



# **ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**(Δ.Π.Μ.Σ.) "ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ"**

## **Διερεύνηση των τεχνικών Φυσικής Δόμησης. Παράδειγμα: η κατασκευή ενός παραδοσιακού φούρνου στον ορεινό οικισμό του Μεγ. Περιστερίου**

Διπλωματική Εργασία η οποία υποβάλλεται

Για εκπλήρωση των απαιτήσεων

για το Διεπιστημονικό-Διατμηματικό

Δίπλωμα Ειδίκευσης

του Δ.Π.Μ.Σ. του Ε.Μ.Πολυτεχνείου

"Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών"

**Ηλιάννα Χατζή**

Μηχ. Επιστήμης των Υλικών

**Περιβάλλον**

**και**

**Ανάπτυξη**

**Αθήνα, Ιούλιος 2015**



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**(Δ.Π.Μ.Σ.) "ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ"**

**Διερεύνηση των τεχνικών Φυσικής  
Δόμησης. Παράδειγμα: η κατασκευή  
ενός παραδοσιακού φούρνου στον  
ορεινό οικισμό του Μεγ. Περιστερίου**

Διπλωματική Εργασία η οποία υποβάλλεται

Για εκπλήρωση των απαιτήσεων

για το Διεπιστημονικό-Διατμηματικό

Δίπλωμα Ειδίκευσης

του Δ.Π.Μ.Σ. του Ε.Μ.Πολυτεχνείου

"Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών"

**Ηλιάννα Χατζή**

Μηχ. Επιστήμης των Υλικών

**Περιβάλλον**

**και**

**Ανάπτυξη**

**Αθήνα, Ιούλιος 2015**

## Τριμελής Επιτροπή

## Υπογραφή

Άγγελος Σιόλας, Καθηγητής ΕΜΠ (επιβλέπων) .....

Δημήτρης Καλιαμπάκος, Καθηγητής ΕΜΠ .....

Ιωάννης Σαγιάς, Επ. Καθηγητής ΕΜΠ .....

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Προτού προχωρήσετε στην ανάγνωση αυτής της έρευνας, θα ήθελα να εκφράσω τη χαρά μου που ασχολήθηκα με ένα θέμα που παρακολουθούσα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Για το λόγο αυτό, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον καθηγητή μου κ. Άγγελο Σιόλα, καθηγητή της σχολής Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, που μου έδωσε την ευκαιρία να εκπληρώσω το στόχο μου. Η καθοδήγηση και η υπομονή που μου υπέδειξε ήταν καταλυτικές για την επιτυχή ολοκλήρωση αυτής της μελέτης.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του ΔΠΣΜ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών», της 2<sup>ης</sup> κατεύθυνσης του ΔΠΜΣ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη» του ΕΜΠ, για τα εφόδια που μας παρείχαν, εντός και εκτός της αίθουσας. Δεν θα μπορούσα να παραλείψω τους συμφοιτητές μου και τους συγκατοίκους μου, για όλα όσα ζήσαμε τη χρονιά 2012-2013.

Τέλος, δεν είναι λίγοι αυτοί που συνέβαλλαν στην προσπάθειά μου να φέρω εις πέρας το σκοπό μου. Οικογένεια, φίλοι, γνωστοί, ακόμα και άγνωστοι, που απλόχερα προσέφεραν τη βοήθειά τους. Ο καθένας με το δικό του ξεχωριστό τρόπο. Όλα όσα μου παρείχατε τα φυλάω σαν θησαυρό. Σας ευχαριστώ όλους από τα βάθη της καρδιάς μου. Να είστε όλοι καλά.

Μετά τιμής,

Ηλιάννα Χατζή

Ιούλιος, 2015

***“Treat the Earth well. It was not given to you by your parents. It was loaned to you by your children” - Kenyan proverb***

*Στην οικογένεια μου*

*και*

*σε όσους αγαπούν να «ανακατεύονται» με τα χώματα...*

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο κατασκευαστικός κλάδος γνωρίζουμε όλοι πως είναι ο κυρίαρχος μοχλός της οικονομίας. Τα τελευταία χρόνια, «στην Ελλάδα της κρίσης» ο κλάδος αυτός έχει «παγώσει». Κατά συνέπεια, όλα τα επαγγέλματα που σχετίζονται με την οικοδομή να διανύουν περίοδο ύφεσης και κατ' επέκταση να δημιουργείται μια αλυσιδωτή αντίδραση και στην ελληνική αγορά. Το οικονομικό αδιέξοδο που επικρατεί στα ελληνικά νοικοκυριά δεν αφήνει περιθώρια για την ανάπτυξη του κλάδου. Θα πρέπει λοιπόν να προβληματιστούμε και να διερευνήσουμε νέες μεθόδους όσον αφορά τη δημιουργία των κατοικιών μας. Ένας εναλλακτικός τρόπος είναι η Φυσική Δόμηση.

Ωστόσο, δεν είναι μόνο ο κλάδος της οικονομίας που πρέπει να μας οδηγήσει στην εδραίωση μιας νέας λογικής στον τομέα της δόμησης αλλά και η επιβαρημένη κατάσταση του περιβάλλοντος. Κυρίες δραστηριότητες του κατασκευαστικού κλάδου είναι η εξόρυξη και η βιομηχανική επεξεργασία, με όλες τις συνεπακόλουθες συνέπειες στο περιβάλλον. Η αλόγιστη χρήση συμβατικής ενέργειας, η απελευθέρωση τοξικών λυμάτων στον υδροφόρο ορίζοντα και επικίνδυνων χημικών ουσιών στην ατμόσφαιρα έχουν αντίκτυπο και τον ίδιο τον άνθρωπο.

Αναφερόμενοι όμως στην ανθρώπινη υγεία δεν θα μπορούσαμε να παραβλέψουμε και τη σχέση των συμβατικών δομικών υλικών με το «σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου». Άρρωστοι άνθρωποι σε άρρωστα κτίρια. Το 80-90% του χρόνου ζωής μας, το διανύουμε σε εσωτερικούς χώρους. Η χρήση τοξικών υλικών για την κατασκευή μιας κατοικίας αλλά και για την κάλυψη των αναγκών μας έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία μας.

Η Φυσική Δόμηση αποτελεί μια διαφορετική οπτική στο θέμα της κατασκευής. Η απομάκρυνση του ανθρώπου από τη φύση και η εκβιομηχάνιση των πάντων εξάλειψαν τις γνώσεις που κατείχαν οι πρόγονοί μας σε σχέση με τις κατασκευές αλλά και τα οφέλη που μας προσφέρει η επαφή με τη γη. Αξίζει λοιπόν να θυμηθούμε τις τεχνικές που έχουν τις ρίζες τους στα βάθη πολλών ετών και με τη βοήθεια της τεχνολογίας να πάμε ένα βήμα παραπέρα. Όλα αυτά βέβαια με σεβασμό προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον.

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Το χώμα είναι από τα αρχαιότερα υλικά δόμησης παγκοσμίως και αποτελεί θετικό γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια επανεξετάζεται η χρήση του στον κατασκευαστικό τομέα. Πανεπιστήμια και οργανισμοί σε όλο τον κόσμο στρέφουν το ενδιαφέρον τους προς την έρευνα του υλικού αυτού.

Η εγκατάλειψη των παραδοσιακών τεχνικών δόμησης με την εισαγωγή νέων τυποποιημένων υλικών, μετά τη βιομηχανική επανάσταση, όπως είναι ο χάλυβας και το σκυρόδεμα, απομάκρυνε τον άνθρωπο από τα ίδια υλικά που παράγει η φύση. Η ανάγκη για εξοικονόμηση χρόνου και η αύξηση της παραγωγικότητας έκαναν επιτακτική τη χρήση των νέων βιομηχανικών υλικών, προκειμένου να καλυφθούν οι ολοένα και αυξανόμενες απαιτήσεις που προστάζει η κοινωνία. Έτσι, η χρήση του χώματος ως υλικό δόμησης περιορίστηκε σε ορισμένες περιοχές του πλανήτη κυρίως σε λιγότερο αναπτυγμένες αγροτικά κοινωνίες, όπου συνηθίζονταν να κατασκευάζουν τα σπίτια οι ίδιοι οι κάτοικοι. Συγκεκριμένα για την Ελλάδα, η οριστική εγκατάλειψη της τεχνικής των ωμοπλίνθων ήταν στα τέλη της δεκαετίας του 1950 (Μπέη, 2004).

Σήμερα, το οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος των συμβατικών υλικών δόμησης έχει αναγκάσει τις κοινωνίες των ανθρώπων στην επανεκτίμηση των φυσικών και πραγματικά οικολογικών υλικών. Επιπλέον, η εξάπλωση του «συνδρόμου του άρρωστου κτιρίου» και η σύνδεσή του με την παρουσία υλικών δόμησης βλαβερών για την ανθρώπινη υγεία αποτελεί έναυσμα για αναζήτηση εναλλακτικών μορφών δόμησης με σκοπό τη διαφύλαξη της υγείας μας. Δεδομένου της πολυδιάστατης κρίσης που βιώνουμε αξίζει να διερευνηθούν εκ νέου οι τεχνικές φυσικής δόμησης και να επανεντάξουμε στη ζωή μας τα υλικά που απλόχερα μας προσφέρει η γη.



## **ABSTRACT**

Earth is one of the most ancient building materials all over the world and it is encouraging the fact that its use in structural industry is reviewed for the last years. Universities and organizations around the world focus on the research of this material.

The traditional building has been abandoned with the introduction of new materials such as steel and concrete, since the industrial revolution began, with a result of stop using natural materials. The necessity of saving time and the increase of productivity had made the use of new industrial materials imperative in case to cover the increasing requirements dictated by society. Thus the use of the earth as a building material was restricted to certain regions of the world particularly in less developed rural communities where usually the residents got accustomed to build their homes. Specifically for Greece, the permanent abandonment of the technique of mud-bricks was in the late 1950s (Bey, 2004).

Today, the economic and environmental costs of conventional building materials have forced human societies to the revaluation of the natural and truly ecological materials. Moreover, the spread of "sick building syndrome" and its connection with the presence of building materials harmful to human health is a trigger for seeking alternative forms of construction so as to safeguard our health. Since the multidimensional crisis we experience, it is worth re-exploring the natural building techniques and to reintegrate into our lives the materials that the Earth offers to us generously.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	i
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	ii
ABSTRACT .....	iii
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	vii
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	ix
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	xi
ΣΤΟΧΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	xiii
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
2. ΦΥΣΙΚΗ ΔΟΜΗΣΗ.....	7
2.1. Ορισμός .....	7
2.2. Τεχνικές δόμησης με χώμα .....	8
2.2.1. Παραδοσιακές ωμόπλινθοι ή πλιθιά - adobe.....	9
2.2.2. Συμπιεσμένες ωμόπλινθοι – Compressed Earth Blocks .....	11
2.2.3. Στοιβαγμένο χώμα - Cob.....	13
2.2.4. Άχυρο με πηλό – Straw Clay .....	15
2.2.5. Συμπιεσμένη γη - Rammed earth .....	17
2.2.6. Ρευστή γη - Poured earth.....	19
2.2.7. Τσατμάς.....	20
2.2.8. Γαιόσακοι .....	21
2.2.9. Εξώθηση πηλού.....	23
2.2.10. Κονιάματα και επιχρίσματα.....	24
2.3. Άλλες Τεχνικές.....	24
2.3.1. Δόμηση με αχυρόμπαλες - strawbale.....	24
2.3.2. Δόμηση με καυσόξυλα - Cordwood.....	25
2.4. Πλεονεκτήματα δόμησης με χώμα και άλλα φυσικά υλικά.....	26
2.4.1. Υγεία.....	26
2.4.2. Ψυχολογική ευεξία.....	27
2.4.3. Περιβάλλον .....	28
2.4.4. Οικονομία.....	28
2.4.5. Ιδιότητες του υλικού .....	29
2.4.6. Παράδοση και κληρονομιά .....	29
2.4.7. Δόμηση έκτακτων αναγκών .....	30

2.5. Το χώμα ως δομικό υλικό .....	30
2.5.1. Γενικά .....	30
2.5.2. Πηλός.....	31
2.5.3. Αδρανή Υλικά .....	32
2.5.3.1. Ιλύς - Άμμος - Χαλίκι.....	32
2.6. Δοκιμές καταλληλότητας του χώματος (in situ) .....	33
2.6.1. Δοκιμή καθίζησης (τεστ βάζου) .....	33
2.6.2. Ρίψη μπάλας .....	34
2.6.3. Δοκιμή συνοχής.....	35
2.6.4. Δοκιμή αφής.....	35
2.7. Βελτίωση εσωτερικού κλίματος.....	35
2.7.1. Η εξισορροπητική δράση του χώματος στην υγρασία .....	36
2.8. Φυσικά Υλικά .....	37
2.9. Παραδοσιακά Υλικά .....	39
3. ΧΩΜΑΤΙΝΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ.....	41
3.1. Σύγχρονα κτίρια στον κόσμο.....	41
3.1.1. “Friend House” - οικολογικό ξενοδοχείο, Dnepropertrovsk, Ουκρανία .....	41
3.1.2. Βρεφονηπιακός σταθμός, Glendale, Καλιφόρνια.....	42
3.1.3. Κινηματογράφος Sil Plaz, Ελβετία.....	43
3.1.4. Δημόσια πισίνα, Toro, Ισπανία .....	44
3.1.5. Sra Rou, επαγγελματική σχολή, Καμπότζη .....	45
3.1.6. Δημοτικό σχολείο, Tapaoun Ibi, Μάλι .....	47
3.2. Χωμάτινη δόμηση για περιπτώσεις έκτακτων αναγκών – αντιμετώπισης της ανθρωπιστικής κρίσης .....	49
3.2.1. Προσφυγικό καταφύγιο, Kerman, Ιράν .....	49
3.2.2. Χωμάτινες κατοικίες για τους άστεγους της Γάζας .....	51
3.2.3. Pegasus Children’s Project - Ξενώνας παιδιών στο Κατμαντού .....	52
3.2.4. Διαγωνισμός “Mud House Design 2014” .....	54
3.3. Παραδοσιακή αρχιτεκτονική στην Ελλάδα.....	56
3.4. Σύγχρονες κατοικίες στην Ελλάδα .....	57
3.4.1. Πλινθόκτιστη κατοικία στην Κάτω Ελάτη Τρικάλων .....	57
3.4.2. Κατοικία με άχυρο και πηλό, Αγριά Βόλου .....	59
3.5. Ελληνικό νομοθετικό πλαίσιο .....	60
3.6. Ομάδες και οργανώσεις.....	61

4. ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΑΕΡΑ.....	69
4.1. Γενικά .....	69
4.2. Τοξικότητα των δομικών υλικών .....	69
4.3. Η ραδιενέργεια στο εσωτερικό των κτιρίων.....	72
4.4. Οι επικρατέστεροι αέριοι ρύποι του εσωτερικού περιβάλλοντος.....	73
4.4.1. Αμίαντος.....	73
4.4.1.1. Οι επιπτώσεις από τη χρήση του αμίαντου .....	74
4.4.2. Ραδόνιο .....	76
4.4.3. Πτητικές οργανικές ενώσεις .....	78
4.4.4. Φορμαλδεΐδη .....	79
4.5. Το «Σύνδρομο Άρρωστου Κτιρίου».....	80
4.5.1. Ορισμός.....	80
4.5.2. Συμπτώματα του συνδρόμου .....	80
4.5.3. Παράγοντες που συμβάλλουν στην εμφάνιση του συνδρόμου .....	81
5. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟΥ ΦΟΥΡΝΟΥ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΛΙΘΙΩΝ .....	83
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	89
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	91

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικ.0-1: Τσατμάς Εικ.0-2: Cordwood Εικ.0-3: Straw clay Εικ.0-4: Τεχνική των γαιοσάκων για τη δημιουργία πάγκου (Πηγή:προσωπικό αρχείο) .....	xii
Εικ.0-5: Εργαστήριο Φυσικής Δόμησης, Παλιουριά, Μάρτιος 2014 (Πηγή: <a href="http://www.cob.gr">www.cob.gr</a> ) ..	xii
Εικ.1-1: Παγκόσμιος χάρτης των περιοχών με χωμάτινη αρχιτεκτονική (Πηγή: <a href="http://www.earth-auroville.com">www.earth-auroville.com</a> ).....	1
Εικ.1-2: Shibam, Υεμένη (Πηγή: <a href="http://www.naturalhomes.org">www.naturalhomes.org</a> ) .....	2
Εικ.1-3: Αναπαράσταση προϊστορικού οικισμού στο Δισπηλιό του νομού Καστοριάς ..... (Πηγή: <a href="http://www.archaiologia.gr">http://www.archaiologia.gr</a> ) .....	3
Εικ.1-4, 1-6: Το Μεγάλο Τέμενος της Djenne στο Μάλι. Εικ.1-5: Το τέμενος Djingarey Berre στο Timbuktu στο Μάλι. (Πηγές: <a href="http://www.wondermondo.com">http://www.wondermondo.com</a> , <a href="http://www.pbs.org">http://www.pbs.org</a> , <a href="http://imgarcade.com">http://imgarcade.com</a> ).....	4
Εικ.1-7: Η μπροστινή όψη της αίθουσας “La Salle de Diana”, πριν από την ανακαίνιση, Montbrison 1863-1865 (Πηγή: <a href="http://forezhistoire.free.fr/">http://forezhistoire.free.fr/</a> ).....	5
Εικ.2-1: 12 Κύριες τεχνικές δόμησης με χώμα (Πηγή: <a href="http://www.earth-auroville.com/">http://www.earth-auroville.com/</a> ) .....	8
Εικ.2-2, 2-3: Πλίθινες κατοικίες <i>bhonga</i> στην Ινδία (Πηγή: <a href="http://www.slideshare.net">http://www.slideshare.net</a> )10	
Εικ.2-4: Βιομηχανία πλίνθων στην Ινδία (Πηγή: <a href="http://eartharchitecture.org">http://eartharchitecture.org</a> ) .....	11
Εικ.2-5: Κέντρο Νέων – χτισμένο από τούβλα συμπιεσμένης άμμου και μικρής ποσότητας τσιμέντου, στο χωριό Niafourang της Σενεγάλης (Πηγή: <a href="http://eartharchitecture.org">http://eartharchitecture.org</a> ).....	12
Εικ.2-6: Κατοικίες στο Taos Pueblo του Μεξικό (Πηγή: <a href="http://whc.unesco.org">http://whc.unesco.org</a> ).....	14
Εικ.2-7: Στρόγγυλη μάζα “cob”, εργαστήριο Φυσικής Δόμησης, Παλιουριά, Μάρτιος 2014 (Πηγή: προσωπικό αρχείο).....	15
Εικ. 2-8: Σπίτι από cob στο Όρεγκον. (Πηγή: <a href="http://www.cobcottage.com">www.cobcottage.com</a> ) .....	15
Εικ.2-9: Κατοικία στο Crestone του Κολοράντο. Ξύλινος σκελετός με μείγμα από straw clay .....	16
(Πηγή: <a href="https://earthbagbuilding.files.wordpress.com">https://earthbagbuilding.files.wordpress.com</a> ) .....	16
Εικ.2-10: Ξύλινος σκελετός με μείγμα από straw clay (Πηγή: <a href="http://www.econesthomes.com/">http://www.econesthomes.com/</a> ).....	17
Εικ.2-11: Εφαρμογή της οριζόντιας τεχνικής rammed earth στο Μαρόκο.....	18
(Πηγή: <a href="http://www.earth-auroville.com/">http://www.earth-auroville.com/</a> ) .....	18
Εικ.2-12, 2-13: Χρήση καλουπιών για την κάθετη τεχνική rammed earth στην Κίνα .....	19
(Πηγή: <a href="http://www.earth-auroville.com/">http://www.earth-auroville.com/</a> ) .....	19
Εικ.2-14, 2-15: Τεχνική του τσατμά, εφαρμογή μείγματος πάνω σε πλεγμένα καλάμια (Πηγή: προσωπικό αρχείο).....	21
Εικ.2-16: Εσωτερική όψη από την κατασκευή μιας κατοικίας με την τεχνική των superadobe (Πηγή: <a href="http://calearth.org">http://calearth.org</a> ) .....	22
Εικ.2-17: Τοιχοποιία από εξώθηση πηλού, πειραματική κατοικία στο Πανεπιστήμιο του Kassel της Γερμανίας, 1982 (Πηγή: Building with earth, Gernot Minke, σελ. 76) .....	24
Εικ.2-18: Απεικόνιση τοίχου από καυσόξυλα (Πηγή: cordwood construction, Scot Runyan) .....	26
Εικ.2-19: Σύνθεση του χώματος (Πηγή: <a href="http://www.earth-auroville.com/">http://www.earth-auroville.com/</a> ) .....	30
Εικ.2-20: Τεστ βάζου (Πηγή: Becky Bee, The Cob Builders Handbook, σελ. 72) .....	33
Εικ.2-21: Δοκιμή ρίψης μπάλας (Πηγή: Gernot Minke, Building with earth, σελ. 23) .....	34

Εικ.2-22: Γέφυρα της Πλάκας, Απρίλιος 2014 (Πηγή: προσωπικό αρχείο) .....	40
Εικ.3-1, 3-2, 3-3: Οικολογικό ξενοδοχείο “Friend House”, Ουκρανία (Πηγές: http://eartharchitecture.org , http://backstage.worldarchitecturenews.com) .....	41
Εικ.3-4: Βρεφονηπιακός σταθμός, Glendale, Καλιφόρνια (Πηγή: http://archinect.com).....	42
Εικ.3-5: Βρεφονηπιακός σταθμός, Glendale, Καλιφόρνια (Πηγή: http://archinect.com).....	43
Εικ.3-6: Αίθουσα κινηματογράφου, Ilanz, Ελβετία (Πηγή: http://eartharchitecture.org) .....	43
Εικ.3-7: Δημόσια πισίνα, Toro, Ισπανία (Πηγή: http://eartharchitecture.org) .....	44
Εικ.3-8: Δημόσια πισίνα, Toro, Ισπανία (Πηγή: http://eartharchitecture.org) .....	45
Εικ.3-9: Επαγγελματική σχολή, Sra Pou, Καμπότζη (Πηγή: http://eartharchitecture.org) .....	45
Εικ.3-10: Εσωτερικό της σχολής (Πηγή: http://eartharchitecture.org) .....	46
Εικ.3-11: Δημοτικό σχολείο, Tanaoun Ibi, Μάλι (Πηγή: http://www.dezeen.com) .....	47
Εικ.3-12, 3-13, 3-14: Δημοτικό σχολείο, Tanaoun Ibi, Μάλι (Πηγή: http://www.dezeen.com) .....	48
Εικ.3-15: Απεικόνιση καταφυγίου, Kerman, Ιράν (Πηγή: http://www.domusweb.it) ....	49
Εικ.3-16: Προσφυγικό καταφύγιο, Kerman, Ιράν (Πηγή: http://www.domusweb.it) ....	50
Εικ.3-17: Προσφυγικό καταφύγιο, Kerman, Ιράν (Πηγή: http://www.domusweb.it) ....	50
Εικ.3-18: Κατασκευή κατοικιών με τη μέθοδο των συμπιεσμένων ωμοπλίνθων .....	51
(Πηγή: http://eartharchitecture.org) .....	51
Εικ.3-19: Εσωτερικό κατοικίας (Πηγή: http://eartharchitecture.org) .....	52
Εικ.3-20, 3-21: Κατασκευή κατοικιών στο Pegasus Children’s Project με τη μέθοδο των superadobe.....	53
(Πηγή: http://www.small-earth.com) .....	53
Εικ.3-22: Κατοικίες στο Pegasus Children’s Project.....	53
(Πηγή: https://www.facebook.com/PegasusChildrensProject) .....	53
Εικ.3-23: Μια τυπική χωμάτινη κατοικία στο χωριό Abetenim.....	55
(Πηγή: http://www.nkafoundation.org) .....	55
Εικ.3-24, 3-25, 3-26: Αποτελέσματα διαγωνισμού “Mud House Design 2014” .....	56
(Πηγή: http://eartharchitecture.org/) .....	56
Εικ.3-27: Νοτιοανατολική όψη της κατοικίας, Κάτω Ελάτη Τρικάλων, Νοέμβριος 2011 (Πηγή: https://adobehousegreece.wordpress.com) .....	58
Εικ.3-28: Δυτική όψη της πλινθόκτιστης κατοικίας .....	58
(Πηγή: https://adobehousegreece.wordpress.com) .....	58
Εικ.3-29: Λεπτομέρειες τοίχων – ξύλινα οριζόντια διαζώματα.....	59
(Πηγή: https://adobehousegreece.wordpress.com) .....	59
Εικ.3-30: Τοίχοι με αχυροπηλό. Εικ.3-31: Γενική όψη της κατοικίας, Αγριά, Βόλος .....	60
(Πηγή: https://www.facebook.com/Agriaturalbuilding).....	60
Εικ.3-32: Αφίσα σεμιναρίου με θέμα “Δόμηση με χώμα” (Πηγή: http://www.ntua.gr/vitruvius/).....	61
Εικ.3-33: Κατασκευή και αποστολή ξύλινης μήτρας για δημιουργία πλίνθων στη Γάζα, σε συνεργασία με την ΜΚΟ «Αρχιτεκτονική χωρίς Σύνορα», Αθήνα, Μάιος, 2010. (Πηγή: www.engoe.gr) .....	62
Εικ.3-34: Αποστολή εγχειριδίου σχετικό με τη δόμηση με χώμα στη Γάζα (Πηγή: www.engoe.gr) .....	63

Εικ.3-35, 3-38: 3ο κατασκευαστικό σεμινάριο: «Κατασκευή θόλου με πλιθιές adobe», με συμμετοχή του καθηγητή Dr.Gernot Minke του Πανεπιστημίου Kassel της Γερμανίας, Ιούλιος 2011, Παλαιοχώρα, Χανιά. Εικ. 3-36, 3-37: 2ο κατασκευαστικό σεμινάριο: «Τεχνική cob», σε συνεργασία με την ομάδα Cob, Σέμπρωνας, Χανιά, Αύγουστος 2010. (Πηγή: <a href="http://www.piliko.gr">www.piliko.gr</a> ) .....	64
Εικ.3-39 - 3-42: «Εισαγωγικό εργαστήριο Φυσικής Δόμησης», διοργανωμένο από την ομάδα Cob, Παλιουριά του δήμου Αγιάς, Λάρισα, Μάρτιος 2014 (Πηγή: προσωπικό αρχείο) .....	65
Εικ.3-43: «Εργαστήρι οικολογικής δόμησης στις κατασκηνώσεις Hill», Σαλαμίνα, Μάιος 2012 (Πηγή: <a href="http://www.axs.gr">www.axs.gr</a> ) .....	66
Εικ.3-44 - 3-47: Κατασκευή κατοικίας από την ομάδα “The Archanes Project” .....	67
(Πηγή: <a href="http://www.thearchanesproject.com/el/">http://www.thearchanesproject.com/el/</a> ) .....	67
Εικ.4-1: Η ζώνη οφιολίθου της Πίνδου (οι περιοχές που είναι σκιαζόμενες με μαύρο χρώμα), Μέτσοβο (1) και άλλες περιοχές ενδημικών αποτιτανώσεων (Πηγή: «Πνεύμων Μετσόβου») .....	75
Εικ.4-2: Κάτοικος Μετσόβου με δύο μπάλες «λούτο» στα χέρια του (Πηγή: «Πνεύμων Μετσόβου») .....	76
Εικ.5-1: Ανάμειξη υλικών με τα πόδια (Πηγή: προσωπικό αρχείο) .....	84
Εικ.5-2: Επιθυμητός σχηματισμός του μείγματος που είναι έτοιμο για χρήση (Πηγή: προσωπικό αρχείο) .....	84
Εικ.5-3, 5-4, 5-5: Τοποθέτηση πυρότουβλων και μέτρηση διαστάσεων του φούρνου (Πηγή: προσωπικό αρχείο).....	86
Εικ.5-6, 5-7: Χειροποίητα πλιθιά, 15cm x 15cm (Πηγή: προσωπικό αρχείο) .....	86
Εικ.5-8, 5-9: Δημιουργία καλουπιού και επικάλυψη με εφημερίδες (Πηγή: προσωπικό αρχείο).....	87
Εικ.5-10: Χρήση γιδόμαλλου για το επίχρισμα Εικ.5-11: Κατασκευή φούρνου Εικ.5-12: Ολοκληρωμένη όψη Εικ.5-13: Το πρώτο κάψιμο (Πηγή: προσωπικό αρχείο) .....	88

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2-1: Μέγεθος κόκκων των ανόργανων συστατικών του χρώματος.....	31
(Πηγή: <a href="http://www.earth-auroville.com/">http://www.earth-auroville.com/</a> ) .....	31
Πίνακας 4-1: Κατάλογος τοξικών ουσιών και ενδεχόμενη παρουσία τους (Κορωνάιος, 2005) .....	70
Πίνακας 4-2: Ποιότητα και ιδιότητες ορισμένων βασικών οικοδομικών υλικών (Τσίππρας, 2005).....	71
Πίνακας 4-3: Κίνδυνος εμφάνισης καρκίνου του πνεύμονα από έκθεση στον αμίαντο, κάπνισμα ή και από τα δύο σε σχέση με το γενικό πληθυσμό (Νικολάου Α., 2009).....	75
Πίνακας 4-4: Οι περιοχές με τη μεγαλύτερη συσσώρευση ραδονίου στην Ελλάδα (Τσίππρας, 2005).....	78
Πίνακας 4-5: Τα συνηθέστερα συμπτώματα του «Συνδρόμου του άρρωστου κτιρίου» (Νικολάου Τρ., 2009) .....	81
Πίνακας 4-6: Παράγοντες ποιότητας εσωτερικού αέρα (Νικολάου Τρ.,2009) .....	82

Πίνακας 5-1: Μείγμα cob – οδηγός για την αντιμετώπιση προβλημάτων (Πηγή: The Hand Sculpted House page. 178).....	85
Πίνακας 5-2: Διαστάσεις ξυλόφουρνου.....	88



## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Τα μεθοδολογικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την επιτυχή ολοκλήρωση της έρευνας ήταν τα εξής:

- *Βιβλιογραφική ανασκόπηση*

Το θεωρητικό μέρος της παρούσας εργασίας βασίζεται σε βιβλιογραφική έρευνα (αναλυτικά βλ. κεφ. 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ).

- *Εργαστήριο φυσικής δόμησης*

Στα πλαίσια της έρευνας παρακολούθησα ένα εισαγωγικό εργαστήριο Φυσικής Δόμησης, το οποίο πραγματοποιήθηκε στην παραθαλάσσια περιοχή της Παλιουριάς του Δήμου Αγιάς, στη Λάρισα. Το εργαστήριο διήρκησε τέσσερις ημέρες, κατά τη διάρκεια του οποίου υπήρξε καθημερινή ασχολία για τη δημιουργία ενός μικρού οικήματος με φυσικά υλικά. Οι τεχνικές Φυσικής Δόμησης, που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή ήταν οι εξής:

- *Τσατμάς*
- *Cob*
- *Straw clay*
- *Cordwood*
- *Σοβάτισμα με χώμα*

Επιπλέον, κατασκευάσαμε ένα παγκάκι με την τεχνική των γαιοσάκων (βλ. εικ.0-4).

- *Κατασκευή παραδοσιακού φούρνου και δημιουργία πλιθιών*

Πραγματοποιήθηκε επί τόπου έρευνα για την κατασκευή ενός παραδοσιακού φούρνου με φυσικά υλικά. Επίσης, από το ίδιο μείγμα δημιουργήσαμε πλίνθους με τη βοήθεια μεταλλικών καλουπιών (μήτρες). Αναλυτική περιγραφή της διαδικασίας στο κεφάλαιο 5.



Εικ.0-1: Τσατμάς Εικ.0-2: Cordwood Εικ.0-3: Straw clay Εικ.0-4: Τεχνική των γαισοάκων για τη δημιουργία πάγκου (Πηγή:προσωπικό αρχείο)



Εικ.0-5: Εργαστήρι Φυσικής Δόμησης, Παλιουριά, Μάρτιος 2014 (Πηγή: [www.cob.gr](http://www.cob.gr))

## **ΣΤΟΧΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

Ο υπερπληθυσμός, οι πόλεμοι, τα ακραία φυσικά φαινόμενα, η παγκόσμια οικονομική κρίση και άλλες αιτίες έχουν οδηγήσει στην ύπαρξη εκατομμυρίων αστέγων. Το χώμα ανέκαθεν ήταν το πιο προσβάσιμο, διαθέσιμο και προσαρμοστικό δομικό υλικό σε όλο τον πλανήτη. Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η διερεύνηση του χώματος ως υλικό δόμησης και αν αυτό μπορεί να ανταποκριθεί στις σύγχρονες λειτουργικές, περιβαλλοντικές, κατασκευαστικές και αισθητικές απαιτήσεις της κοινωνίας.

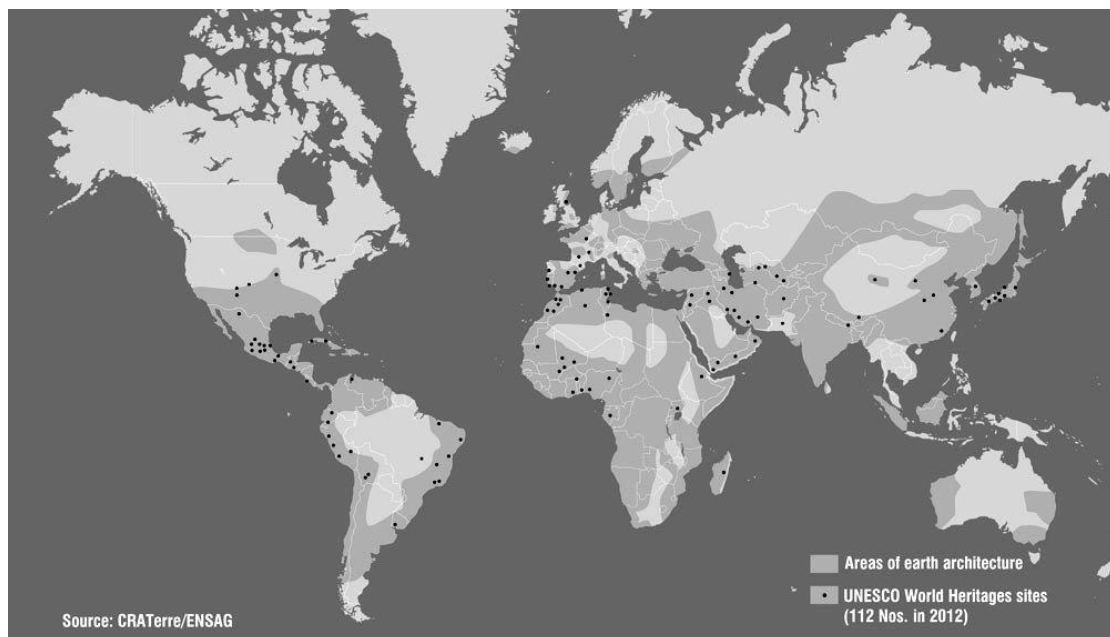
Η παρούσα έρευνα χωρίζεται σε δύο μέρη. Αρχικά γίνεται ανάλυση των διαφόρων τεχνικών φυσικής δόμησης και εξετάζονται τα φυσικά και παραδοσιακά υλικά. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά σε παραδείγματα χωμάτινων κατασκευών παγκοσμίως. Επιπλέον, τονίζεται η συμβολή των συμβατικών δομικών υλικών στη ρύπανση του εσωτερικού αέρα των κατοικιών.

Στο δεύτερο μέρος της παρούσας μελέτης παρουσιάζεται η κατασκευή ενός παραδοσιακού φούρνου και η δημιουργία παραδοσιακών ωμοπλίνθων από φυσικά υλικά όπως το αργιλόχωμα, η άμμος και το άχυρο (μείγμα *cob*). Τέλος, εξάγουμε τα συμπεράσματά μας σχετικά με τη Φυσική Δόμηση.

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η δόμηση με χώμα αποτελεί μια από τις αρχαιότερες τεχνικές παγκοσμίως, από τότε που ο άνθρωπος έκτισε το πρώτο του καταφύγιο, περίπου 10.000 χρόνια πριν. Αναπτύχθηκαν πολλές κατασκευαστικές μέθοδοι που επηρεάστηκαν από το φυσικό και το πολιτισμικό περιβάλλον του εκάστοτε τόπου, αλλά και από τις ιδιότητες και τη συμπεριφορά του ίδιου του υλικού.

Το χώμα ανέκαθεν ήταν και εξακολουθεί να είναι το πιο προσβάσιμο, διαθέσιμο και προσαρμοστικό δομικό υλικό στον πλανήτη. Αξίζει να σημειωθεί πως το 30% του παγκόσμιου πληθυσμού κατοικεί σε σπίτια κατασκευασμένα από χώμα. Ενώ στις αναπτυσσόμενες χώρες το ποσοστό των ανθρώπων που ζουν σε χωμάτινες κατοικίες είναι 50%.<sup>1</sup>



Εικ.1-1: Παγκόσμιος χάρτης των περιοχών με χωμάτινη αρχιτεκτονική (Πηγή: [www.earth-auroville.com](http://www.earth-auroville.com))

Παραδείγματα χωμάτινης αρχιτεκτονικής υπάρχουν σε όλο τον κόσμο από την αρχαιότητα μέχρι και σήμερα. Στην πόλη της Ιεριχούς έχουν ανακαλυφθεί τα αρχαιότερα ευρήματα από χωμάτινες κατοικίες, που χρονολογούνται από το 8000 π.Χ.. Στην Ινδία, στις όχθες του Ινδού ποταμού έχουν βρεθεί κατοικίες χτισμένες από τούβλα ωμής γης από το 7000 π.Χ.. Στην Ευρώπη, τα παλαιότερα

<sup>1</sup>Adam Weismann & Katy Bryce (2006). *Building with cob. A step-by-step guide*.UK, σελ. 12



απομεινάρια χωμάτινων οικισμών ανακαλύφθηκαν το 6000 π.Χ. στα παράλια του Αιγαίου. Αρχικά, οι κατοικίες ήταν φτιαγμένες από πλεγμένα κλαδιά, επικαλυμμένα με πηλό και στη συνέχεια από τούβλα στεγνωμένα στον ήλιο. Ερείπια απλών καταλυμάτων φτιαγμένα από πλεγμένα κλαδιά και πηλό έχουν βρεθεί και στο Δέλτα του Νείλου της Αφρικής, που χρονολογούνται από το 5000 π.Χ. Ενώ στην Κίνα, το 4000 ετών Σινικό Τείχος αρχικά ήταν χτισμένο από συμπιεσμένο χώμα (*rammed earth*) και μετέπειτα καλύφθηκε από πέτρες και τούβλα, όπως είναι και η σημερινή του όψη, σαν ένας πέτρινος τοίχος.

Χωμάτινες κατοικίες έχουν βρεθεί και σε πολλές περιοχές της Ελλάδας. Κατά τη Νεολιθική εποχή, πριν από το 3400 π.Χ., στη Μινωική Κρήτη, στον αρχαιολογικό χώρο της Κνωσού εντοπίζονται τα πρώτα αρχαιολογικά ευρήματα για κατοικίες με τοιχοποιίες από ωμές πλίνθους, που είχαν στεγνώσει με τη βοήθεια του ήλιου (Καραπαναγιώτη, 2012). Επιπλέον, κατά την ίδρυση της πόλης της Αθήνας, περίπου το 3000 π.Χ. τα σπίτια που περιέβαλλαν την Ακρόπολη ήταν χτισμένα από χωμάτινα τούβλα και αχυρένιες σκεπές.<sup>2</sup>



Εικ.1-2: Shibam, Υεμένη (Πηγή: [www.naturalhomes.org](http://www.naturalhomes.org))

---

<sup>2</sup> Adam Weismann & Katy Bryce (2006). *Building with cob. A step-by-step guide*.UK, σελ.15

Στο Δισπηλιό και στον Πρόδρομο της Δυτικής Θεσσαλίας, οι κατοικίες ήταν πασσαλόπηκτες χτισμένες πάνω στο νερό, με τοιχοποιία από πλεγμένα καλάμια και πηλό.



Εικ.1-3: Αναπαράσταση προϊστορικού οικισμού στο Δισπηλιό του νομού Καστοριάς

(Πηγή: <http://www.archaiologia.gr>)

Το 1100 μ.Χ., έχουμε ισλαμικά τεμένη χτισμένα από χώμα, η διαμόρφωση των οποίων διέφερε από περιοχή σε περιοχή, όπως είναι το Μεγάλο Τέμενος της Djenne στο Μάλι, το οποίο θεωρείται πως είναι το μεγαλύτερο χωμάτινο κτίριο στον κόσμο και το τέμενος στο Moriti, επίσης στο Μάλι. Στη Γαλλία, το παλαιότερο χωμάτινο κτίριο που χτίστηκε το 1270 μ.Χ., σήμερα αποτελεί τη βιβλιοθήκη της πόλης Montbrison, στην οποία φυλάσσονται βιβλία που είναι υπερευαίσθητα στην υγρασία.<sup>3</sup> Στην Υεμένη, το ιστορικό κέντρο της πόλης Shibam του 16ου αιώνα αποτελείται εξ' ολοκλήρου από πλίνθινα κτήρια 8 με 10 ορόφων συνολικού ύψους περίπου 30 μέτρων, προσδίνοντάς της το χαρακτηρισμό «Manhattan της ερήμου» (Σπυροπούλου & Τσακαλάκη, 2013).

---

<sup>3</sup> Adam Weismann & Katy Bryce (2006). *Building with cob. A step-by-step guide*.UK, σελ.15





Εικ.1-4, 1-6: Το Μεγάλο Τέμενος της Djenne στο Μάλι. Εικ.1-5: Το τέμενος Djingarey Berre στο Timbuktu στο Μάλι. (Πηγές: <http://www.wondermondo.com> , <http://www.pbs.org> , <http://imgarcade.com>)



**Εικ.1-7: Η μπροστινή όψη της αίθουσας “La Salle de Diana”, πριν από την ανακαίνιση, Montbrison 1863-1865 (Πηγή: <http://forezhistoire.free.fr/> )**

Την περίοδο 1700 -1800 μ.Χ. η χωμάτινη δόμηση ήταν σε ανάπτυξη στην κεντρική Ευρώπη, σε χώρες όπως η Δανία, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Γερμανία. Τα νεώτερα χρόνια παρατηρείται σημαντική ωρίμανση της δόμησης με ωμές πλίνθους και σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας, με τη δημιουργία ακόμα και οικισμών, όπως είναι τα Κορέστεια της Καστοριάς, αλλά και οικισμών υποδοχής προσφύγων (Κοκκινιά, Ν. Πεύκη, Μαγικό Ξάνθης κ.α.) μετά την ανταλλαγή πληθυσμών με την Τουρκία το 1922 (Καραπαναγιώτη, 2012). Η τεχνική των ωμοπλίνθων επικράτησε και στα νησιά του Αιγαίου και σε πολλά χωριά του θεσσαλικού κάμπου, παραδείγματα τέτοιων κατασκευών συναντώνται ακόμα και σήμερα (Μπέη, 2004)

Κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου όμως επήλθε η ύφεση και μέχρι το 1993 χτίζονταν ελάχιστα χωμάτινα κτίρια σε χώρες του δυτικού κόσμου. Η αστυφιλία και η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών περιόρισε σημαντικά τη χρήση του



χώματος ως υλικό δόμησης σε πολλές περιοχές του πλανήτη. Οι ολοένα αυξανόμενες ανάγκες του αστικού πληθυσμού έκαναν επιτακτική τη χρήση νέων υλικών για μαζικότερη παραγωγή. Ο χάλυβας και το τσιμέντο εισήλθαν στην αγορά στα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα για το δυτικό κόσμο, ενώ για την Ελλάδα στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, και έτσι η χρήση του πηλού εγκαταλείφθηκε πλήρως. Συγκεκριμένα στην Ελλάδα η χρήση του πηλού σταμάτησε στα μέσα της δεκαετίας του 1950 (Μπέη, 2004).

Με τη Συνθήκη της UNESCO για την προστασία της Παγκόσμιας Πολιτιστικής και Φυσικής Κληρονομιάς το 1972 συμπεριλήφθησαν στον κατάλογο τρεις περιοχές που χρησιμοποιούν τη γη ως βασικό δομικό υλικό. Μέχρι και σήμερα στη Νότια και Κεντρική Αμερική, στην Κίνα και στην Αφρική το χώμα παραμένει το κύριο δομικό υλικό. Στα μέσα περίπου της δεκαετίας του 1990 παρατηρείται σε Ευρώπη και Βόρεια Αμερική ανάκαμψη της χωμάτινης δόμησης, καθώς το χώμα αποτελεί υλικό φιλικό προς το περιβάλλον. Παγκόσμια ερευνητικά κέντρα, οργανισμοί και πανεπιστήμια στρέφουν το ενδιαφέρον τους προς την έρευνα του υλικού αυτού. Όπως είναι η CRATerre (Διεθνές Κέντρο για την Κατασκευή από χώμα) που έχει την έδρα της στο Πανεπιστήμιο της Grenoble της Γαλλίας και από το 1974 έχει αναλάβει την επικαιροποίηση των επιστημονικών και των τεχνικών γνώσεων για τη χωμάτινη δόμηση.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Adam Weismann & Katy Bryce (2006). *Building with cob. A step-by-step guide*.UK, σελ.15

## 2. ΦΥΣΙΚΗ ΔΟΜΗΣΗ

### 2.1. Ορισμός

Σε όλη τη διάρκεια της ανθρώπινης ιστορίας τρία υπήρξαν πάντοτε τα κριτήρια για την κατασκευή ενός σπιτιού στα μέτρα της Φύσης (Τσίππρας, 1996):

- Η σωματική υγεία των κατοίκων του
- Η ηρεμία του πνεύματος και
- Η αρμονία με τον περιβάλλοντα χώρο

Με τον όρο Φυσική Δόμηση θα μπορούσαμε να ορίσουμε οποιοδήποτε κατασκευαστικό σύστημα, το οποίο δίνει αξία στην κοινωνική και περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Οι τεχνικές που εφαρμόζονται είναι, είτε παραδοσιακές και χρησιμοποιούνται εδώ και χιλιάδες χρόνια, είτε συνδυασμοί παραδοσιακών μεθόδων με νέες ιδέες και τεχνολογίες. Οι συγκεκριμένες τεχνικές βασίζονται σε τοπικά, ακατέργαστα, επαναχρησιμοποιούμενα και ανακυκλώσιμα υλικά, που επιλέγονται από τη γύρω περιοχή. Στη Φυσική Δόμηση, η ανθρώπινη εργασία και η δημιουργικότητα υπερτερούν έναντι του κεφαλαίου, της υψηλής τεχνολογίας και των εξειδικευμένων δεξιοτήτων.

Η δόμηση με φυσικά υλικά αποτελεί μια διαδικασία «φιλική» προς το περιβάλλον αλλά και προς τον άνθρωπο, σε όλα τα στάδια της εξέλιξής της. Η φύση μας παρέχει όλα τα δομικά υλικά που χρειαζόμαστε, τα οποία χρειάζονται ελάχιστη επεξεργασία και μεταφορά, τα οικονομικά και τα περιβαλλοντικά κόστη είναι χαμηλά. Μερικά υλικά είναι ανανεώσιμα, όπως το ξύλο και το άχυρο, και κάποια άλλα υπάρχουν σε αφθονία, όπως η πέτρα και το χώμα. Το χώμα είναι το κυριότερο υλικό που χρησιμοποιείται και ανάλογα με την τεχνική, απαιτείται και διαφορετική σύσταση του χώματος. Το γεγονός αυτό καθιστά δυνατή την κατασκευή σπιτιού από όλους τους ανθρώπους όπου και αν ζουν, καθώς το βασικό υλικό είναι ανεξάντλητο.

Στην ενότητα που ακολουθεί, γίνεται ανάλυση των τεχνικών δόμησης με χώμα που εφαρμόζονται σήμερα. Παλιές, παραδοσιακές τεχνικές που διατηρούν το χαρακτήρα τους, σε πολλές περιοχές του κόσμου. Αλλά και νέες μέθοδοι που με

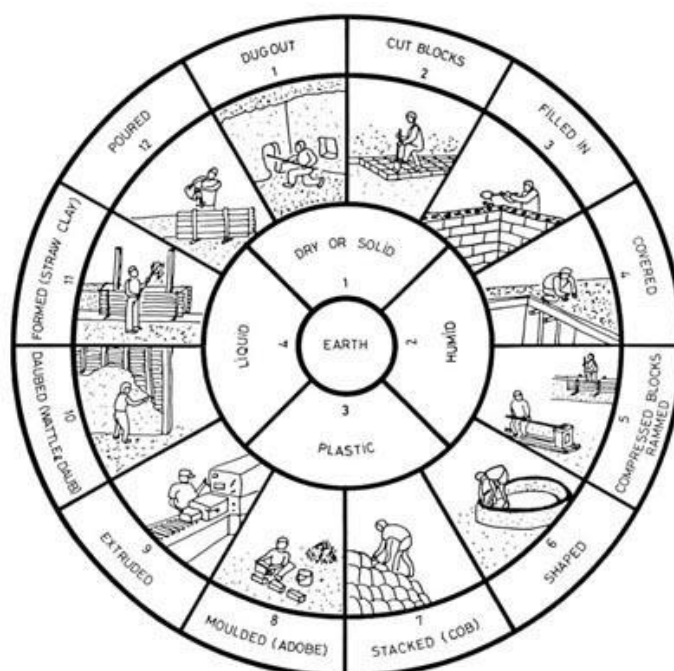
τη βοήθεια της τεχνολογίας, βελτιώνουν τις ήδη υπάρχουσες παραδοσιακές τεχνικές.

## 2.2. Τεχνικές δόμησης με χώμα

Οι τεχνικές δόμησης με βάση το χώμα που αναπτύχθηκαν στον κόσμο, από την αρχαιότητα μέχρι και σήμερα, καλύπτουν ένα τεράστιο φάσμα. Τα διαθέσιμα υλικά της εκάστοτε περιοχής αλλά και οι ιδιότητες και οι συμπεριφορές του ίδιου του χώματος ήταν οι παράγοντες που επηρέασαν τις κατασκευαστικές τεχνικές.

Τις τελευταίες δεκαετίες, η παράδοση της χωμάτινης δόμησης αναβιώνει, γεγονός που σήμερα υποστηρίζεται από πολλές επιστημονικές έρευνες. Η δόμηση με χώμα αποτελεί μια ενδιαφέρουσα και εναλλακτική πρόταση δόμησης με εξαιρετικές δυνατότητες για την επίλυση ενεργειακών, βιολογικών και περιβαλλοντικών προβλημάτων του κατασκευαστικού κλάδου και του αστικού σχεδιασμού.

Οι κύριες τεχνικές που ανακαλύφθηκαν είναι δώδεκα, οι οποίες σχετίζονται με τις τέσσερις ένυδρες καταστάσεις του χώματος.



Εικ.2-1: 12 Κύριες τεχνικές δόμησης με χώμα (Πηγή: <http://www.earth-auroville.com/>)

Οι επικρατέστερες τεχνικές δόμησης με χώμα στον κόσμο, μέχρι σήμερα, είναι τα πλιθιά (*adobe*) και η συμπιεσμένη γη (*rammed earth* ή *pise*), λόγω των πλεονεκτημάτων που συγκεντρώνουν.<sup>5</sup> Οι παραλλαγές των νέων τεχνικών είναι πολλές και παρακάτω γίνεται ανάλυση αυτών που έχουν κυρίαρχο ρόλο, είτε παραδοσιακές είτε νέες.

### **2.2.1. Παραδοσιακές ωμόπλινθοι ή πλιθιά - adobe**

Τα πλιθιά ή τα *adobe* συγκαταλέγονται ανάμεσα στις παλαιότερες τεχνικές δόμησης κτιρίων, με καταγωγή από τη Μεσοποταμία. Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει το σχηματισμό τούβλων από ωμή άργιλο με τη βοήθεια καλουπιών, τα οποία στη συνέχεια, στεγνώνονται στον ήλιο. Το μείγμα αποτελείται κυρίως από αργιλόχωμα, άμμο και νερό, και συχνά γίνεται προσθήκη ινών όπως άχυρο, κοπριά, τρίχες ζώων κ.α., για την ενίσχυση της αντοχής και της συνεκτικότητας. Το γέμισμα των ειδικών ανοιχτών καλουπιών γίνεται πάνω στο έδαφος και η συμπύκνωση του υλικού γίνεται με τα χέρια. Έπειτα, αφαιρούνται τα καλούπια και τα πλιθιά αφήνονται να στεγνώσουν στον ατμοσφαιρικό αέρα.

Συνήθως, οι *ωμόπλινθοι* έχουν σχήμα παραλληλεπίπεδο, διαστάσεων 25cm x 36cm και χτίζονται όπως τα τούβλα. Ανάλογα όμως με τη χρήση τους, μπορούν να παραχθούν σε οποιοδήποτε μέγεθος και σχήμα, λαμβάνοντας υπόψη το χρόνο ξήρανσής τους. Στις παραδοσιακές κατασκευές το πάχος του τοιχώματος εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες της περιοχής. Έτσι, σε παράκτιες περιοχές με ήπιο κλίμα τα τοιχώματα είναι λεπτότερα σε σύγκριση με τα τοιχώματα που συναντώνται σε ορεινές περιοχές ή ακόμα και σε ερήμους.<sup>6</sup>

Ο καλύτερος τρόπος για τον καθορισμό του κατάλληλου εδάφους για το σχηματισμό *πλίνθων* είναι η δημιουργία ενός δείγματος, το οποίο θα πρέπει να στεγνώσει χωρίς να υποστεί σημαντική στρέβλωση ή ράγισμα. Το έδαφος που

---

<sup>5</sup> ANELIXE, <http://anelixi.org/>

<sup>6</sup> Marcial Blondet & Gladys Villa Garcia M. *Adobe construction*, Peru.

περιέχει υψηλή περιεκτικότητα σε άργιλο μπορεί να προκαλέσει συρρίκνωση ή ακόμα και ράγισμα της *ωμοπλίνθου* όταν στεγνώσει, ενώ στα αμμώδη εδάφη δεν υπάρχει επαρκές υλικό συγκόλλησης, γεγονός που κάνει την *ωμόπλινθο* εύθραυστη.<sup>7</sup>

Η δόμηση με *ωμοπλίνθους* παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα, μεταξύ αυτών, είναι το χαμηλό κόστος, η απλή μέθοδος κατασκευής, οι θερμομονωτικές και οι ακουστικές ιδιότητες. Ωστόσο, τα πλίθινα κτίρια θεωρούνται πιο επιρρεπή στις σεισμικές δονήσεις, για το λόγο αυτό η υποστήριξη της φέρουσας τοιχοποιίας με ξύλινο σκελετό είναι απαραίτητη, ειδικά σε σειсмоγενείς περιοχές. Ένα παράδειγμα πλίθινης κατοικίας που παρουσιάζει καλή αντισεισμική συμπεριφορά είναι ο παραδοσιακός τύπος *bhonga*, που βρίσκεται στην πολιτεία Gujarat της Ινδίας. Αποτελείται από ένα μόνο δωμάτιο κυλινδρικού σχήματος, με κωνική στέγη, η οποία υποστηρίζεται από κυλινδρικά τοιχώματα. Οι κατοικίες αυτές είναι αρκετά ανθεκτικές και ιδανικές σε συνθήκες ερήμου.<sup>8</sup>



Εικ.2-2, 2-3: Πλίθινες κατοικίες *bhonga* στην Ινδία (Πηγή: <http://www.slideshare.net>)

Η τεχνική των *ωμοπλίνθων* είναι ευρέως διαδεδομένη και συναντάται κυρίως σε αγροτικές περιοχές. Στην Ελλάδα, η τεχνική αυτή εφαρμόστηκε μέχρι και λίγο μετά το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, σε περιοχές όπως η Θεσσαλία, η Μακεδονία, η

---

<sup>7</sup> T.A.H Miller. *Adobe or sun – dried brick for farm buildings*. U.S. Department of Agriculture.

<sup>8</sup> Marcial Blondet & Gladys Villa Garcia M. *Adobe construction*, Peru.

Κρήτη, τα νησιά του βόρειου Αιγαίου (Μπέη, 2004). Στον υπόλοιπο κόσμο, κτίρια από αργιλική γη συναντώνται κυρίως στη Μέση Ανατολή, Βόρεια Αφρική, Νότια Αμερική και Ισπανία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα δόμησης με πλίνθους αποτελεί η πόλη Shibam στην Υεμένη, η οποία απαρτίζεται από πολώροφα κτίρια, ύψους 30 μέτρων περίπου.



Εικ.2-4: Βιομηχανία πλίνθων στην Ινδία (Πηγή: <http://eartharchitecture.org>)

### 2.2.2. Συμπιεσμένες ωμόπλινθοι – Compressed Earth Blocks

Η τεχνική των συμπιεσμένων ωμοπλίνθων είναι η σύγχρονη εξέλιξη της παραγωγής των παραδοσιακών ωμοπλίνθων, κατά την οποία γίνεται συμπύκνωση του υλικού με τη βοήθεια πρέσας.

Η παραγωγή παραδοσιακών ωμοπλίνθων είναι μια παλιά μέθοδος που πλέον χρησιμοποιείται σπάνια, καθώς αποτελεί επίπονη και χρονοβόρα διαδικασία. Επιπλέον, η μέθοδος αυτή παρουσιάζει το μειονέκτημα της δυσκολίας να ελέγξει κανείς το τελικό πάχος και την πυκνότητα της παραγόμενης πλίνθου.

Οι πρώτες προσπάθειες για την παραγωγή συμπιεσμένων ωμοπλίνθων ξεκίνησαν τις αρχές του 19ου αιώνα στην Ευρώπη. Ο Γάλλος αρχιτέκτονας Francois Coitereaux δημιούργησε μια χειροκίνητη πρέσα, όπου με τη βοήθεια εμβόλων συμπιέζε το υγρό χώμα σε ένα μικρό ξύλινο καλούπι, το οποίο συγκρατούσε με τα πόδια.

Το 1950 κατασκευάστηκε η πρώτη πρέσα από χάλυβα, η Cinvaram. Ήταν το αποτέλεσμα ενός ερευνητικού προγράμματος, για μια κοινωνική κατοικία στην



Κολομβία, προκειμένου να βελτιωθούν οι ιδιότητες των χειροποίητων ωμοπλίνθων (adobe). Έκτοτε έχουν σχεδιαστεί αρκετοί τύποι μηχανών και πολλά εργαστήρια ειδικεύθηκαν στον εντοπισμό των κατάλληλων εδαφών για τη δόμηση κτιρίων. Η τεχνική των *συμπιεσμένων ωμοπλίνθων* έχει εφαρμοστεί σε πολλές χώρες της Αφρικής, καθώς και τη Νότια Αμερική, την Ινδία και τη Νότια Ασία.

Οι *συμπιεσμένοι ωμοπλίνθοι* αναπτύχθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1960. Η συμπίεση του χώματος έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του πορώδους και κατ' επέκταση τη βελτίωση των φυσικών και των μηχανικών ιδιοτήτων του. Η σταθεροποίηση των *συμπιεσμένων ωμοπλίνθων* γίνεται συνήθως με την προσθήκη τσιμέντου σε ποσοστό 4-8% στο μείγμα, ώστε να αυξηθεί η αντοχή τους σε θλίψη και η αντοχή τους στο νερό (Σπυροπούλου & Τσακαλάκη, 2013).



**Εικ.2-5: Κέντρο Νέων - χτισμένο από τούβλα συμπιεσμένης άμμου και μικρής ποσότητας τσιμέντου, στο χωριό Niafourang της Σενεγάλης (Πηγή: <http://eartharchitecture.org>)**

Πολλές χώρες έχουν υιοθετήσει την προώθηση των *συμπιεσμένων ωμοπλίνθων* για την κατασκευή δημόσιων κτιρίων, στα πλαίσια της πολιτικής για τη χρήση τοπικών υλικών. Στην Μπουρκίνα Φάσο και στο Μαρόκο, η τεχνική των *συμπιεσμένων ωμοπλίνθων* έχει εφαρμοστεί για την οικοδόμηση σχολείων, πανεπιστημιακών καταλυμάτων, ακόμα και πολυτελών ξενοδοχείων, αποδεικνύοντας έτσι την ποιότητα του υλικού και το εύρος της εφαρμογής του.<sup>9</sup>

### **2.2.3. Στοιβαγμένο χώμα - Cob**

Η δόμηση με *cob* είναι μια από τις αρχαιότερες τεχνικές χτισίματος με γήινα υλικά. Το *cob* είναι ένα μείγμα από πηλό, άμμο, άχυρο και νερό όπου χρησιμοποιούνται τα χέρια και τα πόδια για να αναμειχθούν τα υλικά και για να σχηματιστούν στρόγγυλες μάζες, οι οποίες στη συνέχεια στοιβάζονται η μια πάνω στην άλλη, διαμορφώνοντας έτσι μονολιθικές κατασκευές με μεγάλη σταθερότητα.

Αποτελεί μια μορφή γλυπτικής, καθώς το χτίσιμο με *cob* δεν περιλαμβάνει ίσιες φόρμες ή καλούπια και η τελική μορφή είναι ελεύθερη, δημιουργώντας έτσι οργανικά σχήματα όπως: καμπυλωτούς τοίχους, αψίδες και θόλους. Το χτίσιμο γίνεται σταδιακά, καθώς απαιτείται σταθεροποίηση και ξήρανση της κάθε στρώσης που τοποθετείται, για να υποδεχτεί την επόμενη στρώση. Η ίδια διαδικασία συνεχίζεται ως το τελικό ύψος των τοίχων, το πάχος των οποίων κυμαίνεται συνήθως από 40 – 60 εκ. Οι τοίχοι από *cob* παρέχουν τεράστια θερμική μάζα και επαρκή μόνωση για χρήση παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης. Οι γήινες κατοικίες απαιτούν ελάχιστη πρόσθετη θέρμανση το χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι παραμένουν δροσερές και άνετες.<sup>10</sup>

Στην Αγγλία υπάρχουν δεκάδες χιλιάδες άνετα σπίτια από *cob*, τα οποία κατοικούνται εδώ και πέντε αιώνες. Επίσης, το Taos Pueblo του Μεξικό κατοικείται συνεχόμενα για περισσότερα από 900 χρόνια. Όπως και η αρχαιότερη πόλη από χωμάτινες κατοικίες, η πόλη της Ιεριχώς, έχει αντέξει στην

---

<sup>9</sup> Hubert Guillaud, Thierry Joffroy, Pascal Odul. *Compressed earth block manual of design and construction*. CRATerre-EAG

<sup>10</sup> Ianto Evans, Michael G. Smith & Linda Smiley. *The Hand-Sculpted House. A practical and Philosophical Guide to Building a Cob Cottage*. U.S, σελ.18



πάροδο του χρόνου για 9000 έτη. Μερικά από τα πολλά παραδείγματα που αποδεικνύουν την ευελιξία και την ανθεκτικότητα του υλικού σε διάφορες καιρικές συνθήκες, από το πιο κρύα κλίματα μέχρι και σε συνθήκες ερήμου.



Εικ.2-6: Κατοικίες στο Taos Pueblo του Μεξικό (Πηγή: <http://whc.unesco.org>)

Το 1980 παρατηρήθηκε ανάκαμψη της δόμησης με *cob*, κυρίως με επισκευές και αναπλάσεις σε ήδη υπάρχοντα κτίρια, αλλά και με την κατασκευή νέων κατοικιών. Στη Μεγάλη Βρετανία το 1996, ήταν υπό κατασκευή τέσσερις νέες κατοικίες από *cob*, υπό την έγκριση του συμβουλίου δόμησης.<sup>11</sup> Σήμερα, η τεχνική του *cob* έχει αναγεννηθεί σε πολλές περιοχές του πλανήτη, λόγω της πολύ καλής βιοκλιματικής συμπεριφοράς που παρουσιάζει το υλικό αλλά και του χαμηλού κόστους παραγωγής, καθώς, δίνει και τη δυνατότητα κατασκευής της κατοικίας από τον ίδιο το χρήστη.

---

<sup>11</sup> Becky Bee (1997). *The Cob Builders Handbook*. U.S.A: Groundworks, σελ. 3



Εικ.2-7: Στρόγγυλη μάζα “cob”, εργαστήριο Φυσικής Δόμησης, Παλιουριά, Μάρτιος 2014 (Πηγή: προσωπικό αρχείο)



Εικ. 2-8: Σπίτι από cob στο Όρεγκον. (Πηγή: [www.cobcottage.com](http://www.cobcottage.com))

#### 2.2.4. Άχυρο με πηλό – Straw Clay

Η τεχνική αυτή είναι γνωστή ως *straw clay*, κατά την οποία το άχυρο, το οποίο έχει κοπεί στο μέγεθος που επιθυμούμε, εμποτίζεται σε αρκετά αργιλώδες χώμα

σε υγρή μορφή. Στη συνέχεια, το μείγμα αυτό χρησιμοποιείται ως γέμισμα σε ξύλινο σκελετό συνήθως, και συμπιέζεται ελαφρά με τα ειδικά εργαλεία. Στη μέθοδο αυτή, ο ρόλος του χώματος είναι συνεκτικός. Όταν το υλικό στεγνώσει συνεχίζεται το χτίσιμο από πάνω.

Οι τοίχοι από *straw clay* δεν είναι φέροντες, είναι γενικά ελαφριοί με πολύ καλή θερμομονωτική ικανότητα. Το *straw clay* χρησιμοποιείται στην κατασκευή προκατασκευαστικών δομικών στοιχείων, τοίχων αλλά και πατωμάτων. Με την τεχνική αυτή διάφορα δομικά στοιχεία, όπως τούβλα, πανέλα και πλάκες δαπέδων προκατασκευάζονται και στη συνέχεια στρώνονται στην κατασκευή με τη χρήση κονιάματος.

Η τεχνική αυτή χρησιμοποιήθηκε ευρέως στη Γερμανία και επανεμφανίστηκε μετά το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο για την ανοικοδόμηση των κτιρίων.<sup>12</sup>



Εικ.2-9: Κατοικία στο Crestone του Κολοράντο. Ξύλινος σκελετός με μείγμα από straw clay

(Πηγή: <https://earthbagbuilding.files.wordpress.com/>)

---

<sup>12</sup> <http://www.earth-auroville.com/>





Εικ.2-10: Ξύλινος σκελετός με μείγμα από straw clay (Πηγή: <http://www.econesthomes.com/>)

### 2.2.5. Συμπιεσμένη γη - Rammed earth

Η τεχνική *rammed earth* ή *pisé de Terre* στα γαλλικά ή απλά *pisé* είναι τόσο παλιά όσο το Σινικό Τείχος της Κίνας. Η μέθοδος *rammed earth* είναι όμοια με τα πλιθιά και το cob, όσον αφορά το μείγμα, το οποίο αποτελείται κυρίως από πηλό και άμμο.

Το κατάλληλο έδαφος για την τεχνική *rammed earth* είναι το αμμώδες ή το χαλικώδες και όχι το αργιλώδες. Στη μέθοδο αυτή, το χώμα κοσκινίζεται καλά και αφαιρούνται οι πολύ μεγάλες πέτρες. Το χώμα αναμειγνύεται με νερό μέχρι να ομογενοποιηθεί, και στη συνέχεια, το μείγμα χύνεται σε έναν ξυλότυπο σε λεπτές στρώσεις και συμπιέζεται ώστε να αυξηθεί η πυκνότητά του. Στο υλικό προστίθενται εφόσον απαιτείται αμμοχάλικα, πηλός καθώς και κάποιος σταθεροποιητής (π.χ. υδράσβεστος, τσιμέντο, ασφαλτικά γαλακτώματα) (Καραπαναγιώτη, 2012).

Η αύξηση της πυκνότητας του χώματος έχει ως φυσικό επακόλουθο την αύξηση της αντοχής σε θλίψη και της αντοχής στο νερό. Η συμπίεση παραδοσιακά γινόταν χειροκίνητα, με τη χρήση εμβόλων (*rammers*). Ενώ τις τελευταίες δεκαετίες, γίνεται και μηχανικά με τη χρήση ειδικών μηχανημάτων (Σπυροπούλου & Τσακαλάκη, 2013).

Έχουν αναπτυχθεί δύο παραδοσιακές τεχνικές, στις οποίες χρησιμοποιούνται είτε οριζόντια είτε κάθετα καλούπια. Η οριζόντια τεχνική εφαρμόστηκε σε πολλά μέρη του κόσμου. Το καλούπι αποτελούνταν από δύο ξύλινες παράλληλες πλάκες, οι οποίες συγκρατούνταν μεταξύ τους με κάθετους ξύλινους σφικτήρες, δεμένους μεταξύ τους με σχοινί. Μόλις ολοκληρώνονταν ένα μέρος της κατασκευής, το καλούπι αφαιρούνταν και μετακινούνταν κατά μήκος της πλευράς του τοίχου, όπως φαίνεται στην εικόνα 2-11.

Η κάθετη τεχνική ήταν λιγότερο διαδεδομένη, χρησιμοποιήθηκε κυρίως στο Θιβέτ, την Κίνα και μια περιοχή της Γαλλίας, το Buguey. Οι τοίχοι χτιζόταν κάθετα σε όλο το ύψος τους. Το καλούπι αποτελούνταν από ψηλούς ξύλινους πασσάλους, αγκυροβολημένους στο έδαφος και δεμένους μεταξύ τους με σχοινί, έτσι ώστε να συγκρατούν τα πλαϊνά ξύλινα πάνελ. Όταν τελείωνε ένα μέρος του τοίχου, τα πάνελ αφαιρούνταν και τοποθετούνταν ψηλότερα, με την ίδια διαδικασία να επαναλαμβάνεται ως το τελικό ύψος του τοίχου.



Εικ.2-11: Εφαρμογή της οριζόντιας τεχνικής rammed earth στο Μαρόκο

(Πηγή: <http://www.earth-auroville.com/>)



Εικ.2-12, 2-13: Χρήση καλουπιών για την κάθετη τεχνική rammed earth στην Κίνα

(Πηγή: <http://www.earth-auroville.com/>)

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της τεχνικής *rammed earth* είναι η υψηλή θερμική μάζα. Η θερμότητα απορροφάται κατά τη διάρκεια της μέρας και απελευθερώνεται τη νύχτα. Έτσι, οι ημερήσιες θερμοκρασιακές μεταβολές συγκρατούνται και η χρήση του κλιματισμού και της θέρμανσης μειώνεται. Σε ψυχρά κλίματα απαιτείται επιπλέον επένδυση των τοίχων με μονωτικά υλικά.

Η παγκόσμια παράδοση των κτιρίων, που είναι κατασκευασμένα με την τεχνική *rammed earth*, έχει αποδείξει ότι είναι δυνατή η επίτευξη μεγάλωπρων κτιρίων, μονώροφων αλλά και πολυώροφων που να αντέχουν στην πάροδο του χρόνου. Παραδείγματα αυτής της κληρονομιάς μπορεί κανείς να συναντήσει σε χώρες όπως η Γαλλία, η Ισπανία, το Μαρόκο, η Κίνα, αλλά και στην περιοχή των Ιμαλαΐων. Υπάρχουν πολλά είδη κτιρίων από *συμπιεσμένη γη*, όπως αγροικίες, κάστρα, διαμερίσματα, καθώς και ολόκληρα χωριά στη Βόρεια Αφρική.

#### 2.2.6. Ρευστή γη - Poured earth

Το χώμα είναι σε μορφή υγρής λάσπης και χύνεται σε καλούπια σαν το κοινό μπετόν. Τα χαρακτηριστικά του χώματος πρέπει να είναι αμμώδη ή χαλικώδη, με το τσιμέντο να αποτελεί το συνεκτικό υλικό. Οι ποσότητες του τσιμέντου που χρησιμοποιούνται είναι μικρές, παρόλα αυτά η χρήση ασβέστη ή και οξειδίου

του μαγνησίου μπορούν να μειώσουν το προστιθέμενο τσιμέντο έως και 50% (Καραπαναγιώτη, 2012)

Η τεχνική αυτή προσφέρει ευκολία στην προετοιμασία με ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις, ευκολία στη χρήση και ποικιλία εφαρμογών, από την προκατασκευή μονάδων, μέχρι την κατασκευή μονολιθικών τοίχων και δαπέδων. Ωστόσο, σπάνια χρησιμοποιείται, ο λόγος είναι ότι η υψηλή περιεκτικότητα του υλικού σε νερό θα προκαλέσει ρηγμάτωση και συρρίκνωση όταν θα στεγνώσει. Επομένως, είναι απαραίτητες κάποιες ενέργειες, όπως η σταθεροποίηση του υλικού πριν τη χρήση, η διαίρεση των επιφανειών σε μικρότερα τμήματα και η φροντίδα των ρωγμών μετά το στέγνωμα.

### **2.2.7. Τσατμάς**

Ο *τσατμάς* είναι από τις αρχαιότερες κατασκευαστικές τεχνικές, ο οποίος εφαρμόστηκε σε πολλές περιοχές της Ελλάδας κατά τη νεολιθική εποχή.

Η τεχνική του *τσατμά* αποτελείται από ένα ξύλινο σκελετό, ο οποίος επενδύεται μεταξύ των ανοιγμάτων με πλεγμένα καλάμια ή εύκαμπτα κλαδιά. Στη συνέχεια, τοποθετείται το μείγμα αργίλου, στο οποίο περιέχονται συνήθως ίνες, είτε από άχυρο είτε άλλου είδους. Το μείγμα πιέζεται πάνω στο πλέγμα, ταυτόχρονα και από τις δύο πλευρές του, εξωτερικά και εσωτερικά, έτσι ώστε να καλυφθούν όλα τα μέρη του. Το πάχος της στρώσης πρέπει να είναι τουλάχιστον 2cm, προκειμένου να αποφευχθούν τυχόν μελλοντικές καταστροφές. Η τεχνική αυτή, έχει πολύ καλή αντισεισμική συμπεριφορά.

Επιπλέον, υπάρχει και ένα άλλο είδος της τεχνικής του *τσατμά*, το οποίο φέρει και αυτό ξύλινο σκελετό. Ο σκελετός χωρίζεται από αντηρίδες, οι οποίες είναι τοποθετημένες χιαστί και γεμίζεται με πλίνθους. Οι πλίνθοι ακολουθούν τη διάταξη των ξύλων και είτε επιχρίονται εξωτερικά είτε παραμένουν ως έχουν.





Εικ.2-14, 2-15: Τεχνική του τσατμά, εφαρμογή μείγματος πάνω σε πλεγμένα καλάμια (Πηγή: προσωπικό αρχείο)

### 2.2.8. Γαιόσακοι

Η τεχνική των γαιόσακων είναι αρκετά παλιά και τα τελευταία χρόνια έχει δεχθεί αρκετές βελτιώσεις. Οι γαιόσακοι είναι μια απλή και γρήγορη τεχνική δόμησης. Οι σάκοι γεμίζονται με στεγνό χώμα και στοιβάζονται ένας πάνω στον άλλο με εναλλαγή των αρμών. Για την ενδυνάμωση της τοιχοποιίας χρησιμοποιούνται οριζόντιοι και κατακόρυφοι στύλοι και τα τοξοειδή ανοίγματα ενισχύονται με σιδερένιες μπάρες (Σπυροπούλου & Τσακαλάκη, 2013). Για μόνιμη προστασία των σάκων, η επικάλυψη με επίχρισμα είναι απαραίτητη.

Οι γαιόσακοι βρήκαν εφαρμογή στο στρατό ως οχυρωματικά έργα ή για τον έλεγχο των πλημμύρων. Οι τοίχοι είναι πολύ γεροί και συμπαγείς, αντέχοντας όλων των ειδών τις καταπονήσεις, από άσχημες καιρικές συνθήκες μέχρι και σφαίρες και βόμβες.<sup>13</sup> Ο αρχιτέκτονας Nader Khalili, του ινστιτούτου Cal-Earth ανέπτυξε νέες μεθόδους για τις κατασκευές κτιρίων με γαιόσακους. Ο ίδιος ήταν εξοικειωμένος με τεχνικές της μέσης ανατολής που χρησιμοποιούσαν πλιθιά και άρχισε να πειραματίζεται με σάκους από χώμα. Κατέληξε στο συμπέρασμα πως η τεχνική των γαιόσακων είναι ιδανική για θολωτά σπίτια.

---

<sup>13</sup> <http://www.cob.gr/>





Εικ.2-16: Εσωτερική όψη από την κατασκευή μιας κατοικίας με την τεχνική των *superadobe* (Πηγή: <http://calearth.org>)

Οι προηγμένες και βελτιωμένες μορφές των *γαιοσάκων* είναι οι μέθοδοι των *superadobe* και των *hyperadobe* (υπερ-πλιθί).

Η μέθοδος των *superadobe* χρησιμοποιεί δικτυωτούς σάκους από πολυπροπυλένιο πυκνής ύφανσης, αντί για τσουβάλια και αγκαθωτό σύρμα σαν συνεκτικό υλικό. Ο σωλήνας κόβεται σε τμήματα ανάλογα με το μήκος του στρώματος που θα τοποθετηθεί.

Τα *hyperadobe* είναι η νεότερη και πιο ευέλικτη μέθοδος Φυσικής Δόμησης. Η μέθοδος αυτή, χρησιμοποιεί έναν αραιό δικτυωτό σωλήνα, από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας, το ίδιο υλικό που χρησιμοποιείται και σε σάκους τροφίμων.

Στην κατασκευή με τη μέθοδο των *hyperadobe* γίνεται τοποθέτηση των στρωμάτων του δικτυωτού σωλήνα, το ένα πάνω στο άλλο, που γεμίζεται συνεχώς με υγρό αλλά όχι λασπωμένο έδαφος και στη συνέχεια συμπιέζεται. Το φινίρισμα των τοίχων αποτελεί εύκολη διαδικασία, λόγω του δικτυωτού σωλήνα, μέρος του χώματος εξέρχεται και έτσι, τα κονιάματα προσκολλούνται πάνω σε αυτό.

Στα πλεονεκτήματα της μεθόδου συγκαταλέγονται η αύξηση της στιβαρότητας της κατασκευής, χωρίς την χρήση ενδιάμεσων συνδετικών παραγόντων, η ευκολία στο χτίσιμο, το χαμηλό κόστος και η καλύτερη διαπνοή του κτιρίου.<sup>14</sup>

Διάφορες δομές γαιοσάκων του ινστιτούτου Cal-earth, οι οποίες είναι ενισχυμένες με αγκαθωτό σύρμα, έχουν περάσει επιτυχώς τους αντισεισμικούς ελέγχους, σύμφωνα με τους κανονισμούς - κώδικες των κτιρίων της Καλιφόρνια. Επιπλέον, οι κατασκευές αυτές καθίστανται ανθεκτικές σε πυρκαγιές, πλημμύρες και τυφώνες.<sup>15</sup>

### **2.2.9. Εξώθηση πηλού**

Η τεχνική της *εξώθησης* χρησιμοποιείται ήδη στη βιομηχανία παραγωγής ψημένων τούβλων. Έτσι και στην περίπτωση της παραγωγής πλίνθων, σταθεροποιημένο μείγμα σε πλαστική μορφή εξωθείται με τη βοήθεια μιας μηχανής, στο σχήμα που επιθυμούμε. Οι πλίνθοι στη συνέχεια στεγνώνονται στον ήλιο. Με την τεχνική αυτή επιτυγχάνεται η παραγωγή κοίλων τούβλων, που κόβονται με ευκολία στο επιθυμητό μήκος.

Το 1982 αναπτύχθηκε η τεχνική “stranglehm” στο BRL (Building Research Laboratory) του Πανεπιστημίου του Kassel της Γερμανίας. Με τη συγκεκριμένη τεχνική παράγονται λωρίδες πηλού μέσω της *εξώθησης*, με τη βοήθεια ειδικής πρέσας, οβάλ διατομής 8\*16 cm και μήκος 2-3 m. Η περιεκτικότητα του μείγματος σε άργιλο πρέπει να είναι περίπου 15%, καθώς μείγματα με χαμηλότερη περιεκτικότητα προκαλούν ρωγμές στις γωνίες. Τοίχοι, καμάρες, θόλοι, ακόμα και έπιπλα μπορούν να κατασκευαστούν με τη μέθοδο αυτή.

---

<sup>14</sup> <http://fysiki-domisi.blogspot.gr/>

<sup>15</sup> <http://calearth.org/building-designs/what-is-superadobe.html>



Εικ.2-17: Τοιχοποιία από εξώθηση πηλού, πειραματική κατοικία στο Πανεπιστήμιο του Kassel της Γερμανίας, 1982 (Πηγή: Building with earth, Gernot Minke, σελ. 76)

### 2.2.10. Κονιάματα και επιχρίσματα

Τα κονιάματα και τα επιχρίσματα από πηλό, είναι όμοια με τα μείγματα που χρησιμοποιούνται για τις τοιχοποιίες, με τη διαφορά ότι ο πηλός είναι πιο λεπτόκοκκος. Προκειμένου να βελτιωθούν τα ποιοτικά και τα τεχνικά χαρακτηριστικά γίνεται πολλές φορές προσθήκη οργανικών υλών (όπως άχυρο, τρίχες ζώων, καζείνη, κόπρανα ζώων, πίσσα) ή και ανόργανων ( π.χ. τσιμέντο, ασβέστης, ποζολάνες κ.α.) (Καραπαναγιώτη, 2012)

## 2.3. Άλλες Τεχνικές

Εκτός από τις τεχνικές Φυσικής Δόμησης όπου κύριο υλικό είναι το χώμα, υπάρχουν κι άλλες μέθοδοι εξίσου διαδεδομένες, που κυριαρχούν άλλα υλικά, όπως είναι το άχυρο και τα καυσόξυλα. Συγκεκριμένα αναφέρονται οι εξής τεχνικές:

### 2.3.1. Δόμηση με αχυρόμπαλες - strawbale

Το άχυρο ως δομικό υλικό αποτελεί ανανεώσιμη πηγή και παρέχει πολύ καλές μονωτικές ιδιότητες. Η ευκολία στη δόμηση με *αχυρόμπαλες* καθιστά τη μέθοδο αυτή ιδανική για do – it - yourself κατασκευές. Επιπλέον, οι *αχυρόμπαλες* είναι ιδανικές για γρήγορη δόμηση.

Οι *αχυρόμπαλες* μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ως υλικό πλήρωσης ξύλινων πλαισίων είτε σε εφαρμογές τοίχων που φέρουν φορτία (δέχονται το βάρος της στέγης). Συνήθως, οι *αχυρόμπαλες* τοποθετούνται σε σειρές, η μια πάνω στην άλλη, και όλες μαζί πάνω σε μια υπερυψωμένη βάση, για προστασία από τα νερά της βροχής.

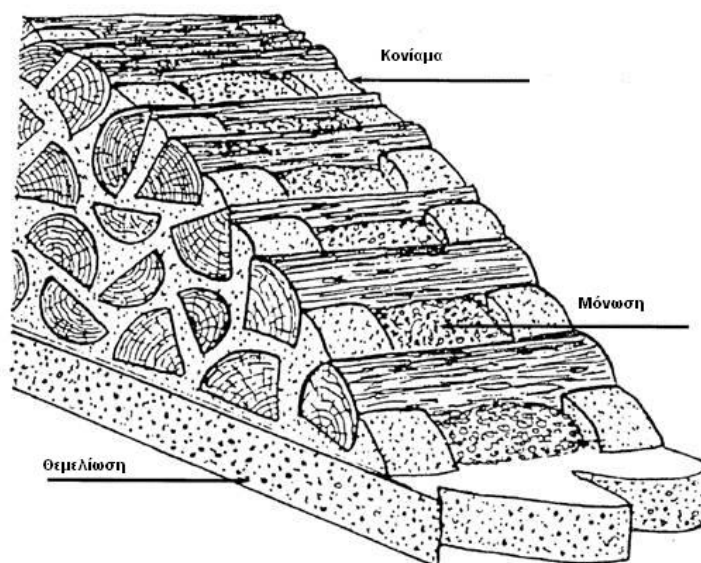
Όπως και τα υπόλοιπα υλικά, έτσι και το άχυρο απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή στο σχεδιασμό, στην προστασία και στη συντήρηση. Οι τοίχοι από *αχυρόμπαλες* είναι πιο ευάλωτοι γύρω από τα ανοίγματα (πόρτες, παράθυρα) και στη βάση τους. Μόλις ολοκληρωθεί η κατασκευή, οι τοίχοι επιχρίονται με ένα διαπερατό από τους υδρατμούς φινίρισμα, όπως ο ασβέστης ή μείγμα από χώμα, άμμο και άχυρο, τόσο στο εσωτερικό όσο και στο εξωτερικό. Η εφαρμογή της κατάλληλης στέγης είναι εξίσου σημαντική στις κατασκευές από *αχυρόμπαλες*.

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να διατηρηθεί το άχυρο στεγνό γιατί αλλιώς θα σαπίσει. Επιπλέον, κάθε διαρροή στον τοίχο έχει ως αποτέλεσμα τη σταδιακή φθορά του. Για το λόγο αυτό, οι τοίχοι θα πρέπει να αναπνέουν.

### **2.3.2. Δόμηση με καυσόξυλα - Cordwood**

Στην τεχνική αυτή χρησιμοποιούνται μικρά κομμάτια αποφλοιωμένου δέντρου, περίπου 30-50cm, τα οποία χτίζονται σταυρωτά με αρμό τοιχοποιίας (ασβεστοκονίαμα) ή μείγμα cob, για την κατασκευή ενός τοίχου. Συνήθως τοποθετείται ένα ξύλινο πλαίσιο για να πληρωθεί με τα κτισμένα κομμάτια. Η τοποθέτηση του συνδετικού κονιάματος γίνεται σε δύο παράλληλες γραμμές εξωτερικά και εσωτερικά του τοίχου και το ενδιάμεσο διάστημα που σχηματίζεται γεμίζεται με μονωτικό υλικό, συνήθως περλίτη ή λεπτό τεμαχισμένο άχυρο.

Η τοιχοποιία από *cordwood* μπορεί να συνδυαστεί και με άλλες τεχνικές (π.χ. rammed earth, cob, straw clay) για τη δημιουργία ενός ελκυστικού αποτελέσματος. Η θερμική μάζα που παρέχει η μέθοδος αυτή είναι αρκετά υψηλή και οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας μειώνονται. Ωστόσο, το υψηλό κόστος που απαιτείται λόγω του ξύλου αποτελεί μειονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου, ειδικά σε κατασκευές μεγάλης επιφάνειας.



Εικ.2-18: Απεικόνιση τοίχου από καυσόξυλα (Πηγή: cordwood construction, Scot Runyan)

## 2.4. Πλεονεκτήματα δόμησης με χώμα και άλλα φυσικά υλικά

*Γιατί κάποιος να χτίσει με χώμα και άλλα φυσικά υλικά;*

### 2.4.1. Υγεία

Τα συμβατικά κτίρια είναι τοξικά τόσο για τους κατασκευαστές όσο και για τους χρήστες. Οι πιο ένθερμοι υποστηρικτές των φυσικών σπιτιών είναι άνθρωποι με οξείες χημικές ευαισθησίες και άλλες περιβαλλοντικές ασθένειες. Τα άτομα που είναι ευαίσθητα στις χημικές ουσίες έχουν επίγνωση πως τα σύγχρονα κτίρια μας αρρωσταίνουν, το πιο πιθανό όμως είναι πως όλοι υποφέρουμε από το *σύνδρομο της χημικής ευαισθησίας*, αλλά σε διαφορετικό βαθμό. Συχνά αναφέρονται γεγονότα που συνδέουν τον καρκίνο και τα αναπνευστικά προβλήματα, με υλικά όπως οι κόλλες με βάση τη φορμαλδεΰδη, τα πλαστικά, τα χρώματα, ο αμίαντος, ο υαλοβάμβακας. Η τοξικότητα των υλικών αυτών επηρεάζει όλους όσους συνδέονται με αυτά: τους εργάτες στα εργοστάσια και τις αποθήκες, τους οικοδόμους στο εργοτάξιο, και φυσικά, τους κατοίκους (βλ. κεφ.4)

Το χώμα φαίνεται να είναι λιγότερο πιθανό να προκαλέσει βρογχικές λοιμώξεις, αλλεργικά προβλήματα, δερματικούς ερεθισμούς ή οποιαδήποτε άλλη ευαισθησία. Η άργιλος είναι γνωστή για τις θεραπευτικές και επουλωτικές ιδιότητες και για την ικανότητά της να απορροφά τις τοξίνες. Κατά τη διάρκεια της κατασκευής, η άμεση επαφή του δέρματος με τον πηλό δημιουργεί μια αίσθηση εξυγίανσης, θεραπεύοντας εξανθήματα, κοψίματα και εκδορές.

Τα χωμάτινα σπίτια, χωρίς στεγανωτικά ή τσιμέντο, έχουν την ιδιότητα της διαπνοής. Οι τοίχοι έχουν την ικανότητα να απορροφούν τις αερομεταφερόμενες ερεθιστικές ουσίες και την υπερβολική υγρασία, την οποία αποδίδουν όταν ο χώρος γίνεται ιδιαίτερα θερμός και ξηρός. Έτσι, επιτυγχάνεται ένα ευχάριστο και υγιεινό εσωτερικό κλίμα, απουσία υδρατμών και μούχλας.

#### **2.4.2. Ψυχολογική ευεξία**

Η άργιλος ασκεί πάνω στο χρήστη της κατοικίας ωφέλιμες επιδράσεις, δρώντας σαν βιολογικός εξισοροπητικός παράγοντας (ως ένα από τα τέσσερα βασικά στοιχεία που απαντώνται στη φύση και διέπουν τη ζωή μας – αέρας, νερό, γη, φωτιά) (Καραπαναγιώτη, 2012). Αρκετοί χρήστες χωμάτινων κατοικιών σε όλο τον κόσμο αναφέρουν πως αισθάνονται πιο υγιείς, δραστήριοι, παραγωγικοί, και ότι βρίσκονται σε άμεση επαφή με τη γη. Επιπλέον, η δημιουργία μιας φυσικής κατοικίας συμβάλλει σε μια ψυχο – κινητική διαδικασία κατά την οποία ο δημιουργός αντιλαμβάνεται τον κόσμο με όραμα και προοπτική, προβάλλοντας στο μέλλον τις διάφορες χρήσεις της κατασκευής που φτιάχνει, νιώθοντας τη χαρά της δημιουργίας (Σαργέντης & Συμεωνίδης, 2012).

Αντίθετα, υπάρχουν ενδείξεις πως τα σύγχρονα κτίρια θέτουν σε κίνδυνο την ψυχολογική και συναισθηματική υγεία του ανθρώπου, καθώς και τη σωματική ευεξία. Ορθές γωνίες, επίπεδες επιφάνειες, και γενικά, η σταθερή ομοιομορφία δεν αποτελούν χαρακτηριστικά του φυσικού κόσμου. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι πιθανό να προκαλέσουν υποσυνείδητα ένα αίσθημα ανησυχίας και άγχους.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> Ianto Evans, Michael G. Smith & Linda Smiley. *The Hand-Sculpted House. A practical and Philosophical Guide to Building a Cob Cottage*. U.S, σελ.16

### **2.4.3. Περιβάλλον**

Ο κατασκευαστικός τομέας ευθύνεται για το 40% των εκπομπών CO<sub>2</sub> στον πλανήτη. Σκυρόδεμα, τούβλα και τσιμέντο έχουν παραμείνει τα κυρίαρχα υλικά από τη βιομηχανική επανάσταση, στις αρχές του 19<sup>ου</sup> αιώνα, ασκώντας πίεση στους φυσικούς πόρους και στο κλίμα.

Η εξόρυξη και η βιομηχανική επεξεργασία αποτελούν κύριες δραστηριότητες του κατασκευαστικού κλάδου, με όλες τις συνεπακόλουθες συνέπειες για το περιβάλλον και κατ' επέκταση τον άνθρωπο. Τα υλοτομεία, τα χυτήρια χάλυβα, τα εργοστάσια παραγωγής κόντρα πλακέ και μοριοσανίδων, οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις που κάνουν εκτεταμένη χρήση της θερμότητας για να μετατρέψουν τα ορυκτά σε τσιμέντο, όλα αυτά καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες ενέργειας, που προέρχεται από την καύση άνθρακα ή πετρελαίου, από τα υδροηλεκτρικά φράγματα, ή τη διάσπαση των ατόμων.

Αποτέλεσμα των παραπάνω διεργασιών είναι η απελευθέρωση τοξικών λυμάτων στον υδροφόρο ορίζοντα, καθώς και επικίνδυνων χημικών ουσιών στην ατμόσφαιρα. Για παράδειγμα, η παραγωγή του τσιμέντου Portland αντιστοιχεί περίπου στο 4-8% των αερίων του θερμοκηπίου.<sup>17</sup>

Από την άλλη μεριά, η δόμηση με φυσικά υλικά μειώνει την τάση για την εξόρυξη ορυκτών πόρων και τη βιομηχανική μεταποίηση. Επιπλέον, μειώνει την ανάγκη για την αποψίλωση των δασών και τη χρήση συμβατικής ενέργειας.

Η άμεση διαθεσιμότητα της πρώτης ύλης, δηλαδή του χώματος, καθώς και η δυνατότητα της ανακύκλωσής του, προάγουν την εξοικονόμηση ενέργειας και οικονομικών πόρων.

### **2.4.4. Οικονομία**

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η φυσική δόμηση συντελεί στην εξοικονόμηση οικονομικών πόρων. Το κόστος για την εξόρυξη, την επεξεργασία και τη μεταφορά είναι ελάχιστο. Η χρήση τοπικών, μη επεξεργασμένων υλικών, όπως το χώμα και το άχυρο, ο έξυπνος σχεδιασμός, η συμμετοχή των χρηστών στην κατασκευή, συμβάλλουν στη δημιουργία μιας οικονομικά προσιτής

---

<sup>17</sup> Ianto Evans, Michael G. Smith & Linda Smiley. *The Hand-Sculpted House. A practical and Philosophical Guide to Building a Cob Cottage*. U.S, σελ.19

κατοικίας. Με τη χωμάτινη δόμηση, η πρώτη ύλη έχει σχεδόν μηδαμινό κόστος και η απλότητα των κατασκευών δεν απαιτεί εξειδικευμένη γνώση και ειδικό τεχνικό εξοπλισμό.

#### **2.4.5. Ιδιότητες του υλικού**

Η δόμηση με χώμα παράγει ανθεκτικές και μεγάλης διάρκειας κατασκευές. Χωμάτινες κατοικίες στη Μέση Ανατολή και στην Ινδία κατοικούνται για περισσότερα από 1000 χρόνια.<sup>18</sup>

Με τη χρήση δομικών υλικών από χώμα σε συνδυασμό με άλλα φέροντα δομικά στοιχεία, όπως για παράδειγμα, ξυλοδεσιές, ξυλότυποι, ή ακόμα και θεμελίωση με δομικούς λίθους, μια κατασκευή δύναται να εμφανίζει βέλτιστη αντισεισμική συμπεριφορά.

Επιπλέον, το χώμα έχει την ικανότητα να αποθηκεύει τη θερμότητα που προσλαμβάνει από τον ήλιο κατά τη διάρκεια της ημέρας και να την αποδίδει στο εσωτερικό του χώρου όταν η θερμοκρασία σε αυτόν είναι μικρότερη των τοιχωμάτων. Με τον τρόπο αυτό, η θερμοκρασία στο εσωτερικό έχει μικρές διακυμάνσεις.

#### **2.4.6. Παράδοση και κληρονομιά**

Η χωμάτινη αρχιτεκτονική είναι μια από τις αρχαιότερες τεχνικές δόμησης και αποτελεί παράδοση πολλών λαών ανά τον κόσμο, όπως και στη χώρα μας. Είναι γεγονός, πως τα παλαιότερα σωζόμενα κτίρια στον κόσμο είναι κατασκευασμένα από ωμή γη. Σύμφωνα με την UNESCO το 17% των Μνημείων Παγκόσμιας Πολιτιστικής Κληρονομιάς είναι χτισμένα από ωμή γη και το ¼ των μνημείων που βρίσκονται σε κίνδυνο, είναι επίσης χωμάτινα.

Η διατήρηση της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς και της πολιτιστικής ταυτότητας του κάθε τόπου επιτυγχάνεται με την ανάπτυξη ή αναβίωση των τεχνικών αυτών. Η χώρα μας έχει παρελθόν χιλιετιών στη δόμηση με χώμα, παρ' όλα αυτά οι τεχνικές αυτές έχουν εκλείψει. Ως εκ τούτου, είναι αναγκαία η εκτενής διερεύνηση των υλικών και των τεχνικών, στα πλαίσια της αποκατάστασης και της ανάδειξης της πολιτιστικής μας κληρονομιάς.

---

<sup>18</sup> Ianto Evans, Michael G. Smith & Linda Smiley. *The Hand-Sculpted House. A practical and Philosophical Guide to Building a Cob Cottage*. U.S, σελ.19



### 2.4.7. Δόμηση έκτακτων αναγκών

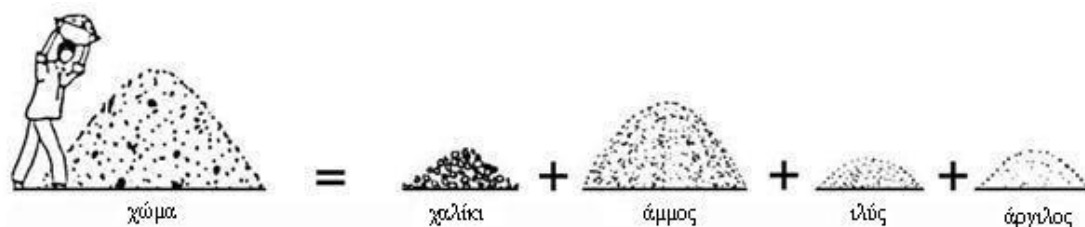
Ο γρήγορος τρόπος δόμησης καθιστά τις χωμάτινες κατασκευές ιδανικές για τις περιπτώσεις έκτακτων αναγκών. Για παράδειγμα, η δόμηση με πλίνθους μπορεί να θεωρηθεί ως η καταλληλότερη τεχνική σε περιόδους επείγουσας ανάγκης, όπου μέρος ενός οικισμού έχει καταστραφεί από φυσική ή άλλη καταστροφή (πόλεμος, εξαναγκαστικός διωγμός) ή σε περιοχές που δεν υπάρχει εισαγωγή άλλου οικοδομικού υλικού. Το χτίσιμο από πλίνθους σε αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή πρόχειρου ή μη καταλύματος, αλλά και για την επιδιόρθωση υφιστάμενων κατασκευών που έχουν υποστεί φθορές.<sup>19</sup>

## 2.5. Το χώμα ως δομικό υλικό

### 2.5.1. Γενικά

Το χώμα προέρχεται από το μετασχηματισμό του μητρικού πετρώματος, δηλαδή του βράχου, υπό την επίδραση μιας σειράς φυσικών, χημικών ή βιολογικών διεργασιών, όπως οι κλιματικές αλλαγές, οι λειτουργίες των φυτών, των ζώων ή και του ανθρώπου.

Στη μάζα του χώματος περιλαμβάνονται και οι τρεις φάσεις της ύλης, δηλαδή στερεή, υγρή και αέρια. Η στερεή φάση αποτελείται κυρίως από ανόργανα συστατικά, προϊόντα της αποσάθρωσης, αλλά και από οργανικά.



Εικ.2-19: Σύνθεση του χώματος (Πηγή: <http://www.earth-auroville.com/>)

<sup>19</sup> [www.engoe.gr](http://www.engoe.gr)

Τα ανόργανα συστατικά του χώματος μπορούν να διακριθούν ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων τους, ως εξής:

<b>Βότσαλα</b>	<b>Χαλίκι</b>	<b>Άμμος</b>	<b>Ιλύς</b>	<b>Άργιλος</b>
200 – 20mm	20 – 2mm	2 – 0.06mm	0.06 – 0.002mm	0.002 – 0mm

**Πίνακας 2-1: Μέγεθος κόκκων των ανόργανων συστατικών του χώματος**

(Πηγή: <http://www.earth-auroville.com/>)

Όπως το τσιμέντο στο σκυρόδεμα, έτσι και η άργιλος ενεργεί ως συνεκτικό υλικό για όλα τα μεγαλύτερα σωματίδια του χώματος. Έτσι, με βάση το ποσοστό των παραπάνω συστατικών, το χώμα μπορεί να χαρακτηριστεί ως χαλικώδες, αμμώδες, ιλυώδες ή αργιλώδες. Ο χαρακτηρισμός αυτός διέπεται από το συστατικό που επηρεάζει περισσότερο τη συμπεριφορά του χώματος. Για παράδειγμα, σε ένα αμμώδες έδαφος, η αναλογία άμμου επηρεάζει περισσότερο τη συμπεριφορά του χώματος. Ωστόσο, ένα έδαφος που περιέχει περισσότερο χαλίκι από το κανονικό, αλλά η άργιλος είναι πολύ πλαστική και σε σωστή αναλογία, τότε το έδαφος δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως χαλικώδες αλλά ως ένα καλό έδαφος.<sup>20</sup>

Στην κλασική εδαφομηχανική, εάν η περιεκτικότητα σε άργιλο είναι μικρότερη από το 15% κ.β., τότε το χώμα χαρακτηρίζεται ως *άπαχο αργιλώδες*. Όταν όμως η περιεκτικότητα σε άργιλο είναι μεγαλύτερη από το 30% κ.β., τότε χαρακτηρίζεται ως *πλούσιο αργιλώδες χώμα*.

### **2.5.2. Πηλός<sup>21</sup>**

Ο πηλός (ή η άργιλος) βρίσκεται στη φύση σε μεγάλες ποσότητες και συχνά χρησιμοποιείται όπως εξορύσσεται, χωρίς καμία αναβάθμιση της ποιότητάς του. Όταν αναμειγνύονται στις σωστές αναλογίες, ο πηλός και το νερό σχηματίζουν μια πλαστική μάζα η οποία πλάθεται πολύ εύκολα.

<sup>20</sup> <http://www.earth-auroville.com/>

<sup>21</sup> William D. Callister, JR. (2000). *Επιστήμη και Τεχνολογία Των Υλικών*, σελ. 522

Οι πηλοί είναι αργιλοπυριτικά υλικά, αποτελούμενα από αλουμίνα ( $Al_2O_3$ ) και πυριτία (silica,  $SiO_2$ ), οι οποίες περιλαμβάνουν χημικά ενωμένο νερό. Ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό, τα φυσικά τους χαρακτηριστικά, η χημική τους σύσταση και η δομή. Οι συνήθεις προσμίξεις περιλαμβάνουν ενώσεις (συνήθως οξείδια) του βαρίου, ασβεστίου, νατρίου, καλίου, και σιδήρου, καθώς επίσης και κάποιες ποσότητες οργανικής ύλης. Οι προσμίξεις καθορίζουν και το χρώμα του πηλού. Για παράδειγμα, οι προσμίξεις του σιδήρου προσδίδουν ένα κίτρινο ή κόκκινο χρώμα, του ασβεστίου δίνουν ένα λευκό χρωματισμό, οι οργανικές ουσίες παραπέμπουν σε καφέ ή μαύρους χρωματισμούς.

Οι κρυσταλλικές δομές των ανόργανων συστατικών των πηλών που έχουν ενδιαφέρον, έχουν δομή που είναι γνωστή σαν δομή του καολινίτη [ $Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$ ]. Όταν προστίθεται νερό, τα μόρια του νερού εισχωρούν ανάμεσα στις στρωματικές επιφάνειες και σχηματίζουν ένα λεπτό υμένιο γύρω από τα σωματίδια του πηλού. Τα σωματίδια με αυτό τον τρόπο είναι ελεύθερα να κινηθούν το ένα προς το άλλο, γεγονός το οποίο και εξηγεί την πλαστικότητα που αποκτούν τα μείγματα νερού και πηλού.

### **2.5.3. Αδρανή Υλικά**

Αδρανή υλικά ονομάζονται τα υλικά που αποτελούνται από λίθινους κόκκους, είτε φυσικούς, οπότε ονομάζονται *φυσικά ή συλλεκτά*, είτε από κόκκους που προκύπτουν από τη θραύση πετρωμάτων ή τη θραύση φυσικών αδρανών και ονομάζονται *θραυστά*. Τα αδρανή υλικά προέρχονται από τη φύση, τα ποτάμια, τις παραλίες, τα λατομεία ή τα ορυχεία. Ονομάστηκαν *αδρανή* γιατί όταν αναμειχθούν με συγκολλητικά υλικά (κονίες) ή το νερό, τα υλικά αυτά δεν συμμετέχουν ενεργά στις διαδικασίες πήξης και σκλήρυνσης.

#### **2.5.3.1. Ιλύς - Άμμος - Χαλίκι**

Οι ιδιότητες της ιλύος, της άμμου και του χαλικιού διαφέρουν κατά πολύ από αυτές της αργίλου. Είναι αδρανή υλικά χωρίς δεσμευτικές δυνάμεις και σχηματίζονται είτε από διάβρωση των πετρωμάτων και έχουν αιχμηρές γωνίες, είτε από την κίνηση των νερών και οι άκρες τους είναι στρογγυλεμένες.

## 2.6. Δοκιμές καταλληλότητας του χώματος (in situ)

Ο προσδιορισμός της σύνθεσης του χώματος είναι απαραίτητη διαδικασία πριν από οποιαδήποτε χρήση του. Εκτός από τους εργαστηριακούς ελέγχους, έχουν αναπτυχθεί και διάφορες εμπειρικές δοκιμές, οι οποίες πραγματοποιούνται επί τόπου και δεν απαιτούν ειδικό εξοπλισμό. Ο συνδυασμός των δοκιμών αυτών είναι αρκετός για να μας δώσει τα κατάλληλα αποτελέσματα.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ο πηλός λόγω των προσμίξεων έχει έντονους χρωματισμούς, γεγονός που βοηθάει να εντοπίσουμε τα υποψήφια προς χρήση εδάφη. Άλλη μια καλή ένδειξη ύπαρξης πηλού είναι πως τα αργιλώδη εδάφη έχουν σκληρή και ρηγματωμένη όψη κατά τους θερινούς μήνες, ενώ το χειμώνα είναι συνήθως υγρά (ο πηλός κρατάει την υγρασία), βαριά και κολλώδη.

### 2.6.1. Δοκιμή καθίζησης (τεστ βάζου)

Τοποθετούμε το δείγμα σε ένα βάζο και στη συνέχεια, το γεμίζουμε με νερό, αφού έχουμε αφαιρέσει τις μεγάλες πέτρες. Ανακινούμε πολύ καλά κι έπειτα αφήνουμε το μείγμα να καθίσει σε μια επίπεδη επιφάνεια για αρκετό χρονικό διάστημα. Εάν στο χώμα υπάρχει άμμος, ιλύς και άργιλος, θα διακρίνουμε τρία επίπεδα (βλ. εικόνα 2-20). Αφού καθαρήσει το νερό, μπορούμε να υπολογίσουμε περίπου την αναλογία των συστατικών του χώματος.<sup>22</sup>



Εικ.2-20: Τεστ βάζου (Πηγή: Becky Bee, *The Cob Builders Handbook*, σελ. 72)

<sup>22</sup> Becky Bee (1997). *The Cob Builders Handbook*. U.S.A, σελ. 72

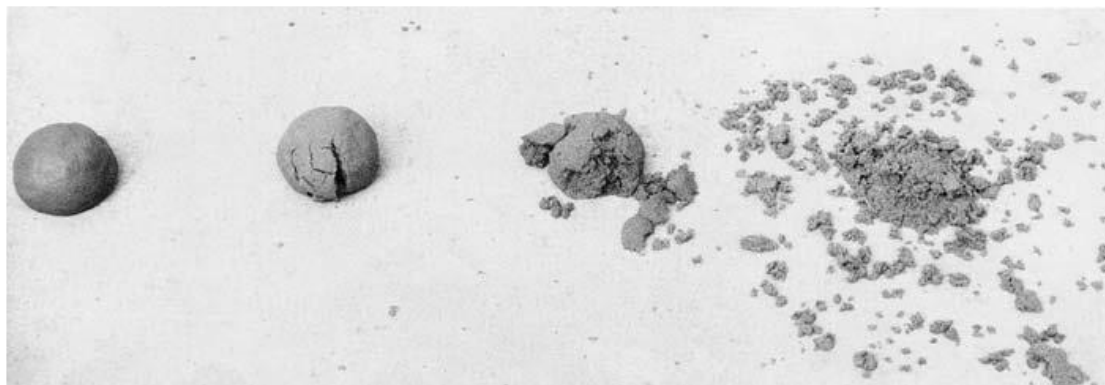
### 2.6.2. Ρίψη μπάλας

Για τη συγκεκριμένη δοκιμή, το μείγμα που πρόκειται να ελεγχθεί πρέπει να είναι τόσο ξηρό όσο είναι δυνατόν, αλλά αρκετά υγρό ώστε να σχηματιστεί μια μπάλα μεγέθους 4 cm. Στη συνέχεια, αφήνουμε τη μπάλα να πέσει από ύψος 1.5m πάνω σε μια επίπεδη επιφάνεια και τα πιθανά αποτελέσματα φαίνονται στην εικόνα 2-21.

Στην περίπτωση που η μπάλα ισοπεδωθεί ελαφρώς και παρουσιάσει λίγες ή και καθόλου ρωγμές, όπως είναι τα δείγματα στα αριστερά, τότε χαρακτηρίζεται από ισχυρές δεσμευτικές δυνάμεις λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε άργιλο. Συνήθως, το μείγμα αυτό αραιώνεται με την προσθήκη άμμου.

Όταν το αποτέλεσμα μοιάζει με το δείγμα στα δεξιά, τότε η περιεκτικότητα σε άργιλο είναι χαμηλή. Οι δεσμευτικές δυνάμεις είναι ανεπαρκείς και το υλικό είναι ακατάλληλο για οικοδομική χρήση.

Εάν το δείγμα μας έχει τη μορφή του τρίτου κατά σειρά δείγματος της εικόνας, τότε το μείγμα μας έχει σχετικά ασθενείς δεσμευτικές δυνάμεις αλλά λόγω της σύνθεσής του μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε τεχνικές, όπως η συμπιεσμένη γη και οι ωμόπλινθοι.<sup>23</sup>



Εικ.2-21: Δοκιμή ρίψης μπάλας (Πηγή: Gernot Minke, *Building with earth*, σελ. 23)

---

<sup>23</sup> Gernot Minke (2006). *Building with earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture*, σελ. 22, 23

### **2.6.3. Δοκιμή συνοχής**

Τυλίγουμε μια μικρή ποσότητα βρεγμένου χώματος σε σχήμα κορδέλας και στη συνέχεια πιέζουμε με τα δάχτυλα, ώστε να έχει διάμετρο περίπου 5-6 mm. Κρατάμε το δείγμα μας με την παλάμη, με ένα κομμάτι να προεξέχει από έξω και ελέγχουμε πόσο γρήγορα θα σπάσει. Αν το δείγμα μας σπάσει απευθείας τότε είναι πολύ αμμώδες και χρειάζεται περισσότερη άργιλο. Αν κρέμεται 5-6 cm τότε έχει αρκετή άργιλο. Αν συνεχίζει να κρέμεται για παραπάνω από 20 cm τότε έχει πολλή άργιλο και θα χρειαστεί άμμο για να μην υπάρξει πρόβλημα συρρίκνωσης. Στην περίπτωση που κρέμεται και δε σπάει μεταξύ 7-15 cm, έχουμε το ιδανικότερο μείγμα.<sup>24</sup>

### **2.6.4. Δοκιμή αφής**

Έχοντας ένα δείγμα υγρού χώματος στα χέρια μας, με την αίσθηση της τριβής μπορεί εύκολα να γίνει αντιληπτή η ύπαρξη κόκκων, που παραπέμπει σε αμμώδη ή χαλικιώδη εδάφη. Αν όμως το δείγμα είναι κολλώδες και τα χέρια μας παραμένουν καθαρά τρίβοντάς τα, όταν αυτό έχει στεγνώσει, τότε αναφερόμαστε σε ιλυώδη εδάφη. Στην περίπτωση που το δείγμα είναι κολλώδες αλλά χρειάζεται νερό για να καθαρίσουν τα χέρια μας, τότε υποδεικνύεται η ύπαρξη αργιλώδους εδάφους.

## **2.7. Βελτίωση εσωτερικού κλίματος**

Σε περιοχές με μέτρια και ψυχρά κλίματα, υπολογίζεται πως οι άνθρωποι περνούν το 90% του χρόνου τους σε κλειστούς χώρους, γεγονός που καθιστά το εσωτερικό κλίμα έναν κρίσιμο παράγοντα για την ανθρώπινη υγεία. Η άνεση ενός χώρου εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την υγρασία, την ακτινοβολία, και την ποιότητα του εσωτερικού αέρα.

Οι χρήστες συνειδητοποιούν άμεσα τις θερμοκρασιακές μεταβολές σε έναν κλειστό χώρο, ελάχιστοι όμως γνωρίζουν τις αρνητικές επιπτώσεις της υπερβολικά αυξημένης ή μειωμένης υγρασίας. Η υγρασία του αέρα ενός εσωτερικού χώρου έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία των κατοίκων και το χώμα έχει τη δυνατότητα να εξισορροπεί τα επίπεδα της υγρασίας, όπως κανένα άλλο υλικό.

---

<sup>24</sup> [www.engoe.gr](http://www.engoe.gr)



Σύμφωνα με έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, όταν τα ποσοστά υγρασίας είναι μικρότερα από 40% και μεγαλύτερα από 70% - 80%, έχουν αρνητικό αντίκτυπο στην ανθρώπινη υγεία. Στην πρώτη περίπτωση, όταν η υγρασία είναι σχετικά χαμηλή, για μεγάλο χρονικό διάστημα, η πιθανότητα της ξήρανσης του βλεννογόνου είναι μεγάλη, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη αντίσταση στα κρυολογήματα και άλλες σχετικές ασθένειες. Στη δεύτερη περίπτωση, όταν τα ποσοστά υγρασίας είναι αυξημένα, ρευματικοί πόνοι, αλλεργίες, και διάφοροι άλλοι πόνοι λόγω της παρουσίας των μυκήτων, είναι μερικά από τα συμπτώματα.

### **2.7.1. Η εξισορροπητική δράση του χώματος στην υγρασία**

Τα πορώδη υλικά έχουν την ικανότητα να απορροφούν την υγρασία του αέρα του περιβάλλοντος και να την αποδίδουν πίσω, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνουν την εξισορρόπηση των επιπέδων της υγρασίας στο εσωτερικό κλίμα.

Πειράματα που διεξήχθησαν, δείχνουν πως μια τοιχοποιία από πλίνθους (mud bricks) είναι ικανή να απορροφήσει από το πρώτο 1.5cm του συνολικού της πάχους, περίπου 300gr νερού/m<sup>2</sup> της επιφάνειας, σε διάρκεια 48 ωρών, εφόσον η υγρασία του αέρα του περιβάλλοντος αυξηθεί από το 50% στο 80%. Ωστόσο, υλικά όπως ο ασβέστης, ο αμμόλιθος, το πευκόξυλο σε αντίστοιχο ποσοστό πάχους μπορούν να απορροφήσουν μόνο 100 gr/m<sup>2</sup>, ο γύψος από 26 - 76 gr/m<sup>2</sup> και τα τούβλα (ψημένα) από 6 - 30 gr/m<sup>2</sup>.

Σε ένα δωμάτιο, με εμβαδόν 3 x 4m και ύψος 3m, με επιφάνεια τοίχων 30m<sup>2</sup> (οι πόρτες και τα παράθυρα έχουν αφαιρεθεί), αν η εσωτερική υγρασία αυξηθεί από 50% σε 80%, οι τοίχοι από πλιθιά (χωρίς επίχρισμα) θα απορροφήσουν περίπου 9lt νερό σε 48 ώρες. Η έκλυση της ίδιας ποσότητας νερού ισχύει και στην περίπτωση που η υγρασία μειωθεί από το 80% στο 50% . Ενώ, το ποσό που θα απορροφήσουν τα ψημένα τούβλα είναι 0.9lt, κατά την ίδια χρονική περίοδο.

Οι μετρήσεις διήρκησαν για 5 χρόνια και πραγματοποιήθηκαν σε διάφορα δωμάτια ενός σπιτιού στην Γερμανία το έτος 1985. Οι εσωτερικοί και οι εξωτερικοί τοίχοι ήταν κατασκευασμένοι από χώμα και η σχετική υγρασία

παρέμεινε σχεδόν σταθερή κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, με μια διακύμανση από 45% - 55%.<sup>25</sup>

## 2.8. Φυσικά Υλικά

Με τον όρο *φυσικά υλικά* μπορούμε να ορίσουμε οποιοδήποτε προϊόν ή φυσική ύλη, που προέρχεται από τα φυτά, τα ζώα ή το έδαφος. Οι *φυσικοί πόροι* είναι το σύνολο αυτών των υλών, οι οποίοι μπορούν να αξιοποιηθούν στην παραγωγική διαδικασία για την κάλυψη των ανθρώπινων αναγκών.

Η προσπάθεια ανακάλυψης, κατοχής και εκμετάλλευσης των πηγών των φυσικών πόρων αποτέλεσε μια από τις βασικές κινητήριες δυνάμεις των εξερευνησεων, της εξάπλωσης του ανθρώπινου είδους πάνω στον πλανήτη, καθώς και τη βασική αιτία των πολέμων (Δημούδη, 2006)

Σύμφωνα με τα παραπάνω, οι φυσικοί πόροι μπορούν να διακριθούν σε τρεις κατηγορίες, με βάση την προέλευσή τους:

### 1. Φυσικοί πόροι φυτικής προέλευσης

Το ξύλο, ο φελλός, οι φυτικές ίνες και οι φυτικές ρητίνες είναι από τους σημαντικότερους πόρους φυτικής προέλευσης, που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές.

Το ξύλο χρησιμοποιείται ευρέως στην οικοδομική δραστηριότητα και αποτελεί ένα από τα παλιότερα υλικά. Έχει καταξιωθεί στο χώρο των κατασκευών, καθώς είναι ένα σπουδαίο και χρήσιμο υλικό, με πολλά πλεονεκτήματα.

Ο φελλός είναι ένα προϊόν με πολύ καλές θερμομονωτικές και ηχοαπορροφητικές ιδιότητες. Προέρχεται από τον εξωτερικό φλοιό ενός δέντρου της οικογένειας των δρυών, φελλοφόρος δρυς, που ευδοκimeί σε περιοχές της Δυτικής Μεσογείου (Ισπανία, Πορτογαλία, Αλγερία). Χρησιμοποιείται κυρίως με τη μορφή φύλλων ή πλακών, που παράγονται από τους κόκκους άλεσης του φελλού.

---

<sup>25</sup> Gernot Minke (2006). *Building with earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture*, σελ. 15-17.

Όλα τα υλικά φυτικής προέλευσης που η μάζα τους παρουσιάζει ινώδη μορφή αποτελούν τις *φυτικές ίνες*. Τα καλάμια, τα φύκια, το άχυρο, η γιούτα (είδος λινάτσας), το βαμβάκι, το μετάξι, το λινάρι, η κάνναβη, είναι μερικές από τις σημαντικότερες φυτικές ίνες. Κύριες χρήσεις των φυτικών ινών είναι η μόνωση και η αεροστεγάνωση. Χρησιμοποιούνται επίσης, ως οπλισμός των δομικών υλικών όπως για παράδειγμα στην περίπτωση του πηλού, ως επιστρώσεις, καθώς και στην παραγωγή οικοδομικών υφασμάτων.

Οι φυσικές ρητίνες χρησιμοποιούνται κυρίως στον τομέα των βαφών και των στεγανώσεων.

## 2. Φυσικοί πόροι ζωικής προέλευσης

Οι ζωικοί πόροι χρησιμοποιούνται κυρίως στον τομέα των ρητινών, για παράδειγμα ρητίνες πρωτεΐνης και ουρίας, αλλά και των ζωικών ινών, όπως είναι το μαλλί των ζώων.

## 3. Φυσικοί πόροι εδάφους και υπεδάφους

Αποτελούν τα συστατικά του φλοιού της γης, τα οποία απαρτίζονται από στοιχεία ή ανόργανες ενώσεις, δηλαδή τα πετρώματα και τα μεταλλεύματα.

Τα πετρώματα αποτελούνται από ένα ή περισσότερα ορυκτά και ανάλογα με τη γεωλογική τους προέλευση χωρίζονται σε πυριγενή ή εκρηξιγενή, σε ιζηματογενή ή στρωσιγενή και σε μεταμορφωσιγενή ή κρυσταλλοσχιστώδη. Οι φυσικοί λίθοι προέρχονται από τα θραύσματα των πετρωμάτων, που είναι συγκολλημένα με ορυκτό συγκολλητικό υλικό.

Τα μεταλλεύματα είναι κι αυτά εδαφικά υλικά, από τα οποία προκύπτουν τα μέταλλα με κατάλληλη επεξεργασία.

Στη Φυσική Δόμηση τα κύρια υλικά που χρησιμοποιούνται είναι: πέτρες, χαλίκια, άμμος, άργιλος, νερό, γρασίδι, μπαμπού, δέντρα κ.α.. Τα υλικά που είναι κοινά σε πολλές τεχνικές Φυσικής Δόμησης είναι ο πηλός και η άμμος, τα οποία όταν αναμειχθούν με νερό και άχυρο ή άλλες φυτικές ή ζωικές ίνες, σχηματίζουν μπάλες ή πλιθιά. Άλλα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι: το χώμα

(*rammed earth* ή *γαιόσακοι*), τα καυσόξυλα (*cordwood*), το άχυρο (*αχυροκατασκευές*).

## 2.9. Παραδοσιακά Υλικά

Τα υλικά που χρησιμοποιούνταν στις κατασκευές πριν από τη βιομηχανική εποχή, χαρακτηρίζονται ως *παραδοσιακά* και πολλές φορές προωθούνται ως μια οικολογική επιλογή.

Κτίρια, γεφύρια, βρύσες, μύλοι κι άλλες παραδοσιακές κατασκευές περιέχουν τη μελέτη γενεών μαστόρων. Για το επάγγελμα του μάστορα, η τοπική παράδοση έπαιζε σημαντικό ρόλο, καθώς στα έργα του έπρεπε να προσαρμόζει τα ζωντανά στοιχεία της παράδοσης, με σκοπό την εξέλιξη και τη διάδοσή της. Οι πρώτες ύλες ήταν άμεσα διαθέσιμες, από το γύρω περιβάλλον, τα τεχνικά μέσα και τα εργαλεία που χρησιμοποιούσαν ήταν πολύ απλά. Η παρατήρηση και η κατανόηση της φύσης και οι σχέσεις αλληλεπίδρασης των κατασκευών με το φυσικό περιβάλλον αποτελούσε μέρος της μαθητείας ενός μάστορα. Γεγονός, που συνέβαλλε στη γνώση των δυνατοτήτων και των περιορισμών των δομικών υλικών.

Έτσι, παρατηρώντας τις παραδοσιακές κατασκευές, υπάρχουν κατά κανόνα έτοιμες μελέτες που αναφέρονται στη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου και στην οικολογική συμπεριφορά των υλικών. (Κορωναίος, 2005)

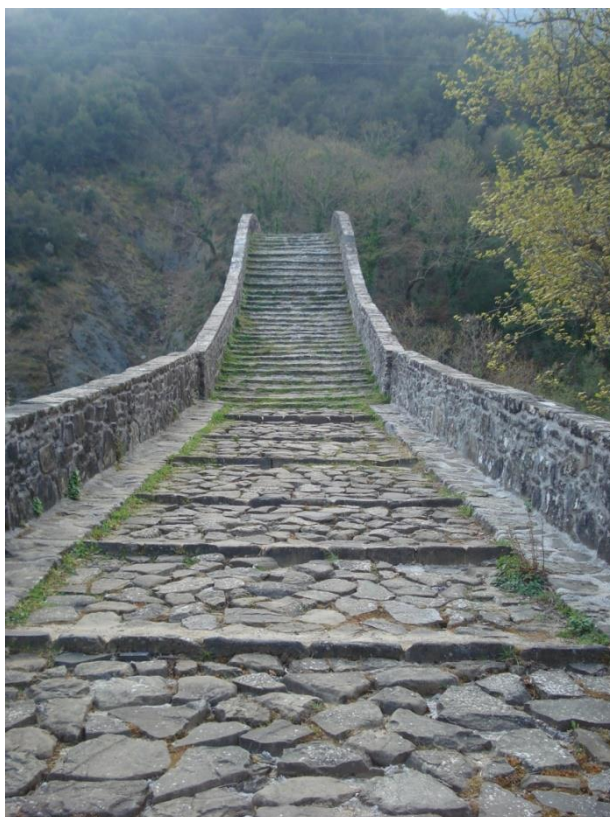
Τα παραδοσιακά υλικά προέρχονταν από τη φύση, χωρίς τοξικές ουσίες και δέχονταν ελάχιστη επεξεργασία. Επιπλέον, η δυνατότητα για σπατάλη ενέργειας από τους παραδοσιακούς μαστόρους δεν υπήρχε. Κατά συνέπεια, οι κατασκευές χαρακτηρίζονταν από την απλότητα και τη φιλική τους συμπεριφορά προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Οι τυχόν αρνητικές επιπτώσεις των παραδοσιακών υλικών στην ανθρώπινη υγεία, θα ήταν ήδη γνωστές, λόγω της μακρόχρονης χρήσης τους.

Στα πλεονεκτήματα των παραδοσιακών υλικών συγκαταλέγεται, μεταξύ άλλων, η ανακύκλωση και η επανάχρηση των υλικών, σε περιπτώσεις κατεδάφισης και εγκατάλειψης των κατασκευών.

Τα κύρια χαρακτηριστικά των παραδοσιακών υλικών είναι τα εξής:

- Προέρχονται από φυσικούς πόρους, που είτε υπάρχουν σε αφθονία είτε είναι ανανεώσιμοι (ξύλο, πέτρες, άμμος κ.α.),
- δεν περιλαμβάνουν σύνθετα νέα υλικά, με άγνωστες έως σήμερα επιπτώσεις,
- απαιτούν μικρά ποσά ενέργειας κατά τη διαδικασία της κατεργασίας τους, καθώς δεν υπήρχε η τεχνογνωσία και η τεχνολογία των σύγχρονων μέσων,
- απαιτούν ελάχιστα ή και μηδενικά ποσά ενέργειας για τη μεταφορά τους, ως επί το πλείστον βρίσκονται στο άμεσο περιβάλλον της κατασκευής,
- έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση πόρων.

Η μελέτη της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής κάθε τόπου, πριν από οποιαδήποτε κατασκευαστική ενέργεια, είναι αναγκαία και πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη, όταν αναφερόμαστε σε οικολογικό σχεδιασμό.



Εικ.2-22: Γέφυρα της Πλάκας, Απρίλιος 2014 (Πηγή: προσωπικό αρχείο)

### 3. ΧΩΜΑΤΙΝΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Τα τελευταία χρόνια, η χρήση του χώματος ως δομικό υλικό έχει αρχίσει να επανεκτιμάται και σταδιακά, εγκαταλείπεται η αντίληψη ότι αποτελούσε λύση για στέγαση κυρίως σε φτωχές αγροτικές περιοχές. Σε πολλές χώρες πλέον έχουν ενταχθεί κανονισμοί στη νομοθεσία για τις τεχνικές της χωμάτινης δόμησης. Υπάρχουν αρκετά εντυπωσιακά παραδείγματα της σύγχρονης χωμάτινης αρχιτεκτονικής, που συνδυάζουν τις παραδοσιακές τεχνικές, με τις νέες μεθόδους και τεχνολογίες. Τα αποτελέσματα που δημιουργούνται είναι εντυπωσιακά, φιλικά προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον και πλήρως εναρμονισμένα με το φυσικό τοπίο.

#### 3.1. Σύγχρονα κτίρια στον κόσμο

3.1.1. "Friend House" - οικολογικό ξενοδοχείο, Dnepropetrovsk, Ουκρανία  
Τεχνική κατασκευής: *cob*



Εικ.3-1, 3-2, 3-3: Οικολογικό ξενοδοχείο "Friend House", Ουκρανία (Πηγές: <http://eartharchitecture.org>, <http://backstage.worldarchitecturenews.com>)

Το "Friend House", σχεδιασμένο από το ουκρανικό αρχιτεκτονικό γραφείο Ryntoyt Design, είναι ένα οικολογικό ξενοδοχείο πλήρως εναρμονισμένο με το φυσικό τοπίο που το περιβάλλει, στην περιοχή Dnepropetrovsk της Ουκρανίας. Πρόκειται για ένα ισόγειο κτίριο με μεγάλους ανοιχτούς χώρους, παρκινγκ, βεράντες, κήπους και πάρκα, με καλυμμένο χώρο 1750 m<sup>2</sup>. Για την κατασκευή του χρησιμοποιήθηκαν φυσικά και αβλαβή υλικά, όπως πηλός, καλάμια και ξύλο από τη γύρω περιοχή. Η δομή του κτιρίου δημιουργήθηκε από πέτρα και ξύλα.



οικολογική οροφή του έχει σχεδιαστεί με σκοπό τη σύνδεσή του με τον περιβάλλοντα φυσικό χώρο.

### **3.1.2. Βρεφονηπιακός σταθμός, Glendale, Καλιφόρνια**

*Τεχνική κατασκευής: συμπιεσμένη γη - rammed earth*



Εικ.3-4: Βρεφονηπιακός σταθμός, Glendale, Καλιφόρνια (Πηγή: <http://archinect.com>)

Ο βρεφονηπιακός σταθμός βρίσκεται στην Glendale της Καλιφόρνια και έχει έκταση 23,000 ft<sup>2</sup>. Σχεδιάστηκε από τον Marmol Radziner και φιλοξενεί 236 παιδιά. Είναι το μεγαλύτερο κτίριο που έχει κατασκευαστεί με την τεχνική rammed earth, στη νότια Καλιφόρνια. Οι βιώσιμες στρατηγικές που εφαρμόστηκαν στο κτίριο, μεταξύ αυτών, τα φωτοβολταϊκά πάνελ στα στέγαστρα και οι τοίχοι που είναι κατασκευασμένοι από συμπιεσμένη γη - rammed earth, αποτελούν βασικά στοιχεία του σχεδιασμού, δίνοντας έμφαση στο χώρο ως μαθησιακό περιβάλλον αλλά και ως εκπαιδευτικό εργαλείο.



Εικ.3-5: Βρεφονηπιακός σταθμός, Glendale, Καλιφόρνια (Πηγή: <http://archinect.com>)

### 3.1.3. Κινηματογράφος Sil Platz, Ελβετία

Τεχνική κατασκευής: συμπίεσμένη γη - *rammed earth*



Εικ.3-6: Αίθουσα κινηματογράφου, Platz, Ελβετία (Πηγή: <http://eartharchitecture.org>)

Μια ομάδα ανθρώπων, με κοινό ενδιαφέρον την αγάπη τους για το σινεμά, αποφάσισε να δημιουργήσει έναν πλήρως ολοκληρωμένο κινηματογράφο στην ελβετική πόλη Ilanz. Με τη βοήθεια του συλλόγου αρχιτεκτόνων Caraul & Blumenthal δημιουργήθηκε μια αίθουσα προβολών και ένα μπαρ, διατηρώντας τον αρχικό χαρακτήρα του κτιρίου. Για τις ανάγκες της κατασκευής χρησιμοποίησαν πηλό από τη περιοχή και τη μέθοδο της συμπίεσμνης γης - rammed earth, μια βιώσιμη, χαμηλής τεχνολογίας τεχνική, με ικανοποιητικά ηχομονωτικά αποτελέσματα.

### 3.1.4. Δημόσια πισίνα, Toro, Ισπανία

*Τεχνική κατασκευής: συμπίεσμνη γη - rammed earth*

Μια ομάδα αρχιτεκτόνων, που απαρτίζεται από τους Antonio Raya, Christopher Crespo, Santiago Sánchez και Enrique Antelo, σχεδίασαν τη δημόσια πισίνα στο Toro της Ισπανίας. Οι εξωτερικοί τοίχοι του κτιρίου έχουν κατασκευαστεί από συμπίεσμνη γη - rammed earth. Τα χαμηλής ενέργειας υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για όλη την κατασκευή και ο σχεδιασμός της πισίνας έλαβαν το πρώτο βραβείο της “Ex aequo de Edificación Sostenible in Castilla y Leon”.



Εικ.3-7: Δημόσια πισίνα, Toro, Ισπανία (Πηγή: <http://eartharchitecture.org>)



Εικ.3-8: Δημόσια πισίνα, Toro, Ισπανία (Πηγή: <http://eartharchitecture.org>)

### 3.1.5. Sra Rou, επαγγελματική σχολή, Καμπότζη

Τεχνική κατασκευής: χειροποίητοι ωμόπλινθοι - adobe ή mud bricks



Εικ.3-9: Επαγγελματική σχολή, Sra Rou, Καμπότζη (Πηγή: <http://eartharchitecture.org>)



Η επαγγελματική σχολή Sra Pou που βρίσκεται στο χωριό Oudong στην Καμπότζη, σχεδιάστηκε από τη φιλανδική αρχιτεκτονική εταιρεία *Rudanko + Kanckunen*. Η σχολή λειτουργεί ως κέντρο εκπαίδευσης για τη δημιουργία βιώσιμων επιχειρήσεων, καθώς και ως χώρος δημόσιων συγκεντρώσεων για το σύνολο της κοινότητας.

Το σχολείο είναι ένα απλό διώροφο κτίριο και περιλαμβάνει ένα εργαστήριο, αίθουσες διδασκαλίας, αποθήκη, μπάνιο και μια μεγάλη σκεπαστή βεράντα που δημιουργεί έναν υπαίθριο χώρο. Για την κατασκευή του κτιρίου χρησιμοποιήθηκαν χειροποίητοι πλίνθοι, φτιαγμένοι από το κοκκινόχωμα της περιοχής, που στέγνωσαν με τη βοήθεια του ήλιου. Τα τούβλα είναι κατάλληλα σχεδιασμένα, με μικρές τρύπες, ώστε να εισέρχεται περισσότερο φως στο εσωτερικό του κτιρίου και να επιτυγχάνεται ο φυσικός αερισμός του.

Το 200m<sup>2</sup> κτίριο κοστίζει 15.000 δολάρια και χτίστηκε από τα μέλη της κοινότητας, γεγονός που μείωσε τα έξοδα της κατασκευής. Το σημαντικότερο όμως είναι η κατάρτιση που απέκτησαν οι κάτοικοι προκειμένου να χρησιμοποιήσουν τις ίδιες τεχνικές και στα σπίτια τους.



Εικ.3-10: Εσωτερικό της σχολής (Πηγή: <http://eartharchitecture.org>)

### 3.1.6. Δημοτικό σχολείο, Tanaoun Ibi, Μάλι

Τεχνική κατασκευής: συμπιεσμένοι ωμόπλινθοι - *compressed earth blocks*

Η ολλανδική εταιρεία Leys Architecten χρησιμοποίησε ωμόπλινθους από τα τοπικά ορυχεία προκειμένου να κατασκευάσει το δημοτικό σχολείο στο χωριό Tanaoun Ibi στο Μάλι.

Το σχολικό συγκρότημα αποτελείται από διάφορα τμήματα. Το σχολείο περιλαμβάνει τρεις αίθουσες διδασκαλίας, δύο βεράντες και μια κυρτή οροφή. Δίπλα από το κτίριο βρίσκονται οι υγειονομικές εγκαταστάσεις. Συνολικά, το σχολείο προσφέρει χώρο για τουλάχιστον 180 μαθητές και επιπλέον, ένα γραφείο με αποθηκευτικούς χώρους για το διευθυντή.



Εικ.3-11: Δημοτικό σχολείο, Tanaoun Ibi, Μάλι (Πηγή: <http://www.dezeen.com>)

Η αρχιτεκτονική του σχολείου βρίσκεται σε άμεση σύνδεση με τις τοπικές παραδόσεις. Με τη χρήση των εξελιγμένων υδραυλικών - συμπιεσμένων ωμοπλίνθων (*hydraulic-compressed earth block*) το κτίριο αντέχει τόσο σε θερμές περιόδους όσο και σε ισχυρές βροχοπτώσεις. Η οροφή έχει καλυφθεί από ένα στρώμα 20 - 30 mm κόκκινου χώματος αναμεμιγμένο με τσιμέντο, προκειμένου να επιτευχθεί μια αδιάβροχη και ανθεκτική στρώση στο νερό. Οι υδρορροές που κατασκευάζονται από τους ντόπιους, ονομάζονται *bozo* και

εγγυώνται την άμεση αποστράγγιση των όμβριων υδάτων. Οι κεραμικοί σωλήνες που έχουν εισαχθεί στην οροφή παρέχουν φυσικό εξαερισμό και επιτρέπουν την είσοδο του φωτός, δημιουργώντας ευχάριστο κλίμα στις αίθουσες. Κατά τη διάρκεια της εποχής των βροχών (2 μήνες), που λαμβάνουν χώρα εκτός σχολικής περιόδου, οι σωλήνες μπορούν να κλείσουν.

Για την κατασκευή του κτιρίου βοήθησαν οι φοιτητές ενός κοντινού πανεπιστήμιου και τα μέλη της τοπικής κοινότητας, χρησιμοποιώντας συμπιεσμένους ωμοπλίνθους για τους τοίχους, τα δάπεδα και τις στέγες.

Το έργο ολοκληρώθηκε τον Ιούλιο του 2013, έπειτα από εργασίες 5 μηνών, και το σχολείο λειτούργησε τον Οκτώβριο της ίδιας χρονιάς. Το συνολικό κόστος του σχολικού συγκροτήματος ανέρχεται στα 45.000 ευρώ.



Εικ.3-12, 3-13, 3-14: Δημοτικό σχολείο, Tanaoun Ibi, Μάλι (Πηγή: <http://www.dezeen.com>)



## 3.2. Χωμάτινη δόμηση για περιπτώσεις έκτακτων αναγκών – αντιμετώπισης της ανθρωπιστικής κρίσης

### 3.2.1. Προσφυγικό καταφύγιο, Kerman, Ιράν

Το “Rai Studio” και η ομάδα “Architecture for Humanity” της Τεχεράνης, σε συνεργασία με το Νορβηγικό Συμβούλιο Προσφύγων, κατασκεύασε ένα πρωτότυπο κτίριο από πλιθιά (adobe), εκσυγχρονίζοντας τις παραδοσιακές τεχνικές δόμησης, με σκοπό την αντιμετώπιση προβλημάτων όπως είναι η διάβρωση, η αντοχή και η μόνωση. Το καταφύγιο προορίζεται για τους Αφγανούς πρόσφυγες που ζουν στην Kerman, κοντά στο κέντρο του Ιράν.

Το έργο ήταν αποτέλεσμα της εντατικής έρευνας που πραγματοποίησε το Rai Studio, εστιάζοντας στην κοινωνική βιωσιμότητα. Η συγκεκριμένη έρευνα προσπάθησε να εντοπίσει τις καθημερινές συνήθειες και τις πεποιθήσεις των προσφύγων, όπως για παράδειγμα, τη σημασία της έννοιας της «ιδιωτικής ζωής», τις τεχνικές δόμησης και τα υλικά που προτιμούν, πόσα χρήματα ξοδεύουν για να κατασκευάσουν τα καταφύγια τους.

Για την κατασκευή του καταφυγίου 100 m<sup>2</sup> χρησιμοποιήθηκαν 6.000 χειροποίητα πλιθιά (25x25x10), που στέγνωσαν στον ήλιο. Το νέο κτίριο έχει διατηρήσει τις λειτουργίες και τις ανέσεις των προηγούμενων καταφυγίων. Ο όγκος του κτιρίου επιδιώκει την ενσωμάτωση μιας εσωτερικής αυλής για τις δραστηριότητες των κατοίκων. Παράλληλα, μια σειρά από διαδοχικούς χώρους αποσκοπεί στην κάλυψη των αναγκών των οικοσπιτων ζώων.



Εικ.3-15: Απεικόνιση καταφυγίου, Kerman, Ιράν (Πηγή: <http://www.domusweb.it>)



Εικ.3-16: Προσφυγικό καταφύγιο, Kerman, Ιράν (Πηγή: <http://www.domusweb.it>)



Εικ.3-17: Προσφυγικό καταφύγιο, Kerman, Ιράν (Πηγή: <http://www.domusweb.it>)

### 3.2.2. Χωμάτινες κατοικίες για τους άστεγους της Γάζας

Ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών για την επίλυση του προβλήματος των εκτοπισμένων της Γάζας, κατασκεύασε σπίτια από χώμα.

Οι κατοικίες κατασκευάστηκαν με την τεχνική των *συμπιεσμένων ωμοπλίνθων*, κάνοντας χρήση τοπικών υλικών και ξύλινων κουφωμάτων. Το πρώτο στάδιο του έργου περιλάμβανε την κατασκευή 120 κατοικιών με κόστος 8.000 – 10.000€, με χρηματοδότηση από το Κουβέιτ και την Ερυθρά Ημισελήνου των ΗΑΕ. Ο οργανισμός εκπαίδευσε τους εργαζόμενους προκειμένου να παραχθούν οι ωμόπλινθοι στην έδρα τους και να δημιουργηθούν νέες θέσεις εργασίας.



Εικ.3-18: Κατασκευή κατοικιών με τη μέθοδο των συμπιεσμένων ωμοπλίνθων

(Πηγή: <http://eartharchitecture.org>)



Εικ.3-19: Εσωτερικό κατοικίας (Πηγή: <http://eartharchitecture.org>)

### 3.2.3. Pegasus Children's Project - Ξενώνας παιδιών στο Κατμαντού

Από το 2001 το *Pegasus Children's Project* παρέχει βοήθεια σε παιδιά του Κατμαντού που το έχουν ανάγκη, υγειονομική περίθαλψη, είδη ένδυσης, τρόφιμα και εκπαίδευση.

Το 2006 ο οργανισμός Small Earth ανέλαβε να χτίσει περισσότερες από 40 κατοικίες, σε μια βουνοπλαγιά που βρίσκεται 8 km βόρεια της πόλης του Κατμαντού. Με σκοπό την παροχή φροντίδας για τα άστεγα, άπορα και ορφανά παιδιά της πόλης που ξεπερνούν τα 90.

Οι κατοικίες κατασκευάστηκαν με τη μέθοδο των *superadobe*. Υπεύθυνη του έργου είναι η Julian Faulkner από τον οργανισμό Small Earth, η οποία έχει εκπαιδευτεί από το ινστιτούτο του Cal-Earth.

Ο σεισμός της 25<sup>ης</sup> Απριλίου του 2015 μεγέθους 7.9 της κλίμακας ρίχτερ άφησε πίσω του χιλιάδες θύματα, τραυματισμένους και εκτοπισμένους. Οι ζημιές που υπέστησαν οι κατοικίες του *Pegasus Children's Project* ήταν σχετικά μικρές και τα παιδιά με τους φροντιστές τους είναι όλοι τους ασφαλείς. Οι θόλοι είναι σχεδόν αλώβητοι, έχουν υποστεί μόνο επιφανειακές ρωγμές στη γύψινη επιφάνειά τους. Ωστόσο, το κεντρικό κτίριο από τούβλα, που περιλάμβανε την



κοινόχρηστη αίθουσα, τα γραφεία και μερικά καταλύματα είναι προσωρινά ακατάλληλο για κατοίκηση. Επιπλέον, στο χωριό που βρίσκεται ακριβώς κάτω από τον ξενώνα *Pegasus*, 15 κατοικίες έχουν καταρρεύσει και πολλές άλλες έχουν υποστεί σοβαρές ζημιές, με τους κατόχους να έχουν εκτοπιστεί και να κοιμούνται στην ύπαιθρο. Παραδείγματα σαν τον ξενώνα του Κατμαντού αποδεικνύουν την ασφάλεια των συγκεκριμένων σπιτιών και τη δυνατότητα να παράσχουν καταφύγιο σε ανθρώπους απ' όλο τον κόσμο.<sup>26</sup>



Εικ.3-20, 3-21: Κατασκευή κατοικιών στο Pegasus Children's Project με τη μέθοδο των superadobe

(Πηγή: <http://www.small-earth.com>)



Εικ.3-22: Κατοικίες στο Pegasus Children's Project

(Πηγή: <https://www.facebook.com/PegasusChildrensProject>)

---

<sup>26</sup> <http://www.small-earth.com> & <http://www.calearth.org/>

### 3.2.4. Διαγωνισμός “Mud House Design 2014”

Το ίδρυμα ΝΚΑ που έχει επίκεντρο τις τέχνες για την ανάπτυξη του ανθρώπινου κεφαλαίου, προκήρυξε το διαγωνισμό “Mud House Design 2014”, με στόχο την εκ νέου ανακάλυψη της αφρικανικής καλύβας από πηλό.

Η πρόσκληση προέβλεπε το σχεδιασμό μιας ενιαίας μονάδας για μια οικογένεια, μεγέθους περίπου 30 x 40 ft<sup>2</sup>, σε ένα οικόπεδο 60 x 60 ft<sup>2</sup>, με τη μέγιστη χρήση χώματος για την κατασκευή του και τοπικό εργατικό δυναμικό, από την περιφέρεια Ashanti της Γκάνα. Οι υποψήφιοι κάτοχοι της κατοικίας ήταν τα μέλη μιας οικογένειας μεσαίου εισοδήματος σε οποιοδήποτε δήμο της περιοχής Ashanti. Το συνολικό κόστος κατασκευής δεν έπρεπε να υπερβαίνει τα 6.000 δολάρια, με την αξία του οικοπέδου να εξαιρείται από το ποσό. Οι προτεινόμενες τεχνικές για το σχεδιασμό του κτιρίου ήταν οι εξής: cob, συμπιεσμένη γη (rammed earth), ρευστή γη (poured earth) με χρήση καλουπιών ή οποιαδήποτε άλλη τεχνική, με ευκολία στην εκμάθηση για τους ντόπιους εργάτες.

Στην Γκάνα, όπως και σε άλλες χώρες της Δυτικής Αφρικής, τα στερεότυπα εξακολουθούν να υπάρχουν σχετικά με την κακή κατασκευή των κτιρίων από χώμα. Η χωμάτινη αρχιτεκτονική αντικαταστάθηκε γρήγορα από τις σύγχρονες κατοικίες, που κατασκευάζονται από τσιμεντόλιθους και άλλα σύγχρονα δομικά υλικά, των οποίων το κόστος είναι αρκετά υψηλό και επιπλέον, παρουσιάζουν θερμικά και ακουστικά προβλήματα. Η χρήση του σκυροδέματος, παρά την εξάρτησή από εισαγωγές πόρων, θεωρείται απαραίτητη για την οικοδόμηση. Όμως, το αυξανόμενο κόστος των σύγχρονων οικοδομικών υλικών, που παράγονται από εισαγόμενους πόρους, καθιστά πολύ δύσκολη την απόκτηση κατοικίας από οικογένειες με χαμηλό εισόδημα. Εν τούτοις, ο λατερίτης - κόκκινη γη αποτελεί μια εξαιρετική, οικονομική, εναλλακτική λύση και είναι διαθέσιμος σε όλη την Γκάνα.

Για παράδειγμα, στην περιοχή Abetenim, το 98% των σπιτιών είναι χωμάτινα. Ωστόσο, οι προκαταλήψεις των ντόπιων κατοίκων σχετικά με τα κτίρια που κατασκευάζονται από χώμα, εξακολουθούν να υφίστανται. Ο λόγος είναι ότι υπάρχουν αρκετά παραδείγματα χωμάτινων κατοικιών που έχουν υποστεί διάβρωση με την πάροδο του χρόνου, λόγω της κακής κατασκευής, αλλά και της

επίδρασης των υδάτων. Η αντίληψη που επικρατεί είναι ότι τα σπίτια από πηλό είναι μόνο για τους πολύ φτωχούς.



**Εικ.3-23: Μια τυπική χωμάτινη κατοικία στο χωριό Abetenim**

(Πηγή: <http://www.nkafoundation.org>)

Έτσι, υπό το πρίσμα του προβλήματος, προκηρύχθηκε ο συγκεκριμένος διαγωνισμός και ο μακροπρόθεσμος στόχος του είναι η εξομάλυνση των αντιλήψεων σχετικά με τη χωμάτινη αρχιτεκτονική τόσο για τον πληθυσμό της Γκάνα όσο και για πολλά άλλα μέρη.

Τα 3 σχέδια που βραβεύθηκαν είναι τα εξής:

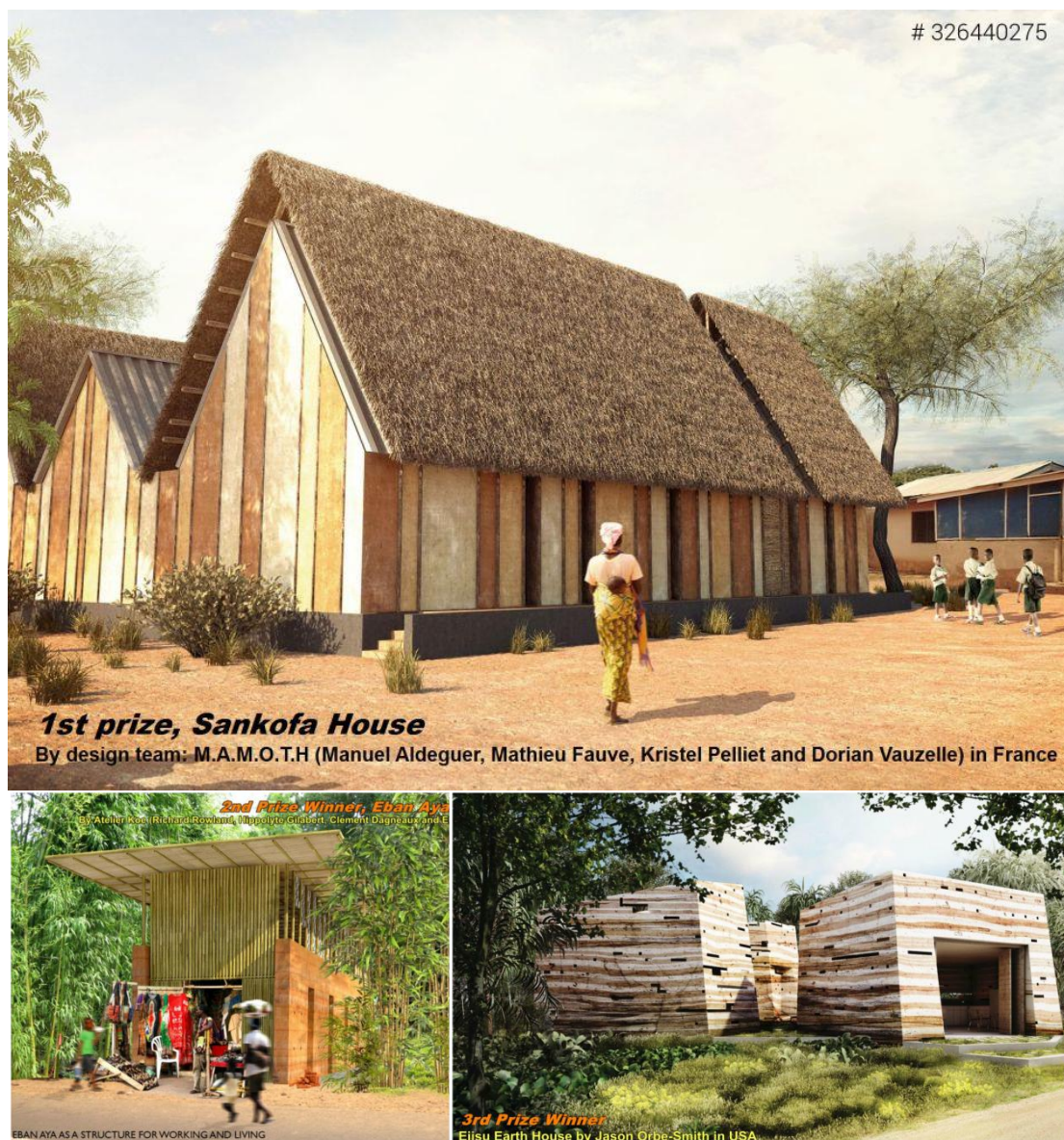
Το 1<sup>ο</sup> βραβείο απονεμήθηκε στην ομάδα M.A.M.O.T.H από τη Γαλλία, με το σχεδιασμό του “Sankofa house”.

Το 2<sup>ο</sup> βραβείο κέρδισε ο Eban Aya από το Atelier Koe στη Σενεγάλη, σχεδιάζοντας ένα χώρο, που συνδυάζει εργασία και κατοικία.

Και το 3<sup>ο</sup> βραβείο είναι για το “Ejisu Earth House”, από τον Jason Orbe-Smith από τις ΗΠΑ.



Σύμφωνα με την κριτική επιτροπή, τα επιλεχθέντα σχέδια έπρεπε να πληρούν κριτήρια όσον αφορά τη λειτουργικότητα, την αισθητική, καθώς και τεχνικά θέματα.



Εικ.3-24, 3-25, 3-26: Αποτελέσματα διαγωνισμού “Mud House Design 2014”

(Πηγή: <http://eartharchitecture.org/>)

### 3.3. Παραδοσιακή αρχιτεκτονική στην Ελλάδα

Οι παραδοσιακές κατασκευές του ελλαδικού χώρου βασίζονταν σε υλικά που προέρχονταν από το άμεσο φυσικό περιβάλλον όπου δομούνταν οι οικισμοί. Η μεταφορά των υλικών ήταν δαπανηρή, δύσκολη, ακόμα και επικίνδυνη. Έτσι,

κάθε περιοχή είχε αναπτύξει τη δική της αρχιτεκτονική και τις παραδοσιακές τεχνικές της, που περνούσαν από γενιά σε γενιά. Στις ορεινές περιοχές επικράτησαν οι λιθόκτιστες κατασκευές, εφόσον κυρίαρχο δομικό υλικό ήταν η πέτρα. Αντίθετα, στις πεδινές περιοχές, όπου το χώμα ήταν άφθονο, η πλειοψηφία των κατασκευών ήταν πλίνθινες. Αναπτύχθηκαν κυρίως οι τεχνικές των ωμοπλίνθων και του τσατμά, τεχνικές που εφαρμόστηκαν χωρίς διακοπή από την προϊστορική εποχή έως τα μέσα του περασμένου αιώνα.

Συγκεκριμένα, οι παλαιότεροι οικισμοί του Ελλαδικού χώρου χρονολογούνται από την 6<sup>η</sup> χιλιετία π.Χ. (Αρχαιότερη Νεολιθική εποχή) και τοποθετούνται στην περιοχή Σέσκλο της Θεσσαλίας, όπου εντοπίστηκαν ορθογώνια κτίρια με λίθινη θεμελίωση και τοιχοποιία από ωμοπλίνθους (Τζιβελοπούλου, 2014). Τα βασικά υλικά που χρησιμοποιούνταν για τις πλινθόκτιστες κατασκευές ήταν ο πηλός, η πέτρα και το ξύλο. Επιπλέον, χρησιμοποιούσαν δευτερεύοντα υλικά είτε φυτικής προέλευσης (π.χ. καλάμια, άχυρο) είτε ζωικής προέλευσης (π.χ. τρίχες ζώων), για βελτίωση της αντοχής και των ιδιοτήτων τους.

Σήμερα, παλιές πλινθόκτιστες κατοικίες υπάρχουν σε πολλές πεδινές περιοχές της Ελλάδας. Κάποιες από αυτές διατηρούνται σε καλή κατάσταση από τις οποίες μπορούμε να αντλήσουμε πολλές πληροφορίες. Οργανώσεις και ομάδες έχουν ξεκινήσει τη χαρτογράφηση και τον εντοπισμό του κτιριακού αποθέματος, με σκοπό τη μελέτη και τη διατήρηση της χωματινής αρχιτεκτονικής, η οποία περιθωριοποιήθηκε στη χώρα μας.

## **3.4. Σύγχρονες κατοικίες στην Ελλάδα**

### **3.4.1. Πλινθόκτιστη κατοικία στην Κάτω Ελάτη Τρικάλων**

Η τεχνική των ωμοπλίνθων ήταν ευρέως διαδομένη στο Θεσσαλικό κάμπο μέχρι και το 1960. Το 2011 ανεγέρθηκε το πρώτο κτίριο από πηλό στην Ελλάδα, με χρήση κατοικίας, βάσει οικοδομικής άδειας.

Ο φέρων οργανισμός είναι ξύλινος και η πλήρωση έγινε από ωμές πλίνθους. Έτσι, στην έκδοση της άδειας το κτίριο αντιμετωπίστηκε ως ξύλινο. Η παραγωγή των πλίνθων έγινε χειρωνακτικά, με ελάχιστη χρήση μηχανημάτων.

Για μια κατοικία 50 m<sup>2</sup> χρειάστηκαν περίπου 8000 πλίνθοι. Για την επίχριση των τοίχων χρησιμοποιήθηκε ασβεστοκονίαμα, μείγμα από ασβέστη, άμμο και συνθετικές ίνες για αύξηση της αντοχής. Επιπλέον, για τα δάπεδα έγινε χρήση περλιτομπετόν και από πάνω μια παραλλαγή πατητής τσιμεντοκονίας. Τα χρώματα που εφαρμόστηκαν ήταν φυσικά για την καλύτερη διαπνοή των τοίχων. Τέλος, για την παραγωγή ενέργειας, τοποθετήθηκαν φωτοβολταϊκά στη στέγη.



**Εικ.3-27: Νοτιοανατολική όψη της κατοικίας, Κάτω Ελάτη Τρικάλων, Νοέμβριος 2011 (Πηγή: <https://adobehousegreece.wordpress.com>)**



**Εικ.3-28: Δυτική όψη της πλινθόκτιστης κατοικίας**

(Πηγή: <https://adobehousegreece.wordpress.com>)





Εικ.3-29: Λεπτομέρειες τοίχων – ξύλινα οριζόντια διαζώματα

(Πηγή: <https://adobehousegreece.wordpress.com>)

### 3.4.2. Κατοικία με άχυρο και πηλό, Αγριά Βόλου

Το Μάιο του 2015 ξεκίνησαν οι εργασίες για μια νέα φυσική κατοικία στην Αγριά του Βόλου. Η τεχνική που χρησιμοποιήθηκε είναι το άχυρο με πηλό, γνωστή και ως *straw clay*. Η άριστη θερμομόνωση και η ευκολία της κατασκευής είναι μερικά από τα πλεονεκτήματα της μεθόδου. Ο σκελετός είναι ξύλινος και η πλήρωση των τοίχων έγινε με εμποτισμένο άχυρο σε αργιλώδες χώμα υγρής μορφής. Η ομάδα του cob.gr, αρκετοί εθελοντές και οι ιδιοκτήτες της κατοικίας εργάστηκαν γι' αυτό το σκοπό.

Το γέμισμα των τοίχων έχει ολοκληρωθεί και είναι απαραίτητο να στεγνώσουν πλήρως για γίνει το σοβάτισμα με μείγμα *cob*. Οι εργασίες θα ολοκληρωθούν σταδιακά τους επόμενους μήνες.



Εικ.3-30: Τοίχοι με αχυροπηλό. Εικ.3-31: Γενική όψη της κατοικίας, Αγριά, Βόλος

(Πηγή: <https://www.facebook.com/Agriaturalbuilding>)

### 3.5. Ελληνικό νομοθετικό πλαίσιο

Στη χώρα μας δεν υπάρχουν κανονισμοί για τη δόμηση με χώμα. Οι σύγχρονες χωμάτινες κατοικίες που υφίστανται σήμερα στην Ελλάδα έχουν ενσωματώσει το χώμα ως υλικό πλήρωσης, σε συνδυασμό με άλλα υλικά, σε φέροντες οργανισμούς, συνήθως ξύλινους. Ως εκ τούτου να εφαρμόζεται ο ισχύον ελληνικός αντισεισμικός κανονισμός (ΕΑΚ) παράλληλα με τον ευρωκώδικα 5 ή 6 αντίστοιχα (Καραπαναγιώτη, 2012)

Χώρες με έντονη σεισμική δραστηριότητα, όπως το Περού και η Νέα Ζηλανδία έχουν εντάξει κανονισμούς για τα χωμάτινα κτίρια στην τεχνική τους νομοθεσία. Συγκεκριμένα, για το Περού ισχύουν κανονισμοί για τις πλινθόκτιστες κατοικίες όσον αφορά την κατασκευαστική διαδικασία αλλά και την επιλογή των εδαφών. Ενώ, για τη Νέα Ζηλανδία είναι σε ισχύ τρεις κανονισμοί που βρίσκουν εφαρμογή σε κτίρια από ωμοπλίνθους, συμπιεσμένες ωμοπλίνθους και καλουπωτό πηλό (pise) (Καταβούτας, 2013)

### 3.6. Ομάδες και οργανώσεις

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί στην Ελλάδα, όπως και σε όλον τον κόσμο, αρκετές πρωτοβουλίες και προσπάθειες ομάδων ή ατόμων, για τις κατασκευές με φυσικά υλικά, τόσο σε πρακτικό όσο και σε θεωρητικό ή ερευνητικό επίπεδο.

Όσον αφορά στην επιστημονική κοινότητα, το Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών του ΕΜΠ και πιο συγκεκριμένα, το εργαστήριο Τεχνικών Υλικών διοργανώνει σεμινάρια, διαλέξεις και εργαστήρια για τη δόμηση με χώμα σε συνεργασία με διάφορες ομάδες.

**Δόμηση με χώμα**

Σεμινάριο  
Κτήρια από χώμα

Διαλέξεις  
+ Κατασκευές με τα χέρια

15:30 - 20:00 Παρασκευή 18/07/2014

Εργαστήριο Τεχνικών Υλικών (3<sup>ος</sup> Όροφος) - Κτήριο Ανταχής Υλικών  
Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου

FREE

Για περισσότερες πληροφορίες [www.etpoo.gr](http://www.etpoo.gr)

ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΤΗΣ ΓΗΣ  
ENGINEERS OF THE EARTH

Εικ.3-32: Αφίσα σεμιναρίου με θέμα “Δόμηση με χώμα” (Πηγή: <http://www.ntua.gr/vitruvius/>)



Αντίστοιχα, στο Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας διεξάγεται το μάθημα επιλογής “Φυσική Δόμηση” που περιλαμβάνει εργαστήρια και workshops.

Σε πολλές περιοχές της Ελλάδας υπάρχουν φορείς, οργανισμοί και οικοκοινότητες που ασχολούνται με τη δόμηση από φυσικά υλικά και διοργανώνουν εκδηλώσεις, σεμινάρια, ομιλίες, εργαστήρια κ.α. Ενδεικτικά αναφέρονται παρακάτω:

- Οι «Μηχανικοί της Γης» είναι μια αστική, μη κυβερνητική οργάνωση, μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα που ιδρύθηκε στην Αθήνα το 2008. Αντικείμενό τους είναι η αναζήτηση τεχνικών λύσεων προσαρμοσμένων στις εκάστοτε τοπικές συνθήκες, με σεβασμό προς το φυσικό περιβάλλον. Για το λόγο αυτό, διερευνούν τις δυνατότητες του χώματος ως δομικό υλικό, έτσι ώστε να αποτελέσει τεχνική λύση με εφαρμογές εντός και εκτός Ελλάδας.



**Εικ.3-33: Κατασκευή και αποστολή ξύλινης μήτρας για δημιουργία πλίνθων στη Γάζα, σε συνεργασία με την ΜΚΟ «Αρχιτεκτονική χωρίς Σύνορα», Αθήνα, Μάιος, 2010. (Πηγή: [www.engoe.gr](http://www.engoe.gr))**





Εικ.3-34: Αποστολή εγχειριδίου σχετικό με τη δόμηση με χώμα στη Γάζα (Πηγή: [www.engooe.gr](http://www.engooe.gr))

- Η ομάδα «πηλΟίκο» δημιουργήθηκε το καλοκαίρι του 2008 από άτομα που εξειδικεύονται στη φυσική δόμηση και στη βιοκλιματική αρχιτεκτονική. Ο χαρακτήρας της ομάδας είναι μη κερδοσκοπικός με στόχο την επαναφορά παλαιών τεχνικών δόμησης και την αναζήτηση καινούργιων με φυσικά και ανακυκλώσιμα υλικά, αλλά και τη διάδοσή τους στο ευρύτερο κοινό. Οι δράσεις τους περιλαμβάνουν σεμινάρια εκμάθησης τεχνικών δόμησης σε συνεργασία με ειδικούς, εκθέσεις και εκδηλώσεις. Επιπλέον, επιχειρούν την καταγραφή και την αρχειοθέτηση της ελληνικής παραδοσιακής αρχιτεκτονικής με πηλό.



Εικ.3-35, 3-38: 3ο κατασκευαστικό σεμινάριο: «Κατασκευή θόλου με πλιθιές adobe», με συμμετοχή του καθηγητή Dr.Gernot Minke του Πανεπιστημίου Kassel της Γερμανίας, Ιούλιος 2011, Παλαιοχώρα, Χανιά. Εικ. 3-36, 3-37: 2ο κατασκευαστικό σεμινάριο: «Τεχνική cob», σε συνεργασία με την ομάδα Cob, Σέμπρωνας, Χανιά, Αύγουστος 2010. (Πηγή: [www.piliko.gr](http://www.piliko.gr))

- Η ομάδα «Cob» που εδρεύει στη Λάρισα ασχολείται με τη φυσική δόμηση και τη βιοκλιματική αρχιτεκτονική, τεχνικές που έχουν ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση πόρων και ενέργειας. Από το 2007 που συγκροτήθηκε η ομάδα, οργανώνουν σεμινάρια και βιωματικά εργαστήρια, σε πολλές περιοχές της Ελλάδας αλλά και της Κύπρου. Έχουν δημιουργήσει ήδη ένα δίκτυο συνεργατών από μηχανικούς, επιστήμονες, τεχνίτες, εκπαιδευτές



που ασχολούνται με τη φυσική δόμηση και παρέχουν εκπαίδευση σε όσους ενδιαφέρονται.



Εικ.3-39 - 3-42: «Εισαγωγικό εργαστήριο Φυσικής Δόμησης», διοργανωμένο από την ομάδα Cob, Παλιουριά του δήμου Αγιάς, Λάρισα, Μάρτιος 2014 (Πηγή: προσωπικό αρχείο)

- Η «ΑΝΕΛΙΞΗ» είναι ένας μη κυβερνητικός οργανισμός με σκοπό τη προώθηση και τη διάδοση του βιοκλιματικού σχεδιασμού και των καθαρών τεχνολογιών δόμησης, καθώς και την εξάπλωση των εφαρμογών τους. Ιδρύθηκε το 1994 και ανασυγκροτήθηκε το 2006 και το 2008. Τα μέλη της απαρτίζονται κυρίως από μηχανικούς και επιστήμονες διαφόρων κλάδων και ειδικοτήτων του οικοδομικού τομέα. Στον τομέα

της δόμησης με πηλό πραγματοποιεί επιστημονικές και πειραματικές έρευνες που αφορούν, τις τεχνικές δόμησης με πηλό, τις μηχανικές αντοχές και τη σεισμική επάρκεια, την επιτόπια έρευνα της παραδοσιακής δόμησης με πηλό στον ελλαδικό χώρο.

- Η «*Αρχιτεκτονική Χωρίς Σύνορα*» είναι Μη Κερδοσκοπική Οργάνωση, μέλος του διεθνούς μη κυβερνητικού, μη κερδοσκοπικού οργανισμού ASF international (Architecture Sans Frontieres International). Αποτελείται από αρχιτέκτονες και άλλους επιστήμονες ή μη, οι οποίοι προσφέρουν το αρχιτεκτονικό τους έργο εντός και εκτός Ελλάδας, σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης ή σε προβληματικές καταστάσεις όπου απαιτούνται παρεμβάσεις για τη βελτίωση του δομημένου περιβάλλοντος. Στόχος τους είναι η καλύτερευση της ζωής των ευπαθών ομάδων και μειονοτήτων.



Εικ.3-43: «Εργαστήρι οικολογικής δόμησης στις κατασκηνώσεις Hill», Σαλαμίνα, Μάιος 2012 (Πηγή: [www.axs.gr](http://www.axs.gr))

- Η ομάδα «*The Archanes Project*» συστήθηκε το 2012, εμπνευστές της οποίας ήταν ο Γιώργος Ριτσάκης και η Βασιλική Διάδου που κατάφεραν να πάρουν την άδεια για τις πρώτες νομικές κατοικίες στην Ελλάδα από φυσικά υλικά, σύμφωνα με το νέο Κανονισμό για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.). Στόχος της ομάδας είναι η δημιουργία



βιώσιμων και υγιεινών κατοικιών, οι οποίες θα παρέχουν άνεση σε όλα τα επίπεδα. Οι έρευνες και τα πειράματα διεξάγονται σε ένα ευρύ φάσμα φυσικών υλικών. Δραστηριοποιούνται μέσα από εργαστήρια και από συμμετοχές σε διάφορες εκδηλώσεις.



Εικ.3-44 – 3-47: Κατασκευή κατοικίας από την ομάδα “The Archanes Project”

(Πηγή: <http://www.thearchanesproject.com/el/>)

- Η ομάδα «Φυσική δόμηση Κρήτης» με έδρα τον Άγιο Νικόλαο Λασιθίου συγκροτήθηκε τον Ιούνιο του 2011, με επικεφαλή το γεωπόνο Γεώργιο Σακελάρη. Ασχολούνται με τη χρήση φυσικών και ανακυκλώσιμων υλικών για την οικοδόμηση κατοικιών και άλλων κατασκευών. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούν είναι παραδοσιακές ή συνδυασμός παραδοσιακών τεχνικών με νέες ιδέες και τεχνολογίες.

Ο χαρακτήρας της ομάδας είναι μη κερδοσκοπικός και βασίζεται στον εθελοντισμό. Παρέχουν βοήθεια σε όσους επιθυμούν να χτίσουν την κατοικία τους ή οποιαδήποτε άλλη κατασκευή με φυσικά υλικά. Διάφορες κατασκευές που έχουν κάνει με τη βοήθεια εθελοντών, από την

Ελλάδα και το εξωτερικό, βρίσκονται σε πολλές περιοχές της Κρήτης, όπως τα Χανιά, το Ηράκλειο, η Σητεία, ο Άγιος Νικόλαος.

Συλλογικότητες και οικοκοινότητες όπως είναι το *Σαλιγκάρι*, το *Ελπιδοχώρι* στο νομό Αργολίδας, οι *Σταγόνες* στην ορεινή Εύβοια ασχολούνται, μεταξύ άλλων, και με τη φυσική δόμηση, με κοινό στόχο την προστασία του περιβάλλοντος και την ελαχιστοποίηση του οικολογικού αποτυπώματος. Διοργανώνουν κατά καιρούς εργαστήρια και σεμινάρια για το κοινό.

## **4. ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΑΕΡΑ**

### **4.1. Γενικά**

Στις βιομηχανικά αναπτυγμένες χώρες οι άνθρωποι ξοδεύουν περίπου το 80 με 90 τοις εκατό του χρόνου τους σε εσωτερικούς χώρους. Για το λόγο αυτό, η ποιότητα της εσωτερικής ατμόσφαιρας αποτελεί σημαντική παράμετρο στα κτίρια, καθώς είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την υγεία και με την άνεση των ανθρώπων που ζουν και εργάζονται μέσα σε αυτά.

Τα αρχικά αίτια ενός μεγάλου μέρος των παθολογικών φαινομένων όπως είναι οι αλλεργικές εκδηλώσεις, οι πονοκέφαλοι, ο εκνευρισμός, η δυσκολία συγκέντρωσης κ.α. που εμφανίζουν οι χρήστες του σύγχρονου κτιρίου πρέπει να αναζητηθούν στα ίδια υλικά κατασκευής, είτε λόγω της εσωτερικής σύνθεσής τους είτε λόγω των διαδικασιών παραγωγής τους είτε λόγω της τελικής τους επεξεργασίας στην οποία υποβάλλονται (Τσίπηρας, 2005).

Η επιλογή των υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή, τη συντήρηση και την ανακαίνιση των κτιρίων αποτελεί θεμελιώδες ζήτημα για την υγεία των χρηστών. Τα σύγχρονα υλικά και τα προϊόντα που εφαρμόζονται ευρέως στον κατασκευαστικό κλάδο έχουν κύριο στόχο τη μείωση του κόστους και του χρόνου κατασκευής - τοποθέτησης. Αντίθετα, η εξάπλωση του «συνδρόμου του άρρωστου κτιρίου» και η σύνδεσή του με την παρουσία υλικών βλαβερών για την ανθρώπινη υγεία, αποτελούν ισχυρές ενδείξεις για να στραφούμε σε εναλλακτικές - οικολογικές μεθόδους δόμησης με σκοπό την ανθρώπινη άνεση και τη διαφύλαξη της υγείας μας.

### **4.2. Τοξικότητα των δομικών υλικών**

Με τον όρο τοξικότητα αναφερόμαστε στην ιδιότητα ορισμένων υλικών που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές, να αποτελούνται ή να περιέχουν ουσίες που ονομάζονται τοξικές και όταν απελευθερώνονται να επηρεάζουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα και κατά συνέπεια την υγεία των χρηστών του κτιρίου.



Τα υλικά κατασκευής επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό την ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Από έρευνες προέκυψε ότι το 37% των δομικών προϊόντων είναι επιβλαβή για την υγεία και έχουν μέση τοξικότητα, ενώ το 2% είναι τοξικά ή λίαν τοξικά. Στα επιβλαβή για την υγεία περιλαμβάνονται προϊόντα που περιέχουν ουσίες ύποπτες ως καρκινογόνες. Επιπλέον, έχει αποδειχθεί ότι το 8% των δομικών προϊόντων εμπίπτει στην κατηγορία των διαβρωτικών και ερεθιστικών ουσιών, που φέρουν στην συσκευασία τους το σχετικό σήμα που προβλέπεται από την οδηγία 67/548/ΕΟΚ για τις επικίνδυνες ουσίες. Οι επιπτώσεις της τοξικότητας των υλικών περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, αναπαραγωγικές ανωμαλίες και εμβρυοτοξικότητα, τοξική δράση στο ανοσοποιητικό και νευρικό σύστημα, καρκινογόνος και μεταλλαξιογόνος δράση, αλλεργικές αντιδράσεις και ερεθισμούς.

Στα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα υλικά έχουν διαπιστωθεί τοξικές συνέπειες. Τα κυριότερα είναι τα εξής:

<b>ΟΥΣΙΑ</b>	<b>ΧΡΗΣΗ/ΠΑΡΟΥΣΙΑ</b>
<b>Αμίαντος</b>	Παλιά κτίρια
<b>Βενζόλιο</b>	Βενζίνη
<b>Πριονίδια ξύλου</b>	Ξυλουργικές εργασίες
<b>Νικέλιο</b>	Ηλεκτροσυγκολλήσεις
<b>Χρωμικός ψευδάργυρος</b>	Αντισκωριακές στρώσεις
<b>Κάδμιο</b>	Επιχρίσματα
<b>Ενώσεις χρωμίου</b>	Βερνίκια ξύλου
<b>Διοξίνες</b>	Καμένα κτίρια
<b>Χρωμικός μόλυβδος</b>	Επιχρίσματα
<b>Διχλωρομεθάνιο</b>	Διαλύτες
<b>Φορμαλδεΐδη</b>	Συγκολλητικό
<b>Συνθετικές ίνες</b>	Μονώσεις
<b>PCB</b>	Λαμπτήρες αερίου
<b>Χλωριομένοι υδρογονάνθρακες</b>	Διαλύτες

Πίνακας 4-1: Κατάλογος τοξικών ουσιών και ενδεχόμενη παρουσίας τους (Κορωνάιος, 2005)

Τα περισσότερα δομικά προϊόντα ωστόσο, δεν περιέχουν μόνο ένα, αλλά δύο ή περισσότερα συστατικά που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και δρουν σωρευτικά, όσον αφορά την τοξικότητα τους. Το ίδιο ισχύει και για προϊόντα που χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα στις κατασκευές (Αργυράκη, 2008).

ΥΛΙΚΟ	A	B	Γ	Δ	E	Σ	Z	H	Θ	I	I	I	I	I	I	I	M.O
						T					A	B	Γ	Δ	E	Z	
1.Εύλο	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2.Φελλός	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<b>3.Αργίλος</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
4.Κερί μέλισσας	3	3	3	3	3	3	-	-	-	3	3	-	3	3	3	-	3
5.Τούβλο	2	3	3	2	2	3	2	3	3	2	1	3	2	3	3	-	2,5
6.Ασβεστοκονίαμα	2	2	3	2	3	3	1	2	-	2	3	2	2	3	2	-	2,3
7.Φυσικό λινέλαιο	1	2	3	2	3	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	-	2,3
8.Τσιμέντο (Portland)	1	0	2	1	0	3	1	2	-	1	2	0	1	3	1	-	1,3
9.Πλάκα αμιάντου	1	0	0	1	1	-	2	2	0	1	2	3	-	3	1	0	1,2
10.Συνθετικός γύψος	0	0	0	1	0	-	1	2	0	2	2	3	-	3	1	0	1,1
11.Γυαλί	0	1	1	0	3	0	0	0	-	0	0	3	0	3	3	-	1
12. Ασφαλτόπανο	1	0	1	1	3	3	-	-	0	0	0	-	-	0	0	-	0,8
13.Πολυεστέρας	0	0	0	0	3	0	3	3	0	1	0	3	0	0	0	0	0,8
14.PVC	0	0	0	0	3	0	1	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0,6
15.Συνθετική κόλλα	0	0	0	0	3	0	-	-	0	0	0	0	0	3	0	0	0,4
16.Betaname	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0,4
17.Συνθετικό βερνίκι	0	0	0	0	3	0	-	-	-	0	0	-	0	0	0	-	0,3

Πίνακας 4-2: Ποιότητα και ιδιότητες ορισμένων βασικών οικοδομικών υλικών (Τσίππρας, 2005)

## **ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΠΙΝΑΚΑ**

A = Πηγή προέλευσης  
B = Βιολογική διάρκεια ζωής  
Γ = Οικολογική συμβατότητα  
Δ = Κατανάλωση ενέργειας  
E = Ραδιενέργεια  
ΣΤ = Ηλεκτρικές ιδιότητες  
Ζ = Θερμικές ιδιότητες  
Η = Ακουστικές ιδιότητες  
Θ = Αντίσταση στα μικροκύματα  
I = Διαπνοή  
ΙΑ = Υγρασία / Χρόνος στεγνώματος  
ΙΒ = Αφομοίωση  
ΙΓ = Τοξικές πτητικές ουσίες  
ΙΔ = Οσμές  
ΙΕ = Τεστ αντίστασης του δέρματος (ohms)  
ΙΖ = Βιολογικό τεστ

## **ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ**

0 = Να αποφεύγεται η χρήση του  
1 = Δε συνιστάται  
2 = Αμφίβολη χρήση  
3 = Συνιστάται η χρήση του

### **4.3. Η ραδιενέργεια στο εσωτερικό των κτιρίων**

Η ύπαρξη ραδιενέργειας στα κτίρια είναι ένας άλλος κίνδυνος που ερευνάται. Η εκτεταμένη χρήση της ραδιενέργειας έχει επιφέρει πολλές αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Η παρουσία ραδιενέργειας στο εσωτερικό του κτιρίου μπορεί να οφείλεται είτε σε άμεσους παράγοντες (ερευνητική, διαγνωστική, τεχνολογική δραστηριότητα) είτε σε έμμεσους. Έμμεσα η ραδιενέργεια εισχωρεί στα κτίρια καθώς εμφοιλοχωρεί και μέσα στο χάλυβα που χρησιμοποιείται για το οπλισμένο σκυρόδεμα και ειδικότερα σε αυτόν που κατασκευάζεται στις χαλυβουργίες από ανακύκλωση παλαιοσιδήρου. Αιτία αποτελεί η ανεξέλεγκτη απόρριψη ραδιενεργών πηγών ή και αποβλήτων όπως τα όργανα διάγνωσης θεραπείας, για παράδειγμα, που χρησιμοποιούνται στην ιατρική, ή τα όργανα μέτρησης διαστάσεων που χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία.

Πιθανή ρύπανση από ραδιενέργεια μέσα σε ένα κτίριο μπορεί να προκαλέσει και η ύπαρξη ραδονίου. Το ραδόνιο παράγει φυσική ραδιενέργεια ιδιαίτερα επιβλαβή για τον ανθρώπινο οργανισμό και διεισδύει στα κτίρια από υπόγειους χώρους ή εκπέμπεται στο εσωτερικό από δομικά υλικά, όπως π.χ. το τσιμέντο, που έχουν παραχθεί από πετρώματα που περιέχουν ουράνιο και χρησιμοποιήθηκαν στην τοιχοποιία ή στα δάπεδα. Άλλα στοιχεία που ενδέχεται να εκπέμπουν ραδιενέργεια είναι οι γρανίτες ή τα κεραμικά (Κορωναίος, 2005).

Στην Ελλάδα εντοπίστηκε για πρώτη φορά ραδιενέργεια σε παλαιοσίδηρο και χάλυβα τον Αύγουστο 1997, σε μεγάλη σύγχρονη βιομηχανία χάλυβα που χρησιμοποιεί ειδικούς ανιχνευτές. Έκτοτε το θέμα απασχολεί τις αρμόδιες υπηρεσίες και ειδικότερα την Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας, η οποία σε πρώτη φάση επέβαλε τη λήψη πιστοποιητικών καθαρότητας από ραδιενέργεια για κάθε εισαγόμενο φορτίο παλαιοσιδήρου.

## **4.4. Οι επικρατέστεροι αέριοι ρύποι του εσωτερικού περιβάλλοντος**

### **4.4.1. Αμιάντος**

Ο αμιάντος αποτελείται από ένα σύνολο ινωδών ορυκτών, τα οποία από χημικής άποψης είναι ένυδρες πυριτικές ενώσεις σε κρυσταλλική κατάσταση. Υπάρχουν δύο μορφές αμιάντου, ο σερπεντινικός και ο αμφιβολιτικός. Ανάλογα με το είδος τους, μπορεί να περιέχουν σίδηρο (Fe), μαγνήσιο (Mg), ασβέστιο (Ca) ή νάτριο (Na).

Για πολλές δεκαετίες, η χρήση του αμιάντου αποτέλεσε την ιδανικότερη λύση ως κατασκευαστικό και ως μονωτικό υλικό. Ο κύριος λόγος ήταν ότι παρουσιάζει πολύ καλές φυσικές και χημικές ιδιότητες (υψηλή μηχανική αντοχή, ελαστικότητα, αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες και στις φλόγες, στα διαβρωτικά χημικά, αντίσταση στον ηλεκτρισμό, μεγάλη θερμομονωτική ικανότητα) και επιπλέον, το χαμηλό του κόστος.

Γενικά, ο αμιάντος βρίσκει χρήση στον κατασκευαστικό κλάδο στα εξής (Βάκα, 2005):

- Υλικά οικοδομής, όπως είναι το αμιαντοσιμέντο
- Αμιαντοσωλήνες για ύδρευση και αποχέτευση
- Υλικά βαφής τοίχων
- Προϊόντα μονώσεως, που χρησιμοποιούνται για ηχομόνωση και για θερμομόνωση των κτιρίων, για μόνωση σωλήνων και σε διάφορες ηλεκτρικές συσκευές.

- Ηχομονωτικά πλακίδια οροφών, τοίχων, πλακίδια και μουσαμάδες δαπέδου

Η παρουσία του αμιάντου στις κατοικίες δεν σημαίνει απαραίτητα ότι θέτει την υγεία των ενοίκων σε κίνδυνο. Εάν όμως τα προϊόντα που τον περιέχουν φθαρούν ή δεχτούν ανθρώπινες παρεμβάσεις, τότε απελευθερώνονται ίνες οι οποίες συσσωρεύονται στον εσωτερικό αέρα με αποτέλεσμα να εισπνέονται και προκαλούν βλάβες στην υγεία.

Σήμερα, αμιαντούχα υλικά βρίσκονται παντού, σε εργοστάσια, βιομηχανίες, δημόσια κτίρια, σχολικά συγκροτήματα, σπίτια. Υπάρχει σε αφθονία στα  $\frac{3}{4}$  περίπου του στερεού φλοιού της γης. Στην Ελλάδα, συναντάται στην Ήπειρο, στην Κοζάνη, στην Εύβοια, στην Άνδρο, στην Ανάφη, στη Σάμο και στη Σταμάτα Αττικής. Η Ελλάδα κατείχε την 7<sup>η</sup> θέση παγκοσμίως σε εξόρυξη αμιάντου με παραγωγή 100.000 τόνους χρυσοτίλη/έτος, μέχρι την πλήρη απαγόρευσή του.

#### **4.4.1.1. Οι επιπτώσεις από τη χρήση του αμιάντου**

Η μακροχρόνια έκθεση σε εισπνεύσιμες ίνες αμιάντου προκαλεί διάχυτη διάμεσο πνευμονική ίνωση. Η ασθένεια είναι γνωστή ως *αμιάντωση* και πρόκειται για μια πολύ σοβαρή εκφυλιστική και προοδευτική νόσο. Οι πνεύμονες χάνουν σταδιακά την ελαστικότητα και τη λειτουργία τους, με αποτέλεσμα να προκαλούνται μόνιμες αναπηρίες και ανεπάρκειες της αναπνευστικής λειτουργίας (Νικολάου Τρ., 2009). Επίσης, έχει αποδειχθεί ότι ο αμιάντος προκαλεί μη νεοπλασματικές παθήσεις του υπεζωκότα, διάχυτο κακοήθες μεσοθηλίωμα υπεζωκότα και περιτοναίου και βρογχογενές καρκίνωμα (Κωνσταντόπουλος, 2014).

Έπειτα, από μακρόχρονες έρευνες, διαπιστώθηκε ότι οι κάτοικοι 7 περιοχών της Ελλάδας (Δίστρατο Μακεδονίας, Μεγάρχη Τρικάλων, Μουζάκι Καρδίτσας, σε πολλά χωριά της Εύβοιας, στην Πέλλα, στις Σέρρες, αλλά κυρίως σε τέσσερα χωριά του Μετσόβου) (βλ. Εικόνα 4-1) ήταν επιβαρημένοι από τον αμιάντο, γεγονός που σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες μπορεί να προκαλέσει σοβαρές βλάβες στην υγεία (βλ. Πίνακα 4-3). Συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε ότι στα τέσσερα χωριά του Μετσόβου το 70% των κατοίκων, ηλικίας από 60 έως 70 ετών, παρουσίαζαν αλλοιώσεις στους πνεύμονες και μετατόπιση της καρδιάς.



Επιπλέον, άτομα άνω των 50 ετών αντιμετώπιζαν προβλήματα. Έγινε επίσης καταγραφή 10 περιπτώσεων μεσοθηλιωμάτων (είδος καρκίνου) σε διάρκεια 6 χρόνων, αριθμός κατά 300 φορές μεγαλύτερος από το κανονικό. Το συμπέρασμα στο οποίο κατέληξαν οι ερευνητές, ήταν η χρήση του «λούτου», το ασπρόχωμα στα βλάχικα, (βλ. Εικόνα 4-2) που περιείχε αμίαντο και βάφανε τους τοίχους των σπιτιών τους.



Εικ.4-1: Η ζώνη οφιολίθου της Πίνδου (οι περιοχές που είναι σκιαζόμενες με μαύρο χρώμα), Μέτσοβο (1) και άλλες περιοχές ενδημικών αποτιτανώσεων (Πηγή: «Πνεύμων Μετσόβου»)

Παράγοντας	Κίνδυνος εμφάνισης καρκίνου του πνεύμονα (σε σχέση με το γενικό πληθυσμό)
έκθεση στον αμίαντο	× 5
κάπνισμα	× 11
έκθεση στον αμίαντο και κάπνισμα	× 53

Πίνακας 4-3: Κίνδυνος εμφάνισης καρκίνου του πνεύμονα από έκθεση στον αμίαντο, κάπνισμα ή και από τα δύο σε σχέση με το γενικό πληθυσμό (Νικολάου Α., 2009)



Εικ.4-2: Κάτοικος Μετσόβου με δύο μπάλες «λούτο» στα χέρια του (Πηγή: «Πνεύμων Μετσόβου»)

#### 4.4.2. Ραδόνιο

Το ραδόνιο αραιώνεται σε χαμηλές συγκεντρώσεις στον εξωτερικό αέρα και συνιστά μικρότερο κίνδυνο απ' ό τι στον αέρα των εσωτερικών χώρων. Η συσσώρευση του ραδονίου στον αέρα των εσωτερικών χώρων ανέρχεται σε σημαντικά επίπεδα. Η κατασκευή των εκάστοτε κτιρίων και το υποκείμενο έδαφος είναι οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η συγκέντρωση του ραδονίου στους εσωτερικούς χώρους. Το ραδόνιο παράγεται στο έδαφος που προήλθε από την αποσάθρωση - διάβρωση ουρανιούχων πετρωμάτων. Ως εδαφικό αέριο, το ραδόνιο διαχέεται διαμέσου των ρωγμών και των ανοιγμάτων στα διαπερατά εδάφη. Όταν αυτό εισέλθει στην ατμόσφαιρα, αραιώνεται και διασκορπίζεται, για το λόγο αυτόν, η συγκέντρωση του στον ατμοσφαιρικό αέρα είναι αρκετά χαμηλή.

Η σύνθεση του εδάφους κάτω και γύρω από ένα κτίριο επηρεάζει τα επίπεδα του ραδονίου και την ευκολία με την οποία εισέρχεται προς το εσωτερικό του κτιρίου. Κανονικές διαφορές της πίεσης του αέρα μεταξύ του σπιτιού και του εδάφους μπορούν να δημιουργήσουν ρωγμές στο σπίτι, και κατά συνέπεια την πιθανή έλξη του αέριου ραδονίου από το έδαφος προς το εσωτερικό.

Η είσοδος του ραδονίου μέσα στο σπίτι από το έδαφος μπορεί να γίνει μέσω ρωγμών στα δάπεδα και στα στοιχεία από σκυρόδεμα, μέσω των σωλήνων αποχέτευσης των δαπέδων, μέσω αντλιών φρεατίων αποστράγγισης, μέσω των κατασκευαστικών αρμών και μικροσκοπικών ρωγμών ή πόρων στους τοίχους. Γενικά, τα επίπεδα του ραδονίου είναι υψηλότερα στις βάσεις των σπιτιών και στα δωμάτια των ισογείων, τα οποία είναι σε επαφή με το έδαφος.

Το ραδόνιο διασπάται ραδιενεργώς έπειτα από την ένταξη του στο εσωτερικό του σπιτιού. Μερικά από τα θυγατρικά του προϊόντα είναι, επίσης, ραδιενεργά και, καθώς διασπώνται, εκλύουν ακτινοβολία. Κάποια από αυτά προσκολλώνται, επίσης, σε σωματίδια σκόνης και έτσι συγκεντρώνονται στα χαμηλότερα επίπεδα των κτιρίων.

Η εισπνοή μολυσμένου αέρα από ραδόνιο ή από κάποιο από τα θυγατρικά του προϊόντα αποτελεί σημαντικό πρόβλημα. Η διάσπαση του ραδονίου εκλύει σωματίδια άλφα, τα οποία είναι ιδιαίτερα επιβλαβή για τους βιολογικούς ιστούς. Άμεσες δόσεις ακτινοβολίας άλφα στο εσωτερικό των πνευμόνων θεωρείται ότι προκαλούν περισσότερους θανάτους από καρκίνο των πνευμόνων από όσους οποιαδήποτε άλλη αιτία, με εξαίρεση το κάπνισμα. Παράγοντες, όπως ο σχεδιασμός ή κατασκευή και ο εξαερισμός του σπιτιού επηρεάζουν τις διόδους και τις πηγές, οι οποίες μπορούν να έλκουν το ραδόνιο στο εσωτερικό των σπιτιών.

<b>ΧΩΡΙΟ</b>	<b>ΝΟΜΟΣ</b>	<b>ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΡΑΔΟΝΙΟΥ (Bq/m<sup>3</sup>)</b>
Νεράιδα	Θεσπρωτία	511 Bq/m <sup>3</sup>
Μελιβοία	Ξάνθη	460 Bq/m <sup>3</sup>
Κέντρο πόλης	Καβάλα	350 Bq/m <sup>3</sup>
Σέλερο	Ξάνθη	320 Bq/m <sup>3</sup>
Πρασινάδα	Δράμα	280 Bq/m <sup>3</sup>

Μύκονος	Κυκλάδες	280 bq/m <sup>3</sup>
Δεσκάτη	Γρεβενά	279 bq/m <sup>3</sup>
Πεντάλοφο	Κοζάνη	258 bq/m <sup>3</sup>
Νικίσιανη	Καβάλα	237 bq/m <sup>3</sup>
Κέντρο πόλης	Θεσσαλονίκη	220 bq/m <sup>3</sup>
Δοξάτο	Δράμα	211 bq/m <sup>3</sup>
Γενισέα	Ξάνθη	200 bq/m <sup>3</sup>

Πίνακας 4-4: Οι περιοχές με τη μεγαλύτερη συσσώρευση ραδονίου στην Ελλάδα (Τσίππρας, 2005)

#### 4.4.3. Πτητικές οργανικές ενώσεις

Οι πτητικές οργανικές ενώσεις που συνήθως εντοπίζονται στον αέρα των εσωτερικών χώρων είναι τριών κατηγοριών: οι αλογονομένες οργανικές ενώσεις, οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες και οι αλειφατικές ενώσεις. Κύριο χαρακτηριστικό των πτητικών οργανικών ενώσεων είναι η εξάτμισή τους σε θερμοκρασία δωματίου, με αποτέλεσμα να εισπνέονται από τους χρήστες των κτιρίων.

Οι αλογονομένες οργανικές ενώσεις εντοπίζονται κυρίως σε αφαιρετικά χρωμάτων βαφής και σε εντομοκτόνα. Όσον αφορά τις αλειφατικές ενώσεις βρίσκονται σε προϊόντα ξύλου και σε παρασκευάσματα καθαρισμού. Στα προϊόντα ξύλου βρίσκονται με τη μορφή της φορμαλδεΰδης που περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω.

Οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες είναι η κατηγορία που σχετίζεται άμεσα με τα υλικά των κατοικιών. Αποτελούν βασικά συστατικά χρωμάτων βαφής, διαλυτών, συγκολλητικών ουσιών.

Οι κύριες πηγές των πτητικών οργανικών ενώσεων είναι οι εξής:

- Προϊόντα ξύλου
- Βερνίκια
- Χρώματα βαφής και αφαιρετικά
- Προϊόντα καθαρισμού
- Καπνός τσιγάρου

- Μοκέτες
- Ταπετσαρίες
- Γυψοσανίδες – μοριοσανίδες
- Καλλυντικά
- Αποσμητικά και αρωματικά χώρου
- Βιοκτόνα και σκωροκτόνα
- Συσκευές θέρμανσης - μαγειρέματος

Οι πτητικές οργανικές ενώσεις επικρατούν σχεδόν σε όλους τους χώρους. Για το λόγο αυτόν, είναι σημαντικό να αντιμετωπίσουμε τη ρύπανση που προκαλούν περιορίζοντας τις πηγές τους. Η υψηλή θερμοκρασία σε συνδυασμό με την υγρασία και τον κακό αερισμό των χώρων αυξάνουν τη συγκέντρωση των πτητικών οργανικών ενώσεων.

#### **4.4.4. Φορμαλδεΰδη**

Η φορμαλδεΰδη είναι η πιο γνωστή από τις πτητικές οργανικές ενώσεις, η οποία είναι άχρωμη, διαλυτή στο νερό και έχει χαρακτηριστική οσμή σε θερμοκρασία δωματίου. Επίσης, είναι ένα αέριο αρκετά φλεγμονώδες. Η φορμαλδεΰδη εξετάζεται χωριστά από τις υπόλοιπες πτητικές οργανικές ενώσεις καθώς η συμβολή της στη ρύπανση του εσωτερικού αέρα είναι σημαντική. Οι πηγές της φορμαλδεΰδης είναι οι εξής:

- Αφρός ουρίας - φορμαλδεΰδης
- Καπνός τσιγάρου
- Βερνίκια
- Συγκολλητικές ουσίες
- Συνθετικά υφάσματα επίπλων
- Συμπιεσμένα προϊόντα ξύλου (έπιπλα, ξύλινα πατώματα)
- Υδροδιαλυτά χρώματα βαφής
- Συνθετικά χαλιά
- Απολυμαντικά
- Συσκευές καύσης φυσικού αερίου
- Θερμάστρες κηροζίνης
- Οικιακά καθαριστικά προϊόντα
- Καλλυντικά



Στους εσωτερικούς χώρους συνήθως παρατηρούνται υψηλότερες συγκεντρώσεις φορμαλδεΐδης σε σύγκριση με το εξωτερικό περιβάλλον. Τα καινούργια σπίτια παρουσιάζουν αυξημένες συγκεντρώσεις φορμαλδεΐδης, όπου υπάρχουν φρεσκοβαμμένες επιφάνειες, καινούργια μονωτικά υλικά, έπιπλα, υφάσματα επιπλώσεων, χαλιά.

Ο έλεγχος των πηγών αποτελεί το πιο αποτελεσματικό τρόπο μείωσης της έκθεσης φορμαλδεΐδης. Παρόλα αυτά δεν είναι εύκολο διότι ο αριθμός των πηγών είναι μεγάλος και αρκετές φορές η χρήση τους είναι αναπόφευκτη. Επομένως, είναι απαραίτητο να αερίζονται συχνά οι εσωτερικοί χώροι και να γίνονται τακτικοί έλεγχοι από τους ενοίκους.

## **4.5. Το «Σύνδρομο Άρρωστου Κτιρίου»**

### **4.5.1. Ορισμός**

Με τον όρο «Σύνδρομο Άρρωστου Κτιρίου» - “Sick Building Syndrome” (SBS) αναφερόμαστε σε παθολογικές καταστάσεις, τις οποίες βιώνουν οι άνθρωποι που ζουν και εργάζονται σε ένα κτίριο. Πιο συγκεκριμένα, οι άνθρωποι εμφανίζουν οξέα προβλήματα υγείας ή/και ταλαιπωρία, τα οποία εξαρτώνται από το χρόνο έκθεσής τους στο «άρρωστο» κτίριο, ενώ την ίδια στιγμή καμία συγκεκριμένη ασθένεια ή αιτία των αποτελεσμάτων δεν μπορεί να προσδιοριστεί. Πηγές ενόχλησης μπορούν να αποτελούν ένα μεμονωμένο δωμάτιο ή μια ζώνη ή ακόμα και διάσπαρτα σημεία ενός κτιρίου.

Ο όρος «Ασθένεια Σχετική με το Κτίριο» - “Building Related Illness (BRI)” χρησιμοποιείται όταν προσδιορίζονται τα συμπτώματα μιας ασθένειας που μπορεί να διαγνωσθεί και μπορούν να αποδοθούν άμεσα στους αερομεταφερόμενους μολυσματικούς παράγοντες του κτιρίου.

### **4.5.2. Συμπτώματα του συνδρόμου**

Τα πιο συνηθισμένα συμπτώματα του συνδρόμου είναι τα δερματικά συμπτώματα, οι αναπνευστικές ενοχλήσεις, οι οπτικές διαταραχές, η ατονία, η υπνηλία, οι πονοκέφαλοι, που εμφανίζονται σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις. Η μακροχρόνια παραμονή σε τέτοιο περιβάλλον είναι πιθανό να προκαλέσει

ρινίτιδες, ιγμορίτιδες, πνευμονίες, δερματίτιδες, παθήσεις του πεπτικού συστήματος και άλλες ασθένειες όπως νεοπλασίες, παθήσεις του ήπατος, των νεφρών και του κεντρικού νευρικού συστήματος (Καραμήστιου, 2010). Στο πίνακα που ακολουθεί αναφέρονται τα πιο κοινά συμπτώματα του συνδρόμου που εμφανίζονται στους χρήστες:

<b>ΚΟΙΝΑ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΥΝΔΡΟΜΟΥ ΑΡΡΩΣΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ</b>
<b>Δερματικά συμπτώματα</b>
- Αναφυλαξία προσώπου
- Αναφυλαξία χεριών
- Εκζέματα
<b>Συμπτώματα στα μάτια</b>
- Ερεθισμός ματιών
- Πρήξιμο βλεφάρων
<b>Ρινικά συμπτώματα</b>
- Ρινική καταρροή
- Ρινική συμφόρηση
<b>Συμπτώματα φάρυγγα</b>
- Ξηρός λαιμός
- Πόνος στο λαιμό
- Βήχας
<b>Γενικά συμπτώματα</b>
- Πονοκέφαλος
- Κόπωση
- Υπνηλία

**Πίνακας 4-5: Τα συνηθέστερα συμπτώματα του «Συνδρόμου του άρρωστου κτιρίου» (Νικολάου Τρ., 2009)**

Κύρια χαρακτηριστικά του συνδρόμου είναι τα εξής (Τσίπηρας, 2005):

- οι ενοχλήσεις εξαφανίζονται κατά τη διάρκεια του σαββατοκύριακου ή κατά τη διάρκεια των διακοπών
- οι αιτίες των συμπτωμάτων δεν μπορούν να προσδιοριστούν σαφώς
- τα συμπτώματα του συνδρόμου συναντώνται συχνότερα στις γυναίκες

#### **4.5.3. Παράγοντες που συμβάλλουν στην εμφάνιση του συνδρόμου**

Το «σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου» συνδέεται με κτίρια τα οποία παρουσιάζουν προβλήματα «εσωτερικής ρύπανσης», δηλαδή η ποιότητα του

εσωτερικού αέρα είναι κακή. Πολλοί παράγοντες μπορούν να προκαλέσουν ή/και να συμβάλλουν στο σύνδρομο του άρρωστου κτιρίου. Η ποιότητα του εσωτερικού αέρα καθορίζεται από ένα πλήθος παραμέτρων, που κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- Φυσικοί παράγοντες
- Χημικοί παράγοντες
- Βιολογικοί παράγοντες

Στον πίνακα 4-6 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα με βάση την παραπάνω κατηγοριοποίηση.

#### **Φυσικοί παράγοντες**

Θερμοκρασία (20 – 26 °C)

Σχετική υγρασία (20 – 70%)

Αερισμός (περίπου 8 l/s κατά άτομο, απουσία καπνιστών)

Ταχύτητα του αέρα

Τεχνητό φως

Θόρυβος (<70-80 dB) και δονήσεις

Ανόργανη σκόνη

#### **Χημικοί παράγοντες**

Αιωρούμενα σωματίδια (προϊόντα καύσης, ίνες αμιάντου κ.α.)

Βαρέα μέταλλα, τοξικά στοιχεία (Pd, Cd, As, Hg, κ.α.)

Οργανικές πτητικές ενώσεις προερχόμενες από οικοδομικά υλικά, έπιπλα, προϊόντα συντήρησης, υλικά γραφείου

Ιόντα

Ανόργανες αέριες ενώσεις (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, Rn κ.α.)

#### **Βιολογικοί παράγοντες**

Μικροοργανισμοί (ιοί, μύκητες, βακτήρια κ.α.)

Αλλεργιογόνα (γύρη, ακάρεα κ.α.)

Πίνακας 4-6: Παράγοντες ποιότητας εσωτερικού αέρα (Νικολάου Τρ.,2009)

## 5. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟΥ ΦΟΥΡΝΟΥ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΛΙΘΙΩΝ

Η κατασκευή του φούρνου πραγματοποιήθηκε με τη τεχνική *cob* (βλ. Τεχνικές δόμησης με χώμα – 2.2.3. *Στοιβαγμένο χώμα - cob*) στον ορεινό οικισμό του Μεγάλου Περιστερίου. Τα φυσικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι: αργιλόχωμα, άμμος (ποταμίσια), άχυρο και νερό. Για το επίχρισμα χρησιμοποιήθηκαν τρίχες από κατσίκες.

Για τον εντοπισμό του κατάλληλου εδάφους, ρωτήσαμε τους γηραιότερους του χωρίου, καθώς οι ίδιοι χρησιμοποιούσαν το αργιλόχωμα ή τη «γλίνα», όπως χαρακτηριστικά μας είπαν, για χτίσουν τις κατοικίες τους, σε συνδυασμό με άλλα υλικά.

Στη συνέχεια, προκειμένου να εξετάσουμε αν το χώμα μας ήταν το κατάλληλο, πραγματοποιήσαμε επιτόπου ένα συνδυασμό από ελέγχους. Αρχικά, οι ενδείξεις όπως το γκρι χρώμα του εδάφους, η ικανότητα να κολλάει το χώμα στο χέρι όταν το βρέχουμε, ο σχηματισμός μιας μικρής μπάλας χωρίς να ρηγματώσει όταν την πιέσουμε, μας παρέπεμψαν να συνεχίσουμε στο επόμενο στάδιο, στο τεστ του βάζου (βλ. δοκιμή καθίζησης 2.6.1.). Το τεστ μας έδειξε ότι η περιεκτικότητα του χώματος σε άργιλο είναι περίπου 30%.

Ακολούθησε η ανάμειξη των υλικών και αυτή πραγματοποιήθηκε με τον πιο οικολογικό και αποδοτικό τρόπο.<sup>27</sup> Τα υλικά ανακατεύθηκαν πατώντας τα με τα πόδια πάνω σε έναν πλαστικό μουσαμά. Πρόκειται για μια μέθοδο που αναπτύχθηκε το 1994, σχετικά πρόσφατα δηλαδή, και δίνει τη δυνατότητα σε κάποιον να ετοιμάσει το μείγμα είτε μόνος του είτε με παρέα.<sup>28</sup>

Η αναλογία που χρησιμοποιήσαμε για την ανάμειξη των υλικών, ήταν 1:2 κατά προσέγγιση, ένα μέρος αργιλοχώματος προς 2 μέρη άμμου. Οι ποσότητες νερού και άχυρου έγιναν εμπειρικά, ανάλογα με τη συμπεριφορά του μείγματος (βλ. πίνακας 5-1). Επιπλέον, μια καλή ένδειξη ότι το μείγμα έχει καλή σύσταση είναι

---

<sup>27</sup> Σημείωση: Το αργιλόχωμα κοσκινίζεται και στη συνέχεια μουλιάζει σε νερό, πριν την ανάμειξη.

<sup>28</sup> Σημειώσεις του εργαστηρίου της ομάδας *cob.gr*

όταν διπλώνουμε το μουσαμά να προκύπτει ένα μεγάλο «λουκάνικο», το οποίο να μην καταρρέει από το βάρος του (βλ. εικόνα 5-2).<sup>29</sup>



**Εικ.5-1: Ανάμειξη υλικών με τα πόδια (Πηγή: προσωπικό αρχείο)**



**Εικ.5-2: Επιθυμητός σχηματισμός του μείγματος που είναι έτοιμο για χρήση (Πηγή: προσωπικό αρχείο)**

---

<sup>29</sup> Σημειώσεις του εργαστηρίου της ομάδας cob.gr

<b>Πρόβλημα</b>	<b>Επίλυση</b>
Αν το μείγμα κολλάει στα πόδια ή στο μουσαμά	Προσθέτουμε περισσότερη άμμο
Αν το μείγμα θρυμματίζεται, δεν έχει συνεκτικότητα	Προσθέτουμε άργιλο και/ή νερό (μπορεί όμως να σημαίνει ότι υπάρχει πολύ άχυρο στο μείγμα)
Οι υγροί σβώλοι διαχωρίζονται σχετικά εύκολα	Προσθέτουμε περισσότερο άχυρο ή μακρύτερο άχυρο (μπορεί όμως να σημαίνει ότι το μείγμα είναι πολύ υγρό)
Τα δοκιμαστικά τούβλα ρηγματώνουν κατά την ξήρανση	Προσθέτουμε περισσότερη άμμο
Τα δοκιμαστικά τούβλα αφού έχουν στεγνώσει, είναι μαλακά και εύθρυπτα	Προσθέτουμε περισσότερο άργιλο
Τα δοκιμαστικά τούβλα αφού έχουν στεγνώσει, σπάνε εύκολα στα δύο	Προσθέτουμε περισσότερο άχυρο, ή μακρύτερο άχυρο

**Πίνακας 5-1: Μείγμα cob – οδηγός για την αντιμετώπιση προβλημάτων (Πηγή: The Hand Sculpted House page. 178)**

Ο φούρνος αποτελείται από 3 στρώματα:

**Cob1:** αργιλόχωμα και άμμος. Χρησιμοποιήθηκε για την εσωτερική στρώση του φούρνου, πάχους 10 cm. Επιπλέον, από το ίδιο μείγμα, έγινε και η τοποθέτηση των πυρότουβλων στη βάση μας, με τη μόνη διαφορά ότι το μείγμα ήταν πιο υδαρές.

**Cob2:** αργιλόχωμα, άμμος και άχυρο. Χρησιμοποιήθηκε για τη δεύτερη στρώση του φούρνου, πάχους 10 cm.

**Cob3:** αργιλόχωμα, άμμος (λεπτόκοκκη) και τρίχες από κασίκες. Η τελική στρώση, το επίχρισμα με πάχος περίπου 2 cm.





Εικ.5-3, 5-4, 5-5: Τοποθέτηση πυρότουβλων και μέτρηση διαστάσεων του φούρνου (Πηγή: προσωπικό αρχείο)

Και από τα 3 μείγματα δημιουργήσαμε δοκιμαστικά χειροποίητα πλιθιά, διαστάσεων 15 cm x 15 cm, με τη βοήθεια μεταλλικών καλουπιών (μήτρες). Αφού αφαιρέθηκαν τα καλούπια, τα πλιθιά στέγνωσαν στον ατμοσφαιρικό αέρα.

Στη συνέχεια, υπολογίσαμε τις διαστάσεις, με το μεγαλύτερο ταψί της κουζίνας και δημιουργήσαμε το καλούπι του φούρνου, από βρεγμένη άμμο. Έπειτα, καλύψαμε το καλούπι με βρεγμένες εφημερίδες, έτσι ώστε να υποδεχθεί την πρώτη στρώση από το μείγμα *cob1*. Ακολούθησε η δεύτερη στρώση και τέλος, το επίχρισμα.



Εικ.5-6, 5-7: Χειροποίητα πλιθιά, 15cm x 15cm (Πηγή: προσωπικό αρχείο)



**Εικ.5-8, 5-9: Δημιουργία καλουπιού και επικάλυψη με εφημερίδες (Πηγή: προσωπικό αρχείο)**

Χρειάστηκαν περίπου 3 βδομάδες για να στεγνώσει καλά ο φούρνος. Το τελικό στάδιο ήταν η αφαίρεση της άμμου και το πρώτο κάψιμο του φούρνου, που διήρκησε για 48 ώρες.





Εικ.5-10: Χρήση γιδόμαλλου για το επίχρισμα Εικ.5-11: Κατασκευή φούρνου Εικ.5-12: Ολοκληρωμένη όψη Εικ.5-13: Το πρώτο κάψιμο (Πηγή: προσωπικό αρχείο)

Οι διαστάσεις του φούρνου είναι:

Διάμετρος	Ύψος	Πάχος	Πλάτος εισόδου
130 cm	60 cm	22 cm	55 cm

Πίνακας 5-2: Διαστάσεις ξυλόφουρνου

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η Φυσική Δόμηση είναι σχετικά ένας νέος όρος, ο οποίος έγινε γνωστός στη χώρα μας τα τελευταία χρόνια, μέσα από διάφορες ομάδες, οργανώσεις, συλλογικότητες και ατομικές πρωτοβουλίες. Η ολοένα και αυξανόμενη συμμετοχή των νέων ανθρώπων και όχι μόνο, σε δράσεις, εκδηλώσεις και σεμινάρια για τη Φυσική Δόμηση, υποδηλώνει την ανάγκη για αναζήτηση εναλλακτικών λύσεων, όσον αφορά την ποιότητα ζωής.

Το χώμα ως υλικό δόμησης χρησιμοποιείται εδώ και χιλιάδες χρόνια. Σε όλες τις περιοχές του κόσμου, οι πρόγονοί μας αξιοποίησαν τα υλικά που προσφέρει η γη και δημιούργησαν εντυπωσιακές κατασκευές, αφήνοντάς μας μέχρι και σήμερα μια κληρονομιά που οφείλουμε να γνωρίσουμε, να προστατεύσουμε και να παραδειγματιστούμε από αυτή.

Οι σύγχρονες εκφάνσεις των χωμάτων κατασκευών παγκοσμίως αποδεικνύουν τις δυνατότητες του υλικού στην κοινωνία του σήμερα. Νοσοκομεία, Πρεσβείες, εργοστάσια, αεροδρόμια, μουσεία, σχολεία, ξενοδοχεία, που έχουν κατασκευαστεί από χώμα, πληρούν τις προδιαγραφές που απαιτεί ο κατασκευαστικός τομέας, αλλά και το σύγχρονο περιβάλλον. Οι κατασκευαστικές μέθοδοι παρουσιάζουν μεγάλη εξέλιξη, όσον αφορά την ενίσχυση και τη σταθερότητα, και με τη βοήθεια της τεχνολογίας, ένα χωμάτινο κτίριο μπορεί να αποτελέσει μια μακρόχρονη εναλλακτική λύση με πολλαπλά οφέλη.

Από την άλλη μεριά, τα συμβατικά κτίρια στα οποία κατοικούμε ή εργαζόμαστε σήμερα είναι περισσότερο μολυσμένα από ποτέ. Η συσχέτιση των δομικών υλικών με τη ρύπανση του εσωτερικού αέρα και κατ' επέκταση η εμφάνιση του «*συνδρόμου του άρρωστου κτιρίου*» κρούουν τον κώδωνα του κινδύνου για την αναζήτηση διεξόδων, προκειμένου να προστατεύσουμε την υγεία μας. Το μοναδικό υλικό που προσφέρει απλόχερα η φύση, με πολυδιάστατα πλεονεκτήματα, τόσο για το περιβάλλον όσο και για τον άνθρωπο, φαίνεται να είναι η ωμή γη.

Η αποκτηθείσα γνώση και εμπειρία από τη συμμετοχή μου στο βιωματικό εργαστήριο Φυσικής Δόμησης του Δήμου Αγιάς, καθώς και από την κατασκευή

του παραδοσιακού ξυλόφουρνου, με οδηγούν στο συμπέρασμα πως δεν είναι δύσκολο να γνωρίσει και να αξιοποιήσει κάποιος το συγκεκριμένο υλικό. Για λόγους εξοικείωσης, μπορεί κανείς να ξεκινήσει με τη δημιουργία πιο απλών κατασκευών και στη συνέχεια, να μεταβεί σταδιακά στην υλοποίηση και πιο πολύπλοκων κατασκευών. Με τη βοήθεια της βιβλιογραφίας και με τις επιλογές που υπάρχουν πλέον στην Ελλάδα, όσον αφορά την εκμάθηση των τεχνικών, εύκολα μπορεί να γίνει το πρώτο βήμα για μια βιώσιμη κατοικία που θα σέβεται το περιβάλλον αλλά και εμάς τους ίδιους.

# 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αργυράκη Μ. (2008). *Βιοκλιματικός σχεδιασμός, ηλιακά παθητικά συστήματα και άλλες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα*. Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Βάκα Θ. (2005). *Υλικά – Κατοικία και Περιβάλλον*. Πτυχιακή μελέτη, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα.

Δημούδη Α. (2006). *Οικολογικά Δομικά Υλικά*. Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Περιβαλλοντικού και Ανθρωπογνωστικού Σχεδιασμού, Ξάνθη.

Καραμήτσιου Β. (2010). *Σχεδιασμός Συγκροτήματος Κατοικιών με βάση τη Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική και Αποτίμηση της Ενεργειακής Συμπεριφοράς τους*. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Καραπαναγιώτη Α. (2012). *Μελέτη ποιοτικών χαρακτηριστικών εδαφών Δυτικής Κρήτης για χρήση τους ως δομικά υλικά βιοκλιματικών κατασκευών*. Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

Καταβούτας Κ. (2013). *Παρουσίαση της κατασκευής νέας ισόγειας κατοικίας στα Τρίκαλα-Κανονισμοί για τη δόμηση με πηλό*. Θεσσαλονίκη.

Κορωναίος Αιμ.Γ. , Σαργέντης Φ. Γ. (2005). *Δομικά Υλικά και Οικολογία*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Αρχιτεκτόνων, Εργαστήριο Τεχνικών Υλικών, Αθήνα.

Κωνσταντόπουλος Στ. Η. (2014). *Πνεύμων Μετσόβου: Μια ιατρική ιστορία μυστηρίου με happy end*. *Πνεύμων*. Τόμος 27. Συμπληρωματικό τεύχος 1, Αθήνα.

Μπέη Γ. Ε. (2004). *Τοιχοποιία από πηλό: Πειραματική διερεύνηση μηχανικών και φυσικών χαρακτηριστικών δομικών μονάδων και τοίχων από Συμπιεσμένες Ωμόπλινθους*. Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.



Μπέη Γ.Ε. (2010). Σχεδιασμός κατασκευής από ωμοπλινθοδομή και αντισεισμική συμπεριφορά της. *Τεχνικά Χρονικά*, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Τεύχος 6, Νοέμβριος – Δεκέμβριος 2010.

Νικολάου Α. (2009). *Η επικινδυνότητα του αμιάντου: Ιστορικό – Νομοθεσία – Διερεύνηση σε εργασιακό περιβάλλον*. Διπλωματική εργασία ειδίκευσης, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.

Νικολάου Τρ. (2009). *Το πρόβλημα της ποιότητας αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων*. Πολυτεχνείο Κρήτης, Κρήτη.

Σαργέντης Γ.Φ. & Συμεωνίδης Ν.(2012). *Αρχιτεκτονική με τη γη. Κρίση περιβαλλοντική εκτίμηση και αποτίμηση της τεχνικής με γαιόσακους*.

Σπυροπούλου Π., Τσακαλάκη Ε. (2013). *Διερεύνηση πρακτικών δόμησης στις χωμάτινες κατασκευές*. Διπλωματική Εργασία , Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Τζιβελοπούλου Κ. (2014). *Από τη γη για τη γη*. Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα.

Τσίπηρας Κ. & Θέμης Στεφ. (2005). *Οικολογική Αρχιτεκτονική. Βιοκλιματική αρχιτεκτονική, οικολογική δόμηση, γεωβιολογία, εσωτέρα αρχιτεκτονική*. Αθήνα: Εκδόσεις Κέδρος.

Τσίπηρας Κ. Στεφ. (1996). *Το οικολογικό σπίτι. Η φιλοσοφία, η μελέτη και η κατασκευή ενός οικολογικού σπιτιού*. Αθήνα: Εκδοτικός Οργανισμός Λιβάνη.

## **ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Becky Bee (1997). *The Cob Builders Handbook*. U.S.A: Groundworks.

Marcial Blondet & Gladys Villa Garcia M. *Adobe construction*. Catholic University of Peru, Peru.

Hubert Guillaud, Thierry Joffroy , Pascal Odul. *Compressed earth block manual of design and construction*. CRATerre-EAG

Gernot Minke (2006). *Building with earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture*. Switzerland: Birkhäuser - Publishers for Architecture.

Ianto Evans, Michael G. Smith & Linda Smiley (2002). *The Hand-Sculpted House. A practical and Philosophical Guide to Building a Cob Cottage*. United States: Chelsea Green Publishing Company.

T.A.H Miller. *Adobe or sun – dried brick for farm buildings*. U.S. Department of Agriculture

Scot Runyan (2011). *Cordwood construction: Progressive Home Building Techniques for the Construction Expert*.

Andy Sutton & Daniel Black, Pete Walker (2011). *Straw bale. An introduction to low-impact building materials*. BRE, University of Bath.

Adam Weismann & Katy Bryce (2006). *Building with cob, a step-by-step guide*. UK: Green Books .

William D. Callister, JR. (2000). *Επιστήμη και Τεχνολογία Των Υλικών* (μεταφρ. Α.Γ. Βανακάρας, Ε.Π. Δρακοπούλου, Σ.Α. Μπασκούτας, Β.Σ. Ταγκούλης, Κ.Α. Πλιάγκος, Γ.Χ.Ψαρράς) ( 5<sup>η</sup> Έκδοση). Αθήνα: Εκδόσεις Τζιόλα.

## **ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ**

Βιοκλιματική δόμηση (2007). Available: [www.cob.gr](http://www.cob.gr)

Auroville Earth Institute. Unesco Chair Earthen Architecture. Available: [www.earth-auroville.com](http://www.earth-auroville.com)

The natural building and natural living world (2015). Available: [www.naturalhomes.org](http://www.naturalhomes.org)

Ανέλιξη. Έρευνα, προώθηση και διάδοση εφαρμογών Α.Π.Ε και οικολογικής αρχιτεκτονικής (2013). Available: <http://anelixi.org/>

Cal-Earth. California Institute of Earth Art and Architecture (1999-2015) Available: <http://calearth.org/>

Earth Architecture. A database for the discussion and dissemination of examples, resources, and events pertaining to earth architecture in the context of contemporary architecture culture. Available: <http://eartharchitecture.org/>

Φυσική δόμηση Κρήτης. Available: <http://fysiki-domisi.blogspot.gr>

Μηχανικοί της γης. Available: [www.engoe.gr](http://www.engoe.gr)

Natural Material, Wikipedia, the free encyclopedia. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Natural\\_material](http://en.wikipedia.org/wiki/Natural_material)

Ηπειρώτες Μάστοροι. Available: [http://www.ntua.gr/MIRC/db/epirus\\_db/ARXITEKTONIKH/Mastores.htm](http://www.ntua.gr/MIRC/db/epirus_db/ARXITEKTONIKH/Mastores.htm)

Φυσική Δόμηση, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Available: <http://www.arch.uth.gr/el/studies/course/679/6>

Ε.Μ.Π Εργαστήριο Τεχνικών Υλικών Κόμβος Vitruvius. Available: <http://www.ntua.gr/vitruvius/>

Πηλοίκο. Χτίζουμε με φυσικά υλικά (2008). Available: [www.piliko.gr](http://www.piliko.gr)

Αρχιτεκτονική χωρίς σύνορα. Available: [www.axs.gr](http://www.axs.gr)

The Archanes Project. Available: [www.thearchanesproject.com/](http://www.thearchanesproject.com/)

Σαλίγκαρος. Κατασκευάζοντας ένα πιο φυσικό κέλυφος. Ένα αυτοοργανωμένο εγχείρημα για την απεξάρτηση από το μπετό. Available: [www.saligari.espivblogs.net](http://www.saligari.espivblogs.net)

Το Ελπιδοχώρι (2014). Available: [www.elpidohori.gr](http://www.elpidohori.gr)

Σταγόνες (2012). Available: <http://www.stagones.org>

How to make a cob oven or clay oven Part one (2012). Available: <https://www.youtube.com/watch?v=ZNyHYvVFuTU>

How to make a cob oven or clay oven Part two (2012). Available: <https://www.youtube.com/watch?v=prz7275UzRs>

How to make a cob oven or clay oven Part three (2012). Available:

<https://www.youtube.com/watch?v=2YdW8JFhjLk>

Build Naturally Blog (2010). Available:

<http://www.buildnaturally.blogspot.gr/2013/06/build-clay-cob-oven-in-your-yard.html>

Building Cultures and Sustainable Development. Available:

<http://www.craterre.org/>

Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας <http://www.tee.gr>

Rai Studio: Adobe Structure. Available:

<http://www.domusweb.it/en/news/2013/01/15/rai-studio-adobe-structure.html>

## **ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ**

Σημειώσεις εργαστηρίου της ομάδας cob.gr

Συλλογικότητα Σαλιγκάρι. Κατασκευή παραδοσιακού ξυλόφουρνου με αργιλόχωμα και άλλα φυσικά υλικά.

Μηχανικοί της Γης. Χτίζοντας από πλίνθους