φιλίππο Μπρουνελέσκι στην Φλωρεντία στον καθεδρικό ναό Σάντα Μαρία ντελ Φιόρε, ο τρούλος της Αγίας Σοφίας και ο θόλος του Πανθέου της Ρώμης(εικ. 136,140,141).



Εικ.136: Θολωτή μορφή του Πανθέου της Ρώμης



Εικ.137: Χειροκίνητη μηχανή πρεσαρίσματος



Εικ.138: Χρήση κονιάματος για σύνδεση των ωμόπλινθών τούβλων

Υπάρχουν δύο ειδών θεμελιώσεων στην σύγχρονη τεχνολογία κατασκευής οι αβαθής και η βαθιά θεμελίωση. Οι πιο συχνές θεμελιώσεις που κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι τα πέδιλα και οι πάσσαλοι αντίστοιχα(εικ.139). Για την προστασία της τοιχοποιίας από την υγρασία τοποθετείται στρώση από στεγνωτικό υλικό υπό κλίση στο πάνω μέρος του θεμελίου, έτσι ώστε να στραγγίζονται τα νερά[6].



Εικ.139 : Πέδιλο



Εικ.140: Θολωτή μορφή του Πανθέου της Ρώμης



Εικ.141: Ο τρούλος στον καθεδρικό ναό Σάντα Μαρία ντελ Φιόρε, του Μπρουνελέσκι



Αντίστοιχα σήμερα **τυποποιημένες μονάδες σε καλούπι** αποτελούν τα τούβλα οπτόπλινθου, μπετόν, ασβέστη τα πυρίμαχα, τα υαλότουβλα και τα προκάτ δομικά στοιχεία είτε από ξύλο είτε από μπετόν(εικ.142, 143,146).

Η χρήση της τσιμεντοκονίας[7] είναι η εξέλιξη του πηλοκονιάματος η οποία χρησιμοποιείται ως συνδετικό υλικό στην τεχνική του χισίματος(εικ.147). Επιπλέον η θηραϊκή γη αποτελεί φυσικό υδραυλικό τσιμέντο και ήταν ο πρόδρομος του μπετόν.



Εικ.142: Ασβεστολουβλα



Εικ.143: Οπτόπλινθος

Διαμορφώθηκαν και αναπτύχθηκαν διαφορετικοί **τύποι κελυφών** ανάλογα με την επεξεργασία της δομικής μονάδας. Οι κατοικίες στο The land of the Batmmariba, Koutammakou κατασκευάστηκαν με την τεχνική cob, όπου φαίνονται οι διαφορετικές στρώσεις με την τεχνική αυτή, σχηματίζοντας κυκλικές μορφές. Η ίδια μορφή εμφανίζεται και στην Γκάνα της Αφρικής με την τεχνική κατασκευής της μπάλας, όπου μετά την τοποθέτησή τους, πιέζονται στην τοιχοποιία και εξομαλύνονται. Επίσης κυκλική μορφή με τούβλα από ωμόπλινθους παρατηρήθηκε στον οικισμό της Χοιροκοιτίας στην Κύπρο.



Εικ.144: Κυκλικό κέλυφος στην Γκάνα της Αφρικής



Εικ.145: Οικισμός της Χοιροκοιτίας



Εικ.146: Τσιμεντόλιθος



Εικ.147: Χρήση τσιμεντοκονίας ως συνδετικό υλικό των δομικών μονάδων

Αντίστοιχα το κέλυφος και η μορφή του κτιρίου εξελίχθηκαν ανάλογα με τα υλικά, τα αρχιτεκτονικά πρότυπα της εποχής και την νέα τεχνολογία. Πέρα από την απλή ορθοκανονική μορφή δημιουργήθηκαν σύνθετα κελύφη ανάλογα με τον σκοπό και τις ανάγκες που πρέπει να εξυπηρετεί το κτίριο στην σύγχρονη εποχή όπως την εξοικονόμηση ενέργειας, τον βιοκλιματικό σχεδιασμό και τον επαρκή φωτισμό και αερισμό (εικ.148,149).



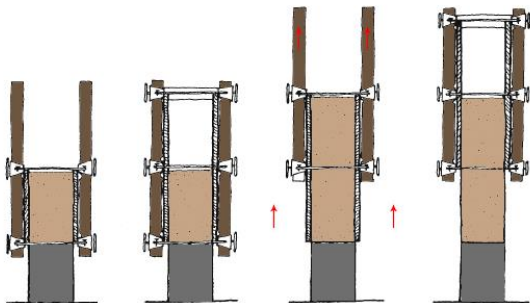
Εικ.148: National Center for Performing Arts ("The Egg"), Πεκίνο, Κίνα



Εικ.149: Το Louvre Abu Dhabi του Jean Nouvel, Αραβικά Εμιράτα

## Χυτό υλικό

Στην τεχνική rammed earth το χώμα χρησιμοποιείται υπό την μορφή χυτού υλικού μέσα σε προσωρινό ξυλότυπο σε στρώσεις για την κατασκευή τοιχοποιίας και στην συνέχεια συμπιέζεται(εικ.150). Το μίγμα αυτό έχει διαφορετική σύσταση σε σχέση με το μίγμα για την κατασκευή δομικών μονάδων ενώ δεν αναμιγνύεται με φυσικά πρόσθετα. Οι τοίχοι είναι κατασκευασμένοι σε τμήματα και η άνοδος κάθε επιπέδου ξυλότυπου είναι συχνά ορατή στο τελικό φινίρισμα.



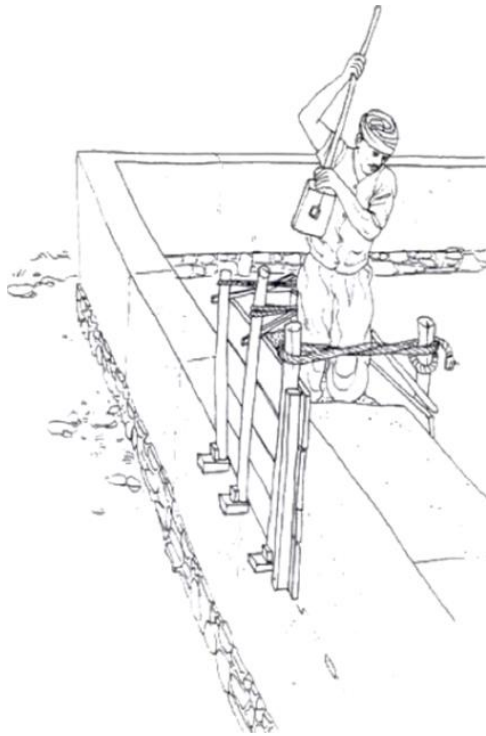
Εικ.150 : Τεχνική κατασκευής Rammed earth όπου το χυτό μίγμα τοποθετείτε σε προσωρινό ξυλότυπο

Αρχικά διαμορφώνεται μια λίθινη θεμελίωση στην οποία ανυψώνεται η φέρουσα τοιχοποιία. Ανάλογα την μορφή της κατασκευής με την τεχνική rammed earth υπάρχουν διάφοροι τύποι ξυλότυπου, καμπύλο ή ορθογώνια μορφής. Διαμορφώνετε πριν την τοποθέτηση του χυτού μίγματος. Στην συνέχεια το μίγμα περιχύνεται και συμπιέζεται. Η τεχνική της συμπίεσης του υλικού αυξάνει επίσης τις μηχανικές ιδιότητες της κατασκευής. Ο ξυλότυπος αφαιρείται μετά την ολοκλήρωση της συμπίεσης και η κατασκευή συνεχίζεται οριζοντίως(εικ.150,151).

Η τεχνική rammed earth ανέπτυξε την τεχνική των **χυτών κατασκευών** και την τεχνική του **ξυλότυπου**- καλούπι η οποία βρίσκει εφαρμογή στις σύγχρονες χυτές κατασκευές με την βοήθεια καλουπιού όπως το μπετόν(εικ.152).

Αντίστοιχα το σκυρόδεμα είναι ένα χυτό υλικό το οποίο περιχύνεται μέσα σε ξυλότυπο στον οποίο έχει τοποθετηθεί σιδερένιος οπλισμός. Ιδίως, στα τούβλα τσιμεντόλιθου αφού τοποθετηθεί ο σιδερένιος οπλισμός περιχύνεται το χυτό μίγμα στα διάτρητα σημεία του.

Τα τελευταία χρόνια αναπτύχθηκε η τεχνολογία για ένα σταθερό είδος ξυλότυπου, ο οποίος μετά την τοποθέτηση του σκυροδέματος δεν



Εικ.151 : Το χυτό μίγμα συμπιέζεται στο ξυλότυπο και η κατασκευή συνεχίζει οριζοντίως

αποσυναρμολογείται αλλά λειτουργεί και ως στοιχείο μόνωσης της κατασκευής(εικ.153).

Στην προσπάθεια δημιουργίας μεγάλου μεγέθους καλουπιού με σκοπό την μείωση του κόστους του ξυλότυπου για την κατασκευή και ακρίβεια διαστάσεων, δημιουργήθηκαν τρισδιάστατες φόρμες ξυλοτύπων. Χρησιμοποιούνται για την προκατασκευή δομικών στοιχείων όπως πλαίσια και τοίχοι από μπετόν ή ξύλο(εικ.154).



Εικ. 152: Σε ξυλότυπο τοποθετείτε σιδερένιος οπλισμός και στην συνέχεια το σκυρόδεμα



Εικ.153 : Σταθερός ξυλότυπος



Εικ.154 : Προκατασκευασμένο πάνελ σκυροδέματος

## Χρήση του χώματος ως επίχρισμα

Το χυτό υλικό από χώμα χρησιμοποιήθηκε ως στοιχείο πλήρωσης ή επίστρωσης ανάλογα με την χρήση του.

Στην τεχνική του μπαγδατιού(εικ.158) χρησιμοποιήθηκε ως υλικό πλήρωσης σε ξύλινο σκελετό στα πλέγματα που δημιουργούνται από κλαδιά και καλάμια στο εσωτερικό του σκελετού.

Στην τεχνική του τσατμά διαμορφώνονται στο εσωτερικό του ξύλινου σκελετού διαγώνια ξύλινα στοιχεία και κατόπιν πληρώνεται με χώμα. Στις δύο αυτές τεχνικές οι στρώσεις που θα τοποθετηθούν πρέπει να είναι επαρκής (εικ.157). Σε μερικές περιπτώσεις η πλήρωση του ξύλινου σκελετού γινόταν με την χρήση δομικών μονάδων όπως τούβλα ωμόπλινθου.

Ακολούθησαν ακόμα δύο τεχνικές πλήρωσης. Ο ξύλινος φορέας πληρωνόταν με ρολά(εικ.159) τα οποία ήταν τυλιγμένα γύρω από ένα ξύλο ή με μπουκάλια τα οποία τοποθετούνταν οριζόντια γύρω από τις ξύλινες κολόνες έτσι ώστε το στόμιο του μπουκαλιού να πιέζει το κάτω μέρος της προηγούμενης.

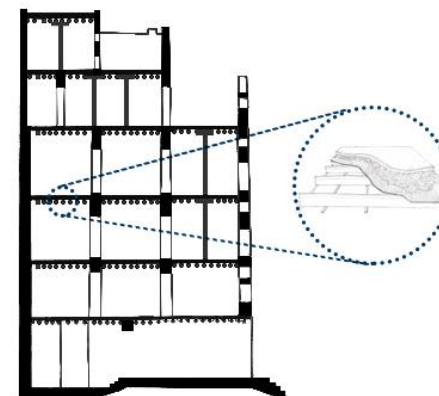
Η **τεχνική του επιχρίσματος** η οποία εφαρμόστηκε στις τεχνικές του τσατμά και του μπαγδατιού χρησιμοποιήθηκε ως κατακόρυφη επένδυση σε ξύλινο φέρον σκελετό όπως στο Δισπήλιο της Καστοριάς, στο Στρασβούργο της Γαλλίας και στη Μίλτενμπεργκ της Γερμανίας με σκοπό την προστασία της φέρουσας κατασκευής.



Εικ.155: Δισπήλιο Καστοριάς

Αντίστοιχα σήμερα τα κτίρια επιχρίονται εσωτερικά και εξωτερικά για την προστασία από τις καιρικές συνθήκες αλλά και για ένα ομοιόμορφο αποτέλεσμα των όψεων(εικ.163). Η τεχνική της επίστρωσης ενός χυτού υλικού εφαρμόζεται στα χυτά δάπεδα (εικ.161) και στην μέθοδο της στεγάνωσης της οροφής(εικ.160).

Οι πλινθοκατασκευές αναπτύσσονταν καθ' ύψος και δημιουργούσαν **οριζόντιους φέροντες δίσκους**, δηλαδή ενδιάμεσα δάπεδα, κατασκευασμένα από ξύλινες δοκούς όπου καλύπτονταν με χώμα όπως οι ουρανοξύστες της Υεμένης και η πόλη από λάσπη στο Μάλι(εικ.156). Ακόμα για την οροφή χρησιμοποιήθηκαν ξύλινα δοκάρια όπου έφεραν στέγη από λάσπη ή άχυρο.

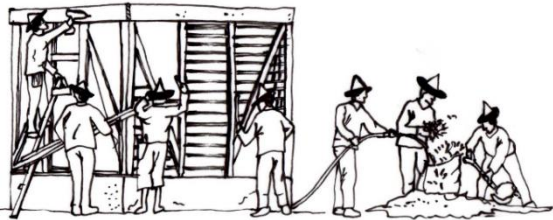


Εικ.156 : Οριζόντιοι φέροντες δίσκοι από ξύλινες δοκούς οι οποίες επικαλύπτονται με λάσπη

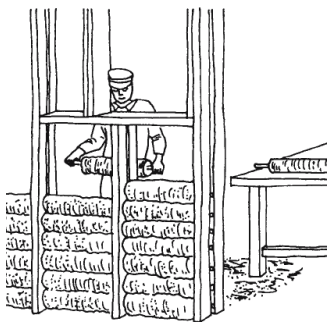
Η τεχνική αυτή αποτελεί **ένα σύνθετο φέρον σύστημα**, όπως διακρίνεται στα παραδείγματα των δύο πόλεων, στο Στρασβούργο της Γαλλίας και στο Μίλτενμπεργκ της Γερμανίας στις οποίες ο ξύλινος φορέας είναι διακριτός στις όψεις, ο οποίος έχει πληρωθεί με χώμα. Η τεχνική αυτή έδωσε την δυνατότητα κατασκευής περισσότερων από δύο ορόφων.



Εικ.157: Τεχνική κατασκευής τσατμά



Εικ.158: Τεχνική κατασκευής μπαγδατιού



Εικ.159 : Τεχνική κατασκευής με ρολά



Εικ.160: Στεγάνωση οροφής



Εικ.161: Χρήση χυτού υλικού για την κατασκευή δαπέδου με την βοήθεια μεταλλικού στοιχείου ή ξύλινου ή μύστρας



Εικ.162: Μίλτενμπεργκ της Γερμανίας  
Ο μεταλλικός ή οπλισμένου σκυροδέματος σκελετός που διαμορφώνεται σήμερα, πληρώνεται με πάνελ ή τούβλα (εικ.164) και μόνωση και για το τελικό φινίρισμα οι τοίχοι επιχρίονται.



Εικ.163: Σοβάτισμα εξωτερικής τοιχοποιίας.



Εικ.164 :Ο μεταλλικός σκελετός πληρώνεται με τούβλα

Οι τεχνικές κατασκευής του χώματος στην σύγχρονη τεχνολογία κατασκευής

Οι άνθρωποι αντιλαμβανόμενοι και γνωρίζοντας τις συμπεριφορές και τα χαρακτηριστικά του υλικού, όχι μόνο των κατασκευαστικών δυνατοτήτων του και αντοχής του στις καιρικές συνθήκες αλλά και την φθορά στο χρόνο, ήταν σε θέση να προβλέψουν και να προστατέψουν την κατασκευή από τις φθορές. Οι γνώσεις αυτές οδηγούσαν σε ξεκάθαρες και άμεσες λύσεις προβλημάτων όπως η βαρύτητα και η αντοχή στις καιρικές συνθήκες. Οι μέθοδοι και οι τεχνικές κατασκευής εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται σήμερα με διαφορετικό λεξιλόγιο αλλά η δομή παραμένει ίδια.

Αναλύοντας και συγκρίνοντας μερικές από τις σύγχρονες μεθόδους και αρχές της κατασκευής φαίνεται πως τα υλικά άλλαξαν αλλά οι τεχνικές παρέμειναν ίδιες.



Εικ.165: Η τελετουργική ανανέωση του εξωτερικού στρώματος των τειχών από γυναίκες των ινδικών pueblos του Taos, στο Μεξικό







---

/ Η σύγχρονη δόμηση με χώμα

## Πλεονεκτήματα- Μειονεκτήματα

Ανά τον κόσμο συστηματικά κατασκευάζονται γήινα σπίτια τα οποία παρουσιάζουν περισσότερα πλεονεκτήματα παρά μειονεκτήματα.

Για τις χώρες με χαμηλό δείκτη ανάπτυξης αποτέλεσε και αποτελεί ένα φυσικό υλικό άμεσα διαθέσιμο, χωρίς κανένα κόστος παραγωγής και ιδιαίτερης τεχνογνωσίας για την κατασκευή κατοικιών. Γι' αυτούς είναι μια οικονομική λύση χρησιμοποιώντας τοπικούς διαθέσιμους πόρους. Οι υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν στις χώρες της Αφρικανικής ηπείρου δεν ευνοούν την χρήση σύγχρονων υλικών όπως το σκυρόδεμα καθώς η εσωτερική θερμοκρασία των κτιρίων φτάνει σε ψηλά επίπεδα θερμικής άνεσης για τους χρήστες. Οι γήινη τοίχοι παρείχαν ένα δροσερό και ευχάριστο περιβάλλον διαβίωσης με διαχρονικό χαρακτήρα.

Η διαδικασία κατασκευής έδωσε την δυνατότητα σε αυτές τις κοινωνίες και κοινότητες να εργαστούν συλλογικά για την ανέγερση κτιρίων. Σημαντική ήταν η συμβολή σύγχρονων αρχιτεκτόνων όπως ο Kéré[8], ο οποίος για την ανέγερση δημόσιου κτιρίου στο Γκάντο, της Αφρικής χρησιμοποίησε τα τοπικά υλικά και εκπαιδύσε τους ντόπιους οι οποίοι

βοήθησαν στην ανέγερση ενός σχολείου. Στην συνέχεια οι ίδιοι χρησιμοποίησαν αυτές τις τεχνικές για την ανέγερση κι άλλων έργων.

Τις τελευταίες δεκαετίες ο δυτικός κόσμος έχει ευαισθητοποιηθεί και έχει υιοθετήσει ένα περιβαλλοντικά υπεύθυνο τρόπο ζωής. Έτσι έχει επιστρέψει σε πιο φιλικές προς το περιβάλλον εναλλακτικές λύσεις κατοίκησης με διαχρονικό χαρακτήρα όπως η γήινη δόμηση.

Το χαμηλό κόστος ενέργειας για την παραγωγή του η ανθεκτικότητα του στον χρόνο και ο συμβολικός του χαρακτήρας αυξάνουν την δημοτικότητα του ως υλικό δόμησης. Αρχικά το χώμα είναι πυρίμαχο και ηχομονωτικό υλικό. Έχει την ικανότητα να εξισορροπεί την υγρασία του αέρα, καθώς αυτή απορροφάται και μεταφέρεται μέσω των τοιχωμάτων, ρυθμίζοντας την διαπνοή του εσωτερικού χώρου. Επιπλέον οι χωμάτινοι τοίχοι εξισορροπούν την διαφορά εσωτερικής με εξωτερική θερμοκρασίας λόγω της συμπαγούς μάζας τους, διατηρώντας ένα άνετο εσωτερικό περιβάλλον.

Αποτελεί ένα παθητικό σύστημα εξοικονόμησης ενέργειας ηλιακό σύστημα, με χαμηλό κόστος συντήρησης και μηδενική

κατανάλωση ενέργεια για ψύξη και θέρμανση.

Είναι ένα 100% ανακυκλώσιμο, μη τοξικό και οικολογικό υλικό καθώς χρησιμοποιείται συχνά χώμα από τον τόπο στον οποίο χτίζεται η κατασκευή. Δεν χρειάζεται ενέργεια για να μετατραπεί σε υλικό δόμησης ενώ χρησιμοποιεί μόνο το 1% ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή οπτόπλινθων και τσιμέντο. Όταν μια γήινη δόμηση κατεδαφιστεί το χώμα επιστρέφει πίσω από εκεί από όπου προέρχεται. Μπορεί να ξανά χρησιμοποιηθεί μετά από την προσθήκη νερού.

Η γήινη δόμηση έχει τρία μειονεκτήματα. Το έδαφος όπως αναφέρθηκε διαφέρει η ποιότητα και η σύσταση του από τοποθεσία σε τοποθεσία, το οποίο δεν επιτρέπει την τυποποίηση του ως υλικό δόμησης. Το μίγμα συρρικνώνεται κατά την ξήρανση του, καθώς το νερό που προστίθεται στο μίγμα κατά την παραγωγή του εξατμίζεται και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση ρωγμών. Τα γήινα κτίρια δεν είναι ανθεκτικά στο νερό γι' αυτό και πρέπει να προστατεύονται οι τοίχοι πριν στεγνώσουν, να επικαλύπτονται επιφανειακά και η στέγη να προεξέχει από τον τοίχο, έτσι ώστε να μην έρχεται σε άμεση επαφή το νερό της βροχής[9].

## Εξέλιξη κατασκευαστικών τεχνικών

Στον σύγχρονο κόσμο οι αυξημένες ανάγκες και απαιτήσεις της κοινωνίας οδήγησαν στην εξέλιξη και στην βελτίωση των τεχνικών κατασκευής με χώμα, για ένα διαχρονικό τρόπο κατοίκησης. Οι μέθοδοι και οι τεχνικές κατασκευής έπρεπε να εκσυγχρονιστούν για να καλύψουν τα νέα δεδομένα της εποχής. Έτσι το μίγμα χώματος ενισχύεται με σύγχρονα υλικά, με στόχο την βελτίωση των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων.

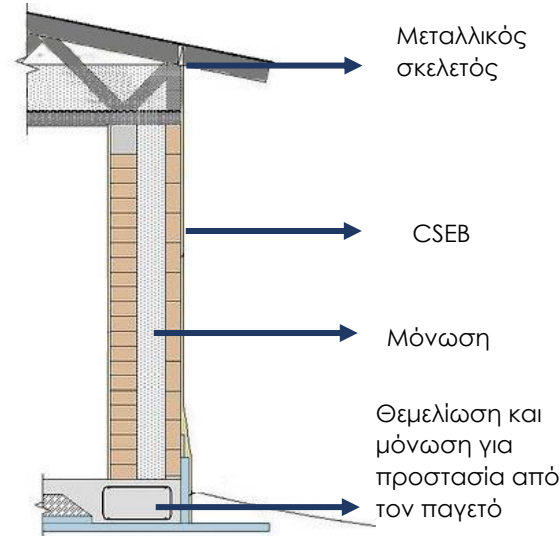
### Συμπιεσμένα μπλοκ

Η τεχνολογία των συμπιεσμένων σταθεροποιημένων μπλοκ γης (Compressed Stabilized Earth Blocks) που αναπτύχθηκε κατά τη δεκαετία του '50, αποτελεί την εξέλιξη των ωμόπλινθων τούβλων.

Το κατάλληλο έδαφος που χρησιμοποιείται για την κατασκευή των CSEB είναι 15-40% άργιλος, 25-40% λάσπη και 40-70% άμμος. Το μίγμα περιέχει άργιλο, άμμο και λιγότερο ποσοστό νερού και προστίθεται για την ενίσχυση του χημικό συνδετικό όπως τσιμέντο Portland. Η κατασκευή τους γίνεται στο εργοτάξιο (εικ.168). Η μηχανή παράγει αρκετά CSEB σε μια μέρα για να κατασκευαστεί σπίτι 95τ.μ., τοποθετώντας το ένα πάνω στο άλλο με την χρήση κονιάματος που κατασκευάζεται από αυτό το μίγμα με επιπλέον νερό.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι μηχανών παραγωγής, χειροκίνητα μέχρι αυτοματοποιημένα ανάλογα την περιοχή. Η συμπίεση αυτή που προκύπτει από το πρεσάρισμα του υλικού αυξάνει τις μηχανικές ιδιότητες και την αντοχή του στο νερό. Σημειώνει σημαντική αντίσταση στις θλιπτικές δυνάμεις έως και 40MPa. Η μέθοδος αυτή δίνει την δυνατότητα τυποποίησης των CSEB, λόγω της ομοιομορφίας του.

Το 1980 η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε στις ΗΠΑ, στην Ινδία και στην Αυστραλία. Στις ΗΠΑ συγκεκριμένα στο Νέο Μεξικό και στην Αριζόνα εφαρμόστηκε αυτή η μέθοδος η οποία παντρεύει τις παραδοσιακές τεχνικές με τις σύγχρονες.



Εικ.167: Τομή τοιχοποιίας με CSEB.



Εικ. 168: Κατασκευή συμπιεσμένων μπλοκ στο εργοτάξιο



Εικ. 169: Δημοτικό σχολείο με CSEB, στο Μάλι, του Levs Architecten

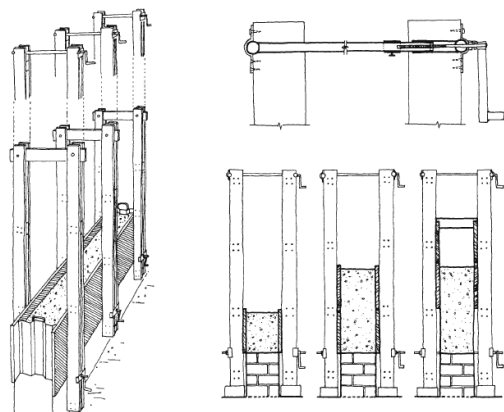
## Rammed earth

Έχει αναπτυχθεί μια νέα διαδικασία προκειμένου να μειωθούν οι ρωγμές και να διευκολύνουν την διαδικασία κατασκευής με την τεχνική rammed earth. Ο ολισθαίνων ξυλότυπος(εικ.170) που χρησιμοποιείται για την κατασκευή τοιχοποιίας δεν χρειάζεται να αφαιρεθεί και να επανατοποθετείται, επιτυγχάνοντας έτσι την καλύτερη σύνδεση μεταξύ των στρώσεων.

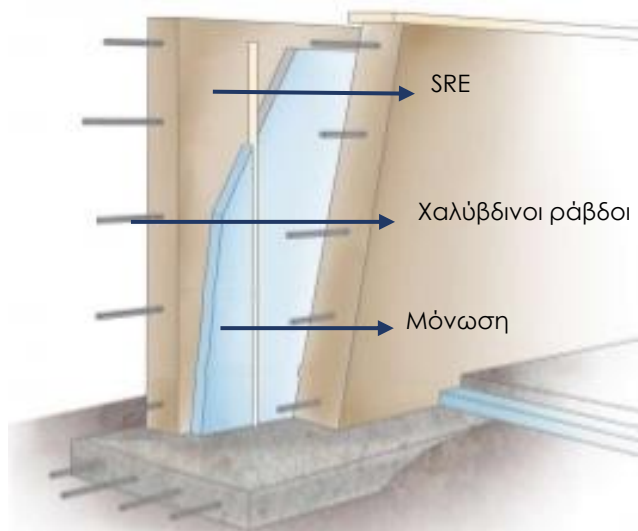
Στο εργαστήριο BRL[12] της Γερμανίας αναπτύχθηκε αυτή η τεχνική όπου παράγονται τοιχοποιίες ύψους ενός ορόφου και μήκους 2,4m. Ο ξυλότυπος ενώνεται στο ανώτατο τμήμα της τοιχοποιίας και οι σανίδες του ξυλότυπου που βρίσκονται ανάμεσα μετακινούνται καθ' ύψος χωρίς εμπόδιο, επιτυγχάνοντας άμεση δόμηση.

Όπως και στην τεχνική CSEB, έτσι και στην τεχνική του rammed earth, προστίθενται στο μίγμα τσιμέντο και ασβέστης ως σταθεροποιητικά πρόσθετα. Η τεχνολογία της Stabilized Rammed earth (SRE) ή αλλιώς της σταθεροποίησης της γης με τσιμέντο εφαρμόστηκε, ιδιαίτερα στην Αυστραλία, στην Καλιφόρνια και στον Καναδά. Αντίστοιχα μπορεί να αντέξει θλιπτικές δυνάμεις έως και 40MPa, παρόμοια αντοχή με αυτή του σκυροδέματος. Δεν χρειάζεται κάποια επίστρωση στην τοιχοποιία για προστασία από την βροχή. Για την αντοχή

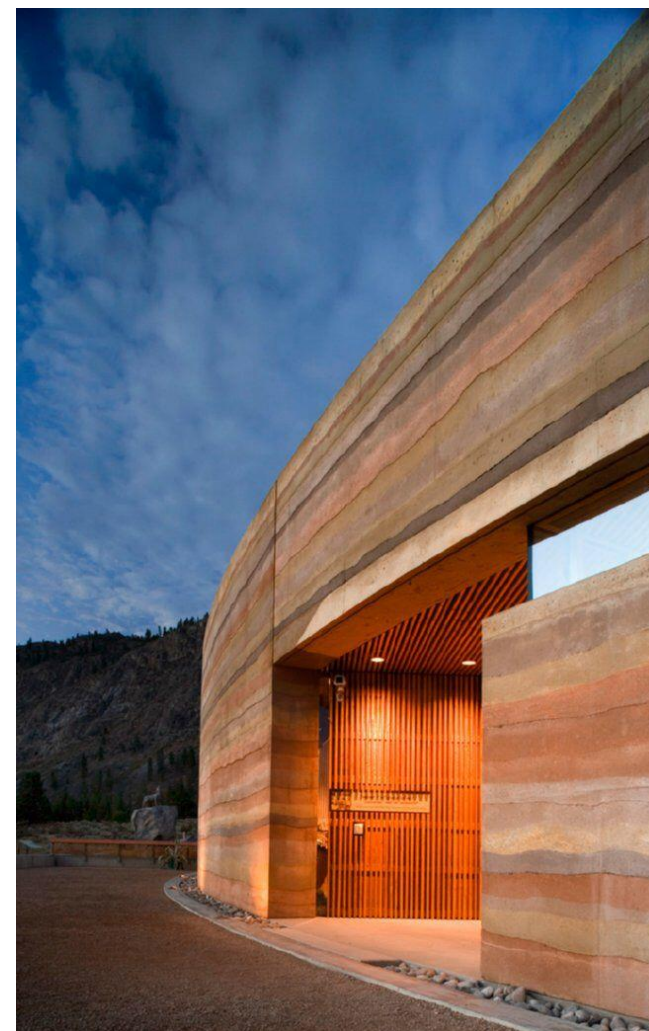
του στον σεισμό ενισχύεται εσωτερικά η τοιχοποιία με χαλύβδινες ράβδους(εικ.171,172).



Εικ. 170: Ολισθαίνων ξυλότυπος



Εικ. 171: Λεπτομέρεια τοιχοποιίας SRE, η οποία ενισχύεται εσωτερικά με χαλύβδινες ράβδους



Εικ. 172: Nk'mip Desert Cultural Center, με την τεχνική CSEB από τους Dialog, στον Καναδά

## Σύγχρονα παραδείγματα γήινης δόμησης στις αναπτυσσόμενες χώρες

Η γήινη δόμηση έχει κεντρίσει το ενδιαφέρον στο πεδίο της σύγχρονης αρχιτεκτονικής. Οι δυνατότητες και η αξία του ως υλικό δόμησης έχει πλέον αναγνωρισθεί και εφαρμοστεί σε πολλές χώρες όπως η Αμερική, η Γερμανία, η Αυστραλία, κλπ., ενσωματώνοντας ειδικούς κανονισμούς που αφορούν την γήινη δόμηση. Αποτελεί μια εναλλακτική λύση κατασκευής με βιώσιμο, οικολογικό, οικονομικό χαρακτήρα, με υψηλό αισθητικό αποτέλεσμα. Τα σύγχρονα παραδείγματα εκσυγχρονίζουν τις παραδοσιακές τεχνικές κατασκευής προκειμένου να τις προσαρμόσουν στις σημερινές ανάγκες δίνοντας τους μια νέα έκφραση.

### Το παρεκκλήσι της Συμφιλίωσης- Chapel of Reconciliation, Βερολίνο

Τεχνική κατασκευής: συμπιεσμένη γη



Εικ. 173: Εξωτερική όψη από το παρεκκλήσι της Συμφιλίωσης

Το παρεκκλήσι της Συμφιλίωσης στο Βερολίνο(εικ.173) είναι χτισμένο πάνω στα θεμέλια της Νεογοθικής εκκλησίας της Συμφιλίωσης η οποία ανατινάχτηκε από την κυβέρνηση της Ανατολικής Γερμανίας[10].

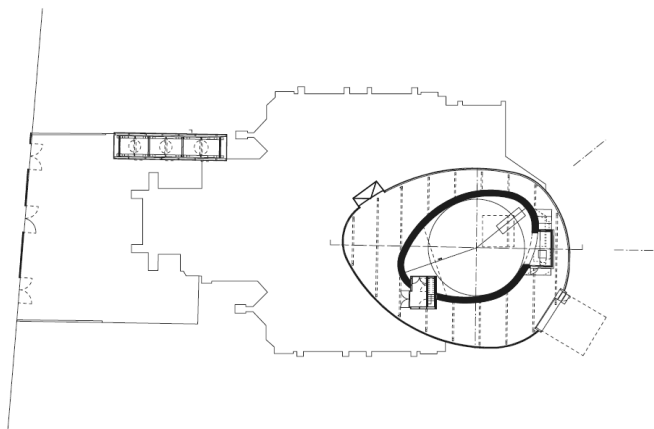
Κατασκευάστηκε βασισμένο στα σχέδια των Rudolf Reitermann και Peter Sassenroth, σε συνεργασία με τον αυστριακό καλλιτέχνη πηλού τον Martin Rauch και αποτελεί μέχρι και σήμερα ένα τόπο λατρείας.

Η κάτοψη, 315τ.μ., αποτελείται από δύο οβάλ σχήματα, στραμμένα σε διαφορετικές κατευθύνσεις(εικ.174). Βασισμένο στο σχήμα της προκάτοχης εκκλησίας, το εξωτερικό οβάλ, διαμορφώνεται από ξύλινες κατακόρυφες περσίδες(εικ.175,176). Για την κατασκευή του εσωτερικού οβάλ, ευθυγραμμισμένο στον άξονα Ανατολή-Δύση για θρησκευτικούς λόγους, χρησιμοποιήθηκε η τεχνική rammed earth[11] με την βοήθεια του Martin Rauch.

**Για την κατασκευή της τοιχοποιίας στο μίγμα αργίλου χρησιμοποιήθηκαν θραύσματα τούβλων από την προ υπάρχουσα εκκλησία και χαλίκια,** όπου στην συνέχεια χύθηκε στον ξυλότυπο και συμπιέστηκε. Το ύψος της τοιχοποιίας ανέρχεται στα 7,2m και πάχος 60cm.

Είναι το πρώτο δημόσιο κτήριο που χτίστηκε με βάση το χώμα, αποδεικνύοντας έτσι την

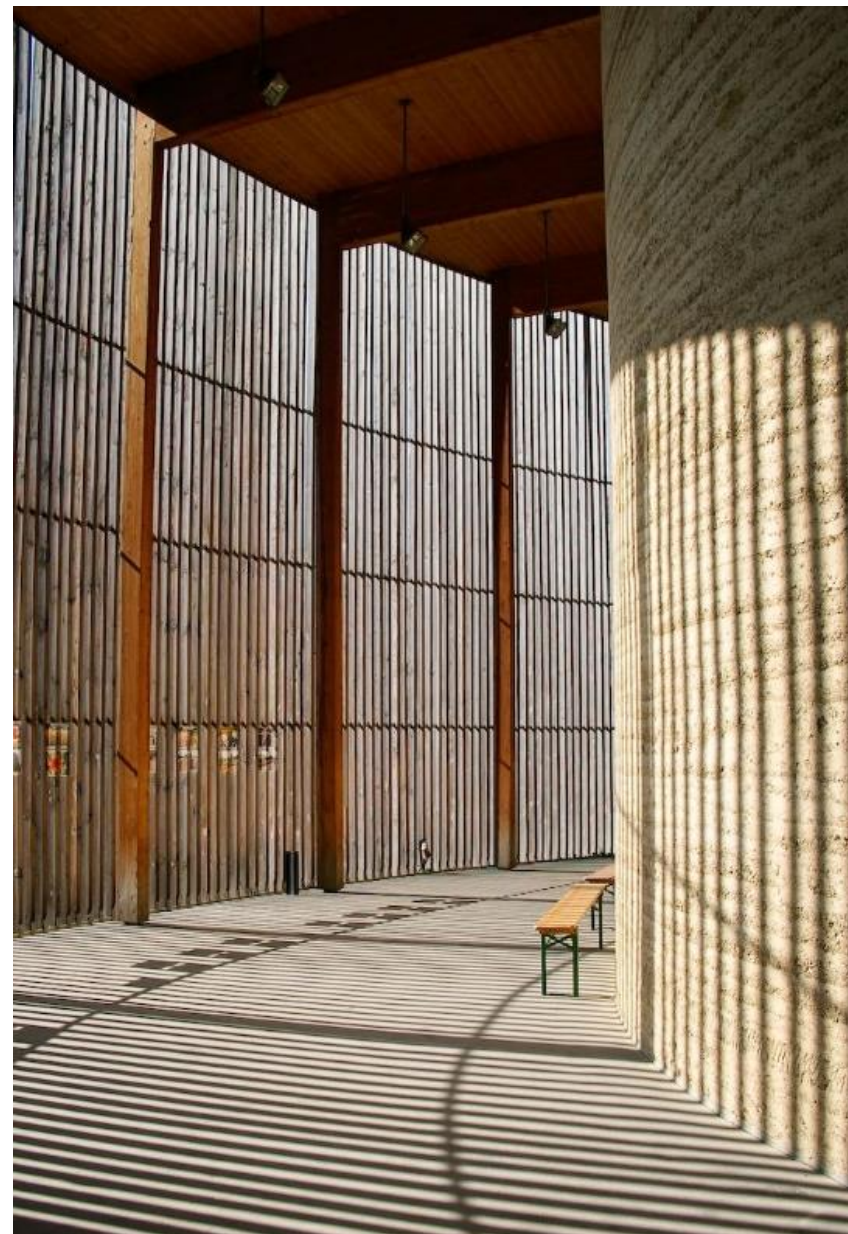
Η σύγχρονη δόμηση με χρώμα διαχρονικότητα και τον συνδυασμό της αρχιτεκτονικής με την οικολογική νεωτερικότητα.



Εικ. 174: Κάτοψη κτιρίου, όπου φαίνονται τα ίχνη της προκάτοχης εκκλησίας που βασίστηκε η νέα κάτοψη του κτιρίου. Αποτελείται από δυο οβάλ σχήματα τα οποία είναι στραμμένα σε διαφορετικές κατευθύνσεις.



Εικ. 175: Ο εσωτερικός διάδρομος που δημιουργείται από τις ξύλινες περσίδες και της τοιχοποιίας.



Εικ. 176: Ο ήλιος διαπερνά τις ξύλινες περσίδες και δημιουργεί ένα παιχνίδι στον εσωτερικό διάδρομο.

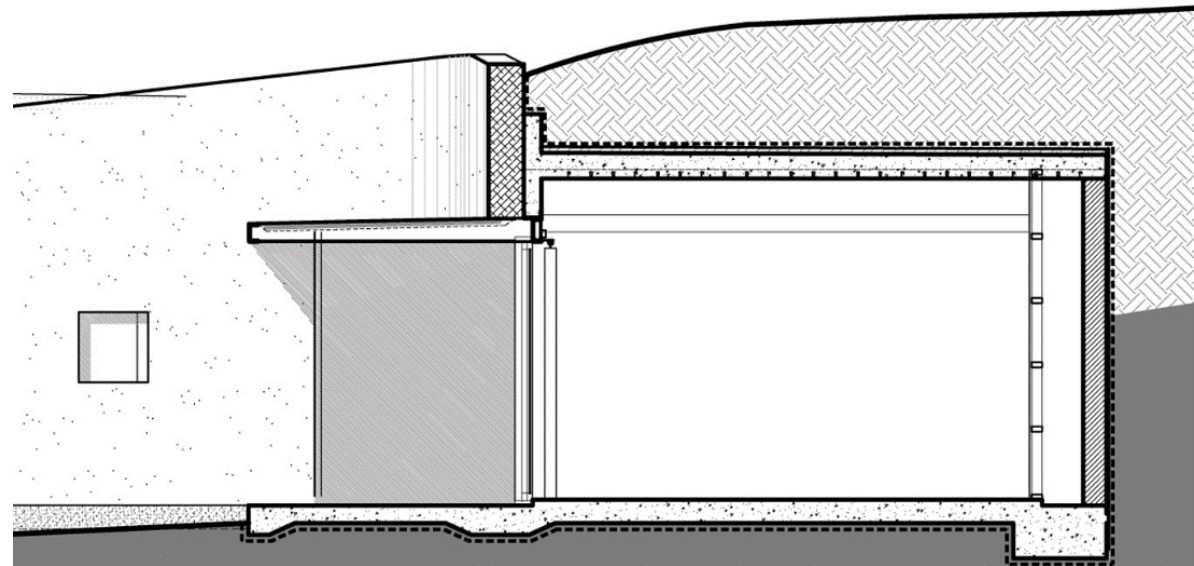
Το Σινικό τείχος της δυτικής Αυστραλίας- The great wall of WA

Το Σινικό τείχος της δυτική Αυστραλίας που περιγράφει την άκρη ενός αμμόλοφου, φιλοξενεί 12 οικιστικά καταλύματα, για τους επισκέπτες του στάβλου(εικ.177,179).

Έχει μήκος 230 μέτρα και είναι κατασκευασμένο με την τεχνική rammed earth[11], με τοπικά υλικά όπως αμμώδες έδαφος πλούσιο σε σίδηρο και χαλκή από τον παρακείμενο ποταμό και νερό. Το πάχος του τοίχου είναι 45cm, ο οποίος συνεχίζει υπόγεια του λόφου κάτι το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την διατήρηση μιας σταθερής θερμοκρασίας στο χώρο(εικ.178). Η νέα αυτή προσέγγιση σχεδιασμού, βασίζεται στον βιοκλιματικό αρχιτεκτονικό σχεδιασμό.



Εικ. 177: Εξωτερική άποψη του Σινικού τείχους, όπου φαίνεται η χωμάτινη τοιχοποιία.



Εικ. 178: Τομή καταλύματος, όπου φαίνεται ότι εκτείνεται υπόσκαφα



Εικ. 179: Τα καταλύματα είναι θαμμένα κάτω από το αμμώδες έδαφος



## Pottery House, Santa Fe, Νέο Μεξικό

Τεχνική κατασκευής: Cob

Το Pottery house είναι κατασκευασμένο από ωμόπλινθους και σχεδιασμένο από τον αρχιτέκτονα Frank Lloyd Wright. Είναι το μοναδικό κτίριο-κατοικία (εικ.180,181) που έχει σχεδιάσει από ωμόπλινθο[11]. Σχεδιάστηκε το 1940 και τα έργα διακόπηκαν λόγω του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου και ολοκληρώθηκε στα μέσα της δεκαετίας του 1985 από τους Taliesin Architects στο προάστιο του Santa Fe, στο Νέο Μεξικό. Χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 24.000 τούβλα ωμόπλινθων.

Το χαρακτηριστικό το οποίο είναι διακριτό σε όλη την κατασκευή και σχεδίαση του σπιτιού είναι ο τρόπος με τον οποίον συνδύασε την φύση με τη αρχιτεκτονική(εικ.183,184,185). Το σχήμα το εμπνεύστηκε από την αγγειοπλαστική των ιθαγενών Αμερικάνων και δίνει την ψευδαίσθηση πως το κτίριο αποτελεί την συνέχεια του εδάφους.

Οι καμπύλες των τοίχων περιβάλλουν μια κεντρική περιφραγμένη αυλή. Τα ανοίγματα στους τοίχους είναι μεγάλα και τοξωτά επιτρέποντας το φως να εισχωρήσει στην κατοικία. Το σχήμα της πισίνας είναι ασυνήθιστο, με χαρακτηριστικό την τοξωτή γέφυρα(εικ.182).



Εικ. 180: Κάτοψη κατοικίας



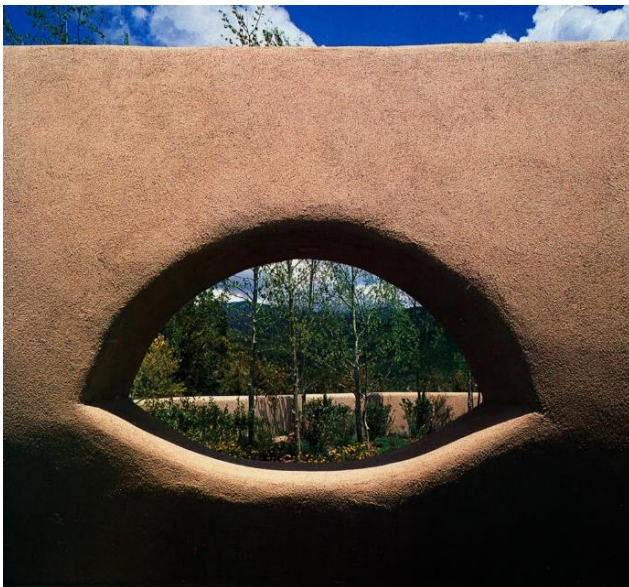
Εικ. 181: Η εσωτερική αυλή της κατοικίας. Αριστερά φαίνεται η γήινη τοιχοποιία ενώ δεξιά φαίνεται ότι προστέθηκε ένας ξύλινος διάδρομος



Εικ. 182: Η τοξωτή γέφυρα πάνω στην πισίνα



Εικ. 184: Pottery House



Εικ. 183: Άνοιγμα σε σχήμα ματιού όπου φαίνεται η θέα προς το βουνό και την κοιλάδα



Εικ. 185: Αεροφωτογραφία της κατοικίας όπου διακρίνεται η σχέση της φύσης με την αρχιτεκτονική. Φαίνεται η θέα και το σχήμα ματιού της κατοικίας με την πισίνα

## Casa Munita Gonzalez, Χιλή

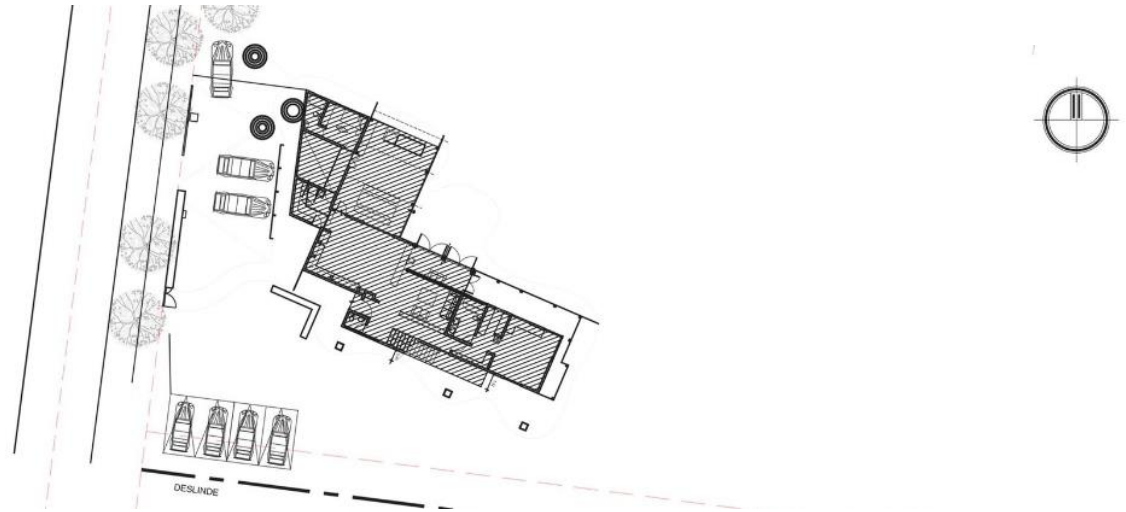
Τεχνική κατασκευής: Wattle and daub

Η κατοικία Munita Gonzalez, 275 τ.μ., είναι χτισμένη στα προάστια του Σαντιάγο(εικ.186). Ο αρχικός στόχος ήταν να χτιστεί μια κατοικία η οποία θα έχει ελάχιστο αντίκτυπο στο περιβάλλον με την χρήση ενός παθητικού συστήματος.

Το σύστημα στο οποίο βασίζεται η κατασκευή είναι το Terra- Panel, με στόχο την διασφάλιση της θερμικής απόδοσης της τοιχοποιίας. Έχει χρησιμοποιηθεί η τεχνική Wattle and daub[11], όπου ο σκελετός σε αυτή την περίπτωση είναι μεταλλικός και στο εσωτερικό του έχει διαμορφωθεί ένα ατσάλινο πλέγμα το οποίο έχει συγκολληθεί και στην συνέχεια επικαλύπτεται με χώμα(εικ.188).

Για την προστασία της τοιχοποιίας από τις καιρικές συνθήκες στην βορινή όψη η οροφή προεξέχει του τοίχου ενώ στην ανατολική όψη ο τοίχος βρίσκεται υπό κλίση(εικ.187,189).

Οι χώροι της κατοικίας αναπτύσσονται γύρω από την κουζίνα- τραπεζαρία η οποία συνδέεται με το σαλόνι και με τα υπνοδωμάτια στον πρώτο όροφο, ο οποίος έχει διπλό ύψος. Κύρια πηγή θερμότητας τον χειμώνα αποτελεί η σόμπα αργής καύσης η



Εικ.186: Άνοψη κατοικίας



Εικ.187: Casa Munita Gonzalez, όπου διακρίνεται ο μεταλλικός σκελετός και οι γήινη τοίχοι

οποία βρίσκεται στο σαλόνι. Το διπλό ύψος και η καμπύλη μορφή της κεκλιμένης οροφής επιτυγχάνουν επαρκή φωτισμό και βιωσιμότητα στο εσωτερικό χώρο της κατοικίας(εικ. 200).

Οι πόρτες, τα παράθυρα είναι κατασκευασμένα από ανακυκλωμένο ξύλο βελανιδιάς και το δάπεδο επίσης από ανακυκλωμένο ξύλο.



Εικ.189: Τομή κατοικίας



Εικ.190: Η κύρια είσοδος της κατοικίας



Εικ.188: Διακρίνεται ο μεταλλικός σκελετός όπου διαμορφώνεται στο εσωτερικό του πλέγμα το οποίο πληρώνεται με χώμα.



Εικ.200: Οι φεγγίτες επιτυγχάνουν επαρκή φωτισμό στο εσωτερικό της κατοικίας.

## Library of Muyinga, Αφρική

Τεχνική κατασκευής: Συμπιεσμένα μπλοκ

Η βιβλιοθήκη της Muyinga στην Αφρική, ολοκληρώθηκε το 2012 από τους BC Architects. Είναι το πρώτο μέρος ενός έργου για ένα μελλοντικό σχολείο χωρίς αποκλεισμούς, για τα κωφά παιδιά(εικ.201).

Πραγματοποιήθηκε διεξοδική μελέτη και έρευνα, δύο μηνών γύρω από τις παραδοσιακές πρακτικές στο Μπουρούντι, η οποία αποτέλεσε την βάση για τον σχεδιασμό και την κατασκευή του έργου. Σκοπός ήταν να χρησιμοποιηθούν και να εκσυγχρονιστούν τα τοπικά υλικά και οι τεχνικές, με συμμετοχική διαδικασία.

Η μορφή της βιβλιοθήκης προκύπτει καθαρά από την επιλογή των υλικών. Τα κεραμίδια τοπικής παραγωγής ήταν αρκετά βαριά κάτι το οποίο οδήγησε στην κατασκευή ενός συστήματος από υποστυλώματα με μικρά διαστήματα του 1,3μ. μεταξύ τους. Τα υποστυλώματα αυτά δρουν και ως αντηρίδες για τα υψηλά τοιχώματα της βιβλιοθήκης(εικ.203). Η οροφή έχει κλίση 35% με προεξοχή για την προστασία της τοιχοποιίας από συμπιεσμένα μπλοκ (CEB). Ο χώρος είναι διπλού ύψους επιτρέποντας τον συνεχή διασταυρωμένο εξαερισμό. Οι τοίχοι έχουν



Εικ.201: Βιβλιοθήκη της Muyinga



Εικ.202: Τομή. Φαίνεται η κλίση της στέγης και τα διάτρητα στοιχεία



Εικ.203: Διακρίνονται τα διάτρητα σημεία καθώς και οι μικρές αποστάσεις μεταξύ των υποστυλωμάτων

διάτρητα σημεία (εικ.202) ακολουθώντας τον ρυθμό της τοιχοποιίας από συμπιεσμένα μπλοκ, όπου το φως κάνει ακόμα πιο ιδιαίτερη την παρουσία του το βράδυ(εικ.206).

Η βιβλιοθήκη είναι οργανωμένη κατά μήκος μιας βεράντας- διαδρόμου(εικ.208). Ο χώρος αυτός συναντάται συχνά στα κτίρια της περιοχής καθώς αποτελεί καταφύγιο από τα έντονα καιρικά φαινόμενα. Επιπλέον αποτελεί έναν χώρο συνάθροισης και κοινωνικών σχέσεων.

Σκόπιμα η βεράντα αυτή είναι μεγάλη σε έκταση έτσι ώστε να λειτουργεί σαν επέκταση της βιβλιοθήκης. Οι διαφανείς πόρτες μεταξύ των υποστυλωμάτων, δημιουργούν ένα παιχνίδι μεταξύ του εσωτερικού χώρου και της βεράντας. Όταν οι πόρτες είναι ανοικτές, η βιβλιοθήκη ανοίγεται προς την πλατεία με θέα το Μπουρουντί.

Η βεράντα ενώνει την κύρια είσοδο της βιβλιοθήκης με το υπόλοιπο σχολείο. Στην κύρια είσοδο της βιβλιοθήκης έχει διαμορφωθεί ένα σύστημα περσίδων, το οποίο δείχνει αν η βιβλιοθήκη είναι ανοιχτή ή κλειστή(εικ.205).



Εικ.204: Κατασκευή τοιχοποιίας με CEB



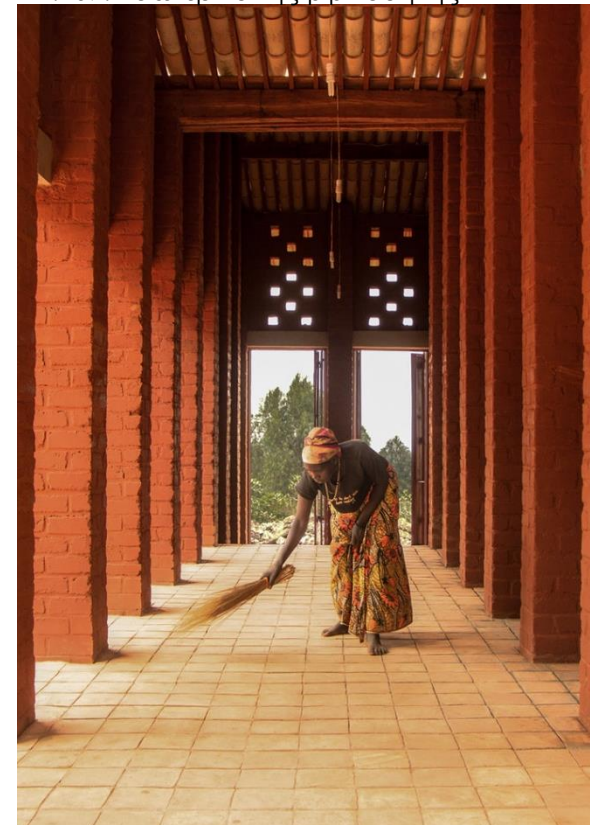
Εικ.205: Σύστημα περσίδων στην πρόσοψη



Εικ.206: Ο φωτισμός το βράδυ



Εικ.207: Εσωτερικό της βιβλιοθήκης



Εικ.208: Βεράντα διάδρομος



---

/ Συμπεράσματα



Η ανάγκη για βιωσιμότητα, οικονομική και οικολογική δόμηση με χαμηλό αντίκτυπο στο περιβάλλον, επανάφερε τις τεχνικές κατασκευής με χώμα στην σύγχρονη αρχιτεκτονική ως μια εναλλακτική λύση στον τρόπο κατοίκησης.

Η γήινη δόμηση αποτελούσε και εξακολουθεί να αποτελεί ένα διαχρονικό τρόπο κατοίκησης αποδεικνύοντας την παρουσία της και την σημαντικότητα της εδώ και χιλιετίες, με μια παρακαταθήκη εντυπωσιακών παραδειγμάτων. Οι άνθρωποι τότε αντιλαμβανόμενοι την συμπεριφορά, τις ιδιότητες, την σύσταση και τις δυνατότητες του χώματος ως υλικό δόμησης ανέπτυξαν τις αντίστοιχες κατασκευαστικές τεχνικές οι οποίες διαμόρφωσαν διάφορα δομικά συστήματα. Ιδίως σήμερα, οι κατασκευαστικές τεχνικές έχουν παρουσιάσει ιδιαίτερη εξέλιξη όσο αφορά την σταθεροποίηση και την ενίσχυση τους, επομένως μια γήινη δόμηση μπορεί να αποτελέσει ένα σύγχρονο και μακροχρόνιο τρόπο κατοίκησης, ανταποκρινόμενο στις σύγχρονες απαιτήσεις.

Ωστόσο συγκρίνοντας ιστορικά τις εκάστοτε τεχνικές κατασκευής με τις σύγχρονες, οι οποίες αναδύονται ως <<καινοτόμες>>, φαίνεται πως η **γήινη**

**δόμηση** έβαλε τις θεμελιώδεις αρχές ενός ολοκληρωμένου φέροντος συστήματος, χτίζοντας έτσι την κουλτούρα της κατασκευής. Η τεχνική της θεμελίωσης, του χτισίματος, της πλήρωσης, της επίστρωσης και η ενίσχυση του υλικού αυξάνοντας την αντοχή της κατασκευής, εφαρμόζονται με σύγχρονα υλικά σε πρακτικές της μοντέρνας δόμησης.

Μέσω των παλαιότερων και των σύγχρονων παραδειγμάτων είναι εμφανής η δυνατότητα της χρήσης του υλικού σήμερα. Εκεί που η βιομηχανία δεν επηρέασε την τεχνολογία κατασκευής και η νομοθεσία είναι ελαστική έως ανύπαρκτη συνεχίζουν να κτίζουν με αυτές τις τεχνικές. Στον υπόλοιπο κόσμο η χρήση του εξακολουθεί να βρίσκει εφαρμογή με νέα έκφραση σε συνδυασμό με τα τεχνολογικά μέσα που χρησιμοποιούνται σήμερα σε πολλά κτίρια καθώς είναι μια οικονομική λύση η οποία ταυτόχρονα προσφέρει και εργασία. Αντίθετα στις ανεπτυγμένες χώρες η τεχνογνωσία και η χρήση του ως οικοδομικό υλικό έχει παραγκωνιστεί τις τελευταίες δεκαετίες. Η χρήση φυσικών υλικών αναδύεται ξανά κυρίως για το αισθητικό αποτέλεσμα και την βιοκλιματική συμπεριφορά του, σε μια εποχή όπου τα κτίρια καλούνται να έχουν λιγότερο ανθρώπινο αποτύπωμα στο περιβάλλον και μηδενική κατανάλωση ενέργειας.



Εικ. 210: Tucson Mountain Retreat, Dust Architects

Ιστορικά φαίνεται πως ο δυτικός πολιτισμός αντλεί στοιχεία από τον υπόλοιπο κόσμο τα οποία ενσωματώνει και αποτυπώνει με νέα έκφραση καθώς παρουσίασε ραγδαία τεχνολογική και επιστημονική ανάπτυξη σε σχέση με τον υπόλοιπο κόσμο. Ιδίως στην γήινη δόμηση, όπου με τα τεχνολογικά μέσα που χρησιμοποιούνται σήμερα σε συνδυασμό με τα σύγχρονα υλικά, τροποποίησαν αυτές τις ιστορικές τεχνικές με τα σημερινά δεδομένα με σκοπό την ενίσχυση του υλικού και την αντοχή της κατασκευής. Η προσθήκη τσιμέντου ως σταθεροποιητικό στοιχείο στο μίγμα ή σιδερένιου οπλισμού στην τοιχοποιία έδωσε την δυνατότητα χρήσης του υλικού στον δυτικό κόσμο. Οι τεχνική rammed earth έχει κερδίσει δημοτικότητα σε Αυστραλία και Αμερική παρουσιάζοντας σύγχρονα παραδείγματα κατοικιών όπως το Tucson Mountain Retreat και το Rauch Schlins.

Είναι εμφανής η άγνοια και προκατάληψη σχετικά με τις δυνατότητες και την χρήση του υλικού στην κατασκευή. Δεν υπάρχει ενημέρωση αλλά και ακαδημαϊκή εκπαίδευση σχετικά με την κατασκευή γήινης δόμησης στους αρχιτέκτονες και στους πολιτικούς μηχανικούς.

Η Ελλάδα και η Κύπρος έχουν παράδοση στην γήινη δόμηση και έχουν κληρονομήσει πολλά δείγματα. Παρ' όλ' αυτά δεν έχει

διαμορφωθεί ακόμα ειδική νομοθεσία όπως έχει γίνει σε άλλες χώρες. Στην Αυστραλία, στην Κίνα, στην Γαλλία, στην Γερμανία, στην Νότια Αμερική και στις Η.Π.Α. η τεχνική rammed earth, συμπιεσμένοι ωμόπλινθοι, οι ωμόπλινθοι και το cob, εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται. Η Νέα Ζηλανδία έχει διαμορφώσει ειδικούς κανονισμούς όσο αφορά την σχεδίαση, την μελέτη και τον έλεγχο του υλικού. Είναι σαφές ότι δεν αποσκοπείτε η ολική επιστροφή στις τεχνικές αυτές. Οι προκαταλήψεις υπήρχαν και θα συνεχίσουν να υπάρχουν. Δεν είναι όμως ακατόρθωτο η υιοθέτηση μιας αειφόρας και οικολογικής φιλοσοφίας και ένταξης των φυσικών υλικών και τεχνικών, εξισορροπώντας την σχέση μεταξύ βιομηχανικού και φυσικού. Κύριο μέλημα των νέων αρχιτεκτόνων και μηχανικών είναι να μελετήσουν και να ερευνήσουν της δυνατότητες του υλικού αυτού νοηματοδώντας την αξία του στην χώρα μας όπου το κλίμα, η τοποθεσία και η παράδοση στην γήινη δόμηση ευνοούν ένα τέτοιο κτίριο. Ο σωστός σχεδιασμός και η συντήρηση ενός τέτοιου κτιρίου, φιλικό προς το περιβάλλον και προς τον άνθρωπο μπορεί να αποτελέσει ένα διαχρονικό τόπο και τρόπο κατοίκησης, εξασφαλίζοντας επαρκείς πόρους για τις μελλοντικές γενιές.



Εικ.211: Κατοικία Rauch Schlins από τους Boltshausen Architekten, στην Αυστρία

## Παραπομπές

[1] Κατασκευαστικές τεχνικές με την χρήση χώματος ως δομικό υλικό (βλ. σελ. 61)

[2] Ο βρετανός αρχαιολόγος Leonard Woolley ήταν γνωστός για τις ανασκαφές του στο Ur στην Μεσοποταμία

[3] Ορλάνδος Αναστάσιος Κ. AMOS RAPOPORT Ανώνυμη αρχιτεκτονική και πολιτιστικοί παράγοντες. Σελ. 46

[4] Dethier John, 2020, Κατοίκηση της γης: μια νέα ιστορία της αρχιτεκτονικής ακατέργαστης γης: <<Το 1964, ο ανθρωπολόγος Claude Lévi-Strauss επέστησε την προσοχή σε μια δυαδικότητα στην καρδιά των πολιτισμών: τη χρήση «ωμών» και «ψημένων». Αυτά δεν περιορίζονται σε εφαρμογές στα τρόφιμα αλλά σχετίζονται και με την αρχιτεκτονική: η γη επιτρέπει και τις δύο θεραπείες. Η παλαιότερη, ακόμη ευρέως υιοθετημένη σε πολλές χώρες, χρησιμοποιεί ηλιακή θερμότητα για να στεγνώσει και να σκληρύνει τη γη, σε αντίθεση με ψητά τούβλα ή πλακάκια που απαιτούν πολύ υψηλότερες θερμοκρασίες. Η ακατέργαστη γη έχει πολλές αρετές και πλεονεκτήματα, ιδίως όσον αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας και την οικολογία.>> (<https://www.architectural-review.com/essays/inhabiting-the-earth-a-new-history-of-raw-earth-architecture> )

[5] Nubian vaults είναι ένας τύπος καμπύλης γεωμετρίας που σχηματίζει θολωτή μορφή, ο οποίος έχει χρησιμοποιηθεί για αιώνες στην Αίγυπτο. Ο Αιγύπτιος αρχιτέκτονας Hassan Fathy μετά την επίσκεψη του στην περιοχή της Νουβίας αναβίωσε τις τεχνικές κατασκευής με χώμα. Σκοπός του ήταν να μάθει στους ντόπιους την τεχνοτροπία και να την εφαρμόσει σε άλλες περιοχές.

[6] Ίδρυμα Ευγενίδου Χρυσουν Μεταλλίων Ακαδημίας Αθηνών, 1954, Βιβλιοθήκη του τεχνικού, Οικοδομική τόμος Α', Θεμελίωση

[7] Κονίαμα ονομάζουμε ένα μείγμα το οποίο χρησιμοποιείται στις οικοδομές για την σύνδεση των οικοδομικών υλικών, όπως είναι τα τούβλα ή οι πέτρες. Ο ρόλος του είναι να καλύπτει τα κενά ανάμεσα στα οικοδομικά υλικά. Τα περισσότερα αποτελούνται από άμμο, νερό, συνδετικό και τσιμέντο. Στην γήινη δόμηση χρησιμοποιούσαν λάσπη για την σύνδεση των δομικών μονάδων.

[8] Ο Kere, είναι Αφρικανός αρχιτέκτονας ο οποίος το 2004 κέρδισε το βραβείο Aga Khan και το 2009 κέρδισε το παγκόσμιο βραβείο για την αιφόρο αρχιτεκτονική θέτοντας με το έργο του στο Γκάντο νέα πρότυπα και πρακτικές σχεδιασμού με την χρήση τοπικών υλικών. Σημαντική ήταν η συμβολή του στην εκπαίδευση και την διάδοση αυτής της τεχνογνωσίας με τα CEB.

[9] Για την προστασία από την βροχή, οι στέγες προεξείχαν της τοιχοποιίας (βλ. σελ.71)

[10] Η εκκλησία υπέστη ζημιά τον Β' Π.Π. και με την διαίρεση του Βερολίνου το 1945, άνηκε στο ανατολικό τμήμα. Όταν χτίστηκε το τείχος του Βερολίνου, έτρεχε μπροστά από την εκκλησία εμποδίζοντας την πρόσβαση στους επισκέπτες.

[11] Κατασκευαστικές τεχνικές: Rammed earth, ωμόπλινθος, cob, wattle and daub (βλ. σελ. 61)

[12] Στο εργαστήριο Building Research Laboratory του πανεπιστημίου Kassel στην Γερμανία, αναπτύχθηκε η μέθοδος αυτή για να βελτιώσουν τα αδύναμα στοιχεία της κατασκευής και τις ρωγμές συρρίκνωσης μεταξύ των στρωμάτων

---

## Βιβλιογραφία

Gernot Minke, Building with earth, Design and Technology of Sustainable Architecture, Birkhauser

Ronald Rael, Earth Architecture, Princeton Architectural Press, 2009

Ίδρυμα Ευγενίδου Χρυσούν Μεταλλίων Ακαδημίας Αθηνών, 1954, Βιβλιοθήκη του τεχνικού, Οικοδομική τόμος Α'

## Δικτυογραφία

[http://www.earth-auroville.com/world\\_techniques\\_introduction\\_en.php](http://www.earth-auroville.com/world_techniques_introduction_en.php)

[http://www.earth-auroville.com/world\\_techniques\\_introduction\\_en.php](http://www.earth-auroville.com/world_techniques_introduction_en.php)

<https://blog.msc-sahc.org/building-with-earth-historical-revision-and-improved-characteristics-by-adding-supplementary-materials/>

<https://blog.msc-sahc.org/building-with-earth-historical-revision-and-improved-characteristics-by-adding-supplementary-materials/>

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000217020> (Όλοι οι χάρτες έγιναν με βάση τα στοιχεία της Unesco)

<https://www.khanacademy.org/humanities/ancient-art-civilizations/ancient-near-east1/x7e914f5b:neo-sumerian-ur-iii/a/ziggurat-of-ur>

<https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Ziggurat>

<https://www.britannica.com/event/Battle-of-Kadesh>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Ramesseum>

<https://whc.unesco.org/en/list/192/>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Shibam\\_Hadramawt](https://en.wikipedia.org/wiki/Shibam_Hadramawt)

<https://whc.unesco.org/en/list/444/>

[https://en.wikipedia.org/wiki/A%C3%Aft\\_Benhaddou](https://en.wikipedia.org/wiki/A%C3%Aft_Benhaddou)

<https://whc.unesco.org/en/list/116/>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Djenn%C3%A9>

---

<https://www.africanworldheritagesites.org/cultural-places/traditional-cultural-landscapes/djenne.html>

<https://whc.unesco.org/en/list/1140/>

<https://www.wmf.org/project/koutammakou-land-batammariba>

<https://www.nesfircroft.com/blog/2017/02/how-did-they-build-the-great-wall-of-china>

<https://www.china-mike.com/china-tourist-attractions/great-wall-china/construction-history/>

<https://whc.unesco.org/en/list/1208/>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Arg-e\\_Bam](https://en.wikipedia.org/wiki/Arg-e_Bam)

<https://www.visitiran.ir/attraction/bam-its-cultural-landscape>

<https://whc.unesco.org/en/list/560/>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Casas\\_Grandes](https://en.wikipedia.org/wiki/Casas_Grandes)

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A7%CE%BF%CE%B9%CF%81%CE%BF%CE%BA%CE%BF%CE%B9%CF%84%CE%AF%CE%B1>

<https://whc.unesco.org/en/list/848/>

<https://city.sigmalive.com/article/2016/12/15/mathame-ti-kryvei-i-tenta-tis-kalavasoy/>

<http://www.fhw.gr/chronos/01/gr/nl/mn/sesklofr.html>

<http://www.greek-crossroads.gr/%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%BD%CE%B1%CE%AF%CE%BF%CF%82-%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82-%CE%B4%CE%B9%CF%83%CF%80%CE%B7%CE%BB%CE%B9%CF%8C/>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Taos\\_Pueblo](https://en.wikipedia.org/wiki/Taos_Pueblo)

<https://whc.unesco.org/en/list/492/>

[http://www.earth-auroville.com/raw\\_material\\_introduction\\_en.php](http://www.earth-auroville.com/raw_material_introduction_en.php)

<http://www.salenalettera.com/2018/11/filled-with-wattle-and-daub.html>

<https://themoostbeautifulplacesineurope.wordpress.com/tag/wattle-and-daub/>

---

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%88%CE%B4%CE%B1%CF%86%CE%BF%CF%82>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Derinkuyu\\_underground\\_city](https://en.wikipedia.org/wiki/Derinkuyu_underground_city)

<https://www.history.com/news/8-mysterious-underground-cities>

[https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Earth\\_building](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Earth_building)

<https://www.troodostravel.gr/2019/01/30/%CE%B7-%CF%85%CF%80%CF%8C%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1-%CE%BC%CF%85%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CF%80%CF%8C%CE%BB%CE%B7-%CF%84%CE%BF%CF%85-derinkuyu/>

[http://www.earth-auroville.com/cut\\_blocks\\_en.php](http://www.earth-auroville.com/cut_blocks_en.php)

<https://en.wikipedia.org/wiki/Adobe>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Rammed\\_earth](https://en.wikipedia.org/wiki/Rammed_earth)

<http://dapedotexniki.gr/blog/dapeda/topothetisi-ependusi/%CF%84%CE%BF%CE%B9%CF%87%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%B9%CE%AF%CE%B1-%CE%B5%CE%AF%CE%B4%CE%B7-%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%AC%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/>

[http://morfologia.arch.duth.gr/1o\\_etos/pdf/tholotes.pdf](http://morfologia.arch.duth.gr/1o_etos/pdf/tholotes.pdf)

<https://interestingengineering.com/7-of-the-most-beautiful-3d-printed-houses-and-cabins>

<https://www.thoughtco.com/what-is-a-flying-buttress-4049089>

<http://oikodomikossxediasmos1-dimarel.simplesite.com/>

<https://domosgroup.gr/monosi>

<http://www.sovatismata.gr/sovas>

<http://www.rammedearthconstructions.com.au/rammed-earth-info/>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Di%C3%A9do\\_Francis\\_K%C3%A9r%C3%A9](https://en.wikipedia.org/wiki/Di%C3%A9do_Francis_K%C3%A9r%C3%A9)

<https://medium.com/asaduru/the-history-and-benefits-of-earth-buildings-b0dc0339ccef>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Compressed\\_earth\\_block](https://en.wikipedia.org/wiki/Compressed_earth_block)

<https://buildersacademy.com.au/rammed-earth-building/>

---

<http://www.earthstructures.co.uk/history.htm>

<https://theconversation.com/cheap-tough-and-green-why-arent-more-buildings-made-of-rammed-earth-38040>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Chapel\\_of\\_Reconciliation](https://en.wikipedia.org/wiki/Chapel_of_Reconciliation)

<https://www.archdaily.com/771780/the-great-wall-of-wa-luigi-rosselli>

<https://luigirosselli.com/residential/the-great-wall-of-wa>

<https://www.realtor.com/news/unique-homes/frank-lloyd-wrights-santa-fe-pottery-house/>

<https://www.csmonitor.com/1984/0127/012708.html>

<https://www.archdaily.com/379734/casa-munita-gonzalez-arias-arquitectos-surtierra-arquitectura>

<https://www.archdaily.com/467129/library-of-muyinga-bc-architects>

<https://www.architectureindevelopment.org/project.php?id=493>

Κατάλογος εικόνων:

Οι εικ.7,24,32,44,48 έγιναν με βάση τα στοιχεία της UNESCO

1. <https://www.pinterest.ca/pin/540924605251420077/>
2. <https://www.mdpi.com/1996-1944/12/9/1396/htm> (προσωπική επεξεργασία)
3. Ali Majdfar, Getty Images
4. <https://inhabitat.com/rammed-earth-tucson-mountain-retreat-is-intimately-connected-with-the-sonoran-desert/tucson-mountain-retreat-location-tucson-az-architect-dust-8/>
5. <https://whc.unesco.org/en/list/1140/>
6. <https://www.archaiologia.gr/blog/2012/07/16/%C2%AB%CF%80%CE%BD%CE%BF%CE%AE-%CE%B6%CF%89%CE%AE%CF%82%C2%BB-%CE%BC%CE%AD%CF%83%CF%89-%CE%B5%CF%83%CF%80%CE%B1-%CF%83%CF%84%CE%BF-%CE%B4%CE%B9%CF%83%CF%80%CE%B7%CE%BB%CE%B9%CF%8C/>
7. <https://www.mdpi.com/1996-1944/12/9/1396/htm> (προσωπική επεξεργασία)
8. <https://whc.unesco.org/en/interactive-map/> (προσωπική επεξεργασία)
9. [https://staff.cdms.westernsydney.edu.au/~anton/Research/Uruk\\_Project/History.html](https://staff.cdms.westernsydney.edu.au/~anton/Research/Uruk_Project/History.html)

- 
10. [https://madainproject.com/great\\_ziggurat\\_\(ur\)](https://madainproject.com/great_ziggurat_(ur))
  11. <https://www.ancient.eu/sumer/>
  12. <https://see.news/temple-of-ramesseum-pharaonic-architectural-masterpiece/>
  13. Hassan Fathy, Architecture for poor
  14. Hassan Fathy, Architecture for poor
  15. <https://www.alamy.com/stock-photo/shibam,-yemen,-world-heritage.html?page=3>
  16. <https://www.worldarchitecturenews.com/article/1500610/genius-vernacular-yemeni-architecture>
  17. <https://www.archdaily.com/771154/the-manhattan-of-the-desert-shibam-yemens-ancient-skyscraper-city/55bb9b0fe58ece6d3a000141-the-manhattan-of-the-desert-shibam-yemens-ancient-skyscraper-city-photo>
  18. [https://br.pinterest.com/pin/411868328416321228/?amp\\_client\\_id=CLIENT\\_ID\( \)&mweb\\_unauth\\_id={{default.session}}&from\\_amp\\_pin\\_page=true](https://br.pinterest.com/pin/411868328416321228/?amp_client_id=CLIENT_ID( )&mweb_unauth_id={{default.session}}&from_amp_pin_page=true)
  19. <http://www.evolo.us/wp-content/uploads/2018/04/0536-2.jpg>
  20. <https://www.flickr.com/photos/hungerartist/29073355987/>
  21. <https://whc.unesco.org/en/list/444/gallery/&index=25&maxrows=12>
  22. <https://www.flickr.com/photos/hungerartist/43961941592/>
  23. <https://moroccosaharatourism.com/touristic-places/kasbah-ait-ben-haddou/>
  24. <http://www.mirkrasiv.ru/articles/mechet-dzhene-samoe-bolshoe-glinjanoe-soruzhenie-mira.html>
  25. <https://www.news24.com/news24/green/news/unesco-malis-old-towns-of-djenne-endangered-by-insecurity-20160713-2>
  26. <https://whc.unesco.org/en/list/116/gallery/>
  27. <https://mosqopedia.org/en/mosque/126>
  28. <https://en.wikipedia.org/wiki/Koutammakou>
  29. <https://whc.unesco.org/en/documents/133069>
  30. <https://whc.unesco.org/en/list/1140/gallery/>
  31. <https://wikirote.org/visit-the-great-wall-of-china-ming-tombs/>
  32. [https://www.archdaily.com/933353/how-rammed-earth-walls-are-built/5e3cfae63312fd4a130003d1-how-rammed-earth-walls-are-built-photo?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/933353/how-rammed-earth-walls-are-built/5e3cfae63312fd4a130003d1-how-rammed-earth-walls-are-built-photo?next_project=no)
  33. <https://fastconcrete.wordpress.com/2011/04/24/inspiration-rammed-earth/>
  34. <https://www.panarmenian.net/eng/details/238895/>
  35. <https://historybitz.blog/2019/01/06/the-great-wall-of-china-in-need-of-a-great-clarification/>
  36. <https://www.cchatty.com/The-Great-Wall-g-100100>
  37. <https://www.visitiran.ir/attraction/bam-its-cultural-landscape>
  38. <https://www.panarmenian.net/eng/details/238895/>
  39. [https://en.wikipedia.org/wiki/Arg-e\\_Bam](https://en.wikipedia.org/wiki/Arg-e_Bam)



40. <https://www.tripzilla.com/photo-mud-city-bam-iran/8554/bam-2>
41. <https://toirantour.com/arg-e-bam-citadel/>
42. <https://www.mexicodesconocido.com.mx/cosas-que-hacer-en-el-pueblo-magico-de-casas-grandes.html>
43. <https://de.wikipedia.org/wiki/Paquim%C3%A9>
44. <https://www.mexicodesconocido.com.mx/cosas-que-hacer-en-el-pueblo-magico-de-casas-grandes.html>
45. <https://el.advisor.travel/poi/Hoirokoitia-4772/photos>
46. <https://city.sigmalive.com/article/2016/12/15/mathame-ti-kryvei-i-tenta-tis-kalavasoy/>
47. <http://www.fhw.gr/chronos/01/gr/nl/mn/sesklotr.html>
48. <https://wikimapia.org/21940157/el/%CE%A0%CF%81%CE%BF%CF%8A%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%81%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82-%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82-%CE%A3%CE%AD%CF%83%CE%BA%CE%BB%CE%BF%CF%85>
49. [https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fwww.mixanitouxronou.gr%2Fwp-content%2Fuploads%2F2016%2F11%2F85\\_big.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.mixanitouxronou.com.cy%2Ffarxaiotita%2Fenas-apo-tous-megaliterous-proistorikous-ikismous-tis-evropis-vriskete-stin-ellada-katikithike-epi-pente-chilieties-ke-kalipte-ektasi-100-stremmaton%2F&tbnid=Sz99vkOgs\\_LH0M&vet=10CAUQxiAoBGoXChMluOv4sMTn7QIVAAAAAB0AAAAAEAc..i&docid=T3dRif7YAEDhzM&w=700&h=525&itg=1&q=%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%82%20%CF%83%CE%B5%CF%83%CE%BA%CE%BB%CE%BF%CF%85%20%CE%B1%CF%81%CF%87%CE%B9%CF%84%CE%B5%CE%BA%CF%84%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%B7&hl=el&ved=0CAUQxiAoBGoXChMluOv4sMTn7QIVAAAAAB0AAAAAEAc](https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fwww.mixanitouxronou.gr%2Fwp-content%2Fuploads%2F2016%2F11%2F85_big.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.mixanitouxronou.com.cy%2Ffarxaiotita%2Fenas-apo-tous-megaliterous-proistorikous-ikismous-tis-evropis-vriskete-stin-ellada-katikithike-epi-pente-chilieties-ke-kalipte-ektasi-100-stremmaton%2F&tbnid=Sz99vkOgs_LH0M&vet=10CAUQxiAoBGoXChMluOv4sMTn7QIVAAAAAB0AAAAAEAc..i&docid=T3dRif7YAEDhzM&w=700&h=525&itg=1&q=%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%82%20%CF%83%CE%B5%CF%83%CE%BA%CE%BB%CE%BF%CF%85%20%CE%B1%CF%81%CF%87%CE%B9%CF%84%CE%B5%CE%BA%CF%84%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%B7&hl=el&ved=0CAUQxiAoBGoXChMluOv4sMTn7QIVAAAAAB0AAAAAEAc)
50. <https://www.humanstories.gr/dispilio-ena-taxidi-ston-chorochrono/>
51. <https://www.visitwestmacedonia.gr/%CE%B5%CF%80%CE%BF%CF%87%CE%B5%CF%82/%CE%B1%CE%BD%CE%BF%CE%B9%CE%BE%CE%B7/%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%BD%CE%B1%CE%B9%CE%BF%CF%82-%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%82/>
52. <http://www.greek-crossroads.gr/%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%BD%CE%B1%CE%AF%CE%BF%CF%82-%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82-%CE%B4%CE%B9%CF%83%CF%80%CE%B7%CE%BB%CE%B9%CF%8C/>
53. <https://www.flickr.com/search/?text=kastoria%20dispilio>
54. <https://www.flickr.com/search/?text=Pueblo%20de%20Taos>
55. <https://www.flickr.com/photos/adamfreeman/37148377393/>
56. <https://www.flickr.com/photos/7448869@N03/5096978712/in/photolist-8Lpmcj-zL1VSF-ogcjs3-8ND3fr-zHw1XG-ouD2gw-oA8bpR-ptJkQh-2QV6J7-8NG9Sq-dezKtz-8ZpGfj-7M8S3a-82FmXJ-8NGb7o-9aytLY-pDozsE-aSmPfx-d8MsPd-8ND428-e4Kdpz-7YVFWF-bfvvNx-NfBWGX-peh9RS-9u1wgz-51R7Z3-gsxMx1-8NGaqu-mwiZG4-e7CSRs-abpAag-4UKDcr-b4YZtz-Zz5MCd-dzdv9n-6i4yhQ-8LchpY-bWY6jW-d8MS4J-DiA1y5-odbUGc-bJGQcx-az7uZo-6UWXT1-d8MRrd-7Mqomf-8XANGp-6US2Y6-d8My3o>
57. <http://www.salenalettera.com/2018/11/filled-with-wattle-and-daub.html>
58. <https://themoostbeautifulplacesineurope.wordpress.com/tag/wattle-and-daub/>
59. <https://blog.msc-sahc.org/building-with-earth-historical-revision-and-improved-characteristics-by-adding-supplementary-materials/>  
(προσωπική επεξεργασία)
60. <https://www.flickr.com/>

- 
61. <http://www.earthstructures.co.uk/history.htm>
  62. Προσωπική επεξεργασία
  63. Gernot Minke, Building with earth, Design and Technology of Sustainable Architecture, Birkhauser
  64. Gernot Minke, Building with earth, Design and Technology of Sustainable Architecture, Birkhauser
  65. <https://plantpro.gr/post/442>
  66. <https://www.turtlenursery.com.au/quarry-products/>
  67. <https://www.mpenergy.gr/%CE%B1%CE%BC%CE%BC%CF%8E%CE%B4%CE%B7-%CE%B1%CF%81%CE%B3%CE%B9%CE%BB%CF%8E%CE%B4%CE%B7-%CF%80%CE%B7%CE%BB%CF%8E%CE%B4%CE%B7/>
  68. <https://morningchores.com/how-to-improve-your-clay-soil/>
  69. <https://www.civilclick.com/clayey-soil/>
  70. Προσωπική επεξεργασία
  71. <https://www.pinterest.ca/pin/540924605251420016/>
  72. Προσωπική επεξεργασία
  73. <https://www.pinterest.com/pin/318489004877369910/>
  74. <https://www.hotairballooncappadocia.com/Premium-North-Cappadocia-Tour.html>
  75. <https://naturalbuildingcollective.wordpress.com/tag/sand-particles/>
  76. <https://www.homecrux.com/how-to-build-a-cob-house-for-under-3000/95690/>
  77. Gernot Minke, Building with earth, Design and Technology of Sustainable Architecture, Birkhauser
  78. [https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Flive.staticflickr.com%2F5053%2F5516821218\\_e3757667e9\\_z.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fplaceandsee.com%2Fs%3Fas%3Dfoto%26fk%3D5516821218&tbnid=4DW3mzAzcNIWTM&vet=12ahUKEwiZ5Z7i-9zuAhWNDOWKHZHAQAQ0QMygJegUIARC6AQ..i&docid=0ZAj2Dcy-Dc8TM&w=639&h=425&q=Najran%20mud-house&ved=2ahUKEwiZ5Z7i-9zuAhWNDOWKHZHAQAQ0QMygJegUIARC6AQ](https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Flive.staticflickr.com%2F5053%2F5516821218_e3757667e9_z.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fplaceandsee.com%2Fs%3Fas%3Dfoto%26fk%3D5516821218&tbnid=4DW3mzAzcNIWTM&vet=12ahUKEwiZ5Z7i-9zuAhWNDOWKHZHAQAQ0QMygJegUIARC6AQ..i&docid=0ZAj2Dcy-Dc8TM&w=639&h=425&q=Najran%20mud-house&ved=2ahUKEwiZ5Z7i-9zuAhWNDOWKHZHAQAQ0QMygJegUIARC6AQ)
  79. [http://www.docartis.com/YEMEN/Yemen\\_Fonti\\_documentarie/Foto/Yemen\\_paese\\_di\\_costruttori/BYb9002\\_p064.jpg.jpg](http://www.docartis.com/YEMEN/Yemen_Fonti_documentarie/Foto/Yemen_paese_di_costruttori/BYb9002_p064.jpg.jpg)
  80. Gernot Minke, Building with earth, Design and Technology of Sustainable Architecture, Birkhauser
  81. Gernot Minke, Building with earth, Design and Technology of Sustainable Architecture, Birkhauser
  82. <https://www.fieldstudyoftheworld.com/painted-earth-architecture-of-the-kassena-people/>
  83. <https://www.flickr.com/>
  84. Horst Schroeder, Sustainable Building with earth, Springer, 2016
  85. Gernot Minke, Building with earth, Design and Technology of Sustainable Architecture, Birkhauser
  86. <https://www.pinterest.com/pin/229261437261613086/>
  87. <https://www.historycentral.com/nationbynation/Cameroon/Tourism.html>
  88. <https://www.designboom.com/architecture/article-25-school-niger-locally-sourced-laterite-stone-06-16-2020/>

- 
89. [http://www.earth-auroville.com/cut\\_blocks\\_en.php](http://www.earth-auroville.com/cut_blocks_en.php)
  90. <https://www.lensculture.com/projects/42259-karaba-brick-quarry>
  91. <https://inbec.com.br/blog/adobe-material-reciclavem-mais-sustentavel>
  92. <https://www.sandiegouniontribune.com/sdut-bolivian-candidate-sentenced-to-make-adobe-bricks-2010feb09-story.html>
  93. <https://www.flickr.com/>
  94. Προσωπική επεξεργασία
  95. Gernot Minke, Building with earth, Design and Technology of Sustainable Architecture, Birkhauser
  96. Gernot Minke, Building with earth, Design and Technology of Sustainable Architecture, Birkhauser
  97. Προσωπική επεξεργασία
  98. Gernot Minke, Building with earth, Design and Technology of Sustainable Architecture, Birkhauser (Προσωπική επεξεργασία)
  99. [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)
  100. <https://www.flickr.com/>
  101. <http://5a.arch.ntua.gr/project/1001/1348>
  102. <https://www.flickr.com/>
  103. <http://5a.arch.ntua.gr/project/1001/1348>
  104. <https://www.flickr.com/>
  105. <https://www.flickr.com/>
  106. <http://lostvalley.org/pdc-course/cob-building-hands/>
  107. <https://www.renovatiodesign.gr/gfrc-greece-material/>
  108. [https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fpublication%2F323171283%2Ffigure%2Ffig4%2FAS%3A593922581614606%401518613586709%2FConstruction-of-a-cob-wall-by-stacking-mud-balls-Photo-tanzaniagoesmudwordpresscom.png&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2FConstruction-of-a-cob-wall-by-stacking-mud-balls-Photo-tanzaniagoesmudwordpresscom\\_fig4\\_323171283&tbid=eF3RDRKXig4wyM&vet=10CBMQxiAoAmoXChMlwKit9ebS7glVAAAAAAB0AAAAAEBY..i&docid=7rQm8aNa6BOCDM&w=850&h=637&itg=1&q=cob%20wall&ved=0CBMQxiAoAmoXChMlwKit9ebS7glVAAAAAB0AAAAAEBY](https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fpublication%2F323171283%2Ffigure%2Ffig4%2FAS%3A593922581614606%401518613586709%2FConstruction-of-a-cob-wall-by-stacking-mud-balls-Photo-tanzaniagoesmudwordpresscom.png&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2FConstruction-of-a-cob-wall-by-stacking-mud-balls-Photo-tanzaniagoesmudwordpresscom_fig4_323171283&tbid=eF3RDRKXig4wyM&vet=10CBMQxiAoAmoXChMlwKit9ebS7glVAAAAAAB0AAAAAEBY..i&docid=7rQm8aNa6BOCDM&w=850&h=637&itg=1&q=cob%20wall&ved=0CBMQxiAoAmoXChMlwKit9ebS7glVAAAAAB0AAAAAEBY)
  109. Horst Schroeder, Sustainable Building with earth, Springer, 2016
  110. [https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fwww.lowimpact.org%2Fwp-content%2Fuploads%2F2013%2F01%2Fcob\\_building.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.lowimpact.org%2Flowimpact-topic%2Fcob-building%2F&tbid=-](https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fwww.lowimpact.org%2Fwp-content%2Fuploads%2F2013%2F01%2Fcob_building.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.lowimpact.org%2Flowimpact-topic%2Fcob-building%2F&tbid=-)

[ZLXhiFgs6K91M&vet=10CJEBEDMorAFqFwoTCMDH1uXn0O4CFQAAAAAdAAAAABAC..i&docid=d1B0ZP5TNVjIPM&w=600&h=444&q=mixture%20earth%20buildings&ved=0CJEBEDMorAFqFwoTCMDH1uXn0O4CFQAAAAAdAAAAABAC](https://www.researchgate.net/publication/312511111/ZLXhiFgs6K91M&vet=10CJEBEDMorAFqFwoTCMDH1uXn0O4CFQAAAAAdAAAAABAC..i&docid=d1B0ZP5TNVjIPM&w=600&h=444&q=mixture%20earth%20buildings&ved=0CJEBEDMorAFqFwoTCMDH1uXn0O4CFQAAAAAdAAAAABAC)

111. Horst Schroeder, Sustainable Building with earth, Springer, 2016
112. [https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Great\\_Mosque\\_of\\_Djenne](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Great_Mosque_of_Djenne)
113. Gernot Minke, Building with earth, Design and Technology of Sustainable Architecture, Birkhauser
114. Horst Schroeder, Sustainable Building with earth, Springer, 2016
115. <https://8explorer.com/en/spot/855>
116. Horst Schroeder, Sustainable Building with earth, Springer, 2016
117. [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)
118. <https://all3dp.com/2/3d-printing-in-construction-how-long-does-it-take-to-print-a-house/>
119. <https://www.designboom.com/architecture/musgum-earth-architecture/>
120. <https://www.constructionspecifier.com/durable-waterproofing-for-concrete-masonry-walls-redundancy-required/>
121. <https://www.flickr.com/>
122. <https://www.flickr.com/>
123. <https://www.thoughtco.com/what-is-a-flying-buttress-4049089>
124. <http://davidpacephotography.com/content/2016/>
125. <https://www.flickr.com/>
126. <https://www.flickr.com/>
127. <https://www.pinterest.com/pin/161425967866298473/>
128. Gernot Minke, Building with earth, Design and Technology of Sustainable Architecture, Birkhauser
129. Horst Schroeder, Sustainable Building with earth, Springer, 2016
130. <https://www.pinterest.com/pin/433964114075658830/>
131. <http://www.nzdl.org/gsdImod?e=d-00000-00---off-0hdl--00-0---0-10-0---0---0direct-10---4-----0-1l--11-en-50---20-about---00-0-1-00-0--4---0-0-11-10-0utfZz-8-00&a=d&cl=CL1.1&d=HASH70c81f6386a2600bdfdd3f.11.fc>
132. <https://www.flickr.com/>
133. [https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fmiro.medium.com%2Fmax%2F1800%2F0\\*vfnE9axpynSAIWLC.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fmedium.com%2F%40rohitgurjar009%2Ftypes-of-foundation-79130eae7d95&tbnid=s4Ta1JDldV2NxM&vet=10CMMBEDMowgFqFwoTCMCYhZr0se4CFQAAAAAdAAAAABAC..i&docid=NogIvHBQk8\\_HqM&w=900&h=593&q=footings&ved=0CMMBEDMowgFqFwoTCMCYhZr0se4CFQAAAAAdAAAAABAC](https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fmiro.medium.com%2Fmax%2F1800%2F0*vfnE9axpynSAIWLC.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fmedium.com%2F%40rohitgurjar009%2Ftypes-of-foundation-79130eae7d95&tbnid=s4Ta1JDldV2NxM&vet=10CMMBEDMowgFqFwoTCMCYhZr0se4CFQAAAAAdAAAAABAC..i&docid=NogIvHBQk8_HqM&w=900&h=593&q=footings&ved=0CMMBEDMowgFqFwoTCMCYhZr0se4CFQAAAAAdAAAAABAC)
134. <https://quizlet.com/103826240/chapter-5-world-conquerors-flash-cards/>
135. <https://www.viator.com/en-CA/Florence-attractions/Florence-Duomo-Cattedrale-di-Santa-Maria-dei-Fiori/d519-a746>

136. <https://www.indiamart.com/sankat-mochan-enterprises-daltenganj/>
137. <https://notizie.tiscali.it/permalink/Guspini-riparte-la-piu-grande-fabbrica-di-mattoni-dellisola/>
138. <https://twitter.com/Fedeltalitano76/status/1348246231043203073>
139. [https://www.google.com/search?q=%CE%A4%CE%BF+Louvre+Abu+Dhabi+%CF%84%CE%BF%CF%85+Jean+Nouvel,+Abu+Dhabi,+United+Arab+Emirates&rlz=1C1GCEA\\_enCY826CY826&sxsrf=ALeKk00Q0\\_4j6SM\\_83Zv1OuLehAjlUvBQ:1612896802528&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKewjT4-TnvN3uAhWkD2MBHcGmC64Q\\_AUoAnoECAQQBA&biw=972&bih=740#imgrc=b7GRHAzp-s0JiM&imgdii=2YBYNFvqSM2TkM](https://www.google.com/search?q=%CE%A4%CE%BF+Louvre+Abu+Dhabi+%CF%84%CE%BF%CF%85+Jean+Nouvel,+Abu+Dhabi,+United+Arab+Emirates&rlz=1C1GCEA_enCY826CY826&sxsrf=ALeKk00Q0_4j6SM_83Zv1OuLehAjlUvBQ:1612896802528&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKewjT4-TnvN3uAhWkD2MBHcGmC64Q_AUoAnoECAQQBA&biw=972&bih=740#imgrc=b7GRHAzp-s0JiM&imgdii=2YBYNFvqSM2TkM)
140. <https://www.clickatlife.gr/culture/story/58930>
141. <https://dir.indiamart.com/impcat/concrete-bricks.html>
142. <https://www.flickr.com/>
143. Προσωπική επεξεργασία
144. <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/825/2/99846%20%28Tesis%29.pdf>
145. <https://spn-constructions.gr/buildings/construction-of-woodwork/?lang=en>
146. <https://www.intex-press.by/2019/12/20/primenienie-opalubki-dlya-stroitelstva-sten-zdaniya/>
147. Προσωπική επεξεργασία
148. <https://madeinearth.in/topics/techniques/wattle-and-daub/>
149. <https://www.cardigansand.co.uk/collections/specialist-construction-sands/products/mortar-sand-for-anhydrite-screeds>
150. <https://www.dreamstime.com/photos-images/old-steel-beam.html>
151. <https://theconstructor.org/practical-guide/plastering-work-procedure/26276/>
152. <https://el.decorexpro.com/gidroizolyaciya/primenienie/>
- 153.
154. [https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fwww.thoughtco.com%2Fthumb%2FcfFFP\\_mbk2XIMKUq76Q4Jlh1geV0%3D%2F1416x1062%2Fsmart%2Ffilters%3Ano\\_upscale\(\)%2Farchitecture-loreto-earth-block-PC030115-crop-5bb3d8dac9e77c0026aae41f.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.thoughtco.com%2Fbuild-an-earth-block-home-177668&tbnid=tbxJlhT9CQDgYM&vet=12ahUKewim1oTXsrruAhUL9hoKHSLWAS0QMygqegUIARDtAQ..i&docid=v\\_p3Z7fyLAXSYM&w=1416&h=1062&q=compressed%20adobe%20bricks&ved=2ahUKewim1oTXsrruAhUL9hoKHSLWAS0QMygqegUIARDtAQ](https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fwww.thoughtco.com%2Fthumb%2FcfFFP_mbk2XIMKUq76Q4Jlh1geV0%3D%2F1416x1062%2Fsmart%2Ffilters%3Ano_upscale()%2Farchitecture-loreto-earth-block-PC030115-crop-5bb3d8dac9e77c0026aae41f.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.thoughtco.com%2Fbuild-an-earth-block-home-177668&tbnid=tbxJlhT9CQDgYM&vet=12ahUKewim1oTXsrruAhUL9hoKHSLWAS0QMygqegUIARDtAQ..i&docid=v_p3Z7fyLAXSYM&w=1416&h=1062&q=compressed%20adobe%20bricks&ved=2ahUKewim1oTXsrruAhUL9hoKHSLWAS0QMygqegUIARDtAQ)
155. [https://en.wikipedia.org/wiki/Chamisal,\\_New\\_Mexico](https://en.wikipedia.org/wiki/Chamisal,_New_Mexico)
156. <https://www.dezeen.com/2014/02/12/vaulted-brick-primary-school-mail-levs-architecten/>
157. <https://www.slideshare.net/GeorgePlayford/final-document-43618952>
158. <https://www.archdaily.com/508294/nk-mip-desert-cultural-centre-dialog>
159. <https://www.flickr.com/>

- 
160. [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)
  161. <https://www.archdaily.com/771780/the-great-wall-of-wa-luigi-rosselli>
  162. <https://luigirosselli.com/residential/the-great-wall-of-wa>
  163. <https://www.realtor.com/news/unique-homes/frank-lloyd-wrights-santa-fe-pottery-house/>
  164. <https://www.csmonitor.com/1984/0127/012708.html>
  165. <https://www.archdaily.com/379734/casa-munita-gonzalez-arias-arquitectos-surtierra-arquitectura>
  166. <https://www.archdaily.com/467129/library-of-muyinga-bc-architects>
  167. <https://www.architectureindevelopment.org/project.php?id=493>
  168. <https://www.detail.de/tags/martin-rauch/>
  169. <https://www.dustdb.com/Tucson-Mountain-Retreat>
  170. <https://www.pinterest.com/pin/540009811539695860/>