



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Α' ΤΟΜΕΑΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΚΑΙ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΔΟΜΗΣΗΣ ΣΤΗΝ  
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ  
ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ**



**Σπουδάστριες :**

Μυγιάκη Εμμανουέλα Α.Μ. :37569

**Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:**

Νικήτα Μαρία Α.Μ.:37584

Κα Μυρτώ Κολίρη

ΠΕΙΡΑΙΑΣ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2013

«...Χρειάζεται να κάνεις μια μεταστροφή στο τρόπο σκέψης για να αρχίσουν να σου αρέσουν τα απορρίμματα ως Υλικά...».

-Taeke de Jong

(Ed van Hinte, 2007,σελ.78)

«Να θυμάσαι ως συνέχεια του *less is more* του Mies van der Rohe του *less is bore* του R. Venturi του *small is beautiful* του E.F. Schumacher, ότι το λιγότερο είναι ωραιότερο. Το λιγότερο εδώ δε σημαίνει το πολύ λίγο, αλλά μια υπεύθυνη κρίση για το τι είναι απαραίτητο. Και το ωραιότερο δεν σημαίνει μόνο μια οικονομία μέσων, ενέργειας, δαπάνης ή αισθητικής αλλά σημαίνει ότι ενυπάρχει απέραντη εσωτερική ομορφιά στο να σκέπτεσαι και να δημιουργείς καταυτόν τον τρόπο».

(Τομπάζης ,2007,σελ.91)

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την επιβλέπουσα Καθηγήτρια μας κ. *Μυρτώ Κολίρη* ,για την υπομονή και την κατανόηση που έδειξε σε όλη την πορεία εντοπισμού και ωρίμανσης του θέματος από πλευράς μας. Ακόμη, για την ενθάρρυνση της να συνεχίσουμε την επίπονη έρευνα μας ,για ένα θέμα πρωτοποριακό για τα ελληνικά δεδομένα καθώς και για την συνεχή καθοδήγηση της.

Στη συνέχεια οφείλουμε τις θερμές μας ευχαριστίες στην *Δρ. Σταματίνα Μαλικούτη* για τις ουσιώδεις συμβουλές και την αμέριστη υποστήριξη της καθ' όλη τη διάρκεια της παρούσας Πτυχιακής.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα θέλαμε να απευθύνουμε στον Αρχιτέκτονα *Αλέξανδρο Λασπιά* και τη γυναίκα του για τις πολύτιμες πληροφορίες ,τις βάσεις και το υλικό για να ξεκινήσει αυτό το ταξίδι στη γνώση της Εναλλακτικής Δόμησης.

Επιπλέον, ευχαριστίες αρμόζουν στον κ. *Κων. Μόσχο* ο οποίος μας κατεύθυνε στο να επικοινωνήσουμε με τον κ. *Κων. Μπίρταχα* και την οικογένεια του ,ιδιοκτήτες ενός από τα πρώτα Αχυρόσπιτα στην Ελλάδα. Τους ευχαριστούμε για την φιλοξενία ,την πολύτιμη βοήθεια τους και για το υλικό το οποίο μας παρέιχαν.

Βέβαια ,ευχαριστούμε για την πολύτιμη βοήθεια τους σχετικά με το υλικό αλλά και τη διευθέτηση της Πτυχιακής μας τους ακόλουθους κυρίους : *Μουσουράκη Απόστολο* , *Κοντομάνο Κων.* , *Σακελλάρη Γ.* , *Ριτσάκη Γ.* ιδρυτές οργανώσεων φυσικής δόμησης στην Ελλάδα.

Στο σημείο αυτό αισθανόμαστε την ανάγκη να εκφράσουμε τις ειλικρινείς ευχαριστίες μας στους ακόλουθους: *Χριστίνα Χαραμουντάνη*-Πολιτικό μηχανικό, *Γεωργία Μπουλούκου* και *Αφροδίτη Κοντού* φίλες και συμφοιτήτριες μας, *Γιάννη Νικήτα* και *Δημήτρη Μυγιάκη* αδερφοί , *Αλεξοπούλου Κατερίνα*-μητέρα *Νικήτα Μαρίας*, *Βάσια Σκληβανίτη Κωνσταντοπούλου Μαρία* , *Κωνσταντίνα Σπαντιδάκη* και *Μπουχλή Χαράλαμπο* πολύ καλούς φίλους και όλους τους ανθρώπους και φίλους που με τον ένα ή τον άλλο τρόπο στήριξαν ην προσπάθεια μας αυτή.

Εν κατακλείδι , θα θέλαμε να απευθύνουμε τις θερμές μας ευχαριστίες στις οικογένειες μας ,που στήριξαν τις σπουδές μας με διάφορους τρόπους φροντίζοντας για την καλύτερη δυνατή μόρφωση μας.

*Αυτή η εργασία αφιερώνεται στην Μνήμη του παππού της Μαρίας Νικήτα , τον Δημήτρη Νικήτα τελευταίο αυτοδίδακτο παραδοσιακό Χτίστη των Λαγκαδίων και από τους πιο έμπειρους πελεκάνους της πέτρας, ο οποίος μας κατέθεσε την προσωπική του εμπειρία στην τέχνη του χτισίματος με απλά υλικά και χειροποίητα εργαλεία .*

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....</b>	<b>3</b>
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....</b>	<b>4</b>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....</b>	<b>18</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>20</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΜΗΣΗΣ -ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ</b>	
<b>Εισαγωγή.....</b>	<b>23</b>
<b>Ορισμοί.....</b>	<b>24</b>
<b>1.1 Μέθοδος κατασκευής με Αχυρόμπαλες (μοναδιαίο δομικό στοιχείο)...</b>	<b>26</b>
1.1.1 Ορισμός –Ιστορική Αναφορά.....	26
1.1.2 Δομή και σύσταση Υλικού.....	27
1.1.3 Σχεδιασμός Αχυρόσπιτου .....	29
1.1.4 Κατασκευή αχυρόμπαλων -ευκολία κατασκευής.....	30
1.1.4.1 Τρόποι δόμησης με μπάλες από άχυρο.....	33
1.1.5 Θεμελίωση .....	36
1.1.6 Τοιχοποιία .....	38
1.1.7 Στέγαση.....	40

1.1.8 Επιχρίσματα.....	41
1.1.9 Μηχανικές ιδιότητες – Ασφάλεια Πυροπροστασία.....	42
1.1.10 Ανθρακικό Αποτύπωμα-Περιβάλλον.....	50
1.1.11 Βιοκλιματική Συμπεριφορά- Συντελεστής Θερμοπερατότητας (U-value).....	51
1.1.12 Εξοικονόμηση ενέργειας- Κόστος Κατασκευής .....	52
1.1.13 Θερμική άνεση .....	55
1.1.14 Χρόνος υλοποίησης- Επίπεδο Συντήρησης.....	56
1.1.15 Πλεονεκτήματα –Μειονεκτήματα της μεθόδου.....	59
<b>1.2. Πηλός .....</b>	<b>62</b>
1.2.1. Ορισμός –Ιστορική αναδρομή.....	62
1.2.2 Δομή και Σύσταση Υλικού.....	66
1.2.3 Τρόπος Παρασκευής.....	68
1.2.3.1 Ψάχνοντας το κατάλληλο χώμα.....	69
1.2.3.2 Τεστ Σύστασης χώματος.....	69
1.2.4 Το μίγμα.....	72
1.2.4.1 Τεστ Μίγματος.....	73
1.2.5 Τεχνικές Δόμησης με πηλό .....	76
Α. Κατασκευή πλιθιού.....	76
Β. Κατασκευή καλουπωτού πηλού.....	79
Γ. Κατασκευή Τσατμά- Μπαγδατί.....	81

Δ. Μορφοποιημένος πηλός.....	85
Ε. Μέθοδος cob (κομπ).....	86
ΣΤ. Σωλήνες με ελαστικό επίδεσμο.....	89
1.2.6 Πηλός ως επίχρισμα.....	89
Α. Εσωτερικά.....	90
Β. Εξωτερικά.....	91
1.2.7 Κατασκευή πηλού –Ευκολία Κατασκευής.....	93
1.2.8 Θεμελίωση .....	96
1.2.9  Ανοίγματα (Πόρτες –Παράθυρα).....	101
1.2.10 Στέγαση .....	103
1.2.11 Αδιαβροχοποίηση.....	106
1.2.12 Δάπεδα.....	106
1.2.13 Μηχανικές Ιδιότητες –Ασφάλεια /Πυροπροστασία .....	108
1.2.14 Ανθρακικό Αποτύπωμα-Περιβάλλον.....	111
1.2.15 Βιοκλιματική Συμπεριφορά- Συντελεστής Θερμοπερατότητας(U-value).....	112
1.2.16 Εξοικονόμηση ενέργειας- Κόστος Κατασκευής .....	114
1.2.17 Θερμική άνεση .....	117
1.2.18 Χρόνος υλοποίησης- Επίπεδο Συντήρησης.....	118
1.2.19 Παθολογίες- προστασία.....	119
1.2.20 Πλεονεκτήματα –Μειονεκτήματα πηλού .....	123

<b>ΤΟ ΧΩΜΑ ΓΕΝΙΚΟΤΕΡΑ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ.....</b>	<b>125</b>
<b>1.3 ΓΑΙΟΣΑΚΟΙ (EARTH BAGS).....</b>	<b>126</b>
<b>Εισαγωγή.....</b>	<b>126</b>
1.3.1 Ορισμός- Ιστορική αναδρομή.....	127
1.3.2 Δομή-Σύσταση Υλικού.....	129
1.3.2.1 Επιλογή του κατάλληλου χώματος.....	130
1.3.3 Κατασκευή Σακίων με χώμα-ευκολία κατασκευής.....	131
1.3.3.1 Ιδιότητες που προκύπτουν από τη μορφολογία κατασκευής.....	132
1.3.3.2 Τρόποι δοκιμής εδάφους.....	134
1.3.3.3 Τεχνική Super Adobe –χρήση συρματοπλέγματος.....	136
1.3.4 Θεμελίωση.....	137
1.3.5 Τοιχοποιία –Ανοίγματα(πόρτες –παράθυρα).....	139
1.3.6 Στέγαση.....	142
1.3.7 Δάπεδα.....	144
1.3.8 Επιχρίσματα για κτίσματα με γαιόσακους .....	145
1.3.9 Μηχανικές Ιδιότητες –Ασφάλεια/ Πυροπροστασία .....	146
1.3.10 Ανθρακικό Αποτύπωμα.....	148
1.3.11 Βιοκλιματική Συμπεριφορά- Συντελεστής Θερμοπερατότητας (U- value).....	149
1.3.12 Εξοικονόμηση Ενέργειας – Κόστος Κατασκευής.....	151
1.3.13 Θερμική Άνεση.....	154

1.3.14	Χρόνος Υλοποίησης – Επίπεδο Συντήρησης.....	154
1.3.15	Σύγκριση Γαιόσακων με άλλες χωμάτινες μεθόδους κατασκευής.....	156
1.3.16	Πλεονεκτήματα –Μειονεκτήματα Γαιοσάκων.....	158
<b>1.4</b>	<b>Συμπιεσμένη Γή (Rammed earth).....</b>	<b>160</b>
	<b>Εισαγωγή.....</b>	<b>160</b>
1.4.1.	Ορισμός –Ιστορική Αναδρομή.....	161
1.4.2.	Δομή και σύσταση υλικού.....	163
1.4.2.1	Επιλογή κατάλληλου μίγματος για τοίχους rammed earth.....	164
1.4.3.	Κατασκευή συμπιεσμένης Γής (rammed earth wall).....	165
1.4.3.1	Ευλότυποι- σύγχρονα συστήματα ξυλοτύπων.....	166
1.4.3.2	Σχηματισμός γωνιών.....	167
1.4.4	Θεμελίωση.....	167
1.4.5	Τοιχοποιία - Ανοίγματα .....	169
1.4.6	Στέγαση .....	170
1.4.7	Δάπεδα-πατώματα .....	171
1.4.8	Επιχρίσματα .....	172
1.4.8.1	Θερμομόνωση.....	173
1.4.9	Μηχανικές Ιδιότητες- Ασφάλεια/ Πυροπροστασία .....	173
1.4.10	Ανθρακικό Αποτύπωμα.....	174
1.4.11	Βιοκλιματική Συμπεριφορά- Συντελεστής Θερμοπερατότητας(U-value).....	175
1.4.12	Εξοικονόμηση Ενέργειας – Κόστος Κατασκευής.....	176



1.4.13	Θερμική Άνεση.....	176
1.4.14	Χρόνος Υλοποίησης –Επίπεδο Συντήρησης.....	177
1.4.15	Πλεονεκτήματα –Μειονεκτήματα τοίχων Συμπιεσμένης Γης( rammed earth wall)...	177
<b>1.5</b>	<b>Εναλλακτικοί Τρόποι Δόμησης με Ανακυκλώσιμα &amp; Φυσικά Υλικά.....</b>	<b>179</b>
1.5.1.	Εισαγωγή.....	179
1.5.2	Χαρτί- Χαρτοσωλήνες.....	180
1.5.2.1	Θερμομόνωση από παλιές εφημερίδες.....	184
1.5.2.2	Cardboard(χαρτόνι).....	185
1.5.2.3	Παραδείγματα κτηρίων από χαρτοσωλήνες.....	185
1.5.3	Papercrete (τσιμέντο- χαρτί).....	187
1.5.3.1	Παραδείγματα από κτήρια papercrete.....	190
1.5.4	Μπαμπού.....	191
1.5.5	Δομική κάνναβη (cannabrig).....	195
1.5.6	Επανάχρηση Διάφορων Δομικών Υλικών για τη δημιουργία κτηρίων.....	198
1.	Τούβλο.....	198
2.	Σκυρόδεμα.....	199
3.	Γυαλί.....	200
4.	Άσφαλτος.....	201
5.	Χάλυβας.....	201
6.	Χαλκός.....	202
7.	Ξύλο.....	202

8. Μονωτικά υλικά.....	203
9. Πλαστικά.....	203
1.5.7 Άλλα Ανακυκλώσιμα Υλικά.....	204
1. Earth ship.....	204
2. Ελαστικά –Παρμπρίζ .....	205
3. Χρήση ιστιοπλοϊκών πανιών.....	206
4. Παλιές μοκέτες.....	207
<b>1.6 Ενεργειακό Όφελος –Συμπεράσματα Εναλλακτικών Μεθόδων Δόμησης...</b>	<b>208</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΙΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΔΟΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΙΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ.....</b>	<b>213</b>
<b>2.1. Εισαγωγή στις συμβατικές μεθόδους δόμησης.....</b>	<b>213</b>
<b>2.2. Ορισμοί.....</b>	<b>214</b>
<b>2.3 Κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα και οπτοπλινθοδομή.....</b>	<b>215</b>
2.3.1 Στοιχεία φέροντος οργανισμού.....	215
2.3.1.1 Φέρουσα κατασκευή .....	219
Α. ΔΟΚΑΡΙΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ.....	219
Β. ΠΛΑΚΕΣ.....	219
2.3.1.2 Μηχανικές ιδιότητες.....	221
2.3.2 Θεμελίωση.....	226
2.3.3 Τοιχοποιία με θερμομόνωση στον πυρήνα των τοίχων πληρώσεως (Τύπος Α).....	228

2.3.3.1 Περιγραφή δομικών στοιχείων.....	231
2.3.3.2 Επιχρίσματα.....	235
2.3.3.3 Ενεργειακή συμπεριφορά κατασκευής.....	236
Α.ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ – U VALUE.....	236
Β.ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ.....	237
2.3.3.4 Εξοικονόμηση ενέργειας – κόστος κατασκευής.....	238
2.3.3.5 Θερμική άνεση και κλίμα.....	239
2.3.3.6 Επίπεδο συντήρησης-Χρόνος υλοποίησης.....	239
2.3.3.7 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα μεθόδου.....	240
2.3.4 Τοιχοποιία με θερμομόνωση εξωτερικά του τοίχου πληρώσεως (Τύπος Β).....	241
2.3.4.1 Περιγραφή δομικών στοιχείων.....	243
2.3.4.2 Επιχρίσματα.....	244
2.3.4.3 Ενεργειακή Συμπεριφορά Κατασκευής.....	245
Α.ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ – U VALUE.....	245
Β.ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ.....	245
2.3.4.4 Εξοικονόμηση ενέργειας –Κόστος Κατασκευής.....	245
2.3.4.5 Θερμική άνεση και κλίμα.....	246
2.3.4.6 Επίπεδο συντήρησης-Χρόνος υλοποίησης.....	246
2.3.4.7 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα μεθόδου.....	246
2.3.5 Στέγη.....	247
2.3.6 Πυροπροστασία.....	248
<b>2.4 Μεταλλικές κατασκευές.....</b>	<b>248</b>
2.4.1 Στοιχεία φέροντος οργανισμού.....	248
2.4.1.1 Φέρουσα κατασκευή.....	250
Α. ΔΟΚΑΡΙΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ.....	250
Β. ΠΛΑΚΕΣ.....	252

2.4.1.2 Μηχανικές ιδιότητες.....	253
2.4.2 Θεμελίωση.....	253
2.4.3 Τοιχοποιία με το σύστημα της ξηράς δόμησης (ΤΥΠΟΣ Α).....	254
2.4.3.1 Περιγραφή δομικών στοιχείων.....	256
2.4.3.2 Επιχρίσματα.....	259
2.4.3.3 Ενεργειακή συμπεριφορά.....	260
Α.ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ – U VALUE.....	260
Β.ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ.....	260
2.4.3.4 Εξοικονόμηση ενέργειας – κόστος κατασκευής.....	261
2.4.3.5 Θερμική άνεση και κλίμα.....	262
2.4.3.6 Επίπεδο συντήρησης – χρόνος.....	262
2.4.3.7 Πλεονεκτήματα- μειονεκτήματα.....	262
2.4.4 Τοιχοποιία με μόνωση από πλάκες OSB (ΤΥΠΟΣ Β) <sup>16</sup> .....	263
2.4.4.1 Περιγραφή δομικών στοιχείων.....	265
2.4.4.2 Επιχρίσματα.....	265
2.4.5 Ενεργειακή συμπεριφορά.....	266
Α. ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ / U VALUE.....	266
Β. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ.....	266
2.4.6 Εξοικονόμηση ενέργειας – κόστος κατασκευής.....	266
2.4.7 Θερμική άνεση και κλίμα.....	266
2.4.8 Επίπεδο συντήρησης – χρόνος.....	266
2.4.9 Πλεονεκτήματα- μειονεκτήματα.....	268
2.4.10 Στέγη.....	268

2.4.11 Πυροπροστασία.....	269
<b>2.5 Σύμμικτες κατασκευές.....</b>	<b>269</b>
2.5.1 Στοιχεία φέροντος οργανισμού.....	270
2.5.1.1 Φέρουσα κατασκευή.....	271
A. ΔΟΚΑΡΙΑ – ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ.....	271
B. ΠΛΑΚΕΣ.....	272
2.5.1.2 Μηχανικές ιδιότητες.....	273
2.5.2 Θεμελίωση.....	275
2.5.3 Τοιχοποιία με ytong block (τούβλο από αφρομπετόν).....	275
2.5.3.1 Περιγραφή δομικών στοιχείων.....	276
2.5.3.2 Επιχρίσματα.....	276
2.5.4 Ενεργειακή κατασκευή.....	277
A.ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ / U VALUE.....	277
B.ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ.....	277
2.5.5 Εξοικονόμηση ενέργειας- κόστος κατασκευής.....	277
2.5.6 Θερμική άνεση – κλίμα.....	279
2.5.7 Επίπεδο συντήρησης –χρόνος υλοποίησης.....	279
2.5.8 Πλεονεκτήματα μειονεκτήματα.....	279
2.5.9 Στέγη.....	280
2.5.10 Πυροπροστασία.....	281
<b>2.6 Το ξύλο.....</b>	<b>282</b>
2.6.1 Δομή και σύσταση του υλικού.....	282
2.6.2 Μηχανικές ιδιότητες.....	283
2.6.3 Θεμελίωση.....	284

2.6.4 Επίπεδο συντήρησης.....	285
2.6.5 Χρόνος υλοποίησης κατασκευής.....	285
2.6.6 Θερμική άνεση.....	286
2.6.7 Κόστος κατασκευής.....	286
2.6.8 Βιοκλιματική συμπεριφορά.....	287
2.6.9 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα υλικού.....	288
<b>2.7 Σύγκριση Εναλλακτικών Μεθόδων Δόμησης σε σχέση με τις συμβατικές.....</b>	<b>290</b>
2.7.1 Μηχανικές ιδιότητες – ασφάλεια.....	290
2.7.2 Ενεργειακή Συμπεριφορά.....	294
2.7.3 Θερμική Άνεση.....	296
2.7.4 Χρόνος υλοποίησης .....	297
2.7.5 Κόστος .....	299
2.7.6 Πίνακας Πλεονεκτημάτων –Μειονεκτημάτων Εναλλακτικών –Συμβατικών Μεθόδων δόμησης.....	301
<b>2.8 Συμπεράσματα.....</b>	<b>302</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΔΟΜΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΥΠΟΛΟΙΠΗ ΕΥΡΩΠΗ.....</b>	<b>303</b>
<b>3.1. Εισαγωγικά.....</b>	<b>303</b>
<b>3.2. Χρήση Εναλλακτικών Μεθόδων Δόμησης .....</b>	<b>304</b>
3.2.1 Η εμφάνιση και η εφαρμογή στο πέρασμα του χρόνου.....	304
3.2.2. Ευρώπη.....	306
3.2.3. Ελλάδα.....	313

<b>3.3 Συμπεράσματα .....</b>	<b>317</b>
3.3.1. Η επικράτηση των εναλλακτικών μεθόδων στην Ευρώπη.....	317
3.3.2. Η επικράτηση των εναλλακτικών μεθόδων στην Ελλάδα.....	317
<b>3.4 Νομοθετικό Πλαίσιο .....</b>	<b>319</b>
3.4.1. Νομοθεσία στην Ευρώπη.....	319
3.4.1.1 Η ενεργειακή απόδοση.....	324
3.4.1.2 Μέθοδος B.R.E.E.A.M <sup>1</sup> .....	325
3.4.1.3 Μέθοδος L.E.E.D <sup>2</sup> .....	327
3.4.1.4 Σύγκριση B.R.E.E.A.M / L.E.E.D <sup>3</sup> .....	328
3.4.2. Νομοθεσία στην Ελλάδα .....	329
3.4.2.1 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων.....	338
3.4.2.2 Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτιρίων.....	341
3.4.2.3. Διαδικασία Ενεργειακής Επιθεώρησης του κτιρίου.....	343
3.4.3. Ανακύκλωση οικοδομικών υλικών.....	347
3.4.3.1 Μέτρα, όροι και προγράμματα για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις (ΑΕΚΚ).....	349
3.4.4 Συμπεράσματα.....	350
 <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ...</b>	<b>351</b>
<b>4.1. Παραδείγματα κατασκευών με εναλλακτικές μεθόδους δόμησης.....</b>	<b>351</b>
<b>4.2. Αχυρόσπιτο στην Αίγινα.....</b>	<b>353</b>
4.2.1 Εισαγωγή –Κλιματολογικές Συνθήκες-Μορφολογία- Τοπική Αρχιτεκτονική.....	353

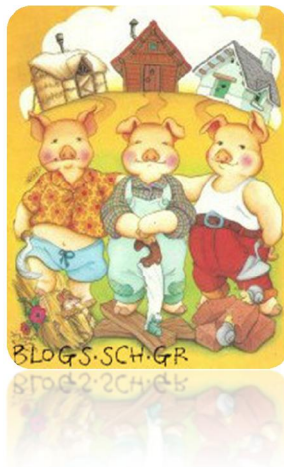
4.2.2 Περιγραφή κατοικίας.....	355
4.2.3 Περιγραφή Κατασκευής κ Υλικών δόμησης .....	356
4.2.4 Συμπεράσματα .....	363
<b>4.3. Σπίτι από πηλό ( cob ) στην Λάρισα.....</b>	<b>364</b>
4.3.1 Εισαγωγή –Κλιματολογικές Συνθήκες-Μορφολογία- Τοπική Αρχιτεκτονική.....	364
4.3.2 Περιγραφή Κατοικίας.....	366
4.3.3 Περιγραφή Κατασκευής κ Υλικών δόμησης .....	368
4.3.4 Άλλες κατασκευές.....	370
4.3.5 Συμπεράσματα.....	371
<b>4.4 Σπίτια με εναλλακτικές μεθόδους δόμησης στην Κρήτη.....</b>	<b>373</b>
4.4.1 Εισαγωγή –Κλιματολ. Συνθήκες-Μορφολογία- Τοπική Αρχιτεκτονική.....	373
4.4.2 Περιγραφή Κατοικίας.....	375
4.4.3 Περιγραφή Κατασκευής κ Υλικών δόμησης.....	377
4.4.4 Άλλες κατασκευές με πηλό.....	380
4.4.5 Συμπεράσματα.....	381
<b>4.5 Σπίτι με Γαιόσακους στον Άγιο Νικόλαο ( Μέθοδος Hyper Adobe ).....</b>	<b>382</b>
4.5.1. Εισαγωγή .....	382
4.5.2 Περιγραφή κατοικίας.....	382
4.5.3 Περιγραφή Κατασκευής κ Υλικών δόμησης .....	382
4.5.4 Συμπεράσματα.....	387
<b>4.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>388</b>



<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΕΡΕΥΝΑΣ.....</b>	<b>391</b>
5.1 Εισαγωγή.....	391
5.2 Μεθοδολογία και Σκοπός σύνταξης του Ερωτηματολογίου.....	392
5.3. Ανάλυση συγκεντρωθέντων στοιχείων- Αποτελέσματα και Συμπεράσματα από την σύγκριση των δύο μεθόδων.....	395
5.4 Συμπεράσματα Έρευνας .....	407
<b>ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....</b>	<b>409</b>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

<b>ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ.....</b>	<b>411</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>412</b>



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην εποχή μας η ανάγκη εύρεσης νέων υλικών στο χώρο της κατασκευής που θα αντικαταστήσουν μερικώς τα συμβατικά υλικά δόμησης αυξάνεται διαρκώς.

Η έρευνα που γίνεται αφορά στα νέα, φθηνά υλικά (φιλικά προς το περιβάλλον) και μεθόδους κατασκευής που εξοικονομούν ενέργεια είτε κατά την παραγωγή τους είτε μέσω της βιοκλιματικής συμπεριφοράς τους με την πάροδο του χρόνου.

Σύμφωνα με τα παραπάνω κριτήρια Στόχος της Πτυχιακής μας εργασίας είναι η μελέτη και η ανάλυση κάποιων φυσικών υλικών, που αποτελούν προϊόντα ανακύκλωσης και συναντώνται σε περιοχές της Νοτιοανατολικής Ασίας (Κίνα , Ινδία ), στη Νότια και Κεντρική Αμερική και στην Αφρική ή που έχουν ήδη παρατηρηθεί από τα αρχαία χρόνια.

Ορισμένα από αυτά είναι το *Άχυρο* ,το *χώμα* το οποίο εμφανίζεται με τη μορφή της πλίνθας, του συμπιεσμένου χώματος (rammed earth), οι *οπτόπλινθοι* και οι *σάκοι γεμισμένοι με χώμα* (*earthbag*).

Οικοδομήματα με αυτού του είδους τα υλικά χτίζονται μέχρι και σήμερα, καθώς έχουν αναπτυχθεί αξιόπιστες μέθοδοι κατασκευής που έχουν υιοθετηθεί από γενιά σε γενιά.

Στόχος μας δεν είναι μόνο να παρουσιάσουμε τις παραδοσιακές κατασκευές με τα υλικά αυτά αλλά και πως μπορούν σύγχρονες κατασκευές όπως το σκυρόδεμα και ο χάλυβας να συνεργαστούν μεταξύ τους και να ενσωματωθούν σε αυτές.

Τέτοιες προσπάθειες έχουν γίνει από σύγχρονους αρχιτέκτονες. Το κάθε υλικό εξετάζεται από την οπτική των μηχανικών τους ιδιοτήτων , την εξοικονόμηση ενέργειας κατά την παραγωγή τους , το κόστος κατασκευής και την ανάλυση των οικοδομικών μελών του.

Αναμφισβήτητα στη Σύγχρονη Αρχιτεκτονική τα υλικά τα οποία παρουσιάζουν ευρεία χρήση είναι το σκυρόδεμα, ο χάλυβας και το ξύλο ,λόγω των αυξημένων τους αντοχών και της δυνατότητας για ευέλικτο σχεδιασμό . Σε αντίθεση με την παραπάνω τάση που παρατηρείται υπάρχουν και άφθονα άλλα υλικά και μέθοδοι όπως αυτά που θα αναλυθούν διεξοδικά παρακάτω ,τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιτυχώς στον τομέα της κατασκευής.

Σε καμία περίπτωση δεν μπορούμε να τα συγκρίνουμε από την μεριά των μηχανικών ιδιοτήτων που παρέχουν σε σχέση με τα σύγχρονα υλικά τα οποία είναι αναμφισβήτητα πιο αυξημένων αντοχών αφού αποτελούν

βιομηχανικά προϊόντα. Επομένως το κριτήριο επιλογής των υλικών αυτών είναι μια γενικότερη ανάγκη του σύγχρονου ανθρώπου για κατασκευές πιο φιλικές στο Περιβάλλον, μικρής κλίμακας με βιοκλιματικό χαρακτήρα και κυρίως με χρήση υλικών που βρίσκονται σε αφθονία.



Αρχικά στο **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1** θα αναλύσουμε τον όρο της Εναλλακτικής δόμησης, δηλαδή την διαδικασία εύρεσης και χρήσης νέων υλικών και μεθόδων στον χώρο της κατασκευής οικημάτων τα οποία θα μπορούν να αντικαταστήσουν τα συμβατικά υλικά, που είναι ευρέως διαδεδομένα. Στην συνέχεια του κεφαλαίου, θα αναφερθούμε σε εναλλακτικές μεθόδους δόμησης με φυσικά υλικά, τα οποία κατά κύριο λόγο είναι ανακυκλώσιμα, όπως είναι ο πηλός (cob), οι οπτόπλινθοι, το άχυρο (straw bale) και το χώμα είτε σε μορφή πλίνθων, είτε σε μορφή σάκων γεμισμένων με χώμα (earth bags) ή ακόμη και συνδυασμό των παραπάνω. Αναλυτικότερα για κάθε υλικό θα εξεταστούν οι μηχανικές ιδιότητες του, η εξοικονόμηση ενέργειας κατά την παραγωγή του, το κόστος, ο χρόνος και η ευκολία κατασκευής τους καθώς και οι ανάγκες για συντήρησή τους, αλλά και η θερμική άνεση, παράμετροι οι οποίες καθορίζουν την σχέση κόστους – απόδοσης εν συγκρίσει με τα συμβατικά υλικά δόμησης.

Στη συνέχεια στο **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2** θα υπάρξει αναλυτική αναφορά στις πιο συνηθισμένες περιπτώσεις Συμβατικών κατασκευών. Θα αναφερθούμε στις μηχανικές ιδιότητες του κάθε συμβατικού υλικού, στην ενεργειακή εξοικονόμηση ,τη θερμική άνεση , το χρόνο και την ευκολία κατασκευής παράμετροι οι οποίες αναλύθηκαν και στο Κεφάλαιο1. Στη πορεία αφού συγκεντρώσουμε τα δεδομένα μας σε Πίνακα με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κάθε μεθόδου θα ακολουθήσει σύγκριση .

Στο **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3** θα αναφερθούμε σε παραδείγματα σύγχρονων κατασκευών Εναλλακτικής δόμησης σε περιοχές ανά τον κόσμο και κυρίως στην Ευρώπη και θα ερευνήσουμε την υπάρχουσα κατάσταση στον Ελλαδικό χώρο. Επιπλέον θα γίνει αναφορά στο ισχύον Νομοθετικό πλαίσιο , το οποίο επικρατεί στην Ευρώπη, με σχετική αναφορά στην Ελλάδα.

Έπειτα στο **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4** θα επισημάνουμε ορισμένα Παραδείγματα οικημάτων που έχουν εφαρμοστεί στην Ελλάδα και θα εστιάσουμε στην αναλυτική περιγραφή της κατασκευής τους.

Τέλος στο **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5** ,θα ασχοληθούμε με την έρευνα όπου έγινε βάση ενός *Ερωτηματολογίου* το οποίο δόθηκε σε Πολιτικούς Μηχανικούς και Αρχιτέκτονες έτσι ώστε να διεξαχθούν τα κατάλληλα Συμπεράσματα σχετικά με το γνωστικό τους επίπεδο πάνω στις Εναλλακτικές Μεθόδους (συγκριτικά με τις συμβατικές) και την αντίστοιχη εκπαίδευση που διαθέτουν στο θέμα αυτής της εργασίας.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΜΗΣΗΣ -ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

## Εισαγωγή

Με τον όρο Εναλλακτική Δόμηση εννοούμε την διαδικασία εύρεσης και χρήσης νέων υλικών και μεθόδων στον χώρο της κατασκευής οικημάτων τα οποία θα αντικαταστήσουν τα συμβατικά υλικά, που είναι ευρέως διαδεδομένα. Από τα πρώιμα ακόμη στάδια της κοινωνίας, παρουσιάστηκε η ανάγκη για εναλλακτική δόμηση, όταν έννοιες όπως το κόστος, τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά και τα υλικά τα οποία ήταν διαθέσιμα άρχισαν να λαμβάνονται υπόψη.

Το φαινόμενο της Εναλλακτικής δόμησης, δεν είναι κάτι καινούργιο αφού παρατηρείται σε περιοχές όπως η Νότια και Κεντρική Αμερική, η Νοτιοανατολική Ασία, η Αφρική και η Κεντρική Ευρώπη από τα τέλη του 1800 και κάποιες μέθοδοι όπως αυτή του πηλού-χώματος από τα αρχαία χρόνια ακόμη, εντούτοις αποτελεί νέα μέθοδο για τα Ελληνικά δεδομένα. Εμφανίζεται κυρίως σε επαρχιακές πόλεις, αλλά και νησιά, με γεωγραφικά χαρακτηριστικά τα οποία παρουσιάζουν αρκετές ομοιότητες με τις περιοχές που αναφέρθηκαν πιο πάνω.

Η Εναλλακτική δόμηση, εστιάζει, όπως προαναφέρθηκε, σε νέα υλικά, κατά κύριο λόγο ανακυκλώσιμα, όπως είναι ο πηλός (cob), οι σπτόπλινθοι(τούβλα), το άχυρο (strawbale) και το χώμα είτε σε μορφή πλίνθων, είτε σε μορφή σάκων γεμισμένων με χώμα (Earthbag) ή ακόμη και σε συνδυασμό των παραπάνω.

Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη των υλικών αυτών καθώς και ο τρόπος με τον οποίο αυτά χρησιμοποιούνται είτε αυτόνομα είτε σε συνδυασμό με τις υπάρχουσες (συμβατικές) μεθόδους, σε περιπτώσεις όπου δεν είναι ξεκάθαρο το νομικό πλαίσιο για την εξ ολοκλήρου κατασκευή με αυτά τα υλικά.

Αναλυτικότερα, για κάθε υλικό θα εξεταστούν οι μηχανικές ιδιότητες , η εξοικονόμηση ενέργειας κατά την παραγωγή, το κόστος, ο χρόνος και η ευκολία κατασκευής καθώς και οι ανάγκες για τη συντήρησή τους, αλλά και η θερμική άνεση, παράμετροι οι οποίες καθορίζουν την σχέση κόστους – απόδοσης σε σύγκριση με τα συμβατικά υλικά δόμησης.

## Ορισμοί

Πριν γίνει η αναφορά στις Εναλλακτικές μεθόδους δόμησης και των βασικών υλικών-συστατικών που χρησιμοποιούνται για αυτές, θα πρέπει να γίνει επισήμανση σε έννοιες που εξετάζονται από τους ειδικούς μελετητές, προτού προβούν στις κατασκευές.

- **Ανθρακικό Αποτύπωμα:** είναι το μέτρο της συνολικής ποσότητας των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα που παράγονται άμεσα ή έμμεσα από μία δραστηριότητα είτε συσσωρεύεται κατά τα στάδια ζωής ενός προϊόντος, δηλαδή ενός αγαθού ή μιας υπηρεσίας.

Η έννοια αυτή αναφέρεται στην έκταση παραγωγικής γης, πόσιμο νερού και θάλασσας που είναι απαραίτητα για την κάλυψη των καθημερινών αναγκών σε ενέργεια και νερό, συνυπολογίζοντας τις εκπομπές ρύπων και την έκταση που χρειάζεται για την απόθεση των απορριμμάτων. Με τον όρο «οικολογικό αποτύπωμα» εκφράζεται ο βαθμός στον οποίο τα ανθρώπινα είδη καταναλώνουν τους πόρους της Γης σε εκτάρια παραγωγικής γης.<sup>14</sup>

- **Εξοικονόμηση ενέργειας:** είναι ένας όρος που έχει δυο περιεχόμενα αλληλοσυνδεδεμένα μεταξύ τους και εξετάζεται: α) από ενεργειακή σκοπιά, β) από οικονομική σκοπιά.

Ο ενεργειακός ορισμός περιλαμβάνει: 1) μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας τελικής χρήσης αλλά χωρίς αυτό να συνοδεύεται από στέρηση ενέργειας ούτε και από υποβάθμιση των παραγόμενων προϊόντων ή υπηρεσιών για τα οποία χρησιμοποιείται. 2) βελτίωση του βαθμού απόδοσης στη χρήση της ενέργειας, 3) υποκατάσταση συμβατικών μορφών ενέργειας με άλλες ανανεώσιμες, 4) δυνατότητα ανάκτησης της ενέργειας. Ενώ ο οικονομικός ορισμός περιλαμβάνει: 1) μείωση του κόστους της ενέργειας ανά μονάδα ενός προϊόντος ή μιας παραγωγικής μονάδας, 2) υποκατάσταση της ενέργειας, ως συντελεστή της παραγωγής, από άλλους συντελεστές, ιδιαίτερα όταν το κόστος του πρώτου συντελεστή αυξάνεται γρηγορότερα από τους άλλους.

Γενικά σήμερα ιδιαίτερα στις μεγαλουπόλεις απαιτείται πολύ μεγάλη ποσότητα ενέργειας για θέρμανση, φωτισμό, κλιματισμό κλπ πέρα από εκείνη της τροφοδοσίας των διαφόρων μηχανών των Βιομηχανιών. Για την απρόσκοπτη όμως εξασφάλιση αυτής της ενέργειας γίνεται εξαιρετικά μεγάλη κατανάλωση κυρίως σε καύσιμα, όπως το πετρέλαιο, γαιάνθρακες και φυσικό αέριο. Όμως τα αποθέματα αυτών των καυσίμων είναι περιορισμένα. Έτσι καθίσταται αναγκαία η λήψη διαφόρων μέτρων περιορισμού τουλάχιστον της σπατάλης ώστε να διαρκέσουν αυτά περισσότερο ή ακόμα και να βρεθούν νέες τεχνολογίες ανεξάρτητες απ' αυτά.

Αυτό μπορεί να συμβεί με επιλογή οικονομικότερων μηχανών σε καύσιμη ύλη, αποδοτικότερων οικιακών εγκαταστάσεων (μονώσεις κλπ) αλλά και οικονομικότερη (λιγότερη) κατανάλωση ενέργειας. Αναμφίβολα τέτοια μέτρα είναι γεγονός ότι ανεξάρτητα των οικονομικών κερδών, επιφέρουν και πολύ μικρότερη ατμοσφαιρική ρύπανση.<sup>15</sup>

- **Θερμική Άνεση:** Η θερμική άνεση ορίζεται ως «η κατάσταση στην οποία το άτομο εκφράζει ικανοποίηση για το θερμικό περιβάλλον». Οι παράμετροι που επηρεάζουν την θερμική άνεση, είναι οι εξής:

Περιβαλλοντικές παράμετροι: 1)Θερμοκρασία, 2)Σχετική υγρασία, 3)Μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία (στον υπαίθριο χώρο επηρεάζεται ιδιαίτερα από την ηλιακή ακτινοβολία), 4)Ταχύτητα αέρα

Παράμετροι που αφορούν στο άτομο: 1)Δραστηριότητα, 2)Ενδυση

Σημειώνεται ότι τα όρια θερμικής άνεσης στους υπαίθριους χώρους της πόλης δεν είναι τόσο στενά, όσο είναι στο εσωτερικό των κτιρίων.

- **Συντελεστής Θερμοπερατότητας (U-value):** Η τιμή  $U$  είναι η μονάδα μέτρησης της απώλειας θερμότητας σε ένα δομικό στοιχείο όπως έναν τοίχο, δάπεδο ή οροφή. Μπορεί επίσης να αναφέρεται ως ένα «συνολικό μεταφοράς θερμότητας συν-αποδοτική» και μετρά πόσο καλά μέρη ενός κτιρίου μεταφέρουν θερμότητα. Αυτό σημαίνει ότι όσο υψηλότερη είναι η τιμή  $U$  τόσο χειρότερη η θερμική απόδοση του περιβλήματος του κτιρίου. Μια χαμηλή τιμή  $U$  δείχνει συνήθως υψηλά επίπεδα μόνωσης. Είναι χρήσιμα, δεδομένου ότι είναι ένας τρόπος για την πρόβλεψη της σύνθετης συμπεριφοράς ενός ολόκληρου οικοδομικού στοιχείου αντί να στηρίζεται στις ιδιότητες των επιμέρους υλικών.

Το συνολικό U-value (συντελεστής θερμοπερατότητας  $W/m^2 K$ ) ενημερώνει για το πόση ενέργεια ή θερμότητα (Watts/W) διέρχεται μέσα από  $1m^2$  της κατασκευής, όταν υπάρχει  $1^\circ C$  Θερμοκρασία διαφορά μεταξύ μέσα και έξω. Έτσι υποστηρίζεται ότι το μέσο σπίτι θερμαίνεται στους  $21^\circ C$ , το συνολικό U-value θα θεωρηθεί ότι έξω είναι  $20^\circ C$ . Υπάρχει μία σχέση μεταξύ του πάχους της κατασκευής.

Σε ένα πολύ βασικό επίπεδο, το περισσότερο υλικό που χρειάζεται για να περάσει η θερμότητα, όσο περισσότερος χρόνος χρειάζεται, τόσο χαμηλότερη είναι η τιμή  $U$ .

Η εκπόνηση του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (KENAK) έχει θέσει υψηλούς στόχους για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ( $CO_2$ ). Κάθε στοιχείο εξωτερικού κτιρίου πρέπει να συμμορφώνεται με τα θερμικά πρότυπα που εκφράζονται ως μέγιστη τιμή  $U$ .

## 1.1 Άχυρο – Αχυρόμπαλες (μοναδιαίο δομικό στοιχείο)

### 1.1.1. Ορισμός – Ιστορική Αναφορά



Το άχυρο σαν υλικό αποτελεί το υπόλειμμα ( μίσχο-κορμό) ή αλλιώς ένα παραπροϊόν της σύγχρονης διαδικασίας συγκομιδής των σπόρων.

Το άχυρο είναι προϊόν χωρίς καθόλου θρεπτική αξία γεγονός που το καθιστά ανθεκτικό στα παράσιτα και τη σήψη. Έτσι λοιπόν όταν πάρει κατάλληλη μορφή, αυτή της Αχυρόμπαλας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κατασκευές κτιρίων που χαρακτηρίζονται ως βιώσιμα και ενεργειακά αυτόνομα .<sup>2</sup>

Αφού τελειώσει η διαδικασία της συγκομιδής , το άχυρο στοιβάζεται σε όμοια τεμάχια (μονάδες) και δένεται με ειδικούς μάντες ή σχοινιά δημιουργώντας έτσι τα δεμάτια ή αφθονία του προϊόντος αυτού στις Ηνωμένες Πολιτείες (περίπου 140 τόνοι παραγωγής ετησίως) οδήγησε και στην εφεύρεση σύγχρονων μηχανημάτων που συστηματοποίησαν αυτή την διαδικασία και έφεραν την παραγωγή σε πολύ υψηλά επίπεδα.

Οι αχυρόμπαλες αποτέλεσαν μια φυσική λύση για τους πρώτους κατοίκους της Νεμπράσκα - ΗΠΑ (Nebraska) , καθώς οι σκληρές κλιματικές συνθήκες της περιοχής τους οδήγησαν στο να τις χρησιμοποιήσουν ως ένα δομικό υλικό με εξαιρετικά ΜΟΝΩΤΙΚΗ ΙΔΙΟΤΗΤΑ, που συγκρατεί την θερμότητα αφού παρέχει προστασία από τους εξωτερικούς παράγοντες.

Στα τέλη του 1800 έκανε την εμφάνιση της η πρώτη Χορτοδετική μηχανή για άχυρο καθώς υπήρχε έλλειψη ξυλείας και άλλων οικοδομικών υλικών στην ευρύτερη περιοχή όπου χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή κατοικιών από αχυρόμπαλες .

Η παλαιότερη κατασκευή από Άχυρο χτισμένη το 1903 στην Νεμπράσκα σώζεται μέχρι σήμερα, ενώ στην Ευρώπη η παλαιότερη κατασκευή από άχυρο βρίσκεται στην Γαλλία, χτισμένη το 1921.

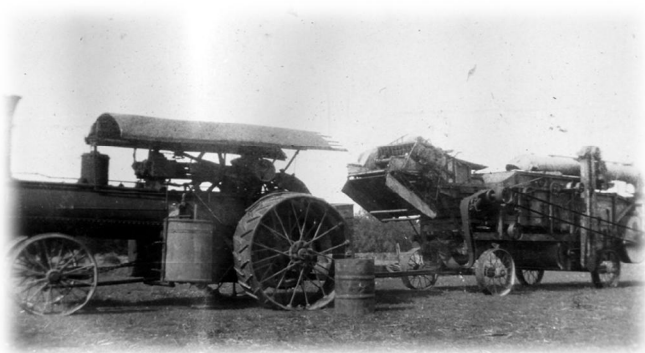
Έτσι αναπτύχθηκαν μέθοδοι κατασκευής με μπάλες από άχυρο όπως:



A) η « μέθοδος Νεμπράσκα » (Nebraska style) η οποία πήρε και την ονομασία της από την περιοχή όπου δημιουργήθηκε καθώς και

B) η « μέθοδος ξύλινου φέροντα οργανισμού » (Post & Beam).

Τέλος , εκτός από τις κατασκευές κατοικιών , οι αχυρόμπαλες χρησιμοποιήθηκαν και για φάρμες , κτίρια εκκλησιών , σχολείων και καταστημάτων. Σύμφωνα με ειδικούς οι πρώτες κατασκευές με αυτόν τον τρόπο που χρονολογούνται από το 1890 έως το 1930 χαρακτηρίζονται για την αντοχή τους στο χρόνο, καθώς στέκονται μέχρι και σήμερα. Από το 1973 και μετά αυτή η εναλλακτική μέθοδος δόμησης αναγεννήθηκε στις ΗΠΑ ενώ οι κατασκευές τέτοιων κατοικιών εξαπλώθηκαν σε όλο τον κόσμο τον Καναδά και την Αυστραλία και από την Μογγολία έως το Μεξικό.<sup>1</sup>



Χορτοδετικές Μηχανές παλιότερα και σήμερα

( πηγές: εικόνα 1 [lambersongenealogy.wordpress.com](https://lambersongenealogy.wordpress.com) & εικόνα 2 <https://www..geograph.org.uk>)

### 1.1.2. Δομή και σύσταση Υλικού

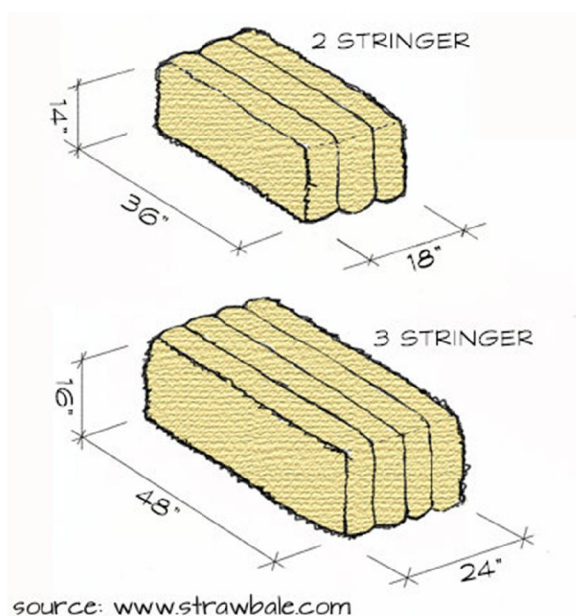
Το άχυρο είναι ένα υλικό το οποίο διαθέτει φυσική δομή και διατηρεί το σχήμα του , λόγω της σωληνοειδούς μορφής του (βλ.εικόνα 1). Επιπλέον η πολύ λεπτή , σχεδόν μικροσκοπική επικάλυψη του, η οποία έχει κέρινη υφή, το καθιστά και κάπως ανθεκτικό στο νερό.

Τα δεμάτια σχηματίζονται από το δέσιμο μιας ποσότητας άχυρου με ειδικά σχοινιά ή σπάγκους πολυπροπυλενίου.

Τα σχοινιά που χρησιμοποιούνταν παλιότερα για αυτό το σκοπό εγκαταλείφθηκαν καθώς ήταν φυτικής προέλευσης και για αυτό μη ανθεκτικά στην σήψη.

Τα άχυρα ανάλογα με το είδος προέλευσης ,διακρίνονται σε αυτά από : σιτάρι , ρύζι , κριθάρι ,βύνη και βρώμη.

Επίσης ανάλογα με το ΕΙΔΟΣ ΔΕΣΙΜΑΤΟΣ στις αχυρόμπαλες μπορούμε να διακρίνουμε δύο τύπους : αυτόν με τα 2 σχοινιά (2-strings) και αυτόν με τα 3 σχοινιά (3 strings). Επιπλέον το μέγεθος μιας μπάλας συνήθως διαφέρει.



source: [www.strawbale.com](http://www.strawbale.com)

Figure 1 - Approximate dimensions of two and three string straw bales.

Το ΜΕΓΕΘΟΣ τους εξαρτάται από τον τύπο του μηχανήματος από τα οποία σχηματίζονται καθώς και από την συνήθη τοπική πρακτική που εφαρμόζεται σε σχέση με το μέγεθος. Τέλος διαφορά εμφανίζεται και ως προς το βάρος τους το οποίο ποικίλει ανάλογα με την πυκνότητα και περιεχόμενη υγρασία.<sup>2</sup>



Εικόνα 1: Άχυρο –σωληνοειδούς μορφής

### 1.1.3. Σχεδιασμός Αχυρόσπιτου

Οι διαστάσεις ενός κτιρίου με μπάλες από άχυρο όσον αφορά το μήκος, το πλάτος και το ύψος καθορίζονται άμεσα από το μέγεθος των τεμαχίων από άχυρα που χρησιμοποιούνται. Αυτός είναι ένας από τους λόγους που ο σχεδιασμός τους θα πρέπει να γίνει με βάση την σχεδιαστική μονάδα του ενός τεμαχίου (αχυρόμπαλας) και να προβλέπει την δημιουργία ανοιγμάτων (θυρών –παράθυρων) όπου αυτό χρειάζεται.



#### 1.1.4 Κατασκευή αχυρόμπαλων –ευκολία κατασκευής

Σήμερα η μέθοδος κατασκευής με αχυρόμπαλες είναι από τις πιο δημοφιλείς όσον αφορά την φυσική δόμηση, λόγω της ευκολίας στην χρήση του υλικού (ελαφρύ υλικό, δεν απαιτεί χρήση μηχανολογικού εξοπλισμού), του χαμηλού οικονομικού κόστους του, της ταχύτητας κατασκευής τοίχων εξαιρετικής θερμομόνωσης και ηχομόνωσης που σε συνδυασμό με την χρήση φυσικών επιχρισμάτων ‘αναπνέουν’, προσφέροντας ένα υγιές εσωτερικό περιβάλλον. Μειονεκτήματα της μεθόδου είναι η συλλογή αχυρόμπαλων σε ιδανικές κατά περίπτωση διαστάσεις και η ανάγκη αποθήκευσης και προστασίας τους από την υγρασία και την βροχή.



πρώτη ύλη

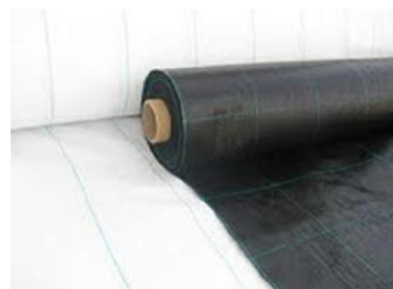
Το άχυρο είναι ανανεώσιμο υλικό, ενώ συλλέγεται κατά την ετήσια συγκομιδή σιτηρών (Ιούνιος ανάλογα με βροχοπτώσεις). Μετά την διαλογή των σπόρων, τα ξερά, άχρηστα κοτσάνια συλλέγονται στην μορφή αχυρόμπαλας και διατίθενται ως τροφή για τα ζώα και λίπασμα για την καλλιέργεια γης. Όλα τα είδη άχυρου μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην φυσική δόμηση, ανάλογα με το τι είναι διαθέσιμο στην ευρύτερη περιοχή. Κατά προτίμηση χρησιμοποιούμε άχυρο από σιτάρι, καθώς αποτελείται από πιο δυνατές ίνες (συγκρατούν περισσότερο αέρα εσωτερικά), ενώ το άχυρο από κριθάρι και βρώμη είναι πιο ακριβό καθώς χρησιμοποιείται περισσότερο ως τροφή για τα ζώα. Δεν χρησιμοποιούμε στην φυσική δόμηση άχυρο / σανό από γρασίδι καθώς περιέχει οργανικές ουσίες. Σε κάθε περίπτωση προτιμούμε άχυρο με μακριές, δυνατές ίνες. Άχυρο με κοντές ίνες θρυμματίζεται εύκολα και δεν συγκρατεί καλά τα επιχρίσματα.

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία Χορτοδετικών μηχανών για άχυρο, με αποτέλεσμα την ποικιλία στο σχήμα και το μέγεθος της αχυρόμπαλας. Χρησιμοποιούμε μικρές αχυρόμπαλες στην κατασκευή, για παράδειγμα διαστάσεων 0.45μ x 0.35μ x 1μ, ενώ ιδανικά μπορούμε κατά την παραγγελία μας στον παραγωγό να ορίσουμε το μέγεθος της αχυρόμπαλας βάση του σχεδιασμού της κατασκευής μας.



Συνήθως οι αχυρόμπαλες έχουν μία κομμένη και μία διπλωμένη μεριά (κατά την κατασκευή τις στοιβάζουμε εναλλάξ μέσα και έξω), ενώ δένονται με μεταλλικό σύρμα ή με πλαστικό σπάγκο πολυπροπυλενίου<sup>1</sup>. Αποφεύγουμε το μεταλλικό σύρμα και γενικά το μέταλλο σε επαφή με τις αχυρόμπαλες, ενώ προσέχουμε οι αχυρόμπαλες να είναι αρκετά σφιχτά δεμένες, τόσο όσο να συγκρατούν εσωτερικά τον αέρα χρήσιμο για την θερμομόνωση της τοιχοποιίας.

Η προστασία της αχυρόμπαλας από την βροχή και τα τρωκτικά είναι απαραίτητη. Έτσι αποθηκεύουμε τις αχυρόμπαλες μέχρι την χρήση τους και τις προστατεύουμε με πλαστική μεμβράνη καθ' όλη την διάρκεια κατασκευής.<sup>2</sup>



πολυπροπυλένιο<sup>[1]</sup>

Οι αχυρόμπαλες χρησιμοποιούνται είτε ως γέμισμα τοιχοποιίας ξύλινου σκελετού (Post & Beam) είτε ως φέροντας οργανισμός (Nebraska style) όπου οι αχυρόμπαλες δέχονται το βάρος της στέγης. Και στις δύο περιπτώσεις οι αχυρόμπαλες στρώνονται σαν τούβλα σε περιμετρική βάση πάνω από την θεμελίωση και στην συνέχεια συμπιέζονται ενώ συγκρατούνται με εσωτερικά καλάμια. Οι τοίχοι από αχυρόμπαλες απαιτούν εσωτερικά και εξωτερικά επιχρίσματα για προστασία από την υγρασία.



σπάγκοι πολυπροπυλενίου (PP) Χορτοδεσίας

---

<sup>[1]</sup> Το πολυπροπυλένιο είναι ένα θερμοπλαστικό πολυμερές που χρησιμοποιείται σε μια ευρεία ποικιλία εφαρμογών συμπεριλαμβανομένης της συσκευασίας και της επισήμανσης, στα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα (π.χ., σχοινιά ,χαλιά κτλπ.), χαρτικά, πλαστικά μέρη και επαναχρησιμοποιούμενα δοχεία διαφόρων τύπων, εργαστηριακό εξοπλισμό και εξαρτήματα αυτοκινήτων. Επιπλέον είναι ένα πολυμερές το οποίο γίνεται από το μονομερές προπυλενίου, είναι τραχύ και ασυνήθιστα ανθεκτικό σε πολλά χημικά διαλυτικά, οξέα και βάσεις.

#### 1.1.4.1 ΤΡΟΠΟΙ ΔΟΜΗΣΗΣ ΜΕ ΜΠΑΛΕΣ ΑΠΟ ΑΧΥΡΟ:

- ❖ Αχυρόμπαλες ως φέροντας οργανισμός –Μέθοδος Νεμπράσκα (Nebraska Style- Load bearing straw bale walls)

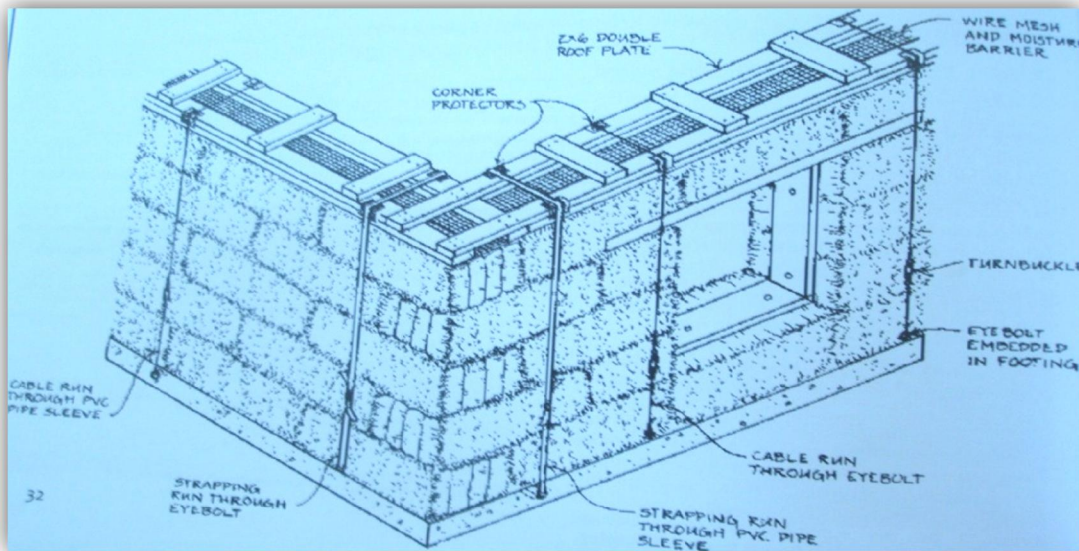
Στη μέθοδο αυτή κατασκευής οι αχυρόμπαλες δομούν μια αυτοφερόμενη τοιχοποιία (load bearing wall), κατά την οποία οι αχυρόμπαλες στοιβάζονται σαν τούβλα, δέχονται το βάρος ορόφου και της στέγης και συμπιέζονται με τεχνικές μεθόδους καθώς και σταδιακά μέσα στις πρώτες μέρες με το βάρος της κατασκευής. Η τάση ανατροπής, που δημιουργείται από τους ισχυρούς ανέμους αντισταθμίζεται από καλώδια – συνδέσμους και κατακόρυφες βέργες που διαπερνούν κάθετα τις μπάλες και «δένουν» την τοιχοποιία στο περιμετρικό θεμέλιο από οπλισμένο σκυρόδεμα. Το επίχρισμα έρχεται να προστεθεί για να δημιουργήσει μια ομοιογένεια στην τοιχοποιία. Το αποτέλεσμα είναι αυτό ενός ενσωματωμένου συστήματος στέγης / τοιχοποιίας.



τεχνική 1<sup>η</sup> : αχυρόμπαλες ως φέρον οργανισμός

Σε αυτή τη μέθοδο παρατηρείται το πλεονέκτημα της επάρκειας του συστήματος καθώς τα τεμάχια από άχυρο έχουν διπλή χρήση αυτή της στήριξης και αυτή του κελύφους (πλήρωση), μειώνουν την ανάγκη σε ξυλεία και ελαττώνουν το κόστος κατασκευής, από την άλλη πλευρά υπάρχει το μειονέκτημα του περιορισμού των

διαστάσεων του κτιρίου , καθώς αυτό δεν μπορεί να αναπτυχθεί σε μεγάλο ύψος ,σε αντίθεση με την μέθοδο πλήρωσης ξύλινου φέροντος οργανισμού (“Post & Beam”-Infill style) και ότι οι τοίχοι χτίζονται πριν την στέγη οπότε και απαιτείται η πρόβλεψη εφήμερης κατασκευής για την προστασία των αχυρόμπαλων από την βροχή ή μηχανική υποστήριξη ανύψωσης της στέγης μέχρι να τοποθετηθεί στην τελική θέση της πάνω στην περιμετρική τοιχοποιία.



- Αξονομετρική άποψη της κατασκευής της τοιχοποιίας (Πηγή : Βιβλίο Διάλεξης «Οικολογικά υλικά και μέθοδοι εναλλακτικής δόμησης», Δούλκαρη Κατερίνα , σελ.32»)

❖ Αχυρόμπαλες ως γέμισμα τοιχοποιίας – Μέθοδος πλήρωσης ξύλινου φέροντος οργανισμού (Infill Style -Post & Beam)

Με τη μέθοδο πλήρωσης ξύλινου φέροντος οργανισμού αποτελούμενου από δοκάρια και υποστυλώματα , εμφανίζεται ένας ανεξάρτητος φέρων οργανισμός που δέχεται τα φορτία της στέγης και τα μεταφέρει στα θεμέλια. Σε αυτόν τον τρόπο δόμησης οι αχυρόμπαλες έχουν το χαρακτήρα στοιχείου πλήρωσης και διαμορφώνουν το κέλυφος προστασίας του κτιρίου. Η εργοστασιακή ξυλεία είναι η πιο διαδεδομένη για την κατασκευή του σκελετού τέτοιων κτιρίων.

Οι αχυρόμπαλες στοιβάζονται κατά την μέθοδο αυτή εξωτερικά, εσωτερικά, ή ανάμεσα από τα ξύλινα δοκάρια, ενώ συμπιέζονται με μηχανικές μεθόδους. Δυσκολία κατά την κατασκευή εμφανίζεται στην τελευταία στρώση, προσπαθώντας να συμπιεστούν κατάλληλα οι αχυρόμπαλες κάτω από τον ξύλινο σκελετό.

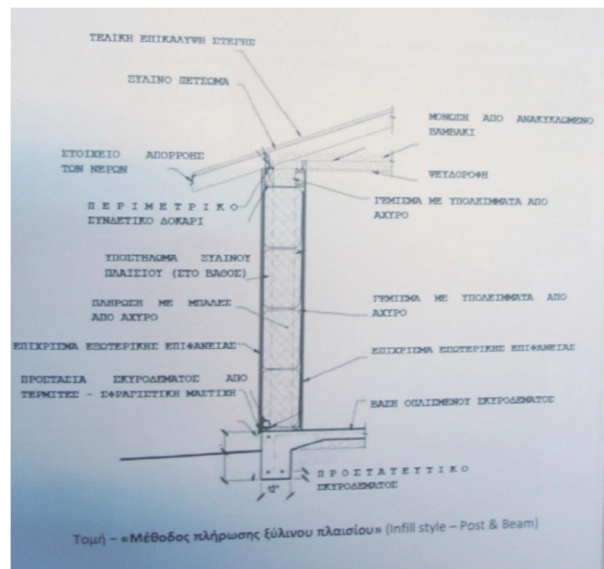


Πλεονεκτήματα της μεθόδου αποτελεί το γεγονός ότι ο σκελετός και η στέγη κατασκευάζονται πριν το γέμισμα της τοιχοποιίας (προστασία υλικού ειδικά σε υγρά κλίματα), η μεγαλύτερη σχεδιαστική ευελιξία γεγονός που μεταφράζεται και ως δυνατότητα δημιουργίας δεύτερου επιπέδου. Αυτό το σύστημα παρέχει επίσης και μεγαλύτερη σταθερότητα μακροπρόθεσμα στην κατασκευή καθώς είναι ένα εκλεπτυσμένο σύστημα δόμησης που απαιτεί γενικότερα εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό γεγονός που αυξάνει το κόστος.

Ενώ μειονεκτήματα είναι η καθυστέρηση στην ταχύτητα κατασκευής λόγω αρκετών κοψιμάτων γύρω από τον σκελετό, και η χρήση ξυλείας για τον ξύλινο σκελετό που αυξάνει τα φορτία της κατασκευής και ανεβάζει το τελικό κόστος.<sup>1&2</sup>



τεχνική 2<sup>η</sup> : Αχυρόμπαλες ως γέμισμα τοιχοποιίας



Τομή -« Μέθοδος Πλήρωσης ξύλινου πλαισίου» (Post & Beam )

Πηγή : Βιβλίο Διάλεξης «Οικολογικά υλικά και μέθοδοι εναλλακτικής δόμησης», Δούλκαρη Κατερίνα<sup>1</sup>

### 1.1.5 Θεμελίωση

Μια τυπική μέθοδος θεμελίωσης είναι συμβατή με τις κατασκευές από αχυρόμπαλες , καθώς υποστηρίζει τέτοιου τύπου τοιχοποιίες. Συνήθως ένα περιμετρικό δοκάρι από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι αυτό που παίζει το ρόλο της βάσης για την κατασκευή και αποτελεί την πιο οικονομική λύση σε ξηρά κλίματα όπου δεν απαιτείται και χώρος υπογείου. Σε πολλές άλλες περιπτώσεις το υλικό θεμελίωσης συνιστά η πέτρα.

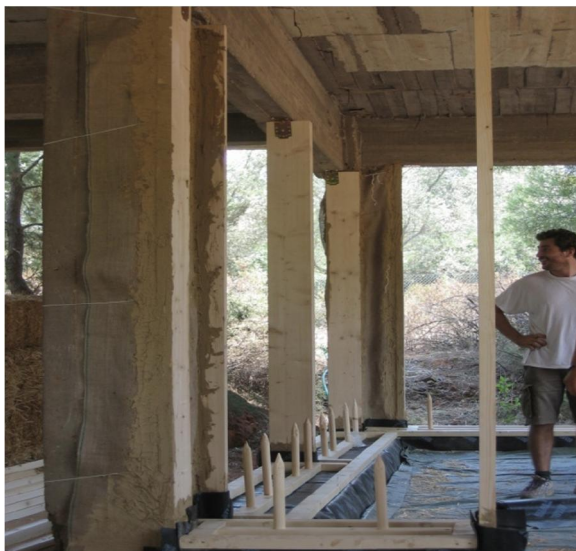


Και στις δύο μεθόδους οι αχυρόμπαλες στρώνονται σαν τούβλα σε περιμετρική, ξύλινη βάση πάνω από την θεμελίωση (μπετόν, πέτρα, λάστιχα αυτοκινήτου, γαιόσακοι), και στην συνέχεια συμπιέζονται ενώ συγκρατούνται με εσωτερικά καλάμια. Για την βάση θεμελίωσης τοιχοποιίας από αχυρόμπαλες προσέχουμε τα εξής :

α) προστασία από την υγρασία του εδάφους και το πιτσύλισμα της βροχής με την προέκταση της βάσης από το έδαφος (τουλάχιστον 40εκ),



β) πρόβλεψη για σύστημα αποστράγγισης ακριβώς κάτω από τις αχυρόμπαλες (στρώση περλίτη στην περιμετρική βάση)



Τοποθέτηση ξύλινων προεξοχών συγκράτησης αχυρόμπαλας

(πηγή: recreate2012.wordpress.com)

### 1.1.6 Τοιχοποιία

Το είδος της τοιχοποιίας που εμφανίζεται σε αυτές τις κατασκευές διακρίνεται σε δύο είδη ανάλογα με τον τρόπο δόμησης.

Σύμφωνα με τη « μέθοδο πλήρωσης ξύλινου φέροντος οργανισμού σε στοιχείο πλήρωσης» (Post & Beam Style- Infill Wall)

Περαιτέρω διαχωρισμός γίνεται και με βάση την τοποθέτηση των τεμαχίων από άχυρο για τον σχηματισμό της τοιχοποιίας.



Οριζόντια τοποθέτηση αχυρόμαλων

Υπάρχουν δύο είδη τοποθέτησης τεμαχίων :

- Ο ένας τρόπος είναι η τοποθέτηση κατά την μεγαλύτερη επιφάνεια (οριζόντια)
- Ενώ ο δεύτερος τρόπος είναι η τοποθέτηση κατά τον κατακόρυφο με την επιφάνεια επαφής ,αυτή με το μικρότερο μέγεθος.

Όταν οι μάλες τοποθετούνται κατά την οριζόντια διεύθυνση με την μεγαλύτερη επιφάνεια ως επιφάνεια επαφής τότε μπορούν να παραλάβουν μεγαλύτερα φορτία , απ' ότι όταν βρίσκονται σε κατακόρυφη θέση.

Αυτό συμβαίνει γιατί στην πρώτη περίπτωση οι ίνες άχυρου είναι προσανατολισμένες κατά την οριζόντια διεύθυνση και οι δεσμοί (σχοινιά) που συγκρατούν το τεμάχιο υποβάλλονται σε μικρότερες καταπονήσεις απ' ότι όταν αυτά τοποθετούνται κατακόρυφα.



Κάθετη τοιχοποιία αχυρομπάλων 2-δεσμών

(πηγή : <http://people.bath.ac.uk/abspw/straw%20bale%20test%20report.pdf>)

Σύμφωνα με μία μελέτη του Πανεπιστημίου της Αριζόνα βρέθηκε ότι η Αντοχή σε Θλίψη για τα τεμάχια 3 δεσμών (3-string) που βρίσκονται οριζόντια τοποθετημένα , είναι 3 φορές μεγαλύτερη απ' ότι όταν αυτά βρίσκονται τοποθετημένα κάθετα. Ακόμη έρευνες, όπου έγιναν στο Πανεπιστήμιο Bath της Αγγλίας, με τεμάχια 2 δεσμών κομμένα στη μέση έδειξαν ότι δεν αντέχουν στο μέγιστο κατακόρυφο φορτίο που τους ασκείται και υπάρχει μια αστοχία λυγισμού.<sup>8</sup>



Αστοχία λυγισμού (πηγή :<http://people.bath.ac.uk/abspw/straw%20bale%20test%20report.pdf> )

Τέλος σε μία μελέτη βρέθηκε ότι και η καλύτερη πρόσφυση του επιχρίσματος επιτυγχάνεται με την οριζόντια τοποθέτηση, καθώς η τραχεία επιφάνεια που σχηματίζουν οι άκρες του άχυρου βοηθούν το επίχρισμα να αγκυρωθεί πάνω σε αυτές.<sup>7</sup>

### 1.1.7 Στέγαση

Τέλος στον τομέα της προστασίας από το νερό και την υγρασία, σημαντικό ρόλο παίζει και η στέγαση η οποία εμποδίζει το υγρό στοιχείο να διαπεράσει την τοιχοποιία. Η πιο αξιόπιστη μέθοδος είναι η επικάλυψη με *στρατζαριστή λαμαρίνα*. Επιπλέον κατάλληλα γι' αυτό το σκοπό εμφανίζονται και τα συστήματα στέγασης με ξύλινο πλαίσιο, με προκατασκευασμένο (ζευκτά ξύλινα ή μεταλλικά ) και με επικάλυψη από ανοξείδωτα πάνελα ή από ασφαλτικά και ελαστομερή.

Για την προστασία της τοιχοποιίας από την βροχή προβλέπουμε κατά την κατασκευή της στέγης προέκταση τουλάχιστον 50εκ. Στην περίπτωση της μεθόδου κατασκευής με τις αχυρόμπαλες ως φέροντα οργανισμό, η στέγη προσαρμόζεται σε περιμετρική δοκό πάνω από την τελευταία στρώση αχυρόμπαλας.<sup>2</sup>



Τοποθέτηση στέγης –ξύλινου ζευκτού

### 1.1.8 Επιχρίσματα



Το επίχρισμα παίζει πολύ σημαντικό ρόλο σε μία κατασκευή με μπάλες από άχυρο καθώς συμβάλλει στην προστασία της από την υγρασία, τα έντομα και την φωτιά. Μεγάλη σημασία δίνεται στο να διατηρηθούν οι μπάλες στεγνές έως ότου ολοκληρωθεί το χτίσιμο και έρθει η ώρα του επιχρίσματος. Το επίχρισμα πρέπει να καλύπτει τόσο την εξωτερική όσο και την εσωτερική επιφάνεια της τοιχοποιίας.

Τέλος το σοβάντισμα δεν γίνεται με τσιμεντοκονιάματα αλλά με *χωμάτινη λάσπη* που περιέχει *τριμμένο άχυρο*, *λινέλαιο* ένα ποσοστό *αργιλώδους χώματος* και μια *μικρή ποσότητα ασβέστη*.<sup>2</sup>

Η κατασκευή με μπάλες από άχυρο αποδείχτηκε ιδιαίτερα ανθεκτική στο κλίμα της ερήμου ενώ παράλληλα οι παραδοσιακές τεχνικές δόμησης των περιοχών αυτών συνέβαλλαν στην βελτίωση της μεθόδου συνολικά. Τα ακατέργαστα στοιχεία της γης, της άμμου, του ασβέστη και η μικρής μεγέθους ξυλεία ενσωματώθηκαν πλήρως στην μέθοδο κατασκευής με αχυρόμπαλες. Ένα από τα σημαντικά τοπικά στοιχεία που ενσωματώθηκαν στην μέθοδο ήταν η χρήση του άχυρου από τα υπολείμματα των τεμαχίων, στο μείγμα του επιχρίσματος. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την μεγαλύτερη ομοιογένεια των κατασκευών. Από την άλλη πλευρά το καλό εργάσιμο και η ελαστικότητα του χωμάτινου επιχρίσματος αποδείχθηκαν απόλυτα συμβατά με τη δομή της αχυρόμπαλας απ' ότι αυτά των συμβατικών τσιμεντοκονιαμάτων με βάση τις αρχές θερμικής διαστολής και συστολής ξήρανσης.



Τα επιχρίσματα πρέπει να έχουν πάχος ίσο ή μεγαλύτερο από 2,5 cm ,ενώ πολλές φορές αυτό πρέπει να ενισχύεται με ένα ειδικό πλέγμα, που προσδίδει μεγαλύτερη αντοχή και καλύτερη πρόσφυση.

Τέλος όπως και στις κατασκευές από ωμή πλίνθα έτσι και στα οικοδομήματα από αχυροτεμάχια , η τοιχοποιία πρέπει να αναπνέει ώστε να σχηματίζονται πόροι διαφυγής για την υγρασία. Η οποία συγκεντρώνεται από εσωτερικό του τοίχου.<sup>1</sup>

### 1.1.9 Μηχανικές ιδιότητες – Ασφάλεια / Πυροπροστασία

Μελέτη που διεξήχθη στο Πανεπιστήμιο του Δυτικού Σύδνεϋ στην Αυστραλία εξέτασε τις μηχανικές ιδιότητες της τοιχοποιίας με αχυρόμπαλες για διώροφη κατοικία.

Στόχος ήταν να μελετηθεί η καταλληλότητα αυτών των τοίχων για διώροφη κατασκευή.

Δόθηκε έμφαση στη δύναμη, τη συμπίεση και το επίπεδο συντήρησης της τοιχοποιίας με αχυρόμπαλες.

Ελέγχθηκε τοίχος με αχυρόμπαλες σε πλήρη κλίμακα σε εργαστηριακές συνθήκες με σκοπό να ελεγχθεί στην οριακή κατάσταση αστοχίας . Το αποτέλεσμα δείχνει ότι είναι εφικτό να κατασκευαστεί ένα διώροφο κτίριο με τη μέθοδο Νεμπράσκα (αχυρόμπαλες ως φέροντας οργανισμός).

Τα αποτελέσματα των δοκιμών συγκρίθηκαν σε σχέση με τη σύσταση που παρέχεται από τον αντίστοιχο Γενικό Οικοδομικό Κανονισμό της Αυστραλίας. Διαπιστώθηκε ότι ο τοίχος με αχυρόμπαλες έχει επαρκή ικανότητα για μια διώροφη κατασκευή.



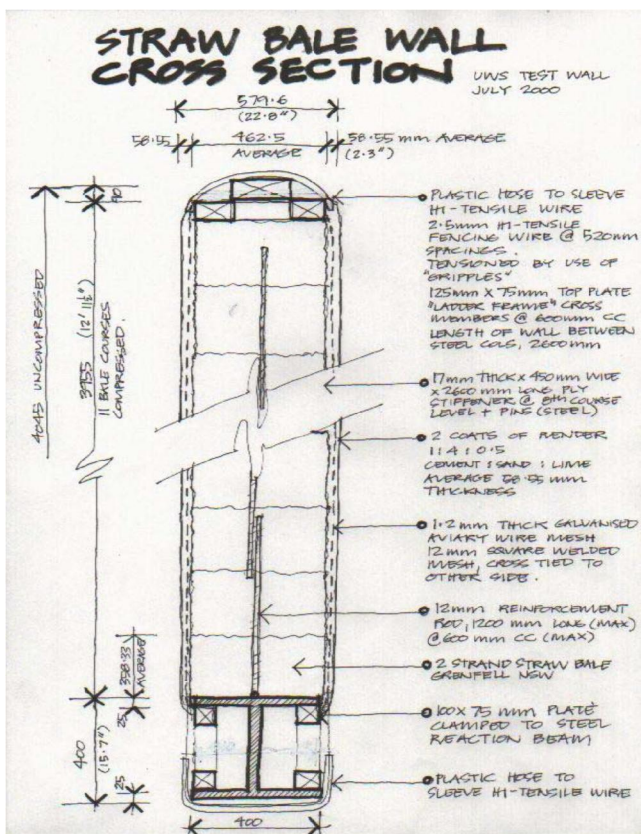
Γενική άποψη του πλαισίου δοκιμής χάλυβα και ημιτελής τοίχος



(πηγή: [http://www.osbbc.ca/Resources/Documents/Technical/two\\_storey\\_lb.pdf](http://www.osbbc.ca/Resources/Documents/Technical/two_storey_lb.pdf))

Η παραπάνω εικόνα δείχνει ένα μέρος του ημιτελές τοίχου στο 8ο επίπεδο που περιέχονται στο πλαίσιο δοκιμής χάλυβα. Προστέθηκε ένα στρώμα πάχους 17 χιλιοστών δομικής κόντρα πλακέ όπου καρφώθηκε στις αχυρόμπαλες. Αυτό έγινε για να σταθεροποιηθεί καλύτερα ο τοίχος.

Το τείχος κατασκευάστηκε σε ύψος 4 μέτρων (χωρίς συμπίεση) και μήκος τοίχου 2.6 μέτρα μεταξύ των στηλών από χάλυβα με ένα στρώμα 17 χιλιοστών δομικής κόντρα πλακέ όπου τοποθετήθηκε κατά τις στήλες χάλυβα για να αποτρέψει το άχυρο από την επέκταση στον ιστό της οι στήλες. Η γενική διάταξη για την κατασκευή μπορεί να φανεί στο Σχήμα παρακάτω.



Διατομή τοιχώματος με αχυρόμπαλες- προσθήκη δομικών κόντρα πλακέ

(πηγή: [http://www.osbbc.ca/Resources/Documents/Technical/two\\_storey\\_lb.pdf](http://www.osbbc.ca/Resources/Documents/Technical/two_storey_lb.pdf))

Ένα στρώμα πάχους 1,2 χιλιοστών συγκολλημένου γαλβανισμένου συρματοπλέγματος τεντώνεται στο πάνω μέρος και στον πυθμένα των πλακών και στερεώνεται στη θέση του. Επίσης είναι ραμμένο στην άλλη πλευρά

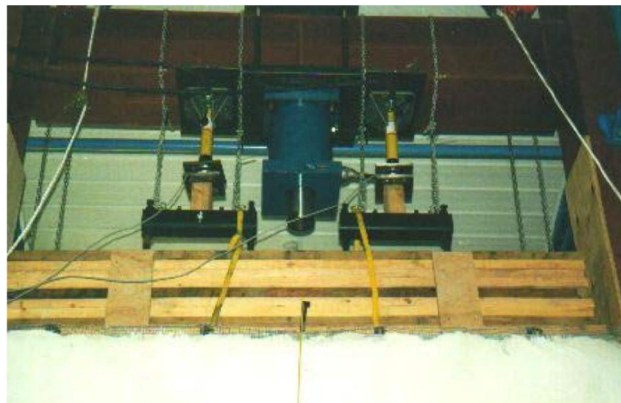
του τοίχου για να φέρει το μέγεθος των συρματοπλεγμάτων κοντά στην επιφάνεια των αχυρόμπαλων(βλ. εικόνα 3 κάτω).



Προβολή κορυφής πλάκας συναρμολόγησης δείχνοντας το συρμάτινο βρόχο

(πηγή: [http://www.osbbc.ca/Resources/Documents/Technical/two\\_storey\\_lb.pdf](http://www.osbbc.ca/Resources/Documents/Technical/two_storey_lb.pdf))

Στη συνέχεια ο τοίχος καθαρίστηκε με σκοπό να απομακρυνθούν τυχόν ίνες που εξέχουν ετσί ώστε να είναι σε μια ευθεία γραμμή όλος ο τοίχος πριν συμπιεστεί. Περάστηκαν 2 στρώσεις μίγματος τσιμέντου, άμμου και ασβέστη. Τοποθετήθηκαν 2 υδραυλικά έμβολα 10 τόνων το καθένα ,ενωμένα μεταξύ τους και συνδεδεμένα στην κορυφή της τοιχοποιίας( βλ. εικόνα)



Τοποθέτηση υδραυλικών εμβόλων στη κορυφή της τοιχοποιίας

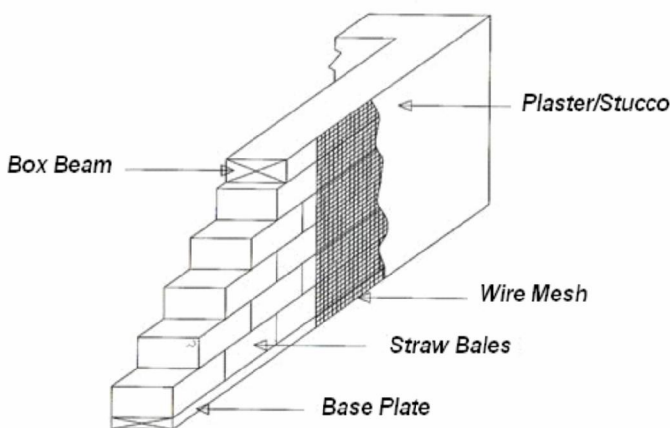
(πηγή: [http://www.osbbc.ca/Resources/Documents/Technical/two\\_storey\\_lb.pdf](http://www.osbbc.ca/Resources/Documents/Technical/two_storey_lb.pdf))

Τα αποτελέσματα των δοκιμών ,μετά την εφαρμογή άσκησης σταδιακών δυνάμεων( φορτίων) στον διώροφο τοίχο μέσω των υδραυλικών εμβόλων, ήταν ότι μετά από 22 λεπτά ξεκίνησαν οι πρώτες ρωγμές στο ξύλο στην

κορυφή του τοίχου. Μετά τα 35 λεπτά ξεκίνησαν οι πρώτες ρωγμές στον τοίχο. Ο διώροφος τοίχος έδειξε μερικά ενδιαφέροντα και συναρπαστικά δομικά χαρακτηριστικά. Όταν η φόρτιση φτάνει στα 80 KN αποκαλύπτει ότι η μετέπειτα αποτυχημένη συμπεριφορά του τοίχου έχει ένα ξεχωριστό χαρακτηριστικό δυσκαμψίας λόγω της συμπίεσής του υλικού.

Ο τοίχος φορτώνεται αρχικά ακολουθώντας μια τυπική γραμμική πορεία. Η ανάγνωση της παραμόρφωσης όμως είναι αρνητική, δείχνοντας ότι κινείται προς τα πάνω αντί προς τα κάτω όπως θα περίμενε κανείς. Αυτό οφείλεται στην εκκεντρότητα του φορτίου καθώς δημιουργεί μια σημαντική επίδραση κάμπτοντας το τοίχωμα προς τη δεξιά πλευρά. Η δοκιμή αυτή επιβεβαίωσε ότι οι τοίχοι με αχυρόμαλας είναι κατάλληλοι για τη κατασκευή διώροφου κτίσματος.<sup>9</sup>

Μετά από 100 χρόνια εμπειρίας, ερευνών και εργαστηριακών δοκιμών διεθνώς, στην κατασκευή κτισμάτων με αχυρόμαλας ως φέρων οργανισμοί επιχρισμένων και από τις δύο μεριές είτε με τσιμέντο, άργιλο ή χωμάτινα επιχρίσματα διαπιστώνεται ότι οι τοίχοι αυτοί είναι ικανοί να υποστηρίξουν - αντέξουν σημαντικά φορτία πληρώντας τυπικά κριτήρια του αντίστοιχου Οικοδομικού κανονισμού της Αμερικής όσον αφορά την δύναμη που μπορεί να ασκηθεί στο υλικό, την ευκολία συντήρησης, τον ερπυσμό και την ανθεκτικότητα του.<sup>10</sup>



Λεπτομέρεια επιχρισμένης τοιχοποιίας με αχυρόμαλας

(πηγή: [http://www.osbbc.ca/Resources/Documents/Technical/final\\_submission\\_journal\\_of\\_green\\_building.pdf](http://www.osbbc.ca/Resources/Documents/Technical/final_submission_journal_of_green_building.pdf))

Μία τυπική κατασκευή με αχυρόμπαλες έχει τα αχυροδεμάτια σε επίπεδη μορφή ,οι κατασκευαστές όμως αχυρόσπιτων πειραματίζονται χρησιμοποιώντας τις αχυρόμπαλες στην άκρη έτσι ώστε να υπάρχει μεγαλύτερος κατασκευαστικός χώρος (βλ. σχήμα παρακάτω).

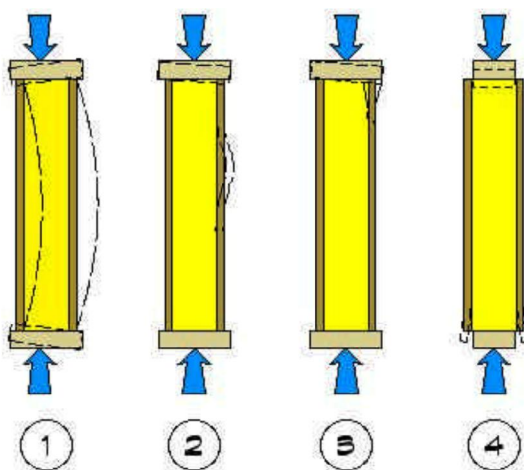


Αχυρόμπαλες ως φέρων οργανισμοί επίπεδα και στην άκρη

(πηγή: [http://www.osbbc.ca/Resources/Documents/Technical/final\\_submission\\_journal\\_of\\_green\\_building.pdf](http://www.osbbc.ca/Resources/Documents/Technical/final_submission_journal_of_green_building.pdf))

Στην έρευνα όπου έγινε, ζητούμενο είναι να διερευνηθεί η επίδραση του προσανατολισμού της αχυρόμπαλας σε σχέση με τη δύναμη και την ακαμψία.

Υπάρχουν 4 τρόποι αστοχίας τοίχων με αχυρόμπαλες, μετά από την άσκηση κατακόρυφου φορτίου, και οι δοκιμές που διεξήχθησαν μέχρι και σήμερα έχουν δει το κάθε ένα και όλα είτε μεμονωμένα είτε σε συνδυασμό των παρακάτω:



4 τρόποι αστοχίας τοιχοποιίας με αχυρόμπαλες

(πηγή: [http://www.osbbc.ca/Resources/Documents/Technical/load\\_bearing\\_sb\\_const.pdf](http://www.osbbc.ca/Resources/Documents/Technical/load_bearing_sb_const.pdf))

1. Λόγω παγκόσμιου λυγισμού – όλος ο τοίχος λυγίζει και καταρρέει ,όταν όμως είναι καλοφτιαγμένος αλλά εφαρμόζεται έκκεντρο φορτίο προκαλεί αντίστοιχα κάμψη
2. Λόγω τοπικού λυγισμού – ένα μέρος του σοβά πέφτει εξαιτίας της κακής εφαρμογής του προκαλώντας ανεπαρκή δεσμό και επιφανειακά τοπική κάμψη.
3. Λόγω θλίψης – μέρος της τοιχοποιίας συνθλίβεται είτε στην κορυφή είτε στο κάτω μέρος της πλάκας.
4. Λόγω ολίσθησης – μη στηριζόμενα μέρη τοίχου, είτε στην κορυφή είτε στο κάτω μέρος της πλάκας ,γλιστρούν λόγω αστοχίας των συνδετήρων σύνδεσης του συρματοπλέγματος στις πλευρές των πλακών η δοκών.

Τέσσερις ιδιότητες καθορίζουν τη χρησιμότητα της αχυρόμπαλας για την κατασκευή:

1. Η περιεκτικότητα σε υγρασία- η διάσπαση μπορεί να ξεκινήσει με περιεκτικότητα σε υγρασία 20 % - ποιοτικό έλεγχο και επιθεώρηση απαιτεί χρήση μετρητή υγρασίας του τοίχου
2. Η πυκνότητα των αχυρόμπαλων ποικίλει ανάλογα με τον τύπο των επίπεδων κόκκων , την υγρασία και το βαθμό συμπίεσης που παρέχεται από την πρέσα
3. Η ιστορία της αποθήκευσης και της προστασίας των αχυρόμπαλων, από τη συγκομιδή ως την κατασκευή. Μπορεί να τεκμηριώνεται ότι δεν περιέχουν υγρασία είτε από τον προμηθευτή είτε από δική μας οπτική επιθεώρηση.
4. Το μήκος των αχυρόμπαλων – μερικές Χορτοδετικές μηχανές κόβουν τις μπάλες σε πολύ μικρά μεγέθη με αποτέλεσμα οι αχυρόμπαλες να μην είναι επιθυμητές για την κατασκευή.

Οι γνώσεις μας για τις μηχανικές ιδιότητες των τοίχων με αχυρόμπαλες έχουν εξελιχθεί τα τελευταία 15 χρόνια και είναι πλέον εξοπλισμένα στην Ευρώπη και την Αμερική.

Αποτελέσματα ερευνών και εργαστηριακών δοκιμών συμβάλουν στην αύξηση των γενικών γνώσεων κατασκευής αχυρόσπιτων ,δημιουργώντας αξιοπιστία κατασκευής έχοντας τις αχυρόμπαλες ως κύρια τεχνική κατασκευής παρέχοντας εξαιρετική βάση για το μέλλον.<sup>10 & 11</sup>



Αχυρόσπιτο σε δοκιμή φωτιάς

<http://www.strawbale.com/lesson1-af.html>

Τοίχοι με αχυρόμπαλες ,αφότου είναι επιχρισμένοι εσωτερικά και εξωτερικά, είναι ανθεκτικοί στη φωτιά. Το άχυρο όταν είναι ξηρό είναι εύφλεκτο, αλλά όταν συμπιέζεται σε δέματα, δεν υπάρχει αρκετός αέρας για να μπορέσει να καεί. Σκεφτείτε ένα μονό φύλλο χαρτί καίγεται πιο γρήγορα από έναν τηλεφωνικό κατάλογο όπου περιέχει εκατοντάδες σελίδες. Έτσι συμβαίνει και με τις αχυρόμπαλες, όταν είναι μία μόνη της καίγεται αμέσως ενώ μια στοιβάδα αχυρόμπαλες (ειδικά όταν έχουν σοβαντιστεί κιάλας) αντιστέκονται σε μεγάλο βαθμό στην φωτιά. Η επίστρωση σοβά σφραγίζει αποτελεσματικά τις ήδη ανθεκτικές στη φωτιά αχυρόμπαλες μέσα σε ένα μη καύσιμο περίβλημα. Σύμφωνα με εργαστηριακές δοκιμές ασφαλείας που διεξήχθησαν από το Εθνικό Συμβούλιο Ερευνών του Καναδά, τοιχοποιίες από αχυρόμπαλες άντεξαν θερμοκρασίες μέχρι 1.850° C για δύο ώρες.

Μια φωτιά χρειάζεται οξυγόνο για να καεί και σε ένα συμβατικό σπίτι, υπάρχει πολύ οξυγόνο διαθέσιμο. Πολλοί άνθρωποι πιστεύουν ότι ένα σπίτι χτισμένο από άχυρο θα είναι σε μεγαλύτερο κίνδυνο σε περίπτωση πυρκαγιάς από ένα συμβατικό σπίτι. Στην πραγματικότητα ισχύει το αντίθετο. Τα σπίτια που χτίστηκαν με αχυρόμπαλες είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στη φωτιά καθώς δημιουργούν μία μορφή προστασίας κατά της εξάπλωσης της. Ένα τέτοιο σπίτι έχει περίπου τρεις φορές αντίσταση στη φωτιά από ένα συμβατικό σπίτι. Δεν υπάρχει πουθενά κοντά αρκετό οξυγόνο σε μία στοιβάδα από αχυρόμπαλες, έτσι δεν μπορεί να καούν. Να μην παραλείψουμε να αναφέρουμε ότι η φωτιά θα πρέπει να περάσει περίπου 1 ¼ "του σοβά πριν ακόμα ξεκινήσουν να καίγονται οι αχυρόμπαλες.



Προκατασκευασμένα πάνελ από ξύλο και άχυρο

(πηγή εικόνας :[www.modcell.com](http://www.modcell.com))

Μερικοί εργαστηριακοί έλεγχοι, με σκοπό την παρατήρηση των κτιρίων σε συνθήκες πυρκαγιάς πραγματοποιήθηκαν στο Albuquerque στο Νέο Μεξικό , σε εργαστήριο του τμήματος Πολ. Μηχανικών το 1993. Χρησιμοποιήθηκαν δύο πάνελ τοίχων αχυρόμπαλων –το πρώτο ήταν ανεπίχρηστο με δέσιμο 2-σχοινιών(2-string) και το δεύτερο σε πάνελ που είχε σοβά στην εσωτερική (θερμαινόμενη) πλευρά και στόκος τσιμέντου στην εξωτερική επιφάνεια.

Τα αποτελέσματα των δοκιμών πυρκαγιάς ήταν εντυπωσιακά, καθώς το γυμνό πάνελ (το ανεπίχρηστο) τοίχου με αχυρόμπαλες επέζησε για πάνω από 34 λεπτά πριν ολοκληρωθεί η δοκιμή, σταμάτησε όμως λόγω καύσης στο κέντρο του τοίχου ανάμεσα σε δύο μπάλες και σε μια γωνία του. Στο σημείο που η δοκιμή σταμάτησε, οι αχυρόμπαλες ήταν απανθρακωμένες μόνο 20 εκατοστά από τα 46 εκατοστά πάχους αχυρόμπαλας . Η μέγιστη θερμοκρασία που καταγράφεται στη θερμαινόμενη πλευρά του τοίχου ήταν 921 °C σε 30 λεπτά. Το επίχρηστο πάνελ τοίχου αχυρόμπαλας ελέγχθηκε για πάνω από 2 ώρες και άντεξε θερμοκρασίες που έφθασαν τους 1000 °C . Η άνοδος της θερμοκρασίας στη μη θερμαινόμενη πλευρά του πάνελ δοκιμής, μετά από 2 ώρες, κατά μέσο όρο λιγότερο από -12 ° C, με την υψηλότερη αύξηση να είναι -6 ° C. Ο σοβάς στη θερμαινόμενη πλευρά του πάνελ ράγισε και όπου οι ρωγμές ήταν υπήρχε περίπου 5 εκατοστά απανθράκωσης.<sup>12</sup>

### 1.1.10 Ανθρακικό Αποτύπωμα - Περιβάλλον



Οικολογικό Αποτύπωμα (πηγή: <http://omorfamystika.gr>)

Οι άριστες θερμικές ιδιότητες του Άχυρου συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών που παράγονται από τη θέρμανση και την ψύξη των κτιρίων.

Ως ανανεώσιμο υλικό, το άχυρο έχει αυτό που είναι γνωστό ως ένα θετικό αποτύπωμα άνθρακα. Καθώς τα φυτά μεγαλώνουν μόρια απορροφούν CO<sub>2</sub> από την ατμόσφαιρα. Μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μπορούν να διαχωρίσουν τα δύο άτομα οξυγόνου σχηματίζοντας έτσι το ενιαίο άτομο άνθρακα. Επιστρέφουν το οξυγόνο στην ατμόσφαιρα, και κρατάνε τον άνθρακα για να συνθέσουν σύνθετα σάκχαρα, όπως η κυτταρίνη, τα δομικά στοιχεία των φυτών.

Ο θετικός άνθρακας σημαίνει ότι υπάρχει περισσότερο CO<sub>2</sub> ισοδύναμο με τη μορφή του άνθρακα στο άχυρο από ό, τι εκπέμπεται μέσα από τη διαδικασία της φύτευσης, συγκομιδής, της δεματοποίησης και της κατασκευής ενός κτιρίου με την χρήση άχυρου.<sup>14</sup>

Καθοριστική θεωρείται η επίδραση που έχει στο περιβάλλον η εξοικονόμηση ενέργειας από την κατασκευή με αχυρόμπαλες. Ένα σπίτι από άχυρο που διαθέτει παθητική συστολή ηλιακής ενέργειας εκτιμάται ότι μειώνει τις εκπομπές αερίων CO<sub>2</sub> στο 85% σε σχέση με μια συμβατική κατασκευή από ξύλινο φέρων οργανισμό.<sup>14 & 1</sup>



### 1.1.11 Βιοκλιματική Συμπεριφορά - Συντελεστής Θερμοπερατότητας (U-value)



Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα μιας κατασκευής από αχυρόμπαλες είναι η εξαιρετικά υψηλή μονωτική τους ικανότητα.

Αυτή οφείλεται κυρίως στην ιδιότητα του άχυρου να μην επιτρέπει τις θερμικές απώλειες. Σε μία τοιχοποιία από άχυρο τα υπάρχοντα κενά μεταξύ τεμαχίων πρέπει να σφραγίζονται με υπολείμματα από άχυρο πριν αυτή σοβαντιστεί έτσι ώστε να αποτρέπεται η εισροή αέρα, κάτι που θα μειώνει την θερμομονωτική ιδιότητα της.

Επιπλέον τα ίδια τα αχυροτεμάχια χρησιμοποιούνται πολλές φορές για μόνωση από ανοίγματα που δημιουργούν τα ζευκτά των επικλινών στεγών.

Στη βιβλιογραφία υπάρχουν πολλές αναφορές από ιδιοκτήτες τέτοιων σπιτιών οι οποίοι κάνουν λόγο για θερμοκρασία 21°C καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου στο εσωτερικό του κτιρίου χωρίς την παραμικρή χρήση μηχανικών μέσων θέρμανσης ή δροσισμού.<sup>1</sup>

#### Συντελεστής Θερμοπερατότητας (U-value)

Οι κατασκευές από άχυρο διαθέτουν άριστες θερμικές ιδιότητες, δεδομένης της μειωμένης εκπομπής ρύπων κατά την θέρμανση και την ψύξη των κτιρίων.

Όλα τα παραπάνω είναι εφικτό να γίνουν σε μια κατασκευή Αχυρόσπιτου. Η αχυρόμπαλα είναι ένα υλικό με την καλύτερη τιμή U-value μεταξύ των υφιστάμενων κτιρίων με συμβατικά δομικά υλικά. Η τιμή U-value αχυρόμπαλας 50 cm είναι 0,12 W/m<sup>2</sup>K (σε σύγκριση με το U-value = 0,32 του τοιχώματος της κοιλότητας γεμάτη με 10cm ορυκτό έριο ή το μέρος της απαίτησης L περίπου 0,3 U-value). Επιπλέον, η αχυρόμπαλα 50 cm σε συνδυασμό με ασβέστη και πηλό για σοβά κάνει μια αεροστεγή κατασκευή.<sup>17</sup>

Οι τιμές της θερμοπερατότητας κυμαίνονται από 0,13 έως 0,19 ανάλογα με τα επίπεδα της αεροστεγανότητας που μπορούν να εξασφαλιστούν.

### 1.1.12 Εξοικονόμηση ενέργειας – Κόστος Κατασκευής



Τα οφέλη που συγκεντρώνει η εναλλακτική αυτή μορφή δόμησης είναι μοναδικά:

Επιβαρύνει ελάχιστα το Περιβάλλον και το κόστος είναι σημαντικά χαμηλότερο σε σχέση με μια συμβατική κατασκευή. Επιπλέον, οι τοίχοι από αχυρόμπαλες αντέχουν περισσότερο στη φωτιά από ότι εκείνους που είναι φτιαγμένοι από ξύλο, προσφέρουν καλύτερη ηχομόνωση, καλύτερη ακουστική και δεν εκλύουν θερμότητα, συμβάλλοντας στην καλύτερη ποιότητα του εισπνεόμενου αέρα μέσα στο σπίτι.

Επειδή οι αχυρόμπαλες αποτελούν ένα εξαιρετικό μονωτικό υλικό, η εξοικονόμηση ενέργειας που προσφέρουν τόσο στη θέρμανση όσο και στην ψύξη είναι σημαντική.<sup>5</sup>

Η ενεργειακή κατανάλωση κατά την κατασκευή ενός κτιρίου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Για παράδειγμα για να χρησιμοποιηθεί ένα φιλικό προς το περιβάλλον υλικό, όπως το άχυρο σε μια περιοχή όπου δεν υπάρχει, είναι αναγκαία η μεταφορά του από απομακρυσμένες (ίσως) περιοχές με αποτέλεσμα την αύξηση την ενεργειακής κατανάλωσης. Επίσης είναι πολύ σημαντικό να ερευνηθεί αν το υλικό ενδείκνυται για τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής που θα κτιστεί η οικία.

Η μπάλα από άχυρο σε σχέση με άλλα φυσικά υλικά δόμησης όπως οι χωμάτινοι τοίχοι από καλούπια (rammed earth) είναι πιο φθηνή με βάση το κόστος σε πρώτη ύλη. Μια τέτοια κατασκευή επίσης έχει κόστος συγκρίσιμο με αυτό μιας κατασκευής από ξύλινο φέροντα οργανισμό. Το κόστος όμως μειώνεται κατά πολύ καθώς το άχυρο είναι ένα παραπροϊόν της αγροτικής βιομηχανίας το οποίο είναι βιοδιασπώμενο σε αφθονία και συνιστά ένα βιώσιμο δομικό υλικό το οποίο εάν δεν χρησιμοποιηθεί υφίσταται διαδικασία για την παραγωγή οργανικού λιπάσματος ή καίγεται. Επομένως πρόκειται για ένα πλήρως ανακυκλώσιμο υλικό, το οποίο είναι βιοδιασπώμενο και δεν απαιτεί μεγάλη κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή του, χαρακτηριστικά που το καθιστούν *απόλυτα φιλικό προς το περιβάλλον*.

Επιπλέον λόγω προέλευσης του αποτελεί την πιο προσιτή και οικονομική λύση για την κατασκευή αγροτικών κατοικιών. Άλλα το κόστος κατασκευής συνήθως κυμαίνεται στα ίδια χαμηλά επίπεδα και για μια κατοικία στην πόλη. Ένας ακόμη παράγοντας ,που προκύπτει από τη χρήση του υλικού αυτού είναι και η μείωση της χρήσης σε ξυλεία κατά 50% σε τέτοιες κατασκευές γεγονός που συμβάλει στην προστασία των δασών που καταστρέφονται από την αλόγιστη υλοτομία.

Επίσης ένα προσεκτικά κατασκευασμένο σπίτι από αχυρόμπαλες έχει παρατηρηθεί ότι εμφανίζει αρκετά μεγάλη διάρκεια ζωής (στο Νεστόριο Καστοριάς βρέθηκαν κατασκευές του 1940 –έως 80 χρόνων /βλ. παρακάτω στο Παράρτημα 1).

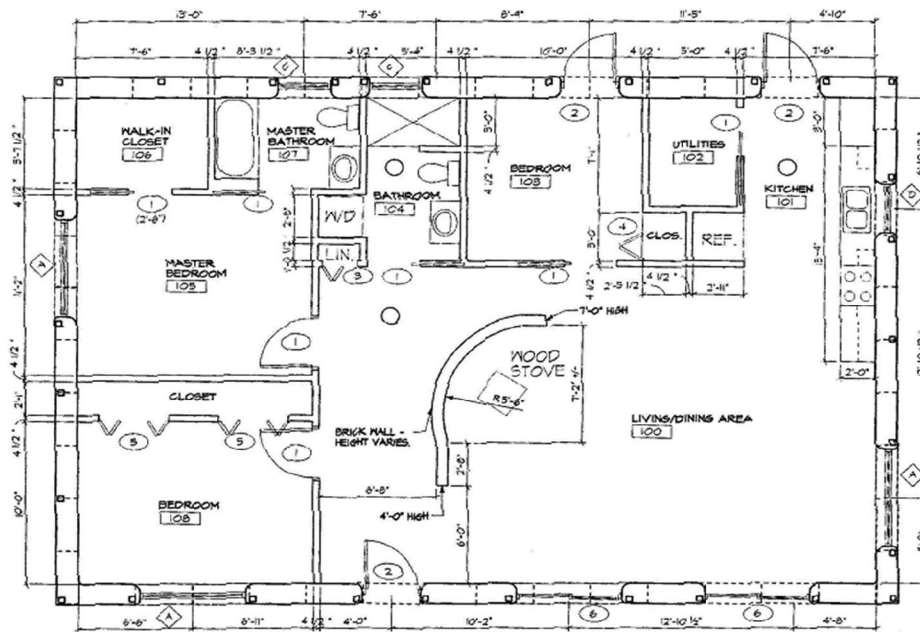
Με τη μέθοδο αυτή δόμησης και τον απλό σχεδιασμό κατοικιών επιτυγχάνεται μεγάλη ενεργειακή κάλυψη (επάρκεια). Αυτό μεταφράζεται και σε μείωση καθημερινών δαπανών θέρμανσης και συντήρησης ,που προκύπτουν από τη καθημερινή ζωή στην κατοικία.

#### Κόστος κατασκευής

Σύμφωνα με τον αναλυτή David A. Bainbridge το κόστος ενός κύκλου ζωής μια 100ετία για ένα σπίτι φτιαγμένο από άχυρο το οποίο διαθέτει παθητικά συστήματα ηλιακής ενέργειας εκτιμάται για τον ιδιοκτήτη στο 37% κόστους συντήρησης και λειτουργίας μιας συμβατικής κατοικίας με τον ίδιο κύκλο ζωής (η κατοικία κατασκευασμένη από άχυρο \$ 347.700 - αντίστοιχα 260.000€ ενώ η συμβατική \$947.900-αντίστοιχα 710.587€

Τέλος ένας σημαντικός παράγοντας που συμβάλει στη μείωση του κόστους κατασκευής είναι και η άμεση συμμετοχή του ιδιοκτήτη στην διαδικασία καθώς δεν απαιτείται ιδιαίτερη τεχνογνωσία ή εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό , εκτός από ορισμένες εξαιρέσεις (τοποθέτηση ανοιγμάτων)<sup>1</sup>

Το κόστος παραγωγής είναι αρκετά χαμηλό σε σύγκριση με μια συμβατική κατασκευή, όσο για το κόστος της άδειας ανέγερσης, είναι ίδιο με αυτό μιας συμβατικής κατοικίας.■



1350 sq ft straw bale house from [www.communitysolution.org/housing.html](http://www.communitysolution.org/housing.html)

Ας πάρουμε για παράδειγμα ένα σπίτι 80 τ.μ., φτιαγμένο από φυσικά υλικά και προσωπική εργασία:

- ❖ *Κόστος κατασκευής:* 15.000 ευρώ, τα οποία ισοδυναμούν κυρίως με τα έξοδα κατασκευής της σκεπής του.
- ❖ *Χρόνος κατασκευής:* 6 μήνες αν εργάζονται δύο - τρεις άνθρωποι.
- ❖ *Ενεργειακό κέρδος από τη λειτουργία του:* Αρκεί το 1/3 της ενέργειας που θα χρειαζόταν για να θερμανθεί ή να δροσιστεί ένα συμβατικό σπίτι.
- ❖ *Γραφειοκρατικές δεσμεύσεις:* Απαιτείται κανονική άδεια από την πολεοδομία.
- ❖ *Συμπεριφορά σε αντίξοες καιρικές συνθήκες:* Η αντοχή των κτισμάτων αυτών σε έντονα καιρικά φαινόμενα είναι δεδομένη, καθώς επιζούν ακόμα και στα πιο δύσκολα μετεωρολογικά γεωγραφικά πλάτη της γης εκατοντάδες χρόνια. (Στην Αγγλία, υπάρχει ανάλογη κατασκευή 500 ετών).
- ❖ *Υλικά που χρησιμοποιούνται:* Αμμος, πηλός, άχυρο, πέτρα και άλλοι φυσικοί πόροι που αφθονούν στις κατά τόπους περιοχές δόμησης.
- ❖ Ενδεικτικά να αναφέρουμε ότι αν συγκρίνουμε το κόστος των υλικών, τότε το κόστος της *Αχυρόμπαλας* αντιστοιχεί σε 12-14€/τ.μ. τοίχου πλήρωσης (περιλαμβάνει τη μεταφορά), ενώ το κόστος για ένα διπλό τοίχο πλήρωσης με Τούβλο και συμβατική μόνωση φτάνει τα 35-40€/τ.μ.
- ❖ Τα Αχυρόσπιτα κατασκευάζονται με κοινές αχυρόμπαλες, με ή χωρίς φέροντα σκελετό, και επικαλύπτονται με ειδικά προετοιμασμένο πηλό (cob), ενώ στην κατασκευή τους μπορούν να συμμετάσχουν όλοι, άσχετα αν έχουν πρότερες γνώσεις.<sup>1</sup>

### 1.1.13 Θερμική άνεση



Οι αχυρόμπαλες έχουν μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Δηλαδή έχουν τη δυνατότητα να αποθηκεύουν τη θερμότητα που προσλαμβάνουν από τον ήλιο κατά τη διάρκεια της ημέρας και να την αποδίδουν στο εσωτερικό του χώρου όταν η θερμοκρασία σε αυτόν είναι μικρότερη από του τοίχου, το βράδυ δηλαδή, όταν η εξωτερική θερμοκρασία έχει πέσει και μπορούμε να έχουμε δροσισμό ανοίγοντας τα παράθυρα .

Με τον τρόπο αυτό η θερμοκρασία στο εσωτερικό έχει μικρές διακυμάνσεις. Επίσης αντίστοιχα βοηθάει στη διαπνοή των τοίχων.

Απορροφά την υγρασία όταν η εσωτερική υγρασία είναι υψηλή και την αποδίδει όταν πέφτει.

Με αυτόν τον τρόπο υπάρχει μια άνεση του σπιτιού με θερμοκρασία περιβάλλοντος κοντά στους 21°C στο εσωτερικό του. Έτσι δεν έχουμε δημιουργία υδρατμών εσωτερικά, μούχλα, και το εσωτερικό περιβάλλον του σπιτιού είναι ευχάριστο και υγιεινό. <sup>1</sup>

#### 1.1.14 Χρόνος Υλοποίησης - Επίπεδο συντήρησης



Μόλις η κατασκευή του κτιρίου μας ξεκινήσει είναι πιθανό ότι μπορεί να χρειαστούν 6-9 μήνες για να ολοκληρωθεί. Αυτό βέβαια εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως τη θέση στην οποία βρίσκεται το κτίριο, τον σχεδιασμό του κτιρίου, την πολυπλοκότητα του σχεδιασμού, το εργατικό δυναμικό (έμπειρο ή μη), το μέγεθος και τα απαιτούμενα τελειώματα - επιχρίσματα. Πολλοί κτίστες- ιδιοκτήτες μπορεί να χρειαστούν περισσότερο χρόνο για να ολοκληρώσουν την κατασκευή. Όπως θα σημειωθεί στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο ο ιδιοκτήτης – κτίστης του Αχυρόσπιτου στην Αίγινα το ολοκλήρωσε σε 2 χρόνια καθώς δεν θα ήταν η μόνιμη κατοικία τους.

#### Επίπεδο Συντήρησης



( Πηγή: <http://www.decobook.gr>)

Το επίπεδο συντήρησης μιας κατασκευής από Αχυρόμαλας δε διαφέρει και πολύ από μια συμβατική κατασκευή. Το νερό και η υγρασία είναι ο βασικός εχθρός κάθε υλικού φυσικής δόμησης, καθώς η μακροπρόθεσμη έκθεση στην υγρασία προκαλεί φθορά στο εσωτερικό της τοιχοποιίας.

Η ύπαρξη στέγης, η συνεχής μέτρηση της υγρασίας κατά την διάρκεια της κατασκευής αλλά και η εφαρμογή φυσικού ασβεστοκονιάματος εξωτερικά της τοιχοποιίας και πηλοκονιάματος στο εσωτερικό βοηθάει προς την αποφυγή της υγρασίας.

Συγκεκριμένες πρακτικές κατά τον σχεδιασμό που μπορούν να δώσουν επιτυχώς λύση στο πρόβλημα υγρασίας είναι:

α) η προέκταση οροφής,

β) τα επιχρίσματα με φυσικά υλικά ώστε να ‘αναπνέει’ ο τοίχος,

γ) η ανύψωση από το έδαφος της βάσης θεμελίωσης.<sup>5</sup>

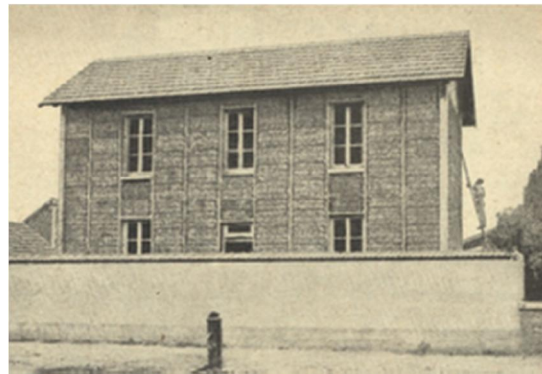
Μετά από έρευνα που διεξήχθη στο Πανεπιστήμιο Bath, πραγματοποιήθηκαν πειράματα για να καθιερωθεί μια εμπειρική μαθηματική σχέση μεταξύ της περιεκτικότητας σε υγρασία από άχυρο σίτου και τη σχετική υγρασία εντός του άχυρου για να εκτιμηθεί η περιεκτικότητα υγρασίας του χωρίς τη χρήση τεχνικών μέσων. Καρότα-δείγματα άχυρου εκτέθηκαν σε διαφορετικά επίπεδα σχετικής υγρασίας (RH), και μέτρησης της περιεκτικότητας σε υγρασία που καθορίζεται με τη σταθμική μέθοδο προκειμένου να παραχθεί μία ισόθερμη απορρόφηση. Αυτά τα δεδομένα συγκρίθηκαν με δεδομένα από άλλες πηγές, και μια εμπειρική σχέση αναπτύχθηκε.



Εικόνα 1 : Άχυρο πίσω από τοίχο που διατηρείται σε συνθήκες υψηλής υγρασίας (πηγή: <http://www.sciencedirect.com>)

Σε περίπτωση υγρασίας στους τοίχους άχυρου μπορεί να γίνει πολύ εύκολα ο απαραίτητος έλεγχος με μετρητές περιεκτικότητας της υγρασίας. Η απλούστερη και η πιο αξιόπιστη μέθοδος μέτρησης της

περιεκτικότητας σε υγρασία είναι να ζυγιστεί δείγμα του υλικού, να στεγνώσει σε ένα φούρνο στους 105 °C και στη συνέχεια να ζυγιστεί εκ νέου. Η απώλεια βάρους αντιπροσωπεύει την ποσότητα του νερού που υπάρχει στο αρχικό δείγμα και αυτό μπορεί να εκφραστεί ως ποσοστό του ξηρού βάρους του άχυρου για να δώσει μια πραγματική περιεκτικότητα σε υγρασία της μέτρησης. Εφόσον το δείγμα είναι σε συνθήκες υψηλής υγρασίας τότε -ένα μεγάλο προτέρημα ενός τοίχου από αχυρόμπαλες- είναι ότι μπορεί να γίνει γρήγορη αφαίρεση της αχυρόμπαλας όπου έχει υποστεί την υγρασία και να αντικατασταθεί εύκολα και γρήγορα δίχως να υπάρχει πρόβλημα στην κατασκευή μας.<sup>7</sup> Το άχυρο ως υλικό φυσικής δόμησης σε πληθιά, cob και επιχρίσματα χρησιμοποιείται από την αρχαιότητα. Αν παραμείνει προστατευμένο από την βροχή και την υγρασία μπορεί να έχει πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής. Το παλαιότερο παράδειγμα κατασκευής με αχυρόμπαλες στην Ευρώπη χτίστηκε το 1921 στην Γαλλία, ενώ στην Νεμπράσκα, ΗΠΑ το 1903. Από τη στιγμή που επιλέγουμε να κατασκευάσουμε ένα «φυσικό» σπίτι θα πρέπει να ξέρουμε ότι υπάρχουν κάποιες κατασκευαστικές ιδιαιτερότητες και ότι τα σπίτια από Αχυρόμπαλες θα πρέπει να προστατευτούν /συντηρηθούν για να μπορέσουν να ανταποδώσουν ανάλογα.



Εικόνες 1&2: Κατοικία από αχυρόμπαλες σήμερα και τότε στο Montargis ,Γαλλία(1921)-πηγή: <http://www.strawbale.com>



### 1.1.5 Πλεονεκτήματα – Οφέλη & Μειονεκτήματα Άχυρου ως δομικό υλικό <sup>6</sup>

Πλεονεκτήματα- Οφέλη Άχυρόσπιτου	Μειονεκτήματα
• Άκαυστο υλικό (λόγω της επιστρωσής τους με πηλό)	• Μεγαλύτερη απειλή η Υγρασία
• Αντίσταση στη φωτιά (3 φορές πιο ανθεκτικό από ένα συμβατικό κτήριο)	• Θέλει κόπο για την έγκριση των σχεδίων από τη Πολεοδομία
• Έυκολο και γρήγορο κτίσιμο	• Έχει μειωμένα εμβαδά λόγω του πάχους των τοιχωμάτων
• Οικονομία σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους	• Πρέπει οι αχυρόμπαλες να είναι πολύ καλά δεμένες και ομοιόμορφες
• Απόλυτα οικολογικό/ανακυκλώσιμο υλικό	• Η συλλογή αχυρόμπαλων σε ιδανικές κατά περίπτωση διαστάσεις
• Ηχομόνωση	• Η ανάγκη αποθήκευσης και προστασίας τους από την υγρασία και την βροχή.
• Ενεργειακή Απόδοση/Αυτοδυναμία	• Πιθανοί εχθροί του άχυρου είναι τα τρωκτικά και τα έντομα,
• Εξοικονόμηση Ενέργειας	• Δεν υπάρχει η ανάλογη τεχνογνωσία για κτίσιμο αχυρόσπιτων
• Δεν απαιτεί χρήση μηχανολογικού εξοπλισμού	
• Ελαφρύ υλικό	
• Συγκράτηση θερμότητας (Θερμοκρασία περιβάλλοντος 21°C όλο το χρόνο)	
• Φτηνό Υλικό	
• φιλικό προς το Περιβάλλον ( μείωση CO <sub>2</sub> κατά 85%)	
• δεν απαιτείται ιδιαίτερη τεχνογνωσία ή εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό	
• καλύτερη ποιότητα του εισπνεόμενου αέρα μέσα στο σπίτι	
• δεν χρειάζεται καμία επεξεργασία - εκτός από τη συμπίεση	



<sup>1</sup> Δούλκαρη Αικατερίνη-Καζάκου Θεοδώρα, *Διάλεξη με θέμα « Οικολογικά υλικά και μέθοδοι εναλλακτικής δόμησης »*, 2009 Ε.Μ.Π.

<sup>2</sup> [www.flowmagazine.gr](http://www.flowmagazine.gr), *Συντάκτης: Βασίλης Τσολακίδης, Βίο- Αρχιτέκτονας*, 2011

<sup>3</sup> Ευθυμίου Ηλίας, *Συντονιστής έργου*, 2000, «*Οικολογική δόμηση*», Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών, ΥΠΕΧΩΔΕ – Διεύθυνση οικιστικής πολιτικής και κατοικίας, Αθήνα, εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα

<sup>4</sup> Καραϊσκού Ελένη, Μαλαματένιου Ελένη, Οικονομοπούλου Φαίδρα, *Διάλεξη με θέμα « Αρχιτεκτονική και Ανακύκλωση-μια σχέση αλληλεπίδρασης »*, 2008 Ε.Μ.Π.

<sup>5</sup> [http://dionilde.blogspot.gr/2012/11/blog-post\\_30.html](http://dionilde.blogspot.gr/2012/11/blog-post_30.html)

<sup>6</sup> <http://greenliving.lovetoknow.com>

<sup>7</sup> [http://opus.bath.ac.uk/14397/4/Lawrence\\_CBM\\_2009\\_23\\_8\\_2763.ii.pdf](http://opus.bath.ac.uk/14397/4/Lawrence_CBM_2009_23_8_2763.ii.pdf)

<sup>8</sup> <http://arizona.openrepository.com/arizona/handle/10150/276292>

<sup>9</sup> Michael Faire – Dr. John Shang , A pilot study examining the strength ,compressibility and serviceability of rendered straw bale walls for two-storey load bearing construction & A pilot study examining and comparing the load- bearing capacity and behavior of an earth rendered strawbale wall to cement rendered straw bale wall

( [http://www.osbbc.ca/Resources/Documents/Technical/two\\_storey\\_lb.pdf](http://www.osbbc.ca/Resources/Documents/Technical/two_storey_lb.pdf) &  
[http://www.osbbc.ca/Resources/Documents/Technical/faine\\_zhang\\_render\\_tests.pdf](http://www.osbbc.ca/Resources/Documents/Technical/faine_zhang_render_tests.pdf))

<sup>10</sup> Bruce King ,*Load-Bearing Straw Bale Construction –A summary of worldwide testing and experience*, June 2003

([http://www.osbbc.ca/Resources/Documents/Technical/load\\_bearing\\_sb\\_const.pdf](http://www.osbbc.ca/Resources/Documents/Technical/load_bearing_sb_const.pdf))

<sup>11</sup> Stephen Vardy-Colin MacDougall , *Compressive testing and analysis of plastered straw bales*

[http://www.osbbc.ca/Resources/Documents/Technical/final\\_submission\\_journal\\_of\\_green\\_building.pdf](http://www.osbbc.ca/Resources/Documents/Technical/final_submission_journal_of_green_building.pdf) ,*Journal of Green Building*

<sup>12</sup> <http://www.motherearthnews.com/green-homes/expert-advice-on-straw-bale-building.aspx>

[http://en.wikibooks.org/wiki/Straw\\_Bale\\_Construction/Resources/Technical\\_Studies](http://en.wikibooks.org/wiki/Straw_Bale_Construction/Resources/Technical_Studies)

<http://www.strawbale.com/lesson1-af.html>

<sup>13</sup><http://www.motheearthnews.com/green-homes/expert-advice-on-straw-bale-building.aspx#axzz2aPz298ri>

[http://www.dcat.net/resources/ASTM\\_E119.pdf](http://www.dcat.net/resources/ASTM_E119.pdf)

<sup>14</sup> <http://ecological--footprint.blogspot.gr/2010/07/blog-post.html>

<http://www.architecture.com/SustainabilityHub/Designstrategies/Earth/1-1-1-8-Strawbaleconstruction.aspx>

[www.strawfootprint.org](http://www.strawfootprint.org)

<http://earlywarn.blogspot.gr/2010/09/straw-bale-model-house.html>

<sup>15</sup>[http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%BE%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BD%CF%8C%CE%BC%CE%B7%CF%83%CE%B7\\_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%82](http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%BE%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BD%CF%8C%CE%BC%CE%B7%CF%83%CE%B7_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%82)

[http://library.tee.gr/digital/dkr/dkr\\_m432/dkr\\_m432\\_kef4a.pdf](http://library.tee.gr/digital/dkr/dkr_m432/dkr_m432_kef4a.pdf)

<sup>16</sup> [http://courses.arch.ntua.gr/fsr/130226/Shmeiwseis\\_Bougiatioti.pdf](http://courses.arch.ntua.gr/fsr/130226/Shmeiwseis_Bougiatioti.pdf)

<sup>17</sup> <http://dalengroup.com/straw-bale-houses-2/>

## 1.2 Πηλός

### 1.2.1 Ορισμός – Ιστορική Αναδρομή

Τι είναι πραγματικά η άργιλος (ο πηλός).



Η επιστημονική ονομασία του πηλού είναι ένυδρο πυριτικό αργίλιο( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ).

(el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%B7%CE%BB%CF%8C%CF%82).Π

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι πηλού(αργίλου) που κυμαίνονται από καολινίτες – λιγότερο γνωστοί και συνεκτικοί, μέχρι βεντονίτες – περισσότερο γνωστοί και συνεκτικοί. Η καθαρότερη μορφή αργίλου είναι η καολίνη.

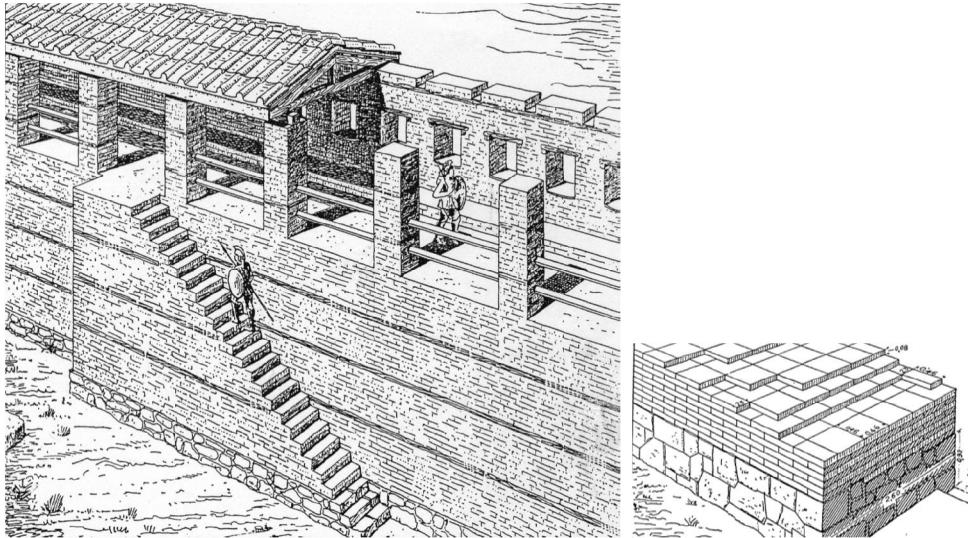
Στην πραγματικότητα, τα περισσότερα εδάφη περιέχουν ένα μίγμα αργίλων. Όλα τα είδη αργίλου αποτελούνται από δευτερεύοντα μεταλλεύματα ή μεταλλεύματα που περιέχουν νερό, τα οποία αποτελούνται από εξαιρετικά μικρά και πελατευσμένα σωματίδια , μικρότερα από 2  $\mu m$ (μικρά).<sup>1</sup>

Το χώμα διαβαθμίζεται με βάση το μέγεθος των κόκκων του. Γενικά υπάρχουν πέντε βασικοί τύποι: χαλίκι, άμμος, ιλύς, πηλός και οργανικό χώμα. Οι πέντε αυτοί τύποι σπάνια θα βρεθούν μόνοι τους στη φύση. Οι διαφορετικοί τύποι αναμιγνύονται σχηματίζοντας διάφορα μίγματα. Ο πηλός αποτελεί το συνδετικό υλικό , ενώ τα υπόλοιπα θεωρούνται αδρανή.

Ο πηλός όταν αναμειχθεί με νερό δημιουργεί μια κόλλα που λειτουργεί σαν το τσιμέντο στο σκυρόδεμα δηλαδή ενώνει τα υπόλοιπα αδρανή μεταξύ τους. Καθώς το νερό εξατμίζεται το μίγμα χάνει όγκο αλλά , τα μόρια του πηλού επειδή έχουν φορτιστεί ηλεκτρικά, οπότε διατηρούν τη σύνδεση. Το μίγμα σε κάθε περιοχή διαφέρει σε αναλογία από περιοχή σε περιοχή.

Κάθε φορά πρέπει να εξετάζεται η σύσταση ούτως ώστε να διαπιστωθεί αν χρειάζεται και σε τι ποσοστό βελτίωση του με εισαγωγή άλλου μίγματος (π.χ. αμμώδους).<sup>2</sup>

Η αρχιτεκτονική από χώμα είναι μια από τις αρχαιότερες τεχνικές χτισίματος. Οι αρχαίοι Έλληνες χρησιμοποιούσαν τον πηλό στην Αρχιτεκτονική άλλοτε ως ωμό και άλλοτε οπτό.



Τείχη Αθηνών 300 π.Χ

Το χώμα ως δομικό υλικό έχει χρησιμοποιηθεί κατά κόρον –κυρίως παλιότερα – σε κάθε είδους κατασκευή. Αρχαιολογικά ευρήματα, που φτάνουν ακόμα και τα 10000π.Χ. έφεραν στο φως την ύπαρξη ολόκληρων πόλεων όπως η Ιεριχώ, η Βαβυλώνα και η Υεμένη. Κτίρια από χώμα έχουν εκσκαφτεί στην Κίνα με χρονολόγηση κατά τον 7ο αι. π. Χ. Κατεξοχήν παραδείγματα επιβίωσης τέτοιων κατασκευών αποτελούν ο γνωστός σε όλους μας, πύργος της Βαβέλ και τμήμα του Σινικού τείχους.<sup>4</sup>

Το χώμα αποτελεί το δεύτερο πιο διαδεδομένο δομικό υλικό στον κόσμο, μετά το bambou.

Το παράδειγμα των αρχαίων ανατολικών λαών – Βαβυλωνίων - Φοινίκων, Αιγυπτίων και των προϊστορικών κατοίκων της Ελλάδος ακολουθούντες και οι Έλληνες των ιστορικών χρόνων έκαναν μεγάλη χρήση του ωμού πηλού στα δημόσια και ιδιωτικά οικοδομήματα.<sup>3</sup>

Το χώμα είναι ένα φυσικό υλικό το οποίο είναι διαθέσιμο σε όλο τον πλανήτη και έχει χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή κτιρίων από τις απαρχές του πολιτισμού.

Σχεδόν σε όλα τα ήπια και ξηρά κλίματα το χώμα ήταν το πιο πρόσφορο οικοδομικό υλικό.



Εικόνα 1: Πόλη Shibam, Υεμένη –γνωστή ως ‘Μανχάταν της ερήμου’ & 2 Πόλη Yazd ,Ιράν

Σήμερα υπολογίζεται ότι το μισό του παγκόσμιου πληθυσμού – τρία δις ανθρώπων στις έξι ηπείρους – ζει ή δουλεύει σε κτίρια κατασκευασμένα από χώμα. Ένας από τους τρόπους να χτίσουμε με χώμα είναι οι πλίνθοι (χωμάτινα τούβλα ψημένα στον ήλιο).

Μόνο του ή σε συνδυασμό με άλλα υλικά συναντάται σε διάφορες μορφές σε κατασκευές κατοικιών αλλά και μεγαλύτερων κτιρίων στην Αρχαία Μεσοποταμία ,την Αίγυπτο , το Μεξικό και την Ινδία.

Το κτίσιμο με χώμα παρέμεινε διαδεδομένο στην Ευρώπη μέχρι και το 2ο παγκόσμιο πόλεμο. Από εκεί και ύστερα αρχίζει η σταδιακή μείωση η οποία οφείλεται στην εμφάνιση όλο και περισσότερων βιομηχανικών δομικών υλικών που έδωσαν λύσεις στις αυξανόμενες απαιτήσεις του κατασκευαστικού τομέα και οι κατασκευές από χώμα απαξιώθηκαν καθώς συσχετίστηκαν με την εξαθλίωση και την ανέχεια στις υποανάπτυκτες χώρες ή συνδέθηκαν με μεταπολεμικές μνήμες που είχαν να κάνουν με την πρόχειρη στέγαση του πληθυσμού.

Το αποτέλεσμα ήταν μέσα σε περίπου 2 γενιές να έχει σχεδόν χαθεί η γνώση του κτισίματος με φυσικά υλικά. Αυτή η γνώση ήταν πολύ κοινή και στην Ελλάδα μέχρι και πριν από περίπου 50 χρόνια.

Στις μέρες μας λόγω της οικολογικής ευαισθητοποίησης , οι κατασκευές από χώμα αναβιώνουν. Το χώμα είναι *ανακυκλώσιμο , προσιτό , οικείο, φτηνό υλικό* ,είναι ιδανικό για πειραματισμό από οποιοδήποτε μη καταρτισμένο αλλά και για οποιοδήποτε ειδικό που θέλει να ανακαλύψει τις δυνατότητες του και να το χρησιμοποιήσει για την παραγωγή σύγχρονης Αρχιτεκτονικής και μάλιστα υψηλών προδιαγραφών.

Η δόμηση με ένα οικολογικό υλικό όπως το χώμα υπόσχεται πιο υγιή και οικονομική διαβίωση του ανθρώπου μέσα στα κτίρια και εξοικονόμηση ενέργειας που μεταφράζεται τόσο σε προστασία του περιβάλλοντος όσο και σε ενεργειακή οικονομία.

---

Πηγές: <sup>1</sup> Αγγελική Πριμικήρη -Διπλωματική Εργασία Ε.Μ.Π 2008,Κατεύθυνση Α' «*Η αρχιτεκτονική της ωμής αργίλου ως συνιστώσα του βιοκλιματικού σχεδιασμού και της οικολογικής δόμησης*»-

<sup>2</sup> Ρίζου Αθανασία- Διάλεξη Ε.Μ.Π 2009 .« *Κατασκευές από χώμα*»-

<sup>3</sup> Ορλανδός Αναστάσιος- Αθήνα ,1995 « *Τα υλικά των αρχαίων Ελλήνων* » ,ΤΕΕ

<sup>4</sup> <http://xtizontasmexoma.blogspot.gr/2010/10/blog-post.html>

<sup>5</sup> David Easton ,«*The Rammed Earth House* »,εκδόσεις *Chelsea Green , Vermont 2007*

## 1.2.2 Δομή & Σύσταση Υλικού



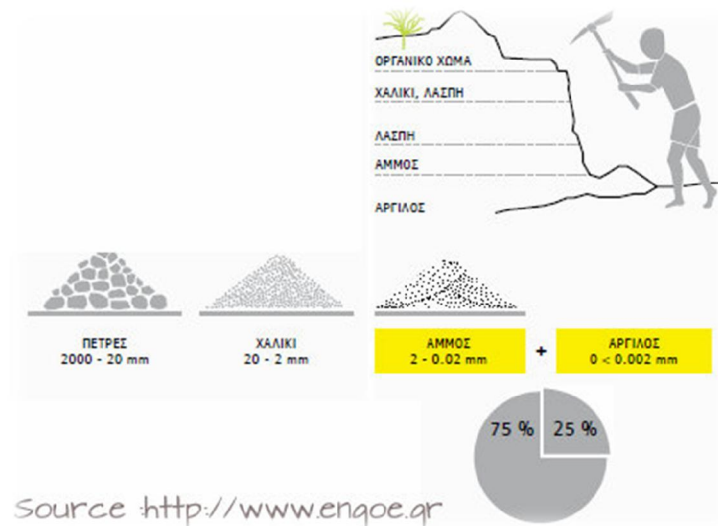
### Συστατικά Πηλού

Τα συστατικά του πηλού είναι τρία: άμμος, ιλύς και άργιλος. Η συγκολλητική τους ύλη είναι η άργιλος. Οι αναλογίες τους και η ποιότητα της αργίλου διαφέρουν σε κάθε περιοχή και σε κάθε χώμα. Ο δομικός πηλός μπορεί να δεχθεί προσμίξεις αδρανών όπως άμμος, χαλίκι, ελαφρόπετρα, μαρμαρορίζακι ή συνδετικά υλικά όπως το άχυρο, άλλες φυτικές ή ζωικές ίνες, το ροκανίδι, κτλ.<sup>1</sup>

Το χώμα είναι προϊόν αργής αποσύνθεσης πετρωμάτων. Αέρας, νερό, παγετός και μικροοργανισμοί συνεργούν όλα μέσα στο χρόνο για να μετατραπεί το πέτρωμα σε χώμα.

Στη φύση υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι πετρωμάτων :τα πυριγενή (ή εκρηξιγενή),τα ιζηματογενή και μεταμορφωσιγενή. Κάθε τύπος πετρώματος έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά. Υπάρχει ποικιλία στο χρώμα, την σκληρότητα, την πυκνότητα, την διάρκεια και την χημική σύσταση.<sup>2</sup>





Εικόνα 1: Συστατικά πηλού

Ο πηλός (ή η άργιλος) είναι φυσικό υλικό και βρίσκεται συνήθως ένα επίπεδο κάτω από το επιφανειακό χώμα, το οποίο δεν είναι κατάλληλο για κτίσιμο διότι περιέχει πολλά οργανικά στοιχεία. Έτσι προκειμένου να βρούμε τον πηλό πρέπει να σκάσουμε λίγο πιο βαθιά. Το χώμα που θα βρούμε πρέπει να περιέχει τουλάχιστον 15-25% πηλό προκειμένου να είναι κατάλληλο για το μείγμα μας. Στην περίπτωση που αυτό δεν συμβαίνει τότε δύο

είναι οι

- ❖ αναζήτηση άλλου αργιλοχώματος
- ❖ προσθήκη επιπλέον πηλού στο χώμα

Η πρώτη επιλογή είναι συνήθως και η πιο οικονομική, ενώ στη δεύτερη θα πρέπει να αγοράσουμε πηλό από είδη κεραμοποιίας. Ο πηλός βρίσκεται στη φύση σε πάρα πολλά και διαφορετικά χρώματα, κάτι το οποίο φυσικά είναι καλό διότι μπορεί κάποιος να χρησιμοποιήσει περισσότερα από ένα είδη πηλού προκειμένου και να δώσει διαφορετικά χρώματα στην κατασκευή του. Στις περισσότερες περιπτώσεις ο πηλός έχει έντονο χρώμα και ιριδίζει λόγω των διαφόρων οξειδίων μετάλλων που περιέχει. Ένα κοίτασμα πηλού λοιπόν θα ξεχωρίσει από το έντονο χρώμα του: λευκό, γκρι, μπλε, κόκκινο.

Για να μάθουμε εάν υπάρχει πηλός στην περιοχή που θέλουμε να κτίσουμε, ο πιο εύκολος τρόπος είναι να ρωτήσουμε τους ντόπιους και ειδικότερα τους γεροντότερους ή τους αγρότες μιας και δουλεύουν με τη γη καθημερινά. Επίσης οι τομές στο πλάι των δρόμων δηλαδή τα σημεία που έχει γίνει τομή στο βουνό για να

περάσει κάποια οδική αρτηρία, μπορούν να μας βοηθήσουν να αποκτήσουμε γνώση για το υπέδαφος της περιοχής.

Τέλος οι εκσκαφές οικοδομών μπορούν να βοηθήσουν να δούμε εάν είναι αργιλώδες το υπέδαφος και το πιο σημαντικό είναι ότι από εκεί μπορεί να συλλεχθεί χώμα το οποίο συνήθως θέλουν να ξεφορτωθούν χωρίς χρέωση για την μεταφορά ( τις περισσότερες φορές), ειδικά εάν είσαστε κοντά.<sup>3</sup>

### 1.2.3. Τρόπος Παρασκευής

Για να μπορέσει κάποιος να δει εάν το χώμα που βρήκε είναι αργιλώδες υπάρχουν κάποια εύκολα τεστ τα οποία μπορούν να πραγματοποιηθούν επιτόπου. Συνήθως ένας συνδυασμός των τεστ αυτών είναι αρκετός για να δώσει σωστά αποτελέσματα. Οπτικά όπως αναφέρθηκε ήδη ο πηλός έχει ζωνρό χρώμα. Άλλη ένδειξη πηλού το καλοκαίρι είναι εδάφη σκληρά ή ρηγματωμένα, τον χειμώνα πάλι είναι συνήθως υγρά (μιας και ο πηλός κρατάει την υγρασία), βαριά και κολλώδη.



Αν λοιπόν εντοπίσουμε ένα υποψήφιο κοίτασμα παίρνουμε λίγο χώμα στα χέρια μας και αφού το βρέξουμε, να παρατηρήσουμε κατά πόσο κολλά στο δέρμα μας. Στην περίπτωση που κολλάει τότε έχουμε μία καλή ένδειξη για ύπαρξη πηλού. Επίσης μπορούμε να κάνουμε μία μικρή μπάλα με το χώμα και να την πιέσουμε με τα δάκτυλα. Στην περίπτωση που δεν ρηγματώσει τότε αυτό αποτελεί ένδειξη ότι το χώμα μας είναι αργιλώδες. Άλλος τρόπος είναι να δημιουργήσουμε ένα μακαρόνι και να το τυλίξουμε γύρω από το δάκτυλο μας. Επίσης στην περίπτωση που δεν ρηγματώσει τότε αυτό αποτελεί ένδειξη ότι το χώμα μας είναι αργιλώδες. Στη συνέχεια θα δούμε διεξοδικά τα τεστ που κάνουμε για να σιγουρευτούμε ότι η σύσταση του χώματος όπου έχουμε είναι και η σωστή.

### 1.2.3.1 Ψάχνοντας το κατάλληλο χώμα

Δεν είναι όλα τα χώματα κατάλληλα για τη κατασκευή πλίνθων. Ψάχνουμε χώμα που να περιλαμβάνει άργιλο. Χρειάζεται να σκάψουμε στη περιοχή χτισίματος ή κοντά σε αυτήν για να βρούμε το κατάλληλο. Σκάβουμε χρησιμοποιώντας μια τσάπα ή ένα φτυάρι. Το χώμα της επιφάνειας ( περίπου 30εκατοστά ) είναι συνήθως ακατάλληλο λόγω του ότι περιέχει οργανικά στοιχεία (ρίζες, ζώφια,...). Κάτω από τα πρώτα στρώματα βρίσκουμε στρώματα άμμου και ακόμα πιο κάτω στρώματα αργίλου. Ποτέ δεν βρίσκεται μια ποσότητα χώματος που περιέχει μόνο άργιλο. Το χώμα περιέχει αναμεμιγμένη άργιλο, άμμο και άλλα υλικά. Το ιδανικό χώμα έχει μια αναλογία 75% άμμο και 25% άργιλο. Σημαντικό επίσης είναι να μη περιέχονται στερεά κομμάτια μεγαλύτερα από 1εκατοστό και οργανικά στοιχεία.

### 1.2.3.2 Τεστ Σύστασης χώματος

#### *Τεστ Μπουκαλιού*

Για να επιλέξουμε το καταλληλότερο χώμα για την κατασκευή μας, κάνουμε το τεστ του μπουκαλιού. Το επόμενο στάδιο είναι να ελέγξουμε εάν το χώμα περιέχει πηλό στην αναλογία που επιθυμούμε δηλαδή τουλάχιστον 20-25%.

Γεμίζουμε στο μισό κάθε μπουκάλι με ένα είδος χώματος που έχουμε εξορύξει. Συμπληρώνουμε με νερό. Κλείνουμε τα μπουκάλια και τα κουνάμε συστηματικά μέχρι να αντιληφθούμε ότι έχει γίνει η ανάμιξη χώματος-νερού. Αφήνουμε τα μπουκάλια ανοιχτά σε εξωτερικό χώρο. Εάν το χώμα περιέχει άργιλο τότε μια ποσότητα χώματος θα κατακαθίσει στο χαμηλότερο μέρος του μπουκαλιού και πάνω από αυτό θα υπάρχει νερό όπου θα γίνεται καθαρότερο προς τα πάνω. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο άργιλος δεν είναι πορώδες υλικό, όποτε δεν επιτρέπει στο νερό να εισχωρήσει μέσα του, όποτε και το “πετάει” προς τα πάνω.

Εάν το χώμα είναι αμμώδες (οπότε και ακατάλληλο) θα είναι αναμεμιγμένο με το νερό στο μεγαλύτερο μέρος του μπουκαλιού. Το καταλληλότερο χώμα θα είναι αυτό που θα αποβάλλει γρηγορότερα και συνολικότερα το νερό προς τα πάνω σχηματίζοντας ευδιάκριτα επίπεδα λάσπης που θα γίνονται πυκνότερα στα κατώτερα στρώματα.



Εικόνα 1&2 Κούνημα μπουκαλιών –Ανάμιξη χώματος-νερού



εικόνα 3: Το κατάλληλο χώμα

Για να σιγουρευτούμε ότι επιλέξαμε το κατάλληλο χώμα κάνουμε άλλο ένα τεστ με ένα βαζάκι.

Για το τεστ χρειαζόμαστε ένα βαζάκι, ένα μαρκαδόρο, λίγο αλάτι και το χώμα που θέλουμε να ελέγξουμε.  
Αναλυτικότερα :

1. Γεμίζουμε το 1/3 του βάζου με το χώμα και στη συνέχεια βάζουμε νερό μέχρι να γεμίσουν τα 2/3 του βάζου. Προσθέτουμε και μια κουταλιά αλάτι που θα βοηθήσει το διάλυμα να καθαρίσει πιο εύκολα.

2. Κλείνουμε το καπάκι και το χτυπάμε μέχρι να διαλυθεί τελείως το χώμα στο νερό και να σχηματιστεί ένα ωραίο “σοκολατούχο” ρόφημα!
  3. Το τοποθετούμε πάνω σε μία επίπεδη επιφάνεια. Το μείγμα θα αρχίσει να κατακάθεται.
  4. Στα πρώτα 10 δευτερόλεπτα θα πέσουν στον πάτο του βάζου τα αδρανή (πετραδάκια) και η χοντρή άμμος. Σημειώνουμε στο πλάι του βάζου μία οριζόντια γραμμή στο σημείο που ξεχωρίζει με το πιο πάνω επίπεδο.
  5. Μετά από 10 λεπτά σημειώνουμε πάλι μία οριζόντια γραμμή που πλέον θα μας δείξει πόση ψιλή άμμο και ιλύς έχει το χώμα μας.
  6. Στη συνέχεια περιμένουμε να καθαρίσει το νερό που έχει απομείνει και σημειώνουμε μία τελευταία οριζόντια γραμμή στο σημείο που ξεχωρίζει το νερό από το χώμα. Ανάμεσα στις δύο τελευταίες γραμμές βρίσκεται ο πηλός μας. Ο πηλός για να κατακαθίσει μπορεί να χρειαστούν λίγες ώρες ή ακόμα και μέρες. Στην περίπτωση που το νερό καθαρίσει πολύ γρήγορα (εντός 30 λεπτών) τότε μάλλον θα πρέπει να βρούμε άλλο χώμα.
  7. Πλέον οι γραμμές που έχουμε σημειώσει στο βάζο μας δίνουν με καλή προσέγγιση των ποσοστών του αργίλου και άμμου στο χώμα. Στην περίπτωση που έχουμε πολύ περισσότερο πηλό από το 15-25% τότε θα πρέπει να προσθέσουμε άμμο στο τελικό μας μίγμα. Στην αντίθετη περίπτωση θα πρέπει να προσθέσουμε πηλό ή (καλύτερα) να βρούμε άλλο χώμα.
- Στο τέλος αφού έχουμε καθορίσει πια είναι περίπου η αναλογία πηλού και άμμου στο χώμα μας, κάνουμε 3-4 τούβλα στα οποία “παίζουμε” με την αναλογία, δηλαδή ένα τούβλο το φτιάχνουμε με λίγο λιγότερο άμμο, ένα με λίγη περισσότερη και το τελευταίο με ακόμη περισσότερη. Το τούβλο που θα είναι πιο σκληρό και δεν θα “τρίβει” καθορίζει και την τελική μας επιλογή για την αναλογία του χαρμανιού μας. <sup>3</sup>



Εικόνα: Τεστ σύστασης χώματος

#### 1.2.4 Το μίγμα

Το μίγμα περιέχει άργιλο, άμμο, νερό και σταθεροποιητές<sup>[1]</sup>. Αναλόγως με τη σύσταση του χώματος χρειάζεται να προσθέσουμε διαφορετικές ποσότητες από άργιλο, άμμο και νερό για να δημιουργήσουμε το κατάλληλο μίγμα.

Στη περίπτωση που απαιτείται προσθήκη αργίλου, χρησιμοποιείται είτε καθαρή άργιλοε, είτε με κάποιο άλλο χώμα όπου περιέχει περισσότερη άργιλο. Στη περίπτωση που απαιτείται η προσθήκη άμμου, προτιμάται η ποταμίσις άμμος ή άμμος οικοδομής. Η θαλάσσις άμμος είναι ακατάλληλη λόγω των αλάτων (στρογγυλεμένους κόκκους). Επίσης είναι πολύ σημαντικό να μην χρησιμοποιήσουμε άμμο θαλάσσης διότι το αλάτι που έχει θα δημιουργήσει πρόβλημα στην κατασκευή μας σε βάθος χρόνου αφού είναι υδρόφιλο. Η άμμος που παράγεται στα σπαστήρια (η λεγόμενη και νταμαρίσις άμμος) καλό είναι να αποφεύγεται. Πολλές φορές ανάλογα με την περιοχή στην οποία είμαστε πχ σε νησιά, η ποταμίσις άμμος δεν είναι διαθέσιμη. Τότε θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε νταμαρίσις, αφού όμως κάνουμε κάποια δείγματα για να σιγουρευτούμε για το πως λειτουργεί στο μείγμα.

Η ποσότητα νερού εξαρτάται από τη ποιότητα του χώματος ώστε να δημιουργηθεί ένα παχύρρευστο υλικό. Για να βρούμε την κατάλληλη σύσταση του μίγματος κάνουμε τα εξής τεστ.

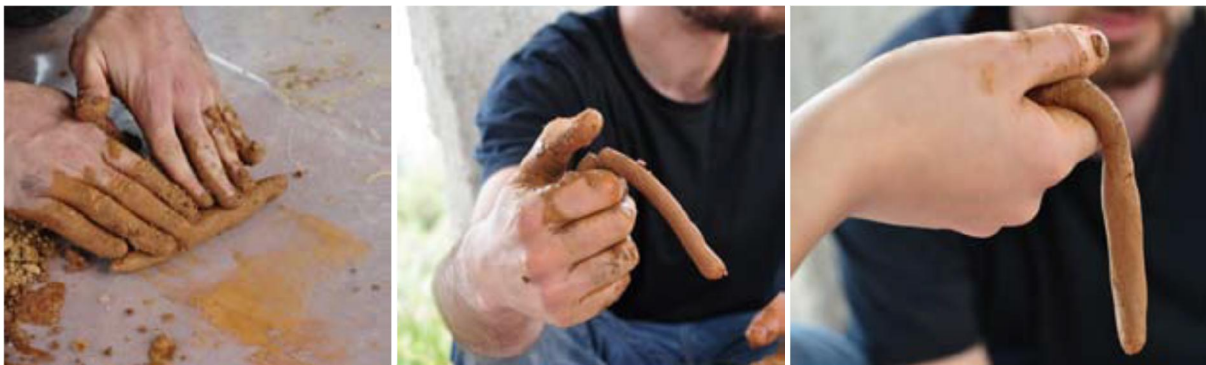
---

Σταθεροποιητές <sup>[1]</sup> : Μπορούν να χρησιμοποιηθούν τσιμέντο, ασβέστης, άχυρο, γιδότριχες κοπριά, μαστίχα, λάδι, πίσσα. Σε πολύ ξηρά κλίματα δε χρειάζεται η χρήση σταθεροποιητών στην κατασκευή. Παρ' όλα αυτά, η χρήση τους βελτιώνει τη στατική συμπεριφορά και την ανθεκτικότητα του τοίχου. Στη περίπτωση του άχυρου και των γιδότριχων η ποσότητα είναι τέτοια ώστε τα δυο αυτά υλικά να αναμιγνύονται ώστε να δημιουργούν ένα συμπαγές σώμα. Στη περίπτωση των υλικών σε σκόνη η ανάμιξη θα είναι της τάξης των 2-4% επί του συνολικού μίγματος.

### 1.2.4.1 Τεστ μίγματος

#### α. Cigar test (συνεκτικότητα)

Τυλίγουμε μικρή ποσότητα βρεγμένου χώματος σε σχήμα τσιγάρου. Πιέζουμε με τον δείκτη και τον αντίχειρα ώστε το “τσιγάρο” να έχει διάμετρο 5-6 mm. Το κρατάμε στη παλάμη με ένα κομμάτι να κρέμεται από έξω και τεστάρουμε πόσο γρήγορα θα σπάσει. Αν σπάσει απευθείας είναι πολύ αμμώδες και χρειάζεται περισσότερο άργιλο. Αν κρέμεται 5-6 cm τότε έχει αρκετή άργιλο. Αν συνεχίζει να κρέμεται πάνω από 20 cm τότε έχει πολλή άργιλο και χρειάζεται άμμο για να μην έχει πρόβλημα συρρίκνωσης. Αν κρέμεται και δε σπάει μεταξύ 7-15 cm, έχουμε το ιδανικότερο μίγμα.<sup>4</sup>



Εικόνες 1-3 : Τεστ μίγματος σε σχήμα τσιγάρου( πηγές: <http://www.engoe.gr/>)



Δοκιμή συνοχής με λωρίδα πηλού (Πηγή: BUILDING WITH EARTH, Gernot Minke σελ.24

## β. Biscuit test

Αφού βρέξουμε το χρώμα, πλάθουμε ένα χοντρό μπισκότο πάχους περίπου 5 mm και διαμέτρου 5 cm. Το βάζουμε να στεγνώσει στον ήλιο. Αν όταν στεγνώσει και σπάσει σε κομμάτια καθώς το σηκώνουμε τότε το μίγμα είναι ακατάλληλο. Αν μπορεί να σπάσει χωρίς πολύ δυσκολία ασκώντας κάποια πίεση με τα δάχτυλα τότε είναι καλό. Αν είναι πολύ σκληρό και σπάει σε μεγάλο κομμάτι, τότε έχει πολλή άργιλο και χρειάζεται περισσότερη άμμο.

Κάτι άλλο που θα μπορούσαμε να κάνουμε είναι να αφήσουμε το μπισκότο (σφαίρα) να πέσει από ύψος 1,5 μ. Την αφήνουμε να πέσει επάνω σε επίπεδη επιφάνεια. Αν η σφαίρα υποστεί μια απλή παραμόρφωση και εμφανίσει *ελάχιστες ή καθόλου ρωγμές*, τότε έχει εξαιρετικές συνεκτικές ιδιότητες, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε *άργιλο*. Αν η σφαίρα διαλυθεί και γίνει θρύψαλα έχει πολύ χαμηλή περιεκτικότητα αργίλου και ο πηλός δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για δόμηση.<sup>1</sup>



Δοκιμή ρίψης σφαίρας(μπισκότου)-(πηγή : <http://www.engoe.gr/> )



### γ. Handwashing test

Έχοντας βρώμικα τα χέρια από το χώμα, πλένουμε τα χέρια μας. Αν καθαρίζονται εύκολα, τότε το χώμα είναι πολύ αμμώδες οπότε δεν είναι καλό. Αν παίρνει κάποια ώρα για να καθαριστούν εντελώς και υπάρχει μια αίσθηση σκόνης που μένει στα χέρια, τότε είναι καλό. Αν πλένοντας υπάρχει η αίσθηση ότι τα χέρια κολλάνε, τότε υπάρχει πολλή άργιλος και χρειάζεται να προσθέσουμε άμμο.



Δοκιμή πλυσίματος χεριών από το μίγμα

Άλλες απλές δοκιμές όπου μπορούμε να κάνουμε για να τσεκάρουμε το μίγμα μας είναι αυτό της δοκιμής οσμών άλλα και της αφής.

### δ. Δοκιμή Οσμών

Ο καθαρός πηλός είναι άοσμος. Αν περιέχει οργανικές ύλες (ανεπιθύμητες), τότε αποκτά μυρωδιά μούχλας.

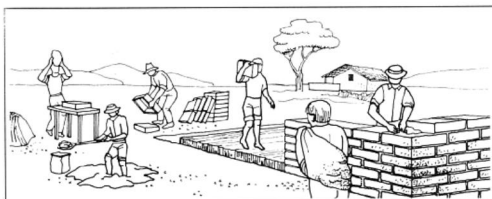
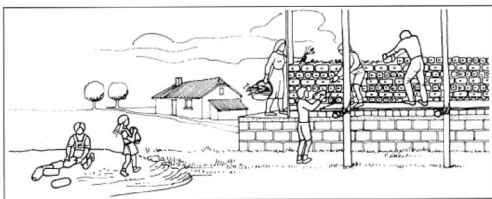
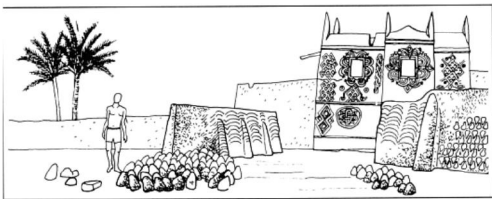
### ε. Δοκιμή αφής

Με την αφή ανάμεσα στα δάχτυλα μας μπορούμε να νιώσουμε την περιεκτικότητα του πηλού σε άμμο. Το αργιλώδες έδαφος δίνει μια κολλώδη ή αλευρώδη αίσθηση.<sup>1</sup>

### 1.2.5 Τεχνικές δόμησης με πηλό

Ανάλογα με το κλίμα, την σεισμικότητα, αλλά και τα κοινωνικά δεδομένα εφαρμόζονται σε κάθε τόπο διαφορετικές τεχνικές για την χρήση του πηλού.

#### A. Κατασκευή Πλιθιού



πηγή: βιβλίο Εργαστηρίου Δομικών Υλικών ,Α.Π.Θ. Πολ. Μηχανικών

Είναι η τεχνική που συναντάμε ιστορικά στον ελληνικό χώρο και έχει αποδείξει καλή αντισεισμική συμπεριφορά εφόσον ακολουθείται ο σωστός τρόπος δόμησης.

Η κατασκευή του πλιθιού μπορεί να γίνει χειρωνακτικά ή να είναι μηχανοποιημένη ή και βιομηχανοποιημένη βάσει προδιαγραφών. Για την κατασκευή της πλίνθας -ως φυσικό προϊόν της Γής- αναμειγνύονται υλικά όπως η άμμος , η λάσπη και πηλός με αρκετό νερό ώστε να δημιουργήσουν ένα πηχτό μείγμα. Το υλικό αυτό τοποθετείται σε ειδικά καλούπια για να προκύψουν οι πλίνθες σε μορφή τούβλου. Όταν τους αφαιρεθούν τα καλούπια ,αφήνονται για εβδομάδες στον ήλιο έτσι ώστε να ξεραθούν.

\*Αναλυτικότερα στο υποκεφάλαιο κατασκευής πηλού 1.2.7

Οι κόκκοι άμμου κι λάσπης λειτουργούν ως συμπληρωματικό στοιχείο , ενώ ο πηλός ως συνδετικό στοιχείο.

Οι παραδοσιακοί κτίστες συνήθιζαν να προσθέτουν στο μείγμα κομμάτια πηλού για τους παρακάτω λόγους :

α) ο πηλός αυξάνει την ελαστική δύναμη του υλικού ,

β) η πρόσθεση πηλού έχει ως αποτέλεσμα μια πιο ελαφριά πλίνθα καθώς αυξάνεται το ποσοστό της χωρητικότητας σε αέρα μέσα σε αυτόν , και

γ) ο πηλός λόγω της ιδιότητας του να συγκρατεί περισσότερη υγρασία συμβάλλει σε μία ομαλή και ομοιόμορφη ξήρανση του υλικού, με αποτέλεσμα την μείωση των πιθανοτήτων εμφάνισης ρωγμών(κατά την ξήρανση του). Οι πλίνθοι αυτοί ποικίλουν σε μέγεθος (ύψος : 7-10cm, πλάτος :20-35cm, μήκος :20-40cm).

Οι φυσικές πλίθες παράγονται ακόμα σε μεγάλες ποσότητες στο Μεξικό ,αλλά και στις Η.Π.Α. σύμφωνα με τους κώδικες δόμησης οι πλινθόκτιστοι τοίχοι από φυσική πλίνθα απαιτείται να σοβαντίζονται με τσιμεντοκονίαμα πράγμα το οποίο είναι ασύμβατο διότι αποτελούν δυο διαφορετικά υλικά τα οποία απελευθερώνουν διαφορετική ποσότητα υγρασίας και με διαφορετικό ρυθμό ,αυτό έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφή της τοιχοποιίας. Αντιθέτως , η επικάλυψη του πλινθόκτιστου τοίχου προτείνεται να γίνεται από τα ίδια υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή του πλίνθου ,έτσι ώστε να συμπεριφέρονται το ίδιο σε καταστάσεις ξηρασίας , υγραπορρόφησης , θερμικής απόδοσης κτλ .



(πηγή : [www.piliko.gr](http://www.piliko.gr))

Οι πλίνθοι (τα πλιθιά) χρησιμοποιούνται είτε σε κατασκευή φέρουσας τοιχοποιίας, συνήθως με ξύλινα διαζώματα, είτε σε τοίχους πλήρωσης ξύλινου φέροντος οργανισμού, είτε σε θολωτές κατασκευές. Στα δικά μας κλίματα επιβάλλεται πάντα εξωτερική θερμομόνωση.



Νεστόριο,Καστοριάς(πηγή : προσωπικό αρχείο)

## Β. Κατασκευή καλουπωτού πηλού



Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο ANELIEH

Όλα τα μίγματα πρέπει να περιέχουν ικανοποιητική ποσότητα χοντρόκοκκων υλικών σταθερού όγκου για να μειωθεί η συρρίκνωση. Το νερό προστίθεται με ράντισμα μέχρις ότου το υλικό να δίνει την αίσθηση της υγρής άμμου. Η τεχνική αυτή διαθέτει μεγάλη μάζα και στιβαρότητα, έχει καλή *θερμοχωρητικότητα* και καλό είναι στην Ελλάδα να εφαρμόζεται μόνο στα ισόγεια των κτιρίων.

Στην Ελλάδα και σε ψυχρότερα κλίματα απαιτείται εξωτερική θερμομόνωση.

Πηγή: φωτογραφικό αρχείο ANELIEH



Αμφίπλευρα των υποστυλωμάτων τοποθετούνται ξύλινα ή μεταλλικά καλούπια. Στο μεταξύ τους διάκενο απλώνεται ο πηλός σε λεπτές στρώσεις. Η συμπίεση γίνεται είτε χειρωνακτικά είτε μηχανικά με κατακόρυφη κρούση, ώστε τα πλακοειδή σωματίδια της αργίλου να παίρνουν οριζόντια θέση και έτσι να αυξάνονται οι μεταξύ τους δυνάμεις συνοχής. Η κατασκευή αυτή μπορεί να εφαρμοστεί, είτε ως φέρουσα, ενίοτε με εσωτερικό οπλισμό π.χ. από μπαμπού, είτε ως τοιχοποιία πλήρωσης μεταξύ των υποστυλωμάτων.



Εικόνα πάνω : Construction of the Chapel of Reconciliation, Berlin 2000 Earth Builder Martin Rauch

Πηγή: University of Research Sydney (<http://www.dab.uts.edu.au>)

### Γ. Κατασκευή Τσατμά – Μπαγδατί



Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο ANELIEH

Ο τσατμάς<sup>11</sup> είναι ένας ελαφρύς, λεπτός τοίχος από πηλό. Στηρίζεται από ένα εσωτερικό ξύλινο πλέγμα, το οποίο κατασκευάζεται από κατακόρυφους πήχεις, όπου μπλέκονται κλαδιά ή καλάμια (μπαγδατί<sup>12</sup>). ή στερεώνονται ξύλινα πηχάκια. Το πλέγμα στηρίζεται στον ξύλινο σκελετό της κατασκευής. Ο πηλός τοποθετείται με ταυτόχρονη πίεση από δύο άτομα που βρίσκονται εκατέρωθεν του πλέγματος. Στη σύνθεσή του αναμιγνύεται συνήθως μακρύ άχυρο και ενδεχομένως ροκανίδι ή γιδότριχες.

Οι παραλλαγές του τσατμά, όπως εμφανίζονται στις παραδοσιακές κατασκευές είναι πάρα πολλές. Σε γενικές γραμμές είναι πλέγματα ξύλου, ποικίλων διατομών και μορφής. Κατακόρυφοι πήχεις στηρίζονται ή συνδέονται με τη φέρουσα κατασκευή και πάνω τους πλέκονται οριζόντια κλαδιά. Πάνω στο πλέγμα πιέζεται το μείγμα του πηλού, ταυτόχρονα και από τις δύο πλευρές του, από δύο άτομα, ώστε η εσωτερική και η εξωτερική στρώση του πηλού να κολλήσουν μεταξύ τους και να σχηματιστεί ένα ενιαίο στρώμα, που ενσωματώνει τα κλαδιά.



Κατασκευή διπλού τσατμά, στην εσωτερική και στην εξωτερική πλευρά του ξύλινου σκελετού.  
Μεταξύ τους φαίνεται να υπήρχε διάκενο αέρα, Καστοριά ( Προσωπικό Αρχείο)

Το μείγμα του πηλού που χρησιμοποιείται στην κατασκευή του τσατμά είναι αδύνατος πηλός, με σχετικά μικρή περιεκτικότητα αργίλου, με άμμο και μικρό χαλίκι και με αρκετό συνδετικό άχυρο ή ζωική τρίχα (αιγότριχα).

Άλλες φορές τα φατνώματα της φέρουσας κατασκευής γεμίζουν με πλιθιά, οπτόπλινθους, ή μικρά λιθάρια και πάνω τους πιέζεται ο πηλός.

Τα υλικά και η μέθοδος κατασκευής καθορίζονται από το στατικό ρόλο των δομικών στοιχείων, τις διαθέσιμες πρώτες ύλες και την δημιουργική φαντασία του κατασκευαστή.

Μπαγδατί



Το μπαγδατί κατασκευάζεται από λεπτά πηγάκια ή και από καλάμια που καρφώνονται οριζόντια πάνω στα ξύλα του φέροντος οργανισμού. Μεταξύ τους μεσολαβεί ένα λεπτό διάκενο, ικανό για να κρατήσει το πηλοκονίαμα ή το ασβεστοκονίαμα που τα επικαλύπτει.



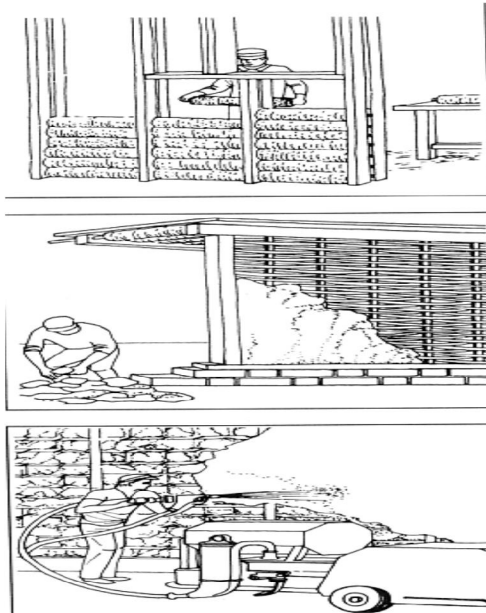
Θεσσαλονίκη



Βαρούσι, Τρίκαλα

Κατασκευές με μέθοδο μπαγδατί

Στην παραδοσιακή κατασκευή ο τσατμάς και το μπαγδατί είναι συνήθως οι μη φέροντες διαχωριστικοί τοίχοι του ισογείου και σχεδόν πάντα οι διαχωριστικοί τοίχοι του ορόφου. Αποτελούν επίσης τμήματα του κελύφους του ορόφου είτε ως περίβλημα των σαχνισιών είτε ως εξωτερικοί φέροντες τοίχοι στο Νότο. Με τον τρόπο αυτό, τα φορτία στον όροφο, στην ανώτερη ζώνη της κατασκευής, μειώνονται σημαντικά σε σύγκριση με τα φορτία της φέρουσας ωμοπλινθοδομής του ισογείου.<sup>4 & 5&17</sup>



Κατασκευή με επίχριση ξύλινων πλεγμάτων

(πηγή: βιβλίο Εργαστηρίου Δομικών Υλικών ,Α.Π.Θ. Πολ. Μηχανικών)

<sup>11</sup> Μπαγδατί : Δεν είναι απολύτως σαφές σε ποια ακριβώς κατασκευή αποδίδεται ο καθένας από τους δύο όρους τσατμάς και μπαγδατί.

Τσατμάς (από την τούρκικη λέξη catma)

Κατά τον Ν. Μουτσόπουλο: είναι η κατασκευή όπου τα κενά του ξύλινου σκελετού γέμιζαν με λιθαράκια, πλίθρες, πλεγμένα κλαδιά, καλάμια ή ξύλινα πηχάκια. Λάσπη με άχυρα, καλά δουλεμένα, επικάλυπταν αμφίπλευρα σε διαδοχικές στρώσεις τον τοίχο, έως ότου το πάχος να φτάσει στο επιθυμητό σημείο.

Κατά τον Δημητράκο (Μέγα Λεξικόν όλης της Ελληνικής Γλώσσης): ...είναι λεπτός τοίχος εκ δοκών, ων τα διάκενα συμπληρούνται διά πλίνθων, είτε διά ξύλινων πήχων επικαλυπτομένων δι' ασβεστοκονιάματος.

Μπαγδατί (από την τούρκικη λέξη bagdati)

Κατά τον Ν. Μουτσόπουλο: είναι η κατασκευή, στην οποία το υλικό πλήρωσης του ξύλινου σκελετού ήταν πυκνά τοποθετημένα πηχάκια (Αμπελάκια : φαρσώματα).

Κατά τον Δημητράκο (Μέγα Λεξικόν όλης της Ελληνικής Γλώσσης): ...είναι το δια λεπτών και επιμήκων σανίδων και ασβεστοκονιάματος σχηματιζόμενον στρώμα είτε ως χώρισμα δωματίων, αντί μεσότοιχου, είτε ως οροφή.

Και στις δύο περιπτώσεις, πρόκειται για ελαφρές ή σχετικά ελαφρές κατασκευές, μικρού πάχους, στις οποίες κυρίαρχα υλικά είναι ο πηλός και το ξύλο.

#### Δ. Μορφοποιημένος Πηλός

Συναντάται σε παραδοσιακές κατασκευές σε πολύ μικρά κτίρια και σε μη σεισμογενής περιοχές. Στις χώρες της Αφρικής είναι διαδεδομένη τεχνική.



Καλύβες Musgum στο σχήμα οβίδα πυροβολικού

Άπω Βόρεια επαρχία, Καμερούν ([http://en.wikipedia.org/wiki/Musgum\\_mud\\_huts](http://en.wikipedia.org/wiki/Musgum_mud_huts))

Τα σπίτια Musgums είναι ένα παράδειγμα της " αρχιτεκτονικής της γης ". Με απλό σχεδιασμό, είναι κατασκευασμένα από λάσπη και νερό ,από τους κατοίκους της με τη χρήση μερικών εργαλείων. Το σχήμα τους μοιάζει με των κυψελών ή σαν κοχύλια, όπου είναι γνωστά ως «cases obos».

Τα σπίτια χτίστηκαν με γεωμετρικά σχέδια. Είναι χτισμένα σε σχήμα μιας οβίδας πυροβολικού σε ανεστραμμένη "V" ή κωνική μορφή. Ο Ronald Rael , αρχιτέκτονας και συγγραφέας του βιβλίου με τίτλο, «Earth Architecture», έχει παρατηρήσει ότι τα σπίτια Musgum είναι «μια αλυσοειδή αψίδα- η ιδανική μαθηματική μορφή "που μπορεί να αντέξει το φορτίο του κτιρίου με την ελάχιστη χρήση του υλικού. Λόγω της αντεστραμμένης μορφής ενός τόξου της αλυσίδας, οι θόλοι είναι λεπτή και λειτουργούν με την αρχή της συμπίεσης που παρέχει ακαμψία στη δομή, χωρίς καμία συστολή ή κάμψη. Τα γεωμετρικά σχέδια στην εξωτερική πλευρά των θόλων παρέχουν μια θέση για τους εργαζόμενους που στέκονται σε αυτά κατά τη διάρκεια της κατασκευής,

αλλά και κατά τη διάρκεια της μετέπειτα συντήρησης. Η εξωτερική σχεδίαση και μεγάλο ύψος των δομών (περίπου 9 m) κρατά τα σπίτια δροσερά μέσα στις ζεστές μέρες του καλοκαιριού".<sup>9 & 10 & 17</sup>

#### Ε. Μέθοδος COB



Σε μία από τις πιο αρχαίες τεχνικές χτισίματος με γήινα υλικά, το κόμπ, χρησιμοποιούνται τα χέρια και τα πόδια για να σχηματιστούν μάζες πηλού αναμεμιγμένου με άμμο και άχυρο οι οποίες τοποθετούνται η μία πάνω στην άλλη διαμορφώνοντας έτσι μονολιθικές κατασκευές με μεγάλη σταθερότητα. Η λέξη κόμπ προέρχεται από μια παλιά αγγλική λέξη cob που σημαίνει σβώλος.

Το cob είναι ένα υλικό το οποίο δίνει μεγάλη ελευθερία στην κατασκευή. Το κτίσιμο με cob δεν έχει τίποτε να ζηλέψει από τη γλυπτική. Δίνεται η δυνατότητα να κατασκευαστούν οργανικά σχήματα όπου οι καμπύλες και η έλλειψη γωνιών αποτελούν βασικό χαρακτηριστικό.<sup>3</sup>



Κατασκευή τοίχου κόμπ (πηγή: <http://en.wikipedia.org/wiki/Cob>)

Το κτίσιμο αρχίζει με την τοποθέτηση υλικού πάνω στο πέτρινο τοίχιο της θεμελίωσης. Τοποθετούμε cob σε όλο το μήκος και πλάτος της. Επάλληλες στρώσεις, καλά αναμειγμένες ή μια με την άλλη, σχηματίζουν μονολιθικούς τοίχους, οι οποίοι μπορούν να φέρουν και το φορτίο της στέγης. Εδώ να επισημάνουμε ότι στην Ελληνική πολεοδομική νομοθεσία δεν επιτρέπεται ο τοίχος να φέρει τα φορτία της στέγης, αλλά κάποιος σκελετός που μπορεί να είναι κατασκευασμένος από ξύλο ή μπετό. Φυσικά στην περίπτωση της φυσικής δόμησης θα προτιμήσουμε ο φέροντας σκελετός να είναι από κάποιο φυσικό υλικό, όπως για παράδειγμα το ξύλο. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους μπορούμε να τοποθετήσουμε το υλικό πάνω στο πέτρινο τοίχιο. Η επιλογή εξαρτάται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε κατασκευής και τα παρακάτω ερωτήματα μπορούν να βοηθήσουν να επιλέξουμε τον πιο παραγωγικό τρόπο:

- Πόσο μεγάλη είναι η κατασκευή;
- Πόσα άτομα θα ασχοληθούν;
- Τι εργαλεία/μηχανήματα είναι διαθέσιμα;
- Σε πόσο χρόνο πρέπει να ολοκληρωθεί η κατασκευή;

Αφού έχουμε ολοκληρώσει το τοίχιο της θεμελίωσης ξεκινάμε να τοποθετούμε cob στην οριζόντια επιφάνεια που έχουμε δημιουργήσει. Η τοποθέτηση μπορεί να γίνει με τα χέρια ή με φτυάρι ή ακόμα και με μηχανήματα εκσκαφής (JCB, Bobcat κλπ). Προχωράμε κατά μήκος του τοιχίου δημιουργώντας μία πρώτη στρώση. Κάθε στρώση δεν μπορεί να ξεπερνά τα 20-30 εκατοστά διότι είναι η φύση του υλικού τέτοια, που από ένα σημείο και πάνω εάν τοποθετούμε υλικό τότε αυτό καταρρέει κάτω από το ίδιο το βάρος.<sup>4&8</sup>

Το πάχος της κάθε στρώσης εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες κατά την διάρκεια του κτισίματος καθώς και από το πόσο υγρό είναι το μείγμα που έχουμε φτιάξει. Σε γενικές γραμμές οι ιδανικές συνθήκες για να στεγνώσει το υλικό είναι υψηλή θερμοκρασία μαζί με αέρα. Ακόμα και με σχετικά χαμηλή θερμοκρασία εάν υπάρχει αέρας το cob θα μπορέσει να στεγνώσει. Όμως το να στεγνώνει γρήγορα το υλικό δεν σημαίνει απαραίτητα ότι είναι και ότι το καλύτερο. Όσο πιο αργά στεγνώνει ένας τοίχος τόσο πιο σκληρός θα γίνει και επίσης θα εμφανίσει λιγότερες ρωγμές. Οπότε ιδανικά εάν υπάρχει μεγάλη ηλιοφάνεια καλό είναι να προστατεύουμε τον τοίχο από την ακτίνες του ήλιου, βάζοντας υγρά πανιά πάνω του ή δημιουργώντας με κάποιο τρόπο σκίαση. Ποτέ δεν κτίζουμε με βροχή διότι δεν πρόκειται να κερδίσουμε χρόνο, αφού το υλικό θα είναι πολύ υδαρό και δεν θα μπορεί να σταθεί πάνω στον τοίχο.

Συμπιέζουμε το υλικό ώστε να μπει καλά ανάμεσα στις πέτρες του τοιχίου. Σε αυτή τη φάση διευκολύνει να είναι υδαρό ώστε να εισχωρήσει εύκολα ανάμεσα στις πέτρες.

Κάθε φτυαριά ή μπάλα cob πρέπει να αναμειγνύεται καλά με τις προηγούμενες δημιουργώντας ένα ομοιογενές μείγμα. Τοποθετούμε πάντα υλικό ξεκινώντας από τις εξωτερικές πλευρές του τοίχου και μετά τοποθετούμε στην μέση. Είναι σύνηθες λάθος να δημιουργείτε μία “καμπούρα” στην μέση του τοίχου, δηλαδή να τοποθετείται περισσότερο υλικό στην μέση από ότι στις άκρες. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα στην επόμενη στρώση το cob να τείνει να γλιστρήσει προς τα έξω, κάτι φυσικά που δεν θέλουμε με κανένα τρόπο. Η πρώτη στρώση είναι πολύ σημαντικό να γίνει σωστά διότι αυτή θα αποτελέσει τη βάση για όλο τον υπόλοιπο τοίχο. Οπότε φροντίζουμε να ακολουθούμε με ευλάβεια το σχήμα του πέτρινου τοίχου.

Στο τέλος της μέρας καλό είναι χρησιμοποιώντας ένα παλιό πριόνι (ή όποιο άλλο εργαλείο μπορεί να “ξυρίσει” το cob) να απομακρύνουμε όσο υλικό περισσεύει.

Ειδικά στην περίπτωση που έχετε φτιάξει το cob με τα πόδια σας, καλό είναι να έχετε στρώσει λινάτσες και να μαζεύεται το υλικό που πέφτει, διότι έχετε κουραστεί αρκετά για να το παρασκευάσετε. Κάθε στρώση υλικού πρέπει να αναμειγνύεται πολύ καλά με την προηγούμενη.

Για να το πετύχετε αυτό μπορείτε να πιέξετε με τα δάκτυλα σας το υλικό ή με ένα μικρό κομμάτι ξύλο ή μπορείτε ακόμα και να περπατάτε πάνω στον τοίχο. Όσο αυτός ψηλώνει πρέπει να προσέχετε να μην ξεφεύγετε από το προκαθορισμένο πάχος, οπότε μετράτε συχνά για να αποφύγετε πισωγυρίσματα.<sup>3&8</sup>



Ουαλία 1500 μ.Χ.

## ΣΤ. Σωλήνες με ελαστικό επίδεσμο

Είναι μια τεχνική που ανέπτυξε ο καθηγητής Gernot Minke. Χρησιμοποιούνται επίδεσμοι αραιής ύφανσης, οι οποίοι γεμίζονται χειρωνακτικά με το υλικό. Στην κατασκευή τοίχων πλήρωσης από σωλήνες χρησιμοποιείται πηλός με αρκετή ποσότητα αργίλου και μεγάλο ποσοστό ελαφρόπετρας. Έτσι μειώνεται το βάρος τους και διευκολύνεται η μεταφορά τους. Τοποθετούνται ο ένας πάνω στον άλλο χωρίς επιπλέον συνδετικό υλικό και προαιρετικά μόνο τοποθετούνται κάθετες συνδέσεις σε αραιά διαστήματα. Κατά τη χρήση ελαφρόπετρας καλό είναι να ελέγχεται η ραδιενέργεια.<sup>8</sup>



### 1.2.6 Πηλός ως επιχρίσμα<sup>3&8</sup>

Το υλικό της λάσπης μπορεί να παρασκευαστεί στο εργοτάξιο ή να χρησιμοποιηθούν έτοιμα βιομηχανικά μείγματα. Η κατασκευή είναι η ίδια με αυτή του επιχρίσματος από ασβεστοσιμεντοκονίαμα.

Το μείγμα του πηλού των επιχρισμάτων πρέπει να έχει μεγάλη αντοχή στη ρηγμάτωση, στην τριβή και καλή συνοχή. Αυτό προϋποθέτει μειωμένη σχετικά περιεκτικότητα αργίλου και μικρόκοκκων αδρανών υλικών

(λεπτή άμμος, ρύζι μαρμάρου), προσθήκη ινών (λεπτή αιγότριχα. ροκανίδι, ψιλοκομμένο άχυρο) και πολύ καλή επεξεργασία του μίγματος.

Προϋποθέτει επίσης μεσολάβηση του σωστού χρόνου μεταξύ της επίστρωσης των διαφορετικών στρώσεων. Κάθε φορά η προηγούμενη στρώση πρέπει να έχει «τραβήξει » αρκετά, ώστε να κρατήσει την επόμενη, να είναι όμως αρκετά υγρή ώστε η νέα στρώση να δέσει με την προηγούμενη, χωρίς να προσροφήσει απότομα την υγρασία της , προκαλώντας αποκόλληση ή ρηγμάτωση.



Πηλός ως επίχρισμα- 2<sup>η</sup> στρώση

(πηγή : <http://www.anelixi.org>)

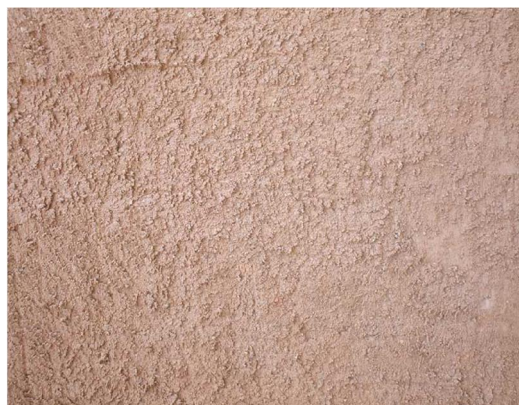
#### A. Εσωτερικά

Η επίστρωση του πηλοκονιάματος γίνεται σε τρεις στρώσεις με τα ίδια πάχη , την ίδια μέθοδο και τα ίδια εργαλεία που κατασκευάζεται το επίχρισμα του ασβεστοτσιμεντοκονιάματος. Τα επιχρίσματα του πηλού πρέπει να στεγνώσουν αργά, ομαλά και ομοιόμορφα.





Πρώτη Στρώση – έχει προηγηθεί βρέξιμο του τοίχου



Δεύτερη Στρώση –τελική επιφάνεια

(πηγή : <http://www.anelixi.org>)



Τρίτη Στρώση –επίστρωση



τελική επιφάνεια

(πηγή : <http://www.anelixi.org>)

## B. Εξωτερικά

Στα εξωτερικά επιχρίσματα είναι ακόμη πιο σημαντική η αποφυγή ρηγμάτωσης όπως και η προσθήκη υλών που αδιαβροχοποιούν την επιφάνεια τους. Η επίστρωση τους γίνεται ακολουθώντας την ίδια μέθοδο με τα εσωτερικά επιχρίσματα. Οι αδιαβροχοποιητικές προσθήκες γίνονται στη δεύτερη και στην Τρίτη στρώση των επιχρισμάτων.



Εξωτερικά επιχρίσματα με αδιαβροχοποιητικές προσμίξεις: από 1. Κοπριά αγελάδας ,2. Με αλευρόκολλα , 3 . με ασβέστη –καζεΐνη και ασφατικό διάλυμα (πηγή : <http://www.anelixi.org>)

### 1.2.7 Κατασκευή πηλού – Ευκολία κατασκευής <sup>4&5</sup>

Πρώτο μας βήμα είναι να φρεζάρουμε το χώμα και το ανακατεύουμε με μηχανικά μέσα.



Φρεζάρισμα –ανακάτεμα χώματος

Επόμενο βήμα μας είναι η ανάμιξη με άχυρο όπου προηγουμένως έχουμε κόψει σε ίνες μικρού μήκους.

Το άχυρο λειτουργεί σαν οπλισμός στο μείγμα μας, όπως ακριβώς οι μπετόβερρες στο μπετόν. Επίσης λειτουργεί ανασταλτικά στη δημιουργία μεγάλων ρωγμών που μπορεί να δημιουργήσουν στατικά προβλήματα. Τέλος έχει την ιδιότητα να απορροφά το πλεονάζον νερό κατά την ανάμειξη των υλικών, ενώ προσφέρει και μικρή θερμομόνωση αφού εγκλωβίζει αέρα μέσα στα κούφια στελέχη του. Να τονίσουμε ότι το άχυρο δεν σαπίζει μέσα στο τοίχο διότι δεν υπάρχει οξυγόνο ή υγρασία όταν στεγνώσει η κατασκευή μας. Είναι σημαντικό όμως να προσέξουμε να είναι στεγνό και φυσικά να μην έχει αρχίσει να σαπίζει πριν την ανάμειξη του με τα υπόλοιπα υλικά.



Για την κατασκευή των πλίνθων ο εξοπλισμός όπου θα χρειαστούμε είναι :

αξίνα/ τσάπα, φτυάρι, κόσκινο, παλούκι για ανακάτεμα του μίγματος ή αναδευτήρα τσιμέντου, κουβάδες , μήτρα (καλούπι ξύλινο ή μεταλλικό) , σφυρί για το χτύπημα της μήτρας, πλάστη ή μυστρί για το ίσιωμα του μίγματος στη μήτρα.



Εξοπλισμός για τη κατασκευή ομόπλινθων

Το καλούπι όπου θα χρειαστούμε θα πρέπει να είναι Διαστάσεων : 30 x 14 x 9 cm.

Τα Υλικά μας είναι: ξύλο, βίδες, μέταλλο. Πριν από κάθε χρήση: Αλείφουμε το καλούπι με μια στρώση λινολαίου και μετά το βρέχουμε, ώστε να μην απορροφά την υγρασία των τούβλων.



Εικόνα 1: Αλοιφή καλουπιού με λινόλαιο



Εικόνα 2 : Βρέξιμο καλουπιών με νερό

Πετάμε το χώμα στο ένα καλούπι, ενώ καθαρίζουμε και βρέχουμε το άλλο.

Χρειάζεται πολύ νερό για την παραγωγή του μίγματος και τον καθαρισμό της μήτρας.



Οι πλίνθοι χρειάζονται τουλάχιστον ένα μήνα για να στεγνώσουν και να αποκτήσουν μια ικανοποιητική σταθερότητα ως συμπαγή υλικά. Είναι πολύ σημαντικό τις πρώτες μέρες να βρίσκονται υπό σκιά ώστε να μη χάσουν απότομα την υγρασία τους. Τρεις μέρες μετά τη δημιουργία τους πρέπει να τα γυρίσουμε ανάποδα, ώστε να στεγνώσει και η πλευρά που ακουμπούσε στο έδαφος.

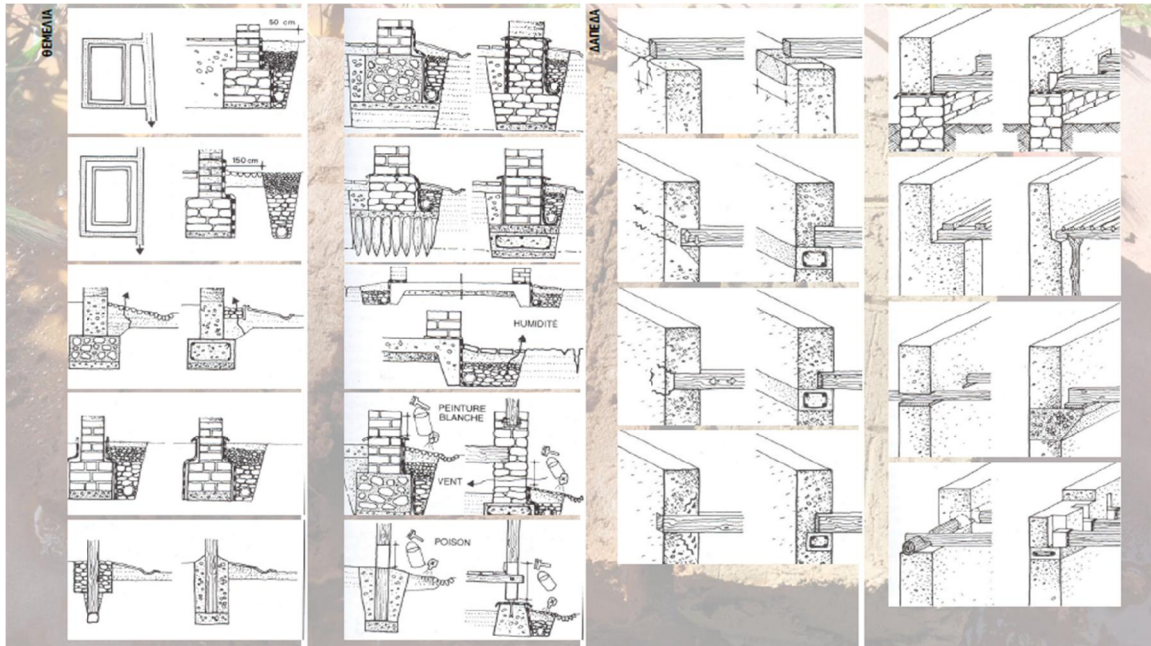
Οι πλίνθοι αφού στεγνώσουν πρέπει να αντέχουν το βάρος ενός ανθρώπου για ένα λεπτό(βλ. κάτω φωτογραφία).



Η παρασκευή των πλίνθων πρέπει να γίνεται σε περιβάλλον με θερμοκρασία υψηλή και χωρίς υγρασία. Αυτό σημαίνει θερμοκρασία μεταξύ 20 και 30 βαθμών Κελσίου. Αν η θερμοκρασία είναι υψηλότερη η διαδικασία θα πρέπει να γίνεται υπό σκιά και πάντα προστατευμένα από τη βροχή και την υγρασία.



## 1.2.8 Θεμελίωση



Τρόποι θεμελίωσης (<http://www.engoc.gr/>).

Η θεμελίωση ενός κτιρίου σκοπό έχει να κρατήσει το βάρος των φορτίων που ασκούνται από την στέγη, τους τοίχους και ότι εν τέλει θα ενσωματωθεί στην κατασκευή. Βοηθάει στο να μοιραστεί όλο το βάρος σε μία μεγάλη και στερεή επιφάνεια προκειμένου το κτίριο να μην υποστεί καθίζηση η οποία μπορεί να δημιουργήσει ρωγμές ή στην χειρότερη περίπτωση ακόμα και καταστροφή του κτιρίου.

Στην περίπτωση μιας κατασκευής από cob, η θεμελίωση περιλαμβάνει το τμήμα που βρίσκεται κάτω από το έδαφος καθώς και το τοίχιο που εκτείνεται πάνω από το έδαφος. Το ύψος του ποικίλει ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες που υπάρχουν στην περιοχή, αλλά συνήθως δεν ξεπερνά τα 45 εκατοστά, ενώ δεν πρέπει είναι λιγότερο από 20 εκατοστά. Σκοπός του είναι να προστατεύσει τους τοίχους και το πάτωμα στο εσωτερικό του κτιρίου από το νερό-είτε πρόκειται για ανερχόμενες υγρασίες, είτε για χιόνι, είτε για πιτσιλιές από το νερό της βροχής που χτυπάει στο έδαφος, είτε στην χειρότερη περίπτωση πλημμύρα. Σε κάθε περίπτωση η προστασία που προσφέρει είναι πολύ σημαντική για το cob διότι η οποιαδήποτε επαφή με νερό μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα, στην καλύτερη περίπτωση αισθητικό στην χειρότερη στατικό.<sup>3</sup>

Για την θεμελίωση μπορούν να χρησιμοποιήσουμε διάφορα υλικά όπως τσιμεντόπλιθες, πέτρα, ανακυκλωμένα κομμάτια μπετό κλπ. Φυσικά η επιλογή του υλικού έχει να κάνει και με το τι είναι διαθέσιμο στην περιοχή. Στην Ελλάδα, στην περίπτωση που μιλάμε για φυσική δόμηση, συνήθως χρησιμοποιούμε πέτρα.<sup>3</sup>



Η θεμελίωση έχει άμεση σχέση και με την αποστράγγιση των όμβριων υδάτων. Ανάλογα με τα γεωλογικά και κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής στην οποία θα κτίσουμε πρέπει να προσαρμόσουμε την θεμελίωση και αποστράγγιση της κατασκευής. Τα παρακάτω ερωτήματα βοηθούν την επιλογή μας:

- Τι είδους στέγη και τι τοίχους θα πρέπει να στηρίζει η θεμελίωση μας;

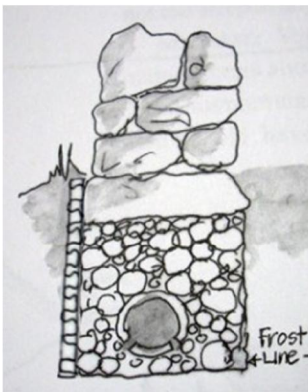
Για παράδειγμα μία φυτεμένη στέγη είναι πολύ πιο βαριά από μία απλή στέγη, ενώ ένας τοίχος cob είναι περισσότερο βαρύν από ένα τοίχο που είναι φτιαγμένος με την τεχνική του τσατμά(θα μιλήσουμε παρακάτω για την τεχνική αυτή).

- Πώς είναι το υπέδαφος τις περιοχής;

Εάν είναι πετρώδες μπορεί να δεχθεί μεγάλα βάρη, ενώ εάν είναι αργιλώδες ή αμμώδες λιγότερο. Επίσης το είδος του εδάφους επηρεάζει και την αποστράγγιση των όμβριων υδάτων

- Σε πιο βάθος βρίσκεται ο υδροφόρος ορίζοντας στην περιοχή;

Στην περίπτωση που βρίσκεται κοντά στο βάθος που θα θεμελιώσουμε τότε είναι σκόπιμο να μην κτίσουμε εκεί.



Εάν παρατηρήσουμε παλαιά κτίρια σε όλη την Ελληνική επικράτεια τότε θα δούμε ότι οι κτίστες λάμβαναν υπόψη τους τα παραπάνω ερωτήματα και προσαρμόζανε ανάλογα την θεμελίωση. Είχαν πολύ καλή γνώση της συμπεριφοράς των διαφορετικών ειδών του υπεδάφους και για αυτό επέλεγαν περιοχές με έδαφος που παρείχε καλή φυσική αποστράγγιση, δεν υπήρχε η πιθανότητα πλημμύρας και το έδαφος ήταν αρκετά πετρώδες για να δεχθεί τα φορτία της κατασκευής. Συνεπώς η παρατήρηση και γνώση των τοπικών συνθηκών είναι πάρα πολύ σημαντική για την θεμελίωση και τεχνητή αποστράγγιση της κατασκευής. Είναι σκόπιμο λοιπόν να παρατηρήσουμε το κτήμα μας για διάστημα τουλάχιστον 1 έτους, να δούμε που λιμνάζουν τα νερά ή σε πιο σημείο έχουμε ροή όμβριων υδάτων κλπ. Στην περίπτωση που δεν έχουμε την πολυτέλεια του χρόνου κάποιος με γνώση της περιοχή μπορεί να μας βοηθήσει να μάθουμε καλύτερα τον τόπο.<sup>3</sup>

Αν θέλετε να εξοικονομήσετε χρήματα , τότε μπορεί να θέλετε να εξετάσετε τη χρήση urbanite αντί της πέτρας. Urbanite είναι ανακυκλωμένο σκυρόδεμα που έρχεται από τα παλιά πεζοδρόμια, κτίρια, κλπ. Είναι πολύ ευέλικτο, δωρεάν και διαρκεί σχεδόν για πάντα.



Μια άλλη επιλογή είναι να χρησιμοποιήσετε τούβλα. Μπορούν να είναι οποιοδήποτε τύπου. Η τιμή μπορεί να ποικίλλει, αλλά μπορείτε να είστε σε θέση να βρείτε παλιά για να εξοικονομήσετε χρήματα.



Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τσιμεντόλιθους αν και δεν προτιμούνται λόγω της εύθραυστης πλευράς τους.





Μπορείτε επίσης να δημιουργήσετε φόρμες και να περιχύσετε με χυτό τσιμέντο. Αυτό φαίνεται σαν μια επιπλέον εργασία.. Είναι πιο τεχνικό και δεν φαίνεται τόσο ωραίο ή φυσικό, όπως οι πέτρες.



Υπάρχουν δύο τεχνικές που θα περιγράψουμε, οι οποίες εάν γίνουν σωστά εξασφαλίζουν σωστή θεμελίωση και αποστράγγιση. Στην πρώτη η θεμελίωση και αποστράγγιση γίνονται στην ίδια εκσκαφή, ενώ στη δεύτερη σε δύο ξεχωριστές εκσκαφές.<sup>6</sup>

#### A. Μονή εκσκαφή

1. Καθαρίζουμε την περιοχή που θα κτίσουμε, αφαιρώντας όλα τα φυτά και το επιφανειακό χώμα (20-25 εκ.) που περιέχει οργανικά στοιχεία.

2. Σημαδεύουμε την περίμετρο της κατασκευής

3. Σκάβουμε ένα χαντάκι με πλάτος μεγαλύτερο

από αυτό που θα κτίσουμε. Ένα σύνηθες πλάτος είναι τα 70-75 εκατοστά για θεμελίωση τοίχου 60 εκατοστών.

Το βάθος του εξαρτάται από το που θα βρούμε σταθερό χώμα ή βράχο. Αυτό που πρέπει να προσέξουμε είναι να απομακρύνουμε όλες τις ρίζες και καλό είναι να αποφύγουμε να κάνουμε την θεμελίωση μας πάνω σε ρίζα δέντρου διότι αργά ή γρήγορα θα δημιουργήσει πρόβλημα στην κατασκευή μας. Ο πάτος της εκσκαφής πρέπει να έχει κλίση ώστε τα νερά να μπορούν να φύγουν προς το σημείο εξόδου που έχουμε επιλέξει, δηλαδή δεν πρέπει να υπάρχει κανένα σημείο στο οποίο τα νερά να μπορούν να λιμνάσουν. Εάν δεν το πετύχουμε αυτό τότε στο σημείο εκείνο θα γίνει καθίζηση που θα δημιουργήσει σοβαρό πρόβλημα στην κατασκευή.

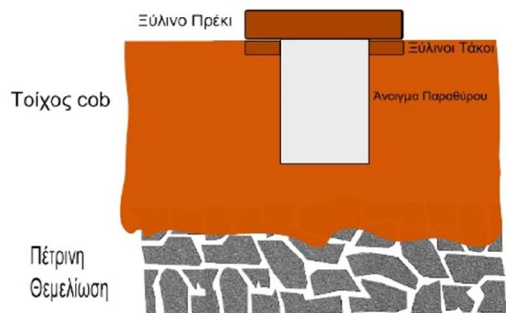
4. Αφού τελειώσουμε την εκσκαφή συμπιέζουμε πολύ καλά καθ' όλο το μήκος της. Σε αυτό το σημείο καλό είναι να ρίξουμε νερό στο χαντάκι και να δούμε εάν ρέει προς την έξοδο. Κάνουμε τις απαραίτητες διορθώσεις.
5. Τοποθετούμε μία στρώση χαλίκι πάχους 15 εκατοστών σε όλο το μήκος και συμπιέζουμε πολύ καλά.
6. Τοποθετούμε μία σωλήνα αποστράγγισης διαμέτρου τουλάχιστον 10 εκατοστών που έχει μήκος όσο η εκσκαφή και επιπλέον τουλάχιστον 4 μέτρα, ώστε να οδηγεί τα νερά που συλλέγει μακριά από το κτίριο. Έτσι εξασφαλίζουμε ότι δεν θα επιστρέψουν τα νερά στην κατασκευή μας. Στην περίπτωση που η περιοχή που κτίζουμε δεν έχει κλίση ώστε να απορρέουν φυσικά τα νερά μακριά από το κτίριο, είναι καλό εκεί που καταλήγει η σωλήνα αποστράγγισης να δημιουργήσουμε μία τρύπα βάθους και διαμέτρου περίπου 1 μέτρου, την οποία γεμίζουμε με κροκάλα και χαλίκι.
7. Τοποθετούμε πάνω από την τελευταία στρώση γεώφρασμα για να διασφαλίσουμε ότι δεν θα εισέλθουν χώματα που μπορεί με τον καιρό να ακυρώσουν την αποστράγγιση.
8. Ξεκινάμε να τοποθετούμε τις πρώτες πέτρες του θεμελίου μας. Οι πέτρες καλό είναι να καλύπτουν όλη την επιφάνεια από χαλίκι και να είναι όσο πιο πλακέ και μεγάλες γίνεται. Για να καταλάβετε εάν έχουν τοποθετηθεί σωστά, περπατήστε πάνω τους και εάν δεν κινούνται καθόλου τότε είστε σίγουροι ότι έχετε κάνει σωστή δουλειά. Στην αντίθετη περίπτωση, εάν νιώσετε κάποια μετακίνηση κάτω από τα πόδια σας, βάλτε τις απαραίτητες σφήνες μεταξύ των πετρών. Αυτή η πρώτη στρώση από πέτρες θα φτάσει μέχρι το επίπεδο του εδάφους.
9. Από εδώ και πάνω κτίζουμε πάλι με πέτρες αλλά πλέον στο πλάτος του τοίχου cob που θέλουμε να δημιουργήσουμε. Ανάλογα με την κατασκευή που θέλουμε να κάνουμε προσαρμόζουμε το βάθος και το πλάτος της εκσκαφής μας. Για παράδειγμα για ένα παγκάκι πρέπει να έχει 15-20 εκ. βάθος και 60εκ πλάτος, ενώ για ένα ισόγειο κτίριο εμπειρικά χρειαζόμαστε τουλάχιστον 30-40εκ βάθος και 70εκ πλάτος. Φυσικά τα παραπάνω νούμερα επηρεάζονται από παράγοντες όπως το ύψος των τοίχων ή το είδος της σκεπής που θέλουμε να φτιάξουμε. Επίσης το βάθος των θεμελίων επηρεάζεται από το πόσο βαθιά πρέπει να κάνουμε την αποστράγγιση προκειμένου να μην έχουμε προβλήματα με τα όμβρια ύδατα.

#### *B. Διπλή εκσκαφή*

Σε αυτή την περίπτωση δημιουργούμε δύο παράλληλες εκσκαφές. Η μία (εσωτερική) για τη

θεμελίωση και η δεύτερη (εξωτερική) για την αποστράγγιση. Ακολουθούμε τα βήματα 1-9 που περιγράψαμε προηγουμένως στην εξωτερική εκσκαφή, ενώ στην εσωτερική ξεκινάμε να κτίζουμε κατευθείαν με πέτρα.<sup>3 & 12</sup>

### 1.2.9 Ανοίγματα (πόρτες –παράθυρα)



(πηγή: [www.cob.gr](http://www.cob.gr))

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για την δημιουργία παραθύρου και πόρτας σε τοίχο cob.

Ο πρώτος είναι πολύ απλά να αφήσουμε το απαραίτητο άνοιγμα καθώς κτίζουμε. Όταν φτάσουμε στο πάνω μέρος του παραθύρου/πόρτας τοποθετούμε το λεγόμενο πρέκι, δηλαδή κομμάτι σκληρού ξύλου το οποίο θα κρατάει όλο τον τοίχο που θα κτιστεί από εκεί και επάνω. Καλό είναι σε αυτή την περίπτωση να τοποθετηθεί στην εξωτερική πλευρά του τοίχου κομμάτι ξύλου που μπορεί να αντέξει τις καιρικές συνθήκες. Στην εσωτερική πλευρά μπορεί να μπει άλλο είδος ξύλου. Το πρέκι πρέπει να πατάει εκατέρωθεν του ανοίγματος σε δύο κομμάτια ξύλου τα οποία έχουν το πλάτος του τοίχου, και των οποίων σκοπός είναι να μοιράζουν το βάρος που θα φέρει το πρέκι σε μεγαλύτερη επιφάνεια.



Τοποθέτηση σιδεριών αντί για ξύλινα τελάρα για τη διαμόρφωση παραθύρων

(πηγή : [www.omorfipoli.com/cob-house](http://www.omorfipoli.com/cob-house))

Ο δεύτερος τρόπος είναι όταν έχουμε φτάσει στον κατώτερο ύψος του παραθύρου/πόρτας, να τοποθετήσουμε ψευτόκασα, δηλαδή ξυλοκατασκευή που θα έχει το ακριβές σχήμα και διαστάσεις του παραθύρου/πόρτας που θέλουμε να φτιάξουμε. Το καλό σε αυτή την περίπτωση είναι ότι δημιουργούμε ένα καλούπι και κτίζουμε γύρω του, οπότε είναι πολύ πιο εύκολο να τοποθετήσουμε τα κουφώματα μετά. Αφού στεγνώσει καλά αφαιρούμε την ψευτόκασα και έχουμε ένα όμορφο και ακριβές σε διαστάσεις άνοιγμα. Φυσικά στο πάνω μέρος τοποθετούμε πρέκι με τον τρόπο που περιγράψαμε προηγουμένως. Ένας άλλος τρόπος είναι να τοποθετήσουμε εξ' αρχής το

κάσωμα της πόρτας/παραθύρου και να κτίσουμε γύρω του. Προκειμένου να γίνει το κάσωμα ένα σώμα με τον τοίχο, πρέπει στις πλευρές του που εφάπτονται με τον τοίχο να έχουμε βάλει καρφιά τα οποία θα ενσωματωθούν στον τοίχο καθώς κτίζουμε γύρω από το κάσωμα.

*Μικρό μειονέκτημα* σε αυτή την περίπτωση είναι ότι καθώς το cob θα ξεραθεί θα δημιουργηθεί μικρή ρωγμή περιμετρικά του κασώματος λόγω συρρίκνωσης την οποία θα πρέπει να κλείσουμε μετά με cob.

Στις δύο πρώτες από τις παραπάνω περιπτώσεις, πρέπει καθώς κτίζουμε να τοποθετούμε στις πλαϊνές κάθετες επιφάνειες των ανοιγμάτων, τις απαραίτητες αγκυρώσεις μέσα στη μάζα του τοίχου, προκειμένου να μπορέσουμε να βιδώσουμε τα κουφώματα. Αυτό φυσικά θα πρέπει να γίνεται και σε κάθε σημείο του τοίχου όπου ξέρουμε ότι θα τοποθετηθούν ντουλάπια ή ράφια ή γενικά όπου θέλουμε να βιδώσουμε μελλοντικά. Αυτό γίνεται διότι σε τοίχους cob δεν μπορούμε να καρφώσουμε ή να βάλουμε βίδες απευθείας.

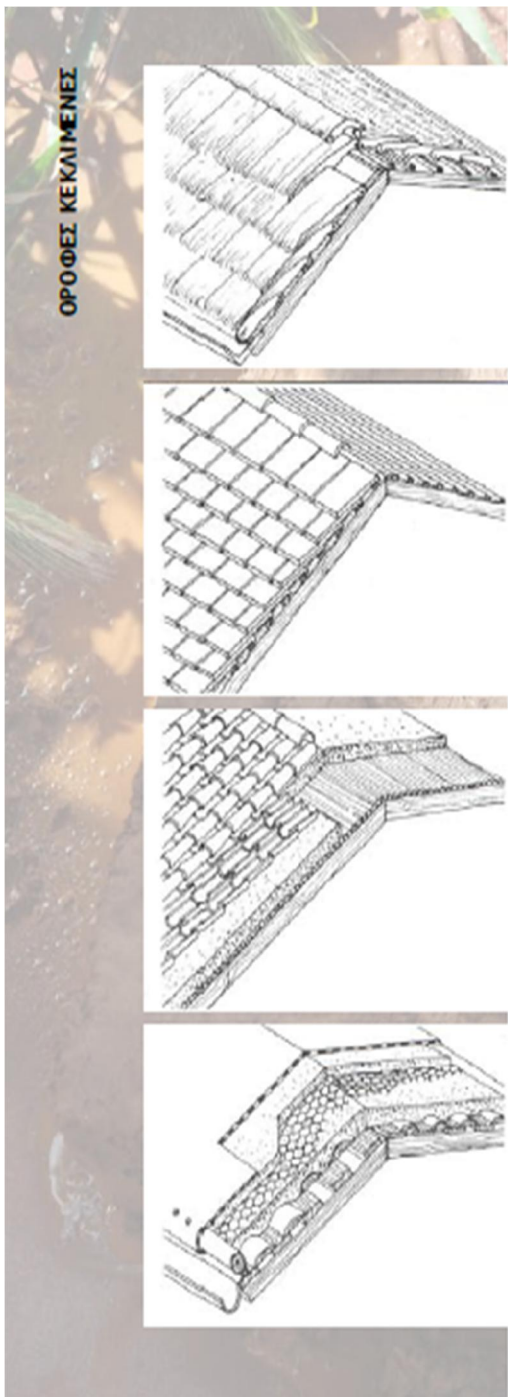


(πηγή: [www.cob.gr](http://www.cob.gr))

Η αγκύρωση γίνεται κτίζοντας μέσα στη μάζα του τοίχου κομμάτια ξύλου σε σχήμα T μήκους τουλάχιστον 15 εκατοστά. Η επιφάνεια που θα βιδώσουμε ή καρφώσουμε ότι θέλουμε να στηρίξουμε μελλοντικά θα πρέπει να

είναι πρόσωπο με την επιφάνεια του τοίχου. Στην παραπάνω φωτογραφία βλέπουμε πως έχουμε ενσωματώσει ξύλο πάνω στο οποίο θα καρφωθεί αργότερα το κάσωμα της πόρτας.<sup>3</sup>

### 1.2.10 Στέγαση <sup>3&4</sup>



Η στέγη αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία μίας κατασκευής. Προστατεύει το εσωτερικό του κτιρίου από τα στοιχεία της φύσης (βροχή, χιόνι, αέρα, ήλιο), μονώνει επιτρέποντας να διατηρούμε σταθερές συνθήκες μέσα στο κτίριο, προστατεύει τους τοίχους εξωτερικά από το νερό (πολύ σημαντικό για τοίχους φτιαγμένους από cob) και τέλος διαμορφώνει την αισθητική του κτιρίου. Επίσης η στέγη αποτελεί υπό μία έννοια μία ξεχωριστή ενότητα του κτιρίου, αφού ανάλογα με τον τρόπο που θα την κατασκευάσουμε μπορεί να είναι και χρηστική. Για παραδείγματα μπορεί να χρησιμοποιηθεί όπως μία βεράντα ή να τοποθετήσουμε ενεργειακά συστήματα για ζεστό νερό και ηλεκτρικό ρεύμα ή ακόμα και να δημιουργήσουμε ένα πολύ όμορφο κήπο. Άρα είναι απαραίτητο να έχουμε ξεκαθαρίσει από την αρχή του σχεδιασμού μας τι ακριβώς θα εξυπηρετεί η στέγη. Αυτό με την σειρά του θα καθορίσει διάφορες κατασκευαστικές λεπτομέρειες:

- Τι ξύλα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε;  
πχ το βάρος μίας φυτεμένης στέγης είναι πολύ μεγαλύτερο από το αυτό μιας στέγης που θα έχει μόνο ασφαλτικά κεραμίδια
  - Τι υλικά θα χρειαστούμε για την υγραμόνωση/θερμομόνωση της;
  - αν θα γίνει μονόριχτη, δύριχτη, τετράριχτη ή επίπεδη;
  - Τι προσανατολισμό θα έχει;
- αυτό είναι σημαντικό στην περίπτωση που θέλουμε να τοποθετήσουμε ηλιακά συστήματα, όπου είναι απαραίτητο να τοποθετηθούν σε στέγη με νότιο προσανατολισμό.

Στην περίπτωση που το κτίριο έχει φέροντα οργανισμό δηλαδή ξύλινο σκελετό, τότε η στέγη θα στηρίζεται πάνω σε αυτόν και μπορεί να κατασκευαστεί πριν ξεκινήσουμε το κτίσιμο των τοίχων.



Ξύλινη στέγη (πηγή : Παρουσίαση Κ.Καταβούτα ) (<http://www.engoe.gr/>),

Αυτό προσφέρει το πλεονέκτημα ότι μπορούμε να κτίζουμε ακόμα και όταν ο καιρός είναι βροχερός, ενώ επίσης προσφέρει σκίαση τόσο σε όσους δουλεύουν όσο και στους ίδιους τους τοίχους. Έτσι εξασφαλίζεται πιο μαλή ξήρανση των τοίχων της οποίας τα πλεονεκτήματα τα έχουμε επισημάνει νωρίτερα. Σε σειсмоγενείς περιοχές καλό είναι η όλη ξυλοκατασκευή που στηρίζει την στέγη να είναι όσο γίνεται ανεξάρτητη των τοίχων, διότι σε περίπτωση σεισμού οι τοίχοι και η στέγη συμπεριφέρονται με διαφορετικό τρόπο.

Αυτό μπορεί να γίνει τοποθετώντας τις κολώνες που στηρίζουν την στέγη εξωτερικά ή εσωτερικά του κτιρίου. Επίσης καλό είναι η στέγη να είναι όσο περισσότερο ελαφριά, διότι σε περίπτωση σεισμού η μετακίνηση της θα έχει πολύ μικρότερες επιπτώσεις στην υπόλοιπη κατασκευή.

Τέλος να επισημάνουμε ότι η τετράριχτη στέγη προσφέρει μεγαλύτερη αντισεισμικότητα στο κτίριο, αφού το βάρος της μοιράζεται ομοιόμορφα και έτσι δεν δημιουργούνται ζώνες που θα δεχθούν μεγαλύτερες δυνάμεις από άλλες.

Όταν κτίζουμε μονολιθικές κατασκευές τότε πρέπει να λειτουργήσουμε με διαφορετικό τρόπο. Καθώς κτίζονται οι τοίχοι, όταν έχουμε φτάσει περίπου 1,5 μέτρο κάτω από το τελικό τους ύψος, θα πρέπει να τοποθετήσουμε κατάλληλης διατομής ξύλα σχήματος “T”, τα οποία θα ενσωματωθούν στους τοίχους. Πάνω σε αυτά θα πάει και θα καθίσει η υπόλοιπη ξυλοκατασκευή την στέγης.<sup>4</sup>



Στην διπλανή φωτογραφία βλέπουμε πως ξεπροβάλουν τα ξύλα που έχουν ενσωματωθεί στον τοίχο. Εναλλακτικά η στέγη μπορεί να καθίσει πάνω σε πρέκι που “τρέχει” σε όλο το μήκος των τοίχων, μοιράζοντας ομοιόμορφα το βάρος της σε όλους τους τοίχους. Το πρέκι στην περίπτωση της φυσικής δόμησης είναι συνήθως ξύλινο.

Τέλος, σε κτίρια φτιαγμένα από cob είναι πολύ σημαντικό η στέγη να προβάλλει τουλάχιστον 0,5 μέτρο από τις κάθετες επιφάνειες των τοίχων, προκειμένου να τους προστατεύει από τα νερά της βροχής καθώς και από τις πιτσιλιές των νερών που πέφτουν από την στέγη στο έδαφος.<sup>3 & 4</sup>

### 1.2.11 Αδιαβροχοποίηση \*

Η διήθηση υγρασίας από το έδαφος προς την τοιχοποιία του πηλού εμποδίζεται με την βάση από πέτρα ή τούβλα ή μπετόν. Η προεξοχή των στεγών αποτελεί σημαντική προστασία των τοίχων από τη βροχή και είναι απαραίτητο μορφολογικό στοιχείο των πλίνθινων κατασκευών. Στην Ιαπωνία και στην Κίνα κατασκευάζονται εξαιρετικά μεγάλες προεξοχές στεγών ή πολλαπλές στέγες όπως στις παγόδες.<sup>1 & 8</sup>



Κινέζικες παγόδες (πηγή : wikipedia.qwika.com)

### 1.2.12 Δάπεδα

Τα δάπεδα από πηλό μπορεί να είναι χυτά ή κατασκευασμένα από αρμολογημένα πλιθιά, με κατάλληλη πάντα επεξεργασία της τελικής επιφάνειας. Και στις δυο περιπτώσεις πρώτη μέριμνα είναι η αποφυγή της ρηγματώσης. Στα χυτά δάπεδα ο κίνδυνος αυτός είναι μεγαλύτερος και αντιμετωπίζεται με προληπτική δημιουργία αρμών.



Υπόστρωμα δαπέδου από πηλό

(πηγή: <http://www.flickr.com/photos/velacreations/>)



Η αντοχή των δαπέδων πηλού σε τριβές καθώς και η προστασία τους από το νερό ,εξασφαλίζεται με προσεκτική επεξεργασία της τελικής επιφάνειας και με κατάλληλες επιστρώσεις .Προτιμότερες είναι οι επιστρώσεις διάρκειας με υλικά φυσικών ρητινών και εστέρων , όπως οι επιστρώσεις κεριών.



Τελική επίστρωση και γυάλισμα με φυσικό κερι (πηγή : <http://makeprojects.com/Project/Cheap-and-Easy-Earth-Block-Floors>)

Κάτω από τα δάπεδα μπορεί να τοποθετηθεί ενδοδαπέδια θέρμανση.<sup>1&8</sup>

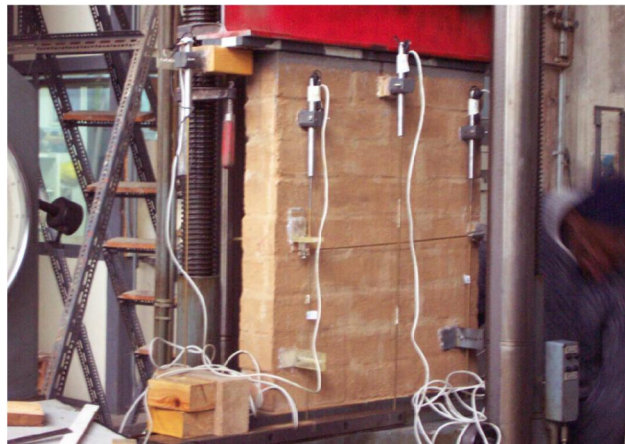


Κατασκευή ενδοδαπέδιας θέρμανσης

(πηγή: <https://picasaweb.google.com/100495924975655545077/SBDCComprehensive>)

### 1.2.13 Μηχανικές Ιδιότητες- Ασφάλεια/Πυροπροστασία

Η ωμή πλίνθα παρουσιάζει μεγάλη αντοχή σε θλίψη ,αποτελεί επαρκές υλικό για την παραλαβή κατακόρυφων δυνάμεων από το βάρος του υλικού .Σε ελάχιστη πίεση 300psi μια δοκός 30 εκ. τετράγωνης διατομής είναι ικανή να παραλάβει 43.200 rounds κατακόρυφων δυνάμεων . Ωστόσο επειδή το υλικό αυτό δεν έχει καμία αντοχή στον εφελκυσμό δεν αντιστέκεται στο φαινόμενο του λυγισμού και αποτελεί ένα υλικό ευαίσθητο σε πλευρικές δυνάμεις π.χ. σεισμός. Γνωρίζοντας ότι οι σεισμικές φορτίσεις είναι συνάρτηση βάρους και ύψους της κατασκευής και ότι αποτελεί ένα βαρύ υλικό (περίπου 125-140 pcf) οι σεισμοί αποτελούν έναν τρόπο ελέγχου της κατασκευής .Οι μηχανικοί μελετούν τις δυνάμεις που ασκούνται λόγω των ανέμων και αποφασίζουν ποιες είναι οι μεγαλύτερες (στην περίπτωση εξωτερικών τοίχων ο άνεμος παίζει σημαντικό ρόλο στην σχεδίαση τους).



Θλιπτική Αντοχή τοιχοποιίας ωμοπλινθοδομών από μη σταθεροποιημένες Σ.Ω.

( πηγή : βιβλίο Εργαστηρίου Δομικών Υλικών ,Α.Π.Θ. Πολ. Μηχανικών

### **Κατασκευή**

Στην λεπτομέρεια του τοίχου φαίνονται τα βασικά συστατικά μέρη, που συνθέτουν την χωμάτινη κατασκευή από πλίνθα. Αρχικά , τα θεμέλια της κατασκευής αποτελούν ενιαία περιμετρικά δοκάρια από οπλισμένο σκυρόδεμα, πάνω στα οποία στηρίζονται τσιμεντόλιθοι ή λιθοδομή , δημιουργώντας μία βάση υπερυψωμένη από το έδαφος , πάνω στην οποία θα δομηθεί η υπόλοιπη κατασκευή. Σκοπός της υπερύψωσης αυτής είναι η προστασία της κατασκευής από την ανερχόμενη υγρασία και τα προσπίπτοντα νερά της βροχής. Στη συνέχεια ωμές πλίνθες κτίζονται όπως οι συμβατικές οπτοπλινθοδομές ,ενώ στο ύψος του πρεκιού , της ποδιάς και της στέγης τοποθετούνται περιδέσεις από μεταλλικά στοιχεία. Στην τοιχοποιία , το επίχρισμα περιλαμβάνει τα ίδια

ποσοστά ανάμειξης των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν και στην πλίνθα για λόγους καλύτερης πρόσφυσης. Στο ανώτατο ύψος ,την κατασκευή δένει περιμετρικά ένα μπετονένιο δοκάρι ή ξύλινο γιατί θεωρείται πιο συμβατό με τις χωμάτινες κατασκευές . Με την προϋπόθεση , ότι το ξύλο προστατεύεται από τα έντομα , την υγρασία και την διάβρωση. Πάνω σε αυτό θα στηριχτεί η ξύλινη ή η μεταλλική στέγη.<sup>11</sup>

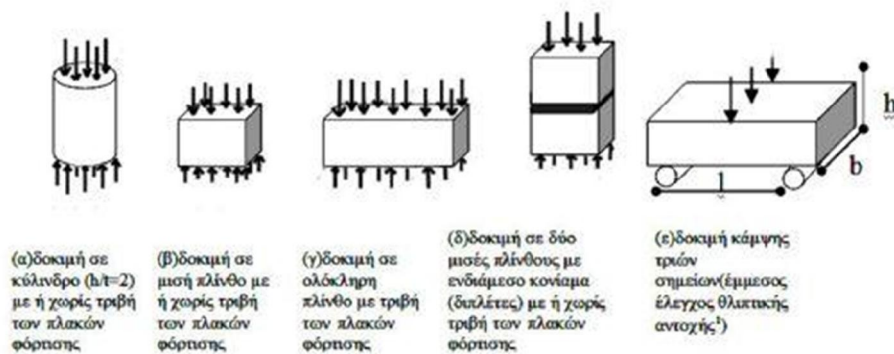
Με τη βοήθεια εργαστηριακών ελέγχων βελτιώνουμε τις μηχανικές αντοχές του πηλού όσον αφορά στην αντοχή του σε πίεση και εφελκυσμό, σε διάβρωση και σε ρηγμάτωση, μέσω τροποποίησης της κοκκομετρικής του σύνθεσης.



Τοιχάρια ωμοπλινθοδομής – οπτοπλινθοδομής

(πηγή: βιβλίο Εργαστηρίου Δομικών Υλικών ,Α.Π.Θ. Πολ. Μηχανικών)

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε εργοτάξια κατασκευών με ωμόπλινθους σύμφωνα με το εγχειρίδιο που εξέδωσε ο οργανισμός GATE (Standards for German Appropriate Technology Exchange) με την επίβλεψη της Συμβουλευτικής Υπηρεσίας Κτιρίων και Δικτύου Πληροφοριών (Building Advisory Service and Information Network , BASIN), για τον σχεδιασμό και την κατασκευή κτιρίων με συμπίεσμένες ωμόπλινθους.<sup>15 & 16</sup>



Σχήμα 2.8. Τρόποι μέτρησης θλιπτικής αντοχής που συναντώνται στην βιβλιογραφία

(πηγή Σχήματος 2.8: Διατριβή Μπέη Γεωργίας με θέμα : τοιχοποιία από πηλό: Πειραματική διερεύνηση μηχανικών και φυσικών χαρακτηριστικών δομικών μονάδων και τοίχων από συμπιεσμένες ωμόπλινθους)

Η δοκιμή συμπιεσμένων ωμόπλινθων σε κυλίνδρους έχει εφαρμοστεί στα εργαστήρια L.GM.(Laboratoire Geomatériaux) στη περιοχή Vaux en Valin στη Γαλλία. Στη δοκιμή σε μισή ωμόπλινθο (βλ. σχήμα 2.8<sup>(β)</sup>) με ή χωρίς την επίδραση της τριβής των πλακών φόρτισης στο δοκίμιο σε σχέση με τη δοκιμή σε μια ολόκληρη πλίνθο (βλ. σχήμα 2.8<sup>(γ)</sup>) αυξάνεται ο λόγος ύψους προς πλάτος του δοκιμίου και έτσι μειώνεται η ενισχυτική επιρροή της τριβής φόρτισης στην αντοχή του δοκιμίου. Για τις παραδοσιακές πλίνθους (πλιθιά ή adobe ) οι τιμές της θλιπτικής αντοχής κυμαίνονταν μεταξύ 1,5 έως 3 MPa κατά τον Hodder G. Ο ίδιος ερευνητής υποστηρίζει ότι οι συμπιεσμένες ωμόπλινθοι σταθεροποιημένες με 10% τσιμέντο αναπτύσσουν θλιπτική αντοχή έως 6 MPa. Για τον μη σταθεροποιημένο χυτό πηλό οι τιμές κυμαίνονται από 2 έως 3 MPa , ενώ για τον σταθεροποιημένο με 10% τσιμέντο η θλιπτική αντοχή φτάνει τα 4 MPa. Όμως ο G. Hodder αναφέρει τιμές αντοχών διαφόρων κατασκευών πηλού χωρίς να γνωστοποιεί τη μέθοδο ελέγχου που χρησιμοποίησε . Για αυτό το λόγο οι τιμές είναι ενδεικτικές.

Η ποιότητα του πηλού είναι αυτή που καθορίζει τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες του πηλοκονιάματος. Όταν το ποσοστό που περιέχεται στη σύνθεση του πηλοκονιάματος είναι υψηλό (>30%) περιορίζεται η συστολή και οι μικρορηγματώσεις, ενώ μειώνονται οι αντοχές του. Το απαιτούμενο ποσοστό νερού στη σύνθεση , ώστε το κονίαμα να γίνει εργάσιμο εξαρτάται από το περιεχόμενο το ποσοστό αργίλου του πηλού. Όσο υψηλότερο είναι το περιεχόμενο ποσοστό αργίλου, τόσο περισσότερο νερό απαιτείται με αποτέλεσμα να μειώνεται η αντοχή του πηλοκονιάματος. Η ορυκτολογική σύσταση επίσης επηρεάζει τη συμπεριφορά του πηλού.<sup>15</sup>

## Ασφάλεια- Πυροπροστασία

Το Cob (πηλός) είναι ανθεκτικό στη φωτιά. Ωστόσο, καλό θα είναι να είστε προσεκτικοί γιατί η οροφή καθώς και η στέγη δεν είναι ανθεκτικά στη φωτιά όπως το υπόλοιπο σώμα του σπιτιού από πηλό.

Το άχυρο, το οποίο αποτελεί μέρος του μίγματος κομπ, δρα έτσι ώστε να κρατήσει την όλη δομή μαζί ως ένα μονολιθικό κομμάτι. Αυτό κάνει τα σπίτια cob εξαιρετικά σταθερά και ανθεκτικά σε σεισμούς και φωτιές.

Πολλά σπίτια cob έχουν διαρκέσει για εκατοντάδες χρόνια με ελάχιστη συντήρηση, ενώ οι ξύλινες κατασκευές έχουν επιβιώσει γενικά μόνο λίγες γενιές.

Φτιάξτε ένα πηλίνο σπίτι για την οικογένειά σας και αυτό θα διαρκέσει για πολλές πολλές γενιές ακόμα.

### **1.2.14 Ανθρακικό Αποτύπωμα**

Το ανθρακικό αποτύπωμα του κόμπ (cob) της αχυρόμπαλας και τσιμεντόλιθοι παρατίθεται στον ακόλουθο πίνακα:

<u>ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ</u>	<u>ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ (Kg CO<sub>2</sub>/tone)</u>
➤ Τσιμεντόλιθοι	143
➤ Cob (πλίνθοι)	22
➤ Αχυρόμπαλες	10

Όπως παρατηρείτε οι Τσιμεντόλιθοι έχουν το υψηλότερο ανθρακικό αποτύπωμα των δομικών υλικών που εξετάζονται στην παρούσα περίπτωση. Είναι τάξης μεγέθους μεγαλύτερη από το cob και τις αχυρόμπαλες. Εξακολουθεί να είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο υλικό για τα σύγχρονα κτίρια. Το κομπ (πλίνθοι) ως οικοδομικό υλικό είναι περιβαλλοντικά θετικό από την άποψη του ανθρακικού αποτυπώματος. Το Cob έχει σημαντικά χαμηλότερο ανθρακικό αποτύπωμα από ότι οι τσιμεντόλιθοι, όπως φαίνεται στον πίνακα παραπάνω. Μιας και τα συστατικά υλικά του cob μπορεί να τα πάρουμε άμεσα από τον τόπο όπου βρισκόμαστε και δεν χρειάζεται να υποβληθούν σε επεξεργασία, είναι σε θέση να έχουν χαμηλή

αξία του ανθρακικού αποτυπώματος. Οι αχυρόμπαλες είναι αυτές που έχουν τη χαμηλότερη τιμή ανθρακικού αποτυπώματος, είτε από το κοβ ή το σκυρόδεμα.<sup>13</sup>

### 1.2.15 Βιοκλιματική Συμπεριφορά- Συντελεστής Θερμοπερατότητας (U-value)

ΥΛΙΚΟ		Πυκνότητα	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας	Ειδική θερμοχωρητικότητα	Συντελεστής αντίστασης σε διάχυση υδρατμών	
					μ	
		ρ	λ	cp	ξηρό	υγρό
		Kg/m <sup>3</sup>	W/(m·K)	J/(kg·K)		
Συμπαγής πηλός	(G. MINKE)	1.800 - 2.000	0,95 - 1,2			
	(Κ.Εν.Α.Κ.)	1.990	0,8	1.000	10	
Πηλός μέσης πυκνότητας	(G. MINKE)	1.400 - 1.600	0,6 - 0,8			
	(Κ.Εν.Α.Κ.)	1.400	0,7			
Ελαφρύς πηλός	(G. MINKE)	800 - 1.200	0,3 - 0,5			
	(Κ.Εν.Α.Κ.)	660	0,19	1.500	5	
Μπομπίνα αχυροπηλού	(G. MINKE)		0,5			
Πεπιεσμένο άχυρο	(Κ.Εν.Α.Κ.)	200	0,040 - 0,070		2	
Ξυλόμαλλο		360 - 480	0,09 - 0,10	1.470	2 - 5	
Λινάρι		20 - 80	0,038 - 0,045	1.300 - 1.600		
Γρανίτης	2.500		2,8	1.000	10.000	10.000
	2.700					
Οπλισμένο Σκυρόδεμα		2.400	2,5	1.000	130	80
Οπτόπλινθοι διάτρητοι	1.200		0,45	1.000	5-10	
	1.700		0,58	1.000	5 - 10	
Αφρός Πολυουρεθένης		70	0,05	1.500		60
Εξηλασμένη πολυστερίνη		30 - 40	0,031 - 0,038	1.450	80 - 250	

Φυσικές ιδιότητες δομικού πηλού

(πηγή: <http://www.anelixi.org> )

Χαρακτηριστική ιδιότητα του υλικού αυτού είναι η *μικρή Θερμοαγωγιμότητα* λόγω της μεγάλης μάζας των τοίχων και η μεγάλη θερμική αποδοτικότητα. Και τα 2 συντελούν στην δημιουργία ευχάριστων συνθηκών διαμονής μέσα στο κτίριο. Πιο συγκεκριμένα, η ωμή πλίνθα απορροφά και στην συνέχεια απελευθερώνει την θερμική ενέργεια με αργό ρυθμό. Επιπλέον, σε επαρχίες που το κλίμα είναι ξηρό, οι καλοκαιρινές μέρες είναι ζεστές ενώ το βράδυ παρατηρείται πτώση της θερμοκρασίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, το βράδυ να επανεκπέμπεται όλη η θερμότητα που έχει απορροφηθεί από την γη κατά την διάρκεια της ημέρας στο εσωτερικό του χώρου. Αντίστοιχα το κρύο της νύχτας αποθηκεύεται στους πλίνθινους τοίχους και εξομαλύνεται με την πιο εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου κατά την διάρκεια της ημέρας, δημιουργώντας ιδανικές συνθήκες θερμοκρασίας. Από την άλλη τους κρύους μήνες οι τοίχοι αποθηκεύουν θερμότητα κατά την

διάρκεια της ημέρας την οποία επανεκπέμπουν στο εσωτερικό κατά τη διάρκεια της νύχτας. Η συμπεριφορά αυτού του υλικού είναι πιο έντονη για περιοχές που η θερμοκρασία αλλάζει κατακόρυφα την νύχτα σε σχέση με την ημέρα όπως στην έρημο. Το ιδανικό πάχος για μία ωμή πλίνθα ποικίλει ανάλογα με το ύψος στάθμης του επιπέδου της θάλασσας, το γεωγραφικό πλάτος, τα επίπεδα της θερμοκρασίας και της καθίζησης. Επιπλέον όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα του τοίχου τόσο πιο σταθερό είναι το αποτέλεσμα της εσωτερικής θερμοκρασίας (χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι μια σπηλιά).

#### Συντελεστής θερμοπερατότητας (U-value)

Ο πηλός είναι άλλο ένα υλικό που διαθέτει αυξημένη θερμική μάζα, προσδίδοντας μεγάλη θερμοχωρητικότητα στην κατασκευή που συμμετέχει. ο συντελεστής αγωγιμότητας του απλού πηλού (σε μορφή λάσπης) είναι  $1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ , ενώ ο ίδιος συντελεστής της κατεργασμένης αργίλου είναι ίσος με  $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  (δηλαδή για ωμόπλινθους).

Χαμηλές τιμές  $u$  είναι επιθυμητές με κατεύθυνση προς  $0,1 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$  σύμφωνα με το πρότυπο ΚΕΝΑΚ.  $0.21 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$  είναι το ανώτατο όριο για τους τοίχους σύμφωνα με τους ισχύοντες οικοδομικούς κανονισμούς.

Σε ένα τοίχωμα κομπ(οβ) πλάτους 60 cm έχει μια υπολογιζόμενη τιμή  $u$  ίση με  $0,65 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$ , προφανώς είναι εκτός των ισχυόντων τιμών. Αλλά υπάρχει ένα θεμελιώδες ελάττωμα με τις μετρήσεις της αξίας  $U$ . Είναι εργαστηριακές μετρήσεις. Υποθέτουν ότι οι θερμοκρασίες τόσο εντός όσο και εκτός του κτίριο δεν παρουσιάζει διακυμάνσεις. Αυτό δεν είναι ισχύει στον πραγματικό κόσμο. Οι θερμοκρασίες διακυμαίνονται μεταξύ ημέρας και νύχτας, ακόμη και από ώρα σε ώρα. Αυτό έχει μια επίδραση στο πώς θερμότητα περνά μέσα από την κατασκευή και, με υλικά όπως το κομπ (πλίνθοι), μπορούν πραγματικά να επιβραδύνουν αυτή την διέλευση της θερμότητας μέσα από τον τοίχο.

Σε τοίχο κομπ 60 cm πάχος, παίρνει 8 με 9 ώρες στη θερμότητα να περάσει μέσα. Αυτό δεν έχει αναγνωριστεί από τους τρέχοντες υπολογισμούς του οικοδομικού κανονισμού. Υπάρχουν αρχιτέκτονες και μηχανικοί που ασχολούνται με τη μονολιθική κατασκευή, όπως με το κομπ ή δομική κάρναβη οι οποίοι αισθάνονται ότι οι τιμές  $u$  είναι εντελώς άσχετος τρόπος/μέθοδος μέτρησης της απόδοσης αυτού του είδους κατασκευών.<sup>17</sup>

### 1.2.16 Εξοικονόμηση Ενέργειας – Κόστος Κατασκευής



(πηγή:www.tumblr.com )

Τα υλικά που προέρχονται από την γη όπως η ωμή πλίνθα , έχουν την *χαμηλότερη ενεργειακή κατανάλωση* για την παραγωγή τους ως οικοδομικά υλικά .Η ωμή πλίνθα είναι ένα ανακυκλώσιμο υλικό καθώς μπορεί να διαλυθεί και να ενσωματωθεί στο φυσικό Περιβάλλον. Οι φυσικές πλίνθες ξηραίνονται στον ήλιο, μια άλλη πηγή απεριόριστης ενέργειας . Επομένως το μεγαλύτερο κόστος σε τέτοιες κατασκευές οφείλεται στο εργατικό δυναμικό.

Μετά από μία έρευνα όπου έγινε στο Πανεπιστήμιο Kassel από τον καθηγητή Gernot Minke απέδειξε ότι τα υλικά που προέρχονται από το χώμα καταναλώνουν μόνο το 1% της ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή βιομηχανοποιημένων υλικών π.χ. μπετόν.

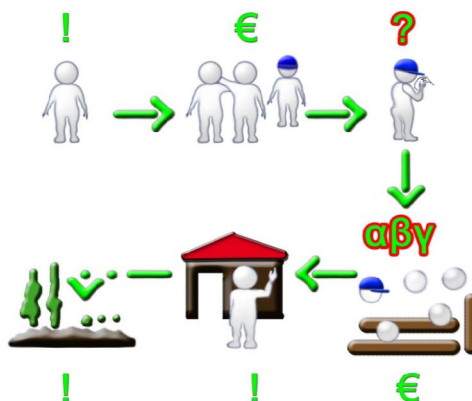
Ένας επιπλέον λόγος για την επιλογή των χωμάτινων κατασκευών, εκτός της υψηλής ενεργειακής αποδοτικότητας και του χαμηλού κόστους συντήρησης του , είναι το οικολογικό του όφελος λόγω της χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας κατά την παραγωγή του.

Ο πηλός είναι καταρχήν υλικό πυκνό και βαρύ. Συγκαταλέγεται σαφώς στην κατηγορία των θερμοχωρητικών και όχι των θερμομονωτικών υλικών.

Ο πηλός σε σχέση με όλα τα άλλα θερμοχωρητικά υλικά παρουσιάζει ένα εξαιρετικό πλεονέκτημα. Είναι υλικό επιδεκτικό σε τροποποιήσεις και προσαρμογές των θερμικών χαρακτηριστικών, όπως αυτές υπαγορεύονται από το κλίμα του κάθε τόπου, για την επίτευξη της μέγιστης εξοικονόμησης ενέργειας , με το ελάχιστο δυνατό κόστος.<sup>1</sup>



## Κόστος Κατασκευής



(πηγή : Γ.-Φοίβος Σαργέντης, LOW TECH Αρχιτεκτονική, Τεχνολογική αιχμή ή αιχμή της τεχνικής;, τεχνικό περιοδικό ΚΤΙΡΙΟ-  
www.g-fivos.gr

<http://www.scribd.com/doc/56934831/%CE%97-%CE%93%CE%B7-%CF%89%CF%82-%CE%A5%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CF%8C>

## Εφαρμογές στην κατασκευή με ωμή πλίνθα – Προβλήματα

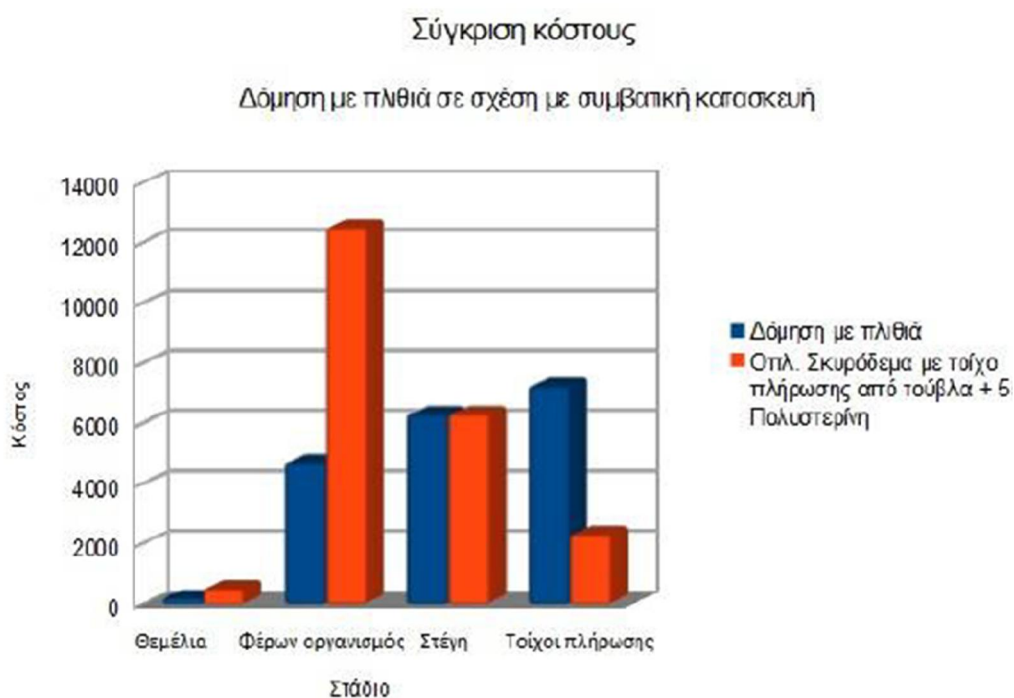
Κόστος κατασκευής ενός τετραγωνικού μέτρου(m<sup>2</sup>) περιοχής τοίχου το 2004 :

- 12.45 € για πλίνθινο τοίχο χωρίς εξωτερική επικάλυψη.
- 8.30 € για σοβαντισμένο μπετονένιο τοίχο με μόνωση .
- 6 € για ξύλινο σπίτι.

Το κόστος είναι ένα σημαντικό εμπόδιο για την χρήση της ωμής πλίνθας στην ανοικοδόμηση φθηνής κατοικίας , εξαιτίας της ανάγκης της κατασκευής για εργατικό δυναμικό.

## Τρόποι μείωσης του Κόστους Κατασκευής

- Σχεδιασμός μικρότερων σπιτιών με υψηλότερη ποιότητα σε συνθήκες ενέργειας και διάρκειας ζωής, μειώνοντας όχι μόνο το κόστος κατασκευής αλλά κι εξοικονομώντας ενέργεια μέσα στην πάροδο των χρόνων. Από αυτήν την πλευρά , αυτή η πλίνθα είναι αποτελεσματικότερη από άλλες συμβατικές μεθόδους κατασκευής
- Χρησιμοποιώντας την χωμάτινη πλίνθα ως υλικό κατασκευής δεν απαιτείται εξωτερική επικάλυψη ούτε εσωτερική ενίσχυση στην τοιχοποιία ( ξύλινο μεταλλικό πλέγμα για την δημιουργία ενός κενού που θα υποδεχτεί κάποιου είδους μόνωση ή καλωδιακές εγκαταστάσεις), γεγονός που συντελεί στην μείωση του κόστους κατασκευής.<sup>10 & 11</sup>



Διάγραμμα σύγκρισης κόστους δόμησης με πλιθιά σε σχέση με συμβατικά δομικά υλικά<sup>4</sup>

(πηγή: , <http://www.engoe.gr/> )

- Σύγκριση κόστους κατασκευής με συμβατική(οπλισμένο σκυρόδεμα με θεμελίωση, με πέδιλα και τοιχοπλήρωση, διπλοί δρομικοί και μόνωση 5εκ. εξηλασμένη πολυστερίνη στον πυρήνα).
- Μικρότερο κόστος κατά 10%, κυρίως λόγω του ξύλινου φορέα. Θα μπορούσε να είναι μεγαλύτερο αν υπήρχε μεγαλύτερη εμπειρία στην παραγωγή πλιθιών και στο κτίσιμο τους.<sup>4</sup>

### 1.2.17 Θερμική Άνεση



(πηγή: [finallyfit4summer.blogspot.com](http://finallyfit4summer.blogspot.com))

Η τοιχοποιία από πηλό έχει μεγάλη θερμική μάζα και ικανοποιητική μόνωση. Η θερμότητα αποθηκεύεται στο υλικό και αποδίδεται σταδιακά. Επιπλέον υπάρχει εξισορρόπηση θερμοκρασίας, ώστε να είναι δροσερά το καλοκαίρι και ζεστά τον χειμώνα. Λειτουργεί άριστα στη βιοκλιματική αρχιτεκτονική, με παθητικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης και τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας.

Απορροφά διαθέσιμη θερμότητα, από τον ήλιο, από το σύστημα θέρμανσης και την αποθηκεύει εντός των τειχών. Αργότερα, καθώς ξεκινάει η πτώση θερμοκρασιών, αυτή η αποθηκευμένη θερμότητα αρχίζει να ρέει πίσω στο δωμάτιο. Λειτουργεί σαν ένας τεράστιος θερμοσυσσωρευτής. Αισθανόμαστε πραγματικά αυτό το αποτέλεσμα στο σπίτι μας, όπου οι τοίχοι και το δάπεδο ακτινοβολούν θερμότητα το βράδυ, μετά από ένα φωτεινό απόγευμα. Δεν χρειάζεται να κάνει ζέστη έξω, μόνο να είναι φωτεινά. Σε περίπτωση που οι θερμοκρασίες είναι κάτω από το μηδέν, το σπίτι είναι άνετο με σχετικά μικρή θέρμανση γιατί επωφελείται από την αποθήκευση θερμότητας. Ένα σχόλιο που έχει γίνει από τους επισκέπτες είναι πως είναι θερμό και άνετο το περιβάλλον

σε όλο το σπίτι. Αυτό είναι σε μεγάλο βαθμό χάρη στην ικανότητά του κομπ να εξομαλύνει την υγρασία και τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας.<sup>19</sup>

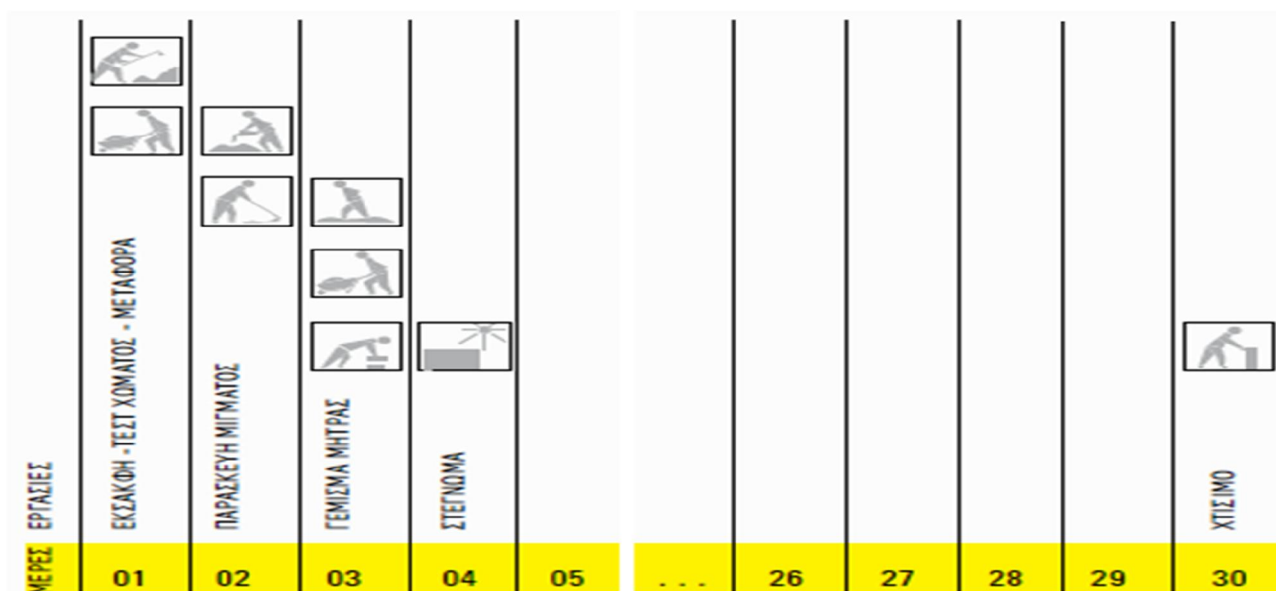
### 1.2.18 Χρόνος Υλοποίησης –Επίπεδο Συντήρησης

#### Χρόνος Υλοποίησης

Θεωρητικά ένα άτομο μόνο του μπορεί να κάνει όλη τη δουλειά, αλλά ιδανικά ώστε και η παραγωγή να είναι σε ταχύ ρυθμό χρειάζεται μια ομάδα 4-5 ατόμων. Οι εργασίες για τη παραγωγή πλίνθων είναι η εξής :

1. Σκάψιμο του εδάφους
2. Τεστ του χώματος
3. Δημιουργία του κατάλληλου μίγματος
4. Μεταφορά του μίγματος στο χώρο όπου θα στηθούν τα πλιθιά.
5. Τοποθέτηση του μίγματος μέσα στη μήτρα. Πίεση του μίγματος για να καλυφθεί όλος ο όγκος τη τρύπας. Λείανση(με το χέρι ή με μυστρί ή με πλάστη) του πάνω μέρους του τούβλου. Το μίγμα δε πρέπει να παραμείνει πολύ ώρα μέσα στη μήτρα γιατί θα κολλήσει (1-2 λεπτά).
6. Αμέσως μετά χτύπημα με σφυρί στις πλευρές της μήτρας- ώστε να ξεκολλήσει το χόμα και σήκωμα της μήτρας ώστε να απομείνει η πλίνθος στο έδαφος
7. Καθαρισμός της μήτρας με νερό και τοποθέτηση του νέου μίγματος. Όπως παρατηρούμε και από το σχήμα περιμένουμε 3 μέρες μετά τη δημιουργία των πλίνθων και τους γυρίζουμε ανάποδα για να στεγνώσει και η πλευρά που ακούμπαγε στο έδαφος.

Είναι αρκετά σημαντικό τις πρώτες μέρες οι πλίνθοι να βρίσκονται υπό σκιά ,για να μην χάσουν την υγρασία τους. Τέλος περιμένουμε 30 μέρες έως ότου έχουν στεγνώσει τελείως και είναι έτοιμοι για χτίσιμο. Στο διάστημα όπου περιμένουμε είμαστε στο στάδιο της θεμελίωσης.<sup>5</sup>





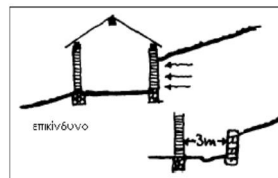
Η μέθοδος κομπ (πηλού) δε χρειάζεται ιδιαίτερη συντήρηση. Ένα σπίτι από κομπ μπορεί να επιβιώσει για αιώνες όπως έχουν αποδείξει παραδείγματα κατασκευών. Καλό θα ήταν μία φορά το χρόνο να σοβαντίζεται εσωτερικά και εξωτερικά το σπίτι κομπ.

### 1.2.19 Παθολογίες – Προστασία

#### Α. Σεισμός

##### Επιλογή θέσης

Το κτήριο πρέπει να τοποθετείται μακριά από πρηνή για προστασία από κατολισθήσεις που προέρχονται από σεισμούς και καταγίδες.



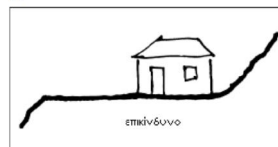
2-1



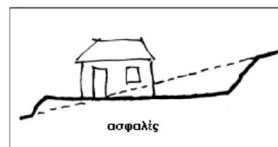
2-2



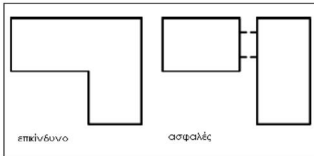
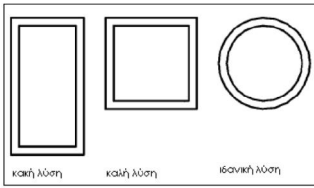
2-3



2-4



## Σχήμα κτηρίου

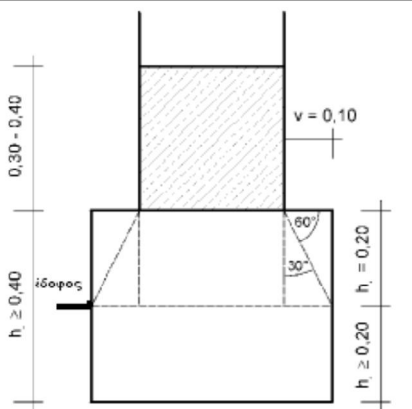


Το σχήμα του κτηρίου πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο συμπαγές. Το στρογγυλό είναι πιο σταθερό από ένα τετράγωνο, και αυτό πιο σταθερό από ένα ορθογωνικό.

Τα σχήματα Γ πρέπει να αποφεύγονται ή να χωρίζονται σε δύο ορθογωνικά με τη χρήση αρμού.

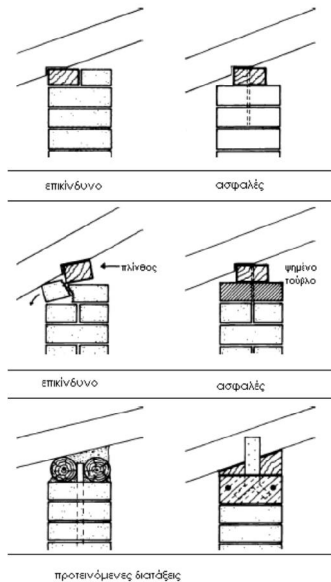
## Κρίσιμα σημεία

### Θεμέλια



Για τοίχους πάχους 30-40εκ. τα θεμέλια πρέπει να είναι 10-20 εκατοστά πιο πλατιά. Για τοίχους 50εκ μπορούν να έχουν το ίδιο πάχος. Το ύψος τους πρέπει να είναι τουλάχιστον 30εκ πάνω από το έδαφος.

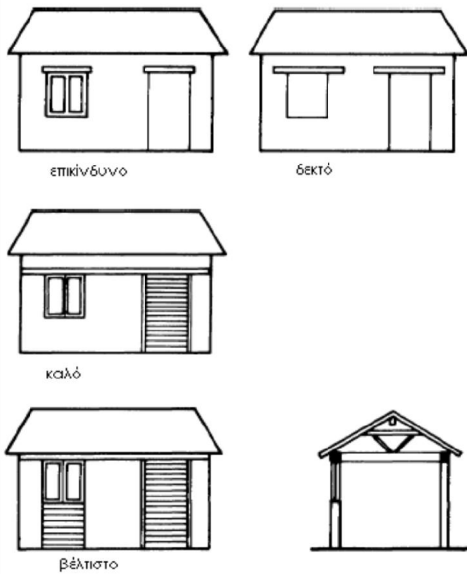
### Σενάζ



Το σενάζ βελτιώνει την αντοχή του κτηρίου σε σεισμό, καθώς παραλαμβάνει εφελκυστικές δυνάμεις. Σαν υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ξύλο ή σκυρόδεμα.

Στα ξύλινα σενάζ το ξύλο πρέπει να καλυφτεί με τουλάχιστον 2εκ. κονίαμα υψηλής αντοχής.

## Β. Στέγη



Η στέγη πρέπει να εδράζεται στο κέντρο του τοίχου και όχι στην άκρη . Επίσης είναι καλό να τοποθετείται ψημένο τούβλο ή ξύλο στην τελευταία στρώση για να παραλάβει τάσεις που μεταφέρονται μέσω της στέγης σε περίπτωση σεισμού.

### Ανοίγματα

Τα ανοίγματα δεν πρέπει να είναι πολύ μεγάλα και να μην βρίσκονται κοντά στις γωνίες του τοίχου. Επίσης το πρέκι πρέπει να συνεχίζει 40εκ μέσα στην τοιχοποιία και ιδανικά να εδράζεται σε αυτό και η στέγη.



Το νερό είναι ο μεγαλύτερος εχθρός των κατασκευών από χώμα. Χρειάζεται προστασία τόσο από τη βροχή αλλά και από τα απόνερα της, που μπορεί να υπονομεύσουν τη θεμελίωση του κτηρίου.

Επικίνδυνα σημεία από όπου είναι πιθανό να μπει νερό στην τοιχοποιία. <sup>5 & 8</sup>



### 1.2.20 Πλεονεκτήματα –Μειονεκτήματα

Πλεονεκτήματα - Οφέλη ωμόπλινθων	Μειονεκτήματα
• Έυκολο και γρήγορο κτίσιμο	• Ακατάλληλα τα υπερβολικά αμμώδη εδάφη- και τα υπερβολικά αργιλώδη
• θερμική αδράνεια	• Προστασία απο τη βροχή και την υγρασία
• καλύτερη ποιότητα του εισπνεόμενου αέρα μέσα στο σπίτι	• Προβληματική συμπεριφορά χόματος στον σεισμό - δραση εφελκυσμού
• Μειωμένο κόστος	• Χρειάζεται μεγάλο χώρο
• Δυνατότητα ιδιοκατασκευής	• η φέρουσα ικανότητα και η αντισεισμική αντοχη των τοιχοποιιών είναι πολύ μικρή
• Χαμηλή εμπεριεχόμενη ενέργεια	
• Απόλυτα οικολογικό/ανακυκλώμενο υλικό	
• Συντήρηση της ζυλίας	
• μη κατασπατάληση ορυκτών πόρων	
• Δεν εξαρτάται απο βαριά μηχανήματα	
• ελευθερία σχεδιασμού	
• Οικονομία σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους	
• φιλικό προς το Περιβάλλον	
• Φτηνό Υλικό	
• Δεν απαιτεί κάποιος ειδικός τεχνικός εξοπλισμός	
• Ανθεκτικές και μακράς διάρκειας κατασκευές	



this cob house

ημεσ cob μοσσε

6

#### Παραπομπές-Πηγές:

<sup>1</sup> Ελένη Καίρη – Θεοδώρα Κυριαφίνη -Παρουσίαση με θέμα « *Τεχνικές Δόμησης με Πηλό*», Ανέλιξη Α.Ε.

(<http://www.teemag.gr/ftp/2012/ANELIXI.pdf>)

<sup>2</sup> David Easton ,«*The Rammed Earth House* »,εκδόσεις *Chelsea Green* , *Vermont* 2007

<sup>3</sup>-Παρουσίαση [www.cob.gr](http://www.cob.gr) για Σεμινάριο Φυσικής δόμησης ( pdf: [www.kpe-phillipi.gr](http://www.kpe-phillipi.gr))

<sup>4</sup> Κων/νος Καταβούτας, Πολ. Μηχανικός MSc, Παρουσίαση Μηχανικών της Γης με θέμα «*Κανονισμοί για τη δόμηση με χώμα -Παρουσίαση εφαρμογής στα Τρίκαλα*» ΤΕΕ Μαγνησίας & ΜτΓ ,Βόλος Μάρτιος 2012 , (<http://www.engoe.gr/>)3.3.012

<sup>5</sup> Παρουσίαση Μηχανικών της Γής, Μάιος 2010 (<http://www.engoe.gr/>),

<sup>6</sup> <http://www.thiscobhouse.com>

<sup>7</sup> <http://earthsweethome.com/foundation.htm>

<sup>8</sup> <http://www.anelixi.org/>

<sup>9</sup> <http://www.eartharchitecture.org/>

<sup>10</sup> Ronald Rael- *Earth Architecture* , εκδόσεις Princeton Architectural Press ,2010

<sup>11</sup> Δούλκαρη Αικατερίνη-Καζάκου Θεοδώρα, *Διάλεξη με θέμα « Οικολογικά υλικά και μέθοδοι εναλλακτικής δόμησης »*,2009 Ε.Μ.Π.

<sup>12</sup> <http://www.nbne.org/natbuild/foundations.php>

<sup>13</sup> <http://www.small-scale.net/yearofmud/2012/09/03/natural-house-building-maintenance/>

<sup>14</sup> [http://www.rammedearthconstructions.com.au/index.php?mp\\_id=5](http://www.rammedearthconstructions.com.au/index.php?mp_id=5)

<sup>15</sup> Μπέη Γεωργία (ΑΠΘ)*Τοιχοποιία από πηλό: πειραματική διερεύνηση μηχανικών και φυσικών χαρακτηριστικών δομικών μονάδων και τοίχων από συμπίεσμένες ομοπλίνθους* ( <http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/14649#page/106/mode/2up>)

<sup>16</sup> Hugo Houben and Hubert Guillaud, *Earth Construction-a comprehensive guide* ,1994

<sup>17</sup> [www.devonearthbuilding.com/leaflets/building\\_regs\\_pamphlet\\_08.pdf](http://www.devonearthbuilding.com/leaflets/building_regs_pamphlet_08.pdf) / [www.mudandwood.com](http://www.mudandwood.com)

<sup>18</sup> Γ.-Φοίβος Σαργέντης, *LOW TECH Αρχιτεκτονική, Τεχνολογική αιχμή ή αιχμή της τεχνικής*, τεχνικό περιοδικό ΚΤΙΡΙΟ-  
[www.g-fivos.gr](http://www.g-fivos.gr)

<http://www.scribd.com/doc/56934831/%CE%97-%CE%93%CE%B7-%CF%89%CF%82-%CE%A5%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CF%8C>

<sup>19</sup> <http://www.mudandwood.com/cob-and-thermal-comfort.pdf>

## ΤΟ ΧΩΜΑ ΓΕΝΙΚΟΤΕΡΑ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ



Ζωγραφικός Πίνακας ‘‘ Χτίζοντας με πλιθιά’’ , Πινακοθήκη Babka , Σερβία (πηγή : xtizontasmexoma.blogspot.com)

Οι χωμάτινες κατασκευές αποτελούν ένα Εναλλακτικό τρόπο δόμησης που κάνει την εμφάνιση του στην ιστορία της αρχιτεκτονικής από τα αρχαία χρόνια. Πρόκειται για κατασκευές με βασικό συστατικό το χώμα, το οποίο λόγω της δυνατότητας του να παρέχεται άφθονο στον άνθρωπο , αποτέλεσε ιδανικό υλικό για συχνή δόμηση. Πολλά παραδείγματα συναντά κανείς με την χρήση τέτοιου υλικού σε ιστορικά μνημεία πολιτισμών σε περιοχές της Βορειοανατολικής Αφρικής ,της Νότιας και Κεντρικής Αμερικής και στην ενδοχώρα Κίνας και Ινδίας (Πυραμίδες Αιγύπτου, Σινικό Τείχος ,Αρχαίες πόλεις των Μάγια). Στον χώρο της κατασκευής , το χώμα έχει τη δυνατότητα να πάρει πολλές μορφές. Πιο συγκεκριμένα έχουμε την ανοικοδόμηση κατασκευών από ωμές πλίνθες (adobe) από σάκους γεμισμένους με χώμα (Earthbags) και από χώμα που συμπιέζεται με διάφορους τρόπους μέσα σε καλούπια( rammed earth).

Οι κατασκευές αυτές χαρακτηρίζονται από *μία μονολιθικότητα και μεγάλο ίδιο βάρος*. Οι μέθοδοι αυτοί , λόγω των δύο παραπάνω στοιχείων, δεν επιτρέπουν κατασκευές μεγάλου ύψους και προσφέρουν περιορισμένες σχεδιαστικές δυνατότητες. Από την άλλη πλευρά το μεγάλο βάρος τοιχοποιίας τους αυξάνει την αντοχή σε θλίψη. Αυτές οι μέθοδοι δόμησης αποτελούν ιδανική λύση για τις αναπτυσσόμενες χώρες αφού μειώνει τις απαιτήσεις εργατικό δυναμικό παρέχοντας τη δυνατότητα συμμετοχής στην ανοικοδόμηση κτιρίου στον ίδιο

τον ιδιοκτήτη. Οι κατασκευές με χώμα διαθέτουν πολλά πλεονεκτήματα καθώς δεν απαιτούν ιδιαίτερη τεχνογνωσία ,είναι αρκετά φιλικές προς το περιβάλλον καθώς είναι ανακυκλώσιμο υλικό. Επιπλέον υπάρχει χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση για την παραγωγή για την παραγωγή της αφού η πρώτη ύλη προέρχεται απευθείας από την γη και δεν χρειάζεται ιδιαίτερη επεξεργασία. Αυτό συντελεί στο χαμηλό κόστος παραγωγής της κατασκευής σε σχέση με άλλες συμβατικές μεθόδους δόμησης (σκυρόδεμα , χάλυβας , ξύλο).

Τέλος, τέτοιες κατασκευές εμφανίζουν ενδιαφέρουσες θερμομονωτικές ιδιότητες προσφέροντας ευχάριστες συνθήκες διαβίωσης στους χρήστες τους & εξοικονομούν ενέργεια.<sup>1</sup>

### 1.3 ΓΑΙΟΣΑΚΟΙ (EARTHBAGS)



#### Εισαγωγή

Οι σάκοι με άμμο(αμμόσακοι ή αλλιώς γαιόσακοι) χρησιμοποιήθηκαν πριν από 250 χρόνια ,πιο συγκεκριμένα στο Στρατό, για την δημιουργία δυνατών προστατευτικών εμποδίων κατά των βλημάτων και των βομβών (αλεξίσφαιρα) ή για να εμποδίσουν την μεγάλη ροή των νερών στις πλημμύρες.<sup>5</sup>

Έτσι η ανάγκη σε πολλά μέρη του κόσμου για δυνατά κτίρια που αντιστέκονται στους τυφώνες και τα τσουνάμι οδήγησε στην χρήση των σάκων με χώματα. Στην Δυτική Αφρική , στα βορειοανατολικά της Νοτίου Αμερικής και σε ορισμένες περιοχές της Κίνας και της Ινδίας φαίνεται να συγκεντρώνονται όλες οι προϋποθέσεις για την δόμηση νέων , απλών κατασκευών από χώμα. Αυτά τα κτίρια πρέπει να προσαρμόζονται στις κλιματολογικές

συνθήκες, (όπως η αυξημένη υγρασία), στον τρόπο ζωής των ανθρώπων, καθώς επίσης να αντιστέκονται στους τερμίτες και την μούχλα.<sup>1</sup>

### 1.3.1 Ορισμός- Ιστορική αναδρομή

Οι γαιόσακοι είναι σάκοι γεμισμένοι με συμπιεσμένο χώμα και άλλα φυσικά υλικά που μπορεί να περιέχονται σε αυτό (π.χ. ηφαιστειακή πέτρα , περλίτη κ.λπ.) , ανάλογα με τα συστατικά της γης της κάθε περιοχής.

Η ιδέα δημιουργίας τοίχων με γαιόσακους αποτελεί μια παλιά μέθοδο για τουλάχιστον έναν αιώνα τώρα, αλλά ταυτόχρονα μια καινούργια μέθοδο χτισίματος για τα ελληνικά δεδομένα. Ήταν ιδιαίτερος διαδεδομένη η χρήση τους στον στρατό , με τους οποίους έφτιαχναν γερά φράγματα που εξασφάλιζαν προστασία από σφαίρες, ακόμη και από έντονες πλημμύρες. Είναι εύκολο να μεταφερθούν εκεί που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν, είναι γρήγοροι στην συναρμολόγηση , αποτελούνται από φθηνά υλικά και είναι πολύ αποτελεσματικά στην απομάκρυνση τους από το νερό και τις σφαίρες.<sup>3</sup>



(πηγή: [www.earthbagbuilding.com](http://www.earthbagbuilding.com) )

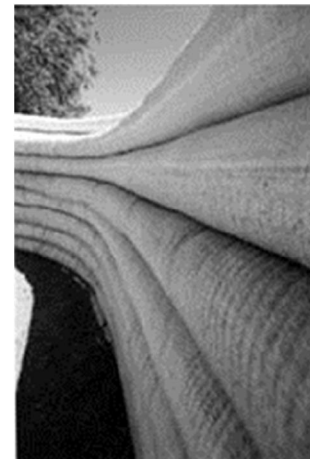
Κάπως έτσι προέκυψαν οι κατασκευές σπιτιών με γαιόσακους , εφόσον οι τοίχοι είχαν μεγάλη συνοχή , ενώ παρουσίαζαν αντοχή σε έντονα καιρικά φαινόμενα ,ακόμη και σε φαινόμενα όπως σεισμούς ή πλημμύρες.<sup>5</sup>

Αρχικά τα φυσικά υλικά , όπως η λινάτσα χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των γαιοσάκων. Πρόσφατα τα υφαντά σακιά πολυπροπυλενίου είναι αυτά που προτιμούνται λόγω της αντοχής τους. Η λινάτσα στην πραγματικότητα διαρκεί περισσότερο αν εκτίθεται στο φως του ήλιου, αλλά θα σαπίσει τελικά, αν αφεθεί σε υγρό, ενώ το πολυπροπυλένιο δεν επηρεάζεται από την υγρασία.

Η χρήση σακίων με χώμα ή άμμο (Earthbags) ,λόγω της χρήσης τους στον στρατό και για τον έλεγχο των πλημμυρών, συνδέεται γενικά με την κατασκευή προσωρινών δομών ή φραγμών. Χρησιμοποιώντας τα σακιά με

χώρα για να οικοδομήσουμε πραγματικά σπίτια ή μόνιμες κατοικίες είναι μια σχετικά πρόσφατη καινοτομία η οποία ανθίζει σιγά σιγά στην Ελλάδα.

Το 1976 ο Minke Gernot, στο Ερευνητικό εργαστήριο του Kassel Polytechnic College στη Γερμανία, άρχισε να διερευνά το ζήτημα του πώς τα φυσικά δομικά υλικά όπως η άμμος και το χαλίκι θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή κατοικιών, χωρίς την αναγκαιότητα της χρήσης συνδετικών υλικών. Η χρήση του υφάσματος - πολυπροπυλενίου βρέθηκε να έχει αρκετά χαμηλό κόστος. Χρησιμοποίησαν ελαφρόπετρες για τη συσκευασία των γαιοσάκων, επειδή ζυγίζει λιγότερο και έχει καλύτερες θερμομονωτικές ιδιότητες από την άμμο και το χαλίκι. Πρώτα επιτυχή πειράματα τους ήταν σε σχήματα θόλου (ένα ανεστραμμένο αλυσοειδή) το οποίο ελήφθη με τη βοήθεια ενός περιστρεφόμενου προτύπου κατακόρυφο τοποθετημένο στο κέντρο της δομής.<sup>3</sup>



Ήταν ένας ιρανοαμερικανός αρχιτέκτονας ονόματι *Nader Khalili* ο οποίος διέδωσε την ιδέα της δημιουργίας μόνιμων κατοικιών με σάκους γεμισμένους με χωμάτινα υλικά.

Ο Khalili σκέφτηκε ότι για μια πιο μόνιμη ,ανθεκτική κατασκευή να τοποθετείται *συρματόπλεγμα*<sup>1/</sup> μεταξύ των γαιοσάκων, έτσι το κέλυφος της κατασκευής ενοποιείται σε μια πιο μονολιθική δομή και είναι ο εφευρέτης της κατασκευής γαιοσάκων με τη μέθοδο *superadobe*<sup>2/</sup> (όπου θα μιλήσουμε στην υποενότητα 1.4.3.3 παρακάτω).

### 1.3.2 Δομή – Σύσταση Υλικού



Βασικά υλικά & εργαλεία κατασκευής γαιοσάκων

(πηγή: [www.scribd.com/doc/89870471/Earthbag-Building-Guide](http://www.scribd.com/doc/89870471/Earthbag-Building-Guide))

Η τεχνική αυτή απαιτεί πολύ βασικά υλικά κατασκευής : ανθεκτικούς σάκους πολυπροπυλενίου (έχουμε αναφερθεί σε αυτό στην υποενότητα 1.1.4 του άχυρου), γεμισμένους με ανόργανο χώμα συνήθως που βρίσκεται στη φύση. Η τεχνική των γαιοσάκων – ως υλικό τοίχου πλήρωσης- είναι αρκετά φθηνή , απόλυτα φυσική κατασκευή και αρκετά σταθερή. Χρησιμοποιείται είτε υγρό υπέδαφος όπου περιέχει αρκετό πηλό για να γίνει συνεκτική όταν θα συμπιεστεί, ή γωνιακό χαλίκι ή σπασμένο ηφαιστειακό πέτρωμα. Οι δε αμμόσακοι με γέμισμα άμμου ,είναι μια εναλλακτική τεχνολογία, και απαιτούν πολύ διαφορετικές κατασκευαστικές λεπτομέρειες.

### 1.3.2.1 Επιλογή του κατάλληλου χώματος



Το χώμα που βρίσκεται στην επιφάνεια της Γής περιέχει οργανικές ουσίες και άλλα υλικά που το κάνουν ακατάλληλο. Κυρίως αποτελείται από χάλικες, άμμο, ιλύ και άργιλο. Χώμα κατάλληλο για τη χρήση του ως δομικό υλικό μπορεί να βρεθεί οπουδήποτε στον κόσμο. Το ζητούμενο υλικό το βρίσκουμε συνήθως στο υπέδαφος. Το χώμα αυτό δεν έχει πάντα το ίδιο χρώμα, μπορεί να έχει μια απόχρωση κόκκινη, γκρι, καφέ ή πορτοκαλί και δεν πρέπει να περιέχει οργανικές ουσίες. Το επιτρεπτό μέγεθος των κόκκων του χώματος εξαρτάται από τη μέθοδο κατασκευής.

Το χαρακτηριστικό του είναι η κολλώδης του συμπεριφορά. Το αργιλόχωμα κολλάει σε σβώλους όταν βραχεί, οι οποίοι γίνονται πολύ συμπαγείς με την πάροδο του χρόνου. Όταν το πιάνουμε αφήνει μια κρούστα σαν αυτή που αφήνει το σαπούνι πάνω στα χέρια μας και δεν ξεβγάζεται εύκολα. Παρόλα αυτά ο ατόφιος πηλός είναι ακατάλληλος γιατί οι συστολο-διαστολές του χώματος λόγω της εναλλαγής της θερμοκρασίας δεν βρίσκουν χώρο να εκτονωθούν και οδηγούν σε σπάσιμο. Γι αυτό χρειαζόμαστε την άμμο. Αναλόγως με την περιεκτικότητα του χώματος σε άργιλο, προσθέτουμε άμμο για να γίνει το χώμα εύπλαστο και συμπαγές όσο το χρειαζόμαστε.

Η άμμος κάνει το χώμα εύπλαστο αλλά δεν του δίνει τη συνεκτικότητα που χρειάζεται για να χρησιμοποιηθεί ως δομικό υλικό. Γι αυτό χρησιμοποιούμε άχυρο και γιδότριχα, τα οποία λειτουργούν ως οπλισμός και μετατρέπουν το χώμα σε ένα στερεό συμπαγές σώμα. Υπάρχουν πολλοί σταθεροποιητές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να κάνουν το χώμα ακόμα πιο δυνατό. Τέτοιοι είναι το τσιμέντο ή πίσσα, ο ασβέστης, η κοπριά κ.α.<sup>2</sup>



### 1.3.3 Κατασκευή Σακίων με χώμα- Ευκολία κατασκευής



Η κατασκευή από σάκους με χώματα συνιστά μια αρκετά ευέλικτη μορφή συμπιεσμένου χώματος (rammed earth-ενότητα που θα μιλήσουμε παρακάτω), η οποία γίνεται αρκετά γρήγορα και δεν απαιτεί ιδιαίτερη τεχνογνωσία. Βασική ύλη για μια τέτοια κατασκευή είναι οι μεταχειρισμένες σακούλες που συσκευάζουν σοβά, σπόρους ή τσιμέντο και βρίσκονται σε περίσσεια ανά τον κόσμο. Σε αντίθεση με άλλες τεχνικές δόμησης από χώματα, εδώ μπορούν να αξιοποιηθούν πολλοί διαφορετικοί τύποι εδαφών. Επίσης οι άδειοι σάκοι, λόγω του μικρού βάρους τους επιτρέπουν την δόμηση σε απομακρυσμένες περιοχές.



Το υπό κατασκευή σπίτι με γαιόσακους του Kelly Hart

(πηγή: <http://www.greenhomebuilding.com/> )

Οι σάκοι με χώματα μπορούν να σχηματίσουν παραδοσιακούς τύπους τοίχων που μοιάζουν με τη συνηθισμένη τοιχοποιία από πλίνθα. Η προσεκτική δουλειά μπορεί να δημιουργήσει καλές κατασκευές με το ελάχιστο δυνατό κόστος. Οι τοίχοι συμπιέζονται και σταθεροποιούνται με εργαλεία, χειρωνακτικά, ενώ όταν στεγνώσουν γίνονται εξίσου σταθεροί και δυνατοί με τους τοίχους που κατασκευάζονται από πλίνθα.<sup>1</sup>

Ευκολία κατασκευής

Για 3 ανθρώπους απαιτείται γύρω στην μία ώρα εργασίας για να στρωθούν περίπου 12 τετρ.πόδια τοιχοποιίας. Η προετοιμασία του χώματος , το γέμισμα , η τοποθέτηση και η σταθεροποίηση (συμπίεση , τρύπημα) των σάκων δεν απαιτούν ιδιαίτερη ικανότητα ή δυνάμεις .

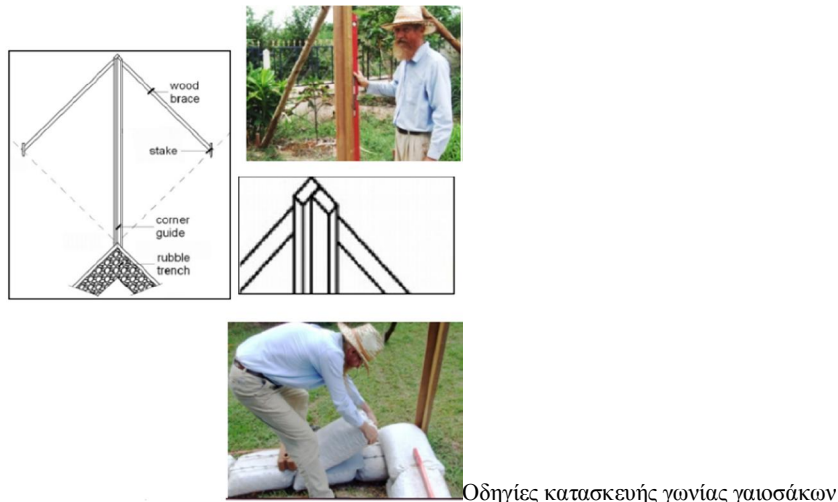
### 1.3.3.1 Ιδιότητες που προκύπτουν από τη μορφολογία κατασκευής



(πηγή:<http://images.search.conduit.com/ImagePreview/?q=earthbag%20homes%20in%20africa%20pictures&ctid=CT3220468&searchsource=3&CUI=UN30976128243070120&start=0&pos=7> )

Μορφολογικά οι καμπύλες τοιχοποιίες είναι συνήθεις στα παραδοσιακά κτίρια σε πολλές περιοχές του κόσμου. Σε πολλά μέρη της Αφρικής τα στρογγυλά σπίτια είναι ένα τυπικό παράδειγμα, όπου φαίνεται ότι το μπετόν δεν τα έχει αντικαταστήσει με ορθογωνικές μορφές. Στις καμπύλες τοιχοποιίες απαιτείται λιγότερος κόπος και ποσότητα υλικού για να χτιστεί ο ίδιος εσωτερικός χώρος σε μέγεθος. Έρευνες έδειξαν ότι οι ανεπίχριστες , πολυπροπυλενικές σακούλες γεμισμένες με ξερό χαλίκι ή υγρό , καθώς και συμπιεσμένο αμμώδες έδαφος αντιστέκονται δέκα φορές περισσότερο σε θλιπτικές δυνάμεις( θα μιλήσουμε σε επόμενη ενότητα παρακάτω ) απ' ότι τα ξύλινα υποστηρικτικά πλαίσια ανά μήκος τοιχοποιίας.

Οι ιδιότητες που ισχύουν στην κατασκευή καμπύλων τοίχων από πλίνθα , με ένα καθαρό πάχος και χωρίς ενισχύσεις ισχύουν και στην δόμηση τοιχοποιίας από πατημένο χώμα, προσδίδοντας ευελιξία και αντοχή.



Οδηγίες κατασκευής γωνίας γαιοσάκων

(πηγή: [www.scribd.com/doc/89870471/Earthbag-Building-Guide#page=31](http://www.scribd.com/doc/89870471/Earthbag-Building-Guide#page=31))

Με τους χωμάτινους σάκους μπορούμε εύκολα να δημιουργήσουμε τόξα , χωρίς την υποστήριξη τσιμέντου (μπετόν), πάνω από ανοίγματα πλάτους 1,2m.

Τα ανοίγματα αυτά θα πρέπει να απέχουν τουλάχιστον 1m από γωνίες της τοιχοποιίας ή μεταξύ τους, Η προκατασκευασμένη υποστήριξη τους μπορεί να αφαιρεθεί , αφού πρώτα τοποθετηθούν μερικές σειρές σάκων ακόμη πάνω από το τόξο του ανοίγματος.<sup>1</sup>

Ένα από τα λίγα μειονεκτήματα των χωμάτινων σάκων στη χρήση τους, είναι η δυσκολία στο να προστεθούν ανοίγματα σε έναν ήδη υπάρχοντα τοίχο. Το να έχουν προβλεφθεί αυτά τα ανοίγματα ήδη από τον σχεδιασμό είναι συνήθως βοηθητικό. Ένα επιπλέον τόξο μπορεί εύκολα να κατασκευαστεί σε έναν καινούριο τοίχο, για την περίπτωση που χρειαστεί μελλοντικά μία καινούρια πόρτα ή παράθυρο σε εκείνο το σημείο.

Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τον εξής τρόπο: Το πλαίσιο του τόξου του μελλοντικού ανοίγματος γεμίζει εσωτερικά με άλλους σάκους οι οποίοι ενσωματώνονται στην τοιχοποιία, χωρίς να είναι μέρος του υπολοίπου συνεχούς μοτίβου κατασκευής. Αυτό επιτρέπει την μετέπειτα αφαίρεση τους ώστε να δημιουργηθούν ένα νέο άνοιγμα. Τα μεγαλύτερα ανοίγματα μπορούν να δημιουργηθούν από σάκους, που σταθεροποιούνται με τσιμεντοκονία.

Μείγμα για τους σάκους

Η προετοιμασία του χώματος που προορίζεται για να γεμίσει τους σάκους ξεκινά με το σκάψιμο για να μαλακώσει. Τα ανώτερα στρώματα του εδάφους , τα αποσυντεθειμένα φύλλα , πολλές ρίζες ή κλαδιά δεν πρέπει

να χρησιμοποιούνται για το μείγμα που γεμίζει τους σάκους. Τα υλικά γεμίσματος δοκιμάζονται προτού χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή. Η δοκιμή του μείγματος για τον έλεγχο της συμπεριφοράς του είναι πολλές φορές πιο σημαντική και από τον υπολογισμό της αναλογίας της λάσπης.<sup>1</sup>

### 1.3.3.2 Τρόποι δοκιμής εδάφους

Δοκιμή εδάφους με την Μέθοδο δημιουργίας μπάλας



4-14: This drop test is good soil for earthbag



4-15: This drop test soil may have too much clay

Μέθοδος δημιουργίας μπάλας καταλληλότητας χώματος

(πηγή: [www.scribd.com/doc/89870471/Earthbag-Building-Guide#page=31](http://www.scribd.com/doc/89870471/Earthbag-Building-Guide#page=31))

Στην δοκιμή του εδάφους με την Μέθοδο αυτή σχηματίζονται μπάλες διαμέτρου 4cm από υγρό χώμα, τόσο ώστε να έχει μία συνοχή. Έπειτα αφήνονται να πέσουν από ύψος 1,5 μέτρου πάνω σε μία σκληρή επιφάνεια.

- ❖ Εάν καταλήξουν σε επίπεδη μορφή, τότε στη λάσπη χρειάζεται να προστεθεί άμμος.
- ❖ Εάν οι μπάλες εμφανίσουν ρωγμές, τότε το έδαφος θεωρείται κατάλληλο για να χρησιμοποιηθεί ως γέμισμα σε σάκους.
- ❖ Εάν οι χωμάτινες μπάλες σπάσουν σε 4 ή 5 τμήματα, τότε το έδαφος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κατασκευές από χωμάτινες πλίνθες (adobe), χωμάτινους τοίχους (rammed earth) και σάκους με χώματα (earth bags).
- ❖ Εάν οι μπάλες από χώμα συνθλίβουν, σημαίνει ότι έχουν αρκετό πηλό στην σύστασή τους

Δοκιμή εδάφους με την μέθοδο γεμίσματος σάκου με χώμα:



2<sup>η</sup> μέθοδος γεμίματος σάκου με χώμα

(πηγή: [www.scribd.com/doc/89870471/Earthbag-Building-Guide#page=31](http://www.scribd.com/doc/89870471/Earthbag-Building-Guide#page=31))

Στη μέθοδο αυτή το έδαφος που χρησιμοποιείται επεξεργάζεται προκειμένου να διαλυθούν οι ‘‘κόμποι’’ που εντοπίζονται στη μάζα του και να αφαιρεθούν οι μεγάλες πέτρες. Έπειτα το χώμα αναμειγνύεται με τόσο νερό, ώστε το μείγμα που θα προκύψει να ρέει αργά μέσα από το ύφασμα του σάκου, όταν εκείνος συμπιέζεται. Εν συνεχεία, γεμίζεται ο σάκος με το μείγμα, έως ότου φτάσει στο στάδιο, όπου διατηρείται το σχήμα του εάν πέσει από κάποιο ύψος κάτω. Οι σάκοι που γεμίζονται σφραγίζονται με καρφιά ή ραβδώνονται με σύρμα ή ανθεκτικά σχοινιά (δοκιμάζονται και σάκοι με μείγματα στα οποία έχουν προστεθεί και άλλα συστατικά). Έπειτα οι σάκοι συμπιέζονται και αφήνονται να στεγνώσουν σε σκιερό μέρος για μία έως 2 εβδομάδες. Όταν πια είναι εντελώς στεγνοί ελέγχονται για ρηγματώσεις ή συρρικνώσεις ή συρρίκνωση του όγκου τους. Επίσης ελέγχονται και για την αντοχή τους( θα πρέπει να συγκρατούνται από τα καρφιά χωρίς να σχίζονται).

Οι σάκοι μπορούν να γεμίσουν με μία ποικιλία από υλικά του εδάφους. Οι περισσότερες ποιότητες εδάφους στερεοποιούνται αφού τοποθετηθούν και συμπιεστούν. Για τα υγρά κλίματα, τα γεμίσματα που στερεοποιούνται εξασφαλίζουν την συνεχή δύναμη(αντοχή) κάτω από απλά επιχρίσματα λάσπης, ακόμα και στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται σάκοι από βαμβάκι ή από πλέγμα Γιούτας, οι οποίοι με την πάροδο του χρόνου φθείρονται αρκετά. Τα πιο μαλακά και αραιά γεμίσματα βασίζονται περισσότερο στο υλικό του σάκου για αντοχή (Κατά την διάρκεια του Α΄ Παγκόσμιου Πολέμου οι σάκοι, οι οποίοι ήταν εμποτισμένοι με λάδι, χρησιμοποιούνταν για οχυρώματα, τα οποία στέκονται μέχρι και σήμερα, 100 χρόνια μετά).<sup>1& 5</sup>

### 1.3.3.3 Τεχνική Superadobe – χρήση συρματοπλέγματος <sup>/1&2/</sup>



τεχνική superadobe



(πηγές: [www.calearth.org](http://www.calearth.org) & [www.grisb.org](http://www.grisb.org) )

Η τεχνική Super adobe (σάκοι άμμου και συρματοπλέγματα), είναι μία μεγάλη συμπίεσμένη κατασκευή στην οποία συμμετέχουν πλιθιά. Τα σακιά με χώμα είναι γεμάτα με πλιθιά και τοποθετημένα σε στρώσεις ή σε μεγάλες σπείρες(συμπίεση) με σκέλη συρματοπλέγματος (barbed wire) ανάμεσα στους γαιόσακους, που τοποθετείται με σκοπό να ενεργούν και ως κονίαμα αλλά και ως ενίσχυση (ένταση), ενσωματώνοντας έτσι την παραδοσιακή αρχιτεκτονική με τις σύγχρονες απαιτήσεις της παγκόσμιας ασφάλειας. Σταθεροποιητές όπως το τσιμέντο, ο ασβέστης, ή η άσφαλτος μπορούν να προστεθούν.

Η ιδέα αυτή παρουσιάστηκε αρχικά από τον αρχιτέκτονα Nader Khalili σε συμπόσιο της NASA για την κατασκευή βιοτόπων στο φεγγάρι και τον Άρη, ως "Velcro-adobe"<sup>3/</sup>. Μετά από χρόνια περισυλλογής, έρευνας, και αναζήτησης για απλές απαντήσεις για την κατασκευή με τη γη. Προέρχεται από έναν επιστήμονα που δεν ήθελε να δεσμευτεί σε οποιοδήποτε σύστημα κατασκευής και κοίταζε μόνο μία απάντηση στο ανθρώπινο καταφύγιο, να απλοποιηθεί, γι' αυτό βραβεύθηκε και πήρε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας.

### 1.3.4 Θεμελίωση



(πηγή: [www.grisb.org](http://www.grisb.org) )

Τα πέδιλα από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι ο πιο κοινός τύπος θεμελίωσης στον ανεπτυγμένο κόσμο, αν και κοστίζει χιλιάδες ευρώ. Συγκεκριμένα μεγέθη δεν είναι πάντα αναγκαία, αλλά λειτουργεί καλά σε αδύναμα εδάφη ή σεισμικές περιοχές. Στη δική μας περίπτωση χρησιμοποιούμε θεμέλια από σάκους γεμισμένους με χαλίκι ή μπάζα ως πέδιλα με σκοπό την προστασία των κτιρίων από παγετό. Εάν το χώμα είναι μαλακό ή επικρατούν ακραίες καιρικές συνθήκες στην περιοχή, τότε καλό θα είναι να απευθυνθείτε σε κάποιο Μηχανικό ή Αρχιτέκτονα να αποφασίσει ένα φθινό τρόπο θεμελίωσης και πόσο βαθιά θα πρέπει να είναι .

Σκάβουμε μια τάφρο ελαφρώς πλατύτερη από τον τοίχο γαιοσάκων και περίπου 45- 60cm βαθύ. Προσθέτουμε χαλίκι, βράχο μέχρι το επίπεδο περίπου 15 cm κάτω από την ολοκληρωμένη τάφρο μέχρι να είναι σταθερό και επίπεδο.<sup>5</sup>

Γεμίζουμε τη τάφρο με πέτρες/βράχους που βρίσκουμε στη γύρω περιοχή μέχρι 20 cm. Καλύπτουμε τους βράχους με μικρότερα χαλίκια (αυτό αποτρέπει τους σάκους πολυπροπυλενίου από σκίσιμο). Στη συνέχεια τοποθετούμε 2 ή 3 σάκους πολυπροπυλενίου γεμισμένα με στρώματα χαλικιού με παχύ συρματοπλέγματα (barbed wire) μεταξύ των στρωμάτων για την αντοχή σε εφελκυσμό. Διπλοπακετάρονται τα θεμέλια για να ενισχυθούν οι σάκοι. Συμπληρώνουμε τα κενά στις δυο πλευρές με χαλίκι αν χρειάζεται. Έτσι εμποδίζουμε το νερό να μπει στο σπίτι και έχουμε την καλύτερη αποστράγγιση.



Προσθήκη βράχων στη τάφρο ως ασπίδα αποστράγγισης (<http://www.themudhome.com/gravel-foundations.html> )

Η θεμελίωση με σάκους από χαλίκι ή πέτρα είναι χαμηλού κόστους, γρήγορη και εύκολη για την κατασκευή, δεν είναι απαραίτητη η χρήση τσιμέντου και δεν απαιτείται ακριβός εξοπλισμός. Συμπλέκονται με συρματοπλέγματα και οι σάκοι πολυπροπυλενίου μπορεί να είναι ισχυρότεροι από μια τάφρο γεμισμένη με μπάζα και μόνο. Όταν οι γαιόσακοι φυλάσσονται από το φως του ήλιου μπορεί να διαρκέσουν εκατοντάδες χρόνια.<sup>5 & 6</sup>

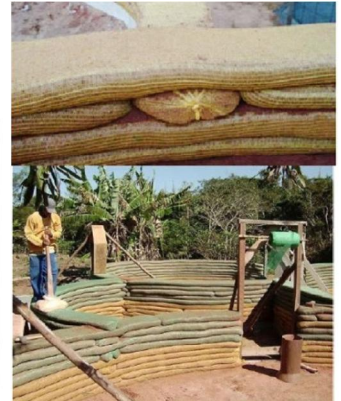


### 1.3.5 Τοιχοποιία – Ανοίγματα



(πηγή : Φωτογραφία από Ashley Muse ,www.flickr.com )

Υπάρχουν 2 τρόποι κτισίματος τοιχοποιίας Earthbag, αυτός των σάκων γεμισμένων με χώμα και αυτό των σωλήνων πολυπροπυλενίου γεμισμένων με χώμα . Πολλοί κατασκευαστές προτιμούν τους σάκους αντί τους σωλήνες πολυπροπυλενίου επειδή είναι ανακυκλώσιμοι ή τυποποιημένοι καλά ,είναι πιο βιώσιμοι και έχουν χαμηλότερο κόστος. Ωστόσο οι σωλήνες πολυπροπυλενίου είναι εξίσου δημοφιλείς.



Κατασκευή Earthbag με Σωλήνες<sup>5</sup>, σάκους & λινάτσα

Επειδή οι σωλήνες μπορούν να τοποθετηθούν σε 2,5 μέτρα μήκος ή περισσότερο, είναι πιο γρήγορος τρόπος για να χτίσει κανείς και εξοικονομείται χρόνος στο σοβάτισμα και στα υλικά. Έτσι έχουμε τη δημιουργία σφικτών καμπυλωτών τοίχων ή θόλων που είναι πιο απλή μέθοδος αυτή των σωλήνων.

Για την εξομάλυνση ογκωδών τοίχων χρησιμοποιείται περισσότερος σοβάς οπότε έχει μεγάλο κόστος . Αγοράζονται σε ρολά έως 3350 μέτρα. Γενικά η κατασκευή με σωλήνες είναι πολύ πιο γρήγορη μέθοδος από μια με σάκους. Οι σωλήνες πολυπροπυλενίου χιζίζονται από ομάδες τουλάχιστον τριών ατόμων, ενώ οι σάκοι μπορεί εύκολα να κατασκευαστούν και μόνες τους. Ο πίνακας που ακολουθεί παρακάτω δείχνει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του καθενός .<sup>5</sup>

<b>4-9: COMPARING TUBES AND BAGS</b>			
	Solid Weave Tubes	Mesh Tubes	Bags
Quick to Build?	✓	✓✓	Slower, hard to shape tight curves or domes
Available Materials?	Somewhat uncommon higher shipping costs or delays	Somewhat uncommon higher shipping costs or delays	✓✓
Cheap Materials?	Higher	✓✓	✓
Easy to plaster?	✓	✓✓	If walls are built with extra care
Sustainable?	✓ Less fabric waste	✓✓ Little material	✓✓ If recycled bags
Workers Needed	Need 3-4	Need 3-4	1+
Details	Can form a 'rainbow arch' of stabilized fill. Takes time to scrunch tubes onto chute.	Not for sandy soils, gravel, or hazardous areas	May be best for earthquake hazard. Takes time to close bags neatly

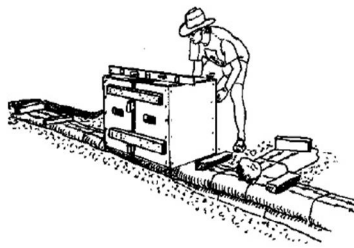
Πίνακας Πλεονεκτημάτων –Μειονεκτημάτων σωλήνων – σάκων

### *Ανοίγματα (πόρτες –παράθυρα )*

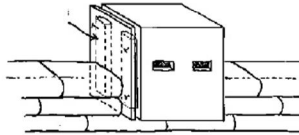


www.flickr.com

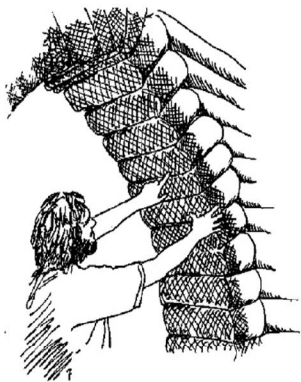
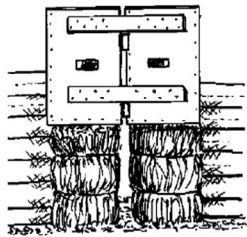
Τα ανοίγματα σε earthbag τοίχους μπορούν να μειώσουν τη δύναμη. Τα ανοίγματα πρέπει να είναι 36 "(90 cm) η ελάχιστη απόσταση από τα ανοίγματα και τις γωνίες. Η αντιστήριξη στους κάθετα τοίχους σε μεγάλους τοίχους κτηρίων θα πρέπει να έχει άνοιγμα τουλάχιστον 5 '(150cm) από την υποστήριξη του τοίχου. Χρησιμοποιήστε γαλβανισμένο μέταλλο πάνω από τις πόρτες και τα παράθυρα για να οδηγήσει την υγρασία



μακριά, και να οικοδομήσουν αδιάβροχες ποδιές για τα παράθυρα που κλίνουν προς τα έξω . Οι πρόβολοι στεγών συμβάλουν στη μείωση της υγρασίας στην οποία εκτίθενται οι πόρτες και τα παράθυρα. <sup>5</sup>



Για να εγκαταστήσετε μια πόρτα, τοποθετήστε ένα κιβώτιο στο επιθυμητό ύψος και τη θέση. Κατασκευάστε τις πόρτες και τα παράθυρα κάποια εκατοστά μεγαλύτερο από τον συμπιεσμένο τοίχο. Ένας τρόπος για να δημιουργήσετε μία φόρμα που είναι εύκολο να εργαστεί (και να αφαιρεθεί αργότερα) είναι να χρησιμοποιήσετε ένα πλαίσιο κουτιού. Αντί να οικοδομήσουμε πολλαπλές μορφές πλαισίου για να φιλοξενήσει το ύψος της πόρτας, να εξετάσετε τη χρήση αχυρόμπαλων να ανυψώσει ένα ενιαίο σύνολο των πλαισίων αφότου οι τοίχοι έχουν συμπιεστεί πλήρως.<sup>9</sup>



Μερικοί κατασκευαστές χρησιμοποιούν σωλήνες με σταθεροποιημένη πλήρωση να σχηματίζει τόξα σε σχήμα «ουράνιου τόξου»(βλ. κάτω εικόνα 1). Παίρνουν λιγότερο χρόνο να κατασκευαστούν , επειδή δεν χρειάζονται μικρότερα σακιά αλλά η χρήση αμμώδους εδάφους και τσιμέντου, όπως και ο πηλός μπορεί να προκαλέσουν αποτυχία του τόξου. Τα

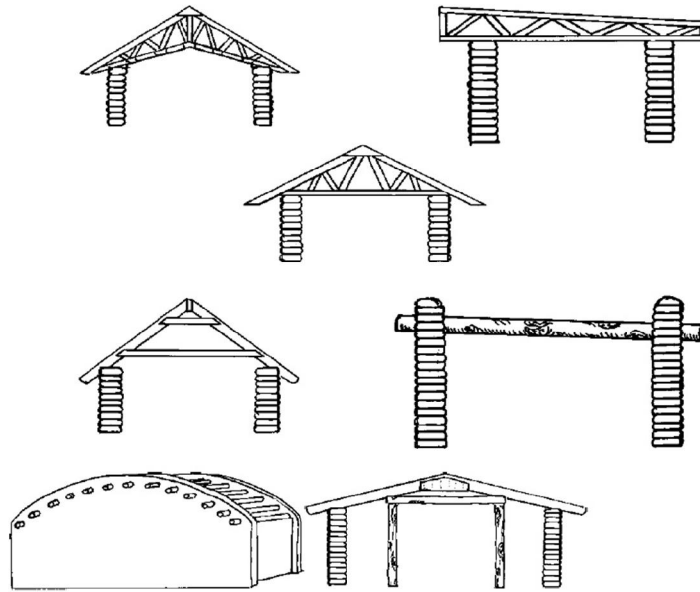
λάστιχα και τα βαρέλια έχοντας το ίδιο πλάτος με το άνοιγμα έχουν χαμηλό κόστος. Οι μεγαλύτερες καμάρες συνήθως είναι χτισμένες με μορφές από ξύλο και κόντρα πλακέ, ή μερικές φορές με μικρή διάμετρο σωλήνα. Μπλοκ ανακυκλωμένων τούβλων, ή πλίνθων μπορεί να αποσυναρμολογηθούν για να αφαιρεθούν. <sup>9</sup>

( πηγή εικόνας : <http://www.scribd.com/doc/143169610/Earthbag-Building-The-Tools-Tricks-and-Techniques-Hunter-Kniffmeyer-2004>)



Εικόνα 1:Τοξωτό παράθυρο με τη βοήθεια ρόδας

### 1.3.6 Στέγαση



Παραδείγματα στεγών κατάλληλα για κτήρια με γαιόσακους<sup>9</sup>

Η πιο προφανής σκέψη είναι να σχεδιαστεί μια στέγη που θα προστατεύει τους τοίχους στις διάφορες καιρικές συνθήκες. Τα υγρά κλίματα είναι φυσικά συστήματα ποτίσματος για μια στέγη, ενώ σε ένα ξηρό κλίμα η οροφή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη συγκομιδή πολύτιμου νερού της βροχής.<sup>9</sup>



**Οι 2 κύριοι τύποι στέγης είναι οι εντατικοί και οι εκτενείς.**

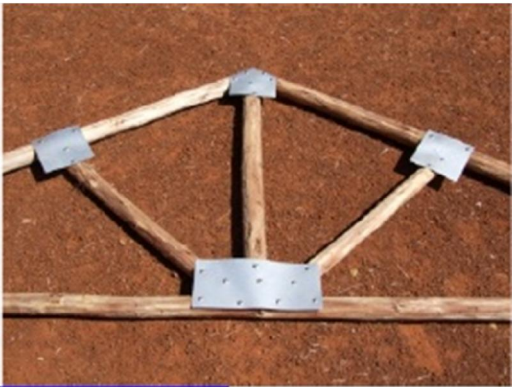
Οι Εντατικές στέγες είναι βαριές ανθεκτικές, με χόμα πάνω από 1,2 μέτρα παχύ. Μπορείτε να φυτέψετε λιγότερο πολύ τα πάντα σχεδόν εκεί, από γρασίδι έως θάμνους και ακόμη και μικρά δέντράκια. Είναι εύκολο να διατηρηθούν όταν κατασκευαστούν.

Προφανώς, αυτό το είδος της οροφής θα πρέπει να σίγουρο ότι θα αντέξουν οι δοκοί σας.

Οι εκτενείς οροφές είναι πιο λεπτές και πιο εύκολο να κατασκευαστούν αλλά χρειάζονται περισσότερη συντήρηση (πχ. πότισμα). Μπορούν να είναι οπουδήποτε από 30 έως 120 εκατοστά σε πάχος και να υποστηρίξει μόνο ορισμένα είδη φυτών.

Περισσότερες λεπτομέρειες για τις πράσινες στέγες μπορείτε να πληροφορηθείτε απο την ακόλουθη ιστοσελίδα: .

[http://www.huffingtonpost.com/2009/01/14/green-roofs-all-you-need\\_n\\_157935.html](http://www.huffingtonpost.com/2009/01/14/green-roofs-all-you-need_n_157935.html).



Τα ζευκτά είναι μία από τις καλύτερες επιλογές για στέγες κτιρίων. Είναι δημοφιλή επειδή είναι πολύ ισχυρά, αποτελεσματικά και σχετικά ελαφριά. Δημιουργούν επίσης άφθονο χώρο για μόνωση οροφής. Μπορούν να οικοδομηθούν πριν οι τοίχοι ολοκληρωθούν, και να εγκατασταθεί αμέσως . Οι στέγες επιταχύνουν την ξήρανση του τοίχους.

### 1.3.7 Δάπεδα



(πηγή: [www.scribd.com/doc/89870471/Earthbag-Building-Guide#page=31](http://www.scribd.com/doc/89870471/Earthbag-Building-Guide#page=31))

Αφαιρέστε όλα τα επίπεδα φυτικής γης και τα συντρίμια. Σταθεροποιήστε την περιοχή τουλάχιστον (15 cm) παρακάτω πριν την ολοκλήρωση του επιπέδου του δαπέδου Απλώστε (2.5 cm) ή περισσότερο από άμμο κάτω από ένα αδιάβροχο στρώμα Σε ψυχρά κλίματα, τοποθετήστε μόνωση.

Εάν είναι διαθέσιμο, χρησιμοποιήστε ένα παχύ στρώμα γωνιακού χαλικιού για την απουσία φαινομένου θρυαλλίδας - προστατευτικό για να εμποδίζει την υγρασία. Τοποθετήστε από πάνω από το χαλίκι , φίλτρο από ύφασμα και ένα στρώμα άμμου. Σε πολλές βραχώδεις περιοχές το πλαστικό φύλλο μπορεί επίσης να βοηθήσει στην πρόληψη του φυσικού αερίου ραδονίου, από την είσοδο του στο σπίτι . Προστατέψτε το πλαστικό φύλλο από ζημιές κατά τη διάρκεια της κατασκευής με επιπλέον άμμο στην κορυφή. Φυσικά , κάτω από το πάτωμα υπάρχουν επιλογές μόνωσης όπως σκωρία, ελαφρόπετρα και περλίτης.

Μπορεί να εξοικονομήσετε χρόνο εφόσον έχουν γίνει οι τοίχοι και ο σοβάς πριν έτσι ώστε να καλύψει τους τοίχους ή τα τελειώματα στο επίπεδο του δαπέδου.

### 1.3.8 Επιχρίσματα για κτίσματα με γαιόσακους

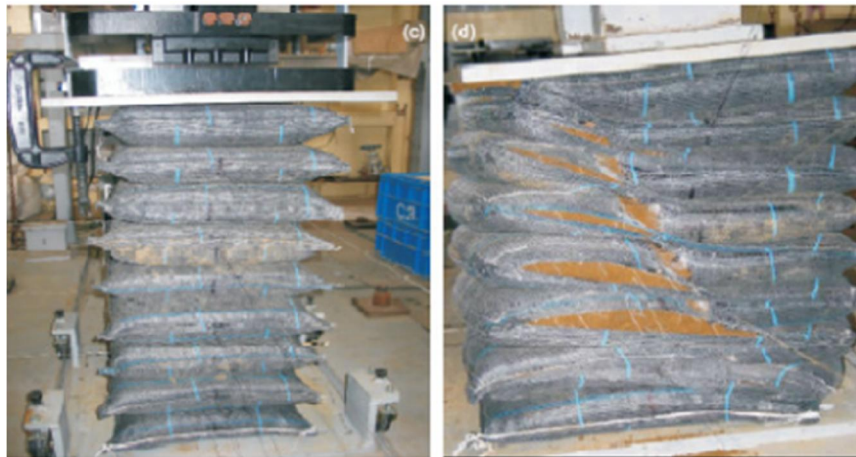


Το κατάλληλο επίχρισμα –δοκιμές εύρεσης κατάλληλου επιχρίσματος<sup>5</sup>

Για το σοβάτισμα των γαιόσακων μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορων τύπων κονιάματα (χώμα με άχυρο, σταθεροποιημένη Γή, κουρασάνι, ασβεστοκονίαμα, Papercrete (το οποίο δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για σοβά σε ζεστά και παράλληλα πολύ υγρά κλίματα επειδή θα μπορούσε να αναπτυχτεί μούχλα σε αυτό), χαρτί με χώμα.

Οι εξωτερικοί τοίχοι μπορούν να προστατευθούν από την διάβρωση με ειδικές επικαλύψεις από λάσπη. Διάφορα υλικά που προστίθενται σ' αυτές είναι ζωικά προϊόντα, στάχτη και γαλακτώδη εκχυλίσματα από συγκεκριμένα φυτά. Ο ασβέστης χρησιμοποιήθηκε σε πολλά από τα παλαιότερα ευρωπαϊκά κτίρια για την επικάλυψη τις, αλλά αποτελεί μια σχετικά απαιτητική διαδικασία. Τις διάφορα μείγματα ελαίων χρησιμοποιούνται συχνά και επιτυχώς γι' αυτό τον σκοπό. Κάθε τύπος χώματος τις αντιδρά διαφορετικά σε αυτά τα συστατικά. Κεραμικά πλακίδια ή φυσική πέτρα, χρησιμοποιούνται συνήθως πάνω στον χωμάτινο σοβά για να προστατεύουν το εξωτερικό των τοίχων , σε περιοχές με βαριές βροχοπτώσεις. Ακόμη και σε περιπτώσεις που υπάρχει ικανοποιητική στέγαση για την προστασία τις τοιχοποιίας , συχνά το κατώτερο τμήμα τις παραμένει εκτεθειμένο στη βροχή. Για αυτό το λόγο , σε τέτοια παραδείγματα ,τα κατώτερα τμήματα τις τοιχοποιίας παίρνουν ειδικές επικαλύψεις από πλακίδια ή πέτρες , ενώ τα ανώτερα τμήματα επικαλύπτονται με ειδικό πηλό με στεγανωτικά πρόσμικτα. Τέλος τα τσιμεντοκονιάματα δεν είναι κατάλληλα για τις χωμάτινες κατασκευές, αφού το μπετόν απορροφά το νερό , αλλά στεγνώνει ιδιαίτερα αργά .<sup>1</sup>

### 1.3.9 Μηχανικές Ιδιότητες –Ασφάλεια/ Πυροπροστασία



Εικόνα 1: στοίβα Earthbag πριν και μετά τη δοκιμή συμπίεσης, που δείχνει την παγκόσμια ζώνη διάτμησης (Lohani et al., 2006)

(πηγή: <http://earthbagbuilding.com/pdf/vadgama.pdf>)

Στα δομικά συστήματα από σάκους με χώμα που ενισχύονται από συρμάτινα πλέγματα και επιχρίονται με τσιμεντοκονιάματα, οι εφελκυστικές δυνάμεις του πλέγματος και του αγκαθωτού σύρματος σε συνδυασμό με την θλιπτική δύναμη που ασκεί το ίδιο βάρος του χώματος παράγουν κατασκευές τόσο ανθεκτικές που ξεπερνούν και τους πιο αυστηρούς κανονισμούς για την κατασκευή κτιρίων σε περιοχές υψηλού σεισμικού κινδύνου.

Επειδή η γενιά των σημερινών ανθρώπων θεωρεί το μπετόν ως ένα υλικό ασφαλές και δυνατό, το χρησιμοποιεί συνήθως, μέσα στα πλαίσια της ρουτίνας και στις κατασκευές από σάκους με χώματα, χωρίς όμως αυτό να είναι απαραίτητο. Τα συνηθισμένα μικρά σπίτια είναι δυνατό να χτιστούν αρκετά εύκολα χωρίς τσιμέντο ή ασφαλτικά. Διάφορες δοκιμές έδειξαν, ότι εάν “ζυγίζεται” προσεκτικά ένα εύρος διαφόρων μεγεθών σε ένα έδαφος, μπορεί να βελτιωθεί η αντοχή περισσότερο απ’ ότι όταν προστίθενται τσιμέντο. Ορισμένα εδάφη αδρανούν περισσότερο με την προσθήκη συγκεκριμένων ποσοστών τσιμέντου τύπου Portland. Κάποια εδάφη πάλι μπορούν να σταθεροποιηθούν μόνο με άσβεστο, ενώ άλλα με ένα συνδυασμό ασβεστού και ελάχιστου τσιμέντου. Οι σάκοι με χώματα σπάνια χρειάζονται προσθήκες άλλων υλικών, για να τους προσδώσουν σταθερότητα. Μόνο στην περίπτωση που τα ανοίγματα πρέπει να τοποθετηθούν το ένα πολύ κοντά στο άλλο, απαιτείται η χρήση σταθεροποιημένων σάκων.



Ένα ακόμη στοιχείο που χρησιμοποιείται για να κάνει τους χωμάτινους τοίχους να είναι πιο σταθεροί , είναι το αγκαθωτό σύρμα. Το αγκαθωτό σύρμα τοποθετείται ανάμεσα στις στρώσεις των σάκων , προσδίδοντας αντοχή σε εφελκυστικές τάσεις , εμποδίζοντας έτσι την οριζόντια μετατόπιση μεταξύ των στρωμάτων. Από την στιγμή που οι σάκοι πολυπροπυλενίου δεν φθείρονται εύκολα και το αγκαθωτό σύρμα έχει γαλβανιστεί , για να αντέχει σε εξωτερική χρήση , τα δύο αυτά υλικά συγκεντρώνουν όλες τις προϋποθέσεις για μεγάλη διάρκεια .Τα σταθερά φυσικά περιορισμένα επίπεδα υγρασίας του χώματος των τοίχων επιτρέπουν επίσης και την διατήρηση των ξύλινων και μεταλλικών στοιχείων (π.χ. μεταλλικά καρφιά) για εκατοντάδες χρόνια. Επιπλέον το αγκαθωτό σύρμα είναι χρήσιμο και κατά την διαδικασία της κατασκευής , έως ότου ο τοίχος έχει σταθεροποιηθεί. Βοηθά στο να αποφευχθεί η πιθανότητα μετατόπισης και πλαγιολίσθησης κάποιου σάκου. Αφού λοιπόν η τοιχοποιία έχει σκληρυνθεί και συγκρατείται καλά από ένα συνδετικό δοκάρι το αγκαθωτό σύρμα απομακρύνεται.<sup>1</sup>

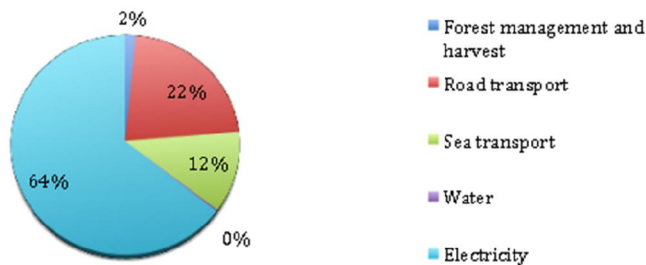


Φωτογραφίες από τη σταθεροποιημένη δοκιμή τόξου που δείχνει την άρθρωση μηχανισμού αστοχίας τόξου

(πηγή: <http://earthbagbuilding.com/pdf/vadgama.pdf>)

### 1.3.10 Ανθρακικό αποτύπωμα

Percentage of carbon emissions by source



ποσοστό εκπομπών CO<sub>2</sub> πηγή<sup>19</sup>

Για τους σκοπούς της μελέτης γίνεται δεκτό ότι οι σάκοι διατίθενται σύμφωνα με τις ακόλουθες παραδοχές που ισχύουν:

Μέθοδοι διάθεσης περιλαμβάνουν χώρους υγειονομικής ταφής (5%), την ανακύκλωση (24%), τα απορρίμματα (1%) και λιπασματοποίηση (70%). 3500 κιλά CO<sub>2</sub> εκπέμπονται ανά τόνο υγειονομικής ταφής χαρτιού δεν δημιουργούνται εκπομπές από την ανακύκλωση των σάκων όλο το βάρος των γαιόσακων μετατρέπεται σε διοξείδιο του άνθρακα, και είκοσι τοις εκατό του βάρους των λιπασματοποιημένων μετατρέπονται σε διοξείδιο του άνθρακα και χάνεται στην ατμόσφαιρα.

Σε αυτή τη βάση είναι επιπλέον 100 γραμμάρια ισοδύναμων εκπομπών CO<sub>2</sub> δημιουργούνται ανά σάκο ανεβάζοντας το συνολικό αριθμό σε 0,37 kg ανά σάκο για τον βασικό σενάριο και 0,41 kg ανά σάκο συμπεριλαμβανομένου του επιπλέον της ξυλείας και της απόστασης.<sup>19</sup>

### 1.3.11 Βιοκλιματική Συμπεριφορά –Συντελεστής Θερμοπερατότητας(U-value)



Ένας τυπικός τοίχος από χωμάτινους σάκους συνδυάζει τις θερμικές ιδιότητες μιας τοιχοποιίας με μεγάλη μάζα, έχοντας ταυτόχρονα εξαιρετική συμπεριφορά στην υγρασία. Έτσι προκύπτουν πολύ καλά και φυσικά μονωμένοι τοίχοι, τοποθετώντας στο εσωτερικό τους ελαφριά γεμίσματα. Οι σάκοι στη συνέχεια καλύπτονται από επιχρίσματα για να σχηματίσουν μια μόνιμη τοιχοποιία.

Οι σάκοι με χώματα γεμίζονται με τοπικά και φυσικά υλικά που προέρχονται άμεσα από το έδαφος, γεγονός που βοηθά στην μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για την κατασκευή και μεταφορά της πρώτης ύλης. Επίσης η κατασκευή έχει το πλεονέκτημα της θερμικής αποδοτικότητας και της θερμομόνωσης, ανάλογα με το περιεχόμενο του σάκου. Όταν αυτοί γεμίζονται με χώμα παρέχουν θερμική απόδοση στο κτίριο, ενώ όταν συμπληρώνονται με περισσότερα ελαφριά υλικά, όπως ηφαιστειακή πέτρα, περλίτη, βερμικουλίτη ή φλούδες ρυζιού παρέχουν μόνωση.

Χάρη στη δυνατότητα του υλικού αυτού να εμφανίζεται σε πολλά σχήματα όπως θόλος, δύνανται να εξαλείψει την ανάγκη για χρήση πιο ελαστικών υλικών, όπως είναι το ξύλο και ο χάλυβας. Με αυτόν τον τρόπο όχι μόνο εξοικονομείται ενέργεια αλλά σώζονται και τα δάση που είναι απαραίτητα για την δέσμευση του CO<sub>2</sub>.<sup>1</sup>

### Συντελεστής Θερμοπερατότητας (U-value)

Σε αντίθεση με άλλες μεθόδους δόμησης με γη, το κτίριο με γαιόσακους έχει το μοναδικό πλεονέκτημα της παροχής είτε θερμικής μάζας ή μόνωσης, και ως εκ τούτου μπορούν να προσαρμοστούν για ψυχρά κλίματα με ένα μονωμένο υλικό πλήρωσης. το Scorìa, την ελαφρόπετρα, το περλίτη, βερμικουλίτη ή ρύζι είναι όλα κατάλληλα μονωτικά υλικά. Αυτά τα υλικά είναι φυσικά, ελαφρύ, εύκολο να εργαστεί και μη τοξικές.

Ο παρακάτω πίνακας συγκρίνει τις κατά προσέγγιση τιμές U -value τριών βιώσιμων μονωτικών υλικών που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε Earthbags κατασκευές. (Η πρώτη στήλη του πίνακα είναι η μονωτική αξία ανά ίντσα. Η δεύτερη στήλη δείχνει την R-value για ένα τυπικό 15 "παχύ τοίχο earthbag.)

Υλικό	Συντελεστής Θερμοπερατότητας (U-value/inch)	U-value /15"
Φλοιοί ρυζιού	3	45
Περλίτης	2.7	40
Βερμικουλίτης	2.13-2.4	32-36

(πηγή : [http://en.wikipedia.org/wiki/R-value\\_%28insulation%29](http://en.wikipedia.org/wiki/R-value_%28insulation%29) )

1) Η πρώτη μέθοδος για τη μόνωση κτιρίων earthbag χρησιμοποιεί σακιά που γεμίζουν πλήρως με μόνωση.

Το κύριο πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής έναντι των άλλων μεθόδων που περιγράφονται πιο κάτω είναι η ευκολία κατασκευής. Οι τοίχοι είναι από σάκους μεγάλους και γεμάτοι εξ ολοκλήρου με μόνωση. Χοντρό χώμα ή ασβεστοκονίαμα στο εσωτερικό παρέχει θερμική μάζα για να βοηθήσει στη σταθεροποίηση των εσωτερικών θερμοκρασιών.

Ένα περίπτερο επίδειξης με τη μέθοδο αυτή χτίστηκε στο Crestone, Κολοράντο με σκωρία γεμάτο Earthbags. Scorìa είναι επίσης γνωστή ως ηφαιστειακό βράχος ή πέτρα λάβας. Λόγω της ηφαιστειακής της προέλευσης, η σκωρία είναι γεμάτη με μικροσκοπικά κενά αέρα, καθιστώντας το μια καλή μόνωση. Παρά το γεγονός ότι η U-αξία των scorìa είναι συζητήσιμη, ο ιδιοκτήτης υποστηρίζει ότι αυτοί οι τοίχοι συγκρίνονται με τοίχους από αχυρόμαλας περίπου R-26 σε R-30. Η εκτίμηση αυτή περιλαμβάνει 5 "του papercrete σε περίπου R-2/inch.

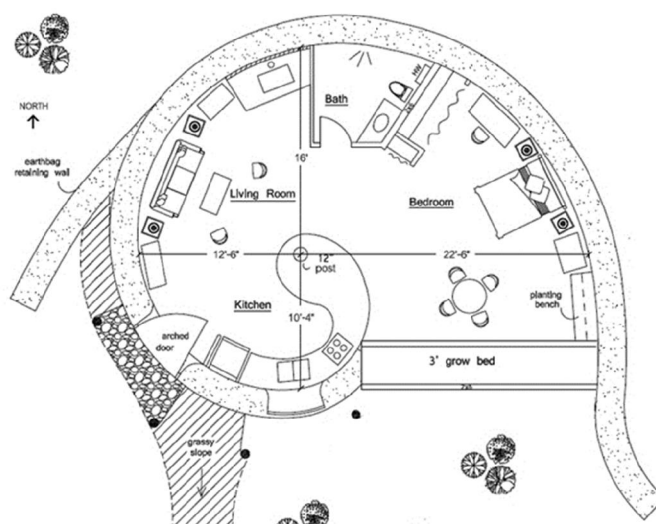
2) Μια άλλη μέθοδος για την μόνωση των κτιρίων earthbag χρησιμοποιεί σακιά σωλήνα, που ονομάζεται επίσης σωλήνες με επίδεσμο που χρησιμοποιούνται συνήθως για τη βελτίωση της πρόσφυσης του αυτοκινήτου σε χιονισμένους / παγωμένους δρόμους..

Οι σωλήνες με επίδεσμο παρέχουν περίπου 10 "της μόνωσης, η οποία είναι ιδανική για πολλά κλίματα

3) Μια τρίτη πιθανότητα είναι να προσθέσετε μια ραφή στο κάτω μέρος κατά μήκος των Earthbags να τους χωρίζουν σε δύο διαμερίσματα. Το εξωτερικό μέρος θα μπορούσε να γεμίσει με μόνωση-το εσωτερικό μέρος με χώμα. Όπως και τα άλλα συστήματα που περιγράφονται εδώ, αυτό θα μπορούσε να δημιουργήσει έναν μονωμένο τοίχο με θερμική μάζα στο εσωτερικό. Για πολλές περιπτώσεις, ιδίως δομές σε μέτρια ψυχρές περιοχές, αυτός ο τρόπος είναι ένα ιδανικό σύστημα τοίχου .

Η τοποθέτηση της ραφής μπορεί να ποικίλλει, ανάλογα με το κλίμα. Σε ένα ήπιο κλίμα, όπως το Νέο Μεξικό, περίπου 4 "-5" της μόνωσης στο εξωτερικό θα αρκούσε. Αυτό θα παρέχει περίπου R-10 μόνωση. Σε μια ελαφρώς ψυχρότερο κλίμα η ραφή θα μπορούσε να πάει κάτω από τη μέση (50% μόνωσης / 50% του εδάφους). Σε πολύ κρύο ή πολύ ζεστά κλίματα, θα γεμίσει τις σακούλες με μόνωση 100% (ή του συνόλου γη σε ένα ζεστό κλίμα, αν η μόνωση δεν είναι διαθέσιμο).<sup>18</sup>

### 1.3.12 Εξοικονόμηση Ενέργειας – Κόστος Κατασκευής



Κάτοψη ορόφου κτιρίου από γαιοσάκους

Είναι εύκολο να θεωρεί δεδομένο ότι μία κατασκευή από γαιόσακους (Earthbag) χρησιμοποιεί λιγότερη ενέργεια από μια συμβατική μέθοδο κατασκευής.

Σε αντίθεση με το σκυρόδεμα, τα τούβλα ή το ξύλο, δε χρειάζεται καμία ενέργεια για να παράγει τα απαραίτητα υλικά, εκτός από τη συλλογή του χώματος. Με την απευθείας χρήση του εδάφους πρακτικά δε χρειάζεται να δαπανηθεί καμία ενέργεια για τη μεταφορά του.

Σε αντίθεση με τη κατασκευή Συμπιεσμένης Γης, καμία ενέργεια δεν απαιτείται για την συμπύκνωση του εδάφους. Τα ενεργοβόρα υλικά – πλαστικό (για τα σακιά & σπάγκος), σύρμα από χάλυβα, και ίσως το κέλυφος εξωτερικά από το σοβά ή το στόκο ,χρησιμοποιούνται σε σχετικά μικρές ποσότητες ,σε σχέση με άλλους τύπους των κατασκευών. Τα κτίρια δε κρατούν για πάντα, οπότε όταν δεν είναι πλέον χρήσιμα, θα πρέπει να διαβρωθούν χωρίς να αποτελούν σοβαρή απειλή για το Περιβάλλον, ή ακόμα και να ανακυκλωθούν σε νέα κτίρια Earthbag.<sup>5</sup>

### **Κόστος κατασκευής**

Η κατασκευή ενός σπιτιού earthbag θεωρείται από τις πιο φθηνές μεθόδους για την οικοδόμηση ενός σπιτιού μόνο και μόνο επειδή το υλικό είναι δωρεάν και συνήθως βρίσκεται στο χώρο εγκαταστάσεων της οικοδομής. Το μεγαλύτερο μέρος του κόστους που συνδέεται με τα earthbag σπίτια είναι οι σάκοι που χρειάζονται για να κρατήσει το χώμα, οι οποίοι αποτελούν τη δομή. Ο πιο κοινός τύπος των σάκων που χρησιμοποιούνται είναι στερεά-υφάσματα πολυπροπυλενίου. Αυτοί οι σάκοι συνήθως περιέχουν το ρύζι και τα σιτηρά κατά τη διάρκεια της μεταφοράς και μπορεί να επαναχρησιμοποιηθούν για την οικοδόμηση μιας κατασκευής γαιοσάκων.

Μόλις η δομή του σπιτιού, έχει χτιστεί, ένα υλικό όπως σοβάς, ο στόκος ή τα Adobe είναι συνήθως αυτά που χρησιμοποιούνται για να τελειώσουν τα τείχη για να εμποδίζει το νερό και τη ζημία εντόμων και να μονώσει το σπίτι εντελώς. Τα Earthbag σπίτια μπορεί να πάρουν μορφή σε πολλά διαφορετικά μεγέθη και σχήματα, όπως ευθείες ή καμπύλους τοίχους. Η οροφή μπορεί επίσης να γίνει από γαιόσακους αλλά μόνο για μικρότερες δομές. Οι πράσινες στέγες και σκεπές επίσης χρησιμοποιούνται συχνά.

Είναι πιθανό ότι ένα σπίτι earthbag θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τους λαούς που πλήγονται από σεισμούς, πλημμύρες και άλλες φυσικές καταστροφές . Με το κατάλληλο σχεδιασμό και το κατάλληλο

επίχρισμα ένα σπίτι earthbag μπορεί να είναι άνετο και να διαρκέσει πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα. Όταν το σπίτι έχει ολοκληρώσει τη διάρκεια ζωής του, μπορεί απλά να επιστρέψει στη γη ή το υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το επόμενο σπίτι earthbag που θα κατασκευαστεί.<sup>12</sup>

Το χαμηλό κόστος είναι ένας μεγάλος λόγος για την αυξανόμενη δημοτικότητα των Earthbags κτηρίων . Μια στέγη μπορεί να κοστίσει λίγο πολύ \$ 1.000-αντίστοιχα 800 € .Ένα μη τοξικό και άνετο σπίτι θα διαρκέσει περισσότερο, οι ξύλινες κατοικίες, αλλά το κόστος θα ανέρχεται στα \$ 2.000 - \$ 5.000 (αντίστοιχα 1500€-3800€)εάν ο ιδιοκτήτης χτίζει μικρό σπίτι ή με ανακυκλωμένα υλικά.



### **Εκτίμηση του κόστους EARTHBAG σπιτιού**

Οι τοίχοι γαιοσάκων μπορεί να κοστίζουν τόσο λίγα όπως το 20-25% του κόστους των συγκεκριμένων τοίχων τσιμέντου .Μια γρήγορη εκτίμηση του κόστους ξεκινά με μια γενική ιδέα. \$ 10 – 12/τ.μ(αντίστοιχα 7,5- 10 €/τ.μ) κάτι το οποίο είναι τόσο φθινό. Σε ψυχρότερα κλίματα με περισσότερη μόνωση, αεροστεγή εξοπλισμός 12 δολάρια ανά τετραγωνικό(10 €/τ.μ) .<sup>3 & 15</sup>

Ένα τυπικό σπίτι γαιοσάκων 300-800 τ.μ., φτιαγμένο από φυσικά υλικά θα μπορούσε να κατασκευαστεί από έναν κατασκευαστή για περίπου \$ 3,000 - \$ 10000 (αντίστοιχα 7,5- 10 €/τ.μ) και να έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- σακιά γεμάτο χαλίκια για τα θεμέλια στη τάφρο (με μονωτικό υλικό πλήρωσης, όπως περλίτη ή scoria σε ψυχρά κλίματα)
- Τοίχους earthbag γεμάτους με χώμα ή τη μόνωση, όπως περλίτη, το ηφαιστειακό πέτρωμα
- χώμα, λίθους ή ανακυκλωμένα δάπεδα από τούβλο
- Χώμα ή ασβεστοκονίαμα
- Προσιτές επιλογές οροφής, όπως θόλοι, σπιράλ στέγες, πράσινες στέγες, στύλοι, σκελετοί παλέτες,

μεταλλικές στέγες για τη συλλογή των όμβριων υδάτων, καλαμοσκεπή, κλπ.

- μόνωση στέγης (κυτταρίνη, μαλλί, βαμβάκι, φλοιοί ρυζιού.)
- Μικρής διαμέτρου υλοτομημένη ξυλεία
- Μη τοξικά τελειώματα και υλικά για τα γραφεία, κλπ.
- Ευλόσομπα
- Ενεργειακά αποδοτικά παράθυρα, πόρτες και συσκευές, όπως η θέρμανση νερού, κλπ.
- Παθητικό ηλιακό σχεδιασμό
- Ανακυκλωμένα υλικά σε όλη την (νεροχύτες, μπανιέρες, πλακάκια, ράφια, κ.λπ.).<sup>14</sup>

### 1.3.13 Θερμική Άνεση

Κατά τη διάρκεια της μιας ηλιόλουστης ημέρας, το χώμα είναι δυνατό να αποθηκεύσει θερμότητα για ώρες ή μέρες. Αυτή η ικανότητα του χώματος είναι χρήσιμη όταν έχουμε ζεστές ημέρες και δροσερές νύχτες. Για την ανάδειξη αυτής της ιδιότητας του χώματος, είναι απαραίτητη η θέρμανση από τον ήλιο όπως και η ικανότητα να δροσίζεται με φυσικό τρόπο.

### 1.3.14 Χρόνος Υλοποίησης - Επίπεδο συντήρησης



#### Χρόνος Υλοποίησης

Ο αριθμός των σάκων που απαιτούνται για την κατασκευή θα επηρεάσουν το πόσο καιρό θα πάρει για να χτιστεί. Τρεις άνθρωποι πρέπει να είναι σε θέση να χτίσουν 3,5 μέτρα του τοίχου σε περίπου μία ώρα. Με



έμπειρους εργολάβους και με εργατικό δυναμικό το σπίτι από γαιόσακους μπορεί να χτιστεί πολύ πιο γρήγορα.

Το χρονοδιάγραμμα κατασκευής εξαρτάται από το πόσο μεγάλο είναι το έργο και πόσο εργατικό δυναμικό είναι διαθέσιμο. Υπάρχει βέλτιστος αριθμός του προσωπικού, εάν το έργο πρόκειται να κατασκευαστεί χωρίς κανένα είδος μηχανολογικού εξοπλισμού. Ο ρυθμός με τον οποίο το μίγμα παράγεται δείχνει και την ταχύτητα ολοκλήρωσης της κατασκευής.

Ο βέλτιστος αριθμός φαίνεται να είναι 7 άτομα όπου ένα ή δύο φτιάχνουν το μίγμα και το υπόλοιπο εργατικό δυναμικό χωρίζεται σε δύο ομάδες κτίζοντας τους τοίχους γαιοσάκων ταυτόχρονα.

Από την εμπειρία, υπάρχουν κάποιες εκτιμήσεις για το τι μπορεί να επιτευχθεί με τρία άτομα να κατασκευάζουν πολύ αποτελεσματικά 30 μέτρα την ημέρα. Ένα σπίτι eco-dome μπορεί να κατασκευαστεί σε μόλις 10 εβδομάδες.<sup>6</sup>

Όσον αφορά το επίπεδο συντήρησης των κατασκευών με γαιόσακους και κατά πόσο αντέχουν, κανείς δεν γνωρίζει πραγματικά, δεδομένου ότι η χρήση τους στην οικοδόμηση ξεκίνησε τις τελευταίες 2 δεκαετίες. Το υλικό πολυπροπυλενίου, εάν διατηρηθεί μακριά από το φως του ήλιου, θα αντέξει για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα.

Η υγρασία και η σήψη δεν είναι γενικά ανησυχία στη περίπτωση των γαιοσάκων, αφού τα ανόργανα υλικά πλήρωσης δεν θα αποσυντεθούν.<sup>5</sup>

### 1.3.15 Σύγκριση γαιοσάκων(Earthbag) με άλλες χωμάτινες τεχνικές δόμησης



Adobe , Eco-dome by Architect Nader Khalili, rammed earth Southeast Wyoming Welcome Center (πηγή: [www.flickr.com](http://www.flickr.com) )

Για να οικοδομήσουμε καλά με γαιόσακους πρέπει κανείς να καταλάβει πώς διαφέρει από τα άλλα υλικά της γης. Τα CEBs (συμπιεσμένα χωμάτινα τούβλα) είναι ένα είδος ψημένου τούβλου κατασκευασμένο με το χέρι ή με τη μηχανή και χρησιμοποιείται για την κατασκευή λεπτότερων τοιχωμάτων γαιοσάκων.

Η τεχνική μέθοδος Cob(σβώλος) είναι στερεός πηλός κατασκευασμένη στο χέρι αναμειγνύοντας άμμο και άχυρο. Είναι περισσότερη εντατική εργασία και χρονοβόρα από ό, τι οι γαιόσακοι. Η Συμπιεσμένη γη(rammed earth) και τα πλιθιά-Adobe είναι τα ευρέως αποδεκτά χωμάτινα δομικά υλικά και είναι παρόμοια με αυτά των γαιοσάκων.

#### ***Συμπιεσμένη Γη( Rammed Earth)***

Η τεχνική αυτή είναι βρεγμένη ,εμποτισμένη με ένα μικρό ποσοστό αργίλου σε ένα στερεό, πυκνό συμπαγή και εξαιρετικά ανθεκτικό μονολιθικό τοίχο. Οι γαιόσακοι και η Συμπιεσμένη Γη έχουν πολλές ομοιότητες.

Και οι δύο μέθοδοι έχουν υποστεί παρέμβαση σταθερή, αλλά τα κτήρια earthbag χρησιμοποιούν σακιά από πολυπροπυλένιο ή σωλήνες αντί των ακριβών μορφών. Δεδομένου ότι είναι τόσο όμοια στη σύνθεση τους με

τους τοίχους συμπίεσμνης γης , είναι πιθανό ότι τα σπίτια με γαιοσάκους, όπως η αρχαία μέθοδος των τοίχων Συμπιεσμνης Γης , να διαρκέσει για μεγάλο χρονικό διάστημα - ίσως και χιλιάδες χρόνια.

### ***Adobe -πλιθιά***

Τα Adobe-πλιθιά χρησιμοποιούν ψημένους στον ήλιο πλίνθους τοποθετημένα σε καλούπια μέχρι να στεγνώσουν(βλ. αναλυτικά υποενότητα 1.2.5 Α ) . Μετά από δεκαετίες ή αιώνες όπου έχουν εγκαταλειφτεί κτίρια Adobe, όταν ακόμα οι στέγες έχουν από καιρό σαπίσει , οι τοίχοι είναι ακόμα όρθιοι και έχουν πάθει μικρές ζημιές αν σκεφτεί κανείς ότι δεν έχουν στέγη-καπέλο να τους προστατεύει. Η μέθοδος αυτή έχει γίνει πολυτελής κατασκευή στον ανεπτυγμένο κόσμο. Πολλοί μηχανικοί, κατασκευαστές και επιθεωρητές κτιρίων είναι εξοικειωμένοι με τις ιδιαίτερες απαιτήσεις των Adobe κτηρίων. Αυτό το είδος της κατασκευής έχει ελεγχθεί πλήρως και είναι πλέον ευρέως διαδεδομένο σε πολλές περιοχές.

### ***Γαιόσακοι (Earthbag)***

Οι γαιόσακοι είναι μεγάλα, πυκνά συσκευασμένα πήλινα δομικά στοιχεία. Παρά το γεγονός ότι τα κτήρια με γαιόσακους δεν έχουν ακόμη ελεγχθεί επισταμένως όπως οι τοίχοι με συμπιεσμένη γη ή τα Adobe-πλιθιά, υπάρχουν αδιάσειστα στοιχεία ότι οι γαιόσακοι είναι ισχυρότεροι από τα Adobe . Επίσης, οι σάκοι πολυπροπυλενίου γεμισμένοι με στερεά και τα συρματοπλέγματα προσθέτουν σημαντική αντοχή σε εφελκυσμό. Αυτό το σύστημα μπορεί να απορροφήσει περισσότερο κραδασμούς από το εύθραυστο πήλινο κονίαμα και το adobe μαζί. Τρίτον, ο χάλυβας οπλισμού είναι πιο εύκολο να προστεθεί στους γαιόσακους απ' ότι στα adobe, και οι δυνάμεις συγκεντρώνονται στον οπλισμό συμμερίζεται και η μήτρα των σάκων και των συρματοπλεγμάτων. Κανένα άλλο σύστημα χωμάτινης δόμησης μπορεί να απορροφήσει τις δυνάμεις όπως οι γαιόσακοι. Τα Adobe και οι τοίχοι συμπίεσμνης γης είναι στην πρώτη γραμμή της χωμάτινης κατασκευής . Τώρα, πολλοί επιλέγουν τη μέθοδο των γαιόσακων για τη δύναμή του και το χαμηλό του κόστος.<sup>5</sup>

### 1.3.16 Πλεονεκτήματα –Μειονεκτήματα Γαιοσάκων(Earthbag)<sup>16</sup>

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα Γαιοσάκων (Earthbag)
• χαμηλό κόστος	• υψηλό εργατικό δυναμικό
• εύκολο και γρήγορο στην κατασκευή	• ελάχιστη ή καμία έγκυρη καθοδήγηση από τον Γ.Ο.Κ για τη κατασκευή τους
• απόλυτα οικολογικό /φιλικό προς το Περιβάλλον /μη τοξικό υλικό	• πολιτιστικοί φραγμοί για κτίσιμο earthbag σπιτιών ως κατάλληλα μοντέρνα σπίτια
• ευέλικτο στην οικοδόμηση(κυρτοί τοίχοι)	• σύνθετη συμπεριφορά υλικού υπό φορτίο-μη γραμμική ελαστ.συμπεριφορά
• ανθεκτικό υλικό(σεισμό,πλημμύρες)	
• θερμική αδράνεια	
• εύκολη θεμελίωση	
• μείωση ενεργοβόρων βιομηχανικών υλικών	
• μονωτικό υλικό	
• Δεν απαιτείται κάποιος ειδικός τεχνικός εξοπλισμός	
• εξάλειψη χρήσης συμβατικών υλικών	
• ασφαλές στη φωτιά	
• χαμηλο ανθρακικό αποτύπωμα	
• επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωση των υλικών κατασκευής	



---

<sup>1</sup> Δούλκαρη Αικατερίνη-Καζάκου Θεοδώρα, *Διάλεξη με θέμα « Οικολογικά υλικά και μέθοδοι εναλλακτικής δόμησης »*, 2009 Ε.Μ.Π.

<sup>2</sup> <http://xtizontasmexoma.blogspot.gr/>

<sup>3</sup> <http://www.earthbagbuilding.com/>

<sup>4</sup> <http://toprasinoblog.blogspot.gr/2009/11/superadobek.html>

<sup>5</sup> Owen Geiger, Earthbag Building Guide Vertical walls step-by-step , [www.scribd.com/doc/89870471/Earthbag-Building-Guide#page=31](http://www.scribd.com/doc/89870471/Earthbag-Building-Guide#page=31)

<sup>6</sup> [www.calearth.org](http://www.calearth.org)

<sup>7</sup> <http://www.themudhome.com>

<sup>8</sup> <http://www.naturalbuildingblog.com>

<sup>9</sup> Kaki Hunter ,Donald Kiffmeyer *Earthbag Building: The tools Tricks and Techniques (Natural Building Series)*

(<http://www.scribd.com/doc/143169610/Earthbag-Building-The-Tools-Tricks-and-Techniques-Hunter-Kniffmeyer-2004> )

<sup>10</sup> <http://earthbagstructures.com/details/wallbracing/wallbracing.htm>

<sup>11</sup> <http://www.calfinder.com/blog/green-remodeling/houses-for-1500-breathtaking-earthbag-homes/>

<sup>12</sup> <http://tinyhouselistings.com/tiny-earthbag-homes/>

<sup>1</sup> <http://www.naturalbuildingblog.com/building-maintenance/>

<sup>2</sup> <http://www.dreamgreenhomes.com/plans/spiral.htm>

<sup>3</sup> [http://buildsimple.org/resources/AwaisMalik\\_ResearchReport.pdf](http://buildsimple.org/resources/AwaisMalik_ResearchReport.pdf)

<sup>4</sup> <http://www.earthbagbuilding.com/pdf/croft.pdf>

<sup>5</sup> <http://ezinearticles.com/?Insulated-Earthbag-Houses&id=1935442>

<sup>6</sup> <http://www.earthbagsaustralia.com.au/uploads/Reports/Murdoch%20Earth%20Bags%20report.pdf>

## 1.4 Συμπιεσμένη Γή (rammed earth)

### Εισαγωγή



Τοίχος Συμπιεσμένης γης(rammed earth wall)

Η αρχαία αυτή μέθοδος οικοδόμησης με χώμα ,χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή μονολιθικών τοίχων , τουλάχιστον 50-60cm , προκειμένου να είναι σταθεροί και να εξασφαλίζουν θερμική μάζα. Η διαφορά αυτής της μεθόδου έναντι των άλλων είναι ότι το υλικό συμπιέζεται στην κατάλληλη θέση , με τρόπο που να δημιουργούνται επίπεδες κατακόρυφες στρώσεις. Αυτό επιτυγχάνεται με την βοήθεια πλαισίου εργασίας (ξύλινος) που τοποθετείται πάνω στα θεμέλια και ειδικού εργαλείου συμπίεσης.

Από αυτήν τη τεχνική υποστηρίζεται ότι μπορεί να προέρχεται και ο σύγχρονος τρόπος σκυροδέτησης (καθώς αναπτύχθηκε σταδιακά συμβαδίζοντας με τις μέχρι τότε υπάρχουσες μεθόδους κατασκευών)<sup>1</sup>.

### 1.4.1 Ορισμός – Ιστορική Αναφορά



© Grimshaw architects; In Situ, Rammed Earth, 1999  
**Figure 1** Rammed earth wall construction at the Eden Project, Cornwall



**Figure 2** Construction of a rammed earth wall

Τοίχος Rammed earth – Κατασκευή τοίχου rammed earth

πηγή: ([http://www.amazon.com/s/ref=nb\\_sb\\_noss?url=search-alias%3Daps&field-keywords=peter+walker+rammed+earth](http://www.amazon.com/s/ref=nb_sb_noss?url=search-alias%3Daps&field-keywords=peter+walker+rammed+earth))

Η τεχνική rammed earth είναι χυτή κατασκευή. Μίγμα κατάλληλου χώματος χύνεται σε κατάλληλο ξυλότυπο. Έπειτα συμπιέζεται με εργαλεία τα οποία μπορεί να είναι από το παραδοσιακό ξύλινο κόπανο έως το υδραυλικό έμβολο (κομπρεσέρ) τελευταίας τεχνολογίας. Η παραδοσιακή τεχνική ακόμα χρησιμοποιείται σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες. Στις αναπτυγμένες βιομηχανικά χώρες το σύστημα έχει εξελιχθεί εδώ και δεκαετίες κάνοντας πιο αποδοτική και γρήγορη την κατασκευαστική διαδικασία (εισαγωγή ηλεκτρικών εμβόλων).

Ιδιαίτερα κάποια συστήματα ξυλοτύπων κυλιόμενων καθ' ύψος εξασφαλίζουν οικονομία χρόνου, χώρου, υλικού και ευκολίας στην μεταφορά. Σε σύγκριση με τις τεχνικές με λάσπη το ποσοστό συρρίκνωσης της είναι μικρότερο και η θλιπτική δύναμη πολύ μεγαλύτερη.

Σε σύγκριση με τοιχοποιίες με ωμές πλίνθους το rammed earth έχει μεγαλύτερη διάρκεια στο χρόνο μιας και μονολιθική κατασκευή. Η ευρεία χρήση της μεθόδου rammed earth μαρτυρά την επιτυχία του ως δομικού υλικού.<sup>1&6</sup>



Σινικό τείχος- Σόροφο κτίριο rammed earth Weilburg,Germany

(πηγή: [www.flickr.com](http://www.flickr.com))

Η πρώτη κατασκευή rammed earth καταγράφηκε από τους Βαβυλώνιους το 5000 π. Χ.. Το Μεγάλο Σινικό Τείχος της Κίνας-2415 km είναι η μόνη ανθρώπινη κατασκευή που μπορεί να τη δει κανείς από το φεγγάρι με γυμνό μάτι. Το τείχος χτίστηκε γύρω στο 300 π. Χ. και τμήματα του δυτικού τμήματος χτίστηκαν από συμπιεσμένη γη. Από εκεί η μέθοδος rammed earth μετανάστευσε στην Ινδία, πάνω από τον Ινδικό Ωκεανό στη Μαδαγασκάρη, σε όλη την ήπειρο της Αφρικής, στο Μαρόκο και στη συνέχεια με τον Αντίβα στην Ισπανία, τα Πυρηναία Όρη (όπου έχτισε μια σειρά από πύργους ρολογιών) μεταδόθηκε μέσω των Άλπεων, κάτω στην Ιταλία (218 - 201 π. Χ.)στη συνέχεια οι Ρωμαίοι μετέφεραν την ιδέα στη Γαλλία και τις πεδινές περιοχές της Ευρώπης.<sup>10</sup>

Η μέθοδος με το *χώμα σε καλούπια* είναι αρκετά όμοια με τα πλιθιά και το κόμπ στο ότι το μίγμα είναι κυρίως άμμος και πηλός. Η διαφορά είναι ότι το υλικό συμπιέζεται σε καλούπια τα οποία συνήθως δημιουργούν πολύ επίπεδες και κάθετες επιφάνειες.<sup>5</sup>

Η τεχνική rammed earth γνώρισε κατά καιρούς αναβιώσεις με μεγαλύτερη την πιο πρόσφατη αυτή του τέλους του 20<sup>ου</sup> αιώνα. Η χώρα που θεωρείται πρωτοπόρος σε αυτή την τεχνική είναι η Αυστραλία στην οποία το rammed earth γνωρίζει μία ευρεία εφαρμογή ασύγκριτα μεγαλύτερη από αυτή άλλων χωρών. Αυτό συμβαίνει γιατί είναι το πιο πρακτικό υλικό για τις ξηρές περιοχές τις όπου και η ξυλεία είναι περιορισμένη.<sup>1</sup>



#### 1.4.2. Δομή και σύσταση υλικού



(πηγή: [www.flickr.com](http://www.flickr.com))

Η σωστή επιλογή του χώματος είναι κρίσιμης σημασίας για την τελική ποιότητα του τοίχου rammed earth. Μερικά χώματα μπορεί να παρουσιάσουν καλά χαρακτηριστικά όταν έχει πρώτο-ολοκληρωθεί ο τοίχος αλλά μέσα στο χρόνο το αποτέλεσμα αποδεικνύεται μη ικανοποιητικό.

Στην σύνθεση του χώματος με το οποίο θα γίνει το rammed earth είναι η άμμος και τα χαλίκια τα οποία αποτελούν τα αδρανή και σαν συνδετικά υλικά χρησιμοποιούνται ο πηλός και το νερό. Όταν το χώμα δεν περιέχει αρκετό πηλό χρησιμοποιείται τσιμέντο τύπου Portland ή άλλο, σαν συμπληρωματικό του πηλού.

Σχετικά με το τσιμέντο πρέπει να σημειωθεί ότι με την χρήση του μπορεί να αυξηθεί η αντοχή του τοίχου εάν αυτό απαιτείται από τις στατικές μελέτες, ωστόσο δεν είναι απαραίτητο συστατικό για επιτυχημένο rammed earth.<sup>1&6</sup>

Όταν το χώμα που είναι διαθέσιμο στο οικόπεδο ή στην ευρύτερη περιοχή όπου βρίσκεται και έχει χαρακτηριστικά που προσεγγίζουν τα απαιτούμενα, με τροποποιήσεις όπως την εισαγωγή άμμου ή χώματος με μεγαλύτερο ποσοστό πηλού ή τσιμέντου επιτυγχάνεται το κατάλληλο μίγμα με το μικρότερο συνολικά οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος.

Το χώμα πρέπει να είναι ένα μίγμα πολύ καλά διαβαθμισμένο ως προς τους κόκκους. Οι μεγάλοι κόκκοι άμμου και τα μικρά χαλίκια παρέχουν στο μίγμα τον όγκο, ενώ οι μικρότεροι κόκκοι άμμου και η ιλύς

πληρώνουν τα κενά. Αν λοιπόν επιτύχουμε μια ιδανική διαβάθμιση με την διαδικασία της συμπίεσης μπορούμε να έχουμε ένα τόσο πυκνό μίγμα που δεν θα υπάρχουν καθόλου κενά. Έτσι όσο πιο πυκνός είναι ο τοίχος τόσο πιο ανθεκτικός θα είναι.



κατασκευή rammed earth τοίχου (πηγή: [www.flickr.com](http://www.flickr.com) )

Η επιλογή του χώματος για την χρησιμοποίηση του στο rammed earth εξαρτάται κυρίως από το κλίμα της περιοχής , την διαθεσιμότητα ,το κόστος και την τροφοδοσία. Βέβαια κάποιοι τύποι χώματος είναι καταλληλότεροι σε σύγκριση με άλλους. Προτιμώνται κυρίως τα αμμώδη χώματα , που με την προσθήκη πηλού προσεγγίζουν την αναλογία 70%-30%. Τα χώματα με υψηλό ποσοστό πηλού , χρειάζονται μεγάλη ποσότητα άμμου για τη διαμόρφωση του τελικού μίγματος , ενώ είναι πιο δύσκολο να προσεγγιστεί το ακριβές ποσοστό τους σε πηλό ούτως ώστε να αποφευχθούν ρηγματώσεις κατά την συρρίκνωση.

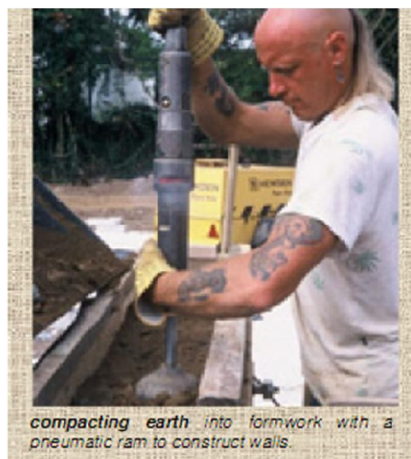
Ακόμη καταλληλότερα είναι τα χώματα που προέρχονται από το σκληρότερο πέτρωμα. Για παράδειγμα τα ηφαιστειογενή πετρώματα όπως ο γρανίτης μπορούν να μετατραπούν σε σκληρό τοίχο ,ενώ τα ιζηματογενή όπως ο αμμόλιθος παράγουν τοίχους με μικρότερη αντοχή , χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα περισσότερα χώματα με τις κατάλληλες προσμίξεις.<sup>1</sup>

#### **1.4.2.1 Επιλογή κατάλληλου μίγματος για τοίχο rammed earth**

Σωστό μίγμα με όλα τα απαραίτητα χαρακτηριστικά για την κατασκευή τελικών τοίχων όχι μόνο διευκολύνει τη διαδικασία αλλά εξασφαλίζει χρόνο και χρήμα. Εάν οι τοίχοι με την αφαίρεση του ξυλότυπου είναι καλοί, τότε τα έξοδα και οι καθυστερήσεις του επιχρίσματος και της βαφής μπορούν να αποφευχθούν. Αν οι τοίχοι παραμένουν ανεπίχριστοι και έχουν κατασκευαστεί σωστά, τότε ποτέ δε θα υπάρξει ανάγκη συντήρησης παρά ελάχιστης. Οι τοίχοι rammed earth δείχνουν καλύτερα όσο περνά ο χρόνος.

### 1.4.3 Κατασκευή συμπιεσμένης Γής (rammed earth wall)

Για την τεχνική της συμπιεσμένης γης (rammed earth) , είναι χυτή .Χρησιμοποιείται μίγμα του κατάλληλου χώματος (αργιλόχωμα, άμμος, χαλίκια, σταθεροποιητές) .Οι σταθεροποιητές είναι το τσιμέντο, η πίσσα , ο ασβέστης κ.λπ. <sup>2</sup>



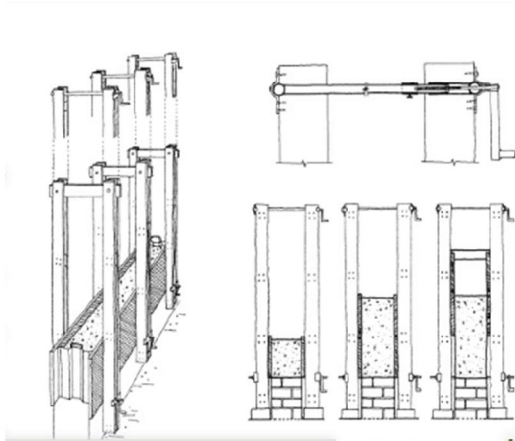
Συμπίεση μίγματος μέσα στον ξυλότυπο με κομπρεσέρ για την κατασκευή τοίχου

(πηγή: <http://www.scribd.com/doc/4634881/Factsheet-Rammed-Earth>)

Το μίγμα διαστρώνεται με ειδικό εργαλείο (παραδοσιακά : με ξύλινο κόπανο, ή σύγχρονα :με κομπρεσέρ) σε ξύλινα καλούπια όπου και συμπιέζεται σε στρώσεις. Τα καλούπια αποτελούνται από δύο χοντρά κομμάτια πάχους περίπου 30εκ και μήκους από 2μ - 4μ και 80 εκ ύψος και έχουν την δυνατότητα να συναρμολογούνται .Η παραδοσιακή μέθοδος συμπίεσης με ξύλινο κόπανο φαίνεται να προτιμάται σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες, ωστόσο στις αναπτυγμένες βιομηχανικά χώρες το σύστημα έχει εξελιχθεί προσφέροντας μια πιο αποδοτική και γρήγορη κατασκευαστική διαδικασία (χρήση ηλεκτρικών συμβόλων).

Η συμπίεση γίνεται με επαναλαμβανόμενες κρούσεις μεγάλου βάρους σε χαλαρό χώμα. Η συμπιεστική δύναμη είναι τέτοια που πιέζει τα μόρια αργίλου να αναδιαταχθούν και να κολλήσουν με συνέπεια να αποκτήσουν νέες ιδιότητες. Όσο το χώμα συμπιέζεται επιτυγχάνεται η μέγιστη πυκνότητα, που είναι και το πιο σημαντικό στοιχείο του rammed earth. Με μεγαλύτερη πυκνότητα ο τοίχος είναι λιγότερο επιρρεπής στην εισβολή νερού.<sup>1</sup>

### 1.4.3.1 Ξυλότυποι - σύγχρονα συστήματα ξυλοτύπων



Ξυλότυποι (πηγή: Gernot Minke<sup>7</sup>)

Οι Ξυλότυποι που χρησιμοποιούνται έχουν εξελιχθεί μέσα στην πάροδο του χρόνου. Στην Ευρώπη χρησιμοποιούνται Ξύλινα πανέλα (plywood) πάχους 19 mm τα οποία ενισχύονται ανά 75 cm ορθοστάτες. Σε όλες τις παραδοσιακές τεχνικές rammed earth ο ξυλότυπος απομακρύνεται αμέσως και επανατοποθετείται οριζόντια. Αυτό σημαίνει ότι το χώμα συμπιέζεται ανά λωρίδες ύψους 50-80cm. Το κάτω μέρος της στρώσης προλαβαίνει να στεγνώσει τη στιγμή που το πάνω συμπιέζεται, και έτσι δεν χρειάζεται αναμονή για την κύλιση του ξυλότυπου προς τα πάνω. Για μείωση των οπών αναπτύχθηκε σύστημα χωρίς ενδιάμεσους ελκυστήρες και έτσι η κύλιση του ξυλότυπου καθώς υψώνεται ο τοίχος γίνεται ανεμπόδιστα.

#### Σύγχρονα συστήματα ξυλοτύπων

Για την αποφυγή οριζόντιων αλλά και ενίοτε κατακόρυφων ρωγμών νέες τεχνικές έχουν αναπτυχθεί όπου τα πανέλα έχουν ύψος ενός ορόφου και πλάτος 24 m . Έτσι η διαδικασία της συμπίεσης είναι συνεχής. Αυτή η τεχνική αποφεύγει τις οριζόντιες συνδέσεις ενώ οι κατακόρυφες συνδέσεις που προκύπτουν σφραγίζονται μόνο όταν έχει ολοκληρωθεί η συρρίκνωση(το λεγόμενο 'California system'). Για σταθερότητα στις πλαϊνές πλευρές, οι κατακόρυφες συνδέσεις καλουπώνονται. Η μείωση στο μήκος εξαιτίας της συρρίκνωσης είναι εμφανής μόνο στον αρμό( ο οποίος λειτουργεί σαν προσχεδιασμένος αρμός συστολής).

Σε περιοχές σεισμογενείς πρέπει να προβλεφθεί χώρος για τον οπλισμό οπότε η απόσταση μεταξύ των πανέλων αυξάνει και από 30cm γίνεται 45-60cm.<sup>1&7</sup>

### 1.4.3.2 Σχηματισμός γωνιών

Οι γωνίες είναι πιο δύσκολο να σχηματιστούν από τα άλλα τμήματα του τοίχου. Οι δυνάμεις από την διαδικασία συμπίεσης οδηγούνται στην έξω γωνία του ξυλότυπου και χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή για τον ορθό σχηματισμό τους. Είναι τόσο δύσκολη η κατασκευή τους που καμιά φορά επιλέγεται ο σχηματισμός δύο κάθετων τοίχων που τέμνει ο ένας τον άλλο και λέγεται τομή –Τ. Έτσι αποφεύγεται η εξωτερική γωνία.<sup>7</sup>

### 1.4.4 Θεμελίωση



( πηγή: [www.flickr.com](http://www.flickr.com) )

Τα θεμέλια κατασκευάζονται συνήθως με ξερολιθιά ή αργολιθοδομή. Αρχικά καθαρίζεται και εξομαλύνεται το έδαφος , για να απομακρυνθούν όλα τα στρώματα οργανικής προέλευσης . Στην συνέχεια σχεδιάζεται το ίχνος των τοίχων στο έδαφος και αφαιρείται το χώμα δημιουργώντας κοιλώματα λίγο πλατύτερα από το πάχος του τοίχου ( συνήθως 1 m ) και με βάθος όσο απαιτείται ανά περίπτωση ( συνήθως στα 30-60 cm ,ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες και την σεισμική επικινδυνότητα). Έπειτα κατασκευάζεται η λιθοδομή και σε αυτή τη φάση μπορεί να αρχίσει αμέσως η κατασκευή του rammed earth τοίχου.



(πηγή : [http://shipwreck-rammedearthworks.blogspot.gr/2010\\_12\\_01\\_archive.html](http://shipwreck-rammedearthworks.blogspot.gr/2010_12_01_archive.html) )

Ο πόλος της λιθοδομής είναι σπουδαίος στην θεμελίωση καθώς λειτουργεί ως αποστραγγιστικό κανάλι για τα νερά ενώ δεν επιτρέπει την απορρόφηση της υγρασίας από το έδαφος. Επιπλέον υψώνεται και πάνω από την στάθμη του εδάφους 30 με 50 cm δημιουργώντας μια βάση . Αυτή λειτουργεί ως ασπίδα αποκρούοντας την αναπήδηση των σταγονιδίων της βροχής που μακροπρόθεσμα θα έβλαπταν την κατασκευή.

Μια άλλη λύση είναι η πλήρωση των κοιλωμάτων με χαλίκια μικρού και μεγάλου μεγέθους για την επίτευξη καλύτερης κατανομής του βάρους. Το χώμα σε αυτή τη περίπτωση καλουπώνεται απευθείας πάνω στα χαλίκια ενώ δεν υπάρχει λίθινη βάση αντίθετα μπορεί να κατασκευαστεί δοκάρι από οπλισμένο σκυρόδεμα ύψους 25cm περίπου. Η σύνδεση τοίχου και θεμελίου είναι πολύ ισχυρή λόγω του τρόπου που γίνεται η συμπίεση του χώματος επάνω στην ανώμαλη επιφάνεια των χαλικιών. Αυτή η επιλογή είναι και πιο οικονομική.

Εκτός των προηγούμενων δυο επιλογών , στις σύγχρονες κατασκευές επιλέγονται θεμέλια από οπλισμένο σκυρόδεμα . το θεμέλιο έχει πλάτος ανάλογα με την φέρουσα ικανότητα του χώματος στο οποίο θα χτιστεί το κτίριο. Σε σκληρά εδάφη το πλάτος μπορεί να μην ξεπερνά αυτό του υπερκείμενου τοίχου από χώμα , ενώ σε μαλακά εδάφη το πλάτος της βάσης μπορεί να φτάσει και το διπλάσιο πλάτος του τοίχου. Η βάση και το δοκάρι πρέπει να ενισχυθούν σε όλο το μήκος τους.

Οι χωμάτινοι τοίχοι καλουπώνονται απευθείας στην κορυφή του δοκαριού από οπλισμένο σκυρόδεμα., το οποίο έχει αναμονές αραιού οπλισμού και έτσι συνδέονται μεταξύ τους. Παρόλα αυτά η ισχυρότητα της σύνδεσης έγκειται και στη δύναμη της βαρύτητας(ίδιο βάρος τοίχου)αφενός και αφετέρου του μηχανικού

δεσμού (τριβή) που αναπτύσσεται μεταξύ της άνω επιφάνειας του δοκαριού και της κάτω του χωμάτινου τοίχου. Όσο πιο τραχεία είναι η επιφάνεια από σκυρόδεμα τόσο ισχυρότερη είναι η σύνδεση.

#### 1.4.5 Τοιχοποιία-Ανοίγματα



(πηγή: <https://www.facebook.com/topazplaster?filter=3>)

Το χτίσιμο ενός τοίχου με βασικό ξυλότυπο είναι απλό, αν χτίζεται ο ένας τοίχος μετά τον άλλο γύρω από την περίμετρο του κτιρίου. Οι τοίχοι παρουσιάζουν ασυνέχειες στα ανοίγματα θυρών και το μισό ύψος στις θέσεις των παραθύρων. Το πρώτο βήμα στην κατασκευή είναι να χτιστούν οι γωνίες. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η ευθυγράμμιση και ο έλεγχος της με νήματα που στερεώνονται στις γωνίες.

Σε κάθε ξυλότυπο πρέπει να προβλέπεται στις γωνίες στοιχείο ξύλινο τριγωνικής διατομής για την αποτίμηση της γωνίας. Αυτό κρίνεται σκόπιμο καθώς υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να αστοχήσει η γωνία αισθητικά είτε κατά την διαδικασία συμπίεσης είτε μετά καθώς θα αποτελεί αδύναμο σημείο.

Για την κατασκευή ανοιγμάτων χρησιμοποιούνται καλούπια σε σχήμα κουτιού, με ακριβείς διαστάσεις τα οποία πρέπει να είναι ανθεκτικά και γερά έτσι ώστε να μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν, για να μην χρειάζεται να φτιάχνονται συνεχώς καινούργια με αποτέλεσμα την οικονομία χρόνου. Επιλέγοντας κάποια από τα μεγέθη των ανοιγμάτων να επαναλαμβάνονται, αποφεύγουμε την χρήση πολλών κουτιών εξασφαλίζοντας και χρόνο και λιγότερο κόστος.

Όπου είναι δυνατόν επιλέγουμε το ίδιο το περιμετρικό δοκάρι να χρησιμοποιηθεί ως πρέκι. Για ψηλούς τοίχους το πρέκι (σενάζ) κρίνεται απαραίτητο.<sup>1 & 7</sup>

#### 1.4.6 Στέγαση

Η στέγη σε ένα κτίριο από χώμα έχει δυο βασικές λειτουργίες : να προστατεύσει τους τοίχους από τις δυνατές βροχές και τον δυνατό θερινό ήλιο. Σε περιοχές με μικρή βροχόπτωση οι μεγάλες προεξοχές της στέγης δεν είναι και τόσο σημαντικές και όπου τα καλοκαίρια δεν είναι τόσο ζεστά η σκίαση μπορεί να μειωθεί. Αν το χιόνι δεν είναι πρόβλημα τότε η στέγη μπορεί να κατασκευαστεί βάσει άλλων σχεδιαστικών προτεραιοτήτων όπως η αισθητική. Μια ψηλή στέγη επιτρέπει καλύτερο αερισμό μέσα στο κτίριο το οποίο αυξάνει την άνεση κατά την θερινή περίοδο σε ζεστά και υγρά κλίματα.



(πηγές : [www.adobe-home.com](http://www.adobe-home.com) [http://shipwreck-rammedearthworks.blogspot.gr/2010\\_12\\_01\\_archive.html](http://shipwreck-rammedearthworks.blogspot.gr/2010_12_01_archive.html) )

Οι οροφές μπορούν να γίνουν με ξύλινα δοκάρια που γεφυρώνουν το άνοιγμα και ξύλινες σανίδες οι οποίες μπορούν να αποτελέσουν και τον ξύλοτοπο για πλάκα από σκυρόδεμα. Οι επικλινές στέγες κατασκευάζονται όπως και στις συμβατικές κατασκευές στερεώνονται και δένονται στο περιμετρικό δοκάρι. Είναι αυτονόητο ότι πρέπει να μονωθεί καλά σε όλη την έκταση.<sup>1 & 7</sup>



#### 1.4.7 Δάπεδα – πατώματα



(πηγές : <http://www.naturalbuildingblog.com/dirt-cheap-dirt-floors/> <http://rammedearth.davis.net.au/photos/GilgandraFloor1-2.jpg> )

Μίγμα από χώμα και τσιμέντο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως πάτωμα (σε επαφή με το έδαφος) και ως τελική επίστρωση πλάκας. Μπορεί ακόμα να χρησιμοποιηθεί και σε πόδια παράθυρου , λαμπά πόρτας και παράθυρου, σε πεζούλια και εξωτερικούς χώρους. Η διαφορά μεταξύ σκυροδέματος και χώματος –τσιμέντου είναι τα αδρανή που βρίσκονται στο μίγμα. Το χώμα όταν αναμειχθεί με το τσιμέντο και το νερό παράγει ένα είδος κονιάματος , το πηλοτσιμεντοκονίαμα. Όταν χρησιμοποιηθεί ως τελική επίστρωση μπορεί να δημιουργήσει ένα μοναδικό , χειροποίητο πολύ φυσικό αποτέλεσμα ιδιαίτερα αν το χώμα έχει πλούσιο χρώμα.

Με τον καιρό το δάπεδο παρουσιάζει φθορά με τη χρήση του τσιμεντοκονιάματος. Πρέπει να ληφθεί υπόψη η συρρίκνωση για να αποφευχθεί πιθανή ρωγμή. Το μειονέκτημα αυτού του δαπέδου είναι ο χρόνος ξήρανσης. Έτσι η ολοκλήρωση της κατασκευής αργεί ενώ οι εργασίες πρέπει να γίνονται με ιδιαίτερη προσοχή για να μην λερώσει ή χτυπηθεί. Τρόπος επίλυσης του προβλήματος αυτού είναι η προκατασκευή σε ξύλινα καλούπια. Όταν στεγνώσει το πηλοτσιμεντοκονίαμα αποκολλάται από τα καλούπια και τοποθετείται στο πάτωμα με κάποιο συνδετικό υλικό.<sup>1</sup>

#### Πατώματα

Το πάτωμα μπορεί να κατασκευαστεί όπως σε μια συμβατική κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η πλάκα αν συνδυαστεί με σύστημα θέρμανσης μέσω σωλήνων ζεστού νερού ενσωματωμένων στο πάτωμα, τότε διπλασιάζει το σύστημα θέρμανσης του κτιρίου. Η ομοιομορφία της θερμοκρασίας στον καθημερινό χώρο και

η απουσία θορύβου και σκόνης που σχετίζονται με συστήματα κυκλοφορίας του αέρα(αεραγωγοί) κάνουν το χώρο άνετο θερμικά και υγιεινό τον εσωτερικό αέρα<sup>1</sup>

#### 1.4.8 Επιχρίσματα



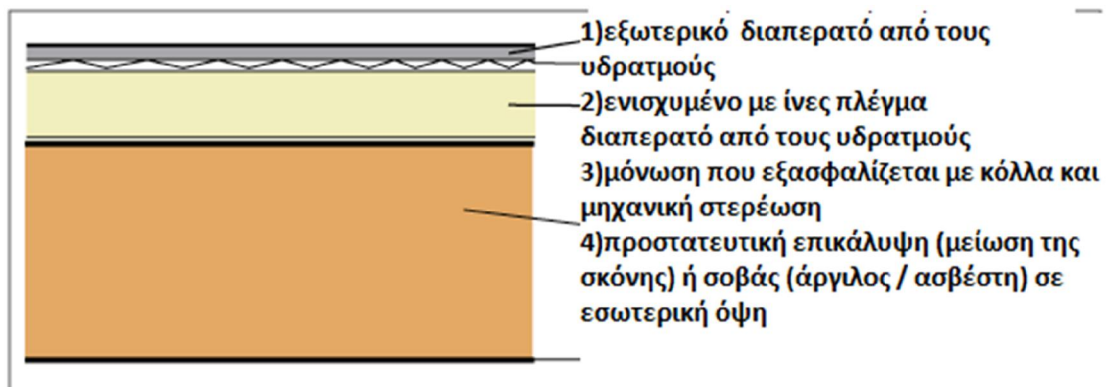
(πηγή: [http://shipwreck-rammedearthworks.blogspot.gr/2010\\_12\\_01\\_archive.html](http://shipwreck-rammedearthworks.blogspot.gr/2010_12_01_archive.html) )

Σε γενικές γραμμές οι τοίχοι rammed earth δεν χρειάζονται επίχρισμα για προστασία. Στο πέρασμα του χρόνου αποδεικνύεται πως οι τοίχοι δείχνουν όλο και καλύτεροι , ενώ τα φυτά μπορούν να αναρριχηθούν κατευθείαν στο κτίριο προσφέροντας σκιά και μόνωση.

Οι επιφάνειες των τοίχων ποικίλουν (λείες ή τραχείες) , όπως και το χρώμα και εξαρτώνται από το είδος του χώματος και την επεξεργασία που αυτό έχει δεχθεί. Συμπερασματικά κανένα βιομηχανοποιημένο δομικό υλικό δεν μπορεί να αντιγράψει τη φυσική εμφάνιση που προκύπτει. Οι διαφοροποιήσεις στα χρώματα , την υφή και διαστρωμάτωση είναι η αληθινή ομορφιά της συμπιεσμένης γης.

Βέβαια οι τοίχοι μπορούν να επικαλυφθούν με επίχρισμα από χώμα που έχει ως συστατικό άμμο , λάσπη και πηλό σε μικρό ποσοστό της τάξεως του 5-12%. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και συμβατικά επιχρίσματα απευθείας αν είναι αρκετά αδρός.<sup>1</sup>

### 1.4.8.1 Θερμομόνωση



(πηγή : <http://www.greenspec.co.uk/rammed-earth.php> )

Κτίρια με τεχνική rammed earth συναντάμε και στις 6 ηπείρους σε όλα τα κλίματα από τις τροπικές ζώνες μέχρι τα ψυχρά. Οι απαιτήσεις μόνωσης διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή. Γενικά στις περισσότερες περιπτώσεις δε χρειάζεται επιπλέον μόνωση. Στα πολύ ψυχρά κλίματα είναι προτιμότερο να προβλεφθεί μόνωση που θα αντισταθμίσει το μεγάλο κόστος για θέρμανση με πετρέλαιο. Η μόνωση προτιμάται να μπαίνει στη μέση του τοίχου , δηλαδή δημιουργούνται ουσιαστικά δύο λεπτότεροι τοίχοι με μόνωση στη μέση. Το χώμα συμπιέζεται κανονικά γύρω από τη μόνωση και για σεισμογενή περιοχή καλύτερα να έχουμε οπλισμό ακόμα και στους δύο λεπτούς τοίχους να δεθούν κιόλας μεταξύ τους.<sup>7</sup>

### 1.4.9 Μηχανικές Ιδιότητες- Ασφάλεια/ Πυροπροστασία

Το μίγμα του συμπιεσμένου χώματος εμφανίζει πολύ καλή στατική συμπεριφορά. Η σύσταση του και η μονολιθικότητα της κατασκευής συμβάλλουν σε αυτό.

Επιπλέον η κατασκευή αποτελείται από ένα υλικό χωρίς συνδετικό κονίαμα και αυτό συμβάλλει στην καλή σεισμική της συμπεριφορά. Για τις σεισμογενείς περιοχές βέβαια το συνδετικό δοκάρι απο σκυρόδεμα και κάποιος οπλισμός είναι απαραίτητος όπως έχει εφαρμοστεί στην περιοχή της Καλιφόρνια απο τον Αρχιτέκτονα David Easton.<sup>8</sup>

Οι κατασκευές από χώμα όμως όπως απέδειξε ο καθηγητής και Αρχιτέκτονας Gernot Minke ,μετά απο εργαστηριακές δοκιμές στο Πανεπιστήμιο του Kassel , μπορούν να αντέξουν σεισμικές δονήσεις μέχρι και 7 Ρίχτερ.

#### 1.4.10 Ανθρακικό Αποτύπωμα

Ένας τοίχος rammed earth έχει χαμηλό δείκτη εκπομπών άνθρακα και υψηλή ενεργειακή απόδοση για φέροντες τοίχους. Μεγάλος αριθμός κτιρίων έχουν κατασκευαστεί στο πρόσφατο παρελθόν σε όλη την υδρόγειο. Εμείς επικεντρωνόμαστε στην ενσωματωμένη ενέργεια σε σταθεροποιημένο με τσιμέντο τοίχους rammed earth.

Η επίδραση της ταξινόμησης του εδάφους, η πυκνότητα και η περιεκτικότητα σε τσιμέντο από την κατανάλωση ενέργειας έχουν ελεγχθεί. Μια σύγκριση μεταξύ του περιεχομένου ενέργειας του τσιμέντου και της ενέργειας στις μεταφορές των υλικών, με την πραγματική κατανάλωση ενέργειας κατά τη διάρκεια της συμπίεσης rammed earth τοίχων στις πραγματικές συνθήκες.

Σημαντικά συμπεράσματα των ερευνών είναι :

(α) ενέργεια συμπίεσης η οποία αυξάνει με την αύξηση του κλάσματος πηλού του μίγματος του εδάφους και είναι ευαίσθητη στην πυκνότητα του τοίχου,

(β) ενέργεια συμπίεσης κυμαίνεται μεταξύ 0,033 και 0,36 MJ/m<sup>3</sup> MJ/m<sup>3</sup> για το φάσμα πυκνοτήτων και το περιεχόμενο τσιμέντου

(γ) η δαπάνη ενέργειας κατά τη διαδικασία συμπίεσης είναι αμελητέα σε σύγκριση με το ενεργειακό περιεχόμενο του τσιμέντου και

(δ) η συνολική ενσωματωμένη ενέργεια σε τοιχώματα αυξάνεται γραμμικά με την αύξηση της περιεκτικότητας σε τσιμέντο και είναι στην περιοχή από 0,4-0,5 GJ/m<sup>3</sup> για το περιεχόμενο τσιμέντου στην οργή του 6-8%.<sup>9</sup>

#### 1.4.11 Βιοκλιματική Συμπεριφορά – Συντελεστής Θερμοπερατότητας(U-value)



(Πηγή: [www.conluto.de](http://www.conluto.de))

Το χώμα από τη φύση του είναι ένα ενεργειακά αποδοτικό υλικό και απόλυτα ανακυκλώσιμο , η μάζα του περιλαμβάνει και αποδίδει αργά τη θερμότητα από τον εξωτερικό στον εσωτερικό χώρο ενώ ρυθμίζει την εσωτερική υγρασία ( 50-55% κατάλληλη για την ανθρώπινη υγεία και ευεξία) .

Η χρήση του νερού μπορεί να γίνει στο ελάχιστο , μάλιστα σε ιδανικές συνθήκες αν το χώμα είναι αρκετά εμποτισμένο από τις βροχές του χειμώνα δεν χρειάζεται επιπλέον νερό.

Η χρησιμοποίηση του χώματος για τοίχους και πατώματα μειώνει στο ελάχιστο την χρησιμοποίηση άλλων ενεργειοβόρων και ακριβών υλικών. Δεν εκπέμπει στο περιβάλλον ρύπους ,αντιθέτως το χώμα μπορεί να κατακρατά τις τοξικές ουσίες όταν απορροφά υγρασία.

Επιπλέον δεν απαιτείται βαρύς εξοπλισμός για τις κατασκευές με συμπιεσμένη γη , ενώ η εργασία είναι εύκολη λόγω της απλότητας της κατασκευής ακόμη και σε σχέση με τις σύγχρονες μεθόδους προηγμένης τεχνολογίας.

Όλες οι πηγές που αναφέρονται στο χώμα συμφωνούν σε ένα σημείο **ότι το χώμα είναι περιβαλλοντικά φιλικό**. Τίποτα δε φαίνεται να είναι καλύτερο για τον άνθρωπο και το περιβάλλον από την ίδια την φύση. <sup>1</sup>

### Συντελεστής Θερμοπερατότητας (u- value)

Σε χωμάτινο τοίχο rammed earth 30 εκατοστών η τιμή του συντελεστή Θερμοπερατότητας (U-value) ανέρχεται σε τιμές 1,5 - 3 W/m<sup>2</sup> K, και ως εκ τούτου θα πρέπει να προστεθεί μόνωση στις εξωτερικές εφαρμογές του τοίχου.<sup>11</sup>

#### **1.4.12 Εξοικονόμηση Ενέργειας – Κόστος Κατασκευής**

##### Κόστος Κατασκευής

Ένας τοίχος rammed earth είναι περίπου 40% φθηνότερο από μία τυπική τοιχοποιία οπτόπλινθων, συμπεριλαμβανομένης της εργασίας. Χρειάζονται δύο ή τρεις ημέρες για να ενοθούν τα τείχη για ένα μεγάλο σπίτι 185- 200 τ.μ.. Τοίχος rammed earth δεν είναι απλώς μια οικονομική τεχνική κατασκευής, οδηγεί σε πιο ευχάριστη, άνετη και ενεργειακά αποδοτική κατασκευή που είναι διαθέσιμη σε οποιαδήποτε τιμή. Χρησιμοποιώντας στόκο, ο οικοδόμος μπορεί να τελειώσει το σπίτι του σε σχεδόν οποιοδήποτε χρώμα ή αρχιτεκτονικό στυλ, που συνδυάζει την οικονομία, τη χρησιμότητα, και την ομορφιά. Έτσι οι τοίχοι έχουν το πιο φυσικό χρώμα (αυτό που έχει η γη).

Ενώ το κόστος του υλικού είναι χαμηλό, μια κατασκευή rammed earth χωρίς μηχανικά εργαλεία μπορεί να είναι πολύ χρονοβόρα. Ωστόσο, με μηχανικό δονητή (κομπρεσέρ) και προκατασκευασμένα καλούπια, μπορεί να πάρει μόλις δύο έως τρεις ημέρες για να κατασκευαστούν τα τείχη για 200 -220 m<sup>2</sup> σπίτι.

#### **1.4.13 Θερμική Άνεση**

Η θερμότητα αποθηκεύεται στο υλικό και αποδίδεται σταδιακά αφού διαθέτει μεγάλη θερμική μάζα και κατά συνέπεια διαθέτει ικανοποιητική μόνωση. Επιπλέον εξασφαλίζεται η εξισορρόπηση θερμοκρασίας, ώστε να είναι δροσερά το καλοκαίρι και ζεστά τον χειμώνα. Λειτουργεί άριστα στη βιοκλιματική αρχιτεκτονική, με παθητικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης και τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας.

#### 1.4.14 Χρόνος Υλοποίησης - Επίπεδο συντήρησης

Τα πραγματικά παραδείγματα κτισμάτων με rammed earth έχουν αποδείξει πως έχουν αντοχή στον χρόνο. Η συντήρηση είναι απαραίτητη, αλλά είναι ελάχιστη και δεν επιβαρύνει οικονομικά τον εκάστοτε ιδιοκτήτη. Ο τρόπος κατασκευής παίζει σημαντικό ρόλο για την μετέπειτα συντήρηση του κτιρίου. Ο βασικός στόχος είναι να προστατευτεί η κατασκευή από τις βροχές και την υγρασία που προκαλείται από τα διάφορα καιρικά φαινόμενα και τις αυξημένες υψηλές θερμοκρασίες. Αυτό είναι εφικτό είτε χρησιμοποιώντας φυσικά επιχρίσματα, είτε με αρχιτεκτονικά στοιχεία όπως προεκτείνοντας την στέγη ή με λίθινα θεμέλια.

#### 1.4.15 Πλεονεκτήματα –Μειονεκτήματα Τοίχων Συμπιεσμένης Γης(rammed earth wall)<sup>1 & 7&8</sup>

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα Τοίχων Συμπιεσμένης Γης (rammed earth wall)
• χαμηλό κόστος (σε σύγκριση με άλλες συμβατικές κατασκευές)	• υψηλό εργατικό δυναμικό (εργολαβία από εξειδικευμένο προσωπικό)
• παλιά τεχνική με απήχηση στη σύγχρονη κατασκευαστική	• ελάχιστη ή καμία έγκυρη καθοδήγηση από τον Γ.Ο.Κ για τη κατασκευή τους
• απόλυτα οικολογικό /φιλικό προς το Περιβάλλον /μη τοξικό υλικό	• δοκιμές πρώτης ύλης -χώματος για καταλληλότητα και αντοχή
• μονωτικό υλικό	• καλό προγραμματισμό - εμπειρία και συστηματοποίηση
• ανθεκτικό υλικό(σεισμό μέχρι και 7 ρίχτερ )	• εξασφάλιση στοιχειώδους προστασίας από την υγρασία
• θερμική αδράνεια	
• μείωση ενεργοβόρων βιομηχανικών υλικών	
• απόρροφηση υγρασίας και απόδοση της στο εσωτερικό	
• περιορισμένες απαιτήσεις σε συντήρηση	
• ασφαλές στη φωτιά(μεγάλο δείκτη πυραντίστασης )	
• χαμηλο ανθρακικό αποτύπωμα	
• επαναχρησιμοποίηση ή ανακύκλωση των υλικών κατασκευής	



---

<sup>1</sup> Ρίζου Αθανασία ,Διάλεξη Ε.Μ.Π με θέμα: Κατασκευές Από Χώμα, 2009

<sup>2</sup> <http://www.earthbagbuilding.com/>

<sup>3</sup> <http://self-sufficient-blog.com/archives/494>

<sup>4</sup> φωτογραφίες από τον Ιερό Ναό της Συμφιλίωσης

<http://images.search.conduit.com/ImagePreview/?q=rammed%20earth%20church%20consiliation&ctid=CT3220468&searchsource=3&CUI=UN30976128243070120&start=0&pos=0>

<sup>5</sup> <http://www.cob.gr>

<sup>6</sup> Peter Walker , Rowland Keable, Joe Martin, Vasilios Maniatidis ,*Rammed Earth-Design and construction guidelines, 2010*(<http://staff.bath.ac.uk/abspw/rammedearth/review.pdf>)

([http://www.amazon.com/s/ref=nb\\_sb\\_noss?url=search-alias%3Daps&field-keywords=peter+walker+rammed+earth](http://www.amazon.com/s/ref=nb_sb_noss?url=search-alias%3Daps&field-keywords=peter+walker+rammed+earth) )

<sup>7</sup> Gernot Minke, Building with Earth - Design and Technology of a Sustainable Architecture

(<http://www.scribd.com/doc/6694182/Building-With-Earth> )

<sup>8</sup> David Easton Cynthia Wright , *The rammed earth house* , <http://rammedearthworks.com/>

<sup>9</sup> <http://www.deepdyve.com/lp/elsevier/embodied-energy-in-cement-stabilised-rammed-earth-walls-iipgdcSzj5>

<sup>10</sup> <http://webs.ashlandctc.org/jnapora/hum-faculty/syllabi/trad.html>

<sup>11</sup> <http://www.greenspec.co.uk/rammed-earth.php>



## 1.5 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΔΟΜΗΣΗΣ ΜΕ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΑ & ΦΥΣΙΚΑ ΥΛΙΚΑ



### 1.5.1 Εισαγωγή

Για να κατανοήσουμε την θέση της ανακύκλωσης και επανάχρησης των υλικών θα πρέπει να αναφερθούμε στον τρόπο μετασηματισμού της ύλης. Οι πρώτες ύλες παραλαμβάνονται συνήθως με εξόρυξη, περνούν από διάφορα στάδια επεξεργασίας και καταλήγουν στα τελικά προϊόντα, τα οποία διατίθενται στην κατανάλωση, στην χρήση και τελικά όταν πλέον για διάφορους λόγους δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν, οδηγούνται στην απόρριψη. Αυτά εν συντομία είναι τα στάδια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος.

Η φύση δεν παράγει απορρίμματα και απόβλητα. Έχει από μόνη της φροντίσει να διαθέτει ένα μηχανισμό, την σαπροβιωτική αλυσίδα, η οποία μεριμνά για την φυσική ανακύκλωση της απορριφθείσας ύλης των διαφόρων οργανισμών.

Ωστόσο η συνεχής δημογραφική αύξηση σε συνδυασμό με την τεχνολογική εξέλιξη και την κατασπατάληση των φυσικών πόρων από τον άνθρωπο, έχει απορυθμίσει τον μηχανισμό αυτό, σε βαθμό που αυτή η φυσική διεργασία, από μόνη της, δεν μπορεί να αποκαταστήσει την φυσική ισορροπία. Τεχνητά έργα και ανθρωπογενείς κατασκευές επιβαρύνουν κατά πολύ το περιβάλλον. Έτσι λοιπόν η ενεργειακή αλλά και περιβαλλοντική κρίση αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα της σύγχρονης εποχής. Είναι λοιπόν αναγκαία η παρέμβαση της ανακύκλωσης προκειμένου να επέλθει η ισορροπία στο οικοσύστημα.

Με τον όρο ανακύκλωση εννοούμε την διαδικασία κατά την οποία ήδη χρησιμοποιημένα προϊόντα ή υλικά επανεισάγονται στον κύκλο παραγωγής, ως νέες πρώτες ύλες. Τέτοια υλικά μπορεί να είναι το χαρτί, το πλαστικό, το γυαλί, το μπαμπού κ.λπ.<sup>2</sup>

## 1.5.2 Χαρτί – χαρτοσωλήνες<sup>3&4</sup>



(πηγές:[http://peristerinews.gr/sub/periballon/axektupotisa\\_sbinei\\_to\\_melani\\_apo\\_to\\_xarti\\_gia\\_amesi\\_anakuklosi.html](http://peristerinews.gr/sub/periballon/axektupotisa_sbinei_to_melani_apo_to_xarti_gia_amesi_anakuklosi.html)

& [www.newsnow.gr](http://www.newsnow.gr) )

Γύρω μας παρατηρείται μεγάλη αφθονία στο υλικό των χαρτοσωλήνων , καθώς αυτοί βρίσκονται σε διάφορες μορφές στην καθημερινή μας ζωή . Χρησιμοποιούνται ως πυρήνες σε ρολά χαρτιού εκτυπώσεων ή άλλου είδους (χαρτί τουαλέτας , κουζίνας κλπ.), καθώς και σαν σωλήνες αποθήκευσης και προστασίας σχεδίων.<sup>3</sup>

Η ανακύκλωση του χαρτιού στις μέρες μας <sup>6</sup>



(Χαρτιά πακεταρισμένα για ανακύκλωση)

(<http://www.ecoall.gr/>)

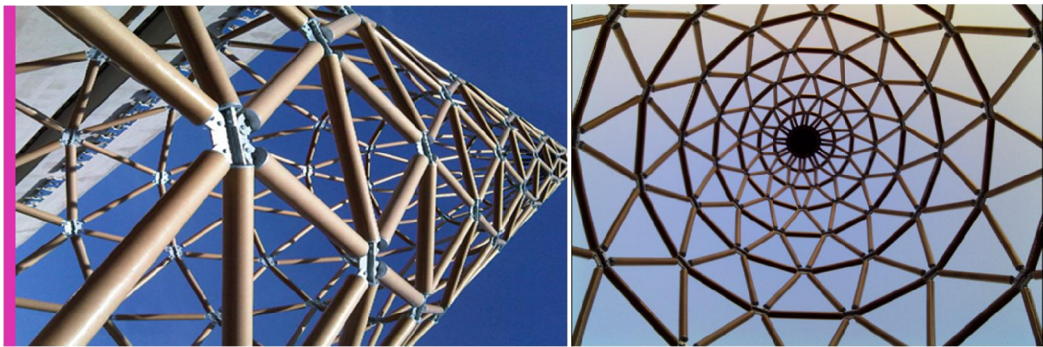
Τα ποσοστά συλλογής και ανακύκλωσης χαρτιού στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης τα έτη 2000 και 2002 φαίνονται στον πίνακα που παρατίθεται.

Σήμερα στην Ευρώπη το ποσοστό ανακύκλωσης έχει ξεπεράσει αισίως το 50% (συγκεκριμένα το 2002 έφτασε το 52,7%) και η Ομοσπονδία Ευρωπαϊκών Χαρτοβιομηχανιών (CEPI: Confederation of European Paper Industries) δηλώνει με αυτοπεποίθηση ότι το 2006 τα ποσοστά θα ξεπεράσουν το 55%. Η Ελλάδα, δυστυχώς, συγκέντρωσε ένα ποσοστό ανακύκλωσης 30,6% το 2002, που είναι ιδιαίτερα χαμηλό αν το συγκρίνουμε μ' αυτό της Σουηδίας, για παράδειγμα, που ήταν 86,4%.

<b>Ποσοστά συλλογής και ανακύκλωσης χαρτιού στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 2000 και το 2002</b>				
<b>Χώρες</b>	<b>2000</b>		<b>2002</b>	
	<b>% συλλογής</b>	<b>% ανακύκλωσης</b>	<b>% συλλογής</b>	<b>% ανακύκλωσης</b>
Αυστρία	65,8	96,7	61,4	94,3
Βέλγιο	51,6	19,1	48,1	17,6
Δανία	48,0	28,6	55,7	29,2
Φινλανδία	67,3	62,8	71,7	65,8
Γαλλία	46,1	50,2	49,7	60,8
Γερμανία	69,8	56,5	72,2	63,4
<b>Ελλάδα</b>	<b>34,9</b>	<b>31,1</b>	<b>34,1</b>	<b>30,6</b>
Ιρλανδία	18,6	10,3	33,8	9,4
Ιταλία	37,4	42,2	44,9	47,2
Ολλανδία	59,5	65,9	64,8	66,8
Πορτογαλία	50,5	39,2	45,8	32,6
Ισπανία	48,0	56,1	52,1	62,9

Σουηδία	63,3	78,8	68,8	86,4
Ηνωμένο Βασίλειο	41,1	37,9	47,6	37,1
Συνολικά Ε.Ε.	52,0	49,7	55,9	52,7

*A) Χαρακτηριστικά χαρτοσωλήνων (χάρτινοι στύλοι)*

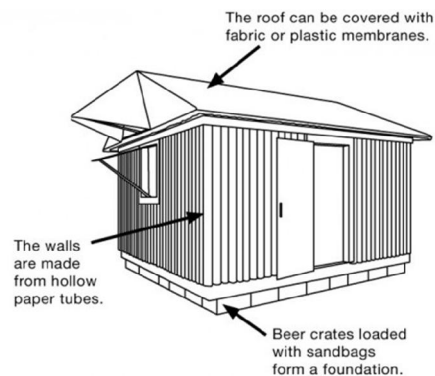


Paper Tower , Shigeru Ban , South Bank Centre, London.

(πηγή: [www.designboom.com](http://www.designboom.com) )

- ❖ Έχουν σταθερές ποιότητες ως βιομηχανικό προϊόν άρα και υψηλή διάρκεια ζωής
- ❖ Ως οικοδομικό υλικό είναι περισσότερο ελαφρύ από το ξύλο, μέταλλο, τσιμέντο
- ❖ Έχουν την δυνατότητα να επεξεργάζονται και να κατασκευάζονται εύκολα, οπότε ο κίνδυνος να καταστρέψουμε το περιβάλλον είναι αρκετά μικρότερος
- ❖ Έχουν μαλακή και απαλή υφή ( διαφορετική από αυτή του σκυροδέματος ή του μετάλλου) επομένως δίνουν και ένα άρτιο αισθητικό αποτέλεσμα.

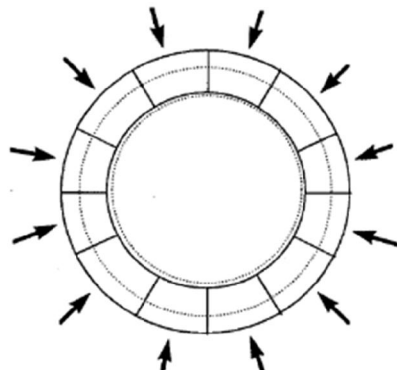
## **B) Κατασκευή**



Πηγές : <http://www.shigerubanarchitects.com> & <http://whatwow.org/paper-log-houses>

Η κατασκευαστική διαδικασία των χαρτοσωλήνων είναι ιδιαίτερα απλή. Το ανακυκλώσιμο χαρτί από τις ταινίες- ρολά χαρτιού , τοποθετείται μέσα σε δοχεία γεμάτα με κόλλα. Έπειτα ξαναγίνεται ρολό με μορφή σπινάλιού μέσω ενός μηχανήματος και τέλος κόβεται σε κομμάτια καθορισμένου μήκους.

## **Γ) Μηχανικές ιδιότητες – μέθοδοι σύνδεσης<sup>5</sup>**



Ακτινωτή φόρτωση πίεσης και σχετικής παραμόρφωσης

(πηγή: <http://www.pstc.org/files/public/Qiu.pdf>)

Η μηχανική αντοχή ποικίλλει ανάλογα με την περιεκτικότητα των χαρτοσωλήνων σε υγρασία και στην μορφή τους για την αρχιτεκτονική χρήση . Γενικότερα όμως ,θεωρείται ότι η αντοχή τους υπολογίζεται στο μισό αυτής του ξύλου ή του μπαμπού. Καθώς είναι βιομηχανικό προϊόν οι ποσότητες του μπορούν να ελεγχθούν εύκολα. Σαν οικοδομικά υλικά παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα, όπως για παράδειγμα ,δεν εμφανίζουν σπασίματα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κάθε μήκος και πλάτος. Το σημείο τομής του χαρτοσωλήνα είναι πάντα επίπεδο .

Σχετικά με τις συνδέσεις μεταξύ των χαρτοσωλήνων , πρέπει να γνωρίζουμε ότι δεν μπορούμε να σπάσουμε τις άκρες , όπως σε μεταλλικούς σωλήνες προκειμένου να τους κάνουμε λεπτούς. Για αυτό πρέπει να συνδέονται με προσοχή μεταξύ τους.<sup>5</sup>

#### **Δ) Πλεονεκτήματα –Μειονεκτήματα υλικού**

Συνοπτικά τα πλεονεκτήματα των χαρτοσωλήνων είναι τα εξής :

- ❖ Ελεγχόμενη η παραγωγή χαρτοσωλήνων ως βιομηχανικό υλικό
- ❖ Δε παρουσιάζουν σπασίματα
- ❖ Χρησιμοποιούνται σε κάθε μήκος και πλάτος
- ❖ Χρησιμοποιούνται σε κάθε μήκος και πλάτος
- ❖ Έχουν μαλακή και απαλή υφή και προσδίδουν ένα άρτιο αισθητικό αποτέλεσμα
- ❖ Πολύ πιο ελαφρύ ως οικοδομικό υλικό σε σύγκριση με τα συμβατικά
- ❖ Υψηλή διάρκεια ζωής με δεδομένη την ποιότητα του ως βιομηχανοποιημένο υλικό<sup>3</sup>

#### **1.5.2.1 Θερμομόνωση από παλιές εφημερίδες**



(πηγή : [www.flickr.com](http://www.flickr.com) )

Ένα ακόμη έξυπνο παράδειγμα έμμεσης ανακύκλωσης χαρτιού, είναι η θερμομόνωση από παλιές εφημερίδες (WARMCEL). Ηδη στο Ηνωμένο Βασίλειο έχει τοποθετηθεί σε πάνω από ένα εκατομμύριο κατοικίες τα τελευταία 20 χρόνια. Η Θερμοαγωγιμότητα αυτού του υλικού είναι μόλις 0.036 W/Mk, ενώ ο τρόπος τοποθέτησης του μειώνει στο ελάχιστο δυνατό τις θερμικές γέφυρες – απώλειες ενέργειας. Αποτελείται 100% από ανακυκλωμένες εφημερίδες και περιέχει πολύ χαμηλή εμπεριεχόμενη ενέργεια, απαιτώντας έτσι πολύ λιγότερη ενέργεια κατασκευής σε σχέση με άλλα μονωτικά υλικά. Έχει αντοχή στη φωτιά στα επίπεδα που απαιτούνται για ξύλινες κατασκευές.<sup>3</sup>

### 1.5.2.2 Cardboard (χαρτόνι)



(πηγή : [www.openbuildings.com](http://www.openbuildings.com) )

Το cardboard είναι ένα φτηνό ,χαμηλής πυκνότητας χαρτόνι που παράγεται από άχρηστο χαρτί(εφημερίδες ,χαρτόνι) και από ξυλότυπο που χρησιμοποιείται για κατασκευή κουτιών συσκευασίας. Ως δομικό υλικό έχει πολύ μικρή ελαστικότητα , θεωρείται δε ανισότροπο, καθώς έχει μεγαλύτερη αντοχή στη μια κατεύθυνση. Για προστασία από τη βροχή καλύπτεται με ένα στρώμα πλαστικού. Κατασκευασμένο κατά 85% από ανακυκλωμένα υλικά- κυρίως πάνελ χαρτονιού(cardboard).Έχει χαμηλό κόστος και συναρμολογείται εύκολα από 2 άτομα μέσα σε 6 ώρες ολοκληρώνοντας μια μονάδα.

### 1.5.2.3 Παραδείγματα κτηρίων από χαροσωλήνες<sup>4</sup>

Αρχιτέκτονας που έχει ασχοληθεί ιδιαίτερα με την επαναχρησιμοποίηση χάρτινων σωλήνων είναι ο Shigeru Ban(<http://www.shigerubanarchitects.com> ). Μερικά από τα πιο γνωστά παραδείγματα κατοικιών που έχει κατασκευάσει είναι τα ακόλουθα:

1. Χάρτινη Εκκλησία- Paper Church([www.flickr.com](http://www.flickr.com) )



2. Paper Log House-Turkey([http://www.designboom.com/history/ban\\_paper.html](http://www.designboom.com/history/ban_paper.html) )



3. JAPAN PAVILLION, EXPO 2000 HANNOVER - Germany, 2000





### 1.5.3 Papercrete (χαρτί – τσιμέντο)<sup>3 & 7 & 8</sup>



(πηγή : [www.flickr.com](http://www.flickr.com) )

Οι κατασκευές από Papercrete , είναι κατασκευές που αξιοποιούν όλα τα είδη χαρτιού ( κυρίως μεταχειρισμένου) για την δόμηση οικονομικών και ενεργειακά αυτόνομων κατοικιών. Το Papercrete είναι υλικό που προκύπτει από την επεξεργασία του χαρτιού και χρησιμοποιείται για την κατασκευή μικρών οικοδομημάτων. Η ονομασία του προέρχεται από τις αγγλικές λέξεις ‘paper’ (χαρτί) και ‘concrete’ (σκυρόδεμα) , οι οποίες ουσιαστικά δηλώνουν και τον τρόπο παρασκευής του. Το υλικό προκύπτει από την μίξη 50-80 % χαρτιού, τσιμέντου τύπου Portland και νερού. Τα βασικά συστατικά στην ουσία είναι το νερό και το χαρτί . Κάθε είδος του χαρτιού ( ακόμα και <<χαμηλής>> ποιότητας ) είναι αποδεκτό για το μείγμα μας , ενώ ιδανικό θεωρείται το χαρτί εφημερίδας.

Να σημειωθεί ότι μετά την παραγωγή του μείγματος με χαρτί και νερό , προσθέτουμε τσιμέντο τύπου Portland, ή άμμο , ή πηλό , ή ακόμα και γυαλί.

#### *A) Χαρακτηριστικά του Papercrete – Μηχανικές ιδιότητες*



❖ Στην ανάμιξη του με τσιμέντο Portland εμφανίζει καλή θερμική αντίσταση , ηχοαπορροφητικότητα, επιβράδυνση της καύσης και της ανάπτυξης μυκήτων , καθώς και ανθεκτικότητα στη σήψη και τα έντομα

❖ Είναι πολύ πιο ελαφρύ και εύκαμπτο από την πέτρα, το σκυρόδεμα και το χώμα γι’ αυτό θεωρείται κατάλληλο για την δόμηση σε σεισμογενείς περιοχές

❖ Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες μορφές , όπως πλίνθου , πάνελ , χυτό σε καλούπια εκτοξευμένο ή σαν μπλοκ για την διαμόρφωση αυτοφερόμενων θόλων

❖ Είναι ένα υλικό στο οποίο επιτρέπονται τα λάθη, ενώ όπως κάθε μείγμα παρουσιάζει διαφορετικές ιδιότητες ανάλογα με τις προσμίξεις του με τα άλλα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν αλλά και βάσει της διαδικασίας παρασκευής τους.

### ***B) Κατασκευή***



Καλούπια-Έτοιμα papercrete τούβλα

(πηγές: [www.flickr.com](http://www.flickr.com) - [http://familyonbikes.org/educate/lessons/paper\\_houses.htm](http://familyonbikes.org/educate/lessons/paper_houses.htm) )

Στην θεμελίωση το οπλισμένο σκυρόδεμα είναι ανθεκτικό και αξιόπιστο , αλλά έχει την τάση να αποβάλλει ποσά υγρασίας. Όταν το έδαφος είναι υγρό το σκυρόδεμα απορροφά την υγρασία του και την αποβάλλει στις εξωτερικές στοιβάδες συμπεριλαμβάνοντας και τα σημεία επαφής με το Papercrete. Καθώς λοιπόν το Papercrete είναι υδρόφιλο απορροφά το νερό σχεδόν ακαριαία , κάτι που πρέπει γενικά να αποφεύγεται. Αυτό είναι εφικτό με την απομόνωση του θεμελίου από το Papercrete με την βοήθεια στεγανωτικής μεμβράνης ( φύλλο πολυαιθυλενίου).

Στις τοιχοποιίες συνηθίζεται το Papercrete να χρησιμοποιείται ως στοιχείο πλήρωσης , που θα παρεμβάλλεται ανάμεσα στα υποστυλώματα (ξύλινα ή μεταλλικά). Ουσιαστικά η κατασκευή μιας αυτοφερόμενης τοιχοποιίας από Papercrete δεν είναι και τόσο συνηθισμένη ενώ παράλληλα δεν έχουν καθιερωθεί κάποιοι επίσημοι κανόνες γι' αυτό τον τρόπο δόμησης.

Στα τελειώματα –επιχρίσματα της εξωτερικής επιφάνειας της τοιχοποιίας χρησιμοποιείται μείγμα αναλογίας 60% Papercrete και 40 % τσιμέντου τύπου Portland. Με την προσθήκη του τσιμέντου προσδίδεται αντοχή και αντίσταση στην διάβρωση. Επιπλέον το Papercrete μπορεί να βαφτεί με μπογιά τύπου λάτεξ. Τέλος το επίχρισμα αυτό προσφύεται πολύ καλά πάνω σε μια τοιχοποιία από Papercrete και διαθέτει καλή συμπεριφορά στις καιρικές συνθήκες.

### Γ) Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα papercrete

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Καλή θερμική αντίσταση	Δεν υπάρχουν κανονισμοί σχετικά με την κατασκευή μιας αυτοφερόμενης τοιχοποιίας
Πιο ελαφρύ από την πέτρα το σκυρόδεμα και το χώμα	Είναι υδρόφιλο και απορροφά εύκολα νερό κάτι που πρέπει να αποφεύγεται
Αντοχή σε σεισμούς	
ηχοαπορροφητικό	
Ανθεκτικότητα στην σήψη και προστασία από τα έντομα και τους μύκητες	
Κάθε είδος χαρτιού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή papercrete	
Πολύ καλή πρόσφυση του επιχρίσματος	
Καλή συμπεριφορά απέναντι στις καιρικές συνθήκες	
Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές μορφές (όπως πλίνθου ,πάνελ σε καλούπια κ.λπ.)	

### 1.5.3.1 Παραδείγματα κτηρίων με papercrete(χαρτί-τσιμέντο )

1. Οικία φτιαγμένη από υλικό papercrete, Marathon- Eve's Garden by Kate D. Thayer & Clyde T. Curry

( <http://www.terlinguagallery.com/cabins.html> )



2. Η οικοδόμηση μιας δομής papercrete προσφέρει ένα μεγάλο περιθώριο στη δημιουργικότητα  
([http://familyonbikes.org/educate/lessons/paper\\_houses.htm](http://familyonbikes.org/educate/lessons/paper_houses.htm) )



3. Κατοικία (<http://www.dreamgreenhomes.com/plans/carriagehouse.htm> )



#### 1.5.4 Μπαμπού(bamboo)



Το μπαμπού είναι ένα είδος φυτού το οποίο χρησιμοποιείται ποικιλοτρόπως ήδη από τα παλιά χρόνια κυρίως στην Κίνα. Ωστόσο αργότερα λόγω της αντοχής του σε εφελκυσμό βρήκε εφαρμογές και σε κατασκευές, όπως κρεμαστές γέφυρες , φράγματα κλπ. Αρχικά ξεκίνησε να εφαρμόζεται ευρέως στην κατασκευή κριωμάτων σε κτίρια , ενώ αργότερα χρησιμοποιήθηκε και στην ανοικοδόμηση πολλών κτιρίων ως βασικό υλικό.

##### *A) Χαρακτηριστικά του μπαμπού*

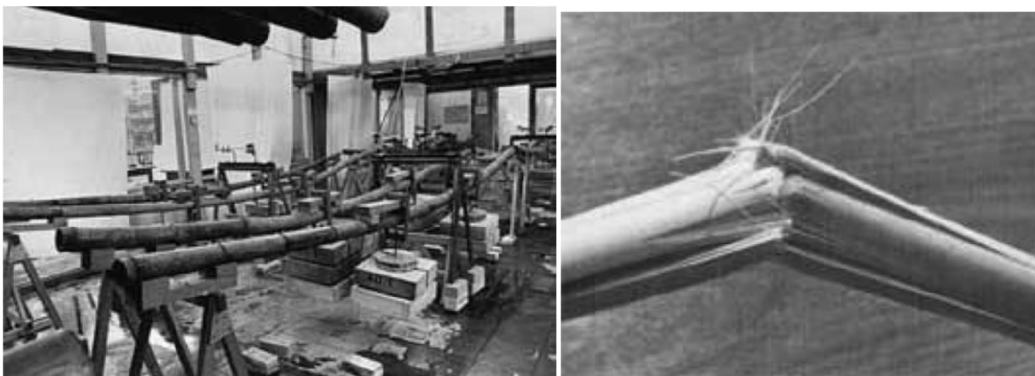


(πηγή: [www.flickr.com](http://www.flickr.com) )

- ❖ Είναι απόλυτα οικολογικό προϊόν , καθώς συμβάλει στην μείωση της αποψίλωσης αφού μπορεί να αντικαταστήσει το ξύλο στην κατασκευή, επιπλέον επιβαρύνει κατά 40% λιγότερο το περιβάλλον σε σχέση με ένα ξύλινο σπίτι και απαιτείται μόνο το 1/8 της ενέργειας που θα καταναλώνονταν για το τσιμέντο για την δημιουργία της ίδιας ποσότητας υλικού.
- ❖ Ποικίλει σε μέγεθος και ποιότητα , κάτι που όμως εντάσσεται στα μειονεκτήματα του υλικού εξαιτίας της δυσκολίας που παρουσιάζεται στην τυποποίηση (εκτός αν δεχτεί επεξεργασία σε ειδικά καλούπια). Επίσης ο έλεγχος ποιότητας γίνεται πιο σύνθετος όταν υπάρχουν περισσότερα από 1200 είδη μπαμπού, με διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες.
- ❖ Διατίθεται για ποικίλες χρήσεις ως οικοδομικό υλικό από φθηνές έως πολύ ακριβές κατασκευές

- ❖ Τα κτίρια από μπαμπού αν συντηρούνται και χρησιμοποιούνται συχνά ,μπορούν να έχουν διάρκεια ζωής ανάλογη με ενός κτιρίου φτιαγμένο από ξύλο
- ❖ Παρουσιάζουν υψηλή αντοχή στους σεισμούς (έως και 7,6 ρίχτερ) , άρα έχει σπουδαίες ικανότητες σε σεισμογενείς περιοχές
- ❖ Ευκολία στην καλλιέργεια και παραγωγή του μπαμπού

### ***B) Μηχανικές ιδιότητες χρήσης ως οικοδομικό υλικό <sup>10</sup>***



Εργαστηριακές δοκιμές μπαμπού- η συμπεριφορά θραύσης

(πηγή: <http://bambus.rwth-aachen.de/eng/PDF-Files/Mechanical%20properties%20of%20bamboo.pdf>)

Η χρήση του μπαμπού ως οικοδομικό υλικό αρχικά ήταν περιορισμένη στην κατασκευή μόνο κριωμάτων και απλών κατοικιών. Έπειτα από μια σειρά μελετών , παρατηρήθηκε πως για τον χάλυβα είναι απαραίτητο να καταναλωθεί 50 φορές περισσότερη ενέργεια απ' ότι για το μπαμπού. Η Εφελκυστική του τάση είναι σχετικά υψηλή και μπορεί να φτάσει και τα 350 MPa , κάνοντας την χρήση του μπαμπού να φαίνεται πολύ ελκυστική ως υποκατάστατο του χάλυβα.

Το μπαμπού σαν ενισχυτικό υλικό του σκυροδέματος σε σχέση με την χαλύβδινη ενίσχυση είναι φθηνότερο. Στο τσιμέντο ,η Εφελκυστική τάση είναι 160 N/mm<sup>2</sup> και στο μπαμπού 20 N/mm<sup>2</sup> (αναλογία 8:1) , η μάζα που αναλογεί σε 1m<sup>3</sup> είναι 7.850 Kgr και 500 Kgr αντιστοίχως σε μια αναλογία 16:1. Συνεπώς το μπαμπού αποτελεί φθηνότερη λύση από τον χάλυβα και βάση του κόστους αλλά και βάση του βάρους του.

### Γ) Πλεονεκτήματα –Μειονεκτήματα Bamboo

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Οικολογικό υλικό	Ποικίλει σε μέγεθος με αποτέλεσμα να χρειάζεται ειδική επεξεργασία για να αποκτήσει την τελική του μορφή
Υλικό που μπορεί να τυποποιηθεί από όλες τις κοινωνικές τάξεις	Δυσκολίες στον έλεγχο ποιότητας
Αναπτυγμένη τεχνολογία προκειμένου να παραχθούν τα μπαμπού στην κατάλληλη μορφή	Έλλειψη κανόνων κατασκευής από μπαμπού
Δεν χρειάζεται μεγάλη χρηματική επένδυση	Κοινωνικό στίγμα
Προσφέρει ευέλικτο σχεδιασμό	
Χαμηλές τεχνικές απαιτήσεις	
Υψηλή αντοχή στους σεισμούς	
Ευκολία στην καλλιέργεια και παραγωγή του μπαμπού	

*Δ) Παραδείγματα κατοικιών με μπαμπού(bamboo)-κατασκευές μπαμπού κατάλληλες για τροπικά μέρη*

1. Kengo Kuma, Great wall house , Beijing ([www.flickr.com](http://www.flickr.com) )



2. Καθεδρικός Ναός στη Guadua ,by Simon Velez <sup>11</sup>





### 3. Butterfly Bamboo Homes on the Thai Burmese border<sup>12</sup>



#### 1.5.5 Δομική κάνναβη (cannabric)<sup>13 & 14</sup>



Το Cannabric είναι ένα συμπαγές τούβλο από δομική κάνναβη, που παράγεται από το 1999 στη περιοχή Guadix (επαρχία Granada), δημιουργήθηκε από την Γερμανίδα Αρχιτέκτονα Monika Brümmer. Διαθέτει ειδική θερμομόνωση, ηχομόνωση και βιοκλιματικά χαρακτηριστικά. Μεταξύ άλλων, το τούβλο δομικής κάνναβης αναπτύχθηκε ειδικά για μαζική κατασκευή, μεταφέροντας εξωτερικά τοιχώματα. Επειδή αποτελείται από απόλυτα φυσικές πρώτες ύλες (φυτικό υλικό, φυσικών και ορυκτών παραγόντων συγκόλλησης και ανακυκλωμένα υλικά), συνιστάται για τους αρχιτέκτονες και τους ιδιοκτήτες που θέλουν να χτίσουν και να δημιουργήσουν ένα σπιτικό περιβάλλον σε πιο άνετο και πιο υγιεινό χώρο, το οποίο να είναι επίσης υψηλής ποιότητας και αντοχής.

### **A) Χαρακτηριστικά**



Χύμα μαλλί κάνναβης



κάνναβη σε λωρίδες

Βασικό συστατικό του Cannabgic είναι το ξύλινο στέλεχος της κάνναβης, ενός ταχέως αναπτυσσόμενου ευέλικτου φυτού, που καλλιεργείται εδώ και χιλιάδες χρόνια βελτιώνοντας τα εδάφη, μπορούν να καλλιεργούνται χωρίς φυτοφάρμακα και ζιζανιοκτόνα και από την οποία όλα τα μέρη είναι χρησιμοποιήσιμα. Οι περιοχές εφαρμογής δεν είναι μόνο η κατασκευή αλλά και, κλωστοϋφαντουργικά, χαρτί, καλλυντικά, φαρμακευτικά, τρόφιμα, αυτοκίνητα και έπιπλα-βιομηχανίας.

Οι βιομηχανικές ποικιλίες κάνναβης είναι απολύτως νόμιμες, επειδή έχουν πολύ χαμηλή THC (παραισθησιογόνος ουσία) επίπεδο, μια ουσία που βρίσκεται μόνο στα άνθη και τα υψηλά φύλλα, όχι στο στέλεχος.

### **B) Κατασκευή**

Χρήση της κάνναβης στον τομέα των κατασκευών, και σε συνεργασία με το τούβλο- κάνναβης Cannabgic στους εξωτερικούς και εσωτερικούς τοίχους, κονιάματα κάνναβης σε πλάκες δαπέδου και μονωτικές πλάκες από κάνναβη κάτω από τη στέγη. Περίπου 10 τόνοι κάνναβης που εφαρμόζονται σε μια κατοικία -μονοκατοικία 100 μ<sup>2</sup>, που είναι 100 κιλά κάνναβης ανά m<sup>2</sup>, αντικαθιστώντας έτσι και αποφεύγοντας τοξικά-και όχι φιλικά προς το περιβάλλον υλικά (π.χ. σπλισμένο σκυρόδεμα).

Με την εφαρμογή των ανανεώσιμων πρώτων υλών στην οικοδομική βιομηχανία, πρώτα απ' όλα διατηρεί τους φυσικούς πόρους και αποτρέπει την υψηλή κατανάλωση ενέργειας και καταστροφής του τοπίου με την οποία διάλυση και η μετατροπή αυτών των πρώτων υλών είναι συνδεδεμένο. Κατά την οικοδόμηση με φυτικές ύλες διατηρείται το CO<sub>2</sub> και μειώνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.



### Γ) Μηχανικές Ιδιότητες Cannabric

Τα τούβλα έχουν ένα ομοιογενές χρώμα, με ομοιόμορφα τραχιά υφή επιφανείας, η οποία καθιστά δυνατή τη συγκολλητική δύναμη του κονιάματος και ευνοεί το σοβά. Δεν πρόκειται να θρυμματιστεί το υλικό ή να χρειαστεί αντικατάσταση, ούτε πρόκειται να παρατηρηθεί από το υλικό κάποια ρωγμή.

### Δ) Πλεονεκτήματα –Μειονεκτήματα Δομικής Κάνναβης



- ❖ Το τούβλο- κάνναβης Cannabric έχει εξαιρετικά θερμικά χαρακτηριστικά της κάνναβης(θερμική αγωγιμότητα  $0,048 \text{ W / m} \cdot \text{K}$ ) οι οποίες είναι μακράν καλύτερα από αυτή του ξύλου.
- ❖ επιπλέον πλεονέκτημα σε σχέση με το ξύλο είναι ότι η κάνναβη δεν επιτίθεται από παράσιτα, δεδομένου ότι το στέλεχος της είναι απαλλαγμένο από θρεπτικά συστατικά (πρωτεΐνες), η οποία κατεργάζεται κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας ή στην οικοδομική βιομηχανία
- ❖ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας
- ❖ φιλικό προς το Περιβάλλον
- ❖ Υψηλή ειδική θερμοχωρητικότητα- προστασία από τις κρύες και ζεστές συνθήκες
- ❖ Θερμική-ακουστική άνεση
- ❖ Μεγάλη διάρκεια ζωής
- ❖ Ανακυκλώσιμο –επαναχρησιμοποιήσιμο υλικό<sup>13&14</sup>

### Ε) Παραδείγματα κατασκευών με Cannabric<sup>13</sup>



Μόνιμες κατοικίες, Γρανάδα Ισπανία

## 1.5.6 Επανάχρηση Διάφορων Δομικών Υλικών για τη δημιουργία κτηρίων

### 1. Τούβλο

Βασικό συστατικό των τούβλων και των κεραμικών πλακιδίων είναι ο πηλός στον οποίο προστίθεται νερό και συχνά άμμος για να μπορεί να είναι ευκολότερη η επεξεργασία του. Ο σχηματισμένος πηλό ψήνεται σε θερμοκρασία μέχρι και 1000° C. Η ενέργεια που καταναλώνεται στη διαδικασία αυτή είναι αρκετή και αυξάνεται σημαντικά όσο αυξάνεται και η θερμοκρασία στην οποία ψήνονται τα τούβλα. Αφού λοιπόν ο ψημένος πηλός είναι υλικό με μεγάλη διάρκεια ζωής, η επανάχρηση του είναι επιθυμητή καθώς με αυτόν τον τρόπο γίνεται οικονομία ενέργειας. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η άμεση ανακύκλωση των τούβλων που χρησιμοποιούνται εμφανή στις όψεις ή σε πατώματα, καθώς αυτά απαιτούν κατά την παραγωγή τους πολύ υψηλές θερμοκρασίες.

Η επανάχρηση τους είναι οικονομική μόνο αν έχει χρησιμοποιηθεί στην σύνδεση τους ασβεστοκονίαμα, το οποίο θα πρέπει να απομακρυνθεί, ενώ παράλληλα πρέπει όλα τα τούβλα να ελεγχθούν για πιθανές ρωγμές προτού επανατοποθετηθούν. Τα κεραμικά πλακίδια μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο αυτούσια ή σε σπασμένα κομμάτια.<sup>2</sup>

### Επανάχρηση τούβλων, πλακιδίων, κεραμικών

- Τα υλικά που προέρχονται από σπασμένους τοίχους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για δρόμους ελαφριάς κυκλοφορίας.
- Τούβλα και άλλα υλικά τοιχοποιίας βοηθούν επίσης στην κάλυψη των λάκκων που ανοίγονται για τα δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης. Έτσι, μειώνουν τη χρήση της άμμου και την περιβαλλοντική επιβάρυνση που προκαλούν οι αμμοληψίες.
- Αποτελούν την πρώτη ύλη για την κατασκευή νέων τούβλων.
- Γίνονται άμμος για γήπεδα τένις (χωμάτινα τερέν).
- Είναι ιδανικά ως υποστρώματα για φυτά.

### Επανάχρηση χώματος και αργίλου από τις εκσκαφές

- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υλικά σταθεροποίησης σε δρόμους και μονοπάτια, αντικαθιστώντας φυσικά υλικά όπως η άμμος και το χαλίκι.<sup>21</sup>

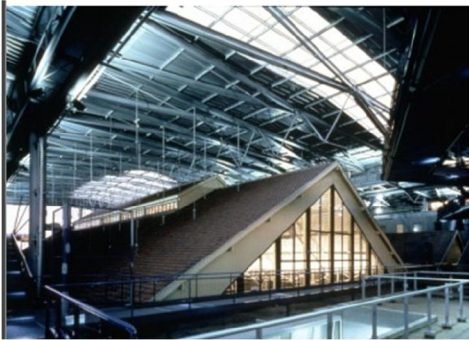
## 2. Σκυρόδεμα

Το σκυρόδεμα αποτελείται από 53% αμμοχάλικο, 26 % άμμο, 14% τσιμέντο και 7% νερό. Η εξόρυξη του αμμοχάλικου και σε μικρότερο βαθμό και της άμμου καταστρέφει το τοπίο, συχνά και σε περιοχές ιδιαίτερης φυσικής ομορφιάς ενώ ταυτόχρονα η μεταφορά τους και η διαχείριση των παραπροϊόντων τους έχουν αρνητικές επιπτώσεις. Επίσης η παραγωγή τσιμέντου από ασβέστη με προσθήκη άμμου και πηλού καταναλώνει πολλή ενέργεια αφού απαιτεί θερμοκρασίες έως και 2000°C, ενώ ταυτόχρονα απελευθερώνει CO<sub>2</sub> συμμετέχοντας στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Είναι λοιπόν φανερό πόσο σημαντική για το Περιβάλλον είναι η μείωση της παραγωγής σκυροδέματος μέσω της ανακύκλωσης. Οι συμβατικές κατασκευές από σκυρόδεμα προσφέρονται για έμμεση ανακύκλωση όταν ολοκληρώσουν τον κύκλο ζωής τους. Ανακυκλωμένο αδρανές υλικό(τσιμέντο και αδρανών) είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί στη θεμελίωση κτηρίων. Επίσης σε χώρους στάθμευσης θρυμματισμένο τσιμέντο μπορεί να αντικαταστήσει σε ποσοστό 20% το αμμοχάλικο. Τέλος από το οπλισμένο σκυρόδεμα είναι δυνατή η εξαγωγή του μεταλλικού οπλισμού, ο οποίος μπορεί να λιώσει και να αναδιαμορφωθεί για νέες χρήσεις.<sup>2</sup>

### Επανάχρηση σκυροδέματος

- Χρησιμοποιείται ως αδρανές υλικό, αντικαθιστώντας το χαλίκι και την άμμο.
- Αξιοποιείται σε έργα οδοποιίας, κυρίως στην κατασκευή της βάσης από τον ασφαλτικό τάπητα.
- Ενδείκνυται ως υλικό κάλυψης των απορριμμάτων των ΧΥΤΑ ή για τις επιχώσεις σε οικοδομικά έργα.
- Αποτελεί πρώτη ύλη για την κατασκευή υλικών για πεζοδρόμια.
- Σε έργα επεξεργασίας και βιολογικού καθαρισμού λυμάτων. Το σκυρόδεμα μπορεί να αντικαταστήσει φυσικά υλικά, όπως η άμμος και το χαλίκι, τα οποία χρησιμοποιούνται συνήθως σε μεγάλες ποσότητες για το σκοπό αυτόν.<sup>21</sup>

### 3. Γυαλί



(πηγή: <http://www.superuse.org/story/le-fresnoy/> )

Ένα παράδειγμα άμεσης ανακύκλωσης Γυαλιού υπάρχει σε μια προσωρινή εγκατάσταση του «worm»- ενός κτιρίου πειραματικής μουσικής και ταινιών στην Ολλανδία από την ομάδα «2012 Architects». Η ομάδα αυτή αξιοποίησε υαλοπίνακες από ένα κτήριο γραφείων που προβλεπόταν να κατεδαφιστεί στο γειτονικό χώρο, τους οποίους επαναχρησιμοποίησαν, ως ακουστικό φράγμα σε απόσταση 2 μέτρων από την εξωτερική γυάλινη πρόσοψη. Τα γυάλινα τεμάχια τοποθετήθηκαν το ένα δίπλα στο άλλο και τα κενά που προέκυψαν εξαιτίας των διαφορετικών μεγεθών των κομματιών καλύφθηκαν με κομμάτια ελαστικού από ρόδες αυτοκινήτου.

Υπάρχει βέβαια η δυνατότητα έμμεσης ανακύκλωσης γυαλιού για την παραγωγή ηχοαπορροφητικών πανέλων με περιεκτικότητα 96% σε ανακυκλωμένο γυαλί.<sup>2</sup>

#### Επανάχρηση γυαλιού

- Παραγωγή ινών γυαλιού για την κατασκευή ηχομονωτικών και θερμομονωτικών υλικών.
- Κεραμικά πλακάκια από 100% ανακυκλωμένο γυαλί, τα οποία μάλιστα παρουσιάζουν εξαιρετικά ανακλαστική επιφάνεια μετά το γυάλισμα.
- Ασφάλτος για την κατασκευή δρόμων.<sup>21</sup>

#### 4. Ασφάλτος

Συνήθως τα παλιά τμήματα της ασφάλτου τρίβονται (έμμεση ανακύκλωση) για να επαναχρησιμοποιηθούν ως αδρανή στην κατασκευή νέας ασφάλτου. Στο Ρότερνταμ τοποθετήθηκαν αυτούσια (άμεση ανακύκλωση) από το Στούντιο Het Observatorium με τη βοήθεια ενός γερανού για τη διαμόρφωση ενός πρανούς σε μια νέα περιοχή κατοικίας Terbregge δίπλα σε έναν αυτοκινητόδρομο.(Ed van Hinte,2007,24)<sup>2</sup>

#### 5. Χάλυβας<sup>16 & 17</sup>

Για την παραγωγή χάλυβα είναι απαραίτητος ο οπτάνθρακας και το σιδηρομετάλλευμα, η διαδικασία εξόρυξης του οποίου , επιβαρύνει σημαντικά το περιβάλλον. Η χρήση ανακυκλωμένου χάλυβα εξοικονομεί 30% της κατανάλωσης ενέργειας συγκριτικά με την ενέργεια που δαπανάται για την πρωτογενή παραγωγή του. Ο χάλυβας είναι 100% ανακυκλώσιμος. Κατά τη βασική διαδικασία παραγωγής μεταλλικών σκελετών σε κλίβανο οξυγόνου, χρησιμοποιείται τουλάχιστον 25% ανακυκλωμένος χάλυβας (έμμεση ανακύκλωση). Το πρόγραμμα ανακύκλωσης του χάλυβα διαφυλάσσουν τους φυσικούς πόρους και ελαττώνουν σημαντικά την παραγωγή αποβλήτων.

Κάθε τόνος ανακυκλωμένου χάλυβα εξοικονομεί 1.114 κιλά σιδηρομεταλλεύματος ,635 κιλά άνθρακα και 55 κιλά ασβεστόλιθου. Υπάρχουν βέβαια και περιπτώσεις άμεσης ανακύκλωσης του χάλυβα, όπως η γέφυρα τρένου που επαναχρησιμοποιήθηκε στο Άμστερνταμ και το big dig house.<sup>2</sup>

#### Επανάχρηση μετάλλων

- Ο χάλυβας είναι από τα λίγα ανακυκλώσιμα υλικά που η συγκέντρωσή του μπορεί να αποφέρει κέρδος στον εργολάβο. Γι' αυτό και, ακόμη και σήμερα, το ποσοστό συλλογής του στις κατεδαφίσεις πλησιάζει το 100%.
- Το αλουμίνιο μπορεί να ανακυκλωθεί, εξοικονομώντας έως και το 95% της ενέργειας που χρειάζεται για την παραγωγή νέου μετάλλου.<sup>21</sup>

## 6.χαλκός <sup>18</sup>



Ο χαλκός είναι φυσικό ορυκτό στοιχείο, πλήρως ανακυκλώσιμο και παραμένει αναλλοίωτος σε κάθε είδους διάβρωση. Τα μέχρι σήμερα παγκόσμια αποθέματα χαλκού υπολογίζονται σε 2,6 δις τόνους ,εκ των οποίων 0.31 δις τόνοι (12%) έχουν εξορυχτεί σε όλη τη διάρκεια της ιστορίας του μετάλλου και του ανθρώπου και περίπου αυτή η ποσότητα εξακολουθεί να χρησιμοποιείται. Αυτό οφείλεται στο βαθμό ανακύκλωσης του χαλκού που είναι μεγαλύτερος από οποιοδήποτε άλλο μηχανικό μέταλλο. Αν εξαιρέσουμε το χαλκό που χρησιμοποιείται για την παραγωγή καλωδίων, η κατασκευή των οποίων απαιτεί καθαρό χαλκό, το υπόλοιπο 75% που χρησιμοποιείται στα εργοστάσια επεξεργασίας χαλκού και άλλες βιομηχανίες προέρχεται από ανακυκλωμένο σκράπ χαλκού (έμμεση ανακύκλωση). Ο βαθμός ανακυκλωσιμότητας του χαλκού είναι τόσο υψηλός ώστε το σκράπ πρωτογενούς ανακύκλωσης διατηρεί κατά 95% τις ιδιότητες και τις αξίες του πρωτογενούς μετάλλου. Ο χαλκός χρησιμοποιείται στις επικαλύψεις όψεων των κτηρίων και σε στέγες σε κτήρια και σε εκκλησίες. Στις ευρωπαϊκές χώρες όπου η χρήση είναι ευρύτατη, υπάρχουν κτισίματα τεσσάρων και πλέον αιώνων με χάλκινες στέγες οι οποίες παραμένουν αναλλοίωτες έως σήμερα.<sup>2</sup>

## 7.Ξύλο

- Κατασκευή MDF (συμπιεσμένα φύλλα μεσαίας πυκνότητας από ίνες μαλακής ξυλείας).
- Παραγωγή προϊόντων όπως ξύλινα δάπεδα ή σανίδες κόντρα πλακέ.
- Χρήση σε συνδυασμό με ανακυκλωμένα πλαστικά για τη δημιουργία εξαιρετικά αποτελεσματικών, υψηλής απόδοσης, συνθετικών υλικών. Αυτά τα υλικά χρησιμοποιούνται στην κατασκευή σε συσκευασίες, σε εξαρτήματα αυτοκινήτων ή σε διάφορες εξωτερικές κατασκευές (π.χ. παγκάκια).<sup>21</sup>



#### **8. Μονωτικά Υλικά**

- Ο πετροβάμβακας είναι ανακυκλώσιμος και χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή καινούργιου υλικού.
- Τα απορρίμματα πολυστερίνης όχι μόνο περιέχουν πρόσθετα επικίνδυνα υλικά που διαφεύγουν στο περιβάλλον, αλλά και επειδή η πολυστερίνη δεν αποσυντίθεται εύκολα. Ωστόσο, ανακυκλώνεται σχετικά εύκολα.<sup>21</sup>

#### **9. Πλαστικά**

- Προϊόντα πλαστικής ξυλείας (π.χ. παγκάκια, τραπέζια εξοχής, καταστρώματα κ.λπ.).
- Διαχωριστικά αυτοκινητοδρόμων.
- Κώνοι ρύθμισης της κυκλοφορίας.<sup>21</sup>

### 1.5.7 Άλλα Ανακυκλώσιμα υλικά



#### 1. Earthship(Γεώπλιο)<sup>15</sup>



Στα μέσα του 1970 , ο Αρχιτέκτονας Michael Reynolds σχεδίασε το πρώτο, όπως ονόμασε ο ίδιος Earthship (Γεώπλιο). Το κατάλυμα αυτό υπακούει στις εξής αρχές: α)να είναι αειφόρο –από γηγενή υλικά σε κάθε μέρος του πλανήτη, αλλά και από ανακυκλώσιμα υλικά όπως τα λάστιχα αυτοκινήτων. Τέλος έπρεπε να κατασκευαστούν από ένα μέσο άτομο χωρίς εξειδίκευση στη κατασκευή κτιρίων. Κάθε Γεώπλιο είναι κτισμένο λίγο πιο κάτω από τη στάθμη του εδάφους για λόγους θέρμανσης και απόδοσης ενέργειας. Οι τοίχοι εκτός της νότιας όψης που είναι γυάλινη ,είναι κατασκευασμένοι από λάστιχα αυτοκινήτων γεμισμένα με ξερό χώμα από την εκσκαφή για τη δημιουργία της κοιλότητας. Καθώς οι τοίχοι είναι κατασκευασμένοι από χώμα συσσωρεύουν θερμότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας, διατηρώντας μια ευχάριστη θερμοκρασία μετά τη δύση του ηλίου. Η κατασκευή είναι απλή, ένα άτομο σκάβει για τη δημιουργία της κοιλότητας και ρίχνει το χώμα μέσα στο λάστιχο. Κάθε λάστιχο πρέπει να γεμίζεται στη τελική του θέση, καθώς μετά είναι πολύ βαρύ για να μεταφερθεί. Πλαστικά ή γυάλινα μπουκάλια χρησιμοποιούνται ως στοιχεία πλήρωσης για πιο λεπτούς τοίχους ή ανάμεσα στα λάστιχα για να καλύψουν μικρά κενά. Τα μεγάλα πλεονεκτήματα αυτής της κατασκευής είναι

ότι οι τοίχοι από λάστιχα και χώμα μπορούν να φέρουν μεγάλα φορτία και έχουν μεγάλη αντοχή ενάντια στη φωτιά. Χάρη στη μεγάλη πυκνότητά τους, τα γεμισμένα με χώμα λάστιχα δε καίγονται εύκολα όταν εκτεθούν στη φωτιά. Είναι ακόμη χαμηλού κόστους κατασκευή καθώς τα χρησιμοποιούμενα λάστιχα παρέχονται δωρεάν. Η χρήση μόνωσης στο εξωτερικό των τοίχων, που δεν υπήρχε στα πρώιμα σχέδια, βελτιώνει τη βιωσιμότητα στα σπίτια, αυτά σε κάθε κλίμα, χωρίς να μειώνει την ανθεκτικότητα της κατασκευής.<sup>15 & 2</sup>

## 2) *Ελαστικά – Παμπρίζ*

Τα ελαστικά δεν αποσυντίθεται, είναι εύφλεκτα, ενώ κατά την καύση τους προκαλείται τεράστια ρύπανση στην ατμόσφαιρα. Έτσι η ανακύκλωση του ελαστικού, αποτελεί μονόδρομο για την αειφόρο ανάπτυξη και την προστασία του περιβάλλοντος. Η διαδικασία επεξεργασίας είναι αρκετά σύνθετη, καθώς στα ενδιάμεσα στάδια, τα μηχανήματα πρέπει να διαχωρίσουν όλα τα υλικά που συνθέτουν το προϊόν που ανακυκλώνεται. Από τα ελαστικά παράγονται τρία διαχωρισμένα και επαναχρησιμοποιημένα υλικά : το λάστιχο σε κόκκο, το ατσάλι και η πούδρα του ελαστικού, που δημιουργείται στα διάφορα στάδια της κοπής του. Σε μια αναπτυγμένη χώρα τα τρία τέταρτα των χρησιμοποιημένων ελαστικών θα ανακυκλωθούν, για να χρησιμοποιηθούν σαν πλαστική επίστρωση δαπέδου ή θα καούν και θα καταλήξουν σε χωματερές. Οι βιομηχανίες ελαστικών ευχαρίστως δωρίζουν τα χρησιμοποιούμενα λάστιχα καθώς δαπανούν ενέργεια για την απόρριψη τους. Η ελαστικότητα τους τα καθιστά ασταθή αν τοποθετηθούν το ένα πάνω στο άλλο όπως είναι. Άλλα καθώς εσωτερικά είναι κενά, μπορούν να γεμίσουν με υλικά, όπως χώμα, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός στοιχείου με μεγάλη ανθεκτικότητα και καλή συσσώρευση της θερμότητας.

### Παμπρίζ



Mason's Bend Community Center στην Αλαμπάμα του Rural Studio

(πηγή: <http://forrestfulton.com/masons-bend-community-center/>)

Τα παρμπρίζ αυτοκινήτων αποτελούν άριστη επιλογή για εφαρμογές με πολλούς τρόπους. Το κακό είναι ότι δε μπορούν να αποσπαστούν εύκολα από το σκελετό των αυτοκινήτων , καθώς είναι ενωμένα με κόλλα.

Όμως υπάρχουν αποθήκες παρμπρίζ όπου καινούρια υαλοστάσια μένουν σε αποθήκες για χρόνια ώστε να αντικαταστήσουν τα σπασμένα. Μετά από χρόνια δε πωλούνται πλέον γιατί οι ιδιοκτήτες των αυτοκινήτων αναζητούν ανταλλακτικά σε αγορές μεταχειρισμένων.

Τα παρμπρίζ αυτοκινήτων είναι γυαλιά ιδιαίτερα ανθεκτικά και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή γυάλινης όψης ή οροφής, όπως στο κτίριο Mason's Bend Community Center στην Αλαμπάμα του Rural Studio(βλ.εικόνα πάνω).Συγκεκριμένα τα 80 παρμπρίζ που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή της στέγης είναι από GMC του 1980. Το σχήμα του κτηρίου είναι ένας συνδυασμός αχρώνα και εκκλησίας. Το κτίριο έπρεπε να είναι επιβλητικό και καινοτόμο ταυτόχρονα. Οι τοίχοι είναι πατημένοι από χώμα (ντόπια άργιλος, τσιμέντο και νερό) και τα υαλοστάσια είναι στερεωμένα σε ένα μεταλλικό σκελετό. Στην κατασκευή χρησιμοποιήθηκαν και τα κρύσταλλα ασφαλείας των πλευρικών παραθύρων του αυτοκινήτου, καθώς είναι εύκολο να ανοιχτούν τρύπες σε αυτά.<sup>2&20</sup>

### **3) Χρήση Ιστιοπλοϊκών πανιών**

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της χρήσης ιστιοπλοϊκών πανιών είναι που στην περίπτωση που αυτά σκιστούν κατά τη διάρκεια ενός ταξιδιού, δεν επιδιορθώνονται αλλά αντικαθίστανται ,οπότε υπάρχει δυνατότητα επανάχρησης αυτών των σχετικά μεγάλων διαστάσεων υφασμάτων , που έχουν ως χαρακτηριστικές ιδιότητες την μεγάλη αντοχή στον άνεμο και την χαμηλή απορροφητικότητα νερού, που είναι ιδιαίτερα σημαντικά για την χρήση τους στους εξωτερικούς χώρους.

#### 4) Πόρτες Πλυντηρίων



Miele space station καντίνα, 2012 Architects

([http://opendesignnow.org/index.php/visual\\_index/recycling/](http://opendesignnow.org/index.php/visual_index/recycling/))



πολυθρόνα από εξαρτήματα πλυντηρίου

(<http://www.superuse.org/story/i-used-to-be-a-washingmachine/>)

Για να ανακυκλωθεί μια πόρτα πλυντηρίου πρέπει να αποσυναρμολογηθεί, ώστε το γυαλί, το μεταλλικό και τα πλαστικά στοιχεία να ανακυκλωθούν το καθένα ξεχωριστά, διαδικασία η οποία απαιτεί μεγάλη κατανάλωση ενέργειας. Αλλά αντί για αυτό, οι πόρτες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτούσιες δημιουργώντας άριστα υδατοστεγανά παράθυρα. Οι ομάδα των "2012 Architects" σχεδίασαν το στούντιο τους συγκεντρώνοντας χρησιμοποιήσιμα υλικά από το δρόμο. Στη συνέχεια κατασκευάστηκε το μπαρ Miele Space Station (βλ.εικόνα) που λειτούργησε αρχικά ως κέντρο πληροφόρησης για την ανακύκλωση και στη πορεία λειτούργησε ως μπαρ.

#### 5) Παλιές Μοκέτες

Οι παλιές τριμμένες μοκέτες μπορούν να ανακυκλωθούν: κόβονται σε μικρότερα κομμάτια και χρησιμοποιούνται σε στοίβες για τη δημιουργία τοίχων. Μετά από 7 χρόνια οι μοκέτες δεν αναδίδουν πλέον δηλητηριώδεις αναθυμιάσεις.

Κατά τη χρήση τους ως επίστρωση δαπέδων οι εκπομπές αυτές είναι πολύ μικρές για να είναι βλαβερές, αλλά για τη δημιουργία τοίχου απαιτείται πολύ περισσότερο υλικό ανά μέτρο.

Όπως βλέπουμε στην εικόνα δίπλα, με τη πρωτοβουλία της ομάδας του Rural Studio το 2002, το Lucy House κατασκευάστηκε με τη χρήση μοκετών για τη δημιουργία των τοίχων. Χρειάστηκαν συνολικά 20.774 κομμάτια μοκέτας. Τα κομμάτια από μοκέτες στοιβάχτηκαν το ένα πάνω στο άλλο σαν τούβλα σε δεσμίδες των πέντε. Το μειονέκτημα της κατασκευής είναι ότι απαιτείται πολύ χειρωνακτική εργασία. Ένα πλεονέκτημα της όλης

κατασκευής είναι ότι τα χιλιάδες αυτά κομμάτια μοκέτας παρέχουν τη δυνατότητα να παίξει κανείς με τα χρώματα.



Mock bee Rural Studio –Lucy House 2001 –πηγή : [www.flickr.com](http://www.flickr.com)



(Πηγή: [www.rethemnosnews.gr](http://www.rethemnosnews.gr) )

## 1.6 Ενεργειακό Όφελος- Συμπεράσματα Εναλλακτικών Μεθόδων Δόμησης<sup>1 & 14</sup>

Ένα από τα κυριότερα χαρακτηριστικά των υλικών αυτών είναι η αφθονία τους σε πρώτη ύλη , γεγονός που τα καθιστά *προσιτά* και με αρκετά *χαμηλό κόστος*, ειδικά όταν πρόκειται για κατασκευή που δομείται σε περιβάλλον που ταυτίζεται με την ύπαρξη του συγκεκριμένου υλικού. Επιπλέον επειδή τα περισσότερα από αυτά χρησιμοποιούνται αυτούσια από την φύση , όπως το *άχυρο* ,το *μαμπού* αλλά και το *χώμα* στις χωμάτινες κατασκευές, δεν απαιτείται ιδιαίτερη επεξεργασία , επομένως μειώνεται σημαντικά η κατανάλωση ενέργειας στην διαδικασία της παραγωγής τους και της χρήσης τους στις κατασκευές.

Για παράδειγμα με το μπαμπού, υπάρχει ολική εξοικονόμηση ενέργειας , καθώς για την επεξεργασία του απαιτείται μόνο το 1/8 της ενέργειας που καταναλώνει για την δημιουργία ίδιας ποσότητας τσιμέντου και μόλις 1/50 σε σχέση με το ασφάλι.

Το ίδιο ισχύει και για τα υλικά που παράγονται από προϊόντα ανακύκλωσης ,όπως το *Papercrete* και οι *χαρτοσωλήνες* που προκύπτουν από ανακυκλωμένο χαρτί και δεν απαιτούν μεγάλη κατανάλωση ενέργειας. Μάλιστα το *Papercrete* παρασκευάζεται με την βοήθεια ηλιακής ενέργειας.

Το *άχυρο* επίσης είναι ένα υλικό που βρίσκεται σε αφθονία σε αγροτικές περιοχές και γι' αυτό *ενδείκνυται ως η πιο οικονομική λύση* για την κατασκευή αγροτικών κατοικιών μικρής κλίμακας. Σε πολλές περιπτώσεις παρατηρείται το φαινόμενο δόμησης με τέτοια φυσικά υλικά μακριά από τον τόπο παραγωγής τους, δηλαδή σε αστικά κέντρα. Παρ' όλα αυτά όμως δεν συντελείται αύξηση στο κόστος κατασκευής , λόγω των εξόδων μεταφοράς.

Επιπλέον η μείωση του κόστους είναι ιδιαίτερα μεγάλη και στο μπαμπού , καθώς αποτελεί ένα υλικό που περνά κατευθείαν από τον τόπο παραγωγής του στην άμεση κατανάλωση. Ένα σπίτι από μπαμπού μπορεί να είναι και *60% φθηνότερο από ένα σπίτι με συμβατική τοιχοποιία.*<sup>3</sup>

Τέλος το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται και στις χωμάτινες κατασκευές , καθώς το βασικό συστατικό τους, το χώμα ,είναι άφθονο , όχι μόνο στις περιοχές όπου συνηθίζονται τέτοιες κατασκευές . Ύστερα από αρκετές μελέτες έχει παρατηρηθεί , ότι η εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα οικοδόμημα έχει να κάνει και με τη διάρκεια ζωής του. Έτσι λοιπόν , έπειτα από αναφορές και χαρακτηριστικά ιστορικά παραδείγματα έχει διαπιστωθεί , ότι σχεδόν όλες οι κατασκευές που μελετήθηκαν έχουν *μεγάλη διάρκεια ζωής*. ( μερικά κτίρια επιβιώνουν τουλάχιστον 100 έτη και υπάρχουν παραδείγματα από την αρχαιότητα)

Δεν είναι τυχαίο ότι μνημεία από χωμάτινη κατασκευή στέκουν ακόμη και σήμερα μετρώντας έως και 6000 χρόνια ζωής. Στις σύγχρονες κατασκευές με τέτοιες μεθόδους αυτό σημαίνει πρακτικά την μείωση των δαπανών που προκύπτουν για την συντήρηση τους κατά την διάρκεια ενός κύκλου ζωής. Φυσικά το παράδειγμα τέτοιων κατασκευών δεν περιορίζεται μόνο σε αυτές από χώμα. Θα ήταν ίσως άνισο εάν προσπαθούσαμε να συγκρίνουμε κατασκευές που δημιουργήθηκαν από ανόργανη ύλη ανθεκτική στη σήψη ,τα βακτήρια ή τους μύκητες, όπως το χώμα με αυτές που είναι οργανικής προέλευσης , όπως το μπαμπού , ή το άχυρο.

Όμως αποδεικνύεται ότι τέτοιου είδους παραδείγματα μπορούν να συναγωνιστούν ακόμα και νέα συμβατικά υλικά. Υπάρχουν κατασκευές από άχυρο που στέκουν εδώ και έναν αιώνα , ενώ στη βιβλιογραφία υπάρχουν αναφορές και για το μπαμπού , το οποίο παρά το γεγονός ότι θεωρείται υλικό για προσωρινές κατασκευές μπορεί με καλή συντήρηση να έχει διάρκεια ζωής αντίστοιχη με εκείνη των συμβατικών κατασκευών από ξύλο και σκυρόδεμα. Ένα ακόμη σημαντικό στοιχείο που συμβάλλει στην εξοικονόμηση από το κόστος μίας κατασκευής , σαν αυτές που προαναφέρθηκαν είναι και το γεγονός ότι δεν απαιτείται εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό. Αυτό είναι αποτέλεσμα των μικρών απαιτήσεων αυτών των υλικών σε τεχνογνωσία.

Πρόκειται κυρίως για παραδοσιακούς τρόπους δόμησης που έχουν αναπτυχθεί εμπειρικά και εμπλουτίζονται τεχνικά με την πάροδο του χρόνου , σύμφωνα με τις απαιτήσεις των ανθρώπων που τις επαναπροσδιορίζουν κάθε φορά στη σύγχρονη εποχή.

Τέλος σημαντικό είναι το γεγονός ότι τα περισσότερα από τα υλικά που εξετάστηκαν καθώς και τα συστήματα δόμησης με αυτά , εμφανίζουν βιοκλιματική συμπεριφορά προσθέτοντας έτσι στην ενεργειακή επάρκεια των κατασκευών. Μια τέτοια λειτουργία , η οποία στα συμβατικά σπίτια συντελείται μέσω πρόσθετων παθητικών συστημάτων ηλιακής ενέργειας και την τοποθέτηση των απαραίτητων μονώσεων, εδώ συντελείται από τα ίδια τα υλικά τα οποία έχουν από την φύση τους τέτοιες ιδιότητες , ή αξιοποιούνται όταν δομούνται με ένα συγκεκριμένο τρόπο. Υλικά όπως το άχυρο , και το Papercrete είναι θερμομονωτικά με υψηλό δείκτη θερμικής αντίστασης R. Έτσι συμβάλλουν στην δημιουργία κατασκευών με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.

Από την άλλη πλευρά οι χωμάτινες κατασκευές συγκεντρώνουν κοινές ιδιότητες όσον αφορά την βιοκλιματική τους συμπεριφορά. Αυτές οι ιδιότητες οφείλονται κατά ένα πολύ μεγάλο βαθμό στο ότι οι κατασκευές αυτές έχουν ως κοινό στοιχείο την μεγάλη μάζα της τοιχοποιίας. Εξαιτίας αυτού του χαρακτηριστικού εμφανίζουν μικρή Θερμοαγωγιμότητα και μεγάλη Θερμική αποδοτικότητα. Έτσι στα ξηρά κλίματα των ερήμων όπου παρατηρούνται συχνά τέτοια κτίρια , η τοιχοποιία απορροφά θερμότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας και την αποδίδει με αργό ρυθμό κατά τη διάρκεια της νύχτας , συνιστώντας ένα ιδανικό σύστημα για την εξοικονόμηση ενέργειας .Τέλος οι σάκοι με χώματα είναι ιδανική λύση για υγρά κλίματα , καθώς έχουν εξαιρετική συμπεριφορά στην υγρασία.<sup>1</sup>

Απ' όλα όσα έχουν προαναφερθεί στο υποκεφάλαιο 1.6 γίνεται φανερό ότι η Αρχιτεκτονική με την έννοια του λειτουργικού και μορφολογικού σχεδιασμού υλοποιεί κατασκευές με την επαναχρησιμοποίηση απλών υλικών ή «μονάδων χώρου», δεχόμενη δηλαδή την επίδραση της έννοιας της Ανακύκλωσης. Ταυτόχρονα η πρακτική αυτή, που μπορεί να ορισθεί και ως ο σχεδιασμός με ηθική κατ' εξοχήν περιβαλλοντική επιδρά και διευρύνει



τα πεδία εφαρμογής της ανακύκλωσης με την ενσωμάτωση στην κατασκευή της λογικής της αποσυναρμολόγησης και όχι της απλής κατεδάφισης στο τέλος του κύκλου ζωής της. Έτσι το παιχνίδι της αλληλεπίδρασης μπορεί να επαναληφθεί και να παράγει συνεχώς βελτιωμένα αποτελέσματα, λειτουργικά , αισθητικά και οικονομικά τόσο στον τομέα της Αρχιτεκτονικής όσο και της Ανακύκλωσης. Σε όλες βέβαια τις περιπτώσεις η απλή συναρμολόγηση ετερόκλιτων στοιχείων ( είτε αυτά είναι προκατασκευασμένα ή όχι , επαναχρησιμοποιούμενα ή μη) δεν αρκεί, αλλά απαιτείται ο συνδυασμός των στοιχείων με τέτοιο τρόπο ώστε να παραχθεί συνολικά ένα αρμονικό αισθητικό αποτέλεσμα. Όπως πρόσφατα διατύπωσε ο Αρχιτέκτων Α. Τομπάζης «*Να θυμάσαι ότι τα πάντα στην αρχιτεκτονική πρέπει να κουμπώσουν μεταξύ τους. Όμως μόνο όταν το τελικό προϊόν είναι κάτι παραπάνω από το άθροισμα των στοιχείων που το απαρτίζουν, μόνο τότε γίνεται Αρχιτεκτονική .Μονάχα τότε θα αποκτήσει πνεύμα και ψυχή δική της*»(Τομπάζης 2007, 35).<sup>2</sup>



(πηγή: [www.sustainabilityninja.com](http://www.sustainabilityninja.com))



Πηγές- Παραπομπές

<sup>1</sup><http://www.nationaltrust.org.uk/ambleside-and-windermere/things-to-see-and-do/footprint>

<sup>2</sup>Ελένη Καραϊσκού – Ελένη Μαλαματένιου- Φαίδρα Οικονομοπούλου ,Διάλεξη Ε.Μ.Π. με Θέμα: Αρχιτεκτονική και Ανακύκλωση – μια σχέση αλληλεπίδρασης,2008

<sup>3</sup> Δουλκαρη Αικατερίνη-Καζάκου Θεοδώρα, *Διάλεξη με θέμα « Οικολογικά υλικά και μέθοδοι εναλλακτικής δόμησης »*, 2009 Ε.Μ.Π.

<sup>4</sup> <http://www.shigerubanarchitects.com/>

<sup>5</sup> <http://www.pstc.org/files/public/Qiu.pdf>

<sup>6</sup> [http://users.teilar.gr/~mantanis/articles/T2006\\_03.htm](http://users.teilar.gr/~mantanis/articles/T2006_03.htm)

<sup>7</sup> [http://www.papercrete.com /](http://www.papercrete.com/)

<sup>8</sup> [http://familyonbikes.org/educate/lessons/paper\\_houses.htm](http://familyonbikes.org/educate/lessons/paper_houses.htm)

<sup>9</sup> <http://www.dreamgreenhomes.com/plans/carriagehouse.htm>

<sup>10</sup> <http://bambus.rwth-aachen.de/eng/PDF-Files/Mechanical%20properties%20of%20bamboo.pdf>

<sup>11</sup> [http://www.bamboo.net/building /](http://www.bamboo.net/building/)

<sup>12</sup> <http://www.greendiary.com/world-s-most-incredible-designs-made-from-bamboo.html>

<sup>13</sup> [www.cannabric.com](http://www.cannabric.com)

<sup>14</sup> Παρακολούθηση Δημερίδας της Ομάδας Πηλοίκο (<http://www.piliko.gr/news.html#KAM>) με θέμα "Κτίζοντας με φυσικά υλικά", Τόπος διεξαγωγής Κ.Ε.Π.ΠΕ.ΔΗ.Χ-Κ.Α.Μ, Χανιά

<sup>15</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/Earthship>

<sup>16</sup> [http://steelframebuild.com/whysteel\\_gr.html](http://steelframebuild.com/whysteel_gr.html)

<sup>17</sup> [http://architectenweb.nl/aweb/redactie/redactie\\_detail.asp?iNID=412&s=1](http://architectenweb.nl/aweb/redactie/redactie_detail.asp?iNID=412&s=1)

<sup>18</sup> <http://diocles.civil.duth.gr/links/home/museum/mater/metal/copper.doc>

<sup>19</sup> <http://www.ecotec.gr/index.php>

<sup>20</sup> <http://forrestfulton.com/masons-bend-community-center>

<sup>21</sup> [http://newsme.blogspot.gr/2012/02/blog-post\\_7104.html](http://newsme.blogspot.gr/2012/02/blog-post_7104.html)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΙΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΔΟΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΙΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ

### 2.1. Εισαγωγή στις συμβατικές μεθόδους δόμησης

Οι συμβατικές μέθοδοι αφορούν στα πιο κλασσικά υλικά , δηλαδή το σκυρόδεμα , το τσιμέντο , τον χάλυβα κ.ο.κ , καθώς και στα πιο διαδεδομένα είδη δόμησης .

Πέρα των συμβατικών κατασκευών υπάρχουν και οι μεταλλικές – σιδηρές κατασκευές , όπου κυριαρχεί ο χάλυβας και όλα τα στοιχεία της οικοδομής είναι μεταλλικά , όπως και τα εξαρτήματα που συνδέουν και απαρτίζουν την κατασκευή.

Ένας συνδυασμός των παραπάνω που τείνει να κυριαρχεί έναντι της συμβατικής μεθόδου είναι οι σύμμικτες κατασκευές. Σε αυτή τη μέθοδο γίνεται χρήση τόσο του σκυροδέματος , όσο και του χάλυβα (κυρίως στον σκελετό του κτιρίου).

Έτσι λοιπόν η κάθε μια από τις τρεις μεθόδους μπορεί να χρησιμοποιηθεί μεμονωμένα ή και σε συνδυασμό , ενώ η κατάλληλη επιλογή είναι εξαρτώμενη από πληθώρα παραγόντων ,όπως οι οικονομικοί οι αισθητικοί η τοποθεσία , τα διαθέσιμα υλικά κ.ο.κ.

❖ Σχετικά με τον σκελετό του κτιρίου υπάρχουν οι παραδοσιακές επιλογές αλλά και οι πιο σύγχρονες. Για παράδειγμα ο σκελετός από ξύλο (ξύλoτυπος) είναι ο πιο παραδοσιακός με ελαττωμένη χρήση βέβαια , λόγω της ανισοτροπίας του ξύλου και της επεξεργασίας που χρειάζεται αλλά και της ευαισθησίας που μπορεί να παρουσιάζει στην κατασκευή. Έπειτα ακολουθεί ο μεταλλότυπος (κτίρια με μεταλλικό σκελετό) που είναι και από τα πιο διαδεδομένα και συγκεντρώνουν τα περισσότερα πλεονεκτήματα. Υπάρχουν βέβαια και νέα συστήματα εξίσου ποιοτικά όπως ο πλαστικότυπος αλλά και ο χαρτότυπος, τα οποία έχουν εφαρμοστεί στην Ελλάδα με επιτυχία όμως δεν είναι ακόμα τόσο δημοφιλή όσο τα προαναφερόμενα.

Αντίστοιχα με τον σκελετό του κτιρίου προκύπτει και μεγάλη ποικιλία στα είδη της θεμελίωσης.

❖ Στην τοιχοποιία η πιο γνωστή μέθοδος είναι η πλήρωση και γίνεται με οπτόπλινθους. Ωστόσο δεν λείπουν και η κατασκευές με πέτρα (λιθοδομή ή ξερολιθιά) ή και με τσιμεντόλιθους. Στα πιο σύγχρονα υλικά και μέσα ανήκουν τα τούβλα με ειδική υποδοχή για μονωτικό υλικό, οι γυψοσανίδες (ξηρά δόμηση) , τα 3D πάνελ και τα τούβλα φτιαγμένα από οικολογικό σκυρόδεμα (ytong block).

❖ Τέλος η θερμομόνωση είναι από τα βασικά κριτήρια στην κατασκευή , γι' αυτό κάθε οικοδομική επιλογή συνοδεύεται από την κατάλληλη θερμομονωτική λύση. Οι σύγχρονες τοιχοποιίες , αν και δεν έχουν μεγάλη εφαρμογή ως πιο πρόσφατες βασίζουν την θερμομόνωση τους στα ίδια τους τα υλικά.

Εν κατακλείδι φαίνεται πως υπάρχει μια ευρεία κατασκευαστική γκάμα , όμως στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει αναφορά στα πιο διαδεδομένα συστήματα δόμησης και σε συνδυασμούς αυτών που προτιμώνται . Θα γίνει περιγραφή βασικών χαρακτηριστικών όπως η αντοχή, το κόστος, το επίπεδο συντήρησης, η βιοκλιματική συμπεριφορά κ.α. και φυσικά θα περιγραφεί και η φέρουσα κατασκευή για το κάθε είδος δόμησης.

Τέλος τα στοιχεία αυτού του κεφαλαίου θα συγκριθούν με τα στοιχεία των προηγούμενων κεφαλαίων έτσι ώστε μέσα από τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των εναλλακτικών αλλά και των συμβατικών μεθόδων δόμησης, να κρίνουμε με στοιχεία, πιο σύστημα θα ήταν το καλύτερο.

## 2.2.Ορισμοί

Πριν γίνει η αναφορά στις συμβατικές μεθόδους δόμησης και των βασικών υλικών-συστατικών που χρησιμοποιούνται για αυτές, θα πρέπει να γίνει επισήμανση σε έννοιες που εξετάζονται από τους ειδικούς μελετητές, προτού προβούν στις κατασκευές.

- **Μηχανικές ιδιότητες:** οι μηχανικές ιδιότητες των υλικών πρέπει να προσδιορίζονται σε κάθε περίπτωση, καθώς παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ανθεκτικότητα των εκάστοτε κατασκευών. Έτσι λοιπόν υπάρχει μια γκάμα από δοκιμές που προσδιορίζουν την αντοχή των υλικών, σε διάφορες φυσικές δράσεις όπως η τριβή, η κρούση κ.λπ. Ανάλογα με τα αποτελέσματα των δοκιμών μπορούμε να κάνουμε αναφορά σε καλές ή κακές μηχανικές ιδιότητες και μπορούμε να απορρίπτουμε τα υλικά που δεν προσδίδουν αντοχή, ανθεκτικότητα και ασφάλεια στις κατασκευές.
- **Πλαστιμότητα:** ο λόγος της παραμόρφωσης στο όριο θραύσης προς την παραμόρφωση στο όριο διαρροής ή η ικανότητα παραμόρφωσης πέρα από την ελαστική περιοχή χωρίς κρίσιμη μεταβολή της φέρουσας ικανότητας. Ουσιαστικά με τον όρο πλαστιμότητα περιγράφουμε την επαρκή παραμόρφωση που μπορούν να υποστούν τα στοιχεία ενός κτιρίου (ως ενιαίο σύνολο) προτού αυτό φτάσει στην θραύση.<sup>1</sup>
- **Αντοχή:** ο ορισμός της αντοχής στην γενική του χρήση χρησιμοποιείται για να εκφράσει την αντίσταση ενός στοιχείου. Κάθε κατασκευή πρέπει να έχει επαρκή αντοχή για να αντιδράσει στις εσωτερικές δράσεις. Ο σκελετός του κτιρίου έχει σκοπό να παραλαμβάνει, σε διαρκή βάση, τα κατακόρυφα φορτία της βαρύτητας (ίδια βάρη, οπτοπλινθοδομές, δάπεδα, αυτοκίνητα, έπιπλα, ανθρώπους, κ.τ.λ.), και όχι σε διαρκή, αλλά σε τακτική βάση, την ανεμοπίεση και το χιόνι, ενώ πρέπει να είναι πάντοτε σε θέση να παραλαμβάνει τις αυτεντατικές καταστάσεις π.χ. τις θερμοκρασιακές μεταβολές. Επομένως η αντοχή είναι ένα από τα πιο βασικά στοιχεία που πρέπει να εξασφαλίζονται.<sup>3</sup>
- **Αντοχή σε Εφελκυσμό:** πρόκειται για την αντοχή που παρουσιάζουν τα υλικά αν υποβληθούν σε εφελκυστική αξονική καταπόνηση. Αυτό επιτυγχάνεται ασκώντας στο σώμα που καταπονείται δυο δυνάμεις αντίθετης φοράς που τείνουν να το επιμηκύνουν.
- **Διάτμηση:** ορίζεται η καταπόνηση που εμφανίζεται όταν δύο δυνάμεις ίσες και αντίθετες ενεργούν κάθετα στον άξονα μίας ράβδου σε απειροστή απόσταση μεταξύ τους.

- **Αντοχή σε θλίψη:** με τον όρο αντοχή σε θλίψη αναφερόμαστε στην αντοχή που παρουσιάζουν τα δομικά υλικά σε θλιπτικές αξονικές καταπονήσεις. Ο μαθηματικός υπολογισμός της αντοχής αυτής είναι το γινόμενο της μέγιστης τάσης με το μέγιστο φορτίο προς την διατομή του δοκιμίου που χρησιμοποιούμε.
- **Αντοχή σε κάμψη:** είναι η αντοχή που παρουσιάζουν τα δοκίμια όταν υποβληθούν σε καμπτική καταπόνηση, με το φορτίο να ενεργεί κάθετα στον άξονα τους.
- **Ακαμψία:** η ακαμψία ενός κτιρίου είναι ένα μέγεθος που προσδιορίζει τον συσχετισμό των φορτίων ή των δυνάμεων με τις προκύπτουσες παραμορφώσεις. Επιτυγχάνοντας μεγάλη ακαμψία σε μια κατασκευή, μειώνονται αισθητά οι πιθανότητες μετακινήσεων άρα και παραμορφώσεων.<sup>2</sup>

## 2.3 Κατασκευές από οπλισμένο Σκυρόδεμα και οπτοπλινθοδομή

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ :

Από τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα πραγματοποιούνταν έρευνες για την αντικατάσταση του ξύλου ως οικοδομικό υλικό. Ο Johann Alex Eriksson προσπαθώντας να αντικαταστήσει το ξύλο με ένα άλλο ισότροπο υλικό με τα ίδια χαρακτηριστικά (όπως καλή θερμική συμπεριφορά, μονολιθική κατασκευή, εύκολο στην χρήση) και χωρίς τα μειονεκτήματά του, εφηύρε το 1924 το πρώτο ελαφροσκυρόδεμα το οποίο δεν βιοδιασπάται τόσο εύκολα όσο το ξύλο.

Τα τελευταία 50 χρόνια το συντριπτικό ποσοστό των κτιρίων στην Ελλάδα γίνεται από οπλισμένο σκυρόδεμα, δηλαδή από μπετόν και σίδηρο, ενώ η τοιχοποιία κατά κύριο λόγο είναι πληρώσεως και αποτελείται από τούβλα.

### 2.3.1 Στοιχεία Φέροντος Οργανισμού

Όταν ένα σπίτι χτίζεται με το συμβατικό τρόπο δόμησης ο φέρων οργανισμός και η στέγαση αποτελούνται από οπλισμένο σκυρόδεμα (μπετόν με μεταλλικό σκελετό).

Οι τοίχοι πλήρωσης αποτελούνται από οπτόπλινθους (τούβλα) διαφόρων παχών. Ο τρόπος αυτός δίνει τη δυνατότητα για μεγάλη ποικιλία προϊόντων και ευελιξία στην κατασκευή.

### Η ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

Ως τοιχοποιία αναφέρουμε τα κατακόρυφα στοιχεία που πέραν της ικανότητάς τους να φέρουν κατακόρυφα φορτία, έχουν και τη δυνατότητα να περιορίζουν τις οριζόντιες παραμορφώσεις του σκελετού. Για την κατασκευή αυτού του φέροντος στοιχείου υπάρχουν πάρα πολλές δυνατότητες επιλογής ως προς τα υλικά έως και στην μέθοδο κατασκευής και τους διάφορους συνδυασμούς που μπορούν να πραγματοποιηθούν. Η φέρουσα τοιχοποιία μπορεί να περιλαμβάνει οπλισμό ή να είναι άοπλη και μπορεί να είναι μέρος του σκελετού.

Ονομαστικά τα είδη τοιχοποιίας που μπορούμε να συναντήσουμε είναι :

σταθερές, μόνιμες τοιχοποιίες:

- ✓ Λιθοδομές (από φυσική πέτρα),
- ✓ πλινθοδομές από ελαφρομετόν (από τεχνητούς λίθους),
- ✓ οπτοπλινθοδομές (από ψημένα τούβλα)
- ✓ χυτές ( π.χ. από οπλισμένο σκυρόδεμα),
- ✓ Τσιμεντολιθοδομές (από τσιμεντόλιθους)

κινητές τοιχοποιίες:

- ✓ μεταλλικές, (με δομικό πλέγμα)
- ✓ ξύλινες,
- ✓ γύψινες

Ανάλογα με τα τούβλα που θα χρησιμοποιηθούν και τον τρόπο τοποθέτησης τους στην τοιχοποιία και τον σκοπό που θα εξυπηρετήσουν στην κατασκευή χωρίζονται σε κατηγορίες<sup>12</sup>:

- την ορθοδρομική,
- την δρομική (πάχους 19 εκ.),
- την δρομική (πάχους 12 εκ.),
- μπατική,
- υπερμπατική,
- ψαθωτή.

Επιπλέον ο ρόλος της τοιχοποιίας μπορεί να είναι :

**Φέρουσα**, όταν αποτελεί σκελετό ή και μέρος του και αναλαμβάνει σημαντικά φορτία. Παράλληλα, η φέρουσα τοιχοποιία διακρίνεται σε άοπλη (όταν δεν περιλαμβάνει οπλισμό, δηλαδή σίδερα) και οπλισμένη (όταν περιλαμβάνει οπλισμό).

**Πλήρωσης**, όταν χρησιμοποιείται για να γεμίσουμε κενά μεταξύ των στοιχείων του σκελετού, ενώ ο σκελετός έχει κατασκευαστεί από άλλο υλικό όπως π.χ. οπλισμένο σκυρόδεμα.

**Διακοσμητική**, όταν τοποθετείται για να επικαλύψει άλλες επιφάνειες για λόγους εμφάνισης, διακόσμησης ή ακόμα και μόνωσης.

Στην Ελλάδα, η πιο ευρεία χρήση τοιχοποιίας είναι η πλήρωση, η οποία κατασκευάζεται τις περισσότερες φορές με τη χρήση τούβλων. Τα τούβλα κατασκευάζονται κυρίως από άργιλο είναι διάτρητα και παράγονται σε δύο βασικά μεγέθη (μονό με 6 τρύπες και διπλό με 12 τρύπες).

Οι βασικοί τρόποι θερμομόνωσης της εξωτερικής τοιχοποιίας, δοκών και υποστυλωμάτων είναι οι ακόλουθοι:

I. Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας:

- Θερμομόνωση στην εσωτερική επιφάνεια
- Θερμομόνωση στην εξωτερική επιφάνεια
- Θερμομόνωση στον πυρήνα

•Χρήση θερμομονωτικών τούβλων

II. Στις περιπτώσεις θερμομόνωσης τοίχου, σε όποια θέση και να τοποθετηθεί η θερμομόνωση θα πρέπει:

- Να παρέχει επαρκή θερμική αντίσταση ώστε να πληρούνται οι ελάχιστες απαιτήσεις θερμομόνωσης.
- Να παρέχει ένα συνεχές θερμομονωτικό στρώμα χωρίς θερμογέφυρες.
- Να αντιστέκεται στη διείσδυση νερού.

III. Θερμομόνωση Δοκών - Υποστρωμάτων:

- Θερμομόνωση στην εσωτερική παρειά
- Θερμομόνωση στην εξωτερική παρειά

IV. Ενίσχυση Θερμομόνωσης:

- Χρήση θερμοσοβά

#### *ΛΙΘΟΔΟΜΗ:*

Το χτίσιμο τοιχοποιίας από πέτρα , είτε εσωτερική ή εξωτερική , είναι επίσης από τις παλαιότερες τεχνολογίες κατασκευών (συνδυαστικά με το ξύλο) στην Ελλάδα με άρτιο αισθητικό αποτέλεσμα. Η πέτρα σαν υλικό δεν είναι από τις πρώτες επιλογές (λόγω του βάρους της , της επεξεργασίας που χρειάζεται, του κόστους, της μεταφοράς της κ.λπ.) , ωστόσο εύκολα αξιοποιείται σε κατασκευές που φέρουν μεταλλικό σκελετό ή από σκυρόδεμα και φυσικά κατά το παραδοσιακό σε ξύλινο σκελετό. Επιπλέον η πέτρα μπορεί να αποτελέσει απλώς διακοσμητικό στοιχείο, το οποίο είναι πολύ καλά προσκολλημένο στην εξωτερική τοιχοποιία.

❖ σε κατασκευές που έχουν σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα , οι τοιχοποιίες είναι εξωτερικά φτιαγμένες από πέτρα και εσωτερικά φτιαγμένες από τούβλα και κάποιου είδους θερμομονωτικό. Το πάχος της τοιχοποιίας υπολογίζεται στους 50 πόντους. Επιπλέον το χτίσιμο της τοιχοποιίας αρχίζει ταυτόχρονα γύρω γύρω σε όλο το σπίτι και ανεβαίνοντας προς τα πάνω μέχρι την σκεπή.

❖ Στις τοιχοποιίες μιας σύμμικτης κατασκευής, η πέτρα μπορεί να είναι οποιασδήποτε μορφής (ακανόνιστη ή έτοιμη κομμένη) και κτίζεται, δεν επικολλείται , στην κατασκευή. Η λιθοδομή επιλέγεται στις σύγχρονες κατασκευές για διακοσμητικούς λόγους με την πέτρα να καλύπτει ένα τοίχο από 3d-πάνελ, όπως συνηθίζεται να εφαρμόζεται πλέον στην πλειοψηφία των σύμμικτων κατασκευών με λιθοδομή.



λιθοδομή με μεταλλικό σκελετό ([http://rosopoulos.blogspot.gr/2012/05/blog-post\\_14.html](http://rosopoulos.blogspot.gr/2012/05/blog-post_14.html))

#### ΠΛΙΝΘΟΔΟΜΗ ΜΕ ΠΛΙΝΘΙΑ ΑΠΟ ΕΛΑΦΡΟΜΠΕΤΟΝ:

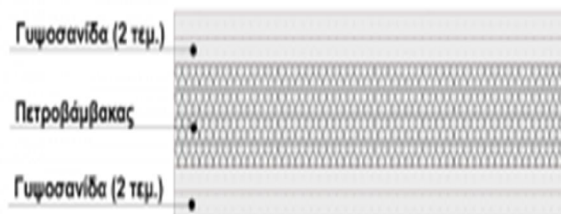
Το **ελαφρομπετόν** ή ελαφροσκυρόδεμα αποτελείται από τσιμέντο, κόκκους **διογκωμένης πολυστερίνης EPS** (παρθένο υλικό ή ανακυκλωμένο) και ειδικά πρόσμικτα. Διαφέρει από το κανονικό μπετόν στα εμπιερχόμενα υλικά. Είναι ένα εξαιρετικά θερμομονωτικό υλικό το οποίο κυκλοφορεί στην Ελληνική αγορά εδώ και 30 χρόνια. Επίσης έχει μεγάλη αντοχή καθώς έχει ως βάση του το τσιμέντο, ένα είναι και ελαφρύ υλικό άρα δεν επηρεάζει αρνητικά την στατικότητα των κατασκευών.

❖ Σχετικά με την τοιχοποιία από ελαφρομπετόν ,ακολουθείται η δρομική τοποθέτηση των πλιθιών, οι τοίχοι από ελαφροτσιμεντόλιθους κατασκευάζονται με πάχος έως 30 cm. Για την αύξηση της θερμομονωτικότητας χρησιμοποιούνται πορώδη υλικά για το γέμισμα των διάκενων των πλίνθων.

#### ΓΥΨΟΣΑΝΙΔΑ ή ΞΗΡΗ ΔΟΜΗΣΗ:

Η ξηρά δόμηση, η λεγόμενη γυψοσανίδα αφορά στις κατασκευές που γίνονται με την βοήθεια τυποποιημένων προϊόντων νέας τεχνολογίας (γυψοσανίδες, τσιμεντοσανίδες, ορυκτές ίνες) , χωρίς την χρήση των παραδοσιακών υλικών (σκυρόδεμα, τούβλα, τσιμέντο, άμμο, ασβέστη κ.α.). Συνήθως εφαρμόζεται στις μεταλλικές κατασκευές. Διακρίνεται σε δυο κατηγορίες: την εσωτερική και την εξωτερική.

Στην εσωτερική βιδώνονται πάνω σε μεταλλικό σκελετό και στο ενδιάμεσο τοποθετείται μόνωση πετροβάμβακα.



(τοποθέτηση στοιχείων σε εσωτερική τοιχοποιία)



Στην εξωτερική οι γυψοσανίδες κατασκευάζονται από τσιμέντο και άλλα πρόσμικτα αδρανή και η επιφάνειά τους ενισχύεται με υαλόπλεγμα. Και στις δύο περιπτώσεις μειώνεται σημαντικά ο χρόνος κατασκευής τους λόγω της ταχύτητας και ευκολίας στην τοποθέτηση.

- ❖ Στην περίπτωση που η κατασκευή αποτελείται από σκελετό με οπλισμένο σκυρόδεμα, η ξηρή δόμηση εφαρμόζεται στο στάδιο της τοιχοποιίας, των επενδύσεων και των ψευδοροφών.
- ❖ Σε μεταλλικές κατασκευές ο σκελετός επενδύεται με υλικά ξηρής δόμησης τα οποία δέχονται την σωστή αρμολόγηση και τα τελικά φινιρίσματα προσφέροντας τελικά μια λεία επιφάνεια έτοιμη για χρήση ή επεξεργασία.

### 2.3.1.1 Φέρουσα κατασκευή

#### A. ΔΟΚΑΡΙΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ <sup>5</sup>

Ο φέρον οργανισμός του κτιρίου (υποστυλώματα, δοκάρια) είναι από δομικό χάλυβα ενώ οι πλάκες του κτιρίου είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα ώστε να εξασφαλίζεται ενιαία στατική συμπεριφορά του κτιρίου.

ΔΟΚΟΙ:

- ❖ Οι κύριοι δοκοί στηρίζονται στα υποστυλώματα του φορέα και έχουν ανοίγματα, ανάλογα με τον κάρναβο του κτιρίου κυμαινόμενα συνήθως μεταξύ 5 και 18 m (χωρίς να αποκλείονται και ακόμα μεγαλύτερα ανοίγματα). Η διατομή τους είναι στις περιπτώσεις πλακών από χαλυβδόφυλλα και έγχυτο σκυρόδεμα είναι της μορφής I, ελατή ή συγκολλητή, διπλής ή απλής συμμετρίας.

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ:

- ❖ Η συνηθέστερη διατομή υποστυλωμάτων είναι η διατομή I. Προτιμώνται οι πλατύπελμες διατομές μορφής H από τις υψίκορμες IPE, διότι έχουν πιο εξισορροπημένη αντοχή έναντι λυγισμού στις δυο κύριες κατευθύνσεις. Οι διατομές διπλού ταυ επιτρέπουν όμως την ανάπτυξη πλαισιακής λειτουργίας μόνο ως προς τη μια διεύθυνση του ισχυρού τους άξονα.

#### B. ΠΛΑΚΕΣ

Τα καλούπια που συνήθως κατασκευάζονται με τη χρήση ξύλου, από όπου προέρχεται και η επικρατούσα ονομασία "ξύλοτυπος", είναι ουσιαστικά κοίλες (κούφιεσ) φόρμες, όπου γίνεται και η έκχυση του σκυροδέματος.

Η σκυροδέτηση (ρίξιμο μπετόν) είναι η εφαρμογή του μπετόν στα καλούπια, ώστε να πάρουν την τελική τους μορφή τα μέλη του σκελετού. Μπορεί να γίνει με έγχυτο ή εκτοξευμένο σκυρόδεμα. Στις μέρες μας το μπετόν παρασκευάζεται σε ειδικές μονάδες παρασκευής έτοιμου σκυροδέματος. Κατόπιν μεταφέρεται στο εργοτάξιο μέσα στον κάδο κατάλληλων οχημάτων μεταφοράς (μπετονιέρες ή βαρέλες) ο οποίος περιστρέφεται προκειμένου να διατηρεί το μπετόν σε ρευστή κατάσταση και για επαρκή χρόνο, ώσπου να φθάσει στο σημείο έγχυσής του.

Ακολουθεί η τοποθέτηση των σιδηρών οπλισμών στις θέσεις που έχουν προβλεφθεί, τηρώντας αυστηρά τα δεδομένα της εκάστοτε μελέτης και δίνοντας μεγάλη προσοχή στην σωστή εφαρμογή και στο δέσιμο τους.

Έπειτα γίνεται η έγχυση του σκυροδέματος στα καλούπια, ακολουθεί η διαδικασία της "δόνησης" του σκυροδέματος, η οποία γίνεται για να συμπυκνωθεί το σκυρόδεμα, αφαιρώντας τον εγκλωβισμένο αέρα από τη μάζα του. Εάν τυχόν έμενε ο αέρας θα δημιουργούσε κενά μέσα στο μπετόν με αποτέλεσμα τη μείωση της αντοχής του σκυροδέματος. Η δόνηση γίνεται με ειδικά μηχανήματα που λέγονται δονητές, οι οποίοι βυθίζονται ανά προβλεπόμενα διαστήματα μέσα στο σκυρόδεμα που μόλις έχει εγχυθεί.

Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία της σκυροδέτησης, αμέσως ξεκινούν οι πολύ σημαντικές εργασίες της συντήρησης.

Μετά από κάποιες ημέρες, που το σκυρόδεμα έχει στερεοποιηθεί και σκληρύνει επαρκώς, γίνεται η αφαίρεση των καλούπιών (ξεκαλούπωμα). Έπειτα τα καλούπια μεταφέρονται στον αμέσως επόμενο όροφο για να επανατοποθετηθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν ,έκτος αν δεν χρειάζονται πια , όποτε και απομακρύνονται.



καλούπωμα με ξύλα για την κατασκευή πλάκας (<http://www.buildnet.gr/default.asp?pid=193&catid=168&artid=1178>)

### 2.3.1.2 Μηχανικές ιδιότητες

#### Μηχανικές ιδιότητες σκυροδέματος

##### **Αντοχή σε εφελκυσμό**

Η αντοχή του σκυροδέματος αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά προβλήματα που μπορεί να παρουσιάσει ως δομικό υλικό. Για να αντισταθμιστεί αυτό το ελάττωμα τοποθετούνται στο σκυρόδεμα οπλισμοί από χάλυβα, οποίοι παραλαμβάνουν τις εφελκυστικές τάσεις που αναπτύσσονται στα δομικά στοιχεία.

##### **Αντοχή σε θλίψη**

Το σκυρόδεμα χαρακτηρίζεται από μεγάλη θλιπτική αντοχή. Για την ενίσχυση του σκυροδέματος στις κατασκευές, αυτό χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με μεταλλικές ράβδους, ράβδους οπλισμού σκυροδέματος όπως αποκαλούνται, οι οποίες παρουσιάζουν μεγάλη εφελκυστική αντοχή. Ο συνδυασμός της μεγάλης θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος με τη μεγάλη εφελκυστική αντοχή του χάλυβα του οπλισμού σκυροδέματος, οδηγούν στην παραγωγή ενός ανθεκτικού υλικού σε μεγάλο βάθος χρόνου: στο οπλισμένο σκυρόδεμα.

##### **Αντοχή σε κάμψη**

Ένας κύριος παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει την αντοχή του σκυροδέματος είναι η παρουσία κενών στον τσιμεντοπολτό. Τα κενά αυτά δημιουργούνται είτε από τον αέρα που έχει τυχόν έχει παγιδευτεί στον τσιμεντοπολτό ή από πλεονάζον νερό το οποίο δεν ήταν απαραίτητο για την πλήρη ενυδάτωση του τσιμέντου και δεν απομακρύνθηκε.

#### Μηχανικές Ιδιότητες Αοπλης και Οπλισμένης Τοιχοποιίας οπτόπλινθων

Εξαιτίας της διαφορετικής γεωμετρίας και των διαφορετικών ιδιοτήτων των δομικών μονάδων, των κονιαμάτων δομήσεως και πληρώσεως ως συνιστώντα υλικά της τοιχοποιίας (σχήμα και διαστάσεις των μονάδων, ποσοστό κενών, λόγος ύψους των μονάδων προς πάχος αρμών, αντοχές και παραμορφωσιακά χαρακτηριστικά συνιστώντων υλικών, κλπ), η τοιχοποιία αποτελεί ένα σύνθετο, ανισότροπο, ανομοιογενές, μη ελαστικό υλικό. Επομένως, όταν περιγράφουμε τη φέρουσα συμπεριφορά της τοιχοποιίας θα πρέπει να λαμβάνουμε υπ' όψιν την αλληλεπίδραση των δομικών μονάδων με το συνδετικό υλικό. Αυτή η συνοχή που αναπτύσσεται μεταξύ των διαφορετικών υλικών στο σώμα της τοιχοποιίας συντελεί στο να μεταφέρονται οι κατακόρυφες και οι οριζόντιες τάσεις διαμέσου των διαφορετικών υλικών. Επιπρόσθετα, η ύπαρξη του κονιάματος δομήσεως στους οριζόντιους και τους κατακόρυφους αρμούς βοηθάει στην εξομάλυνση των αποκλίσεων στις διαστάσεις των δομικών μονάδων, αποτρέποντας κατ' αυτόν τον τρόπο την συγκέντρωση τάσεων σε συγκεκριμένες θέσεις, αποτελώντας ωστόσο την κύρια πηγή αδυναμιών στο σώμα της τοιχοποιίας.

Συνοπτικά, η αστοχία της τοιχοποιίας οφείλεται είτε στην αστοχία των δομικών μονάδων, είτε στην αστοχία του συνδετικού υλικού (κονίαμα δόμησης), είτε στην αστοχία της συνοχής μεταξύ κονιάματος και δομικών μονάδων, είτε σε συνδυασμό των παραπάνω.

Οι αντοχές στην τοιχοποιία είναι αναμενόμενο να καθορίζονται από τις επιμέρους ιδιότητες των συνιστώντων υλικών. Παράγοντες όπως: η αντοχή, η γεωμετρία, το ποσοστό και η διάταξη των κενών, η υδατοαπορροφητικότητα και το ποσοστό υγρασίας των δομικών μονάδων είναι τελικά εξίσου σημαντικοί με την αντοχή, το πάχος των αρμών, την πλαστιμότητα και τη συστολή ξηράνσεως του κονιάματος.

Παράλληλα, και άλλες παράμετροι επιδρούν τελικά στις μηχανικές ιδιότητες της τοιχοποιίας όπως: το είδος και ο ρυθμός φόρτισης, η καλή και σταθερή ποιότητα κατασκευής των δομικών μονάδων, και αδιαμφισβήτητα η τήρηση όλων των προδιαγραφών κατά τη διάρκεια δομήσεως.

Η ενσωμάτωση οπλισμού εισάγει ακόμα περισσότερες δυσκολίες στην περιγραφή της συμπεριφοράς της τοιχοποιίας, εντούτοις οδηγεί σε μεγαλύτερη ομοιομορφία και ισοτροπία στη συμπεριφορά, καθώς αυτή επηρεάζεται στην περίπτωση αυτή σε μεγάλο βαθμό από τη συμπεριφορά του οπλισμού ο οποίος «δένει» την τοιχοποιία ύστερα από τη ρηγμάτωση.<sup>36</sup>

#### Αντοχή σε θλίψη

Η αντοχή σε θλίψη των τεχνητών δομικών πλίνθων είναι βασική ιδιότητά τους και χαρακτηρίζει την ποιότητά τους. Προσδιορίζεται σύμφωνα με τον αντίστοιχο κανονισμό και στη συνέχεια ανάγεται σε αντοχή σε θλίψη ξηρού πλίνθου με πλάτος 100 mm και με ύψος 100 mm και πολλαπλασιάζεται επί το συντελεστή  $\delta$ , ο οποίος δίνεται στον Πίνακα 9. Η τιμή η οποία προκύπτει ονομάζεται **ανοιγμένη αντοχή σε θλίψη,  $f_b$** , σύμφωνα με τον αντίστοιχο κανονισμό.

**Πίνακας 9**  
Τιμές του συντελεστή  $\delta$

Πλάτος πλίνθου mm	50	100	150	200	$\geq 250$
Ύψος πλίνθου mm	$\delta$				
40	0.80	0.70	—	—	—
50	0.85	0.75	0.70	—	—
65	0.95	0.85	0.75	0.70	0.65
100	1.15	1.00	0.90	0.80	0.75
150	1.30	1.20	1.10	1.00	0.95
200	1.45	1.35	1.25	1.15	1.10
$\geq 250$	1.55	1.45	1.35	1.25	1.15

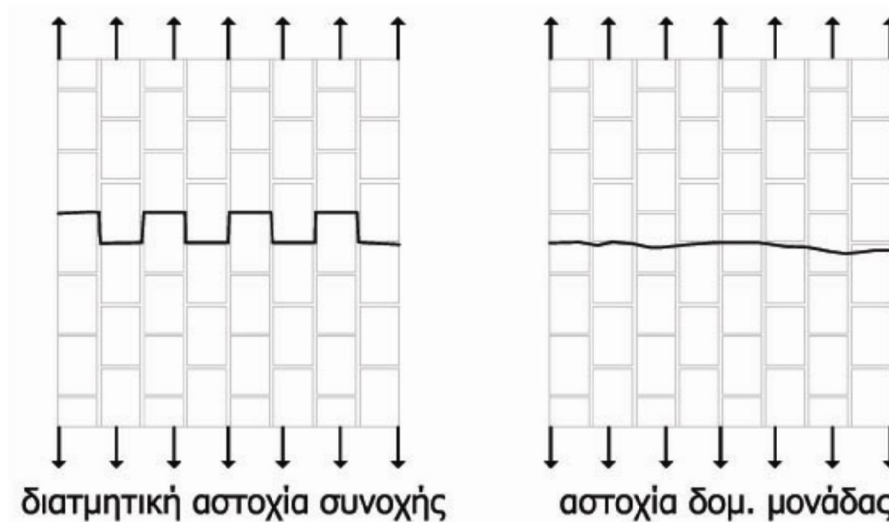
**Η αντοχή σε θλίψη** των πλίνθων εξαρτάται από τη διεύθυνση φόρτισης. Για φόρτιση παράλληλη προς τα κενά η αντοχή σε θλίψη είναι αντιστρόφως ανάλογη του ποσοστού των κενών και για φόρτιση κάθετη προκύπτει μείωση της αντοχής σε θλίψη λόγω ανάπτυξης πρόσθετων τάσεων από την κάμψη των τοιχωμάτων.

**Η αντοχή σε εφελκυσμό** θεωρείται απαραίτητη για τον προσδιορισμό της αντοχής σε κάμψη της τοιχοποιίας. Ο έλεγχος της αντοχής σε εφελκυσμό γίνεται, είτε με τον προσδιορισμό καθαρού εφελκυσμού, είτε με τον προσδιορισμό της αντοχής σε εφελκυσμό από κάμψη ή διάρρηξη, σύμφωνα με τους αντίστοιχους κανονισμούς. Επίσης, αναφέρεται ότι οι πλίνθοι από άργιλο παρουσιάζουν γραμμική ελαστική συμπεριφορά μέχρι του σημείου θραύσης τους.

Τα προϊόντα αργίλου, τούβλα, κεραμίδια κ.λπ. , τα οποία είναι καλής ποιότητας παρουσιάζουν ανθεκτικότητα στη θλίψη, στις καιρικές συνθήκες , στη φωτιά και στις χημικές επιδράσεις. Έχουν μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, διαπερατότητα από τον αέρα και ικανοποιούν τους όρους υγιεινής. Επίσης, έχουν ωραίους χρωματισμούς, επιθυμητές διαστάσεις και είναι εύχρηστα σε κάθε έργο.<sup>37</sup>

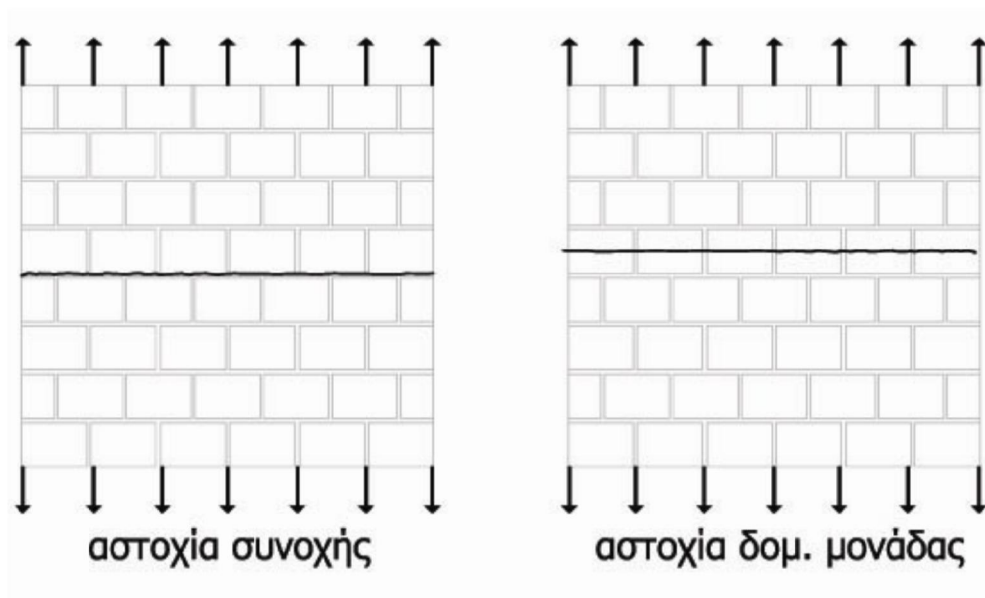
### Εφελκυστική αντοχή

Οι εφελκυστικές τάσεις μπορεί να εμφανιστούν είτε παράλληλα των οριζοντίων αρμών είτε κάθετα. Στην πρώτη περίπτωση ο εφελκυσμός μεταφέρεται στο σώμα της τοιχοποιίας μέσω διατμητικών τάσεων που αναπτύσσονται στους αρμούς μεταξύ κονιάματος και δομικών μονάδων και η αστοχία συμβαίνει είτε όταν αυτές οι τάσεις υπερβούν τη συνοχή μεταξύ κονιάματος - δομικών μονάδων, είτε όταν υπερβούν την εφελκυστική αντοχή των δομικών μονάδων (Tikal'sky et al 1995, Drysdale & Khattab 1995, βλέπε Εικόνα 2.2).



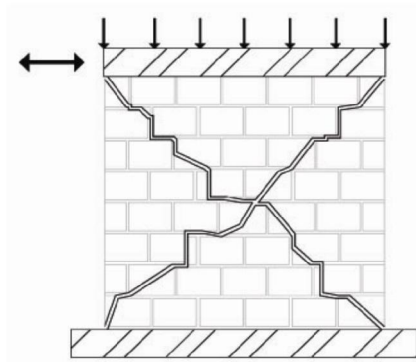
Εικ.2.2. Εφελκυστική αστοχία τοιχοποιίας παράλληλα στους οριζόντιους αρμούς<sup>9</sup>

Στην άλλη περίπτωση, όταν ο εφελκυσμός ασκείται παράλληλα των οριζοντίων αρμών της τοιχοποιίας, τότε η εφελκυστική της αντοχή εξαρτάται από την εφελκυστική αντοχή μεταξύ κονιάματος - δομικών μονάδων, η οποία εν γένει είναι πολύ μικρή, και σπανιότερα από την εφελκυστική αντοχή των δομικών μονάδων (Tikalsky et al 1995, Drysdale & Khattab 1995, βλέπε Εικόνα 2.3). Στις περισσότερες περιπτώσεις δηλαδή, η αστοχία λαμβάνει χώρα στη διεπιφάνεια μεταξύ κονιάματος και δομικών μονάδων.<sup>36</sup>



Εικ.2.3. Εφελκυστική αστοχία τοιχοποιίας κάθετα στους οριζόντιους αρμούς<sup>36</sup>

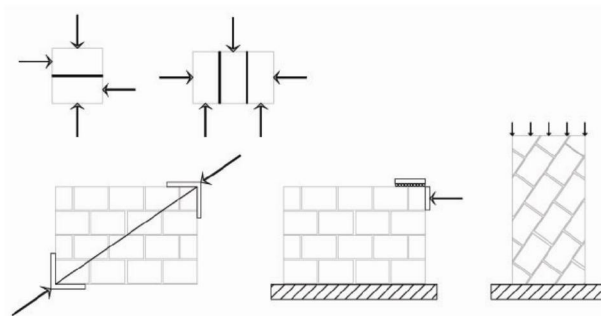
Όπως και στην περίπτωση της θλιπτικής αντοχής, οι επί μέρους ιδιότητες των συνιστώντων υλικών επηρεάζουν την εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας, ενώ εξίσου σημαντικός παράγοντας (αν όχι και περισσότερο) είναι η προσοχή που δίνεται στη φάση κατασκευής των τοίχων. Με την προσθήκη οπλισμού η εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας αυξάνει σημαντικά καθώς ύστερα από την υπέρβαση της εφελκυστικής αντοχής της τοιχοποιίας οι εφελκυστικές τάσεις αναλαμβάνονται από τον οπλισμό.



Διατμητική αστοχία άοπλης τοιχοποιίας<sup>9</sup>

### Διατμητική Αντοχή

Για τον προσδιορισμό της διατμητικής αντοχής της άοπλης τοιχοποιίας έχουν πραγματοποιηθεί πολλές πειραματικές μελέτες, με διάφορες μεθόδους δοκιμής (Copeland & Saxer 1965, Clough & Mayes 1975, Drysdale & Hamid 1980, Lourenco et al 2003, Ψύλλα 2000, Martens & Bertram 2008, βλέπε Εικόνα 2.6). Η διατμητική αντοχή στην περίπτωση της άοπλης τοιχοποιίας συσχετίζεται πρωταρχικώς με την συνοχή μεταξύ κονιάματος δόμησης και δομικών μονάδων, η οποία εξαρτάται από πολλές παραμέτρους που συνδέονται με τις ιδιότητες του κονιάματος και των δομικών μονάδων. Όσον αφορά το κονίαμα η σύνθεση του (ποσοστό αδρανών και νερού, παρουσία υδρασβέστου) και η αντοχή του επηρεάζουν τη συνοχή, ενώ όσον αφορά τις δομικές μονάδες, το υλικό κατασκευής τους (σκυρόδεμα ή κεραμικό υλικό), η ύπαρξη ή όχι κενών, η γεωμετρία των κενών, η τραχύτητα της επιφάνειάς τους, η υδατοαπορροφητικότητα και το ποσοστό υγρασίας αποτελούν καθοριστικές παραμέτρους για τη συνοχή τους με το κονίαμα δόμησης (Copeland & Saxer 1965, Clough & Mayes 1975, Ψύλλα 2000, Sarangapani et al 2005).



Εικ.2.6. Πειραματικοί τρόποι υπολογισμού της διατμητικής αντοχής της τοιχοποιίας

### 2.3.2 Θεμελίωση

Κατά τη μελέτη και το σχεδιασμό των θεμελιώσεων θα πρέπει να εξασφαλίζονται τα παρακάτω:

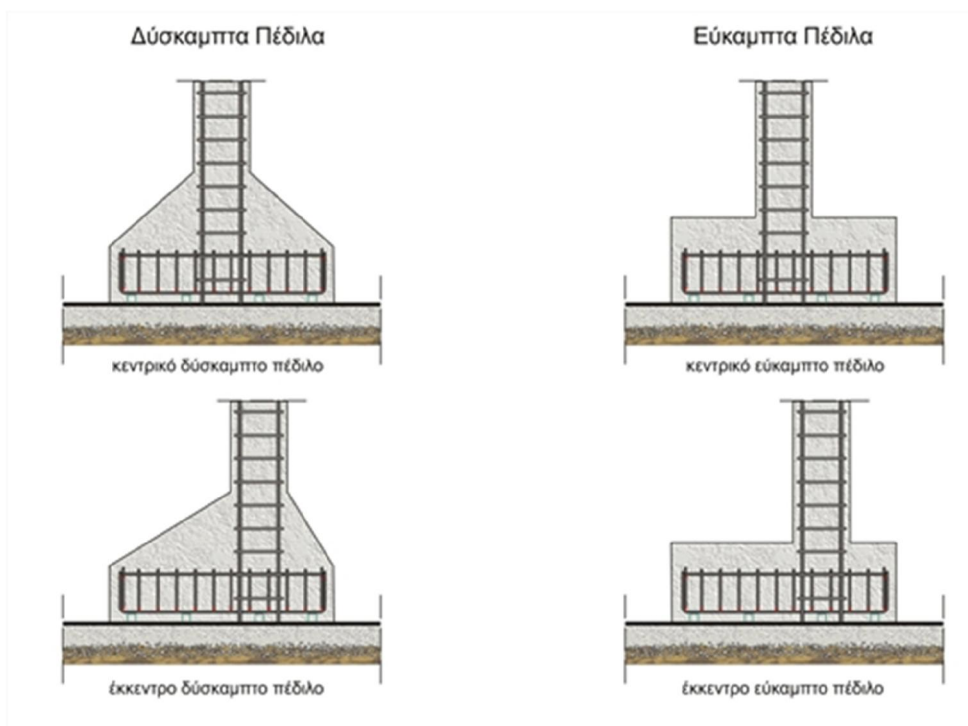
- ✓ Η επάρκεια της φέρουσας ικανότητας του εδάφους προκειμένου να μην υπάρχει αστοχία λόγω των φορτίων που μεταφέρονται,
- ✓ Η ανάπτυξη μικρών μόνο μετακινήσεων της θεμελίωσης (εδαφικές καθιζήσεις, στροφές) που δεν θέτουν σε κίνδυνο την στατικότητα και τη λειτουργικότητα της κατασκευής.

*Θεμελίωση με οπλισμένο σκυρόδεμα:*

Εφόσον εξασφαλιστεί η επάρκεια των εδαφικών χαρακτηριστικών θα πρέπει να ακολουθεί η σωστή διαστασιολόγηση της θεμελίωσης που επιλέχθηκε, με την κατάλληλη τοποθέτηση οπλισμού και τους σχετικούς ελέγχους του σώματος θεμελίωσης που είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Υπάρχουν τρεις γενικές κατηγορίες επιφανειακών θεμελιώσεων:

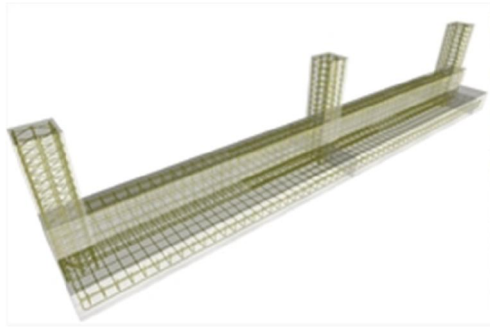
1. **Μεμονωμένα πέδιλα** ( ενώνονται με συνδετήρες δοκούς )



(<http://www.ktiriaka.gr/default.aspx?ch=1> τα είδη των μεμονωμένων πέδινων, με οπλισμό)

2. **Πεδιλοδοκοί - σχάρες πεδιλοδοκών**



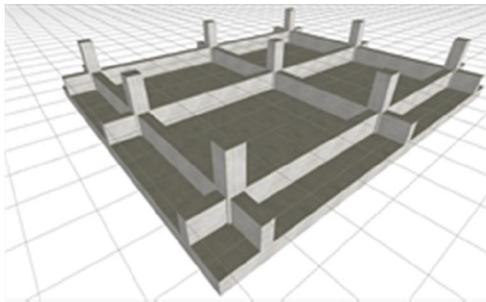


(<http://www.ktiriaka.gr/default.aspx?ch=1>)

(πεδιλοδοκός με τον οπλισμό της σε τρισδιάστατη απεικόνιση)

Η πρακτική αυτή είναι συνήθης στον τομέα της θεμελίωσης και χρησιμοποιείται σε ψηλά ή και χαμηλότερα κτίρια. Η διατομή των πεδιλοδοκών είναι συνήθως ορθογωνική και η διάταξη τους σε μορφή σχάρας πεδιλοδοκών σε δυο διευθύνσεις.

### 3. Κοιτοστρώσεις



<http://www.ktiriaka.gr/default.aspx?ch=1>)

Ενιαία πλάκα θεμελίωσης (κοιτόστρωση) με ενισχύσεις (δοκούς)

Είναι ενιαίες πλάκες θεμελίωσης που φέρουν κάθετα στο επίπεδο τους τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία του κτιρίου. Επίσης χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις πολύ χαλαρού εδάφους.

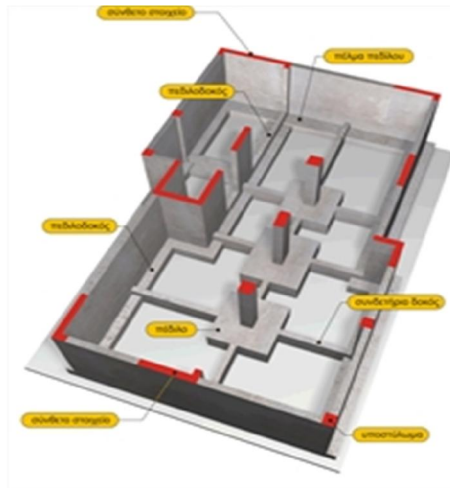
Διακρίνονται σε δυο κατηγορίες:

Τις γενικές κοιτοστρώσεις (καταλαμβάνουν όλη την έκταση της θεμελίωσης,

Τις τοπικές κοιτοστρώσεις (περιλαμβάνουν τμήμα μόνο των φερόντων στοιχείων.

Ακολουθούν επιγραμματικά τα στάδια της θεμελίωσης από οπλισμένο σκυρόδεμα :

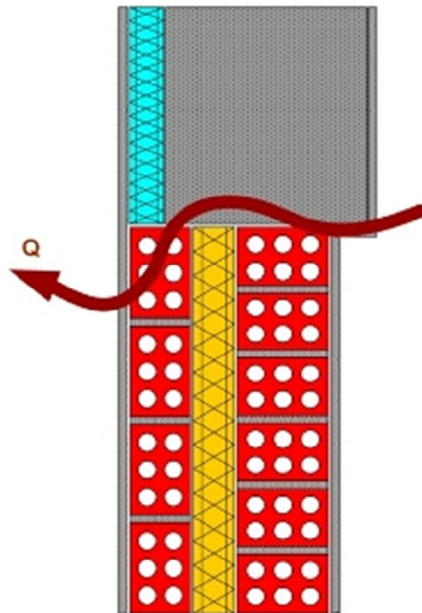
- Σκυρόδεμα καθαριότητας
- Χάραξη θεμελίων
- Τοποθέτηση θεμελίων – κατασκευή ξυλοτύπων
- Κατασκευή θεμελιακής γείωσης
- Τοποθέτηση αγκυρίων μεταλλικού σκελετού ( για σύμμικτες κατασκευές)
- Σκυροδέτηση θεμελίωσης



<http://www.ktiriaka.gr/default.aspx?ch=1>

(φωτορεαλιστική απεικόνιση θεμελίωσης κτιρίου)

### 2.3.3 Τοιχοποιία με Θερμομόνωση στον πυρήνα των τοίχων πληρώσεως (Τύπος Α)<sup>14</sup>



<http://www.epshellas.com>

διπλή τοιχοποιία με μόνωση στον πυρήνα της

Η μέθοδος τοποθέτησης θερμομόνωσης στον πυρήνα των τοίχων πληρώσεως είναι αυτή που χρησιμοποιείται πιο πολύ στη χώρα μας.

Η εξωτερική τοιχοποιία με διάκενο, συνήθως αποτελείται από δύο επιμέρους τοίχους που ενώνονται μεταξύ τους. Ο εξωτερικός τοίχος είναι, συνήθως, από τούβλο όπως και ο εσωτερικός, παρόλο που χρησιμοποιούνται και κατασκευές τούβλου/μπλοκ και μπλοκ/μπλοκ. Για συμμόρφωση με τις ελάχιστες απαιτήσεις θερμομόνωσης που ισχύουν, θα πρέπει να τοποθετηθεί θερμική μόνωση στο διάκενο.

Ο εσωτερικός επιμέρους τοίχος από τούβλο θα απορροφήσει και θα συγκρατήσει τη θερμική ενέργεια, ενώ το κτίριο θερμαίνεται. Ο τοίχος θα επιστρέψει τη θέρμανση αυτή στα δωμάτια, όταν το κτίριο δεν θερμαίνεται, διατηρώντας έτσι μια πιο ομοιόμορφη εσωτερική θερμοκρασία.

Ο τοίχος από τούβλα είναι πορώδης. Σε μακρές περιόδους βροχοπτώσεων, το νερό της βροχής θα διεισδύσει από τον εξωτερικό τοίχο και μπορεί να τρέξει στο εσωτερικό μέτωπο του τοίχου αυτού. Για να αποφευχθεί το πέρασμα της υγρασίας από τον εξωτερικό τοίχο στο θερμομονωτικό υλικό, θα πρέπει να υπάρχει ένα σαφές διάκενο μεταξύ του εξωτερικού τοίχου και των θερμομονωτικών πλακών.

Ένα καθαρό κενό πάχους 5 cm είναι κατάλληλο για όλους τους βαθμούς έκθεσης. Για ορισμένες περιπτώσεις, ένα καθαρό κενό των 2,5 cm θα είναι αρκετό για να αποτρέψει την είσοδο της υγρασίας στο θερμομονωτικό υλικό.

Η χρήση θερμομονωτικών υλικών εντός ενός διακένου που δεν αερίζεται, δεν προδικάζει τις ιδιότητες πυραντοχής του τοίχου. Οι πλάκες του θερμομονωτικού υλικού είναι απίθανο να αναφλεγούν, αν η φωτιά διεισδύσει σε ένα κενό που δεν αερίζεται. Η εξάπλωση της φλόγας θα είναι ελάχιστη, αφού δεν θα υπάρχει αρκετός αέρας για να διατηρήσει την καύση.

Για την στατική ευστάθεια της τοιχοποιίας οι δύο τοίχοι (εσωτερικός και εξωτερικός) πρέπει να συνδέονται με ειδικούς μεταλλικούς συνδέσμους.

#### *Σειρά εργασιών<sup>19</sup>:*

1. Στην πρώτη στρώση της πλινθοδομής τοποθετείται υδρομονωτικό υλικό στο διάκενο μεταξύ των δύο όψεων της πλινθοδομής με κατάλληλη διαμόρφωση (κλίση προς τα έξω), ώστε να αποκλείεται η διείσδυση υγρασίας.
2. Στην περίπτωση που η εξωτερική πλινθοδομή προεξέχει των υποστυλωμάτων, η σύνδεση των τοιχοποιιών γίνεται με κατακόρυφα σενάζ από ισχυρό γαρμπιλομετόν 300 kg τσιμέντου, κατάλληλα οπλισμένου, διατομής σχήματος Γ.
3. Στο ύψος των ποδιών και των πρεκιών υαλοστασίων ή των φεγγιτών ή στο μέσο του ύψους των τυφλών τοίχων κατασκευάζεται σενάζ, από οπλισμένο σκυρόδεμα C12/15 σε όλο το μήκος τους. Η διάταξη και οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες θα συμφωνούν με τα αναφερόμενα στη μελέτη και στα κατασκευαστικά σχέδια.
4. Στη θέση τυχόν παραμένοντος διακένου για διάστρωση σκυροδέματος τοποθετείται σανίδα ή λωρίδα υαλοβάμβακα που παραμένει στον τοίχο. Για τη συλλογή του πλεονάζοντος κονιάματος της όψης προς το διάκενο της εσωτερικής τοιχοποιίας τοποθετείται προσωρινά στο διάκενο ξύλινη σανίδα ή μεταλλικό έλασμα εγκάρσια προς την επιφάνεια της τοιχοποιίας. Μετά την ολοκλήρωση της ανέγερσης της τοιχοποιίας η σανίδα αφαιρείται.
5. Στην περίπτωση που η εξωτερική τοιχοποιία οριοθετεί χώρο που συνορεύει με εξώστη, πλατύσκαλο, δώμα κτλ, κατασκευάζεται βάση από σκυρόδεμα C12/15, πάχους ίσου προς το πάχος της, ή ίσου με το πάχος του εξωτερικού δρομικού τοίχου εφόσον υπάρχει συρόμενο θυρόφυλλο και ύψους που υπερβαίνει την αντίστοιχη τελική στάθμη του εξωτερικού δαπέδου κατά 10 cm. Στο σκυρόδεμα αυτό προστίθεται στεγανοποιητικό μάζας.
6. Το διάκενο ξεκινά στα 10 cm πάνω από την επιφάνεια έδρασης και συνεχίζει χωρίς διακοπή μέχρι το σενάζ ή τη στέψη και πρέπει να παραμένει καθαρό και απαλλαγμένο από απορρίμματα και συνδετικό κονίαμα.

7. Τα αγκύρια διαμορφώνονται κατά τέτοιον τρόπο, ώστε να μην επιτρέπουν τη διοχέτευση υγρασίας από τον εξωτερικό στον εσωτερικό τοίχο. Τοποθετούνται περίπου ανά 30 cm κατ' ύψος της πλινθοδομής. Κοντά στις εξωτερικές γωνίες της διακοσμητικής πλινθοδομής θα αποφεύγεται η τοποθέτηση αγκυρώσεων. Όταν κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό, θα προβλέπεται κατακόρυφος αρμός.
8. Στον εξωτερικό τοίχο κατασκευάζονται αρμοί διαστολής σε αποστάσεις ανάλογες με τις κλιματολογικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία κτλ), την ποιότητα των υλικών και το χρώμα, έτσι ώστε να επιτρέπουν την ελεύθερη κίνηση του εξωτερικού τοίχου. Οι αρμοί διαστολής διαμορφώνονται με κατάλληλα προφίλ και σφραγιστικό υλικό, ώστε να αποφεύγεται η διέλευση της υγρασίας.
9. Στα σημεία σύνδεσης των δύο τοίχων (σενάζ, υπέρθυρα κτλ) πρέπει να τοποθετείται πάντα αδιάβροχη μόνωση με κλίση προς τα έξω.
10. Αν προβλέπεται η κατασκευή διπλής τοιχοποιίας χωρίς διάκενο, το γέμισμα του διαχωριστικού αρμού πρέπει να είναι πλήρες. Ο διαχωριστικός αρμός έχει πάχος 2 cm και πληρούται επιμελημένα σε κάθε στρώση, ώστε να μην διακόπτεται σε κανένα σημείο. Στις γωνίες, στα ανοίγματα των θυρών και παραθύρων και κατά μήκος των αρμών διαστολής η πλήρωση του αρμού πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή.
11. Οι διπλές εσωτερικές τοιχοποιίες των κτιρίων αποτελούνται συνήθως από δύο πλινθοδομές που συνδέονται με μια πλίνθο ανά μ. και 70 cm ύψους του διακένου (που πληρούται με ηχομονωτικό υλικό), όπως φαίνεται στα σχέδια της μελέτης. Σενάζ από σκυρόδεμα C12/15 κατασκευάζονται πάντοτε στο ύψος των πρεκιών ή στο μέσον του ύψους των τυφλών εσωτερικών τοίχων σε όλο το μήκος τους. Τοίχοι που δεν φθάνουν μέχρι την οροφή στέφονται με σενάζ σκυροδέματος C12/15. Η τελευταία στρώση είναι λοξή (ενσφήνωση).

#### **Δόμηση Διπλής Τοιχοποιίας με Μόνωση και διάκενο συνοπτικά:**

1. Πρώτα κατασκευάζεται η εσωτερική πλινθοδομή και καθαρίζεται η εξωτερική της επιφάνεια από τα πλεονάζοντα κονιάματα. Κατά την ανέγερση τοποθετούνται ανάμεσα στις πλίνθους φουρκέτες από γαλβανισμένο σύρμα για τη στερέωση της μόνωσης, σε κατάλληλη πυκνότητα ανά m<sup>2</sup> πλινθοδομής ή τουλάχιστον 5 φουρκέτες ανά πλάκα μόνωσης.
2. Επί της καθαρισμένης επιφάνειας επαλείφεται φράγμα υδρατμών και τοποθετείται η μόνωση. Η μόνωση καλύπτει όλη την επιφάνεια της πλινθοδομής χωρίς να αφήνει κενά στους αρμούς και στις άκρες με τα γειτονικά οικοδομικά στοιχεία (π.χ. δοκοί, υποστυλώματα). Το μονωτικό καθώς τοποθετείται στον τοίχο, καρφώνεται στα σκέλη των φουρκετών και συγκρατείται με τσιγκοπλακίδια που αγκυρώνονται στην τοιχοποιία ανοίγοντας τα σκέλη των φουρκετών.
3. Μετά την τοποθέτηση της μόνωσης κατασκευάζεται η εξωτερική πλινθοδομή.

\*Μετά την ανέγερση η τοιχοποιία θα προστατεύεται από την απευθείας έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία και τον άνεμο για τις επόμενες 48 ώρες.

\*Δεν πρέπει να διαστρώνονται περισσότερες από 16 στρώσεις πλίνθων ανά ημέρα (ή 1,5m ύψος κατασκευασμένης τοιχοποιίας ανά ημέρα), έτσι ώστε να υπάρχει ο απαιτούμενος χρόνος για την πήξη του κονιάματος.

\*Οι κατακόρυφοι αρμοί έχουν πάχος 8mm κατά μέσο όρο και οι πλίνθοι τοποθετούνται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μην υπάρχουν σε δύο διαδοχικές στρώσεις αρμοί στην ίδια κατακόρυφο.

### 2.3.3.1 Περιγραφή δομικών στοιχείων

#### ❖ ΤΑ ΤΟΥΒΛΑ<sup>18</sup>



Οι πλινθοδομές καθιερώθηκαν κατά τον 20<sup>ο</sup> αιώνα και δημιουργήθηκαν από τον άνθρωπο , για ευέλικτες και πιο οικονομικές κατασκευές έναντι της μέχρι τότε κατασκευαστικής μεθόδου την λιθοδομή. Δεδομένης της τυποποιημένης του μορφής , το τούβλο έχει συγκεκριμένες διαστάσεις και ομοιομορφία και σαφώς χαμηλότερο κόστος παραγωγής .

Τα τούβλα κατασκευάζονται από άργιλο ή τσιμέντο σε καθορισμένες διαστάσεις και με συγκεκριμένο σχήμα. Η πρώτη ύλη από την οποία προέρχονται είναι η κοσκινισμένη άργιλος, η άμμος και το νερό και ψήνονται στους 800-1000 βαθμούς Κελσίου. Στο εμπόριο κυκλοφορούν τούβλα σε μεγάλη ποικιλία σχημάτων, μεγεθών και χρωμάτων κατάλληλα να δώσουν λύσεις σε όλες τις περιπτώσεις.

Συνοπτικά χαρακτηριστικά τούβλων:

- Παράγονται από μίγμα πηλού και νερού και ψήνονται σε θερμοκρασία 800-1.000 βαθμών Κελσίου.
- Έχουν πρισματικό σχήμα
- Το χρώμα τους όπως κυκλοφορούν στο εμπόριο είναι βαθύ κόκκινο αλλά γενικότερα εξαρτάται από τη χημική σύσταση της αργίλου (πηλού) και την περιεκτικότητά της σε οξείδια.
- Διακρίνονται σε συμπαγή, διάτρητα και ειδικά.<sup>3</sup>

Τα τούβλα είναι διάτρητα για να προσφύεται σε αυτά η λάσπη και να είναι καλύτερα με αποτέλεσμα το κτίσιμο πιο ισχυρής τοιχοποιίας. Ακόμη οι τρύπες που διαθέτουν , προσδίδουν μονωτικές ιδιότητες στην τοιχοποιία.

Συνοπτικά τα πλεονεκτήματα του εν λόγω υλικού εμφανίζονται στους παρακάτω τομείς:

1. *Μικροκλίμα* (Η δόμηση με τούβλο βοηθάει στη δημιουργία μικροκλίματος εντός του κτιρίου το οποίο επιδρά θετικά στην υγεία και στη διάθεση του ανθρώπου)
2. *Ασφάλεια Κατασκευής- Προστασία από σεισμούς* (Οι τοίχοι από τούβλα έχουν μεγάλη αντοχή σε οριζόντια φορτία, όπως των σεισμών)
3. *Πυρασφάλεια* (Ένας τοίχος από οπτόπλινθους πάχους 12 cm εξασφαλίζει πυραντίσταση 180 λεπτών και ένας τοίχος 19 cm έχει πυραντίσταση 240 λεπτών).
4. *Θερμική μόνωση* (Τα τούβλα έχουν μοναδικές ιδιότητες μειώνοντας την ανταλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον, αλλά ταυτόχρονα επιτρέποντας στο σπίτι να αναπνέει)
5. *Ασφάλεια από υγρασία*
6. *Ακουστική προστασία / ηχομόνωση*
7. *Μεταβλητότητα κατά τη χρήση*
8. *Ακτινοβολία* (εν περιέχουν τοξικά υλικά και δεν εκπέμπουν ακτινοβολία)
9. *Οικονομία –εξοικονόμηση ενέργειας*
10. *Φιλικό προς το Περιβάλλον* (παράγεται από καθαρά φυσικές πρώτες ύλες)

Τα τούβλα που χρησιμοποιούνται στην ελληνική αγορά είναι τα ακόλουθα:

- Μικρά τούβλα (εξάοπα) με διαστάσεις 6x9x19 εκατοστά
- Μικρά τούβλα (εννιάοπα) με διαστάσεις 9x9x19 εκατοστά
- Εναμισάρια (οκτάοπα) με διαστάσεις 6x12x19 εκατοστά
- Μεγάλα τούβλα (δωδεκάοπα) με διαστάσεις 9x12x19 εκατοστά
- Τουβλίνες ή τουβλέτες με διαστάσεις 15X18X32, 18X18X32 κ.α.

#### ❖ ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ



(οπλισμένο σκυρόδεμα <http://www.buildnet.gr/default.asp?pid=225&la=1&catid=206&artid=1682>)

Το σκυρόδεμα είναι μίγμα «πάστας» και αδρανών υλικών. Η πάστα αποτελείται από τσιμέντο και νερό και καλύπτει την επιφάνεια των λεπτόκοκκων και χονδρόκοκκων αδρανών. Τα αδρανή πρέπει να είναι καλής κοκκομετρικής διαβάθμισης, μέγιστου κόκκου μέχρι του 1/5 της μικρότερης ελεύθερης διάστασης που σκυροδετείται. Μια χημική αντίδραση η «ενυδάτωση» προκαλεί τη στερεοποίηση της πάστας που αποκτά έτσι υψηλές αντοχές, δημιουργώντας μια συμπαγή μάζα - το σκυρόδεμα. Αυτή η διαδικασία αποτελεί και το μεγάλο πλεονέκτημα του σκυροδέματος: είναι εύπλαστο όταν αναμιγνύεται και ανθεκτικό όταν σκληραίνει. Αυτό το χαρακτηριστικό εξηγεί γιατί ένα απλό υλικό μπορεί να είναι ιδανικό για το κτίσιμο ουρανοξυστών, γεφυριών, σπιτιών κ.λπ.

Για να επιτευχθεί η ανθεκτικότητα σκυροδέματος απαιτείται προσεκτική ανάμιξη μελετημένων αναλογιών των συστατικών του. Η σωστή ανάμιξη των υλικών μας εξασφαλίζει μίγμα με την κατάλληλη ρευστότητα ανάλογα με το σκοπό που χρησιμοποιείται. Για παράδειγμα, μια σύνθεση σκυροδέματος, η οποία δεν έχει αρκετή πάστα, ώστε να καλύψει επαρκώς τα αδρανή, θα είναι εξαιρετικά δύσκολη στη διάστρωση της και θα προκαλέσει κενά και πόρους στην επιφάνεια και στη μάζα της μειώνοντας την ανθεκτικότητα. Αντίθετα μια σύνθεση με υπερβολική πάστα διαστρώνεται εύκολα και δημιουργεί στρωτή τελική επιφάνεια, αλλά καταλήγει να δημιουργεί ένα σκυρόδεμα που συρρικνώνεται και ρηγματώνεται.

Ένα σωστά σχεδιασμένο σκυρόδεμα διαθέτει καλή εργασιμότητα\* όταν είναι φρέσκο και εξαιρετική ανθεκτικότητα και αντοχή όταν σκληρύνεται. Ο λόγος νερού προς τσιμέντο στο σκυρόδεμα καθορίζει την ποιότητα της πάστας και κατ' επέκταση την αντοχή. Σκυρόδεμα υψηλής ποιότητας παρασκευάζεται με τη χρήση λιγότερου νερού, αρκεί να μπορεί να διαστρωθεί, να συμπυκνωθεί και να συντηρηθεί κατάλληλα.

Το σκυρόδεμα σήμερα υπάρχει σε μεγάλη ποικιλία και ανάλογα με την σύνθεση του, ανταποκρίνεται στις διάφορες στατικές και κατασκευαστικές απαιτήσεις. Ενδείκνυται για φέροντα οικοδομικά στοιχεία, για σκελετούς, τοίχους, πλάκες, επίπεδους φορείς, πλαίσια κ.λ.π.

\*ΕΡΓΑΣΙΜΟΤΗΤΑ: η ιδιότητα του σκυροδέματος να `` δουλεύεται `` δηλαδή να μπορεί να μεταφερθεί, να διαστρωθεί και να συμπυκνωθεί, όσο το δυνατόν πιο εύκολα

## ❖ ΤΟ ΚΟΝΙΑΜΑ

Όλες οι πρώτες ύλες πρέπει να είναι εγκεκριμένης καταλληλότητας για κονιάματα. Η καταλληλότητα μπορεί να προκύπτει από τα σχετικά πρότυπα EN ή ελλείψει αυτών από ENV ή και εθνικά πρότυπα, που ορίζουν τα αποδεκτά για κονιάματα συνδετικά, και αδρανή υλικά,, πρόσθετα.

Τα ανόργανα συνδετικά υλικά, που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή κονιαμάτων δόμησης είναι

- Τσιμέντο
- Ασβέστης (σε μορφή πολτού, ξηράς υδρασβέστου, ή άλλης μορφής ασβέστου)
- ή και μίγμα των δύο.

Ενώ στα συνδετικά υλικά μπορεί να περιληφθούν ακόμη και οι ποζολάνες.

Τα κονιάματα δόμησης μπορούν να παρασκευάζονται επί τόπου στην οικοδομή με βάση κοινές πρώτες ύλες (άμμος, τσιμέντο, πολτός ασβέστη κτλ) ή να είναι βιομηχανικά προανειμμένα και να απαιτείται η προσθήκη νερού.

Η εφαρμογή των κονιαμάτων δόμησης πρέπει να αποφεύγεται σε συνθήκες παγετού και καύσωνα. Συνίσταται επίσης να αποφεύγεται η χρήση τους όταν οι θερμοκρασίες είναι κάτω των 5°C την ημέρα, διότι κατά την περίοδο της νύκτας μπορεί να επικρατήσουν συνθήκες παγετού. Το ίδιο ισχύει και για ημέρες με θερμοκρασίες άνω των 35°C. Σε αυτές τις περιπτώσεις συνίσταται η διαβροχή των δομικών στοιχείων (τούβλα, τσιμεντόλιθοι,

κτλ) πριν τη χρήση καθώς επίσης και του τοίχου μετά την εφαρμογή, όσο το δυνατόν πιο συχνά και κατά τη διάρκεια των πρώτων τριών ημερών.

\*Οι αναλογίες για τα κονιάματα τοιχοποιίας είναι τουλάχιστον 350kg - 450kg τσιμέντο ανά  $m^3$  κονιάματος και 0,08  $m^3$  ασβέστη.

#### ❖ Η ΜΟΝΩΣΗ



Θερμομόνωση στον πυρήνα μεταξύ δύο τοίχων.

Για να εξασφαλιστεί η θερμική μόνωση στην τοιχοποιία, χρησιμοποιούνται τούβλα που στην σχεδίαση τους έχει προβλεφθεί χώρος για τοποθέτηση θερμομονωτικού υλικού. Οι διαστάσεις τους είναι ίδιες με αυτές της μπατικής οπτοπλινθοδομής.

Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή κατά την τοποθέτηση του μονωτικού υλικού, για την επιτυχή πλήρωση των κενών στο εσωτερικό των τούβλων. Υπάρχουν επίσης τα ειδικά θερμομονωτικά τούβλα εξωτερικής τοιχοποιίας που εξασφαλίζουν ικανοποιητική θερμομόνωση.

#### ❖ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Τα υλικά διαμορφώνουν σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα του εσωτερικού αέρα των κτιρίων και μπορεί να έχουν σημαντική επίδραση στην υγεία των χρηστών. Παράλληλα τα υλικά καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τη θερμική και οπτική συμπεριφορά των κτιρίων και επηρεάζουν το εξωτερικό περιβάλλον.

Η διαδικασία παραγωγής των υλικών, ο κύκλος ζωής τους και η τελική τους διάθεση (απόρριψη) έχει σημαντικές επιπτώσεις στο γενικότερο περιβάλλον.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στους εσωτερικούς χώρους, θα πρέπει να συνεισφέρουν στην επίτευξη θερμικής άνεσης στο κτίριο και στην ελαχιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης τόσο κατά τη θερινή, όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο.

Θα πρέπει επίσης κατά την ψυχρή περίοδο, να συντείνουν στην ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών και την μεγιστοποίηση των θερμικών και ηλιακών κερδών. Ακόμα, κατά τη θερινή περίοδο, τα ίδια υλικά απαιτείται να εξασφαλίζουν την μέγιστη δυνατή εκπομπή υπέρυθρης ακτινοβολίας προς το περιβάλλον. Να συνεισφέρουν



στη δημιουργία βέλτιστης οπτικής άνεσης εντός των χώρων (ροή φωτός, αποφυγή θάμβωσης, οπτική επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον).

Σήμερα στην αγορά υπάρχει μεγάλη ποικιλία θερμομονωτικών υλικών, όπως:

- Εξηλασμένη πολυστερίνη
- Διογκωμένη πολυστερίνη
- Υαλοβάμβακας
- Πολυουρεθάνη
- Αφρώδες Γυαλί
- Περλιτοειδή
- Πετροβάμβακας
- Φελλός
- PVC
- Κυψελωτό σκυρόδεμα
- Θερμομονωτικά τούβλα
- Πλάκες περλιτούαλου

### **2.3.3.2 Επιχρίσματα<sup>1</sup>**

Ως επιχρίσματα ή κοινά σοβάδες, καλείται το μίγμα ενός ή περισσότερων ανόργανων συνδετικών υλικών, αδρανών, νερού και μερικές φορές και ειδικών πρόσμικτων και/ή προσθέτων, που εφαρμόζεται σε τοίχους και οροφές σε μια ή περισσότερες στρώσεις.

Τα επιχρίσματα επιστρώνονται αφού χτιστούν οι τοίχοι (τούβλα) και μετά την ολοκλήρωση της εγκατάστασης των υδραυλικών και ηλεκτρολογικών δικτύων σε μία οικοδομή.

Ο πιο συχνός τρόπος σοβατίσματος είναι το «τριφτό» και το «πεταχτό» σοβάτισμα. Σε κάθε περίπτωση τον τρόπο τον επιλέγει ο ιδιοκτήτης ενώ πολλές φορές πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και το είδος της μπογιάς που θα χρησιμοποιηθεί κατόπιν για το βάψιμο (για μπογιά με λάδι επιβάλλεται να έχει γίνει σπατουλάρισμα).

### 2.3.3.3 Ενεργειακή Συμπεριφορά Κατασκευής<sup>20</sup>



<http://www.zeman.gr>

Για να γίνει ο προσδιορισμός της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός κτιρίου, διενεργείται μια ενεργειακή μελέτη (ή μελέτη θερμικής απόδοσης του κτιρίου). Ο σκοπός της μελέτης είναι η διασφάλιση της ένταξης του νέου κτιρίου τουλάχιστον στην ενεργειακή κατηγορία B. Ο απώτερος επιθυμητός στόχος είναι η επίτευξη πλήρους ενεργειακής αυτονομίας κάθε νέου κτιρίου και η εξασφάλιση των ενεργειακών αναγκών του από τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

#### A. ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ U-VALUE<sup>2</sup>

Σε μια συμβατική διπλή οπτοπλινθοδομή με δομικά στοιχεία:

- Επίχρισμα 2.5 cm
- Οπτοπλινθοδομή 9.0 cm
- Πολυστερίνη 5.0 cm
- Οπτοπλινθοδομή 6.0 cm
- Επίχρισμα 2.5 cm

Έχει πάχος 0.275 m ( 27,5 cm ) και συντελεστή θερμοπερατότητας:

$$U= 0.496( \text{Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C} )$$

Τεχνικά χαρακτηριστικά των πορωδών αργιλικών οπτόπλινθων<sup>21</sup> :

- Πυκνότητα = 1500 kg/m<sup>3</sup>
- Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας  $\lambda = 0,26 \text{ W}/(\text{m}^\circ\text{K})$
- Ειδική Θερμοχωρητικότητα  $c_p = 1000 \text{ J}/(\text{kg}^\circ\text{K})$
- Συντελεστής Αντίστασης σε Διάχυση Υδρατμών  $\mu = 10$
- Εκπομπές CO<sub>2</sub> = 0,24 (KgCO<sub>2</sub>eq) / Kg

• Ενσωματωμένη Ενέργεια = 3 MJ / Kg

## **B. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ<sup>23</sup>**

### Σκυρόδεμα

Η τσιμεντοβιομηχανία είναι εξαιρετικά ενεργοβόρος βιομηχανία και συμβάλλει σημαντικά στις εκπομπές CO<sub>2</sub> (διοξείδιο του άνθρακα). Είναι επιτακτική η ανάγκη να χρησιμοποιείται το σκυρόδεμα με ορθολογικό τρόπο στις κατασκευές λαμβάνοντας υπόψη τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που παρουσιάζουν οι διαδικασίες παραγωγής των πρώτων υλών του.

Το τσιμέντο ευθύνεται για περισσότερο από το 50% των εκπομπών CO<sub>2</sub> στο μίγμα του σκυροδέματος. Οι εκπομπές αυτές προέρχονται :

Από την μεταλλουργική διεργασία (πύρωση , θερμική διάσπαση) του ανθρακικού ασβεστίου δηλαδή της πρώτης ύλης ( ασβεστόλιθοι) , σε διοξείδιο του άνθρακα και διοξείδιο του ασβεστίου , μέσα στις περιστροφικές καμίνους των τσιμεντοβιομηχανιών.

Από την καύση των ορυκτών καυσίμων ( άνθρακας , πετρέλαιο , φυσικό αέριο) κατά την παραγωγή του τσιμέντου.

Πέρα από την επιβάρυνση της ατμόσφαιρας από την παραγωγή του διοξειδίου του άνθρακα υπάρχουν και άλλοι τύποι εκπομπές που ρυπαίνουν το περιβάλλον , όπως η σκόνη από την περιστροφική κάμινο , από την παραγωγή και ανάμιξη των υλών , από την άλεση του κλίνκερ κ.λπ... Ο καλύτερος τρόπος να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα αυτό είναι η δέσμευση η συλλογή και η ανακύκλωση της σκόνης στις διεργασίες παραγωγής του τσιμέντου (με την χρήση ηλεκτροστατικών φίλτρων , μηχανικών διατάξεων συλλογής κ.λπ.).

Άλλο ένα πρόβλημα περιβαλλοντικού τύπου είναι και η ρύπανση των υδάτων. Γίνεται η χρήση του νερού για έκπλυση του έτοιμου σκυροδέματος και έπειτα το νερό αυτό απορρίπτεται με αποτέλεσμα να μολύνει τους υδρόβιους οργανισμούς. Το πρόβλημα προέρχεται από την αλκαλικότητα του σκυροδέματος που καθιστά το νερό τοξικό 9 με pH μετά την έκπλυση 12) Συγκεκριμένα χρειάζονται περίπου 2μ<sup>3</sup> νερού ανά φορτηγό ανά ημέρα για έκπλυση του σκυροδέματος. Στις σύγχρονες μονάδες έτοιμου σκυροδέματος υπάρχουν λίμνες απόρριψης των νερών έκπλυσης , όπου τα περιεχόμενα στερεά καθιζάνουν και το νερό υφίσταται επεξεργασία με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση του.<sup>6</sup>

### Πορώδεις αργιλικόι οπτόπλιθοι

Η διαδικασία παραγωγής κεραμικών τούβλων από τα οποία γίνεται συνήθως η τοιχοποιία είναι μια διαδικασία που απορροφά αρκετή ενέργεια αφού για να θερμανθεί το υλικό πρέπει να περάσουν αρκετές ώρες στους 1000-1500°C. Η παραγωγή των τούβλων απαιτεί ενέργεια της τάξης των 3 MJ/Kg εκ των οποίων το κύριο μέρος καταναλώνεται για την όπτηση (ψήσιμο) των υλικών.

Το περιβαλλοντικό κόστος της κατασκευής δεν είναι ανώδυνο καθότι με την όπτηση απελευθερώνονται οργανικά υπολείμματα και θεικές ενώσεις που περιέχονται στην άργιλο , όπως το διοξείδιο του θείου και το

διοξείδιο του άνθρακα , στην ατμόσφαιρα. Η ανάμιξη της αργίλου με άσβεστο πριν την όπτηση μειώνει τις εκπομπές αυτές.

#### 2.3.3.4 Εξοικονόμηση ενέργειας –Κόστος Κατασκευής

Με τον όρο εξοικονόμηση ενέργειας εννοούμε κυρίως τη λιγότερη κατανάλωση ρεύματος, πετρελαίου και νερού για τις ανάγκες θέρμανσης, ψύξης, μαγειρέματος, πλυσίματος κ.α. κατά την περίοδο χρήσης μιας κατασκευής.

Με τον όρο ενεργειακή κατασκευή όμως εννοούμε την εξοικονόμηση ενέργειας σε όλες τις μορφές της (χρόνος, χρήμα, πρώτες ύλες, εργατοώρες, αναλώσιμα, θόρυβο, κατανάλωση ενέργειας, νερό κ.α.) κατά τη διάρκεια κατασκευής και χρήσης μιας κατασκευής.

Η μέθοδος της θερμομόνωσης στον πυρήνα του τοίχου πλήρωσης προσφέρει 30% λιγότερη εξοικονόμηση ενέργειας από μια κατασκευή με εξωτερική θερμομόνωση.

➤ Το κόστος συντήρησης τοιχοποιίας με τούβλα είναι πολύ μικρό σε σύγκριση με άλλα δομικά υλικά. Όταν αποφασίζετε να προχωρήσετε σε μια τοιχοδομή από τούβλα καλό θα είναι να γνωρίζετε κάποιες λεπτομέρειες κατασκευής, καθώς και κάποια μικρά μυστικά για να έχετε ένα τέλειο αποτέλεσμα. Τα τούβλα συνήθως πωλούνται ανά χιλιάδα. Για κτίσιμο ενός τετραγωνικού μέτρου ( $m^2$ ) δρομικού τοίχου (είναι εκείνος που έχει πλάτος 9 cm) απαιτούνται περίπου 44 τεμάχια τούβλων διαστάσεων 9x9x19 εκατοστών ή 75 τεμάχια τούβλων διαστάσεων 6x9x19 εκατοστών.<sup>3</sup>

Το κόστος για μια τοιχοποιία οπτόπλινθων (από 12-οπα τούβλα) –διπλό τοίχο πλήρωσης και συμβατική μόνωση σοβατισμένη στις 2 πλευρές της τοιχοποιίας θα κοστίσει περίπου 45 – 50 ευρώ /  $m^2$ .

Επίσης:

#### ΑΞΙΑ ΕΞΑΓΟΜΕΝΟΥ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ<sup>6</sup>

Η τιμή του εξαγόμενου τσιμέντου ανέρχονταν περίπου στα 70\$/τόνο δηλαδή περίπου 28.000 δρχ./τόνο , οπότε τα έσοδα από την πώληση του τσιμέντου ετησίως ανέρχονται στα :

$7.7 \cdot 10^6$  τόνοι \* 28.000 δρχ./τόνο = 215.6 δις. δρχ. ετησίως, δηλαδή **632.7 εκατ. ευρώ ετησίως.**

#### ΑΞΙΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ<sup>6</sup>

Η μέση τιμή του σκυροδέματος στην ελληνική αγορά ( συμπεριλαμβανομένου του Φ.Π.Α) ανέρχονταν στις 17.000 δρχ./ $\mu^3$ , άρα τα ακαθάριστα έσοδα από την πώληση των  $17.8 \cdot 10^6 \mu^3$  σκυροδέματος ανέρχονταν στα  $17.8 \cdot 10^6 \mu^3$  σ/δ \* 17.000 δρχ./ $\mu^3$  = 302.3 δις. δρχ. ετησίως, δηλαδή **887.2 εκατ. ευρώ ετησίως.**

#### ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΕΣΟΔΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ ΚΑΙ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ <sup>6</sup>

Οι συνολικές πωλήσεις τσιμέντου και σκυροδέματος απέφεραν ακαθάριστα έσοδα περίπου 518 δις. δρχ. ή **1.52 δις. ευρώ ετησίως**. Έτσι λοιπόν γίνεται φανερό ότι οι τομείς του τσιμέντου και του σκυροδέματος είναι από του δυναμικότερους της ελληνικής βιομηχανίας.

### 2.3.3.5 Θερμική άνεση και κλίμα

Όταν το κέλυφος είναι θερμομονωμένο, η θερμοκρασία των εσωτερικών τοίχων θα είναι + 18 °C. Οπότε για μια εσωτερική θερμοκρασία 22 °C, οι ένοικοι θα αισθάνονται ζεστασιά. Η σωστή και επαρκής θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους είναι μια ενδεδειγμένη λύση για τον έλεγχο της θερμοκρασίας του εσωτερικού περιβάλλοντος.

Η μόνωση στοιχείων από σκυρόδεμα αποτελεί μία πλήρη προστασία του σκελετού της κατασκευής, συνεισφέροντας στη θερμική άνεση των ατόμων που ζουν κι εργάζονται σε αυτήν.

Τα θερμομονωτικά υλικά που προορίζονται για τη μόνωση στοιχείων από σκυρόδεμα πρέπει να έχουν ιδιότητες κατάλληλες για τη συγκεκριμένη εφαρμογή, όπως:

- Χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ, για να χρησιμοποιείται το μικρότερο δυνατό πάχος υλικού.
- Αντίσταση στη διαπερατότητα υδρατμών, για να μειώνεται ο κίνδυνος συμπύκνωσης υδρατμών στην περιοχή επαφής στοιχείου από σκυρόδεμα και μονωτικού υλικού, όταν το τελευταίο τοποθετείται εσωτερικά.
- Πρόσφυση τόσο στο σκυρόδεμα όσο και στα επιχρίσματα τσιμεντοειδούς βάσης, ευκολία χειρισμού όσον αφορά στο βάρος, στις διαστάσεις, στις μηχανικές αντοχές και στον τρόπο στερέωσης του υλικού.
- Ευκολία κοπής, διαμόρφωσης και προσαρμογής στα σχήματα των στοιχείων από σκυρόδεμα.
- Σταθερότητα διαστάσεων, για να αποφεύγονται ρηγματώσεις στα επιχρίσματα.
- Δυνατότητα καλής συναρμογής των τεμαχίων του μονωτικού υλικού, για να αποφεύγονται οι θερμογέφυρες και οι γραμμές συμπύκνωσης των υδρατμών στους αρμούς.

### 2.3.3.6 Επίπεδο συντήρησης-Χρόνος υλοποίησης

Οι δίστρωτες τοιχοποιίες με τούβλα συνήθως δε χρειάζονται συντήρηση ή επισκευή καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους ενώ πιο συχνά πρέπει να γίνεται η ανανέωση της εξωτερικής μόνωσης η οποία έχει μικρότερο χρόνο ζωής από τον τοίχο.

Το κόστος συντήρησης τοιχοποιίας με τούβλα είναι πολύ μικρό σε σύγκριση με άλλα δομικά υλικά. Στους τοίχους με εξωτερικό επίχρισμα το μόνο που χρειάζεται είναι το βάψιμο μετά από 30 χρόνια και σοβάτισμα μετά από 50 χρόνια (ανάλογα με τη θέση του κτιρίου).

### Αξίζει να ληφθεί υπ' όψιν ότι:

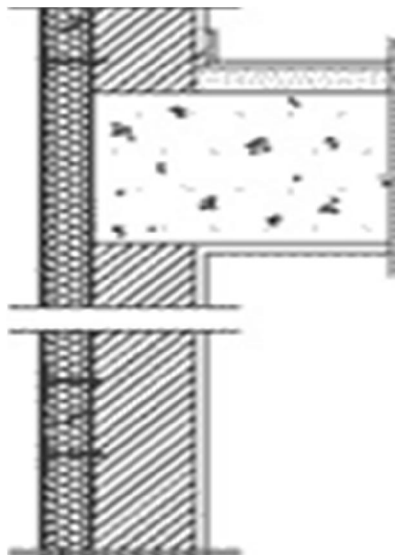
- Το χρώμα τους μπορεί να παραμένει αναλλοίωτο για μεγάλο χρονικό διάστημα
- Έχουν αντοχή σχεδόν σε όλα τα οξέα
- Έχουν αντοχή σε παγετό
- Δεν εμφανίζουν άλατα και εξανθήματα
- Δεν επηρεάζονται από τους ατμοσφαιρικούς ρύπους
- Βελτιωμένα τεχνικά χαρακτηριστικά (σε σύγκριση με τα κοινά τούβλα)
- Χρησιμοποιούνται σε μικρά και μεγάλα έργα
- Καθαρίζονται με νερό

### 2.3.3.7 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα μεθόδου

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Είναι ευκολότερος ο τρόπος τοποθέτησης των θερμομονωτικών υλικών.	Δεν έχει καλή αντισεισμική συμπεριφορά. Είναι σύνηθες το φαινόμενο σε τοιχοποιίες με πλημμελή σύνδεση των δύο κελυφών το εξωτερικό κέλυφος να αποσυνδέεται και να πέφτει μετά από μία ισχυρή σεισμική δόνηση.
Δεν επηρεάζεται η θερμομονωτική προστασία του τοίχου από την επίδραση της βροχής	Δεν εκμεταλλεύεται πλήρως, παρά μερικώς, τη θερμοχωρητικότητα της τοιχοποιίας. Ωστόσο, αυτή είναι δυνατό να αυξηθεί αναλόγως με το πάχος του τοίχου του εσωτερικού κελύφους.
Αποτελεί την πιο ισόρροπη μορφή θερμικής προστασίας έναντι του ψύχους το χειμώνα και της ζέστης το καλοκαίρι.	
Επιτρέπει την εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας του τοίχου (έστω και μερική).	

Η κατασκευή αυτού του τύπου θερμομόνωσης όμως έχει περιθώρια βελτίωσης έστω και αν δημιουργηθούν στη χειρότερη περίπτωση θερμογέφυρες από την κατασκευή των σενάζ.

### 2.3.4 Τοιχοποιία με Θερμομόνωση εξωτερικά του τοίχου πληρώσεως (Τύπος Β)<sup>14</sup>



<http://building.dow.com/europe/el/resources/cad.htm>

ΤΟΙΧΟΠΟΙΪΑ-ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΜΟΝΩΣΗ-ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΜΟΝΩΣΗ ΣΕ ΤΟΙΧΟ

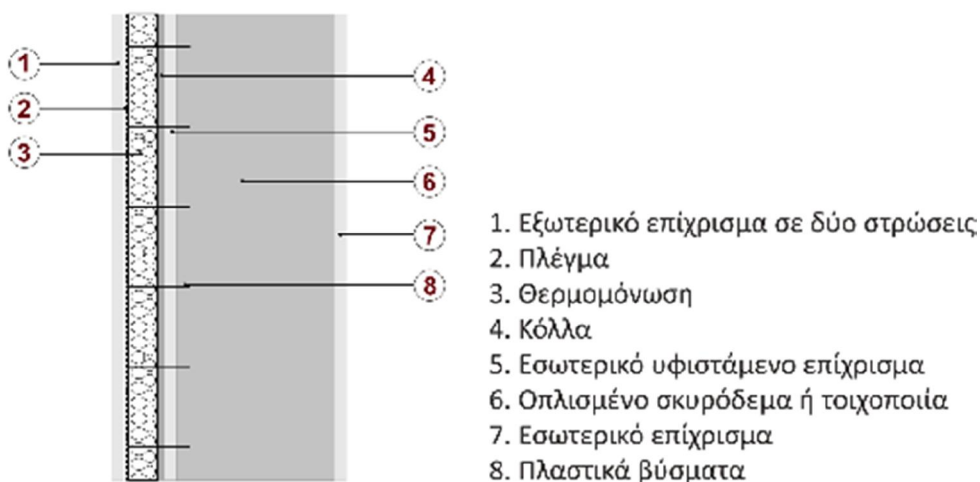
Τα εξωτερικά τοιχώματα, που υπόκεινται σε μια σειρά επιδράσεων και τα οποία ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους, προκαλούν μεγάλες θερμικές απώλειες. Η προστασία των εξωτερικών τοιχωμάτων μπορεί να γίνει εσωτερικά ή εξωτερικά, ανάλογα με τη χρήση των χώρων που προστατεύουν και το βασικό μέρος της δομής τους. Υπάρχουν επίσης περιπτώσεις τοιχωμάτων στις οποίες η θερμική μόνωση τοποθετείται ανάμεσα σε δυο κατακόρυφα στρώματα ομοιογενών ή ανομοιογενών υλικών και είναι σχετικά απλή λύση η οποία όμως, όπως και οι προηγούμενες, έχει και πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Γενικά σε όλες τις περιπτώσεις πλευρικών εξωτερικών τοιχωμάτων παίρνονται μέτρα για:

- Προστασία του θερμομονωτικού υλικού από συμπύκνωση και δρόσο, με φράγμα υδρατμών.
- Παρεμπόδιση της διείσδυσης νερών βροχής, που θα έχει ως συνέπεια την πρόκληση ανεπανόρθωτης ζημιάς στο θερμομονωτικό υλικό, και
- Αποφυγή της δημιουργίας θερμογεφυρών που αυξάνουν τις θερμικές απώλειες και δημιουργούν θερμικές τάσεις στα επιμέρους υλικά που συνθέτουν την κατασκευή.

- Επιπλέον πρέπει να αποφεύγεται η διάτρηση των εξωτερικών τοιχωμάτων για να περάσουν σωληνώσεις εγκαταστάσεων ή άλλου είδους κατασκευές. Όπου αυτό είναι απαραίτητο, τότε επιβάλλεται ιδιαίτερη μέριμνα για την προστασία των ευάλωτων αυτών στοιχείων, τόσο από τη θερμότητα όσο και από την υγρασία.

Η θερμομόνωση τοποθετείται σε κτίρια στα οποία δεν μας ενδιαφέρει η άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανσης/ψύξης, ενώ μας ενδιαφέρει η απόδοση θερμότητας από τα δομικά στοιχεία και μετά τη διακοπή του κλιματισμού, δηλαδή σε κατοικίες μόνιμης διαμονής, νοσοκομεία κ.λπ. Η χρήση της σε υφιστάμενα μη θερμομονωμένα κτίρια πρέπει να γίνεται με προσοχή, λόγω δυσκολίας κατασκευής, υψηλού κόστους και αύξησης περιμέτρου του κτιρίου που μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα συντελεστή δόμησης.

Η εξωτερική θερμομόνωση εφαρμόζεται ως ένας συνδυασμός θερμομονωτικού υλικού επικολλημένου σε ολόκληρη την εξωτερική επιφάνεια της τοιχοποιίας του κτιρίου χωρίς κενά και επιχρίσματος που εφαρμόζεται επάνω στην θερμομονωτική στρώση. Είναι ένα σύστημα από διάφορα υλικά και εξαρτήματα τα οποία συνεργάζονται μεταξύ τους και ονομάζονται Εξωτερικά Θερμομονωτικά Σύνθετα Συστήματα (ETICS).



*Σειρά εργασιών:*

- 1) Αλφαδιάζεται – επιπεδώνεται ο εξωτερικός τοίχος με ράμματα.
- 2) Τοποθετούνται οι μαρμαροποδιές των παραθύρων καθώς θα πρέπει να προεξέχουν της τελικής επιφάνειας του συστήματος.
- 3) Ορίζεται στη βάση του τοίχου, (συνήθως 50 εκατοστά ύψος από αυτή) είτε με ράμμα είτε με ειδικό μεταλλικό τεμάχιο, οριζόντιος οδηγός ο οποίος πρέπει να είναι απολύτως κάθετος προς τις κάθετες ακμές-γωνίες του κτιρίου.
- 4) Επικολλώνται οι θερμομονωτικές πλάκες από πολυστερίνη ή άλλο θερμομονωτικό υλικό τοποθετημένες έτσι ώστε το μεγαλύτερο μήκος τους να αναπτύσσεται οριζόντια (δηλαδή παράλληλα με το έδαφος) παίρνοντας



ως βάση έναρξης τον οριζόντιο οδηγό. Οι πλάκες αυτές είναι σημαντικό να διασταυρώνονται έτσι ώστε να συμπίπτουν οι κάθετες απολήξεις τους με τις κάθετες απολήξεις των θερμομονωτικών πλακών της από κάτω σειρά. Ότι ακριβώς δηλαδή προσέχουμε και όταν χτίζουμε τούβλα. Ειδικά στη βάση, κάτω από τον οδηγό η πυκνότητα του θερμομονωτικού υλικού αυξάνεται (ή ακόμη αλλάζει σε ορισμένες περιπτώσεις και το ίδιο το υλικό) ώστε να αποφευχθεί μελλοντικά εμφάνιση ανερχόμενης υγρασίας.

5) Ανάλογα με το ύψος της τοιχοποιίας αλλά και το αν αυτή είναι οπτοπλινθοδομή, από σκυρόδεμα ή από τσιμεντοσανίδα, οι θερμομονωτικές πλάκες πακτώνονται με ειδικά βύσματα ώστε να εξασφαλίζεται πρόσθετη μηχανική στερέωση.

6) Πληρώνονται τα κενά ανάμεσα στους αρμούς των θερμομονωτικών φύλλων ή στην επαφή που αυτά έχουν με στοιχεία που διακόπτουν τη συνέχεια της επιφάνειας και κατόπιν τρίβονται όλα τα σημεία που εξέχουν από τα θερμομονωτικά φύλλα έτσι ώστε να εξασφαλισθεί επίπεδη επιφάνεια χωρίς ανωμαλίες (καμπύλες ή ακμές)

7) Τοποθετούνται τα γωνιόκρανα και οι νεροσταλάκτες με το αρχικό υλικό επιχρίσματος ώστε να διαμορφωθεί το πλαίσιο μέσα στο οποίο θα εφαρμοσθεί το ειδικό επίχρισμα και ενισχύονται με ορθογώνια τεμάχια υαλοπλέγματος, η νοητή προέκταση των διαγωνίων των παραθύρων και των εξωτερικών θυρών.

8) Ακολουθεί διάστρωση με οδοντωτή σπάτουλα (υπό γωνία 45 μοιρών) ώστε να προσδιορίζεται το πάχος της στρώσης, μία πρώτη στρώση επιχρίσματος καλύπτοντας την πολυστερίνη (η οποία σημειωτέον πρέπει να έχει προηγουμένως καθαρισθεί από υπολείμματα λόγω του τριψίματος που προηγήθηκε). Η έναρξη διάστρωσης του επιχρίσματος γίνεται ξεκινώντας τώρα από την οροφή και καταλήγοντας προς τα κάτω.

9) Με νωπό και μαλακό ακόμα το επίχρισμα τοποθετούμε το υαλόπλεγμα (καρέ 4X4 mm) βυθίζοντάς το μέσα στο επίχρισμα με την ίσια πλευρά της σπάτουλας, αποφεύγοντας να δημιουργήσουμε ζάρες ή φούσκες (σημεία δηλαδή όπου δε θα έχει καλυφθεί από το επίχρισμα).

10) Μετά τη σκλήρυνση του πρώτου στρώματος ακολουθεί η τελική στρώση οποία μπορεί να πάρει ειδική υφή ανάλογα με τη διάμετρο του χαλαζιακού του κόκκου αλλά και την τεχνοτροπία που θα επιλέξει ο αρχιτέκτονας ή ο ιδιοκτήτης του έργου.

#### **2.3.4.1 Περιγραφή δομικών στοιχείων**

##### **❖ ΜΟΝΩΣΗ**

Οι θερμικές απώλειες μέσα από ένα κτίριο προκαλούνται από τη μετάδοση θερμότητας του αέρα ενός εσωτερικού χώρου προς την ατμόσφαιρα ή προς ψυχρότερους γειτονικούς χώρους ή/και αντίστροφα. Με τη θερμομόνωση ενός κτιρίου επιδιώκεται να μειωθεί ο χρόνος (ταχύτητα) ανταλλαγής της θερμότητας μέσα από τα τοιχώματα.

## ❖ ΒΥΣΜΑΤΑ

Τα βύσματα τοποθετούνται με βάθος αγκύρωσης τα 4cm και προστατεύουν το δομικό σύστημα από σεισμούς και ανεμοπιέσεις ,ανάλογα με τις προδιαγραφές του υλικού επικόλλησης τα βύσματα τοποθετούνται πάνω από κάποιο υψόμετρο (6-10 μέτρα) (συστήνεται η χρήση των βυσμάτων σε όλη την έκταση του συστήματος).

Σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν σαθρά υπόβαθρα (π.χ παλαιοί σοβάδες) γίνεται προσπάθεια να μπουν τα βύσματα σε μεγαλύτερο βάθος αγκύρωσης για μεγαλύτερη σταθερότητα.

## ❖ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Η Διογκωμένη Πολυστερίνη (EPS) χρησιμοποιείται στην **δόμηση**, εξαιτίας των ιδιοτήτων του ως ελαφρύ και θερμομονωτικό υλικό, με εξαιρετικές αντοχές.

Οι εξαιρετικές ιδιότητες του Διογκωμένου Πολυστυρενίου (EPS) και η αντίστασή του στην υγρασία, στην αποσύνθεση και στους μύκητες, το καθιστά ως ένα εξαιρετικό υλικό, με μακροχρόνια απόδοση και σε εφαρμογές **θεμελίωσης**.

Τα υαλοπλέγματα τοποθετούνται μέσα στους σοβάδες/επιχρίσματα πρώτιστα για να τους προσδώσουν αντοχή σε εφελκυσμό έτσι ώστε να μην δημιουργούνται ρωγμές από τις μετακινήσεις των υποστρώματων, και ειδικότερα εκεί όπου συναντώνται δύο διαφορετικά είδη υποστρώματος.

Επίσης προστατεύουν από εξωτερικούς παράγοντες και κύρια από τις θερμοκρασιακές μεταβολές.

Εκτός από αντοχή σε εφελκυσμό το υαλόπλεγμα δίνει αντοχή σε κρούση, πράγμα που ενδιαφέρει ιδιαίτερα στα συστήματα θερμοπρόσοψης.

### **2.3.4.2 Επιχρίσματα**

Στην περίπτωση της εξωτερικής θερμομόνωσης θα πρέπει να χρησιμοποιούνται υλικά που συνεργάζονται καλά με το επίχρισμα.

Τα επιχρίσματα της εξωτερικής θερμομόνωσης είναι ειδικά, ρητινούχα επιχρίσματα οπλισμένα με πλέγμα σε όλη την επιφάνεια και εφαρμόζονται σε μικρά πάχη. Συνήθως απαιτούνται 2 στρώσεις που συνολικά δεν ξεπερνούν τα 8mm.

Η δεύτερη στρώση επιχρίσματος μπορεί να είναι έγχρωμη η λευκή και να βάφεται εκ των υστέρων, καθώς και να έχει διάφορες τεχνολογίες σε διάφορες κοκκομετρίες ή να είναι λεία.

### 2.3.4.3 Ενεργειακή Συμπεριφορά Κατασκευής

#### A. ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ U-VALUE

πορώδεις αργιλικοί λίθοι:

(Βλέπε κεφάλαιο 2.3.4.3 Ενεργειακή συμπεριφορά παράγραφος A. θερμοπερατότητα **u value** ,)

Διογκωμένη πολυστερίνη<sup>23</sup>:

- Ειδικό βάρος : 23,5Kg/m<sup>3</sup>
- Ενσωματωμένη ενέργεια: 88,6 MJ/KG
- Εκπομπές CO<sub>2</sub>: 3,29 KgCO<sub>2</sub>/Kg

#### B. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ

Πορώδεις αργιλικοί λίθοι

(Βλέπε κεφάλαιο 2.3.4.3 Ενεργειακή συμπεριφορά , παράγραφος B. ενεργειακό αποτύπωμα)

Η διογκωμένη πολυστερίνη (Expanded Polystyrene - EPS) προσφέρει αφ' ενός μεν, μία αποτελεσματική χρήση των πόρων, αφ' ετέρου δε, μικρό αντίκτυπο στο περιβάλλον καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής της. Δεν είναι τοξική και είναι εντελώς αδρανής, ενώ δεν περιέχει υδροχλωροφθοράνθρακες .

Επιπλέον μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας ως πρώτη ύλη για την παραγωγή νέων EPS. Μπορεί να λιωθεί και να συμπιεστεί με σκοπό να δημιουργηθεί συμπαγής πολυστερίνη και να φτιαχτούν πολλά άλλα αντικείμενα, που χρησιμοποιούμε στην καθημερινότητα μας( πχ. γλάστρες , κρεμάστρες κ.λπ.).

Το πιο σημαντικό είναι πως η παραγωγή της διογκωμένης πολυστερίνης καταναλώνει πολύ λίγη ενέργεια σε σύγκριση με άλλα μονωτικά υλικά λόγω της πλήρους ανακυκλωσιμότητας της.

### 2.3.4.4 Εξοικονόμηση ενέργειας –Κόστος Κατασκευής

➤ Ένα τέτοιο σύστημα έχει ένα κόστος περίπου 40 ευρώ ανά τετραγωνικό μέτρο και μέσο χρόνο απόσβεσης από την εξοικονόμηση ενέργειας και μόνο, τα 4- 6 έτη.

Ακόμη με βάση μελέτες από έγκυρα πανεπιστήμια και κρατικούς φορείς η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιριακού κελύφους μπορεί να επιφέρει μέχρι και 60% μείωση του κόστους για τον κλιματισμό, ανάλογα με την κλιματολογική ζώνη και την χρήση του κτιρίου.

Όσο καλύτερη είναι η θερμομόνωση, τόσο γρηγορότερη η απόσβεση της επένδυσης και τόσο μεγαλύτερη η ανεξαρτησία από τις μεταβολές του κόστους ενέργειας.

➤ Κόστος κατασκευής , βλέπε αντίστοιχο προηγούμενο κεφάλαιο 2.3.34

### 2.3.4.5 Θερμική άνεση και κλίμα

Εξασφαλίζοντας την μείωση κατανάλωσης 45-60% ρεύματος για δροσισμό το καλοκαίρι και πετρελαίου για θέρμανση το χειμώνα, αναβαθμίζοντας ταυτόχρονα την θερμική άνεση του χώρου και την ποιότητα της ζωής των ενοίκων. Διατηρεί σταθερή τη θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα μετά το σβήσιμο των συστημάτων θέρμανσης και δροσισμού και αυξάνει τη διαφορά θερμοκρασίας του εσωτερικού με τον εξωτερικό χώρο. Βασική προϋπόθεση για την επίτευξη θερμικής άνεσης και εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα κτίριο, είναι να θερμομονωθεί το εξωτερικό περίβλημα σε όλη του την επιφάνεια, χωρίς διακοπές και με ισοδύναμη θερμομονωτική απόδοση όλων των επιμέρους στοιχείων του. Στην πράξη, ο τρόπος εφαρμογής της θερμομόνωσης στοιχείων από σκυρόδεμα μπορεί να αποδειχθεί δύσκολος και περίπλοκος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα συχνά να παραμένουν αμόνωτα υποστυλώματα, τοιχία, δοκοί, σενάζ και πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος. Δεδομένου ότι οι θερμικές απώλειες στοιχείων από σκυρόδεμα είναι τετραπλάσιες περίπου από αυτές στοιχείων ίσου πάχους διάτρητων τούβλων, τονίζεται η σημασία που πρέπει να δοθεί στον περιορισμό της θερμοδιαφυγής από τα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος του κτηρίου.

### 2.3.4.6 Επίπεδο συντήρησης-Χρόνος υλοποίησης

Βλέπε αντίστοιχο προηγούμενο κεφάλαιο 2.3.3.6

### 2.3.4.7 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα μεθόδου

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Εκμεταλλεύεται τη θερμοχωρητικότητα της τοιχοποιίας.	Καθυστερεί την αρχική θέρμανση του χώρου.
Διατηρεί για αρκετό διάστημα, που εξαρτάται από τη θερμοχωρητικότητα των τοίχων, τη θερμοκρασία του χώρου μετά τη διακοπή λειτουργίας των θερμαντικών σωμάτων	Ενέχει τον κίνδυνο ρηγματώσεων, αν η εφαρμογή δε γίνει από εξειδικευμένο συνεργείο σύμφωνα με τις οδηγίες της κάθε εταιρείας της οποίας το σύστημα εφαρμόζεται.
Μειώνει στο ελάχιστο την πιθανότητα σχηματισμού θερμογεφυρών οι οποίες αυξάνουν τις απώλειες θερμότητας κατά ακόμη και 25% αν συμπεριληφθούν στη μελέτη θερμομόνωσης (πλέον μελέτη ενεργειακής απόδοσης βάσει KENAK).	Μεγαλύτερο αρχικό κόστος επένδυσης
Προστατεύει την τοιχοποιία από τις μεταβολές της εξωτερικής θερμοκρασίας	Μικρή αντοχή σε εφελκυσμό
Μειώνει στο ελάχιστο τον κίνδυνο σχηματισμού υγρασίας συμπύκνωσης	
Αποτρέπει τις ζημιές από υγρασία και παγωνιά σε σωληνώσεις ύδρευσης	
Διευκολύνει τη διαμόρφωση έντονων αρχιτεκτονικών στοιχείων στο κτίριο, αφού αυτά δημιουργούνται με το θερμομονωτικό υλικό.	

### 2.3.5 Στέγη

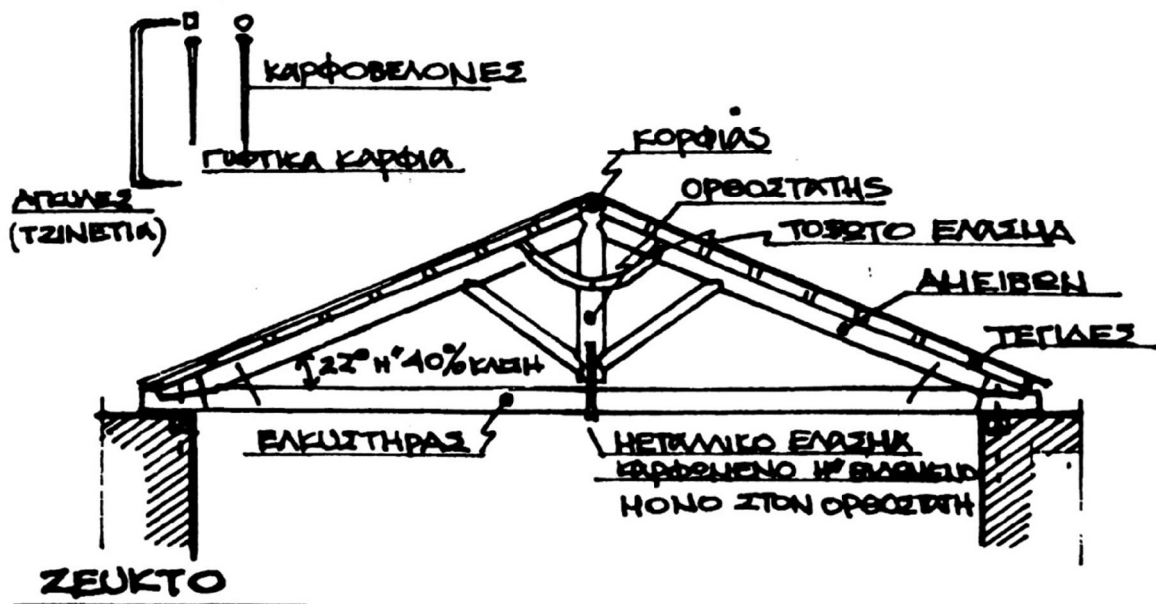
Οι στέγες από φέρουσα τοιχοποιία αποτελούνται συνήθως από ξύλινα ζευκτά ανά αποστάσεις 0.8 έως 2.0 m με τεγίδες, σανίδωμα και επικάλυψη. Τα ζευκτά εδράζονται στο κορυφαίο διάζωμα των φερουσών τοιχοποιιών ή σε ξύλινες δοκούς ενσωματωμένες κατά μήκος της στέγης των τοίχων. Η εγκάρσια σύνδεση των ζευκτών εξασφαλίζεται μέσω εγκάρσιων συνδέσμων σε κατακόρυφα επίπεδα, καθώς και μέσω ξύλινων τεγίδων ή και του σανιδώματος.

Σε περίπτωση ορθογωνικής κάτοψης με δίκλινη στέγη τα ζευκτά τοποθετούνται παράλληλα προς τη μικρή διάσταση του κτιρίου.

Σε περίπτωση περίπου τετραγωνικής κάτοψης, καθώς και στα άκρα τετράκλιων στεγών επί ορθογωνικών κατόψεων, διαμορφώνονται διασταυρούμενα ημίζευκτα με κεντρικό ή κεντρικούς ορθοστάτες.

Ενώ στην πιο συνηθισμένη περίπτωση ακανόνιστης κάτοψης με προεξέχουσες πτέρυγες η στέγη προκύπτει ακανόνιστης μορφής.

Το πιο σημαντικό στην δημιουργία της στέγης είναι η επαρκής και ισχυρή σύνδεση των ζευκτών ή οποία σε συνεργασία με μια γερή τοιχοποιία, συνθέτουν μια ασφαλή κατασκευή.



Ξύλινο ζευκτό <http://rizosdimitris.blogspot.gr/2012/01/blog-post.html>

### 2.3.6 Πυροπροστασία<sup>32</sup>

Το μπετόν έχει αρκετά καλή πυροπροστασία και αντιστέκεται περισσότερο χρόνο από το μέταλλο και το ξύλο στη φωτιά. Το μέταλλο για να αποκτήσει πυροπροστασία χρειάζεται πρόνοια στη μελέτη και κατά την κατασκευή τοποθετούνται επιπρόσθετα υλικά όπως για παράδειγμα ο πετροβάμβακας και η γυψοσανίδα.<sup>29</sup>

Τα ισχυρά σκυροδέματα μιας συνήθους κατασκευής σε θερμοκρασίες έως και 400° C , δεν υφίστανται σημαντική μείωση της αντοχής τους. Σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από τους 400° C παρατηρείται μείωση της αντοχής του σκυροδέματος καθώς αλλάζει η σύσταση του , δεδομένης της υψηλής θερμοκρασίας και της συμμετοχή του νερού κατά την κατάσβεση.

Οι τοιχοποιίες που είναι φτιαγμένες με οπτόπλινθους είναι ανθεκτικοί στη φωτιά , με μοναδικό πλήγμα την καταστροφή του επιχρίσματος.

## 2.4 Μεταλλικές Κατασκευές

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ<sup>17</sup>

Η βιομηχανική παραγωγή του σιδήρου και η χρήση του ως δομικού υλικού άρχισε τον 18ο αιώνα μ.Χ. με σημαντικά έργα, όπως είναι η κατασκευή γέφυρας μήκους 31 μέτρων από χυτοσίδηρο στον ποταμό Severn της Αγγλίας το 1779, η κατασκευή της γέφυρας Port des Arts από χυτοσίδηρο στο Παρίσι το 1809, κατασκευή της γέφυρας Britannia μήκους 140 μέτρων στον Καναδά το 1845 και άλλα.

Ο χάλυβας, λοιπόν, άρχισε να βρίσκει ένα πολύ μεγάλο φάσμα εφαρμογών. Πιο συγκεκριμένα, στον τομέα των κατασκευών και ειδικότερα στις κατασκευές κτιρίων, έδωσε λύσεις όπου υπήρχε ανάγκη για μεγάλα ανοίγματα χωρίς εσωτερικές κολώνες στήριξης.

Όταν ένα σπίτι χτίζεται με τρόπο που έχει ως βάση το μέταλλο ο φέρων οργανισμός και η στέγαση αποτελούνται από μεταλλικές κατασκευές. Οι τοίχοι πλήρωσης μπορεί να αποτελούνται από οπτόπλινθους, τσιμεντοσανίδες ,πάνελ κ.ο.κ. Ο τρόπος αυτός είναι οικονομικός και η διαδικασία κατασκευής σύντομη.

#### 2.4.1 Στοιχεία φέροντος οργανισμού

Τα τυπικά μεταλλικά κτίρια, ως φιλοσοφία κατασκευής δεν διαφέρουν από οποιοδήποτε άλλο δομικό σύστημα που ξέρουμε. Έτσι υπάρχουν υποστυλώματα (κολώνες), δοκοί (δοκάρια) και επιφανειακοί φορείς (πλάκες), υπεύθυνα για να φέρουν και να διανέμουν τα φορτία κατάλληλα αλλά και να αντέχουν σε ατυχηματικές καταπονήσεις (σεισμοί , άνεμος κλπ). Αυτά τα στοιχεία απαρτίζονται συνήθως από τυποποιημένες διατομές

σιδήρου (όπως κοίλοδοκοί, σωλήνες, διπλά ταυ, γωνιές, πι, κλπ ) οι οποίες ονομάζονται πρότυπες διατομές, ενώ σπανιότερα συναντάμε συγκολλητές διατομές, οι οποίες παράγονται ειδικά για κάποια κατασκευή.

## ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

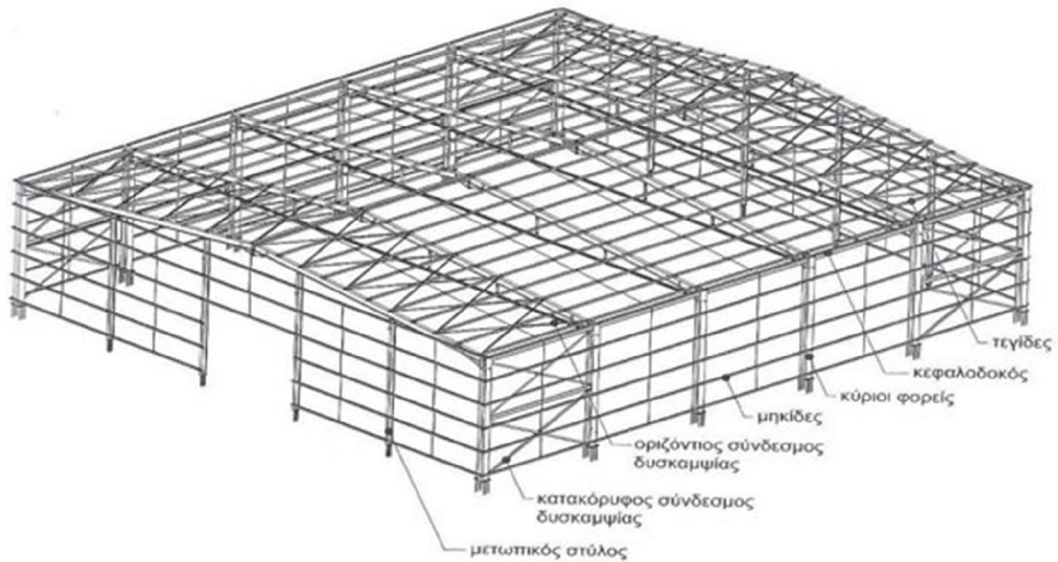
Η πιο κλασικές τοιχοποιίες σε μια μεταλλική κατασκευή γίνονται με τρισδιάστατο δομικό πλέγμα και ενσωματωμένη μόνωση 3Δ πάνελ, με πλάκες OSB με την μέθοδο της ξηράς δόμησης κ.α. Οι τοιχοποιίες στην μεταλλική κατασκευή μπορεί να είναι συμβατικές με σενάζ. Οι εξωτερικές τοιχοποιίες είναι μπατικές τοποθετημένες εκατέρωθεν των υποστυλωμάτων και των κατακόρυφων συνδέσμων ώστε να παρέχουν και πυροπροστασία. Μια συνηθισμένη λύση είναι οι αγκυρωμένες τοιχοποιίες των οποίων η πλευρική στήριξη εξασφαλίζεται από πυκνούς ορθοστάτες μέσω κατάλληλων αγκυρίων. Οι ορθοστάτες αποτελούνται από γαλβανισμένες διατομές C ψυχρής διαμόρφωσης , ενώ τα αγκύρια βιδώνονται στους ορθοστάτες και ενσωματώνονται στους αρμούς του τοίχου.

## ΜΟΝΩΣΗ

Η **θερμική** προστασία του κελύφους εξασφαλίζεται, κυρίως, με τη χρήση κατάλληλων δομικών και μονωτικών υλικών για την επαρκή θερμομόνωση του κτιρίου, την αποφυγή θερμογεφυρών, τη χρήση επιχρισμάτων και χρωματισμών ψυχρών βαφών μεγάλης ανακλαστικότητας για τις προσήλιες τους θερινούς μήνες εξωτερικές επιφάνειες τοίχων και ταρατσών, τη χρήση διπλών υαλοπινάκων και αεροστεγών κουφωμάτων για τον περιορισμό των σημαντικότερων απωλειών των ανοιγμάτων και τέλος την φύτευση των δωματίων όπου αυτό είναι εφικτό.

αντισεισμικότητα κλπ).

Τα μονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται συχνά είναι ο υαλοβάμβακας , ο πετροβάμβακας και η εξηλασμένη πολυστερίνη.



Στοιχεία φέροντος οργανισμού τυπικού μεταλλικού μονοόροφου κτιρίου

### 2.4.1.1 Φέρουσα κατασκευή

#### A. ΔΟΚΑΡΙΑ- ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ<sup>26</sup>



κοιλοδοκοί ορθογώνιας διατομής <http://primpa.gr/themeliosi-skyrodesi/sidiros-xalyvas.html>

#### Οι τεγίδες:

Είναι οι δοκοί που μεταβιβάζουν το ίδιο βάρος της επικάλυψης της στέγης καθώς και τα φορτία που μπορεί να συμμετέχουν ( π.χ. λόγω χιονιού) στα ζευκτά. Ο κύριος ρόλος των τεγίδων στο μεταλλικό κτίριο είναι η μεταφορά των δράσεων από τα φύλλα επικάλυψης στους κύριους φορείς. Σε δεύτερο ρόλο χρησιμεύουν και ως



στοιχεία που συμμετέχουν στους οριζόντιους σύνδεσμούς δυσκαμψίας και προσφέρουν στήριξη στα ζυγώματα. Συνήθως είναι φτιαγμένες από χάλυβα.



διατομή τύπου z ([www.viemetal.gr](http://www.viemetal.gr))



Διατομή τύπου c ([www.viemetal.gr](http://www.viemetal.gr))

#### Οι μηκίδες:

Είναι οριζόντιες δοκοί που τοποθετούνται ανά ορισμένες αποστάσεις σε όλες τις όψεις του κτιρίου, γεφυρώνοντας τις αποστάσεις μεταξύ των υποστυλωμάτων (πλαισιακών και μετωπικών) και δέχονται τα φύλλα πλευρικής επένδυσης της κατασκευής. Γενικά έχουν τετραπλό ρόλο:

- i. Αποτελούν μέσα σύνδεσης των στύλων των παράλληλων ζευκτών αλλά και των δυο στύλων του πρώτου και τελευταίου κύριου φορέα.
- ii. Αποτελούν βάση στήριξης της κατακόρυφης περιμετρική επικάλυψης
- iii. Παραλαμβάνουν όλα τα φορτία της πλευρικής επικάλυψης και τα μεταβιβάζουν στους στύλους των κυρίων φορέων
- iv. Είναι σημαντικά στοιχεία οικονομίας του έργου καθώς μαζί με τις τεγίδες αποτελούν το 30%-40% του συνολικού βάρους του φορέα.

### Οι μετωπικοί στύλοι:

Οι μετωπικοί στύλοι παρέχουν στήριξη στις μηκίδες . Κατά συνέπεια η αποστάσεις μεταξύ τους συνδέονται άμεσα με το άνοιγμα που μπορούν να γεφυρώσουν έπειτα από την τοποθέτηση των μηκίδων. Επίσης η τοποθέτηση των μετωπικών στύλων εξαρτάται τόσο από την τοποθέτηση των τεγίδων , όσο και από τα ανοίγματα που πρόκειται να διαμορφωθούν στην όψη.

### Η κεφαλοδοκός:

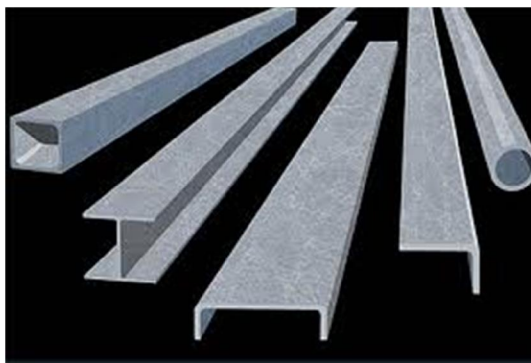
Η κεφαλοδοκός είναι ένα οριζόντιο γραμμικό στοιχείο που συνδέει τις κεφαλές των υποστυλωμάτων και διατρέχει το μήκος του κτιρίου κατά την κάθετη διεύθυνση προς τα επίπεδα των κύριων φορέων.

### Οι συνδέσεις:

Η σύνδεση των στοιχείων του συνόλου του φορέα μιας μεταλλικής κατασκευής επιτυγχάνεται με , επιμέρους προκατασκευασμένα τμήματα.

Τα πλαίσια αποτελούνται από δοκούς και υποστυλώματα που συνήθως έχουν διατομή μορφής Η ή Ι και συνδέονται μεταξύ τους μέσω συνδέσεων. Υπάρχουν δυο είδη συνδέσεων :

- Συνδέσεις με μηχανικά μέσα, κοχλίες, ήλους, πείρους, κ.λπ.
- Συνδέσεις με συγκόλληση



Πρότυπες και συγκολλητές μεταλλικές διατομές ([www.ananas.gr](http://www.ananas.gr) )

## **B. ΠΛΑΚΕΣ**

Η βάση του σπιτιού γίνεται με οπλισμένο σκυρόδεμα ακριβώς όπως γίνεται και στις συμβατικές κατασκευές , με την διαφορά ότι ο σκελετός που είναι μεταλλικός κατασκευάζεται επί τόπου.

(Αναλυτικά βλέπε κεφάλαιο 2.3.1.1 φέρουσα κατασκευή παράγραφος Β.ΠΛΑΚΕΣ)

#### 2.4.1.2 Μηχανικές ιδιότητες

Οι μηχανικές ιδιότητες των μεταλλικών κατασκευών , είναι συνυφασμένες με τις μηχανικές ιδιότητες των υλικών που συμμετέχουν σε αυτές τα οποία είναι κατά κύριο λόγο χάλυβινα.

Οι μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα αναλύονται σε επόμενο κεφάλαιο.

(βλέπε 2.5.1.2 Μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα).

#### 2.4.2 Θεμελίωση<sup>13</sup>

Το στοιχείο το οποίο χαρακτηρίζει τα θεμέλια (πέδιλα) των μονώροφων κτιρίων από χάλυβα είναι το σχετικά μικρό κατακόρυφο φορτίο , το οποίο καταλήγει στην έδραση των υποστυλωμάτων (λόγω του μικρού ίδιου βάρους της κατασκευής συγκριτικά με μια συμβατική κατασκευή από σκυρόδεμα σε σχέση με τα μεγάλα οριζόντια φορτία , με αποτέλεσμα να υπάρχει κίνδυνος ανατροπής του θεμελίου.

Για την αύξηση των κατακόρυφων φορτίων και την ενίσχυση της ευστάθειας των θεμελίων , τα τελευταία κατασκευάζονται με σημαντικό όγκο σκυροδέματος, σε μορφή ορθογωνίου παραλληλεπίπεδου και κεντρικά ως προς το υποστύλωμα. Συνδετήριες δοκοί κατασκευάζονται πάντοτε κατά την διεύθυνση των μικρότερων αποστάσεων μεταξύ των θεμελίων. Δεν κατασκευάζονται συνδετήριες δοκοί κατά την διεύθυνση του ανοίγματος των κύριων φορέων επειδή λόγω του μεγάλου μήκους τους δεν θα είχαν την δυνατότητα μεταφοράς οριζόντιων θλιπτικών δυνάμεων.

Για την έδραση των υποστυλωμάτων συνήθως μεσολαβεί μεταξύ αυτών και των θεμελίων μια μεταλλική πλάκα έδρασης η οποία συνδέεται κοχλιωτά (δηλαδή βιδώνεται) με αγκύρια τα οποία έχουν ενσωματωθεί με το θεμέλιο κατά την σκυροδέτηση. Ο αριθμός και η θέση των αγκυρίων διαφέρουν ανάλογα με τον επιθυμητό τύπο έδρασης. Στην περίπτωση αρθρωτής σύνδεσης στην βάση του στύλου , τέσσερα αγκύρια τοποθετούνται εκατέρωθεν του κορμού του υποστυλώματος μέσα στο νοητό ορθογώνιο που περιβάλλει την διατομή. Η πάκτωση των υποστυλωμάτων στην βάση τους είναι μια πολύπλοκη διαδικασία και επιλέγεται μόνο στις περιπτώσεις όπου επιθυμείται η μείωση των παραμορφώσεων ώστε να πληρούνται οι απαιτήσεις των ελέγχων λειτουργικότητας. Στην περίπτωση αυτή τα αγκύρια διατάσσονται εκτός των πελμάτων της διατομής , προκειμένου να αναπτυχθούν τα αναγκαία και απαραίτητα ζεύγη δυνάμεων που θα παραλάβουν την αναπτυσσόμενη ροπή στήριξης. Για την αποφυγή κατασκευής πλάκας έδρασης μεγάλου πάχους τοποθετούνται νευρώσεις ενίσχυσης σε έναν η και στους δυο άξονες της διατομής.

\*ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Δεδομένου ότι ο μεταλλικός σκελετός είναι ελαφρύτερος από έναν σκελετό τσιμέντου, οι απαιτήσεις θεμελίωσης είναι μικρότερες. Το κέρδος είναι διπλό, μια και οι μικρότερες θεμελιώσεις δίνουν μικρότερο κόστος στα σκυροδέματα αλλά και στις εκσκαφές.



Θεμελίωση αποκλειστικά με χάλυβα <http://primpa.gr/themeliosi-skyrodesi/sidiros-xalyvas.html>

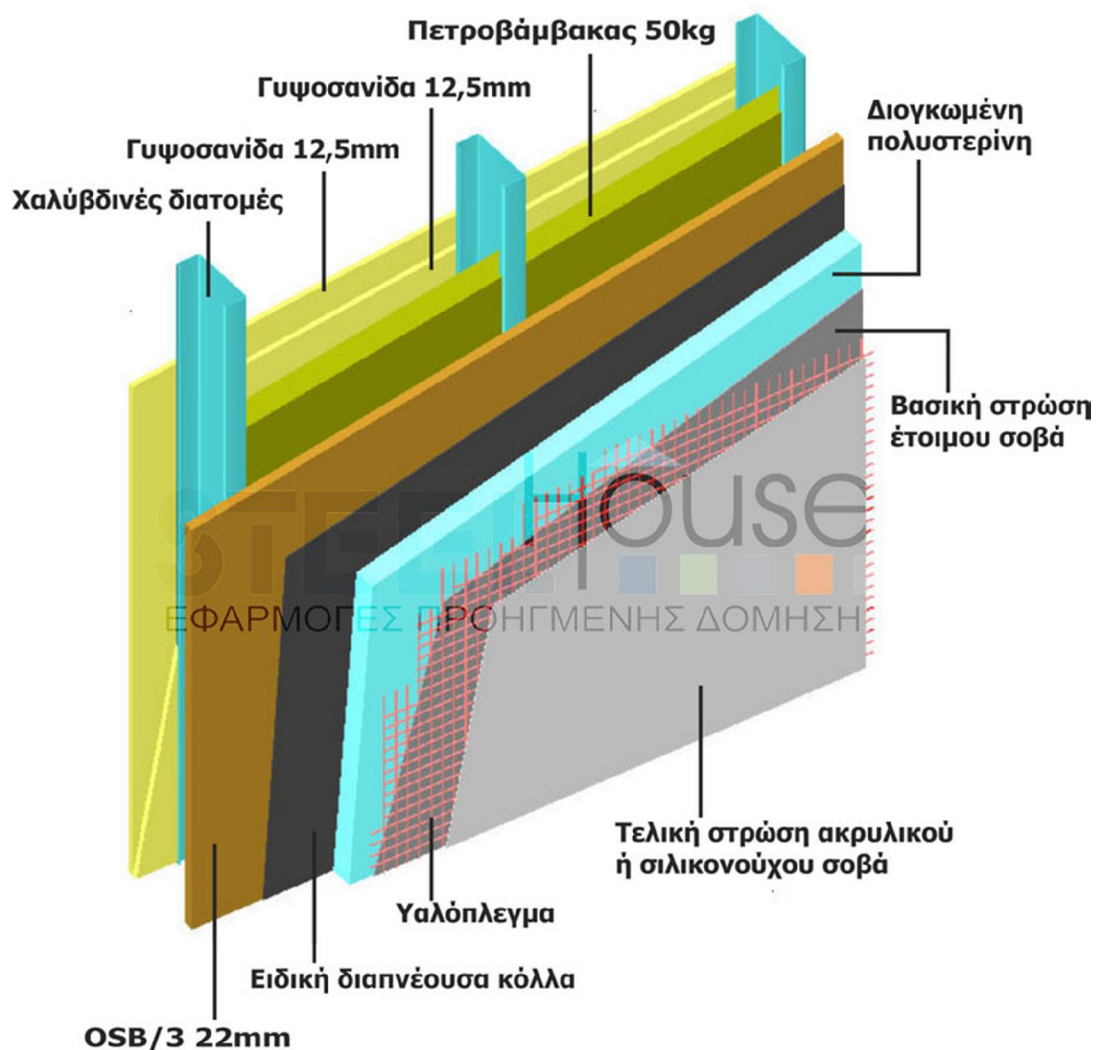
### 2.4.3 Τοιχοποιία με το σύστημα της ξηράς δόμησης (ΤΥΠΟΣ Α)

Η ιστορία της ξηράς δόμησης, ξεκινάει από την δεκαετία του '50 στην Αμερική, όπου πρώτα εφαρμόστηκε και αποτελεί τον πιο δημοφιλή τρόπο κατασκευής κτιρίων. Στην Ελλάδα έχει μια 20ετή παρουσία και βρίσκεται σήμερα σε ένα επίπεδο αλματώδους ανάπτυξης, γιατί κατάφερε να πείσει στην πράξη τους κατασκευαστές για τα πλεονεκτήματα που προσφέρει.

Με τον όρο ξηρά δόμηση ονομάζουμε την κατασκευή κτιρίων χωρίς την χρήση των παραδοσιακών υλικών (σκυρόδεμα, τούβλα, τσιμέντο, άμμο, ασβέστη κ.α.), αλλά με την βοήθεια τυποποιημένων προϊόντων νέας τεχνολογίας (γυψοσανίδες, τσιμεντοσανίδες, ορυκτές ίνες).

Η μέθοδος της ξηράς δόμησης είναι ιδιαίτερα αξιοποιήσιμη στα κτίρια που φέρουν μεταλλικό σκελετό. τα προϊόντα που συνθέτουν την κατασκευή τοποθετούνται στον σκελετό με την βοήθεια συστημάτων στήριξης και δίνουν έπειτα μετά το σχετικό φινίρισμα μια λεία επιφάνεια έτοιμη για βάψιμο, επικόλλησης ταπετσαρίας ή τοποθέτηση πλακιδίων.

Σε χώρες της Αμερικής και της κεντρικής Ευρώπης, ακόμη και ο φέρων οργανισμός(σκελετός οικοδομής) είναι μεταλλική ή άλλη σύνθετη κατασκευή που δεν χρησιμοποιεί οπλισμένο σκυρόδεμα, ενώ στη χώρα μας η ξηρή δόμηση συνήθως εφαρμόζεται μετά την κατασκευή του σκελετού της οικοδομής από οπλισμένο σκυρόδεμα, στο στάδιο της τοιχοποιίας, των επενδύσεων και των ψευδοροφών.



Η διαδοχή των υλικών από το εσωτερικό προς το εξωτερικό (<http://www.steelhouse.gr/el/companymenu/constrsystem.html>)

*Η διαδοχή των υλικών από το εσωτερικό προς το εξωτερικό είναι:*

1. Γυψοσανίδες πάχους 15.0 mm (όπου απαιτείται, χρησιμοποιείται άνθυρη)
2. Χαλύβδινος μεταλλικός σκελετός από λεπτότοιχες διατομές S και U.
3. Μόνωση πετροβάμβακα ανάμεσα στις διατομές του σκελετού.
4. Μοριοσανίδα OSB/3-4 πάχους 12,5mm.
5. Επικάλυψη του OSB/4 με μονωτικό στρώμα.
6. Ειδική διαπνέουσα κόλλα
7. Μόνωση με εξηλασμένη πολυστερίνη πάχους 5 cm (EPS).
8. Επικάλυψη του EPS εξηλασμένης πολυστερίνης με μονωτικό στρώμα. Βασική στρώση έτοιμου σοβά.
9. Υαλόπλεγμα αντιαλκαλικό.
10. Τελική στρώση έτοιμου [σιλικονούχου σοβά](#).
11. Χρωματισμός τοίχων.

12. Εφαρμογή διαφανούς [υδρόφοβης και ελαιόφοβης προστατευτικής ρητίνης](#) (προαιρετικό).

*Σειρά εργασιών<sup>15</sup>:*

**1.Μέτρηση και χάραξη:** Σύμφωνα με το σχέδιο κάτοψης σημειώνεται στο δάπεδο με χρωστικό νήμα (ράμμα) η θέση των εσωτερικών τοίχων. Με τη βοήθεια νήματος στάθμης (ζύγι), χαράζεται και στην οροφή η θέση των τοίχων. Για εύκολη και χωρίς λάθη τοποθέτηση, συνιστάται να σημαδεύονται στο δάπεδο η θέση των ορθοστατών, το πάχος και το είδος της γυψοσανίδας καθώς και τα ανοίγματα πόρτας με ειδικά στένσιλ και ψεκασμό χρώματος. Η χάραξη σε μεγάλα εργοτάξια μπορεί να γίνει γρήγορα με συσκευή ακτινών laser.

**2.Κατασκευή σκελετού:** Οι στρωτήρες και οι ορθοστάτες που είναι τοποθετημένοι περιμετρικά της τοιχοποιίας πρέπει να εφαρμόζουν χωρίς κενά και να σφραγίζονται με αφρώδη αυτοκόλλητη ηχομονωτική ταινία ή κορδόνια ελαστο-πλαστικής ακρυλικής μαστίχης. Η εργασία αυτή πρέπει να γίνεται οπωσδήποτε όταν απαιτείται ηχομόνωση. Τα μεταλλικά προφίλ πρέπει να στερεώνονται με βίδες και βύσματα σ' όλα τα συνορεύοντα δομικά στοιχεία σε αποστάσεις μικρότερες του 1m και το ελάχιστο σε τρία σημεία ανά προφίλ.

**3.Διαμόρφωση ανοιγμάτων τοίχου:** Ανοίγματα στους τοίχους προκύπτουν κατά κανόνα όταν επίκειται τοποθέτηση πόρτας ή υαλοστασίου. Είναι δυνατή η τοποθέτηση όλων των ειδών κασσωμάτων από ξύλο, αλουμίνιο, πλαστικό ή στραντζαριστό χάλυβα.

Οι ορθοστάτες περιμετρικά του ανοίγματος πρέπει να είναι σταθεροί και αντοχής ώστε να φέρουν το φορτίο της πόρτας. Για το λόγο αυτό πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψιν κατά την κατασκευή το πάχος, το ύψος του τοίχου, το βάρος της πόρτας και ο τρόπος χρήσης της.

Ο αρμός των γυψοσανίδων δεν πρέπει να διαμορφώνεται σε συνέχεια του ανοίγματος της πόρτας. Η ένωσή τους πρέπει να γίνεται πάντα σε ενδιάμεσο ορθοστάτη στο υπέρθυρο.

**4.Εφαρμογή γυψοσανίδας:** Οι γυψοσανίδες τοποθετούνται όρθιες, συγκρατούνται, πιέζονται και βιδώνονται πάνω στο σκελετό κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να αποφεύγονται οι παραμορφώσεις. Η στερέωση αρχίζει από το μέσον κάτω προς το άνω και κάτω μέρος της γυψοσανίδας και συνεχίζεται προς μία κατεύθυνση. Το βίδωμα γίνεται σε αποστάσεις των 25 cm. Σε περίπτωση διπλής στρώσης οι αποστάσεις του βιδώματος της πρώτης στρώσης μπορούν να τριπλασιαστούν σε 75cm. Τυχόν οριζόντιοι αρμοί στα εγκάρσια άκρα τους πρέπει να μετατίθενται. Εάν πρόκειται για κατασκευή τοίχου μονής στρώσης γυψοσανίδας πρέπει η ένωση των γυψοσανίδων να γίνεται πάνω σε μεταλλικό προφίλ.

Οι βίδες πρέπει να διαπερνούν την γυψοσανίδα κάθετα και να εισχωρούν στα μεταλλικά προφίλ του σκελετού τουλάχιστον κατά 10 mm. Οι κεφαλές τους πρέπει να βυθίζονται κατά 1 mm περίπου στην επιφάνεια της γυψοσανίδας με κατάλληλη ρύθμιση του βιδοδράπανου ώστε να μπορούν να στοκάρονται. Το χαρτί δεν πρέπει να σχίζεται. Παραμορφωμένες ή λάθος τοποθετημένες βίδες πρέπει να απομακρύνονται και να αντικαθίστανται, σε απόσταση 5 cm από την προηγούμενη θέση, με καινούργιες.

#### 2.4.3.1 Περιγραφή δομικών στοιχείων<sup>15</sup>

##### ❖ ΓΥΨΟΣΑΝΙΔΑ

Η γυψοσανίδα αποτελεί ένα από τα πιο σύγχρονα υλικά στην κατασκευή κτιρίων με μεταλλικό σκελετό και αποτελεί μέρος της ξηράς δόμησης. Τα δομικά στοιχεία που έχουν ως βάση τον γύψο, παρουσιάζουν πληθώρα πλεονεκτημάτων, όπως η υψηλή αντοχή στην φωτιά, η μεγάλη ηχομόνωση (σε συνδυασμό με τα κατάλληλα μονωτικά) και υψηλή θερμομόνωση.

Ανάλογα με την εφαρμογή της γυψοσανίδας προσδίδονται με ειδική επεξεργασία τα απαιτούμενα πρόσμικτα (άνθυγη ,πυράντοχη, ανθυγοπυράντοχη κ.λπ.).

#### ❖ ΧΑΛΥΒΑΣ

Ο χάλυβας είναι ένα κράμα σιδήρου – άνθρακα και αποτελεί το πιο διαδεδομένο κατασκευαστικό υλικό μετά το σκυρόδεμα και το ξύλο. Ο χάλυβας δεν είναι ένα μοναδικό προϊόν. Σήμερα υπάρχουν περισσότερα από 3.500 διαφορετικά είδη χαλύβων με πολύ διαφορετικές φυσικές, χημικές και περιβαλλοντικές ιδιότητες. Περίπου τα τρία τέταρτα των ειδών των χαλύβων δημιουργήθηκαν μόλις τα τελευταία είκοσι χρόνια. Οι σύγχρονοι χάλυβες είναι πολύ πιο ανθεκτικοί σε σύγκριση με παλιότερες ποιότητες χαλύβων.

Είναι ένα καθαρά βιομηχανικό προϊόν ,επομένως είναι σε μεγάλο βαθμό σταθερής ποιότητας. Στην αγορά προσφέρεται σε μορφή ευθύγραμμων ράβδων μήκους 12 ή 14 μέτρων και σε μορφή κουλούρας συνηθισμένου βάρους 1.5 έως 3.0 τόνων.

Μια σύνθεση τεμαχίων χάλυβα μας δίνουν τους οπλισμούς, διαμορφωμένους κατάλληλα σε συγκεκριμένες ποσότητες και διαστάσεις. Επειδή η παραγωγή του οπλισμού δεν είναι μια εύκολη υπόθεση η βιομηχανία που θα αναλάβει την εκτέλεση της θα πρέπει να τηρεί αυστηρά όλες οι προδιαγραφές που απαιτεί ο εκάστοτε Κανονισμός Τεχνολογίας Χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος (ΚΤΧ-08 στην Ελλάδα), ο οποίος αναφέρεται κυρίως στη διαμόρφωση διακίνηση και εφαρμογή του χάλυβα και όχι στην παραγωγή του.<sup>3</sup>



#### ❖ ΥΛΙΚΑ ΣΤΕΡΕΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την σύνδεση των δομικών στοιχείων με τον σκελετό είναι βίδες αναρτήσεις , βύσματα, γωνιόκρανα και συνδετήρες. Τα στοιχεία αυτά είναι επίσης μεταλλικά. Για την αρμολόγηση χρησιμοποιούνται κόλλες, ταινίες στόκοι, γάζες, και βαφές. Τα μεταλλικά στοιχεία πρέπει να καλύπτουν τις τεχνικές και ποιοτικές προδιαγραφές για ένα ασφαλές κτίριο. Επιπλέον ασφάλεια στην κατασκευή προσδίδει και ο έλεγχος για αντισκωριακή προστασία και αντοχή στην οξείδωση , ο έλεγχος για μηχανική αντοχή και τέλος η διατηρητική ικανότητα και εκκεντρότητα της κεφαλής.



βίδες στερέωσης



συνδετικά εξαρτήματα

❖ ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑΣ<sup>24</sup>

Ο πετροβάμβακας είναι ένα ινώδες υλικό που χρησιμοποιείται στις οικοδομές σε μεγάλη συχνότητα ,χάρη στη μονωτική του ιδιότητα.



ορυκτοβάμβακας( [www.ofitec.gr](http://www.ofitec.gr))



*Θερμομόνωση:* Η παρουσία απειράριθμων κυψελών στη δομή του πετροβάμβακα επιτρέπει στο προϊόν να εμποδίζει τη διέλευση της θερμότητας και του ψύχους και συνεπώς να παρέχει ισχυρή μονωτική δράση.

*Ηχομόνωση:* Η δομή ανοιχτής κυψέλης του πετροβάμβακα ευνοεί την απορρόφηση των ακουστικών κυμάτων και επιτρέπει την εξασθένηση της έντασης και της διάδοσης του θορύβου.

*Εξαιρετική συμπεριφορά στη φωτιά :* Ο πετροβάμβακας είναι κατά κύριο λόγο ανόργανο υλικό που λιώνει σε θερμοκρασίες άνω των 1000 °C. Συνεπώς δεν συμβάλλει ούτε στην εξέλιξη και στην εξάπλωση της πυρκαγιάς αλλά ούτε στις εκπομπές τοξικών αερίων.

*Σταθερότητα στην υγρασία* Ο πετροβάμβακας, λόγω της ιδιαίτερης δομής του, δεν απορροφά ούτε νερό ούτε υγρασία, διατηρώντας συνεπώς αναλλοίωτα τα χαρακτηριστικά του στο χρόνο.

*Διαστασιολογική σταθερότητα :* Ο πετροβάμβακας διατηρεί αναλλοίωτα τα χαρακτηριστικά του στο χρόνο και δεν υφίσταται μεταβολές διαστάσεων ή επιδόσεων όταν μεταβάλλονται οι θερμικές και υγρομετρικές συνθήκες του περιβάλλοντος.

#### ❖ ΥΑΛΟΠΛΕΓΜΑ

Βλέπε κεφάλαιο 2.3.4.1 Περιγραφή δομικών στοιχείων , παράγραφος ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

#### ❖ ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ

Βλέπε κεφάλαιο 2.3.4.1 Περιγραφή δομικών στοιχείων , παράγραφος ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

### 2.4.3.2 Επιχρίσματα<sup>15</sup>

Εφόσον ολοκληρωθεί και η διαδικασία της τοποθέτησης των γυψοσανίδων ακολουθεί η προετοιμασία της επιφάνειας για να δεχτεί το τελικό φινίρισμα. Αρχικά τρίβεται η επιφάνεια ελαφρά με τριβίδι και στην συνέχεια ξεσκονίζεται. Ακολουθεί το αστάρωμα της γυψοσανίδας , με αποτέλεσμα την καλύτερη πρόσφυση του χρώματος και την οικονομία στην απαιτούμενη ποσότητα βαφής στην συνέχεια.

#### 1<sup>η</sup> επιλογή: Βαφή της επιφάνειας

Στην επιφάνεια των γυψοσανίδων μπορούν να εφαρμοστούν χρώματα πλαστικά, ρητινούχα, εποξειδικά, πολυμερισμού, πολυουρεθάνης και λαδομπογιές. Ασβεστόχρωμα ή βαφή πυριτικής βάσης δεν συνιστάται εκτός και αν την εγγυάται ο παραγωγός χρώματος με συγκεκριμένες οδηγίες χρήσης. Το χρώμα επαλείφεται κατά κανόνα χωρίς αραίωμα για να μην αλλοιωθούν οι ιδιότητες του σύμφωνα με τις προδιαγραφές του παραγωγού. Η βαφή θεωρείται επιτυχής, όταν στην τελική επιφάνεια είναι δύσκολη η διάκριση των αρμών. Όταν οι γυψοσανίδες έχουν εκτεθεί για πολύ στον ήλιο και παρουσιάζουν λεκέδες απαιτείται ενδιάμεσο χέρι βαφής για να εξαλειφθούν οι διαφορές απόχρωσης.

#### 2<sup>η</sup> επιλογή: Επικόλληση ταπετσαρίας

Η επικόλληση ταπετσαρίας από χαρτί, ύφασμα ή πλαστικό πρέπει να γίνεται με την κατάλληλη κόλλα. Όταν πρόκειται να επικολληθεί ταπετσαρία η επιφάνεια της γυψοσανίδας πρέπει να είναι επίπεδη και λεία, διότι οι

παραμικρές ανωμαλίες υποβάθρου γίνονται εμφανείς στην επιφάνεια της ταπετσαρίας. Μετά την εφαρμογή της ταπετσαρίας ο χώρος πρέπει να αερίζεται καλά μέχρι να στεγνώσει η επιφάνεια.

### 3<sup>η</sup> επιλογή: Επένδυση της επιφάνειας με πλακίδια

Η επιφάνεια της γυψοσανίδας μπορεί να επικαλυφθεί με κεραμικά πλακίδια, μάρμαρο ή γρανίτη. Η επικάλυψη προϋποθέτει σωστή και σταθερή κατασκευή, γι' αυτό απαιτείται διπλή στρώση γυψοσανίδας. Στην περίπτωση μονής στρώσης γυψοσανίδας πάχους 12,5 mm επιβάλλεται πύκνωση των ορθοστατών σε αποστάσεις τουλάχιστον των 40 cm. Επειδή πλακίδια επικολλούνται συνήθως σε τοίχους χώρων αυξημένης υγρασίας όπως λουτρά, τουαλέτες, κουζίνες, μπάνια κ.τ.λ., συνίσταται η χρήση της ανθυγρής γυψοσανίδας και στοκάρισμα των αρμών με άνθυγρο υλικό. Το φινίρισμα των αρμών πρέπει να περιορίζεται στην απόλυτα αναγκαία επιφάνεια και μόνο.

### **2.4.3.3 Ενεργειακή συμπεριφορά<sup>23</sup>**

#### **A. ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ – U VALUE**

Τεχνικά χαρακτηριστικά της γυψοσανίδας<sup>21</sup>:

- Πυκνότητα = 700 -1150 kg/m<sup>3</sup>
- Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας  $\lambda = 0,25 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- Ειδική Θερμοχωρητικότητα  $c_p = 1000 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$
- Συντελεστής Αντίστασης σε Διάχυση Υδρατμών  $\mu = 10$
- Εκπομπές CO<sub>2</sub> = 0,39 (KgCO<sub>2</sub>eq) / Kg
- Ενσωματωμένη Ενέργεια = 6,75 MJ / Kg

Τεχνικά χαρακτηριστικά του πετροβάμβακα<sup>21</sup>:

- Πυκνότητα = 40 -180 kg/m<sup>3</sup>
- Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας  $\lambda = 0,033 -0,041 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- Ειδική Θερμοχωρητικότητα  $c_p = 840 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$
- Συντελεστής Αντίστασης σε Διάχυση Υδρατμών  $\mu = 1,0 -1,50$
- Εκπομπές CO<sub>2</sub> = 1,12 (KgCO<sub>2</sub>eq) / Kg
- Ενσωματωμένη Ενέργεια = 16,8 MJ / Kg

#### **B. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ**

Η γυψοσανίδα έχει βασικά συστατικά τον γύψο και το χαρτί και δεν περιέχει τοξικές ουσίες ή ίνες. Συνεπώς είναι ένα υλικό που δεν προσβάλλει την ανθρώπινη υγεία (χρησιμοποιείται και στην ορθοπεδική) και δεν επιβαρύνει το περιβάλλον ούτε στην επεξεργασία του αλλά ούτε και στην εφαρμογή του.

Ο πετροβάμβακας αποτελεί μη ανανεώσιμο υλικό (εκτός της ύαλου), ο οποίος ωστόσο προέρχεται από υλικά που βρίσκονται σε αφθονία στη φύση όπως η άμμος, ο βασάλτης κ.λπ. Η κύρια ρύπανση που προκαλεί εμφανίζεται και περιορίζεται στις μονάδες παραγωγής (λόγω του διοξειδίου του άνθρακα) και κατά την διάρκεια της μεταφοράς του. Παράλληλα μειονέκτημά του είναι ότι απελευθερώνει ίνες που θεωρούνται επιβλαβείς για την υγεία, γι' αυτό θέλει προσοχή κατά την τοποθέτηση και καλό εγκλωβισμό στα δομικά στοιχεία της κατασκευής.

Όσον αφορά στην ανθρώπινη υγεία το διεθνές κέντρο για την έρευνα του καρκίνου (I.A.R.C) που υπάγεται στον παγκόσμιο οργανισμό υγείας τον κατατάσσει στα εν δυνάμει καρκινογόνα υλικά που επιδρούν στον άνθρωπο

μέσω την αναπνευστικής οδού, ενώ για τις ίνες που αποτελούν τον πετροβάμβακα η επικινδυνότητα τους έγκειται στις διαστάσεις τους (μήκος ανώτερο των 5 mm και διάμετρος 3 μm).

Ο πετροβάμβακας μπορεί να ανακυκλωθεί κατά 16-30% , οδηγώντας σε σημαντική εξοικονόμηση πρώτων υλών και ενέργειας κάνοντας χρήση ενός σπαστήρα και ενός φούρνου (χαμηλής ισχύος) για την προθέρμανση του υλικού.

#### 2.4.3.4 Εξοικονόμηση ενέργειας – κόστος κατασκευής

➤ Τα μεταλλικά κτίρια είναι Βιοκλιματικά. Έχουν διπλάσια καλύτερη θερμομόνωση από τα συμβατικά και εξασφαλίζουν 40% μείωση δαπανών για εγκατάσταση συσκευών θέρμανσης και ψύξης και 60% οικονομία στην ενέργεια κατά τη χρήση τους.

➤ Το κόστος μιας σιδηράς κατασκευής προσδιορίζεται ανάλογα με τον τύπο της κατασκευής και συνήθως συγκρίνεται με το αντίστοιχο μιας συμβατικής κατασκευής με σκυρόδεμα. Έτσι, συγκριτικά θα λέγαμε πως σε κτίρια βιομηχανικά , αποθήκες κ.ο.κ, συνήθως μια σιδηρά κατασκευή αποδεικνύεται πιο οικονομική, ενώ σε κτίρια συνήθων χρήσεων ( γραφεία, κατοικίες κλπ ), παρότι το κόστος σε γενικές γραμμές ποικίλει, είναι της ίδιας τάξης μεγέθους, σε σχέση με μια λύση μπετόν, αρκεί να κάνει κανείς προσεκτική επιλογή στον πολιτικό μηχανικό που θα κάνει την μελέτη αλλά και στον κατασκευαστή, επιτρέποντάς του να κάνει χρήση όλων των πλεονεκτημάτων που του δίνει ο δομικός χάλυβας ( ταχύτητα κατασκευής, μειωμένο βάρος ).

➤ χάλυβας δομικός: *(Φεβ. 2009)*.<sup>7</sup>

Για κατοικίες, περίπου 2.000€/τόνο. Περιλαμβάνεται η κοπή, το φλάντζωμα και οι αναγκαίες διατρήσεις, καθώς επίσης και η τοποθέτηση στο έργο. Συνήθως για εύκολα προσβάσιμα μέρη της Ελλάδας, η τιμή αυτή περιλαμβάνει και τη μεταφορά. Η τιμή μπορεί να μεταβληθεί ανάλογα με την τιμή της πρώτης ύλης αλλά και με το είδος του έργου (ευκολία ή δυσκολία της κατασκευής, μέγεθος, θέση του έργου κλπ)

➤ Χάλυβας οικοδομικός: *(Απρ. 2011)*.<sup>7</sup>

Περίπου 1000€/τόνο. Περιλαμβάνεται η κοπή, διαμόρφωση και τοποθέτηση, ο ΦΠΑ και τα μεταφορικά καθώς και τα έξοδα χρήσης γερανού. Οι καλές μάντρες πουλούν σε διαφορετική τιμή τα κολωνοσίδερα, τους μανδύες, και τα πλέγματα (όπως τα πουλάνε σ' αυτές και οι Χαλυβουργίες). Επίσης θα σας δώσουν τιμή χωρίς σιδέρωμα, ΦΠΑ και μεταφορικά.

❖ *Ενδεικτικά για μεταλλικό σπίτι περίπου στα 80 τ.μ το κόστος είναι 72.000 ευρώ (900 ευρώ/ τ.μ. μαζί με Πλατόγραμμα + Οικοδομική άδεια και περιβάλλον χώρο).*<sup>30</sup>

#### 2.4.3.5 Θερμική άνεση και κλίμα<sup>24</sup>

Με την επιλογή της μεθόδου της ξηράς δόμησης και τα κατάλληλα θερμομονωτικά υλικά είναι δυνατή η βελτίωση της ποιότητας διαβίωσης των ανθρώπων που κατοικούν στο κτίριο, με εξοικονόμηση δαπανών θέρμανσης για τον χειμώνα και ψύξης για το καλοκαίρι.

Στην κατασκευή κτιρίου με μεταλλικό σκελετό και τοιχοποιία από γυψοσανίδες, σημαντικό ρόλο παίζει ο πετροβάμβακας. Η δομή του (μεγάλος αριθμός κυψελών αέρα) δημιουργεί εμπόδιο στην διέλευση της θερμότητας και του ψύχους από το εξωτερικό περιβάλλον, ενώ μειώνονται αισθητά οι απώλειες θερμότητας με συνακόλουθα την μείωση των δαπανών για θέρμανση – ψύξη, αλλά και την μείωση εκπομπών ρυπογόνων ουσιών στην ατμόσφαιρα.

Επιπλέον δεν απορροφά νερό, με αποτέλεσμα να αποτρέπεται η δημιουργία της υγρασίας, που είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει αρνητικά την θερμική άνεση.

#### 2.4.3.6 Επίπεδο συντήρησης – χρόνος κατασκευής

➤ Τα μεταλλικά κτίρια αποτελούνται από στοιχεία που είναι ήδη κατασκευασμένα με τυποποιημένες διαστάσεις και πλήρη έλεγχο για την ποιότητα τους. Το ίδιο συμβαίνει και με τα μεταλλικά συνδετικά εξαρτήματα. Έτσι τα μέλη της κατασκευής ενώνονται / βιδώνονται μεταξύ τους εξασφαλίζοντας χρόνο στην κατασκευή. Έπειτα τοποθετούνται και οι γυψοσανίδες με τα θερμομονωτικά με την ίδια εφαρμογή (βιδώνονται πάνω στο μεταλλικό σκελετό). ενδεικτικά όλη αυτή η διαδικασία από την έκδοση της οικοδομικής άδειας ολοκληρώνεται σε 3 έως 4 μήνες.

➤ Η συντήρηση στις μεταλλικές κατασκευές είναι ελάχιστη καθώς τα προϊόντα που απαρτίζουν τον σκελετό είναι κατασκευασμένα με την προϋπόθεση να μην επηρεάζονται από την σκουριά, ενώ ακόμη και τα επιχρίσματα λειτουργούν ως προστατευτικά για το κτίριο ώστε να μην προκύψει η ανάγκη για συντήρηση.

#### 2.4.3.7 Πλεονεκτήματα- μειονεκτήματα

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ <sup>34</sup>
Χρόνος μειώνεται ο χρόνος κατασκευής και τοποθέτησης κατά 50% τουλάχιστον, έναντι των παραδοσιακών κατασκευών (τούβλα, τσιμέντα)	Κόστος πρώτης ύλης
Ευκολία εγκατάστασης καλωδιώσεων	Ανάγκη πυροπροστασίας
ελαττώνεται σημαντικά το βάρος της υπάρχουσας κατασκευής και εξοικονομείται πολύτιμος χώρος	Ανάγκη προστασίας από τη διάβρωση
Απαλλαγή από εισφορές εργατών	Ανάγκη συντήρησης
αυξάνονται ικανοποιητικά οι δείκτες	Ειδικός υπολογισμός συνδέσεων

θερμομόνωσης, ηχομόνωσης και υγραμόνωσης, σε συνδυασμό με τα κατάλληλα μονωτικά υλικά	
Πυραντοχή λόγω της φύσεως των υλικών που χρησιμοποιούνται	
Αντισεισμικότητα	
Κατασκευή φιλική προς το περιβάλλον	
Αντοχή σε μεγάλες μηχανικές καταπονήσεις	
Οικονομία χρόνου	

#### 2.4.4 Τοιχοποιία με μόνωση από πλάκες OSB (ΤΥΠΟΣ Β)<sup>16</sup>



πλάκες osb ([www.okohausger.com](http://www.okohausger.com))

Η κατασκευή τοιχοποιίας με OSB χρησιμοποιείται πάρα πολύ στα προκατασκευασμένα μεταλλικά σπίτια. Είναι ανθεκτικό οικονομικό και εύκολο στην επεξεργασία του υλικό. Η στερέωση των OSB πάνω στο μεταλλικό σκελετό γίνεται με αυτοδιάτρητες βίδες μήκους 35 – 50 mm και πάχους 3mm.

Χαρακτηριστικό στην κατασκευή των πλακών osb είναι ότι οι στρώσεις των ξυλοτεμαχιδίων έχουν την κατάλληλη διάταξη και ευθυγράμμιση στην επιφανειακή στρώση και κατά μήκος της ξυλοσανίδας με αποτέλεσμα αυξημένη μηχανική αντοχή και ελαστικότητα.

Οι διαστάσεις του osb για πατώματα οροφές και τοιχοποιίες είναι :

Πλάτος 1,22\* μήκος 2,4 m

και σε πάχη 6,0 -7,5- 9,5 – 11,0- 12,0- 12,5- 15,0 – 15,5 – 18,0- 18,5 mm

Επίσης μπορεί να παραχθούν κατόπιν παραγγελίας για ειδικές κατασκευές πλάκες μεγαλύτερων διαστάσεων σε πλάτος , μήκος αλλά και πάχος.

*Σειρά εργασιών<sup>25</sup>:*



μεταλλικός σκελετός και τοιχοποιία με osb πλάκες

Τα φύλλα O.S.B. τοποθετούνται πάνω από τον μεταλλικό σκελετό στους εξωτερικούς τοίχους, στα πατώματα και στις στέγες, έτσι ώστε να ντύνουν ολόκληρη την κατασκευή.

1. Η τοποθέτηση τους γίνεται κάθε φορά έτσι ώστε η διεύθυνση των φύλλων O.S.B. να είναι κάθετη στην κατεύθυνση των μεταλλικών υποστρωμάτων και δοκών.
2. Ανάμεσα στα φύλλα O.S.B. αφήνονται πάντα αρμοί διαστολής. Οι αρμοί, που τρέχουν παράλληλα προς την φορά των φύλλων O.S.B. έχουν πάχος 3 mm, ενώ οι εγκάρσιοι αρμοί έχουν πάχος 5 mm.
3. Η στερέωση των φύλλων O.S.B. πάνω στον μεταλλικό σκελετό γίνεται με αυτοδιάτρητες βίδες διαμέτρου 4,2 mm. Οι βίδες τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε η απόσταση ανάμεσα τους να είναι 150 mm όταν βρίσκονται στην άκρη των φύλλων και 250 mm οι υπόλοιπες.
4. Στις περιοχές των κουφωμάτων είναι σημαντικό τα φύλλα του O.S.B. να κόβονται σε σχήμα Γ και να τοποθετούνται πάνω από τις γωνίες του κάθε ανοίγματος. Με τον τρόπο αυτό προσδίδεται ακαμψία στα σημεία αυτά της κατασκευής και αποφεύγεται η δημιουργία ρηγματώσεων στο στρώμα του σοβά.

#### 2.4.4.1 Περιγραφή δομικών στοιχείων

##### ❖ ΠΛΑΚΕΣ OSB

Το OSB (oriented strand board) είναι μια δομική ξυλόπλακα σε επίπεδη μορφή που παράγεται από ειδικού τύπου ξυλοτεμαχίδια συγκολλημένα με ρητίνη μεγάλης αντοχής σε υγρασία και θερμοκρασία και διαστρωμένα με προσανατολισμένη διάταξη σε 3 έως 5 στρώσεις έτσι ώστε τα ξυλοτεμαχίδια κάθε στρώσης να κατευθύνονται κάθετα προς αυτά της επόμενης στρώσης. Εμφανίστηκε στην αγορά το 1981 με μεγάλη μηχανική αντοχή για τις κατασκευές.

*Στάδια παραγωγής του OSB:*

1. Ταξινόμηση κορμοτεμαχίων στην κορμοπλατεία του εργοστασίου
2. Εμβάπτιση των κορμοτεμαχίων στο νερό
3. Αποφλοιώση των κορμοτεμαχίων
4. Παραγωγή ξυλοτεμαχιδίων (strands)
5. Αποθήκευση υγρών ξυλοτεμαχιδίων
6. Ξήρανση ξυλοτεμαχιδίων
7. Ανάμιξη ξυλοτεμαχιδίων με συγκολλητικές ουσίες
8. Στρωμάτωση υλικού
9. Θερμή συμπίεση
10. Παρύφωση
11. Αποθήκευση

Για την παραγωγή του osb ως πρώτη ύλη στην Ευρώπη χρησιμοποιείται κυρίως ξύλο πεύκης σε μορφή κορμών και όχι υπολείμματα πριστηρίων και άλλης κατεργασίας όπως γίνεται με τις μοριοσανίδες. Προτιμώνται οι κορμοί που είναι ευθυτενείς με διάμετρο περίπου 35 cm.

#### 2.4.4.2 επιχρίσματα<sup>16</sup>

Στις πλάκες OSB μπορούν να εφαρμοστούν επιχρίσματα ξύλου. Για το καλύτερο αποτέλεσμα απαιτείται η εφαρμογή υποστρώματος (sealer) πριν το τελικό φινιρίσμα. Για εξωτερική χρήση απαιτούνται έγχρωμα ελαστικά ακρυλικά βερνίκια (εξωτερικής χρήσης). Τα επιχρίσματα διεισδύουν ευκολότερα σε επιφάνειες που έχουν πρώτα λειανθεί.

## 2.4.5 Ενεργειακή συμπεριφορά

### A. ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ / U VALUE

Τεχνικά χαρακτηριστικά του O.S.B<sup>22</sup>:

- Πυκνότητα =  $600 \text{ kg/m}^3$
- Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας  $\lambda = 0,13 \text{ W/(m}^* \text{K)}$
- Συντελεστής Αντίστασης σε Διάχυση Υδρατμών  $\mu = 300 - 400$

### B. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ

Γενικά το OSB είναι οικολογικό, ανακυκλώνεται και θεωρείται φιλικό προς το περιβάλλον. Κατασκευάζεται από λεύκη ή άλλα είδη που καλλιεργούνται για το σκοπό αυτό. Από την πρώτη ύλη, περίπου το 90% χρησιμοποιείται στην κατασκευή OSB ενώ το υπόλοιπο (π.χ φλοιός) αξιοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας και έτσι δεν απομένει κανένα υπόλειμμα.

## 2.4.6 Εξοικονόμηση ενέργειας – κόστος κατασκευής

Βλέπε αντίστοιχο προηγούμενο κεφάλαιο 2.4.3.4 (Εξοικονόμηση ενέργειας – κόστος κατασκευής)

## 2.4.7 Θερμική άνεση – κλίμα

Οι σύγχρονες κατασκευές αποκτούν θερμική άνεση μέσω των μονωτικών υλικών που κατασκευάζονται και τοποθετούνται ειδικά για να εξασφαλιστούν οι συνθήκες άνετης και υγιεινής διαβίωσης για τους ανθρώπους.

## 2.4.8 Επίπεδο συντήρησης – χρόνος υλοποίησης

Σε γενικές γραμμές, ένα μεταλλικό (χαλύβδινο) κτίριο μπορεί να κατασκευαστεί στο μισό χρόνο (ή και ταχύτερα), σε σύγκριση με ένα κτίριο, με βασικό δομικό στοιχείο το οπλισμένο σκυρόδεμα και αυτό συμβαίνει κυρίως επειδή τα υλικά είναι κατασκευασμένα από εργοστασιακές μονάδες με ακρίβεια στις ποσότητες παραγωγής τους, δεδομένη την ποιότητα τους, με ελεγχόμενες και προδιαγεγραμμένες διαστάσεις και διατομές κ.ο.κ. επομένως το στάδιο της κατασκευής θα λέγαμε ότι είναι ουσιαστικά η συναρμολόγηση των δομικών υλικών. Αναλυτικότερα οι φάσεις της κατασκευής σε σχέση με τον χρόνο υλοποίησης τους είναι :

*A' ΦΑΣΗ – Χρόνος: 20 ημέρες*

1. Κατασκευή μεταλλικού σκελετού
2. Τοποθέτηση OSB



3. Τοποθέτηση θερμοπρόσοψης
4. Σοβάτισμα πρώτο και δεύτερο χέρι
5. Τοποθέτηση κεραμιδιών

*B' ΦΑΣΗ - Χρόνος: 30 ημέρες*

1. Υδραυλικά
2. Ηλεκτρικά
3. Τοποθέτηση μόνωσης
4. Τοποθέτηση γυψοσανίδας
5. Τοποθέτηση μαρμαροποδιών στα ανοίγματα
6. Παίρνουμε τα μέτρα σε παράθυρα και πόρτες (Προσοχή: 45 ημέρες)

*Γ' ΦΑΣΗ - Χρόνος: 40 ημέρες*

1. Εφαρμογή τσιμεντοκονιαμάτων και ελαφρομετόν
2. Βάψιμο κατοικίας εσωτερικά
3. Τοποθέτηση πλακιδίων
4. Τοποθέτηση ειδών υγιεινής
5. Τοποθέτηση εσωτερικών πορτών
6. Σοβάτισμα εσωτερικά τρίτο χέρι
7. Τοποθέτηση εξωτερικών κουφωμάτων\*

*Δ' ΦΑΣΗ - Χρόνος: 30 ημέρες*

1. Τοποθέτηση πριζών
2. Τοποθέτηση ντουλαπών
3. Τοποθέτηση κουζίνας
4. Τελείωμα υδρορροών

**Συνολικός Χρόνος Κατασκευής: 120 ημέρες, δηλαδή 4 μήνες**

➤ Οι απαιτήσεις σε συντήρηση των κατασκευών είναι μικρές αφού, όλα τα χαλύβδινα μέρη της κατασκευής διαθέτουν αντοχή απέναντι στη σκουριά με τη χρήση θερμού γαλβανίσματος. Τα υλικά επένδυσης όπως η γυψοσανίδα και η ινοσανίδα OSB διαθέτουν συγκεκριμένες ιδιότητες σύμφωνα με ευρωπαϊκά πρότυπα και συνοδεύονται με τις ανάλογες πιστοποιήσεις.

Ακόμη η χρήση έτοιμων κονιαμάτων στις εξωτερικές όψεις των κτιρίων αποτελεί την καλύτερη προστασία απέναντι στις καιρικές συνθήκες. Σε αντίθεση με τον παραδοσιακό τρόπο, η χρήση “έτοιμου” σοβά εξασφαλίζει την ομοιογένεια στη σύνθεση του υλικού, που καθορίζεται από το εργοστάσιο παραγωγής ενώ η παρουσία πρόσμικτων ουσιών παρέχει ελαστικότητα και αντοχή σε δύσκολες συνθήκες.

Τέλος, η τελική εφαρμογή μίας [υδρόφοβης διαφανούς προστατευτικής ακρυλικής ρητίνης εμποτισμού](#) σε όλες

τις εξωτερικές επιφάνειες πολλαπλασιάζει την αντοχή και τη διάρκεια ζωής τους, ενώ παράλληλα εξασφαλίζει μία σταθερά όμορφη και ζωνρή εμφάνιση του κτιρίου απαλλαγμένη από ξεθωριάσματα, γυαλάδες, ρωγμές κτλ.

#### 2.4.9 Πλεονεκτήματα –μειονεκτήματα

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Υψηλή μηχανική αντοχή	Ανάγκη πυροπροστασίας
Μεγάλη ακαμψία.	Ανάγκη προστασίας από τη διάβρωση
Αντίσταση στη στρέβλωση	Κόστος πρώτης ύλης
Αντοχή στο χρόνο	Ειδικός υπολογισμός συνδέσεων
Βιομηχανοποιημένο προϊόν	Ανάγκη συντήρησης

#### 2.4.10 Στέγη<sup>25</sup>

Ο μεταλλικός σκελετός της στέγης αποτελείται από τις τεγίδες, οι οποίες εδράζονται από την μία άκρη τους πάνω στην φέρουσα τοιχοποιία και από την άλλη πάνω στον κορφιά της στέγης. Η ακαμψία του μεταλλικού σκελετού δίνεται με δύο τρόπους.

- Στον πρώτο τρόπο τοποθετείται μία οριζόντια δοκός, η οποία συνδέει ανά δύο τις αντίστοιχες τεγίδες μεταξύ τους δίνοντας στην στέγη την μορφή του σχήματος Α.
- Στον δεύτερο τρόπο η ακαμψία της στέγης δίνεται με μία διαγώνιο, η οποία στο ένα της άκρο συνδέεται με την τεγίδα και στο άλλο εδράζει πάνω σε υποστύλωμα αλλάζοντας την φορά των οριζόντιων φορτίων προς τα κάτω.

Ο κορφιάς της στέγης αποτελείται από μία σύνθετη διατομή, η οποία προκύπτει από τον συνδυασμό μίας διατομής τύπου U και μίας διατομής τύπου C. Οι διατομές συνδέονται με τέτοιο τρόπο μεταξύ τους ώστε να προκύπτει μία κλειστή διατομή σχήματος O.

Οι τεγίδες της στέγης εδράζουν πάνω στον κορφιά με την βοήθεια γωνιακών τεμαχίων.

Ο κορφιάς της στέγης αποτελείται από μία σύνθετη διατομή, η οποία προκύπτει από τον συνδυασμό μίας διατομής τύπου U και μίας διατομής τύπου C. Οι διατομές συνδέονται με τέτοιο τρόπο μεταξύ τους ώστε να προκύπτει μία κλειστή διατομή σχήματος O.

Οι τεγίδες της στέγης εδράζουν πάνω στον κορφιά με την βοήθεια γωνιακών τεμαχίων, τα οποία τοποθετούνται με τον τρόπο του παρακάτω σχήματος.

Η κατασκευή της στέγης είναι τέτοια ώστε κάθε τεγίδα να αντιστοιχεί σε μία δοκό του πατώματος και αυτή με την σειρά της να αντιστοιχεί σε ένα υποστύλωμα.

Η κάθε τεγίδα συνδέεται με την αντίστοιχη δοκό της με αυτοδιάτρητες βίδες.

Η σύνδεση της δοκού με το υποστύλωμα γίνεται με την τοποθέτηση των βιδών πάνω στο κάτω πέλμα της με τον στρωτήρα.

### 2.4.11 Πυροπροστασία<sup>32</sup>

Οι ιδιότητες του χάλυβα σαν δομικό υλικό , ( αντοχή σε πίεση , εφελκυσμό και κάμψη, το μήκος και η ελαστικότητα) επηρεάζονται από τις πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Μέχρι τους 200-250 °C αυξάνει η αντοχή του σε πίεση και εφελκυσμό, ενώ όταν ξεπεραστούν αυτά τα όρια ο χάλυβας αρχίζει να εξασθενεί πολύ γρήγορα.

Γενικά οι μεταλλικές κατασκευές και όλα τα χαλύβδινα στοιχεία που συμμετέχουν σε αυτές πρέπει προστατεύονται τόσο κατά την οξείδωση όσο και από την φωτιά .

Ένα από τα προστατευτικά μέτρα που ενδείκνυται για τις κατασκευές αυτές είναι ο χωρισμός του κτιρίου σε πυροδιαμερίσματα , σταθερές και κινητές μονάδες πυρόσβεσης , ανιχνευτές θερμότητας και εγκαταστάσεις συναγερμού καθώς και απορροφητήρες καπνού.

Επιπλέον στα χαλύβδινα στοιχεία μπορούν να γίνουν επαλείψεις που περιέχουν οργανικά στοιχεία , τα οποία κάτω από την επίδραση της υψηλής θερμοκρασίας διογκούνται και σχηματίζουν μια μονωτική στρώση άνθρακα. Τέλος για έμμεση πυροπροστασία μπορούν χρησιμοποιηθούν οι γυψοσανίδες (άκαυστες).

## 2.5 Σύμμικτες κατασκευές

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το πιο μεγάλο πλεονέκτημα του σιδήρου, λόγω του βάρους του και λόγω της βιομηχανικής του παραγωγής, είναι η αντισεισμική του συμπεριφορά, η οποία τον καθιέρωσε με την πάροδο του χρόνου και στην κατασκευή πολυκατοικιών και σπιτιών. Ήδη στις ΗΠΑ πάνω από το 60% των κατασκευών είναι σύμμικτες κατασκευές, στην Ευρώπη πάνω από το 40% ενώ στην Ελλάδα μόλις το 10%<sup>17</sup>.

Όταν ένα σπίτι χτίζεται με τρόπο που έχει ως βάση το συνδυασμό μετάλλου και οπλισμένου σκυροδέματος υπάρχουν δύο περιπτώσεις:

- Ο φέρων οργανισμός αποτελείται από μεταλλικά υποστυλώματα και η στέγαση από συνδυασμό μεταλλικών δοκαριών και πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος
- Ο φέρων οργανισμός αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα και η στέγαση είναι μεταλλική κατασκευή
- Σε κάθε περίπτωση οι τοίχοι πλήρωσης αποτελούνται από οπτόπλινθους (τούβλα)

### Πλεονεκτήματα έναντι της συμβατικής:

- Ο συγκεκριμένος τρόπος δόμησης ενδείκνυται για την κατασκευή κτηρίων με χρήση κατοικίας.
- Τα σύμμικτα κτίρια είναι τα πλέον αντισεισμικά και ενδείκνυται να κατασκευάζονται σε περιοχές με έντονη σεισμική δραστηριότητα.
- Εξασφαλίζονται υψηλές προδιαγραφές κατασκευής καθώς και η παραμικρή κατασκευαστική λεπτομέρεια προέρχεται από την στατική μελέτη. Επιπλέον όλες οι διατομές (υποστυλώματα και δοκάρια) από δομικό χάλυβα είναι προϊόντα βιομηχανικής παραγωγής και πληρούν όλες τις προδιαγραφές.
- Παρέχει ελευθερία αρχιτεκτονικού σχεδιασμού. Επιτρέπει τη δημιουργία μεγάλων ενιαίων χώρων χωρίς ενδιάμεσα υποστυλώματα.
- Ενδείκνυται για την κατασκευή πολυώροφων κτιρίων χωρίς τη χρήση μεγάλων διατομών.

- Ευνοεί την καθ' ύψος επέκταση, λόγω μικρότερου βάρους.
- Απαιτεί μικρότερο χρόνο παράδοσης (περίπου το ήμισυ της συμβατικής)
- Προβλέπει μειωμένη εισφορά στα ένσημα Ι.Κ.Α. (50% λιγότερο από τη συμβατική).
- Απαιτεί χαμηλότερο κόστος θεμελίωσης λόγω των μικρότερων φορτίων που την επιβαρύνουν.
- Εύκολη αποκατάσταση ζημιών.
- Είναι ο τρόπος δόμησης που κατασκευάστηκαν όλα τα μεγάλα Ολυμπιακά έργα.
- Ο δομικός χάλυβας είναι ένα φυσικό υλικό το οποίο είναι οικολογικό και πλήρως ανακυκλώσιμο.

### **2.5.1 Στοιχεία φέροντος οργανισμού**

Οι σύμμικτες κατασκευές είναι το αποτέλεσμα της ανάπτυξης της τεχνολογίας στην κατασκευή κτιρίων. Τα φέροντα στοιχεία τους αποτελούνται από χάλυβα και οπλισμένο σκυρόδεμα. Με τη συνεργασία των δύο υλικών ικανοποιούνται όλα τα κριτήρια λειτουργικότητας και ανθεκτικότητας στο χρόνο.

Δοκοί από χάλυβα και οπλισμένο σκυρόδεμα σχηματίζουν το σκελετό του σπιτιού, ενώ οι εξωτερικοί τοίχοι κατασκευάζονται με τα 3-D Panel, δηλαδή τρισδιάστατα μεταλλικά πλέγματα που συνδέονται μεταξύ τους και περικλείουν εσωτερικά συνθετική πολυστερίνη. Ταυτόχρονα κάθε τρισδιάστατο πλέγμα διαθέτει ενσωματωμένη μόνωση 12,5 εκατοστών για τους εξωτερικούς τοίχους και 5 εκατοστών για τους εσωτερικούς.

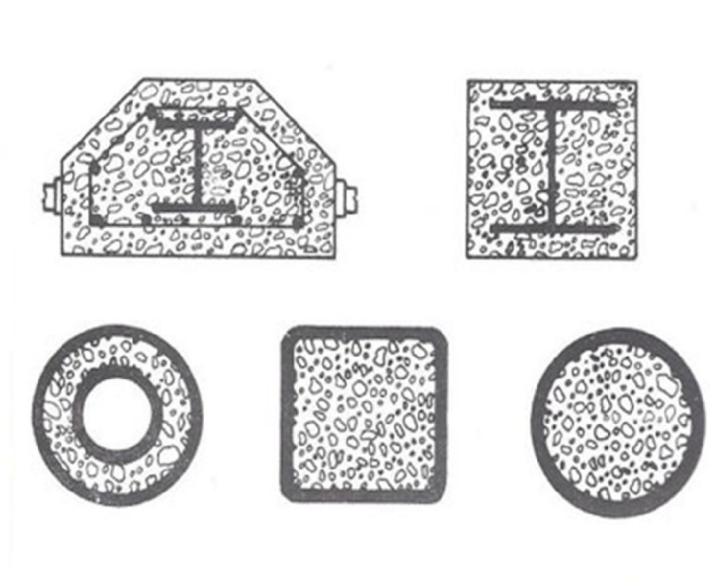
#### ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

Στις σύμμικτες κατασκευές υπάρχουν πολλές επιλογές για την τοιχοποιία με συμβατικά υλικά όπως τούβλα ή πέτρα, αλλά και πιο σύγχρονα όπως ytong ή 3d-πάνελ. Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλυθεί η κατασκευή τοιχοποιίας με υλικό το ytong.

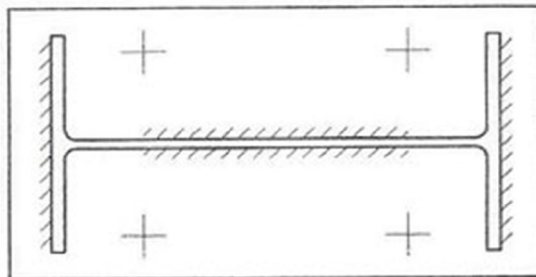
#### ΜΟΝΩΣΗ

### 2.5.1.1 Φέρουσα κατασκευή

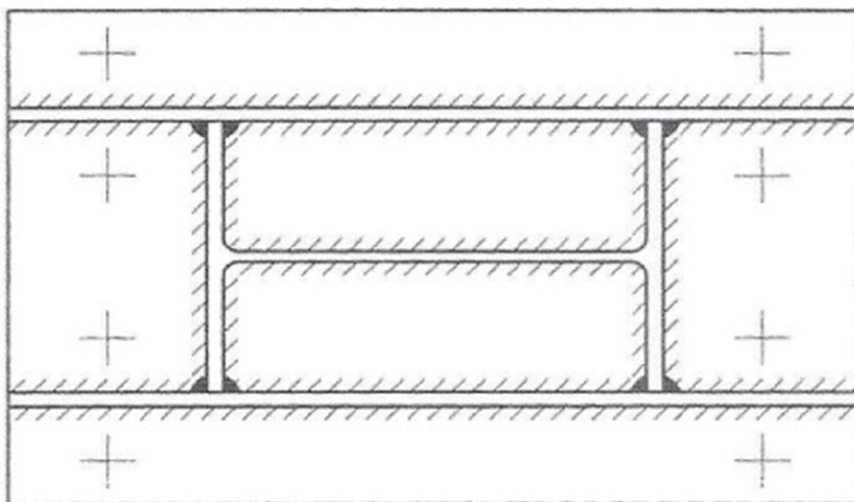
#### A. ΔΟΚΑΡΙΑ – ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ<sup>5</sup>



Τύποι σύμμεκτων υποστυλωμάτων (<http://www.telestatic.gr/content/articles/2/5/tecnica-8emata/>)



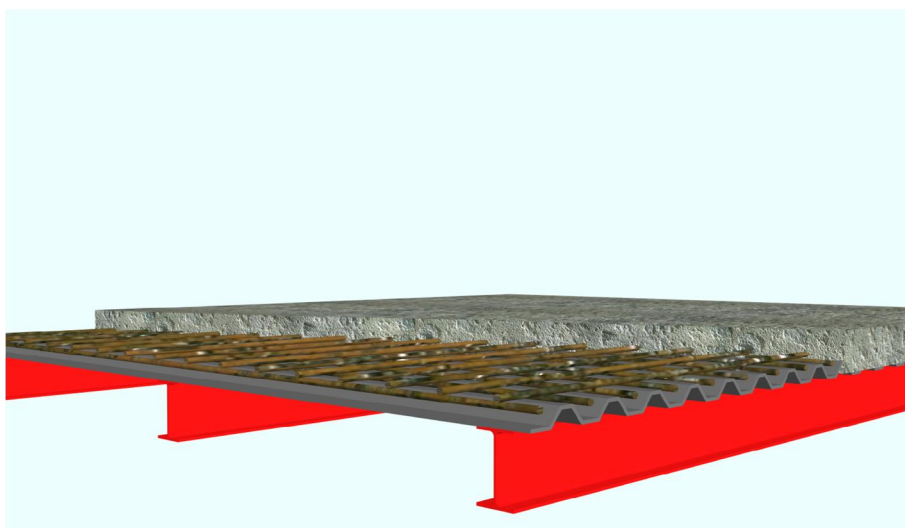
διάταξη αγκυρίων σε αρθρωτή έδραση υποστυλώματος



Διάταξη αγκυρίων σε πάκτωση υποστυλώματος

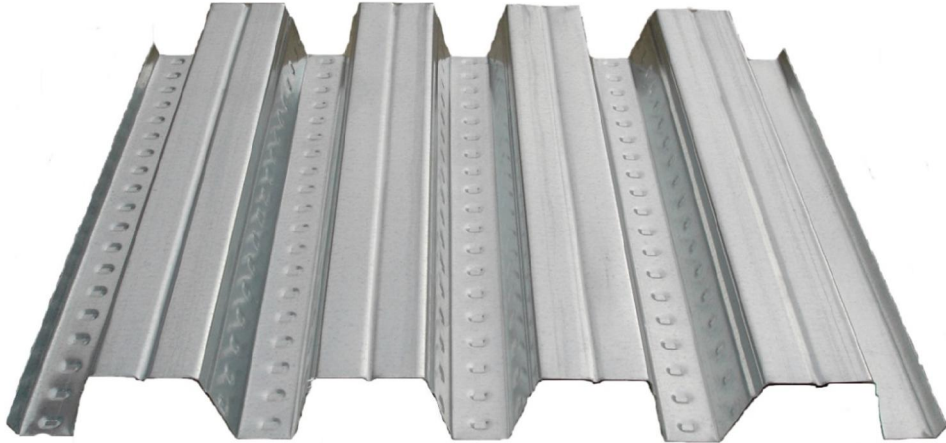
## B. ΠΛΑΚΕΣ

Οι σύμμικτες πλάκες είναι φέρουσες πλάκες οροφής, οι οποίες αποτελούνται από χαλύβδινη βάση με επίστρωση σκυροδέματος. Πριν από τη σκυροδέτηση, η χαλύβδινη βάση (χαλυβδόφυλλα) συνδέεται με την υποδομή και λειτουργεί ως κατάστρωμα εργασίας, ενώ κατά τη σκυροδέτηση αντικαθιστά το συμβατικό ξυλότυπο. Στην τελική κατάσταση (κατάσταση λειτουργίας), το σκληρυμένο σκυρόδεμα είναι συνδεδεμένο διατμητικά με το υποκείμενο χαλυβδόφυλλο, το οποίο με τη σειρά του παραλαμβάνει τις αναπτυσσόμενες εφελκυστικές δυνάμεις. Επιπλέον οπλισμός είναι δυνατόν να τοποθετείται στην πλάκα με σκοπό την αποφυγή ρηγματώσεων. Σε ορισμένες περιπτώσεις ο οπλισμός συνεισφέρει και στην αντοχή της πλάκας έναντι πυρκαγιάς. Μετά και τη σκλήρυνση του σκυροδέματος η πλάκα λειτουργεί πλέον ως σύμμικτη.



σύμμικτη πλάκα οπλ. Σκυροδέματος και Τραπεζοειδών χαλυβδόφυλλων

( <http://www.multisoft.gr/statics/statics>)



([http://www.kamaridis.gr/contents\\_gr.asp?id=411](http://www.kamaridis.gr/contents_gr.asp?id=411) πάνελ πολυουρεθάνης ιδανικό στην κατασκευή σύμμικτων πλακών)

Η συνεργασία των μεταλλικών στοιχείων και του σκυροδέματος των πλακών επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση διατμητικών ήλων στο άνω πέλαμα των δοκών επί των οποίων εδράζονται οι πλάκες.

\*ΣΗΜΕΙΩΣΗ : Στις συμβατικές κατασκευές χρησιμοποιούνται κυρίως για την κατασκευή υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων.

\*ΣΗΜΕΙΩΣΗ<sub>[1]</sub>: τα χαλυβδόφυλλα έχουν κυρίως τραπεζοειδή διατομή και τοποθετούνται επί των δοκών ως αμφιέριστα ή ως συνεχή στοιχεία. Ακολουθούν κάποια στοιχεία για τα χαλυβδόφυλλα (συνήθεις τιμές)<sup>5</sup>:

Ύψος: 50-100mm , απόσταση αυλακώσεων: 150-300mm, πάχος: 0,75-1,5mm, όριο διαρροής: 220-350 MPa, βάρος ψευδαργυρικής επίστρωσης: 275 g/m<sup>2</sup>, πάχος γαλβανίσματος ανά πλευρά: 0,02mm

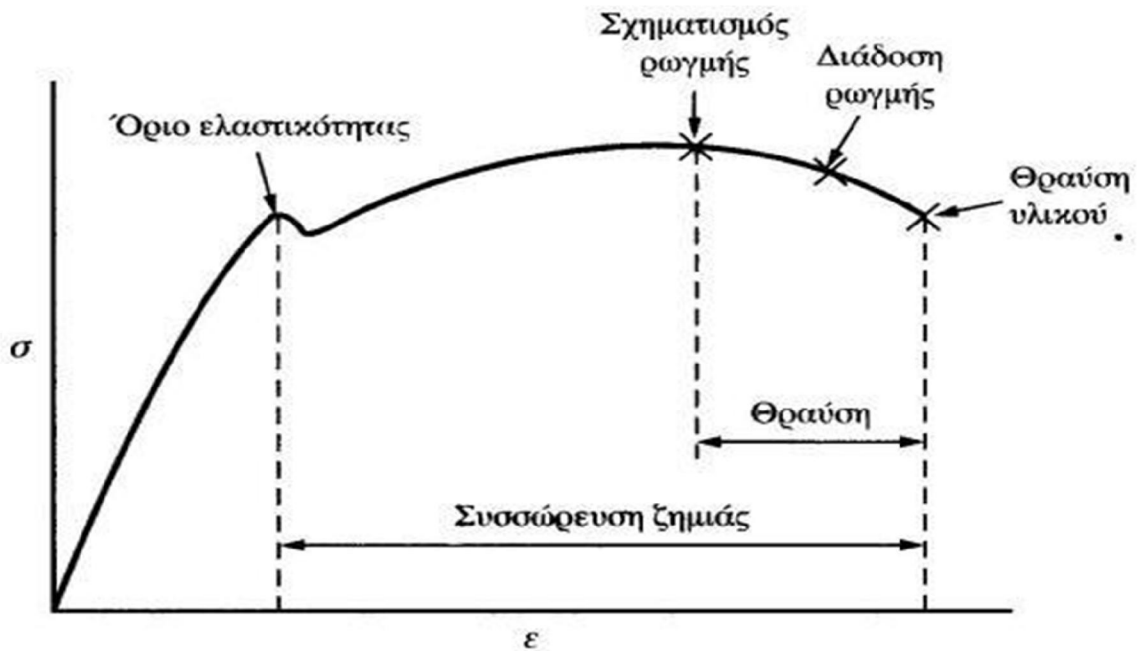
### **2.5.1.2 Μηχανικές ιδιότητες**

#### ***Μηχανικές ιδιότητες σκυροδέματος***

Βλέπε αντίστοιχο κεφάλαιο 2.3.1.2

#### ***Μηχανικές ιδιότητες χάλυβα***

Ένα βασικό διάγραμμα που χρησιμοποιείται στην εύρεση των αντοχών του χάλυβα , σε εφελκυσμό , θλίψη , κάμψη ή διάτμηση , είναι αυτό των τάσεων-παραμορφώσεων που ακολουθεί:



διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων

### Αντοχή σε εφελκυσμό<sup>5</sup>

Τα μέλη που θα υποστούν τις εφελκυστικές τάσεις, έχουν συγκεκριμένη διατομή. Η επιλογή της κατάλληλης διατομής είναι απλή έχοντας ως δεδομένο το μέγεθος της δράσης σχεδιασμού που πρέπει να αναληφθεί και την αντοχή του χρησιμοποιούμενου υλικού. Ο υπολογισμός της διατομής γίνεται κατευθείαν εφόσον το εφελκυτό μέλος είναι στοιχείο ευσταθές και δεν υπάρχει ο κίνδυνος του λυγισμού. Γενικώς τα εφελκυτόμενα μέλη σχεδιάζονται χρησιμοποιώντας ελατές διατομές γωνιακών ή απλών ταυ, πι, συμπαγών κυκλικών ράβδων και ελασμάτων και σε ειδικές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται πιο σύνθετες διατομές από κοχλιωμένα ή συγκολλημένα ελάσματα. Στην ουσία για να ελεγχθεί η αντοχή σε εφελκυσμό ενός μέλους, αρκεί να υπολογιστεί η αντοχή στην διατομή του. Επομένως η αντοχή σε εφελκυσμό είναι ελεγχόμενη ανάλογα με την κάθε περίπτωση.

### Αντοχή σε θλίψη<sup>5</sup>

Ο όρος της αντοχής σε θλίψη αφορά στα μέλη κατασκευών που υποβάλλονται σε θλιπτικά φορτία. Στα θλιβόμενα μέλη υπάρχει γενικά η στάθμη του θλιπτικού φορτίου, υπό την έννοια ότι το μέλος χάνει την ευστάθειά του και λυγίζει πριν η διατομή χάσει την αντοχή της. Στη στάθμη αυτή θεωρείται ότι πρακτικά εξαντλείται η αντοχή του μέλους, ενώ για να την προσδιορίσουμε μας ενδιαφέρουν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του μέλους. Σε αντίθεση με τους υπολογισμούς που γίνονται για τον προσδιορισμό της εφελκυστικής αντοχής (μόνο στην διατομή του μέλους), ο υπολογισμός στην αντοχή σε θλίψη περιλαμβάνει το μέλος που καταπονείται στο σύνολο του.

### Αντοχή σε κάμψη<sup>5</sup>

Η εντατική αυτή κατάσταση εμφανίζεται σε δοκούς. Οι χαλύβδινες δοκοί σχεδιάζονται συνήθως με βάση την αντοχή τους σε κάμψη (εξασφαλίζοντας ότι η ροπή αντοχής τους σε κάμψη θα είναι μεγαλύτερη από την



μέγιστη ροπή σχεδιασμού) και την δυσκαμψία τους (εξασφαλίζοντας ότι η δοκός δεν παραμορφώνεται πέραν των μεγίστων αποδεκτών ορίων λειτουργικότητας).

### 2.5.2 Θεμελίωση

Η θεμελίωση στις σύμμεικτες κατασκευές γίνεται με οπλισμένο σκυρόδεμα έτσι όπως περιγράφεται σε προηγούμενο κεφάλαιο ( 2.4.2 ).

### 2.5.3 Τοιχοποιία με ytong block (τούβλο από αφρομπετόν) <sup>27</sup>

Χρησιμοποιούνται στην κατασκευή εσωτερικών και εξωτερικών φερόντων τοίχων (έως δύο ορόφους), καθώς και σε τοίχους πλήρωσης. Είναι στοιχεία συμπαγή, με μικρότερο βάρος (500 kg/m<sup>3</sup>) σε αντίθεση με τα συμβατικά τούβλα που έχουν (1200 kg/m<sup>3</sup>). Έχουν άριστη συνεργασία με δομικά υλικά, όπως σίδηρο, ξύλο, με αποτέλεσμα να εξασφαλίζουν την γρήγορη και με μειωμένο κόστος κατασκευή.

Το κτίσιμο με **YTONG BLOCK** γίνεται εύκολα και γρήγορα και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το υλικό είναι ελαφρύ, έχει ακριβείς διαστάσεις, κόβεται και επεξεργάζεται πολύ εύκολα.

❖ Η τοιχοποιία πρέπει να σφηνώνεται με πολυουρεθάνη στις κολώνες των υποστυλωμάτων και κάτω από τα δοκάρια. Κάθε 10-12m<sup>2</sup> τοιχοποιίας πρέπει να περισφίγγονται με σενάζ.

\*ΣΗΜΕΙΩΣΗ: το ytong block βρίσκεται στην Ελληνική αγορά 1990.

*Σειρά εργασιών<sup>28</sup>:*

1. Η πρώτη σειρά της τοιχοποιίας κτίζεται με κοινή λάσπη κτισίματος (άμμο- τσιμέντο- ασβέστη- νερό ), αλαδιάζοντας τα BLOCKS προσεκτικά ως προς το μήκος και το πλάτος.
2. Η Δεύτερη σειρά καθώς και οι επόμενες, κτίζεται με συνδετική κονία. Το κονίαμα απλώνεται κατά την οριζόντια διεύθυνση των blocks, σε πάχος 1-2mm και όχι παραπάνω. Για να μπορέσουμε να ελέγχουμε την ποσότητα της κόλλας χρησιμοποιούμε την ειδική σπάτουλα.
3. Οι κάθετοι αρμοί δεν συγκολλούνται, όταν έχουν προφίλ (αρσενικό θηλυκό), χρειάζεται όμως συγκόλληση, όπου τα BLOCKS είναι κομμένα.
4. Στις γωνιακές και εγκάρσιες συνδέσεις των τοίχων, το κτίσιμο θα πρέπει να είναι σταυρωτό, ώστε να έχουμε καλύτερη στήριξη της τοιχοποιίας.  
Όπου χρειάζεται πρέκι, (συγκεκριμένων διαστάσεων) το οποίο τοποθετείται με ελάχιστο μήκος έδρασης (αριστερά και δεξιά) 10cm.
5. Εναλλακτικά χρησιμοποιούμε πρέκι από μπετόν. Σενάζ μπαίνει μόνο σε περιπτώσεις, όπου οι συνθήκες της τοιχοποιίας το απαιτούν (μεγάλα ύψη τοιχοποιίας ).
6. Το σφήνωμα της τοιχοποιίας στα δοκάρια και στην πλάκα, γίνεται αποκλειστικά με λεπτό στρώμα αφρού διογκούμενης πολυουρεθάνης, πάχους 2-3cm και όχι παραπάνω. Το σφήνωμα πρέπει να γίνεται προσεκτικά, έτσι ώστε η πολυουρεθάνη να διαχέεται σε όλο το πάχος του BLOCK, χωρίς διακοπές και κενά. Η σύνδεση της τοιχοποιίας με τις κολώνες του σκελετού, από οπλισμένο σκυρόδεμα, γίνεται με αφρό διογκούμενης πολυουρεθάνης, πάχους 1cm.

### 2.5.3.1 Περιγραφή δομικών στοιχείων<sup>27</sup>

#### ❖ YTONG

Τα δομικά στοιχεία y tong παράγονται από φυσικά υλικά όπως : η άμμος , ο ασβέστης, το τσιμέντο και το νερό , χωρίς όμως την προσθήκη χημικών συστατικών. Η τελική τους διαμόρφωση γίνεται σε μορφή ορθογωνίων παραλληλεπίπεδων ,διαφόρων διαστάσεων.



*y tong block*

Είναι μια μοντέρνα επιλογή στον κατασκευαστικό τομέα αρκετά ασφαλής για το περιβάλλον , με πολλές δυνατότητες αξιοποίησης τόσο στο εσωτερικό όσο και στο εξωτερικό του κτιρίου. Επίσης συνδυάζεται άψογα με τις μεταλλικές κατασκευές.

### 2.5.3.2 Επιχρίσματα<sup>28</sup>

Το σοβάτισμα της τοιχοποιίας με BLOCK, παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα και αυτό γιατί η επιφάνεια της τοιχοποιίας είναι εξαιρετικά λεία, με αποτέλεσμα να αρκεί ένα λεπτό στρώμα σοβά μερικών χιλιοστών για να επιχρισθεί Το σοβάτισμα λοιπόν γίνεται με έτοιμο βασικό σοβά (σε σάκους των 25 κιλών).

#### *Διαδικασία σοβατίσματος*

Οι τοιχοποιίες θα πρέπει να βρέχονται καλά πριν σοβατιστούν ή να ασταρώνονται

Το ελάχιστο πάχος τοποθέτησης του σοβά, θα πρέπει να είναι εσωτερικά 8-10mm και εξωτερικά 12-15mm

Οι σοβάδες θα πρέπει να βρέχονται δύο μέρες μετά την εφαρμογή τους

Συνιστάται η τοποθέτηση πλέγματος από υαλοΐνες με τον φέροντα οργανισμό, στα σενάζ και στα κανάλια του ηλεκτρολόγου.

Δεν συνιστάται η χρήση του υλικού σε περιβαλλοντικές συνθήκες καύσωνα ή παγετού.

Παράλληλα το block μπορεί να επιχρισθεί και να σοβατιστεί με τον παραδοσιακό τρόπο σοβατίσματος (σε τρεις στρώσεις), έχοντας πάλι καλή συνεργασία και καλά αποτελέσματα.

## 2.5.4 Ενεργειακή συμπεριφορά<sup>23</sup>

### A. ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ / U VALUE

Τεχνικά χαρακτηριστικά του σκυροδέματος:

- Πυκνότητα = 2400 kg/m<sup>3</sup>
- Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας  $\lambda = 2,0 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- Ειδική Θερμοχωρητικότητα  $c_p = 1000 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
- Συντελεστής Αντίστασης σε Διάχυση Υδρατμών  $\mu = 80 - 130$
- Εκπομπές CO<sub>2</sub> = 0,130 (KgCO<sub>2</sub>eq) / Kg
- Ενσωματωμένη Ενέργεια = 0,95 MJ / Kg

Τεχνικά χαρακτηριστικά του χάλυβα:

- Πυκνότητα = 7800 kg/m<sup>3</sup>
- Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας  $\lambda = 50,0 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- Ειδική Θερμοχωρητικότητα  $c_p = 450 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
- Συντελεστής Αντίστασης σε Διάχυση Υδρατμών  $\mu = \infty$
- Εκπομπές CO<sub>2</sub> = 1,77 (KgCO<sub>2</sub>eq) / Kg
- Ενσωματωμένη Ενέργεια = 24,4 MJ / Kg

### B. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ

Ο σκελετός είναι πλήρως ανακυκλώσιμος. Στην περίπτωση που ο ιδιοκτήτης επιθυμεί στο απώτερο μέλλον την κατεδάφιση θα εξοικονομεί τουλάχιστον το κόστος αυτής.

Το YTONG Block είναι ένα δομικό υλικό του οποίου η παραγωγή απαιτεί πολύ λίγες πρώτες ύλες, μιας και το μεγαλύτερο ποσοστό του στοιχείου αποτελείται από αέρα. Επιπλέον, οι πρώτες του ύλες βρίσκονται ανεξάντλητες στη φύση. Επιπλέον, λόγω του μικρού του βάρους, το YTONG συνεισφέρει στη μικρότερη εκπομπή ρύπων κατά τη διάρκεια της μεταφοράς του.<sup>27</sup>

## 2.5.5 Εξοικονόμηση ενέργειας<sup>27</sup> – κόστος κατασκευής

➤ Το YTONG παράγεται σε ένα αυτόκλειστο (κλίβανο), με πολύ λιγότερη ενέργεια σε σχέση με αυτή που δαπανάται για την παραγωγή άλλων δομικών υλικών. Τα YTONG μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν, σε πολτοποιημένη μορφή, για εφαρμογές όπως υλικό πλήρωσης δαπέδων, μονωτικό υλικό και σαν υλικά για ελαφροσκυρόδεμα. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την παραγωγή του είναι περιορισμένες.

Λόγω της άριστης ικανότητας μόνωσης και της υψηλής θερμικής αδράνειάς του, το YTONG προστατεύει από το κρύο κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Αντιθέτως, το καλοκαίρι, η σύσταση του (YTONG), αποτρέπει την είσοδο της θερμότητας, διατηρώντας τη θερμοκρασία της κατοικίας σε χαμηλά επίπεδα.

Έτσι, χρησιμοποιώντας YTONG Blocks εξασφαλίζεται η εξοικονόμηση της ενέργειας που χρειάζεται για την θέρμανση του κτιρίου το χειμώνα και της ενέργειας που θα χρειαστεί για την ψύξη αυτού το καλοκαίρι.

➤ Το κόστος επιγραμματικά είναι<sup>3</sup>:

### *Προμήθεια σκυροδέματος*

Περιλαμβάνεται η αγορά του υλικού, η μεταφορά, η άντληση και τα υπερρευστοποιητικά. Στην τρέχουσα περίοδο η τιμή κυμαίνεται από 74 μέχρι 85€/m<sup>3</sup>.

### *Εργασία καλουπώματος*

Περιλαμβάνει τη χρήση της κατάλληλης ξυλείας και καλουπιών, των κατάλληλων μεταλλικών στοιχείων στήριξης, τις μεταφορές, την εργασία καλουπώματος και ξεκαλουπώματος, τη χρήση κάθε απαραίτητου μηχανήματος ή εργαλείου, τη διάστρωση, συμπύκνωση και τη συντήρηση του σκυροδέματος.

Η τιμή κανονικά πρέπει να δίνεται σε €/m<sup>2</sup>, αλλά στην αγορά η τιμή συνηθίζεται να δίνε-ται ανά m<sup>3</sup> σκυροδέματος. Εννοείτε ότι στην προσφερόμενη τιμή ανά m<sup>3</sup> έχει ληφθεί υπόψη η αναλογία των m<sup>2</sup> του καλουπώματος. Σήμερα, η τιμή κυμαίνεται από 55 €/m<sup>3</sup> μέχρι 75 €/m<sup>3</sup>.

### *Προμήθεια οπλισμού ράβδων κομμένων και διαμορφωμένων (με ΦΠΑ)*

Περιλαμβάνεται η αγορά του χάλυβα, η κοπή, η διαμόρφωση, μεταφορά και ανύψωση.

Η σημερινή τιμή κυμαίνεται από 0.6 €/kg μέχρι 0.9 €/kg.

### *Εργασία τοποθέτησης ράβδων*

Αφορά την εργασία τοποθέτησης όλου του οπλισμού των ράβδων των πλεγμάτων κτλ, πλην των συνδετήρων, στο έργο. Η σημερινή τιμή κυμαίνεται από 0.12 €/kg μέχρι 0.16 €/kg

### *Προμήθεια οπλισμού συνδετήρων*

Περιλαμβάνεται η προμήθεια διαμορφωμένων συνδετήρων, έτοιμων για τοποθέτηση. Σήμερα, η τιμή κυμαίνεται από 0.75 €/kg μέχρι 1.0 €/kg

### *Εργασία τοποθέτησης συνδετήρων*

Αφορά την εργασία τοποθέτησης των συνδετήρων, στο έργο. Η σημερινή τιμή κυμαίνεται από 0.20 €/kg μέχρι 0.30 €/kg

### *Κόστος αποστατήρων*

Αφορά την προμήθεια και τοποθέτηση των κάθε είδους στηριγμάτων των οπλισμών, πλαστικά, καβαλέτα κ.τ.λ. Η σημερινή τιμή κυμαίνεται από 4 €/ m<sup>3</sup> έως 5 €/ m<sup>3</sup>

### *Επίχωση*

Περιλαμβάνει την ποσότητα του χώματος ή/και των αδρανών που χρειάζονται για την επίχωση των θεμελίων πάνω στα οποία θα κατασκευαστεί το δάπεδο του υπογείου.

Το κόστος της επίχωσης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ποσότητα της, επειδή στην περίπτωση του χώματος το κόστος οφείλεται στη μεταφορά και κυρίως στη χρήση των μηχανημάτων που θα την πραγματοποιήσουν. Σε περίπτωση χρήσης αδρανών το κόστος της προμήθειας είναι της τάξης των 35 €/m<sup>3</sup>

#### Διάφορα

Σε περίπτωση χρησιμοποίησης εξηλασμένης πολυστερίνης σε μορφή φύλλων για τη θερμομόνωση, εφόσον ενσωματώνεται στο σκελετό κατά τη διάρκεια της κατασκευής του, χρειάζονται οι ποσότητες σε m<sup>2</sup> ανά πάχος φύλλου. Πέραν του κόστους προμήθειας του υλικού που είναι της τάξης των 12 €/m<sup>2</sup> για πάχος φύλλου 50 mm, υπάρχει και κόστος τοποθέτησης στα καλούπια που είναι της τάξης των 1 έως 2 €/m<sup>2</sup>.

Το κοινό σύρμα δεσίματος των οπλισμών κυμαίνεται περί τα 2.0 kg/t οπλισμού και το κόστος του είναι της τάξης των 3.5 €/kg.

❖ Ενδεικτικά ένα σπίτι περίπου 80 τ.μ κοστίζει γύρω στα **76.800** ευρώ ( 890 ευρώ/τ.μ.) , μαζί με την οικοδομική άδεια.<sup>31</sup>

#### **2.5.6 Θερμική άνεση – κλίμα**

Το ίδιο το υλικό (ytong) έχει θερμομονωτικές ιδιότητες και παρέχει εξαιρετικούς δείκτες θερμομόνωσης, με αποτέλεσμα το κόστος της δαπάνης για την μόνωση μίας νέας κατοικίας να μειώνεται αισθητά με τη χρήση ενός μόνο υλικού και ενός συνεργείου. Επιπλέον, επιλέγοντας το σύστημα δόμησης της YTONG αποφεύγεται η δημιουργία θερμογέφυρων, επιτυγχάνοντας την καλύτερη θωράκιση του κτίσματος από τις εξωτερικές θερμοκρασιακές μεταβολές και προσδίδοντας κατά αυτόν τον τρόπο περισσότερη θερμική άνεση.

#### **2.5.7 Επίπεδο συντήρησης –χρόνος υλοποίησης<sup>27</sup>**

Το YTONG Block χαρακτηρίζεται από την ευκολία του στην εργασία και την κατασκευή του. Μπορούν να κοπούν με πριόνι τόσο εύκολα, όπως όταν κόβουμε ένα κομμάτι ξύλο. Αυτό οδηγεί σε μια υψηλή ταχύτητα κατασκευής που μπορεί να επιφέρει δραστική μείωση του κόστους κατασκευής, ιδιαίτερα στα μεγαλύτερα έργα. Αξίζει να σημειώσουμε πως ένα συνεργείο κτίζει 25-30 m<sup>2</sup> την ημέρα και παράλληλα έχουμε το πλεονέκτημα της μονολιθικής τοιχοποιίας, ενώ αντίστοιχα, στη συμβατική διπλή δρομική τοιχοποιία με τούβλα, ένα συνεργείο κτίζει 15-20 m<sup>2</sup> την ημέρα.

#### **2.5.8 Πλεονεκτήματα μειονεκτήματα <sup>35</sup>**

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Χρήση βιομηχανικών προϊόντων	Ανάγκη για πυροπροστασία
Ανακυκλωσιμότητα του υλικού	Απαίτηση αυξημένης και εξειδικευμένης τεχνογνωσίας
Ελευθερία στην μόρφωση διατομών	
Χαμηλό κόστος συντήρησης	
Πολύ καλή αντισεισμική συμπεριφορά	
Ταχύτητα ανέγερσης	
Σταθερές μηχανικές ιδιότητες στον χρόνο	
Πολλαπλάσια δυσκαμψία	

Δυνατότητα υλοποίησης μειωμένου στατικού ύψους σε δοκούς	
Δυνατότητα υλοποίησης πλακών χωρίς σκαλωσιές	

### 2.5.9 Στέγη<sup>33</sup>

Προβλέπονται μονόκλινες, δίκλινες, τρίκλινες ή τετράκλινες με ρωμαϊκά ή γαλλικού τύπου κεραμίδια. Ο σκελετός όταν είναι μεταλλικός αποτελείται από ζευκτά διαφόρων τύπων, από διάτρητα γωνιακά ελάσματα χαλύβδινα με διατομές και προδιαγραφές εγκεκριμένες για δομικά έργα. Τα ελάσματα είναι από χάλυβα ψυχρής εξέλασης και έχουν προστασία ψυχρού γαλβανίσματος εφόσον δεν είναι χρωματισμένα με βερνικόχρωμα φούρνου. Συναρμολόγηση ζευκτών με βίδες 5/16" και 3/8". Ο σκελετός της στέγης αγκυρώνεται στην πλάκα με κατάλληλα διαστελλόμενα μπουλόνια αγκύρωσης με βίδες 10 έως 12mm. Ο αριθμός των μπουλονιών αγκύρωσης θα καθορίζεται από την επίβλεψη ανάλογα με την επιφάνεια της στέγης και την ένταση των επικρατούντων τοπικά ανέμων. Πριν την τοποθέτηση της στέγης η επιφάνεια της πλάκας εξομαλύνεται με τσιμεντοκονίαμα 450kg τσιμέντου (αντί νερού διάλυμα νερού – πρώτης ύλης πλαστικού, σε αναλογία 5/1).

Ακολουθεί στεγάνωση με τριπλή επάλειψη ασφαλτικού γαλακτώματος στην κατάλληλη αναλογία και ποσότητα ανά m<sup>2</sup>.

Μετά την τοποθέτηση στη συνέχεια των ζευκτών γίνεται η θερμομονωτική στρώση που αποτελείται από αδιάβροχες γωνιές και το κέντρο τους με μπετόκαρφα γαλβανισμένα μέσω ροδελών (τετραγώνου σχήματος) γαλβανισμένης λαμαρίνας 40/40/1,5mm ελαφρά τσακισμένες στις γωνίες.

Στους αμείβοντες στερεώνονται ξύλινοι στρωτήρες 4/8cm και ακολούθως τεγίδες 4/8cm ή 5/7cm ανά 35cm ή ανάλογα με το μήκος του χρησιμοποιούμενου κεραμιδιού, επί των οποίων στερεώνονται τα ρωμαϊκά ή γαλλικά κεραμίδια (διαστάσεις περίπου 43,5x25x4cm) με δέσιμο με γαλβανισμένο σύρμα σε αντίστοιχα καρφιά ή διχάλες των τεγίδων.

Όταν ο σκελετός είναι ξύλινος και προβλέπεται κατασκευή ξύλινης στέγης πάνω στην οριζόντια πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, τότε αυτή γίνεται σύμφωνα με τα όσα προβλέπει η μελέτη (γενικά σχέδια και σχέδια λεπτομερειών).

Διαφορετικά αν δεν δίνει λεπτομερή στοιχεία η μελέτη όσον αφορά τη διάταξη του σκελετού – πλαισίου, τις διατομές των ξύλων και τους τρόπους σύνδεσης και στήριξης τους, αυτά θα προκύπτουν από τη σχετική μελέτη που ο ανάδοχος υποχρεούται να υποβάλλει για έλεγχο και έγκριση από την υπηρεσία, μαζί με πλήρη κατασκευαστικά σχέδια.

#### ➤ Ποιότητα ξυλείας– ειδική επεξεργασία

Η ξυλεία που θα χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή θα είναι λευκή προέλευσης κεντρικής Ευρώπης, καταλλήλως ξηραμένη.

Η προστασία της ξυλείας έναντι εντόμων και μυκήτων θα γίνεται με εμφύσηση σε διάλυμα (CB: βάριο-χαλκός-χρώμιο) σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές του υλικού.

Για την πυρασφάλεια προβλέπεται εμποτισμός σε κατάλληλο διάλυμα ως βραδυντικού καύσης, σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς.

Η διάταξη των υλικών θα είναι όπως παρακάτω αναφέρεται:

1. Σκελετός πλαίσιο (αμείβοντες- ελκυστήρες)
2. Εγκάρσια τοποθέτηση τεγίδων
3. Πέτσωμα

4. Μεμβράνη στεγάνωσης
5. Παράλληλη (ως προς τους αμείβοντες) τοποθέτηση τεγίδων
6. Τοποθέτηση υλικού θερμομόνωσης
7. Εγκάρσια τοποθέτηση πήξεων
8. Κεραμίδι ρωμαϊκού ή γαλλικού τύπου

Η στεγανοποίηση της οροφής θα γίνει με ελαστομερές ενισχυμένο ασφαλτόπανο βάρους 4kg/m<sup>2</sup>.

Η θερμομόνωση οροφής θα γίνει σύμφωνα με τη σχετική μελέτη με πλάκες εξηλασμένης πολυστερόλης.

➤ **Επικάλυψη κεραμιδιών**

Η επικάλυψη θα γίνει με πήλινα κεραμίδια ρωμαϊκού ή γαλλικού τύπου, κόκκινου χρώματος με τις πιο κάτω ιδιότητες:

1. Υδατοαπορρόφηση < 15%
2. Αντοχή σε κάμψη: ελάχιστο συγκεντρωμένο φορτίο στο μέσον να είναι κατά μέσο όρο > 130kg.
3. Υδατοπερατότητα: μετά 2 ώρες ελαφρά δύγρανση. Μετά 24 ώρες εφίδρωση χωρίς πτώση σταγόνας.

Η στερέωση των κεραμιδιών πάνω στις τεγίδες θα γίνει για τις δύο πρώτες σειρές με κάρφωμα όλων των κεραμιδιών ενώ στις υπόλοιπες σειρές με κάρφωμα 1/2 των κεραμιδιών. Προβλέπεται ντερές για την απορροή των όμβριων περιμετρικά του κτιρίου.

#### **2.5.10 Πυροπροστασία<sup>32</sup>**

Το πρόβλημα που μπορεί να προκύψει στην περίπτωση πυρκαγιάς σε μια σύμμικτη κατασκευή είναι ότι τα στοιχεία του σιδηρού οπλισμού διαστέλλονται, το σκυρόδεμα εξασθενεί, με αποτέλεσμα την θραύση και κατάρρευση της κατασκευής. Επιπλέον υπάρχει ο κίνδυνος να διαχωριστεί ο οπλισμός από το σκυρόδεμα (αποτέλεσμα κακοτεχνίας) γεγονός που επιταχύνει την αύξηση της θερμοκρασίας και την κατάρρευση.

Η επικάλυψη του χάλυβα από το σκυρόδεμα, όπως η διατομή του και η μηχανική του καταπόνηση μπορούν να συμβάλουν στην αύξηση της πυραντίστασης.

## 2.6 Το ξύλο

Ακολουθεί μια μικρή αναφορά στο ξύλο και στις ιδιότητες του ως δομικό υλικό που χρησιμοποιείται στις οικοδομές . Δεν θα γίνει ουσιαστική ανάλυση των ξύλινων κατασκευών, αλλά του ξύλου ως υλικό που συμμετέχει σε διάφορα είδη δόμησης , είτε πρόκειται για εναλλακτική μέθοδο , είτε για συμβατική.



### 2.6.1 Δομή και σύσταση του υλικού

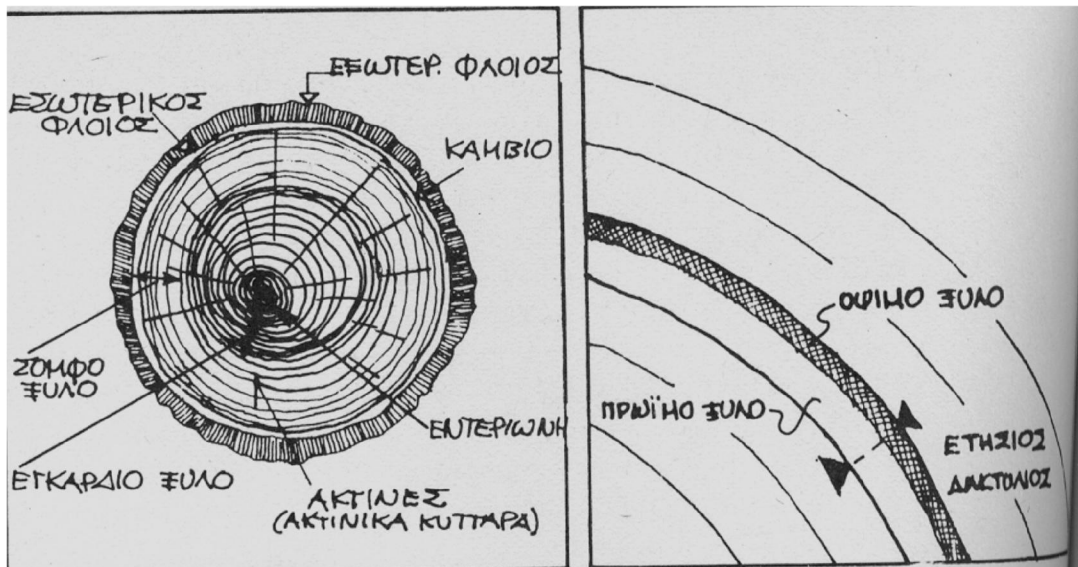
Το ξύλο είναι από τα πλέον φυσικά και μάλιστα οργανικά υλικά, με μεγάλη σπουδαιότητα και χρησιμότητα στα δομικά έργα. Σαν κατασκευαστικό υλικό παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον , καθώς παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα ( μονωτικό, εύκολο στην επεξεργασία κ.λπ.). Οι ιδιότητές του εξαρτώνται από το είδος και την ηλικία του δένδρου, από τον προσανατολισμό των νερών, από τις συνθήκες ζωής του από τον τρόπο συντήρησης και κατεργασίας του ξύλου. Από χημική άποψη αποτελείται από λυγνίνη και κυτταρίνη. Έτσι, όταν ένα ξύλο περιέχει 15% υγρασία, αποτελείται από άνθρακα 35%, υδρογόνο 5%, οξυγόνο 55% περίπου και μικρά ποσά αζώτου, θείου, καλίου, πυριτίου.

Οι κορμοί των φυλλοβόλων αποτελούνται από αγγεία (τραχείες) για τροφοδότηση νερού, παρεγχυματικά κύτταρα (για συσσώρευση) και ίνες για στερέωση. Όλα αυτά έχουν την ίδια κυτταρική μορφή που καθοδηγεί , βαστάζει και συσσωρεύει, με αποτέλεσμα την μεγάλη ελαστικότητα του ξύλου.

Η χημική σύσταση σχεδόν όλων των ξύλων είναι : άνθρακας 50% ,υδρογόνο 6% , οξυγόνο 42% και το υπόλοιπο είναι κυρίως άζωτο .

ANATOMIA ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ:





Οι ιδιότητες του ξύλου κατατάσσονται στις εξής δύο βασικές κατηγορίες:

- Τις Φυσικές όπως το χρώμα, η στιλπνότητα, η υφή, η οσμή.
- Τις μηχανικές και τεχνικές όπως η σκληρότητα, η πυκνότητα, η ευκαμψία και οι αντοχές σε εφελκυσμό, θλίψη, κάμψη, λύγισμα, τριβή και κρούση.

Το φυσικό ξύλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας αφού καθαριστεί, ως ξύλινος κύλινδρος, ιδιαίτερα όταν είναι περιορισμένης διατομής. Αυτού του είδους η ξυλεία αποκαλείται **στρογγυλή**. Όταν η κορμοί ορθογωνίζονται πρόχειρα τότε αναφερόμαστε στην **πελεκητή** ξυλεία. Στην περίπτωση που οι κορμοί πριονίζονται σε τετραγωνικές ή ορθογωνικές διατομές τότε πρόκειται για την πριονιστή ή πριστή ξυλεία. Στο εμπόριο η ξυλεία προσφέρεται σε τυποποιημένες διατομές όπως τα καδρόνια, τα μισοκάδρα, τις σανίδες, τις πηχοσανίδες.



(<http://www.xyloioniki.gr/products/blockboard/>) –πηχοσανίδες

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

Η υγρασία του ξύλου επηρεάζει όλες σχεδόν οι ιδιότητες του που έχουν να κάνουν με τη στερεότητα, τη δυνατότητα επεξεργασίας, τη ρίκνωση και την υγροσκοπικότητα, την αντίσταση που προβάλλει αυτό στους μύκητες και τα έντομα κτλ. Μεγάλες εναλλαγές στην περιεκτικότητα σε υγρασία του ξύλου μειώνει την αντοχή του και προξενεί παραμορφώσεις. Η περιεχόμενη στην ξυλεία υγρασία πρέπει να ελέγχεται κατά τη βιομηχανική

παραγωγή. Οι κανονισμοί ορίζουν ότι η ξυλεία για τους φέροντες οργανισμούς πρέπει να έχει περιεχόμενη υγρασία 19% ή λιγότερο.

### **2.6.2 Μηχανικές ιδιότητες**

Το ξύλο σαν ανισότροπο και ανομοιογενές υλικό έχει διαφορετική μηχανική αντοχή στις διάφορες διευθύνσεις του. Τυπικά η αντοχή του σε δυνάμεις που δρουν αξονικά είναι μεγαλύτερη ,ενώ υπάρχουν μικρές διαφορές στην ακτινική και εφαπτομενική διεύθυνση . Οι κύριες μηχανικές ιδιότητες είναι :

#### **Αντοχή σε εφελκυσμό**

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

#### **Αντοχή σε θλίψη**

Η αντοχή σε αξονική θλίψη είναι 10-15 φορές μεγαλύτερη σε σύγκριση με την εγκάρσια. Επίσης η αξονική θλίψη είναι μικρότερη από αυτή των μετάλλων . Υποστηρίγματα μεγάλου μήκους λυγίζουν ,γιατί δεν είναι δυνατό να εφαρμοστεί απόλυτα κεντρική φόρτιση.

#### **Αντοχή σε κάμψη**

Το ξύλο στις περισσότερες κατασκευές του φορτίζεται κυρίως με δυνάμεις που προκαλούν κάμψη. Η αντοχή σε κάμψη ενός ξύλου είναι σχετικά μεγάλη σε σχέση με το ελάχιστο βάρος του και αποτελεί πλεονέκτημα των ξύλινων οικοδομών.

#### **Ελαστικότητα**

Η ελαστικότητα του ξύλου είναι σχετικά μεγάλη. Μια ξύλινη κατασκευή, ακόμα και έπειτα από μια υψηλή φόρτιση που προκάλεσε την παραμόρφωσή της, ξαναπαίρνει αμέσως την αρχική της μορφή.

Οι μηχανικές ιδιότητες του ξύλου επηρεάζονται από τους εξής παράγοντες:

- Υγρασία ( μεγάλη υγρασία- μικρή μηχανική αντοχή)
- Πυκνότητα (μεγάλη πυκνότητα- μεγάλη μηχανική αντοχή)
- Θερμοκρασία (μεγάλη θερμοκρασία μπορεί να προκαλέσει χημική αλλοίωση του ξύλου)
- Σφάλματα δομής (σφάλματα όπως ρόζοι , ραγάδες, προσβολή από έντομα ή μύκητες κ.λπ.)
- Διάρκεια φόρτισης (η μόνιμη φόρτιση ελαττώνει την αντοχή σε ποσοστό 50-75%)

### **2.6.3 Θεμελίωση<sup>10</sup>**

Η αλληλουχία της στήριξης ενός οικοδομήματος είναι οι πλάκες που στηρίζονται στα δοκάρια, και τα δοκάρια με τη σειρά τους στις κολώνες. Το ξύλινο σπίτι ακολουθεί την ίδια στατική λογική, με τη διαφορά ότι όλα τα στοιχεία είναι ξύλινα. Η θεμελίωση των ξύλινων κατασκευών είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα (επενδυμένο με πέτρα, εμφανή τούβλα) ή λιθοδομή ή οποιοδήποτε άλλο αποδεκτό υλικό. Το βάρος των ξύλινων κατοικιών είναι πολύ μικρότερο από ότι μιας συμβατικής κατασκευής, γι' αυτό και δεν απαιτείται ιδιαίτερα ενισχυμένη

θεμελίωση ακόμα και σε ασθενή εδάφη. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα κατασκευής βάσεως με υπόγειο σύμφωνα πάντα με την οικοδομική άδεια. Όσον αφορά την στατική των ξύλινων κατοικιών, τις αντοχές σε βάρος των κομματιών που ασκούνται σε αυτές, όπως η ανεμοπίεση και βάρος χιονιού, ελέγχονται από ειδικό στατικό πρόγραμμα σε Η/Υ με αποτέλεσμα την απόλυτη ασφάλεια.

#### **2.6.4 Επίπεδο συντήρησης<sup>8</sup>**

Όλα τα ξύλα, και ειδικότερα αυτά που προορίζονται για την κατασκευή των ξύλινων κατοικιών, χρήζουν ειδικής επεξεργασίας με χημικά μέσα, για την αποφυγή προβλημάτων που ενδέχεται να δημιουργηθούν από τις υπεριώδεις ακτίνες του ηλίου, από έντομα ή από μύκητες. Οι υπεριώδεις ακτίνες, καταστρέφουν με αργό ρυθμό τη λιγνίνη του ξύλου. Δημιουργούνται έτσι, λεπτές ρηγματώσεις στην επιφάνεια του ξύλου, καθιστώντας την επιφάνεια του εύθραπτη. Τα έντομα, όπως το σκαθάρι κατοικίας, το συνηθισμένο σκαθάρι ροκάνι και το σκαθάρι μαλακού ξύλου αφήνουν τα αυγά τους στους πόρους των ξύλων και οι κάμπιες που βγαίνουν από αυτά, προχωρούν στο εσωτερικό του και το κονιοποιούν. Στην επιφάνεια, συνήθως εμφανίζονται μικρές οπές διαμέτρου μερικών χιλιοστομέτρων και ανάλογα με το είδος του εντόμου και τον τύπο του ξύλου, η υποβάθμιση μπορεί να είναι αισθητικού χαρακτήρα ή να επηρεάσει την αντοχή του ξύλου. Οι μύκητες επιδρούν χημικά στο ξύλο καταστρέφοντας τα βασικά συστατικά του και αλλοιώνοντας τις μηχανικές του ιδιότητες και την εμφάνιση του. Στους πιο επικίνδυνους μύκητες ανήκουν η γνήσια πολυπορίαση, ο μύκητας υγρασίας, ο πορώδης μύκητας ο μύκητας του ελατού όπως επίσης και διάφοροι κυανοί μύκητες.

Η προστασία του ξύλου επιτυγχάνεται με διάφορες μεθόδους.

*Ο εμποτισμός*, όπου η ξυλεία βυθίζεται σε ειδικό υδατικό αιώρημα οργανικών ουσιών και ρητινών. Το υγρό εισχωρεί μέσω των τριχοειδών οπών του ξύλου από την επιφάνεια προς το εσωτερικό του.

*Ο εμποτισμός υπό πίεση*, όπου επιτυγχάνεται η εισχώρηση οργανικών διαλυμάτων ή υδατοδιαλυτών αλάτων σε μεγαλύτερο βάθος του ξύλου.

*Ο εμβαπτισμός και ψεκασμός*, συνιστάται στον εμβαπτισμό των φρέσκων ξύλων σε διαλύματα χλωριούχων, φωσφορούχων ή μεταλλικών οργανικών ενώσεων.

*Η επίπαση*, δηλαδή το πασπάλισμα με πούδρα από υδατοδιαλυτά άλατα με μυκητοκτόνες και εντομοκτόνες ιδιότητες.

Η *επάλειψη* γίνεται με προϊόντα από πίσσα ή άλλα λιπαρά υλικά.

Μετά από 3- 5 χρόνια, λόγω των καιρικών συνθηκών, το ξύλο, όπως και κάθε υλικό που εκτίθεται στη βροχή και στον ήλιο, χρειάζεται μία πολύ φυσιολογική και προβλέψιμη συντήρηση, με ένα επιπλέον πέρασμα με βερνίκι. Πρόκειται για μία διαδικασία σύντομη, απλή και οικονομική. Από εκεί και πέρα, η συντήρηση του ξύλινου σπιτιού θα είναι όλο και πιο αραιή.

#### **2.6.5 Χρόνος υλοποίησης κατασκευής<sup>9</sup>**

Ο χρόνος παράδοσης είναι ένα ακόμα πλεονέκτημα μία ξύλινης κατοικίας.

Για ένα κορμόσπιτο, από μασίφ ή αντικολητό κορμό, χρειαζόμαστε περίπου 3-4 μήνες. Αρχικά στέλνουμε τα σχέδια της κατοικίας στο εργοστάσιο για να γίνει η ακριβής κοπή της ξυλείας, κάτι που διαρκεί συνολικά δύο με τρεις μήνες. Μετά την εισαγωγή της ξυλείας, ξεκινά η κατασκευή της κατοικίας, η οποία ολοκληρώνεται μετά από 30 με 40 ημέρες.

Ένα σπίτι τύπου πάνελ, ολοκληρώνεται πολύ γρηγορότερα, η κατασκευή ενός ξύλινου σπιτιού από πάνελ δεν διαρκεί περισσότερο από ένα με ενάμιση μήνα. Αυτό γιατί τα μέρη του ξύλου που θα χρησιμοποιηθούν σε μια οικοδομή, προκύπτουν μετά από επεξεργασία στα εργοστάσια σε ακριβείς διαστάσεις και σχήμα, οπότε η μόνη διαδικασία που ακολουθεί είναι η σωστή τοποθέτηση.

### 2.6.6 Θερμική άνεση<sup>9</sup>

Το ξύλο είναι το καλύτερο υλικό για θερμομόνωση μεταξύ των δομικών υλικών. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του πεύκου είναι  $\lambda=0,12\text{W/mK}$ , ενώ οι αντίστοιχοι συντελεστές για το σκυρόδεμα είναι  $\lambda=2,2\text{W/mK}$  και για το μάρμαρο είναι  $\lambda=2,5\text{W/mK}$  (Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας δείχνει πόσο θερμομονωτικό είναι ένα υλικό. Όσο μικρότερος είναι, τόσο μικρότερες είναι οι απώλειες θερμότητας).

Πρακτικά δηλαδή, το ξύλο είναι **18 φορές καλύτερο θερμομονωτικό από το σκυρόδεμα**. Σημαντικό ρόλο στην θερμομόνωση παίζει και το μειωμένο ποσοστό υγρασίας της ξυλείας που χρησιμοποιείται για την κατασκευή της κατοικίας.

Προκύπτει έτσι μία κατοικία με ελάχιστες ανάγκες σε θέρμανση και ψύξη, η οποία συνήθως δεν απαιτεί κεντρική θέρμανση. Ένα τζάκι, συμβατικό ή καλύτερα, ενεργειακό, και μερικά θερμομαντικά ηλεκτρικά σώματα ή air conditions που λειτουργούν επικουρικά, είναι αρκετά για να πετύχουμε την επιθυμητή θερμοκρασία. Με τον τρόπο αυτό μειώνονται δραματικά τα έξοδα για θέρμανση και κυρίως, εξασφαλίζεται μία άνετη και υγιεινή διαβίωση.

### 2.6.7 Κόστος κατασκευής

Τα ξύλινα σπίτια από κορμούς μικρής διατομής, κοστίζουν λιγότερα χρήματα από τις συμβατικές κατοικίες. Η έκδοση της οικοδομικής αδείας είναι ίδια με εκείνη των συμβατικών κατοικιών, πλην όμως τα εργατικά και οι ασφαλιστικές εισφορές είναι αρκετά χαμηλότερα. Για να ολοκληρωθεί μια τυπική ξύλινη κατοικία, απαιτείται το χρονικό διάστημα των 3 με 5 μηνών από τη στιγμή της υπογραφής του συμβολαίου και τις έκδοσης της οικοδομικής αδείας. Οι εργασίες γίνονται εξ ολοκλήρου από εξειδικευμένο συνεργείο, για να αποφευχθούν κακοτεχνίες που δημιουργούνται από το ένα στάδιο στο άλλο.<sup>8</sup>

Το κόστος στην ξυλεία ποικίλει, στα είδη του ξύλου στις ποσότητες που είναι αναγκαίες για την κατασκευή, στις διατομές και στα μήκη. Για μεγάλες ποσότητες η χρέωση γίνεται με το κυβικό μέτρο ( $\mu^3$ ).<sup>7</sup>

Ενδεικτικά κάποιες αναφέρονται κάποιες τιμές (χωρίς Φ.Π.Α 2008):

- ❖ Σουηδικό πλανισμένο προς 400 ευρώ/ $\mu^3$  (διάφορα μήκη)
- ❖ Λατάκια (διατομή 7,5\*7,5 εκ.) απλάνιστα προς 300 ευρώ/ $\mu^3$  (διάφορα μήκη)
- ❖ Τάβλες πάχους 2,5 εκ και πλάτους 10,5 ή 12,5 εκ. προς 330 ευρώ/ $\mu^3$  (διάφορα μήκη)
- ❖ Μαδέρια 5-6 εκ. πάχος και 20-25 εκ. πλάτος προς 280 ευρώ/ $\mu^3$  (διάφορα μήκη)
- ❖ Κόντρα πλακέ σε διάφορες διαστάσεις προς 800-900 ευρώ/ $\mu^3$

Μια οικία εξολοκλήρου από ξύλο μπορεί να κοστίσει από **600-1200 ευρώ** το τετραγωνικό μέτρο. Η τιμή είναι ανάλογη της διατομής της τοιχοποιίας και της πολυπλοκότητας του αρχιτεκτονικού σχεδίου.

### 2.6.8 Βιοκλιματική συμπεριφορά<sup>9</sup>

Ένα ξύλινο σπίτι είναι μία πλήρως οικολογική κατοικία, για τους εξής κυρίως λόγους:

- 1) η ξυλεία που χρησιμοποιείται στις κατασκευές μπορεί να προέρχεται από δάση αειφόρου ανάπτυξης (π.χ στην Φιλανδία). Αυτό σημαίνει ότι δεν γίνεται μόνο υλοτομία αλλά και αναδάσωση, σύμφωνα πάντα με την νομοθεσία. Έτσι διατηρείται η περιβαλλοντική ισορροπία. Αντιθέτως, πολλά δομικά υλικά, κυρίως αυτά που έχουν ως βάση κάποιο ορυκτό, είναι μη ανανεώσιμα και οδηγούν σε μη αναστρέψιμες αλλαγές στην μορφολογία του περιβάλλοντος.
- 2) Τα δέντρα είναι γνωστό ότι ελευθερώνουν οξυγόνο στην ατμόσφαιρα και δεσμεύουν CO<sub>2</sub>, το υπ' αριθμόν ένα αέριο του θερμοκηπίου. Αυτό που δεν είναι τόσο γνωστό είναι ότι όλα τα προϊόντα του ξύλου συνεχίζουν να κρατούν αποθηκευμένο το διοξείδιο του άνθρακα, συμβάλλοντας στην αντιμετώπιση της αύξησης της θερμοκρασίας .
- 3) Η κατεργασία του ξύλου είναι εύκολη και δεν απαιτεί μεγάλη κατανάλωση ενέργειας. Ενδεικτικά, για την παραγωγή ίδιας ποσότητας, ο χάλυβας απαιτεί 48 φορές περισσότερη ενέργεια σε σχέση με το ξύλο.
- 4) Από την εκμετάλλευση ενός δέντρου δεν πετιέται κυριολεκτικά τίποτα. Παράγονται από σπίτια μέχρι οδοντογλυφίδες.
- 5) Το ξύλο, λόγω της δομής του, αναπνέει και παράλληλα προσλαμβάνει και αποβάλλει συνεχώς υγρασία, λειτουργώντας ως ένα φυσικό φίλτρο που ανανεώνει τον εσωτερικό αέρα και διατηρεί την εσωτερική σχετική υγρασία σε επίπεδα που δεν εύνουν την ανάπτυξη επιβλαβών μικροοργανισμών, εξασφαλίζοντας απολύτως υγιεινές συνθήκες διαβίωσης.
- 6) Λόγω των μικρών απαιτήσεων σε θέρμανση και δροσισμό, μειώνονται δραστικά οι εκλύσεις καυσαερίων, η διάχυση θερμού αέρα στην ατμόσφαιρα από τα κλιματιστικά και η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος.
- 7) Σε αντίθεση με μία συμβατική κατασκευή, δεν υπάρχει κίνδυνος έκθεσης σε περιβαλλοντική ακτινοβολία. Η πιο χαρακτηριστική περίπτωση είναι αυτή του ραδονίου, ενός ραδιενεργού ευγενούς αερίου που προκαλεί καρκίνο του πνεύμονα. Το αέριο αυτό εκλύεται από το έδαφος και εισέρχεται στον εσωτερικό αέρα μέσω του σκυροδέματος και του οπλισμού. Αντιθέτως, το ξύλο δεν αποτελεί ευνοϊκό περιβάλλον για την συγκέντρωση ραδονίου, ενώ ο συνεχής φυσικός αερισμός μίας ξύλινης κατοικίας μέσω της αναπνοής του ξύλου μειώνει την συγκέντρωση όχι μόνο του ραδονίου, αλλά και οποιασδήποτε επιβλαβούς ουσίας για τον άνθρωπο.

## 2.6.9 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα υλικού

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Οικολογικό υλικό	Προσβάλλεται εύκολα από έντομα , μύκητες και άλλους μικροοργανισμούς
Έχει μεγάλη μηχανική αντοχή σε σχέση με το ειδικό βάρος του	Απαραίτητη η χρήση ηχομονωτικών διατάξεων (καλός αγωγός του ήχου)
ακόμη και χωρίς επικάλυψη πυροπροστασίας, έχει μάλλον μικρή συμμετοχή στην πρόκληση και διασπορά της φωτιάς εντός του χώρου	Είναι υγροσκοπικό υλικό δηλαδή απορροφά την υγρασία
Είναι θερμομονωτικό υλικό	Είναι ανισότροπο υλικό
Το ξηρό ξύλο είναι μονωτικό υλικό στον ηλεκτρισμό	Χρειάζονται ειδικές γνώσεις για την σωστή επεξεργασία του ξύλου
100% αντισεισμικές κατασκευές λόγω το μικρού βάρους του ξύλου και της μεγάλης ελαστικής συμπεριφοράς του	Η εκμετάλλευση του ξύλου ως δομικό υλικό μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα στο σύνολο της χλωρίδας
Έχει μεγάλη αισθητική αξία	Οι ρόζοι , οι ραγάδες και άλλα χαρακτηριστικά της δομής του ξύλου επηρεάζουν τις μηχανικές του ιδιότητες
Έχει μεγάλη πυκνότητα που αυξάνει την αντοχή	

<sup>1</sup> [www.buildnet.gr](http://www.buildnet.gr) Αντισεισμικές Κατασκευές από σκυρόδεμα Γ.Γ.Πενέλης ,Α.Ι.Κάπος

<sup>2</sup><http://www.ntua.gr/vitruvius/ty1.pdf>

<sup>3</sup><http://www.ktiriaka.gr/default.aspx?ch=108&dir=+1>

<sup>4</sup>Διπλωματική εργασία με θέμα : Διερεύνηση Παραγόντων Που Επηρεάζουν Τη Διαπερατότητα Του Σκυροδέματος Αραβατινού-Φατώρου Αικατερίνη ,Δημητρόπουλος Βασίλειος

<sup>5</sup>Σχεδιασμός δομικών έργων από χάλυβα με βάση τα τελικά κείμενα των ευρωκωδίκων , Ι.Βάγιας , Ι.Ερμόπουλος, Γ.Ιωαννίδης

<sup>6</sup> Διπλωματική εργασία με θέμα : Διερεύνηση Των Οικολογικών Ιδιοτήτων Του Σκυροδέματος , Περυσινάκη Δ.Παρασκευή

<sup>7</sup><http://forum.snowguide.gr/index.php?topic=1850.0>

<sup>8</sup>[http://www.sakkalis.gr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=97&Itemid=128&lang=el](http://www.sakkalis.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=97&Itemid=128&lang=el)

- <sup>9</sup> <http://www.selinas.gr/index.php/library/faq>
- <sup>10</sup> <http://www.vernikoslines.gr/pub/el/content.aspx?Page=10>
- <sup>13</sup> <http://www.telestatic.gr/content/articles/2/5/tecnica-8emata/>
- <sup>14</sup> οδηγός θερμομόνωσης κτιρίων 2<sup>η</sup> έκδοση, ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού
- <sup>15</sup> Συστήματα ξηράς δόμησης , Τεχνικός οδηγός κατασκευών με γυψοσανίδες της KNAUF
- <sup>16</sup> <http://www.wfdt.teilar.gr/material/Lessons OSB.pdf>
- <sup>17</sup> [http://www.sts.gr/?page\\_id=2460](http://www.sts.gr/?page_id=2460)
- <sup>18</sup> <http://e-oikodimos.blogspot.gr>
- <sup>19</sup> Πρότυπα Τεύχη για Περιφερειακά έργα , Γενική τεχνική συγγραφή υποχρεώσεων – τοιχοποιίες, Υπουργείο Οικονομίας και Οικονομικών / Υπουργείο Περιβάλλοντος και Χωροταξίας και Δημοσίων έργων <http://www.hellaskps.gr>
- <sup>20</sup> <http://www.zerman.gr/meletes-energeiakis-symperiforas-ktiriwn>
- <sup>21</sup> Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010, ICE v 2.0
- <sup>22</sup> IQia ATTE
- <sup>23</sup> [http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/6763/3/papadopoulosi-koutsogiannisa\\_tool.pdf](http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/6763/3/papadopoulosi-koutsogiannisa_tool.pdf)
- <sup>24</sup> <http://www.rockwool.gr/stonewool/properties>
- <sup>25</sup> [www.iqia.gr](http://www.iqia.gr)
- <sup>26</sup> [http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/3984/3/papachatzakism\\_steel.pdf](http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/3984/3/papachatzakism_steel.pdf)
- <sup>27</sup> <http://www.ytong.gr/index.php?lang=el>
- <sup>28</sup> <http://www.texnikos.gr/blog/?p=28>
- <sup>29</sup> [http://www.ktizospiti.com.cy/index.php?id=\\_ksp0070&lang=GRE#default\\_anchor](http://www.ktizospiti.com.cy/index.php?id=_ksp0070&lang=GRE#default_anchor)
- <sup>30</sup> <http://www.buildhome.gr/housebuilding/steel-construction>
- <sup>31</sup> [http://www.smartbuilding.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=53&Itemid=86](http://www.smartbuilding.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=53&Itemid=86)
- <sup>32</sup> ΚΤΙΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ Henrich Schmitt , Andreas Heene , Εκδόσεις Γκιούρδας.
- <sup>33</sup> ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ, Κανονισμός σχολικών κτιρίων Α.Ε , Γενική Διεύθυνση Έργων / Διεύθυνση Συμβατικών Έργων ([www.osk.gr](http://www.osk.gr))
- <sup>34</sup> [http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/4028/3/koutsoupidouch\\_cranebridges.pdf](http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/4028/3/koutsoupidouch_cranebridges.pdf)
- <sup>35</sup> <http://www.steel-structures.eu/index.php?n=GrSteel-Composite-Structures.SteelAndCompositeStructures>

<sup>36</sup> Αλέξανδρος Σταθάτος, *Διπλωματική Διατριβή με θέμα «Έρευνα & ανάπτυξη οπλισμένης οπτοπλινθοδομής για την κατασκευή κτηρίων σε σεισμογενής περιοχές, Αθήνα 2011*

([http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/6281/3/stathatos\\_brick.pdf#page=19&zoom=auto,0,400](http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/6281/3/stathatos_brick.pdf#page=19&zoom=auto,0,400))

<sup>37</sup> Πάνος Ντόας, *Διπλωματική Εργασία με θέμα «Ολοκληρωμένη περιβαλλοντική αξιολόγηση οπτόπλινθων», Θεσσαλονίκη 2013*  
<http://invenio.lib.auth.gr/record/132143/files/%CE%9F%CE%BB%CE%BF%CE%BA%CE%BB%CE%B7%CF%81%CF%89%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%B7%20%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%B2%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%B1%CE%BE%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CF%8C%CE%B3%CE%B7%CF%83%CE%B7%20%CE%BF%CF%80%CF%84%CF%8C%CF%80%CE%BB%CE%B9%CE%BD%CE%B8%CF%89%CE%BD.pdf?version=1>

## **2.7 Σύγκριση Εναλλακτικών Μεθόδων Δόμησης σε σχέση με τις συμβατικές**

Ακολουθεί μια μικρή αναφορά και περιγραφή σημαντικών χαρακτηριστικών όλων των προαναφερθέντων υλικών και των μεθόδων στις οποίες συμμετέχουν, για να γίνει η σύγκριση των εναλλακτικών μεθόδων και των συμβατικών μεθόδων κατασκευής.

### **2.7.1 Μηχανικές ιδιότητες – Ασφάλεια**

→ *ΑΧΥΡΟ*

Τα σπίτια που φέρουν τοιχοποιίες από άχυρο είναι από τα πιο δημοφιλή εναλλακτικά συστήματα δόμησης, με επάρκεια ακόμα και για διώροφη κατασκευή. Η μελέτες που έχουν γίνει απέδειξαν πως η κατασκευή κτισμάτων με αχυρόμαλας ως φέροντες οργανισμοί επιχρισμένοι και από τις δύο μεριές είτε με τσιμέντο, άργιλο ή χωμάτινα επιχρίσματα είναι ικανοί να αντέξουν σημαντικά φορτία πληρώντας τυπικά κριτήρια του αντίστοιχου Οικοδομικού κανονισμού της Αμερικής όσον αφορά την δύναμη που μπορεί να ασκηθεί στο υλικό, την ευκολία συντήρησης, τον ερπυσμό και την ανθεκτικότητα του.

Το άχυρο δεν κινδυνεύει από σήψη και από παράσιτα, γιατί είναι ένα προϊόν χωρίς θρεπτική αξία. Βέβαια χρειάζονται εσωτερικά και εξωτερικά επιχρίσματα (χωμάτινα) για επιπλέον προστασία από την υγρασία και τα έντομα.

Επιπλέον το άχυρο όταν είναι συμπιεσμένο δεν υπάρχει αρκετός αέρας και οξυγόνο ώστε να μπορεί να αναπτυχθεί φωτιά και με τα επιχρίσματα εξασφαλίζεται ακόμα περισσότερο η ανθεκτικότητα της κατασκευής απέναντι στον κίνδυνο μιας πυρκαγιάς.



→ ΠΗΛΟΣ / ΩΜΟΠΛΙΝΘΟΣ

Η ωμή πλίνθα παρουσιάζει μεγάλη αντοχή σε θλίψη και μπορεί να παραλάβει κατακόρυφα φορτία από το βάρος του υλικού. Ωστόσο δεν έχει καμία αντοχή σε εφελκυσμό, δεν αντιστέκεται στο φαινόμενο του λυγισμού και γενικά αποτελεί ένα υλικό ευαίσθητο στις πλευρικές δυνάμεις.

Για την προστασία της οικίας από την υγρασία τοποθετούνται περιμετρικά στα θεμέλια δοκάρια από οπλισμένο σκυρόδεμα, με σκοπό την δημιουργία μιας υπερυψωμένης βάσης, όπου μετά θα τοποθετηθούν οι ωμές πλίνθες.

→ ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΣ

Σε μια τοιχοποιία από τούβλα η εφελκυστική αντοχή εξαρτάται από την αντοχή μεταξύ του κονιάματος και των δομικών μονάδων γι' αυτό και οι αστοχίες παρατηρούνται στη διεπιφάνεια του κονιάματος και των τούβλων. Το ίδιο ισχύει και για την διατμητική αντοχή, καθώς συσχετίζεται και αυτή με την συνοχή κονιάματος και δομικών μονάδων. Η συνοχή των δυο υλικών επηρεάζεται από διαφορές παραμέτρους, όπως είναι η σύνθεση τους, η ύπαρξη η όχι κενών το ποσοστό υγρασίας κ.λπ.

Συγκριτική παρουσίαση πειραματικών αποτελεσμάτων Ωμοπλινθοδομών – Οπτοπλινθοδομών:

Ακολουθεί η αναλυτική παρουσίαση των ομοιοτήτων και των διαφορών από πειράματα μεταξύ της τοιχοποιίας από μη σταθεροποιημένες συμπιεσμένες ωμόπλινθους(Σ.Ω.) και της κλασικής τοιχοποιίας από χειροποίητες συμπαγείς οπτόπλινθους ενώ ταυτόχρονα γίνεται σύγκριση των επί μέρους δομικών μονάδων των δύο διαφορετικών τοιχοποιιών. Και οι δυο κατηγορίες τοιχοποιιών θα μπορούσαν να συγκριθούν εφόσον έχουν τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά και την ίδια διάταξη των γεωμετρικών μονάδων. Επιπλέον συγκρίνονται οι θλιπτικές αντοχές στις τριπλές με αυτές σε μεγαλύτερα δοκίμια τοιχοποιίας. Η σύγκριση αυτή έχει σκοπό να κατατάξει τις ωμοπλινθοδομές στο σύνολο των τοιχοποιιών γενικότερα, προβαίνοντας στη βαθμονόμηση τους διαμέσου των οπτοπλινθοδομών.

Η κατάταξη αυτή γίνεται με παραμέτρους τη θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας από ωμόπλινθους και τα επί μέρους παραμορφωσιακά χαρακτηριστικά της.

Πλίνθοι

πλίνθος	$f_{bc}$ (κίβος)	$f_{bc}$ (μισή πλίνθος)	$f_{bc}$ (διπλέτα)	$\epsilon_{σκατ}$ (κίβος)	$\epsilon_{σκατ}$ (διπλέτα)	$\epsilon_{μορφ}$ (διπλέτα)	$E_{st}$ (κίβος)	$E_{st}$ (διπλέτα)
(1)Ωμόπλινθος	4,74	5,19	3,24	0,0022	0,0102	0,0055	3645	602
(2)Οπτόπλινθος	11,83	14,22	11,31	0,0019	0,0074	0,0036	7075	1740
$\lambda=(1)/(2)$	0,40	0,39	0,29	1,16	1,38	1,52	0,52	0,35

Πίνακας 5.1. Συγκεντρωτικός πίνακας μηχανικών χαρακτηριστικών ωμοπλίνθων και οπτοπλίνθων (τιμές μέσω των τριών δοκιμίων-μονάδες τάσεων σε MPa, στατικό μέτρο ελαστικότητας στο 30% της  $f_{bc}$ )

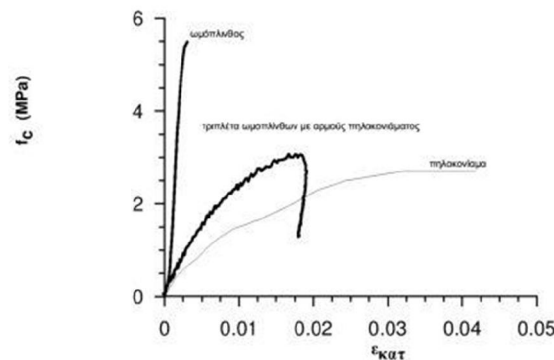
Και οι δυο κατηγορίες πλίνθων περιέχουν τις ίδιες αναλογίες συστατικών και την ίδια ποιότητα υλικών. Οι ωμόπλινθοι έχουν συμπιεστεί με τάση συμπίκνωσης 5 MPa και το φαινομενικό ειδικό βάρος τους κυμαίνεται

1.99 έως 2.1  $\text{gr/cm}^3$  ενώ οι οπτόπλινθοι συμπυκνώθηκαν χειρονακτικά και το φαινόμενο ειδικό βάρος τους κυμαίνεται από 1.78 έως 1.84  $\text{gr/cm}^3$ .

Οι οριζόντιες παραμορφώσεις μεταξύ των δύο κατηγοριών των πλίνθων διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό. Η οριζόντια παραμόρφωση της ωμόπλινθου παρουσιάζεται κατά 52% υψηλότερη από αυτή της οπτόπλινθου. Η διαφορά αυτή φαίνεται λογική καθώς οι ωμόπλινθοι στηρίζουν τις δυνάμεις συνοχής τους στο αργιλικό κλάσμα και στις δυνάμεις Van der Waals.

Οι οπτόπλινθοι με την όπτηση αναπτύσσουν ισχυρούς κρυσταλλικούς δεσμούς. Έτσι είναι φυσικό οι εφελκυστικές τάσεις διάρριξης στην οριζόντια διεύθυνση να είναι ασθενέστερη στην ωμόπλινθο και να παρουσιάζει μεγάλη διαφορά στην εκδήλωση της παραμόρφωσης στη διεύθυνση αυτή.

Από το παρακάτω σχήμα φαίνεται ότι στο σύμπλεγμα τριπλέτας, το πηλοκονίαμα παραμορφώνεται 1.5 φορές περισσότερο από το ασβεστοκονίαμα, η ωμόπλινθος παραμορφώνεται 1.6 φορές περισσότερο από την οπτόπλινθο. Μετά τη σύγκριση φαίνεται ότι οι κατακόρυφες παραμορφώσεις στις τριπλέτες ωμοπλίνθων είναι 1.4 έως 1.7 φορές υψηλότερη από τις τριπλέτες των οπτόπλινθων.<sup>10</sup>



Σχήμα 5.2. Συμπεριφορά τριπλέτας ωμοπλίνθων σε σχέση με τη συμπεριφορά των δομικών της στοιχείων, όταν υπόκειται σε θλιπτικές τάσεις

Οι οπτοπλινθοδομές είναι πολύ ανθεκτικές σε οριζόντια φορτία, όπως αυτά του σεισμού, εξασφαλίζουν πυραντίσταση 180 λεπτών (12 cm τοίχου) – 240 λεπτών (19 cm τοίχου), διαθέτουν μονωτικές ιδιότητες και ασφάλεια από την υγρασία και έχουν και ηχομονωτικές ιδιότητες.

→ ΓΑΙΟΣΑΚΟΙ / ΣΥΜΠΙΕΣΜΕΝΗ ΓΗ

Τα δομικά συστήματα που αποτελούνται από γαίοσακους μπορούν να είναι ασφαλή και ανθεκτικά χωρίς να είναι απαραίτητη η προσθήκη σκυροδέματος, τσιμέντου ή ασφαλτικών. Αρκεί η επιλογή του κατάλληλου εδάφους και ενίοτε μερικών προσθηκών (π.χ. άσβεστος) για περισσότερη σταθερότητα.

Το συμπιεσμένο χώμα παρουσιάζει πολύ καλή στατική συμπεριφορά, χάρη στην μονολιθικότητα των κατασκευών. Για την προστασία των κτισμάτων από έντονους σεισμούς ενδείκνυται η εφαρμογή συνδετικών δοκαριών και οπλισμού.

→ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Η αντοχή του σκυροδέματος σε εφελκυσμό είναι ένα σημαντικό ελάττωμα που διαθέτει ως οικοδομικό υλικό. Ωστόσο αυτό το πρόβλημα αντισταθμίζεται με την χρήση οπλισμών από χάλυβα.

Βέβαια η αντοχή του σκυροδέματος ,μπορεί να επηρεαστεί σημαντικά αν δεν γίνονται οι σωστές ενέργειες κατά την παραγωγή του. Πρέπει να αποφεύγεται η δημιουργία κενών είτε από αέρα ή από πλεονάζον νερό, καθώς το κτίσμα θα παρουσιάσει ρηγματώσεις και άλλα κατασκευαστικά προβλήματα.

→ *ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ/ ΣΥΜΜΙΚΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ*

Τα στοιχεία των μεταλλικών και σύμμικτων κατασκευών στο μεγαλύτερο ποσοστό τους αποτελούνται από χάλυβα.

Η αντοχή του σε εφελκυσμό θλίψη και κάμψη είναι μεγάλη και δεν είναι τυχαίο που για πρόσληψη των εφελκυστικών δυνάμεων χρησιμοποιείται ο χάλυβας όταν τα άλλα υλικά δεν μπορούν να καλύψουν την ανάγκη αυτή.

Ο χάλυβας παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα ως δομικό υλικό , συμμετέχοντας σε οποιοδήποτε είδος κατασκευής. Αρχικά παρουσιάζει μεγάλη ελαστικότητα ,δηλαδή είναι ικανός να αντέξει φορτίσεις πέραν του ορίου διαρροής του μέχρι να αστοχήσει.

Δεν παραμορφώνεται , δεν στρεβλώνει και είναι αρκετά ανθεκτικό στις μεταβολές θερμοκρασίας και σε ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες. Σχετικά με την διάβρωση του χάλυβα από σκουριά , υπάρχουν τρόποι προστασίας για να μην δημιουργηθούν προβλήματα μετέπειτα στην κατασκευή.

#### ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ

Παρατηρούμε πως το κάθε υλικό παρουσιάζει διαφορετική συμπεριφορά απέναντι στις πιέσεις και τα φόρτια που δέχεται. Για παράδειγμα ο πηλός διαθέτει μεγάλη αντοχή σε θλίψη , δεν έχει όμως αντοχή σε εφελκυσμό και λυγισμό. Το άχυρο, οι γαιόσακοι έχουν μεγάλες αντοχές και μπορούν να στηρίξουν μια κατοικία (ακόμη και δυο ορόφων) . Η συμπίεσμένη γη έχει σπουδαία αντοχή λόγω της μονολιθικότητας της, ενώ οι οπτοπλινθοδομές επηρεάζονται από την συνοχή του τούβλου και το κονιάματος. Το σκυρόδεμα δεν έχει καθόλου καλή εφελκυστική αντοχή όμως οι κατασκευές δεν υστερούν από αυτό το χαρακτηριστικό γιατί συνοδεύεται από τον χάλυβα. Ωστόσο η αντοχή του σκυροδέματος μπορεί να μειωθεί εξαιτίας πολλών παραγόντων , γι' αυτό είναι πολύ σημαντικό να χρησιμοποιούνται καλής ποιότητας υλικά (από τα αδρανή μέχρι το νερό) και να γίνεται η σωστή ανάμιξή τους. Οι μεταλλικές κατασκευές απ' την άλλη είναι πολύ ανθεκτικές σε θλίψη , εφελκυσμό και κάμψη , είναι ελαφριές και διαθέτουν ελαστικότητα, όλα αυτά χάρη στις ιδιότητες του χάλυβα.

Όλες οι κατασκευές μπορούν να είναι ασφαλείς και ανθεκτικές και όταν είναι απαραίτητο τοποθετείται οπλισμός και δοκάρια για περισσότερη σταθερότητα.

Ο μεγαλύτερος εχθρός σε κάθε περίπτωση είναι η υγρασία η οποία αντιμετωπίζεται με υπερύψωση στα θεμέλια ( για τα περισσότερα εναλλακτικά υλικά) και με χρήση επιχρισμάτων (φυσικών ή μη) που δίνουν προστασία σε

κάθε είδους απειλή ( φωτιά , έντομα κ.λπ.). Επιπλέον στις μεταλλικές κατασκευές πρέπει να λαμβάνονται και μέτρα κατά της σκουριάς.

## 2.7.2 Ενεργειακή Συμπεριφορά

### ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ – U VALUE / ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ

**Κάθε υλικό έχει έναν συγκεκριμένο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας που μας επιτρέπει τη χρήση του για τον ορισμό της θερμικής αντίστασης κάποιου υλικού με ορισμένο πάχος.**



→ *ΑΧΥΡΟ*

Το άχυρο διαθέτει θετικό αποτύπωμα άνθρακα, δηλαδή υπάρχει περισσότερο CO<sub>2</sub> ισοδύναμο με τη μορφή του άνθρακα στο άχυρο από ό, τι εκπέμπεται μέσα από τη διαδικασία της φύτευσης, συγκομιδής, της δεματοποίησης και την κατασκευή ενός κτιρίου με την χρήση άχυρου. Η ιδιότητα του ως φυτό είναι να απορροφά το διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα.

Ανθρακικό αποτύπωμα αχυρόμπαλας : 10 (Kg CO<sub>2</sub>/tone)

→ *ΠΗΛΟΣ / ΩΜΟΠΛΙΝΘΟΣ*

Τα συστατικά του πηλού μπορούμε να τα πάρουμε άμεσα από τον τόπο όπου βρισκόμαστε και δεν χρειάζονται καμία απολύτως επεξεργασία , με αποτέλεσμα να μην επιβαρύνεται το περιβάλλον από ρύπους και εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Επίσης είναι 100% ανακυκλώσιμο υλικό και μπορεί να ενσωματωθεί στο φυσικό περιβάλλον.

Στην παραγωγή της πλίνθας δεν απαιτείται μεγάλη ενεργειακή κατανάλωση , αφού για την ξήρανση της αξιοποιείται η ηλιακή ενέργεια που είναι προφανώς απεριόριστη.

Ανθρακικό αποτύπωμα υλικού cob : 22 (Kg CO<sub>2</sub>/tone)

U-value τοιχοποιίας cob ( 60 cm ): 0,65 W / m<sup>2</sup> K,

→ *ΟΠΤΟΠΛΑΙΝΘΟΣ*

Το τούβλο είναι ένα προϊόν το οποίο παράγεται από καθαρά φυσικές πρώτες ύλες και η παράγωγή του δεν δημιουργεί ρυπογόνα απόβλητα. Ο κύκλος ζωής του ξεπερνά τα 100 χρόνια και η επιβάρυνση προς το περιβάλλον από τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα είναι ελάχιστες.

→ *ΓΑΙΟΣΑΚΟΙ / ΣΥΜΠΙΕΣΜΕΝΗ ΓΗ*

Οι σάκοι που χρησιμοποιούνται για τις κατασκευές μπορούν να είναι πλήρως ανακυκλώσιμοι. Στις κατασκευές από γαιόσακους δεν χρειάζεται σπατάλη σε ενέργεια, αφού το γέμισμα των σάκων γίνεται με την απευθείας χρήση του εδάφους, το οποίο δεν χρειάζεται συμπύκνωση

Όσο για το χώμα είναι από την φύση του ενεργειακά αποδοτικό υλικό 100% ανακυκλώσιμο, φυσικά δεν εκπέμπει ρύπους στην ατμόσφαιρα, αντίθετα συγκρατεί τις τοξικές ουσίες από το περιβάλλον όταν απορροφά υγρασία.

Ο εξοπλισμός που απαιτείται στις χωμάτινες κατασκευές δεν είναι βαρύς ώστε να παράγονται ρύποι κατά την κατασκευή τους.

U-value τοιχοποιίας συμπιεσμένη γης ( 30cm ) : 1,5 - 3 W/m<sup>2</sup> K

→ *ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ*

Μεγαλύτερες επιπτώσεις στην ρύπανση του περιβάλλοντος έχει το σκυρόδεμα, από την στιγμή που παράγεται έως και την χρήση του στην κατασκευή. Το συστατικό που ευθύνεται για το 50% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα είναι το τσιμέντο. Επιπλέον με την χρήση νερού για την έκλυση του σκυροδέματος προκαλείται και ρύπανση των υδάτων.

Επομένως η χρήση του σκυροδέματος πρέπει να γίνεται με ορθολογικό τρόπο, έχοντας υπόψη τις περιβαλλοντικές επιδράσεις που έχουν οι διαδικασίες παραγωγής των πρώτων υλών του.

→ *ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΣΥΜΜΙΚΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ*

Τα μεταλλικά κτίρια είναι βιοκλιματικά, δεδομένου ότι ο χάλυβας δεν αποτελεί ρυπογόνο υλικό και επιπλέον μπορεί να είναι 100% ανακυκλώσιμος. Ύστερα τα υλικά που χρησιμοποιούνται στις τοιχοποιίες ( γυψοσανίδα, πλάκες osb) είναι ως επί το πλείστον αβλαβή για το περιβάλλον και τον άνθρωπο, χωρίς προσθήκη τοξικών ουσιών και με την δυνατότητα της πλήρους ανακύκλωσής τους. Τα επιχρίσματα μπορούν να είναι και αυτά οικολογικά. Το μόνο ρυπογόνο στοιχείο που μπορεί να έχει μια κατασκευή από μέταλλο είναι το θερμομονωτικό που θα χρησιμοποιηθεί και αυτό κυρίως κατά την παραγωγή του και κατά την διάρκεια της μεταφοράς του. Γενικά τα θερμομονωτικά έχουν σχετικά μικρό αντίκτυπο στο περιβάλλον, ενώ κάποια είναι μερικώς ανακυκλώσιμα και κάποια άλλα πλήρως ανακυκλώσιμα.

Όπως είναι το αναμενόμενο τα εναλλακτικά – φυσικά υλικά, σέβονται απόλυτα το περιβάλλον ( καθώς είναι μέρος της φύσης). Γενικά δεν εκπέμπουν ρύπους στην ατμόσφαιρα και συγκρατούν τις τοξικές ουσίες όταν υπάρχει υγρασία στην ατμόσφαιρα. Επιπλέον δεν απαιτείται βαρύς εξοπλισμός και μεγάλη κατανάλωση ενέργειας , ούτε κατά την συλλογή των υλικών , ούτε στην μεταφορά τους αλλά ούτε και στο χτίσιμο τους.

Βέβαια δεν ισχύει το ίδιο για τις συμβατικές κατασκευές γιατί σε αυτές συμμετέχει το πιο ρυπογόνο υλικό που είναι το τσιμέντο το οποίο όπως έχει προαναφερθεί παράγει διοξείδιο του άνθρακα τόσο στην παραγωγή του και την χρήση του στην οικοδομή. Το 50% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης οφείλεται στο τσιμέντο, για αυτό γίνονται μελέτες για την καλύτερη χρήση του ή ακόμα και την παραγωγή οικολογικού σκυροδέματος. Πρόσφατα ξεκίνησε η εφαρμογή ανακύκλωσης των οικοδομικών υλικών συμπεριλαμβανομένου του σκυροδέματος.

Μια λιγότερο ρυπογόνος λύση είναι οι μεταλλικές κατασκευές όπου έκτος από τον χάλυβα που είναι ανακυκλώσιμος , όλα τα υπόλοιπα στοιχεία ,όπως οι γυψοσανίδες και τα θερμομονωτικά είναι εξίσου ανακυκλώσιμα σε μεγάλο βαθμό.

### 2.7.3 Θερμική Άνεση

→ *ΑΧΥΡΟ*

Οι αχυρόμαλες έχουν μεγάλη θερμοχωρητικότητα, μπορούν να αποθηκεύουν την θερμότητα κατά την διάρκεια της ημέρας και να την αποδίδουν στο εσωτερικό του σπιτιού. Επιπλέον απορροφά την υγρασία όταν εσωτερικά είναι υψηλή και την αποδίδει όταν πέφτει. Έτσι λοιπόν η θερμοκρασία στο εσωτερικό του σπιτιού είναι γύρω στους 21 °C , επιτρέποντας στο περιβάλλον να είναι υγιεινό και ευχάριστο για τον άνθρωπο.

→ *ΠΗΛΟΣ / ΩΜΟΠΛΙΝΘΟΣ*

Χαρακτηριστική ιδιότητα του πηλού είναι η μικρή θερμοαγωγιμότητα (λόγω της μεγάλης μάζας των τοίχων) και η μεγάλη θερμική αποδοτικότητα. Συγκεκριμένα η ωμή πλίνθα απορροφά και στην συνέχεια απελευθερώνει την θερμική ενέργεια με αργό ρυθμό. Αντίστοιχα ,το κρύο της νύχτας αποθηκεύεται στους πλίνθινους τοίχους και εξομαλύνεται με την πιο εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου κατά την διάρκεια της ημέρας , δημιουργώντας ιδανικές συνθήκες θερμοκρασίας. Στην διάρκεια του χειμώνα ,οι τοίχοι αποθηκεύουν θερμότητα την ημέρα την οποία επανεκπέμπουν στο εσωτερικό την νύχτα.

→ *ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΣ*

Όταν ο τοίχος από τούβλο ενισχυθεί με θερμομόνωση, θα απορροφήσει και θα συγκρατήσει τη θερμική ενέργεια, ενώ το κτίριο θερμαίνεται (θερμοχωρητικότητα). Ο τοίχος θα επιστρέψει την ενέργεια αυτή στο εσωτερικό του κτιρίου, όταν αυτό δεν θερμαίνεται, διατηρώντας έτσι μια πιο ομοιόμορφη εσωτερική θερμοκρασία και δημιουργώντας παράλληλα τις συνθήκες θερμικής άνεσης που πρέπει να επικρατούν.

→ *ΓΑΙΟΣΑΚΟΙ / ΣΥΜΠΙΕΣΜΕΝΗ ΓΗ*

Η τοιχοποιία από χωμάτινους σάκους διαθέτει τις θερμικές ιδιότητες μιας τοιχοποιίας με μεγάλη μάζα. Επιπλέον ανάλογα με το περιεχόμενο του σάκου η κατασκευή αποκτά μόνωση (ελαφριά υλικά ηφαιστειακή πέτρα περλίτης κ.λπ.) ή παρέχει θερμική απόδοση (με χώμα).

Η μάζα της συμπιεσμένης γης καθίστα την κατασκευή ικανή να αποδίδει αργά την θερμότητα από τον εξωτερικό χώρο στον εσωτερικό και ρυθμίζει και την εσωτερική θερμοκρασία.

→ *ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ*

Η μόνωση στοιχείων από σκυρόδεμα αποτελεί μία πλήρη προστασία του σκελετού της κατασκευής, συνεισφέροντας στη θερμική άνεση των ατόμων που ζουν κι εργάζονται σε αυτήν.

Όταν το κέλυφος είναι θερμομονωμένο, η θερμοκρασία των εσωτερικών τοίχων θα είναι + 18 °C. Οπότε για μια εσωτερική θερμοκρασία 22 °C, οι ένοικοι θα αισθάνονται ζεστασιά

→ *ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ / ΣΥΜΜΙΚΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ*

Αντίστοιχα με το σκυρόδεμα η θερμική άνεση στις μεταλλικές κατασκευές αλλά και στις σύμμικτες, εξαρτάται πολύ από τα θερμομονωτικά υλικά τα όποια ρυθμίζουν και την υγρασία στο εσωτερικό της οικίας. Επίσης τα υλικά που τοποθετούνται για τις τοιχοποιίες όπως οι γυψοσανίδες, είναι κατασκευασμένα ώστε να μπορούν να προσφέρουν εξαιρετική θερμική άνεση.

#### ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ

Τα εναλλακτικά υλικά μπορούν από μόνα τους να προσφέρουν την ιδανική θερμοκρασία στο εσωτερικό του σπιτιού αφού έχουν την δυνατότητα να προσλαμβάνουν την θερμότητα από έξω στην διάρκεια της ημέρας και την συγκρατούν για να την αποβάλουν στην συνέχεια μέσα στο κτίριο την νύχτα. Εκτός των άλλως ρυθμίζουν και τα ποσοστά της υγρασίας και έτσι το περιβάλλον του σπιτιού είναι άνετο και υγιεινό, με σχεδόν ιδανικές συνθήκες διαβίωσης.

Στις περιπτώσεις των συμβατικών κτιρίων και των μεταλλικών – σύμμικτων η θερμική άνεση επιτυγχάνεται πιο έμμεσα με την χρήση των θερμομονωτικών υλικών, που βοηθάνε στην ρύθμιση της θερμοκρασίας και της υγρασίας στο εσωτερικό. Ακόμη και τα υλικά και το είδος της τοιχοποιίας επιλέγεται με σκοπό την εξασφάλιση της θερμικής άνεσης.

#### 2.7.4 .Χρόνος υλοποίησης

→ *ΑΧΥΡΟ*

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τον χρόνο υλοποίησης μιας κατασκευής, όπως η θέση που θα βρίσκεται το κτίριο, το μέγεθος του, η πολυπλοκότητα του σχεδιασμού, η τεχνογνωσία και η εμπειρία του εργατικού δυναμικού κ.α. Μια εκτίμηση είναι ότι χρειάζονται περίπου 6 με 9 μήνες για να ολοκληρωθεί η κατασκευή.

→ ΠΗΛΟΣ / ΩΜΟΠΛΙΝΘΟΣ

Χρειάζονται περίπου 3-4 μήνες για την κατασκευή ενός σπιτιού cob.

Οι πλίνθες χρειάζονται περίπου 30 μέρες για να φτιαχτούν ενώ από εκεί και έπειτα 2-3 μήνες για την τοποθέτηση τους.

→ ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΣ

Μια οπτοπλινθοδομή μπορεί να πραγματοποιηθεί σε 2-3 μήνες.

→ ΓΑΙΟΣΑΚΟΙ / ΣΥΜΠΙΕΣΜΕΝΗ ΓΗ

Εκτιμάται ότι τρεις άνθρωποι είναι ικανοί να χτίσουν 3,5 μέτρα του τοίχου μέσα σε μια ώρα περίπου. Η εμπειρία του εργατικού δυναμικού και του υπεύθυνου εργολάβου σαφώς είναι από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν τον χρόνο υλοποίησης της κατασκευής. Άλλος ένας παράγοντας είναι ο αριθμός των σακιών που θα χρειαστούν για το σύνολο της κατασκευής.

Από την εμπειρία, υπάρχουν κάποιες προβλέψιμες εκτιμήσεις ως προς το τι μπορεί να επιτευχθεί με τρία άτομα να κατασκευάζουν πολύ αποτελεσματικά 30 μέτρα την ημέρα.

Ένα σπίτι eco-dome μπορεί να κατασκευαστεί σε μόλις 10 εβδομάδες.

Στις κατασκευές από συμπιεσμένη γη χρειάζονται δυο ή τρεις ημέρες για να ενωθούν τα τείχη για ένα σπίτι 185-200 τ.μ. Η απουσία μηχανικών εργαλείων μπορεί να κάνει την κατασκευή πολύ χρονοβόρα, ενώ με μηχανικό δονητή και προκατασκευασμένα καλούπια η σύνθεση των τοίχων επιτυγχάνεται σε δυο με τρεις ημέρες για 200-220m<sup>2</sup>

→ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ / ΣΥΜΜΙΚΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Οι συμβατικές κατασκευές δηλαδή αυτές που διαθέτουν και χάλυβα και σκυρόδεμα χρειάζονται περίπου 6-8 μήνες για 80 τ.μ

→ ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ

Οι μεταλλικές κατασκευές μπορούν να ολοκληρωθούν περίπου στους 3 – 4 μήνες μαζί με την έκδοση της οικοδομικής άδειας.

#### ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ

Ο προσδιορισμός του χρόνου ολοκλήρωσης μιας κατασκευής γίνεται κατά προσέγγιση , γιατί υπάρχουν πολλά πράγματα που μπορούν να επηρεάσουν την διαδικασία χτισίματος.



Συγκεκριμένα οι κατασκευές από άχυρο, πηλό, γαιόσακους και συμπιεσμένη γη μπορούν να διαρκέσουν πολύ λίγους μήνες με την προϋπόθεση βέβαια ότι υπάρχει ικανοποιητικός αριθμός εργατικού προσωπικού που να διαθέτει και εμπειρία στο αντικείμενο. Ενίοτε η έκδοση της οικοδομικής άδειας δημιουργεί επιπλέον καθυστέρηση.

Πολύ σύντομα μπορούν να ολοκληρωθούν και οι συμβατικές / μεταλλικές κατασκευές γιατί αποτελούνται από κομμάτια που είναι κατασκευασμένα στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις μεταφέρονται στην οικοδομή και χτίζεται το κτίριο, από εργάτες που εκ των πραγμάτων έχουν πείρα λόγω της συχνότητας των κατασκευών αυτών.

### 2.7.5 Κόστος

→ *ΑΧΥΡΟ*

Το κόστος ενός τοίχου πλήρωσης από άχυρο αντιστοιχεί σε 12- 14 ευρώ/τ.μ

( αντίστοιχο κόστος ενός συμβατικού τοίχου πλήρωσης με τούβλα είναι 35-40 ευρώ/ τ.μ)

Συνολικά το κόστος μιας κατασκευής με αχυρόμπαλες για ένα σπίτι 80 τετραγωνικών μέτρων και προσωπική εργασία με αχυρόμπαλες εκτιμάται γύρω στα **15.000 ευρώ** , από τα οποία τα περισσότερα είναι κυρίως τα έξοδα που απαιτούνται για την κατασκευή της σκεπής.

→ *ΠΗΛΟΣ / ΩΜΟΠΛΙΝΘΟΣ*

Το κόστος είναι ένα σημαντικό εμπόδιο στην χρήση της ωμής πλίνθας στην ανοικοδόμηση φθηνής κατοικίας , εξαιτίας της ανάγκης της κατασκευής για εργατικό δυναμικό.

Κόστος κατασκευής ενός τετραγωνικού μέτρου(m<sup>2</sup>) περιοχής τοίχου το 2004 :

- 12.45 € για πλίνθινο τοίχο χωρίς εξωτερική επικάλυψη.
- 8.30 € για σοβαντισμένο μπετονένιο τοίχο με μόνωση .
- 6 € για ξύλινο σπίτι.

→ *ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΣ*

Το κόστος για μια τοιχοποιία οπτόπλινθων (από 12-οπα τούβλα) –διπλό τοίχο πλήρωσης και συμβατική μόνωση σοβαντισμένη στις 2 πλευρές της τοιχοποιίας θα κοστίσει περίπου **45 – 50 ευρώ / m<sup>2</sup>**.

→ *ΓΑΙΟΣΑΚΟΙ / ΣΥΜΠΙΕΣΜΕΝΗ ΓΗ*

Ένα τυπικό σπίτι γαιοσάκων 300-800 τ.μ., φτιαγμένο από φυσικά υλικά θα μπορούσε να κατασκευαστεί από έναν κατασκευαστή για περίπου \$ 3,000 - \$ 10000 (αντίστοιχα 7,5- 10 €/τ.μ).

Ένας τοίχος rammed earth είναι περίπου 40% φθηνότερο από μία τυπική τοιχοποιία οπτόπλινθων, συμπεριλαμβανομένης της εργασίας

→ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Ενδεικτικά ένα σπίτι περίπου 80 τ.μ κοστίζει γύρω στα **76.800** ευρώ ( 890 ευρώ/τ.μ.) , μαζί με την οικοδομική άδεια.

→ ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ / ΣΥΜΜΙΚΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Ενδεικτικά για μεταλλικό σπίτι περίπου στα 80 τ.μ το κόστος είναι **72.000** ευρώ (900 ευρώ/ τ.μ. μαζί με, Πλατφόρμα + Οικοδομική άδεια και περιβάλλον χώρο ).

#### ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ

Το κόστος για μια εναλλακτική κατασκευή είναι εξαιρετικά μικρό , δεδομένου ότι μεγάλο μέρος των υλικών είναι από την περιοχή που ανήκει το κτίσμα , ενώ για τα υπόλοιπα υλικά μπορεί να ξοδέψει κανείς πολύ λίγα ή ακόμα να τα προσφέρουν χωρίς κόστος ( όπως έχει γίνει σε πολλές περιπτώσεις στην φυσική δόμηση). Ακόμη τα έξοδα των εργατών μπορούν να εξαιρεθούν σε περίπτωση που το σπίτι το χτίσουν οι ίδιοι ιδιοκτήτες και μαζί τους φίλοι και εθελοντές. Ενίοτε το μεγαλύτερο κόστος το έχει η κατασκευή της στέγης , όμως και αυτό μπορεί να ελαττωθεί σε περίπτωση που φτιαχτεί μια φυτεμένη στέγη.

Οι συμβατικές κατασκευές είναι οι πιο ακριβές και χρειάζονται μηχανήματα και μεγάλος εξοπλισμός για να γίνουν. Είναι απαραίτητη η πρόσληψη εργατών που θα έχουν εμπειρία στην κατασκευή ( και δεν θα πειραματίζονται με αυτή). Τα υλικά είναι πιο ακριβά καθώς παράγονται σε εργοστάσια και περνούν από πολλούς ελέγχους προτού βγουν στην αγορά ( σε αντίθεση π.χ. με το χώμα που συλλέγεται επί τόπου).

Οι μεταλλικές κατασκευές κοστίζουν λιγότερο από τις συμβατικές εξαιτίας της μαζικής παραγωγής του χάλυβα. Επίσης είναι πιο εύκολη η κατασκευή μιας κατοικίας από μέταλλο , αφού τα υλικά καρφώνονται στην κυριολεξία μεταξύ τους.

## 2.7.6 Πίνακας Πλεονεκτημάτων –Μειονεκτημάτων Εναλλακτικών –Συμβατικών Μεθόδων δόμησης

	ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ	ΜΟΝΩΣΕΙΣ ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΚΑΙΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	
<b>ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΜΗΣΗΣ</b>					
Αχυρόμπαλες	•	•••	••••	•••	
Πηλός	•	••	•••	••	
Γαϊόσακοι	•	••••	••••	•••	
Συμπιεσμένη Γη ( <i>rammed earth</i> )	•	••••	••••	••••	
Ανακυκλώσιμα υλικά	•	•••	••	••••	
<b>ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΜΗΣΗΣ</b>					
Σκυρόδεμα	••	••••	••	•••	
Οπτόπλινθοι	•	••••	••••	•••	
Χάλυβας	•	••••	••••	••••	
Ξύλο	•••	••	••	••	
<b>ΚΛΙΜΑΚΑ</b>	<b>ΕΛΑΧΙΣΤΑ</b>	<b>ΛΙΓΟ</b>	<b>ΠΟΛΥ</b>	<b>ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ</b>	
	•	••	•••	••••	
	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ	ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ	ΧΡΟΝΟΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ	ΕΥΚΟΛΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ
<b>ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΜΗΣΗΣ</b>					
Αχυρόμπαλες	••••	••••	••	••	•••
Πηλός	•••	••••	••	•	••
Γαϊόσακοι	•••	••••	••	•	•••
Συμπιεσμένη Γη ( <i>rammed earth</i> )	••••	••••	••	••	••
Ανακυκλώσιμα υλικά	••••	••••	••	••	••••
<b>ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΜΗΣΗΣ</b>					
Σκυρόδεμα	•	•	••	••••	•••
Οπτόπλινθοι	•••	••		••	•••
Χάλυβας	••	••	••	•••	••
Ξύλο	•••	••••	••	•••	•••
<b>ΚΛΙΜΑΚΑ</b>		<b>ΕΛΑΧΙΣΤΑ</b>	<b>ΛΙΓΟ</b>	<b>ΠΟΛΥ</b>	<b>ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ</b>
		•	••	•••	••••

\*ο παραπάνω πίνακας δεν είναι αποτέλεσμα κάποιας επιστημονικής έρευνας, το σύστημα αξιολόγησης είναι προσωπικό και αποτυπώνει τα δεδομένα της σύγκρισης των υλικών που προηγήθηκε.

## **2.8 Συμπεράσματα**

Τα κριτήρια επιλογής μιας κατασκευαστικής μεθόδου για το σπίτι που πρόκειται να ζήσουμε είναι καθαρά υποκειμενικά και οι παράγοντες που μας οδηγούν σε μια απόφαση είναι πολλοί.

Κάθε κατασκευαστική μέθοδος έχει τα θετικά της και τα αρνητικά της, ο κάθε ενδιαφερόμενος επιλέγει αυτή που προτιμά βάσει των αναγκών του και των απαιτήσεών του.

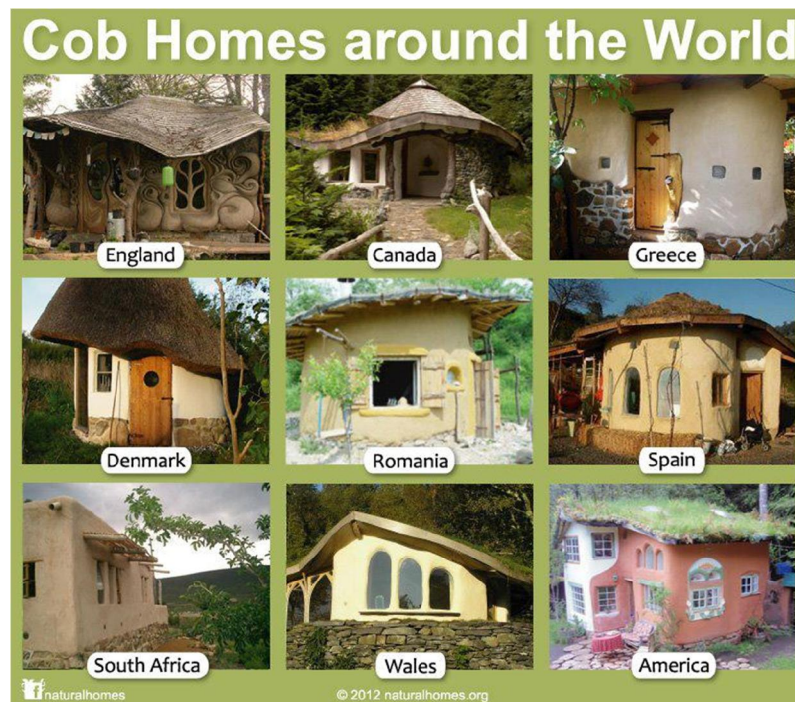
Δηλαδή από τις πιο σημαντικές απαιτήσεις σε ένα κτίριο είναι η ασφάλεια , έπειτα η προστασία από τα εξωτερικά ερεθίσματα ( υγρασία , ηχομόνωση κλπ) και φυσικά το κόστος.

Ύστερα ενδιαφερόμαστε για την θερμική άνεση και την εξοικονόμηση χρημάτων από την θέρμανση, την εξοικονόμηση της ενέργειας και την αισθητική τόσο στο εσωτερικό όσο και στο εξωτερικό μέρος του σπιτιού.

Ακόμη λαμβάνουμε υπόψη τον τοπικό χαρακτήρα της περιοχής όπου θα χτίσουμε (π.χ. αν είμαστε σε χωριό που επικρατεί η πετρά) και σεβόμαστε την αρχιτεκτονική του κάθε τόπου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΔΟΜΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΥΠΟΛΟΙΠΗ ΕΥΡΩΠΗ

### 3.1. Εισαγωγικά



(πηγή: <http://naturalhomes.org/timeline/cob-world.htm>)

Τα κτίρια κάθε είδους, χτισμένα με τις σύγχρονες μεθόδους, είναι υπεύθυνα για το 40% της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων και παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα τόσο στην Ευρώπη όσο και στη Βόρεια Αμερική. Αυτή η τεράστια επιβάρυνση οφείλεται στην εξόρυξη, παραγωγή και μεταφορά των δομικών υλικών (τσιμέντο, μπετόν, μέταλλα, κ.α.), στην ίδια την κατασκευή, στη συντήρηση και την εξασφάλιση μίας άνετης διαβίωσης μέσα στα κτίρια αυτά, όσο και στην τελική τους αποικοδόμηση και διάθεση των απορριμμάτων που δημιουργούνται.

Το *τσιμέντο* και το *μπετόν*, δύο από τα πιο σημαντικά και πολυχρησιμοποιούμενα δομικά υλικά, πέρα από τα γνωστά πλεονεκτήματά τους ως υλικά κατασκευής, απαιτούν τεράστιες ποσότητες πρώτων υλών και ενέργειας

για να παραχθούν και να μεταφερθούν, αλλά και αυτή η παραγωγή και μεταφορά τους είναι εξαιρετικά ρυπογόνες. Τα σύγχρονα κτίρια είναι ενεργοβόρα και ρυπογόνα καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους. Σε ένα σημαντικό μέρος του “πρώτου” κόσμου, απαιτούνται μεγάλα ποσά ορυκτών καυσίμων έτσι ώστε τα κτίρια αυτά να ζεσταθούν το χειμώνα και να δροσιστούν το καλοκαίρι, και να εξασφαλίσουν έτσι το επίπεδο άνετης διαβίωσης που είναι επιθυμητό στις μέρες μας.

Τα δομικά υλικά που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι συχνά τοξικά και επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία (θυμηθείτε τον αμίαντο, τον οποίο δεν έχουμε ξεφορτωθεί εντελώς ακόμα στην Ελλάδα, αλλά και αλλού). Και, τελικά, όταν ένα κτίριο τελειώσει τον κύκλο της ζωής του και πρέπει να κατεδαφιστεί, δημιουργεί έναν μεγάλο όγκο απορριμμάτων, δύσκολο έως αδύνατο να ανακυκλωθούν, γεμίζοντας χωματερές και μολύνοντας το περιβάλλον.

Όμως υπάρχουν κι άλλες προσεγγίσεις στο σχεδιασμό και την κατασκευή οικοδομημάτων, με λιγότερες απαιτήσεις σε ενέργεια, με πιο ελαφρύ ενεργειακό αποτύπωμα και φιλικότερες στην ανθρώπινη φύση. Μία τέτοια προσέγγιση είναι η *Φυσική δόμηση*.<sup>4</sup>

Στο κεφάλαιο αυτό θα ερευνήσουμε ποια Μέθοδος επικρατεί στις άλλες χώρες της Ευρώπης και της Αμερικής και θα αναφερθούμε σε παραδείγματα σύγχρονων κατασκευών Εναλλακτικής δόμησης σε περιοχές ανά τον κόσμο και κυρίως στην Ευρώπη και θα ερευνήσουμε την υπάρχουσα κατάσταση στον Ελλαδικό χώρο. Επιπλέον θα γίνει αναφορά στο ισχύων Νομοθετικό πλαίσιο, το οποίο επικρατεί στην Ευρώπη, με σχετική αναφορά στην Ελλάδα.

## **3.2. Χρήση Εναλλακτικών Μεθόδων Δόμησης**

### **3.2.1 Η εμφάνιση και η εφαρμογή στο πέρασμα του χρόνου**

ΑΧΥΡΟΜΠΑΛΕΣ<sup>6&7</sup>

Η μέθοδος της δόμησης με αχυρόμπαλες ξεκίνησε από την Νεμπράσκα (από Ευρωπαίους αποίκους) και εφόσον τα σπίτια άντεξαν τις έντονες καιρικές συνθήκες της περιοχής οι κάτοικοι γρήγορα υιοθέτησαν τις κατασκευές αυτές ως μόνιμες κατοικίες. Εν συνεχεία με την εφεύρεση των ατμομηχανών στα τέλη του 1800 η συλλογή και η συμπίεση του άχυρου έγινε ακόμα πιο εύκολη. Στις αρχές του 1900 και του 1950 η δεματοποίηση του άχυρου και η χρήση του στο χτίσιμο των σπιτιών, ήταν η πλέον δημοφιλής μέθοδος οικοδόμησης.

Η τεχνική αυτή χρησιμοποιήθηκε μέχρι την αρχή της βιομηχανικής επανάστασης, όταν τα τούβλα και το μπετόν παραγκώνισαν τα αχυροδεμάτια. Το 1980 ωστόσο αναγεννήθηκαν οι κατασκευές από δεμάτια άχυρου έπειτα από δημοσιεύσεις και συνέδρια , καθώς το ενδιαφέρον άρχισε να εξαπλώνεται στην Αμερική και ύστερα στην Ευρώπη (κυρίως στην Γαλλία Γερμανία την Αυστρία και το Ηνωμένο Βασίλειο).

#### ΠΗΛΟΣ COB <sup>8</sup>

Η ακριβής καταγωγή της μεθόδου κομπ δεν είναι γνωστή , ωστόσο η λέξη προέρχεται από την αγγλική γλώσσα και έχει γίνει γνωστό ότι τα σπία από cob στην Αγγλία είναι πολλά. Η χρήση του υλικού έγινε από τον 13<sup>ο</sup> αιώνα έως και τις αρχές του 19<sup>ου</sup> , όπου και σε αυτή την περίπτωση η βιομηχανική επανάσταση επέβαλε νέα υλικά και μεθόδους στο ευρύ κοινό. Το cob επικράτησε και άνθισε στην Αγγλία γιατί τα τοπικά υλικά όπως το σπάνιο αργιλώδες έδαφος υπάρχουν σε αφθονία, ενώ πολλά από τα σπία cob χτίστηκαν στο Devon της Αγγλίας και σώζονται μέχρι σήμερα .

Βέβαια η μέθοδος χρήσης πηλού στο χτίσιμο σπιτιών επεκτάθηκε σε όλη τη Δυτική και Κεντρική Ευρώπη ( στην Αραβική χερσόνησο , την Ινδία , την Κίνα την Ισημερινή Αφρική και Νοτιοδυτική Αμερική).

#### ΓΑΙΟΣΑΚΟΙ <sup>9</sup>

Τα περισσότερα στοιχεία για την χρήση της μεθόδου των γαιόσακων είναι ανεπίσημα. Οι σάκοι με χώμα είναι εδώ και δεκαετίες χαρακτηριστικό κομμάτι των στρατιωτικών δυνάμεων, στην δημιουργία αποθηκών και άλλων δομών , όμως δεν είναι βέβαιο ότι αυτή ήταν η πρωταρχική ιδέα για την αξιοποίησή τους.

Λέγεται ότι ο γερμανός αρχιτέκτονας Frei Otto πειραματίστηκε με την τεχνική χτισίματος των γαιόσακων και πιο πρόσφατα ένας άλλος αρχιτέκτονας ο Gernot Minke ασχολείται εντεταμένα με πειράματα κατασκευής διαφόρων δομών όπως οι θόλοι. Ο συγκεκριμένος γνωρίζει για δομές που έχουν προκύψει την δεκαετία '30 – '40.

Τα τελευταία χρόνια ο αρχιτέκτονας Nader Khalili δημιούργησε μια σειρά από καινοτομίες στην τεχνική και τη μορφή των γαιόσακων και συνεχίζει να αναπτύσσει την μέθοδο αυτή σε συνεργασία με την πόλη του Hesperia.

#### ΣΥΜΠΙΕΣΜΕΝΗ ΓΗ<sup>10</sup>

Η μέθοδος της συμπίεσμνης γης αποτελεί ένα ακόμα μυστήριο για την ακριβή της προέλευση και την χρονολογία της εμφάνισης της. Το πιο πιθανό είναι ότι η τεχνική έχει πολλές προελεύσεις. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι πραγματοποιήθηκαν αλλαγές στην τεχνική ώσπου να φτάσουν και στην Αγγλία αλλά και σχεδόν σε κάθε Ευρωπαϊκή χώρα. Στην Γερμανία κατοχυρώθηκε η τέχνη της συμπίεσμνης γης. Οι κύριοι εξαγωγείς της τεχνικής ήταν οι Γάλλοι και οι Γερμανοί.

Το ενδιαφέρον για την συμπίεσμνη γη μειώθηκε έπειτα από τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο , όταν το κόστος των σύγχρονων οικοδομικών υλικών έπεσε πολύ. Σαν οικοδομικό υλικό θεωρήθηκε υποβαθμισμένο , σύμφωνα με την επικρατούσα αντίληψη ότι οι κατασκευές δεν θα αντέξουν σε σεισμογενείς περιοχές.

### **3.2.2. Ευρώπη**

Η φυσική δόμηση είναι εξαιρετικά δημοφιλής και γνώριμη στην Ευρώπη σε χώρες όπως η Αγγλία , η Γαλλία , η Γερμανία , η Ισπανία κ.α. Σχεδόν όλες οι ευρωπαϊκές χώρες διαθέτουν έστω και ένα κτίσμα φτιαγμένο με τα πρότυπα κάποιας εναλλακτικής μεθόδου.

Στα πλαίσια της οικολογικής ευαισθησίας πολλοί είναι αυτοί που αναβίωσαν τις τεχνικές της εναλλακτικής δόμησης και φρόντισαν να εμπλουτίσουν τις γνώσεις τους, ώστε να φτάσουν στο ιδανικότερο αποτέλεσμα ενός σπιτιού που δεν θα επιβαρύνει το περιβάλλον αλλά ούτε την ανθρώπινη υγεία.

Τεχνικά ζητήματα όπως η επεξεργασία των υλικών , η τοποθέτηση και η συγκρότηση της κατασκευής κ.ο.κ. αναλύονται από τους έμπειρους πλέον στο αντικείμενο, σε μια πληθώρα από βιβλία ή και σε επί τόπου σεμινάρια , τα οποία είναι ανοικτά προς κάθε ενδιαφερόμενο.

Ακολουθούν παραδείγματα σπιτιών που έχουν χτιστεί στο εξωτερικό, με εναλλακτικές μεθόδους:

## **ΑΧΥΡΟΜΠΑΛΕΣ - STRAW BALES**

ΙΡΛΑΝΔΙΑ<sup>1</sup>





Στην κομητεία Mayo της Ιρλανδίας χτίστηκε το πρώτο σπίτι σε όλη την Ευρώπη (σε μορφή σπείρας) που είναι δώροφο και δεν φέρει ξύλινο σκελετό. Η κατασκευάστρια Barbara Jones έχτισε αυτό το σπίτι το 2003 με την βοήθεια 100 εθελοντών , από τους οποίους το 80% ήταν γυναίκες.

Έπειτα βοήθησε στην κατασκευή του πρώτου σπιτιού με φέροντα οργανισμό από αχυρόμπαλες , στο Ηνωμένο Βασίλειο (στο αμέσως επόμενο παράδειγμα ).

ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ <sup>1</sup>



το στάδιο πριν την επικάλυψη με επίχρισμα

Το σπίτι της εικόνας είναι το πρώτο διώροφο με φέροντα οργανισμό από αχυρόμαλας στο Ηνωμένο Βασίλειο. Τα δέματα άχυρου μεταφέρουν το βάρος της οροφής χωρίς ξύλινο σκελετό. Οι μάλες από άχυρο είναι καρφωμένες με ράβδους από καστανιά , ενώ χρησιμοποιήθηκε γύψος και άσβεστος. Η ιδιοκτήτρια Rachel έχτισε το σπίτι αυτό με την βοήθεια των φίλων της. Η ίδια διδάσκει την φυσική δόμηση και διατηρεί ένα ``φυσικό `` κτίριο αφιερωμένο στον εορτασμό της διεθνούς ημέρας της γυναίκας.

## ΙΤΑΛΙΑ<sup>1</sup>

Το σπίτι που ακολουθεί είναι το πρώτο που χτίστηκε στην Ιταλία με δεμάτια από άχυρο και ξύλινο σκελετό. Το εσωτερικό του μέρος είναι επικαλυμμένο με πηλό, στο εξωτερικό έχει γίνει επικάλυψη με ασβεστοκονίαμα και το πάτωμα είναι χωμάτινο.

Το σπίτι αυτό χτίστηκε το 2006 από τον Stefano Soldati με τη βοήθεια Βρετανών κατασκευαστών.



## ΠΗΛΟΣ – COB / ΠΛΙΝΘΙΑ – ABODE BRICK

## ΡΟΥΜΑΝΙΑ<sup>1</sup>



Το σπίτι αυτό είναι χτισμένο στην περιοχή Banat της Ρουμανίας με την μέθοδο του cob. Συμπεριλήφθηκε στη συλλογή με τα 10 καλύτερα σπίτια από πηλό ( cob house collection). Η δημιουργός αυτής της κατασκευής είναι η Ileana Mavrodin η οποία θέλησε να μυήσει τους ανθρώπους της Ρουμανίας να ανακαλύψουν τις τοπικές τους ικανότητες και το πνεύμα της κοινότητας.

ΑΓΓΛΙΑ<sup>1</sup>



Αυτό το σπίτι είναι χτισμένο στην Κορνουάλλη το 2005 από τους Adam και Katy που εργάζονται σε ένα βραβευμένο εργαστήριο πηλού, στο οποίο παρέχονται υπηρεσίες και προϊόντα για τον πηλό έπειτα από 12 χρόνια εμπειρίας στην φυσική δόμηση. Για την κατασκευή χρησιμοποιήθηκε πηλός της περιοχής και άχυρο από τα γειτονικά χωράφια. Ωστόσο η ανάμιξη των υλικών δεν έγινε με τα χέρια και τα πόδια (όπως συνηθίζεται στα cob σπίτια), αλλά με JCB μηχανήμα.

ΝΕΑ ΖΗΛΑΝΔΙΑ



Αυτό το σπίτι βρίσκεται στην περιοχή Hawkes Bay στην Νέα Ζηλανδία και επιβιώνει μέσα από τις αντίξοες συνθήκες της περιοχής , δηλαδή τους σεισμούς τις έντονες βροχοπτώσεις και τους ισχυρούς ανέμους.

## ΓΑΙΟΣΑΚΟΙ – EARTHBAGS

ΟΥΚΡΑΝΙΑ<sup>2</sup>



**ΠΕΙΡΑΙΑΣ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2013**

Τον Ιανουάριο του 2009 χτίστηκε το παραπάνω σπίτι στην Ουκρανία. Αρχικά τοποθετήθηκαν ξύλινα πλαίσια και έπειτα τοποθετήθηκαν οι σάκοι με άμμο ( σε μικρές πλαστικές σακούλες). Στο τελείωμα τοποθετήθηκε επίχρισμα πηλού, δίνοντας ένα αποτέλεσμα που δεν διαφέρει σε τίποτα από ένα συμβατικό σπίτι.

ΓΕΡΜΑΝΙΑ<sup>3</sup>



Η τριώροφη κατοικία της φωτογραφίας βρίσκεται στην Γερμανία σε ένα ολόκληρο χωριό οικολογικού χαρακτήρα (eco village). Διαθέτει πεδילוδοκούς από σκυρόδεμα και ένα στρώμα χαλικιού περί τα 20 εκατοστά. Τα δάπεδα είναι ξύλινα και διαθέτουν μόνωση από δομική κάνναβη. Οι μπάλες από άχυρο είναι διαστάσεων 35\*46\*50-100cm και τοποθετούνται σε ένα ξύλινο πλαίσιο που οριζοντίως είναι 1,5-3,5 cm και οι κάθετες αποστάσεις μεταξύ των ξύλων είναι στο 1 m. Εξωτερικά έχει επίχρισμα πηλού ( 3εκατοστών) και εξωτερικά υπάρχει σοβάς από πηλό με πολύ ισχυρές ίνες. Το πάχος της τοιχοποιίας είναι στα 10 cm.

Ο αρχιτέκτονας αυτής της οικίας είναι ο Dipl. Ing. Architekt Dirk Scharmer και η διαδικασία κατασκευής ξεκίνησε τον Μάρτιο του 2004 και ολοκληρώθηκε τον Απρίλιο του 2005.

## ΣΥΜΠΙΕΣΜΕΝΗ ΓΗ – RAMMED EARTH

### ΑΥΣΤΡΙΑ



Στο χωριό Schlins ( Vorarlberg) της Αυστρίας χτίστηκε το 2008 ένα σπίτι από συμπιεσμένη γη , πάνω σε ένα λόφο με ιδιαίτερη κλίση ( όπως φαίνεται και στην εικόνα). Ο αρχιτέκτονας της κατασκευής Roger Boltshauser έχτισε το σπίτι αυτό σύμφωνα με τις επιθυμίες των ιδιοκτών να χρησιμοποιηθούν οικολογικά υλικά.

### 3.2.3. Ελλάδα

Τα κτίρια που κατασκευάζονται με την μέθοδο της φυσικής δόμησης καταναλώνουν 75% λιγότερη ενέργεια σε σχέση με τα συμβατικά. Στο πέρασμα του χρόνου παραγκωνίστηκαν υλικά όπως ο πηλός, το άχυρο η άμμος, μαλλί προβάτου , καλάμια κ.ο.κ , που χρησιμοποιούνταν για την κατασκευή των σπιτιών και τα αντικατέστησε το ξύλο και μετέπειτα το σκυρόδεμα.



Σήμερα έρχεται και πάλι στο προσκήνιο η εναλλακτική δόμηση ως λύση απέναντι στα οικολογικά προβλήματα και την τσιμεντοποίηση των πόλεων. Επιπλέον είναι αποδεδειγμένα είναι πιο οικονομικά (πολύ σημαντικός παράγοντας μεσούσης της οικονομικής κρίσης).

Ακολουθούν μερικά παραδείγματα φυσικής δόμησης στην Ελλάδα:

## ΑΧΥΡΟΜΠΑΛΕΣ - STRAW BALES

ΑΙΓΙΝΑ<sup>5</sup>



Το παραπάνω σπίτι από αχυρόμπαλες πραγματοποιήθηκε με την πρόθεση του ιδιοκτήτη για την κατασκευή ενός σπιτιού μη ενεργοβόρου και φιλικού προς το περιβάλλον . η κατασκευή αποτελείται από δυο κτίσματα ένα διώροφο και ένα ισόγειο , τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με μια πέργκολα. Για το σχεδιασμό λήφθηκε υπόψη ο προσανατολισμός, η σκίαση, οι άνεμοι και τα υλικά που ήταν διαθέσιμα σε τοπικό επίπεδο. Η ξυλεία που χρησιμοποιήθηκε για το σκελετό ήταν επικολλητή προκειμένου να αποφευχθούν οι στρεβλώσεις και οι παραμορφώσεις.

Το στήσιμο του σκελετού ολοκληρώθηκε σε 16 μέρες από δυο μόνο τεχνίτες.

Για την πλήρωση του σκελετού χρησιμοποιήθηκαν αχυρόμπαλες του μισού και του ενός μέτρου. Οι τοίχοι επιχρίστηκαν με πηλό και άμμο.

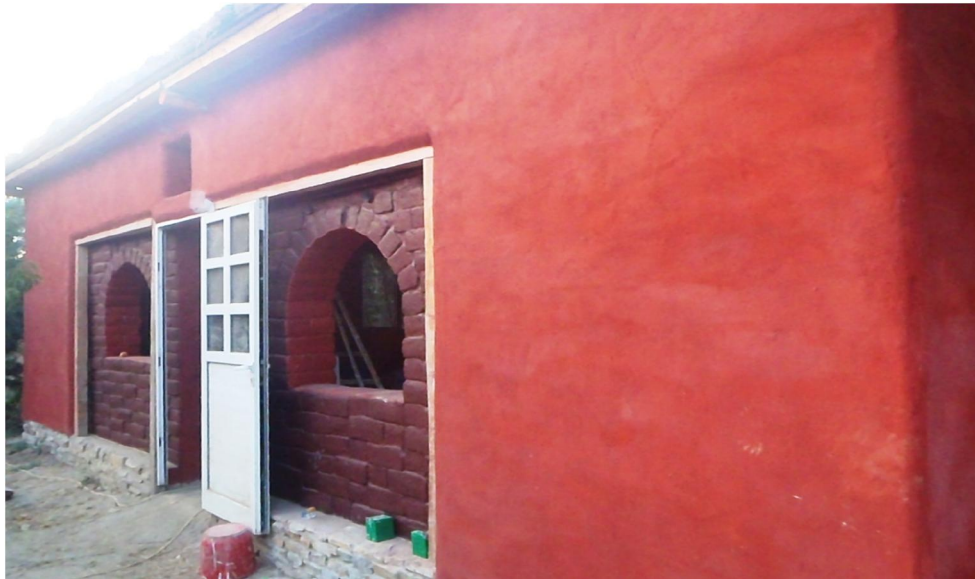
## ΛΑΥΡΙΟ<sup>5</sup>



Η τεχνική με τις αχυρόμπαλες χρησιμοποιήθηκε και στο σπίτι της εικόνας που βρίσκεται στο Λαύριο . ο σκελετός του είναι ξύλινος και η πλήρωση πραγματοποιήθηκε με αχυρόμπαλες του ενός μέτρου. Ως επίχρισμα τοποθετήθηκε ένα μείγμα αργιλοχώματος , ποταμίσιας άμμου , περιττωμάτων από αγελάδα και άχυρου. Για υδατοπροστασία χρησιμοποιήθηκε ξυφάρα που τοποθετήθηκε πάνω στην στέγη.  
(Το συγκεκριμένο σπίτι δυστυχώς καίκε λόγω φωτιάς που ξέσπασε στη περιοχή)

## ΠΗΛΟΣ – COB / ΠΛΙΝΘΙΑ – ABODE BRICK

### ΛΑΡΙΣΑ



Η παραπάνω κατασκευή στην περιοχή Νέσσωνα της Λάρισας , φτιάχτηκε με την μέθοδο straw – clay (άχυρο – πηλός). Ξεκίνησε το χτίσιμο πριν από 3 μήνες και τώρα είναι σχεδόν έτοιμο, με το κόστος να αγγίζει το 15000 ευρώ μαζί με την έκδοση της οικοδομικής άδειας. Οι τοίχοι είναι τύπου trombe δηλαδή έχουν κατασκευαστεί με τέτοιο τρόπο που να μπορούν να απορροφήσουν θερμότητα στην διάρκεια των ηλιόλουστων ημερών του χειμώνα και στην συνέχεια να ``βγάζουν `` την θερμότητα αυτή στο εσωτερικό του σπιτιού την νύχτα.



Ένα σύγχρονο παράδειγμα δόμησης με χώμα αποτελεί το παραπάνω κτίριο. Πρόκειται για έναν ενεργειακά αυτόνομο ξενώνα , ο οποίος κατασκευάστηκε με ωμόπλινθους.

### 3.3 Συμπεράσματα

#### 3.3.1. Η επικράτηση των εναλλακτικών μεθόδων στην Ευρώπη

Από μια μικρή έρευνα παρατηρήσαμε ότι στην Ευρώπη εξακολουθούν να χτίζουν σπίτια από φυσικά υλικά , όπως γίνονταν εκατοντάδες χρόνια πριν. Πολλοί αρχιτέκτονες ή άλλοι επαγγελματίες υποστηρίζουν την επιλογή τους να ζουν σε ένα σπίτι που δεν θα επιβαρύνει το περιβάλλον και την φύση , χτίζοντας μόνοι τους ή με την βοήθεια φίλων και ειδικών. Στην Αγγλία υπάρχουν αρκετά παραδείγματα φυσικής δόμησης (στην πλειοψηφία τους αχυρόσπιτα), το ίδιο συμβαίνει και στην Γερμανία (με την συμπίεσμένη γη και τους γαιόσακους)και σε αρκετές άλλες χώρες. Είναι πολύ ελπιδοφόρο το γεγονός ότι οι άνθρωποι αγαπάνε το φυσικό περιβάλλον και μεταδίδουν τις γνώσεις τους , μέσα από τα βιβλία που έχουν συντάξει με τις προσωπικές τους εμπειρίες σε όλους όσους θέλουν να ακολουθήσουν ``εναλλακτικές οδούς``. Αξιοσημείωτο είναι να αναφέρουμε ότι κάποιες ομάδες ανθρώπων επέλεξαν όχι μόνο να έχουν μια φυσική οικία αλλά να δημιουργήσουν συνολικά ένα χωριό , που ονομάζεται eco village. Τέτοιου τύπου χωριά συναντώνται σε πολλά μέρη στην Ευρώπη.

#### 3.3.2. Η επικράτηση των εναλλακτικών μεθόδων στην Ελλάδα

Στο κομμάτι της οικολογικής δόμησης η Ελλάδα έχει μείνει πίσω ( τουλάχιστον συγκριτικά με τις άλλες ευρωπαϊκές χώρες). Με την εμφάνιση του σκυροδέματος , άλλαξε ριζικά η εικόνα των κατοικιών στην χώρα

μας , μετά από 50 και πλέον χρόνια που χρησιμοποιείται . Όλοι πιστεύουν ότι μια κατασκευή από σκυρόδεμα ή μέταλλο δεν μπορεί να μπει σε συναγωνισμό με άλλες μεθόδους ( εναλλακτικές) χαρακτηρίζοντας ίσως και απαρχαιωμένες. Η αλήθεια είναι πως κάθε κατασκευαστική μέθοδος έχει τα υπέρ και τα κατά της.

Τα παραδείγματα οικολογικής δόμησης στην Ελλάδα είναι περιορισμένα, λίγα από αυτά είναι γνωστά στο ευρύ κοινό, άλλα δεν φτιάχτηκαν με την προϋπόθεση να γίνουν κατοικίες (ίσως έγιναν σε μια διάθεση πειραματισμού) και λειτουργούν ως αποθηκευτικοί χώροι, ενώ υπάρχουν και κάποια που δεν έφτασαν ποτέ στην τελική τους μορφή καθώς διαλύθηκαν από φυσικές καταστροφές (φωτιά).

Προς το παρόν το μεγαλύτερο πρόβλημα για την επικράτηση των εναλλακτικών μεθόδων στην Ελλάδα , είναι η έλλειψη τεχνογνωσίας και εμπειρίας ( παρ' όλο που αυτό το εμπόδιο καταπολεμάται σιγά σιγά) όπως και η άγνοια των πολιτών οι οποίοι είναι πολύ επιφυλακτικοί στο άκουσμα των χωμάτινων σπιτιών, εφόσον δεν είναι ενημερωμένοι σχετικά και πρέπει να κάνουν ειδική έρευνα μόνοι τους για να γνωρίσουν εναλλακτικές μεθόδους. Τέλος η πολεοδομικές άδειες μπορεί να αποτελέσουν το μεγαλύτερο αγκάθι στην όλη διαδικασία γιατί είναι χρονοβόρες. Ωστόσο δεν είναι και λίγοι αυτοί που θέλουν να ζουν μέσα σε φυσικά σπίτια και να διατηρείται και ο τοπικός χαρακτήρας της περιοχής τους ( σε κάποια επαρχιακή πόλη) και όχι σε βαριές τσιμεντένιες κατασκευές, όποτε σταδιακά η τάση της φυσικής δόμησης διευρύνεται και εξαπλώνεται.

---

<sup>1</sup> <http://naturalhomes.org>

<sup>2</sup> <http://www.pictures.globalgoodnews.com/archive/archive-2009/ukraine/slides/06%20sandbag%20house5.html>

<sup>3</sup> <http://www.strawbalehouse.de/strohpolis.html>

<sup>4</sup> <http://permaculture-greece.org/2011/03/dream-house/>

<sup>5</sup> διάλεξη από τους: Γκολφινόπουλος Κωνσταντίνος, Χαραμουντάνη Χριστίνα

<sup>6</sup> [http://www.oberlin.edu/news-info/98sep/strawbale\\_history.html](http://www.oberlin.edu/news-info/98sep/strawbale_history.html)

<sup>7</sup> <http://www.earthsafedesign.com/238/>

<sup>8</sup> <http://www.ccathsu.com/alternativebuilding/cob/jeffreySP2005/#ancient>

<sup>9</sup> <http://www.networkearth.org/naturalbuilding/earthbags.html>

<sup>10</sup> <http://www.adobe-home.com/about-rammed-earth/history-of-rammed-earth/>

### 3.4. Νομοθετικό Πλαίσιο

#### 3.4.1. Νομοθεσία στην Ευρώπη

Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο εξέδωσε οδηγία για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων το έτος 2002. Αυτή την οδηγία οφείλει και η Ελλάδα να ακολουθήσει.

Τα κράτη μέλη υποχρεούνται να υιοθετήσουν, σε εθνικό ή περιφερειακό επίπεδο, μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, η οποία να λαμβάνει υπόψη ορισμένους παράγοντες. Πιο συγκεκριμένα:

- τα θερμικά χαρακτηριστικά του κτιρίου (θερμοχωρητικότητα, μόνωση, κ.λπ.)·
- την εγκατάσταση θέρμανσης και παροχής ζεστού νερού·
- τις εγκαταστάσεις κλιματισμού·
- την ενσωματωμένη εγκατάσταση φωτισμού·
- τις κλιματικές συνθήκες εσωτερικού χώρου.

Επιπλέον υποχρεούνται να θεσπίσουν, σύμφωνα με την παραπάνω μεθοδολογία υπολογισμού, ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης για να πετύχουν τα καλύτερα δυνατά επίπεδα από πλευρά κόστους. Το επίπεδο αυτών των απαιτήσεων αναθεωρείται κάθε πέντε χρόνια.

Τα κράτη μέλη, όταν καθορίζουν τις ελάχιστες απαιτήσεις, μπορούν να κάνουν διάκριση μεταξύ νέων και υπαρχόντων κτιρίων και μεταξύ διάφορων κατηγοριών κτιρίων.

- Τα νέα κτίρια πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις αυτές, και, πριν αρχίσει η κατασκευή τους, πρέπει να έχει μελετηθεί η σκοπιμότητα εγκατάστασης συστημάτων εφοδιασμού με ανανεώσιμη ενέργεια, αντλιών θερμότητας, συστημάτων τηλεθέρμανσης και τηλεψύξης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου, και συστημάτων συμπαραγωγής.
- Όταν τα υπάρχοντα κτίρια υφίστανται ανακαίνιση μεγάλης κλίμακας, πρέπει να επιτυγχάνεται αναβάθμιση της ενεργειακής τους απόδοσης, ώστε να μπορούν και αυτά να πληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις.

#### **ΟΔΗΓΙΑ 2002/91/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 16ης Δεκεμβρίου 2002 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων:**

Τα κτίρια έχουν επιπτώσεις στην κατανάλωση ενέργειας μακροπρόθεσμα και συνεπώς τα νέα κτίρια θα πρέπει να ικανοποιούν τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης προσαρμοσμένες στο τοπικό κλίμα. Οι ορθές πρακτικές στον τομέα αυτόν θα πρέπει να αποσκοπούν στην των παραγόντων που έχουν σχέση με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Επειδή εν γένει δεν έχουν αξιοποιηθεί πλήρως οι δυνατότητες εφαρμογής εναλλακτικών συστημάτων ενεργειακού εφοδιασμού θα πρέπει να εξετασθεί η τεχνική, περιβαλλοντική και οικονομική σκοπιμότητα εναλλακτικών συστημάτων. Τούτο μπορεί να γίνει άπαξ από το κράτος μέλος με μελέτη που παράγει ένα κατάλογο μέτρων ενεργειακής διατήρησης, για τις μέσες συνθήκες αγοράς, με κριτήρια κόστους/οφέλους. Πριν από την έναρξη της κατασκευής, ενδέχεται να απαιτηθούν ειδικές μελέτες εάν το μέτρο ή τα μέτρα είναι όντως σκόπιμα.

Τα κράτη μέλη δύνανται επίσης να χρησιμοποιούν άλλα μέσα και μέτρα που δεν προβλέπει η παρούσα οδηγία, προκειμένου να ενθαρρύνουν τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Τα κράτη μέλη οφείλουν να ενθαρρύνουν την καλή διαχείριση της ενεργείας, λαμβάνοντας υπόψη τον βαθμό χρήσης των κτιρίων.

## **Άρθρο 1 (στόχος)**

Στόχος της παρούσας οδηγίας είναι η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων εντός της Κοινότητας λαμβάνοντας υπόψη τις εξωτερικές κλιματολογικές και τις τοπικές συνθήκες, καθώς και τις κλιματικές απαιτήσεις των εσωτερικών χώρων και τη σχέση κόστους/οφέλους.

Η παρούσα οδηγία θεσπίζει απαιτήσεις που αφορούν:

- α)** το γενικό πλαίσιο για μια μεθοδολογία υπολογισμού της ολοκληρωμένης ενεργειακής απόδοσης κτιρίων.
- β)** την εφαρμογή ελαχίστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση των νέων κτιρίων.
- γ)** την εφαρμογή ελαχίστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση μεγάλων υφισταμένων κτιρίων στα οποία γίνεται μεγάλη κλίμακας ανακαίνιση.
- δ)** την ενεργειακή πιστοποίηση των κτιρίων και
- ε)** την τακτική επιθεώρηση των λεβήτων και των εγκαταστάσεων κλιματισμού κτιρίων και, επί πλέον, μια αξιολόγηση των εγκαταστάσεων θέρμανσης των οποίων οι λέβητες είναι παλαιότεροι των 15 ετών.

## **Άρθρο 2 (ορισμοί)**

1. «κτίριο»: στεγασμένη κατασκευή με τοίχους για την οποία χρησιμοποιείται ενέργεια προς ρύθμιση των εσωτερικών κλιματικών συνθηκών. Ο όρος κτίριο δύναται να αφορά στο κτίριο στο σύνολό του ή σε τμήματα του κτιρίου τα οποία έχουν μελετηθεί ή έχουν τροποποιηθεί για να χρησιμοποιούνται χωριστά.

2. «Ενεργειακή απόδοση κτιρίου»:

η ποσότητα ενέργειας που πράγματι καταναλώνεται ή εκτιμάται ότι ικανοποιεί τις διάφορες ανάγκες που συνδέονται με την συνήθη χρήση του κτιρίου, οι οποίες μπορούν να περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, τη θέρμανση, την παραγωγή ζεστού νερού, την ψύξη, τον εξαερισμό και το φωτισμό. Η ποσότητα αυτή εκφράζεται με έναν ή περισσότερους αριθμητικούς δείκτες οι οποίοι έχουν υπολογισθεί λαμβάνοντας υπόψη τη μόνωση, τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τα χαρακτηριστικά της εγκατάστασης, το σχεδιασμό και τη θέση σε σχέση με κλιματολογικούς παράγοντες, την έκθεση στον ήλιο και την επίδραση γειτονικών κατασκευών, την παραγωγή ενέργειας του ίδιου του κτιρίου και άλλους παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή ζήτηση, στους οποίους περιλαμβάνονται και οι κλιματικές συνθήκες στο εσωτερικό του κτιρίου.

3. «πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης κτιρίου»: πιστοποιητικό αναγνωρισμένο από το κράτος μέλος ή νομικό πρόσωπο που αυτό καθορίζει, το οποίο περιλαμβάνει την ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου υπολογιζόμενη σύμφωνα με μεθοδολογία βασιζόμενη στο γενικό πλαίσιο που παρατίθεται στο παράρτημα.

4. «ΣΠΗΘ(συμπαγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας)»: η ταυτόχρονη μετατροπή πρωτογενών καυσίμων σε μηχανική ή ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα, υπό ορισμένα ποιοτικά κριτήρια ενεργειακής απόδοσης.

5. «σύστημα κλιματισμού»: συνδυασμός όλων των απαιτούμενων κατασκευαστικών στοιχείων για την παροχή μιας μορφής επεξεργασίας του αέρος κατά την οποία ελέγχεται ή μπορεί να ελαττωθεί η θερμοκρασία, ενδεχομένως σε συνδυασμό με τον έλεγχο του αερισμού, της υγρασίας και της καθαρότητας του αέρος.

6. «λέβητας»: ο συνδυασμός σώματος λέβητα και μονάδας καυστήρα που είναι σχεδιασμένος για να μεταβιβάζει στο νερό τη θερμότητα που παράγεται από την καύση.

7. «ωφέλιμη ονομαστική ισχύς (εκφραζόμενη σε kW)»: η μέγιστη θερμική ισχύς την οποία αναφέρει και εγγυάται ο κατασκευαστής ως παρεχόμενη κατά τη συνεχή λειτουργία με ταυτόχρονη τήρηση της ωφέλιμης απόδοσης που προσδιορίζεται από τον κατασκευαστή.

8. «αντλία θέρμανσης»: Συσκευή ή εγκατάσταση που εξάγει θερμότητα σε χαμηλή θερμοκρασία από τον αέρα, το ύδωρ ή τη γη και την εισάγει στο κτίριο.

### **Άρθρο 3 (θέσπιση μεθοδολογίας)**

Τα κράτη μέλη εφαρμόζουν, σε εθνικό ή περιφερειακό επίπεδο, μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων βάσει του γενικού πλαισίου το οποίο καθορίζεται στο παράρτημα.

Η ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου εκφράζεται με διαφανή τρόπο και ενδέχεται να περιλαμβάνει δείκτη εκπομπών CO<sub>2</sub>.

### **Άρθρο 4 (καθορισμός των απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης)**

1. Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε να καθοριστούν απαιτήσεις ελάχιστης ενεργειακής απόδοσης, βασιζόμενες στη μεθοδολογία που αναφέρεται στο άρθρο 3.

2. Οι απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης εφαρμόζονται σύμφωνα με τα άρθρα 5 και 6

3. Τα κράτη μέλη δύνανται να μην καθορίσουν ή να μην εφαρμόσουν τις απαιτήσεις της παραγράφου 1 για τις εξής κατηγορίες κτιρίων:

- a. Κτίρια ή μνημεία επισήμως προστατευόμενα ως μέρος συγκεκριμένου περιβάλλοντος ή λόγω ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής αξίας ή ιστορικής αξίας.
- b. Κτίρια που χρησιμοποιούνται ως χώροι λατρείας
- c. Προσωρινά κτίρια με εκ σχεδιασμού προβλεπόμενη διάρκεια χρήσης το πολύ 2 ετών
- d. Κτίρια κατοικιών τα οποία προβλέπεται να χρησιμοποιούνται λιγότερο από 4 μήνες τον χρόνο
- e. Μεμονωμένα κτίρια με συνολική ωφέλιμη επιφάνεια κάτω των 50m<sup>2</sup>

### **Άρθρο 5 (νέα κτίρια)**

Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε τα νέα κτίρια να πληρούν τις απαιτήσεις ελάχιστης ενεργειακής απόδοσης που αναφέρονται στο άρθρο 4.

Για τα νέα κτίρια συνολικής ωφέλιμης επιφάνειας άνω των 1 000 m<sup>2</sup>, τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι η τεχνική, περιβαλλοντική και οικονομική σκοπιμότητα εγκατάστασης εναλλακτικών συστημάτων.

### **Άρθρο 6 (υφιστάμενα κτίρια)**



Τα κράτη μέλη διασφαλίζουν ότι, όταν κτίρια συνολικής ωφέλιμης επιφάνειας άνω των 1 000 m<sup>2</sup> υφίστανται ριζική ανακαίνιση, η ενεργειακή απόδοσή τους αναβαθμίζεται ώστε να πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις, στο βαθμό που αυτό είναι τεχνικά, λειτουργικά και οικονομικά εφικτό.

### **Άρθρο 7 (πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης)**

1. Τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι κατά την κατασκευή, την πώληση ή την εκμίσθωση κτιρίων θα διατίθεται πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης στον ιδιοκτήτη ή από τον ιδιοκτήτη στον υποψήφιο αγοραστή ή μισθωτή. Το πιστοποιητικό θα είναι δεκαετούς ισχύος κατ' ανώτατο όριο το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης κτιρίων περιλαμβάνει τιμές αναφοράς, όπως ισχύουσες νομικές απαιτήσεις και κριτήρια συγκριτικής αξιολόγησης, ώστε να επιτρέπει στους καταναλωτές να συγκρίνουν και να αξιολογούν την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου.
2. Το πιστοποιητικό συνοδεύεται από συστάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης σε σχέση με το κόστος.
3. Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε στα κτίρια συνολικής ωφέλιμης επιφάνειας άνω των 1 000 m<sup>2</sup> τα οποία χρησιμοποιούνται από δημόσιες αρχές και από ιδρύματα που παρέχουν δημόσιες υπηρεσίες σε μεγάλο αριθμό ατόμων και που ως εκ τούτου δέχονται συχνά τις επισκέψεις των ατόμων αυτών, να τοποθετείται σε θέση ευδιάκριτη από το κοινό πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης όχι παλαιότερο των δέκα ετών.

### **Άρθρο 8 (επιθεώρηση λεβήτων)**

α) καθιερώνεται η τακτική επιθεώρηση των λεβήτων ωφέλιμης ονομαστικής ισχύος 20 έως 100 kW.

Οι λέβητες ωφέλιμης ονομαστικής ισχύος μεγαλύτερης των 100 kW επιθεωρούνται τουλάχιστον ανά δύο έτη. Για τους λέβητες αερίου, η περίοδος δύναται να επεκταθεί σε τέσσερα έτη.

Για εγκαταστάσεις θέρμανσης με λέβητες ωφέλιμης ονομαστικής ισχύος μεγαλύτερης των 20 kW οι οποίοι είναι παλαιότεροι των 15 ετών, τα κράτη μέλη θεσπίζουν τα απαραίτητα μέτρα για την καθιέρωση μιας και μοναδικής επιθεώρησης ολόκληρης της εγκατάστασης.

β) εξασφάλιση παροχής συμβουλών στους χρήστες σχετικά με την αντικατάσταση λεβήτων, άλλες τροποποιήσεις στο σύστημα θέρμανσης και εναλλακτικές λύσεις που μπορεί να περιλαμβάνουν επιθεωρήσεις για την αξιολόγηση της απόδοσης και των διαστάσεων του λέβητα.

### **Άρθρο 9 (επιθεώρηση συστημάτων κλιματισμού)**

Τα κράτη μέλη θεσπίζουν τακτική επιθεώρηση των εγκαταστάσεων κλιματισμού ωφέλιμης ονομαστικής ισχύος μεγαλύτερης των 12 kW.

### **Άρθρο 10 (ανεξάρτητοι εμπειρογνώμονες)**

Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε η πιστοποίηση των κτιρίων, η σύνταξη των συνοδευτικών συστάσεων και η επιθεώρηση των λεβήτων και συστημάτων να διεξάγονται με ανεξάρτητο τρόπο από ειδικευμένους ή/και διαπιστευμένους εμπειρογνώμονες, είτε αυτοί είναι ελεύθεροι επαγγελματίες είτε υπάλληλοι δημόσιων ή ιδιωτικών οργανισμών.

## **Άρθρο 11 (αξιολόγηση)**

Η Επιτροπή , επικουρούμενη από την επιτροπή του άρθρου 14, αξιολογεί την οδηγία βάσει της εμπειρίας που αποκτάται κατά την εφαρμογή της και , εφόσον απαιτείται, υποβάλλει προτάσεις όσον αφορά ,μεταξύ άλλων,  
α)ενδεχόμενα συμπληρωματικά μέτρα για τις ανακαινίσεις κτιρίων ολικής ωφέλιμης επιφάνειας κάτω των 10 000 m<sup>2</sup>  
β)τη θέσπιση γενικών κινήτρων για την εφαρμογή περαιτέρω μέτρων για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων

## **Άρθρο 12 (ενημέρωση)**

Τα κράτη μέλη μπορούν να λαμβάνουν τα κατάλληλα μέτρα για την ενημέρωση των χρηστών των κτιρίων σχετικά με τις διάφορες μεθόδους και πρακτικές που συμβάλλουν στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.

## **Άρθρο 13 (προσαρμογή του πλαισίου)**

Τα μέρη 1 και 2 του παραρτήματος επανεξετάζονται κατά τακτά διαστήματα τα οποία δεν θα είναι μικρότερα των δύο ετών.

## **Άρθρο 14 (επιτροπή)**

1. Η Επιτροπή επικουρείται από επιτροπή.
2. Στις περιπτώσεις που γίνεται μνεία της παρούσας παραγράφου , εφαρμόζονται το άρθρο 5 και το άρθρο 7 της απόφασης 1999/468/EK , τηρουμένων των διατάξεων του άρθρου 8 αυτής. Η περίοδος που αναφέρεται στο άρθρο 5 παράγραφος 6 της απόφασης 1999/468/ EK είναι τρεις μήνες .
3. Η επιτροπή θεσπίζει τον εσωτερικό κανονισμό της.

## **Άρθρο 15 (μεταφορά στην εθνική νομοθεσία)**

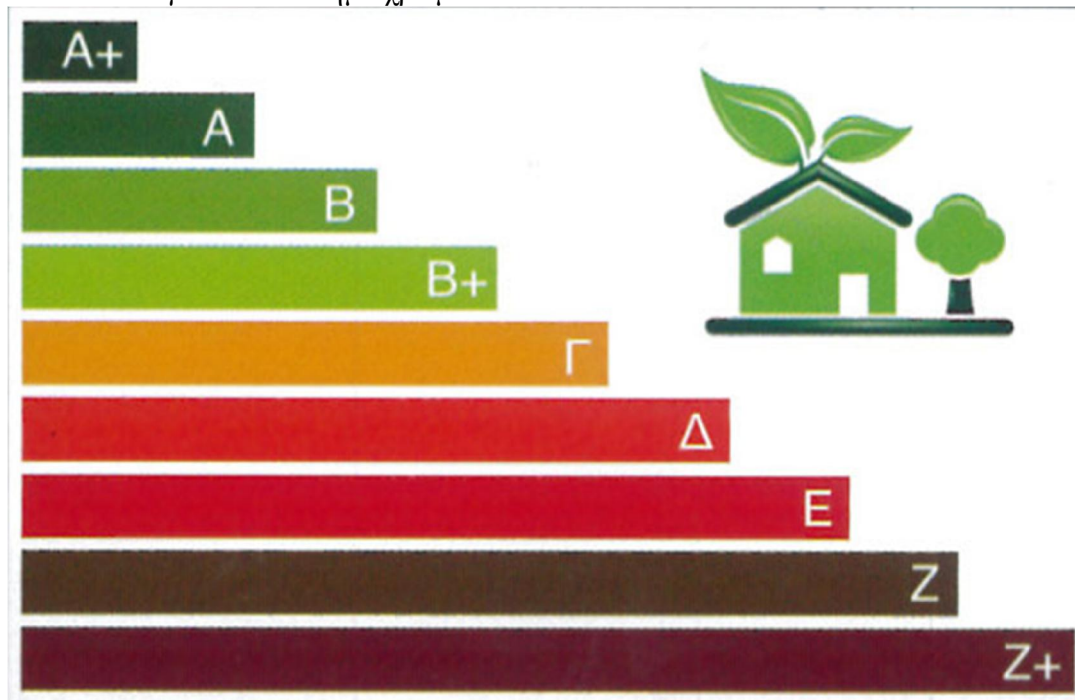
1. τα κράτη μέλη θέτουν σε ισχύ τις αναγκαίες νομοθετικές , κανονιστικές και διοικητικές διατάξεις για να συμμορφωθούν με την παρούσα οδηγία το αργότερο μέχρι τις 4 Ιανουαρίου 2006
2. τα κράτη μέλη, όταν δεν είναι διαθέσιμοι ειδικευμένοι ή/ και διαπιστευμένοι εμπειρογνώμονες , μπορούν να κάνουν χρήση πρόσθετης περιόδου τριών ετών για την πλήρη εφαρμογή των διατάξεων των άρθρων 7, 8 και 9.

\*Αναλυτικά η οδηγία στον παρακάτω σύνδεσμο:

<http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tpree/totee/ED91-2002-gr.pdf>

### 3.4.1.1 Η ενεργειακή απόδοση

Το Κοινοβούλιο ενέκρινε τη νέα μορφή του σήματος κατανάλωσης ενέργειας που εισαγάγει νέες κατηγορίες "A+++" στο γνωστό σύστημα χρωμάτων.



<http://images.search.conduit.com> -

το σύστημα χρωμάτων της ενεργειακής απόδοσης-

Η σήμανση χρωμάτων - από το σκούρο πράσινο για τη λιγότερη κατανάλωση μέχρι το κόκκινο για τη μεγαλύτερη κατανάλωση - θα προσαρμοστεί αναλόγως, έτσι ώστε η καλύτερη σε ενεργειακή απόδοση κατηγορία θα παραμείνει σκούρο πράσινο και η χειρότερη σε κόκκινο.

Οι ευρωβουλευτές ενέκριναν νομοθεσία για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, με στόχο μικρότερους λογαριασμούς για τους καταναλωτές και περιορισμένη κατανάλωση σε όλη την ΕΕ, επιτρέποντάς της να πετύχει το στόχο της μείωσής κατά 20% το 2020 (20-20-20).

Οι οικοδομικοί κώδικες των κρατών μελών πρέπει να προσαρμοσθούν ώστε να επιβάλλουν σε όλα τα κτίρια που θα κατασκευάζονται από το τέλος του 2020 σχεδόν μηδενική κατανάλωση. Τα υφιστάμενα κτίρια θα πρέπει να αναβαθμιστούν, όπου είναι δυνατόν. Σήμερα τα κτίρια εκπροσωπούν το 40% της κατανάλωσης ενέργειας στην ΕΕ και είναι η μεγαλύτερη πηγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, και η βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης θα βοηθήσει στην επίτευξη του στόχου για τις εκπομπές CO<sub>2</sub>. Η οδηγία καθορίζει τους κανόνες για την ενεργειακή απόδοση τόσο των νέων όσο και υφιστάμενων κτιρίων.

Τα κράτη μέλη θα πρέπει να λάβουν μέτρα για την επίτευξη αυτών των απαιτήσεων σε "επίπεδα βέλτιστου-κόστους". Όλα τα κτίρια από το τέλος του 2020 πρέπει να πληρούν ψηλά πρότυπα ενεργειακής εξοικονόμησης και, σε μεγάλο βαθμό, τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τα δημόσια κτίρια θα ανοίξουν το δρόμο δύο χρόνια νωρίτερα.

Μέρος της χρηματοδότησης για τις εν λόγω αλλαγές θα προέλθουν από τον κοινοτικό προϋπολογισμό. Όπου αυτό είναι εφικτό η ενεργειακή απόδοση των υφιστάμενων κτιρίων θα πρέπει να βελτιωθεί κατά τη διάρκεια

μεγάλων ανακαινίσεων. Κατά την ανακαίνιση, οι ιδιοκτήτες θα ενθαρρύνονται να εγκαθιστούν «έξυπνους μετρητές» και να αντικαταστήσουν συστήματα θέρμανσης, ζεστού νερού και κλιματισμού με υψηλής απόδοσης εναλλακτικές λύσεις, όπως αντλίες θερμότητας. Θα απαιτούνται τακτικές επιθεωρήσεις των λεβήτων και συστημάτων κλιματισμού.

<b>ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ</b>	<b>ΧΡΗΣΗ:</b>			
	Κτίριο <input type="checkbox"/>	Τμήμα κτιρίου <input type="checkbox"/>		
	Αριθμός ιδιοκτησίας:			
	Κλιματική Ζώνη:			
	Διεύθυνση:			
	Τ.Κ.:			
	Πόλη:			
	Έτος κατασκευής:			
	Συνολική επιφάνεια [m <sup>2</sup> ]:			
	Θερμανόμενη επιφάνεια [m <sup>2</sup> ]:			
Όνομα ιδιοκτήτη:				
<b>ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ</b>				
		<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ</b>		
<b>ΜΗΔΕΛΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ</b>				
EP ≤ 1,23·Ro		<b>A+</b>		
1,23·Ro < EP ≤ 1,5·Ro		<b>A</b>		
1,5·Ro < EP ≤ 1,75·Ro		<b>B+</b>		
1,75·Ro < EP ≤ 1,9·Ro		<b>B</b>		
1,9·Ro < EP ≤ 1,45·Ro		<b>F</b>		
1,45·Ro < EP ≤ 1,82·Ro		<b>Δ</b>		
1,82·Ro < EP ≤ 2,27·Ro		<b>E</b>		
2,27·Ro < EP ≤ 2,73·Ro		<b>Σ</b>		
2,73·Ro < EP		<b>H</b>		
<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΜΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟ</b>				
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου αναφοράς [kWh/m <sup>2</sup> ]:				
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m <sup>2</sup> ]:				
Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]:				
<b>Πραγματική ετήσια κατανάλωση ενέργειας &amp; Εκπομπές CO<sub>2</sub></b>			<b>Θερμική άνιση</b> <input type="checkbox"/>	
Ηλεκτρική ενέργεια [kWh/m <sup>2</sup> ]:	Κόστος [kWh/m <sup>2</sup> ]:		<b>Οπτική άνιση</b> <input type="checkbox"/>	
Συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m <sup>2</sup> ]:			<b>Ακουστική άνιση</b> <input type="checkbox"/>	
Συνολικές ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub> [kg/m <sup>2</sup> ]:			<b>Ποιότητα αέρα</b> <input type="checkbox"/>	

<http://energeiakopistopoitiko.wordpress.com> –

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

### 3.4.1.2 Μέθοδος B.R.E.E.A.M<sup>1</sup>

#### **B.R.E.E.A.M= (BRE Environmental Assessment Method)**

Η μέθοδος αυτή είναι η πλέον καθιερωμένη και πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος στον κόσμο της εκτίμησης αξιολόγησης και πιστοποίησης της βιωσιμότητας των κτιρίων. Περισσότερα από 250.000 κτίρια έχουν πιστοποιηθεί και πάνω από ένα εκατομμύριο έχουν εγγραφεί για την πιστοποίηση, πολλά από το Ηνωμένο Βασίλειο και από άλλες 50 χώρες στον κόσμο. Το πρώτο κτίριο στο διεθνή χώρο που πιστοποιήθηκε με τη μέθοδο B.R.E.E.A.M. είναι το κτίριο της Ευρωπαϊκής Τράπεζας Επενδύσεων στο Λουξεμβούργο.

A. Οι εργασίες για τη δημιουργία της BREEAM ξεκίνησαν στο BRE (με έδρα το Watford, Ηνωμένο Βασίλειο) το 1988 και η πρώτη έκδοση για την αξιολόγηση των νέων κτιρίων γραφείων ξεκίνησε το 1990. Αυτό ακολουθήθηκε από τις εκδόσεις για τα άλλα κτίρια συμπεριλαμβανομένων των υπερκαταστημάτων, βιομηχανικές μονάδες και τα υφιστάμενα γραφεία.

Το 1998 υπήρξε μια σημαντική αναμόρφωση του BREEAM στα Γραφεία και τη διάταξη του συστήματος, με

χαρακτηριστικά όπως η στάθμιση για διάφορα θέματα βιωσιμότητας. Η ανάπτυξη της BREEAM στη συνέχεια επιταχύνθηκε με ετήσιες ενημερώσεις και παραλλαγές για άλλους τύπους κτιρίων, όπως καταστήματα λιανικής πώλησης που εισάγονται.

Μια έκδοση του BREEAM για τα νέα σπίτια που ονομάζεται EcoHomes ξεκίνησε το 2000. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιήθηκε αργότερα ως βάση του Κώδικα για την Αειφόρο Homes, η οποία αναπτύχθηκε από BRE για τη βρετανική κυβέρνηση το 2006/7 και αντικαταστάθηκε EcoHomes στην Αγγλία και την Ουαλία.

Μια εκτενής ενημέρωση όλων των συστημάτων BREEAM το 2008 οδήγησε στην εισαγωγή των υποχρεωτικών σχολίων μετά την κατασκευή, τα ελάχιστα πρότυπα και τις πιστώσεις της καινοτομίας. Διεθνείς εκδόσεις των BREEAM επίσης, ξεκίνησαν το έτος αυτό (2008). Η τελευταία μεγάλη αναβάθμιση για το 2011 είχε ως αποτέλεσμα την έναρξη της κατασκευής BREEAM Νέα, το οποίο χρησιμοποιείται σήμερα για την αξιολόγηση και την πιστοποίηση όλων των νέων κτιρίων του Ηνωμένου Βασιλείου. Η αναθεώρηση αυτή περιλαμβάνει την εκ νέου ταξινόμηση και την εδραίωση των θεμάτων και των κριτηρίων για την περαιτέρω βελτίωση της διαδικασίας BREEAM. Η επόμενη ενημέρωση του BREEAM Πρότυπο θα ξεκινήσει το 2014.

**Β. Ο στόχος της μεθόδου** είναι να βοηθά με επιτυχία τους ιδιοκτήτες να υιοθετήσουν οικονομικά και αποτελεσματικά βιώσιμες λύσεις και παρέχει και την δυνατότητα αναγνώρισης της αγοράς των επιτευγμάτων του. Χρησιμοποιώντας ανεξάρτητη, άδεια οι αξιολογητές, της BREEAM αξιολογούν επιστημονικώς τεκμηριωμένα κριτήρια που καλύπτουν ένα φάσμα θεμάτων στις κατηγορίες ενέργειας και νερού, την υγεία και την ευημερία, τη ρύπανση, τις μεταφορές, τα υλικά, τα απόβλητα, την οικολογία και τις διαδικασίες διαχείρισης.

**Γ. Τα κτίρια** αφού αξιολογηθούν και πιστοποιηθούν με κλίμακα από το «πέρασμα», «Καλή», «Πολύ Καλή», «Άριστα» και «Εξαιρετική». Με τον καθορισμό σημείων αναφοράς της αειφορίας και τους στόχους που συνεχίζουν να μείνουν μπροστά από τις κανονιστικές απαιτήσεις - και με την ενθάρρυνση της χρήσης των καινοτόμων μέσων για την επίτευξη αυτών των στόχων – η BREEAM οδηγεί στην μεγαλύτερη βιωσιμότητα και την καινοτομία στο ενσωματωμένο περιβάλλον.

Η μεθοδολογία στηρίζεται σε ποιοτικά αλλά και σε ποσοτικά κριτήρια (ποσοστό επίδοσης %) που είναι χωρισμένα σε ενότητες, για την κάθε μία από τις οποίες υπάρχει ένας προκαθορισμένος βαθμός βαρύτητας. Υπάρχουν κάποια βασικά προαπαιτούμενα κριτήρια, αλλά κατά κύριο λόγο το B.R.E.E.A.M. αποτελεί μια ευέλικτη μεθοδολογία αξιολόγησης που στοχεύει στην επιβράβευση των κτιρίων που ξεπερνούν τα συμβατικά σημεία αναφοράς. Η τελική βαθμολόγηση συνοδεύεται με την παροχή πιστοποιητικού που αναγράφει τη σχετική βαθμίδα επίδοσης.

### 3.4.1.3 Μέθοδος L.E.E.D<sup>2</sup>

#### **L.E.E.D = (Leadership in Energy and Environmental Design)**

Η Ηγεσία στην Ενεργειακή και Περιβαλλοντική Μελέτη (σε ελεύθερη μετάφραση) L.E.E.D. περιλαμβάνει μια σειρά από συστήματα αξιολόγησης για το σχεδιασμό, την κατασκευή και τη λειτουργία των υψηλών κτιρίων κατοικιών και γειτονιών πράσινων επιδόσεων. Από την ίδρυσή της το 1993 έχει αναπτυχθεί και περιλαμβάνει περισσότερα από 7.000 έργα στις Ηνωμένες Πολιτείες και 30 χώρες, που καλύπτουν πάνω από 1.501 εκατομμύρια τετραγωνικά πόδια της περιοχής ανάπτυξης.

**A.** Δημιουργήθηκε από το U.S.G.B.C. (United States Green Building Council). Η μεθοδολογία είναι σε πολλά σημεία παρεμφερής με την αντίστοιχη του B.R.E.E.A.M., αν και τα κριτήρια αξιολόγησης διαφέρουν. Το L.E.E.D. προσφέρεται διεθνώς, αν και προς το παρόν η χρήση του παραμένει κυρίως ως μέσου βαθμολόγησης δημόσιων κτιρίων στις Η.Π.Α. Μια βασική διαφορά του L.E.E.D. από το B.R.E.E.A.M. είναι ότι τα κριτήρια βαθμολόγησης είναι πάγια και δεν διαφοροποιούνται ανά χώρα.

**B.** Το σύστημα αξιολόγησης της μεθόδου δεν είναι το ίδιο από την αρχική του μορφή που παρουσίαζε το 1998. Σκοπός των αλλαγών είναι σαφώς η ακριβέστερη αξιολόγηση. Αρχικά κυκλοφόρησε μια πιλοτική έκδοση, έπειτα αυτή ενσωματώθηκε σε μια νεότερη (2005) και κατέληξε και στην πιο πρόσφατη μορφή της με μια επόμενη έκδοση (2009).

Στην τελευταία έκδοση υπάρχουν επτά βασικές κατηγορίες πιστώσεων:

- i. Βιώσιμες τοποθεσίες
- ii. Εξοικονόμηση νερού
- iii. Ενέργεια στην ατμόσφαιρα
- iv. Υλικά και πόροι
- v. Ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος
- vi. Καινοτομία στον σχεδιασμό
- vii. Περιφερειακή προτεραιότητα

Τα επίπεδα πιστοποίησης:

Πιστοποίηση: 40-49 βαθμοί

Silver: 50-59 βαθμοί

Gold: 60-79 βαθμοί

Platinum: 80 μονάδες και πάνω

#### **3.4.1.4 Σύγκριση B.R.E.E.A.M / L.E.E.D<sup>3</sup>**

Τα δύο παραπάνω παραδείγματα μεθόδων αξιολόγησης οφείλουν την επιτυχία τους στην ανάγκη, αλλά και στη δύναμη της ίδιας της αγοράς ακινήτων, φυσικά με την υποστήριξη του κράτους, που από την πρώτη στιγμή υιοθέτησε τις μεθόδους ως εργαλεία σχεδιασμού και έθεσε στόχους επίδοσης αρχικά για δημόσια κτίρια. Στον ιδιωτικό τομέα η ζήτηση έρχεται κατά κύριο λόγο από αναπτυξιακούς παράγοντες, που θεωρούν τη βιώσιμη δόμηση ως ένα αποδοτικό μέσο υπεροχής αλλά και ως ένα εργαλείο για θετική διαφήμιση προς υποψήφιους αγοραστές ή επενδυτές. Μάλιστα τα τελευταία χρόνια η πιστοποίηση B.R.E.E.A.M. αποτελεί προϋπόθεση για έκδοση πολεοδομικής άδειας σε πολλά αστικά κέντρα της Μ. Βρετανίας.

Στη χώρα μας η αντίστοιχη μέθοδος για αποτίμηση της κτιριακής βιωσιμότητας εφαρμόζεται από τον Κ.Ε.Ν.Α.Κ, αλλά δεν είναι το ίδιο αναπτυγμένη όσο τα ξένα συστήματα που είναι και πιο πολλά χρόνια ενεργά. Όσο η ενημέρωση επάνω σε πράσινα θέματα και οι πιέσεις από την Ευρωπαϊκή Κοινότητα για θέματα περιβάλλοντος επεκτείνονται, θα υπάρχουν και οι πιθανότητες βελτίωσης.

#### ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ

Η κοινοτική οδηγία με θέμα την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων θεσπίστηκε με σκοπό την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και επιβάλλει την λήψη μέτρων περιορισμού των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και προσαρμογής σε παγκόσμιο και περιφερειακό επίπεδο.

Οι δράσεις για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής οφείλουν να εμπεριέχουν μια αλλαγή του υφιστάμενου αναπτυξιακού μοντέλου , προς την κατεύθυνση μιας βιώσιμης , πράσινης οικονομίας χαμηλών ή μηδενικών εκπομπών άνθρακα με την χρήση της σύγχρονης τεχνολογίας.

Ο στόχος του σχεδιασμού αυτού είναι η αναβάθμιση της ποιότητας της ζωής των πολιτών με την προώθηση της αειφόρου και ισόρροπης ανάπτυξης , διασφαλίζοντας παράλληλα την προστασία του περιβάλλοντος .

Οι πόλεις έχουν επεκταθεί σε βάρος του φυσικού τους περιβάλλοντος και έχουν καταχραστεί τους φυσικούς πόρους υποβαθμίζοντας την ποιότητα ζωής των ανθρώπων και των πόλεων που κατοικούν. Αυτή η εξέλιξη στο αστικό περιβάλλον ώθησε την δημιουργία οργανισμών οι οποίοι θα είναι υπεύθυνοι για την εφαρμογή της σχετικής νομοθεσίας από όλα τα κράτη μέλη , με μέσο τον έλεγχο και την επιθεώρηση. Έτσι κάθε κτίριο θα διαθέτει πιστοποιητικό σχετικό με την ενεργειακή του απόδοση και ανάλογα με τις νομικές απαιτήσεις θα ακολουθούν και συστάσεις για την βελτίωση αυτής.

### **3.4.2. Νομοθεσία στην Ελλάδα**

#### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ:**

Η εφαρμογή νομοθεσίας για την ενεργειακή ταυτότητα των κτιρίων στην Ελλάδα έχει τεθεί σε ισχύ επίσημα από στις 10 Ιανουαρίου του 2009. Αφορμή για δημιουργία νομοθετικού πλαισίου , υπήρξε η ΟΔΗΓΙΑ 2002/91/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 16ης Δεκεμβρίου 2002 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.

Παράλληλα έχουν έρθει σε εφαρμογή συμπληρωματικοί νόμοι όπως ο Α.Π.Ε (ανανεώσιμες πηγές ενέργειας νόμος υπ' αριθ. 3851) δηλαδή η αιολική, η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια, τα αέρια τα εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής, από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και τα βιοαέρια. Ωστόσο στον οικιακό τομέα μόνο τα φωτοβολταϊκά και η συμπαραγωγή θερμότητας , είναι αυτά που έχουν θεσμοθετημένη χρήση.

Επιπλέον έχουν δοθεί κίνητρα για να ωθήσουν τους πολίτες στην ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων (Ν.Ο.Κ Νόμος υπ 'αριθμό 4067).

Για την εναρμόνιση του νομοθετικού πλαισίου της Ελλάδας με την οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου δημιουργήθηκε ο ΚΕΝΑΚ (κανονισμός ενεργειακής απόδοσης κτιρίων), με πληροφορίες για την διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί , τα άτομα και τις ειδικές γνώσεις που θα οφείλουν να έχουν, ενώ περιέχει στοιχεία για το πιστοποιητικό που δίνει τελικά την ενεργειακή ταυτότητα του κτιρίου.

Παρακάτω παραθέτονται αναλυτικά οι βασικοί νόμοι Ενεργειακής Ταυτότητας και Συμπεριφοράς Κτιρίων.

#### **ΣΗΜΕΙΩΣΗ:**

\*Να σημειωθεί ότι με τη θέσπιση του ΚΕΝΑΚ σταμάτησε η διαδικασία παραπομπής της χώρας μας στο Ευρωπαϊκό Δικαστήριο, που είχε ξεκινήσει με αφορμή την καθυστέρηση ενσωμάτωσης της σχετικής Οδηγίας (2002/91 που αναφέρθηκε παραπάνω).



\*επίσης σύμφωνα με την ανακοίνωση του ΥΠΕΚΑ, το κόστος έκδοσης των πιστοποιητικών, διαμορφώνεται στο 1 ευρώ το τετραγωνικό, με ελάχιστο ποσό τα 150 ευρώ.<sup>4</sup>

I. ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟ Αρ. Φύλλου 85 Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής

(ΝΟΜΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘ. 3851)

4 Ιουνίου 2010

**Άρθρο 10**

*Εφαρμογή Α.Π.Ε<sup>[1]</sup> στα κτίρια:*

1. Οι παράγραφοι 3 και 4 του άρθρου 2 του ν. 3661/2008 (ΦΕΚ 89 Α΄) αντικαθίστανται ως εξής: «3. Ενεργειακή επιθεώρηση: Η διαδικασία εκτίμησης των πραγματικών καταναλώσεων ενέργειας, των παραγόντων που τις επηρεάζουν, καθώς και των μεθόδων βελτίωσης για την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα. Οι ενεργειακές επιθεωρήσεις διενεργούνται από τους ενεργειακούς επιθεωρητές της επόμενης παραγράφου, καθώς και από νομικά πρόσωπα.

4. Ενεργειακός επιθεωρητής: Φυσικό πρόσωπο που διενεργεί ενεργειακές επιθεωρήσεις κτιρίων ή/και λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης ή/και εγκαταστάσεων κλιματισμού, το οποίο έχει αποκτήσει σχετική προς τούτο άδεια.»

2. Η παράγραφος 2 του άρθρου 4 του ν. 3661/2008 αντικαθίσταται ως εξής:

«2. Πριν από την έναρξη ανέγερσης όλων των νέων κτιρίων, ανεξαρτήτως επιφάνειας, πρέπει να εκπονείται και να υποβάλλεται στην αρμόδια Πολεοδομική Υπηρεσία μελέτη, που συνοδεύει τη μελέτη της παραγράφου 1 του άρθρου 3 και η οποία περιλαμβάνει την τεχνική, περιβαλλοντική και οικονομική σκοπιμότητα εγκατάστασης τουλάχιστον ενός από τα εναλλακτικά συστήματα παροχής ενέργειας, όπως αποκεντρωμένα συστήματα παροχής ενέργειας που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας, συστήματα θέρμανσης ή ψύξης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου, καθώς και αντλίες θερμότητας των οποίων ο εποχιακός βαθμός απόδοσης (SPF) είναι μεγαλύτερος από 1,15x1/η, όπου η ο λόγος της συνολικής ακαθάριστης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, σύμφωνα με την Κοινοτική Οδηγία 2009/28/ΕΚ. Μέχρι να καθορισθεί νομοθετικά η τιμή του η, ο SPF πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 3,3.»

3. Στο άρθρο 4 του ν. 3661/2008 προστίθενται παράγραφοι 3 και 4 ως εξής:

«3. Στα κτίρια για τα οποία κατατίθεται στην αρμόδια Πολεοδομική Υπηρεσία αίτηση χορήγησης οικοδομικής άδειας μετά την 1.1.2011 είναι υποχρεωτική η κάλυψη μέρους των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης από ηλιοθερμικά συστήματα. Το ελάχιστο ποσοστό του ηλιακού μεριδίου σε ετήσια βάση καθορίζεται σε 60%. Η υποχρέωση αυτή δεν ισχύει για τις εξαιρέσεις που αναφέρονται

στο άρθρο 11, καθώς και όταν οι ανάγκες σε ζεστό νερό χρήσης καλύπτονται από άλλα συστήματα παροχής ενέργειας που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας, συστήματα τηλεθέρμανσης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου, καθώς και σε αντλίες θερμότητας με εποχιακό βαθμό απόδοσης (SPF) σύμφωνα με τα οριζόμενα στην παράγραφο 2. Αδυναμία εφαρμογής του ανωτέρω ποσοστού απαιτεί επαρκή τεχνική τεκμηρίωση σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία και τις επικρατούσες συνθήκες.

4. Το αργότερο έως τις 31.12.2019, όλα τα νέα κτίρια θα πρέπει να καλύπτουν το σύνολο της πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσής τους με συστήματα παροχής ενέργειας που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας, συστήματα τηλεθέρμανσης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου, καθώς και σε αντλίες θερμότητας με εποχιακό βαθμό απόδοσης (SPF) σύμφωνα με τα οριζόμενα στην παράγραφο 2 του παρόντος άρθρου. Για τα νέα κτίρια που στεγάζουν υπηρεσίες του δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα, η υποχρέωση αυτή θα πρέπει να τεθεί σε ισχύ το αργότερο έως τις 31.12.2014.»

## II. ΤΕΥΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ Αρ. Φύλλου 407 Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων

– (Αριθμ. Δ6/Β/οικ. 5825)

9 Απριλίου 2010

### Άρθρο 1 (Σκοπός)

1. Η απόφαση αυτή διαμορφώνει το πλαίσιο αρχών και καθορίζει τους όρους και τις προϋποθέσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.

2. Ειδικότερα, σκοπό της παρούσας αποτελεί η μείωση της κατανάλωσης συμβατικής ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό (ΘΨΚ), φωτισμό και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ZNX) με την ταυτόχρονη διασφάλιση συνθηκών άνεσης στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων. Ο σκοπός αυτός επιτυγχάνεται μέσω του ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού του κελύφους, της χρήσης ενεργειακά αποδοτικών δομικών υλικών και ηλεκτρομηχανολογικών (Η/Μ) εγκαταστάσεων, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) και συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ).

3. Για τους σκοπούς της προηγούμενης παραγράφου:

- ο 3.1 Ορίζεται μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων για την εκτίμηση των ενεργειακών καταναλώσεων των κτιρίων για ΘΨΚ, φωτισμό και ZNX.
- ο 3.2 Καθορίζονται ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση και κατηγορίες για την ενεργειακή κατάταξη των κτιρίων.
- ο 3.3 Καθορίζονται οι ελάχιστες προδιαγραφές για τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό των κτιρίων, τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους και οι προδιαγραφές των Η/Μ εγκαταστάσεων, των υπό μελέτη νέων κτιρίων καθώς και των ριζικά ανακαινιζόμενων, όπως αυτά ορίζονται στις παραγράφους 11 και 12 αντίστοιχα του άρθρου 2 του ν. 3661/2008.
- ο 3.4 Ορίζεται το περιεχόμενο της μελέτης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.

- 3.5 Καθορίζεται η μορφή του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου, καθώς και τα στοιχεία που αυτό θα περιλαμβάνει.
- 3.6 Καθορίζεται η διαδικασία των ενεργειακών επιθεωρήσεων των κτιρίων, καθώς και η διαδικασία των επιθεωρήσεων λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού.

#### **Άρθρο 4** (ΚΕΦΑΛΑΙΟ Β)

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ: επιγραμματικά ακολουθούν οι βασικές παράμετροι.

- Τη χρήση του κτιρίου, τις επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός), τα χαρακτηριστικά λειτουργίας και τον αριθμό χρηστών.
- Τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής του κτιρίου (θερμοκρασία, σχετική και απόλυτη υγρασία, ταχύτητα ανέμου και ηλιακή ακτινοβολία).
- Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους (σχήμα και μορφή κτιρίου, διαφανείς και μη επιφάνειες, σκίαστρα κ.α.), σε σχέση με τον προσανατολισμό και τα χαρακτηριστικά των εσωτερικών δομικών στοιχείων (χωρίσματα κ.α.)
- Τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους (θερμοπερατότητα, θερμική μάζα, απορροφητικότητα ηλιακής ακτινοβολίας, διαπερατότητα κ.α.)
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης θέρμανσης χώρων (τύπος συστημάτων, δίκτυο διανομής, απόδοση συστημάτων κ.α.)
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης ψύξης/κλιματισμού χώρων (τύπος συστημάτων, δίκτυο διανομής, απόδοση συστημάτων κ.α.)
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης μηχανικού αερισμού (τύπος συστημάτων, δίκτυο διανομής, απόδοση συστημάτων κ.α.)
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης παραγωγής ΖΝΧ (τύπος συστημάτων, δίκτυο διανομής, απόδοση συστημάτων κ.α.)
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης φωτισμού για τα κτίρια του τριτογενή τομέα
- Τα παθητικά ηλιακά συστήματα.

#### **Άρθρο 8**

##### ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

##### 1. Σχεδιασμός κτιρίου

**1.1** Στο σχεδιασμό του κτιρίου θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι κάτωθι παράμετροι:

- α) Κατάλληλη χωροθέτηση και προσανατολισμός του κτιρίου για τη μέγιστη αξιοποίηση των τοπικών κλιματικών συνθηκών.
- β) Διαμόρφωση περιβάλλοντα χώρου για τη βελτίωση του μικροκλίματος.
- γ) Κατάλληλος σχεδιασμός και χωροθέτηση των ανοιγμάτων ανά προσανατολισμό ανάλογα με τις απαιτήσεις ηλιασμού, φυσικού φωτισμού και αερισμού.
- δ) Χωροθέτηση των λειτουργιών ανάλογα με τη χρήση και τις απαιτήσεις άνεσης (θερμικές, φυσικού αερισμού και φωτισμού).
- ε) Ενσωμάτωση τουλάχιστον ενός εκ των Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων (ΠΗΣ), όπως: άμεσου ηλιακού κέρδους (νότια ανοίγματα), τοίχος μάζας, τοίχος Trombe, ηλιακός χώρος (θερμοκήπιο) κ.α.
- στ) Ηλιοπροστασία.

ζ) Ένταξη τεχνικών φυσικού αερισμού.

η) Εξασφάλιση οπτικής άνεσης μέσω τεχνικών και συστημάτων φυσικού φωτισμού.

**1.2** Αδυναμία εφαρμογής των ανωτέρω απαιτεί επαρκή τεχνική τεκμηρίωση σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία και τις επικρατούσες συνθήκες.

## 2. Κτιριακό κέλυφος

### **2.1** Θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων

του κτιριακού κελύφους:

α) Τα επιμέρους δομικά στοιχεία του εξεταζόμενου

νέου ή ριζικά ανακαινιζόμενου κτιρίου, πρέπει να πληρούν τους περιορισμούς θερμομόνωση

β) Για τα δομικά στοιχεία που αποτελούν παθητικά ηλιακά συστήματα δεν ισχύει ο περιορισμός του μέγιστου επιτρεπόμενου συντελεστή θερμοπερατότητας, με την εξαίρεση του συστήματος άμεσου ηλιακού κέρδους.

γ) Η τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ( $U_m$ ) του εξεταζόμενου νέου ή ριζικά ανακαινιζόμενου κτιρίου δεν υπερβαίνει τα όρια  $\pi$

**2.2** Για τα νέα ή ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια που ενσωματώνουν στο κέλυφος παθητικά συστήματα, πέραν αυτών του άμεσου κέρδους (νότια ανοίγματα), τα συστήματα αυτά δεν λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ( $U_m$ ) ως έχουν, αλλά αντικαθίστανται με αντίστοιχα συμβατικά δομικά μη διαφανή στοιχεία με θερμικά χαρακτηριστικά

**2.3** Η διαδικασία υπολογισμού των συντελεστών θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων, των γραμμικών συντελεστών θερμοπερατότητας (θερμογέφυρες), καθώς και του μέγιστου επιτρεπόμενου μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ( $U_m$ ) του κτιρίου καθορίζεται με σχετική ΤΟΤΕΕ κατόπιν έγκρισής της με απόφαση του Υπουργού ΠΕΚΑ.

## 3. Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις

**3.1** Οι επιμέρους Η/Μ εγκαταστάσεις του εξεταζόμενου νέου ή ριζικά ανακαινιζόμενου κτιρίου, πρέπει να πληρούν τους ακόλουθους περιορισμούς:

α) Κάθε κεντρική κλιματιστική μονάδα (ΚΚΜ) που εγκαθίσταται στο κτίριο με παροχή νωπού αέρα  $\geq 60\%$ , επιτυγχάνει ανάκτηση θερμότητας σε ποσοστό τουλάχιστον 50%.

β) Όλα τα δίκτυα διανομής (νερού ή αλλού μέσου) της κεντρικής θέρμανσης, ή της εγκατάστασης ψύξης, ή του συστήματος ZNX, διαθέτουν θερμομόνωση που καθορίζεται με σχετική ΤΟΤΕΕ κατόπιν έγκρισής της με απόφαση του Υπουργού ΠΕΚΑ. Ιδιαίτερα οι εγκαταστάσεις δικτύων που διέρχονται από εξωτερικούς χώρους διαθέτουν κατ' ελάχιστον πάχος θερμομόνωσης 19mm για θέρμανση ή/και ψύξη χώρων και 13mm για ZNX, με αγωγιμότητα θερμομονωτικού υλικού  $\lambda=0,040 \text{ W/(m.K)}$  (στους 20°C).

γ) Οι αεραγωγοί διανομής κλιματιζόμενου αέρα (προσαγωγής και ανακυκλοφορίας) που διέρχονται από εξωτερικούς χώρους των κτιρίων διαθέτουν θερμομόνωση με αγωγιμότητα θερμομονωτικού υλικού  $\lambda=0,040 \text{ W/(m.K)}$  και πάχος θερμομόνωσης τουλάχιστον 40mm, ενώ για διέλευση σε εσωτερικούς χώρους το αντίστοιχο πάχος είναι 30mm.

δ) Τα δίκτυα διανομής θερμού και ψυχρού μέσου διαθέτουν σύστημα αντιστάθμισης για την αντιμετώπιση των μερικών φορτίων, ή άλλο ισοδύναμο σύστημα μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας υπό μερικό φορτίο.

ε) Σε περίπτωση μεγάλου κυκλώματος με επανακυκλοφορία του ZNX εφαρμόζεται κυκλοφορία με σταθερό  $\Delta p$  και κυκλοφορητή με ρύθμιση στροφών βάσει της ζήτησης σε ZNX.

στ) Σε όλα τα νέα ή ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια είναι υποχρεωτική η κάλυψη μέρους των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης από ηλιοθερμικά συστήματα. Το ελάχιστο ποσοστό του ηλιακού μεριδίου σε ετήσια βάση καθορίζεται σε 60%. Η υποχρέωση αυτή δεν ισχύει για τις εξαιρέσεις που αναφέρονται στο άρθρο 11 του ν. 3661/08, καθώς και όταν οι ανάγκες σε ZNX καλύπτονται από άλλα αποκεντρωμένα συστήματα παροχής ενέργειας που βασίζονται σε ΑΠΕ, ΣΗΘ, συστήματα τηλεθέρμανσης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου, καθώς και αντλιών θερμότητας των οποίων ο εποχιακός βαθμός απόδοσης (SPF) είναι μεγαλύτερος από  $(1,15 \times 1/\eta)$ , όπου η είναι ο λόγος της συνολικής ακαθάριστης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σύμφωνα με την Κοινοτική Οδηγία 2009/28/ΕΚ. Μέχρι να καθορισθεί νομοθετικά η τιμή του η, ο SPF πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 3,3.) Τα συστήματα γενικού φωτισμού στα κτίρια του τριτογενή τομέα έχουν μέγιστη ενεργειακή απόδοση 55 lumen/W. Για επιφάνεια μεγαλύτερη από 15m<sup>2</sup> ο τεχνητός φωτισμός ελέγχεται με χωριστούς διακόπτες. Στους χώρους με φυσικό φωτισμό εξασφαλίζεται η δυνατότητα σβέσης τουλάχιστον του 50% των λαμπτήρων που βρίσκονται εντός αυτών.

η) Όπου απαιτείται κατανομή δαπανών, επιβάλλεται αυτονομία θέρμανσης και ψύξης.

θ) Όπου απαιτείται κατανομή δαπανών για τη θέρμανση χώρων, καθώς επίσης και σε κεντρικά συστήματα παραγωγής ZNX, εφαρμόζεται θερμιδομέτρηση.

ι) Σε όλα τα κτίρια απαιτείται θερμοστατικός έλεγχος της θερμοκρασίας εσωτερικού χώρου ανά ελεγχόμενη θερμική ζώνη κτιρίου.

ια) Σε όλα τα κτίρια του τριτογενή τομέα απαιτείται η εγκατάσταση κατάλληλου εξοπλισμού αντιστάθμισης της άεργου ισχύος των ηλεκτρικών τους καταναλώσεων,

για την αύξηση του συντελεστή ισχύος τους (συνφ) σε επίπεδο κατ' ελάχιστον 0,95.

**3.2** Αδυναμία εφαρμογής των ανωτέρω απαιτεί επαρκή τεχνική τεκμηρίωση σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία.

## **Άρθρο 11**

### **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ**

1. Γενικές Πληροφορίες
2. Σχεδιασμός κτιρίου
3. Κτιριακό Κέλυφος
4. Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις
5. Αποτελέσματα υπολογισμών

## **Άρθρο 14**

### **ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (ΠΕΑ) ΚΤΙΡΙΩΝ**

1. Το ΠΕΑ απεικονίζει την ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου.

2. Στο ΠΕΑ αναφέρονται, μεταξύ άλλων, τα γενικά στοιχεία του κτιρίου, η υπολογιζόμενη ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς και του εξεταζόμενου κτιρίου, η ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή ενέργειας και τελική χρήση, η πραγματική ετήσια συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας, οι υπολογιζόμενες και πραγματικές ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, καθώς και συστάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

3. Κάθε συμβολαιογράφος για την κατάρτιση πράξεως αγοραπωλησίας ακινήτου υποχρεούται να μνημονεύσει στο συμβόλαιο τον αριθμό πρωτοκόλλου του ΠΕΑ και να επισυνάψει σε αυτό επίσημο αντίγραφο του ΠΕΑ. Σε κάθε μίσθωση ακινήτου, ο αριθμός πρωτοκόλλου του ΠΕΑ πρέπει να αναγράφεται στο ιδιωτικό ή συμβολαιογραφικό μισθωτήριο έγγραφο. Η φορολογική αρχή δε θεωρεί μισθωτήρια έγγραφα εάν δεν προσκομίζεται ενώπιον της ισχύον ΠΕΑ.

4. Σε περίπτωση που το ΠΕΑ εκδίδεται στο πλαίσιο προγραμμάτων για τον οικιακό τομέα χρηματοδοτούμενων από εθνικούς ή/και κοινοτικούς πόρους, οι συστάσεις του Ενεργειακού Επιθεωρητή αναφέρονται, κατά προτεραιότητα, με βάση τις επιλέξιμες, κάθε φορά, επεμβάσεις.

5. Με σχετική ΤΟΤΕΕ κατόπιν έγκρισής της με απόφαση του Υπουργού ΠΕΚΑ, καθορίζονται η οριστική μορφή και περιεχόμενο του ΠΕΑ κτιρίου. Στο Παράρτημα 2, δίνεται ενδεικτικό υπόδειγμα ΠΕΑ κτιρίου, καθώς και οδηγίες συμπλήρωσής του.

\*Αναλυτικά το υπόλοιπο μέρος του τεύχους της εφημερίδας της Κυβέρνησης :

<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=aiS4GyKxx04%3d&tabid=525&language=el-GR>

### III. ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟ Αρ. Φύλλου 79 , που αφορούν στον Νέο Οικοδομικό Κανονισμό

(Νόμος υπ ' αριθμό 4067).

Αθήνα 9 Απριλίου 2012

#### **Άρθρο 2 (ορισμοί)**

**10.** *Βιοκλιματικός σχεδιασμός* κτιρίου είναι ο σχεδιασμός του κτιρίου που αποσκοπεί στη βέλτιστη εκμετάλλευση των φυσικών και κλιματολογικών συνθηκών με σκοπό να επιτυγχάνονται οι βέλτιστες εσωτερικές συνθήκες θερμικής άνεσης και ποιότητας αέρα κατά τη διάρκεια όλου του έτους με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας.

**11.** *Βιοκλιματικό κτίριο* ονομάζεται ένα κτίριο που ανταποκρίνεται στις κλιματικές συνθήκες του περιβάλλοντός του, καθώς έχει σχεδιαστεί με τρόπο ώστε να επιτυγχάνονται οι βέλτιστες εσωτερικές συνθήκες θερμικής άνεσης και ποιότητας αέρα κατά τη διάρκεια όλου του έτους, με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας και κατατάσσεται στις ανώτερες ενεργειακά κατηγορίες όπως αυτές κάθε φορά ορίζονται.

**43.** *Κτίριο ελάχιστης ενεργειακής κατανάλωσης* είναι το κτίριο που, τόσο από το βιοκλιματικό σχεδιασμό του όσο και από τη χρήση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, παρουσιάζει πολύ υψηλή ενεργειακή κατάσταση σύμφωνα με τον **ΚΕΝΑΚ**<sup>[2]</sup>, όπως ισχύει και η σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία της χρήσης του, καλύπτεται από ανανεώσιμες πηγές, μονάδες Συμπαράγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Αποδοτικότητας (ΣΗΘΥΑ), καθώς και της παραγομένης ενέργειας επιτόπου ή πλησίον.

**57.** *Παθητικά ηλιακά συστήματα ψύξης ή θέρμανσης*

είναι οι κατασκευές ή οι εγκαταστάσεις που αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια και αποτελούν συστατικά μέρη του κτιρίου. Οι βασικές κατηγορίες είναι:

α. Συστήματα άμεσου ηλιακού οφέλους, όπως σε νότια ανοίγματα

β. Συστήματα έμμεσου ηλιακού οφέλους (όπως ηλιακός χώρος – θερμοκήπιο, ηλιακός τοίχος, θερμοσιφωνικό πέτασμα, ηλιακό αίθριο)

γ. Συστήματα δροσισμού (όπως ο ηλιακός αγωγός, τα σκίαστρα, οι ενεργειακοί υαλοπίνακες).

## Άρθρο 25

*Κίνητρα για τη δημιουργία κτιρίων ελάχιστης ενεργειακής κατανάλωσης.*

1. Στην περίπτωση όπου το κτίριο κατατάσσεται σύμφωνα με την ενεργειακή του μελέτη, στην ανώτερη ενεργειακά κατηγορία A+ σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ όπως αυτή κάθε φορά ορίζεται και σύμφωνα με τον ενεργειακό σχεδιασμό του απαιτείται η ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας μέσω συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς και μονάδων Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Αποδοτικότητας (ΣΗΘΥΑ), καθώς και συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τότε δίνεται κίνητρο αύξησης του σ.δ. κατά 5 %.

2. Ειδική αύξηση του σ.δ. κατά 10 % προσφέρεται σε κτίρια ελάχιστης ενεργειακής κατανάλωσης που παρουσιάζουν παράλληλα εξαιρετική περιβαλλοντική απόδοση. Τα κτίρια αυτά θα πρέπει να παρουσιάζουν ετήσια πρωτογενή ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση, κλιματισμό, φωτισμό, αερισμό και ζεστό νερό χρήσης κάτω των 10 kWh/m<sup>2</sup>/έτος. Η όλη ενεργειακή μελέτη θα πρέπει να εκπονείται σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ, και είναι δυνατόν να συμπληρώνεται με ειδικά υπολογιστικά δεδομένα που προκύπτουν από την προσομοίωση του κτιρίου με

αναγνωρισμένα διεθνώς υπολογιστικά εργαλεία ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Στα κτίρια αυτά πρέπει αναγκαστικά να περιλαμβάνονται συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς και συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Παράλληλα, πρέπει να τεκμηριώνεται η εξαιρετική περιβαλλοντική τους απόδοση με χρήση διεθνώς αναγνωρισμένης μεθοδολογίας περιβαλλοντικής αξιολόγησης, (Environmental Assessment Method<sup>[3]</sup>), όπως το LEED<sup>[4]</sup> ή άλλη ισοδύναμη διεθνής μεθοδολογία.

Εξαιρετική περιβαλλοντική απόδοση θεωρείται αυτή που είναι ισοδύναμη ή καλύτερη από το χρυσό LEED. Κατά τη φάση της υποβολής των δικαιολογητικών της άδειας πρέπει να κατατίθεται πλήρης φάκελος που περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία της ενεργειακής μελέτης που αποδεικνύει ότι η συνολική ετήσια πρωτογενής κατανάλωση για θέρμανση, κλιματισμό, αερισμό, ζεστό νερό και φωτισμό δεν υπερβαίνει τις 10 kWh/m<sup>2</sup>/έτος, καθώς και πλήρη ανάλυση των περιβαλλοντικών μέτρων που θα υιοθετηθούν ώστε να αποδεικνύεται ότι θα επιτευχθεί η ελάχιστη απαιτούμενη περιβαλλοντική αξιολόγηση που αναφέρθηκε παραπάνω. Μετά το πέρας της κατασκευής πρέπει να συμπληρώνεται στην Ταυτότητα Κτιρίου και να προσκομίζεται στην αρμόδια αρχή που εξέδωσε την άδεια:

α) Πιστοποιητικό περιβαλλοντικής αξιολόγησης<sup>[5]</sup> που έχει απονεμηθεί στο κτίριο από πιστοποιημένο και εξουσιοδοτημένο για τη σχετική πράξη αναλυτή.

β) Υπεύθυνη δήλωση του εποπτεύοντος μηχανικού ότι το κτίριο κατασκευάστηκε με τα ενεργειακά χαρακτηριστικά που αναφέρονται στην αρχική ενεργειακή μελέτη, ενώ κάθε πιθανή μεταβολή μικρής κλίμακας πρέπει να τεκμηριώνεται ότι δεν αυξάνει την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου άνω των επιτρεπόμενων ορίων.

3. Με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής καθορίζονται οι προδιαγραφές των κτιρίων ελάχιστης ενεργειακής κατανάλωσης, ο τρόπος άσκησης και η περιοδικότητα των ελέγχων, το ύψος των προστίμων υπέρ του Πράσινου Ταμείου<sup>[6]</sup>, σε περίπτωση μη υλοποίησης της μελέτης, καθώς και κάθε άλλο συναφές ζήτημα.

IV. ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟ Αρ. Φύλλου 42 ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις.  
(ΝΟΜΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘ. 4122)

19 Φεβρουαρίου 2013

## Άρθρο 1 (ορισμοί)

**14.** «Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) κτιρίου ή κτιριακής μονάδας»: πιστοποιητικό αναγνωρισμένο από το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ) ή άλλον φορέα που αυτό ορίζει, το οποίο αποτυπώνει την ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου ή κτιριακής μονάδας, υπολογιζόμενη σύμφωνα

με τη μεθοδολογία του άρθρου 3 του παρόντος νόμου και εκδίδεται κατόπιν ενεργειακής επιθεώρησης του κτιρίου ή της κτιριακής μονάδας.

**15.** «Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίου ή κτιριακής μονάδας»: η διαδικασία εκτίμησης της κατανάλωσης ενέργειας κτιρίου ή κτιριακής μονάδας, των παραγόντων που την επηρεάζουν, καθώς και διατύπωσης συστάσεων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσής του.

**16.** «Ενεργειακή επιθεώρηση συστήματος θέρμανσης ή κλιματισμού»: η διαδικασία αξιολόγησης του βαθμού απόδοσης του συστήματος, της εκτίμησης του μεγέθους του σε σχέση με τις ανάγκες θέρμανσης, ψύξης και αερισμού του κτιρίου, καθώς και διατύπωσης συστάσεων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσής του.

**17.** «Ενεργειακός επιθεωρητής»: φυσικό πρόσωπο, εγγεγραμμένο στα αντίστοιχα μητρώα, που διενεργεί ενεργειακές επιθεωρήσεις κτιρίων ή/και συστημάτων θέρμανσης ή/και κλιματισμού, κατά τις διατάξεις του παρόντος και το οποίο μπορεί να λειτουργεί ως αυτοαπασχολούμενος ή ως εταίρος σε νομικό πρόσωπο οποιασδήποτε νομικής μορφής.

**19.** «Βέλτιστο από πλευράς κόστους επίπεδο»: το επίπεδο ενεργειακής απόδοσης που συνδυάζεται με το χαμηλότερο κόστος κατά την εκτιμώμενη διάρκεια του οικονομικού κύκλου ζωής, όπου:

α) το χαμηλότερο κόστος καθορίζεται λαμβάνοντας υπόψη το κόστος που σχετίζεται με την ενεργειακή απόδοση και αφορά:

- i. αα) στο αρχικό κόστος επένδυσης,
- ii. ββ) στο κόστος συντήρησης και λειτουργίας (συμπεριλαμβανομένων των ενεργειακών δαπανών, εξοικονομήσεων και κερδών από την παραχθείσα ενέργεια, ανά κατηγορία χρήσης του κτιρίου), κατά περίπτωση, και
- iii. γγ) στο κόστος διάθεσης, το οποίο υπολογίζεται σύμφωνα με τις δαπάνες για την αποδόμηση κτιρίου ή δομικού στοιχείου στο τέλος του κύκλου ζωής του. Στις δαπάνες συμπεριλαμβάνονται η κατεδάφιση, η αφαίρεση των δομικών στοιχείων που δεν έχουν ακόμη φτάσει στο τέλος του κύκλου ζωής τους, η αποκομιδή και η ανακύκλωση,  
β) ο εκτιμώμενος οικονομικός κύκλος ζωής αναφέρεται είτε στο κτίριο, εφόσον οι απαιτήσεις για ενεργειακή απόδοση έχουν τεθεί για το σύνολο του κτιρίου, είτε στο στοιχείο κτιρίου, εφόσον οι απαιτήσεις για ενεργειακή απόδοση έχουν τεθεί για τα στοιχεία κτιρίου.

**25.** «Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης (ΜΕΑ) κτιρίου ή κτιριακής μονάδας»: η μελέτη που αναλύει και αξιολογεί την απόδοση του ενεργειακού σχεδιασμού του κτιρίου ή της κτιριακής μονάδας, σύμφωνα με τη μεθοδολογία υπολογισμού του άρθρου 3 του παρόντος νόμου.



27. «Μητρώο Ενεργειακών Επιθεωρητών»: η ηλεκτρονική βάση δεδομένων, όπου εγγράφονται με αύξοντα αριθμό μητρώου οι Ενεργειακοί Επιθεωρητές Κτιρίων και Συστημάτων Θέρμανσης και Κλιματισμού. Τηρείται ξεχωριστό Μητρώο για τα νομικά πρόσωπα που έχουν ως εταίρο τους Ενεργειακό Επιθεωρητή.

 ΑΡΘΡΑ ΑΠΟ 1-29

[http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/images\\_banners\\_etc/adverts\\_banners/fg.pdf](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/images_banners_etc/adverts_banners/fg.pdf)

## ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ

Η Ελλάδα ως κράτος μέλος της Ευρωπαϊκής ένωσης, οφείλει και αυτή να τηρήσει τις νομοθετικές διατάξεις που ορίζει η οδηγία που εκδόθηκε σχετικά με την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Η προσπάθεια για την δημιουργία περιβαλλοντικής συνείδησης και παραγωγής κτιρίων που θα καλύπτουν τις απαιτήσεις σε ενεργειακή απόδοση, είναι αρκετά πρόσφατη στην Ελλάδα.

Το αρμόδιο υπουργείο ΥΠΕΚΑ (υπουργείο περιβάλλοντος ενέργειας και κλιματικής αλλαγής), έχει θεσπίσει την Ειδική Γραμματεία Επιθεώρησης Περιβάλλοντος και Ενέργειας, για να γίνεται η επίβλεψη της εφαρμογής του κανονισμού ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων ( KENAK), να πραγματοποιείται συνεχής έλεγχος μέσω των αρμοδίων επιθεωρητών και γενικά να εξασφαλιστεί ότι τα κτίρια θα συνοδεύονται πλέον από έγκυρα πιστοποιητικά που θα περιγράφουν την ενεργειακή τους κατάσταση.

### 3.4.2.1 Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων

Στα πλαίσια της Κοινοτικής Οδηγίας 91/2002/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ ΤΗΣ 16<sup>ης</sup> Δεκεμβρίου 2002 για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων, η χώρα μας είχε την υποχρέωση να εναρμονιστεί μέχρι τον Ιανουάριο του 2006 με την έκδοση και την εφαρμογή σχετικών νομοθετικών διατάξεων. Το πρώτο βήμα για την εναρμόνισή μας με την Κοινοτική Οδηγία αυτή ήταν η έκδοση του ν. 3661/2008 (ΦΕΚ Α' 89) (2008) «**Μέτρα για τη μείωση της Ενεργειακής Κατανάλωσης των Κτιρίων και άλλες διατάξεις**». Βάσει του νόμου υπήρχε η υποχρέωση έκδοσης σχετικού «**Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης κτηρίων**» (**Κ.Εν.Α.Κ.**) στον οποίο, μεταξύ άλλων, θα πρέπει καθορίζονται οι ελάχιστες τεχνικές προδιαγραφές και απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης των νέων και ριζικά ανακαινιζόμενων, καθώς και η μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων (ημι-σταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος του ευρωπαϊκού προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 13790 και των λοιπών σχετικών προτύπων). Η οδηγία 91/2002/ΕΚ τροποποιήθηκε από την οδηγία 31/2010/ΕΚ και η εναρμόνισή μας με τη νέα οδηγία έγινε με την έκδοση του νέου νόμου 4122/2013 (ΦΕΚ Α' 42) «**Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων - Εναρμόνιση με την οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις**».

Ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) αποτελεί υποχρέωση της χώρας τόσο προς τις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Κοινοτική Οδηγία) αλλά περισσότερο προς τους πολίτες της. Ο κτιριακός πλούτος της χώρας πρέπει, σύμφωνα με τις σύγχρονες απαιτήσεις διαβίωσης, να αποκτήσει καλύτερη ενεργειακή συμπεριφορά μέσω της σωστής διαχείρισης και εξοικονόμησης ενέργειας. Με αυτό τον τρόπο, εκτός από την ασφάλεια και την αισθητική που μέχρι σήμερα ήταν τα κυριότερα στοιχεία ενός κτηρίου

προστίθεται και η μέριμνα έτσι ώστε η κατανάλωση ενέργειας να είναι κατά το δυνατόν χαμηλότερη, με ταυτόχρονη εξασφάλιση άριστων συνθηκών για τους χρήστες.

Ο Κ.Εν.Α.Κ. σύμφωνα με τα οριζόμενα στο άρθρο 23, παράγραφο 2, του νόμου 4122/2013, εξακολουθεί να ισχύει μέχρι την έκδοση νέας απόφασης για αναθεώρηση του Κανονισμού.

Η αποτελεσματική διαχείριση της ενέργειας προστατεύει άμεσα και έμμεσα το περιβάλλον, εξοικονομεί ενεργειακούς πόρους και επιπλέον συμβάλλει στην οικονομία όχι μόνο των χρηστών των κτηρίων αλλά και της ίδιας της χώρας.

Η εφαρμογή του Κ.Εν.Α.Κ από το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής, Ειδική Γραμματεία Επιθεώρησης Περιβάλλοντος και Ενέργειας Ειδική υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας

Αθήνα, 4 Οκτωβρίου 2010


Αρ.πρωτ : οικ. 1603


#### ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ

Η εφαρμογή του Κ.Εν.Α.Κ., κατά το πρώτο στάδιο υλοποίησής του, έχει οδηγήσει στη δημιουργία προβλημάτων τα οποία αναφέρονται τόσο σε τεχνικό – υπολογιστικό επίπεδο, όσο και σε καθαρά διαδικαστικό. Παράλληλα, η θέσπιση του Μητρώου Προσωρινών Ενεργειακών Επιθεωρητών με τον τρόπο που έγινε, σε συνδυασμό με την έλλειψη ουσιαστικής πληροφόρησης αναφορικά με την τρέχουσα κατάσταση προόδου των διαδικασιών και των προϋποθέσεων ένταξης στο θεσμοθετημένο Μητρώο Ενεργειακών Επιθεωρητών, προκάλεσε και συνεχίζει να προκαλεί σύγχυση.

Προβλήματα που ανακύπτουν από την εφαρμογή του Κ.Εν.Α.Κ.:

- Ζητήματα Πολεοδομικά και Έκδοσης Οικοδομικών Αδειών.  
Κατά τη διαδικασία σχεδιασμού του κτιρίου ανακύπτουν προβλήματα συγκρουόμενων απαιτήσεων μεταξύ του ΚΕΝΑΚ και των Πολεοδομικών Κανονισμών και διατάξεων (ΓΟΚ, Κτιριοδομικός κλπ), τα οποία καθιστούν προβληματική ή ανέφικτη την εφαρμογή των απαιτήσεων του ΚΕΝΑΚ και του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού, με αποτέλεσμα να συσσωρεύονται φάκελοι σε εκκρεμότητα στις Πολεοδομικές Υπηρεσίες.
- Ζητήματα σχετικά με το Λογισμικό ΤΕΕ/ΚΕΝΑΚ  
Δεν υπάρχει σαφήνεια στη διατύπωση των ορισμών στο Εγχειρίδιο Χρήσης (βοήθεια) του προγράμματος. Πολλές φορές τα οριζόμενα δύνανται να ερμηνευτούν ποικιλοτρόπως και συν των άλλων εμφανίζονται σε μερικά σημεία διαφορετικές ερμηνείες μεταξύ ΤΟΤΕΕ και Εγχειριδίου του Προγράμματος, με αποτέλεσμα να παρουσιάζονται πολλά προβλήματα κατά την χρήση του. όσο αφορά τις εναλλακτικές μεθόδους δόμησης καθώς και τα περισσότερα Παθητικά Ενεργειακά συστήματα Βιοκλιματικού σχεδιασμού, το λογισμικό ΚΕΝΑΚ βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο για να τα υπολογίσει με σαφήνεια.

 Διευκρινήσεις για την μελέτη ενεργειακής απόδοσης  
[http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC\\_WORK/GR\\_ENERGEIAS/kenak/EGYKLIOS%20ΥΠΕΚΑ.pdf](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/EGYKLIOS%20ΥΠΕΚΑ.pdf)

 Διευκρινήσεις για την ορθή εφαρμογή του κανονισμού ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων (Δεκέμβριος 2010)

[http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC\\_WORK/GR\\_ENERGEIAS/kenak/Egyklios%202279%2022\\_12\\_2010\\_0.pdf](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/Egyklios%202279%2022_12_2010_0.pdf)

⚡ Διευκρινήσεις στην εφαρμογή του κανονισμού ενεργειακής απόδοσης (Ιούνιος 2012)

[http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC\\_WORK/GR\\_ENERGEIAS/kenak/Egyklios%202021%2014\\_06\\_2012.PDF](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/Egyklios%202021%2014_06_2012.PDF)

⚡ Μέτρα για τη μείωση της Ενεργειακής Κατανάλωσης των Κτιρίων και άλλες διατάξεις , **v. 3661/2008** (ΦΕΚ Α΄ 89, 19 Μαΐου 2008)

<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=yJy1TVyRqoo%3d&tabid=338&language=el-GR>

### 3.4.2.2 Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτιρίων

Η ενεργειακή επιθεώρηση των κτιρίων είναι μια διαδικασία η οποία επιβάλλεται από την ισχύουσα νομοθεσία και γίνεται από τους επιθεωρητές ενέργειας κτιρίων , με σκοπό την μελέτη στις ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου και τελικά την έκδοση του αντίστοιχου πιστοποιητικού Π.Ε.Α (πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης).

Αθήνα, Ιανουάριος 2011

ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΕΩΝ:

#### 1. Νόμος 3661/2008

«Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α΄ 89).

Ενσωματώνει στο εθνικό μας δίκαιο την Οδηγία 2002/91/ ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 16ης Δεκεμβρίου 2002, για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (ΕΕ L1/4-1-2003). Πεδίο Εφαρμογής αποτελούν τα κτίρια του τριτογενούς τομέα καθώς και τα κτίρια κατοικίας.

Βασικότερες ρυθμίσεις:

- Θέσπιση ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης για όλα τα νέα κτίρια και τα υφιστάμενα άνω των 1000 m<sup>2</sup> που ανακαινίζονται ριζικά και υποχρέωση εκπόνησης μελέτης ενεργειακής απόδοσης.
- Έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης (Π.Ε.Α.) κτιρίου για όλα τα νέα και τα ριζικά ανακαινιζόμενα καθώς και σε περίπτωση αγοραπωλησίας, μίσθωσης ή μεταβίβασης υφισταμένων.
- Τακτική Επιθεώρηση Λεβήτων, Εγκαταστάσεων Θέρμανση, Ψύξης Και Κλιματισμού.

#### 2. Νόμος 3851/2010

**«Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος , Ενέργειας και Κλιματικής αλλαγής» (ΦΕΚ Α΄ 85).**

Με το άρθρο 10 τροποποιούνται ρυθμίσεις του Ν 3661/2008. Βασικότερη τροποποίηση αποτελεί η κατάργηση του ορίου των 1000m<sup>2</sup> των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης υφιστάμενων κτιρίων που ανακαινίζονται ριζικά. Επίσης προστίθεται η υποχρέωση κάλυψης του 60% των αναγκών για ζεστό νερό χρήσης (ZNX) από ηλιοθερμικά συστήματα , καθώς και η πρόβλεψη για κτίρια σχεδόν <<μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης>>.

#### 3. Προεδρικό διάταγμα 100/2010

**«Ενεργειακοί επιθεωρητές κτιρίων ,λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού» (ΦΕΚ Α΄ 177).**

Προβλέπονται θέματα που σχετίζονται με τα απαιτούμενα προσόντα των Ενεργειακών Επιθεωρητών , τη διαδικασία εγγραφής στα σχετικά μητρώα , τις αμοιβές τους και τις κυρώσεις σε περίπτωση παραβάσεων.

4. Προεδρικό διάταγμα 72/2010

**«Συγκρότηση διοικητική-οργανωτική δομή και στελέχωση της Ειδικής Υπηρεσίας Επιθεωρητών Ενέργειας (Ε.Υ.ΕΠ.ΕΝ.) » (ΦΕΚ Α΄132).**

Συγκροτείται η δημόσια υπηρεσία ελέγχου του έργου των Ενεργειακών Επιθεωρήσεων.

5.Κοινή υπουργική απόφαση αριθμ. Δ6/οικ.5825/2010

**«Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.ΕΝ.ΑΚ) » (ΦΕΚ Β΄ 407)**

Βασικότερες ρυθμίσεις:

- Ορίζεται μεθοδολογία υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης κτιρίων.
- Καθορίζονται ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση και κατηγορίες για την ενεργειακή κατάταξη των κτιρίων.
- Καθορίζονται οι ελάχιστες προδιαγραφές για τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό , τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους και οι προδιαγραφές των Η/Μ εγκαταστάσεων των υπο μελέτη νέων κτιρίων καθώς και των ριζικά ανακαινιζόμενων.
- Ορίζεται το περιεχόμενο της μελέτης ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου , καθώς και τα στοιχεία που αυτό θα περιλαμβάνει.
- Καθορίζεται η διαδικασία των ενεργειακών επιθεωρήσεων των κτιρίων , καθώς και η διαδικασία των επιθεωρήσεων λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού.

6.Υπουργική Απόφαση αριθμ.οικ. 1718/2010

**«Έγκριση και εφαρμογή των Τεχνικών Οδηγιών ΤΕΕ για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων » (ΦΕΚ Β΄ 1387)**

Για την πλήρη εφαρμογή του Κ.ΕΝ.ΑΚ εγκρίνονται και ορίζονται υποχρεωτικές οι παρακάτω Τεχνικές Οδηγίες (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.)

- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010:

**«Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης».**

Η οδηγία αυτή καθοδηγεί τον επιθεωρητή για την επιλογή των κατάλληλων παραμέτρων και δεδομένων που θα χρησιμοποιήσει για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010

**«Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης»**

οδηγία καθορίζονται οι εθνικές προδιαγραφές για όλες τις παραμέτρους που απαιτούνται για την εφαρμογή της μεθοδολογίας υπολογισμών της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, όπως αυτή ορίζεται στον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων - Κ.Εν.Α.Κ. (Φ.Ε.Κ. 407/9.4.2010

- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010:

**«Θερμοφυσικές Ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων»**

Η οδηγία αυτή καθοδηγεί τον επιθεωρητή για τον υπολογισμό των θερμοφυσικών ιδιοτήτων των δομικών υλικών και στοιχείων του εξωτερικού κτιριακού κελύφους (τοίχοι , οροφές , κουφώματα κ.λπ.).

- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010:

**«Κλιματικά δεδομένα Ελληνικών περιοχών»**

Η οδηγία αυτή περιλαμβάνει τα κλιματικά δεδομένα (συνθήκες σχεδιασμού) για την διαστασιολόγηση των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων ενός κτιρίου , καθώς και τα κλιματικά δεδομένα (θερμοκρασία , υγρασία , ηλιακή ακτινοβολία κ.λπ.) για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-4/2010

**«Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων , λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού»**

Η οδηγία αυτή καθοδηγεί τον επιθεωρητή για την συλλογή των απαραίτητων δεδομένων και παραμέτρων κατά την ενεργειακή επιθεώρηση του κτιρίου καθώς και των εγκαταστάσεων θέρμανσης , ψύξης και κλιματισμού. Δίνονται αναλυτικά τα έντυπα επιθεωρήσεων και επεξηγήσεις για την συμπλήρωσή τους.

- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-5/2012

**«συμπαγωγή ηλεκτρισμού, θερμότητας & ψύξης: εγκαταστάσεις σε κτίρια »**

Ο σκοπός της παρούσας Τεχνικής Οδηγίας είναι ο καθορισμός των τεχνικών κανόνων που θα εξασφαλίζουν τα παραπάνω, καθώς και οι ειδικότερες απαιτήσεις για τη διασύνδεση του συστήματος ΣΗΘ με το Δίκτυο ή το Σύστημα (π.χ. με τον εξοπλισμό ζεύξης και προστασίας των εγκαταστάσεων των συστημάτων ΣΗΘ) και τα δίκτυα παροχής καυσίμου.

### **3.4.2.3. Διαδικασία Ενεργειακής Επιθεώρησης του κτιρίου**

Υπάρχει συγκεκριμένη διαδικασία που ακολουθείται για την επιθεώρηση ενός κτιρίου κατά το άρθρο 15 και αποτελείται από τα παρακάτω στάδια (επιγραμματικά):

1. *Ανάθεση Ενεργειακής Επιθεώρησης*, (η ανάθεση γίνεται από τον ιδιοκτήτη του κτιρίου κατόπιν πρόσκλησης από τον ενεργειακό επιθεωρητή)
2. *Ηλεκτρονική Απόδοση Αριθμού Πρωτοκόλλου*, (στην ιστοσελίδα της Ειδικής Υπηρεσίας Επιθεωρητών Ενέργειας του Υπουργείου περιβάλλοντος και κλιματικής αλλαγής ( [www.buildingcert.gr](http://www.buildingcert.gr) ) καταχωρούνται τα στοιχεία του ακινήτου που πρόκειται να επιθεωρηθεί και λαμβάνει ηλεκτρονικά έναν αριθμό πρωτοκόλλου)
3. *Προετοιμασία Ενεργειακής Επιθεώρησης – συλλογή στοιχείων κτιρίου* σε αυτό το στάδιο συλλέγονται τα στοιχεία για το κέλυφος του κτιρίου (π.χ μελέτες και αρχιτεκτονικά σχέδια, σχέδια Η/Μ εγκαταστάσεων, λογαριασμοί ρεύματος κ.α)
4. *Επιθεώρηση κτιρίου* (τα στοιχεία που συλλέγονται στο προηγούμενο στάδιο παρουσιάζονται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-4/2010.)

5. *Υπολογισμοί και ανάλυση αποτελεσμάτων*, (στο στάδιο αυτό το τελικό είναι απαραίτητο το λογισμικό ΤΕΕ-Κ.ΕΝ.ΑΚ, το οποίο ενσωματώνει τη μεθοδολογία που αναπτύσσεται στον Κ.ΕΝ.ΑΚ. και τις σχετικές Τ.Ο.Τ.Ε.Ε και διατίθεται από το τεχνικό επιμελητήριο μέσω της ηλεκτρονικής διεύθυνσης: [http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC\\_WORK/GR\\_ENERGEIAS/kenak/tee\\_kenak](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/tee_kenak).) έπειτα από την εισαγωγή των δεδομένων στο λογισμικό προσδιορίζεται η ενεργειακή κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (KWh/m<sup>2</sup>).
6. *Έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου (Π.Ε.Α)*

\*ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Ο κτιριακός τομέας αντιπροσωπεύει το 40 % της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ). Επομένως, η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας σε αυτόν τον τομέα αποτελεί προτεραιότητα στο πλαίσιο των στόχων «20-20-20» για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (δηλαδή η συμφωνία για μείωση της εκπομπής των ρύπων να φτάσει στο 20% έως το 2020). Η παρούσα οδηγία εκφράζει αυτή ακριβώς τη βούληση, προτείνοντας γραμμές δράσης για τα κράτη μέλη όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων

#### A. Στοιχεία που προσκομίζονται για την επιθεώρηση του κτιρίου

Τα απαραίτητα έγγραφα που πρέπει να συλλέξει ο ιδιοκτήτης ενός κτιρίου υπό επιθεώρηση είναι :

- Μελέτες ,σχέδια και δεδομένα για τις εγκαταστάσεις του κτιρίου
- Τυχόν διαθέσιμες μετρήσεις μέσω συστημάτων ελέγχου (π.χ καταναλώσεις ενέργειας ανά χρήση)
- Δεδομένα για τις διαδικασίες συντήρησης και ελέγχου των κτιριακών και ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων , καθώς και η συχνότητα διενέργειας τους (σχετικά φύλλα ελέγχου)
- Η διατύπωση των αναγκών ή επιθυμιών του ιδιοκτήτη / διαχειριστή σχετικών με τη λειτουργία του κτιρίου με στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης
- Σχέδια ανακαίνισης ή επέκτασης των κτιριακών εγκαταστάσεων περιλαμβανομένης και της εγκατάστασης συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας , συμπαραγωγής υψηλής απόδοσης

#### B. Επεξεργασία δεδομένου κτιρίου και συμπλήρωση εντύπου ενεργειακής επιθεώρησης

Τα κύρια βήματα για την συμπλήρωση του εντύπου ενεργειακής επιθεώρησης είναι:

1. Ο διαχωρισμός του κτιρίου σε ζώνες
2. Ο προσδιορισμός των εσωτερικών συνθηκών του κτιρίου ή και των θερμικών ζωνών του όπως θερμοκρασία , υγρασία , αερισμός κ.α
3. Ο προσδιορισμός των εσωτερικών κερδών (άτομα , μηχανήματα , συσκευές), ανάλογα την χρήση του κτιρίου ή της θερμικής ζώνης
4. Η καταγραφή ή αποτύπωση της γεωμετρίας του κτιρίου (επαλήθευση σχεδίων)
5. Η καταγραφή της ποιότητας κατασκευής και των θερμοφυσικών ιδιοτήτων και τεχνικών χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων του κτιρίου διαφανών και αδιαφανών
6. Ο προσδιορισμός της αεροστεγανότητας των ανοιγμάτων , ανάλογα με τον τύπο των ανοιγμάτων που διαθέτει το κτίριο

7. Η καταγραφή των συστημάτων και των δομικών στοιχείων σκιασμού (ηλιοπροστασία) καθώς και της μορφολογίας και τεχνητών εμποδίων του περιβάλλοντα χώρου
8. Η καταγραφή του συστήματος θέρμανσης κτιρίου
9. Η καταγραφή του συστήματος ψύξης
10. Η καταγραφή του συστήματος μηχανικού αερισμού
11. Η καταγραφή του συστήματος ύγρανσης
12. Η καταγραφή του συστήματος παραγωγής ζεστού νερού χρήσης
13. Η καταγραφή του συστήματος φωτισμού
14. Η καταγραφή διατάξεων αυτόματου ελέγχου και διαχείρισης ενέργειας του κτιρίου (BEMS)
15. Η καταγραφή του συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (π.χ. ηλιοθερμικά συστήματα, φωτοβολταϊκά) τα οποία μπορεί και να είναι συμπληρωματικά συστήματα για την θέρμανση ,ψύξη και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης του κτιρίου
16. Η καταγραφή συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) , τα οποία μπορεί και να είναι συμπληρωματικά ή και συστήματα για την θέρμανση , ψύξη και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης του κτιρίου
17. Η καταγραφή των προγραμματισμένων και μη επεμβάσεων που πρέπει να γίνουν στο κτίριο για την ενεργειακή του αναβάθμιση.

#### Διαχωρισμός του κτιρίου σε θερμικές ζώνες

Οι θερμικές ζώνες είναι χώροι με παρόμοια χρήση και ίδιες συνθήκες λειτουργίας. Ο καθορισμός ανεξάρτητων θερμικών ζωνών σύμφωνα με τον Κ.ΕΝ.ΑΚ ( ΦΕΚ 407/9.4.2010, το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790:2009) εφαρμόζεται στις εξής περιπτώσεις:

1. Η επιθυμητή θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων διαφέρει περισσότερο από 4 Κ (4°C) σε σχέση με τα άλλα τμήματα του κτιρίου κατά τη χειμερινή ή και τη θερινή περίοδο
2. Υπάρχουν χώροι με διαφορετική χρήση και προφίλ λειτουργίας .
3. Υπάρχουν χώροι στο κτίριο , που εξυπηρετούνται από διαφορετικά συστήματα θέρμανσης ή και ψύξης ή κλιματισμού
4. Υπάρχουν χώροι που καλύπτονται από ενιαίο σύστημα μηχανικού αερισμού , των οποίων η επιφάνεια είναι μικρότερη από το 80% της συνολικής επιφάνειας του κτιρίου.

#### ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΖΩΝΩΝ:

1. Ο καθορισμός του μικρότερου δυνατού αριθμού θερμικών ζωνών , στο κτίριο για ευκολία και συντομία στην εκπόνηση της μελέτης
2. Καθορισμός των θερμικών ζωνών από τον επιθεωρητή
3. Επιφάνεια θερμικής ζώνης μικρότερη από 10% της συνολικής επιφάνειας άλλων ζωνών με παρόμοιες συνθήκες να κατανέμεται σε αυτές τις ζώνες.

#### Συνθήκες λειτουργίας

Οι πραγματικές συνθήκες λειτουργίας ενός κτιρίου μπορεί να διαφέρουν κατά περίπτωση , ανάλογα με την χρήση ή τους χρήστες του κτιρίου (π.χ. αν το κτίριο είναι νοσοκομείο). Οι συνθήκες λοιπόν λειτουργίας του κτιρίου ή θερμικής ζώνης που επηρεάζουν την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου είναι οι εξής:

1. Η χρονική περίοδος και ωράριο λειτουργίας κτιρίου
2. Η επιθυμητή θερμοκρασία του χώρου για την θερινή και χειμερινή περίοδο
3. Η επιθυμητή υγρασία του χώρου για την θερινή και χειμερινή περίοδο
4. Ο απαιτούμενος νωπός αέρας του χώρου
5. Η στάθμη του γενικού φωτισμού του χώρου
6. Η τυπική κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης ανά τύπο κτιρίου

### Εσωτερικά θερμικά κέρδη

Τα εσωτερικά θερμικά κέρδη είναι επίσης ένα από τα στοιχεία που λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου και είναι τα εξής:

1. Η εκλυόμενη ενέργεια από τα ηλεκτρικά συστήματα φωτισμού (αισθητή θερμότητα)
2. Η έκλυση θερμότητας από τους ανθρώπους (αισθητή και λανθάνουσα)
3. Ο ηλεκτρικός εξοπλισμός και οι συσκευές του κτιρίου της θερμικής ζώνης

### Γ. Απαιτούμενες επεμβάσεις –προτάσεις

Εφόσον ολοκληρωθεί η ενεργειακή επιθεώρηση του κτιρίου από το αρμόδιο πρόσωπο και έχοντας πλέον ολοκληρωμένη εικόνα για την πραγματική κατάσταση του κτιρίου, πρέπει να προσδιορίσει ποιες είναι οι πιθανές επεμβάσεις για την μείωση της απαιτούμενης κατανάλωσης ενέργειας και κατά συνέπεια τη μείωση των εκλυόμενων ρύπων CO<sub>2</sub>. Με τη χρήση του λογισμικού , θα εκτιμήσει την υφιστάμενη ενεργειακή κατάσταση κτιρίου και θα κάνει την απαραίτητη αξιολόγηση με την εφαρμογή διαφόρων σεναρίων ενεργειακής αναβάθμισης , με την διαθέσιμη τεχνολογία.

### Δ. Έκδοση Π.Ε.Α (πιστοποιητικό απόδοσης ενέργειας)

Η έκδοση του εν λόγω πιστοποιητικού αποτελεί το τελευταίο στάδιο του έλεγχου και είναι υποχρεωτική κατά τον Κ.ΕΝ.ΑΚ για όλα τα νέα ή ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια καθώς και για τα υφιστάμενα κτίρια σε περίπτωση αγοραπωλησίας , μίσθωσης.

Τα αποτελέσματα παραδίδονται σφραγισμένα και υπογεγραμμένα σε αντίγραφο στον εκάστοτε ιδιοκτήτη και ισχύει για 10 χρόνια ( εκτός αν πρόκειται να γίνει ριζική ανακαίνιση πριν την δεκαετία , όπου και βγαίνει καινούργιο Π.Ε.Α)

Σε περίπτωση που δεν τηρούνται τα προβλεπόμενα της μελέτης της απόδοσης δίνεται προθεσμία ενός έτους να εφαρμοστούν τα μέτρα βελτίωσης της απόδοσης του κτιρίου.



\*Όλα τα στοιχεία σχετικά με τις ενεργειακές επιθεωρήσεις αναλυτικά στο ακόλουθο σύνδεσμο:

[http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC\\_WORK/GR\\_ENERGEIAS/kenak/guide%20energiakis%20epitheorisis.pdf](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/guide%20energiakis%20epitheorisis.pdf)

#### ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ

Το διαδικαστικό μέρος των επιθεωρήσεων πραγματοποιείται από ειδικευμένα πρόσωπα τα οποία ακολουθούν τις τεχνικές οδηγίες (ΤΟΤΕΕ) , έτσι όπως προκύπτουν από τον " τεχνικό σύμβουλο " της πολιτείας το Τεχνικό Επιμελητήριο.

Οι επιθεωρητές λαμβάνουν την κατάλληλη εκπαίδευση , για να μπορούν να πραγματοποιούν τις απαραίτητες διαδικασίες ελέγχου και να παρέχουν τα πιστοποιητικά απόδοσης ενέργειας , καθώς θα έχουν την δυνατότητα να προτείνουν επεμβάσεις για την καλύτερη απόδοση κτιρίου.

Ακόμη μέσω των ελέγχων μπορούν να εκτιμήσουν κατά πόσο οι ιδιοκτήτες ακολουθούν τις οδηγίες για ενεργειακή βελτίωση και σε περίπτωση παράβασης των νομοθεσιών , οι ελεγκτές παραπέμπουν τους ιδιοκτήτες στις αρμόδιες αρχές όπου και τους επιβάλλεται πρόστιμο ανάλογα με το είδος της παράβασης που παρατηρείται.

#### 3.4.3. Ανακύκλωση οικοδομικών υλικών



Οικοδομικά υλικά που προορίζονται για ανακύκλωση

<http://news.kathimerini.gr/archive-editions/article/oiko/2009/10/1289992.html>

#### ΕΙΣΑΓΩΓΗ:

Εναλλακτική διαχείριση των προϊόντων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις προβλέπεται πλέον με εγκύκλιο του υπουργείου Περιβάλλοντος σε μια προσπάθεια να περιοριστεί το φαινόμενο των «χωματερών» στο χώρο ανέγερσης οικοδομών.

Πιο συγκεκριμένα, βάσει της εγκυκλίου δημιουργείται το κατάλληλο θεσμικό πλαίσιο, ώστε τα απόβλητα των ιδιωτικών και δημόσιων έργων να οδηγούνται στην ανακύκλωση και στην επανάχρηση.

Η διαχείριση και αποκομιδή των μπαζών θα αποτελεί συστατικό στοιχείο της οικοδομικής άδειας.

**Την αρμοδιότητα για την παρακολούθηση της εφαρμογής του νέου συστήματος εναλλακτικής διαχείρισης θα έχει ο Εθνικός Οργανισμός Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων.**

**Στην Ελλάδα, σύμφωνα με κοινοτικές οδηγίες, θα έπρεπε έως το τέλος του 2012 να ανακυκλώνεται το 30% των παραγόμενων ποσοτήτων από τα οικοδομικά υλικά. Το 2015 θα αυξηθεί στο 50% και στο τέλος του 2020 θα φτάσει το 70%.**

**\*ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Σύμφωνα με την εγκύκλιο, μέχρι την 1η Ιανουαρίου 2014 η ανακύκλωση θα είναι αναγκαστική για όλη τη χώρα.**

#### **A. ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΧΕΤΙΚΟ ΜΕ ΤΗΝ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΔΟΜΗ**

Η κοινή υπουργική απόφαση (που υπεγράφη από την κ. Τίνα Μπιρμπίλη και έχει υπογραφεί και από την ομόλογό της, κ. Λούκα Κατσέλη) «μέτρα, όροι και πρόγραμμα για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις» δημιούργησε ένα ολόκληρο πλαίσιο για τη διαχείριση μπαζών και κάθε είδους αποβλήτων που προκύπτουν από την κατασκευή ενός έργου. Στόχος του πλαισίου ήταν να ανακυκλώνεται και επαναχρησιμοποιείται το 30% των μπαζών έως το 2012 (στόχος μάλλον ανέφικτος), το 50% έως το 2015 και το 70% έως το 2020, ενώ στα λατομεία και σε αναπλάσεις θα καταλήγουν μόνο όσα υλικά δεν μπορούν να αξιοποιηθούν. Το πλαίσιο αφορά μόνο τα «κοινά» υλικά (λ.χ. πέτρα, γυαλί, τούβλο, σίδηρο, ατσάλι) και όχι τα επικίνδυνα απόβλητα (λ.χ. αμιάντος) για τα οποία θα πρέπει να τηρείται η ειδική διαδικασία.

#### *ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ:*

1. Θα δημιουργηθούν εταιρείες (οι οποίες θα ονομάζονται «συστήματα ανακύκλωσης») στον ευρύτερο κλάδο των κατασκευών, οι οποίες θα αναλαμβάνουν τη συλλογή, ανακύκλωση ή επαναχρησιμοποίηση των μπαζών και λοιπών υλικών. Οι εταιρείες αυτές θα πρέπει να πληρούν συγκεκριμένες προδιαγραφές και για τον λόγο αυτό θα αδειοδοτούνται από το κράτος (και συγκεκριμένα από τον Εθνικό Οργανισμό Εναλλακτικής Διαχείρισης Συσκευασιών και Άλλων Προϊόντων - ΕΟΕΔΣΑΠ, που ιδρύθηκε πρόσφατα και η σύνθεσή του ανακοινώθηκε χθες).
2. Κατά τον σχεδιασμό ενός έργου, ο κατασκευαστής θα πρέπει φθάνοντας στην πολεοδομία (ή όποια άλλη υπηρεσία αδειοδοτεί το έργο) να υποβάλει μαζί με τα υπόλοιπα δικαιολογητικά ένα φάκελο που θα περιλαμβάνει την εκτίμησή του για:
  - Τις ποσότητες μπαζών ή υλικών εκσκαφών που θα παραχθούν (ανά κατηγορία υλικών).
  - Την ποσότητα και τον τύπο των υλικών που μπορεί να επαναχρησιμοποιήσει ο ίδιος κατά την κατασκευή.
  - Την ποσότητα των υλικών που θα οδηγηθούν για ανακύκλωση ή αξιοποίηση.
  - Την ποσότητα των υλικών που θα οδηγηθούν στους ΧΥΤΑ.

Ταυτόχρονα ο κατασκευαστής θα πρέπει να αποδείξει ότι έχει συμβληθεί με εταιρία η οποία ασχολείται με την ανακύκλωση/ επαναχρησιμοποίηση μπαζών.

4. Με την κατάθεση των στοιχείων, ο κατασκευαστής θα υποβάλλει εγγυητική επιστολή (από τράπεζα ή το Ταμείο Παρακαταθηκών και Δανείων). Η εγγυητική θα αντιστοιχεί στο 0,2% επί του συνολικού προϋπολογισμού του έργου για εργασίες εκσκαφών και στο 0,5% του συνολικού προϋπολογισμού του έργου για κατασκευές και κατεδαφίσεις. Μέσα σε ένα μήνα από την ολοκλήρωση του έργου, ο κατασκευαστής θα παίρνει βεβαίωση από την εταιρία με την οποία είχε συμβληθεί, ότι διαχειρίστηκε ως όφειλε τα μπάζα και στη συνέχεια (μέσα σε 10 μέρες) θα του επιστρέφεται η εγγυητική επιστολή. Με τον τρόπο αυτό το υπουργείο προσπαθεί να περιορίσει τις «διαρροές» που θα γίνουν, ειδικά το πρώτο διάστημα.

### **3.4.3.1 Μέτρα, όροι και προγράμματα για την εναλλακτική διαχείριση των αποβλήτων από εκσκαφές, κατασκευές και κατεδαφίσεις (ΑΕΚΚ).....**

**(Φ.Ε.Κ) ΤΕΥΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ Αρ.Φύλλου 1312**

**24 Αυγούστου 2010**

#### **Άρθρο 1 (Σκοπός)**

Με τη παρούσα απόφαση αποσκοπείται η εφαρμογή της παραγράφου 4 του άρθρου 17 του ν. 2939/2001, όπως τροποποιήθηκε με την παράγραφο 2 του άρθρου 5 του ν.3854/2010, καθώς των άρθρων 16, 17, 18,19,20,21 και 24 του ν. 2939/2001, όπως ισχύουν, ώστε με την κατά προτεραιότητα πρόληψη δημιουργίας αποβλήτων από οικοδομικές εργασίες, έργα τεχνικών υποδομών, εκσκαφές, φυσικές και πάσης φύσεως καταστροφές και επιπροσθέτως την επαναχρησιμοποίηση, την ανακύκλωση και τις άλλες μορφές αξιοποίησης, να μειώνεται η ποσότητα και η επικινδυνότητα των προς διάθεση αποβλήτων σύμφωνα με τους στόχους και τις γενικές αρχές του Ν. 2939/2001 (άρθρα 1 και 4), καθώς και να βελτιώνεται η περιβαλλοντική επίδοση όλων των οικονομικών παραγόντων που συμμετέχουν σε οικοδομικές εργασίες και τεχνικά έργα και κυρίως των φορέων που συμμετέχουν άμεσα στη διαχείριση των υλικών αυτών.

✚ Αναλυτικά όλο το τεύχος στο [http://www.elinyae.gr/el/lib\\_file\\_upload/1312b\\_10.1284372146734.pdf](http://www.elinyae.gr/el/lib_file_upload/1312b_10.1284372146734.pdf)

#### **ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ**

Η ανακύκλωση των οικοδομικών υλικών είναι απαραίτητη και επίσημα μέσω νομοθετικού πλαισίου. Λαμβάνεται πλέον υπόψη η Ανάλυση του Κύκλου Ζωής του κτιρίου για τα υλικά του, τον εξοπλισμό του, τη λειτουργία του και την κατεδάφισή του.

Τα κατασκευαστικά υλικά θα πρέπει να αξιοποιούνται με τρόπο που να διευκολύνεται η αποξήλωση τους, είναι εφικτή η επαναχρησιμοποίησή τους και να μπορούν να ανακυκλωθούν πλήρως.

Στόχος η ανακύκλωση υλικών να ξεπεράσει το 75% και να φτάσει μέχρι και το 90%.

Φυσικά για τη λειτουργία της ανακύκλωσης βασική προϋπόθεση είναι η δημιουργία πιστοποιημένων μονάδων διαχείρισης.

Μέσα από το κεφάλαιο αυτό περιγράφονται τα οικοδομικά υλικά που δύνανται να ανακυκλωθούν αλλά και η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησής τους, όπως και οι υποχρεώσεις των κατασκευαστών στον τομέα της οικοδομής σε συνεργασία με την ανακύκλωση.

### 3.4.4 Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τις προσαγές της Ευρώπης η Ελλάδα έχει καταφέρει σημαντική πρόοδο στον τομέα της δόμησης , καθώς οι κατασκευαστές και οι μηχανικοί οφείλουν να δημιουργούν κτίρια σεβόμενοι το ευρύτερο περιβάλλον ,με την λιγότερη κατανάλωση ενέργειας και φυσικά εξασφαλίζοντας την ασφάλεια και την αντοχή των κτιρίων.

Έτσι δημιουργήθηκαν συστήματα εφαρμογής της εξοικονόμησης ενέργειας των σπιτιών ( ή των πράσινων σπιτιών, ή βιοκλιματικών όπως είναι μερικές από τις ονομασίες τους). Επίσης θεσπίστηκε νομοθεσία και προέκυψαν θέσεις εργασίας με εξειδικευμένους στο αντικείμενο επιθεωρητές, ενώ υπάρχει και η δυνατότητα ελέγχου των επιθεωρήσεων και των αποτελεσμάτων τους καθώς και η επιβολή προστίμου σε αυτούς που δεν ακολουθούν τις συστάσεις , που μπορεί να προκύψουν .

Στο θέμα αυτής της εργασίας που είναι η εναλλακτική δόμηση, φαίνεται πως η νομοθεσία δεν καλύπτει αυτού του είδους των κατασκευών , τόσο στην Ελλάδα όσο και σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες.

Συγκεκριμένα δεν μπορεί να υπάρξει τοιχοποιία από cob ή άχυρο ή γαιόσακους κ.λ.π, εφόσον ακόμη δεν μπορεί να αποδειχτεί η στατικότητα τους.

Ευτυχώς δεν υπάρχει, πρόβλημα στην έκδοση οικοδομικής άδειας στην περίπτωση που υπάρχει άλλη κατασκευή (από μπετό, σίδηρο ή ξύλο) που θα φέρει τα φορτία. Σε αυτή την περίπτωση ο πηλός, το άχυρο κλπ, θα χρησιμοποιείται σαν μέσο πλήρωσης των τοίχων.

Έχουν ήδη αδειοδοτηθεί πολλές κατοικίες με αυτό τον τρόπο ακόμη και με τους καινούργιους ενεργειακούς κανονισμούς.

Το ιδανικό βέβαια θα ήταν να ασχοληθεί η πολιτεία και οι πανεπιστημιακοί φορείς με την στατικότητα του χρώματος για να μπορέσουμε κάποτε να έχουμε και πρότυπα για τα χωμάτινα σπίτια.

---

<sup>1</sup> <http://en.wikipedia.org/wiki/BREEAM>

<sup>2</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Leadership\\_in\\_Energy\\_and\\_Environmental\\_Design](http://en.wikipedia.org/wiki/Leadership_in_Energy_and_Environmental_Design)

<sup>3</sup> <http://ecomargarita.blogspot.gr/2009/06/breem-lead.html>

<sup>4</sup> <http://www.perivallon21.gr>

[<sup>1</sup>] Α.Π.Ε: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

[<sup>2</sup>] Κ.Εν.Α.Κ : Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων.

[<sup>3</sup>] Environmental Assessment Method : Περιβαλλοντική Μέθοδος Αξιολόγησης.

\* B.R.E.E.A.M : (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) , Κτίριο Κέντρο Ερευνών Περιβάλλοντος Μέθοδος Αξιολόγησης.

[<sup>4</sup>] L.E.E.D : (Leadership in Energy and Environmental Design) , Ηγεσία στην Ενεργειακή και Περιβαλλοντική Μελέτη.

[<sup>5</sup>] Πιστοποιητικό Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης : έπειτα από μια σειρά αξιολογήσεων, που αφορά στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις μιας κατασκευής , ακολουθεί ένα πιστοποιητικό με την τελική βαθμολογία που αναγράφει την βαθμίδα επίδοσης του κτιρίου .

<sup>[6]</sup>Πράσινο ταμείο : Το Πράσινο Ταμείο είναι Νομικό Πρόσωπο Δημοσίου Δικαίου που ιδρύθηκε με το νόμο 3889/2010. Αποτελεί συνέχεια του «Ειδικού Ταμείου Εφαρμογής Ρυθμιστικών και Πολεοδομικών Σχεδίων» ΕΤΕΡΠΣ.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

### 4.1. Παραδείγματα κατασκευών με εναλλακτικές μεθόδους δόμησης

Εισαγωγικά



(πηγή: <http://thearchanesproject.com> )

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε παραδείγματα κατασκευών με Εναλλακτικές μεθόδους δόμησης που έχουν γίνει τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα.

Παρατηρούμε μία έντονη δραστηριοποίηση στον τομέα της οικολογικής αρχιτεκτονικής η οποία εκδηλώνεται είτε με τη χρήση υψηλής τεχνολογίας συστημάτων , είτε με μία πιο ήπια προσέγγιση που αφορά σε πρώτο βαθμό τη χρήση οικολογικών υλικών δόμησης.

Αντιλαμβανόμενοι ότι το κτίριο αποτελεί έναν ζωντανό οργανισμό όπου καθένας πρέπει να αναλύει στο σύνολό του, ερευνήσαμε σε προηγούμενα κεφάλαια τις Εναλλακτικές μεθόδους δόμησης, οι οποίες συνθέτουν μία πιο ολοκληρωμένη προσπάθεια έστω και σε πειραματικό επίπεδο, βιώσιμης αρχιτεκτονικής.

Πειραματισμοί , όπως αυτοί που χρησιμοποιούν ως υλικό πλήρωσης το χώμα (rammed earth, cob, Earthbags) ή το άχυρο συναντώνται σε πολλά μέρη του κόσμου.

Επισημαίνουμε ότι ο συγκεκριμένος τρόπος δόμησης αποτελούσε ανέκαθεν πρακτική της παραδοσιακής ελληνικής αρχιτεκτονικής καθώς αυτή βασιζόταν στην χρήση καθαρών - φυσικών υλικών, όπως πέτρας, ξύλου και χώματος και χρησιμοποιούνταν τεχνικές όπως ο τσατμάς και τα πλιθιά.

Η κριτική αποτίμηση των εφαρμογών στην Ελλάδα και στο διεθνή χώρο, εμβαθύνει τον προβληματισμό για τις Εναλλακτικές μεθόδους Δόμησης.<sup>1</sup>

Η διερεύνηση δεν περιορίστηκε μόνο στον εντοπισμό και την εξέτασή των κατασκευών σε θεωρητικό επίπεδο. Επιπλέον ακολούθησε επιτόπου έρευνα και συνέντευξη από ιδιώτες ,μέλη οργανώσεων φυσικής δόμησης , που συμμετείχαν σε κάποια από τα Παραδείγματα κατασκευών που εξετάζουμε όπως στην Αίγινα και τη Κρήτη .

Χαρακτηριστικό είναι πάντως πως κάποιες προσπάθειες έχουν πραγματοποιηθεί κυρίως από ιδιώτες και Οργανώσεις (π.χ. <http://www.piliko.gr> ,<http://www.anelixi.org>, [www.cob.gr](http://www.cob.gr), <http://www.engoe.gr>) που μετά την ολοκλήρωση κάποιων σεμιναρίων κατασκευάστηκαν κάποιες πειραματικές κατοικίες/κέντρα ενημέρωσης όσον αφορά τη Φυσική Δόμηση.

Γεγονός που αποδεικνύει και πάλι ότι η ανάπτυξη των Εναλλακτικών μεθόδων δόμησης είναι ακόμα σε πρωταρχικό στάδιο αλλά κερδίζει σιγά σιγά την εμπιστοσύνη του κοινού καθώς όλο και πιο πολλά άτομα ενημερώνονται ,σύμφωνα με λεγόμενα των μελών οργανώσεων όπου συζητήσαμε μαζί τους.

Ωστόσο κοινό χαρακτηριστικό των προσπαθειών αυτών για μία Οικολογική δόμηση, με την αυστηρή έννοια του όρου, αποτελεί η χρήση χώματος και άχυρου, υλικά τα οποία όπως προέκυψαν από την αξιολόγηση των υλικών, μπορούν να χαρακτηριστούν ως Φιλικά προς το Περιβάλλον με τις λιγότερες επιφυλάξεις.

## 4.2. Αχυρόσπιτο στην Αίγινα

### 4.2.1 Εισαγωγή –Κλιματολογικές Συνθήκες-Μορφολογία- Τοπική Αρχιτεκτονική



ΑΙΓΙΝΑ

(πηγή: [www.saronicmagazine.com](http://www.saronicmagazine.com))

#### A. Εισαγωγή

Στην περιοχή της Αίγινας έχει χτιστεί ένα σπίτι από άχυρο με φέροντα σκελετό από ξύλο και κατοικείται από μια 4μελή οικογένεια. Το σπίτι από αχυρόμαπαλες στην Αίγινα πραγματοποιήθηκε ύστερα από πρόταση του ιδιοκτήτη, για την κατασκευή ενός κτιρίου με ελάχιστη επιβάρυνση ως προς το Περιβάλλον και χαμηλότερο κόστος από μια συμβατική οικοδομή.

Στη συνέχεια θα αναλύσουμε τις παραμέτρους που επηρεάζουν την χρήση φυσικών υλικών όπως είναι το κλίμα, η γεωμορφολογία και η τοπική Αρχιτεκτονική καθώς αλλάζουν από τόπο σε τόπο.

#### B. Κλιματολογικές Συνθήκες

Το κλίμα της Αίγινας είναι μεσογειακό, ξηρό και υγιεινό, με περιορισμένες βροχοπτώσεις, γλυκό τον χειμώνα και δροσερό το καλοκαίρι, γι' αυτό το νησί είναι ιδανικός τόπος ανάρρωσης, παραχείμασης και παραθερισμού.<sup>2</sup>

## Γ. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Η νήσος Αίγινα είναι κυρίως ορεινή, αλλά στο δυτικό μέρος της υπάρχει μία εκτεταμένη πεδιάδα, όπου καλλιεργούνται πρωτίστως φιστίκια, αλλά και αμπέλια, σύκα και αμύγδαλα. Εκεί διέμενε, κατά την αρχαιότητα, το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού. Η ανατολική ακτή είναι απόκρημνη, ενώ στη δυτική παραλία υπάρχουν ο μεγάλος όρμος του Μαραθώνα και το λιμάνι της πρωτεύουσας, η Αίγινα. Το νησί περιβάλλουν βράχια και ύφαλοι, οι οποίοι, κατά το μύθο, τοποθετήθηκαν από τον πρώτο βασιλιά του, τον Αιακό, για να το προστατέψουν από πειρατικές επιδρομές.

Τα ηφαιστειακά κέντρα που εντοπίζονται στον ευρύτερο χώρο του αργοσαρωνικού κόλπου (Σουσακίου, Αίγινας Μεθάνων και Πόρου) αποτελούν το βόρειο-δυτικό τμήμα του ενεργού ηφαιστειακού τόξου του νοτίου Αιγαίου. Η ηφαιστειακή δραστηριότητα ξεκίνησε πριν από τρία εκατομμύρια χρόνια (Ανώτερο Πλειόκαινο) και συνεχίστηκε το Τεταρτογενές μέχρι σήμερα. Η σημερινή μορφολογία της Αίγινας είναι αποτέλεσμα τα

Η Αίγινα αποτελείται από χαμηλούς λόφους, πολλοί από τους οποίους καλύπτονται από πευκοδάση. Το υψηλότερο όρος της είναι το βουνό Όρος, με υψόμετρο 532 μέτρα, το οποίο δεν έχει σπουδαία βλάστηση, εκτός από θάμνους και άλλα χαμηλά φυτά. ης ηφαιστειακής δράσης των Τεταρτογενούς ηλικίας διαρρήξεων.<sup>3</sup>

## Δ.ΤΟΠΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Οι αστικές κατοικίες διακρίνονται σε δύο τύπους : αμιγής κατοικία και κατοικία με κατάστημα στο ισόγειο. Στις περιπτώσεις της αμιγούς κατοικίας, συνήθως με αυλή, περιλαμβάνονται οι κατοικίες νεοκλασικής αρχιτεκτονικής αλλά και ταπεινότερα λαϊκά σπίτια. Τα νεοκλασικά χαρακτηρίζονται από έγχρωμα επιχρίσματα ενώ συχνά το ισόγειο κατασκευάζεται με εμφανή λιθοδομή. Γίνεται δηλαδή συνδυασμός σοβά και ανεπίχριστης πέτρας.

Λόγω των επιφανών πολιτικών και προυχόντων που έζησαν στο νησί, σώζονται αρκετά πολυτελείς κατοικίες μέχρι σήμερα. Το Αιγινήτικο αγροτικό σπίτι στους συνοικισμούς και τα χωριά, συγκροτείται από ένα στενόμακρο παραλληλεπίπεδο πρίσμα, που συνοδεύεται συχνά από άλλα μικρότερα κτίσματα (φουρνόσπιτα, παράσπιτα, αποθήκες, στάβλους, πατητήρια). Έτσι δημιουργείται ένα σχήμα Γ ή Π που περικλείει μια κεντρική αυλή. Το σπίτι είναι ισόγειο ή διώροφο (πατάρι ή κανονικός όροφος).

Στα χωριά και τους μικροσυνοικισμούς, που είναι κτισμένα με το ελεύθερο οικοδομικό σύστημα και τα σπίτια βρίσκονται σε απόσταση μεταξύ τους, επικρατεί η ανοιχτή από τις δύο ή τρεις πλευρές αυλή, ενώ στην πρωτεύουσα, με το κατά πτέρυγες οικοδομικό σύστημα, υπάρχει συνήθως κλειστή αυλή, απομονωμένη με ψηλό τοίχο και προσιτή με αυλόπορτα από τον δρόμο.

Η Αιγινήτικη αρχιτεκτονική έχει επιδράσεις ξένες αλλά και από την προηγούμενη παράδοση. Έχουμε το νησιώτικο λαϊκό σπίτι, το νεοκλασικό σπίτι με την χαρακτηριστική αξονική τοποθέτηση παραθύρων και πορτών και τέλος, το Πελοποννησιακό σπίτι με κεραμίδια και μη αξονική τοποθέτηση. Οι κλιματικές συνθήκες μας δίνουν ανοιχτές αυλές και χαγιάτια. Το υλικό είναι το πουρί, μια πέτρα ζεστή και ευκολοδούλευτη.

Οι αλλοιώσεις στο αρχιτεκτονικό ύφος οφείλονται και στα καινούργια υλικά το τσιμέντο και το μετόν.

Υπάρχουν ακόμη τα χαρακτηριστικά τοξωτά παράθυρα, "τα ανακουφιστικά τόξα" φτιαγμένα με πέτρες-σφήνες και χωρίς ξύλο.

Τα πλούσια χρώματα και τα χρωματιστά ταβάνια, χαρακτηριστικά της Αιγινήτικης αρχιτεκτονικής.<sup>4</sup>



#### 4.2.2 Περιγραφή κατοικίας<sup>5</sup>



Αχυρόσπιτο όπως είναι σήμερα και μετά την ολοκλήρωση των εργασιών (πηγή: Προσωπικό Αρχείο)

Το αχυρόσπιτο έχει εμβαδόν περίπου 120 τ.μ. με ενιαίο χώρο υποδοχής/καθιστικό, χώρο εστίασης, κουζίνα, ξύλινο δάπεδο και τέλος γραφείο. Χαρακτηριστικό του Αχυρόσπιτου είναι ότι διαθέτει τουαλέτα κομπόστ, πατάρι, σοφίτα με ένα από τα 2 υπνοδωμάτια και πέργκολα που είναι τοποθετημένη στη δυτική όψη του σπιτιού.

Για το σχεδιασμό λήφθηκε υπόψη ο προσανατολισμός, η σκίαση, οι άνεμοι και τα υλικά που ήταν διαθέσιμα σε τοπικό επίπεδο. Η ξυλεία που χρησιμοποιήθηκε για το σκελετό ήταν από κυπαρίσσι.

Αξιοσημείωτο είναι ότι για τη κατασκευή της σοφίτας, της πέργκολας και της σκεπαστής στέγης χρειάστηκε η βοήθεια ενός μαραγκού, ο οποίος κατασκευάζει βάρκες, με αποτέλεσμα οι λεπτομέρειες και η όλη αισθητική της σκεπαστής βεράντας, του παταριού και των ζευκτών της στέγης να έχουν την αισθητική των καϊκιών.



Λεπτομέρεια σκεπαστής βεράντας με τα υποστυλώματα –που μοιάζουν με κατάρτια καϊκιών

Κοιτάζοντας τη κατοικία από μακριά ,με τα γήινα της χρώματα ,τη βλέπεις να χάνεται μέσα στο πανέμορφο τοπίο με θέα τις βουνοπλαγιές και τη θάλασσα της Αίγινας.

Ο περιβάλλον χώρος είναι διαμορφωμένος με πετρόχτιστες μάντρες από ντόπιο μάρμαρο. Το σπίτι περιτριγυρίζεται από φυσική ομορφιά δέντρων και λουλουδιών. Σε όποια γωνιά και να κοιτάξεις θα δεις και ένα μικρό έργο τέχνης να διακοσμεί το Αχυρόσπιτο. Είναι ένα στολίδι της φυσικής δόμησης , ένα παράδειγμα προς μίμηση για τις επόμενες γενεές αχυρόσπιτων που θα έρθουν.

#### 4.2.3 Περιγραφή Κατασκευής κ Υλικών δόμησης

Η αρχική ιδέα (έτος 2004) ήταν η κατασκευή ενός μη ενεργοβόρου και φιλικού προς το Περιβάλλον κτιρίου. Αρχικά θα χρησίμευε ως χώρος εργασίας ,στην πορεία όμως δεδομένου ότι εργάστηκαν σκληρά και ήταν ευχαριστημένοι με το αποτέλεσμα, θεώρησαν να κάνουν κάτι παραπάνω από ένα ταπεινό εργαστήριο δηλαδή μία μόνιμη κατοικία. Για την ενημέρωση τους χρησιμοποίησαν το διαδίκτυο ,βιβλία Εναλλακτικής δόμησης καθώς και πραγματοποίηση ταξιδιών στο εξωτερικό έτσι ώστε να γνωρίσουν ιδιοκτήτες αντίστοιχων φυσικών σπιτιών.

Υπήρξαν μεγάλες καθυστερήσεις στην εκκίνηση των εργασιών, λόγω χρονοβόρας διαδικασίας έγκρισης της πολεοδομικής άδειας . Η οικοδομική άδεια εγκρίθηκε τον Ιούνιο του 2005, για ξύλινο φέροντα οργανισμό (αποτελούμενο από δοκάρια και υποστυλώματα), με τις αχυρόμπαλες να έχουν το χαρακτήρα στοιχείου πλήρωσης δημιουργώντας το κέλυφος προστασίας του κτιρίου. Για τη δημιουργία των θεμελίων

χρησιμοποιήθηκε σκυρόδεμα (και πουθενά αλλού στην υπόλοιπη κατασκευή). Έσκαψαν τα ρηχά θεμέλια και έπεσε η πλάκα μπετόν -90cm πεδילוδοκός. Μελετητής/επόπτης του έργου ήταν η αρχιτέκτονας/μηχανικός Τσακανίκα Ελευθερία .

Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ήταν ξυλεία από κυπαρίσσι ,κεραμίδια , αχυρόμπαλες, συλλεγμένο χώμα και ντόπια άμμος .

Η διαδικασία τοποθέτησης του προκατασκευασμένου ξύλινου σκελετού , που αποτελούνταν από τα δοκάρια, τα ανοίγματα και τις συνδέσεις ελαφρών δικτυωμάτων, ξεκίνησε .

Οι διαστάσεις τους ήταν όσο οι αχυρόμπαλες δηλαδή 50 x35 χμήκος.(βλ. κάτω εικόνες)



Ξύλινος προκατασκευασμένος σκελετός, ζευκτά στέγης (πηγή: Προσωπικό Αρχείο ιδιοκτήτη)

Εναρκτήριοι λίθος μετά τα θεμέλια είναι η κατασκευή της *στέγης* έτσι ώστε να υπάρχει προστασία των αχυρόμπαλων από την υγρασία και του εργατικού δυναμικού από τον ήλιο.

Στη πορεία τοποθετήθηκαν τα κεραμίδια και ξεκίνησαν οι εργασίες τοποθέτησης των αχυρόμπαλων ως στοιχεία πλήρωσης. Στο τέλος των εργασιών κάθε μέρας όλα τα δομικά υλικά φυλάσσονταν κάτω από τη στέγη.



Τοποθέτηση κεραμιδιών , γέμισμα αχυρόμπαλων στη τοιχοποιία (πηγή : Προσωπικό αρχείο ιδιοκτήτη)

Τοποθετήθηκαν από τους ιδιοκτήτες οι ηλεκτρικές /υδραυλικές εγκαταστάσεις (βλ. κάτω εικόνες)



Καθώς τα πλαίσια των ανοιγμάτων ήταν προκατασκευασμένα ακολούθησε η πρόσθεση των πορτών και των παραθύρων.



Σε όλη τη κατασκευή τοποθετήθηκαν πισσόχαρτα, έτσι ώστε να ξεκινήσουν οι εργασίες επιχρίσματος εσωτερικά και εξωτερικά του σπιτιού. Για την ταχύτερη απορρόφηση του επιχρίσματος από τις αχυρόμπαλες χρησιμοποιήθηκε κοτετσόσυρμα (αν και ο ιδιοκτήτης μας ενημέρωσε πως θα μπορούσε και να παραληφθεί αυτό το βήμα). Πρόκειται για μία μέθοδο όπου χρησιμοποιείται στις κατασκευές αχυρόσπιτων στην Αμερική κερδίζοντας βέλτιστη θερμομόνωση.



Πισσόχαρτα σε ανοίγματα –πρώτη στρώση σοβά-πεταχτού

Το μίγμα παράχθηκε από 50% άμμο του κτήματος ανακατεμένο με ίση ποσότητα 50% αργιλώδους χώματος του νησιού μαζί με ψιλοκομμένο άχυρο και λινέλαιο ως συνδετικά υλικά. Εσωτερικά και εξωτερικά του κτίσματος προστέθηκε το πρώτο χέρι λάσπης γνωστό και ως τεχνική πεταχτού επιχρίσματος.

Βοηθοί σε όλη τη κατασκευή συμμετείχαν και τα παιδιά του ιδιοκτήτη (βλ. εικόνες ). Στη πορεία προστέθηκε και δεύτερο χέρι. Όταν στέγνωσε περάστηκε και το τελευταίο.



Εσωτερικά και εξωτερικά επιχρίσματα

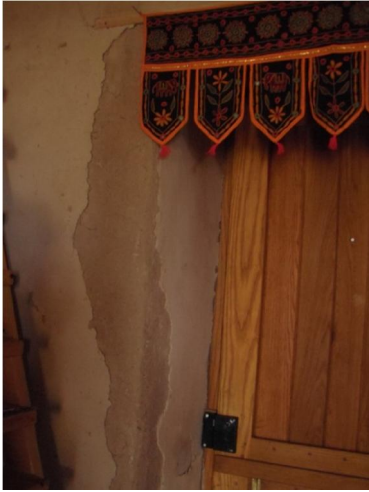
Η διάρκεια υλοποίησης αυτής της κατασκευής ήταν εκτενής και χρονοβόρα. Το μεγαλύτερο μέρος των εργασιών πραγματοποιήθηκε από τους ιδιοκτήτες οι οποίοι απασχολούνταν κυρίως τα σαββατοκύριακα. Για το λόγο αυτό χρειάστηκαν 10-12 μήνες για την ολοκλήρωση της.

Το κόστος παραγωγής είναι αρκετά χαμηλό σε σύγκριση με μια συμβατική κατασκευή. Το κόστος της άδειας ανέγερσης, ανέρχεται αυτό της συμβατικής, καθώς ο ξύλινος φέρων οργανισμός κόστισε περίπου 15000€. Πρέπει να σημειωθεί ότι δεν χρειάστηκε να καταναλωθεί μεγάλη ποσότητα ενέργειας για τη μεταφορά των αχυρόμπαλων, διότι αγοράστηκαν από τοπικό αγρόκτημα(6€/τ.μ). Επίσης η άμμος συγκεντρώθηκε από το κτήμα και το αργιλώδες χώμα ήταν από τη περιοχή του νησιού (μικρό κόστος). Αποκλειστικά και μόνο τα κεραμίδια της σκεπής αγοράστηκαν και μεταφέρθηκαν στο νησί.



Η μέση θερμοκρασία στο εσωτερικό του σπιτιού είναι γύρω στους 20°C καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου ,χωρίς την παραμικρή χρήση μηχανικών μέσων θέρμανσης ή δροσισμού. Όπως παρατηρήθηκε και από μας υπάρχει μια άνεση στο εσωτερικό του σπιτιού, αυτό το καθιστά ευχάριστο και υγιεινό. Οι αχυρόμπαλες αποτελούν ένα *εξαιρετικό μονωτικό υλικό*. Παρέχουν εξοικονόμηση ενέργειας που προσφέρει τόσο θέρμανση όσο και ψύξη. Δεν απαιτούν μεγάλη κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή τους και είναι *απόλυτα φιλικό προς το περιβάλλον*.

Με την πάροδο των επτά χρόνων έχουν υπάρξει ορισμένες μικροφθορές. Μια από αυτές ήταν η πίσω θύρα για διάφορους λόγους όπως οι καιρικές συνθήκες. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να φύγει μέρος του εσωτερικού επιχρίσματος(βλ. εικόνα).



μικροφθορά εσωτερικού τοίχου

Λόγω έντονων βροχοπτώσεων στο νησί , στη δυτική πλευρά του σπιτιού διαβρώθηκε μια στρώση του σοβά. Πρέπει να ελεγχθεί το ποσοστό υγρασίας των αχυρόμπαλων στην πλευρά αυτή, έτσι ώστε να δημιουργηθεί νέο μίγμα σοβά στο εσωτερικό και εξωτερικό της κατασκευής.



φθορές στην εξωτερική τοιχοποιία μετά από έντονες καιρικές συνθήκες –στη δεύτερη εικόνα παρατηρείται το κοτετσόσυρμα με το πισσόχαρτο



#### 4.2.4 Συμπεράσματα



Εν κατακλείδι το Αχυρόσπιτο που χτίστηκε στην Αίγινα θεωρείται από τα πρωτοπόρα κτίσματα φυσικής δόμησης στην Ελλάδα. Ο ιδιοκτήτης έχει κατασκευάσει μια ανθεκτική ,μη ενεργοβόρα και φιλική προς το Περιβάλλον κατασκευή.

Το κόστος υλοποίησης του έργου ανήλθε στο ύψος αυτού μίας συμβατικής κατασκευής, αλλά το μεγαλύτερο μέρος κόστους προερχόταν από τη ξυλεία και από την άδεια ανέγερσης ,διαφορετικά τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν όπως αχυρόμπαλες, άμμος, πηλός, πέτρα είναι φυσικοί πόροι που αφθονούν στη περιοχή.

Η αντοχή των κτισμάτων αυτών σε έντονα καιρικά φαινόμενα είναι δεδομένη, καθώς επιζούν ακόμα και στα πιο δύσκολα μετεωρολογικά γεωγραφικά πλάτη της γης εκατοντάδες χρόνια ( Στην Αγγλία, υπάρχει ανάλογη κατασκευή 500 ετών). Για αυτό καλό θα ήταν για να συντηρείται το σπίτι, ανά διετία να περνιέται σοβάς πρίν αρχίσουν οι πρώτες βροχές.

Στόχος του ιδιοκτήτη ήταν η μη αλλοίωση του φυσικού περιβάλλοντος και η μέγιστη αξιοποίηση του φυσικού αερισμού, φωτισμού (φεγγίτες στη σοφίτα) ,σκιασμού (πέργκολα, δέντρα). Στο εσωτερικό περιβάλλον του σπιτιού υπάρχει μία άνεση καθιστώντας το ευχάριστο και υγιεινό. Το γεγονός ότι το άχυρο είναι αρκετά μονωτικό υλικό εφόσον επιχρισθεί, εξοικονομείται ενέργεια στη θέρμανση και τη ψύξη καθώς η μέση θερμοκρασία στο εσωτερικό του είναι 20 °C.

Για το λόγο αυτό, τα κτίρια που κατασκευάζονται με άχυρο μπορεί να αφήνουν μικρό ή ακόμα και αρνητικό αποτύπωμα άνθρακα.

### 4.3. Σπίτι από πηλό ( cob ) στην Λάρισα

#### 4.3.1 Εισαγωγή –Κλιματολογικές Συνθήκες-Μορφολογία- Τοπική Αρχιτεκτονική

##### A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο οικονομολόγος Κώστας Κοντομάνος(ιδρυτής –υπεύθυνος της ιστοσελίδας [www.cob.gr](http://www.cob.gr) ) ξεκίνησε πριν από μερικά χρόνια να χτίζει σπίτια με την τεχνική κομπ (μιλήσαμε για αυτή αναλυτικά στο υποκεφάλαιο 1.2.5 τεχνικές δόμησης ). Σήμερα θεωρείται ο πρωτοπόρος μιας ιδέας που κερδίζει διαρκώς έδαφος και θέλει τον πηλό, το άχυρο και την άμμο να αποτελούν τα βασικά υλικά για την κατασκευή οικονομικών, περιβαλλοντικά φιλικών, άνετων και βιοκλιματικών σπιτιών.

Στην ενότητα αυτή θα αναφέρουμε μερικά από τα παραδείγματα κατασκευών όπου έχουν γίνει και θα αναλύσουμε διεξοδικά ένα από αυτά. Στη πορεία αναλύονται παράμετροι όπου επηρεάζουν τη χρήση φυσικών δομικών υλικών και αυτά είναι το κλίμα, η γεωμορφολογία και η τοπική αρχιτεκτονική καθώς αλλάζουν από τόπο σε τόπο. <sup>6</sup>

##### B. ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Το κλίμα της Λάρισας έχει τα στοιχεία του ηπειρωτικού κλίματος της πεδινής [Θεσσαλίας](#) με ετήσιες διαφορές μεταξύ μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας άνω των 22 °C. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 15,7 °C βαθμοί κελσίου. Η μέση ετήσια βροχόπτωση στην πόλη κυμαίνεται στα 425 χιλιοστά. <sup>7</sup>

##### Πίνακας κλιματικών στοιχείων Λάρισας <sup>7</sup>

Μήνας	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Μέγιστη Μηνιαία θερμοκρασία (°C)	9.8	12.0	14.7	19.6	25.7	31.0	33.1	32.6	28.4	22.2	15.8	11.1
Ελάχιστη Μηνιαία θερμοκρασία (°C)	0.7	1.3	3.3	6.2	10.9	15.0	17.7	17.3	14.0	10.0	5.8	2.0
Απόλυτα ρεκόρ θερμοκρασίας (°C)	-	-21.6	-	-	-	-	-	45.4	-	-	-	-
Μέση μηνιαία Βροχόπτωση (mm)	32.5	31.7	36.7	33.0	38.2	25.6	19.0	16.4	30.2	52.2	56.9	50.8
Μέση Μηνιαία Υγρασία (%)	79.6	75.1	73.4	68.7	61.6	49.2	46.6	50.0	58.9	70.0	79.5	82.2

## Γ. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Ο Θεσσαλικός χώρος γεωμορφολογικά διαιρείται στις παρακάτω περιοχές :

- Ορεινή Θεσσαλία
- Πεδινή Θεσσαλία
- Θαλάσσια και παράκτια ζώνη
- Νησιά των βορείων Σποράδων ( τα οποία ανήκουν διοικητικά στη Θεσσαλία)

Το έδαφος του νομού Λαρίσης κατανέμεται σε πεδινό κατά 48% , ημιορεινό κατά 25% και ορεινό κατά 27% . Το κυριότερο χαρακτηριστικό της μορφολογίας του νομού είναι το πεδινό έδαφος. Η πεδιάδα της Λάρισας έχει έκταση 589 τ. χλμ και αποτελεί μια από τις μεγαλύτερες πεδιάδες της χώρας , με παχύ εύφορο έδαφος . το υπέδαφος του νομού δεν είναι ιδιαίτερα πλούσιο σε ορυκτά. Υπάρχουν κοιτάσματα μαγγανίου και μαρμάρου στην περιοχή της Λάρισας , χρωμίου και μαγγανίου στην περιοχή των Φαρσάλων , αμιάντου , χρωμίου μαγγανίου και ασβεστόλιθου στην περιοχή της Αγίας. Στα βορειοανατολικά εκτείνεται ο Όλυμπος (2.918μ) και χωρίζεται από τη χαράδρα του χείμαρρου Ξηρόλακου ή Ζηλιάνα σε δυο μεγάλα τμήματα τον Άνω Όλυμπο , στα σύνορα της Μακεδονίας και τον Κάτω Όλυμπο νοτιότερα.

Βασικό υδρογραφικό στοιχείο του νομού Λαρίσης είναι ο Πηνειός ποταμός , ο οποίος μπαίνει στην πεδιάδα της Λάρισας από τα στενά του Καλαμακίου και εκβάλλει στο Αιγαίο στη θέση Τσάγεζι.

Στα ανατολικά όρια του νομού Λαρίσης βρέχει το αιγαίο πέλαγος , δημιουργώντας παραλιακή ζώνη μήκους 60 χλμ περίπου. <sup>8</sup>

## Δ. ΤΟΠΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Στους οικισμούς του νομού Λάρισας αναγνωρίζονται δύο αρχιτεκτονικοί τύποι κατοικιών: *οι παραδοσιακές και οι νεοκλασικές που κάνουν την εμφάνιση τους κατά το τέλος του 19<sup>ου</sup> αιώνα.* 1.Στις *παραδοσιακές κατοικίες* διακρίνονται εύκολα οι επιδράσεις της Ηπειρώτικης και Μακεδονικής αρχιτεκτονικής. Τα σπίτια στις ορεινές περιοχές είναι πέτρινα και διώροφα. Το ισόγειο προορίζεται για τα ζώα, ενώ στον όροφο κατοικεί η οικογένεια. Το τζάκι είναι το κέντρο του σπιτιού και η ζωή περιστρέφεται γύρω από αυτό. Δεξιά και αριστερά του υπάρχουν χτιστά πεζούλια, τα οποία χρησιμοποιούνται ως καθίσματα, αλλά και ως κρεβάτια.

2. Οι νεοκλασικές κατοικίες συγκεντρώνονται κυρίως στη Λάρισα και στην ευρύτερη περιοχή. Τα σπίτια έχουν τετράκλινη στέγη στην πρόσοψη, αέτωμα που την κοσμεί, τα παράθυρα είναι ψηλά και έχουν κάγκελα. Τα δομικά υλικά παραμένουν τα ίδια, δηλαδή οι πλίνθοι. Το εσωτερικό περιλαμβάνει στο ισόγειο τα δωμάτια υποδοχής και την τραπεζαρία, και στον όροφο ή τους ορόφους τα υπνοδωμάτια. Τα ταβάνια των δωματίων και του διαδρόμου είναι ζωγραφισμένα. Στο πίσω μέρος του σπιτιού συνήθως υπήρχε κήπος με κληματαριά.<sup>9</sup>

#### 4.3.2 Περιγραφή Κατοικίας



Το πρώτο σπίτι από κομπ στο Νέσσωνα Λάρισα

(πηγές : <http://steki-elfithexoriou.blogspot.gr/2011/11/www.html>



Εσωτερικοί χώροι του σπιτιού

<http://www.iefimerida.gr/news/>

Η κατασκευή του σπιτιού στο Νέσσωνα οφείλεται σε μια αλληλουχία συγκυριών. Ερευνώντας στο διαδίκτυο για κάποιες φυσικές καλλιεργητικές μεθόδους που χρησιμοποιούν τον πηλό, διαπιστώθηκαν οι δυνατότητες που έχει σαν δομικό υλικό.

Το σπίτι έχει εμβαδόν 25 τ.μ. αν και μικρό είναι εξαιρετικά λειτουργικό. Με ενιαίο χώρο υποδοχής/καθιστικό, χώρο εστίασης, κουζίνα, τουαλέτα ένα υπνοδωμάτιο και υπόγειο κελάρι όπου φυλάσσονται τα τρόφιμα.<sup>11</sup>

Αξίζει να σημειωθεί πως οι κατασκευαστές θέλοντας να κρατήσουν την παραδοσιακή αρχιτεκτονική της περιοχής τοποθέτησαν το τζάκι στο κέντρο του σπιτιού-όπως γινόταν παλιά- έχοντας δεξιά και αριστερά χτιστά πεζούλια, τα οποία χρησιμοποιούνται ως καθίσματα αλλά και ως κρεβάτια.



Το τζάκι στο κέντρο του σπιτιού

Πεζούλι που χρησιμοποιείται ως καθιστικό αλλά και ως κρεβάτι

(πηγή : <http://www.buildings.gr/greek/aiforos/cob/indexcob.htm> )

Τα περισσότερα έπιπλα είναι χτιστά, ενώ ο υπόλοιπος εξοπλισμός είναι προϊόν ανακύκλωσης.

Ο περιβάλλον χώρος είναι περιστοιχισμένος από ξύλινο φράχτη, δέντρα και βλάστηση.

Η είσοδος του σπιτιού βρίσκεται στη δυτική πλευρά. Ο κύριος χώρος όμως βρίσκεται στον νότο και έχει μεγάλα παράθυρα. Αυτό έγινε για να μπαίνει ελεύθερα το φως έτσι ώστε οι τοίχοι του σπιτιού να συγκρατούν τη θερμότητα στο εσωτερικό τους.

Στα ψηλότερα σημεία του σπιτιού που βρίσκονται στο βορρά υπάρχουν ανοίγματα - κενά απ' όπου μπαίνει ανεμπόδιστα φρέσκος αέρας. Αντίστοιχα, από το υπέδαφος έρχεται με αγωγή ζεστός αέρας, ο οποίος, όταν φτάνει κάτω από το σπίτι, παγώνει σε μια υπεδάφια δεξαμενή όπου συλλέγονται τα νερά της βροχής.

Το σπίτι είναι σχεδιασμένο ώστε να καταναλώνει ελάχιστη ηλεκτρική ενέργεια, η οποία παράγεται από τα φωτοβολταϊκά, που βρίσκονται εγκατεστημένα στην οροφή μιας παρακείμενης κατοικίας.<sup>11</sup>

### 4.3.3 Περιγραφή Κατασκευής κ Υλικών δόμησης



Το υπό κατασκευή σπίτι κομπ στο χωριό Νέσσωνα Λάρισας (πηγή : [www.cob.gr](http://www.cob.gr) )

Η ιδέα κατασκευής αγροικίας, χρησιμοποιώντας μια από τις πρώτες μεθόδους κατασκευής, το κομπ (cob),δημιουργήθηκε. Η λέξη κομπ προέρχεται από μια παλιά αγγλική λέξη cob που σημαίνει σβώλος.

Πρόκειται για την πρώτη προσπάθεια δόμησης με την τεχνική κομπ στην Ελλάδα. Στη συγκεκριμένη κατασκευή δεν υπάρχει φέροντας οργανισμός.

Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ήταν χώμα , άχυρο ,πέτρα , ξύλο, φύκια ,εξωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας με περλίτη, μαλλί προβάτου στο δώμα ως θερμομονωτικό υλικό και λινέλαιο.

Αφού οριστεί ο χώρος στον οποίο πρόκειται να πραγματοποιηθεί η εφαρμογή, στήνεται η λίθινη βάση και στη συνέχεια πλάθονται οι σβώλοι μέχρις ότου το κτίριο πάρει την απαιτούμενη μορφή(βλ. διπλανή εικόνα παραδείγματος κατασκευής με τη τεχνική κομπ-πηγή:

<http://www.eleftheria.gr/index.asp?cat=7&aid=19526#.UiUi7H906p8> ).

Οι τοίχοι έχουν πάχος περίπου 50εκ, γεγονός που αυξάνει πολύ τη θερμική μάζα της κατασκευής.

Για να επιτευχθεί η απαραίτητη θερμομόνωση της τοιχοποιίας τοποθετήθηκε εξωτερικά αυτής περλίτης, ενώ στο δώμα χρησιμοποιήθηκε μαλλί προβάτου.



Το δάπεδο έχει κατασκευαστεί και αυτό από χώμα, το οποίο αφού περάστηκε με λινέλαιο για να σκληρύνει στη συνέχεια το επεξεργάστηκαν με κερί.

Σε αντίθεση με την τεχνική δόμησης με πλίνθους και το rammed earth(μεθόδους όπου έχουμε αναλύσει στο πρώτο κεφάλαιο) , η τεχνική κομπ έχει μεγαλύτερη πλαστικότητα και οδηγεί στη διαμόρφωση οργανικών μορφών και σχημάτων δανεισμένα από τη φύση.<sup>1 & 10</sup>



Ολοκλήρωση τοιχοποιίας κομπ και ξύλινης στέγης

(πηγή : [www.cob.gr](http://www.cob.gr))

Για το σχηματισμό των σβώλων (cob) χρησιμοποιούνται τα χέρια και τα πόδια για να σχηματιστούν μάζες πηλού αναμεμιγμένου με άμμο και άχυρο και οι οποίες τοποθετούνται η μία πάνω στην άλλη διαμορφώνοντας έτσι μονολιθικές κατασκευές με μεγάλη σταθερότητα.

Ο χρόνος που χρειάστηκε για να ολοκληρωθεί η κατασκευή ήταν 4 μήνες. Ήταν καθαρά προσωπική εργασία του κ. Κώστα Κοντομάνου και του αστυνομικού κ. Στέλιου Γκαγκάρα. Το κόστος κατασκευής στοίχισε 1.500-2.000 ευρώ.

Όσον αφορά τις περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις, αν το σπίτι κάποτε γκρεμιστεί μόνο η στέγη θα μείνει για να θυμίζει την ανθρώπινη παρέμβαση στη φύση. Είναι το σημαντικότερο λάθος που έγινε στην κατασκευή του σπιτιού και αντικαταστάθηκε με μια φυτεμένη.

Η αξιοποίηση της θερμικής μάζας των τοίχων τους χειμερινούς μήνες συντελεί στη διατήρηση μιας σταθερής ελάχιστης εσωτερικής θερμοκρασίας της τάξης των 14°C, όταν η εξωτερική αγγίζει το μηδέν.

Για την ψύξη του σπιτιού υπάρχουν εισαγωγές αέρα χαμηλά στη βορινή πλευρά και εξαγωγές αντίστοιχα στα ψηλότερα σημεία του σπιτιού. Επειδή δεν έχει χρησιμοποιηθεί τσιμέντο ή άλλα συνθετικά υλικά στην τοιχοποιία το κτίριο αναπνέει και διαπνέει άριστα.

Όσον αφορά τη νομοθεσία αρκεί να αποδειχθεί η στατική επάρκεια ενός τέτοιου κτιρίου, πράγμα πολύ απλό με τη χρήση κάποιου «φέρροντος οργανισμού» από ξύλο, μέταλλο ή μπετόν. Το ίδιο ισχύει και στο εξωτερικό.

Αναμφισβήτητα η ποιότητα ζωής είναι πολύ ανώτερη από ένα συμβατικό σπίτι. Το κτίριο αναπνέει και διαπνέει τέλεια, οι συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας είναι άριστες και μυρίζει υπέροχα(σε αυτό συντελεί και το κερί με το οποίο είναι περασμένο το χωμάτινο πάτωμα).<sup>10 & 11 & 12</sup>

#### 4.3.4 Άλλες κατασκευές<sup>1 & 17</sup>



Δεύτερο επιχείρημα κατασκευής σπιτιών κομπ από την ομάδα [www.cob.gr](http://www.cob.gr) ως Κέντρο πληροφόρησης, Κουτσουπιά

Η τεχνική του κομπ χρησιμοποιήθηκε και σε δύο ακόμη κατασκευές, οι οποίες υλοποιήθηκαν σε συνεργασία με δημοτικούς και τοπικούς φορείς. Για τη δημιουργία του Κέντρου Πληροφόρησης, το οποίο βρίσκεται στην Κουτσουπιά του δήμου Μελιβοίας και χρησιμοποιείται ως τουριστικό περίπτερο. Χρειάστηκαν δεκαπέντε ημέρες και η συνδρομή σαράντα περίπου ανθρώπων για να ολοκληρωθούν τα σπίτια. Είναι κατασκευασμένο σχεδόν εξ ολοκλήρου από φυσικά και τοπικά υλικά.

Στόχος της προσπάθειας είναι να συνδυαστούν οι ανάγκες για εκπαίδευση σε αυτές τις πρακτικές κτισίματος, με την ανέγερση χώρων που μπορούν να προβάλουν την φιλοσοφία της 'πράσινης' δόμησης.





Μουσείο πηλού στη Λέσβο (πηγή: [www.cob.gr](http://www.cob.gr) )

Ως τρίτο παράδειγμα αξίζει να αναφέρουμε το Μουσείο πηλού που βρίσκεται στη Λέσβο.

Με πρωτοβουλία πολιτιστικών οργανώσεων του νησιού και σε συνεργασία με τον δήμο του Μανταμάδο πραγματοποιήθηκε η κατασκευή του Μουσείου . Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ήταν χώμα, άχυρο ,πέτρα, ξύλο τα οποία βρίσκονταν διαθέσιμα στη περιοχή.

Για τη δημιουργία του χρειάστηκαν δεκαπέντε μέρες οκτάωρης κατά μέσο όρο ημερήσιας χειρωνακτικής εργασίας.

Σκοπός της κατασκευής αυτής είναι να βοηθήσει να μεταφερθούν "ξεχασμένες" γνώσεις και πρακτικές στις επόμενες γενιές.

Το σπίτι αυτό διακρίθηκε παγκόσμια ανάμεσα στα δέκα καλύτερα μικρά φυσικά σπίτια από το site [www.naturalhomes.org](http://www.naturalhomes.org) .

#### 4.3.5 Συμπεράσματα

Αναντίρρητα ο κ. Κώστας Κοντομάνος –κατασκευαστής και ιδιοκτήτης του σπιτιού από κομπ που εξετάζουμε, θεωρείται οραματιστής –πρωτοπόρος της τεχνικής κομπ στη χώρα μας .

Απ' όσα προαναφέρθηκαν προηγουμένως καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

- ❖ Η χρήση όσο το δυνατόν περισσότερων φυσικών και τοπικών υλικών, συμβάλει στο να έχουμε μηδενικό ή ελάχιστο κόστος μεταφοράς και επεξεργασίας. Άρα πολύ χαμηλό οικολογικό αποτύπωμα του σπιτιού.
- ❖ Τα γήινα σπίτια κατά τους χειμερινούς μήνες απαιτούν ελάχιστη πρόσθετη θέρμανση καθώς είναι δροσερά το καλοκαίρι και ζεστά το χειμώνα.

- ❖ Αυτή η απλή τεχνική δεν οδηγεί στην καταστροφή των δασών ή στην κατασπατάληση των ορυκτών πόρων.
- ❖ Συνήθως τα σπίτια αυτά ολοκληρώνονται μέσα σε μια θερινή περίοδο (από Μάρτιο δηλαδή μέχρι Σεπτέμβριο) ανάλογα βέβαια και με το εμβαδό τους.
- ❖ Το κόστος ξεκινά από πολύ χαμηλά (1.500-2.000 ευρώ) και κυμαίνεται ανάλογα με τα υλικά και τον τρόπο κατασκευής τους.
- ❖ Δίνεται μεγάλη έμφαση στον ενεργειακό σχεδιασμό τους, ο οποίος μειώνει δραματικά τις ανάγκες τους σε ψύξη και θέρμανση.
- ❖ Το βασικό κίνητρο για τη κατασκευή ενός τέτοιου σπιτιού είναι η αναβάθμιση της ποιότητας ζωής μας. Και άμεσα (κατοικώντας σε αυτό) αλλά και μακροπρόθεσμα, συμβάλλοντας σε έναν πιο φιλικό και οικολογικά καθαρό πλανήτη.
- ❖ Τέτοιου είδους κτίρια μπορούν να λειτουργήσουν αποτελεσματικά σε πόλεις σχεδιασμένες για σπίτια με σωστό προσανατολισμό και ζωτικό χώρο. Σε μια ελληνική μεγαλούπολη θα έχαναν αρκετά από τα πλεονεκτήματά τους.

## 4.4 Σπίτια με εναλλακτικές μεθόδους δόμησης στην Κρήτη

### 4.4.1 Εισαγωγή –Κλιματολ. Συνθήκες-Μορφολογία- Τοπική Αρχιτεκτονική



Άνω Αρχάνες , Ηράκλειο Κρήτης

(πηγή: <http://www.thearchanesproject.com/el/project/the-place> )

#### A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι πρωτοβουλίες εναλλακτικής - φυσικής δόμησης διευρύνονται συνεχώς στην Κρήτη. Με πρώτη ύλη το άχυρο ,τον πηλό και προσωπική εργασία, ομάδες στο Λασιθί, στις Αρχάνες, στα Χανιά και σε άλλες περιοχές κατασκευάζουν σπίτια με απόλυτα φυσικά υλικά και σημαντικά χαμηλότερο κόστος. Στη πορεία αναλύεται μία βιοκλιματική κατοικία που κτίστηκε στις Αρχάνες στο Ηράκλειο με τη μέθοδο *straw-clay* (άχυρο- χώμα). Επιπροσθέτως ,γίνεται αναφορά σε μερικά παραδείγματα κατασκευών όπου έχουν γίνει από διάφορες οργανώσεις.

#### B. ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Η Κρήτη ανήκει στη μεσογειακή κλιματολογική ζώνη που προσδίδει τον κύριο κλιματικό χαρακτήρα της, ο οποίος χαρακτηρίζεται ως εύκρατος. Η ατμόσφαιρα μπορεί να είναι αρκετά υγρή, ανάλογα με την εγγύτητα στη θάλασσα. Ο χειμώνας είναι αρκετά ήπιος και υγρός, με αρκετές βροχοπτώσεις, ως επί το πλείστον, στα δυτικά

τιμήματα του νησιού. Η χιονόπτωση είναι σπάνια στις πεδινές εκτάσεις, αλλά αρκετά συχνή στις ορεινές. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται στο πλαίσιο των 25-30 βαθμών (Κελσίου) οπωσδήποτε χαμηλότερο από εκείνο στην ηπειρωτική Ελλάδα. Η νότια ακτή, συμπεριλαμβανομένης της πεδιάδας της Μεσαράς και των Αστερούσιων ορέων, απολαμβάνει περισσότερες ηλιόλουστες ημέρες και υψηλότερες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού σε σχέση με την υπόλοιπη μεγαλόνησο. Η χλωρίδα του νησιού απειλείται από τη βαθμιαία ανάπτυξη της κτηνοτροφίας.<sup>14</sup>

### Γ. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Το νησί είναι εξαιρετικά ορεινό και καθορίζεται από μια υψηλή σειρά βουνών που το διασχίζει από τη δύση ως την ανατολή, διαμορφωμένη από τρεις διαφορετικές ομάδες βουνών. Αυτές είναι:

- Τα Λευκά Όρη (2.452 μ).
- η οροσειρά Ίδη (Ψηλορείτης (35.18° Β 24.82° Α 2.456 μ).
- Το όρος Δίκτη (2.148 μ).

Σ' αυτά τα βουνά οφείλεται η ύπαρξη στο νησί εύφορων οροπεδίων ο Ομαλός, η Νίδα και το οροπέδιο Λασιθίου, σπηλαίων όπως το Δικταίο και το Ιδαίο άντρο και φαράγγια όπως το διάσημο φαράγγι της Σαμαριάς, το φαράγγι Ίμπρου, το Κουρταλιώτικο φαράγγι, το Φαράγγι των Νεκρών στην Κάτω Ζάκρο Λασιθίου κ.α.<sup>15</sup>

### Δ. ΤΟΠΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Η Κρήτη, όπως έχουν δείξει οι αρχαιολογικές ανασκαφές, κατοικείται από αρχαιότατους χρόνους και η αρχιτεκτονική της έχει επηρεασθεί από πολλούς παράγοντες κυρίως όμως από την εναλλαγή των πολλών κατακτητών που πέρασαν από το νησί (Αραβες, Ενετοί, Τούρκοι). Έτσι σε όλο το νησί βλέπουμε διάσπαρτα Βενετσιάνικα κάστρα, Τούρκικα τζαμιά, Βυζαντινές εκκλησίες και δημόσια Ενετικά κτήρια.

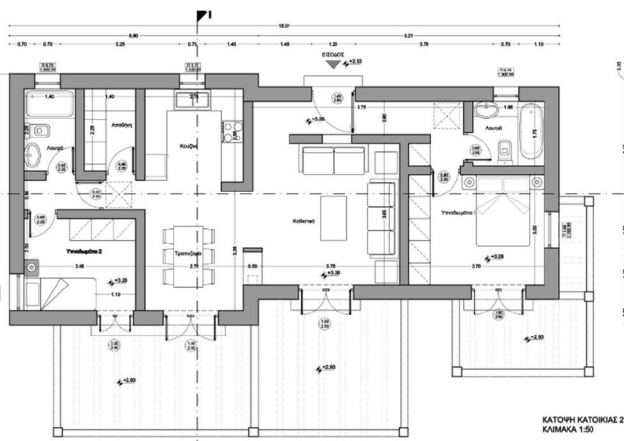
Εκτός από τις μεγάλες πόλεις, υπάρχουν πολλά χωριά και οικισμοί που στην πλειοψηφία τους βρίσκονται στα ορεινά του νησιού. Τα σπίτια εκεί είναι αμφιθεατρικά κτισμένα στις πλαγιές και στις κορυφές. Η αμφιθεατρική διάταξη ακολουθεί το σχήμα του λόφου και αναπτύσσεται γύρω από την εκκλησία, την πλατεία ή το καφενείο.

Οι οικισμοί είναι κτισμένοι πυκνά λόγω των πειρατικών επιδρομών, που επίσης είναι και ο λόγος για τον οποίο δεν έχουμε στο νησί παραθαλάσσιους οικισμούς μέχρι το μέσο του 19ου αι. Μετά τον 19ο αιώνα άρχισαν να κτίζονται οι πρώτοι παραλιακοί οικισμοί που σήμερα ο αριθμός τους είναι πολύ μεγάλος και παίζουν σημαντικό ρόλο στον τουρισμό του νησιού.

Περνώντας στην αρχιτεκτονική των σπιτιών της Κρήτης βλέπουμε ότι το αστικό σπίτι έχει σχήμα Π ή Γ με εσωτερική αυλή και αποτελείται από το ισόγειο ή κατώγι, το μεσοπάτωμα ή μετζάο, και τέλος το ανώγι ή όροφο. Στο κατώγι υπήρχαν οι αποθήκες του σπιτιού, το μετζάο χρησιμοποιούταν κυρίως σαν επαγγελματική στέγη ενώ το ανώγι ήταν το κυρίως σπίτι με τις κάμαρες (υπνοδωμάτια), τη σάλα και του βοηθητικούς χώρους.

Το λαϊκό αγροτικό σπίτι είναι κατασκευασμένο από πέτρα, ξύλο και χώμα με λιτό χαρακτήρα. Το χρώμα του είναι προσαρμοσμένο με αυτό του περιβάλλοντος αφού οι Κρητικοί άρχισαν να βάφουν και να ασβεστώνουν τα σπίτια τους αργότερα. Τα χρώματα που επικρατούσαν ήταν ώχρα, γαλάζιο ή και ροζ.<sup>16</sup>

#### 4.4.2 Περιγραφή Κατοικίας



Κάτοψη ανατολικής κατοικίας



Ολοκληρωμένη αχυρένια κατοικία (Archanes project)

(πηγή: <http://www.thearchanesproject.com/> )

Στις Αρχάνες, μια αγροτική κωμόπολη της επαρχίας Τεμένους, του Νομού Ηρακλείου, κατασκευάστηκαν δύο αχυρένιες κατοικίες με συνδυασμό μεθόδων άχυρου-πηλού (*straw clay*<sup>17</sup>). Καθώς και οι δύο έχουν κατασκευαστεί με τον ίδιο ακριβώς τρόπο, θα υπάρξει ανάλυση μόνο για τη μία.

Το εμβαδόν της κατοικίας είναι περίπου 170 τ.μ. με καθιστικό, τραπεζαρία, κουζίνα, δύο υπνοδωμάτια ,δύο λουτρά, και αποθήκη. Το ύψος της κατοικίας είναι πέντε μέτρα.

Το δάπεδο είναι κατασκευασμένο από πηλό με αρμολογημένα πλιθιά.



Τα κουφώματα καθώς και η πέργκολα που έχει δημιουργηθεί για την αναρρίχηση των φυτών ,είναι ξύλινα.

Τα κεραμίδια τα οποία έχουν τοποθετηθεί είναι ρωμαϊκού τύπου.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τοποθετήθηκε αιολική καμινάδα, όπου σκοπός του συστήματος αυτού είναι η συνεχής ανανέωση του εσωτερικού αέρα, έτσι ώστε να διατηρείται η ποιότητα αέρα σε υψηλά επίπεδα, παράλληλα με την ελαχιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης(βλ. εικόνα δίπλα ).

---

<sup>[1]</sup> straw clay(άχυρο –πηλός) : Το **άχυρο με πηλό(γνωστό και ως light straw clay ή leichtlehm)**είναι ένα μείγμα από άχυρο ,άμμο, ροκανίδια και πηλό. Χρησιμοποιείται για τοιχοποιίες που δεν φέρουν φορτία και χρησιμοποιείται για την κατασκευή πλήρωσης μεταξύ ενός ξύλινου πλαισίου . Κατασκευάζεται από άχυρα, κατά προτίμηση με μακριά ίνα τα οποία αναμιγνύονται με διάλυμα πηλού και άμμου ο οποίος παίζει και τον συνεκτικό ρόλο. Το άχυρο εμποτίζεται με πηλό ο οποίος είναι διαλυμένος σε νερό και στη συνέχεια συμπιέζεται σε καλούπια με μέγιστο ύψος 0,50 μέτρα. Μόλις το υλικό στεγνώσει χτίζουμε παραπάνω. Πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι η ταχύτητα κατασκευής και η εξαιρετική θερμομόνωση. Στα μειονεκτήματα συγκαταλέγεται το υψηλότερο κόστος κατασκευής λόγω της ανάγκης χρήσης σκελετού στο κτίριο. <sup>17</sup>

#### 4.4.3 Περιγραφή Κατασκευής κ Υλικών δόμησης<sup>19</sup>

Αρχική ιδέα ήταν η κατασκευή ενός βιοκλιματικού σπιτιού με φυσικά δομικά υλικά. Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν είναι άχυρο, άμμος, πηλός, ξύλο, πέτρα. Για τα δύο σπίτια στις Αρχάνες εκδόθηκαν οικοδομικές άδειες, αφού πρώτα οι ίδιοι οι κατασκευαστές πιστοποίησαν τα υλικά τους (δεν ήταν απαραίτητο στοιχείο αλλά η πολεοδομία δεν έδινε διαφορετικά την άδεια). Ο επικεφαλής του project εξηγεί τις ευνοϊκές προβλέψεις του νέου νόμου, βάσει του οποίου επιδοτούνται με επιπλέον δόμηση τα κτήρια που κατασκευάζονται από φυσικά υλικά.

Οι διαδικασίες εκσκαφής ξεκίνησαν όπου σχηματίστηκε μία σκάφη κάτω από την οριζόντια στάθμη της θεμελίωσης, βάθους 40 εκατοστών.



Στη συνέχεια έγινε η τοποθέτηση του ξύλινου σκελετού από εταιρεία προκατασκευασμένης ξυλείας η οποία συναρμολόγησε τα δύο πλαϊνά τμήματα της κατασκευής καθώς και τη σκεπή.



Επόμενο βήμα είναι η τοποθέτηση οριζόντιων ξύλινων πηκακίων τα οποία θα χρησιμεύσουν στη συγκράτηση του άχυρου-πηλού (straw clay). Ίνες άχυρου αναμειγνύονται και εμποτίζονται με πηλό και άμμο . Έπειτα τοποθετείται το μίγμα στα κενά των πηκακίων και συμπιέζονται χειρονακτικά. Όσον αφορά τη τοιχοποιία πάχους 35 εκατοστών ,οι μισοί τοίχοι είναι γεμισμένοι με άχυρο –πηλό ενώ στους άλλους μισούς τοποθετήθηκαν ωμόπλινθοι .



Οριζόντια τοποθέτηση ξύλινων πηκακίων



Τοποθέτηση Ωμόπλινθων στη πρόσοψη του κτιρίου

Έπειτα ακολουθεί η τοποθέτηση των ηλεκτρικών/ υδραυλικών εγκαταστάσεων.



Περαιτέρω ακολουθεί η διεργασία επιχρίσματος. Ο τοίχος βρέχεται και στη συνέχεια εσωτερικά και εξωτερικά της κατασκευής τοποθετείται η πρώτη στρώση συμπιέζοντας το σοβά στους τοίχους έτσι ώστε να "κολληθεί" στο μίγμα άχυρου- πηλού(βλ. κάτω εικόνες) .





Παρασκευή του επιχρίσματος



Πρώτη στρώση

Επιπλέον γίνεται η δεύτερη στρώση αφού στεγνώσει η πρώτη και ύστερα η τελική.



Εξωτερική επίστρωση σοβά



Τελικό αποτέλεσμα

Στη κεκλιμένη στέγη τοποθετήθηκαν κεραμίδια. Το δώμα είναι φυτεμένο έχοντας ως σκοπό την απορρόφηση της ζέστης και ως φυσικό επακόλουθο δροσιά το καλοκαίρι



Μόνωση δώματος με πισσόχαρτα και εργασίες κατασκευής φυτεμένης στέγης

Σε όλη την επιφάνεια του δαπέδου διαστρώθηκαν σκύρα (5-10 εκ.) τα οποία δεν απορροφούν την υγρασία. Πάνω από το στρώμα αυτό τοποθετείται ελαφρόπετρα(5-10 εκ.) για μόνωση. Ύστερα τοποθετείται πατημένο χώμα . Στο πάτωμα του λουτρού και της κουζίνας διαστρώθηκε θηραϊκή γη η οποία είναι αδιάβροχη.

Το τελικό κόστος της κατασκευής με φυσικά υλικά ανέρχεται αυτό της συμβατικής.

Εδώ λοιπόν τα μεν υλικά ήταν κατά πολύ φθηνότερα από τα βιομηχανικά υλικά αλλά τα εργατικά κόστισαν περισσότερο.

#### 4.4.4 Άλλες κατασκευές με πηλό

Η “Ευρωπαϊκή Ακαδημία Βιωσιμότητας” (ESA) είναι ένα διεθνές διδακτικό και ερευνητικό κέντρο στον τομέα της Δεοντολογίας, της Βιώσιμης Επιχείρησης και της Εταιρικής Κοινωνικής Ευθύνης (ΕΚΕ) όπου κατασκευάστηκε το 2012. Βρίσκεται στο Δράπανο Χανίων.

Τα βασικά υλικά όπου χρησιμοποιήθηκαν ήταν άχυρο και ξύλο.

Σημαντικός στόχος για τους μελετητές είναι η μη αλλοίωση του φυσικού περιβάλλοντος και η μέγιστη αξιοποίηση του φυσικού αερισμού, σκιασμού και φωτισμού.

Για να επιτευχθεί η ενεργειακή αυτονομία του κτιρίου μελετήθηκε η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών στην κεκλιμένη στέγη της κατασκευής, μέσω της οποίας πραγματοποιείται και η συλλογή του νερού της βροχής σε ειδικές δεξαμενές.<sup>17</sup>



Ευρωπαϊκή Ακαδημία Βιωσιμότητας(ESA)

πηγή: [http://www.piliko.gr/2010\\_drapano\\_academy.html](http://www.piliko.gr/2010_drapano_academy.html)

#### 4.4.5 Συμπεράσματα



Το αρχικό πλάνο ήταν η αξιοποίηση των θετικών χαρακτηριστικών του βιοκλιματικού σχεδιασμού και των μέσων εξοικονόμησης ενέργειας δίνοντας δέουσα βαρύτητα στα φυσικά υλικά.

Τα πλεονεκτήματα είναι ότι δε χρειάζονται μεγάλη ή ενεργοβόρα επεξεργασία, έχουν μικρό περιβαλλοντικό και οικονομικό κόστος - με αποτέλεσμα να έχουν τα κτίρια χαμηλό ενεργειακό αποτύπωμα τόσο στην κατασκευή όσο και στη λειτουργία τους (έως 90% περισσότερη εξοικονόμηση ενέργειας από ένα συμβατικό κτίριο), είναι φιλικά προς τον άνθρωπο και εναρμονίζονται καλύτερα με το φυσικό περιβάλλον.<sup>19</sup>

Τα φυσικά υλικά που χρησιμοποιούνται δεν εκλύουν στην ατμόσφαιρα επιβλαβείς ουσίες για τον οργανισμό μας, όπως κάνουν πολλά τεχνητά. Αυτό τα καθιστά απολύτως φιλικά προς το περιβάλλον και την υγιεινή.

Κύριος παράγοντας της κατασκευής είναι η εκμετάλλευση του προσανατολισμού για φυσικό φωτισμό και αερισμό. Η επιλογή παθητικών συστημάτων δροσισμού και ηλιασμού συμβάλλουν στη θερμική άνεση και στη μικρότερη κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου. Αυτό γίνεται έχοντας σχεδιάσει μεγάλα ανοίγματα στο νότο με στέγαστρα σε επιλεγμένες θέσεις. Μικρά ανοίγματα στο βορρά και τη δύση τοποθετώντας τα σε αντιδιαμετρικές θέσεις.

Το Archanes Project αποτελεί βασικό πυλώνα για τις μελλοντικές κατασκευές που θα ακολουθήσουν.

## 4.5 Σπίτι με Γαϊόσακους στον Άγιο Νικόλαο( Μέθοδος HyperAdobe \*)<sup>20</sup>

### 4.5.1. Εισαγωγή



Στη περιοχή του Αγίου Νικολάου (στην κορυφή του λόφου πάνω από τον υδροβιότοπο του Αλμυρού) βρίσκεται ένα σπίτι κατασκευασμένο με γαϊόσακους. Ο ιδιοκτήτης θέλησε να κτίσει μια κατασκευή από φυσικά υλικά όπως το χώμα και άλλα ανακυκλώσιμα υλικά έτσι ώστε να κατασκευαστεί μια γεωργική αποθήκη. Το κλίμα της Κρήτης ευνοεί όλες τις κατασκευές με Εναλλακτικά φυσικά υλικά. Παρακάτω θα γίνει εκτεταμένη περιγραφή της κατοικίας και των υλικών όπου χρησιμοποιήθηκαν.

### 4.5.2 Περιγραφή κατοικίας

Το σπίτι με γαϊόσακους έχει εμβαδόν 24 τ.μ. με ένα υπνοδωμάτιο και τουαλέτα. Το ύψος του ανέρχεται τα 2,80 μέτρα μαζί με το δώμα το οποίο είναι φυτεμένο. Τοποθετήθηκαν αεραγωγοί στη βόρεια πλευρά. Ο υπεύθυνος του έργου ήταν ο κ. Σακελλάρης Γιώργος ο οποίος είναι και ο ιδιοκτήτης της αποθήκης (ιδρυτής ιστολόγιου <http://fysiki-domisi.blogspot.gr/p/blog-page.html>).

### 4.5.3 Περιγραφή Κατασκευής κ Υλικών δόμησης

Για την κατασκευή του σπιτιού από γαϊόσακους εκδόθηκε Οικοδομική άδεια για γεωργική αποθήκη( βάση Άρθρου 1 επιτρέπεται η εκτέλεση εργασιών μικρής κλίμακας χωρίς έκδοση άδειας δόμησης, εφόσον δεν

παραβιάζονται οι πολεοδομικές διατάξεις και τα οικόπεδα ή τα κτίσματα στα οποία γίνονται δε βρίσκονται σε δάσος, σε ρέμα, σε καθορισμένο αρχαιολογικό χώρο, σε περιοχή απολύτου προστασίας και δεν είναι ρυμοτομούμενα ή στατικά επικίνδυνα).

Το έργο ξεκίνησε τον Ιούνιο του 2011 και δουλεύανε 3-5 άτομα κάποια σαββατοκύριακα. Διαφορετικά ο χρόνος υλοποίησης μιας τέτοιας κατασκευής είναι 3-5 μήνες.

Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ήταν δικτυωτά τσουβάλια αραιής ύφανσης , πηλός, ασβέστης ,άμμος , άχυρο, ξύλο, χαλίκια, σκίροι, πολτοποιημένο χαρτί για τα εσωτερικά επιχρίσματα, λινέλαιο και μελισσοκέρι για μόνωση των τοίχων.

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό αυτής της κατασκευής είναι η μέθοδος όπου χρησιμοποιήθηκε. Για το γέμισμα των σάκων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος *Hyperadobe*<sup>[1]</sup> η οποία είναι διαφορετική από τη μέθοδο *superadobe* του Nader Khalili (που έχουμε αναλύσει στο υποκεφάλαιο των γαιосάκων).

Οι διεργασίες θεμελίωσης ξεκίνησαν. Έγινε η εκσκαφή τάφρου βάθους 40-50 εκατοστών, στη συνέχεια τοποθετούνται τα χαλίκια ,βραχάκια μέχρι το επίπεδο περίπου 15 εκατοστών κάτω από τη τάφρο μέχρι να σταθεροποιηθεί και να είναι επίπεδο. Τα χαλίκια και οι σκίροι τοποθετούνται για την καλύτερη αποστράγγιση(βλ. εικόνες).



Θεμελίωση βάθους 40-50 εκ.

Τοποθέτηση χαλικιών/σκύρων ως ασπίδα αποστράγγισης

***Hyperadobe*<sup>[1]</sup>: Η μέθοδος αυτή διαφέρει από τη μέθοδο *Superadobe* του Nader Khalili καθώς δε χρησιμοποιούνται σάκοι πολυπροπυλενίου και συρματοπλέγμα . Ο κατασκευαστής Fernando Pacheco από τη Βραζιλία καινοτόμησε χρησιμοποιώντας δικτυωτά τσουβάλια-όπως αυτά για τη μεταφορά των πατατών. Σε σύγκριση με τα σακιά πολυπροπυλενίου ,τα δικτυωτά τσουβάλια αραιής ύφανσης ,όπου βγαίνουν σε ρολά, είναι πιο οικονομικά. Στη περίπτωση των δικτυωτών τσουβαλιών δε χρειάζεται να καούν για να μπορέσει να ‘κολλήσει’ ο σοβάς πάνω τους όπως συμβαίνει με τη μέθοδο *Superadobe*. . Με κατακόρυφα τοιχώματα δεν υπάρχει ανάγκη για συρματοπλέγματα μεταξύ των στρωμάτων, διότι με το τσουβάλι του κάτω στρώματος συγχωνεύεται με το πάνω στρώμα.<sup>21</sup>**



Εν συνεχεία ακολούθησε η τοποθέτηση των υδραυλικών εγκαταστάσεων – αφού πρώτα έγινε προσθήκη κάποιων σειρών γαιοσάκων -τα οποία έχουν δεθεί με μάντα.



Προσθήκη υδραυλικών εγκαταστάσεων

Για την εγκατάσταση μιας πόρτας, τοποθετήθηκε κιβώτιο στο επιθυμητό ύψος και θέση. Τα πλαίσια των ανοιγμάτων κατασκευάστηκαν κάποια εκατοστά επιπλέον από τον τοίχο.

Πλαίσια κουτιού χρησιμοποιήθηκαν στα σημεία όπου θα τοποθετηθούν αργότερα τα παράθυρα.



Τοποθέτηση ανοιγμάτων

Επόμενο βήμα είναι η κατασκευή της ξύλινης στέγης. Στη πορεία θα προστεθούν γαιόσακοι στη στέγη για την διαμόρφωση του φυτευτού δώματος.



τοποθέτηση οριζόντιων και κάθετων πήξεων

Αφού ολοκληρωθεί η κατασκευή της στέγης, ξεκινάνε οι διεργασίες επιχρίσματος. Η πρώτη στρώση σοβά γίνεται με το χέρι –πιέζοντας το μίγμα να μείνει πάνω στον τοίχο. Εφόσον στεγνώσει το υλικό τοποθετείται η δεύτερη και τέλος η Τρίτη και τελευταία στρώση(βλ. παρακάτω εικόνες) .

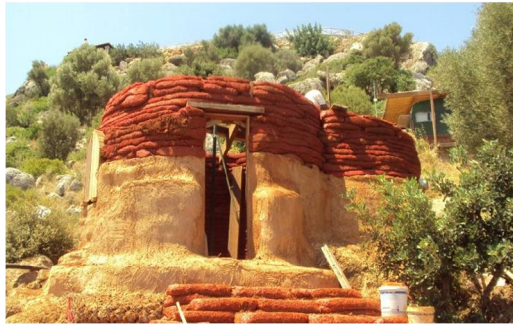
Στην εσωτερική τοιχοποιία το μίγμα επιχρίσματος διέφερε από το εξωτερικό. Το μίγμα αποτελούταν από πολτοποιημένο χαρτί ,πηλό ,ασβέστη και άμμο. Στη συνέχεια τοποθετήθηκε μελισσοκέρι και λινέλαιο για τη μόνωση των τοίχων. Η χρήση του κεριού μέλισσας αποτελεί ελληνική πρωτοτυπία καθώς διαπιστώθηκε ότι λειαίνονται οι τοίχοι και αφήνουν μια ωραία αίσθηση και αφή .



Πρώτη στρώση σοβά-



λεπτομέρεια επιχρίσματος



Δεύτερη στρώση επιχρίσματος



Τελική στρώση



Φυτεμένη στέγη

Στάδια από τη κατασκευή της Φυτεμένης Στέγης:

- Έχει τοποθετηθεί ο δικτυωτός σωλήνας με χώμα, πάνω σε ένα κομμάτι από πλαστικοποιημένο ύφασμα-ανακυκλώσιμη παλιά τέντα(βλ. πάνω εικόνα αριστερά)
- Έχουν μπει οι σωλήνες εκροής του νερού και έχει γίνει τμήμα του πρώτου χεριού με σοβά(αναλογίες :4 χώμα + 2 άμμος +1.5 ασβέστης +10 άχυρο)
- Ακολουθεί στραγγιστικό δίκτυο, γεωύφασμα, κηπόχωμα
- Τέλος φύτευση με αρωματικά φυτά



Το κόστος κατασκευής ανέρχεται περίπου τα 150 ευρώ ανά τετραγωνικό μέτρο.

Δύο χρόνια από την ολοκλήρωση της κατασκευής, διαπιστώθηκαν φθορές λόγω λάθους. Τα λάθη προέκυψαν κατά την παραγωγή του μίγματος μέσα στο οποίο υπήρχαν και ορισμένοι σπόροι, οι οποίοι στη συνέχεια φύτρωναν στο σοβά. Ακόμη λόγω κακών καιρικών συνθηκών στο νησί, δημιουργήθηκε υγρασία στη βορεινή πλευρά όπου είχαν εγκατασταθεί οι αεραγωγοί, καθώς δεν υπήρχε κάποια στοιχειώδης προφύλαξη.



Φθορές στην εξωτερική τοιχοποιία – διάβρωση

Έπρεπε να εμποτιστεί η εξωτερική επιφάνεια με λινέλαιο και λιωμένο κερί, αλλά δεν έγινε εγκαίρως.

Τελικά έπρεπε να ανακατασκευαστεί νέος σοβάς και έτσι άρχισαν τις διαδικασίες από την αρχή. Στη συνέχεια μονώθηκαν οι τοίχοι εσωτερικά και εξωτερικά με λινέλαιο και μελισσοκέρι.

Η κατασκευή βρίσκεται σε εξέλιξη, καθώς το ένα από τα παράθυρα μετατράπηκε σε πόρτα, για να γίνει ένα δεύτερο δωμάτιο όπου θα κατασκευαστεί κουζίνα και τραπεζαρία.

#### 4.5.4 Συμπεράσματα

Οι λόγοι που καθιστούν χρήσιμους τους γαιόσακους για τις εφαρμογές αυτές στη δημιουργία κατοικιών είναι ότι : οι τοίχοι είναι σταθεροί, με αρκετό πλάτος, αντιστέκονται σε όλων των ειδών τις αντίξοες επεμβάσεις πχ τις κακές καιρικές συνθήκες, φωτιά, σεισμούς (ή ακόμη και σφαίρες και βόμβες). Έτσι μπορούν να κτιστούν απλά και γρήγορα με άμεσα διαθέσιμα υλικά που βρίσκονται εύκολα, κοντά στον τόπο της κάθε οικοδομής.

Παλαιότερα, τσουβάλια από λινάτσα που χρησιμοποιούνταν παραδοσιακά για το σκοπό αυτό, δούλευαν μέχρι τελικά να σαπίσουν. Η πιο σύγχρονη επιλογή είναι σάκοι από πολυπροπυλένιο που έχουν καλύτερη αντοχή και διάρκεια, εφόσον το φως του ήλιου δεν αποδομεί το πολυπροπυλένιο με την δράση της ακτινοβολίας UV. Για τη μόνιμη προστασία των σάκων θα πρέπει να υπάρξει κάλυψη με κάποιο είδος σοβά.

Το πιο σημαντικό όμως πλεονέκτημα των κατασκευών αυτών είναι το χαμηλό τους κόστος, που τις κάνει προσιτές σε πληθυσμούς με τους πλέον περιορισμένους πόρους. Ακόμη μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως καταφύγια εκτάκτου ανάγκης .

Από όλα όσα έχουν προαναφερθεί , η μέθοδος των γαιοσάκων βρίσκεται ακόμη σε πειραματικό-πρωταρχικό στάδιο στη χώρα μας. Όπως παρατηρήθηκε υπήρχαν φθορές σε μικρό χρονικό διάστημα , κάτι το οποίο τα καθιστά ανασφαλή. Βέβαια αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δεν υπάρχει η απαραίτητη τεχνογνωσία/ εμπειρία από τους Αρχιτέκτονες/Μηχανικούς, με αποτέλεσμα να γίνονται λάθη/αστοχίες.

#### **4.6 Συμπεράσματα**

Συνοψίζοντας, αυξάνεται όλο και περισσότερο το ενδιαφέρον των Αρχιτεκτόνων/Μηχανικών και όχι μόνο , για χρήση και επιλογή της Εναλλακτικής Δόμησης στις κατασκευές. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη ενός νέου αρχιτεκτονικού κινήματος, το οποίο γεννά παράλληλα πολλά διλήμματα και προβληματισμούς.

Οι Εναλλακτικές Μέθοδοι δόμησης αποτελούν όπως προαναφέρθηκε, μια νέα προσπάθεια της Οικολογικής Αρχιτεκτονικής. Οι προσπάθειες που έχουν γίνει έως τώρα είναι κυρίως από οργανώσεις, οι οποίες επικεντρώνονται στη κατασκευή κτιρίων με φυσικά υλικά. Υιοθετώντας ένα οικολογικό τρόπο αντιμετώπισης της αρχιτεκτονικής , ενώ παράλληλα διατηρείται η παράδοση της.

Από την ανάλυση που έγινε στο κεφάλαιο αυτό διαπιστώθηκε ότι τα πιο διαδεδομένα υλικά φυσικής δόμησης είναι οι αχυρόμπαλες ο πηλός και η άμμος .

Το Αχυρόσπιτο στην Αίγινα όπως και το πρώτο σπίτι από κομπ στον Νέσσωνα ,είναι ζωντανά παραδείγματα τα οποία μας διδάσκουν ότι δε χρειάζεται να επιβαρύνουμε το Περιβάλλον και μπορούμε να συνυπάρχουμε αρμονικά με αυτό(αφού αφήνουν μικρό ή ακόμη και αρνητικό αποτύπωμα άνθρακα).

Η αντοχή των κτισμάτων αυτών είναι δεδομένη καθώς έχουν αποδείξει ότι μπορεί να επιβιώσουν και στις πιο αντίξοες καιρικές συνθήκες.

Αφενός το κόστος της κατασκευής τέτοιων σπιτιών είναι αρκετά χαμηλό σε σύγκριση με αυτά των συμβατικών. Αφετέρου τα κόστη μπορεί να συμπίπτουν με αυτά των συμβατικών, τα οφέλη όμως είναι μακροπρόθεσμα (εξοικονόμηση ενέργειας, θερμική άνεση κ.α).

Παραδείγματα κατασκευών, όπως το Archanes Project αλλά και το σπίτι με γαιόσακους στον Άγιο Νικόλαο, αποτελούν καινοτόμα και πρωτοποριακά δείγματα. Αφού χρησιμοποιήθηκαν τρόποι δόμησης διαφορετικοί από τους συνηθισμένους( μέθοδος άχυρου- πηλού , Hyperadobe). Γενικά οι κατασκευαστές φυσικής δόμησης ανασκαλεύουν νέες μεθόδους και πειραματίζονται.

Βέβαια υπήρχαν και εφαρμογές σπιτιών με φυσική δόμηση τα οποία, λόγω ανωτέρας βίας καταστράφηκαν καθώς δεν είχαν λειφθεί τα κατάλληλα μέσα προστασίας λόγω άγνοιας των κατασκευαστών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το Αχυρόσπιτο στη τοποθεσία του Λαυρίου το οποίο κάηκε λόγω έλλειψης τεχνογνωσίας.



---

#### Πηγές –Παραπομπές :

<sup>1</sup> Διάλεξη Χριστίνας Χαραμουντάνη-Γκολφινόπουλου Κωνστ. με θέμα: " οι Εναλλακτικές Καθαρές Τεχνολογίες Δόμησης στην Ελλάδα"

<sup>2</sup> <http://www.dialsc.gr/el/aegina.html>

<sup>3</sup> <http://dimitrakopoulou.com/2012/geology-of-aegina/?lang=el>

<sup>4</sup> <http://www.discoveraegina.gr/greek/modern-aegina/art-aegina/1343/>

<sup>5</sup> Άρθρο σχετικά με το αχυρόσπιτο στην Αίγινα: [http://www.vvelia.com/amarchitects/articles/nea\\_saronikou/56\\_axyrosposito.pdf](http://www.vvelia.com/amarchitects/articles/nea_saronikou/56_axyrosposito.pdf)

<sup>6</sup> Άρθρο σχετικό με τη τεχνική κομπ : <http://www.ethnos.gr/article.asp?catid=22733&subid=2&pubid=55382960>

<sup>7</sup> <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9B%CE%AC%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%B1>

<sup>8</sup> <http://www.larissa-dimos.gr/new/pdf/epixeir/%CE%95%CE%9D%CE%9F%CE%A4%CE%97%CE%A4%CE%912.pdf>

<sup>9</sup> <http://7gym-laris.lar.sch.gr/ergasies/ERGA/oikismoio%20larisas.htm>

<sup>10</sup> <http://www.buildings.gr/greek/aiforos/cob/indexcob.htm>

<sup>11</sup> <http://www.real.gr/DefaultArthro.aspx?page=arthro&id=72280&catID=5>

<sup>12</sup> Άρθρο Γεωργίας Παπαστάμου με θέμα " πηλίνα σπίτια"

(<http://www.iefimerida.gr/news/%CF%80%CE%AE%CE%BB%CE%B9%CE%BD%CE%B1-%CF%83%CF%80%CE%AF%CF%84%CE%B9%CE%B1-%CE%B1%CF%80%CF%8C-1500-%CE%B5%CF%85%CF%81%CF%8E>)

<sup>13</sup> <http://www.politestv.gr/index.php?id=1000&article=78#sthash.fYya8ZQG.dpuf>

<sup>14</sup> <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CF%81%CE%AE%CF%84%CE%B7>

<sup>15</sup> ΜΟΥΣΕΙΟ ΚΡΗΤΙΚΗΣ ΕΘΝΟΛΟΓΙΑΣ (<http://www.cretanethnologymuseum.gr/imke/html/gr/intro.html>)

<sup>16</sup> <http://cretanhistory.tripod.com/paradosi/arxitekt.htm>

<sup>17</sup> [www.cob.gr](http://www.cob.gr) / [http://en.wikipedia.org/wiki/Light\\_clay](http://en.wikipedia.org/wiki/Light_clay)

<sup>18</sup> <http://tvxs.gr/news/periballon/ta-axyrenia-spitia-arxanes>

<sup>19</sup> <http://thearchanesproject.com>

<sup>20</sup> <http://fysiki-domisi.blogspot.gr/p/blog-page.html>

<sup>21</sup> <http://www.earthbagbuilding.com/articles/hyperadobe.htm>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΕΡΕΥΝΑΣ



### 5.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλυθεί και θα παρουσιαστεί ο σχεδιασμός και η μεθοδολογία κατασκευής του Ερωτηματολογίου Έρευνας της Πτυχιακής μας εργασίας με θέμα : " Φυσική Δόμηση". Πρόκειται για ένα πρωτότυπο ερωτηματολόγιο που κατασκευάστηκε για την καταγραφή των απόψεων ανθρώπων-εμπειρογνομόνων (Αρχιτέκτονες, Πολ.Μηχανικοί, εργολάβοι, Ξυλουργοί κτλ.) με σκοπό τη διεξαγωγή συμπερασμάτων με βάση το γνωστικό τους επίπεδο πάνω στις *Εναλλακτικές Μεθόδους Δόμησης*-συγκριτικά με τις *Συμβατικές Μεθόδους* ,καθώς και την αντίστοιχη εκπαίδευση τους πάνω στο αντικείμενο.

Κατά τη δημιουργία του λήφθηκαν υπόψη παράγοντες των Εναλλακτικών μεθόδων Δόμησης οι οποίοι είναι σημαντικοί για τη κατασκευή όπως: οι μηχανικές ιδιότητες , η εξοικονόμηση ενέργειας κατά την παραγωγή, το κόστος, ο χρόνος και η ευκολία κατασκευής καθώς και οι ανάγκες για τη συντήρησή αλλά και η θερμική άνεση, παράμετροι οι οποίες καθορίζουν την σχέση κόστους – απόδοσης σε σύγκριση με τα συμβατικά υλικά δόμησης.

Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σε συνδυασμό με τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ανέδειξαν σημαντικούς θεωρητικούς άξονες που αποτέλεσαν τις επιμέρους θεματικές ενότητες του ερωτηματολογίου, όπως γνώσεις πάνω στα εναλλακτικά υλικά δόμησης, ενημέρωση/ κατάρτιση όσον αφορά το αντικείμενο, εξοικονόμηση ενέργειας –συμπεριφορά υλικών ως προς το Περιβάλλον, αξιοπιστία υλικών καθώς και τα κριτήρια επιλογής φυσικών δομικών υλικών.

Στη συνέχεια στάλθηκε ηλεκτρονικά σε επαγγελματίες μηχανικούς που ασχολούνται με τον κατασκευαστικό τομέα ηλικιών από 20 -75 χρονών. Από το σύνολο των **160** ερωτηματολογίων που εστάλησαν, απαντήθηκαν τα **75**.

Το ερωτηματολόγιο αυτό μπορεί να αποτελέσει οδηγό και για μελλοντικές ερευνητικές εργασίες για φυσικά-καθαρά δομικά υλικά.

### 5.2 Μεθοδολογία και Σκοπός σύνταξης του Ερωτηματολογίου



(πηγή : [www.flickr.com](http://www.flickr.com) )

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τη σύνταξη του Ερωτηματολογίου προέκυψε μέσα από μία έρευνα τεσσάρων σταδίων :

Στο πρώτο στάδιο πραγματοποιήθηκε η δευτερογενής έρευνα, όπου έγινε εκτενής ανασκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας, ελληνικής και ξένης ,σχετικά με το συγκεκριμένο θέμα και η οποία αποσκοπούσε:

1) στον εντοπισμό προηγούμενων ερευνών με περιεχόμενο τα Φυσικά δομικά υλικά (όπως το άχυρο, τον πηλό ,τους γαιόσακους, τοίχους από συμπιεσμένη γη κτλ.) και κατασκευή κτηρίων με τα συγκεκριμένα υλικά στον ελλαδικό χώρο,

2) στον εντοπισμό υπαρχόντων εργαλείων μέτρησης ομοιοτήτων –διαφορών με τα Συμβατικά δομικά υλικά ( σκυρόδεμα, χάλυβα, ξύλο). Στα πλαίσια της δευτερογενούς έρευνας πραγματοποιήθηκαν συναντήσεις με υπευθύνους οργανώσεων (ομάδα πηλοίκο), ιδιοκτήτες κατασκευών με Εναλλακτικές Μεθόδους Δόμησης (Αίγινα ,Λαύριο), προκειμένου να παρασχεθούν στοιχεία για τη Φυσική Δόμηση στην Ελλάδα.

Στο δεύτερο στάδιο δημιουργήθηκε, με τη βοήθεια της βιβλιογραφίας και των αποτελεσμάτων της ποιοτικής έρευνας -και με δεδομένο ότι δεν εντοπίστηκε παρόμοιο ερωτηματολόγιο που θα μπορούσε να εξυπηρετήσει τους στόχους της σχετικής έρευνας- μετά από σύμπτυξη του αρχικού ειδικού Ερωτηματολογίου (όπου περιείχε θεματικές ενότητες για κάθε φυσικό δομικό υλικό ξεχωριστά) ένα αρχικό-γενικό ερωτηματολόγιο που αποτελείται από ένα πλήθος ερωτήσεων που κατηγοριοποιούνται στις εξής πέντε θεματικές ενότητες:

α)Γνώσεις πάνω στο αντικείμενο των εναλλακτικών υλικών δόμησης,

β) ενημέρωση/ κατάρτιση όσον αφορά το αντικείμενο

γ) εξοικονόμηση ενέργειας ,

δ) συμπεριφορά υλικών ως προς το Περιβάλλον,

ε) αξιοπιστία υλικών καθώς και τα κριτήρια επιλογής φυσικών δομικών υλικών.

Στο τρίτο στάδιο της έρευνας, έγινε ο έλεγχος του ερωτηματολογίου, ως προς το εννοιολογικό του περιεχόμενο και ως προς θέματα τεχνικής και εξασφαλίστηκε η εγκυρότητα περιεχομένου του ερωτηματολογίου. Όπου κρίθηκε αναγκαίο έγινε σύμπτυξη των δύο Ερωτηματολογίων(ειδικού και γενικού) που κατασκευάστηκαν στους θεματικούς υποάξονες προκειμένου να μειωθεί το μέγεθος του, χωρίς όμως να αλλοιωθεί η ποιότητα του και η δυνατότητα του παροχής πληροφοριών.

Με βάση την ολοκληρωμένη εκδοχή του Ερωτηματολογίου διενεργήθηκε μια πιλοτική έρευνα σε σύνολο **160 ερωτηθέντων** η οποία αποτέλεσε το *τέταρτο και τελικό στάδιο* της κατασκευής του Ερωτηματολογίου. Οι ερωτηθέντες είναι Εμπειρογνώμονες Αρχιτέκτονες , Πολιτικοί Μηχανικοί κτλ. από οργανώσεις φυσικής δόμησης(ομάδα πηλοίκο, μηχανικοί της γης, ανέλιξη, ομάδα κομπ κτλ.), από τον κατάλογο των Αρχιτεκτόνων Ελλάδος (<http://www.greekarchitects.gr> ), από το κατάλογο του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος και καθηγητές του τμήματος Πολιτικών Δομικών Έργων του Α.Τ.Ε.Ι Πειραιά.

Η τελική του μορφή κατασκευάστηκε σε ηλεκτρονική φόρμα ([https://docs.google.com/forms/d/1u\\_D7J4oHw4tHjuNYk3rEChkcHTeYzlf8oK4TH3jBZG8/viewform](https://docs.google.com/forms/d/1u_D7J4oHw4tHjuNYk3rEChkcHTeYzlf8oK4TH3jBZG8/viewform)) και εστάλη στους ερωτηθέντες. Παρέμεινε ενεργό για ένα μήνα περίπου (31 Μαΐου -28 Ιουνίου).

\*Το ερωτηματολόγιο είναι παρατεθειμένο στο **Παράρτημα** σε κείμενο εγγράφου.

Η έρευνα αυτή διενεργήθηκε από την πόλη της Αθήνας και απευθύνθηκε στους μηχανικούς της Αττικής αλλά και της υπόλοιπης Ελλάδας: όπως Θεσσαλονίκης, Χανίων, Λάρισας , Αίγινας κτλ.



Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η παρουσίαση του Ερωτηματολογίου σαν εργαλείο έρευνας και η αξιολόγηση Εναλλακτικών και Συμβατικών Μεθόδων Δόμησης άλλα και την σύγκριση τους με τις συμβατικές μεθόδους δόμησης.

Οι βασικές επιδιώξεις μέσω αυτού είναι : 1) να καταγραφούν οι Απόψεις/γνώσεις των εμπειρογνομόνων σε σχέση με τη φυσική δόμηση, 2) να αναφερθεί κατά πόσο είναι ενήμεροι για τη μέθοδο αυτή οι Αρχιτέκτονες και κατά πόσο έχουν εμπειρία πάνω σε αυτή, 3) να υπάρξει σύγκριση της εναλλακτικής μεθόδου με τη συμβατική όσον αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας των υλικών,4) τη συμπεριφορά των φυσικών αυτών υλικών ως προς το Περιβάλλον,5) την αξιοπιστία των υλικών καθώς και τα κριτήρια επιλογής τους από τους Αρχιτέκτονες.

Με τη μελέτη των παραπάνω θεμάτων εξετάζονται όλες οι διαστάσεις του θέματος ,όπως αυτές αναδείχθηκαν μέσα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και γίνεται προσπάθεια να κατανοηθούν δύο βασικά ζητήματα της έρευνας : α) επικρατούσα τάση όσον αφορά τις μεθόδους δόμησης και β)το επίπεδο επαγγελματικής κατάρτισης των μηχανικών σε αυτές.

### **5.3. Ανάλυση συγκεντρωθέντων στοιχείων- Αποτελέσματα και Συμπεράσματα από την σύγκριση των δύο μεθόδων**



✎ Επεξεργασία αυτής της φόρμας

## ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΜΕ ΘΕΜΑ "ΦΥΣΙΚΗ ΔΟΜΗΣΗ"

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Το παρόν ερωτηματολόγιο έχει ως σκοπό να καταγράψει την άποψη των ανθρώπων/ εμπειρογνομόνων(Αρχιτέκτονες ,Πολ.Μηχανικοί, Ξυλουργοί κτλ) για το αν γνωρίζουν για τη φυσική δόμηση και κατασκευή σπιτιών από άχυρο, πηλό ,γαιάσκαους και άλλων εναλλακτικών μεθόδων δόμησης στα πλαίσια της Πτυχιακής Εργασίας των φοιτητριών Μυγιάκη Εμμανουέλας και Νικίτα Μαρίας με θέμα Πτυχιακής «Διερεύνηση Εναλλακτικών Μεθόδων Δόμησης και σύγκριση με Συμβατικές Μεθόδους Κατασκευής». Το συγκεκριμένο ερωτηματολόγιο αξιολόγησης στόχο έχει να αποτελέσει το πρωτογενές υλικό για την περαιτέρω ποσοτικοποίηση των δεδομένων, έτσι ώστε έπειτα από την επεξεργασία τους να προκύψουν ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά που θα μας επιτρέψουν να παρακολουθήσουμε και να εξάγουμε συμπεράσματα για τους δείκτες συγκρισιμότητας μεταξύ των δυο αυτών Μεθόδων Δόμησης(Εναλλακτική- Συμβατική ) και την καταγραφή των ποιοτικών δεδομένων. Για την συμπλήρωση του ερωτηματολογίου παρακαλώ χρησιμοποιήστε την Βαθμολογική Κλίμακα και επιλέξτε την αντίστοιχη κουκίδα. (ΣΗΜΕΙΩΣΗ : Αιτιολογείτε /σκολιάζετε στα σκόλια ):

\* Απαιτείται

	ναι	ισως	όχι	ελάχιστα	αρκετά
Κλίμακα	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Φύλο \*

Ανδρας

Γυναίκα

Επάγγελμα \*

Το ερωτηματολόγιο διαμορφώθηκε σε **5 κατηγορίες** οι οποίες αναφέρονται στην υπάρχουσα κατάσταση στον Ελλαδικό χώρο αλλά και σε μελλοντικές προβλέψεις σχετικά με τη "Φυσική Δόμηση". Η πρώτη κατηγορία περιείχε γενικές ερωτήσεις όσον αφορά τις γνώσεις των Αρχιτεκτόνων-Πολ.Μηχανικών πάνω στις Εναλλακτικές Μεθόδους Δόμησης και την εμπειρία που μπορεί να έχουν πάνω στο αντικείμενο (βλ. Παράρτημα ερωτήσεις 1,2,3,10).

Η δεύτερη περιείχε ερωτήσεις όσον αφορά την ενημέρωση / αντίστοιχη κατάρτιση – εκπαίδευση πάνω στη φυσική δόμηση (βλ. Παράρτημα ερωτήσεις 5,6,15,16).

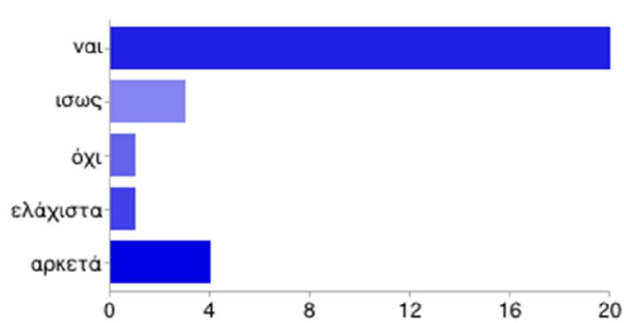
Η Τρίτη περιλαμβάνει το τι συμβαίνει στην κατασκευαστική αγορά και τους δείκτες προτίμησης των υλικών αυτών(βλ. Παράρτημα ερωτήσεις 4,7,8,9,11,12,14).

Η τέταρτη αναφέρεται στη νομοθεσία (βλ. Παράρτημα ερώτηση 13).

Η πέμπτη και τελευταία κατηγορία αναφέρεται στα κριτήρια επιλογής μεθόδου δόμησης (βλ. Παράρτημα ερώτηση 17).

Οι ερωτήσεις των 5 αυτών κατηγοριών τέθηκαν όχι ανά θεματική ενότητα, αλλά με ακανόνιστη σειρά. Αυτό πραγματοποιήθηκε για να 1) μην επηρεαστεί ο ερωτώμενος στις απαντήσεις του γνωρίζοντας σε ποια θεματική ενότητα ανήκουν οι ερωτήσεις και άρα τι εξετάζεται με αυτές, 2) για να διευκολυνθεί στην συμπλήρωση του ερωτηματολογίου, ζητώντας να απαντήσει στην αρχή τις γενικές, και άρα πιο εύκολες ερωτήσεις και στη συνέχεια τις ειδικές, που απαιτούσαν περισσότερη σκέψη, μειώνοντας έτσι την πιθανότητα να μην συμπληρώσει ολόκληρο το ερωτηματολόγιο λόγω κόπωσης όπως συνέβη στο αρχικό ειδικό Ερωτηματολόγιο όπου είχε κατασκευαστεί.

### Κλίμακα [null]



ναι	20	69%
ίσως	3	10%
όχι	1	3%
ελάχιστα	1	3%
αρκετά	4	14%

Συνοπτικός Πίνακας αποτελεσμάτων αξιολόγησης Εναλλακτικής Δόμησης

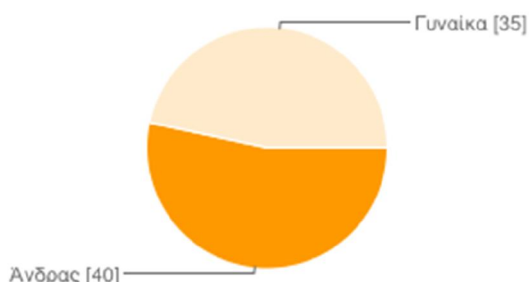
Τα αποτελέσματα της έρευνας ήταν αρκετά ικανοποιητικά αν σκεφτεί κανείς ότι για τα ελληνικά δεδομένα η Φυσική Δόμηση είναι κάτι νέο και βρίσκεται ακόμη σε εξέλιξη.

Από τους **160** ερωτηθέντες λάβαμε απαντήσεις από τους **75** κάτι λιγότερο από το **50%** των ερωτηθέντων.

Όπως παρατηρείται και από τον Συνοπτικό Πίνακα πάνω θα δείτε ότι το 69% των ερωτηθέντων απάντησε θετικά στη χρήση φυσικών δομικών υλικών για τη κατασκευή κτηρίων. Το 10% ήταν επιφυλακτικό κρατώντας μια αμυντική στάση απέναντι στη χρήση των υλικών αυτών καθώς δε τα γνωρίζει απόλυτα και υπάρχουν αμφιβολίες μιας και είναι κάτι καινούριο για αυτούς.

Αρχικά υπάρχουν 3 ερωτήσεις που αφορούν τα δημογραφικά στοιχεία του δείγματος (ηλικία, φύλο και επάγγελμα). Παρατηρείται ότι το ποσοστό των ερωτηθέντων είναι σχεδόν ισομερώς (40% έναντι 35% γυναίκες) όπως φαίνεται και στο διάγραμμα που ακολουθεί (βλ. Διάγραμμα 1)

### Φύλο

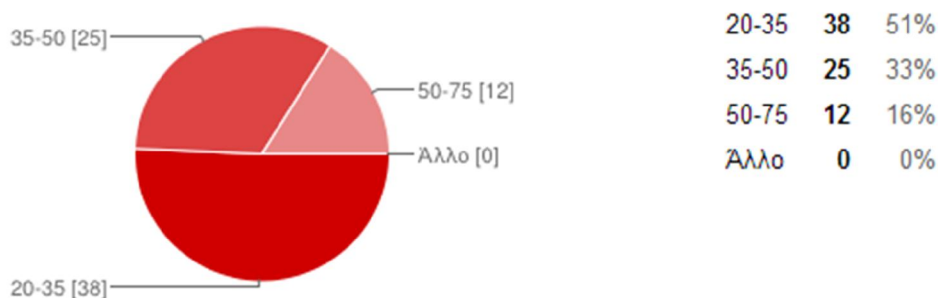


Άνδρας	40	53%
Γυναίκα	35	47%

Διάγραμμα 1 : Κατανομή με βάση το φύλο

Όσον αφορά στην ηλικία το δείγμα είναι σχεδόν κατανομημένο στην ηλικιακή ομάδα των 20-35 ετών με ποσοστό 51%. Στη συνέχεια ακολουθεί η ηλικιακή ομάδα των 35-50 ετών με ποσοστό 33%. Μόνο το 16% ανήκει στην ομάδα άνω των 50 ετών (βλ. Διάγραμμα 2). Εύκολα συμπεραίνεται ότι το δείγμα ανήκει στο πιο ενεργό, σύγχρονο και ενημερωμένο κομμάτι των Αρχιτεκτόνων – Πολ. Μηχανικών.

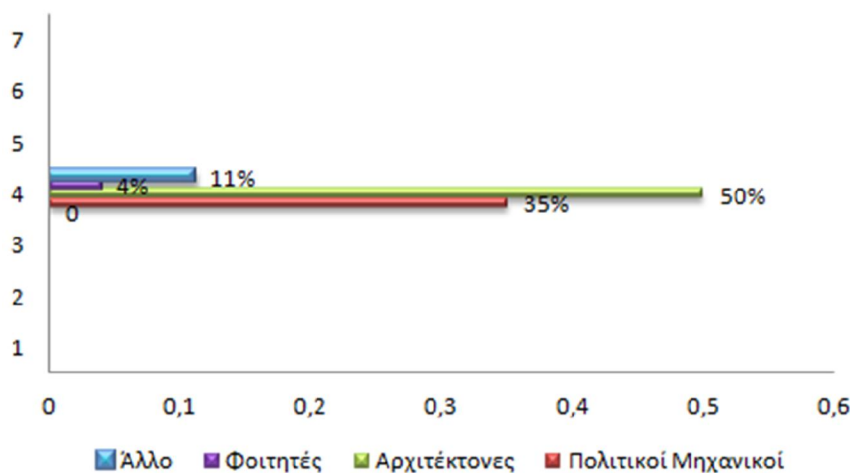
### Ηλικία



Διάγραμμα 2: Κατανομή με βάση την ηλικία

Στο Διάγραμμα 3 παρουσιάζεται το επάγγελμα του κάθε ερωτηθέν. Το μεγαλύτερο ποσοστό των ερωτηθέντων είναι Αρχιτέκτονες/Μηχανικοί σε ποσοστό 50%, ενώ ακολουθούν οι Πολιτικοί Μηχανικοί σε ποσοστό 35% ενώ μικρότερο ποσοστό (15%) έχουν άλλα επαγγέλματα όπως οικονομολόγοι, κατασκευαστές φυσικών σπιτιών, τεχνική εταιρία κατασκευής φυσικών σπιτιών κλπ.

### Επάγγελμα



Διάγραμμα 3 : Κατανομή με βάση το επάγγελμα

Στη συνέχεια θα αναλύσουμε όλα τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν μετά την έρευνα για κάθε κατηγορία οι οποίες χωρίστηκαν σε 3 μέρη : στις μεθόδους δόμησης τη παρούσα κατάσταση και σε μελλοντικές προβλέψεις/προτάσεις και τα κριτήρια επιλογής Μεθόδου δόμησης. Παρακάτω παρατίθενται τα ποσοστιαία διαγράμματα από κάθε κατηγορία ερώτησης.

Όλα τα αποτελέσματα λήφθηκαν υπόψη με βάση το φύλο, την ηλικία και το επάγγελμα.

## I. Μέθοδοι Δόμησης –παρούσα κατάσταση

### A) Γνώσεις – Εμπειρία Μηχανικών

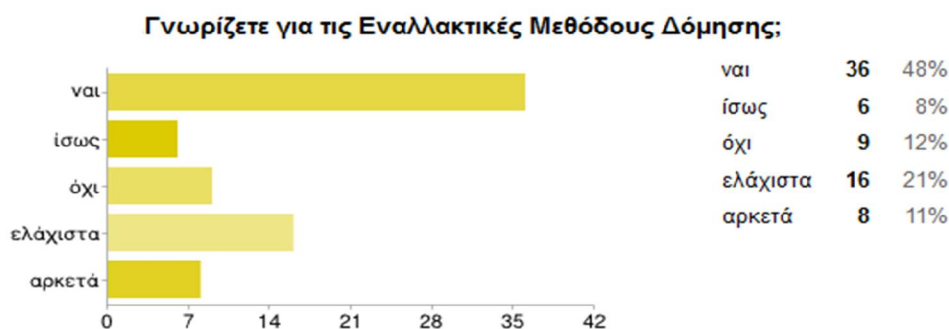
1. Γνωρίζετε για τις Εναλλακτικές Μεθόδους Δόμησης; \*

	ναι	ίσως	όχι	ελάχιστα	αρκετά
Κλίμακα	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. Έχετε εμπειρία στην κατασκευή σπιτιών με Εναλλακτικές Μεθόδους Δόμησης; \*

	ναι	ίσως	όχι	ελάχιστα	αρκετά
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Οι απαντήσεις που λήφθηκαν, για το αν γνωρίζουν για τις Εναλλακτικές Μεθόδους Δόμησης, ήταν θετικές καθώς παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των ερωτηθέντων γνωρίζει για τις Εναλλακτικές Μεθόδους Δόμησης (ποσοστό 59%-ναι και αρκετά απαντήσεις) ενώ μόνο το 21% δεν είναι πληροφορημένοι για το αντικείμενο που εξετάζουμε και καμία γνώση το 21% ποσοστό των ερωτηθέντων.

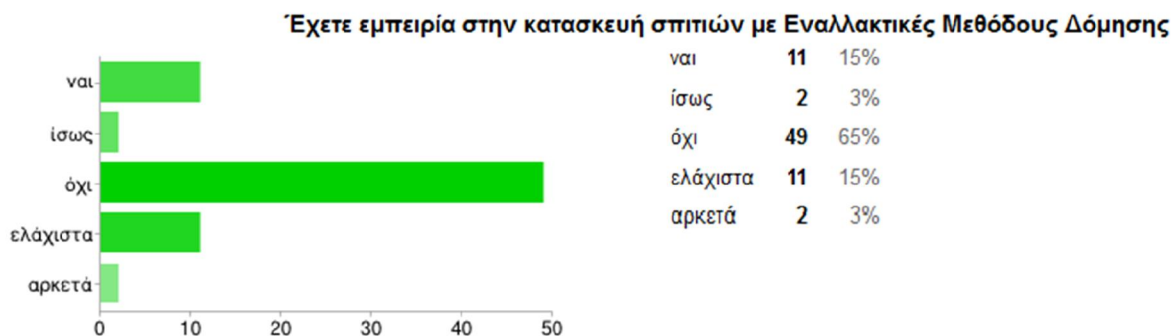


Διάγραμμα 4: Γνώσεις πάνω στις Εναλλακτικές Μεθόδους Δόμησης

Οι μέθοδοι όπου γνωρίζουν οι περισσότεροι ήταν με ωμόπλινθους, κομπ, άχυρο, μπαμπού, χρήση παλιών αυτοκινήτων με γέμιση χώματος, καλάμια, φελλός και φύκια για τη χρήση θερμομόνωσης, με πέτρα-λάσπη ,με γαιόσακους, ανακυκλώσιμα υλικά, με κοντέινερ, με rammed earth( τοίχοι από συμπιεσμένη γη).

Όσον αφορά το ερώτημα για το αν έχουν εμπειρία πάνω στο αντικείμενο , το μεγαλύτερο ποσοστό απάντησε αρνητικά , καθώς μόλις το 15% έχει εμπειρία πάνω στη κατασκευή φυσικών σπιτιών( βλ. Διάγραμμα 5), ενώ το 65% -μεγάλο ποσοστό δεν έχει καθόλου εμπειρία στη κατασκευή .Το μικρό ποσοστό του 15% έχει ασχοληθεί/ παρακολουθήσει σεμινάρια φυσικής δόμησης που γίνονται κατά διαστήματα από οργανώσεις κατασκευής

φυσικών σπιτιών συμμετέχοντας στη κατασκευή πειραματικών σπιτιών με άχυρο, πλιθιές, γαιόσακους, κομπ κ.α. και ελάχιστοι με τη μέθοδο των γαιοσάκων(ποσοστό 7%).



**Διάγραμμα 5:** Εμπειρία πάνω στις Εναλλακτικές Μεθόδους Δόμησης

## B) Ενημέρωση /Κατάρτιση

5. Κατά τη γνώμη σας υπάρχει η αρκετή ενημέρωση για τις Εναλλακτικές Μεθόδους Δόμησης; \*

ναί	ίσως	όχι	ελάχιστα	αρκετά
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Αν η παραπάνω ερώτηση 5 είναι αρνητική θα σας ενδιέφερε περισσότερη Ενημέρωση /Κατάρτιση πάνω στο θέμα; \*

ναί	ίσως	όχι	ελάχιστα	αρκετά
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

16. Κατά τη γνώμη σας θα ήταν προτιμότερο να προστεθεί η Εναλλακτική Δόμηση σε Σεμινάρια κατάρτισης των συνεργείων κατασκευής; \*

ναί	ίσως	όχι	ελάχιστα	αρκετά
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Στη δεύτερη κατηγορία όσον αφορά την ενημέρωση –εκπαίδευση η πλειοψηφία των συμμετεχόντων απάντησαν αρνητικά με ποσοστό 64%. Μόνο το 3% είναι ενημερωμένο όσον αφορά τις Εναλλακτικές Μεθόδους Δόμησης – μικρό ποσοστό το οποίο σε επόμενη ερώτηση που τους έγινε για το εάν θα ήθελαν να ενημερωθούν παρουσιάζεται θετικό και δεκτικό με ποσοστό 77%.

Από απαντήσεις που δόθηκαν οι ερωτηθέντες ανέφεραν ότι ενημερώθηκαν από διεθνείς σελίδες του διαδικτύου και από παρακολούθησεις κάποιων σεμιναρίων φυσικής δόμησης από οργανώσεις, όπου έχουν ξεκινήσει τα τελευταία 4-5 χρόνια στην Ελλάδα ,με ποσοστό 23% (βλ. Διάγραμμα 8) .



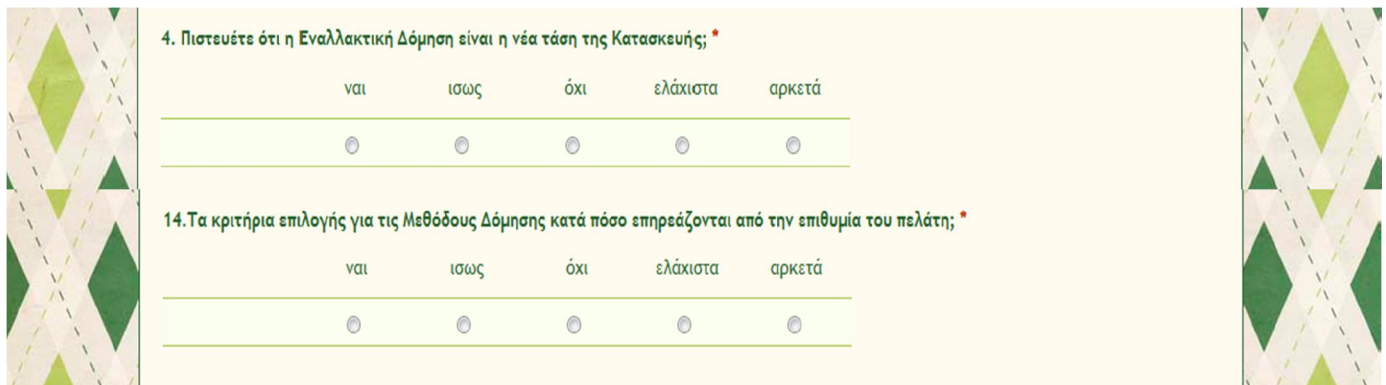
**Διάγραμμα 8:** Ενημέρωση σχετικά με τη φυσική δόμηση

Στην ερώτηση που έγινε σχετικά με, σχετική Κατάρτιση συνεργείων και ενδιαφερομένων για την κατασκευή φυσικών κτηρίων, τα αποτελέσματα είναι θετικά καθώς το 90 % θα ήθελε να υπάρξει σχετική κατάρτιση. Ενώ μόλις το 10 % είναι επιφυλακτικό και αυτό οφείλεται στην ηλικία καθώς αυτό το ποσοστό ήταν άνθρωποι ηλικίας άνω των 50 ετών όποτε δε θέλουν να καταρτιστούν ( βλ. Διάγραμμα 9 ).

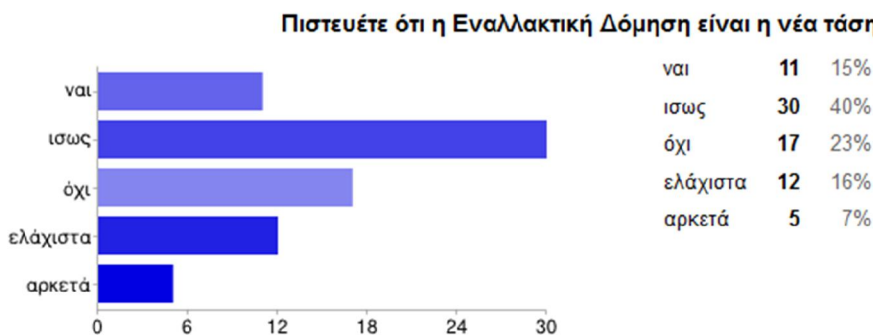


**Διάγραμμα 9:** Σεμινάρια Κατάρτισης συνεργείων Κατασκευής φυσικών σπιτιών

### Γ) Κατασκευαστική Αγορά/ Δείκτες προτίμησης



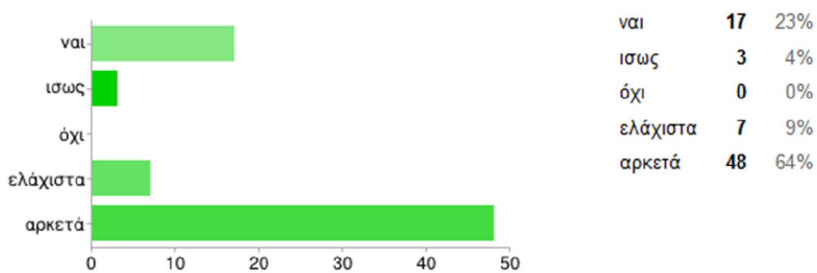
Μετά από ερωτήματα που τέθηκαν όσον αφορά το τι προτιμάτε στην Κατασκευαστική Αγορά τα αποτελέσματα ήταν ουδέτερα καθώς το 40 % των ερωτηθέντων πιστεύει ότι μπορεί και να είναι μια νέα λύση η κατασκευή με φυσικά υλικά. Μόνο το 22 % (απαντήσεις ναι και αρκετά) θεωρεί πως πλέον η Εναλλακτική Δόμηση επικρατεί στη παρούσα κατάσταση στην Αγορά(βλ. Διάγραμμα 6).



**Διάγραμμα 6: Τάση /Αγορά Αρχιτεκτονικής Κατασκευής**

Όταν ρωτήθηκαν οι συμμετέχοντες για το εάν παίζει σημαντικό ρόλο η επιθυμία του πελάτη το μεγαλύτερο ποσοστό 87 %(απαντήσεις ναι και αρκετά) απάντησε θετικά. Αυτό σημαίνει ότι την αρχή κάνει οι πελάτες – ιδιώτες ,γνωρίζοντας βέβαια για τα υλικά αυτά και εμπιστεύονται τον αντίστοιχο Αρχιτέκτονα/Μηχανικό. Μόνο ένα μικρό ποσοστό του 13 % απάντησε πως επηρεάζεται ελάχιστα από τον πελάτη(βλ. Διάγραμμα 7).

Τα κριτήρια επιλογής για τις Μεθόδους Δόμησης κατά πόσο επηρεάζονται από την επιθυμία του πελάτη;



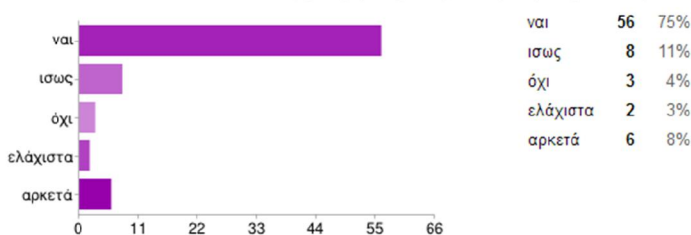
Διάγραμμα 7: Δείκτης Προτίμησης φυσικών υλικών με βάση την επιθυμία του πελάτη

## II. Μέθοδοι Δόμησης - Μελλοντική κατάσταση/Προτάσεις

### Δ) Εκπαίδευση

Όταν τέθηκε το ερώτημα για το εάν κρίνεται απαραίτητο να προστεθεί η Εναλλακτική Δόμηση στο Σύστημα Εκπαίδευσης – σε Πολυτεχνεία, τεχνολογικά ιδρύματα, σχολεία, ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό ατόμων απάντησε θετικά με ποσοστό 78% ενώ μικρό ήταν το ποσοστό των διστακτικών με το να υλοποιηθεί μια τέτοια κίνηση με ποσοστό 14%. Και σαφώς ελάχιστο το ποσοστό όσων δυσπιστούν με μια τέτοια δράση(4%) –(βλ. Διάγραμμα 10).

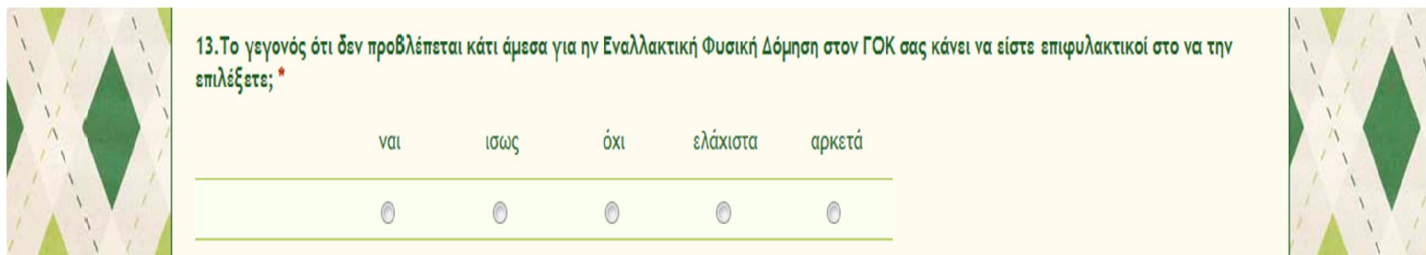
Κατά τη γνώμη σας θα ήταν προτιμότερο να προστεθεί η Εναλλακτική Δόμηση στο Σύστημα εκπαίδευσης :



Διάγραμμα 10 : Σύστημα εκπαίδευσης



## Ε) Αξιοπιστία υλικών/νομοθεσία



Σε ερωτήσεις που ακολούθησαν, ζητήθηκε να αξιοποιήσουν τα φυσικά δομικά υλικά σε σύγκριση με τα συμβατικά. Το μεγαλύτερο μέρος του συνόλου απάντησε με μία επιφύλαξη με ποσοστό 44%(απαντήσεις ίσως και ελάχιστα). Το υπόλοιπο 37% απάντησε ότι είναι εξίσου αξιόπιστα υλικά με αυτά των συμβατικών και ότι αξίζουν μια ευκαιρία και αυτά για να αποδείξουν τις ιδιότητες τους. Μόνο το 19% ήταν αρνητικό και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η Ελλάδα είναι, σε σύγκριση με άλλες χώρες πίσω στην ενημέρωση –κατάρτιση –εμπειρία.



**Διάγραμμα 11:** Αξιοπιστία υλικών

Οι απόψεις των συμμετεχόντων στην έρευνα για το καίριο θέμα του Νομοθετικού Πλαισίου σχετικά με το αν είναι ενήμεροι για τις αλλαγές στο Νέο Γ.Ο.Κ. και για το αν τους κάνει να είναι επιφυλακτικοί στην απόφασή τους να επιλέξουν φυσικά δομικά υλικά για το κτίσιμο μιας κατοικίας ήταν αρνητικές με ποσοστό 47% ενώ το 34% -αρκετά μεγάλο εξίσου τους κάνει να κρατάνε επιφυλάξεις σχετικά με το θέμα.



**Διάγραμμα 12 :** προβλέψεις από τη Νομοθεσία (Νέος Γ.Ο.Κ.)

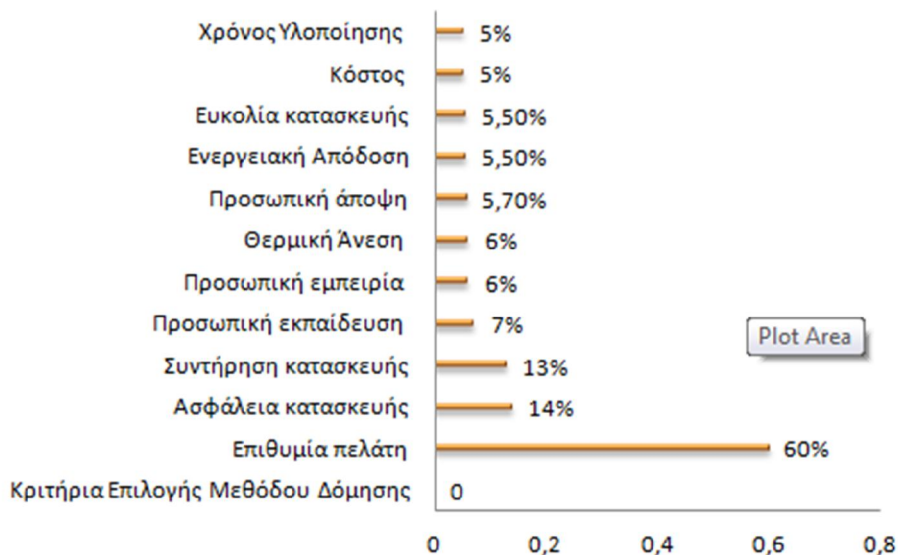
### III. Κριτήρια επιλογής μεθόδων δόμησης

17. Ποιά είναι τα Κριτήρια επιλογής σας ,όσον αφορά την Επιλογή Μεθόδου Δόμησης, που θεωρείτε πιο σημαντικά; [Αριθμήστε με σειρά προτεραιότητας από το 1(μέγιστη προτεραιότητα) μέχρι το 11 (ελάχιστη προτεραιότητα); *											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Επιθυμία Πελάτη	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Ασφάλεια Κατασκευής	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Συντήρηση Κατασκευής	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Προσωπική Εκπαίδευση	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Προσωπική Εμπειρία	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Ευκολία Κατασκευής (τεχν. κατάρτιση συνεργείου/υλικά)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Ενεργειακή Απόδοση Κατασκευής	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Οι Αρχιτέκτονες /Μηχανικοί στη συνέχεια κλήθηκαν να καταγράψουν ποια είναι τα πιο κύρια κριτήρια επιλογής κατά την γνώμη τους για τη μέθοδο που θα χρησιμοποιήσουν για να κατασκευαστεί ένα κτήριο και ποια είναι αυτά τοποθετώντας τα με σειρά προτεραιότητας από το κυριότερο έως το λιγότερο σημαντικό κριτήριο.

Πρωταρχικό κριτήριο επιλογής ήταν, και με μεγάλη ποσοτική διαφορά από τα άλλα, η **επιθυμία του πελάτη** (ποσοστό 60%). Κάτι το οποίο δεν μας έκανε ιδιαίτερη εντύπωση καθώς αυτός που αποφασίζει είναι ο ιδιοκτήτης –ενδιαφερόμενος κεφαλαιούχος.

Στη συνέχεια ακολουθεί η ασφάλεια της κατασκευής με ποσοστό 14% , τρίτο στη σειρά είναι η συντήρηση(13%) όπου χρειάζεται η κατασκευή. Με μικρές διαφορές μεταξύ τους είναι η Προσωπική εκπαίδευση των Αρχιτεκτόνων /Μηχανικών , η προσωπική εμπειρία πάνω στο αντικείμενο , η θερμική άνεση όπου προσφέρουν οι κατασκευές αυτές (ποσοστά 6-7%). Το κριτήριο το οποίο δε κρίνεται τόσο απαραίτητο είναι ο Χρόνος Υλοποίησης του έργου(ποσοστό 5%). Αν σκεφτεί κανείς και από τις συμβατικές κατασκευές δε νοιάζει απαραίτητα τον ιδιοκτήτη- ενδιαφερόμενο το πότε θα τελειώσει η κατασκευή αλλά για το αν θα είναι ανθεκτική και ασφαλής( βλ. Διάγραμμα 13).



Διάγραμμα 13: Κριτήρια Επιλογής Μεθόδου Δόμησης

❖ Άλλο

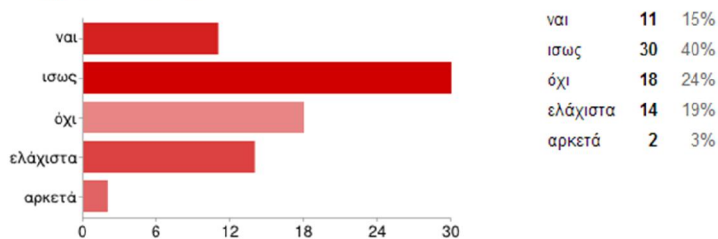
Εξίσου σημαντικά ερωτήματα όπου τέθηκαν στους συμμετέχοντες είναι η άποψή τους σχετικά με το αν θα μπορούσε να υπάρξει άνθιση κατοικιών με φυσικά υλικά στα αστικά κέντρα και όχι μόνο σε επαρχίες και νησιά, ήταν συγκρατημένη με ποσοστό 59%.

Αυτό συμβαίνει διότι είναι πολύ δύσκολο να κατασκευαστούν φυσικά κτήρια σε κεντρικά σημεία αφού είναι οικονομικά ασύμφορο και αδύνατον αν μιλάμε για αστικές ανάγκες όπως πχ πολυκατοικίες.

Πρέπει πρώτα να συζητήσουμε σε μεγαλύτερη [πολιτική, κοινωνική, πολεοδομική] κλίμακα για να αλλάξουμε τις δομές της πόλης. κατά τα άλλα κάποια φυσικά υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν, σε δάπεδα, σοβατίσματα κλπ. Όμως αυτό δε παύει να σημαίνει ότι δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί κάτι τέτοιο.

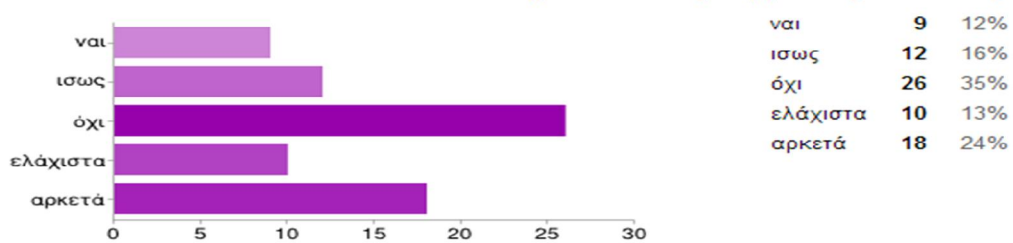
12.Θα μπορούσε να υπάρξει άνθιση κατοικιών με φυσικά δομικά υλικά σε αστικά κέντρα, όχι μόνο σε

επαρχίες και νησιά ;



Το σύνολο των συμμετεχόντων όταν τους ζητήθηκε να απαντήσουν στο ερώτημα για το αν είναι ευχαριστημένοι έως τώρα με τις Συμβατικές Μεθόδους Δόμησης το 35% απάντησε πως δεν είναι ενώ το άλλο 36% απάντησε πως είναι. Ακόμη ένα ποσοστό του 29% παρέμεινε ουδέτερο.

**Είστε ικανοποιημένοι απο τις Συμβατικές Μεθόδους Δόμησης;**



## 5.4 Συμπεράσματα Έρευνας



(πηγή : [www.flickr.com](http://www.flickr.com) )

Από τις αξιολογήσεις των απαντήσεων που έδωσαν οι Αρχιτέκτονες/ Μηχανικοί σχετικά με τα φυσικά – καθαρά δομικά υλικά , προκύπτουν μερικά αξιοσημείωτα συμπεράσματα.

Αρχικά τα δημογραφικά στοιχεία των ατόμων που συμμετείχαν στην έρευνα (φύλο, ηλικία, επάγγελμα) ήταν στη πλειοψηφία τους άντρες. Όσον αφορά την ηλικία το δείγμα ανήκει στην ηλικιακή ομάδα των 20 -35 ετών το πιο ενεργό ,σύγχρονο και ενημερωμένο κομμάτι των Αρχιτεκτόνων –Πολ. Μηχανικών. Με βάση το επάγγελμα περισσότεροι ήταν οι Αρχιτέκτονες καθώς το Ερωτηματολόγιο το αποστείλαμε σε εγγεγραμμένους Αρχιτέκτονες όπου βρήκαμε στον αρχιτεκτονικό κατάλογο της Ελλάδος.

Με μία πρώτη ματιά οι απαντήσεις των συμμετεχόντων στην έρευνα για τη κατασκευή κτηρίων με φυσικά υλικά είναι θετικές. Το μεγαλύτερο ποσοστό του συνόλου γνωρίζει και ενημερώνεται σχετικά με τη Φυσική Δόμηση. Λόγω του ότι η μέθοδος αυτή –αν και παλιά –είναι κάτι πρωτοποριακό για τα ελληνικά δεδομένα και ανθίζει με πιο αργούς ρυθμούς από ότι στο εξωτερικό. Το σύνολο των ερωτηθέντων δεν έχει την απαραίτητη επαγγελματική κατάρτιση αλλά είναι δεκτικό στο να μάθει.

Τα αποτελέσματα της έρευνας καταδεικνύουν ότι η Εναλλακτική Φυσική Δόμηση μπορεί να γίνει εξίσου δημοφιλής με τη Συμβατική. Βέβαια το μεγαλύτερο ποσοστό των θετικά προς την Εναλλακτική Δόμηση προσκείμενων δεν είναι επαγγελματικά καταρτισμένο ούτε έχει εμπειρία από την κατασκευή. Αυτό σημαίνει ότι θεωρητικά υπάρχει μια θετική τάση πρακτικά από πλευράς της πολιτείας και την επικρατούσα αγορά οι υποδομές όμως δεν είναι έτοιμες.

Τέλος αξ σημειωθεί ότι βασικό κριτήριο για την εφαρμογή Εναλλακτικών Μεθόδων των μηχανικών είναι η *επιθυμία του πελάτη*, που σημαίνει ότι αν ο πελάτης δεν επιθυμεί εναλλακτικές μεθόδους, η κατασκευή καταλήγει πάλι στις συμβατικές.

Η πρόθεση και ο σκοπός της Εναλλακτικής αρχιτεκτονικής είναι να δημιουργήσει χώρους για την καλύτερη αειφόρο διαβίωση – χώρους που προκαλούν ελάχιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τα υλικά χρήσης του περιορίζουν την εκμετάλλευση του περιβάλλοντος και τις αρνητικές επιπτώσεις. Αυτό αντιπροσωπεύει μία μοναδική και απίστευτα μεγάλη προσέγγιση. Ωστόσο, τα οφέλη είναι πολλά και περιλαμβάνουν μακροπρόθεσμα πλεονεκτήματα.

---

Πηγές – παραπομπές: [Ερωτηματολόγιο με θέμα "ΦΥΣΙΚΗ -ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΔΟΜΗΣΗ".docx](#)

[https://docs.google.com/forms/d/1u\\_D7J4oHw4tHjuNYk3rEChkcHTeYzlf8oK4TH3jBZG8/viewform](https://docs.google.com/forms/d/1u_D7J4oHw4tHjuNYk3rEChkcHTeYzlf8oK4TH3jBZG8/viewform)

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Από την διερεύνηση που πραγματοποιήθηκε, γίνεται φανερό πως Εναλλακτικά υλικά και μέθοδοι κατασκευής μπορούν να μειώσουν τον αρνητικό αντίκτυπο της συμβατικής οικοδομικής δραστηριότητας, που περιορίζεται κυρίως στην χρήση του σκυροδέματος, του χάλυβα και του ξύλου στο περιβάλλον.

Τα υλικά που εξετάστηκαν δεν είναι τόσο διαδεδομένα στον χώρο της σύγχρονης κατασκευής, ωστόσο για ορισμένες περιοχές του κόσμου αποτελούν ίσως και την μοναδική λύση δόμησης. Επιπλέον, η περιορισμένη χρήση τους σε προσωρινές κατασκευές, όπως καταφύγια, καθώς η εφαρμογή τους σε αναπτυσσόμενες χώρες έχει οδηγήσει στην αντίληψη ότι πρόκειται για υλικά χαμηλής ποιότητας και μειωμένων αντοχών.

Ωστόσο, οι βασικές αιτίες που περιορίζουν την χρήση τους σε σύγχρονες κατασκευές οφείλονται στην έλλειψη τεχνογνωσίας, στην απουσία ενός γενικού κανόνα δόμησης και στην έλλειψη ενημέρωσης σχετικά με τις ιδιότητες και τις μηχανικές τους αντοχές.

Γι' αυτό το λόγο στην ερευνά μας επικεντρωθήκαμε στην ανάλυση των μηχανικών ιδιοτήτων του κάθε υλικού. Τα αποτελέσματα ήταν θετικά καθώς μετά από εργαστηριακές έρευνες/δοκιμές, όπου διεξήχθησαν σε Πανεπιστήμια της Αγγλίας κ.α., κατασκευές με τοίχους πλήρωσης από φυσικά δομικά υλικά (όπως αχυρόμπαλες, πηλό, ωμόπλινθοι κ.α) απέδειξαν ότι μπορούν να υποστηρίξουν και να αντέξουν σημαντικά φορτία. Εκτός αυτού το κόστος κατασκευής με φυσικά υλικά είναι αρκετά χαμηλό καθώς τα υλικά αυτά διατίθενται απεριόριστα από τη φύση.

Αναμφισβήτητα, όπως προαναφέρθηκε, τα υλικά αυτά δε θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν τα συμβατικά, ωστόσο θα μπορούσαν να συνεργασθούν με αυτά σε σύμμεικτες κατασκευές. Σε αυτήν την περίπτωση, αξιολογούνται οι βιοκλιματικές ιδιότητες του υλικού, αποφεύγοντας την χρήση παθητικών συστημάτων και προσδίδοντας ένα άρτιο αισθητικό αποτέλεσμα. Μια ακόμα πρόταση θα ήταν η χρήση σε κτίρια χαμηλής δόμησης όπως σε αγροτικές κατοικίες.

Παραδείγματα κατασκευών που έχουν γίνει στην Ελλάδα τη τελευταία δεκαετία, αποδεικνύουν ότι εξοικονομούν ενέργεια, έχουν άριστες θερμικές ιδιότητες και επιβαρύνουν ελάχιστα το Περιβάλλον, δεδομένης της μειωμένης εκπομπής ρύπων κατά την θέρμανση και την ψύξη των κτιρίων. Ωστόσο υπήρχαν περιπτώσεις σπιτιών τα οποία είχαν φθορές κατά τη διάρκεια των ετών, ενώ αλλά (περίπτωση Αχυρόσπιτου στο Λαύριο) καταστράφηκαν λόγω έλλειψης τεχνογνωσίας και όχι λόγω αδυναμίας του υλικού.

Επιπλέον μετά την έρευνα όπου έγινε με βάση ενός Ερωτηματολογίου, το οποίο δόθηκε σε Αρχιτέκτονες/Μηχανικούς, τα αποτελέσματα αποδεικνύουν ότι η Εναλλακτική Δόμηση έχει ξεκινήσει να εξαπλώνεται με αργούς αλλά σταθερούς ρυθμούς στην Σύγχρονη Αρχιτεκτονική. Το μεγαλύτερο ποσοστό των ερωτηθέντων απάντησε θετικά στη χρήση των Εναλλακτικών Μεθόδων στις κατασκευές όμως το γνωστικό τους επίπεδο και η επαγγελματική τους κατάρτιση είναι περιορισμένες. Αυτό σημαίνει ότι θεωρητικά και πρακτικά υπάρχει μια θετική τάση για την εφαρμογή των μεθόδων αυτών, από πλευράς των πολιτών αλλά και της επικρατούσας αγοράς, όμως οι υποδομές δεν μπορούν να ανταπεξέλθουν ακόμα στον ίδιο βαθμό. Για να γίνει η Εναλλακτική Δόμηση ,τρόπος ζωής θα πρέπει να γνωρίσουμε τις διαθέσιμες μεθόδους και να διευρύνουμε το γνωστικό μας επίπεδο πάνω στα τεχνικά ζητήματα των κατασκευών. Είναι χρήσιμο και αναγκαίο για έναν Μηχανικό να μπορεί να έχει κατάρτιση στο τομέα της Φυσικής Δόμησης γιατί αφενός είναι πρωτοποριακό και αφετέρου είναι απαραίτητο να υπάρχουν καθώς είναι φιλικές ως προς το Περιβάλλον.

Πρωταρχικό βήμα θα ήταν να εισαχθούν οι Εναλλακτικές Μέθοδοι Δόμησης στη τριτοβάθμια εκπαίδευση.

Εν συνεχεία θα πρέπει να είμαστε σε θέση να εκμεταλλευτούμε όλα τα διαθέσιμα μέσα προώθησης της Εναλλακτικής Δόμησης. Οι επιλογές προώθησης μπορούν να ξεκινήσουν από το Διαδίκτυο μέσω ενημερωτικών ιστοσελίδων σε πανελλήνιο επίπεδο. Με αυτό τον τρόπο θα γίνει πιο προσιτή η ενημέρωση από τη πλευρά των ενδιαφερόμενων. Επιπλέον οι Δήμοι της κάθε περιοχής θα μπορούσαν να εντάξουν στα προγράμματα τους ανοικτές Ημερίδες, όπου εμπειρογνώμονες θα παρουσιάζουν τις γνώσεις τους για την κάθε μέθοδο και θα καλύπτουν οποιαδήποτε απορία των συμμετεχόντων. Όσον αφορά το νομοθετικό πλαίσιο πρέπει να σημειωθεί ότι συμπεριλαμβάνει με αργούς ρυθμούς και την Οικολογική Δόμηση στο χώρο της κατασκευαστικής Αρχιτεκτονικής.

Ο Νέος Γ.Ο.Κ. έχει κάνει την αρχή με μικρά βήματα( προσθήκες σχετικών άρθρων σχετικά με το αντικείμενο ) ενώ αναμένεται ότι κάποια στιγμή θα επέλθει το επιθυμητό αποτέλεσμα, να ενταχθούν δηλαδή οι Εναλλακτικές Μέθοδοι δόμησης στο Νομοθετικό πλαίσιο και επίσημα.

Τέλος, ελπίζουμε τέτοια υλικά όπως και άλλα παρόμοια , που προέρχονται από την φύση , να αποτελέσουν στο μέλλον αντικείμενο μίας πιο εκτεταμένης έρευνας που θα δημιουργήσει τις προϋποθέσεις για μία αρχιτεκτονική πιο φιλική στο Περιβάλλον και τον Άνθρωπο.





## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ/ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΜΗΣΗΣ

#### *Ελληνική Βιβλιογραφία*

- ❖ **Ανδρεαδάκη Ελένη**, 2006, *Βιοκλιματικός σχεδιασμός, Περιβάλλον & Βιωσιμότητα*, Εκδόσεις University Studio Press
- ❖ **Αυγερινός Δήμος**, 2009, *Οικολογικά Πειράματα με απλά υλικά* εκδόσεις Σαββάλας, Αθήνα
- ❖ **Ευθυμίου Ηλίας**, 2000, Συντονιστής έργου *Οικολογική Δόμηση – ένας οδηγός για τον βιοκλιματικό σχεδιασμό, τις νέες τεχνολογίες, τα φιλικά προς το περιβάλλον υλικά και τα αποδοτικά συστήματα στον τομέα της κατασκευής των κτιρίων*, Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών (ΔΙΠΕ) – Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας & Δημόσιων Έργων, Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα
- ❖ **Gausin-Muller, Dominique**, 2003, *Οικολογική Αρχιτεκτονική*, Εκδόσεις ΚΤΙΡΙΟ
- ❖ **Θεοχαρίδου Κ.**, 1992, *Πηλός Πλιθιάς και Λασπόκτιστες κατασκευές-Οπτόπλινθοι*, Επιστημονικό έργο ΤΕΕ
- ❖ **Ίδρυμα Ευγενίδου** – *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός κτιρίων*
- ❖ **Καρβούνης Σωτήρης – Γεωργακέλλος Δημήτριος**, 2003 *Διαχείριση του Περιβάλλοντος*, Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε.
- ❖ **Λάσκαρη Κ.**, *Διαχείριση φυσικών πόρων και προστασία του Περιβάλλοντος, προβλήματα και ειδικές προσεγγίσεις*, Έκδοση ΕΜΠ Αθήνα
- ❖ **Κίμωνας Χατζημήτρος**, Γ' έκδοση 2007, *Οικολογία – Οικοσυστήματα & Προστασία περιβάλλοντος*, εκδόσεις Συμμετρία
- ❖ **Τσιπύρας Κώστας Σ. - Τσιπύρας Θέμης Σ.**, 2005, *Οικολογική Αρχιτεκτονική*, Βιοκλιματική αρχιτεκτονική, οικολογική δόμηση, γεωβιολογία, εσωτέρα αρχιτεκτονική, Εκδόσεις ΚΕΔΡΟΣ
- ❖ **Ορλανδός Αναστάσιος**, 1995, *Τα υλικά δομής των αρχαίων Ελλήνων*
- ❖ **Henrich Schmitt- Andreas Heene**, *ΚΤΙΡΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ*, Εκδόσεις Γκιούρδας
- ❖ *ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ*, Κανονισμός σχολικών κτιρίων Α.Ε., Γενική Διεύθυνση Έργων / Διεύθυνση Συμβατικών Έργων ([www.osk.gr](http://www.osk.gr))
- ❖ **Ι.Βάγιας, Ι.Ερμούπουλος, Γ.Ιωαννίδης**, *Σχεδιασμός δομικών έργων από χάλυβα με βάση τα τελικά κείμενα των Ευρωκωδίκων*
- ❖ **Υπουργείο Οικονομίας και Οικονομικών / Υπουργείο Περιβάλλοντος και Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων**, *Πρότυπα Τεύχη για Περιφερειακά έργα*, Γενική τεχνική συγγραφή υποχρεώσεων – τοιχοποιίες, <http://www.hellaskps.gr>
- ❖ **Γ.Γ.Πενέλης, Α.Ι.Κάπος**, *Αντισεισμικές Κατασκευές από Σκυρόδεμα*

#### Διαλέξεις – Διπλωματικές

- ❖ **Βαλταρά Σοφία - Μουτσάτου Κατερίνα**, Διάλεξη 2005 *Ανακύκλωση κτιρίων*
- ❖ **Δούλκαρη Αικατερίνη-Θεοδώρα Καζάκου**, Διάλεξη 2009 *Οικολογικά Υλικά & Μέθοδοι εναλλακτικής Δόμησης*, ΕΜΠ
- ❖ **Καραϊσκού Ελένη - Ελένη Μαλαματένιου- Φαίδρα Οικονομοπούλου**, Διάλεξη 2008 *Αρχιτεκτονική & Ανακύκλωση : μια σχέση αλληλεπίδρασης*
- ❖ **Λαχανά Παναγιώτα**, Διάλεξη 2010, *Ενέλικτη κατοίκηση : οι περιπτώσεις Actar & Shigeru Ban*, ΕΜΠ

- ❖ **Μπέη Γεωργία** ,Διατριβή 2004-ΑΠΘ,*Τοιχοποιία από πηλό: Πειραματική διερεύνηση μηχανικών και φυσικών χαρακτηριστικών δομικών μονάδων και τοίχων από συμπιεσμένες ωμόπλινθους*
- ❖ **Μπάβελος Χρήστος – Μπουζούκου Μαριάννα** ,Διπλωματική Εργασία με θέμα «Συγκριτική μελέτη ενισχύσεων τοιχοποιίας με σύνθετα υλικά οργανικής και ανόργανης μήτρας ,Πάτρα Ιούνιος 2005
- ❖ **Νάτση Αντιγόνη** ,*Διάλεξη 2003, Ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση οικοδομικών υλικών για βιώσιμο σχεδιασμό*
- ❖ **Πάνος Ντόας** ,Διπλωματική Εργασία ,2013 ,*Ολοκληρωμένη περιβαλλοντική αξιολόγηση οπτόπλινθων*, Θεσσαλονίκη
- ❖ **Παπαθανάση Μαρία- Ζωή** , Διπλωματική 1994 ,*Παραγωγή Χαρτομάζας από ξύλο και άχυρο κατά τεχνικοεπιστημονική ανάλυση σύγκρισης κόστους μεταξύ των υπάρχουσών λύσεων και της λύσης που προσφέρεται με την νέα αρχή σχεδιασμού καθαρών τεχνολογιών*, ΕΜΠ
- ❖ **Πριμίκυρη Αγγελική** ,Διπλωματική 2008 , *Η αρχιτεκτονική της ωμής αργίλου ως συνιστώσα βιοκλιματικού σχεδιασμού & της οικολογικής δόμησης και διερεύνηση εφαρμογής της σε περιοχές Θεσσαλικού κάμπου*
- ❖ **Ρίζου Αθανασία** ,Διάλεξη 2009 , *Κατασκευές από χώμα*, ΕΜΠ
- ❖ **Σινάνης Θεμιστοκλής – Τσάτσαρης Γ.**, Διπλωματική εργασία με θέμα :*Ανάλυση βελτιστοποίηση κατανάλωσης κτηρίου λαμβανόμενης υπόψη της θερμικής μάζας του*, Θεσσαλονίκη 2008  
[http://vivliothmy.ee.auth.gr/383/1/diplomatiki\\_ergasia\\_tsatsaris\\_sinanis.pdf](http://vivliothmy.ee.auth.gr/383/1/diplomatiki_ergasia_tsatsaris_sinanis.pdf)
- ❖ **Φ. Τσανάκα, Η. Τσιριγώτη** ,*Διάλεξη 1992 , Κτίρια από φέρουσα οπτοπλινθοδομή*, ΕΜΠ
- ❖ **Περυσινάκη Δ.Παρασκευή** , 2012,Διπλωματική εργασία ,*Διερεύνηση Των Οικολογικών Ιδιοτήτων Του Σκυροδέματος*, ΕΜΠ
- ❖ **Αραβατινού-Φατώρου Αικατερίνη ,Δημητρόπουλος Βασίλειος** ,2012,Διπλωματική εργασία , *Διερεύνηση Παραγόντων Που Επηρεάζουν Τη Διαπερατότητα Του Σκυροδέματος*, ΕΜΠ
- ❖ **Πετεινάκη Μαρία – Τούντη Όλγα**, 2003 ,*Future systems - Norman Foster - Soleri - Shigeru Ban : 4 προσεγγίσεις στην οικολογική αρχιτεκτονική*
- ❖ **Χαραμουντάνη Χριστίνα -Γκολφινόπουλος Κωνστ.**,2011 ,*Οι Εναλλακτικές Καθαρές Τεχνολογίες Δόμησης στην Ελλάδα*

### Λιδακτορικές Διατριβές

- ❖ **Αλέξανδρος Σταθάτος** , 2011,Διατριβή Ε.Μ.Π. με θέμα « έρευνα & ανάπτυξη οπλισμένης οπτοπλινθοδομής για την κατασκευή κτηρίων σε σεισμογενής περιοχές,

### *Ξένη Βιβλιογραφία*

- ❖ **Gausa Manuel** ,Barcelona ,Actar 2003 ,*The metapolis dictionary of advanced architecture City ,technology and society in the information age*
- ❖ **Bainbridge David** , *The straw bale house*
- ❖ **King Bruce P.E.**, 1996, *Building of Earth and Straw, Structural Design for Rammed earth and straw-bale Architecture* ,Ecological Design Press
- ❖ **King Bruce** ,*Load-Bearing Straw Bale Construction –A summary of worldwide testing and experience*, June 2003
- ❖ **C. Williams- Ellis John and Elizabeth Eastwick-Field** , 1947,*Building in Cob ,Pise and Stabilized Earth* ,Country Life London David Easton , *Dwelling on Earth*
- ❖ **Matts Myhrman** ,Arizona 1995 ,*Built it with bales*

- ❖ **Canadian Society of Agricultural Engineering**, Ottawa Ontario 1998 ,*Developing and Proof testing the prestressed “Nebraska Method” for improved production of baled fibre housing*
- ❖ **Peter Collymore** , *House Conversion and Renewal*
- ❖ **Minke Gernot** , *Building with Earth- Design and Technology of a Sustainable Architecture*
- ❖ **Martin Pauley** ,1975,*Garbage Housing*, Sussex : Architectural Press
- ❖ **Annik David** – *Handbook of sustainable building*
- ❖ **Williams-Ellis, Clough** –*Cottage Building in cob, pise chalk & clay*
- ❖ **Kibert Charles** , *Sustainable construction, green building and delivery*
- ❖ **Spiegel Ross** , *Green building materials: A guide to product selection and specifications*
- ❖ **Ted Owens** , *Building with awareness the construction of a hybrid home*
- ❖ **Wilson Alex** -*Your Green home*
- ❖ **Hugo Houben and Hubert Guillaud**, 1994,*Earth Construction-a comprehensive guide*
- ❖ **P. Doat, A. Hays, H. Houben, S. Matuk & F. Vitoux** ,(CRATerre, France), *Building with Earth*
- ❖ **Lynne Elizabeth, Cassandra Adams** , *Alternative Construction -Contemporary Natural Building Methods*
- ❖ **Adam Weismann and Katy Bruce**, *Building with Cob: a Step-by-Step Guide*
- ❖ **Ianto Evans, Michael Smith & Linda Smiley**, *The Hand Sculpted House*
- ❖ **Kaki Hunter ,Donald Kiffmeyer** ,*Earthbag Building : The tools Tricks and Techniques (Natural Building Series)* (<http://weblife.org/cob/index.html>)
- ❖ **Clarke Snell & Tim Callahan**, *Building Green*
- ❖ **Ronald Rael** , *Earth Architecture*
- ❖ **Kiko Denzen**, *Build your own Earth Oven*
- ❖ **Bryce Callaghan Daigle**, 2008, *EARTHBAG HOUSING: STRUCTURAL BEHAVIOUR AND APPLICABILITY IN DEVELOPING COUNTRIES* , *Queens University* ([http://earthbagbuilding.com/pdf/Daigle\\_Bryce\\_C\\_200809\\_MScEng.pdf](http://earthbagbuilding.com/pdf/Daigle_Bryce_C_200809_MScEng.pdf) )
- ❖ **Nikul Vadgama** , *A material and structural analysis of Earthbag housing* (<http://earthbagbuilding.com/pdf/vadgama.pdf> )
- ❖ **Stephen Vardy**, *STRUCTURAL BEHAVIOUR OF PLASTERED STRAW BALE ASSEMBLIES UNDER CONCENTRIC AND ECCENTRIC LOADING*
- ❖ **Paul Lacinski, Michel Bergeron**, *Serious Straw Bale: A Home Construction Guide*
- ❖ **Michael Faire – Dr. John Shang** , A pilot study examining the strength ,compressibility and serviceability of rendered straw bale walls for two-storey load bearing construction & A pilot study examining and comparing the load- bearing capacity and behavior of an earth rendered strawbale wall to cement rendered straw bale wall
- ❖ **Stephen Vardy-Colin MacDougall** , *Compressive testing and analysis of plastered straw bales*
- ❖ **John Brennan**, *Green Architecture*
- ❖ **Kennedy, J., Smith, M. and Wanek, C.**, 2002. *The Art of Natural Building: Design, Construction, Resources*. Gabriola Island, BC
- ❖ **Woolley Tom**, 2006,*Natural Building: A Guide to Materials and Techniques*
- ❖ **Peter Walker , Rowland Keable, Joe Martin, Vasilios Maniatidis** ,*Rammed Earth-Design and construction guidelines*, 2010
- ❖ **David Easton Cynthia Wright** , *The rammed earth house*

### *Περιοδικά/Άρθρα*

- ❖ KTIPIO
- ❖ APXITEKTONIKH

- ❖ Ελληνικές Κατασκευές
- ❖ **Άρθρο LINDA WATSON**, *Earth as a British building material*
- ❖ <http://www.scribd.com/doc/77112202/LOW-TECH-%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B9%CF%84%CE%B5%CE%BA%CF%84%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CE%A4%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CE%B1%CE%B9%CF%87%CE%BC%CE%AE-%CE%AE-%CE%B1%CE%B9%CF%87%CE%BC%CE%AE-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CF%82>
- ❖ **Άρθρο Lynne Robinson**, *Out of Iowa : Students learn more than Materials Engineering in Mali* ([www.tms.org/jom.html](http://www.tms.org/jom.html)), December 2010
- ❖ <http://www.heal-link.gr>
- ❖ Ύλη & Κτήριο <http://www.ili-ktirio.gr>
- ❖ <http://www.devonearthbuilding.com/newsletter/8.pdf>

### Διημερίδες

- ❖ Παρακολούθηση Διημερίδας της Ομάδας Πηλοίκου (<http://www.piliko.gr/news.html#KAM>) με θέμα "Κτίζοντας με φυσικά υλικά", Τόπος διεξαγωγής Κ.Ε.Π.Π.Ε.ΔΗ.Χ-Κ.Α.Μ, Χανιά  
(1. <http://www.akzero.org>, 2. [http://www.casediterra.it/index\\_content.htm](http://www.casediterra.it/index_content.htm), 3. <http://www.terracruda.org>, 4. <http://www.pantarei-cea.it>, 5. <http://www.abitaremediterraneo.eu/>, 6. <http://trecc.weebly.com>, 7. <http://rahovitz.org>, 8. [www.cannabric.com](http://www.cannabric.com), 9. <http://investigaciocanyera.blogspot.com.es>, 10. <http://esfa.entitatsbcn.net/>, 11. <http://degenhettenbach.ch/>)

### Ιστοσελίδες

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

- ❖ **Άχυρο**  
[www.greenliving.lovetoknow.com](http://www.greenliving.lovetoknow.com)  
[http://www.forkeatea.com/2011/04/blog-post\\_5843.html](http://www.forkeatea.com/2011/04/blog-post_5843.html)  
<http://ecology-salonika.org/2010/11/27/seminar-on-straw-bale-construction-in-vitina-arkadia/>  
<http://www.tanea.gr/ellada/article/?aid=4518172>  
[http://catspaw.its.queensu.ca/bitstream/1974/1897/1/Vardy\\_Stephen\\_P\\_200905\\_PhD.pdf](http://catspaw.its.queensu.ca/bitstream/1974/1897/1/Vardy_Stephen_P_200905_PhD.pdf)  
<http://www.scribd.com/doc/144173131/Building-Your-Straw-Bale-Home>  
<http://www.journalofgreenbuilding.com/doi/abs/10.3992/jgb.1.1.63>  
[http://opus.bath.ac.uk/20663/1/UnivBath\\_MPhil\\_2009\\_C\\_Gross.pdf](http://opus.bath.ac.uk/20663/1/UnivBath_MPhil_2009_C_Gross.pdf)  
[www.flowmagazine.gr](http://www.flowmagazine.gr)  
[http://dionildc.blogspot.gr/2012/11/blog-post\\_30.html](http://dionildc.blogspot.gr/2012/11/blog-post_30.html)  
<http://www.motherearthnews.com/green-homes/expert-advice-on-straw-bale-building.aspx#axzz2ea5ror7q>  
[http://www.amazon.com/Serious-Straw-Bale-Construction-Climates/dp/1890132640/ref=sr\\_1\\_1?ie=UTF8&qid=1374770793&sr=8-1&keywords=strawbale+construction](http://www.amazon.com/Serious-Straw-Bale-Construction-Climates/dp/1890132640/ref=sr_1_1?ie=UTF8&qid=1374770793&sr=8-1&keywords=strawbale+construction)  
  
<http://www.google.gr/search?q=%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%BF%CF%87%CE%B7+%CF%83%CF%84%CE%B7+%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CE%B1+%CE%B1%CF%87%CF%85%CF%81%CE%B7+%CF%84%CE%BD%CF%84%CE%BF%CF%87%CE%B7+%CF%83%CF%84%CE%B7+%CF%86>

<http://www.nationaltrust.org.uk/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=Content-Disposition&blobheadername2=MDT-Type&blobheadername3=Content-Type&blobheadervalue1=inline%3B+filename%3D705%252F728%252FFootprint%2BEvaluation.pdf&blobheadervalue2=abinary%3B+charset%3DUTF-8&blobheadervalue3=application%2Fpdf&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1349110806600&ssbinary=true>

<http://earlywarn.blogspot.gr/2010/09/embodied-vs-sequestered-carbon-in-model.html>

<http://www.nationaltrust.org.uk/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=Content-Disposition&blobheadername2=MDT-Type&blobheadername3=Content-Type&blobheadervalue1=inline%3B+filename%3D705%252F728%252FFootprint%2BEvaluation.pdf&blobheadervalue2=abinary%3B+charset%3DUTF-8&blobheadervalue3=application%2Fpdf&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1349110806600&ssbinary=true>

<http://www.journalofgreenbuilding.com/doi/abs/10.3992/jgb.1.1.63>

[http://en.wikibooks.org/wiki/Straw\\_Bale\\_Construction/Resources/Technical\\_Studies](http://en.wikibooks.org/wiki/Straw_Bale_Construction/Resources/Technical_Studies)

<http://www.strawfootprint.org>

<http://dalengroup.com/straw-bale-houses-2>

#### ❖ **Πηλός (cob)**

<http://ilovecob.com/links>

<http://naturalhomes.org/>

<http://myhobbithouseproject.weebly.com/>

<http://www.yourecofriend.com/the-greenest-modern-home-in-the-world-eco-sense-cob-home>

[http://greenaidshop.blogspot.gr/2011/11/blog-post\\_17.html](http://greenaidshop.blogspot.gr/2011/11/blog-post_17.html)

[http://weblife.org/cob/pdf/cob\\_builders\\_handbook.pdf](http://weblife.org/cob/pdf/cob_builders_handbook.pdf)

[http://buildsimple.org/resources/AwaisMalik\\_ResearchReport.pdf](http://buildsimple.org/resources/AwaisMalik_ResearchReport.pdf)

[http://sustain.ubc.ca/sites/sustain.ubc.ca/files/seedlibrary/APSC262\\_Project07%20UBC%20farm%20cob%20and%20straw\\_Team01.pdf\\_Naoko.pdf](http://sustain.ubc.ca/sites/sustain.ubc.ca/files/seedlibrary/APSC262_Project07%20UBC%20farm%20cob%20and%20straw_Team01.pdf_Naoko.pdf)

#### ❖ **Τούβλο**

[http://www.greekarchitects.gr/site\\_parts/doc\\_files/ereunitiki.80.2010.pdf](http://www.greekarchitects.gr/site_parts/doc_files/ereunitiki.80.2010.pdf)

<http://www.etek.org.cy/site-article-67-47-el.php>

javascript:void(0);

<http://www.naftemporiki.gr/printStory/352010>

[http://www.buildings.gr/greek/eksoplismos/oikologika\\_ilika/thermomonosi.htm](http://www.buildings.gr/greek/eksoplismos/oikologika_ilika/thermomonosi.htm)

[http://www.energynius.gr/files4users/files/TOTEE\\_20701\\_6\\_Final\\_TEE.pdf](http://www.energynius.gr/files4users/files/TOTEE_20701_6_Final_TEE.pdf)

<http://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/14649#page/8/mode/2up>

<http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/83/1/315.pdf>

<http://www.buildnet.gr/>

<http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CE%BF%CF%8D%CE%B2%CE%BB%CE%BF>

<http://www.aggeliestanea.gr/Article.aspx?ArticleId=4655394>

<http://invenio.lib.auth.gr/record/132143/files/%CE%9F%CE%BB%CE%BF%CE%BA%CE%BB%CE%B7%CF%81%CF%89%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%B7%20%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%B2%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%B1%CE%BE%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CF%8C%CE%B3%CE%B7%CF%83%CE%B7%20%CE%BF%CF%80%CF%84%CF%8C%CF%80%CE%BB%CE%B9%CE%BD%CE%B8%CF%89%CE%BD.pdf?version=1>

<http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/83/1/315.pdf>

<http://www.akek.gr/1/index.php/2012-04-12-10-00-33>

## ❖ *Earthbag*

<http://www.dreamgreenhomes.com/plans/spiral.htm>

<http://eartharchitecture.org/>

[http://www.earthbagbuild.com/brief\\_history.htm](http://www.earthbagbuild.com/brief_history.htm)

<http://home.howstuffworks.com/earthbag-home3.htm>

<http://www.naturalbuildingblog.com/wood-siding-on-earthbag-houses/>

<http://toprasinoblog.blogspot.gr/>

<http://www.floornature.com/>

<http://www.greenprophet.com/tag/nader-khalili/>

<http://lokroi-dasos38.blogspot.gr/>

<http://www.dreamgreenhomes.com/plans/spiral.htm>

[http://buildsimple.org/resources/AwaisMalik\\_ResearchReport.pdf](http://buildsimple.org/resources/AwaisMalik_ResearchReport.pdf)

<http://calearth.org/learn-to-build/workshops.html>

<http://www.greenprophet.com/tag/nader-khalili/>

<http://www.dreamgreenhomes.com/plans/spiral.htm>

<http://home.howstuffworks.com/earthbag-home3.htm>

<http://earthbagbuilding.com/>

[http://earthbagbuild.com/brief\\_history.htm](http://earthbagbuild.com/brief_history.htm)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Earthbag\\_construction](http://en.wikipedia.org/wiki/Earthbag_construction)

[http://translate.google.gr/translate?sl=en&tl=el&prev=\\_t&hl=el&ie=UTF-8&u=http://en.wikipedia.org/wiki/Earthbag\\_construction](http://translate.google.gr/translate?sl=en&tl=el&prev=_t&hl=el&ie=UTF-8&u=http://en.wikipedia.org/wiki/Earthbag_construction)

<http://xtizontasmexoma.blogspot.gr/>

<http://lokroi-dasos38.blogspot.gr/>

[http://www.amazon.com/Earthbag-Building-Tricks-Techniques-Natural/dp/0865715076/ref=sr\\_1\\_1?ie=UTF8&qid=1375461001&sr=8-1&keywords=earth+bag+house](http://www.amazon.com/Earthbag-Building-Tricks-Techniques-Natural/dp/0865715076/ref=sr_1_1?ie=UTF8&qid=1375461001&sr=8-1&keywords=earth+bag+house)

[http://earthbagbuilding.com/pdf/Daigle\\_Bryce\\_C\\_200809\\_MScEng.pdf](http://earthbagbuilding.com/pdf/Daigle_Bryce_C_200809_MScEng.pdf)

<http://www.earthbagsaustralia.com.au/uploads/Reports/Murdoch%20Earth%20Bags%20report.pdf>

<http://www.earthbagbuilding.com/pdf/croft.pdf>

<http://www.somaearth.com/>

[http://earthbagbuilding.com/pdf/Daigle\\_Bryce\\_C\\_200809\\_MScEng.pdf](http://earthbagbuilding.com/pdf/Daigle_Bryce_C_200809_MScEng.pdf)

<http://www.scribd.com/doc/89870471/Earthbag-Building-Guide#page=31>

<http://earthbagbuild.com/>

<http://www.themudhome.com/earthbagbuilding.html>

[www.earthbugbuilding.com](http://www.earthbugbuilding.com)

[www.tinyhousedesign.com/earthbag-house-plans/](http://www.tinyhousedesign.com/earthbag-house-plans/)

<http://www.inspirationgreen.com/earthbag-construction.html>

<http://earthbagstructures.com/basics/basics.htm#intro>

❖ **Συμπιεσμένη γη (Rammed Earth)**

<http://www.scribd.com/doc/6694182/Building-With-Earth>

<http://rammedearthworks.com/>

<http://staff.bath.ac.uk/abspw/rammedearth/review.pdf>

❖ **ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΙΜΑ ΥΛΙΚΑ**

[http://familyonbikes.org/educate/lessons/paper\\_houses.htm](http://familyonbikes.org/educate/lessons/paper_houses.htm)

<http://naturalbuilding.co.uk>

<http://www.excelfibres.com/products/warmcel/building-with-warmcel>

<http://housesofthefuture.com.au/>

[http://www.designboom.com/history/ban\\_paper.html](http://www.designboom.com/history/ban_paper.html)

<http://bambus.rwth-aachen.de/eng/PDF-Files/Mechanical%20properties%20of%20bamboo.pdf>

<http://www.baanboo.net/building/>

<http://www.s-ol-ar.gr/index.php/arhra/eco-domisi/8-eco-ylika>

<http://www.elem.tee.gr/ekdhlwseis/events/2219-ktizontas-me-fysika-ylika>

<http://superuse-studios.com/index.php/category/re-design>

<http://www.dreamgreenhomes.com/plans/carriagehouse.htm>

<http://bambus.rwth-aachen.de/eng/PDF-Files/Mechanical%20properties%20of%20bamboo.pdf>

<http://www.bamboo.net/building/>

<http://www.greendiary.com/world-s-most-incredible-designs-made-from-bamboo.html>

[www.cannabric.com](http://www.cannabric.com)

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

[http://steelframebuild.com/whysteel\\_gr.html](http://steelframebuild.com/whysteel_gr.html)

[http://architectenweb.nl/aweb/redactie/redactie\\_detail.asp?iNID=412&s=1](http://architectenweb.nl/aweb/redactie/redactie_detail.asp?iNID=412&s=1)

<http://diocles.civil.duth.gr/links/home/museum/mater/metal/copper.doc>

<http://www.ecotec.gr/index.php>

<http://forrestfulton.com/masons-bend-community-center>

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>**

[www.buildnet.gr](http://www.buildnet.gr)

<http://www.ntua.gr/vitruvius/ty1.pdf>

<http://www.ktiriaka.gr/default.aspx?ch=108&dir=+1>

<http://forum.snowguide.gr/index.php?topic=1850.0>

[http://www.sakkalis.gr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=97&Itemid=128&lang=el](http://www.sakkalis.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=97&Itemid=128&lang=el)

<http://www.selinas.gr/index.php/library/faq>

<http://www.vernikoslines.gr/pub/el/content.aspx?Page=10>



<http://www.telestatic.gr/content/articles/2/5/tecnica-8emata/>

[http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/6E84927174274B7AC22575AD002C8BB7/\\$file/ODIGOS%20THERMOMONOSIS%20KTIRIWN%202H%20EKDOSI\\_%20PINAKAS%20DIORTHOSEWN.pdf](http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/All/6E84927174274B7AC22575AD002C8BB7/$file/ODIGOS%20THERMOMONOSIS%20KTIRIWN%202H%20EKDOSI_%20PINAKAS%20DIORTHOSEWN.pdf)

[http://www.knauf.gr/www/el/ksira\\_domisi/drywall.html](http://www.knauf.gr/www/el/ksira_domisi/drywall.html)

<http://www.wfdt.teilar.gr/material/Lessons OSB.pdf>

[http://www.sts.gr/?page\\_id=2460](http://www.sts.gr/?page_id=2460)

<http://e-oikodomos.blogspot.gr>

<http://www.zerman.gr/meletes-energeiakis-symperiforas-ktiriwn>

[http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/6763/3/papadopoulosi-koutsogiannisa\\_tool.pdf](http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/6763/3/papadopoulosi-koutsogiannisa_tool.pdf)

<http://www.rockwool.gr/stonewool/properties>

[www.iqia.gr](http://www.iqia.gr)

[http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/3984/3/papachatzakism\\_steel.pdf](http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/3984/3/papachatzakism_steel.pdf)

<http://www.ytong.gr/index.php?lang=el>

<http://www.texnikos.gr/blog/?p=28>

[http://www.ktizospiti.com.cy/index.php?id=\\_ksp0070&lang=GRE#default\\_anchor](http://www.ktizospiti.com.cy/index.php?id=_ksp0070&lang=GRE#default_anchor)

<http://www.buildhome.gr/housebuilding/steel-construction>

[http://www.smartbuilding.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=53&Itemid=86](http://www.smartbuilding.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=53&Itemid=86)

[http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/4028/3/koutsoupidouch\\_cranebridges.pdf](http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/4028/3/koutsoupidouch_cranebridges.pdf)

<http://www.steel-structures.eu/index.php?n=GrSteel-Composite-Structures.SteelAndCompositeStuctures>

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>**

[http://library.uniteddiversity.coop/Ecological\\_Building/Strategies\\_for\\_Sustainable\\_Architecture.pdf](http://library.uniteddiversity.coop/Ecological_Building/Strategies_for_Sustainable_Architecture.pdf)

[http://books.google.gr/books?id=Gtn6wI-AL6sC&printsec=frontcover&hl=el&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.gr/books?id=Gtn6wI-AL6sC&printsec=frontcover&hl=el&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

<http://naturalhomes.org>

<http://www.pictures.globalgoodnews.com/archive/archive-2009/ukraine/slides/06%20sandbag%20house5.html>

<http://www.strawbalehouse.de/strohpolis.html>

[http://www.oberlin.edu/news-info/98sep/strawbale\\_history.html](http://www.oberlin.edu/news-info/98sep/strawbale_history.html)

[http://issuu.com/charamountiani/docs/dialexi\\_kostas](http://issuu.com/charamountiani/docs/dialexi_kostas)

<http://www.earthsafedesign.com/238>

<http://www.ccathsu.com/alternativebuilding/cob/jeffreySP2005/#ancient>

<http://www.networkearth.org/naturalbuilding/earthbags.html>

<http://www.adobe-home.com/about-rammed-earth/history-of-rammed-earth/>

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>**

<http://steki-elfitheroxoriou.blogspot.gr/2011/11/www.html>

[http://www.zeroenergybuildings.org/2011/09/blog-post\\_30.html](http://www.zeroenergybuildings.org/2011/09/blog-post_30.html)

<http://housealive.org/building-with-sand-straw-and-clay/>

[http://mikroskopionews.blogspot.gr/2011/05/blog-post\\_9967.html](http://mikroskopionews.blogspot.gr/2011/05/blog-post_9967.html)

<http://www.claysandstraw.com/default.html>

[http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC\\_WORK/GR\\_ENERGEIAS/kenak/tee\\_kenak](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/tee_kenak)

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>**

[https://docs.google.com/forms/d/1u\\_D7J4oHw4tHjuNYk3rEChkcHTeYzlf8oK4TH3jBZG8/viewform](https://docs.google.com/forms/d/1u_D7J4oHw4tHjuNYk3rEChkcHTeYzlf8oK4TH3jBZG8/viewform)

### ***Περίληψη***

❖ **Καλογήρου, Χ.**, "*Διερεύνηση των βιοκλιματικών χαρακτηριστικών της Παραδοσιακής Αρχιτεκτονικής του Μετσόβου και δυνατότητες προσαρμογής σύγχρονων τρόπων δόμησης*", Διατριβή, Ε.Μ.Π., Μέτσοβο, 2009  
<http://www.i-actmagazine.gr/ArticleDetails.aspx?aId=98>

❖ **Δούλκαρη Αικατερίνη-Θεοδώρα Καζάκου**, Διάλεξη 2009, *Οικολογικά Υλικά & Μέθοδοι εναλλακτικής Δόμησης*, ΕΜΠ